EPSON

# Epson RC+ 8.0 オプション
# Force Guide 8.0
# (RC800シリーズ)

翻訳版

© Seiko Epson Corporation 2024-2025

Rev.4
JAM259S7691F

# 目次

**1. はじめに 14**

1.1 はじめに 15
1.2 商標 15
1.3 表記について 15
1.4 ご注意 15
1.5 製造元 15
1.6 お問い合わせ先 15
1.7 ご使用の前に 16
1.8 トレーニング 16

**2. 導入編 17**

2.1 はじめに 18
2.1.1 Force Guide 8.0の概要 18
2.1.2 前提となるEpson RC+ 8.0 の基本的知識 19
2.1.3 トレーニング 19
2.2 用語の定義 20
2.3 システム概要 24
2.4 Force Guide 8.0 の機能 25
2.4.1 概要 25
2.4.2 力制御機能 25
2.4.2.1 力制御機能の概要 25
2.4.2.2 力制御機能のパラメーター 25
2.4.3 フォーストリガー機能 26
2.4.4 フォースモニター機能 26
2.4.5 フォース動作制限機能 26
2.4.6 フォースガイダンス機能 27
2.4.6.1 フォースガイダンス機能の概要 27
2.4.6.2 フォースガイドシーケンス 27
2.4.6.3 フォースガイドオブジェクト 28
2.4.7 ダイレクトティーチ+タッチジョグ 30
2.5 座標系 32
2.5.1 座標系について 32
2.5.2 フォース座標系 33

2.5.3 力覚センサー座標系 34
2.6 Force Guide 8.0のセットアップ 35
**3. ハードウェア編 37**
3.1 同梱物 38
3.1.1 S250L (C8, C12シリーズ用: IP20対応) 38
3.1.2 S250P (C8, C12シリーズ用: IP67対応) 40
3.1.3 S2503, S2506, S25010 (GXシリーズ, RSシリーズ用) 42
3.2 ラベル 44
3.3 接続例 47
3.3.1 C8,C12シリーズ-S250L, C8,C12シリーズ-S250P 47
3.3.2 G, GXシリーズ-S2503, S2506, S25010 47
3.3.2.1 機内配線 47
3.3.2.2 外部配線 48
3.3.3 RSシリーズ-S2503, S2506 49
3.4 力覚センサー 50
3.4.1 仕様 50
3.4.1.1 仕様表 50
3.4.1.2 高負荷時のACCEL設定について 51
3.4.2 外形図 52
3.4.2.1 S250L (C8, C12シリーズ用: IP20対応) 52
3.4.2.2 S250P (C8, C12シリーズ用: IP67対応) 53
3.4.2.3 S2503, S2506, S25010 (GXシリーズ, RSシリーズ用) 54
3.5 取りつけ方法 56
3.5.1 力覚センサーの取りつけ 57
3.5.1.1 S250L (C8, C12シリーズ用: IP20対応) 57
3.5.1.2 S250P (C8シリーズ用: IP67対応) 59
3.5.1.3 S2503, S2506, S25010 (GXシリーズ, RSシリーズ用) 62
3.5.2 ハンド 64
3.5.2.1 許容モーメントに関する指針 64
3.5.2.2 関節トルクに関する指針 66
3.5.2.2.1 関節のピークトルクの確認 66
3.5.2.2.2 関節の過負荷率 67
3.5.2.3 配線, 配管に関する注意 68
3.5.2.4 高負荷/高重量物を取り扱う場合の注意事項 69
3.5.2.5 力覚センサーの姿勢変化に伴う注意事項 70

3.5.3 力覚センサーケーブル配線 71
3.5.3.1 C8, C12シリーズ-S250L, C8シリーズ-S250P 71
3.5.3.2 GXシリーズ-S2503, S2506, S25010 73
3.5.3.3 RSシリーズ-S2503, S2506 75
3.6 メンテナンスパーツリスト 80
3.6.1 力覚センサー 80
**4. ソフトウェア編 83**
4.1 接続確認 84
4.1.1 力覚センサー設定 84
4.1.1.1 力覚センサー接続方法 85
4.1.1.2 力覚センサー取りはずし方法 85
4.1.1.3 力覚センサー交換方法 86
4.1.2 接続確認 86
4.1.2.1 接続確認 86
4.1.2.2 出力値の取得の確認 87
4.1.3 力覚センサーの精度確認 87
4.1.3.1 概要 87
4.1.3.2 初期データの取得 88
4.1.3.3 比較用データの取得と初期データとの比較 90
4.2 力覚センサーの補正 91
4.2.1 力覚センサーのリセット 91
4.2.2 座標変換 91
4.2.3 重力補償 92
4.2.3.1 概要 93
4.2.3.2 マスプロパティー 93
4.2.3.3 重力方向 93
4.2.3.4 重力補償の実行 94
4.2.4 重力補償の動作確認 94
4.3 Force Guide 8.0 GUI 98
4.3.1 プロジェクト エクスプローラー 98
4.3.1.1 フォースファイル 98
4.3.1.2 フォースガイド 99
4.3.2 [ファイル]メニュー 100
4.3.2.1 [新規ファイル] (ファイルメニュー) 100
4.3.2.2 [ファイルを開く] (ファイルメニュー) 101

4.3.2.3 [ファイルを閉じる] (ファイルメニュー) 101
4.3.2.4 [ファイルの保存] (ファイルメニュー) 101
4.3.2.5 [名前をつけてファイルの保存] (ファイルメニュー) 101
4.3.2.6 [ファイルの削除] (ファイルメニュー) 102
4.3.2.7 [ファイルのインポート] (ファイルメニュー) 102
4.3.2.8 [終了] (ファイルメニュー) 103
4.3.3 [編集]メニュー 104
4.3.3.1 [切り取り] (編集メニュー) 104
4.3.3.2 [コピー] (編集メニュー) 104
4.3.3.3 [貼付け] (編集メニュー) 104
4.3.3.4 [すべて選択] (編集メニュー) 104
4.3.4 [プロジェクト]メニュー 104
4.3.4.1 [プロジェクトを開く] (プロジェクトメニュー) 104
4.3.4.2 [プロジェクトの編集] (プロジェクトメニュー) 105
4.3.4.3 [プロジェクトの保存] (プロジェクトメニュー) 106
4.3.4.4 [プロパティー] (プロジェクトメニュー) 106
4.3.5 [ツール]メニュー 106
4.3.5.1 [ロボットマネージャー] (ツールメニュー) 106
4.3.5.1.1 [ツール]-[ロボットマネージャー]-[Mass設定]パネル 113
4.3.5.2 [フォースモニター] (ツールメニュー) 118
4.3.5.2.1 [Mode]-[Live]ボタン 118
4.3.5.2.1.1 表示されるダイアログの詳細 118
4.3.5.2.1.2 “Live”の流れ 119
4.3.5.2.1.3 トリガー機能を有効にした“Live”の流れ 121
4.3.5.2.2 [Mode]-[Runtime]ボタン 123
4.3.5.2.2.1 表示されるダイアログの詳細 123
4.3.5.2.2.2 フォースガイドシーケンス実行時のグラフ表示 124
4.3.5.2.2.3 フォースモニターオブジェクトによる記録実行時のグラフ表示 125
4.3.5.2.3 [Mode]-[Log]ボタン 126
4.3.5.2.3.1 表示されるダイアログの詳細 126
4.3.5.2.3.2 1つのログデータファイルを読み込む方法 128
4.3.5.2.3.3 複数のログデータファイルを読み込む方法 128
4.3.5.2.4 グラフ 133
4.3.5.2.4.1 1つのファイル 134
4.3.5.2.4.2 複数のファイル 138

4.3.5.2.4.3 共通機能 141
4.3.5.3 [メンテナンス] (ツールメニュー) 145
4.3.5.4 [フォースガイダンス] (ツールメニュー) 146
4.3.6 フォースエディター 170
4.3.7 [システム設定]メニュー 171
4.3.7.1 力覚センサー 171
4.3.8 互換性調整機能 172
4.3.8.1 フォースガイドシーケンスの互換性調整機能 172
4.3.8.2 フォースファイルの互換性調整機能 174
4.4 フォースガイダンス機能 175
4.4.1 フォースガイダンス機能を使用する手順と基本的概念 175
4.4.1.1 力制御機能を開始するまでの動作をSPEL+言語で作成する 175
4.4.1.2 フォースガイドシーケンスを設定する 176
4.4.1.2.1 Step 2-1. フォースガイドシーケンスを作成する 177
4.4.1.2.2 Step 2-2. フォースガイドシーケンスのプロパティーを設定する 177
4.4.1.3 フォースガイドオブジェクトを設定する 177
4.4.1.3.1 Step 3-1. 作業をフォースガイドオブジェクトに分解する 180
4.4.1.3.2 Step 3-2. フォースガイドオブジェクトを配置する 183
4.4.1.3.3 Step 3-3. フォースガイドオブジェクトのプロパティーを設定する 184
4.4.1.4 テスト実行しながら調整する 189
4.4.1.5 SPEL+言語からフォースガイドシーケンスを実行する 190
4.4.2 汎用シーケンスとオブジェクト 191
4.4.2.1 汎用シーケンス 191
4.4.2.1.1 汎用シーケンスのプロパティー設定ガイドライン 191
4.4.2.1.2 汎用シーケンスのプロパティー詳細 196
4.4.2.1.3 汎用シーケンスのリザルト詳細 203
4.4.2.2 汎用フォースガイドオブジェクト 204
4.4.2.2.1 接触オブジェクト 204
4.4.2.2.1.1 接触オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン 205
4.4.2.2.1.2 接触オブジェクトの調整ガイドライン 208
4.4.2.2.1.3 接触オブジェクトのプロパティー詳細 208
4.4.2.2.1.4 接触オブジェクトのリザルト詳細 212
4.4.2.2.2 脱力オブジェクト 213
4.4.2.2.2.1 脱力オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン 214
4.4.2.2.2.2 脱力オブジェクトの調整ガイドライン 218

4.4.2.2.2.3 脱力オブジェクトのプロパティー詳細 218
4.4.2.2.2.4 脱力オブジェクトのリザルト詳細 225
4.4.2.2.3 倣い移動オブジェクト 226
4.4.2.2.3.1 倣い移動オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン 227
4.4.2.2.3.2 倣い移動オブジェクトの調整ガイドライン 236
4.4.2.2.3.3 倣い移動オブジェクトのプロパティー詳細 237
4.4.2.2.3.4 倣い移動オブジェクトのリザルト詳細 250
4.4.2.2.4 面合わせオブジェクト 251
4.4.2.2.4.1 面合わせオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン 252
4.4.2.2.4.2 面合わせオブジェクトの調整ガイドライン 256
4.4.2.2.4.3 面合わせオブジェクトのプロパティー詳細 256
4.4.2.2.4.4 面合わせオブジェクトのリザルト詳細 260
4.4.2.2.5 押付け探りオブジェクト 262
4.4.2.2.5.1 押付け探りオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン 263
4.4.2.2.5.2 押付け探りオブジェクトの調整ガイドライン 271
4.4.2.2.5.3 押付け探りオブジェクトのプロパティー詳細 272
4.4.2.2.5.4 押付け探りオブジェクトのリザルト詳細 280
4.4.2.2.6 接触探りオブジェクト 281
4.4.2.2.6.1 接触探りオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン 283
4.4.2.2.6.2 接触探りオブジェクトの調整ガイドライン 289
4.4.2.2.6.3 接触探りオブジェクトのプロパティー詳細 290
4.4.2.2.6.4 接触探りオブジェクトのリザルト詳細 295
4.4.2.2.7 押付けオブジェクト 296
4.4.2.2.7.1 押付けオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン 298
4.4.2.2.7.2 押付けオブジェクトの調整ガイドライン 307
4.4.2.2.7.3 押付けオブジェクトのプロパティー詳細 308
4.4.2.2.7.4 押付けオブジェクトのリザルト詳細 321
4.4.2.2.8 押付け移動オブジェクト 322
4.4.2.2.8.1 押付け移動オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン 324
4.4.2.2.8.2 押付け移動オブジェクトの調整ガイドライン 335
4.4.2.2.8.3 押付け移動オブジェクトのプロパティー詳細 336
4.4.2.2.8.4 押付け移動オブジェクトのリザルト詳細 354
4.4.2.2.9 条件分岐オブジェクト 355
4.4.2.2.9.1 条件分岐オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン 355
4.4.2.2.9.2 条件分岐オブジェクトのプロパティー詳細 356

4.4.2.2.10 SPEL関数オブジェクト 357
4.4.2.2.10.1 SPEL関数オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン 357
4.4.2.2.10.2 SPEL関数オブジェクトのプロパティー詳細 358
4.4.2.2.10.3 SPEL関数オブジェクトのリザルト詳細 359
4.4.3 貼付けシーケンスとオブジェクト 360
4.4.3.1 貼付けシーケンスのウィザード設定ガイドライン 360
4.4.3.2 貼付けシーケンス 374
4.4.3.2.1 貼付けシーケンスのプロパティーガイドライン 374
4.4.3.2.2 貼付けシーケンスのプロパティー詳細 378
4.4.3.2.3 貼付けシーケンスのリザルト詳細 383
4.4.3.3 貼付けオブジェクト 384
4.4.3.3.1 貼付けオブジェクトのプロパティーガイドライン 385
4.4.3.3.2 貼付けオブジェクトのプロパティー詳細 389
4.4.3.3.3 貼付けオブジェクトのリザルト詳細 392
4.4.3.4 貼付けシーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン 394
4.4.4 ネジ締めシーケンスとオブジェクト 395
4.4.4.1 ネジ締めシーケンスのシーケンスウィザード 395
4.4.4.2 ネジ締めシーケンス 408
4.4.4.2.1 ネジ締めシーケンスのプロパティーガイドライン 408
4.4.4.2.2 ネジ締めシーケンスのプロパティー詳細 412
4.4.4.2.3 ネジ締めシーケンスのリザルト詳細 417
4.4.4.3 ネジ締めオブジェクト 419
4.4.4.3.1 ネジ締めオブジェクトのプロパティーガイドライン 420
4.4.4.3.2 ネジ締めオブジェクトのプロパティー詳細 422
4.4.4.3.3 ネジ締めオブジェクトのリザルト詳細 426
4.4.4.4 ネジ締め直しオブジェクト 427
4.4.4.4.1 ネジ締め直しオブジェクトのプロパティーガイドライン 428
4.4.4.4.2 ネジ締め直しオブジェクトのプロパティー詳細 429
4.4.4.4.3 ネジ締め直しオブジェクトのリザルト詳細 431
4.4.4.5 ネジ締めシーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン 432
4.4.5 高さ検査シーケンスとオブジェクト 433
4.4.5.1 高さ検査シーケンスのシーケンスウィザード 434
4.4.5.2 高さ検査シーケンス 445
4.4.5.2.1 高さ検査シーケンスのプロパティーガイドライン 445
4.4.5.2.2 高さ検査シーケンスのプロパティー詳細 449

4.4.5.2.3 高さ検査シーケンスのリザルト詳細 454
4.4.5.3 高さ検査オブジェクト 456
4.4.5.3.1 高さ検査オブジェクトのプロパティーガイドライン 457
4.4.5.3.2 高さ検査オブジェクトのプロパティー詳細 460
4.4.5.3.3 高さ検査オブジェクトのリザルト詳細 462
4.4.5.4 高さ検査シーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン 464
4.4.6 挿入シーケンスとオブジェクト 465
4.4.6.1 挿入シーケンスのシーケンスウィザード 465
4.4.6.2 挿入シーケンス 484
4.4.6.2.1 挿入シーケンスのプロパティーガイドライン 484
4.4.6.2.2 挿入シーケンスのプロパティー詳細 488
4.4.6.2.3 挿入シーケンスのリザルト詳細 493
4.4.6.3 挿入オブジェクト 494
4.4.6.3.1 挿入オブジェクトのプロパティーガイドライン 495
4.4.6.3.2 挿入オブジェクトのプロパティー詳細 501
4.4.6.3.3 挿入オブジェクトのリザルト詳細 506
4.4.6.4 引張り試験オブジェクト 508
4.4.6.4.1 引張り試験オブジェクトのプロパティーガイドライン 508
4.4.6.4.2 引張り試験オブジェクトのプロパティー詳細 511
4.4.6.4.3 引張り試験オブジェクトのリザルト詳細 513
4.4.6.5 挿入シーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン 514
4.5 フォース機能のSPEL+プログラミング 517
4.5.1 Force Guide 8.0 のSPEL+コマンド 517
4.5.1.1 フォースオブジェクト 517
4.5.1.2 プロパティー 517
4.5.1.3 ステータス 517
4.5.2 力制御機能のSPEL+プログラミング 517
4.5.2.1 概要 517
4.5.2.2 力制御機能の座標系 518
4.5.2.3 力制御機能のパラメーター 518
4.5.2.4 力制御機能の実行 519
4.5.3 フォーストリガー機能のSPEL+プログラミング 520
4.5.3.1 概要 520
4.5.3.2 フォーストリガー機能の座標系 520
4.5.3.3 フォーストリガー機能のパラメーター 521

4.5.3.4 フォーストリガー機能の実行 522
4.5.3.5 フォーストリガー機能の結果取得 523
4.5.4 フォースモニター機能のSPEL+プログラミング 523
4.5.4.1 概要 523
4.5.4.2 フォースモニター機能の座標系 524
4.5.4.3 フォースモニター機能のパラメーター 524
4.5.4.4 フォースモニター機能の実行 524
4.5.5 フォース動作制限機能のSPEL+プログラミング 526
4.5.5.1 概要 526
4.5.5.2 フォース動作制限機能のパラメーター 526
4.5.5.3 フォース動作制限機能の実行 527
4.5.5.4 フォース動作制限機能の結果取得 528
4.5.6 フォース機能のプログラム例 528
4.5.6.1 押し付け作業 529
4.5.6.2 サンプルプログラム 529
4.5.6.3 解説 531
4.6 チュートリアル 532
4.6.1 共通設定 535
4.6.1.1 力覚センサーの接続設定 536
4.6.1.2 プロジェクトの新規作成 536
4.6.1.3 フランジオフセットの設定 537
4.6.1.4 シミュレーターの有効化 538
4.6.1.5 [ForceGuide]ウィンドウの表示 539
4.6.2 汎用フォースガイドシーケンスを使ったチュートリアル 540
4.6.2.1 フォースガイダンス機能 (鉛直下方向押付) 540
4.6.2.1.1 シーケンスウィザード 541
4.6.2.1.2 オブジェクトの配置 544
4.6.2.1.3 プロパティーの設定 546
4.6.2.1.4 位置の教示 549
4.6.2.1.5 設定の確認 551
4.6.2.1.6 フォースガイダンス機能による実行 552
4.6.2.1.7 非接触状態に戻る 553
4.6.2.1.8 モニターによる動作分析 554
4.6.2.1.9 発展課題 555

4.6.2.2 フォースガイダンス機能 (USBコネクター挿入) 558
4.6.2.2.1 シーケンスウィザード 559
4.6.2.2.2 ツール設定の確認 564
4.6.2.2.3 位置の教示 566
4.6.2.2.4 プロパティーの設定 569
4.6.2.2.5 設定の確認 572
4.6.2.2.6 フォースガイダンス機能による実行 577
4.6.2.2.7 非接触状態に戻る 577
4.6.2.2.8 モニターによる動作分析 578
4.6.2.2.9 発展課題 583
4.6.2.3 フォースガイダンス機能 (円柱嵌合) 584
4.6.2.3.1 シーケンスウィザード 585
4.6.2.3.2 ツール設定 589
4.6.2.3.3 位置の教示 589
4.6.2.3.4 プロパティーの設定 593
4.6.2.3.5 設定の確認 597
4.6.2.3.6 フォースガイダンス機能による実行 597
4.6.2.3.7 非接触状態に戻る 598
4.6.2.3.8 モニターによる動作分析 599
4.6.2.3.9 発展課題 605
4.6.2.4 フォースガイダンス機能 (ネジ締め) 605
4.6.2.4.1 シーケンスウィザード 606
4.6.2.4.2 ツール設定の確認 611
4.6.2.4.3 位置の教示 612
4.6.2.4.4 プロパティーの設定 614
4.6.2.4.5 設定の確認 618
4.6.2.4.6 フォースガイダンス機能による実行 619
4.6.2.4.7 非接触状態に戻る 620
4.6.2.4.8 モニターによる動作分析 621
4.6.3 専用フォースガイドシーケンスを使ったチュートリアル 625
4.6.3.1 貼付けシーケンス 625
4.6.3.1.1 ツール設定の確認 626
4.6.3.1.2 位置の教示 627
4.6.3.1.3 シーケンスウィザード 630
4.6.3.1.4 設定の確認 644

4.6.3.1.5 フォースガイダンス機能による実行 645
4.6.3.1.6 非接触状態に戻る 646
4.6.3.1.7 モニターによる動作分析 647
4.6.3.1.8 発展課題 649
4.6.3.2 ネジ締めシーケンス 650
4.6.3.2.1 ツールとハンド設定の確認 650
4.6.3.2.2 位置の教示 654
4.6.3.2.3 シーケンスウィザード 657
4.6.3.2.4 設定の確認 668
4.6.3.2.5 フォースガイダンス機能による実行 669
4.6.3.2.6 非接触状態に戻る 670
4.6.3.2.7 モニターによる動作分析 671
4.6.3.2.8 発展課題 673
4.6.3.3 高さ検査シーケンス 678
4.6.3.3.1 ツール設定の確認 678
4.6.3.3.2 位置の教示 679
4.6.3.3.3 シーケンスウィザード 681
4.6.3.3.4 設定の確認 691
4.6.3.3.5 フォースガイダンス機能による実行 692
4.6.3.3.6 非接触状態に戻る 693
4.6.3.3.7 モニターによる動作分析 693
4.6.3.4 挿入シーケンス 695
4.6.3.4.1 ツール設定の確認 696
4.6.3.4.2 位置の教示 698
4.6.3.4.3 シーケンスウィザード 701
4.6.3.4.4 設定の確認 714
4.6.3.4.5 フォースガイダンス機能による実行 715
4.6.3.4.6 非接触状態に戻る 716
4.6.3.4.7 モニターによる動作分析 717
4.6.3.4.8 発展課題 720
4.6.4 コマンド版 (単純押付) 727
4.6.4.1 フォースファイルの作成 727
4.6.4.2 フォースコントロールオブジェクトの設定 728
4.6.4.3 フォースモニターオブジェクトの設定 729
4.6.4.4 開始位置の教示 730

4.6.4.5 SPEL+プログラムの作成 731
4.6.4.6 フォースモニターの実行 732
4.6.4.7 SPEL+プログラムの実行 734
4.7 トラブルシューティング 735
4.7.1 力覚センサーを認識しない 735
4.7.2 力覚センサーの出力値と実際の力の方向が異なる 735
4.7.3 力覚センサーの出力値と実際の力の大きさが異なる 735
4.7.4 力覚センサーの出力値が時間経過によって変化する 735
4.7.5 力覚センサーに異常が発生した 735
4.7.6 フォースガイドオブジェクトで意図した動作ができない 736
4.7.7 5546エラーが発生する 736
4.7.8 ロボットが意図した方向と逆方向に動く 736
4.7.9 接触に時間がかかる 736
4.7.10 目標位置に到達しない 736
4.7.11 押付けたときに大きくバウンドする 737
4.7.12 特定のプロパティーが表示されない 737

# 1. はじめに

## 1.1 はじめに

このたびは当社のロボットシステムをお求めいただきましてありがとうございます。
本マニュアルは、Force Guide 8.0を正しくお使いいただくために必要な事項を記載したものです。
システムをご使用になる前に、本マニュアルおよび関連マニュアルをお読みいただき、正しくお使いください。
お読みになった後は、いつでも取り出せる所に保管し、不明な点があったら再読してください。

当社は、厳密な試験や検査を行い、当社のロボットシステムの性能が、当社規格に満足していることを確認しております。マニュアルに記載されている使用条件を超えて、当社ロボットシステムを使用した場合は、製品の基本性能は発揮されませんのでご注意ください。

本書の内容は、当社が予見する範囲の、危険やトラブルについて記載しています。当社のロボットシステムを、安全に正しくお使いいただくため、本書に記載されている安全に関するご注意は、必ず守ってください。

## 1.2 商標

Microsoft, Windows, Windowsロゴ, Visual Basic, Visual C++は、米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における登録商標または商標です。その他の社名, ブランド名, 製品名は、各社の登録商標または商標です。

## 1.3 表記について

Microsoft® Windows® 10 operating system 日本語版
Microsoft® Windows® 11 operating system 日本語版
本取扱説明書では、上記オペレーティングシステムをそれぞれ、Windows 10, Windows 11と表記しています。また、Windows 10, Windows 11を総称して、Windowsと表記することがあります。

## 1.4 ご注意

本取扱説明書の一部、または全部を無断で複製や転載をすることはできません。
本書に記載の内容は、将来予告なく変更することがあります。
本書の内容について、誤りや、お気づきの点がありましたら、ご連絡くださいますようお願いいたします。

## 1.5 製造元

**セイコーエプソン株式会社**

## 1.6 お問い合わせ先

お問い合わせ先の詳細は、以下のマニュアルの"販売元"に記載しています。
ご利用の地域によって、お問い合わせ先が異なりますのでご注意ください。
"安全マニュアル - お問い合わせ先"

安全マニュアルは、以下のサイトからも閲覧できます。
URL: https://download.epson.biz/robots/

## 1.7 ご使用の前に

マニュアルのご使用の前に、知っておいていただきたいことを記載しています。

**安全上の注意**

この製品は、安全に隔離されたエリア内における、部品の搬送と組み立てを目的とし、産業環境で使用されるエプソンロボット専用の装置です。ロボットおよび関連機器の運搬と設置は、有資格者が行ってください。また、必ず各国の法規と法令にしたがってください。
ご使用になる前に、本マニュアル、ならびに関連マニュアルをよくお読みの上、正しくお使いください。
お読みになった後は、いつでも取り出せる所に保管し、不明な点があったら再読してください。

**記号の意味**

⚠ 警告

この表示を無視して誤った取り扱いをすると、人が死亡、または重傷を負う可能性が想定される内容を示しています。

⚠ 注意

この表示を無視して誤った取り扱いをすると、人が障害を負う可能性が想定される内容および物的損害のみの発生が想定される内容を示しています。

## 1.8 トレーニング

Force Guide 8.0を使用する方は、弊社で行っている「力覚導入トレーニング」を必ず受講してください。お客様に、製品をご理解いただくために、当社では定期的、または、都度トレーニングを実施しています。
正規のトレーニングを受講されると、製品が簡単に使用できるようになり、生産性を高めることができます。トレーニングの詳細は、販売元にお問い合わせください。

# 2. 導入編

# 2.1 はじめに

## 2.1.1 Force Guide 8.0の概要

Force Guide 8.0は、下記を総称するオプション製品です。
力覚センサー
中間ユニット (力覚センサーとロボットコントローラーを接続)
ケーブル
ソフトウェア

Force Guide 8.0は、力の制御や計測などの多様なアプリーション (嵌め合い, 表面加工, 押しつけ, 部品検査, 教示など) に対応します。
また、力覚センサー出力値 (接触状態)を確認しながらジョグし、マニピュレーターへの教示時間が短縮できます。

Force Guide 8.0の特徴は、次のとおりです。

- フォースガイダンス機能
  力制御機能, フォーストリガー機能, フォースモニター機能, フォース動作制限機能を使った作業を、SPEL+言語を用いず、GUIによって作成できます。

- 力制御機能
  外力に応じて動く座標軸 (Z軸のみ, U軸のみ など)を独立して定め、位置補正が行えます。
  軸ごとに多様な制御特性が実現できます。
  部品の“ばらつき”を許容した作業が実現できます。

- フォーストリガー機能
  微細な力やトルクと、その変化を監視します。
  - 作業しながらの力とトルクに関する成否判定や、条件分岐がプログラミングできます。
  - 力とトルク監視によるワーク端や凹凸位置が検出できます。
  - 力とトルクに関する異常状態が検知できます。

- フォースモニター機能
  様々な座標系での力やトルク、ロボットの位置情報のチャートが表示できます。
  PCへファイルとしてデータを保存できます。
  - 保存したデータを、フォースモニター上で読み込んで解析を行うことができます。複数のファイルを同時に読み込んで比較することもできます。
  - 保存したデータを、調整時間短縮用ツールや、工程管理データとして活用できます。

- フォース動作制限機能
  位置と姿勢の変化を監視します。
  作業しながらの位置と姿勢に関する成否判定や、条件分岐がプログラミングできます。
  力制御動作中に位置と姿勢監視を加えることで、より確実な組立作業ができます。
  位置と姿勢に関する異常状態が検知できます。

- 重力補償機能
  姿勢変化をともなう下記の機能への重力の影響を低減します。
  力制御機能, フォーストリガー機能, フォースモニター機能

- マスプロパティーウィザード
  CADデータから算出したり、エンドエフェクターを取りはずすことなく、重心位置の算出や、負荷質量の計測ができます。

- インピーダンスウィザード
  力制御機能に用いるパラメーターの動作への影響度合いを調べることができます。

- ダイレクトティーチ+タッチジョグ
  力覚センサーに力を加えて、ロボットの手先を直接手で動かすことができます。

## 2.1.2 前提となるEpson RC+ 8.0 の基本的知識

Force Guide 8.0は、Epson RC+ 8.0環境をコアとしたオプションです。Force Guide 8.0をご利用いただくためには、Epson RC+ 8.0の開発環境、弊社ロボットについての知識が必要です。本マニュアルの内容は、次の事項について知識がある方を対象として説明しています。

- Epson RC+ 8.0プロジェクト管理の概念と使用方法
- Epson RC+ 8.0で、SPEL+プログラムを作成し編集する方法
- Runウィンドウから、SPEL+プログラムを実行する方法
- SPEL+の基本的な言語構造や機能、使用方法

Epson RC+ 8.0を初めて使用する方は、弊社で行っている導入トレーニングを必ず受講してください。

## 2.1.3 トレーニング

Force Guide 8.0を使用する方は、弊社で行っている「力覚導入トレーニング」を必ず受講してください。トレーニングを受講すると、製品の使用を安全に、また容易にします。さらに生産性を高めることができます。

## 2.2 用語の定義

- 位置
  ある座標系の、座標系や物体の位置です。位置データ (X, Y, Z)で表します。

- 姿勢
  ある座標系の、座標系や物体の姿勢です。姿勢データ (U, V, W)で表します。

- 位置姿勢
  ある座標系の、座標系や物体の位置と姿勢です。位置と姿勢データ (X, Y, Z, U, V, W)で表します。

- 力覚センサー
  弊社のセンサーで、並進方向 (Fx, Fy, Fz)と、回転方向 (Tx, Ty, Tz)の計6軸の力とトルクを検出します。次の5種類があります。

  S250L, S250P, S2503, S2506, S25010

- センサーフランジ
  力覚センサーをロボットに取りつけるため、力覚センサーとロボットの手首フランジの間に取りつける部品です。

- フランジオフセット
  センサーフランジのオフセットです。ロボットのツール0座標系からみた力覚センサーの底面中心位置を原点として、方向が力覚センサー座標系と一致する座標系の位置姿勢を設定します。

- フォース機能
  Force Guide 8.0が提供する力覚センサーを使った機能です。

- 力制御機能
  力覚センサーを使用して、与えられた目標の力、またはトルクを達成するようにロボットを制御する機能です。

- 仮想慣性係数 (Mass)
  力制御機能の仮想的な質量のためのパラメーターです。力制御機能の加速度に影響します。

- 仮想粘性係数 (Damper)
  力制御機能の仮想的な粘性のためのパラメーターです。力制御機能の速度に影響します。

- 仮想弾性係数 (Spring)
  力制御機能の仮想的なバネ係数のためのパラメーターです。力制御機能の移動量に影響します。

- フォーストリガー機能
  力覚センサーを使用し計測した力やトルクが、設定された条件になったことを検出して、処理を分岐させる機能です。

- フォースモニター機能
  力覚センサーが検出した力情報やロボットの位置情報を計測する機能です。
  - 力情報
    力覚センサーの検出した力とトルク
  - 位置情報
    位置制御と力制御を含む指令位置と、位置制御のみの指令位置や、力制御の差分

  計測したデータは、ファイルに保存できます。保存したファイルは、読み込んで解析や比較を行うことができます。

- フォース動作制限機能
  ロボットの位置や姿勢が、設定された条件になったことを検出して、処理を分岐させる機能です。

- フォースガイダンス機能
  力制御機能, フォーストリガー機能, フォースモニター機能を使った作業を、SPEL+言語を用いず、GUIによって作成する機能です。

- 力覚センサー座標系
  力覚センサーが力を検出する座標系です。力覚センサー固有の座標系です。変更は、できません。

- フォース座標系
  フォース機能を実行する座標系です。現在使用しているツール座標系のオフセットで定義します。

- 重力補償
  力覚センサーの受ける重力の影響を軽減する機能です。

- マスプロパティー
  重力補償のための質量特性パラメーターです。力覚センサーよりも先端に取りつけられているすべての物体(ハンド, ワークなど)の重さと重心位置を設定します。

- 重力方向
  重力補償のためのロボットに対する重力の方向です。ベース座標系における重力方向のベクトル(X, Y, Z)です。

- フォースガイドシーケンス
  作業に必要なフォースガイドオブジェクトを、特定の順番でグルーピングしたものです。フォースガイドシーケンスには、任意の汎用オブジェクトを配置して作成する汎用フォースガイドシーケンスと、あらかじめ定義された特定の作業の専用フォースガイドシーケンスがあります。
  専用フォースガイドシーケンスには、次の種類があります。

  貼付けシーケンス
  ネジ締めシーケンス
  高さ検査シーケンス
  挿入シーケンス

- フォースガイドオブジェクト
  フォースガイダンス機能で使用する、特定の動作を実現する処理のかたまりです。
  フォースガイドオブジェクトには、任意のシーケンスに追加できる汎用フォースガイドオブジェクトと、専用フォースガイドシーケンスに自動的に配置される専用フォースガイドオブジェクトがあります。

  汎用フォースガイドオブジェクトには、次の種類があります。

  接触オブジェクト
  脱力オブジェクト
  倣い移動オブジェクト
  面合わせオブジェクト
  押付け探りオブジェクト
  接触探りオブジェクト
  押付けオブジェクト
  押付け移動オブジェクト
  条件分岐オブジェクト
  SPEL関数オブジェクト

  専用フォースガイドオブジェクトには、次の種類があります。

  貼付けオブジェクト
  ネジ締めオブジェクト

ネジ締め直しオブジェクト
高さ検査オブジェクト
挿入オブジェクト
引張り試験オブジェクト

- フォースオブジェクト
  フォース機能を使うために必要なプロパティーを、機能ごとにまとめたものです。フォースオブジェクトには、次の種類があります。

  フォースコントロールオブジェクト
  フォース座標オブジェクト
  フォーストリガーオブジェクト
  フォースモニターオブジェクト
  フォース動作制限オブジェクト

- フォースコントロールオブジェクト
  力制御機能に使用するためのフォースオブジェクトです。

- フォース座標オブジェクト
  フォース機能を実行する座標系を定義するためのフォースオブジェクトです。

- フォーストリガーオブジェクト
  フォーストリガー機能を使用するためのフォースオブジェクトです。

- フォースモニターオブジェクト
  フォースモニター機能を使用するためのフォースオブジェクトです。

- フォース動作制限オブジェクト
  フォース動作制限機能を使用するためのフォースオブジェクトです。

- プロパティー
  下記に含まれるパラメーターです。プロパティーは、設定や取得ができます。

  フォースガイドシーケンス
  フォースガイドオブジェクト
  フォースオブジェクト

- リザルト
  下記に含まれ、フォースガイドシーケンスやフォースガイドオブジェクトの実行後に返される値です。

  フォースガイドシーケンス
  フォースガイドオブジェクト

- ステータス
  フォースオブジェクトに含まれ、フォース機能の実行後に返される値です。

- フォースファイル
  フォースオブジェクトを保存するファイルです。

- フォースエディター
  フォースファイルを編集するGUIです。ロボットマネージャーや、プロジェクト エクスプローラーから開くことができます。

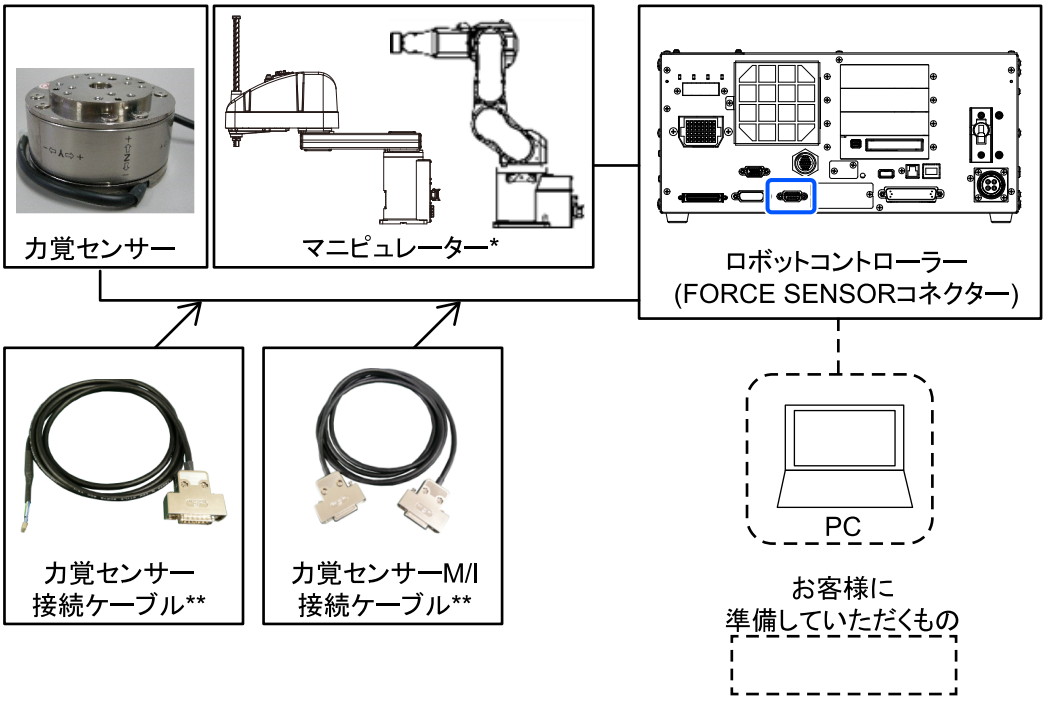
- フォースモニター
  力覚センサーの値や、ロボットの位置をグラフで表示するGUIです。

- インピーダンスウィザード
  力制御機能のパラメーターを調整するウィザードです。
- マスプロパティーウィザード
  マスプロパティーを調整するウィザードです。
- 定格荷重
  センサーの仕様を満たすことができる最大荷重です。
- 許容荷重
  センサーの精度を保つことができる最大荷重です。
- ダイレクトティーチ
  力覚センサーに力を加え続けることで、ロボットの手先を連続的に動かす機能です。
- タッチジョグ
  力覚センサーを軽く叩くように力を加えて、ロボットの手先を一定距離動かす機能です。

## 2.3 システム概要

力覚センサーを使用する場合、力覚センサーと FORCE SENSOR コネクターとの間を、センサーケーブルと力覚センサーM/I接続ケーブルで接続します。

**システム構成例:**




**接続するセンサーのタイプにより、形状が異なります。
* 下記のうち1台

C8シリーズ
C12シリーズ
GX4,8,10,20シリーズ
RS4,RS6シリーズ

# 2.4 Force Guide 8.0 の機能

## 2.4.1 概要

Force Guide 8.0の提供する主な機能について説明します。

- 力制御機能
- フォーストリガー機能
- フォースモニター機能
- フォース動作制限機能
- フォースガイダンス機能
- ダイレクトティーチ+タッチジョグ

> ⚠ 注意
>
> Force Guide 8.0の提供する機能は、安全を確保するための機能ではありません。安全の確保は、各国、各地域の安全規格を参照し遵守してください。

## 2.4.2 力制御機能

### 2.4.2.1 力制御機能の概要

力制御機能とは、弊社の力覚センサーを用いて、与えられた目標の力やトルクを達成するためにロボットを制御する機能です。
通常、ロボットは、与えられた目標位置に移動する位置制御によって動作します。力制御機能を使用して、目標の力になるように動作させることができます。また、高精度な位置決めや嵌合作業をさせることができます。
力制御機能は、通常のCP動作コマンドと組み合わせて実行したり、力制御機能のみを実行できます。
力制御機能は、指定された座標系上で行われ、6軸 (X, Y, Z, U, V, W)それぞれ独立させて実行できます。そのため、全軸について、同時に力制御機能を有効にすることや、指定軸のみ力制御機能を有効にすることもできます。また、軸ごとで力制御機能の特性を変えることができるため、ある軸は押しつけを行い、別の軸は力にならうことなど、多様なアプリケーションを実現できます。

### 2.4.2.2 力制御機能のパラメーター

力制御機能で重要な3つのパラメーターについて説明します。
次の3つのパラメーターと目標力を変更することで、多様な特性を持った力制御機能が行えます。

- 仮想慣性係数 (Mass)
  力制御機能の仮想的な質量です。単位は以下の通りです。
  並進方向(Fx, Fy ,Fz) : mN/(mm/sec$^2$)
  回転方向(Tx, Ty, Tz): mN・mm/(deg/sec$^2$)
  仮想慣性係数は、力制御機能の加速度に影響します。同じ力の変化に対して、仮想慣性係数が小さい場合は加速度が大きくなり、大きい場合は加速度が小さくなります。

- 仮想粘性係数 (Damper)
  力制御機能の仮想的な粘性です。単位は、以下の通りです。
  並進方向(Fx, Fy, Fz): N/(mm/sec)
  回転方向(Tx, Ty, Tz) : N・mm/(deg/sec)

仮想粘性係数は、力制御機能の速度に影響します。仮想粘性係数が小さい場合は速度が大きくなり、力の変化に対して早く反応しますが、ロボットの動作が振動的になる可能性があります。逆に大きい場合は速度が小さくなり、振動が抑制されますが力の変化に対する反応に遅れが生じます。

- 仮想弾性係数 (Spring)
  力制御機能の仮想的なバネ係数です。単位は、以下の通りです。
  並進方向 (Fx, Fy, Fz): N/mm
  回転方向 (Tx, Ty, Tz): N・mm/deg)
  仮想弾性係数は、力制御機能の移動量に影響します。仮想弾性係数を設定すると仮想的なバネが存在することになり、ロボットの最大移動量が制限されます。これを用いてロボットが周囲の物体に干渉することを防ぐことができます。
  また、“0”を設定した場合、移動量は制限されなくなります。同じ一定の力が加わり続けたとき、仮想弾性係数が小さい場合は、移動量が大きくなり、逆に大きい場合は、移動量が小さくなります。

## 2.4.3 フォーストリガー機能

フォーストリガー機能とは、弊社の力覚センサーを用いて計測した力やトルクが、設定された条件になったことを検出して、処理を分岐させる機能です。
フォーストリガー機能は、次のコマンドと組み合わせて使用できます。

コマンド:

```
Till, Wait, Trap, Find
```

このコマンドを使用すると、一定の力になるまで動作を継続させることや、力の変化を検出して、ワークの端や穴などが探索できます。また、過大な力がかかったことを検出してエラー処理を行うこともできます。

## 2.4.4 フォースモニター機能

フォースモニター機能とは、弊社の力覚センサーが検出した力情報やロボットの位置情報を計測する機能です。
力情報　：　力覚センサーの検出した力とトルク
位置情報　：　位置制御と力制御を含む指令位置と、位置制御のみの指令位置や、力制御の差分

フォースモニター機能は、作業中にかかった力の取得や記録を行い、力の平均値やピーク値を計測できます。
また、計測したデータは、ファイルに保存できます。保存したファイルは、読み込んで解析や比較を行うことができます。
これらを用いることで、アプリケーション作成時のパラメーター調整や、ワークごとに作業でかかった力の記録や管理ができます。

## 2.4.5 フォース動作制限機能

フォース動作制限機能とは、ロボットの位置や姿勢が、設定された条件になったことを検出して、処理を分岐させる機能です。
フォース動作制限機能は、次のコマンドと組み合わせて使用できます。

コマンド:

```
Till, Wait, Trap, Find
```

このコマンドでできることは、以下のとおりです。

- 指定の位置に到達して、動作を停止
- 力制御動作中に位置や姿勢の変化を検出して、より確実な組立作業

- 設定した領域を超えたことを検出して、エラーを処理

## 2.4.6 フォースガイダンス機能

### 2.4.6.1 フォースガイダンス機能の概要

フォースガイダンス機能は、SPEL+言語によるプログラミングを用いずに、力制御機能やフォーストリガー機能、フォースモニター機能を用いた作業を作成する機能です。
フォースガイダンス機能では、フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェクトによって作業を作成します。

- フォースガイドシーケンス
  特定の作業またはその一部を実行するために必要なフォースガイドオブジェクトを特定の順番で並べたコンテナのようなものと考えることができます。

- フォースガイドオブジェクト
  力制御機能を含む特定の動作や、条件分岐など、ある特定の処理と考えることができます。

フォースガイダンス機能では、フォースガイドシーケンスというコンテナに、フォースガイドオブジェクトという処理を並べるようにして、特定の作業を作成します。フォースガイドシーケンスと、フォースガイドオブジェクトには、ユーザーが任意の動作や作業を行うための汎用的なもの (汎用フォースガイドシーケンス, 汎用フォースガイドオブジェクト)と、特定の作業を実現するための専用的なもの (専用フォースガイドシーケンス, 専用フォースガイドオブジェクト)があります。
また、フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェクトは、プロパティーとリザルトを備えています。

- プロパティー
  フォースガイドシーケンスやフォースガイドオブジェクトの処理を決定する設定値です。プロパティーの設定によって、同じフォースガイドオブジェクトでも、異なる動きを実現できます。
- リザルト
  フォースガイドシーケンスやフォースガイドオブジェクトを実行した結果を表す値です。

### 2.4.6.2 フォースガイドシーケンス

フォースガイドシーケンスとは、特定の作業またはその一部を実行するために必要なフォースガイドオブジェクトを、特定の順番で並べたコンテナのようなものと考えることができます。
フォースガイドシーケンスには、汎用フォースガイドシーケンスと、専用フォースガイドシーケンスがあります。

- 汎用フォースガイドシーケンス: 任意の汎用フォースガイドオブジェクトを追加して作成するフォースガイドシーケンスです。フォースガイドオブジェクトをユーザーが選んで並べることで、特定の作業を実現することができます。そのため、汎用フォースガイドシーケンス単体では動作できません。

- 専用フォースガイドシーケンス: 特定の作業専用のフォースガイドシーケンスです。ユーザーが行いたい作業を選び、シーケンスウィザードで設定を行うことで、フォースガイドオブジェクトが自動で配置されます。また、専用フォースガイドシーケンスには、汎用フォースガイドオブジェクトを追加することもできます。

下表は専用シーケンスの一覧です。

| シーケンス名 | 説明 |
|---|---|
| 貼付け | 把持しているワークの面と、対象物の面を合わせながら指定方向に押しつけます。 |
| ネジ締め | 電動ドライバーによってネジ締めをします。ネジ締めをした後に、ネジを一度緩めて再度締め直すネジ締め直しを行うこともできます。 |

| シーケンス名 | 説明 |
|---|---|
| 高さ検査 | ロボットを指定方向に移動させ、接触した位置で停止させて、対象物の高さを測定して検査します。 |
| 挿入 | ワークを挿入します。コネクターなどを挿入した後に、挿入方向と逆方向に力をかけて、挿入したワークが抜けないことを判断することもできます。 |

フォースガイダンス機能では、フォースガイドシーケンスを指定して、SPEL+言語やGUIから実行することができます。
フォースガイドシーケンスの備えているプロパティーは、そのフォースガイドシーケンス全体に影響を与えるものや、フォースガイドシーケンスを実行するときに行う処理の設定などです。
またフォースガイドシーケンスの備えるリザルトは、そのフォースガイドシーケンスとしての結果を示します。

### 2.4.6.3 フォースガイドオブジェクト

フォースガイドオブジェクトとは、力制御機能を含む特定の動作や、条件分岐など、ある特定の処理と考えることができます。
フォースガイダンス機能では、フォースガイドオブジェクト単体で実行することはできません。必ずフォースガイドシーケンスとして実行されます。
フォースガイドオブジェクトが備えるプロパティーは、基本的にそのフォースガイドオブジェクトに対して影響を与えます。ただし、1つ前のオブジェクトの設定によって、次のフォースガイドオブジェクトのプロパティー設定が制限されることがあります。例えば、2つのフォースガイドオブジェクトの力制御機能をつなげる場合、2つ目のフォースガイドオブジェクトのプロパティー設定が制限されることがあります。
またフォースガイドオブジェクトの備えるリザルトは、そのフォースガイドオブジェクトの結果を示します。
フォースガイダンス機能では、以下の10個の汎用フォースガイドオブジェクトと、専用フォースガイドシーケンスに、自動的に配置される6個の専用フォースガイドオブジェクトを組み合わせてフォースガイドシーケンスを作成することができます。

**汎用フォースガイドオブジェクト**

- 接触オブジェクト
  接触オブジェクトは、ワークなどの物体に接触するまで指定方向に移動させ、接触したとき停止するようにロボットを動作させるフォースガイドオブジェクトです。
  他のフォースガイドオブジェクトを開始する位置や把持位置の位置決めに使用します。ワーク寸法や、ワークの把持位置などに誤差がある場合でも、接触位置を検出できるため、次の動作やフォースガイドオブジェクトを安定して実行できます。

- 脱力オブジェクト
  脱力オブジェクトは、指定方向の力が“0”になるような位置にロボットを移動させるフォースガイドオブジェクトです。
  押付けオブジェクトなどによる押付け後の安全な押付け状態の解除や、組み立て中に加わった不要な力の除去などに使用します。またハンド動作と組み合わせることで倣い把持を行うことができます。ワーク寸法やワーク位置などに誤差がある場合でも、ワークに不要な力をかけずに安定して把持することができます。

- 倣い移動オブジェクト
  倣い移動オブジェクトは、指定方向の力が“0”になるように倣いながら指定された軌道でロボットを移動させるフォースガイドオブジェクトです。
  扉の開閉など操作対象によって固定される軌道の移動などに使用します。位置制御の場合、軌道がずれると操作対象に不要な力が加わり破壊する恐れがありますが、倣い移動オブジェクトは、加わる力が“0”になるように制御します。そのため、精密な軌道の教示をしなくても、操作対象を破壊せずに移動することができます。

- 面合わせオブジェクト
  面合わせオブジェクトは、ロボットが把持しているワークなどの面と、作業台や作業台に置かれたワークなどの面が平行になるように、指定方向に押付けながら回転方向のトルクが“0”になるような位置にロボットを移動させるフォースガイドオブジェクトです。
  組み立て中の位置決めや、ワークの安定した配置などに使用します。ワーク寸法やワークの把持位置などの誤差がある場合でも、安定した接触状態を実現できます。

- 押付け探りオブジェクト
  押付け探りオブジェクトは、ロボットの把持しているワークなどを、作業台や作業台に置かれたワークなどに押付けながら、指定された軌道を移動して、穴や凸形状の位置で停止するようにロボットを動作させるフォースガイドオブジェクトです。
  嵌合穴の検出や、組み立て中の位置決めなどに使用します。ワーク寸法やワークの把持位置などに誤差がある場合でも安定して穴位置や凸形状位置を検出することができます。押付け探りオブジェクトは、下記オブジェクトの後に用いることを推奨します。接触オブジェクト 面合わせオブジェクト 押付けオブジェクト

- 接触探りオブジェクト
  接触探りオブジェクトは、ワークなどの物体に接触するまで指定方向に移動させ、指定距離移動した位置を穴位置として検出し、指定距離移動せずに物体に接触したとき開始位置へ戻り位置を変えて再度接触動作することを繰り返すようにロボットを動作させるフォースガイドオブジェクトです。
  リード部品やコネクターなど、“PressProbe”による穴検出が困難なワークでの、穴位置検出などに使用します。ワーク寸法やワークの把持位置などに誤差がある場合でも、安定して穴位置を検出することができます。

- 押付けオブジェクト
  押付けオブジェクトは、指定方向に指定の力で押付けるようにロボットを動作させるフォースガイドオブジェクトです。
  また、同時に別の指定方向を、脱力オブジェクトのように倣わせることもできます。接触していない状態で、押付けオブジェクトを実行した場合、指定の力になる方向にロボットは移動します。押付けや組み立てでの押し込みなどに使用します。ワーク寸法やワークの把持位置に誤差がある場合でも、安定して一定の力を保つことができます。

- 押付け移動オブジェクト
  押付け移動オブジェクトは、指定方向に指定の力で押付けながら指定された軌道でロボットを移動させるフォースガイドオブジェクトです。
  また、同時に別の指定方向を、倣い移動オブジェクトのように倣わせることもできます。接触していない状態で押付け移動オブジェクトを実行した場合、指定された軌道に加えて、指定の力になる方向にもロボットは移動します。嵌合や組み立てでの押し込み、ねじ締め、研磨などに使用します。ワーク寸法やワークの把持位置などに誤差がある場合でも、安定して力を一定に保ちながら、移動することができます。

- 条件分岐オブジェクト
  条件分岐オブジェクトは、1つのフォースガイドシーケンスの中で、指定したフォースガイドオブジェクトの成否に基づいて、実行するフォースガイドオブジェトを変更するためのフォースガイドオブジェクトです。
  嵌合での押付け探りオブジェクトの実行要否判定などに使用します。実際の動作の進行状況に基づいて、必要なフォースガイドオブジェクトのみを実行することができます。

- SPEL関数オブジェクト
  SPEL関数オブジェクトは、SPEL+言語のファンクションを指定して、それを実行するフォースガイドオブジェクトです。
  I/Oの操作など、フォース機能以外の機能をフォースガイドシーケンスの中で実行したい場合に使用します。
  上級者向けのオブジェクトです。

**専用フォースガイドオブジェクト**

- 貼付けオブジェクト:
  貼付けオブジェクトは、把持しているワークの面と、対象物の面を合わせながら指定方向に押付けるフォースガイドオブジェクトです。

押付けながら面合わせを行うかどうかを選択できます。面合わせを有効にすることで、ワーク寸法やワークの把持位置などの誤差がある場合でも、安定して貼付けを行うことができます。貼付けの成否判定は、設定した力と位置の完了条件から行います。このオブジェクトは、貼付けシーケンスを作成することで、自動で配置されます。

- ネジ締めオブジェクト:
  ネジ締めオブジェクトは、I/O操作可能な電動ドライバーでネジ締めを行うフォースガイドオブジェクトです。ネジ締め中は、ドライバーの回転軸とネジ締め方向に対して垂直方向の力が “0”になるように倣いながらネジを締める方向に押しつけます。ネジ締めの成否判定は、ドライバーのネジ締め完了信号と、設定した位置の完了条件から行います。このオブジェクトは、ネジ締めシーケンスを作成することで、自動で配置されます。

- ネジ締め直しオブジェクト:
  ネジ締め直しオブジェクトは、電動ドライバーで締められたネジを1度ゆるめて、再度締め直すフォースガイドオブジェクトです。
  このオブジェクトは、ネジ締めオブジェクトでネジ位置がネジ締め成功判定位置に達する前に、ドライバーのネジ締め完了信号を受けたときに実行されます。そのため、ネジ締め途中で噛んでしまい、正しくネジが締められなかった場合に対処することができます。ネジ締め直しの成否判定は、設定した位置の完了条件から行います。このオブジェクトは、ネジ締めシーケンスのネジ締め直し動作を有効にすることで、自動で配置されます。

- 高さ検査オブジェクト:
  高さ検査オブジェクトは、ロボットを指定方向に移動させて接触した位置で停止させ、対象物の高さを測定して検査するフォースガイドオブジェクトです。
  配材されたワークの寸法や、組立作業後のワークの寸法の高さを測定することで、組立作業が正しく行われたかを確かめることができます。高さ検査の成否判定は、設定した位置の成功条件から行います。このオブジェクトは、高さ検査シーケンスを作成することで、自動で配置されます。

- 挿入オブジェクト:
  挿入オブジェクトは、公差のラフなワークを挿入するフォースガイドオブジェクトです。
  挿入中は、挿入方向に対して垂直な力が “0”になるように倣いながら押し付けます。また、回転方向の力を倣わせるかどうかを選択できます。挿入の成否判定は、設定した力と位置の完了条件から行います。このオブジェクトは、挿入シーケンスを作成することで、自動で配置されます。

- 引張り試験オブジェクト:
  引張り試験オブジェクトは、コネクターなどを挿入した後に、挿入方向と逆方向に力をかけて、挿入したワークが抜けないことを判断するフォースガイドオブジェクトです。
  このオブジェクトは、挿入オブジェクトで挿入の成功条件を達成した場合に実行されます。引張り試験の成否判定は、設定した力と位置の完了条件から行います。このオブジェクトは、挿入シーケンスの引張り試験を有効にすることで、自動で配置されます。

## 2.4.7 ダイレクトティーチ+タッチジョグ

ダイレクトティーチやタッチジョグは、力覚センサーに力を加えて、ロボットの手先を直接動かす機能です。ポイントを教示するときに、簡単に教示位置へ移動することができます。操作はティーチペンダント(TP2, TP4)を用いて行います。

- ダイレクトティーチ
  力覚センサーに力を加え続けている間、力に応じてロボットの手先を連続的に動かして移動する機能です。大まかな位置決めをするときに有効です。硬さパラメーターを変更して、力を加えたときの動きやすさを変えることが可能です。また、指定した方向のみに移動させることもできるため、直線上や平面上のみ移動させることが可能です。

- タッチジョグ
  力覚センサーを軽く叩くように力を加えて、ロボットの手先を一定距離動かす機能です。細かな位置決めをするときに有効です。動かす距離は変更可能です。TP2のみ使用可能です。

ダイレクトティーチとタッチジョグは、力覚センサーへの力の加え方によってシームレスに実行が可能です。そのため、連続的に力を加えて大まかな位置まで移動し、軽く叩くように力を加えて細かな位置を調整するという使い方ができます。

ダイレクトティーチやタッチジョグの実行、また各種設定の変更方法は、以下のマニュアルを参照してください。
"ロボットコントローラーオプション ティーチペンダント TP2 - 操作編 ダイレクトティーチ+タッチジョグ"
"ロボットコントローラーオプション ティーチペンダント TP4 - 力覚センサーのダイレクトティーチング"

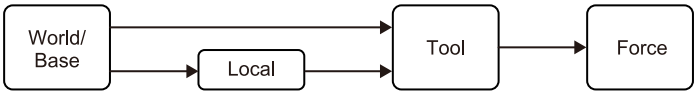
# 2.5 座標系

## 2.5.1 座標系について

ここでは、Force Guide 8.0を使用するために必要な座標系、特に力覚センサー座標系とフォース座標系について説明します。座標系はすべて右手系で、用途に応じて次の座標系を使用します。

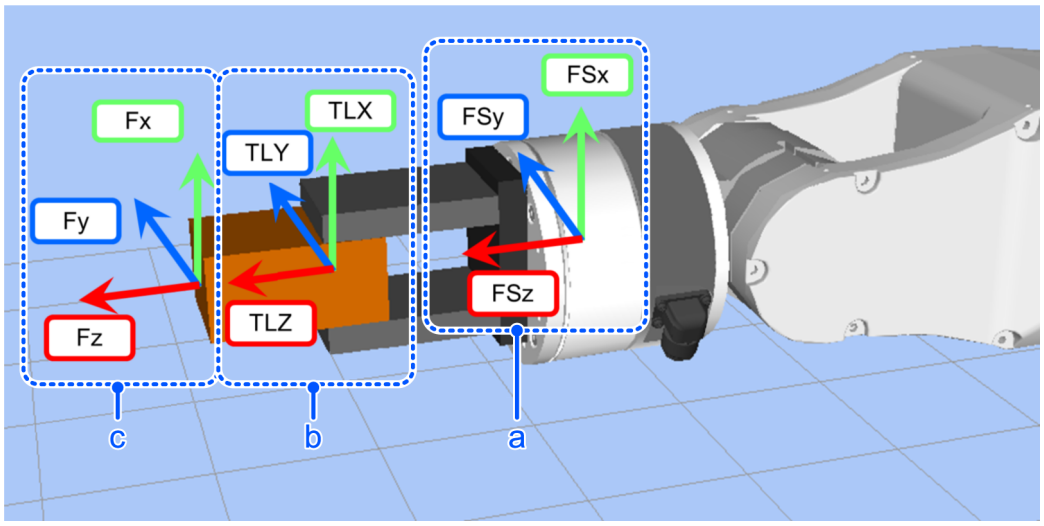
- ロボット座標系
  ロボット固有の座標系です。デフォルトベース座標系 (Base)、またはワールド座標系 (World)ともいいます。
- ローカル座標系
  動作エリア内に位置するユーザー定義の座標系です。(Local)
- ツール座標系
  ロボットの第6関節フランジに取りつけたツールの座標系です。(Tool)一般に、エンドエフェクター座標系とも言われます。
- フォース座標系
  ツール座標系からオフセット持った座標系です。(Force)フォース機能は、全てフォース座標系にしたがって実行されます。
- 力覚センサー座標系
  ロボットに関係なく、力覚センサー固有の座標系です。(ForceSensor)

原点からフォース座標系までの位置や 姿勢の変化



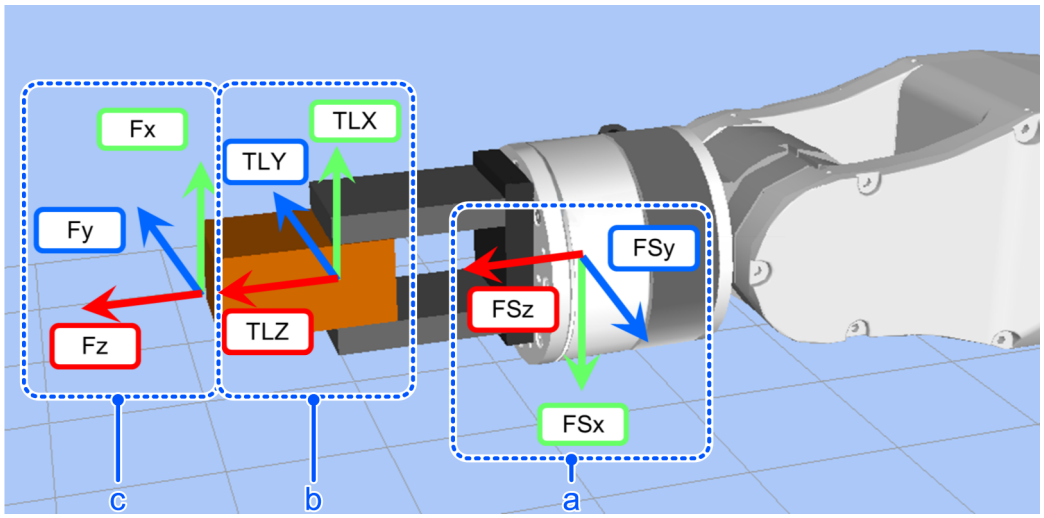

フォース座標系は、ロボット座標系, ローカル座標系, ツール座標系の影響を受けます。
これらの影響をおよぼす座標系の詳細は、以下のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド"

例: 架台取付: 6軸型ロボットの座標系

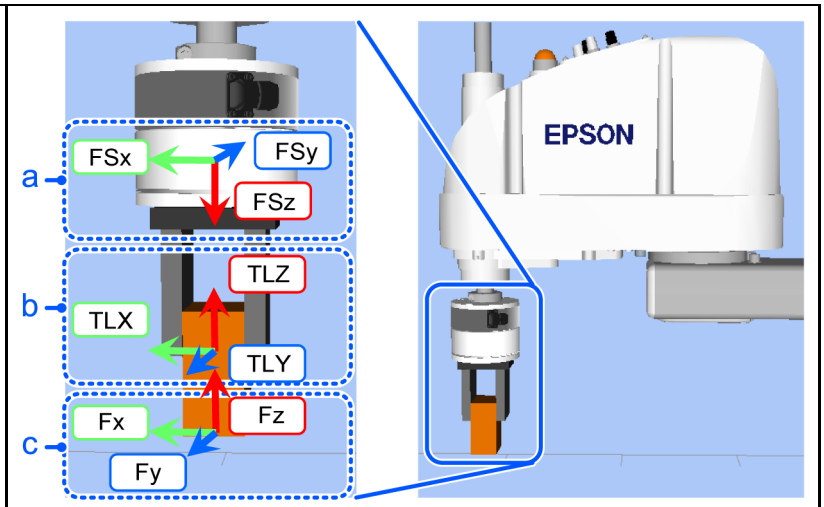
| | |
|---|---|
| a: 力覚センサー座標系<br>b: ツール座標系<br>c: フォース座標系 |  |



例: 天井取付: 6軸型ロボットの座標系

| | |
|---|---|
| a: 力覚センサー座標系<br>b: ツール座標系<br>c: フォース座標系 |  |

例: スカラ型ロボットの座標系

| | |
|---|---|
| a: 力覚センサー座標系<br>b: ツール座標系<br>c: フォース座標系 |  |

## 2.5.2 フォース座標系

フォース座標系は、フォース機能を実行する座標系です。
並進Fx, Fy, Fzと、各軸回りの回転Tx, Ty, Tzで定義されます。Tx, Ty, Tzは、それぞれFx, Fy, Fzの正方向に向かって、右回りを正の方向とする回転です。

現在使用しているツール座標系におけるオフセットで定義します。そのため、ロボットが移動したり、ツール設定を変更したりすると、ベース座標系におけるフォース座標系の位置姿勢は変化します。フォース座標系は、ワークの端など接触し実際に力がかかる位置を指定してください。

- SPEL+言語の場合
  フォース座標系は、フォース座標オブジェクトFCSによって定義されます。FSetステートメント、またはロボットマネージャーのフォースデータパネルにより設定します。デフォルトのフォース座標系は、選択されたツール座標系と一致する座標系で、FCS0に定義されています。変更は、できません。
- フォースガイダンス機能の場合
  フォース座標系は、フォースガイドシーケンスのプロパティーで定義されます。フォースガイドウィンドウで設定します。

## 2.5.3 力覚センサー座標系

力覚センサーが力を検出する座標系です。

並進Fx, Fy, Fzと各軸回りの回転Tx, Ty, Tzで定義されます。Tx, Ty, Tzは、それぞれFx, Fy, Fzの正方向に向かって、右回りを正の方向とする回転です。

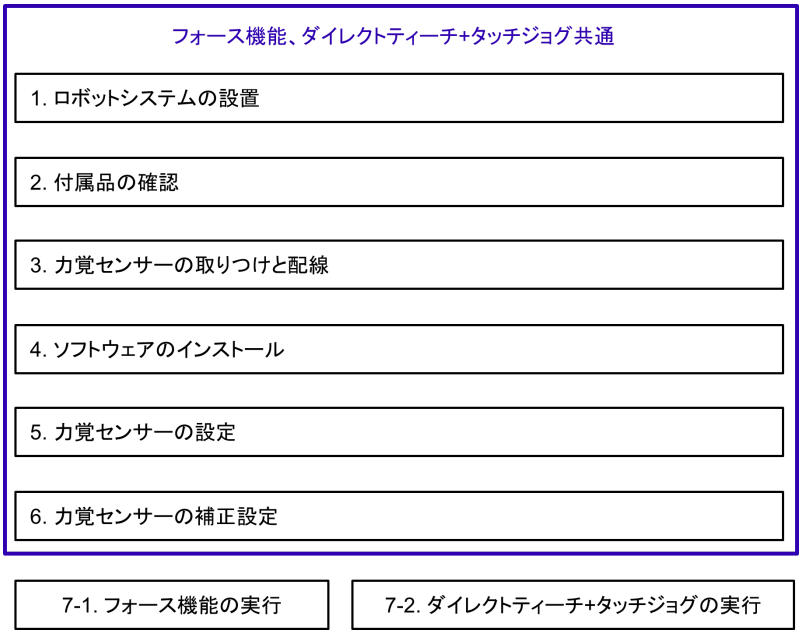
力覚センサー固有で、変更はできません。フォース機能を使用する場合、力覚センサー座標系で検出した力は、自動的にフォース座標系に変換されます。

弊社のセンサーフランジを使用して力覚センサーと6軸型ロボットを接続している場合は、力覚センサーは、ロボットに対して物理的に一意にしか取りつけられないため、架台取付時と天井取付時を比べると、力覚センサー座標系は、0 Pulse姿勢を取ったとき、ツール0座標系のTLZ軸回りに180度回転します。

## 2.6 Force Guide 8.0のセットアップ

Force Guide 8.0を使用するためのセットアップ手順について説明します。
Force Guide 8.0が提供するフォース機能とダイレクトティーチ+タッチジョグを使用するためには、次の手順で作業を行います。

フォース機能と、ダイレクトティーチ+タッチジョグは交互に使用できます。




1. ロボットシステムの設置
   次のマニュアルを参照し、ロボットシステムを設置してください。
   安全マニュアル
   Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド
   マニピュレーターマニュアル
   コントローラーマニュアル

2. 付属品の確認
   力覚センサーに同梱されている部品を確認してください。詳細は、次の項を参照してください。
   ハードウェア編 同梱物

3. 力覚センサーの取りつけと配線
   力覚センサーをロボットに取りつけ、コントローラーと接続します。詳細は、次の項を参照してください。
   ハードウェア編 取りつけ方法

4. ソフトウェアのインストール
   Force Guide 8.0のソフトウェアは、Epson RC+ 8.0に含まれています。インストール方法は、以下のマニュアルを参照してください。
   "Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド"

5. 力覚センサーの設定
   はじめに、力覚センサーとロボットを対応づけます。次に、力覚センサーが正常にコントローラーと接続され、通信できることを確認します。詳細は、次の項を参照してください。
   ソフトウェア編 接続確認

6. 力覚センサーの補正設定
   力覚センサーの補正に必要な設定を行い、フォース座標系で正しく補正されたセンサー値が取得できることを

確認します。詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 力覚センサーの補正

7. フォース機能の実行
   各フォース機能を実行します。
   フォース機能は、フォースガイダンス機能、またはSPEL+プログラムから実行可能です。フォースガイダンス機能を使うことを推奨します。

   - フォースガイダンス機能によるフォース機能の実行
     各フォース機能を、フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェクトで作業を表現し実行します。
     詳細は、次の項を参照してください。
     ソフトウェア編 フォースガイダンス機能

   - SPEL+プログラムによるフォース機能の実行
     各フォース機能を、SPEL+プログラムによって実行します。
     詳細は、次の項を参照してください。
     ソフトウェア編 フォース機能のSPEL+プログラミング

8. ダイレクトティーチ+タッチジョグの実行
   ダイレクトティーチやタッチジョグを実行します。
   タッチジョグはTP2のみ使用可能です。

   - TP2を使って、ダイレクトティーチ+タッチジョグを実行する場合の詳細は、次のマニュアルを参照してください。
     "ロボットコントローラーオプション ティーチペンダント TP2 - 操作編 ダイレクトティーチ+タッチジョグ"

   - TP4を使って、ダイレクトティーチを実行する場合の詳細は、次のマニュアルを参照してください。
     "ロボットコントローラーオプション ティーチペンダント TP4 - 力覚センサーのダイレクトティーチング"

# 3. ハードウェア編

## 3.1 同梱物

本オプションに同梱されている部品を、製品仕様別に説明します。

### 3.1.1 S250L (C8, C12シリーズ用: IP20対応)

| No. | 同梱品 | 個数 | 写真 |
|---|---|---|---|
| 1 | センサー本体 (C8, C12-IP20対応: S250L) | 1台 | |
| 2 | 力覚センサーケーブル (C8, C12-IP20対応) * | 1本 | |
| 3 | 力覚センサーM/I接続ケーブル (C8, C12用) | 1本 | |
| 4 | センサーフランジ (C8, C12-IP20対応) * | 1枚 | |
| 5 | ロボット固定用ねじ (六角穴付ボタンボルト: M5×15) | 4本 | |
| 6 | 力覚センサー固定用ねじ (六角ボルト: M5×12) * | 4本 | |
| 7 | ケーブルマウント * | 1個 | |
| 8 | 結束バンド * | 1本 |  |
| 9 | 保護シート * | 1枚 | |
| 10 | ケーブル用ラベル | 1枚 | |

| No. | 同梱品 | 個数 | 写真 |
|---|---|---|---|
| 11 | 天吊り用軸ラベル | 1枚 | |



* : 2, 4, 6, 7, 8, 9の部品は、“1.センサー本体(C8, C12-IP20対応: S250L)”に組み込まれた状態で出荷しています。

## 3.1.2 S250P (C8, C12シリーズ用: IP67対応)

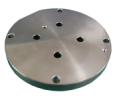
| No. | 同梱品 | 個数 | 写真 |
|---|---|---|---|
| 1 | センサー本体 (C8, C12-IP67対応: S250P) | 1台 | |
| 2 | 力覚センサーケーブル (C8, C12-IP67対応) * | 1本 | |
| 3 | 力覚センサーM/I接続ケーブル (C8, C12用) | 1本 | |
| 4 | センサーフランジ (C8, C12-IP67対応) * | 1枚 | |
| 5 | ロボット固定用ねじ (六角穴付ボルト: M5×18) | 4本 | |
| 6 | シールワッシャー * | 4本 | |
| 7 | 力覚センサー固定用ねじ (六角ボルト: M5×12) * | 4本 | |
| 8 | ケーブルマウント * | 1本 | |
| 9 | 結束バンド * | 1個 |  |
| 10 | 保護シート * | 1枚 | |
| 11 | ケーブル用ラベル | 1枚 | |

| No. | 同梱品 | 個数 | 写真 |
|---|---|---|---|
| 12 | 天吊り用軸ラベル | 1枚 | |



* : 2, 4, 7, 8, 9, 10の部品は、“1. センサー本体(C8, C12-IP67対応: S250P)”に組み込まれた状態で出荷しています。

## 3.1.3 S2503, S2506, S25010 (GXシリーズ, RSシリーズ用)

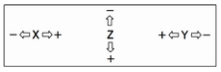
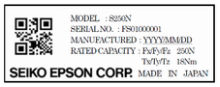
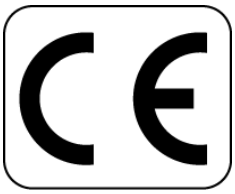
| No. | 同梱品 | 個数 | 写真 |
|---|---|---|---|
| 1 | センサー本体 (S2503, S2506, S25010) | 1台 | |
| 2 | 力覚センサーケーブル (S2503, S2506, S25010) | 1本 | GXシリーズ用 RSシリーズ用 |
| 3 | 力覚センサーM/I接続ケーブル (S2503, S2506, S25010) | 1本 | GXシリーズ用 RSシリーズ用 |
| 4 | 外部配線用中継ケーブル *1 *2 | 1本 | |
| 5 | アダプター *3 | 1個 | |
| 6 | センサーフランジ(S2503, S2506, S25010) *4 | 1枚 |  |
| 7 | 力覚センサー固定用ねじ (六角穴付ボルト: M4×15) *4 | 4本 | |
| 8 | センサーフランジ固定用ねじ (六角穴付ボルト: M5×15) | 4本 | |

| No. | 同梱品 | 個数 | 写真 |
|---|---|---|---|
| 9 | ケーブルマウント | 2個 | |
| 10 | 結束バンド | 2本 |  |
| 11 | 保護シート | 1枚 | |
| 12 | ケーブル用ラベル | 1枚 | |
| 13 | 天吊り用軸ラベル | 1枚 | |
| 14 | ケーブルマウント固定ねじ (十字穴付ナベ小ねじ: M4×8) | 1本 | |
| 15 | ケーブルマウント固定ねじ (六角穴付極低頭ボルト: M4×6) | 1本 | |

*1 4, 5の部品は、オプションの構成により、出荷時添付されない場合があります。
*2 4 の部品は、GX4シリーズのみです。GX8, GX10, GX20シリーズはオプションです。
*3 5 の部品は、マニピュレーターごとに異なります。
*4 6, 7 の部品は、“1.センサー本体(S2503, S2506, S25010)”に組み込まれた状態で出荷しています。

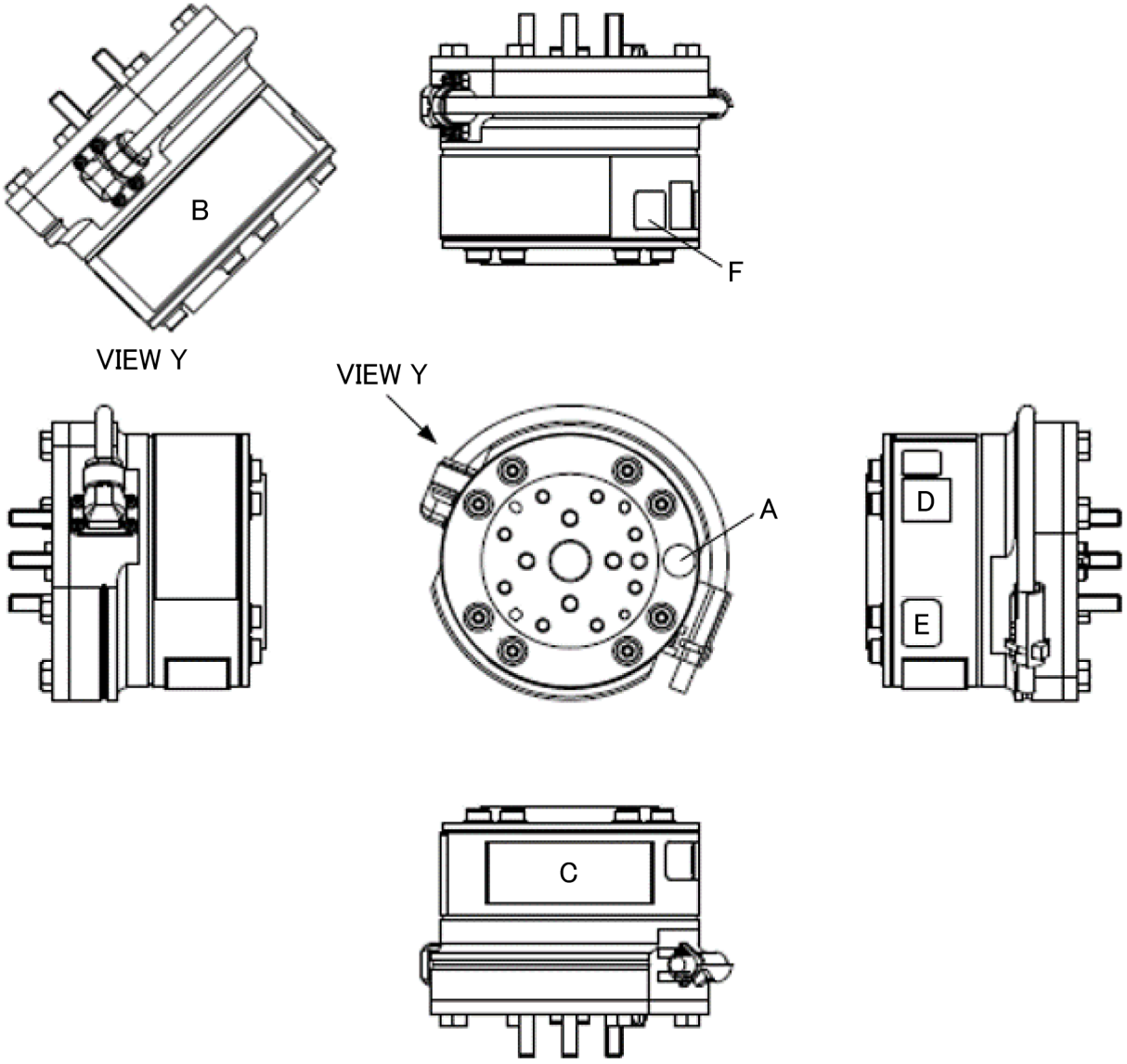
## 3.2 ラベル

力覚センサー本体と力覚センサーI/Fユニットには、次のラベルが貼られています。安全に力覚センサーを操作するために、ラベルに記載されている注意や警告は必ず守ってください。

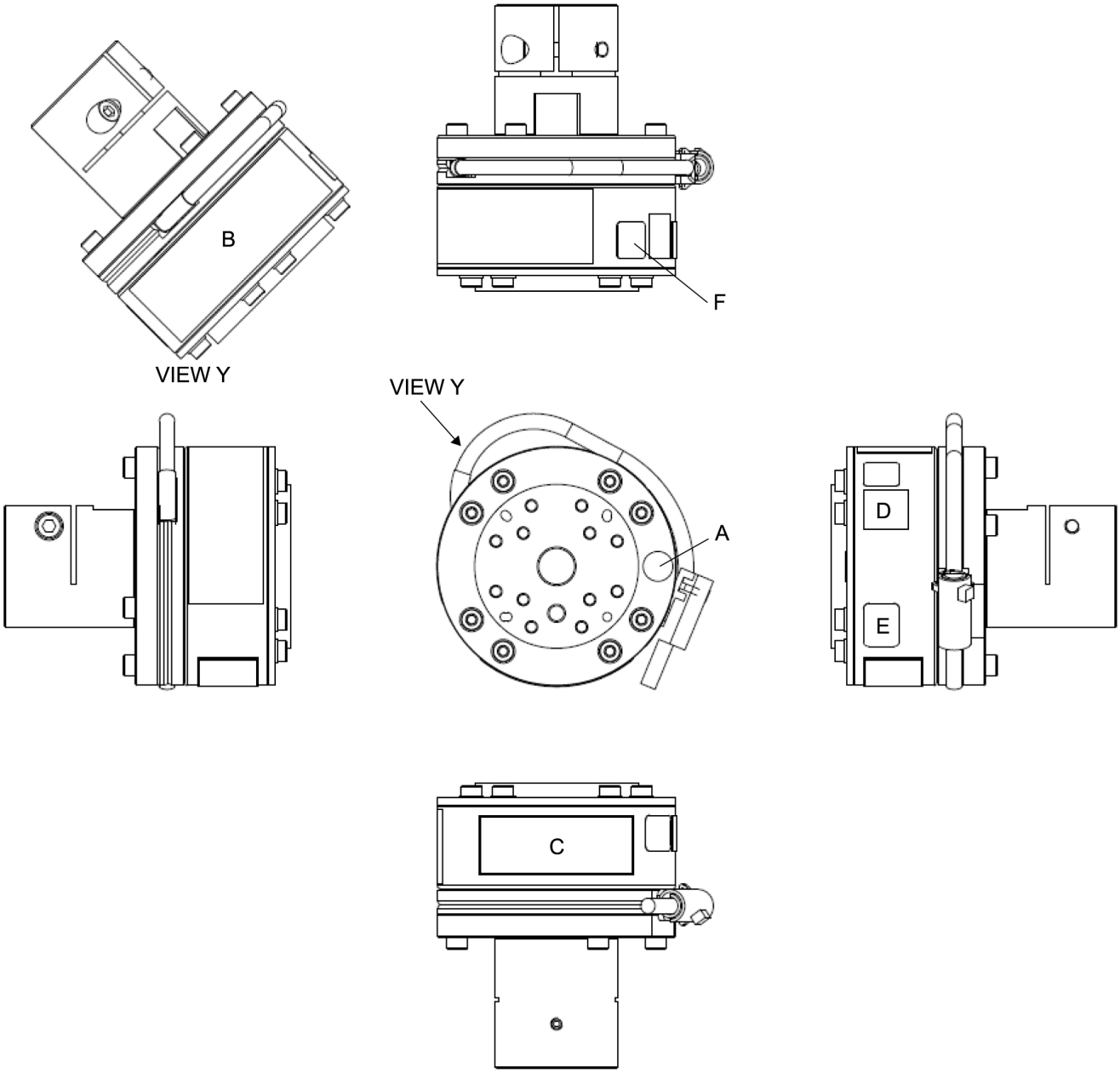
| 位置 | ラベル | | Note |
|---|---|---|---|
| A | | | 力覚センサー上面にあるねじは、ゆるめたり、はずしたり、しないでください。<br>ねじがゆるんだり、はずれてしまった場合、マニピュレーターの動作中にハンドがはずれたり、力覚センサーの精度が保てない可能性があります。 |
| B |  | S2503,<br>S250L,<br>S2506,<br>S250P,<br>S25010 | 床置きの場合の力覚センサーの 座標系です。 |
| C |  | S2503,<br>S250L,<br>S2506,<br>S250P,<br>S25010 | シリアル番号ラベル (力覚センサー) |
| D | | | China RoHSマーク |
| E |  | | CEマーク |
| F | | | UKCAマーク |

**ラベル貼付位置**

力覚センサー (S250, L, P, H)



力覚センサー (S2503_S2506_S25010)



## 3.3 接続例

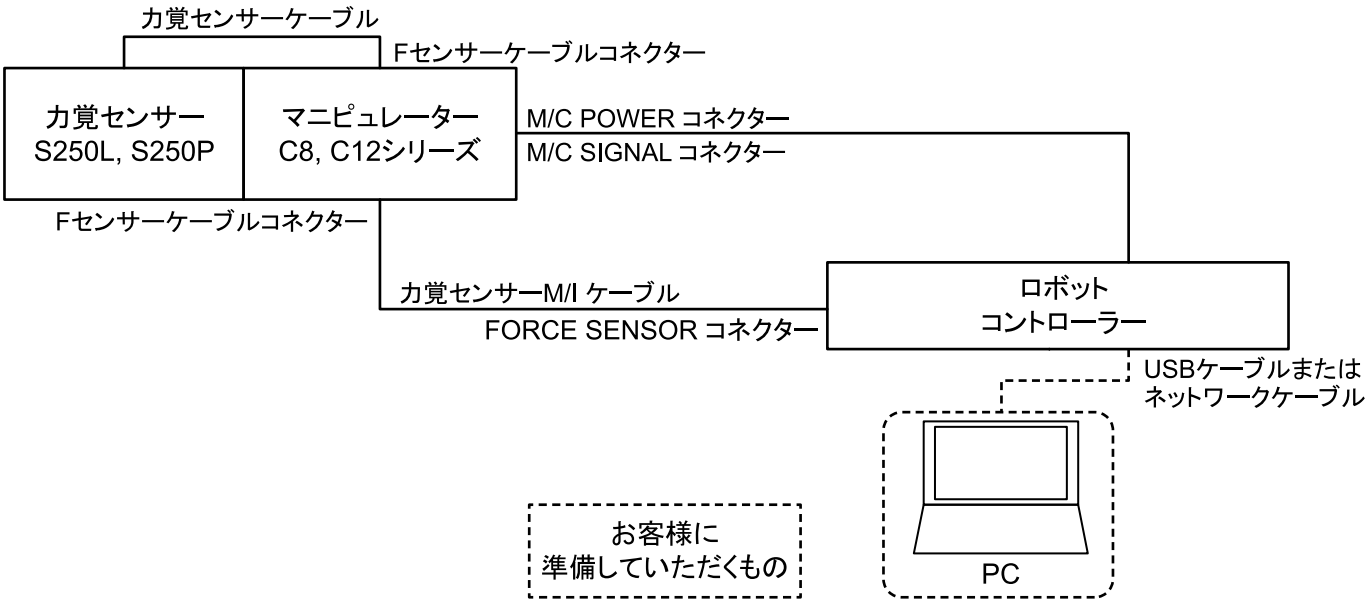
ロボットシステムと力覚センサーの接続例です。

キーポイント

下記は、お客様にて準備してください。

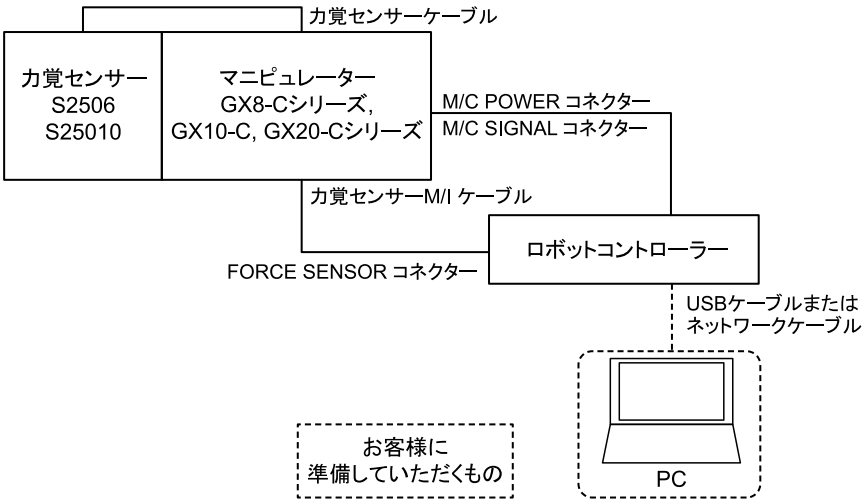
- マニピュレーター動作用PC

### 3.3.1 C8,C12シリーズ-S250L, C8,C12シリーズ-S250P

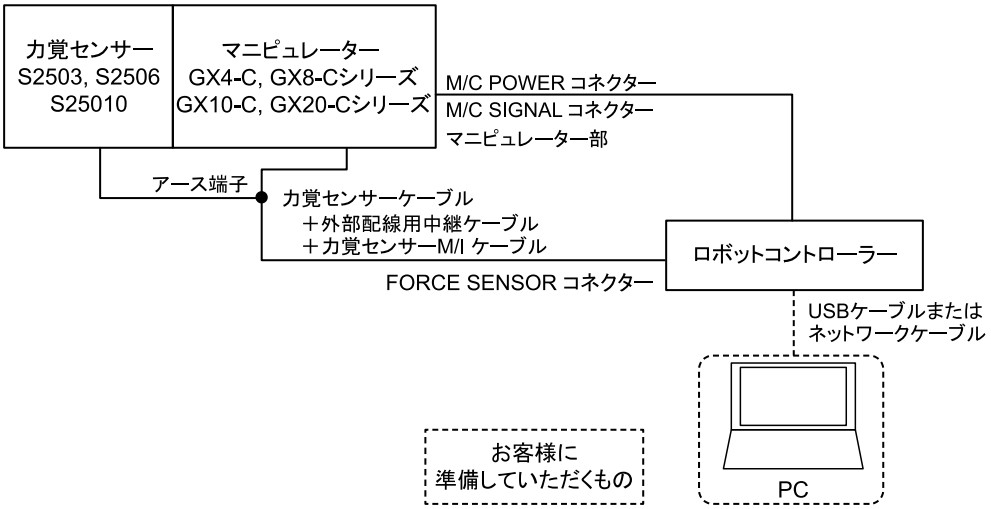



### 3.3.2 G, GXシリーズ-S2503, S2506, S25010

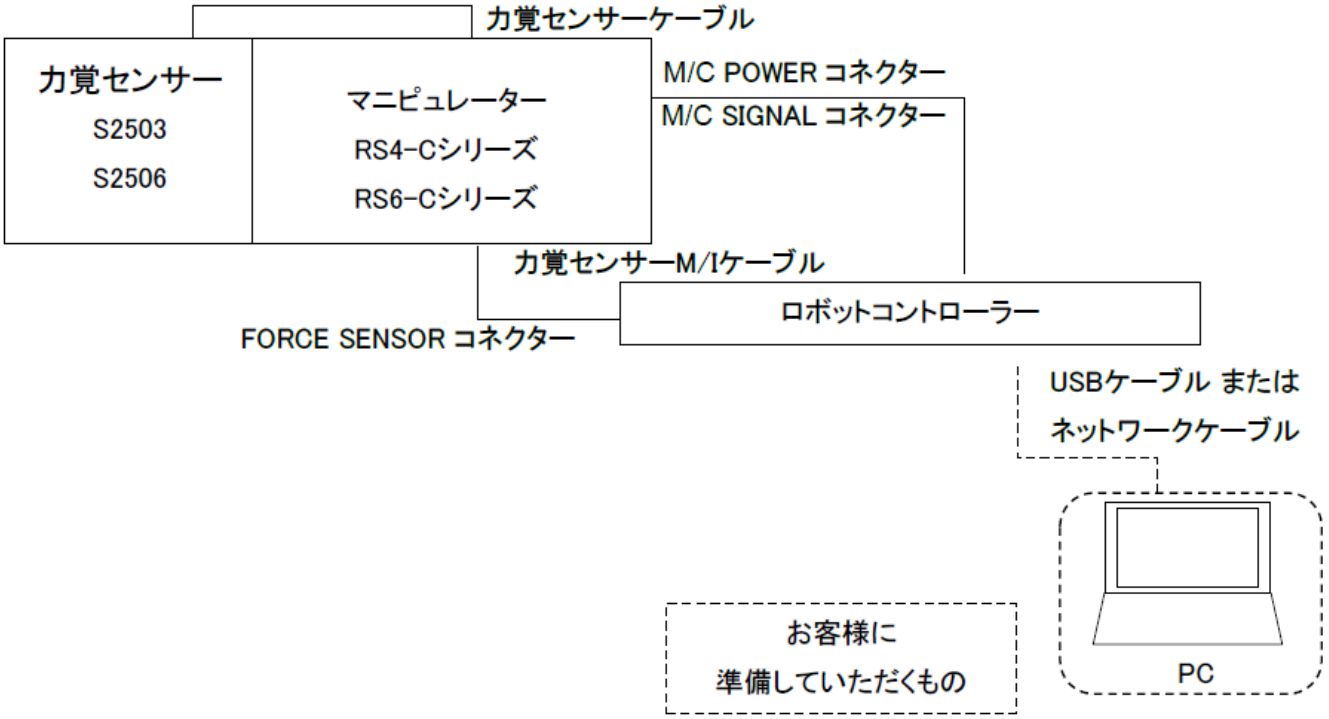
#### 3.3.2.1 機内配線



## 3.3.2.2 外部配線


力覚センサー
S2503, S2506
S25010
マニピュレーター
GX4-C, GX8-Cシリーズ
GX10-C, GX20-Cシリーズ
M/C POWER コネクター
M/C SIGNAL コネクター
マニピュレーター部
アース端子
力覚センサーケーブル
＋外部配線用中継ケーブル
＋力覚センサーM/I ケーブル
ロボットコントローラー
FORCE SENSOR コネクター
USBケーブルまたは
ネットワークケーブル
お客様に
準備していただくもの
PC

## 3.3.3 RSシリーズ-S2503, S2506



# 3.4 力覚センサー

⚠ 注意

- 許容荷重は、センサーの動作を保証する荷重ではありません。許容荷重を超えた力を加えた場合、正確に力が検出できなくなる可能性があります。必ず、定格荷重範囲内で使用してください。
- 本オプションを、温度変化が急激な環境下で使用する場合は、ドリフトが大きくなる場合があります。

## 3.4.1 仕様

### 3.4.1.1 仕様表

<table>
<tr><th colspan="4">項目</th><th>仕様</th><th>備考</th></tr>
<tr><td rowspan="3">外形</td><td colspan="3">S250L</td><td>ø88 × H49 mm</td><td rowspan="3">センサーフランジ含む<br>参照 : 外形図</td></tr>
<tr><td colspan="3">S250P</td><td>ø88 × H66 mm</td></tr>
<tr><td colspan="3">S2503, S2506, S25010</td><td>ø80 × H52 mm *1</td></tr>
<tr><td rowspan="4">重量 *2</td><td colspan="3">S250L</td><td>520 g</td><td rowspan="2">センサーフランジ含む</td></tr>
<tr><td colspan="3">S250P</td><td>680 g</td></tr>
<tr><td colspan="3">S2503, S2506</td><td>620 g</td><td rowspan="2">センサーフランジ,アダプター含む</td></tr>
<tr><td colspan="3">S25010</td><td>640 g</td></tr>
<tr><td rowspan="2">定格荷重</td><td colspan="3">Fx / Fy / Fz</td><td>250 / 250 / 250 [N]</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Tx / Ty / Tz</td><td>18 / 18 / 18 [N·m]</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">許容荷重</td><td colspan="3">Fx / Fy / Fz</td><td>1000 [N]</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Tx / Ty / Tz</td><td>36 [N·m]</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">測定分解能 *3</td><td colspan="3">Fx / Fy / Fz</td><td>± 0.1 (5 sec, 25 ° C) [N]</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Tx / Ty / Tz</td><td>± 0.003 (5 sec, 25 ° C) [N·m]</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">ノイズレベル</td><td colspan="2">Fx / Fy / Fz</td><td>0.035 [N]</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Tx / Ty / Tz</td><td>0.001 [N·m]</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">時間ドリフト</td><td rowspan="2">25 ° C</td><td>Fx / Fy / Fz</td><td>± 0.01 [N/s]</td><td></td></tr>
<tr><td>Tx / Ty / Tz</td><td>± 0.0003 [N·m/s]</td><td></td></tr>
</table>

| 項目 | | | | 仕様 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 40 ° C | Fx / Fy / Fz | ± 0.02 [N/s] | |
| | | | Tx / Ty / Tz | ± 0.0006 [N·m/s] | |
| 測定精度 *4 | Fx / Fy / Fz Tx / Ty / Tz | | | ± 5 % RO *5以下 | |
| 温度ドリフト | Fx / Fy / Fz Tx / Ty / Tz | | | フルスケール250 [N], 18 [N·m]に対して 0.2 [% / ° C]以下 | |
| 動作環境 | 温度 | | | - 10 ~ 40 [° C] | |
| | 湿度 | | | 10 ~ 80 %Rh 結露なきこと | |
| 保護等級 | IP20 | | | S250L, S2503, S2506, S25010 | |
| | IP67 | | | S250P | |

*1 センサー+センサーフランジの下端までの寸法です。付属のアダプターで取りつけた場合、Z軸端面からセンサー端面までの距離は下記のとおり。
参照 : 外形図
S2503, S2506: 66 mm
S25010: 68 mm
*2 重量に、ケーブルオプションは含みません。
*3 測定分解能は、ノイズレベルと時間ドリフト(25 ° C)を含む、測定時間5 秒の場合です。
*4 測定精度は、測定時間6分の場合です。
*5 ROとはRated Outputの略で、定格出力に対する精度のことです。

### 3.4.1.2 高負荷時のACCEL設定について

次のマニピュレーターで力覚センサーを使用する場合、先端負荷の大きさによって、適切なACCEL設定を行ってください。
対象機種: GX10, GX20シリーズ

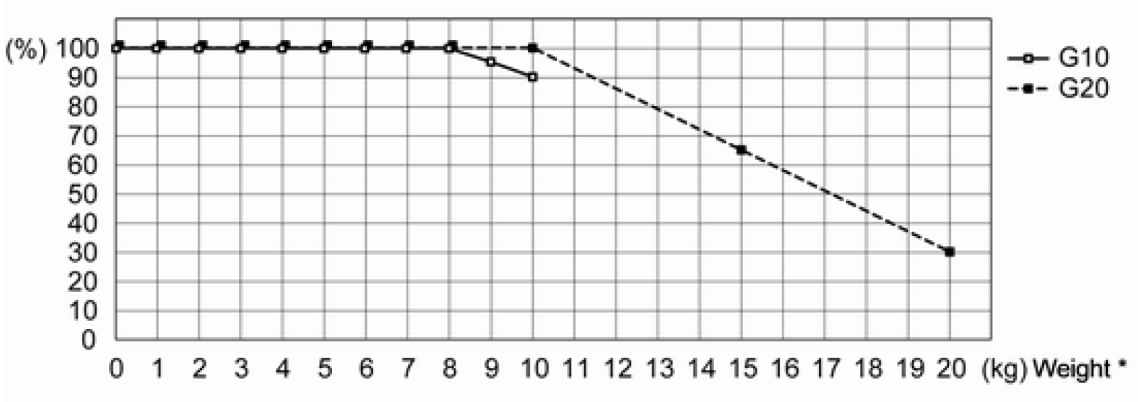
ACCEL設定についての詳細、および設定方法は、各マニピュレーターマニュアルを参照してください。

**キーポイント**

適切にACCEL設定を行わないと、動作条件によっては、力覚センサーの定格トルクを超える荷重が発生し、次のトラブルが発生する可能性があります。

力覚センサーの寿命低下、および破損

Accel設定値



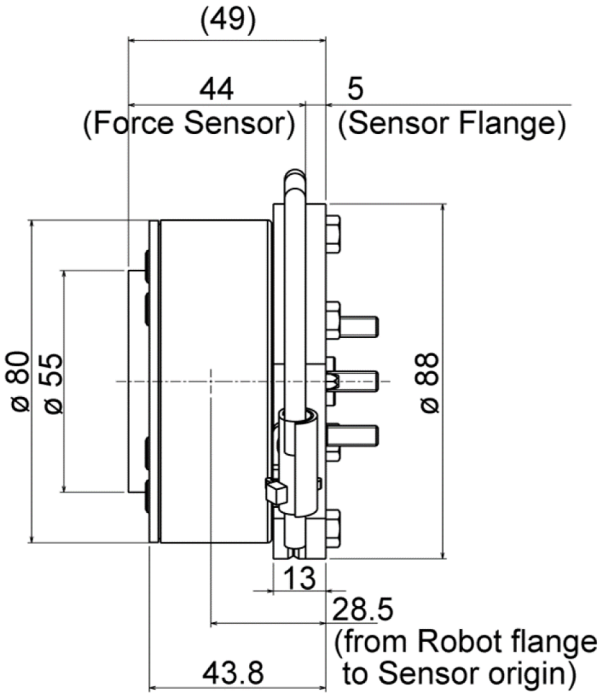

* Weight : 力覚センサーの質量を含む

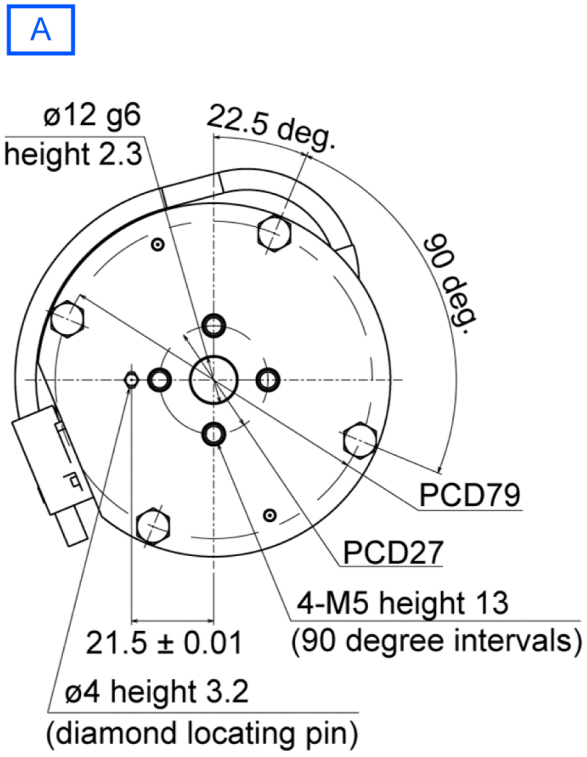
## 3.4.2 外形図

センサーフランジと力覚センサーを取りつけた外形図です。

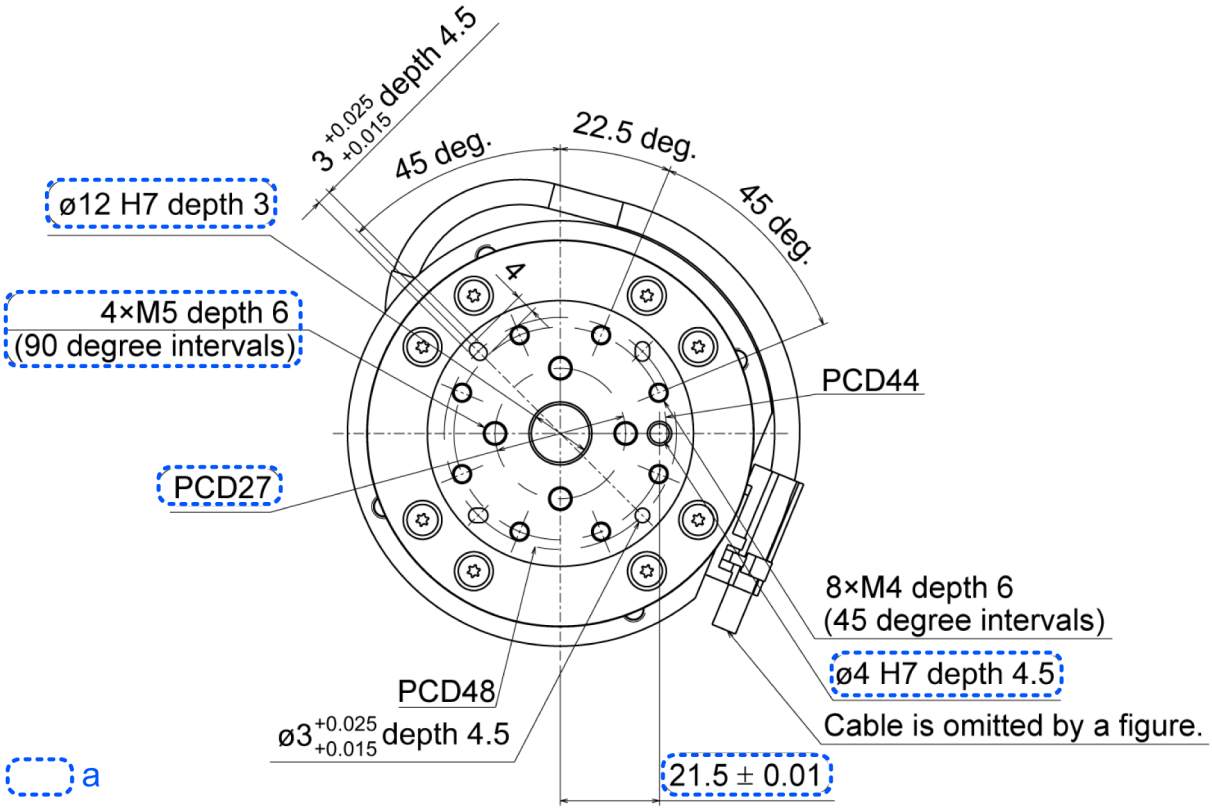
### 3.4.2.1 S250L (C8, C12シリーズ用: IP20対応)

**側面図 / マニピュレーターフランジ側 (A)**



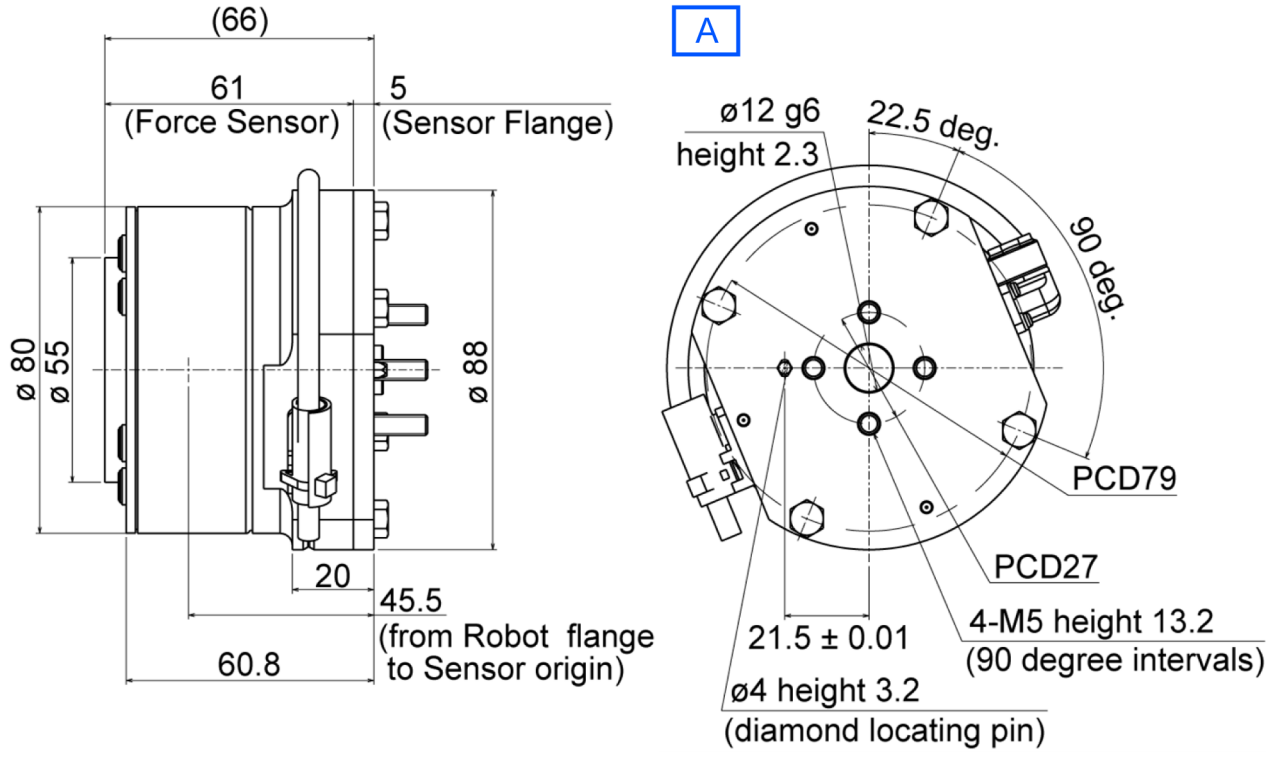
**ハンド側**



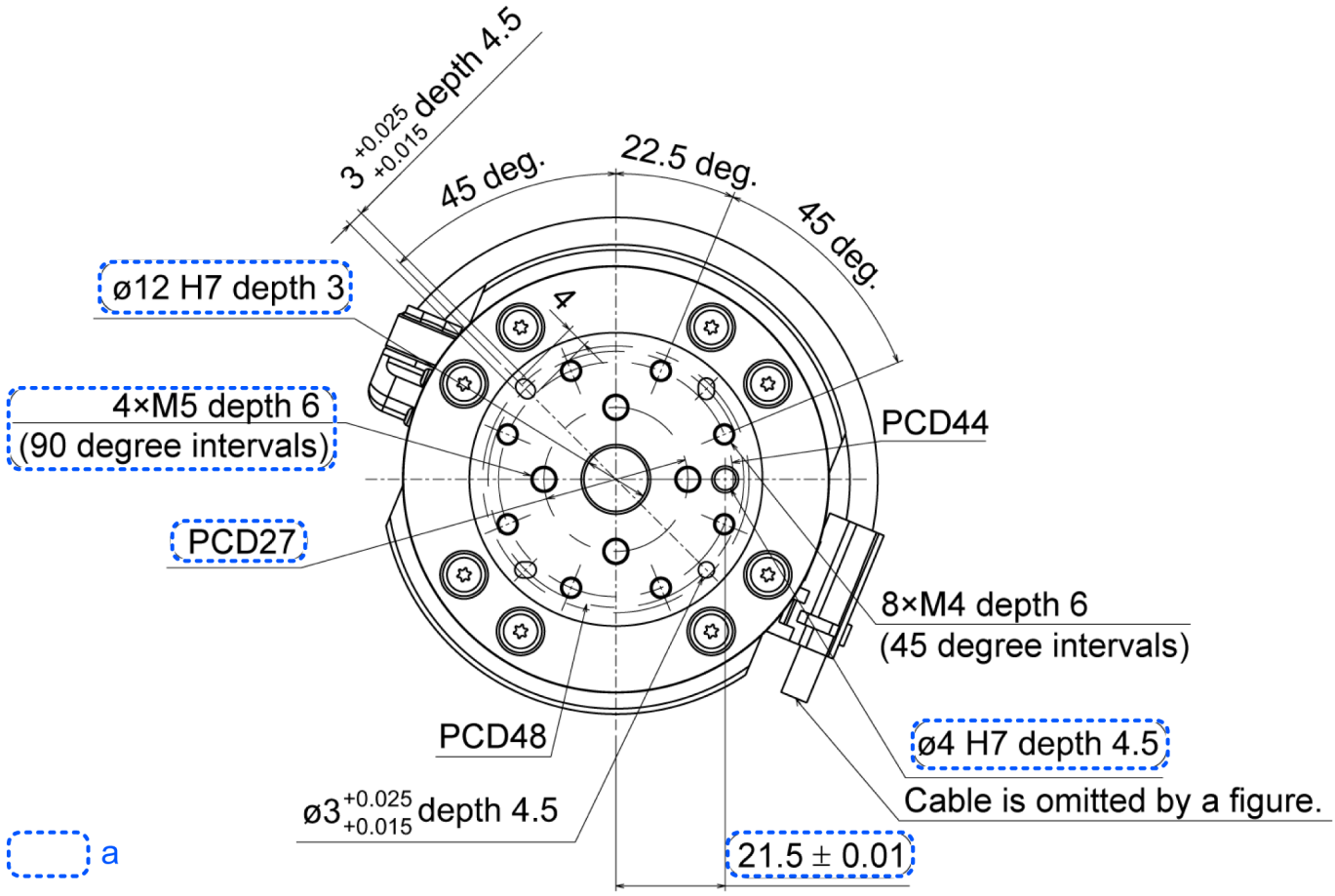

| | |
|---|---|
| a | C8, C12シリーズマニピュレーターフランジ互換形状 |

## 3.4.2.2 S250P (C8, C12シリーズ用: IP67対応)

**側面図 / マニピュレーターフランジ側 (A)**



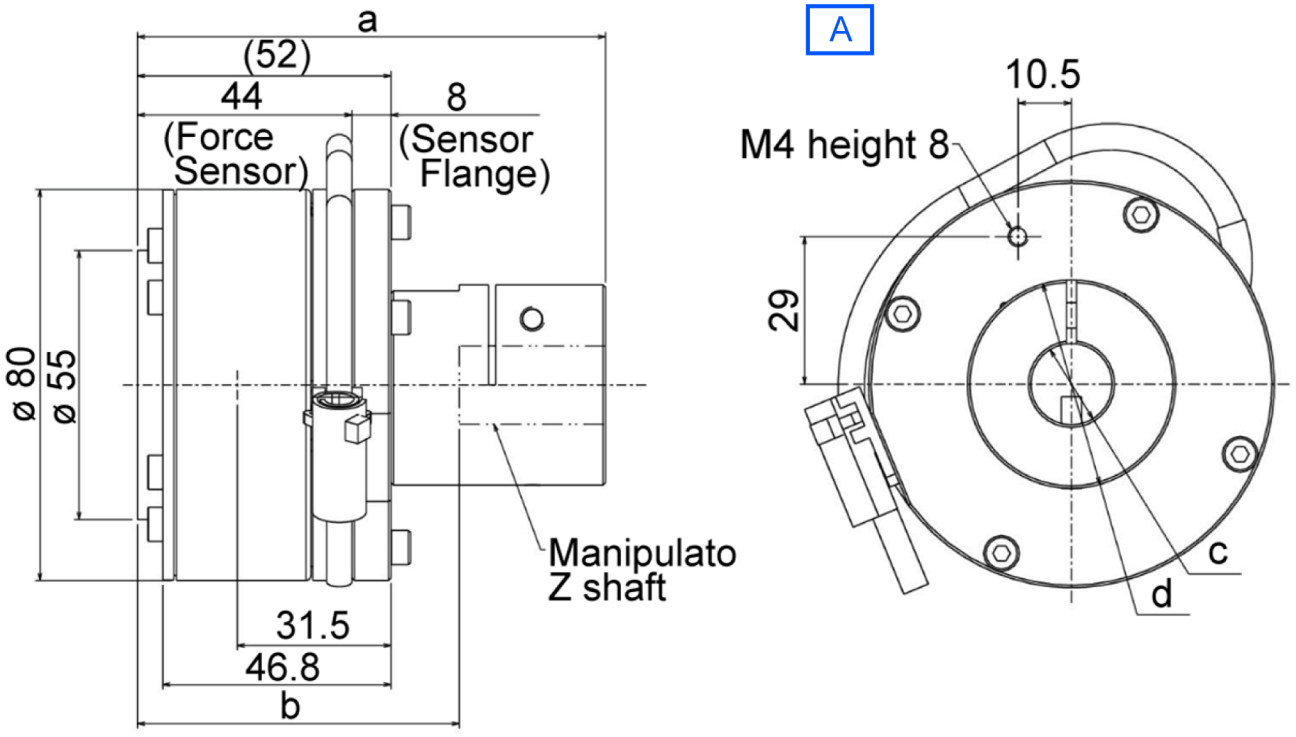
**ハンド側**



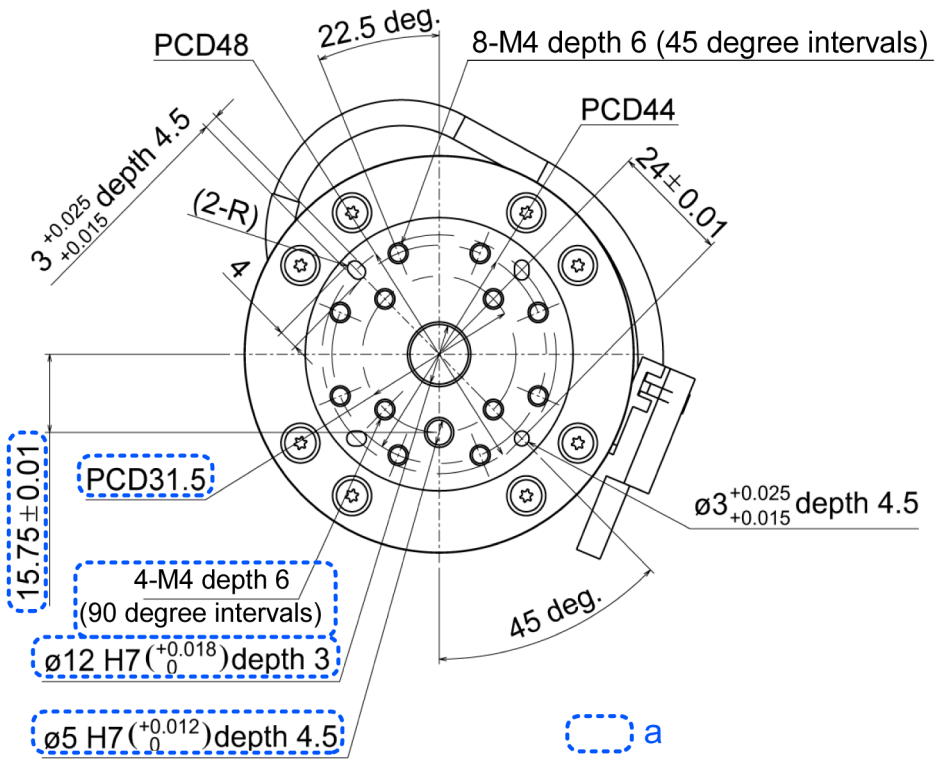

| | |
|---|---|
| a | C8, C12シリーズマニピュレーターフランジ互換形状 |

## 3.4.2.3 S2503, S2506, S25010 (GXシリーズ, RSシリーズ用)

**側面図 / マニピュレーターフランジ側 (A)**



**ハンド側**




| | |
|---|---|
| a | C4シリーズマニピュレーターフランジ互換形状 |

(単位: mm)

| | | S2503 | S2506 | S25010 |
|---|---|---|---|---|
| a | アダプター上端から力覚センサー端面までの距離 | 96 | | 98 |
| b | マニピュレーターのZシャフト端面から力覚センサー端面までの距離 | 66 | | 68 |
| c | アダプターのシャフト取付穴径 | 16 | 20 | 25 |
| d | アダプターの外径 | 41 | | 45.5 |

## 3.5 取りつけ方法

各力覚センサーの取りつけ方法について説明します。

### ⚠ 警告

- 作業は、必ずコントローラーと関連装置の電源をオフし、電源プラグを抜いた状態で行ってください。通電したままの作業は、感電の危険や故障の可能性があります。
- ケーブルは確実に接続してください。また、ケーブルに重い物を載せたり、極端に曲げたり、無理にひっぱったり、はさんだりしないてください。ケーブルの損傷, 断線, 接触不良の原因となり、システムが正常に動作しない可能性や感電の危険があります。
- 力覚センサーを取りつけるときは、センサーの回路基板やFFCケーブルに触れないでください。ケーブルの損傷, 断線, 接触不良や、コネクターの破損の原因となり、システムが正常に動作しない可能性や感電の危険があります。

### ⚠ 注意

- 力覚センサーは、次の項を参照し、マニピュレーターに正しく取りつけてください。

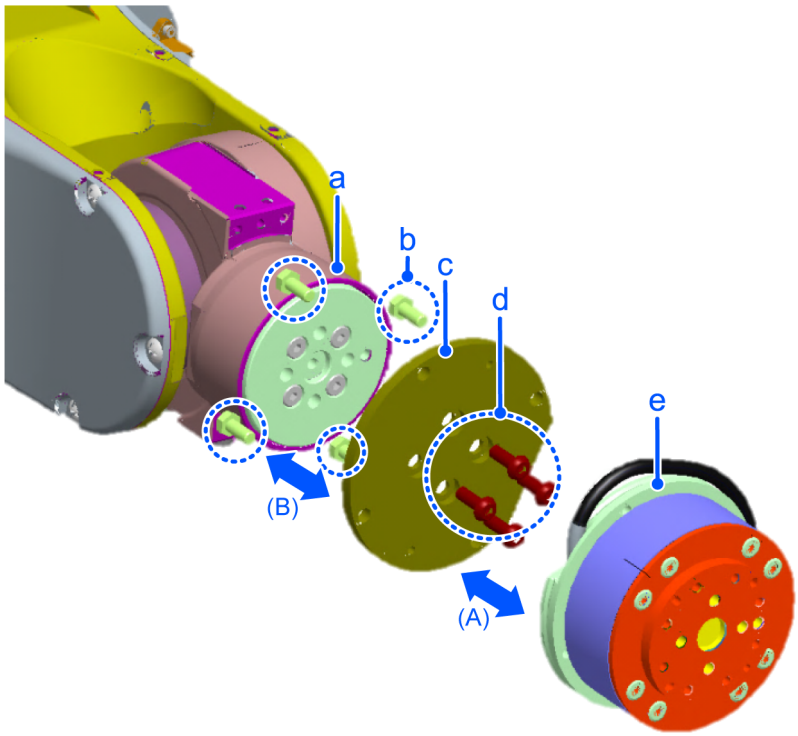
  ハードウェア 編 **力覚センサーの取りつけ**

  手順と異なる方法で、力覚センサーを取りつけると、センサーの精度低下や故障の原因となります。
- 力覚センサーは、推奨トルクを守ってマニピュレーターに取りつけてください。推奨締付トルク以外で固定した場合、センサー性能が異常となる可能性があります。また、推奨締付トルクよりも小さいトルクで固定した場合、マニピュレーターの動作中に力覚センサーが落下し、センサーや装置の破損などの原因となります。
- マニピュレーターにセンサーケーブルを固定するときは、マニピュレーターの稼働範囲を妨げないように、マニピュレーターに固定してください。

  また、ケーブルの可動範囲内でもケーブルに負荷がかかり、断線などの原因となります。

## 3.5.1 力覚センサーの取りつけ

### 3.5.1.1 S250L (C8, C12シリーズ用: IP20対応)



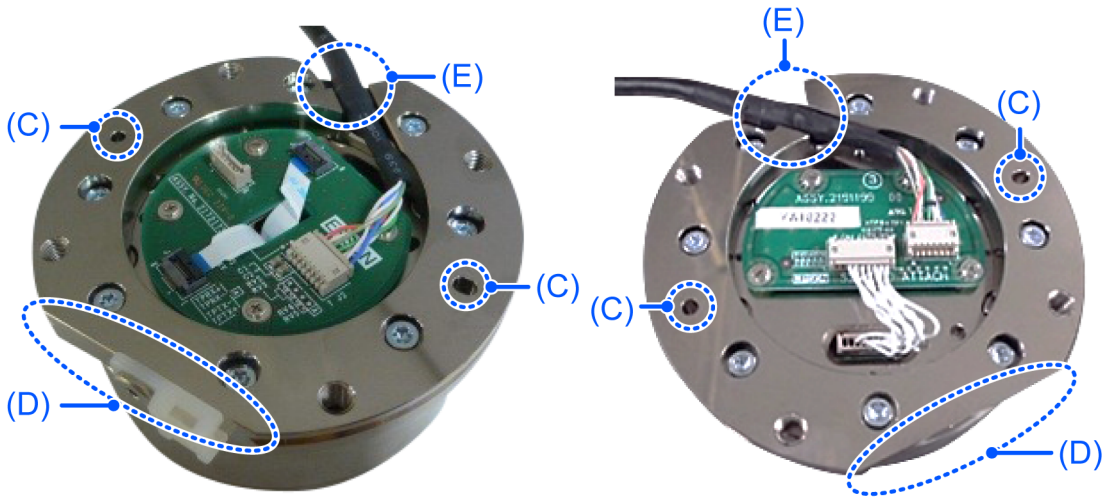

| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | ロボットフランジ部 |
| b | 力覚センサー固定用ねじ (2)(4)<br>六角ボルト: 4-M5×12 / 推奨締付トルク: 5.4 N・m |
| c | センサーフランジ C8-IP20 対応 |
| d | ロボット固定用ねじ (3)<br>六角穴付ボタンボルト: 4-M5×15 / 推奨締付トルク: 5.4 N・m |
| e | センサー本体 C8-IP20 対応: S250L |

1. コントローラーの電源をオフします。

2. センサー本体から、センサーフランジを取りはずします。(A)
   力覚センサー固定用ねじ (六角ボルト: 4-M5×12)
   (センサーは、センサーフランジに固定された状態で、出荷されています。)

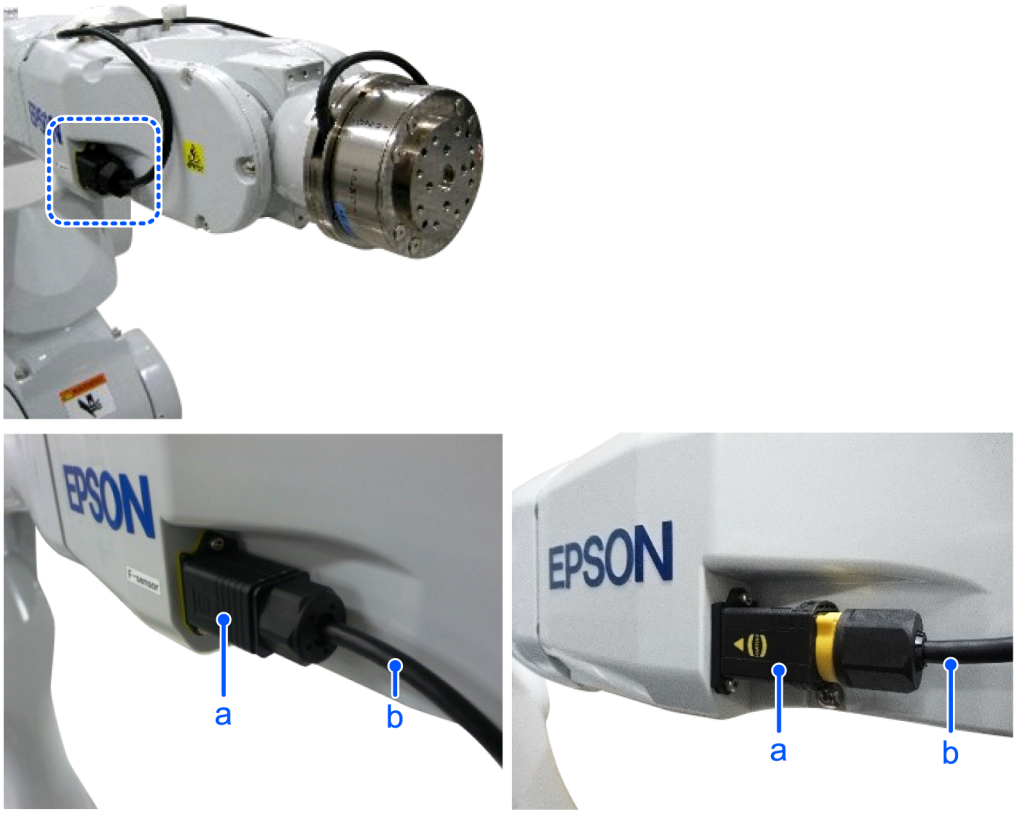
3. ロボットフランジ部にセンサーフランジを取りつけます。(B)
   センサーフランジ側の位置決め部分2ヶ所(位置決めピンと中央突起部)を、ロボットフランジ部に合わせてはめ込みます。同梱されているロボット固定用ねじで、ロボットフランジ部とセンサーフランジを固定します。
   ロボット固定用ねじ (六角穴付ボタンボルト: 4-M5×15)
   推奨締付トルク: 5.4 N・m

4. 手順3.で固定したセンサーフランジに、センサー本体を取りつけます。(A)センサー本体の基板は、2種類ありますが、取付方法は同じです。注意してください。



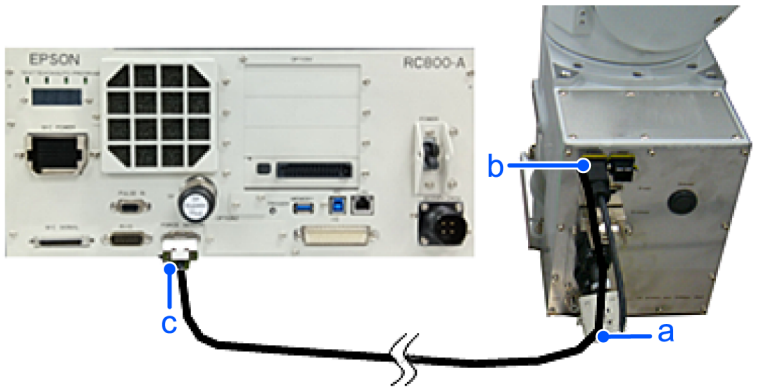

センサーフランジとセンサー本体の切り欠き部分(D)を合わせ、センサーフランジの位置決めピン2本(C)をセンサー本体の位置決め穴(C)に合わせてはめこみます。
このとき、力覚センサーケーブルの熱収縮チューブが巻いてある部分を、(E)の位置に合わせてください。
手順2.で取りはずしたねじで、センサーフランジとセンサー本体を固定します。
力覚センサー固定用ねじ (六角ボルト: 4-M5×12)
推奨締付トルク: 5.4 N・m

5. 力覚センサーケーブルを、マニピュレーターのFセンサーケーブルコネクターに接続します。
ロボットと力覚センサーのコネクターは以下の通り2種類あります。注意してください。

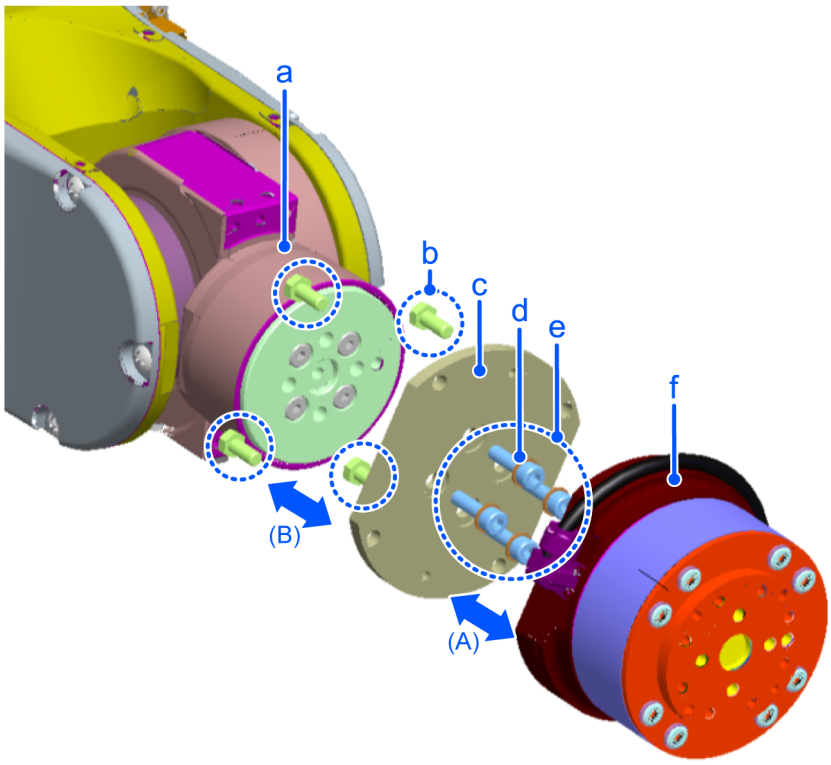



| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | Fセンサーケーブルコネクター |
| b | 力覚センサーケーブル |

6. 力覚センサーM/I接続ケーブル (a) を、Fセンサーケーブルコネクター (b) と、コントローラーの FORCE SENSOR コネクター (c)に接続します。




### 3.5.1.2 S250P (C8シリーズ用: IP67対応)



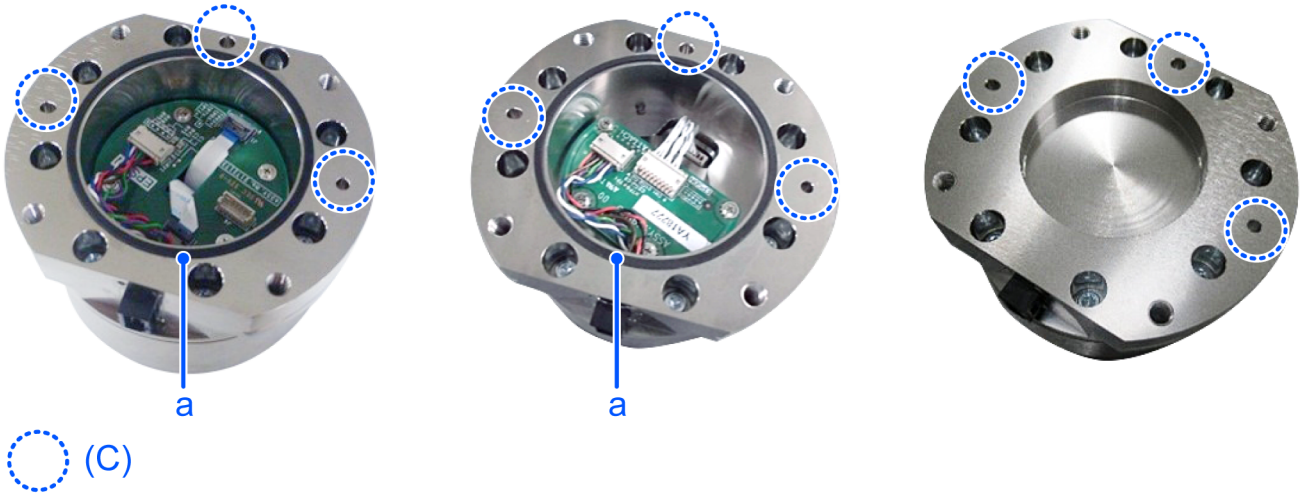

| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | ロボットフランジ部 |
| b | 力覚センサー固定用ねじ (2)(4)<br>六角ボルト: 4-M5×12 / 推奨締付トルク: 5.4 N・m |
| c | センサーフランジ C8-IP67 対応 |
| d | シールワッシャー ×4 (3) |
| e | ロボット固定用ねじ (3)<br>六角穴付ボルト: 4-M5×18 / 推奨締付トルク: 5.4 N・m |
| f | センサー本体 C8-IP67 対応: S250P |

1. コントローラーの電源をオフします。

2. センサー本体から、センサーフランジを取りはずします。(A)
   力覚センサー固定用ねじ (六角ボルト: 4-M5×12)(センサーは、センサーフランジに固定された状態で、出荷されています。)

3. ロボットフランジ部にセンサーフランジを取りつけます。(B)
   はじめに、センサーフランジ側の位置決め部分2ヶ所(位置決めピンと中央突起部)を、ロボットフランジ部に合わせてはめ込みます。
   次に、同梱されているロボット固定用ねじの根元までシールワッシャーをはめ込み、ロボットフランジ部とセンサーフランジを固定します。
   ロボット固定用ねじ (六角穴付ボルト: 4-M5×18)
   推奨締付トルク: 5.4 N・m

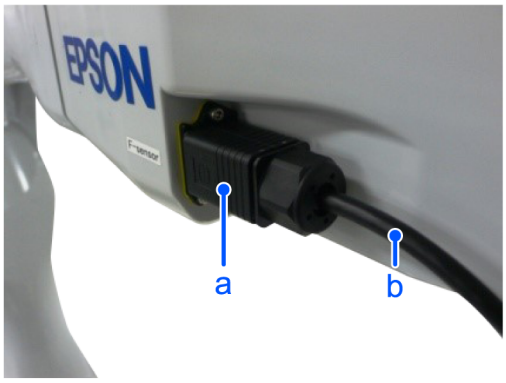
4. 手順3.で固定したセンサーフランジに、センサー本体を取りつけます。(A)
   センサー本体の裏面から見た外観が3種類ありますが、取付方法は同じです。注意してください。

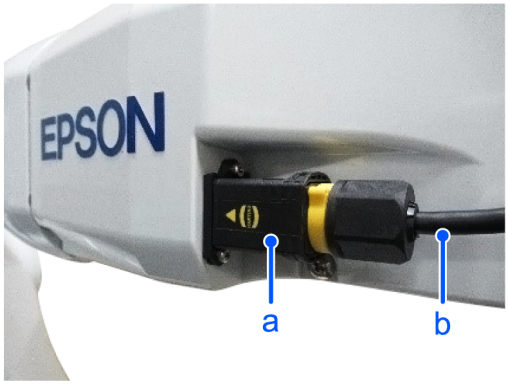



| | |
|---|---|
| a | シールゴム |

   センサーフランジの位置決めピン3本とセンサー本体の位置決め穴(C)を合わせてはめこみます。はめ込むときは、取付面に、ごみが付着しないようにしてください。また、シールゴムにも触れないようにしてください。
   手順2.で取りはずしたねじで、センサーフランジとセンサー本体を固定します。
   力覚センサー固定用ねじ (六角ボルト: 4-M5×12)
   推奨締付トルク: 5.4 N・m

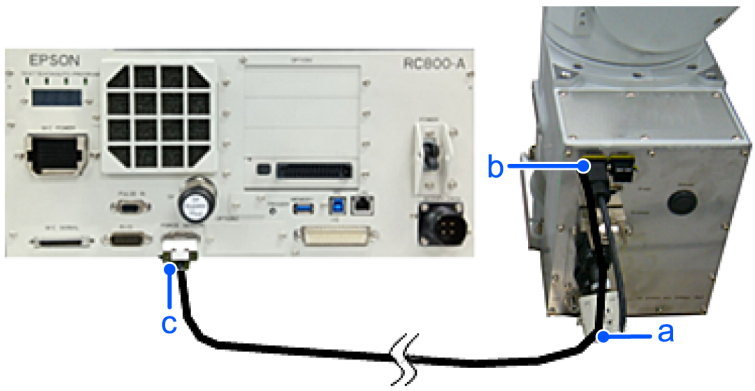
5. 力覚センサーケーブルを、マニピュレーターのFセンサーケーブルコネクターに接続します。
   ロボットと力覚センサーのコネクターは、以下の通り2種類あります。注意してください。




| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | Fセンサーケーブルコネクター |
| b | 力覚センサーケーブル |

6. 力覚センサーM/I接続ケーブル (a) を、Fセンサーケーブルコネクター (b) と、コントローラーのFORCE SENSOR コネクター (c)に接続します。



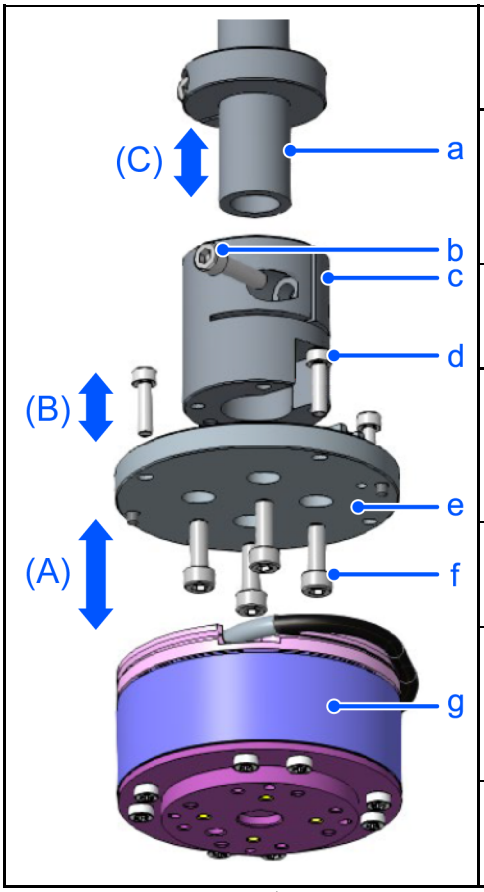

ロック機能付きコネクターのロック方法

1. コネクターを奥まで差し込みます。
2. セカンドロックを約30° 回転させます。

3. ロック完了です。

| | |
|---|---|
| a | セカンドロック |

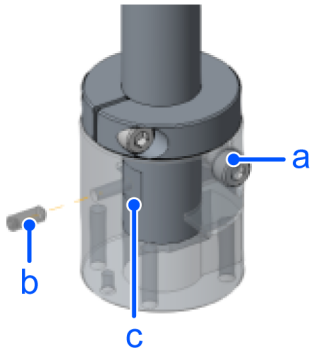
### 3.5.1.3 S2503, S2506, S25010 (GXシリーズ, RSシリーズ用)




| | |
|---|---|
| a | Z軸シャフト |
| b | アダプター固定用ねじ (4)<br>六角穴付ボルト: M5×20 / 推奨締付トルク: 8.0 N・m |
| c | アダプター |
| d | 力覚センサー固定用ねじ (2)(7)<br>六角穴付ボルト: 4-M4×15 / 推奨締付トルク: 4.0 N・m |
| e | センサーフランジ スカラロボット用 |
| f | センサーフランジ固定用ねじ (3)(6)<br>六角穴付ボルト: 4-M5×15 / 推奨締付トルク: 8.0 N・m |
| g | センサー本体: S2503, S2506, S25010 |

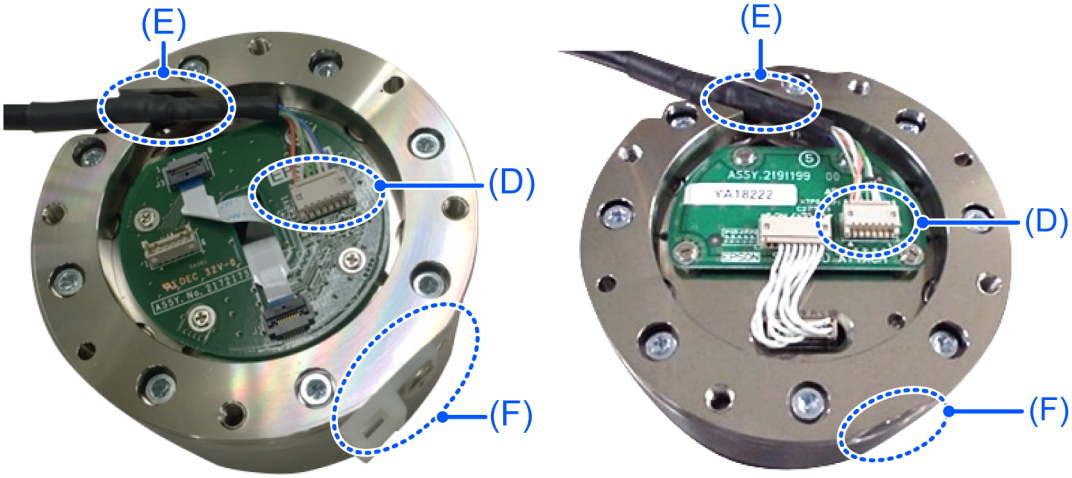
1. コントローラーの電源をオフします。
2. センサー本体からセンサーフランジを取りはずします。(A)
   力覚センサー固定用ねじ (六角穴付ボルト: 4-M4×15)
   (センサーは、センサーフランジに固定された状態で、出荷されています。)
3. センサーフランジとアダプターを固定します。(B)
   センサーフランジ固定用ねじ (六角穴付ボルト: 4-M5×15)
   推奨締付トルク: 8.0 N・m
4. アダプターを、Z軸シャフト先端から30mmの位置まで挿入し固定します。(C)
   Zストッパーの位置を、出荷時から変更していない場合は、アダプターとZストッパーが接触する位置で固定します。
   aとbの2本のねじで固定します。
   ねじbは、Z軸シャフトのDカット面に垂直にあたるよう、方向を合わせます。
   - アダプター固定用ねじa: 抱き締め (六角穴付ボルト: M5×20)
     推奨締付トルク: 8.0 N・m

- アダプター固定用ねじb:
  止めねじ (六角穴付止めねじ: M4×10)
  推奨締付トルク: 2.4 N・m




| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | アダプター固定用ねじa |
| b | アダプター固定用ねじb |
| c | Dカット面 |

5. 力覚センサーケーブルをセンサー本体のコネクター(D)に接続します。
   センサー本体の基板は、2種類あります。基板により、センサーの取付方法が異なります。注意してください。
   Z軸シャフトの中空部に力覚センサーケーブルを通す場合は、次の手順で接続してください。
   (1) シャフト上部から力覚センサーケーブルを通します。
   (2) アダプターの開口部からケーブルを引き出します。
   (3) 力覚センサーケーブルを本体のコネクター(D)に接続します。




6. 手順3.で固定したセンサーフランジに、センサー本体を取りつけます。(A)センサーフランジと、センサー本体の切り欠き部分(F)を合わせ、センサーフランジの位置決めピン2本をセンサーに合わせてはめこみます。このとき、力覚センサーケーブルの熱収縮チューブが巻いてある部分を、(E)の位置に合わせてください。
7. 手順2.で取りはずしたねじで、センサーフランジとセンサー本体を固定します。
   力覚センサー固定用ねじ (六角穴付ボルト: 4-M4×15)
   推奨締付トルク: 4.0 N・m
8. 力覚センサーケーブルを、マニピュレーターへ固定します。ケーブルは、マニピュレーターの動作に干渉しないように、またケーブルに負担がかからないように固定してください。ケーブル配線や、アース端子の固定は、以下を参照してください。ハードウェア編 **力覚センサーケーブル配線**

9. 力覚センサーM/I接続ケーブルを、コントローラーのFORCE SENSOR コネクターへ接続します。

## 3.5.2 ハンド

ハンドは、お客様が製作してください。

### キーポイント

ハンド側の取付用ねじ穴位置などの詳細は、次の項を参照してください。

**外形図**

### 注意

- ハンドのセンサー側取付面は、完全に接触状態となるように設計してください。また、センサーの性能を引き出すために、剛性のあるハンドを使用してください。
- ハンドを取りつけてマニピュレーターを動作させると、下記の要因により、マニピュレーター本体に接触する場合があります。
  - ハンドの外径
  - ワークの大きさ
  - 力覚センサーの外径
  - アームの位置 など

システムレイアウトを行うときは、ハンドと力覚センサーの干渉エリアに十分注意してください。

### 3.5.2.1 許容モーメントに関する指針

ハンドを設計する上で、注意していただきたいことを記載しています。
ロボットの関節には、許容モーメントがあります。該当する関節の許容モーメントを超えないようにハンド設計する必要があります。モーメントは、下記のように算出されます。

**負荷と押しつけのモーメントの方向が同じ場合:**

モーメント[N·m]

=負荷(力覚, ハンド, ワーク)の質量[kg]×重力加速度[m/s$^2$]×軸回転中心と負荷の重心の距離[m]+押付力[N]×軸回転中心と接触点の距離[m]

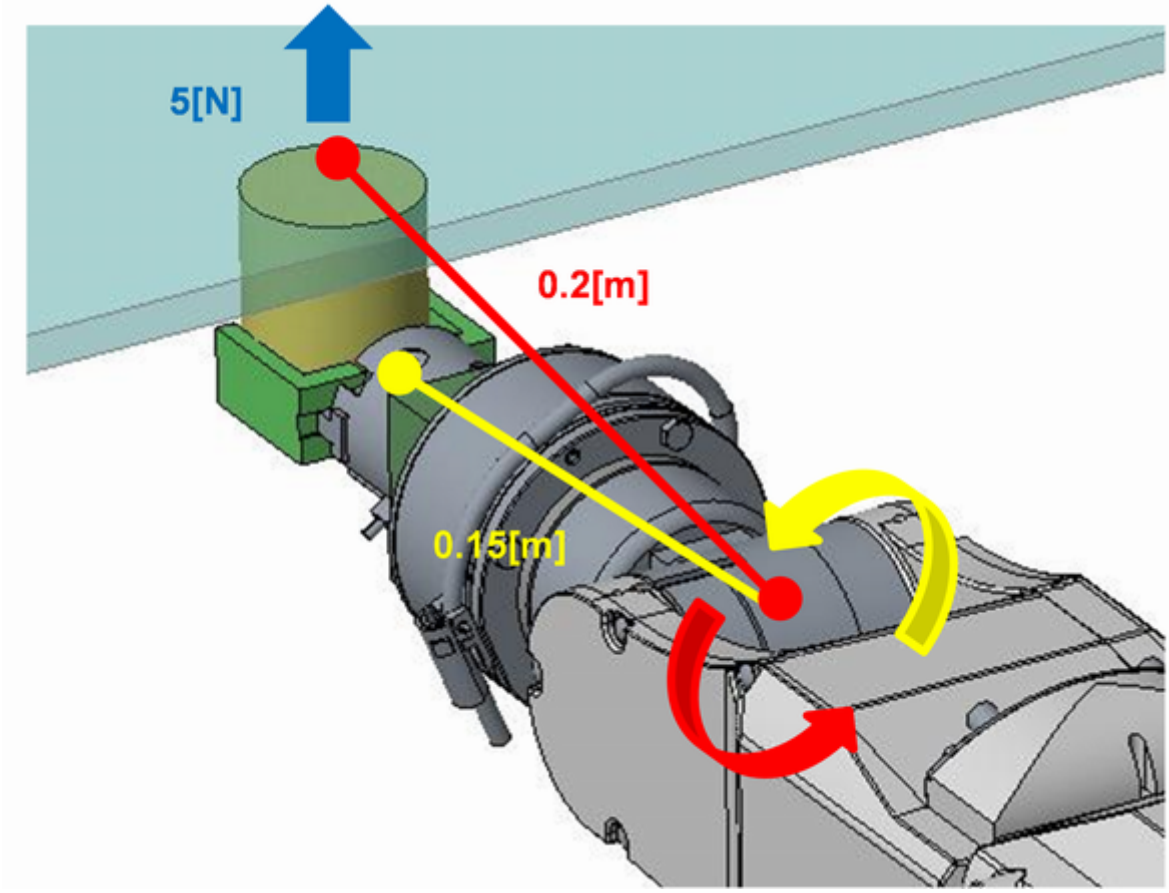
**負荷と押しつけのモーメントの方向が異なる場合:**

モーメント[N·m]

=負荷(力覚, ハンド, ワーク)の質量[kg]×重力加速度[m/s$^2$]×軸回転中心と負荷の重心の距離[m]－押付力[N]×軸回転中心と接触点の距離[m]

**モーメントの計算例: 上方向 (C4: J5)**

上方向へ5Nの力を押しつけたときの、C4シリーズマニピュレーターのJ5にかかるモーメント計算方法




J5 にかかるモーメント[N·m]

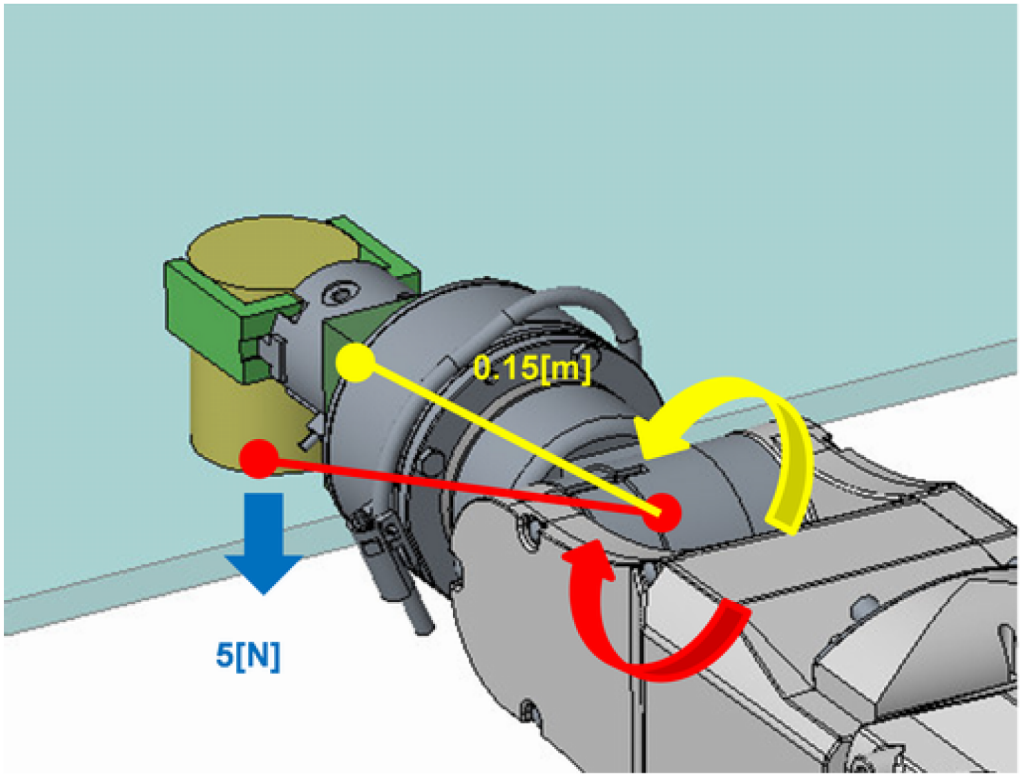
= 負荷(力覚, ハンド, ワーク)の質量[kg]×重力加速度[m/s$^2$]×J5回転中心と負荷の重心の距離[m]+押付力[N]×J5回転中心と接触点の距離[m]

= 1[kg]×9.8[m/s$^2$]×0.15[m]+5[N]×0.2[m]

= 2.47[N·m]

J5にかかるモーメント2.47[N·m]が、C4のJ5の許容モーメント4.41[N·m]を超えていないため問題ありません。

**モーメントの計算例: 下方向 (C4: J5)**
下方向へ5Nの力を押しつけたときの、C4シリーズマニピュレーターのJ5にかかるモーメント計算方法




J5 にかかるモーメント[N·m]
= 負荷(力覚, ハンド, ワーク)の質量[kg]×重力加速度[m/s$^2$]×J5 回転中心と負荷の重 心の距離[m]+押付力[N]×J5 回転中心と接触点の距離[m]
= 1[kg]×9.8[m/s$^2$]×0.15[m]-5[N]×0.2[m]
= 0.47[N·m]

J5にかかるモーメント0.47[N·m]が、C4のJ5の許容モーメント4.41[N·m]を超えていないため問題ありません。
他の関節の場合でも、同様の検討および検証を行ってください。

### 3.5.2.2 関節トルクに関する指針

アプリケーションが、大きな力を加える場合や、ハンド, ワークの負荷が大きい場合は、下記の説明に従って、関節トルクの確認をおこなってください。

#### 3.5.2.2.1 関節のピークトルクの確認

PTRQは、ピークトルクの取得や表示ができます。(使用方法は、サンプルプログラムを参照してください。)
PTRQが “1”の場合は、安全上の問題を引き起こす可能性があります。必ずPTRQが “1”未満であることを確認してください。

```
Function PTRQ_Check                          'PTRQを取得、表示するサンプルプログラム
  Integer i
  Double PT(6)
  Do                                         '動作部分とPTRQ取得部分を繰り返す
    PTCLR                                    'ピークトルクをクリアする
  '---動作部分(例)---動作部分は例でありユーザーが記述する
    TLSet 1, XY(0, 0, -49, 0, 0, 0)          'ツール1を設定
```

```
    Tool 1                              'ツール1を指定
    Motor On                            'モーターオン
    Power High                          'パワーハイ
    Speed 100                           'PTP動作速度設定
    Accel 100, 100                      'PTP動作加速度設定
    SpeedS 50                           'CP動作速度設定
    AccelS 500, 500                     'CP動作加速度設定

    Go P1                               'P1へPTP動作
    Go P2 +Z(20)                        'P2+Z20mmへ移動
    Move P2

    FSet FC1.Fz_Enabled, True           'Fzのみ力制御機能を有効
    FSet FC1.Fz_Spring, 0               '仮想弾性係数は0
    FSet FC1.Fz_Damper, 10              '仮想粘性係数は10
    FSet FC1.Fz_Mass, 10                '仮想慣性係数は10
    FSet FC1.Fz_TargetForce, -50        'Fzの目標力を-50Nに設定
    Wait 0.3                            '0.3秒待機
    FSet FS1.Reset                      '力覚センサーリセット
    FCKeep FC1, 10                      '力制御機能を10秒間実行

    Move P2                             'P2へ移動
    Go P2 +Z(20)                        'P2+Z20mmへ移動
  '-----------------------------------------------------
    For i = 1 To 6                      '1から6まで繰り返す
        PT(i) = PTRQ(i)                 'PTRQを取得
        Print "PT_J", i, "=", PTRQ(i)   'PTRQを表示
    Next
  Loop
Fend
```

### 3.5.2.2.2 関節の過負荷率

OLRateは、過負荷率の取得や表示ができます。(使用方法は、サンプルプログラムを参照してください。)
OLRateは関節に過剰な負荷がかかると上昇し、負荷がかからなくなると下降します。OLRateが上昇し続け、“1”になるとサーボエラーで停止します。OLRateが上昇し続けないことを確認してください。具体的には、動作1周のOLRate上昇量が “0”であることを確認してください。

```
Function OLRate_Check                   'OLRateを取得、表示するプログラム
  Integer i, j
  Double OLCheck(6), OL(6)
  Do                                    '動作部分とPTRQ取得部分を繰り返す
'---動作部分(例)--- 動作部分は例でありユーザーが記述する
    TLSet 1, XY(0, 0, -49, 0, 0, 0)     'ツール1を設定
    Tool 1                              'ツール1を指定
    Motor On                            'モーターオン
    Power High                          'パワーハイ
    Speed 100                           'PTP動作速度設定
    Accel 100, 100                      'PTP動作加速度設定
    SpeedS 50                           'CP動作速度設定
    AccelS 500, 500                     'CP動作加速度設定
```

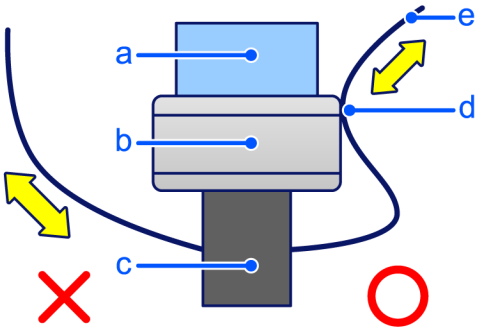
```
    Go P1                                   'P1へPTP動作
    Go P2 +Z(20)                            'P2+Z20mmへ移動
    Move P2                                 'P2へCP動作

    FSet FC1.Fz_Enabled, True               'Fzのみ力制御機能を有効
    FSet FC1.Fz_Spring, 0                   '仮想弾性係数は0
    FSet FC1.Fz_Damper, 10                  '仮想粘性係数は10
    FSet FC1.Fz_Mass, 10                    '仮想慣性係数は10
    FSet FC1.Fz_TargetForce, -50            'Fzの目標力を-50Nに設定
    Wait 0.3                                '0.3秒待機
    FSet FS1.Reset                          '力覚センサーリセット
    FCKeep FC1, 10                          '力制御機能を10秒間実行

    Move P2                                 'P2へ移動
    Go P2 +Z(20)                            'P2+Z20mmへ移動
'-----------------------------------------------------
    For i = 1 To 6                          '1から6まで繰り返す
        If j = 1 Then                       '2周目以降の場合
            OLCheck(i) = OLRate(i) - OL(i)
              '動作1周のOLRate上昇量を取得
            OL(i) = OLRate(i)               'OLRateを取得
            Print "OLCheck_J", i, "=", OLCheck(i)
              '動作1周のOLRate上昇量を表示
        Else                                '1周目の場合
            OL(i) = OLRate(i)               'OLRateを取得
        EndIf
    Next
    j = 1
  Loop
Fend
```

### 3.5.2.3 配線, 配管に関する注意

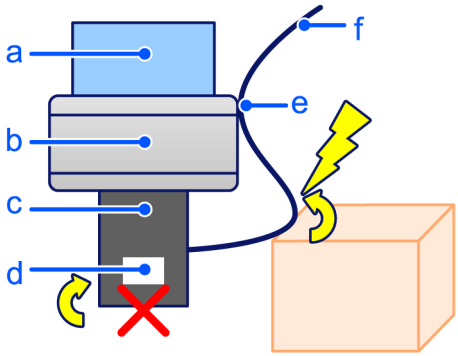
ハンドに接続されたケーブルや配管に引っぱられることにより、ハンドに力が加わることがあります。力覚センサーは、この力も検出します。この力は、作業に悪影響を与えることがあります。そのため、ケーブルや配管をセンサー結束部に固定してください。
弾性力や重力の影響を小さくするために、配線や配管は、センサー結束部に固定してください。




| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | ロボット |
| b | 力覚センサー |

| 記号 | 説明 |
|---|---|
| c | ハンド |
| d | センサー結束部 |
| e | 力覚センサーケーブル、真空用チューブ、電気ケーブル など |

配線や配管が、周囲の物に接触すると力やトルクが発生してしまいます。配線や配管が周囲に接触しないように固定してください。



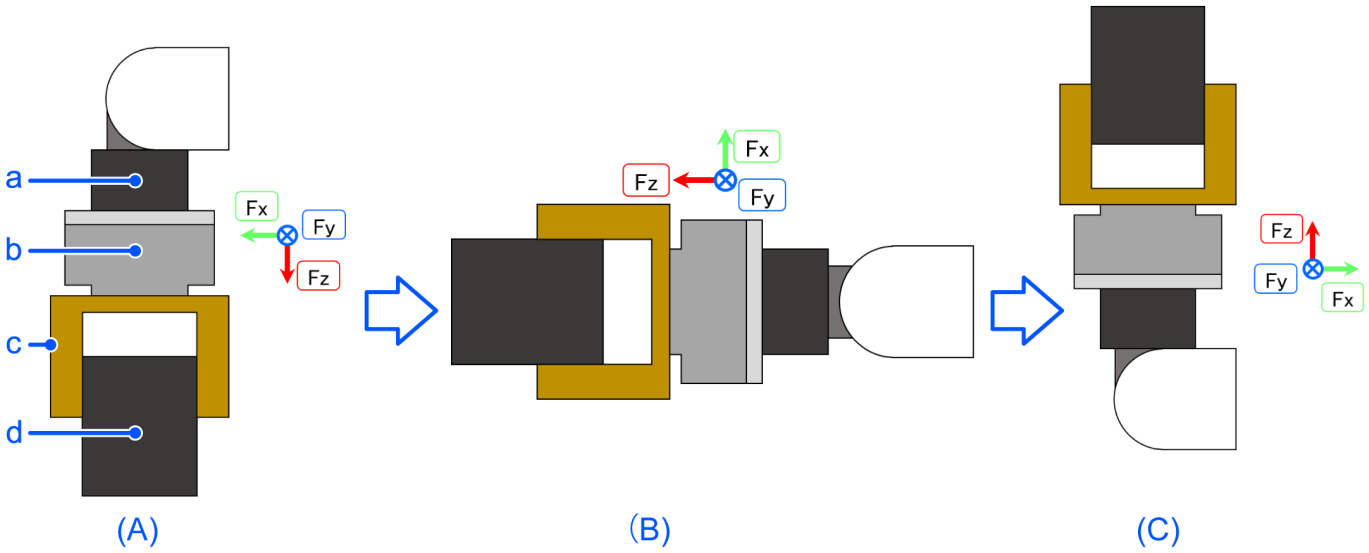

| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | ロボット |
| b | 力覚センサー |
| c | ハンド |
| d | TCP |
| d | センサー結束部 |
| e | 力覚センサーケーブル、真空用チューブ、電気ケーブル など |

### 3.5.2.4 高負荷/高重量物を取り扱う場合の注意事項

高負荷/高重量物を取り扱う場合、動作によっては力覚センサーの定格荷重を超える可能性があります。使用時はお客様環境で事前検証を行い、定格荷重を超えないように速度/加速度の設定をしてください (参考: 4. 力覚センサー)。力制御中に定格荷重を超えると、5548エラーが発生します。

## 3.5.2.5 力覚センサーの姿勢変化に伴う注意事項

力覚センサーをリセットした後に大きな姿勢変化を加えると、力制御可能な範囲が限定されることがあります。以下の図は、ハンドを取りつけた力覚センサーで、ワーク(ハンドと合計で質量50[N])を把持し、姿勢AからJ5軸を180°変えた姿勢Cまで動かしたときを想定しています。




| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | ロボット |
| b | 力覚センサー |
| c | ハンド |
| d | ワーク |

各姿勢が力覚センサーにかける負荷は、以下の表のとおりです。

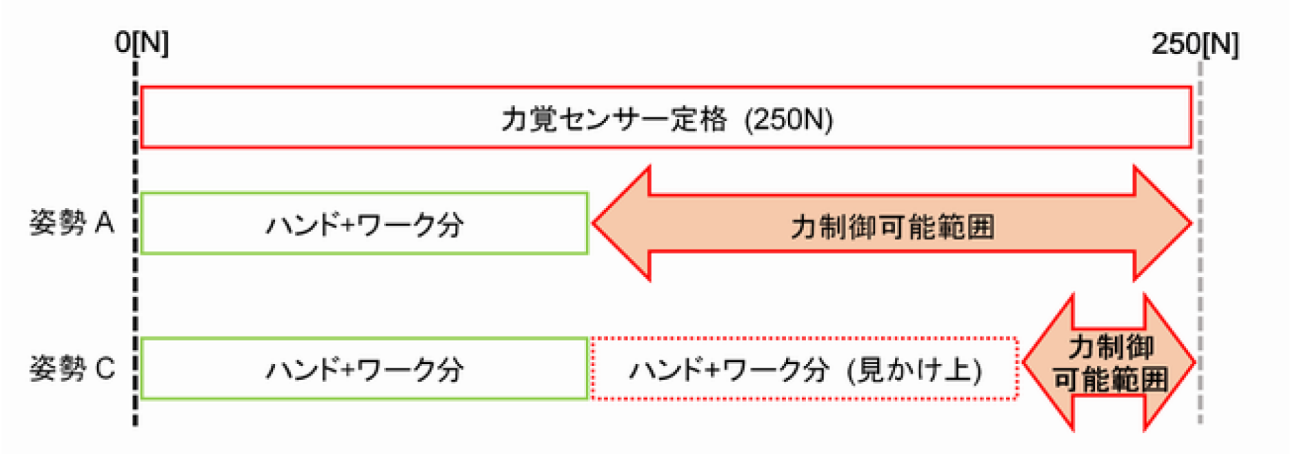
| | Fx [N] | Fy [N] | Fz [N] |
|---|---|---|---|
| 姿勢A | 0 | 0 | 50 |
| 姿勢B | -50 | 0 | 0 |
| 姿勢C | 0 | 0 | -50 |

姿勢Aで力覚センサーをリセットした場合、上記表の姿勢Aを基準にして出力が0となります。その後、各姿勢に変化したときの力覚センサーの出力値は、以下のとおりです。

| | Fx [N] | Fy [N] | Fz [N] |
|---|---|---|---|
| 姿勢A | 0 | 0 | 0 |
| 姿勢B | -50 | 0 | -50 |
| 姿勢C | 0 | 0 | -100 |

姿勢Cでは、センサーにかかっている力はハンド+ワークの重量となりますが、力覚センサーから出力される値は、その2倍になります。この姿勢Cで押付け作業をした場合、力覚センサーは本来250[N]の力制御が可能ですが、すでに力覚センサーに100[N]の力を受けているため、残りが150[N]となり、力制御できる最大値が小さくなりま

す。力制御中に力覚センサーの出力値が定格を超えると、5548エラーが発生します。定格範囲を超えないようにプログラムを作成してください。
重力補償時については、次の項を参照してください。
座標変換, 重力補償

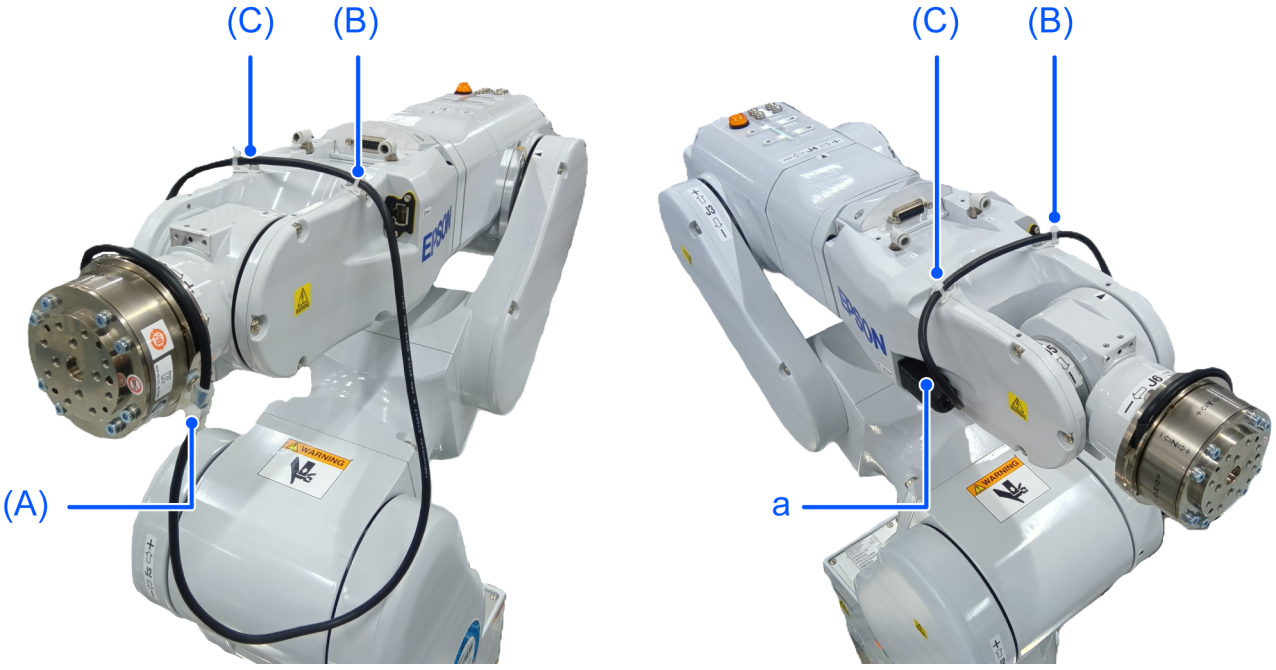



## 3.5.3 力覚センサーケーブル配線

推奨する力覚センサーのケーブル配線と、配線例の場合のマニピュレーター可動範囲の目安を示します。実際には、お客様のマニピュレーターの使用に応じた位置で、配線を固定してください。

### 3.5.3.1 C8, C12シリーズ-S250L, C8シリーズ-S250P

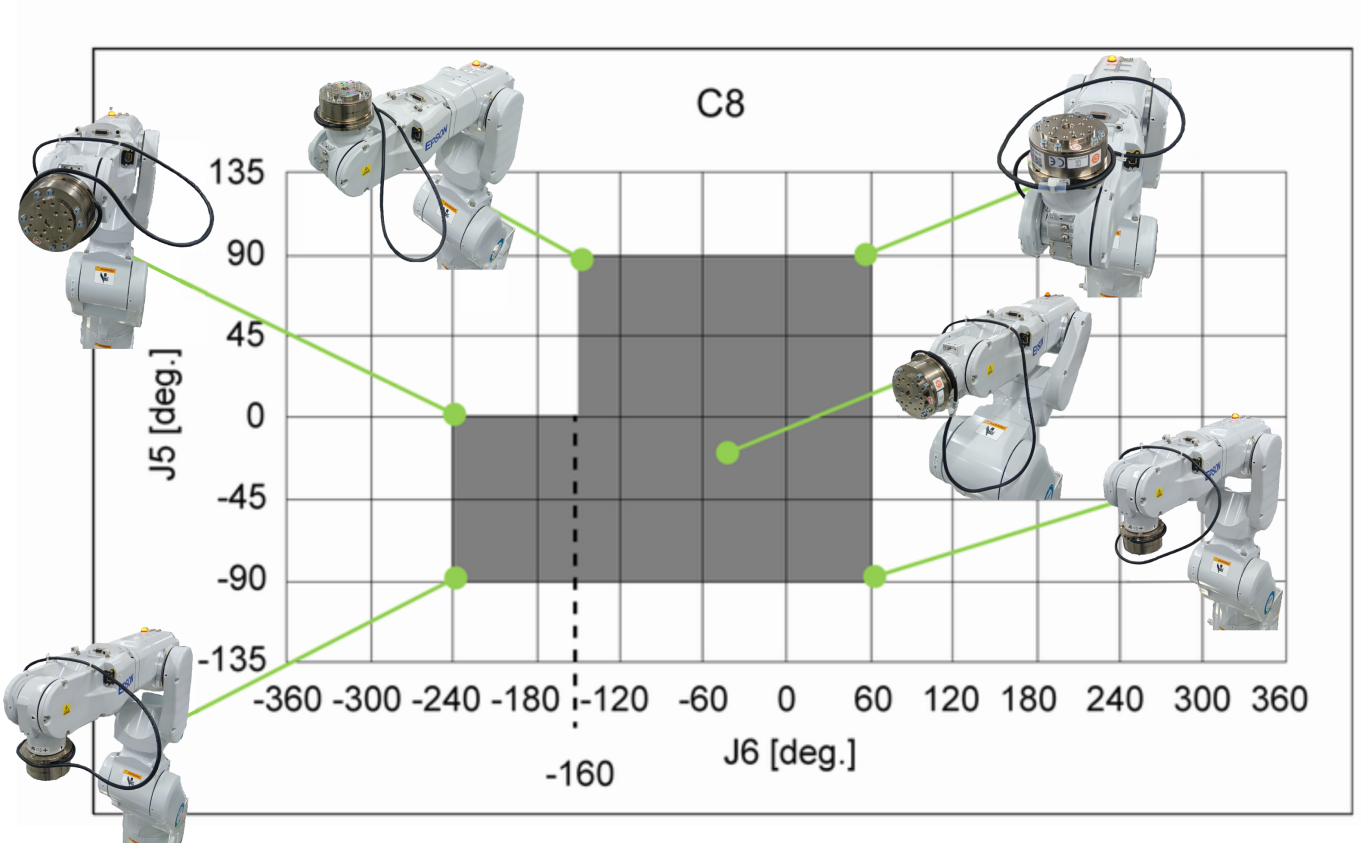
C8, C12シリーズマニピュレーター 配線例




| 記号 | 説明 |
|---|---|
| A-C | 結束部 |
| a | Fセンサーケーブルコネクター |

A-Bの長さ (J5, J6回転のための余長): 475mm

C8, C12シリーズマニピュレーター 可動範囲目安




| J5 | J6 |
|---|---|
| 0 ~ 90 deg | -160 ~ 60 deg |
| -90 ~ 0 deg | -240 ~ 60 deg |

⚠ 注意

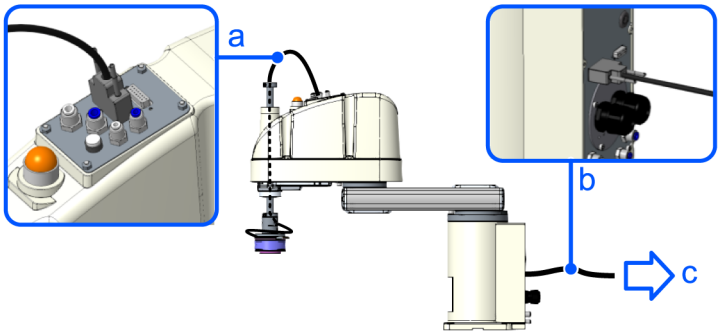
- ケーブルは、保管時に、くせがつく可能性があります。十分注意してください。ケーブルの曲げ半径は、ケーブル直径の5倍以上(R=30mm以上)としてください。
- 下図のように、マニピュレーターの動作によっては、マニピュレーターにケーブルがこすれる場合があります。

  ケーブルを引き回すときは、特に注意し、マニピュレーターにケーブルが接触し、こすれないように確認をしてください。

## 3.5.3.2 GXシリーズ-S2503, S2506, S25010

**配線例1: D-sub使用**

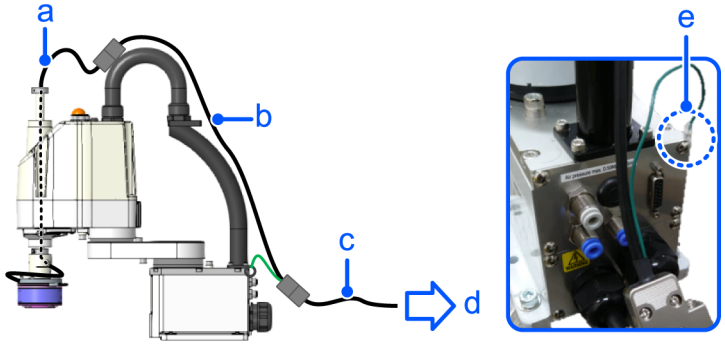
GX8, GX10, GX20シリーズは、ユーザーコネクターのD-sub (9ピン)を力覚センサーに使用します。




| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | 力覚センサーケーブル |
| b | 力覚センサー M/I接続ケーブル |
| c | 力覚センサー I/Fユニットへ |

**配線例2: ケーブルダクト, 外部配線オプションなどを使用**

GX4シリーズは、マニピュレーターのケーブルダクトを使用し、マニピュレーターの外部に配線します。
外部に配線する場合は、中継ケーブルのアース端子をマニピュレーターの所定の位置に取りつけてください。

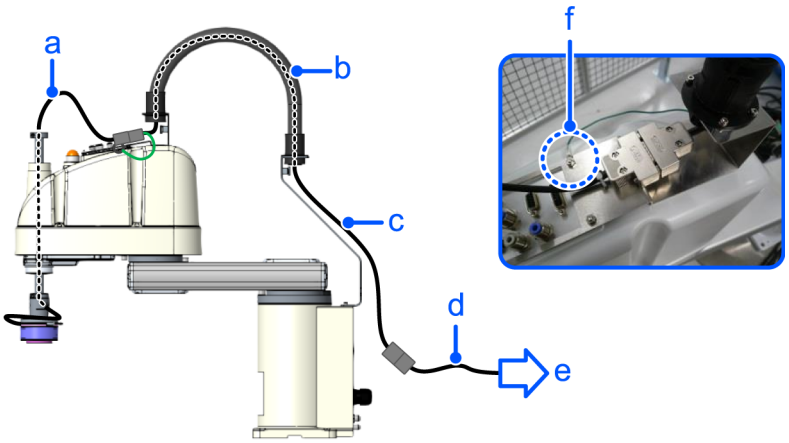



| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | 力覚センサーケーブル |

| 記号 | 説明 |
|---|---|
| b | 外部配線用中継ケーブル |
| c | 力覚センサー M/I接続ケーブル |
| d | 力覚センサー I/Fユニットへ |
| e | アース端子固定位置 |

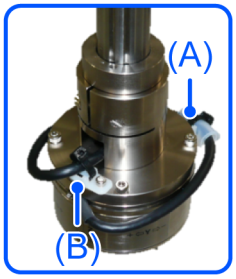
GX8, GX10, GX20シリーズは、下記のオプションを使用して、外部配線が可能です。

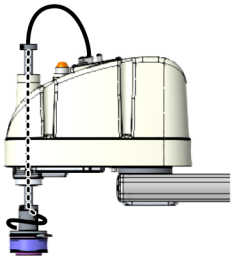
| オプション | | | コード |
|---|---|---|---|
| 外部配線ユニット | GX8-***S | 架台取付タイプ / 標準環境仕様 用 | R12NZ901BY |
| | GX8-***SR/SW | 天井/壁取付タイプ / 標準環境仕様 用 | R12NZ901BZ |
| | GX10/GX20***S | 架台取付タイプ / 標準環境仕様 用 | R12NZ900GZ |
| | GX10/GX20***SR/SW | 天井/壁取付タイプ / 標準環境仕様 用 | R12B031912 |
| 中継ケーブル | | | R12NZ900RW |




| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | 力覚センサーケーブル |
| b | 外部配線ユニット |
| c | 外部配線用中継ケーブル |
| d | 力覚センサー M/I接続ケーブル |
| e | 力覚センサー I/Fユニットへ |
| f | アース端子固定位置 |

配線例 1, 2 とも、下記の結束部A, Bは、同梱のケーブルマウントと結束バンドを使用して固定します。その他の配線は、マニピュレーターの動作に応じてケーブルを固定してください。

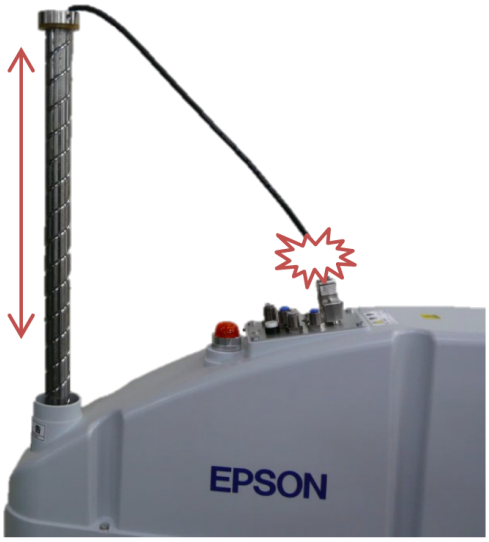


| | |
|---|---|
| A-B | 結束部 |

⚠ 注意

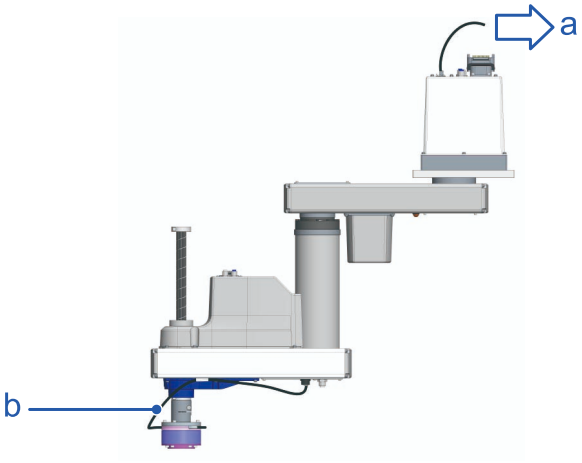
- ケーブルは、保管時に、くせがつく可能性があります。十分注意してください。ケーブルの曲げ半径は、ケーブル直径の5倍以上(R=30mm以上)としてください。
- 下図のように、マニピュレーターの動作によっては、マニピュレーターにケーブルがこすれたり、引っぱられてしまう場合があります。ケーブルを引き回すときは、特に注意し、マニピュレーターにケーブルが接触し、こすれたり、引っぱられたりしないように注意してください。




### 3.5.3.3 RSシリーズ-S2503, S2506

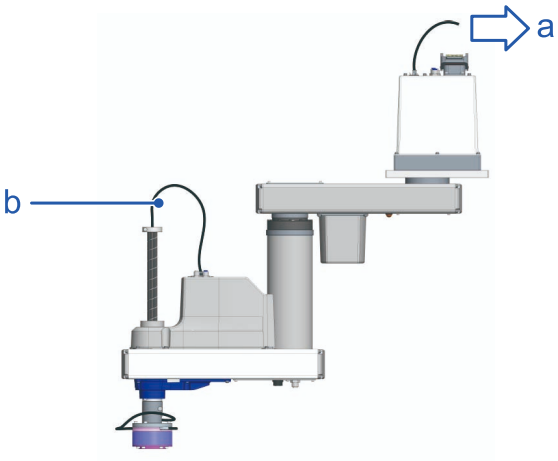
RSシリーズは、ユーザーコネクターのEthernetケーブルコネクターを力覚センサーに使用します。

**配線例1: RS4, RS6共通**



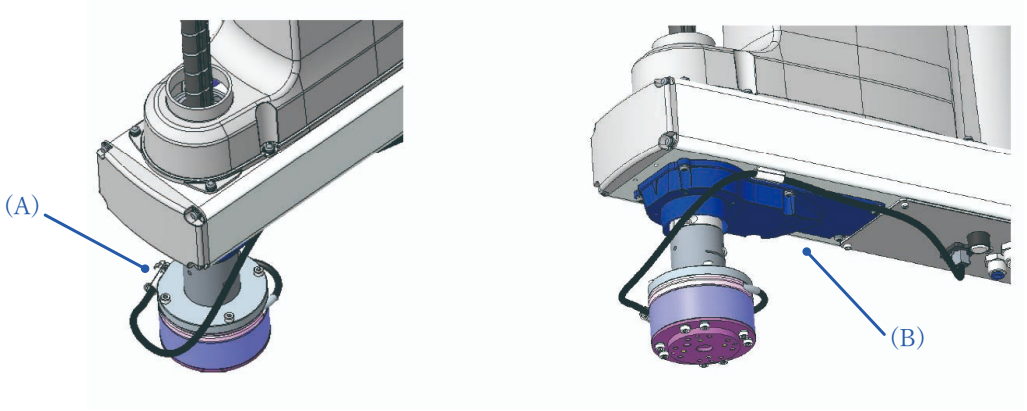

| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | ロボットコントローラーへ |
| b | 力覚センサーケーブル |

**配線例2: RS6のみ**




| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | ロボットコントローラーへ |
| b | 力覚センサーケーブル |

配線例 1, 2 とも、下記の結束部A, Bは、同梱のケーブルマウントと結束バンドを使用して固定します。その他の配線は、マニピュレーターの動作に応じてケーブルを固定してください。
A-Bの長さ (J4回転のための余長) :RS4 350 mm, RS6 410mm



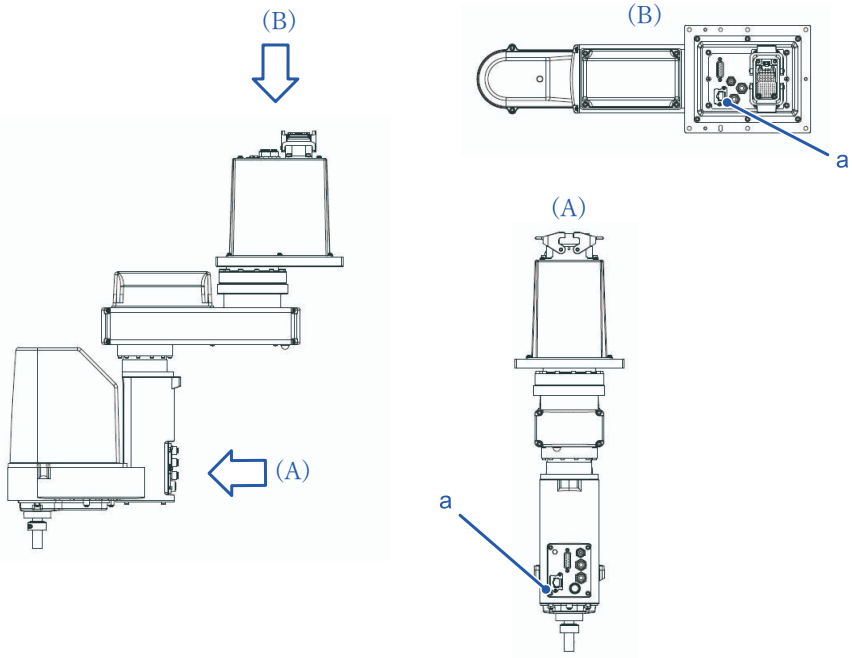

| | |
|---|---|
| A-B | 結束部 |

上記配線例の場合、以下の範囲を目安に、マニピュレーターの動作を設定してください。

| J4 |
|---|
| + 180 deg |
| - 180 deg |

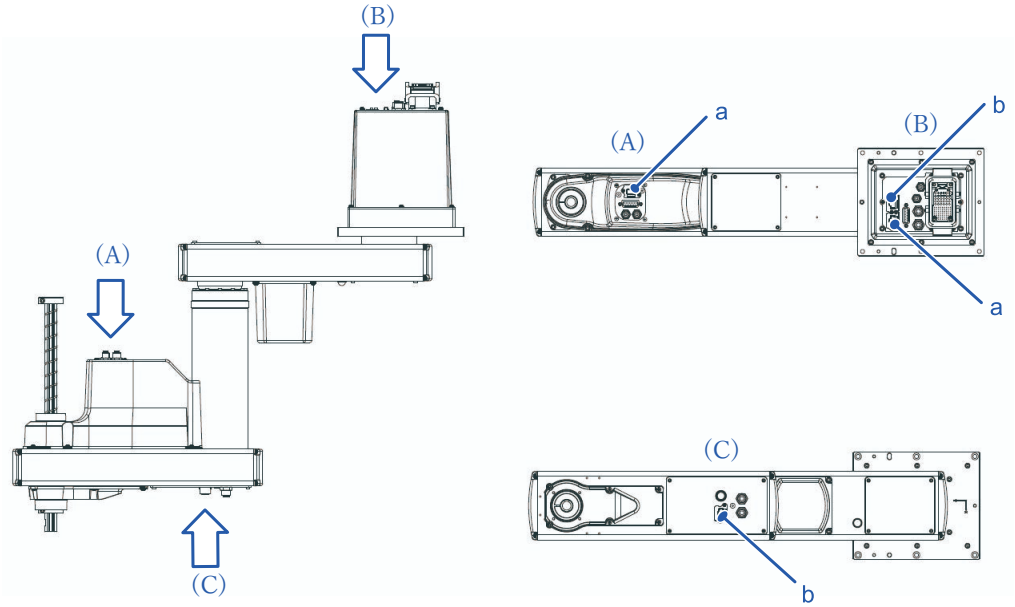
力覚センサーケーブルを、以下のコネクターに接続します。

- RS4 Ethernetケーブルコネクター A




| 記号 | 説明 |
|---|---|
| A | ユーザコネクターA |
| B | ユーザコネクターB |
| a | ユーザコネクター (RJ45コネクター) |

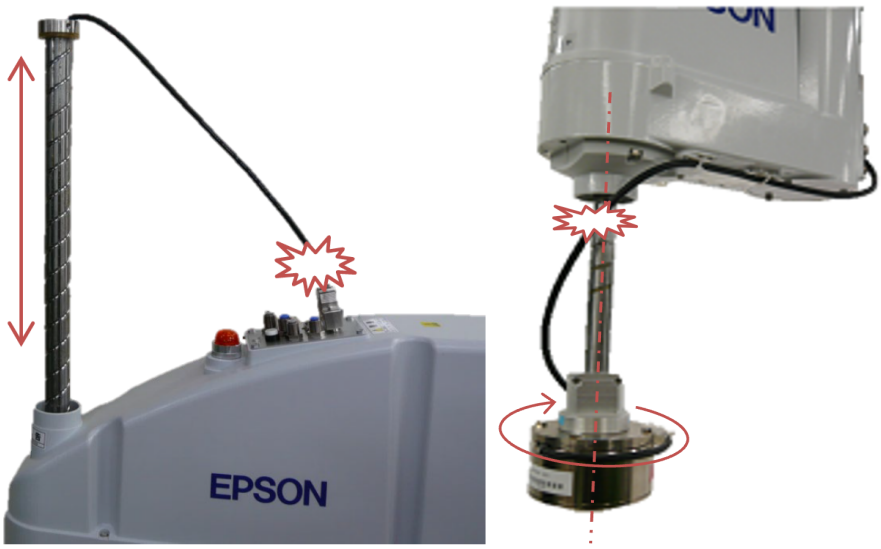
- RS6 Ethernetケーブルコネクター A (Ether1)、またはC (Ether2)




| 記号 | 説明 |
|---|---|
| A | ユーザコネクターA |
| B | ユーザコネクターB |
| C | ユーザコネクターC |
| a | ユーザコネクター (RJ45コネクター No1) |
| b | ユーザコネクター (RJ45コネクター No2) |

## ⚠ 注意

- ケーブルは、保管時に、くせがつく可能性があります。十分注意してください。ケーブルの曲げ半径は、ケーブル直径の5倍以上(R=30mm以上)としてください。
- 下図のように、マニピュレーターの動作によっては、マニピュレーターにケーブルがこすれたり、引っぱられてしまう場合があります。ケーブルを引き回すときは、特に注意し、マニピュレーターにケーブルが接触し、こすれたり、引っぱられたりしないように注意してください。




キーポイント

配線例2の場合は、内部配線ユニットの使用をおすすめします。

## 3.6 メンテナンスパーツリスト

本章のメンテナンスパーツを購入する場合は、販売元までお問い合わせください。

### 3.6.1 力覚センサー

<table>
<tr><th colspan="4">名称</th><th>コード</th><th>備考</th></tr>
<tr><td rowspan="16">C8, C12シリーズ用</td><td rowspan="3">S250L<br>(IP20対応)</td><td colspan="2">センサー本体 *1</td><td>1673546</td><td>S250L</td></tr>
<tr><td colspan="2">力覚センサーケーブル *4</td><td>2172845</td><td>C8STD_FS-RB_CABLE_UNIT</td></tr>
<tr><td colspan="2">センサーフランジ</td><td>1673549</td><td>C8_STD_J6_FLANGE_PLATE_UNIT</td></tr>
<tr><td rowspan="5">S250P<br>(IP67対応)</td><td colspan="2" rowspan="2">ロボット固定用ねじ *3</td><td rowspan="2">1665764</td><td>六角穴付ボタンボルト: M5×15</td></tr>
<tr><td>H.B.BOLT.SCREW,5×15,F/ZN-3C</td></tr>
<tr><td colspan="2">センサー本体 *1</td><td>1673547</td><td>S250P</td></tr>
<tr><td colspan="2">力覚センサーケーブル *4</td><td>2172856</td><td>C8_IP_FS-RB_CABLE_UNIT</td></tr>
<tr><td colspan="2">センサーフランジ</td><td>1673550</td><td>C8IP67_J6_FLANGE_PLATE_UNIT</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">ロボット固定用ねじ *3</td><td rowspan="2">1665760</td><td>六角穴付ボルト: M5×18</td></tr>
<tr><td>H.S.C.BOLT.SCREW,5×18,F/ZN-3C</td></tr>
<tr><td colspan="2">シールワッシャー *3</td><td>1665759</td><td>SEAL WASHER_M5</td></tr>
<tr><td rowspan="6">S250L<br>S250P</td><td rowspan="4">力覚センサーM/I接続ケーブル *2</td><td>3m</td><td>2172846</td><td>C8_RB-BOX_CABLE_UNIT_3m</td></tr>
<tr><td>5m</td><td>2172847</td><td>C8_RB-BOX_CABLE_UNIT_5m</td></tr>
<tr><td>10m</td><td>2172848</td><td>C8_RB-BOX_CABLE_UNIT_10m</td></tr>
<tr><td>20m</td><td>2172849</td><td>C8_RB-BOX_CABLE_UNIT_20m</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">力覚センサー固定用ねじ *3</td><td rowspan="2">1665765</td><td>六角ボルト: M5×12</td></tr>
<tr><td>H.BOLT.SCREW,5×1 2 ,F/ZN-3C</td></tr>
</table>

| 名称 | | | | コード | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| GX, RSシリーズ用 | S2503<br>S2506<br>S25010 | センサー本体 *1 | | 1673545 | |
| | | センサーフランジ *5 | | 1701390 | SC_FLANGE_PLATE_UNIT |
| | | 力覚センサーケーブル *6 | 0.4m | 2178628 | FSSPC0P4-S250-SCARM-MV-00<br>GXシリーズ用 |
| | | | 1.2m | 2178629 | FSSPC1P2-S250-SCARM-MV-00<br>GXシリーズ用 |
| | | | 1.5m | 2178630 | FSSPC1P5-S250-SCARM-MV-00<br>GXシリーズ用 |
| | | | 2m | 2178631 | FSSPC2P0-S250-SCARM-MV-00<br>GXシリーズ用 |
| | | | 1m | 2236695 | FSSPC1M-S250-RSARM-MV-00<br>RSシリーズ用 |
| | | 力覚センサーM/I接続ケーブル *2 | 3m | 2179199 | SC_RB-BOX_CABLE_UNIT_3m<br>GXシリーズ用 |
| | | | 5m | 2179200 | SC_RB-BOX_CABLE_UNIT_5m<br>GXシリーズ用 |
| | | | 10m | 2179201 | SC_RB-BOX_CABLE_UNIT_10m<br>GXシリーズ用 |
| | | | 3m | 2237642 | RS4_RS6_CABLE_UNIT_3m<br>RSシリーズ用 |
| | | | 5m | 2237643 | RS4_RS6_CABLE_UNIT_5m<br>RSシリーズ用 |
| | | | 10m | 2237644 | RS4_RS6_CABLE_UNIT_10m<br>RSシリーズ用 |
| | | 中継ケーブル *6 | 2m | 2178635 | FS_RELAY_CABLE-MV-00 |
| | S2503 | アダプター *7 | | 1701391 | GX4, RS4用 |
| | | | | | SC_16ADAPTER_UNIT |
| | S2506 | | | 1701392 | GX8, RS6用 |
| | | | | | SC_20ADAPTER_UNIT |
| | S25010 | | | 1701393 | GX10, GX20用 |
| | | | | | SC_25ADAPTER_UNIT |

| 名称 | | | コード | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| C8, C12, GXシリーズ用 | S250L<br>S250P<br>S2503<br>S2506<br>S25010 | ケーブル保護シート | 1675521 | CABLE_PROTECTION_SHEET_S250 |
| | | 天吊り用軸ラベル | 1692029 | AXIS_LABEL_S250_FOR_CEILING-MOUNTED_RB |

*1 センサー本体に、次の部品は含まれません。
力覚センサーケーブル, 力覚センサーM/I接続ケーブル, センサーフランジ
*2 力覚センサーM/I接続ケーブルには、ケーブル用ラベルが添付されます。
*3 ねじとワッシャーは、1個単位です。(部品の固定には、4個必要です。)
*4 C8, C12の力覚センサーケーブルには、下記が添付されます。
> ケーブルマウント, 結束バンド, 保護シート
*5 センサーフランジには、次のねじが添付されます。力覚センサー固定用ねじ(六角穴付ボルト 4-M4×15)
*6 マニピュレーターによって使用するケーブルが異なります。
*7 アダプターには、次のねじが添付されます。アダプター固定用ねじ (六角穴付ボルト: M5×20, 六角穴付止めねじ: M4×10)

# 4. ソフトウェア編

## 4.1 接続確認

⚠ 注意

力覚センサーとロボットとの設定を誤った場合、ロボットは誤って設定された力覚センサーの出力にしたがって動作します。この状態で力制御機能を実行すると、力制御機能が意図しない動作を行うことがあります。十分に注意して設定し、動作確認を行ってから力制御機能を実行してください。

### 4.1.1 力覚センサー設定

ツリー-[コントローラー]-[力覚センサー]-[センサー*]を選択します。[システム設定]で、力覚センサーを設定します。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| シリアル番号 | 力覚センサーのシリアル番号です。(最大10文字) |
| センサー使用 | 力覚センサーの使用状況を設定します。<br>チェックあり: センサーから力情報を取得します。 |
| センサー名 | 力覚センサーのセンサー名を設定します。(最大半角32文字) |
| ロボット接続 | 力覚センサーと登録済みロボットとの関係を設定します。<br>力覚センサーを接続したロボット番号を選択します。 |
| コメント | ユーザーが任意で記入できるコメントです。(最大半角255文字) |
| 閉じる | [システム設定]ダイアログを閉じます。<br>設定変更があった場合は、システムを再起動します。 |
| 適用 | 変更した値を保存します。 |
| 元に戻す | 前の値に戻します。 |

### 4.1.1.1 力覚センサー接続方法

次の手順で、力覚センサーを接続します。

1. 力覚センサーとコントローラーを、力覚センサーケーブルと力覚センサーM/I接続ケーブルで接続します。
2. ロボットコントローラーの電源をオンします。
3. Epson RC+ 8.0を起動し、ロボットコントローラーと接続します。
4. セットアップメニュー-[システム設定]を選択します。
   [システム設定]ダイアログが表示されます。
5. ツリー-[コントローラー]-[力覚センサー]-[センサー1]を選択します。
   (力覚センサーを接続した、力覚センサーのSensorポートの番号を選択してください。)

6. 力覚センサーが認識されたことを確認します。
   - [シリアル番号]に接続した力覚センサーのシリアルコードが表示されている
   - [センサー使用]が有効になっている
   - [ロボット接続]が力覚センサーを取りつけたロボット番号が選択されている
     正常に認識されていない場合、力覚センサーケーブルと力覚センサーM/I接続ケーブルの接続を確認してください
7. フランジオフセットを確認します
   マニピュレーターによりデフォルト値が異なります。
   センサーフランジを、お客様が製作する場合は、オフセット量を計測しフランジオフセットを設定してください。
   詳細は以下を参照してください。
   **座標変換**

以降は設定を変更する場合の手順です

8. 任意の設定を変更します
9. 設定変更を有効にする場合は[適用]ボタンをクリックします。
   無効にする場合は[元に戻す]ボタンをクリックします。
10. [閉じる]ボタンをクリックします。
    ボタンをクリックするとシステムが再起動し、設定変更が反映されます。

### 4.1.1.2 力覚センサー取りはずし方法

次の手順で、力覚センサーを取りはずします。

1. Epson RC+ 8.0を起動し、ロボットコントローラーと接続します。

2. セットアップメニュー-[システム設定]を選択します。
3. ツリー-[コントローラー]-[力覚センサー]-[センサー1]をクリックします。(力覚センサーを接続した、力覚センサーのSensorポートの番号を選択してください。)
4. [センサー使用]のチェックをはずします。
5. [適用]ボタンをクリックします。
6. [閉じる]ボタンをクリックします。ロボットコントローラーが再起動し、設定変更が反映されます。
7. ロボットコントローラーの電源をオフします。
8. コントローラーから、力覚センサーを取りはずします。

#### 4.1.1.3 力覚センサー交換方法

次の手順で、力覚センサーを交換します。

1. 前述の「力覚センサー取りはずし方法」を参照し、力覚センサーを取りはずします。
2. 前述の「力覚センサー接続方法」を参照し、新しい力覚センサーを接続します。

### 4.1.2 接続確認

#### 4.1.2.1 接続確認

次の方法で、力覚センサーとロボットシステムの接続を確認してください。

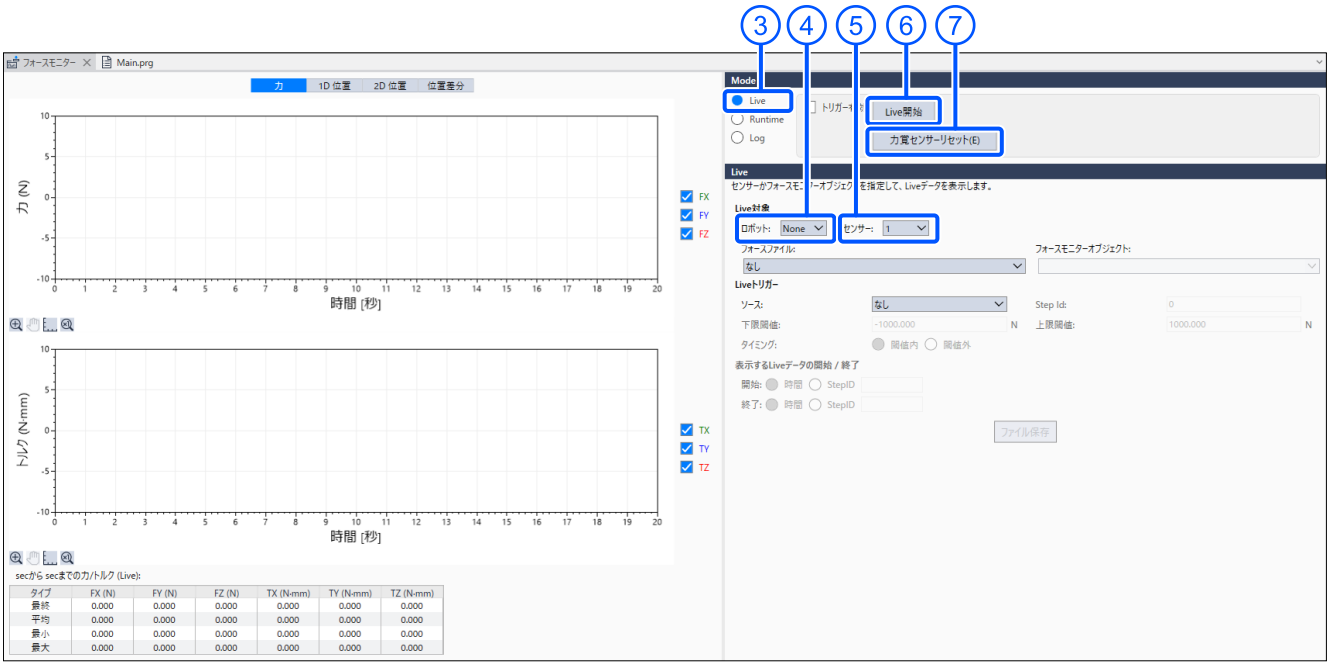
1. Epson RC+ 8.0を起動し、ロボットコントローラーと接続します。
2. エラーが発生していないことを確認します。
3. セットアップメニュー-[システム設定]を選択します。ツリー-[コントローラー]-[力覚センサー]が表示されていることを確認します。
4. [センサー1]をクリックし、接続している力覚センサーのシリアルコードが正しく表示されていることを確認します。(力覚センサーを接続した、力覚センサーのSensorポートの番号です。)
5. エラーが発生せずに、ツリーに[力覚センサー]が表示されていれば、正しく接続できたことになります。

エラーが発生した場合は、表示メニュー-[システムヒストリー]を選択して、エラー内容を確認し対応してください。
ツリーに[力覚センサー]が表示されていない場合は、下記を確認してください。

- 力覚センサーケーブルと力覚センサーM/I接続ケーブルの接続を確認してください。
- 各コネクタの接続が緩んでいないか確認してください。

### 4.1.2.2 出力値の取得の確認

また、力覚センサーの出力値を、正しく取得できているか、次の方法で確認してください。




1. Epson RC+ 8.0を起動し、ロボットコントローラーと接続します。
2. Epson RC+ 8.0メニュー-[ツール]-[フォースモニター]をクリックします。
3. [Mode]で[Live]を選択します。
4. [Live]-[ロボット]に “None”を選択します。
5. [Live]-[センサー]で、確認するセンサー番号を選択します。(力覚センサー座標系の力とトルクを表示します。)
6. [Live開始]ボタンを選択します。
7. [力覚センサーリセット]ボタンをクリックします。
8. 力覚センサー座標系の各軸方向に力を加え、力覚センサーの仕様内の精度で力を検出することを確認します。

> ⚠ 注意
>
> 力覚センサーに力を加えるために安全扉内に入る時は、ロボットのパワー状態を動作禁止状態にするなど、安全を確保した状態にしてください。
>
> 安全についての詳細は、次のマニュアルを参照してください。
>
> "Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド"

## 4.1.3 力覚センサーの精度確認

### 4.1.3.1 概要

力覚センサーが、正常に動作していることを確認する方法を説明します。

力覚センサーは、使用中にぶつけたり、定格以上の負荷をかけたりしたとき、故障して精度に異常が発生する場合があります。
精度の異常は、力覚センサーを使用する前に取得したデータ(初期データ)と、精度に異常が見られた後で取得したデータ(比較用データ)を比較することで、判断できます。

力覚センサーの使用中に異常を感じた場合は、次項の手順にしたがって力覚センサーの精度を確認してください。また、この手順で確認する場合は、力覚センサーを使用する前に初期データを必ず取得してください。

力覚センサー単体の精度保証は、±5%です。精度確認で保証値を超える場合は、力覚センサーの交換をお勧めします。ただし、アプリケーションによっては、保証値を超えても使用可能な場合があります。用途に応じて力覚センサーの交換を行ってください。

### 4.1.3.2 初期データの取得

初期データを取得する手順を説明します。

初期データは、次ページのサンプルプログラムによって取得できます。サンプルプログラムは6軸型ロボット用と、スカラ型ロボット用に分かれています。お使いのロボットに合わせて選択してください。力覚センサーの精度を確認する場合に使用します。取得したデータは、必ず保存してください。

> ⚠ 注意
>
> 初期位置、およびマニピュレーターの動作は、お客様の使用環境に合わせて変更し、ロボット, ハンド, ケーブル, 周辺装置などが、それぞれ干渉しないことを十分確認してください。

```
FunctiFunction ForceSensorLog6Axis        ' 6軸型ロボットのサンプルプログラム
  FSet FM1.Label, "ForceLog"              'ファイル名に使用されるラベルを指定します
  Tool 0                                  ' ツール0を指定
  FSet FM1.CoordinateSystem, FCS0         ' フォース座標系にツール座標系を指定
  FSet FM1.ForceSensor, 1                 ' 力覚センサー番号を指定
  FSet FM1.LPF_Enabled, False, False, False, False, False, False, False, False
    ' ローパスフィルター無効
  MP 0                                    ' 重力補償の停止

  Motor On                                ' モーターオン
  Go AglToPls(0, 0, 0, 0, 0, 0)           ' 初期位置へ移動

  FSet FS1.Reset                          ' 力覚センサーリセット
  FSet FM1.RecordStart, 60, 0.1           ' 力覚センサー値ログ開始
  ' -----------------動作部分------------------
  Motor On                                ' モーターオン
  Wait 2
  Go AglToPls (0, 0, 0, 0, 90, 0)
  Wait 2
  Go AglToPls (0, 0, 0, -90, 90, 0)
  Wait 2
  Go AglToPls (0, 0, 0, -90, -90, 0)
  Wait 2
  Go AglToPls (0, 0, 0, 0, -90, 0)
  Wait 2
  Go AglToPls (0, 0, 0, 0, 0, 0)
  Wait 2
  ' ----------------------------------------
  FSet FM1.RecordEnd                ' 力覚センサー値ログ終了
Fend
```

```
Function ForceSensorLogSCARA        ' スカラ型ロボットのサンプルプログラム
  FSet FM1.Label, "ForceLog"        'ファイル名に使用されるラベルを指定します
```

```
  Tool 0                              ' ツール0を指定
  FSet FM1.CoordinateSystem, FCS0     ' フォース座標系にツール座標系を指定
  FSet FM1.ForceSensor, 1             ' 力覚センサー番号を指定
  FSet FM1.LPF_Enabled, False, False, False, False, False, False, False, False
' ローパスフィルター無効
  MP 0                                ' 重力補償の停止

  Motor On                            ' モーターオン
  Go AglToPls(0, 0, 0, 0)             ' 初期位置へ移動

  FSet FS1.Reset                      ' 力覚センサーリセット
  FSet FM1.RecordStart, 60, 0.1       ' 力覚センサー値ログ開始
  ' -----------------動作部分------------------
  Motor On                            ' モーターオン
  ' Power High                        ' ハイパワーモード
  ' Accel 50, 50                      ' 加速度設定
  ' Speed 50                          ' 速度設定
  Wait 2
  Go AglToPls(0, 90, 0, 0)
  Wait 2
  Go AglToPls(0, 90, 0, -90)
  Wait 2
  Go AglToPls(0, 0, 0, -90)
  Wait 2
  Go AglToPls(0, 0, -50, -90)
  Wait 2
  Go AglToPls(0, 0, 0, -90)
  Wait 2
  Go AglToPls(0, 0, 0, 0)
  Wait 2
  ' ----------------------------------------
  FSet FM1.RecordEnd                  ' 力覚センサー値ログ終了
Fend
```

**解説**

1. ラベルを指定します。指定したラベルに、実行した日時が付与されたものがファイル名となります。
   ファイルの保存場所と名前は、お客様の任意の場所と名前を指定してください。
2. ツール0を指定し、フォース座標系にツール座標系を指定します。
   お客様の設定したツールを使用できます。また、FCS0はデフォルトで定義されているツール座標系と一致するフォース座標系ですが、お客様の設定したフォース座標オブジェクトを使用できます。
3. センサー番号を指定します。
   初期データを取得する力覚センサーの番号を指定してください。
4. ローパスフィルターを無効にし、重力補償を停止します。
5. モーターをオンし、初期位置に移動します。
   サンプルプログラムでは、ロボットの原点位置に移動しています。お客様の指定する位置に移動することも可能です。
6. 力覚センサーをリセットします。
7. 力覚センサー値の記録を開始します。60秒間、0.1秒間隔で力覚センサー値を記録します。
8. ロボットを動作させ、力覚センサーの姿勢を変化させます。
   6軸型ロボット用のサンプルプログラムでは、ロボット原点位置から第4, 第5関節を動作させ力覚センサーの姿勢を変化させています。お客様の任意の動作をさせることも可能です。ただし、初期姿勢からセンサーの角度が各方向に10度以上変化するような動作としてください。
   スカラ型ロボット用のサンプルプログラムでは、ロボット原点位置から第2, 第3, 第4関節を動作させ力覚センサ

ーに慣性力を加えています。慣性力を記録するために、6軸型ロボット用のサンプルプログラムに対して、センサー値の記録間隔が短くなっています。ロボットの動作はお客様の任意の動作をさせることも可能です。ただし、初期姿勢からセンサーの各方向の出力に1[N]以上の力が加わるような動作としてください。また、サンプルプログラムでは速度や加速度の設定部分がコメントアウトされています。動作が問題ないことを確認した後で、命令を有効にしてください。

9. 力覚センサー値の記録を停止します。

**キーポイント**

取得する力覚センサー値は、以下の影響を受けます。

- ベース座標設定(Base)
- ローカル座標系設定(Local)
- ツール設定(Tool, TLSet)
- フランジオフセット設定(F_FlangeOffset)
- フォース座標オブジェクト(FCS#)

各設定値を保存し、比較用データの取得時に再現できるようにしてください。

**キーポイント**

力覚センサー値は、ロボットの傾きなどの物理的な設置条件や、センサーフランジやハンドなどの形状と重さの影響を受けます。そのため、使用環境に変化があったときは必ず初期データを再度、取得してください。

### 4.1.3.3 比較用データの取得と初期データとの比較

力覚センサーの精度に異常が見られたときは、比較用データを取得し、初期データと比較します。

比較用データは、初期データの取得と同じ手順と条件で取得してください。条件には、物理的な設置環境, 各設定値, データ取得時の動作を含むことに注意してください。

条件が一致した状態で取得した比較用データと初期データを比較し、力覚センサーの出力に大きな違いがある場合は、力覚センサーを使う作業ができなくなります。

力覚センサーは、使用中にぶつけたり、定格以上の負荷をかけたりしたとき、故障して精度に異常が発生する場合があります。力覚センサーは仕様範囲内で使用してください。仕様に関する詳細は、次の項を参照してください。
ハードウェア編 仕様

# 4.2 力覚センサーの補正

## 4.2.1 力覚センサーのリセット

弊社の力覚センサーは、ドリフト特性を持っています。そのため、フォース機能を使用する直前に、毎回力覚センサーをリセットする必要があります。フォース機能は、力覚センサーのリセット後10分以内に使用してください。
リセットを実行すると、力覚センサーは初期化され、現在の力とトルクを“0”とします。リセットは、フォースセンサーオブジェクトのResetプロパティーで実行できます。
Resetプロパティーの詳細は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 オプション Force Guide 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス"
力覚センサーをリセットせず、長時間使用した場合、ドリフトによって誤差が蓄積されます。また、力覚センサーのエラーが発生することがあります。注意してください。エラーが発生した場合は、フォースセンサーオブジェクトのRebootプロパティーを実行してください。

⚠ 注意

力覚センサーは必ず外力のない状態でリセットしてください。外力がある状態でリセットした場合、外力が加わった状態が“0”となります。そのためかかっていた外力がなくなった場合、実際には力が加わっていなくても力覚センサーは力を検出します。この状態で力制御機能を実行すると、ロボットが意図しない動作を行うことがあります。十分に注意してください。

## 4.2.2 座標変換

力覚センサーの座標変換とは、力覚センサーの出力値をフォース座標系における力とトルクに変換することです。
全てのフォース機能は、フォース座標系で実行されます。座標変換は、常に自動で実行されます。
フォース座標系は、フォース座標オブジェクトによって設定できます。動的に座標系を切り替えながらフォース機能を実行します。
座標変換を使用しても、力覚センサーの出力値は変化しません。そのため、表示される値が力覚センサーの定格内であっても、力覚センサーの出力値が定格を超えている場合は、5548エラーが発生します。

⚠ 注意

フランジオフセットやフォース座標オブジェクトの設定に誤りがある場合、力覚センサーの出力値は誤った座標系における力とトルクに変換されます。この状態で力制御機能を実行すると、力制御機能が意図しない動作を行うことがあります。十分に注意して設定し、動作確認を行ってから力制御機能を実行してください。

**力覚センサー座標系とツール座標系の対応**
力覚センサーの出力値を座標変換するためには、力覚センサーとロボットの相対関係を意味するフランジオフセットを設定する必要があります。
フランジオフセットの物理的な意味は、センサーフランジによるオフセット量です。フランジオフセットは、ロボットのツール0座標系からみた力覚センサーの底面中心位置を原点として、方向が力覚センサー座標系と一致する座標系の位置姿勢を設定します。
弊社のセンサーフランジを使う場合のロボットの取付方法によるオフセットは、次の通りです。

| ロボット機種 | センサー機種 | 取付方法 | フランジオフセット (X, Y, Z, U, V, W) |
|---|---|---|---|
| C8シリーズ | S250L, S250P | 架台取付 | (0, 0, 5, 0, 0, 0) |
| | | 天井取付 | (0, 0, 5, 180, 0, 0) |
| | | 壁取付 | (0, 0, 5, 0, 0, 0) |
| C12シリーズ | S250L, S250P | 架台取付 | (0, 0, 5, 0, 0, 0) |
| GX4, GX8シリーズ | S2503, S2506 | すべて | (0, 0, -22, 180, 0, 180) |
| GX10, GX20シリーズ | S25010 | | (0, 0, -24, 180, 0, 180) |
| RS4, RS6シリーズ | S2503, S2506 | | (0, 0, -22, 0, 0, 180) |

センサーフランジを、お客様が製作する場合は、オフセット量を計測しフランジオフセットを設定してください。フランジオフセットは、[システム設定]-[コントローラー]-[力覚センサー] -[センサー*]か、F_FlangeOffsetステートメントで設定することができます。設定の詳細は、次の項とマニュアルを参照してください。

- ソフトウェア編 [システム設定]メニュー - 力覚センサー
- "Epson RC+ 8.0 オプション Force Guide 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス"

**ツール座標系とフォース座標系の対応**

フォース座標系は、ツール座標系からオフセットを持った座標系です。そのため、ロボットのツール先端が移動した場合や、選択しているツール座標系のオフセットが変更された場合、移動や変更にしたがってフォース座標系も移動します。

フォース座標系のオフセットは、フォース座標オブジェクトで設定します。

フォース座標系の原点は、現在選択されているツール座標系からのオフットで定義され、Positionプロパティーを使用します。

フォース座標系の方向は、次の座標系から選択できます。Orientationプロパティーを使用します。

- ベース座標系
  座標系の方向は、常にベース座標系と一致しています。ロボットの姿勢やツール設定が変わっても変化しません。
- ローカル座標系
  使用するローカル座標系の番号を同時に選択します。座標系の方向は、常に選択された番号のローカル座標系と一致しています。ロボットの姿勢やツール設定が変わっても変化しません。
- ツール座標系
  座標系の方向は、常にツール座標系と一致しています。ロボットの姿勢やツール設定にしたがって変化します。
- カスタム座標系
  ツール座標系からの回転移動量を、U, V, Wで同時に設定します。座標系の方向は、ツール座標系からオフセットを持った方向となります。ロボットの姿勢やツール設定にしたがって変化します。
  フォース座標オブジェクトは、[フォースエディター]と、FSetステートメントで設定できます。設定の詳細は、次の項とマニュアルを参照してください。
- ソフトウェア編 [ロボットマネージャー] (ツールメニュー)
- [ツール]-[ロボットマネージャー]-[フォースデータ]パネル
- "Epson RC+ 8.0 オプション Force Guide 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス"

## 4.2.3 重力補償

### 4.2.3.1 概要

重力補償とは、力覚センサーが受ける重力の影響を軽減する機能です。
力覚センサーは、リセットした瞬間の力の状態を“0”として、そこからの差分を計測します。そのため、ロボットがある姿勢のとき、力覚センサーをリセットしてからロボットを別の姿勢に変化させた場合、重力の影響を受けたハンド、およびワークの重さも力として計測します。これにより、力制御機能が影響を受け目的の作業ができないことがあります。重力補償では、計測した力から重力影響を軽減することで、目的の作業中に、外部物体から受ける力のみを取り出します。
重力補償を使用しても、力覚センサーは重力の影響を受けます。そのため、表示される値が力覚センサーの定格内であっても、計測した値が定格を超えている場合は、5548エラーが発生します。

> ⚠ 注意
>
> マスプロパティーと重力方向の設定や、使用するマスプロパティー番号が、正しくない状態で力制御機能を実行すると、力制御機能が意図しない動作を行うことがあります。十分に注意して設定し、動作確認を行ってから力制御機能を実行してください。

### 4.2.3.2 マスプロパティー

マスプロパティーオブジェクトは、重力補償のための質量特性をあつかうオブジェクトです。
マスプロパティーオブジェクトは、力覚センサーよりも先端に取りつけられている全ての物体(ハンド, ワークなど)の重さ(Massプロパティー)と、重心(GravityCenterプロパティー)を持ったオブジェクトです。重さは、ハンドやワークなど全ての重さを合わせた値を設定し、重心は、ツール0座標系における重心位置を設定します。
マスプロパティーオブジェクトは、ロボットごとに同時に15個の値が保存できます。ロボットマネージャーの[Mass設定]パネル、またはMPSetステートメントで設定できます。
[Mass設定]パネルでは、直接重さと重心位置の設定ができます。また、6軸型ロボットはマスプロパティーウィザードによって自動的に同定できます。
詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [ロボットマネージャー] (ツールメニュー)
- [ツール]-[ロボットマネージャー]-[Mass設定]パネル
MPSetステートメントでは、各プロパティーに対して直接値が設定できます。
詳細は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 オプション Force Guide 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス"

### 4.2.3.3 重力方向

重力方向は、重力補償のために必要なロボットに対する重力の方向です。
重力方向は、各ロボットのベース座標系における重力方向のベクトルで指定します。ロボット座標系は、鉛直上方向を “+Z”、ロボット正面を “+Y”方向とした座標系で、デフォルトでは、ベース座標系もロボット座標系と一致します。重力は鉛直下方向にかかるため、重力方向は、(0, 0, -1)のベクトルとなります。これは、ロボットが架台取付でも、天井取付でも共通です。ただし、Baseステートメントを使い、ベース座標系を変更している場合や、ロボットが物理的に傾いた状態で設置されている場合は、ベース座標系における重力方向のベクトルを求め、設定する必要があります。
重力方向は、各ロボットに対して1つの値を設定します。ロボットマネージャーの[Mass設定]パネル、またはF_GravityDirectionステートメントで設定できます。
[Mass設定]パネルでは、重力方向を値で設定できます。また、6軸型ロボットは、マスプロパティーウィザードによって自動的に同定できます。
詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [ロボットマネージャー] (ツールメニュー)
- [ツール]-[ロボットマネージャー]-[Mass設定]パネル
F_GravityDirectionステートメントでは、重力方向を値で設定できます。

詳細は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 オプション Force Guide 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス"

#### 4.2.3.4 重力補償の実行

ロボットと対応づけられた力覚センサーは、重力補償が常時実行されます。ロボットと対応づけられていない力覚センサーは、重力補償が行えません。また、保存されたマスプロパティーオブジェクトから使用するオブジェクトを選択することで、任意のタイミングで作業状態に応じたパラメーターに変更できます。オブジェクト選択は、MPステートメントで行います。MPステートメントの実行後は、フォースセンサーオブジェクトのResetプロパティーで力覚センサーのリセットを行ってください。
例: マスプロパティーの1番を用いて重力補償を行う場合

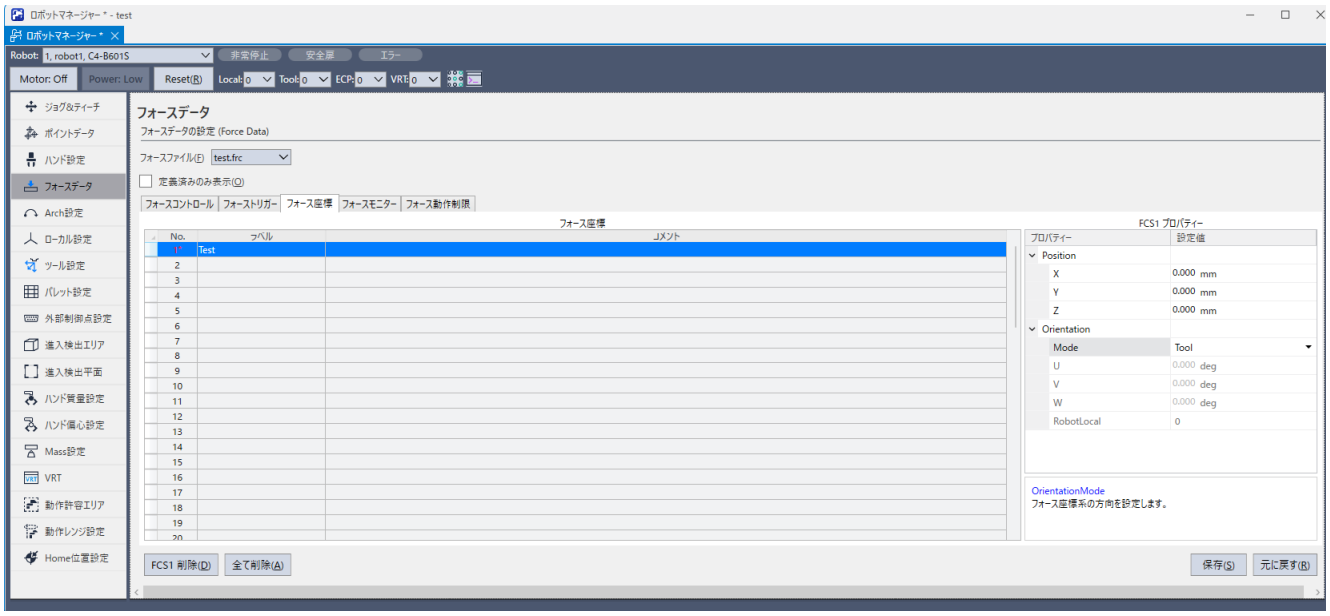
```
MP 1
```

MPステートメントの詳細は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 オプション Force Guide 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス"
ワークにも重さがあるため、ワークを把持した状態と、ワークを放出した状態で、それぞれ力制御する場合は、それぞれの状態についてマスプロパティーを設定し、切り替えながら力制御を実行してください。
0番(MP0)、または重さが“0”であるマスプロパティーオブジェクトを選択することで、重力補償の機能を停止できます。姿勢変化が小さい作業など、重力補償を必要としない場合は、“MP0”を選択して重力補償を停止してください。停止後に“MP0”以外のマスプロパティーオブジェクトを指定すると、重力補償を再開できます。
選択されたマスプロパティー番号、および設定したマスプロパティーは、変更されるまでロボットコントローラーの電源をオフした後も保持されます。ロボットコントローラーの電源をオンしたとき、重力補償も自動的に開始されます。

### 4.2.4 重力補償の動作確認

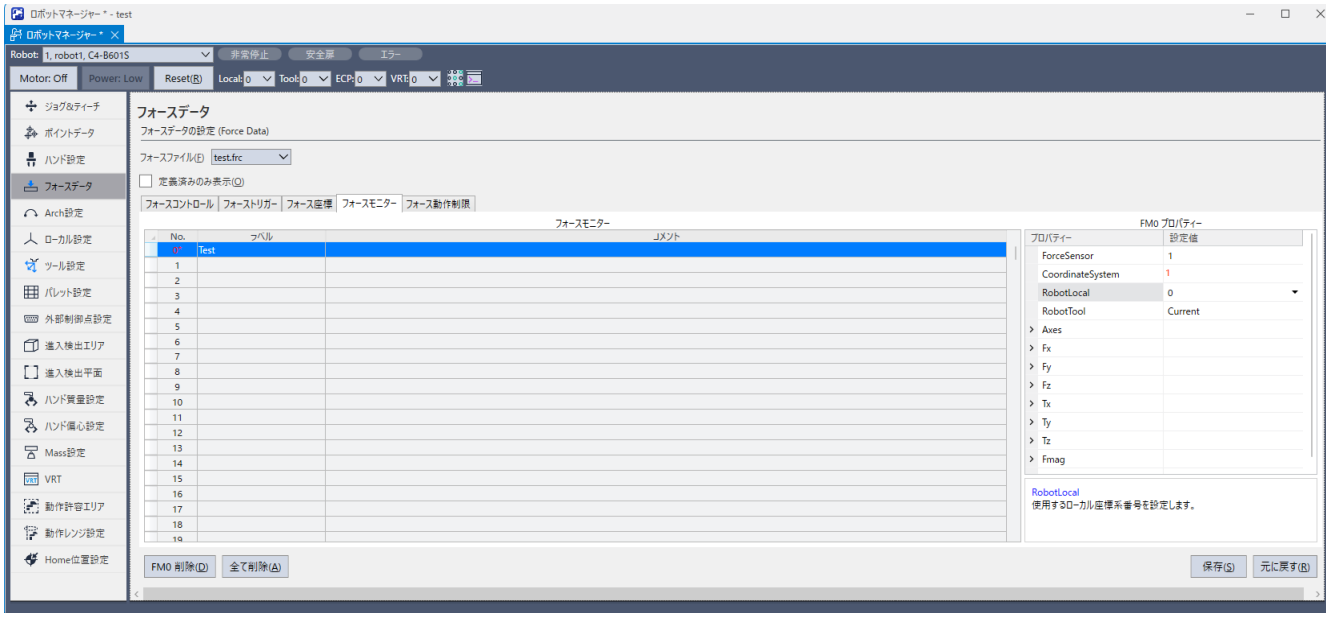
力覚センサー補正の動作確認手順を説明します。
フォース座標オブジェクトを設定する
フォースモニターオブジェクトを設定する
フォースモニターで座標変換が正しいことを確認する
マスプロパティーと重力方向を設定する
フォースモニターで重力補償が正しいことを確認する

1. フォース座標オブジェクトを設定する
   (1) Epson RC+ 8.0メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。
   (2) [フォースデータ]を選択し、パネルを表示します。



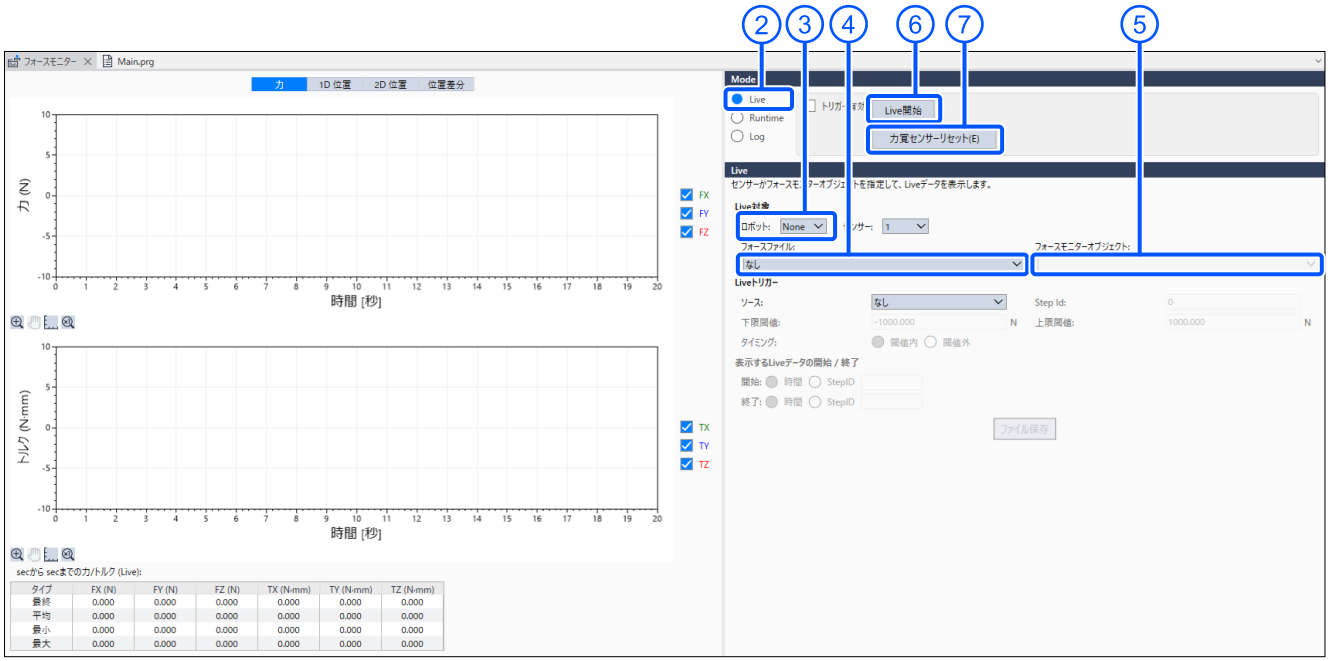

フォースファイルが作成されていない場合は、[フォースデータ]パネルが表示されません。パネルが表示されない場合は、次の項を参照し、フォースファイルを作成してください。
ソフトウェア編 [新規ファイル] - [ファイル]メニュー
(3) [フォース座標]タブを選択します。
(4) 任意のフォース座標オブジェクトの[Position]プロパティーに、ツール座標系からみた、フォース座標系の原点位置を設定します。
(5) 任意のフォース座標オブジェクトの[Orientation]プロパティーに、フォース座標系の方向を設定します。
(6) [保存]ボタンをクリックし、変更を保存します。

2. フォースモニターオブジェクトを設定する
(1) Epson RC+ 8.0メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。
(2) [フォースデータ]を選択し、パネルを表示します。




(3) [フォースモニター]タブを選択します。
(4) 任意のフォースモニターオブジェクトの[ForceSensor]プロパティーに、使用する力覚センサー番号を指定します。
(5) 任意のフォースモニターオブジェクトの[CoordinateSystem]プロパティーに、作成したフォース座標系オブジェクト番号を指定します。
(6) [保存]ボタンをクリックし、変更を保存します。

3. フォースモニターで座標変換が正しいことを確認する

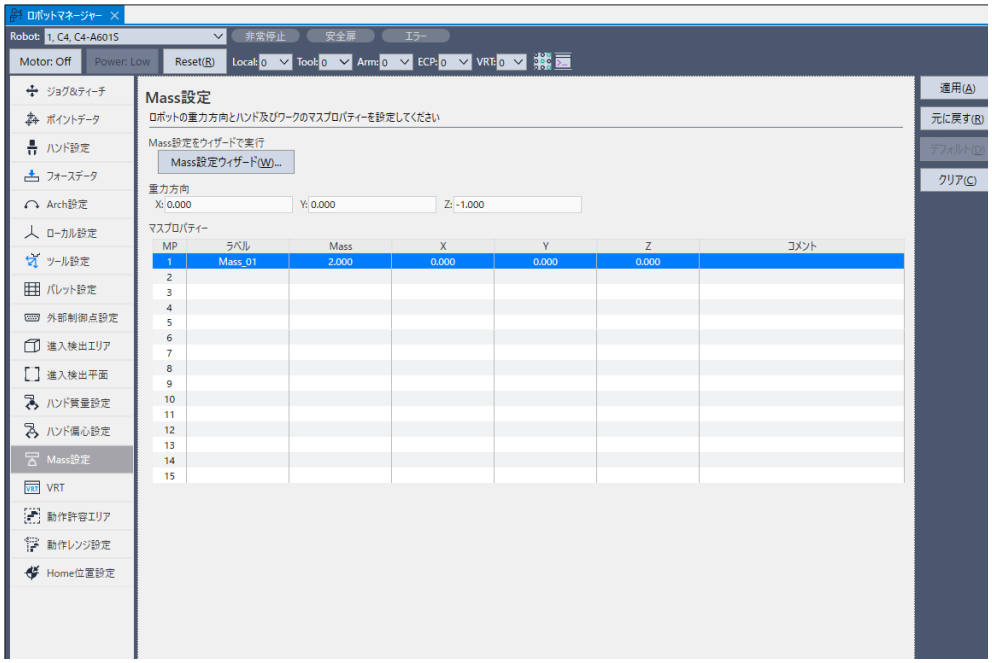



(1) Epson RC+ 8.0メニュー-[ツール]-[フォースモニター]をクリックします。
(2) [Mode]で[Live]を選択します。
(3) [Live]-[ロボット]で、確認するロボットを選択します。
(4) [Live]-[フォースファイル]で、フォースモニターオブジェクトを設定したフォースファイルを選択します。
(5) [Live]-[フォースモニターオブジェクト]で、設定したフォースモニターオブジェクトを選択します。設定したフォースモニターオブジェクトが選択できない場合、フォースファイルが正しいか、設定したForceSensorプロパティーが正しいか確認してください。
(6) [Live開始]ボタンをクリックします。
(7) [力覚センサーリセット]ボタンをクリックします。
(8) 設定したフォース座標系の各軸方向に力を加え、力覚センサーの仕様内の精度で力を検出することを確認します。

設定したフォース座標系の力で検出されない場合、次の設定を見直してください。
フランジオフセット, ベース, ツール, ローカル
フォース座標オブジェクト, フォースモニターオブジェクト

> ⚠ 注意
>
> 力覚センサーに力を加えるために安全扉内に入る時は、ロボットのパワー状態を動作禁止状態にするなど、安全を確保した状態にしてください。
>
> 安全についての詳細は、次のマニュアルを参照してください。
>
> "Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド"

4. マスプロパティーと重力方向を設定する
(1) Epson RC+ 8.0メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。




(2) [Mass設定]を選択し、パネルを表示します。
(3) 以下のいずれかの方法で、マスプロパティーと重力方向を入力します。

- [マスプロパティー]と[重力方向]を直接入力します。
- [Mass設定ウィザード]をクリックしウィザードを実行します。

(4) [適用]ボタンをクリックし、設定を保存します。

5. フォースモニターで重力補償が正しいことを確認する
(1) Epson RC+ 8.0メニュー-[ツール]-[コマンドウィンドウ]をクリックします。
(2) MPステートメントを実行し、“MP0”を指定し重力補償を停止します。
(3) [フォースモニター]ダイアログで、[力覚センサーリセット]ボタンをクリックします。
(4) Epson RC+ 8.0メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。
(5) [ジョグ&ティーチ]パネルを選択します。
(6) フォースモニターで、力覚センサーの値を計測しながらジョグを行い、ロボットの姿勢を変化させます。周囲の物体と接触せず、外部の物体から力が加わらないようにしてください。重力補償が停止した状態のため、外部からの力が加わっていませんが姿勢によって重力の影響を受けセンサーは力を検出します。
(7) MPステートメントを実行し、設定したマスプロパティーを指定します。
(8) [フォースモニター]ダイアログで、[力覚センサーリセット]ボタンをクリックします。
(9) フォースモニターで、力覚センサーの値を計測しながらジョグを行い、ロボットの姿勢を変化させます。重力補償が正しく機能している場合、センサー値が重力補償停止時に対して絶対値が低下します。ただし、ロボットの動作中は加減速によって実際に発生した力が力覚センサー値として検出されることがあります。重力補償停止時に対して、変化がない場合や、より力覚センサー値の絶対値が大きくなる場合は、設定しているマスプロパティーが何か、重力方向が正しいか、設定したマスプロパティーを選択しているかを確認してください。

# 4.3 Force Guide 8.0 GUI

Epson RC+ 8.0 に追加された、Force Guide 8.0 のGUI について説明します。

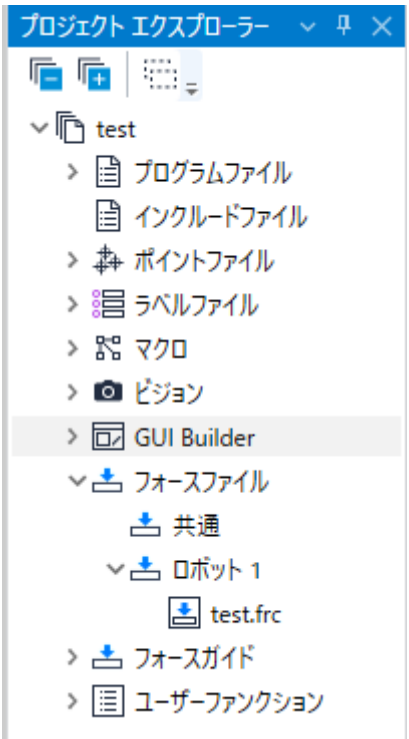
- プロジェクトエクスプローラー
- [ファイル]メニュー
- [編集]メニュー
- [プロジェクト]メニュー
- [ツール]メニュー
- フォースエディター
- [システム設定]メニュー

次のマニュアルも合わせてお読みください。"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド"

## 4.3.1 プロジェクト エクスプローラー

### 4.3.1.1 フォースファイル

プロジェクト エクスプローラーの[フォースファイル]ツリーにプロジェクトのフォースファイルが登録されます。



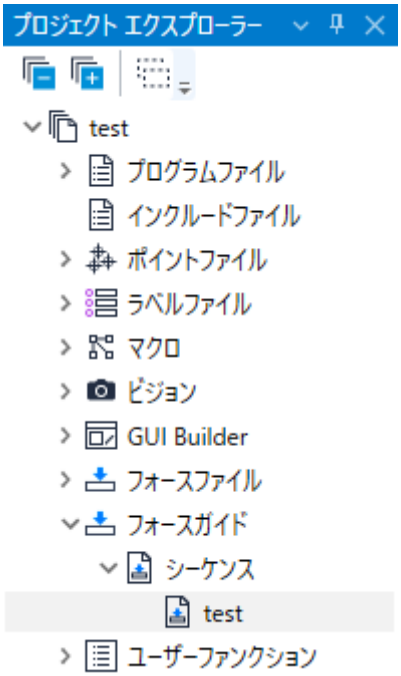

[フォースファイル]をダブルクリックすると、[フォースエディター]ウィンドウが表示されます。
詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 フォースエディター
[フォースファイル]-[共通]および、[フォースファイル]内の項目を右クリックすると、フォースファイルを操作する以下のコンテキストメニューが表示されます。

| メニュー項目 | 解説 |
|---|---|
| 新しいファイル… | 新規にフォースファイルを作成します。<br>詳細は、次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [新規ファイル] [ファイル]メニュー |

| メニュー項目 | 解説 |
|---|---|
| 既存のファイル… | 既存のフォースファイルを開きます。 |
| 開く | フォースファイルを編集する[フォースエディター]ウィンドウが表示されます。<br>詳細は、次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 フォースエディター |
| デフォルトに設定 | 対象のフォースファイルをプロジェクトのロード時に読み込まれるファイルに設定します。 |
| プロジェクトから除外 | 対象のフォースファイルを現在のプロジェクトで使用しないように設定します。<br>除外したフォースファイルが削除されることはありません。再度プロジェクトに追加する場合は、[既存のファイル…]メニューから、対象のフォースファイルを選択することで追加できます。<br>現在のプロジェクトからフォースファイルの登録を解除し、フォースファイルを削除します。 |
| 削除 | 現在のプロジェクトからフォースファイルの登録を解除し、フォースファイルを削除します。 |
| 名前の変更… | フォースファイル名をリネームします。 |

### 4.3.1.2 フォースガイド

プロジェクト エクスプローラーに、[フォースガイド]-[シーケンス]が登録されます。




[フォースガイド]-[シーケンス]内のシーケンスをダブルクリックすると、[フォースガイド]ウィンドウが表示されます。詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー

[フォースガイド]-[シーケンス]および、[シーケンス]内の項目を右クリックすると、フォースガイドを操作する以下のコンテキストメニューが表示されます。*

| メニュー項目 | 解説 |
|---|---|
| 新しいファイル… | 新規にフォースガイドシーケンスを作成します。<br>詳細は、次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー<br>- フォースガイドシーケンスの新規作成 |
| 既存のファイル… | 既存のフォースファイルを開きます。 |
| 開く | 選択したフォースガイドシーケンスを編集する[フォースガイド]ウィンドウが表示されます。<br>詳細は、次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー |
| 削除 | 現在のプロジェクトから選択したフォースガイドシーケンスを削除します。<br>詳細は、次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー<br>- フォースガイドシーケンスの削除 |

## 4.3.2 [ファイル]メニュー

Epson RC+ 8.0 - メニュー-[ファイル]では、現在のプロジェクト内のフォースファイルが操作できます。

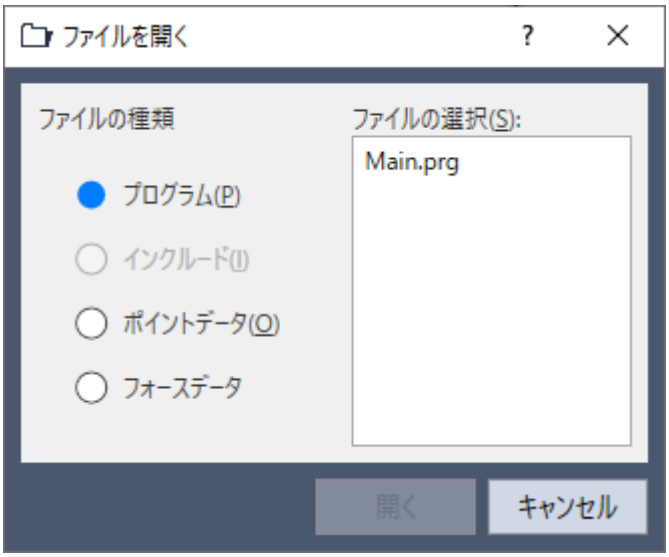
### 4.3.2.1 [新規ファイル] (ファイルメニュー)

: Ctrl + N

現在のプロジェクトに、新しいフォースファイルを追加します。
[ファイルの種類]で、フォースファイルを選択すると、[ファイル一覧]にプロジェクトフォルダーにあるフォースファイルが表示されます。

### 4.3.2.2 [ファイルを開く] (ファイルメニュー)

: Ctrl+O
現在のプロジェクトの、編集するフォースファイルを1つ以上開きます。
[フォースデータ]ボタンを選択すると、現在のプロジェクトのフォースファイルのリストが表示されます。




### 4.3.2.3 [ファイルを閉じる] (ファイルメニュー)

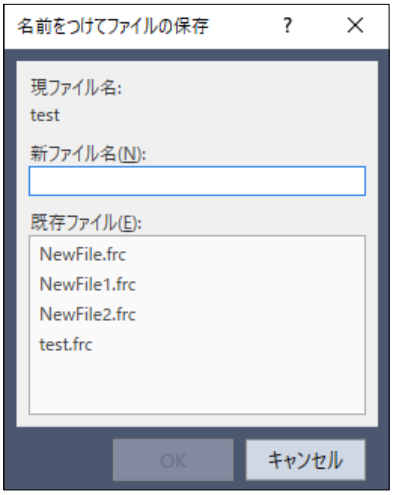
Ctrl+D
編集しているフォースファイルのウィンドウ、またはフォースガイドウィンドウを閉じます。

### 4.3.2.4 [ファイルの保存] (ファイルメニュー)

Ctrl+S
最新のファイルをディスクに保存します。

### 4.3.2.5 [名前をつけてファイルの保存] (ファイルメニュー)

フォースファイルを、新しいファイル名で保存し、プロジェクトに登録します。
元のファイルは、プロジェクトから解除されますが、ディスクには残ります。
ファイル名は、アンダースコア( _ )と英数字が使用できます。



## 4.3.2.6 [ファイルの削除] (ファイルメニュー)

プロジェクトフォルダーのフォースファイルを削除できます。
削除するファイルが、プロジェクトに登録されている必要はありません。

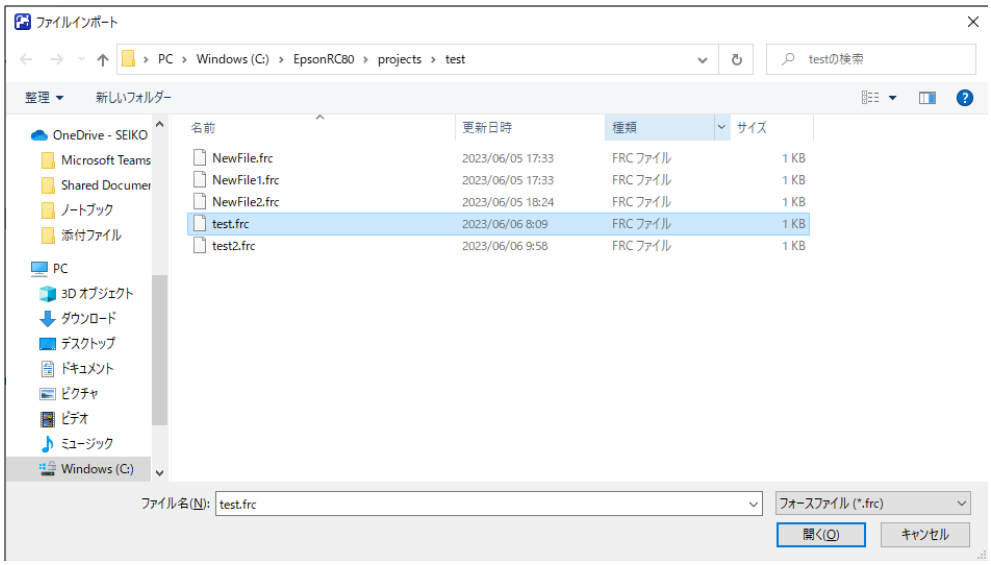
## 4.3.2.7 [ファイルのインポート] (ファイルメニュー)

他の Epson RC+ 8.0 プロジェクトからフォースファイル、またはフォースガイドシーケンスをインポートします。
ファイル名は、次の点に注意してください。

- フォースファイルをインポートする場合:
  インポートするファイルの拡張子が“.frc”であること。
- フォースガイドシーケンスをインポートする場合:
  インポートするファイルの拡張子が“.fg”であること。

### フォースファイルのインポート

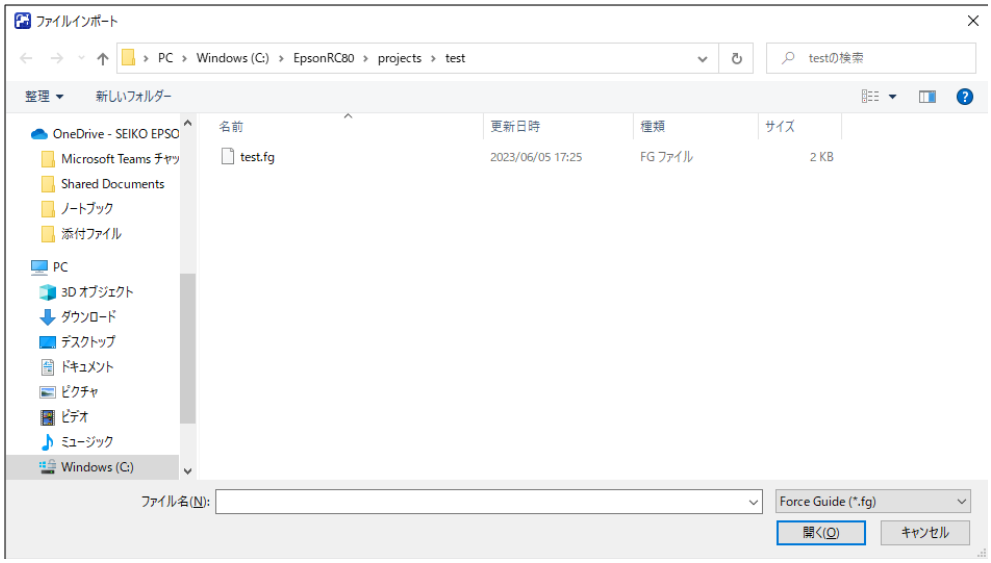
1. ファイルの種類リストから、“フォースファイル(*.frc)”を選択します。



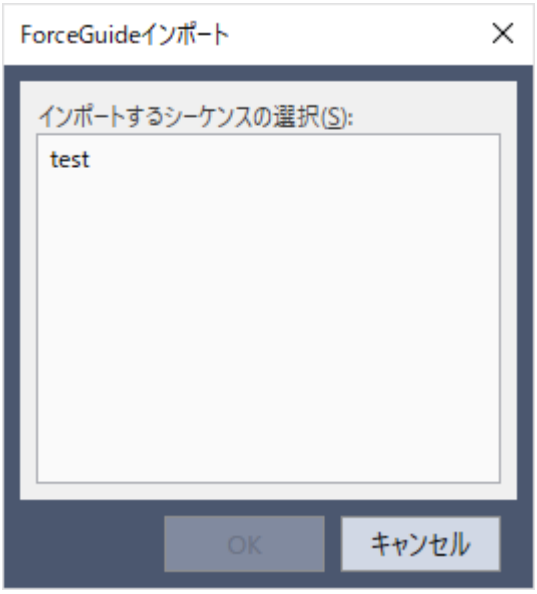

2. インポートする、ドライブ, フォルダー, ファイル名を選択します。
   現在のプロジェクトに、すでに含まれているファイルはインポートできません。現在のプロジェクトに含まれていないファイルを選択してください。
3. [開く]ボタンをクリックします。
   同じ名前のファイルがプロジェクトフォルダーに存在する場合、上書きを確認するメッセージが表示されます。
   ファイルは現在のプロジェクトフォルダーにコピーされます。

### フォースガイドシーケンスのインポート

1. ファイルの種類リストから、“Force Guide(*.fg)”を選択します。




2. インポートするフォースガイドシーケンスを含むファイルの下記の情報を選択します。
   ドライブ, フォルダー, ファイル名
3. [開く]ボタンをクリックします。選択したファイルに含まれるフォースガイドシーケンスのリストが表示されます。




4. インポートするフォースガイドシーケンスを選択します。
5. [OK]ボタンをクリックします。
   同じ名前のフォースガイドシーケンスがプロジェクトに存在する場合、上書きを確認するメッセージが表示されます。
   フォースガイドシーケンスは現在のプロジェクトに追加されます。

## 4.3.2.8 [終了] (ファイルメニュー)

Alt+F4
Epson RC+ 8.0 を終了します。
フォースファイル、またはフォースガイドファイルが保存されていない場合、ファイルの保存を確認するダイアログが表示されます。[はい], [いいえ],[キャンセル]ボタンのいずれかをクリックします。

## 4.3.3 [編集]メニュー

Epson RC+ 8.0 メニュー-[編集]から、フォースファイルを編集できます。

### 4.3.3.1 [切り取り] (編集メニュー)

: Ctrl+X
選択しているデータ(文字列, フォースオブジェクトなど)を切り取ります。

### 4.3.3.2 [コピー] (編集メニュー)

: Ctrl+C
選択しているデータ(文字列, フォースオブジェクトなど)をコピーします。

### 4.3.3.3 [貼付け] (編集メニュー)

: Ctrl+V
カーソル位置に、切り取りやコピーしたデータ(文字列, フォースオブジェクトなど)を貼付けます。

### 4.3.3.4 [すべて選択] (編集メニュー)

Ctrl+A
編集しているフォースファイルのフォースオブジェクトの全ての項目を選択します。選択した項目の切り取り、およびコピーが可能です。

## 4.3.4 [プロジェクト]メニュー

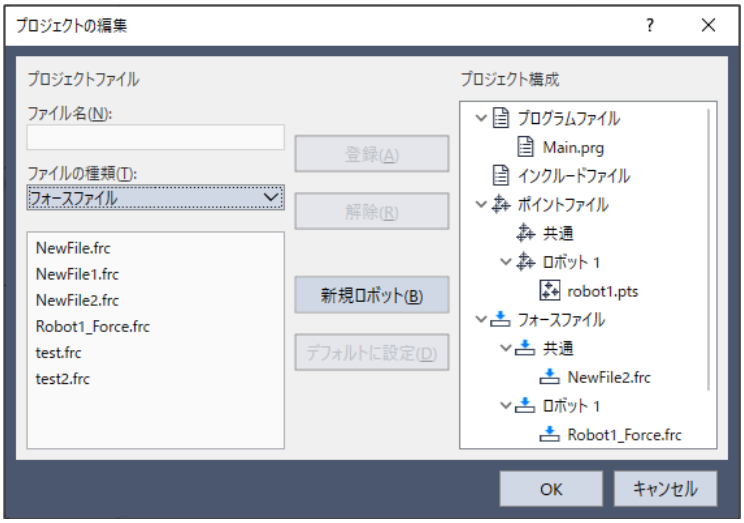
Epson RC+ 8.0 メニュー-[プロジェクト]では、プロジェクトの管理や、ビルドが行えます。

### 4.3.4.1 [プロジェクトを開く] (プロジェクトメニュー)

Epson RC+ 8.0 プロジェクトを開きます。
プロジェクトを開くと、開いていたプロジェクトを閉じます。変更の保存を確認するメッセージが表示されます。
[読み取り専用]をチェックしてプロジェクトを開くと、フォースファイルは編集できません。

## 4.3.4.2 [プロジェクトの編集] (プロジェクトメニュー)

現在のプロジェクトで、使用するフォースファイルを設定します。
[プロジェクト構成]に、“フォースファイル” が追加されます。




### 新しいフォースファイルを登録

1. [ファイル名]に、作成するフォースファイル名を入力します。ファイル名には、必ず拡張子“.frc”をつけてください。
   半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。また、先頭の文字を数字にすることはできません。注意してください。
2. [プロジェクト構成]-[フォースファイル]から、登録したいロボットのフォルダーを選択します。
3. [登録]ボタンをクリックします。
   新しいファイルを作成するかを確認するメッセージが表示されます。[はい]ボタンをクリックします。
   ファイルが作成され、[プロジェクト構成]-[フォースファイル]の選択したロボットに登録されます。

### プロジェクトに既存のフォースファイルを登録

1. [ファイルの種類]ボックスで、“フォースファイル”を選択します。
2. [プロジェクト構成]-[フォースファイル]から、登録したいロボットのフォルダーを選択します。
3. リストから、プロジェクトに追加するフォースファイル名を選択します。
4. [登録]ボタンをクリックします。ファイルは、[プロジェクト構成]-[フォースファイル]で選択したロボットに登録されます。

### フォースファイルの解除

1. [プロジェクト構成]のツリーから、解除するファイルを選択します。
2. [解除]ボタンをクリックします。ファイル名は、[プロジェクト構成]のツリーから解除されます。プロジェクトフォルダーからは削除されていないため、ファイルリストに表示されます。

### フォースファイルをデフォルトに設定

1. [プロジェクト構成]-[フォースファイル]の各ロボットで、デフォルトに設定したいフォースファイルを選択します。
2. [デフォルトに設定]ボタンをクリックします。登録されているロボットのデフォルトに設定されます。

### キーポイント

- 共通フォースファイルとは、コントローラー上のすべてのロボットで使用可能なフォースファイルです。使用するときにはSPEL+プログラムよりFLoadコマンドを使ってロボットに読み込む必要があります。

- デフォルトフォースファイルとは、プロジェクトロード時にロボットに自動的に読み込まれるフォースファイルです。各ロボットに対して1つのフォースファイルをデフォルトに設定できます。

### 4.3.4.3 [プロジェクトの保存] (プロジェクトメニュー)

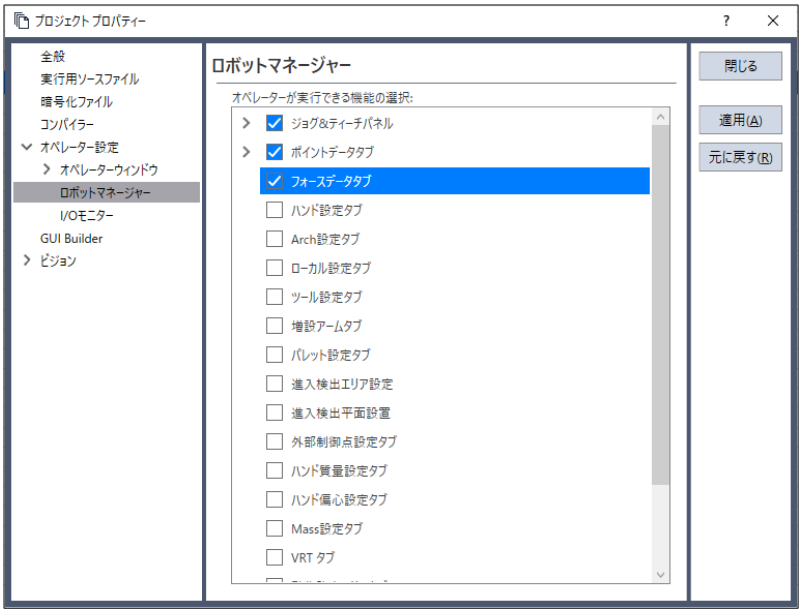
: Ctrl+S
次の内容を保存します。保存の必要がない場合、このメニューはグレーアウト表示となり選択できません。

- プログラムファイル
- インクルードファイル
- ポイントファイル
- フォースファイル
- I/O ラベル
- ユーザーエラー

### 4.3.4.4 [プロパティー] (プロジェクトメニュー)

[プロジェクト]-[プロパティー]-[オペレーター設定]-[ロボットマネージャー]

ロボットマネージャーを設定します。
オペレーターウィンドウを表示したとき、オペレーターのフォースデータの編集を可能にする場合、[フォースデータタブ]をチェックします。




## 4.3.5 [ツール]メニュー

Epson RC+ 8.0 には、システム開発を支援するいくつかのGUI ツールがあります。Epson RC+ 8.0 メニュー-[ツール]からすべてのツールにアクセスすることができます。

### 4.3.5.1 [ロボットマネージャー] (ツールメニュー)

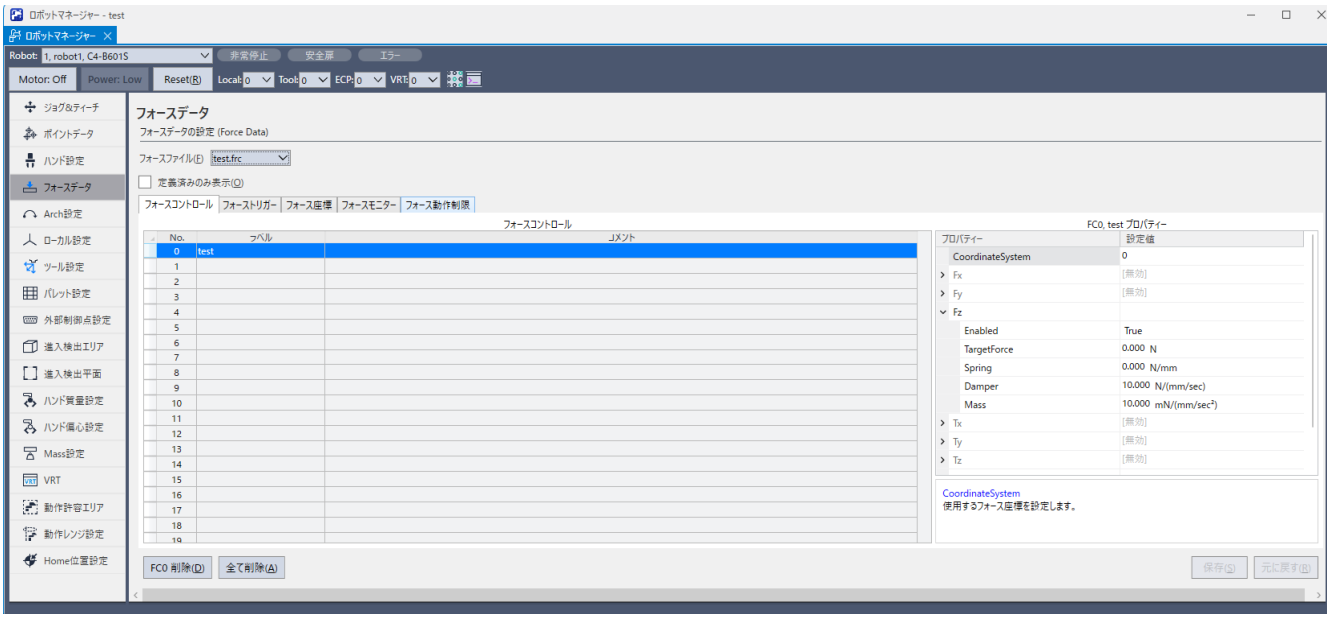
: F6
**[ツール]-[ロボットマネージャー]-[フォースデータ]パネル**

フォースデータ: フォースコントロールオブジェクト, フォーストリガーオブジェクト, フォース座標系オブジェクト, フォースモニターオブジェクト, フォース動作制限オブジェクトの入力や削除ができます。

フォースファイルを選択すると、コントローラーは、ファイルをメモリーに読み込みます。ロボットマネージャーをMDIサブウィンドウとして使用する場合、フォースファイルに“Ctrl+S”を入力すると、フォースデータが保存されます。

**[フォースコントロール]パネル**

フォースコントロールオブジェクトが編集できます。

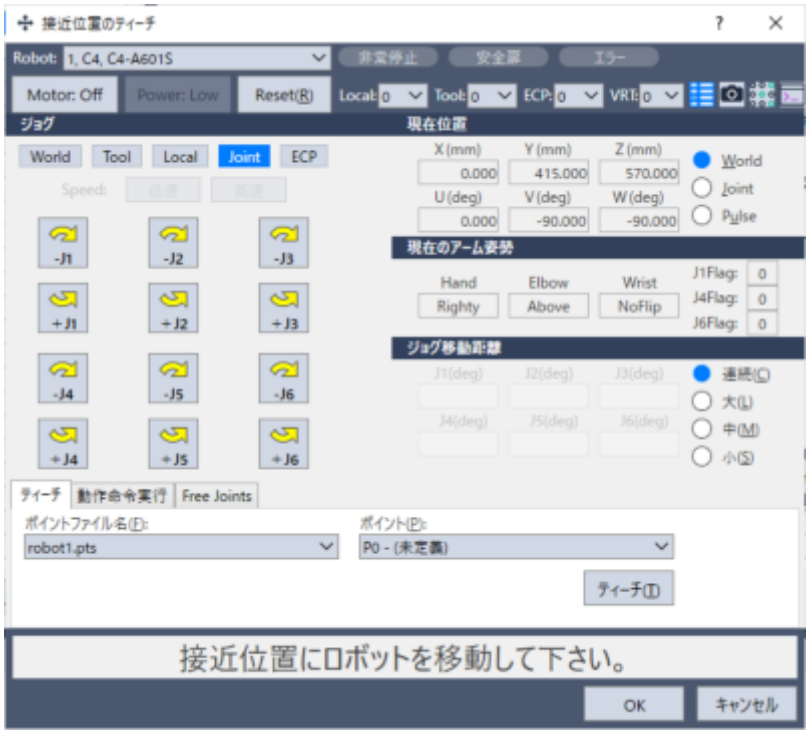



| 項目 | 解説 |
|---|---|
| フォースファイル | フォースファイルを選択します。 |
| 定義済みのみ表示 | 定義済みのデータのみを表示します。 |
| ラベル | ラベル(Labelプロパティー)を設定します。 |
| コメント | コメント(Descriptionプロパティー)を設定します。 |
| プロパティー | 値を設定するプロパティーを選択します。 |
| [ドロップダウンリスト] | 選択できる値がリストに表示されます。<br>値を選択します。 |
| [インピーダンスウィザード] | フォースコントロールオブジェクト(TargetForce, Spring, Damper, Mass)の各プロパティー値を設定するインピーダンスウィザードが表示されます。 |
| Fxxx 削除 | フォースオブジェクトを削除します。<br>確認画面が表示されます。 |
| 全て削除 | 選択しているタブのすべてのフォースオブジェクトを削除します。<br>確認画面が表示されます。 |
| 保存 | 値を保存します。 |
| 元に戻す | 前の値に戻します。<br>確認画面が表示されます。 |

**インピーダンスウィザード**

1. プロパティーの[インピーダンスウィザード] [...]ボタンをクリックします。[インピーダンスウィザード]ウィンドウが表示されます。

2. [ティーチ…]ボタンをクリックします。
[近接位置のティーチ]ダイアログが表示されます。ワークが押し付け対象物の1mm上空位置になるまでロボットを移動します。



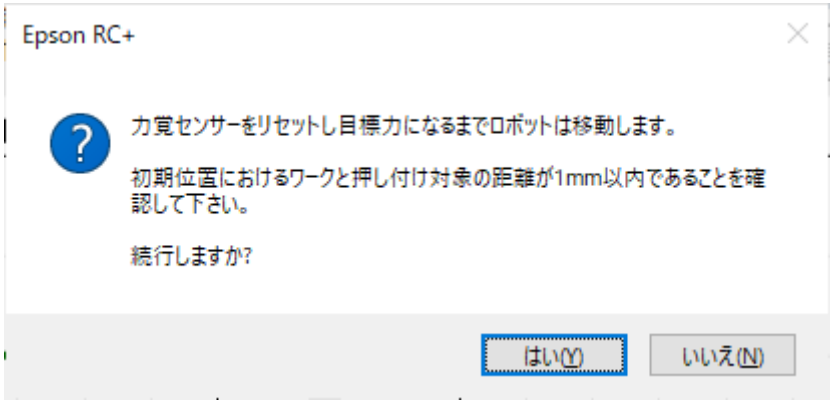

3. [OK]ボタンをクリックします。
現在の位置を保存し、[インピーダンスウィザード]ウィンドウに戻ります。

[目標力]の[力]と、[Spring]の値を設定します。
[応答性 / 安定性]の[Mass]と、[Damper]の値をスライダーで設定します。

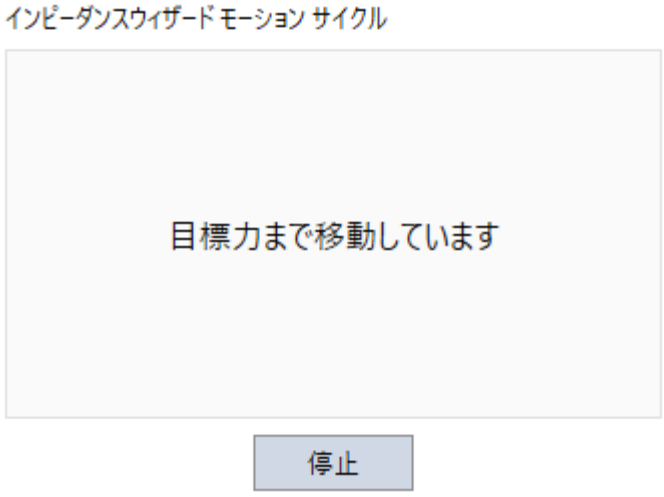
調整を開始するときは、スライダーを安定性側に設定し、力の実測波形を見ながら調整してください。

参考: 力制御機能

4. [実行]ボタンをクリックします。確認ダイアログが表示されます。
初期位置のワークと押し付け対象の距離が1mm以内であることを確認し、[はい]ボタンをクリックします。

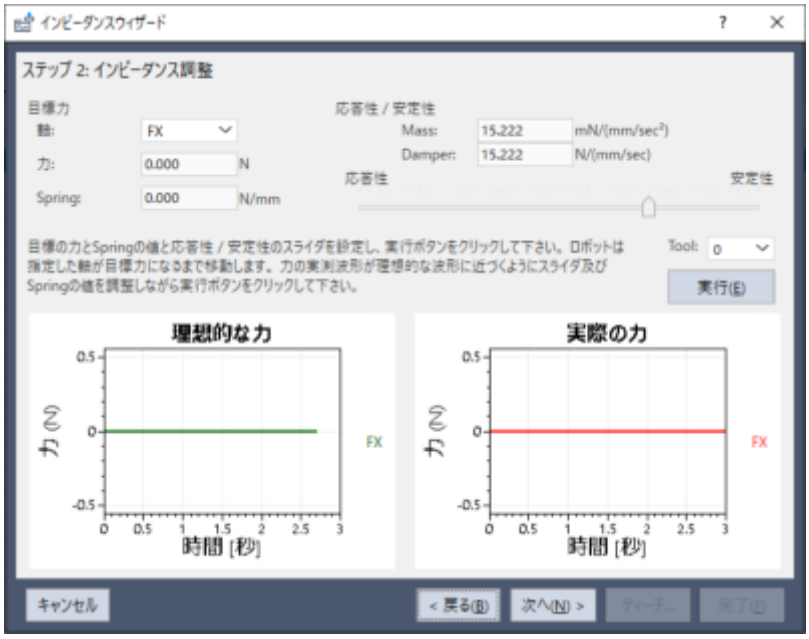



5. ロボットが、設定した軸が目標力になるまで移動します。途中で停止する場合は、[停止]ボタンをクリックします。




6. 力の実測データが理想的な波形に近づくように、スライダー、および[Spring]を調整し、[実行]ボタンをクリックします。
理想的な波形に近づくまで作業を繰り返します。

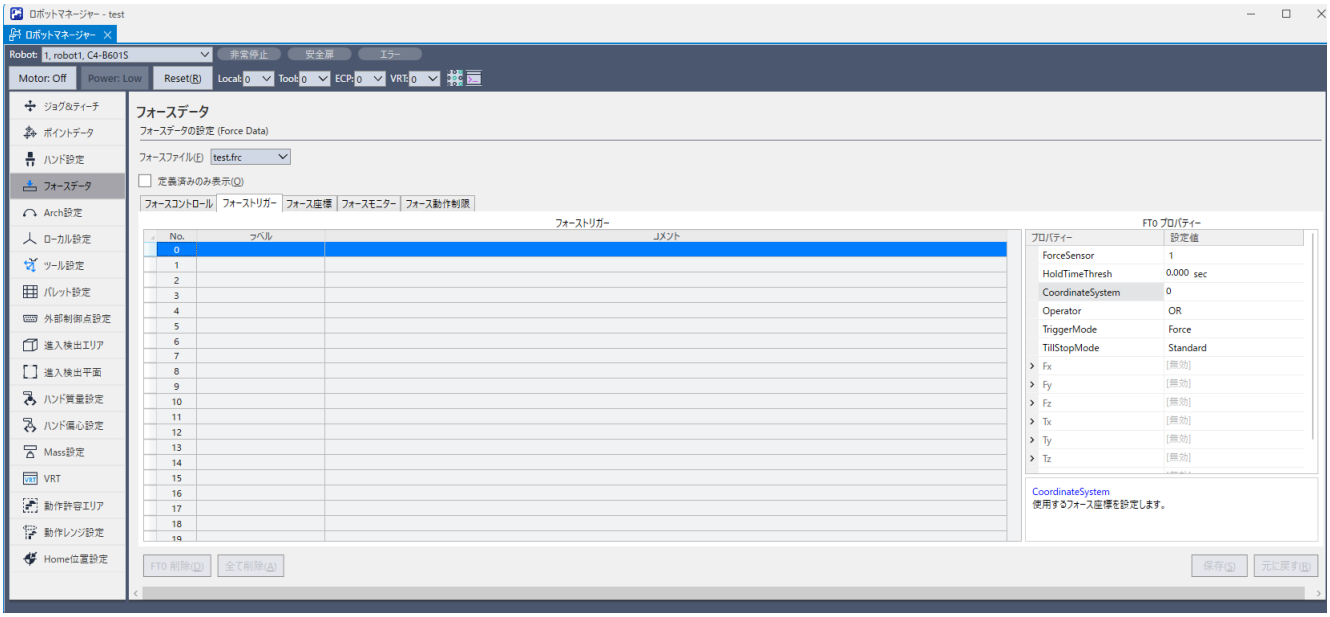
波形が振動的な場合や、目標の力に整定しない場合は、スライダーを安定性側へ動かします。
波形が、なだらかすぎる場合は、スライダーを応答性側へ動かします。スライダーを大きく動かすと力のかかり方が大きく変わる可能性があります。スライダーを少しずつ動かして調整してください。
また、目標の力に対して[Spring]の値が大きすぎる場合や、スライダーの位置が安定的過ぎる場合、接触できない場合があります。注意してください。




7. [次へ]ボタンをクリックします。
設定した軸の、調整前後のインピーダンスパラメーターがそれぞれ表示されます。
新しい値を保存する場合は[完了]ボタン、取り消す場合は[キャンセル]ボタンをクリックします。

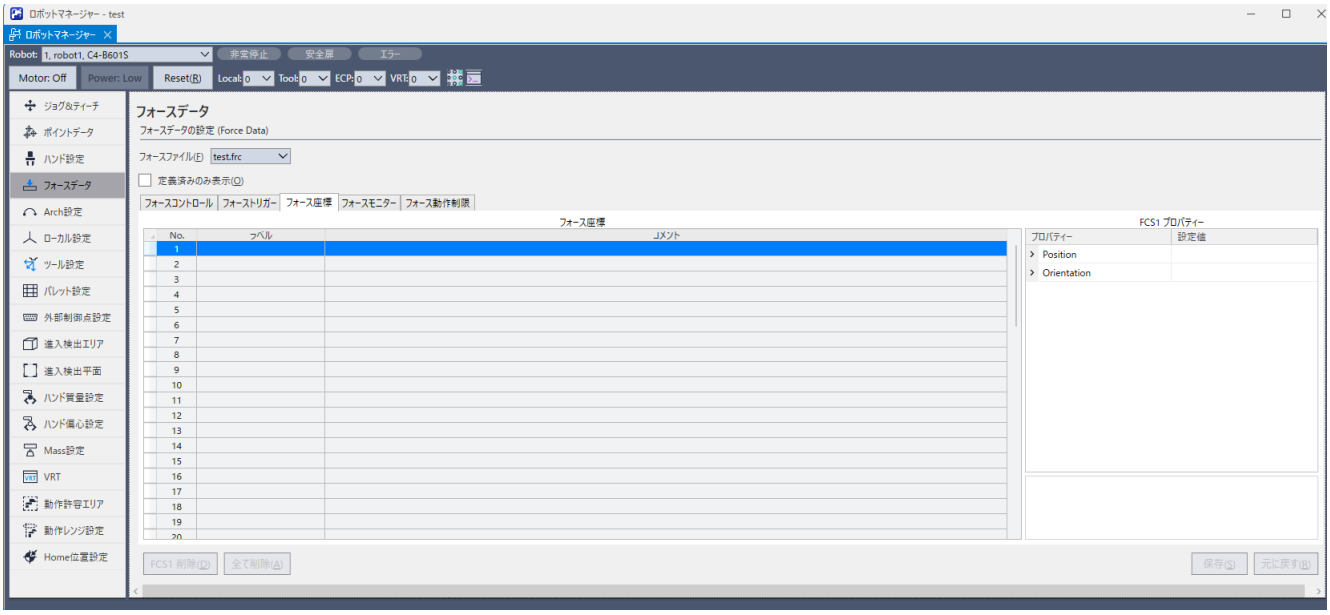
### [フォーストリガー]パネル

フォーストリガーオブジェクトが編集できます。



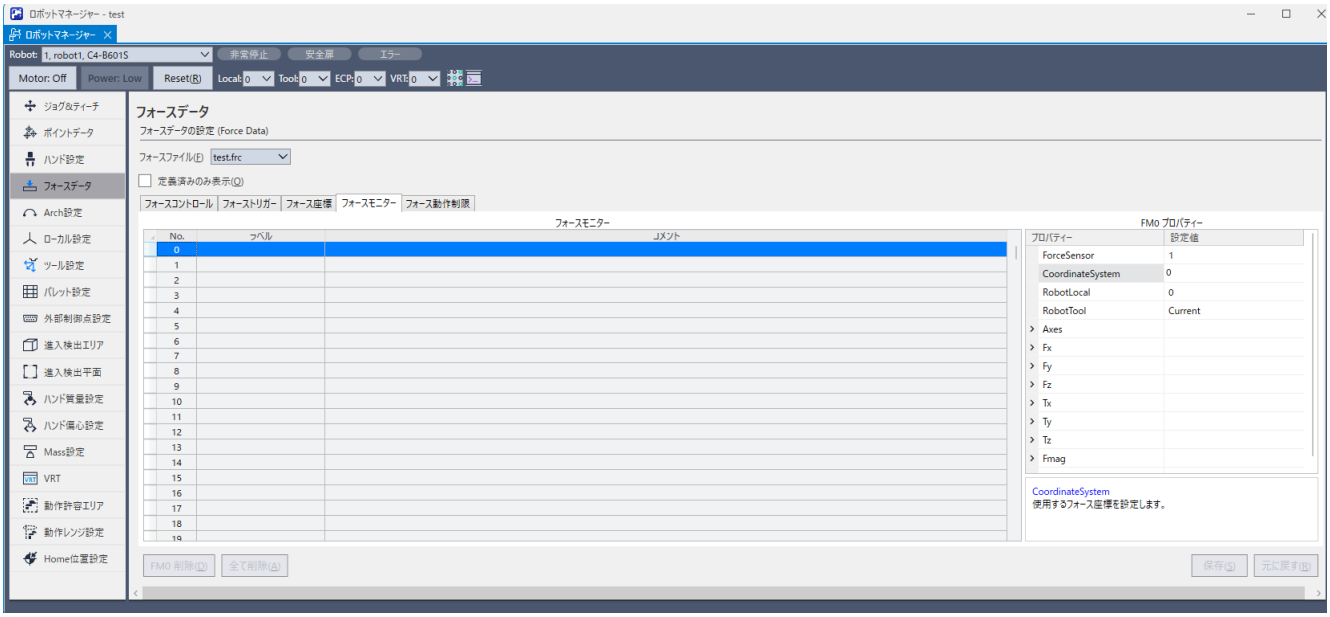

### [フォース座標]パネル

フォース座標系オブジェクトが編集できます。



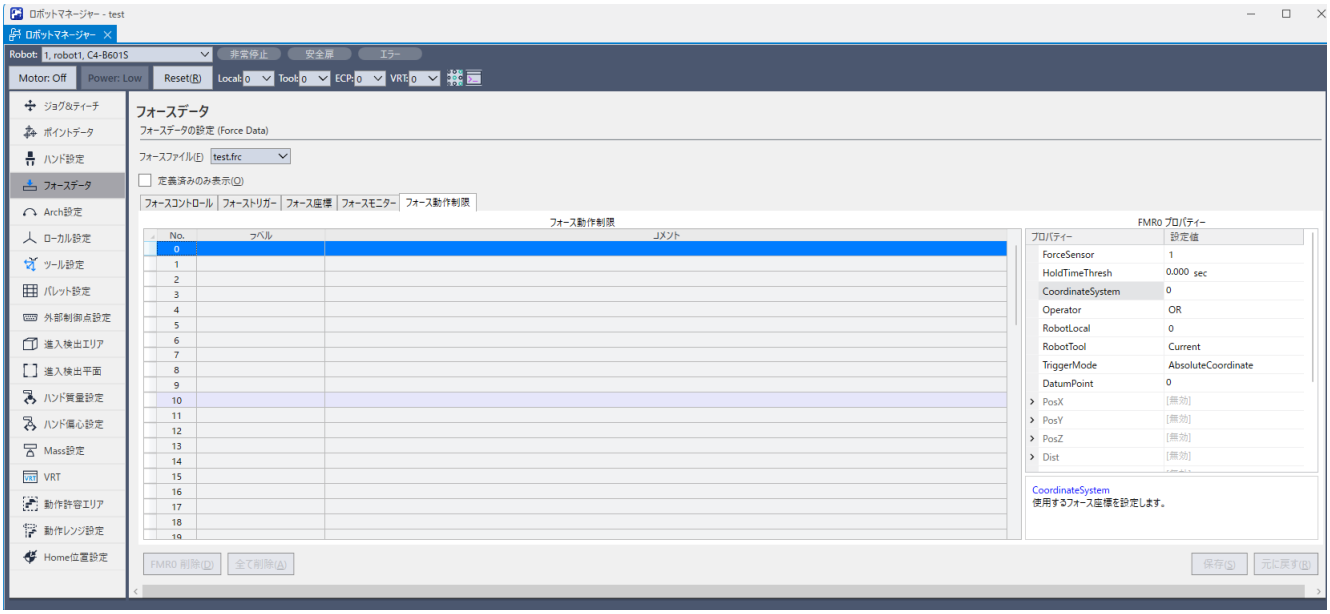
### [フォースモニター]パネル

フォースモニターオブジェクトが編集できます。



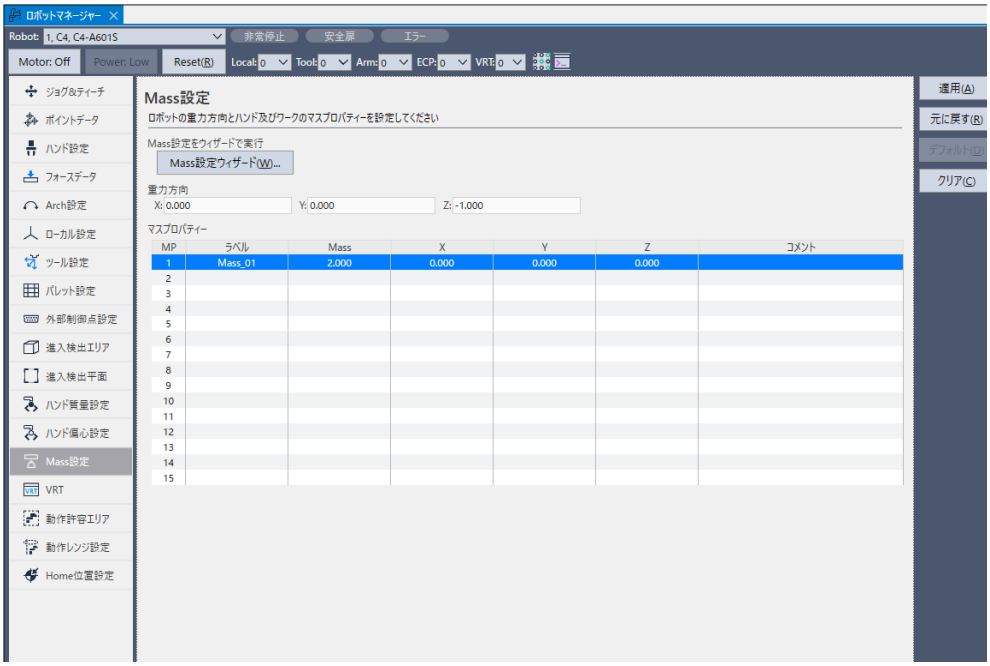

### [フォース動作制限]パネル

フォース動作制限オブジェクトが編集できます。



## 4.3.5.1.1 [ツール]-[ロボットマネージャー]-[Mass設定]パネル

マスプロパティーのそれぞれの値が設定できます。



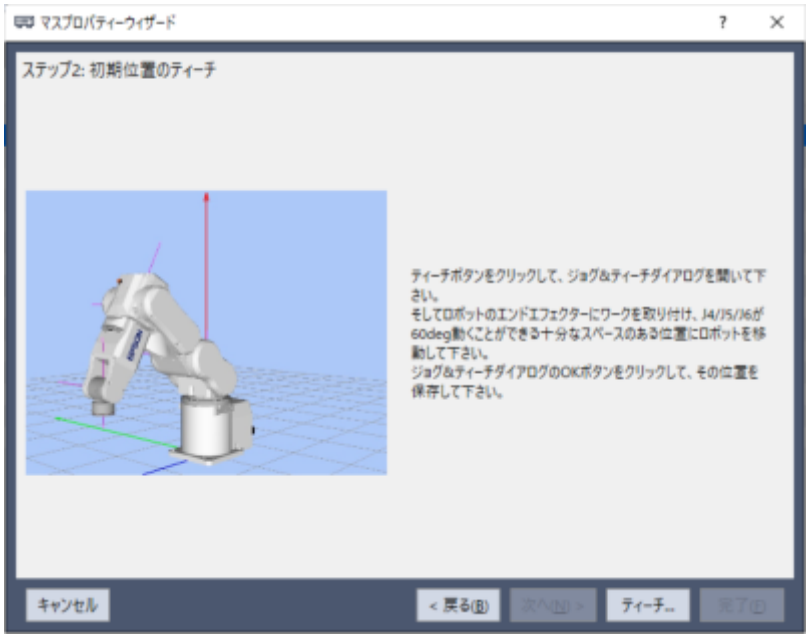

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| Mass設定ウィザード | マスプロパティーオブジェクトの各プロパティー値を設定するマスプロパティーウィザードが表示されます。 |
| 重力方向 | ロボットの重力方向(ロボットオブジェクトGravityDirectionプロパティー)を設定します。 |
| マスプロパティー | MP(番号)のマスプロパティーオブジェクトの次の項目を設定します。<br>ラベル (Labelプロパティー)<br>Massプロパティー<br>X / Y / Z (GravityCenterプロパティー)<br>コメント (Descriptionプロパティー) |
| デフォルト | 重力方向にデフォルト値を設定します。 |
| クリア | 選択しているマスプロパティーオブジェクトを削除します。 |

**マスプロパティーウィザード**

1. [Mass設定ウィザード]ボタンをクリックします。
   [マスプロパティーウィザード]ウィンドウには、[ステップ1: マスプロパティー番号の選択]が表示されます。
   マスプロパティーが設定できます。

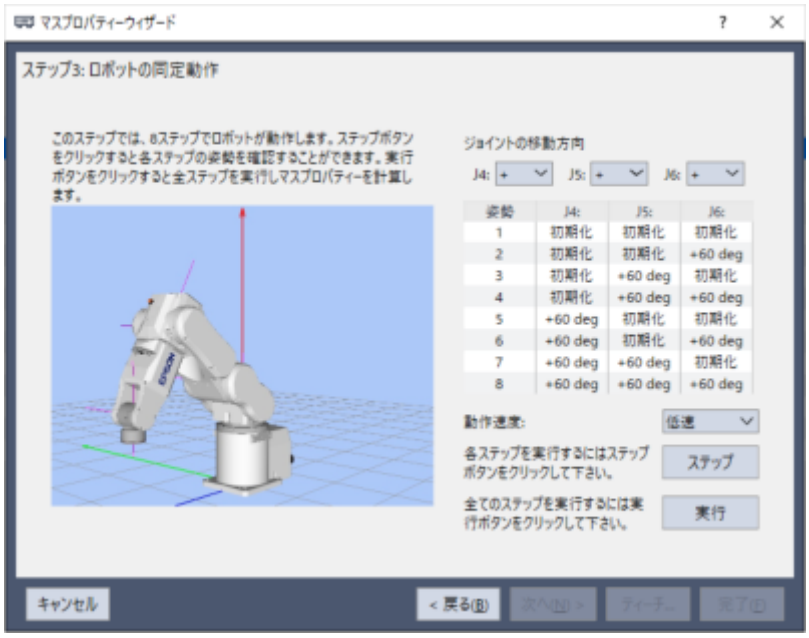
2. [設定するマスプロパティー番号]で番号を選択します。[マスプロパティーラベル]には、選択した番号のマスプロパティーのラベルが表示されます。ラベルの名称は、修正できます。

3. [次へ]ボタンをクリックします。[マスプロパティーウィザード]ウィンドウには、[ステップ2: 初期位置のティーチ]が表示されます。

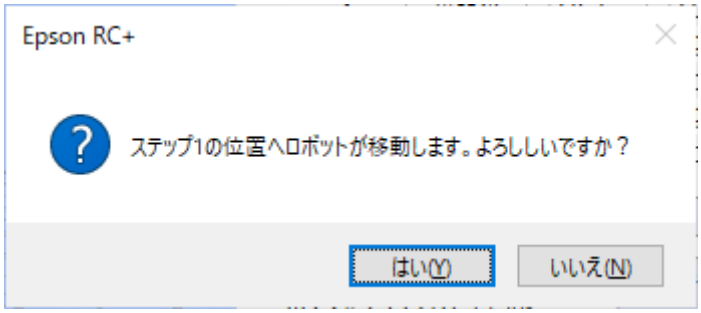


4. [ティーチ]ボタンをクリックします。
   [ジョグ&ティーチ]ウィンドウが表示されます。ロボットのエンドエフェクター(ハンド先端)にワークを取りつけ、J4, J5, J6が60 deg動くことができる十分なスペースのある位置にロボットを移動させます。

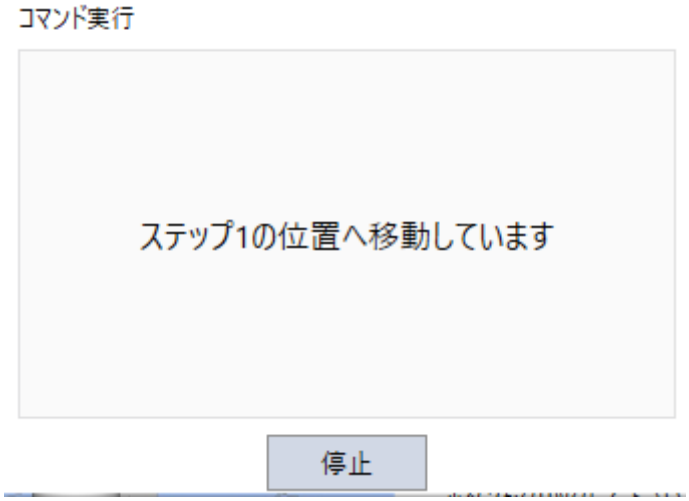
5. [OK]ボタンをクリックします。
   位置情報が保存されます。
   [マスプロパティーウィザード]ウィンドウには、[ステップ3: ロボットの同定動作]が表示されます。このステップでは、8ステップでロボットが動作します。
   [ジョイントの移動方向]の、[J4], [J5], [J6]で、各ジョイントの移動方向を “+” , “-”から選択できます。
   [動作速度]で、ステップボタンによる姿勢の確認時の速度を“低速” , “高速“から選択できます。




[ステップ]ボタンをクリックすると、各ステップの姿勢が確認できます。次のメッセージが表示されます。

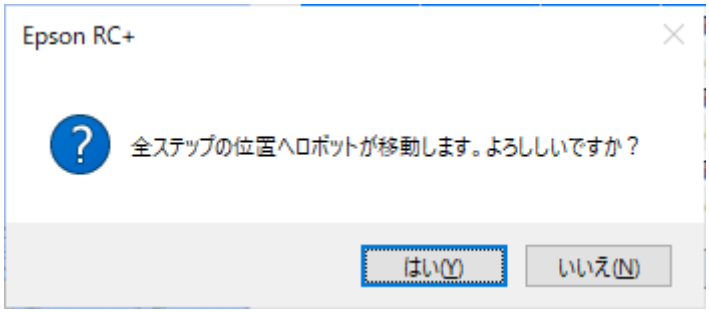



[はい]ボタンをクリックすると、[コマンド実行]ダイアログが表示され、ロボットは移動を開始します。
[ステップ]ボタンボタンをクリックして、各ステップの姿勢について、ハンドや周辺環境と干渉しないことを確認してください。

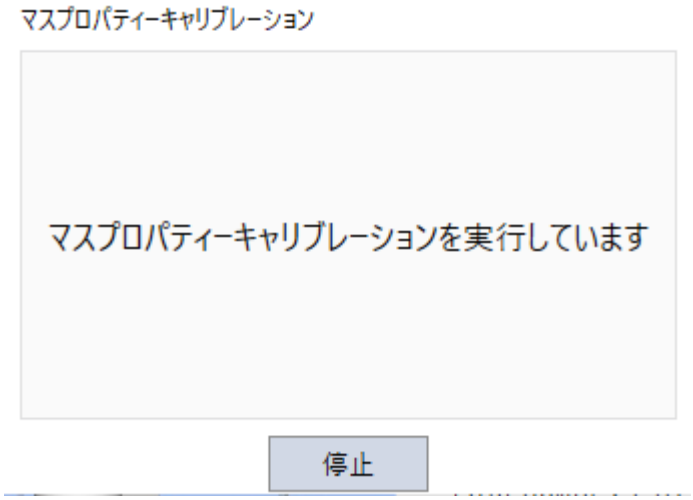



途中で停止する場合は、[停止]ボタンをクリックします。

[実行]ボタンをクリックすると、全ステップを実行しマスプロパティーを計算します。
次のメッセージが表示されます。




[はい]ボタンをクリックすると、[マスプロパティーキャリブレーション]ダイアログが表示され、ロボットは移動を開始します。




途中で停止する場合は、[停止]ボタンをクリックします。

6. 移動が最後まで終了すると、[マスプロパティーウィザード]ウィンドウには[完了]が表示されます。
マスプロパティーと重力方向の[前の値]と[新しい値]の各値が表示されます。

7. 次のどちらかのボタンをクリックします。
[完了]ボタン：新しい値を保存します。
[キャンセル]ボタン：新しい値を取り消します。

## 4.3.5.2 [フォースモニター] (ツールメニュー)

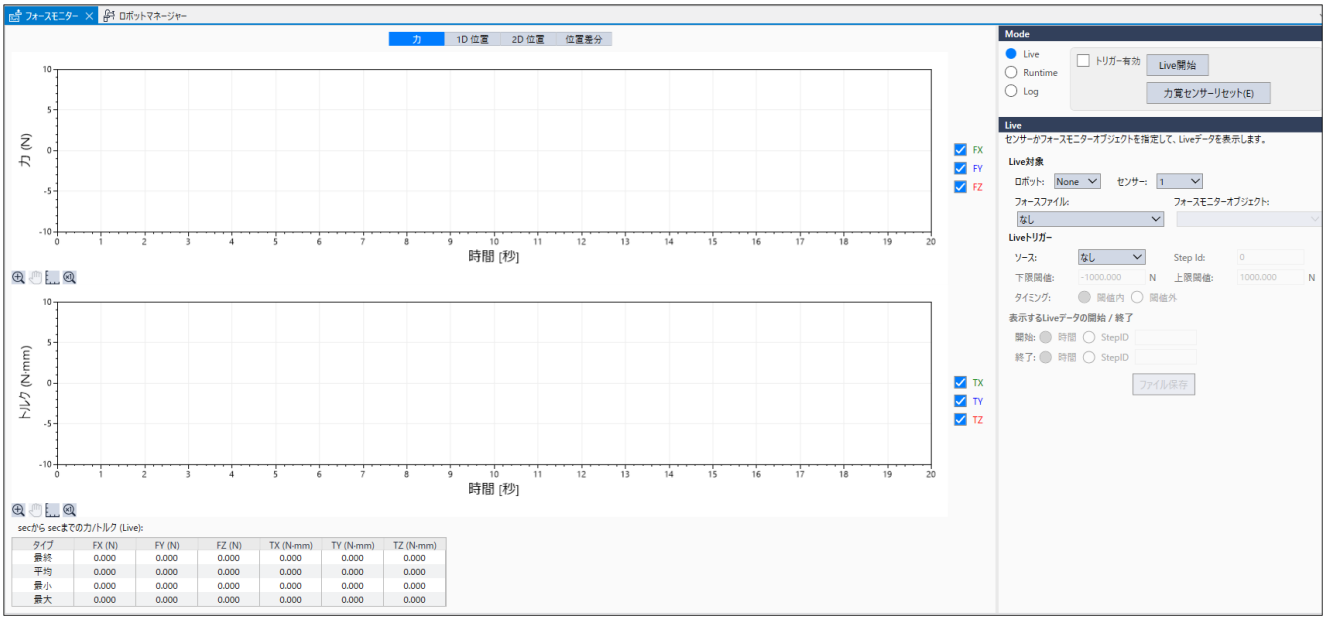
フォースの現在の値の表示や、過去の値の解析や比較を行うことができます。

Epson RC+ 8.0 - メニュー-[ツール]-[フォースモニター]を選択、またはツールバー[フォースモニター] ボタンをクリックします。
[フォースモニター]ウィンドウが表示されます。
ウィンドウは、[Mode] の選択 (Live, Runtime, Log) によりダイアログの表示が異なります。

### 4.3.5.2.1 [Mode]-[Live]ボタン

#### 4.3.5.2.1.1 表示されるダイアログの詳細

[Mode]-[Live]ボタンを選択すると、次のダイアログが表示されます。



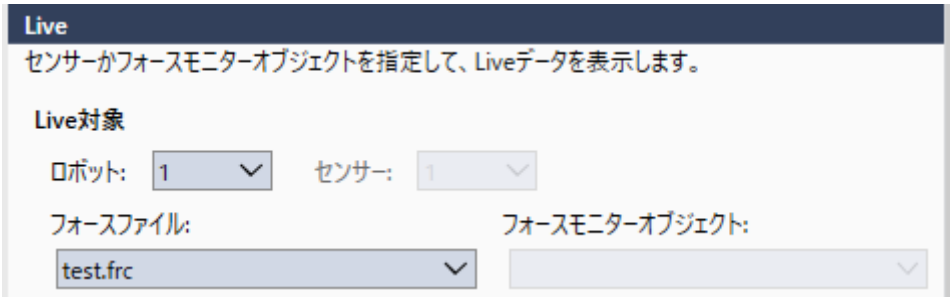

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| グラフ領域 | “Live”の開始により、力覚センサーが検出した力情報やロボットの位置情報をリアルタイムにグラフ表示します。<br>グラフ領域には、[力], [1D 位置], [2D 位置], [位置差分]のタブがあります。用途に合わせて切り替えることができます。<br>各タブの詳細は、下記を参照してください。<br>グラフ |
| [トリガー有効]<br>チェックボックス | チェックボックスをチェックして“Live”を開始した場合、Liveトリガーで設定した条件に合致することで、グラフへのデータ表示を開始します。 |
| [Live開始]ボタン | クリックすると、“Live”を開始します。<br>“Live”は、[Live開始]ボタンをクリックしてから最大で600secまで継続します。<br>ボタン表記は、[Live停止]に変わります。 |
| [Live停止]ボタン | クリックすると、“Live”を終了します。<br>ボタン表記は、[Live開始]に変わります。 |

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| [力覚センサーリセット]ボタン | 力覚センサーに対してリセットを実行します。<br>力、およびトルクの値を “0”にします。 |
| ロボット | “Live”の対象となるロボット番号を設定します。<br>ロボットを選択すると、“Live”の対象となる力覚センサーは、自動で選択されます。 |
| センサー | “Live”の対象となる力覚センサー番号を設定します。<br>力覚センサー番号を指定した場合は、力覚センサー座標系の力情報が表示されます。 |
| フォースファイル | フォースモニターオブジェクトが保存されているファイルを設定します。<br>“なし”を指定した場合は、力覚センサー座標系の力情報が表示されます。 |
| フォースモニターオブジェクト | フォースファイルで設定したファイルに定義されているオブジェクト(番号: ラベル)のリストより選択します。<br>フォースモニターオブジェクトを指定した場合は、フォース座標系の力情報が表示されます。 |
| Liveトリガー | [トリガー有効]チェックボックスをチェックして、“Live”を開始したときの、開始条件のトリガーについて設定します。 |
| | ソース : トリガー対象を選択します。<br>トリガーを設定しない場合は、“なし”を選択します。 |
| | Step ID : 開始条件とするStepIDを設定します。 |
| | 下限閾値 : トリガーの下限閾値を設定します。 |
| | 上限閾値 : トリガーの上限閾値を設定します。 |
| | タイミング : トリガーのタイミングを設定します。<br>[閾値内] : 値が上記で設定した<br>範囲内になったとき<br>[閾値外] : 値が上記で設定した<br>範囲外になったとき |
| 表示するLiveデータの開始 / 終了 | Liveデータの表示範囲について設定します。<br>時間 :<br>開始、または終了時間を設定します。<br>StepID :<br>開始、または終了とするStepIDを設定します。 |
| ファイル保存 | 現在グラフ表示されている“Live”結果のデータをファイルに保存します。<br>[ファイル保存]ボタンをクリックすると、[ログデータのファイル保存]ダイアログが表示されます。保存先やファイル名を設定して[保存]ボタンをクリックすると、データがファイルに保存されます。 |

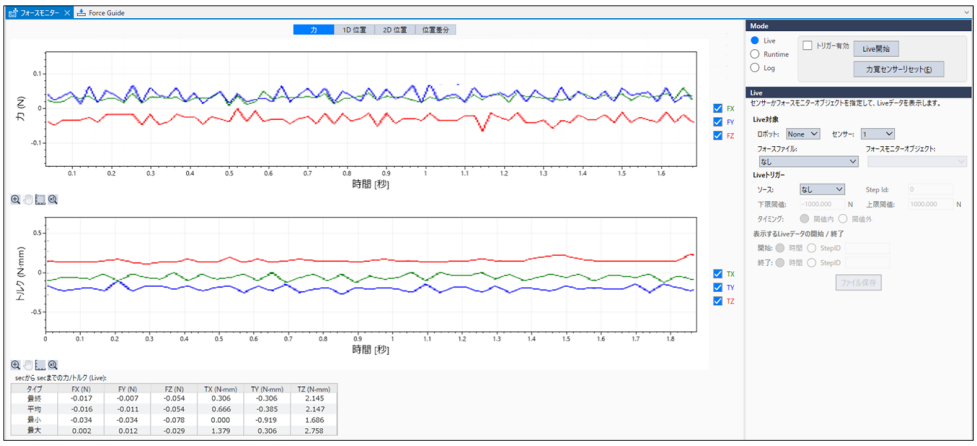
#### 4.3.5.2.1.2 “Live”の流れ

**“Live”の開始**

“Live”を開始する前に、Live設定の内容が正しいことを確認します。
(ロボット番号, センサー番号, フォースファイル, フォースモニターオブジェクト)



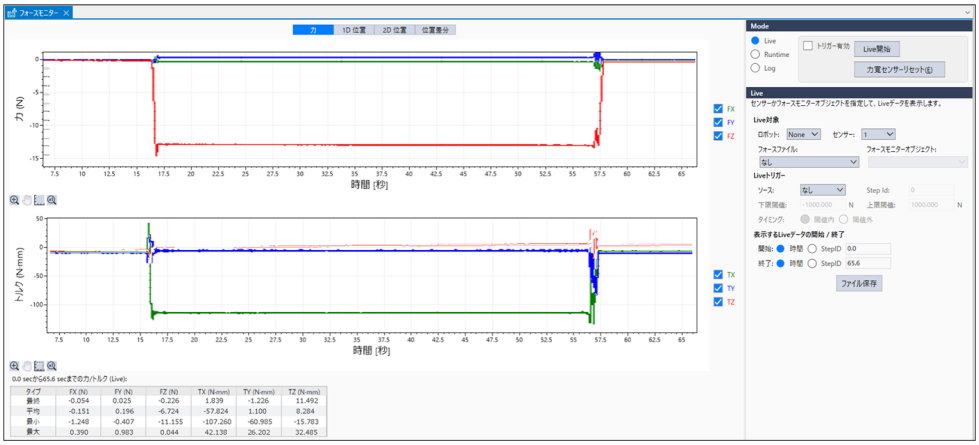

[Live開始]ボタンをクリックして“Live”を開始します。
“Live”を開始すると、データがグラフに表示され、リアルタイムに更新され続けます。



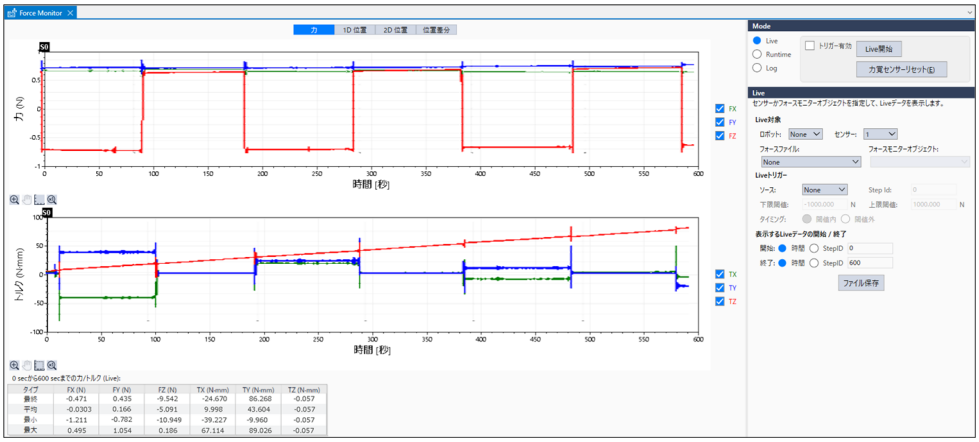
### “Live”の終了

“Live”を停止するには、[Live停止]ボタンをクリックします。
[Live開始]ボタンをクリックしてから600sec経過すると自動的に停止されます。

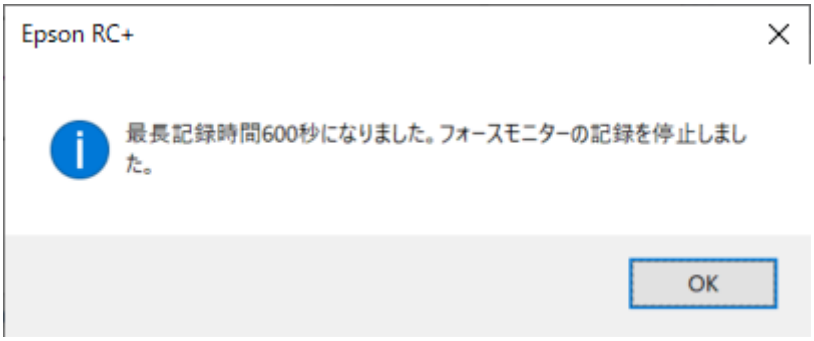
[Live停止]ボタンをクリックすると、データの更新が停止されます。



[Live開始]ボタンをクリックしてから600sec経過すると、自動的にデータの更新が停止されます。

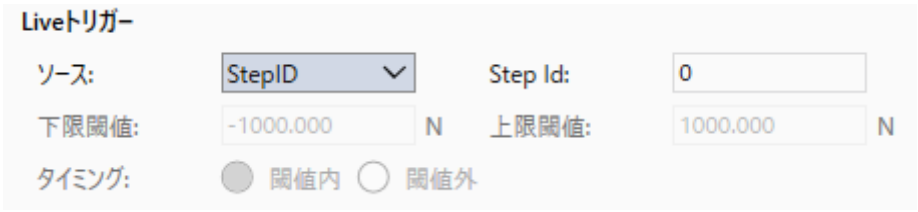


600sec経過した場合は、以下のメッセージウィンドウが表示されます。
“Live”を再開する場合は、[OK]ボタンをクリックし、再度[Live開始]ボタンをクリックしてください。



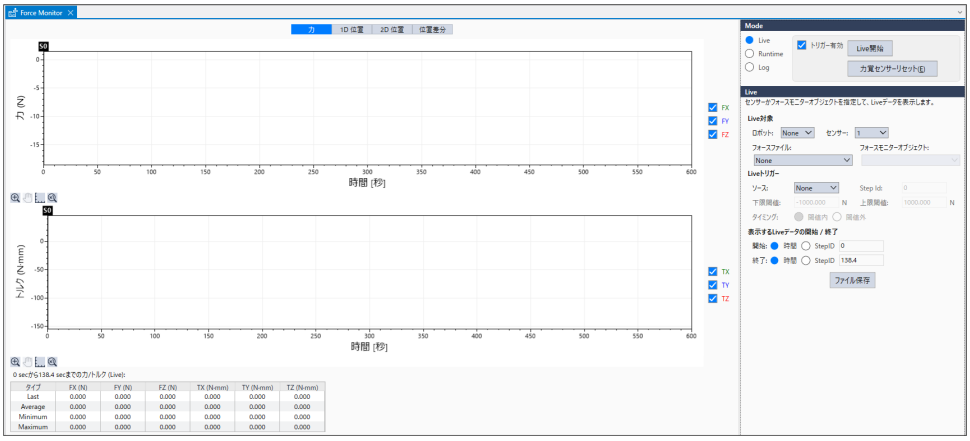

### 4.3.5.2.1.3 トリガー機能を有効にした“Live”の流れ

**“Live”の開始**
[トリガー有効]チェックボックスをチェックします。
“Live”を開始する前にLive設定の内容やLiveトリガーの内容が正しいか確認します。

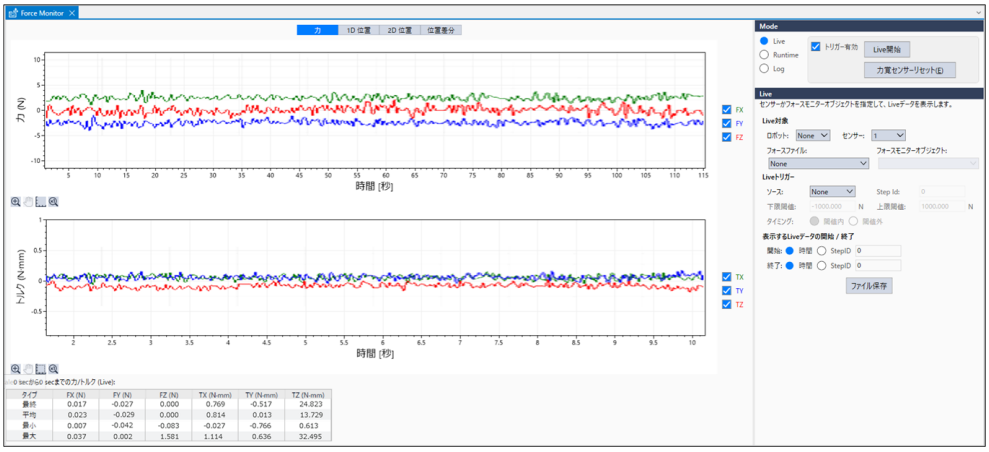



対象となる、トリガーやトリガー条件が正しいことを確認します。
[Live開始]ボタンをクリックして“Live”を開始します。
トリガー条件に該当する前: グラフにデータは表示されません。トリガー条件に該当した後: グラフにデータが表示されます。

トリガー条件に該当する前: グラフにデータは表示されません。



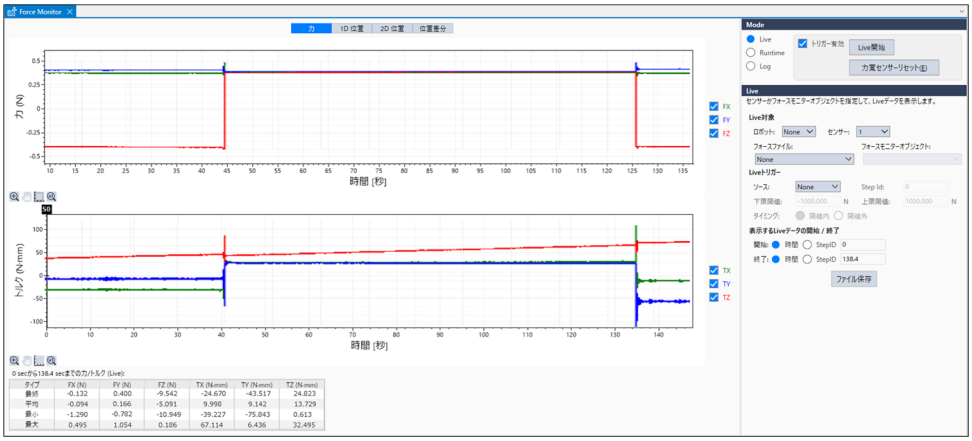
トリガー条件に該当した後: グラフにデータが表示され、リアルタイムに更新され続けます。



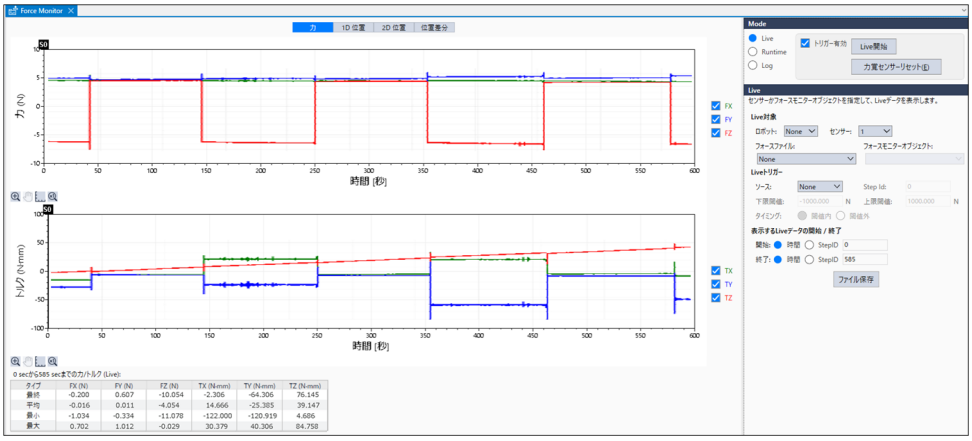
**“Live”の終了**

“Live”を停止するには、[Live停止]ボタンをクリックします。[Live開始]ボタンをクリックしてから600sec経過すると自動的に停止されます。
(データが表示され始めてから600secではありません。)

[Live停止]ボタンをクリックすると、データの更新が停止されます。



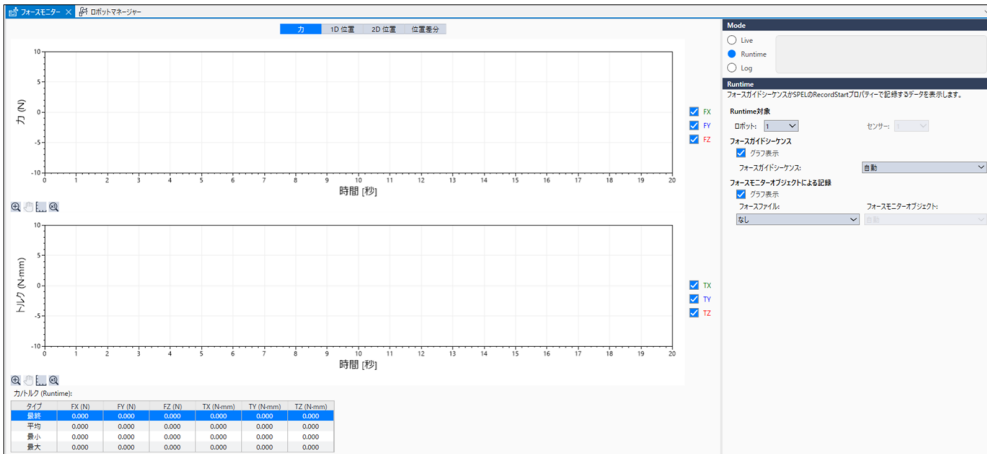
[Live開始]ボタンをクリックしてから600sec経過すると、自動的にデータの更新が停止されます。



## 4.3.5.2.2 [Mode]-[Runtime]ボタン

### 4.3.5.2.2.1 表示されるダイアログの詳細

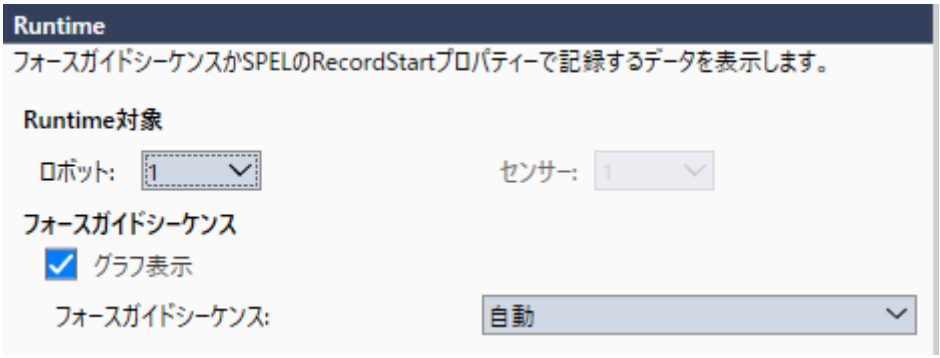
[Mode]-[Runtime]ボタンを選択すると、次のダイアログが表示されます。



| 項目 | 解説 |
|---|---|
| グラフ領域 | フォースガイドシーケンス実行、またはフォースモニターオブジェクトによる記録実行により、力覚センサーが検出した力情報やロボットの位置情報をリアルタイムにグラフ表示します。<br>グラフ領域には、[力], [1D 位置], [2D 位置], [位置差分]のタブがあります。用途に合わせて切り替えることができます。<br>各タブの詳細は、下記を参照してください。<br>グラフ |
| ロボット | “Runtime”の対象となるロボット番号を設定します。<br>ロボットを選択すると“Runtime”の対象となる力覚センサーは、自動で選択されます。 |
| センサー | “Runtime”対象となる力覚センサー番号を設定します。 |
| フォースガイドシーケンス | 実行時にグラフ表示するフォースガイドシーケンスを設定します。 |
| | グラフ表示：<br>グラフ表示の有効/無効を選択します。 |
| | フォースガイドシーケンス：<br>グラフ表示するフォースガイドシーケンスを選択します。<br>“自動”を選択すると全てのフォースガイドシーケンスが表示されます。 |
| フォースモニターオブジェクトによる記録 | RecordStartプロパティーによる記録について、グラフ表示する条件を設定します。 |
| | グラフ表示:<br>グラフ表示の有効/無効を選択します。 |
| | フォースファイル:<br>グラフ表示するフォースモニターオブジェクトが保存されているフォースファイルを指定します。<br>“なし”を指定した場合は、全てのフォースモニターオブジェクトがグラフ表示されます。 |
| | フォースモニターオブジェクト:<br>グラフ表示するフォースモニターオブジェクトを指定します。<br>フォースモニターオブジェクトが指定されている場合、それ以外のフォースモニターオブジェクトでRecordStartプロパティーを実行してもデータはファイルに保存されますが、グラフ表示されません。 |

### 4.3.5.2.2.2 フォースガイドシーケンス実行時のグラフ表示

フォースガイドシーケンスを実行する前に、Runtime設定の内容が正しいか確認します。

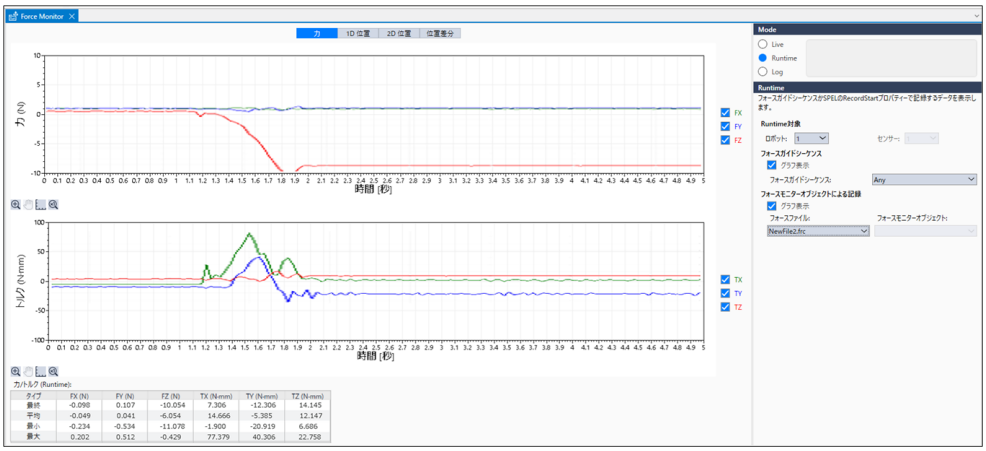



対象となるロボット番号やセンサー番号が正しく、フォースガイドシーケンス設定のグラフ表示や、対象となるフォースガイドシーケンスが正しいことを確認します。

設定が正しい場合は、フォースガイドシーケンスをForce Guideウィンドウか、FGRunステートメントで実行します。

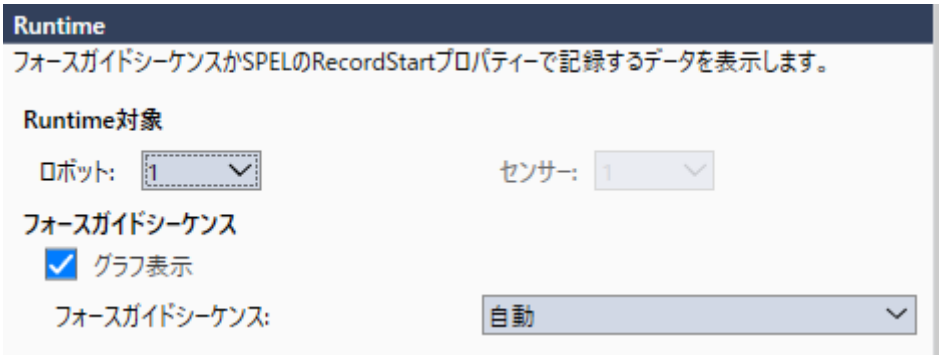
- 条件に該当していないフォースガイドシーケンスを実行した場合:
  グラフ表示されません。
- 条件に該当するフォースガイドシーケンスを実行したした場合:
  グラフ表示されます。

条件に該当している場合は、データがグラフに表示されます。




### 4.3.5.2.2.3 フォースモニターオブジェクトによる記録実行時のグラフ表示

フォースモニターオブジェクトによる記録を実行する前に、Runtime設定の内容が正しいか確認します。

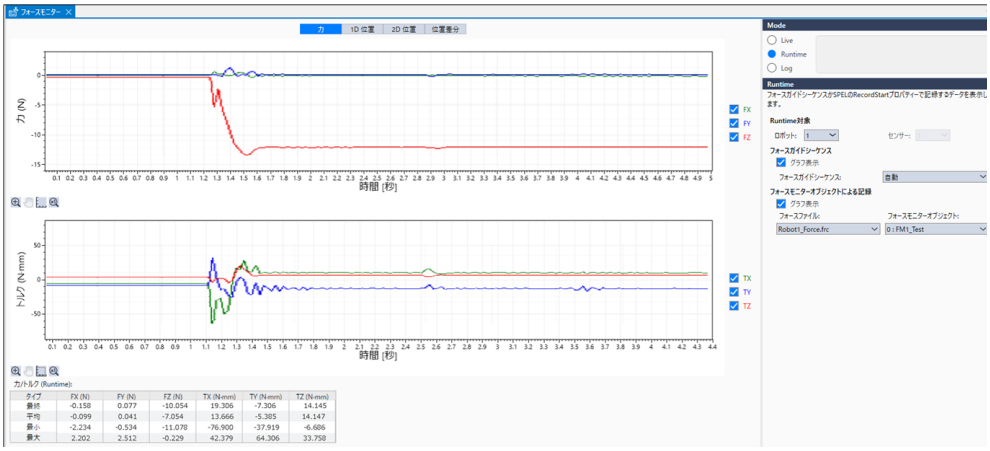



対象となるロボット番号やセンサー番号が正しく、フォースモニターオジェクトによる記録設定のグラフ表示や、対象となるフォースファイルやフォースモニターオブジェクトが正しいことを確認します。

設定が正しい場合は、RecordStartプロパティーによって記録を実行します。

- 指定したフォースモニターオブジェクトが条件に該当していない場合:
  データはファイルに保存されますが、グラフ表示されません。
- 指定したフォースモニターオブジェクトが条件に該当している場合:
  データは、ファイルに保存され、グラフ表示されます。

条件に該当している場合は、データがグラフに表示されます。

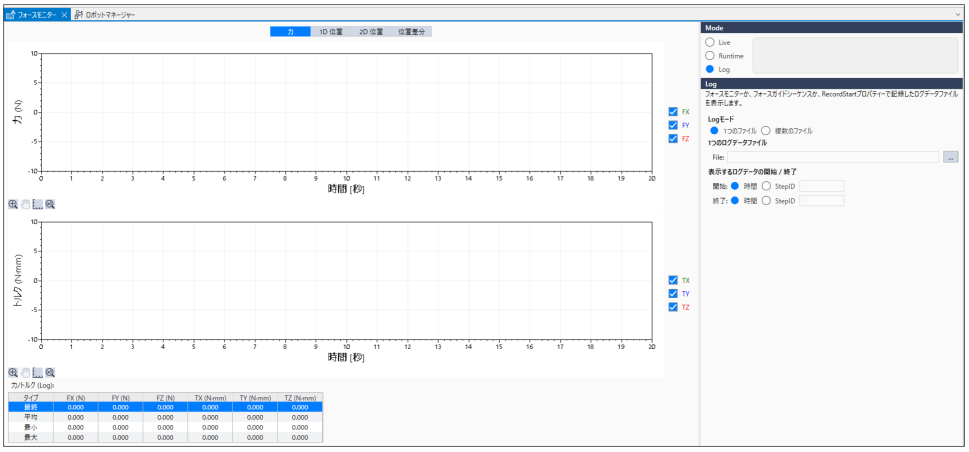


## 4.3.5.2.3 [Mode]-[Log]ボタン

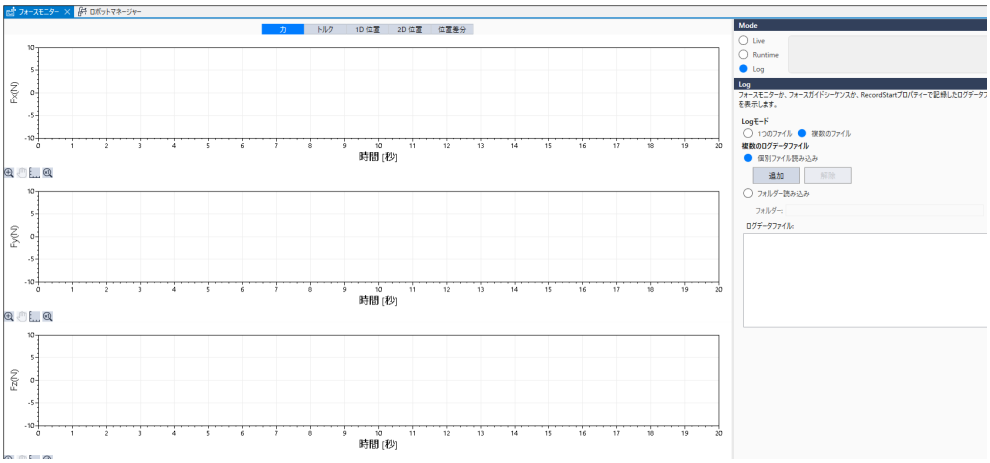
### 4.3.5.2.3.1 表示されるダイアログの詳細

[Mode]-[Log]ボタンを選択すると、次のダイアログが表示されます。

[1つのファイル]ボタンが選択されているとき



[複数のファイル]ボタンが選択されているとき



| 項目 | 解説 |
|---|---|
| グラフ領域 | ファイルに保存した力情報やロボットの位置情報をグラフ表示します。<br>複数のファイルを選択してグラフ上で比較ができます。 |
| | 1つのファイルの場合:<br>グラフ領域には、[力], [1D 位置], [2D 位置], [位置差分]のタブがあります。 |
| | 複数のファイルの場合:<br>グラフ領域には、[力], [トルク], [2D 位置], [位置差分]のタブがあります。 |
| | タブは、用途に合わせて切り替えることができます。<br>各タブの詳細は、下記を参照してください。<br>グラフ |
| 1つのファイル | 1つのログデータファイルをグラフに表示します。<br>解析や確認ができます。 |
| 1つのログデータファイル | 表示するログデータファイルを設定します。<br>[ログデータファイルの選択]ダイアログから、対象となるファイルを選択して[開く]ボタンをクリックすると、グラフ表示を開始します。 |
| 表示するログデータの開始 / 終了 | ログデータの表示範囲について設定します<br>時間 : 開始、または終了時間(sec)を設定します。<br>StepID : 開始、または終了とするStepIDを設定します。 |
| 複数のファイル | 複数のログデータファイルをグラフに重ねて表示します。<br>比較やバラつきの確認ができます。 |
| 複数のログデータファイル | [複数のファイル]ボタンを選択すると、読込方法として次のどちらかを、選択できます。<br>個別ファイル読み込み<br>フォルダー読み込み |
| | [個別ファイル読み込み]ボタン:<br>ファイル単位で対象ファイルの追加や削除ができます。<br>[追加]ボタン :<br>ログデータファイルの選択ダイアログが表示されます。対象となるファイルを選択し、[開く]ボタンをクリックしてファイルを追加します。<br>[解除]ボタン :<br>ログデータファイルのリストから解除対象のファイルを選択してクリックします。解除メッセージが表示されます。[はい]ボタンをクリックしてファイルを解除します。 |
| | [フォルダー読み込み]ボタン:<br>フォルダー単位で対象ファイルが選択できます。<br>フォルダー :<br>ボタンをクリックすると、フォルダーの参照ダイアログが表示されます。対象となるフォルダーを選択し、[OK]ボタンをクリックしてファイルを追加します。 |
| | 追加したファイルは、[ログデータファイル]にリスト表示されます。チェックしたファイルがグラフ表示されます。<br>同時にグラフ表示できるファイルは、最大50ファイルです。 |

### 4.3.5.2.3.2 1つのログデータファイルを読み込む方法

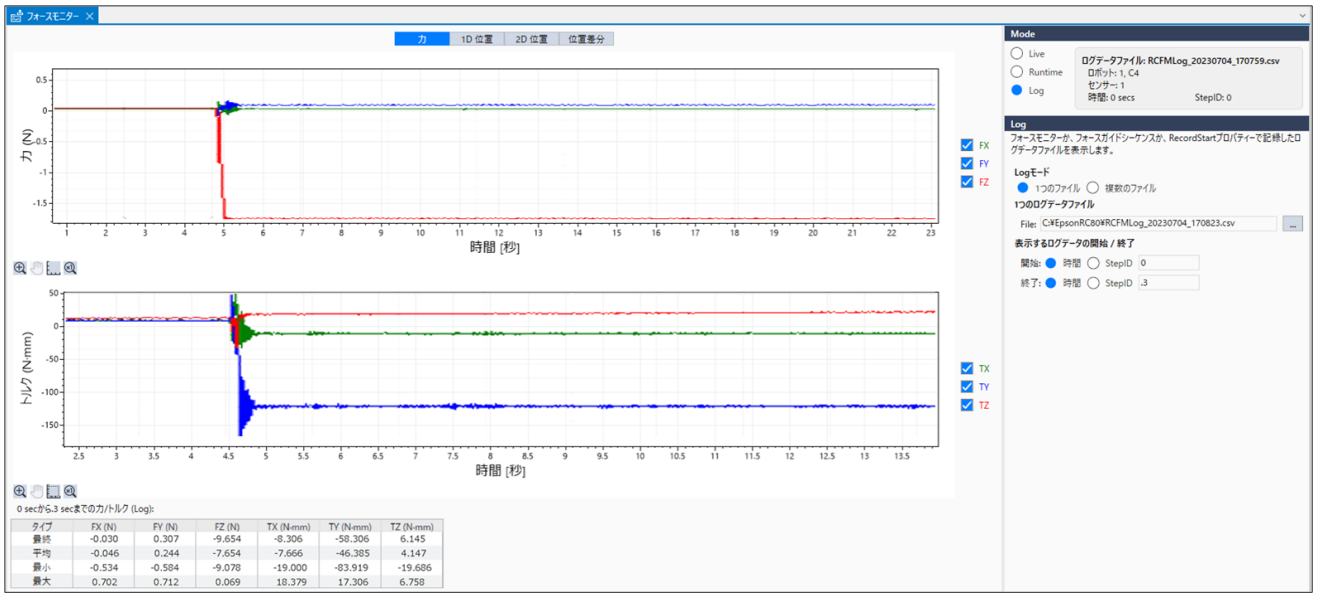
1. [1つのファイル]ボタンを選択します。

2. 以下のボタンをクリックします。

   [File]-[ ... ]

3. [ログデータファイルの選択]ダイアログが表示されます。
   [ファイル名]ボックスで、対象となるファイルを選択します。

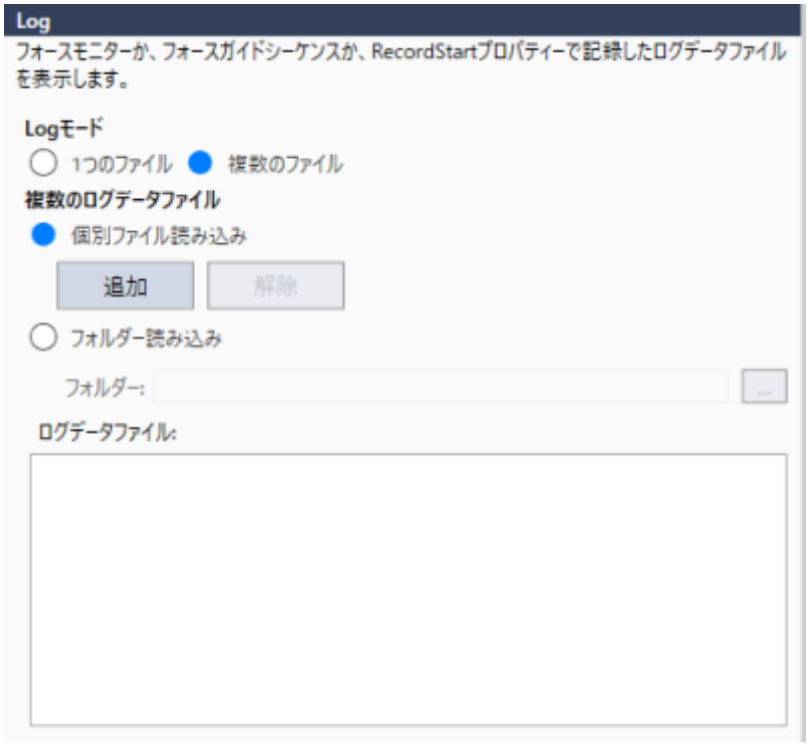
4. [開く]ボタンをクリックします。
   グラフ上にログデータが表示されます。



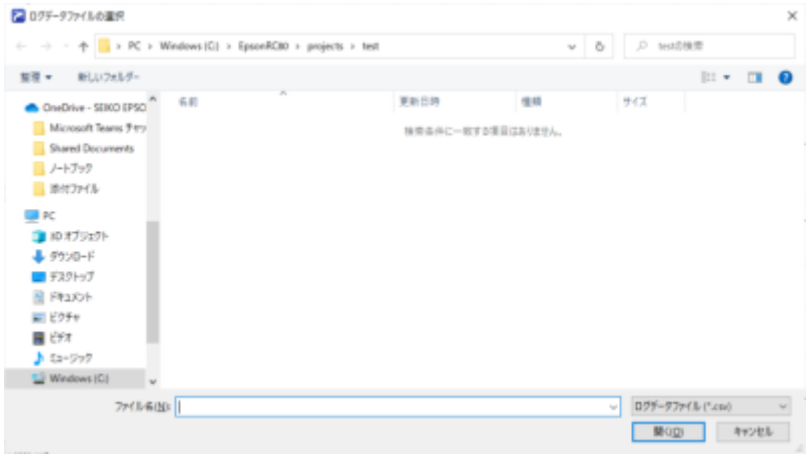

### 4.3.5.2.3.3 複数のログデータファイルを読み込む方法

**個別ファイル選択**

1. [複数のファイル]ボタンを選択します。

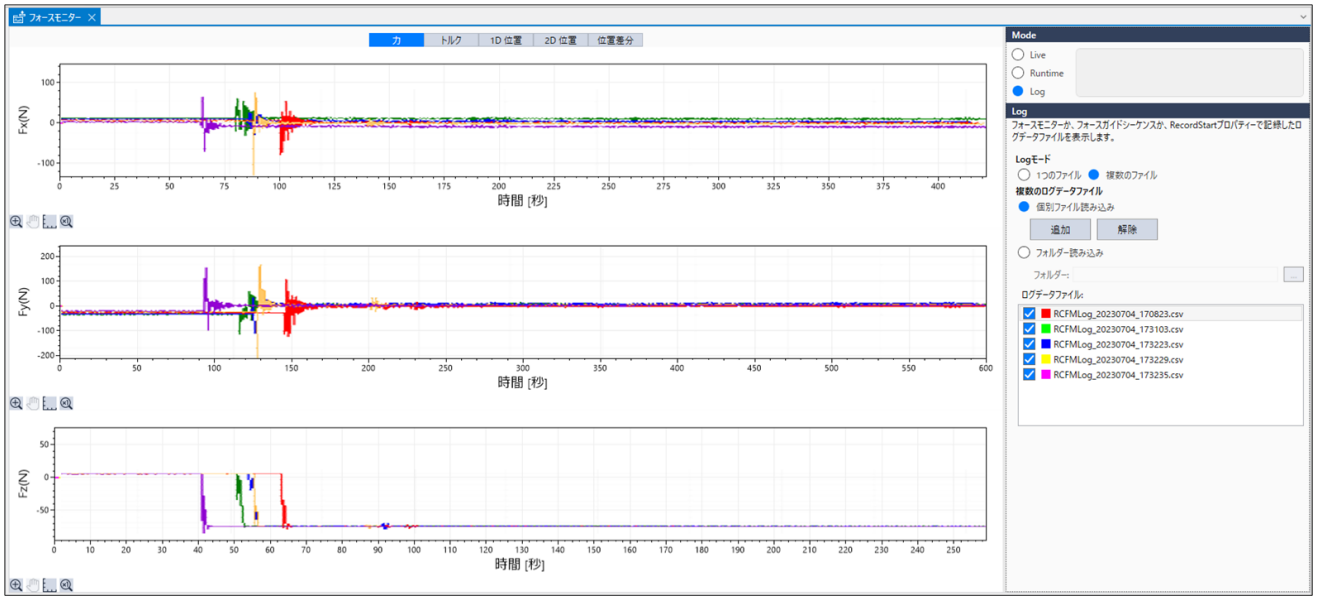



2. [個別ファイル読み込み]ボタンを選択します。
3. [追加]ボタンをクリックします。[ログデータファイルの選択]ダイアログが表示されます。



4. [ファイル名]ボックスで、対象となるファイルを選択します。

5. [開く]ボタンをクリックします。
   [ログデータファイル]のリストに、ファイルが追加されます。チェックボックスをチェックすると、グラフにログデータが表示されます。

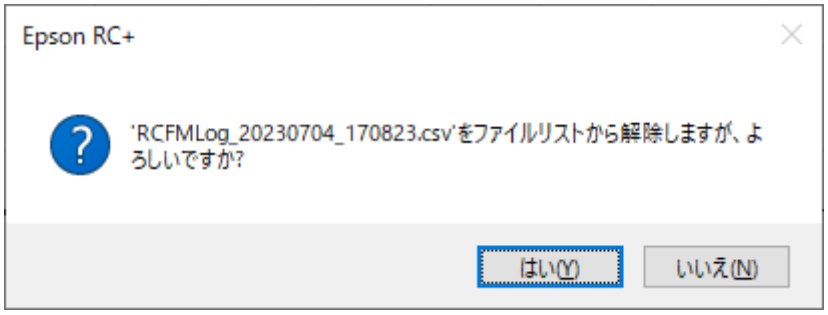



## キーポイント

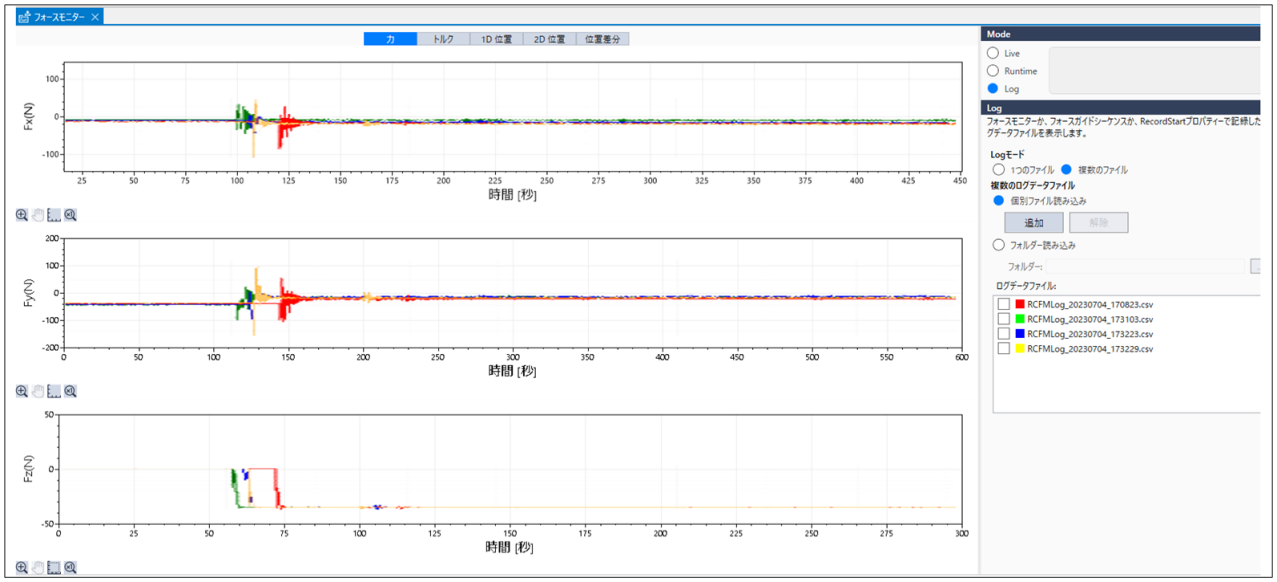
[ログデータファイル]に表示されているファイルの、先頭にあるチェックボックスがチェックされている状態で、[フォースモニター]ダイアログを再起動すると、ファイルの読み込みに時間がかかる場合があります。

- グラフ表示するファイルを追加したい場合:
  [追加]ボタンをクリックします。
- グラフ表示するファイルを解除したい場合:
  2つの方法があります

  1. [ログデータファイル]のリストのチェックをはずす。
  2. 対象のファイルを選択し、[解除]ボタンをクリックする。[解除]ボタンをクリックすると、以下のメッセージが表示されます。

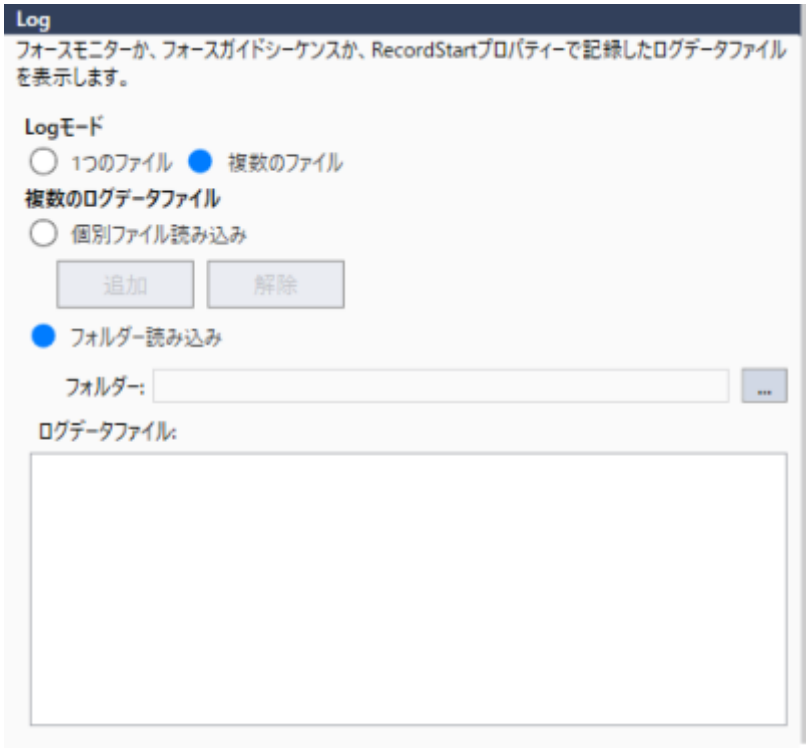


メッセージを確認し、[はい]ボタンをクリックします。[ログデータファイル]のリストから対象のファイルが解除されます。




**フォルダー選択**

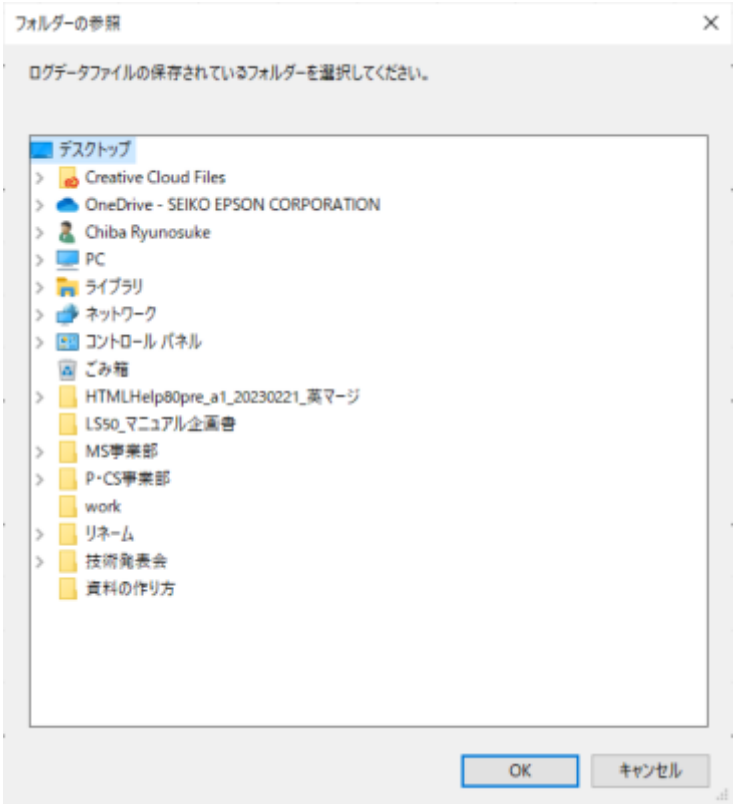
1. [複数のファイル]ボタンを選択します。



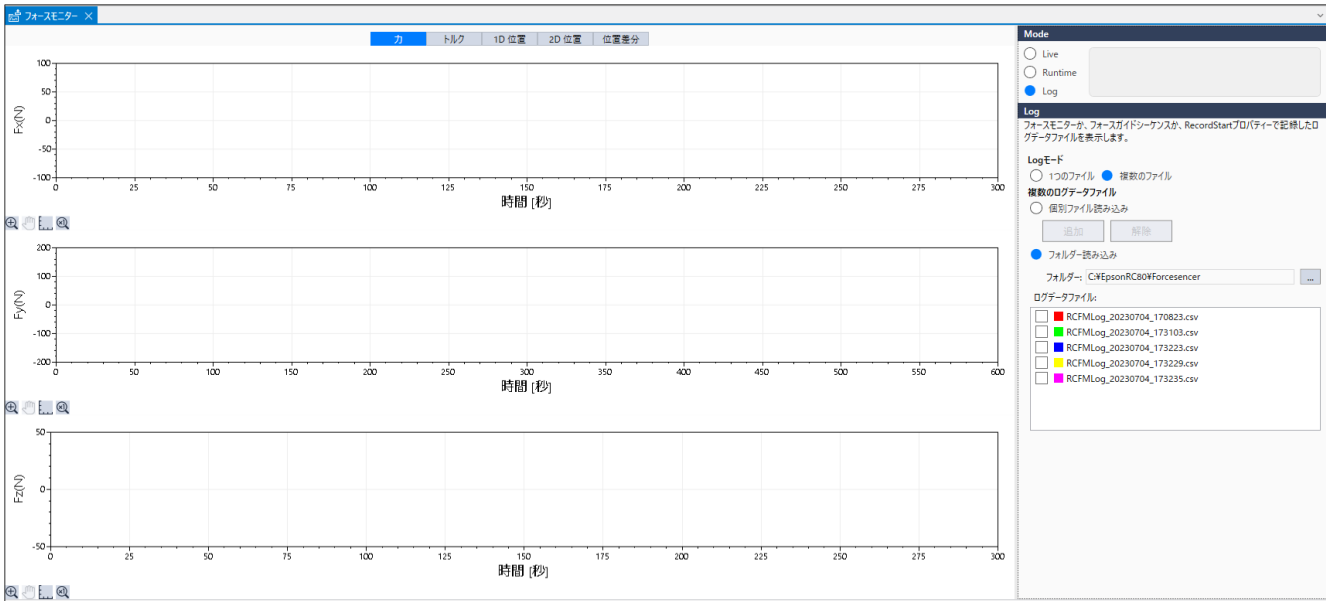

2. [フォルダー読み込み]ボタンを選択します。
3. 以下のボタンをクリックします。

   [File]-[ ... ]

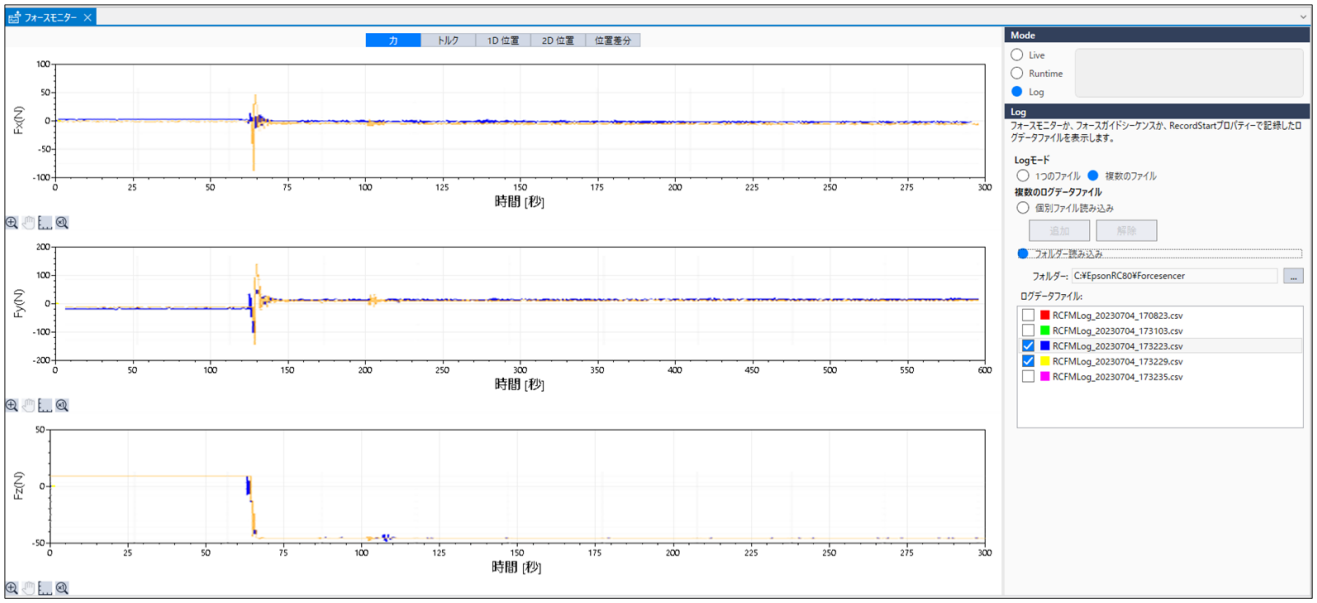
4. [フォルダーの参照]ダイアログが表示されます。
   対象となるフォルダーを選択します。



5. [OK]ボタンをクリックします。[ログデータファイル]のリストにファイルが追加されます。




チェックボックスをチェックすると、グラフにログデータが表示されます。




## 4.3.5.2.4 グラフ

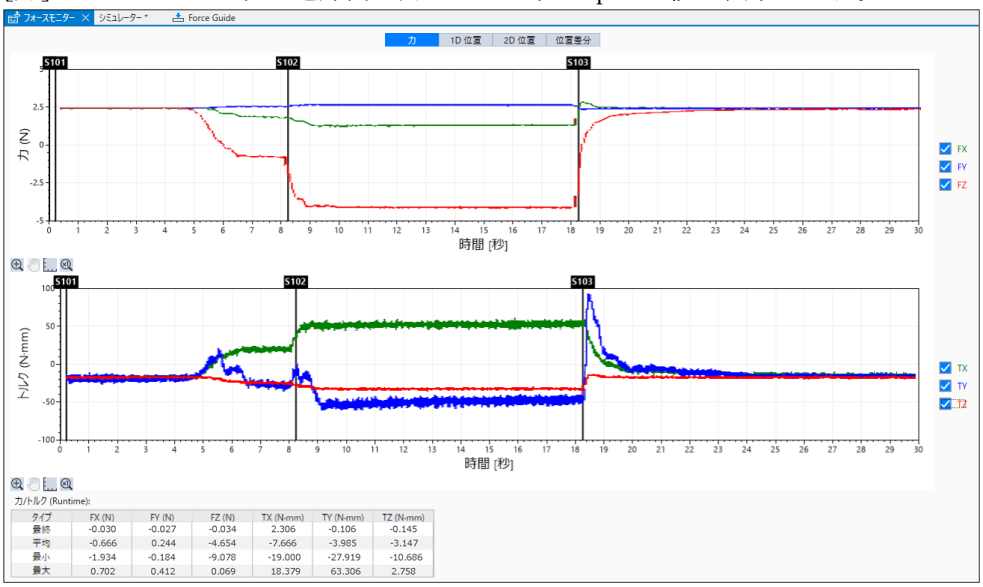
表示する項目は、グラフ横のチェックボックスで選択できます。

- チェック有: 対象の項目をグラフに表示する
- チェック無: 対象の項目をグラフに表示しない

### 4.3.5.2.4.1 1つのファイル

**[力]タブ (1つのファイル)**

[力]タブのグラフは、並進方向の力やトルク、StepIDの値を表示します。



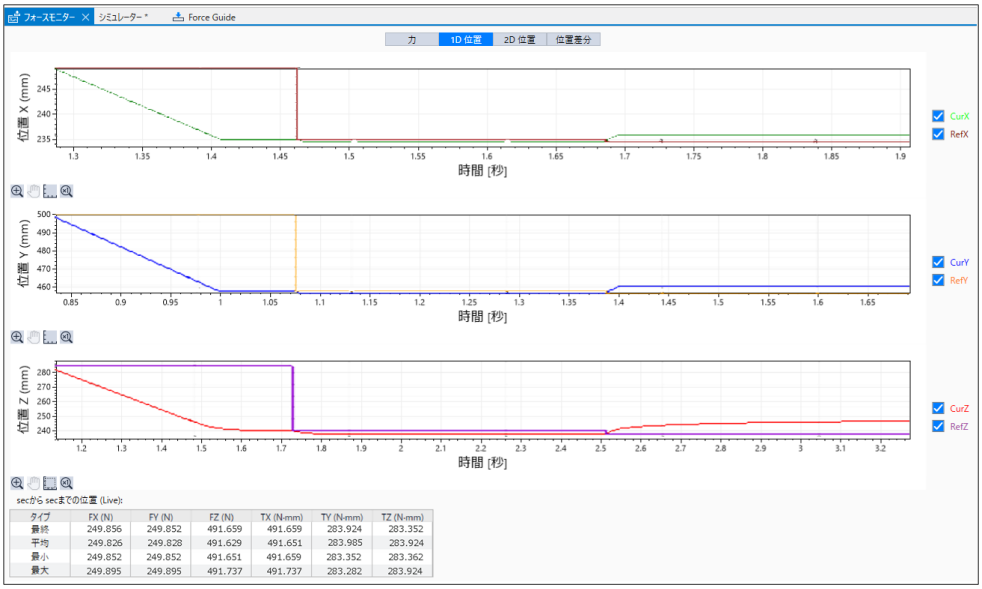

このグラフは、下記のモードの場合に[力]タブを選択すると表示されます。

- Liveモード
- Runtimeモード
- Logモード ([1つのファイル]ボタンを選択)

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| 力 グラフ | 並進方向の力 (Fx, Fy, Fz) をグラフ表示します。<br>縦軸: 力 [N]<br>横軸: 時間 [秒]<br>StepIDの変化もグラフ上に赤い線で表示します。 |
| トルク グラフ | トルク (Tx, Ty, Tz) をグラフ表示します。<br>縦軸: トルク [N･mm]<br>横軸: 時間 [秒]<br>StepIDの変化もグラフ上に赤い線で表示します。 |
| 力/トルクのデータ表示 | 並進方向の力 (Fx, Fy, Fz) とトルク (Tx, Ty, Tz) に対して、グラフ上に表示されているデータの最終, 平均, 最小, 最大の値を表示します。 |

### [1D 位置]タブ (1つのファイル)

[1D 位置]タブのグラフは、力制御を含む指令位置 (CurPos) と位置制御のみの指令位置 (RefPos) をX, Y, Zの各成分に分けてグラフに表示します。



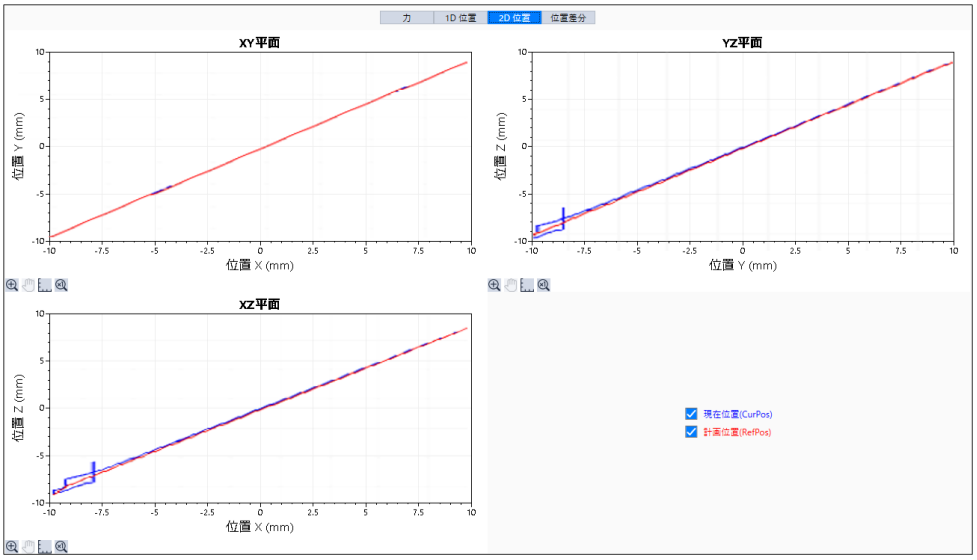

このグラフは、下記のモードの場合に[1D位置]タブを選択すると表示されます。

- Liveモード
- Runtimeモード
- Logモード ([1つのファイル]ボタンを選択)

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| 位置 X グラフ | X方向の指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: X方向の位置 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置 Y グラフ | Y方向の指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: Y方向の位置 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置 Z グラフ | Z方向の指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: Z方向の位置 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置のデータ表示 | 各指令位置のX, Y, Zの各成分に対して、グラフ上に表示されているデータの最終, 平均, 最小, 最大の値を表示します。 |

**[2D 位置]タブ (1つのファイル)**

[2D 位置]タブのグラフは、力制御を含む指令位置 (CurPos) と位置制御のみの指令位置 (RefPos) をXY, YZ, XZ平面に分けてグラフに表示します。



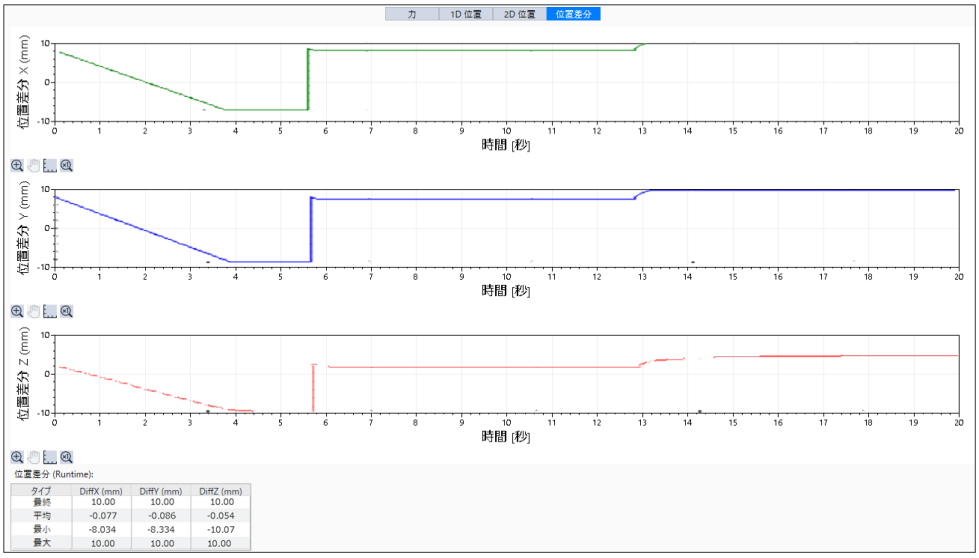

このグラフは、下記のモードの場合に[2D 位置]タブを選択すると表示されます。

- Liveモード
- Runtimeモード
- Logモード ([1つのファイル]ボタンを選択)

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| XY平面グラフ | XY平面に投影した指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: Y方向の位置 [mm]<br>横軸: X方向の位置 [mm] |
| YZ平面グラフ | YZ平面に投影した指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: Z方向の位置 [mm]<br>横軸: Y 方向の位置 [mm] |
| XZ平面グラフ | XZ平面に投影した指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: Z方向の位置 [mm]<br>横軸: X方向の位置 [mm] |
| 指令位置の表示 | 表示する指令位置は、右下のチェックボックスで表示の有無を選択できます。<br>チェック有: 対象の指令位置をグラフに表示する<br>チェック無: 対象の指令位置をグラフに表示しない<br>この設定は、全グラフに反映されます。 |

**[位置差分]タブ (1つのファイル)**

[位置差分]タブのグラフは、力制御を含む指令位置 (CurPos) と位置制御のみの指令位置 (RefPos) の差分をX, Y, Zの各成分に分けてグラフに表示します。




このグラフは、下記のモードの場合に[位置差分]タブを選択すると表示されます。

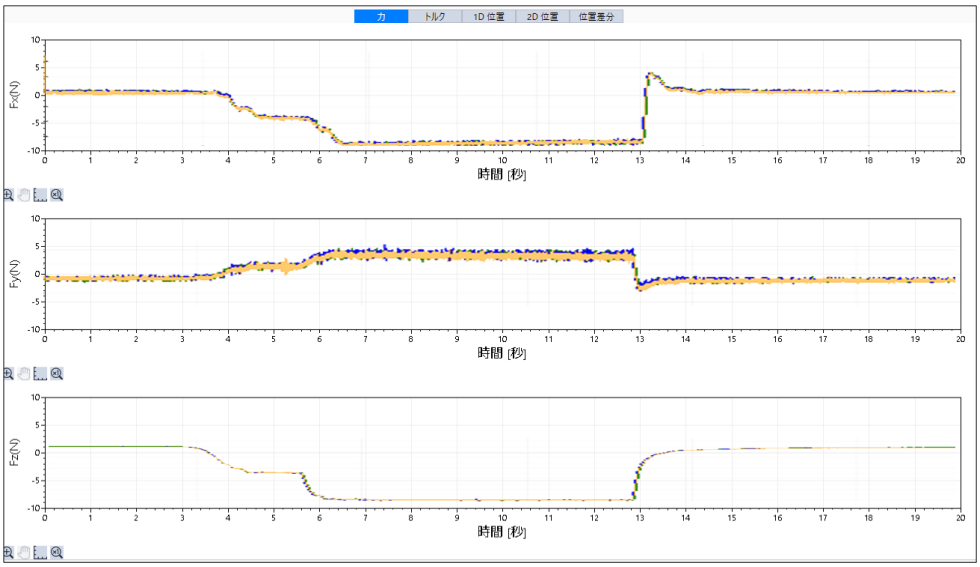
- Liveモード
- Runtimeモード
- Logモード ([1つのファイル]ボタンを選択)

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| 位置差分 Xグラフ | X方向の指令位置(CurPosとRefPos)の位置差分をグラフ表示します。<br>縦軸: X方向の位置差分 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置差分 Yグラフ | Y方向の指令位置(CurPosとRefPos)の位置差分をグラフ表示します。<br>縦軸: Y方向の位置差分 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置差分 Zグラフ | Z方向の指令位置(CurPosとRefPos)の位置差分をグラフ表示します。<br>縦軸: Z方向の位置差分 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置差分のデータ表示 | 位置差分のX, Y, Zの各成分に対して、グラフ上に表示されているデータの最終, 平均, 最小, 最大の値を表示します。 |

### 4.3.5.2.4.2 複数のファイル

**[力]タブ (複数のファイル)**

[力]タブ(複数のファイル)のグラフは、並進方向の力を軸ごとのグラフに表示します。
各グラフに指定した複数のログデータファイルのデータが重ねて表示されます。



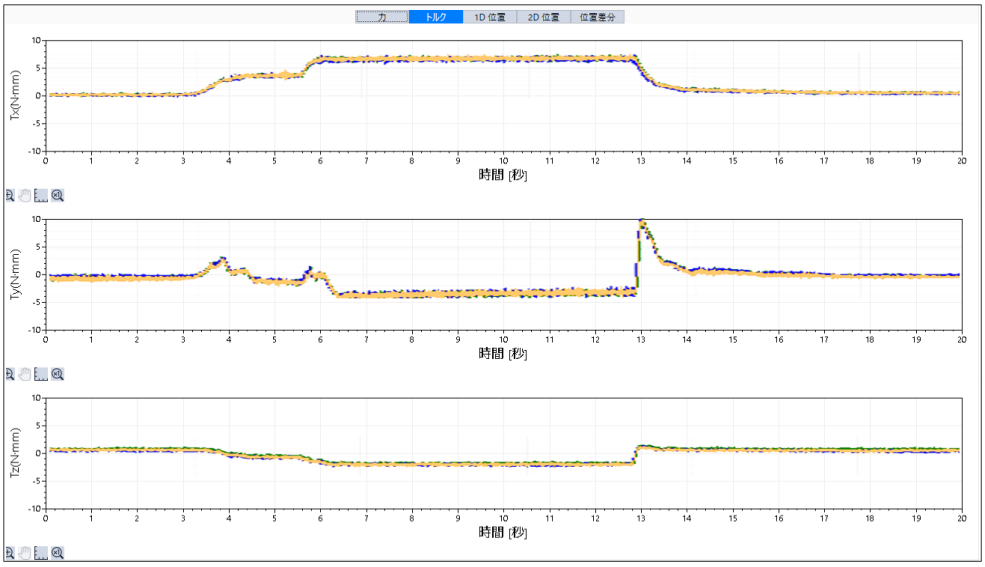

このグラフは、下記のモードの場合に[力]タブを選択すると表示されます。

- Logモード ([複数つのファイル]ボタンを選択)

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| Fxグラフ | X方向の並進方向の力を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: X方向の力 [N]<br>横軸: 時間 [秒] |
| Fyグラフ | Y方向の並進方向の力を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: Y方向の力 [N]<br>横軸: 時間 [秒] |
| Fzグラフ | Z方向の並進方向の力を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: Z方向の力 [N]<br>横軸: 時間 [秒] |

**[トルク]タブ (複数のファイル)**

[トルク]タブのグラフは、トルクを軸ごとのグラフに表示します。
各グラフに指定した複数のログデータファイルのデータが重ねて表示されます。



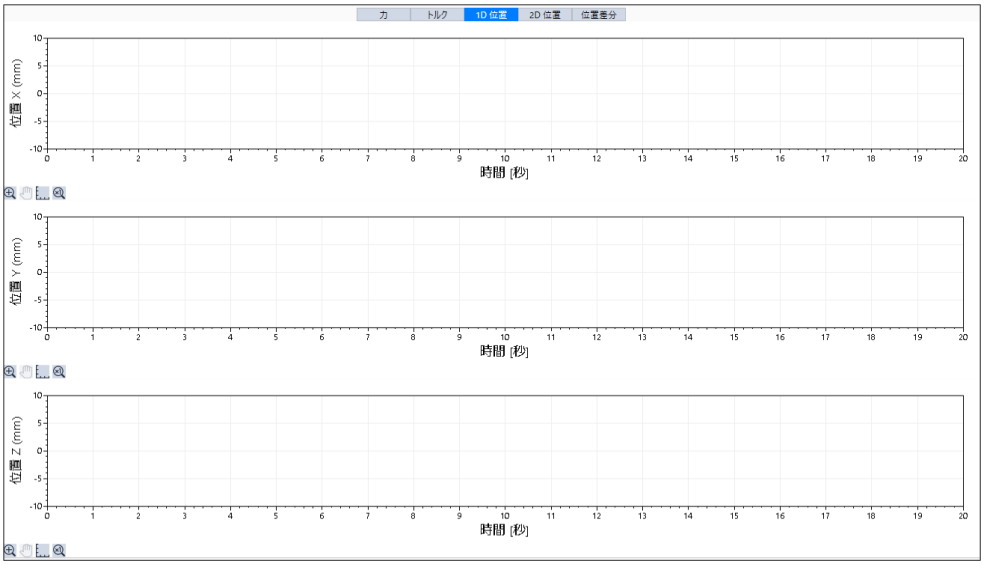

このグラフは、下記のモードの場合に[トルク]タブを選択すると表示されます。

- Logモード ([複数のファイル]ボタンを選択)

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| Txグラフ | X方向のトルクを、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: X方向のトルク [N・mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| Tyグラフ | Y方向のトルクを、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: Y方向のトルク [N・mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| Tzグラフ | Z方向のトルクを、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: Z方向の力 [N・mm]<br>横軸: 時間 [秒] |

**[1D 位置]タブ (複数のファイル)**

[1D 位置]タブのグラフは、力制御を含む指令位置 (CurPos) と位置制御のみの指令位置 (RefPos) をX, Y, Zの各成分に分けてグラフに表示します。各グラフに指定した複数のログデータファイルのデータが重ねて表示されます。



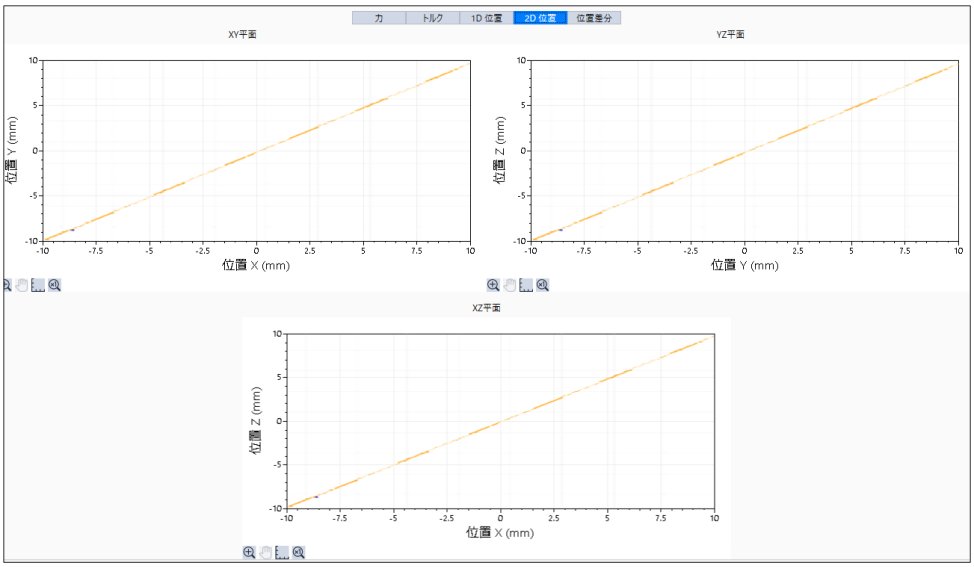

このグラフは、下記のモードの場合に[1D位置]タブを選択すると表示されます。

- Logモード ([複数のファイル]ボタンを選択)

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| 位置 X グラフ | X方向の指令位置(CurPosとRefPos)を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: X方向の位置 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置 Y グラフ | Y方向の指令位置(CurPosとRefPos)を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: Y方向の位置 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置 Z グラフ | Z方向の指令位置(CurPosとRefPos)を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: Z方向の位置 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |

**[2D 位置]タブ (複数のファイル)**

[2D 位置]タブのグラフは、力制御を含む指令位置 (CurPos) と位置制御のみの指令位置 (RefPos) をXY, YZ, XZ平面に分けてグラフに表示します。
各グラフに指定した複数のログデータファイルのデータが重ねて表示されます。



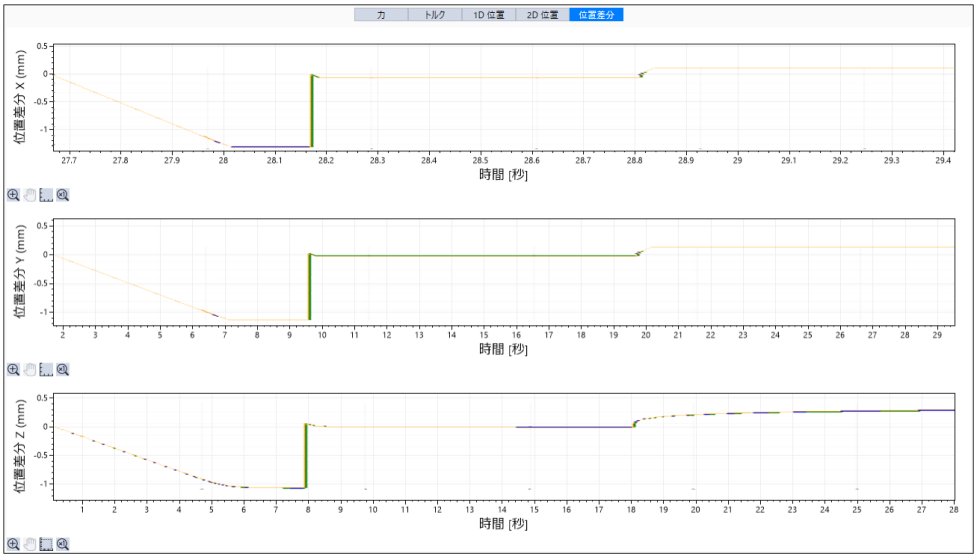

このグラフは、下記のモードの場合に[2D 位置]タブを選択すると表示されます。

- Logモード ([複数のファイル]ボタンを選択)

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| XY平面グラフ | XY平面に投影した指令位置(CurPosとRefPos)を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: Y方向の位置 [mm]<br>横軸: X方向の位置 [mm] |
| YZ平面グラフ | YZ平面に投影した指令位置(CurPosとRefPos)を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: Z方向の位置 [mm]<br>横軸: Y 方向の位置 [mm] |
| XZ平面グラフ | XZ平面に投影した指令位置(CurPosとRefPos)を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: Z方向の位置 [mm]<br>横軸: X方向の位置 [mm] |

**[位置差分]タブ (複数のファイル)**

[位置差分]タブ (複数のファイル)のグラフは、力制御を含む指令位置 (CurPos) と位置制御のみの指令位置 (RefPos) の差分をX, Y, Zの各成分に分けてグラフに表示します。
各グラフに指定した複数のログデータファイルのデータが重ねて表示されます。




このグラフは、複数のファイルを選択した[Log]モードの上で[位置差分]タブを選択すると表示されます。

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| 位置差分 Xグラフ | X方向の指令位置(CurPosとRefPos)の位置差分を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: X方向の位置差分 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置差分 Yグラフ | Y方向の指令位置(CurPosとRefPos)の位置差分を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: Y方向の位置差分 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置差分 Zグラフ | Z方向の指令位置(CurPosとRefPos)の位置差分を、グラフに最大50ファイルまで重ねて表示します。<br>縦軸: Z方向の位置差分 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |

### 4.3.5.2.4.3 共通機能

各グラフ共通で、下記の機能があります。

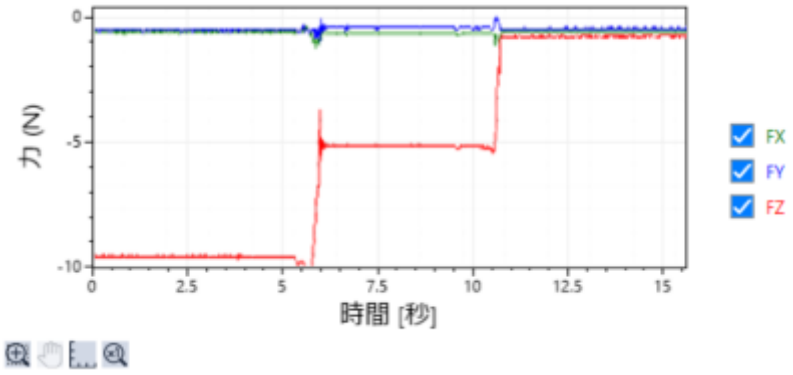
- グラフの拡大
- 拡大エリアの移動
- グラフスケール変更
- グラフの初期表示

これらの機能は、グラフの更新が停止しているとき、使用できます。

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| グラフの拡大 | ボタン( )をクリックして、グラフ上へマウスカーソルを移動します。<br>グラフ上へ移動すると十字カーソルに変わります。<br>始点位置でマウスの左クリックを押したまま、終点位置まで移動して左クリックを放すと、始点位置から終点位置までを囲んだエリアが拡大表示されます。<br>もう一度左下のボタン( )をクリックすると、グラフの拡大状態が元に戻ります。<br>ボタン操作の代わりに、グラフ上でマウスホイールを回転させることで、グラフが拡大表示されます。<br>また、グラフ上でマウスホイールをクリックしたまま上下左右に移動すると、軸ごとにグラフを拡大表示できます。 |
| 拡大エリアの移動 | ボタン( )をクリックして、グラフ上へマウスカーソルを移動します。<br>グラフ上へ移動すると十字の矢印カーソルに変わります。<br>拡大したエリアを左クリックしたまま上下左右に移動すると、マウスの動きに合わせて拡大したエリアも移動します。<br>ボタン操作の代わりに、グラフ上でマウスの右クリックを押したまま上下左右に移動すると、マウスの動きに合わせて拡大エリアを移動させることができます。 |
| グラフスケール変更 | ボタン( )をクリックすると、[グラフの軸スケール設定]ダイアログが表示され、各軸のスケールが選択できます。<br>“Auto”を指定すると、値に合わせて自動でスケールを変更します。 |
| グラフの初期表示 | グラフの拡大ボタン( )が押されていない状態で、ボタン( )をクリックすると、マウスの右クリック操作で移動、もしくはマウスホイール操作で拡大したグラフの表示状態が元に戻ります。<br>ボタン操作の代わりに、グラフ上でマウスの右クリックをダブルクリックすると、同様に拡大したグラフの表示状態が元に戻ります。 |

**グラフを拡大する**

以下のグラフに対して、-6.00N~-4.00Nの範囲と、5~6secの範囲を拡大表示する手順を説明します。

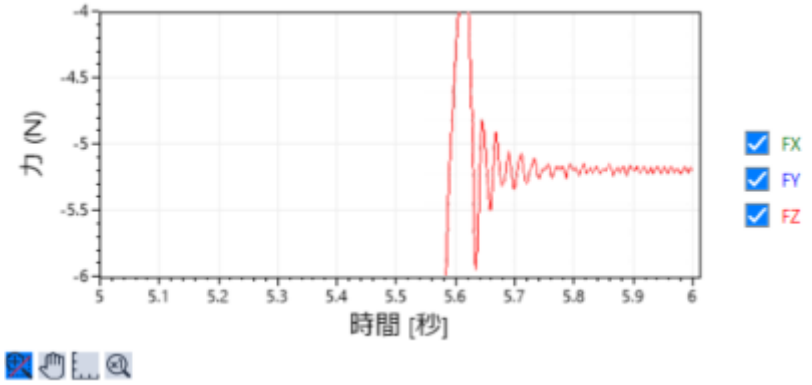



**方法1: グラフの拡大ボタン( )を使用する**

ボタン( )をクリックします。ボタンをクリックすると、ボタンの表示が変わります。(選択状態を示します。)

1. マウスカーソルをグラフ上へ移動します。
2. 拡大したいエリアの始点位置(5sec, -4.00N)から終点位置(6sec, -6.00N)までを左クリックしたまま移動し、エリアを選択します。

3. 左クリックを放します。手順(3)で選択した範囲に表示が切り替わります。




**方法2: マウスホイールを使用する**

1. グラフ上でマウスホイールを回転させます。
2. カーソルの位置を中心に、マウスホイールの回転に合わせてグラフが拡大します。
   またグラフ上でマウスホイールをクリックしたまま上下左右に移動すると、マウスの動きに合わせて軸ごとにグラフを拡大することができます。

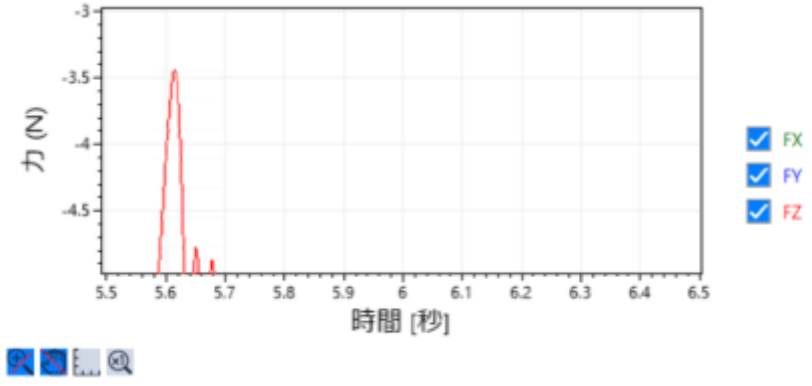
**拡大エリアを移動する**

「グラフを拡大する」の例で拡大したグラフに対して、表示範囲を移動する手順を説明します。

**方法1: グラフの拡大エリアの移動ボタン( )を使用する**

1. ボタン( )をクリックします。
   ボタンをクリックすると、ボタンの表示が変わります。(選択状態を示します。)

2. マウスカーソルをグラフ上へ移動します。
3. 左クリックしたまま、任意の位置へマウスを移動します。
4. 左クリックを放します。手順(3)で移動した位置に表示が切り替わります。

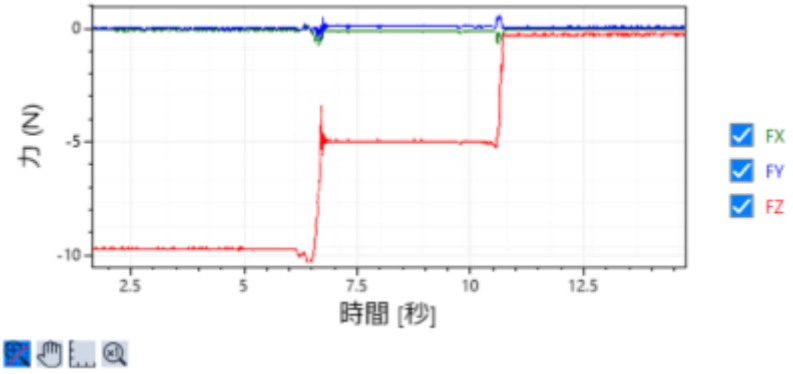



**方法2: マウスの右クリックを使用する**

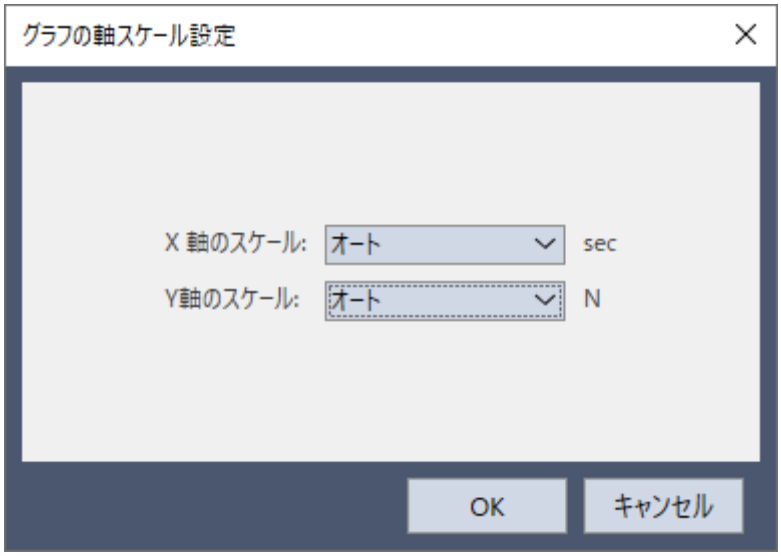
1. マウスカーソルをグラフ上へ移動します。
2. マウスを右クリックしたまま、任意の位置へマウスを移動すると、マウスの動きに合わせて拡大エリアを移動させることができます。

**グラフスケール変更の例**

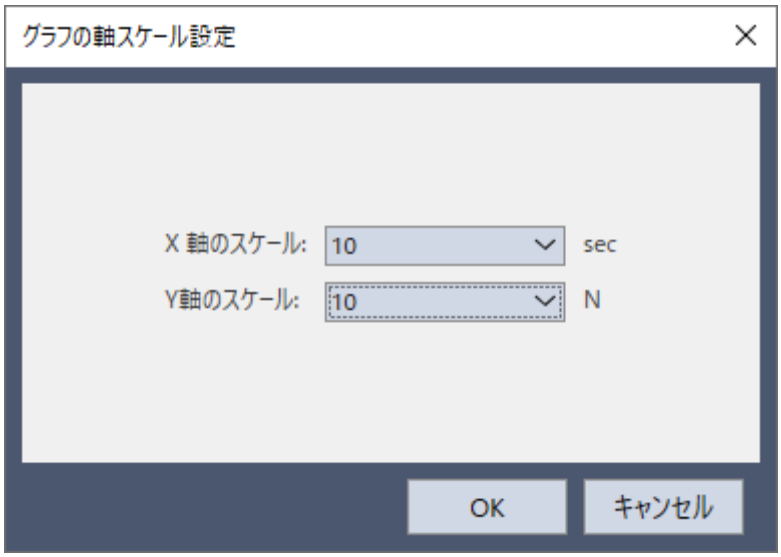
以下のグラフに対して、力スケールを10N、時間スケールを10secに変更する手順を説明します。



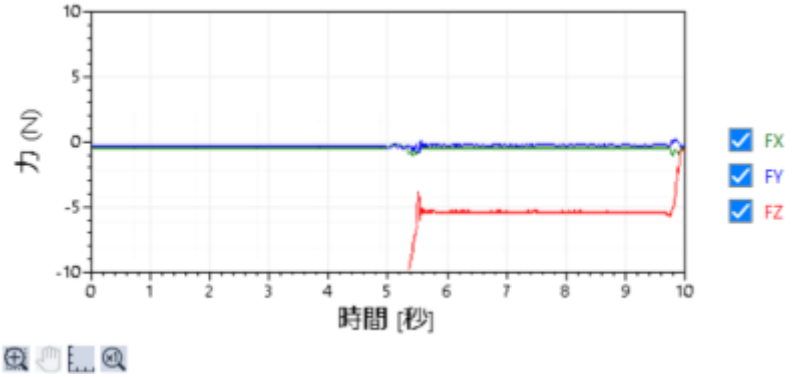

1. ボタン( )をクリックします。[グラフの軸スケール設定]ダイアログが表示されます。




2. [Y軸のスケール] (力スケール)を “10”、[X軸のスケール] (時間スケール)を “10”に変更します。



3. [OK]ボタンをクリックします。指定したスケールに表示が変わります。




**拡大したグラフの表示状態を元に戻す**

グラフの拡大、または拡大エリアの移動を行ったあとに、グラフの表示を元に戻す方法を説明します。

1. ボタン( )が選択状態の場合は、ボタン( )をクリックし非選択状態にすることで、グラフの表示が初期状態に戻ります。

2. ボタン( )が非選択状態の場合は、ボタン( )を押すことでグラフの表示が初期状態に戻ります。
3. グラフ上でマウスの右クリックをダブルクリックすると、グラフの表示が初期状態に戻ります。

## 4.3.5.3 [メンテナンス] (ツールメニュー)

コントローラー状態保存表示を行うときに、力覚センサーに関連する値が参照できます。

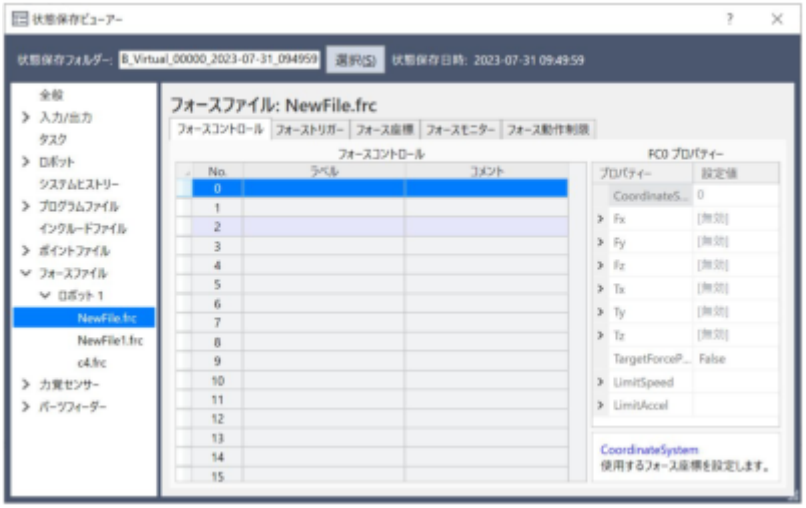
1. [コントローラー状態保存表示]ボタンをクリックします。
   [フォルダーの参照]ダイアログが表示されます。

2. 情報を保存したフォルダーを選択します。(“B_”の後に “コントローラー種別名とシリアル番号と日/時間”が続くフォルダー)

3. [OK]ボタンをクリックし、コントローラーの状態を表示します。

4. [状態保存ビューアー]ウィンドウのツリーの[ロボット]-[ロボット*]を選択します。選択したロボット(ロボットオブジェクト)のGravityDirection, Mass Properties(マスプロパティーオブジェクト)の各プロパティーの値が表示されます。

5. [フォースファイル]-[ロボット*]-[****.frc]を選択します。
   選択したフォースオブジェクトとプロパティーの各値が表示されます。




詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [ロボットマネージャー] (ツールメニュー)
- [ツール]-[ロボットマネージャー]-[フォースデータ]パネル

6. [力覚センサー]-[センサー*]を選択します。選択した力覚センサーの各値、フランジオフセットが表示されます。

詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 力覚センサー設定

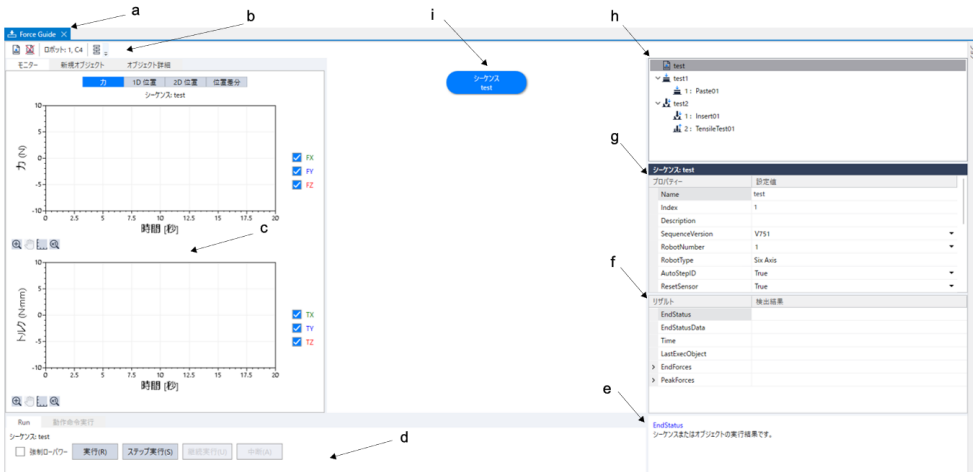
## 4.3.5.4 [フォースガイダンス] (ツールメニュー)

SPEL+言語によるプログラミングを用いずに、力制御機能やフォーストリガー機能、フォースモニター機能を用いた作業を作成できます。

**[Force Guide]ウィンドウの表示**
[Force Guide]ウィンドウは、次の2つの方法で表示できます。

1. Epson RC+ 8.0 - メニュー-[ツール]-[Force Guide]を選択する。

2. ツールバー[Force Guide] ボタンをクリックする。




| 記号 | 項目 |
|---|---|
| a | Force Guide タイトルバー |
| b | Force Guide ツールバー |
| c | メインウィンドウ |
| d | 実行パネル |
| e | 説明ウィンドウ |
| f | リザルトウィンドウ |
| g | プロパティーウィンドウ |
| h | シーケンスツリー |
| i | フローチャート |

### Force Guide タイトルバー

タイトルバーには、ウィンドウのタイトル、現在選択しているフォースガイドシーケンス名が表示されています。
フォースガイドシーケンス名は、[角カッコ]で表示されています。
フォースガイドシーケンスを更新すると、[角カッコ]横に“*”が表示されます。保存すると“*”は消えます。

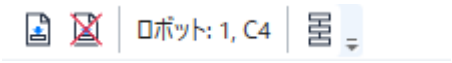
Epson RC+ 8.0のメインタイトルバーと、Force Guideタイトルバーは異なります。注意してください。

#### 基本的な違い

- Epson RC+ 8.0タイトルバー：
  作業中のプロジェクトの名前が表示されています。
- Force Guideタイトルバー：
  現在選択されているフォースガイドシーケンスの名前が表示されています。

### Force Guide ツールバー

Force Guide ツールバーは、Force Guide ウィンドウの上方、タイトルバーの真下にあります。



| 項目 | ツールチップ | 説明 |
|---|---|---|
| | 新規シーケンス | フォースガイドシーケンスを作成します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードが表示されます。<br>シーケンスウィザードにしたがって、基本情報の設定, 作業の選択, テンプレートの選択を行い、フォースガイドシーケンスを作成します。<br>参照 : フォースガイドシーケンスの新規作成 (後述) |
| | シーケンス削除 | フォースガイドシーケンスを削除します。<br>クリックすると、[フォースガイドシーケンスの削除]ダイアログが表示されます。<br>ダイアログ上で、削除するフォースガイドシーケンスを選択してフォースガイドシーケンスを削除します。<br>参照 : フォースガイドシーケンスの削除 (後述) |
| Robot | - | 現在対象となっているロボット番号とロボット名称を表示します。 |
| | フローチャートのON/OFF | フォースガイドシーケンスのフローチャート表示のON/OFFを切り替えます。 |

**メインウィンドウ**

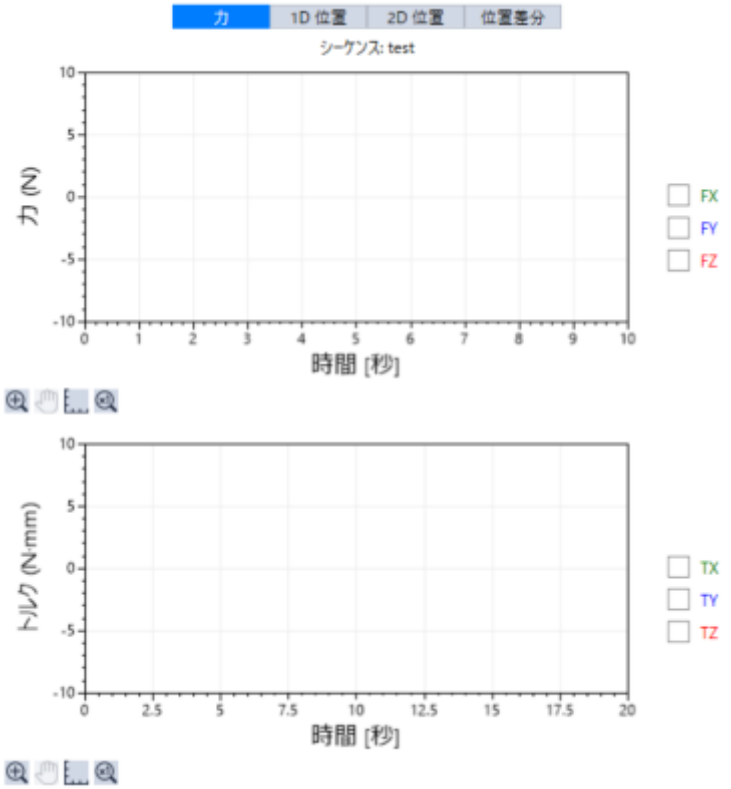
メインウィンドウは、下記のタブで、表示内容を切り替えることができます。

モニタータブ : フォースガイドシーケンス実行時のデータを表示します。
新規オブジェクトタブ : フォースガイドシーケンスに追加するフォースガイドオブジェクトを選択できます。
オブジェクト詳細タブ : 現在選択しているフォースガイドシーケンスやフォースガイドオブジェクトの設定や確認ができます。

各機能について、簡単に説明します。

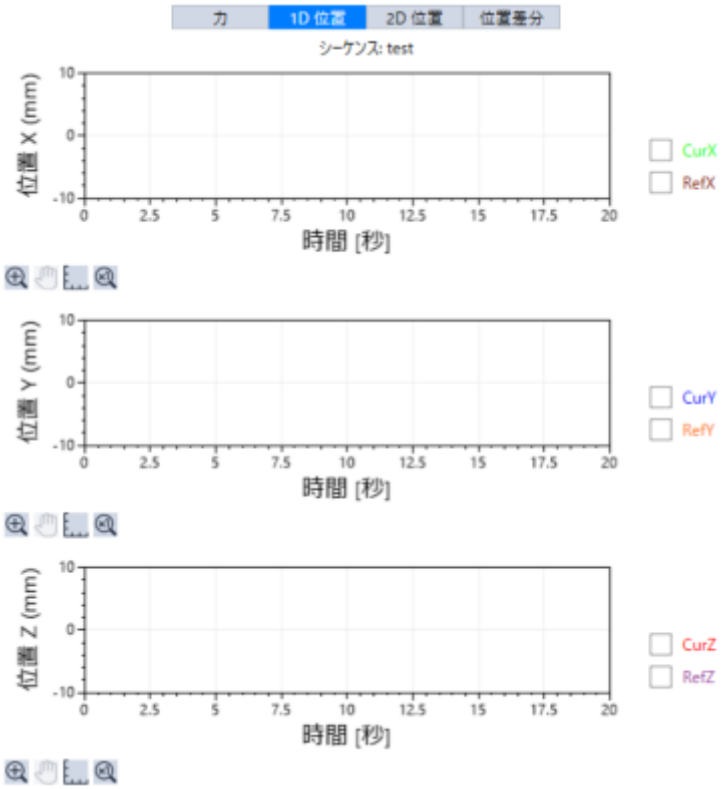
- [モニター]タブ
  モニタータブには、[力], [1D 位置], [2D 位置], [位置差分]タブがあります。

  
  - [力]タブ
    並進方向の力やトルクがグラフに表示されます。
    表示する項目は、グラフ横のチェックボックスで選択できます。
    - チェック有: 対象の項目をグラフに表示する
    - チェック無: 対象の項目をグラフに表示しない



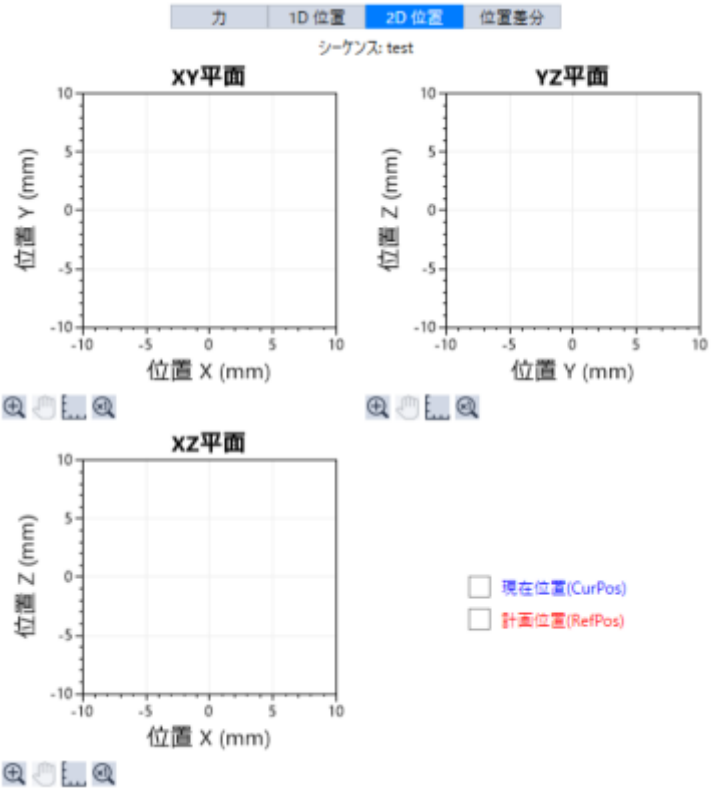

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| 力グラフ | 並進方向の力 (Fx, Fy, Fz) をグラフ表示します。<br>縦軸: 力 [N]<br>横軸: 時間 [秒] |
| トルクグラフ | トルク (Tx, Ty, Tz) をグラフ表示します。<br>縦軸: トルク [N・mm]<br>横軸: 時間 [秒] |

- [1D 位置]タブ
  力制御を含む指令位置 (CurPos) と位置制御のみの指令位置 (RefPos) をX, Y, Zの各成分に分けてグラフに表示します。
  表示する項目は、グラフ横のチェックボックスで選択できます。
  - チェック有: 対象の項目をグラフに表示する
  - チェック無: 対象の項目をグラフに表示しない



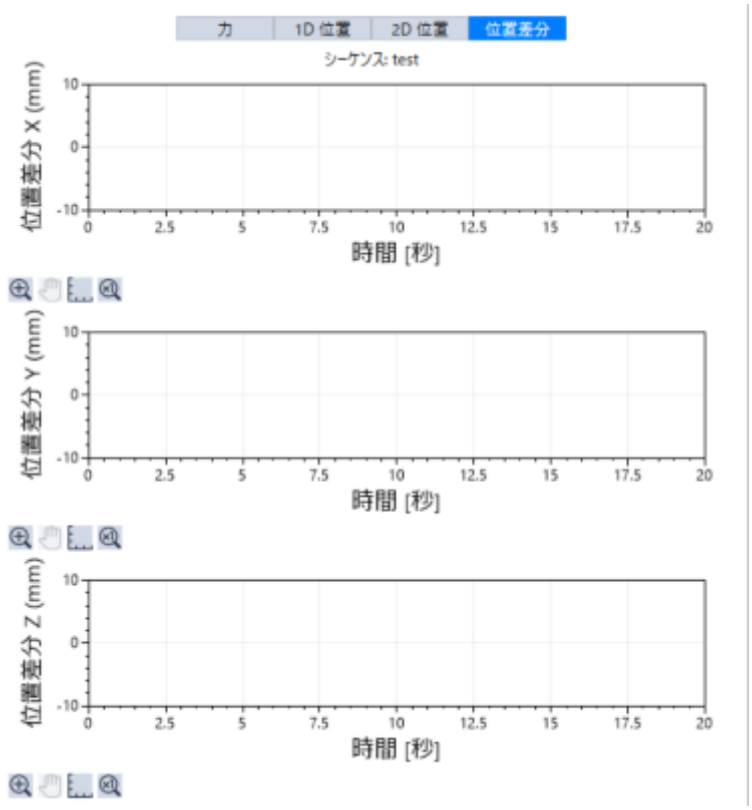

| 項目 | 解説 |
|---|---|
| 位置 Xグラフ | X方向の指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: X方向の位置 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置 Yグラフ | Y方向の指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: Y方向の位置 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置 Zグラフ | Z方向の指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: Z方向の位置 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |

- [2D 位置]タブ
  力制御を含む指令位置 (CurPos) と位置制御のみの指令位置 (RefPos) をXY, YZ, XZ平面に分けてグラフに表示します。




| 項目 | 解説 |
|---|---|
| XY平面グラフ | XY平面に投影した指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: Y方向の位置 [mm]<br>横軸: X方向の位置 [mm] |
| YZ平面グラフ | YZ平面に投影した指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: Z方向の位置 [mm]<br>横軸: Y 方向の位置 [mm] |
| XZ平面グラフ | XZ平面に投影した指令位置(CurPosとRefPos)をグラフ表示します。<br>縦軸: Z方向の位置 [mm]<br>横軸: X方向の位置 [mm] |
| 指令位置の表示 | 表示する指令位置は、右下のチェックボックスで表示の有無を選択できます。<br>チェック有: 対象の指令位置をグラフに表示する<br>チェック無: 対象の指令位置をグラフに表示しない<br>この設定は全グラフに反映されます。 |

- [位置差分]タブ
  力制御を含む指令位置 (CurPos) と位置制御のみの指令位置 (RefPos) の差分をX, Y, Zの各成分に分けてグラフに表示します。




| 項目 | 解説 |
|---|---|
| 位置差分 Xグラフ | X方向の指令位置(CurPosとRefPos)の位置差分をグラフ表示します。<br>縦軸: X方向の位置差分 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置差分 Yグラフ | Y方向の指令位置(CurPosとRefPos)の位置差分をグラフ表示します。<br>縦軸: Y方向の位置差分 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |
| 位置差分 Zグラフ | Z方向の指令位置(CurPosとRefPos)の位置差分をグラフ表示します。<br>縦軸: Z方向の位置差分 [mm]<br>横軸: 時間 [秒] |

- 共通機能
  各グラフ共通で、下記の機能があります。
  - グラフの拡大
  - 拡大エリアの移動
  - グラフスケール変更

  これらの機能は、グラフの更新が停止しているとき、使用できます。

| ボタン | ツールチップ | 説明 |
|---|---|---|
| | ズーム | 拡大したいエリアを選択してグラフの拡大を行います。<br>ボタンをクリックした後、グラフ上へマウスカーソルを移動します。<br>グラフ上へ移動すると十字カーソルに変わります。<br>始点位置でマウスの左クリックを押したまま、終点位置まで移動して左クリックを放すと、始点位置から終点位置までを囲んだエリアが拡大表示されます。<br>もう一度クリックすると、グラフの拡大状態が元に戻ります。<br>ボタン操作の代わりに、グラフ上でマウスホイールを回転させることで、グラフが拡大表示されます。<br>また、グラフ上でマウスホイールをクリックしたまま上下左右に移動すると、軸ごとにグラフを拡大表示できます。 |
| | パンモード | 拡大したエリアの移動を行います。<br>ボタンをクリックした後、グラフ上へマウスカーソルを移動します。<br>グラフ上へ移動すると十字の矢印カーソルに変わります。<br>拡大したエリアを左クリックしたまま上下左右に移動すると、マウスの動きに合わせて拡大したエリアも移動します。<br>ボタン操作の代わりに、グラフ上でマウスの右クリックを押したまま上下左右に移動すると、マウスの動きに合わせて拡大エリアを移動させることができます。 |
| | 軸のスケール設定 | グラフスケールの変更を行います。<br>ボタンをクリックすると、[グラフの軸スケール設定]ダイアログが表示され、各軸のスケールが選択できます。<br>“Auto”を指定すると、値に合わせて自動でスケールを変更します。<br>“Auto”以外を選択すると指定した値のスケールに変更します。 |
| | zoomを戻す | グラフの拡大解除を行います。<br>グラフ拡大ボタン( )が押されていない状態で、ボタン( )をクリックすると、マウスの右クリック操作で移動、もしくはマウスホイール操作で拡大したグラフの表示状態が元に戻ります。<br>ボタン操作の代わりに、グラフ上でマウスの右クリックをダブルクリックすると、同様に拡大したグラフの表示状態が元に戻ります。 |

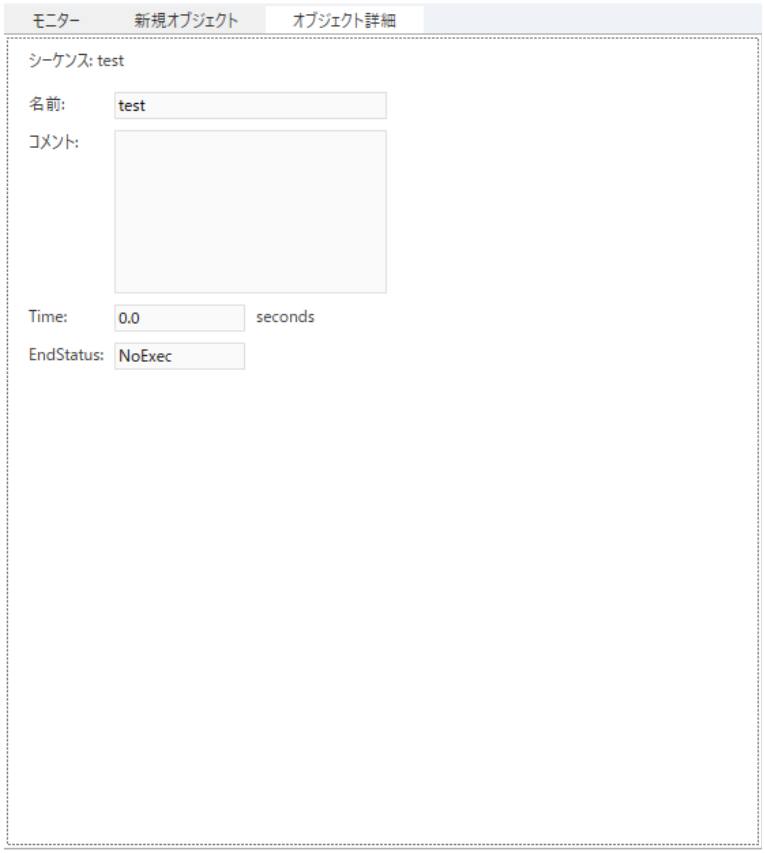
- [新規オブジェクト]タブ
  新規オブジェクトタブでは、新しいフォースガイドオブジェクトをフォースガイドシーケンスに追加できます。

フォースガイドオブジェクトを選択して、フローチャート上へ移動させると、フォースガイドシーケンスにフォースガイドオブジェクトを追加できます。

| 項目 | 説明 | |
|---|---|---|
| カテゴリー | オブジェクトを機能ごとに分類した項目です。次の項目が選択できます。<br>接触, 倣い, 探り, 押付け, 合わせ, 実行, 全ツール | |
| オブジェクト | [カテゴリー]で選択した項目のフォースガイドオブジェクト一覧を表示します。 | |
| | **[カテゴリー]** | **[オブジェクト]** |
| | 接触 | 接触 |
| | 倣い | 脱力, 倣い移動 |
| | 探り | 押付け探り, 接触探り |
| | 押付け | 押付け, 押付け移動 |
| | 合わせ | 面合わせ |
| | 実行 | 条件分岐, SPEL関数 |
| | 全ツール | 全てのフォースガイドオブジェクト |
| | 表示されているフォースガイドオブジェクトから、追加したいフォースガイドオブジェクトを選択し、(クリックしたまま)、フローチャート上に移動させると(クリックを離す)、フォースガイドシーケンスにフォースガイドオブジェクトを追加することができます。<br>フォースガイドオブジェクト一覧からフォースガイドオブジェクトを選択すると、[カテゴリー]と[オブジェクト]の下に、フォースガイドオブジェクトのイメージと説明が表示されます。 | |

- [オブジェクト詳細]タブ
  現在選択しているフォースガイドシーケンスやフォースガイドオブジェクトの名前, コメントの設定, 実行にか

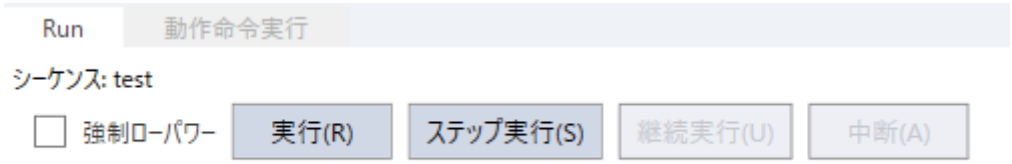
かった時間, 実行結果が確認できます。

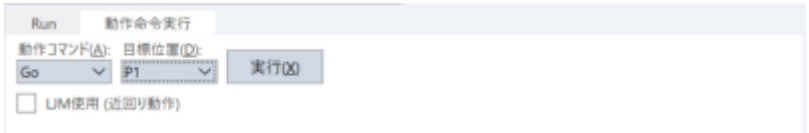



選択しているフォースガイドシーケンス、またはフォースガイドオブジェクトについて設定、または確認します。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| 名前 | 名前を設定します。<br>半角英数字で最大16文字まで入力できます。 |
| コメント | コメントを設定します。<br>半角で、最大255文字まで入力できます。 |
| Time | 実行にかかった時間を表示します。 |
| EndStatus | 実行結果を表示します。 |
| MeasuredHeight | 高さ測定結果を表示します。(高さ検査シーケンスのみの項目) |

- 実行パネル
  実行パネルでは、フォースガイドシーケンスを実行することと、デバッグをすることができます。また、指定の目標位置にロボットを動かすことができます。
  実行パネルには、[Run] タブと、[動作命令実行]タブがあります。



- [Run]タブ
  対象のフォースガイドシーケンスに対して操作を行います。
  参照: フォースガイドシーケンスの実行(後述)

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| [実行]ボタン | 選択しているフォースガイドシーケンスを実行します。 |
| [ステップ実行]ボタン | 選択しているフォースガイドシーケンスのフォースガイドオブジェクトを上から順に実行します。 |
| [継続実行]ボタン | 一時停止しているフォースガイドシーケンスを再開します。 |
| [中断]ボタン | 実行しているフォースガイドシーケンスを停止します。 |
| [強制ローパワー]チェックボックス | チェックボックスをチェックすると、ロボットモーターパワーをローパワーモードにして動作します。<br>デフォルトでは、チェックされていません。 |

- [動作命令実行]タブ
  動作命令を指定し、指定の目標位置にロボットを動かします。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| [実行]ボタン | 指定した目標位置に向かって、指定した動作コマンドでロボットを移動させます。 |
| [LJM使用]チェックボックス | チェックボックスをチェックすると、動作命令実行時に自動的に関節移動量が少なくなる姿勢に変更して動作します。<br>デフォルトでは、チェックされていません。 |

**フローチャート**
フローチャートは、現在選択しているフォースガイドシーケンスのフォースガイドオブジェクトの流れを表しています。

- フローチャートの順番
  - 先頭 : 現在選択されているフォースガイドシーケンスです。
  - 2番目以降 : 選択されているフォースガイドシーケンスに含まれるフォースガイドオブジェクトです。
    フォースガイドオブジェクトの順番は、実行される順番です。

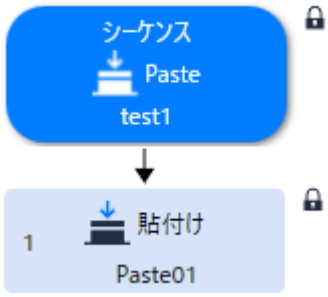
- フローの枠の色
  - 青色 : 通常の表示です。
  - ピンク色 : フォースガイドシーケンス、またはフォースガイドオブジェクトをクリックし選択した場合です。

- フローチャートのロックマーク
  フローチャート上の専用フォースガイドシーケンスと、専用フォースガイドオブジェクトにはロックマークが表示され、専用フォースガイドオブジェクトの削除, 移動はできません。

  専用フォースガイドオブジェクトは、専用フォースガイドシーケンスのみで使えるオブジェクトで、新規オブジェクトから追加することはできません。

  また、専用フォースガイドシーケンスと、専用フォースガイドオブジェクトでは、フローチャートを右クリックして呼び出せる操作が、汎用フォースガイドシーケンスと、汎用フォースガイドオブジェクトとは異なります。

参照 : フォースガイドシーケンスフローで右クリックした場合の操作
参照: オブジェクトフローで右クリックした場合の操作




専用フォースガイドシーケンスについての詳細は、以下を参照してください。
ソフトウェア編 フォースガイダンス機能

フローチャートでは、フローを右クリックすると、様々な操作を呼び出すことができます。
フォースガイドシーケンスフローで右クリックした場合の操作
(対象: 汎用フォースガイドシーケンス, 専用フォースガイドシーケンス 共通)

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| 新規シーケンス | フォースガイドシーケンスを作成します。<br>シーケンスウィザードにしたがい、基本情報の設定、作業の選択、テンプレートの選択を行い、フォースガイドシーケンスを作成します。<br>参照: フォースガイドシーケンスの新規作成 |
| シーケンス削除 | フォースガイドシーケンスを削除します。<br>フォースガイドシーケンスの削除ダイアログで、<br>削除するフォースガイドシーケンスを選択し、フォースガイドシーケンスを削除します。<br>参照: フォースガイドシーケンスの削除 |
| シーケンス実行 | 選択しているフォースガイドを実行します。<br>参照: フォースガイドシーケンスの実行 |
| 貼付け | コピー、または切り取りをしたフォースガイドオブジェクトの貼付けを行います。 |
| SPEL作成 | 作成したフォースガイドシーケンスをSPEL+のプログラムファイルに変換します。<br>選択すると、SPEL作成ダイアログが表示されます。<br>ダイアログ上で、必要な情報を入力し、SPEL+のプログラムファイルを作成します。<br>参照: フォースガイドシーケンスのSPEL作成 |

フォースガイドシーケンスフローで右クリックした場合の操作
(対象: 専用フォースガイドシーケンスのみ)

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| シーケンスウィザード | 専用フォースガイドシーケンスの設定ウィザードを開きます。<br>参照: フォースガイドシーケンスの新規作成 |

オブジェクトフローで右クリックした場合の操作
(対象: 汎用フォースガイドシーケンス, 専用フォースガイドシーケンス 共通)

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| ブレークポイントの設定/解除 | ブレークポイントの設定、または解除を行います。 |
| | ブレークポイントの未設定時に選択:<br>ブレークポイントを設定できます。設定をすると、オブジェクトフローの右上にアイコンが表示されます。 |
| | ブレークポイントの設定時に選択:<br>ブレークポイントを解除します。解除をすると、オブジェクトフローの右上のアイコンが消去されます。 |
| | ブレークポイントの設定時に、フォースガイドシーケンスを実行すると、ブレークポイントの設定されているオブジェクトフローで停止します。 |
| 貼付け | コピー、または切り取りをしたフォースガイドオブジェクトの貼付けを行います。 |

オブジェクトフローで右クリックした場合の操作
(対象: 汎用フォースガイドシーケンスのみ)

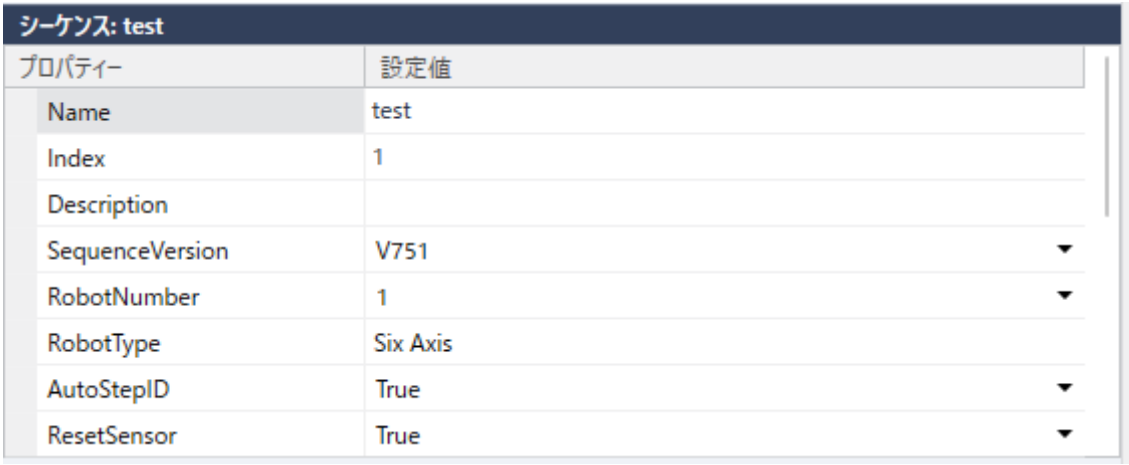
| 項目 | 説明 |
|---|---|
| コピー | 選択したフォースガイドオブジェクトのコピーを行います。 |
| 切り取り | 選択したフォースガイドオブジェクトの切り取りを行います。 |
| 削除 | 選択したフォースガイドオブジェクトの削除を行います。<br>選択すると、確認メッセージが表示されます。<br>[はい]ボタン：フォースガイドオブジェクトが削除されます。<br>[いいえ]ボタン：フォースガイドオブジェクトは削除されません。 |

シーケンスの実行状況や実行結果などは、フローチャート上のシーケンスフローやオブジェクトフローで確認できます。

| 項目 | 状態 | 説明 |
|---|---|---|
| 枠線の色 | 青色 | 通常状態を示します。 |
| | 紫色 | 選択状態をします。 |
| | 黒色 | 一時停止状態を示します。 |
| | 緑色 | 実行中を示します。 |
| 枠内の色 | 白色 | 通常状態を示します。 |
| | 黄色 | 一時停止状態を示します。 |
| | 水色 | 実行中を示します。 |
| 枠内の左上アイコン | イメージ ✓ | フォースガイドシーケンス、またはフォースガイドオブジェクトの実行に成功したことを示します。 |
| | イメージ × | フォースガイドシーケンス、またはフォースガイドオブジェクトの実行に失敗したことを示します。 |

**シーケンスツリー**
ツリーには全てのシーケンスが表示されています。
シーケンスツリーでのシーケンスノードやオブジェクトノードは、フローチャートのフローと同じ操作ができます。

**プロパティーウィンドウ**
プロパティーウィンドウでは、フォースガイドシーケンス、またはフォースガイドオブジェクトの各プロパティーの設定値が変更できます。
プロパティーウィンドウは、次の方法で、表示できます。フローチャートからシーケンスフロー、またはオブジェクトフローを選択するシーケンスツリーからシーケンスノード、またはオブジェクトノードを選択する

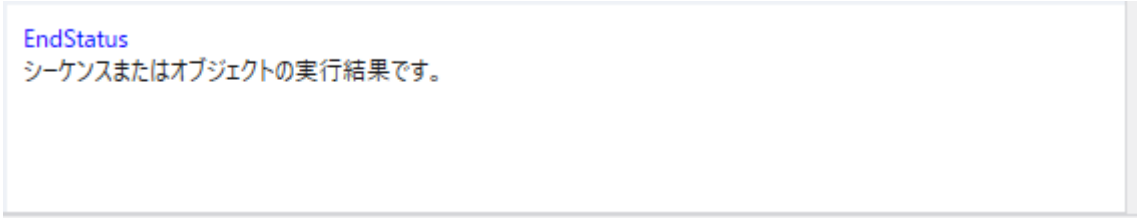



各プロパティーについての詳細は、下記を参照してください。ソフトウェア編 4. フォースガイダンス機能

**リザルトウィンドウ**
リザルトウィンドウでは、フォースガイドシーケンス、またはフォースガイドオブジェクトの実行結果が確認できます。
リザルトウィンドウは、次の方法で表示できます。フローチャートからシーケンスフロー、またはオブジェクトフローを選択するシーケンスツリーからシーケンスノード、またはオブジェクトノードを選択する

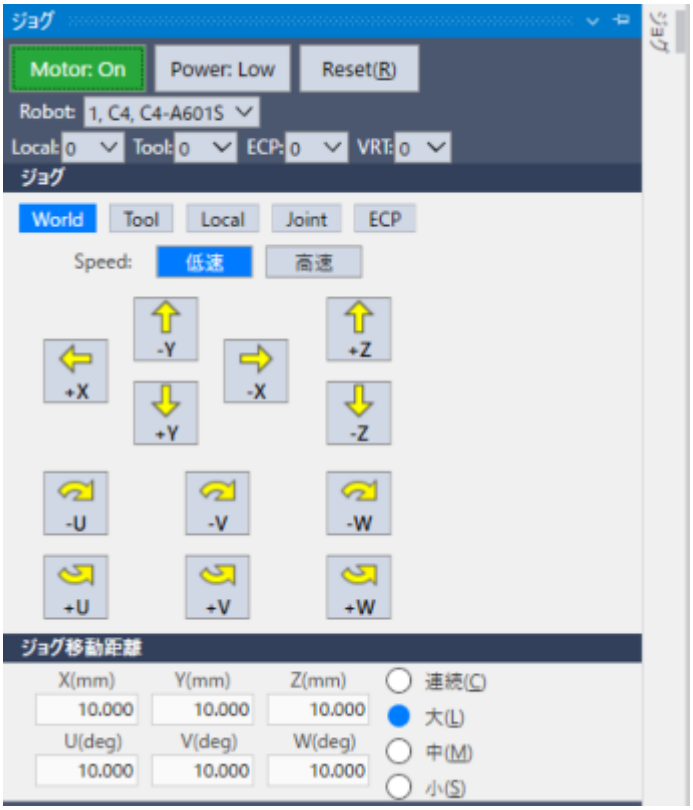
各リザルトについての詳細は、下記を参照してください。ソフトウェア編 4. フォースガイダンス機能

**説明ウィンドウ**
説明ウィンドウは、プロパティーウィンドウやリザルトウィンドウで選択したプロパティー、またはリザルト項目に対して、名称と簡単な解説を表示します。



**[ジョグ] タブ**

[ジョグ] タブは、シーケンスツリーの右側の[ジョグ]タブを選択すると表示されます。
[ジョグ] タブは、フライアウトでき、任意の場所に設置することができます。
ジョグ操作を行う場合は、ロボットのモーターをオンにする必要があります。




| 項目 | 説明 |
|---|---|
| Motor: Off / On | ロボットのモーターのON/OFFを設定します。 |
| Power: High/Low | ロボットのモーターのパワーを設定します。 |
| Reset | ロボットのサーボシステムと非常停止状態をリセットします。 |
| Robot | ロボットの選択をします。 |
| モード | ジョグモードを設定します。(World, Tool, Local, Joint, ECP) |
| Speed | ジョグ速度を設定します。(低速, 高速) |
| [ジョグ移動距離] グループ | ジョグ移動距離を設定します。(連続, 大, 中, 小)<br>“大”, “中”, “小”を選択した場合は、テキストボックスに値を入力すると移動距離が変更できます。 |
| ジョグボタン | ジョグモード、ジョグ速度、ジョグ移動距離を設定した後、ジョグボタンをクリックするとロボットをジョグ動作できます。 |
| | [ジョグ移動距離]-[連続]ボタンを選択<br>ジョグボタンを離すまでロボットを連続ジョグできます。 |
| | [ジョグ移動距離]- [連続]ボタン以外を選択<br>ジョグ移動距離を1ステップとして動作します。ジョグボタンのクリックを続けると、ロボットはジョグ動作を続けます。 |

### フォースガイドシーケンスの新規作成

- 概要
  シーケンスウィザードを使用して、フォースガイドシーケンスを作成します。ウィザードは、次の方法で表示できます。

  Force Guide ツールバーの [新規シーケンス ]ボタンをクリックする。
  フローチャートのシーケンスフロー、またはシーケンスツリーのシーケンスノードを右クリックし、[新規シーケンス]を選択する。
  シーケンスウィザードが表示されたら、画面にしたがってシーケンスを選択します。

- シーケンスウィザード 汎用フォースガイドシーケンスの作成
  - Step 1: 基本情報の設定

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| 基本情報の設定 | 新規シーケンス名前の入力:<br>フォースガイドシーケンス名を入力します。<br>(半角英数字で最大16文字まで) |
| | 新規シーケンスを使用するロボットの選択:<br>現在登録されているロボットのリストから、新規フォースガイドシーケンスを使用するロボットを選択します。 |
| | シーケンスのコピー:<br>すでに存在するフォースガイドシーケンスをコピーしてフォースガイドシーケンスを作成する場合は、リストからコピー元となるフォースガイドシーケンスを選択します。<br>コピーしない場合は、リストから空欄を選択します。 |
| [キャンセル]ボタン | 新規シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。<br>現在Step 1のため、ボタンをクリックすることはできません。 |

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。<br>[シーケンスのコピー]で<br>“フォースガイドシーケンス”を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることはできません。<br>空欄を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることができます。 |
| [完了]ボタン | 新規フォースガイドシーケンスの作成を完了します。<br>入力した内容でフォースガイドシーケンスの新規作成を行います。 |

- Step 2: シーケンスタイプの選択

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| シーケンスタイプの選択 | フォースガイドシーケンスとして、テンプレートを使用する場合は、[テンプレート]を選択します。<br>テンプレートを使用しない場合は、[空のシーケンス]を選択します。 |
| [キャンセル]ボタン | 新規フォースガイドシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。<br>[作業の選択]-[空のシーケンス]を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることはできません。<br>[作業の選択]-[空のシーケンス]以外を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることができます。 |
| [完了]ボタン | 新規シーケンスの作成を完了します。<br>[作業の選択]-[空のシーケンス]を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることができます。<br>[作業の選択]-[空のシーケンス]以外を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることはできません。 |

- Step 3: 作業の選択

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| 作業の選択 | 実施する作業を、下記の中から選択します。<br>円柱嵌合<br>コネクター挿入<br>ネジ締め |
| [キャンセル]ボタン | 新規フォースガイドシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | 新規シーケンスの作成を完了します。<br>現在のStep では、ボタンをクリックすることはできません。 |

- Step 4: テンプレートの選択

(このダイアログは、Step2で[円柱嵌合]を選択した場合のイメージです。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| テンプレートの選択 | テンプレートを、下記の中から選択します。<br>[円柱嵌合]を選択した場合:<br>探りあり, 探りなし, 面合わせあり<br>[コネクター挿入]を選択した場合:<br>探りあり, 探りなし<br>[ネジ締め]を選択した場合:<br>標準 |
| [キャンセル]ボタン | 新規フォースガイドシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。<br>現在Step 4のため、ボタンをクリックすることはできません。 |
| [完了]ボタン | 新規フォースガイドシーケンスの作成を完了します。<br>入力した内容でフォースガイドシーケンスの新規作成を行います。 |

- シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成
  - Step 1: 基本情報の設定

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| 基本情報の設定 | 新規シーケンス名前の入力:<br>フォースガイドシーケンス名を入力します。<br>(半角英数字で最大16文字まで) |
| | 新規シーケンスを使用するロボットの選択:<br>現在登録されているロボットのリストから、新規フォースガイドシーケンスを使用するロボットを選択します。 |

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| | シーケンスのコピー:<br>すでに存在するフォースガイドシーケンスをコピーしてフォースガイドシーケンスを作成する場合は、リストからコピー元となるフォースガイドシーケンスを選択します。<br>コピーしない場合は、リストから空欄を選択します。 |
| [キャンセル]ボタン | 新規シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。<br>現在Step 1のため、ボタンをクリックすることはできません。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。<br>[シーケンスのコピー]で<br>“フォースガイドシーケンス”を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることはできません。<br>空欄を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることができます。 |
| [完了]ボタン | 新規フォースガイドシーケンスの作成を完了します。<br>入力した内容でフォースガイドシーケンスの新規作成を行います。 |

- Step 2: シーケンスタイプの選択

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| シーケンスタイプの選択 | 専用フォースガイドシーケンスを使用する場合は、[専用シーケンス]を選択します。 |
| [キャンセル]ボタン | 新規フォースガイドシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。<br>[作業の選択]-[空のシーケンス]を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることはできません。<br>[作業の選択]-[空のシーケンス]以外を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることができます。 |
| [完了]ボタン | 新規シーケンスの作成を完了します。<br>[作業の選択]-[空のシーケンス]を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることができます。<br>[作業の選択]-[空のシーケンス]以外を選択した場合:<br>ボタンをクリックすることはできません。 |

- Step 3: 専用シーケンスの選択

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| 専用シーケンスの選択 | 専用フォースガイドシーケンスとして作成する作業を、下記の中から選択します。<br>貼付け<br>ネジ締め<br>高さ検査<br>挿入 |
| [キャンセル]ボタン | 新規フォースガイドシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 各専用フォースガイドシーケンスのウィザードに進むことができます。<br>各専用フォースガイドシーケンスのウィザードについての詳細は、下記を参照してください。<br>ソフトウェア編 フォースガイダンス機能 |
| [完了]ボタン | 新規シーケンスの作成を完了します。<br>現在のStep では、ボタンをクリックすることはできません。 |

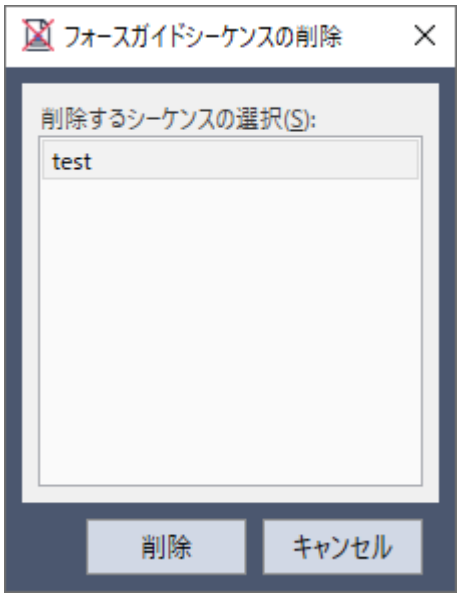
**フォースガイドシーケンスの削除**

- 概要

1. 次の方法で、[フォースガイドシーケンスの削除]ダイアログを表示します。

   Force Guide ツールバーの [シーケンス削除 ]ボタンをクリックする。
   フローチャートのシーケンスフロー、またはシーケンスツリーのシーケンスノードを右クリックし、[シーケンス削除]を選択する。
2. マウス、または矢印キーを使って、リストから削除したいシーケンスを選択します。
3. 削除したいフォースガイドシーケンス名が強調表示されたら、[削除]ボタンをクリックします。
4. 確認メッセージが表示されます。
   削除しても良い場合は[はい]ボタンを、削除を中止する場合は[いいえ]ボタンをクリックします。

- [フォースガイドシーケンスの削除]ダイアログ




| 項目 | 説明 |
|---|---|
| 選択リスト | 削除対象となるフォースガイドシーケンスを選択します。 |
| [削除]ボタン | 強調表示されたフォースガイドシーケンスを削除します。ボタンをクリックすると、確認メッセージが表示されます。<br>[はい]ボタン: フォースガイドシーケンスを削除します。<br>[いいえ]ボタン: 削除を中止します。 |
| [キャンセル]ボタン | フォースガイドシーケンスの削除を中止します。<br>[フォースガイドシーケンスの削除]ダイアログを終了します。 |

**フォースガイドシーケンスの実行**

- 概要

1. 次の方法で、フォースガイドシーケンスを実行します。
   [実行]ボタンをクリックする。
   フローチャートのシーケンスフロー、またはシーケンスツリーのシーケンスノードを右クリックし、[シーケンス実行]を選択する。
2. フォースガイドシーケンスの実行確認メッセージが表示されます。実行しても良い場合は[はい]ボタンを、実行を中止する場合は[いいえ]ボタンをクリックしてください。

フォースガイドシーケンス実行の実行結果:
フローチャートやリザルトウィンドウで確認できます。

実行結果の成功や失敗:
フローチャート上で確認できます。より詳細な情報は、リザルトウィンドウで確認することができます。

- ブレークポイント設定
  ブレークポイントは、任意のフォースガイドオブジェクトに設定することで、そのフォースガイドオブジェクトの開始時にフォースガイドシーケンス実行を一時停止することができる機能です。

  ブレークポイントの設定や解除は、次の方法で行います。
  - フローチャートのオブジェクトフロー、またはシーケンスツリーのオブジェクトノードで対象となるフォースガイドオブジェクトを選択し、右クリックし、[ブレークポイントの設定/解除]の項目を選択する。
  - 対象となるフォースガイドオブジェクトを選択後に[F9]キーを押す。

- ステップ実行
  “ステップ実行”は、フォースガイドオブジェクトを1ステップごとに実行することができる機能です。
  例えば、フォースガイドシーケンスをステップ実行すると、先頭のフォースガイドオブジェクトの実行前で、一時停止します。再度[ステップ実行]ボタンをクリックすると、クリックするたびに、一時停止しているフォースガイドオブジェクトを実行し、次のフォースガイドオブジェクトの実行前で一時停止することを繰り返します。
  フォースガイドシーケンスをステップ実行するには、[実行]パネル-[ステップ実行]ボタンをクリックします。
  [ステップ実行]ボタンは、フォースガイドシーケンスの未実行時やフォースガイドシーケンス実行中の一時停止時にクリックすることができます。クリックすると、次のフォースガイドオブジェクトを実行することができます。

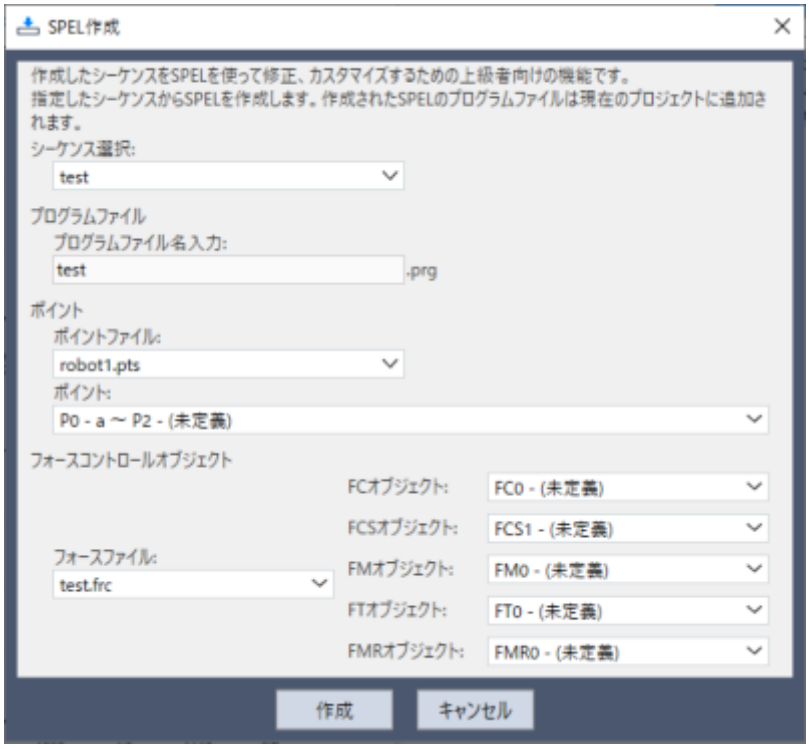
- 継続実行
  “継続実行”は、フォースガイドシーケンス実行中に一時停止となったところから、実行を再開することができる機能です。
  フォースガイドシーケンスを継続実行するには、[実行パネル]-[継続実行]ボタンをクリックします。
  [継続実行]ボタンは、フォースガイドシーケンスシーケンス実行中の一時停止時にクリックすることができます。そこから実行を再開することができます。

- 中断
  “中断”は、実行中のフォースガイドシーケンスを停止することができる機能です。
  フォースガイドシーケンスを停止するには、[実行]パネル-[中断]ボタンをクリックします。
  [中断]ボタンは、フォースガイドシーケンス実行中やフォースガイドシーケンス実行中の一時停止時にクリックすることができます。クリックすると実行中のフォースガイドシーケンスを停止することができます。停止したフォースガイドシーケンスは再開できません。

**フォースガイドシーケンスのSPELプログラム作成**

- 概要
  SPEL作成ダイアログを使用して、フォースガイドシーケンスからSPELプログラムを作成します。
  1. フローチャートのシーケンスフロー、またはシーケンスツリーのシーケンスノードを右クリックし、[SPEL作成]を選択します。
  2. [SPEL作成]ダイアログが表示されます。
     シーケンスやプログラムファイル名などを入力します。
  3. [作成]ボタンをクリックします。SPELプログラムが作成されます。

- [SPEL作成]ダイアログ




| 項目 | 説明 |
|---|---|
| シーケンス選択 | SPELプログラムを作成するフォースガイドシーケンスを選択します。 |
| プログラムファイル名入力 | 作成するSPELのプログラムファイル名を入力します。<br>デフォルト: 選択したフォースガイドシーケンス名.prg |
| ポイントファイル | 作成したSPELプログラムで使用するポイントファイルを選択します。<br>作成したSPELプログラムは、LoadPointsステートメントで指定したファイルを読み込みます。<br>ファイルの読み込みが不要な場合は、ステートメントをコメントアウトしてください。 |
| ポイント | 作成したSPELプログラムで使用するポイント範囲を選択します。<br>作成したSPELプログラムは、実行するたびに、選択したポイント範囲を上書きして使用します。<br>未定義のポイント範囲を指定してください。 |
| フォースファイル | 作成したSPELプログラムで使用するフォースファイルを選択します。<br>フォースファイルが存在しない場合は、“robot”にロボット番号を付加したファイル名のフォースファイル(例: robot1.frc)を作成します。<br>作成したSPELプログラムは、Floadステートメントで指定したファイルを読み込みます。<br>ファイルの読み込みが不要な場合はステートメントをコメントアウトしてください。 |

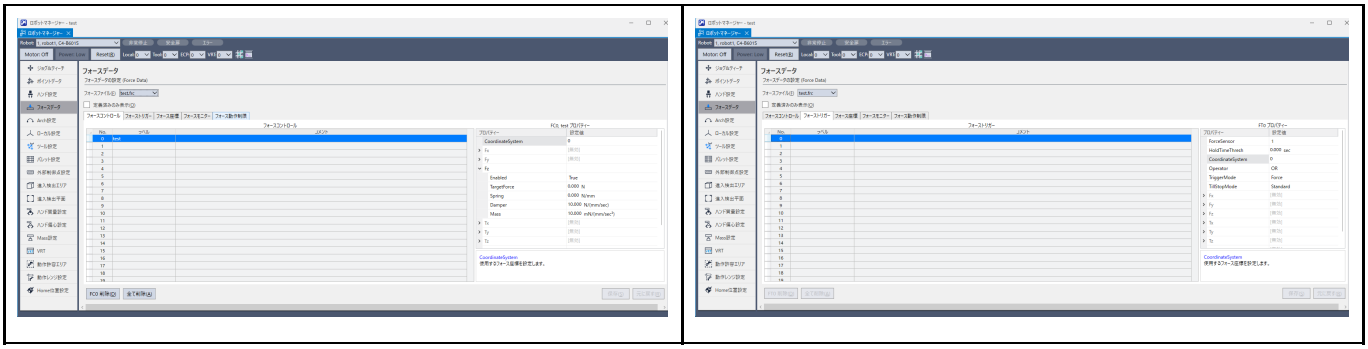
| 項目 | 説明 |
|---|---|
| FCオブジェクト<br>FCSオブジェクト<br>FMオブジェクト<br>FTオブジェクト<br>FMRオブジェクト | 作成したSPELプログラムで使用するフォースオブジェクトを選択します。<br>作成したSPELプログラムは、実行するたびに、選択したフォースオブジェクトを上書きして使用します。<br>未定義のポイントを指定してください。 |
| [作成]ボタン | SPELプログラムを作成します。<br>入力した情報に基づいてプログラムファイルを作成し、プロジェクトに追加します。<br>プログラムファイル名に既存のプログラムファイル名が入力されている場合は上書きを確認するメッセージが表示されます。<br>[はい]ボタン：<br>プログラムファイルを上書きします。<br>[いいえ]ボタン：<br>プログラムを作成せずダイアログに戻ります。 |
| [キャンセル]ボタン | SPELプログラムの作成を中止します。<br>[SPEL作成]ダイアログを終了します。 |

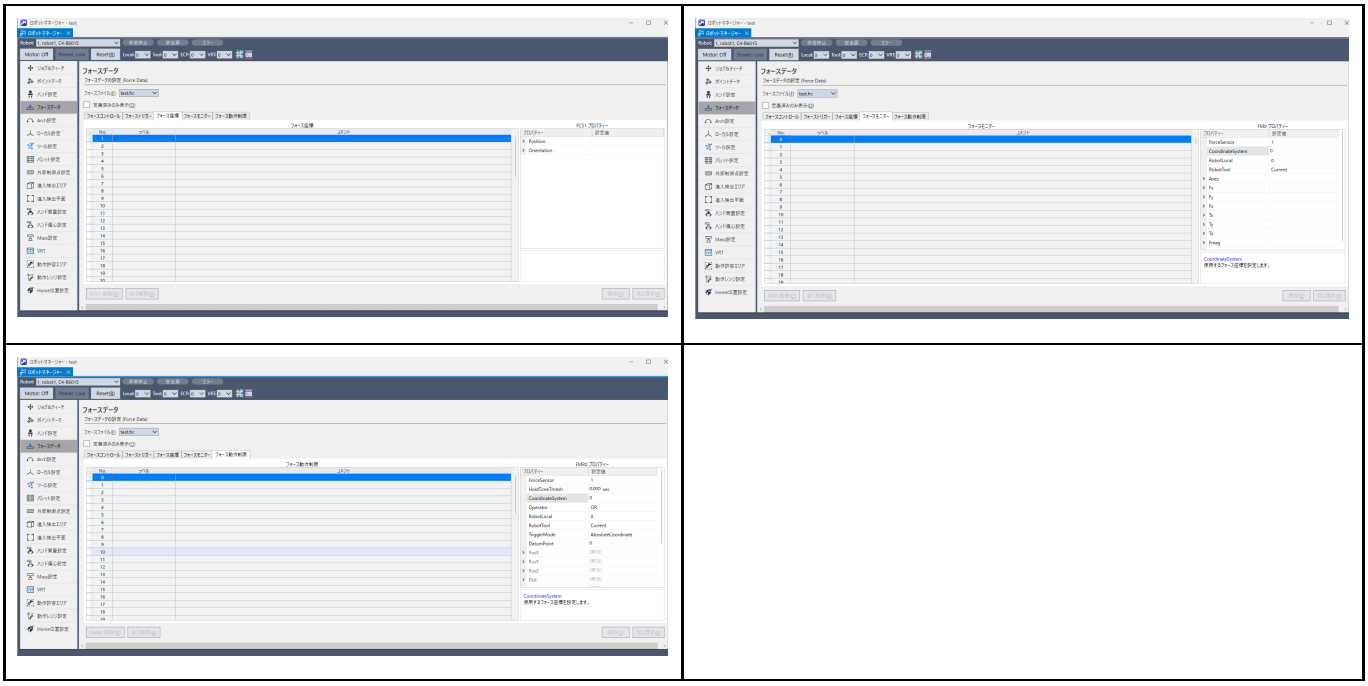
## 4.3.6 フォースエディター

[プロジェクト エクスプローラー]のプロジェクトのオブジェクトツリーからフォースファイルを開くと、[フォースエディター]ウィンドウが表示されます。タブで表示を切り替え、各オブジェクトとプロパティーが編集できます。

値を変更した場合は、ウィンドウを閉じるときに、保存を確認するメッセージが表示されます。

詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [ロボットマネージャー] (ツールメニュー)
- [ツール]-[ロボットマネージャー]-[フォースデータ]パネル





## 4.3.7 [システム設定]メニュー

Epson RC+ 8.0 メニュー-[システム設定]では、開発環境の設定が行えます。

### 4.3.7.1 力覚センサー

[システム設定]-[コントローラー]-[力覚センサー]-[センサー*]から開くことができます。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| センサー使用 | 使用するセンサーを設定します。 |
| ロボット接続 | 接続するロボットを設定します。 |
| 閉じる | [システム設定]ダイアログを閉じます。 |
| 適用 | 設定した値を適用します。 |

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| 元に戻す | 適用前の値に戻します。 |
| フランジオフセット | ロボットオブジェクト, FlangeOffsetプロパティーを設定します。 |
| デフォルト | フランジオフセットにデフォルト値を設定します。 |

## 4.3.8 互換性調整機能

互換性調整機能について説明します。
互換性調整機能とは、お客様のEpson RC+ 8.0とファームウェアのバージョンに合わせて、機能アップや制限をする機能です。
以下の互換性の調整が可能です。

- フォースガイドシーケンス
- フォースファイル

### 4.3.8.1 フォースガイドシーケンスの互換性調整機能

フォースガイドシーケンスの機能アップおよび、機能制限をすることができます。
本機能は、Epson RC+ 8.0、ファームウェア、フォースガイドファイルのバージョンから判定し、必要な場合のみフォースガイド互換性調整ウィザードが表示されます。表示されたら、画面にしたがって互換性の調整を行います。

**フォースガイドシーケンスの更新が可能な場合**
表示されているフォースガイドシーケンスは更新が可能です。更新を適用する場合は、アップグレードの項目を選択しOKボタンをクリックしてください。
更新すると、作業のサイクルタイムなどが変わる可能性があるので注意してください。

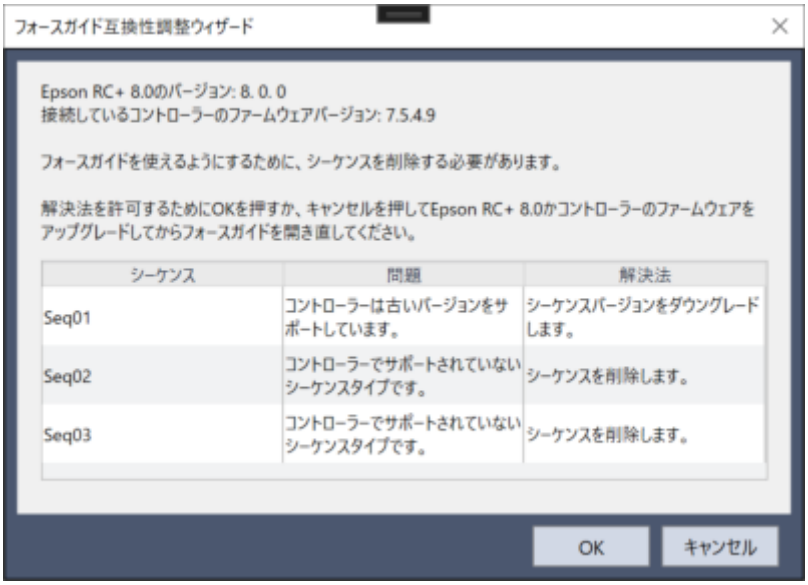
| 項目 | 説明 |
|---|---|
| Epson RC+ 8.0のバージョン | Epson RC+ 8.0のバージョンです。 |
| 接続しているコントローラーのファームウェアバージョン | Epson RC+ 8.0に接続している、コントローラーのファームウェアのバージョンです。 |

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| シーケンス | 更新可能なシーケンス名です。 |
| バージョン | 現在のシーケンスのバージョンです。 |
| vXXXへのアップグレード*1 | シーケンスを更新するかを設定します。 |
| [OK]ボタン | 互換性の調整を完了します。<br>入力した内容で互換性の調整を行います。 |
| [キャンセル]ボタン | 互換性の調整を中止します。<br>クリックすると、フォースガイド互換性調整ウィザードを終了します。 |

*1 XXXは更新可能な最新のシーケンスバージョンです。

**フォースガイドシーケンスのダウングレード, 削除が必要な場合**

表示されているシーケンスは、ダウングレードまたは削除が必要です。ダウングレードまたは削除する場合は、[OK]タンをクリックしてください。
ダウングレードすると、作業のサイクルタイムなどが変わる可能性があるので注意してください。
削除すると削除したシーケンスを元に戻すことはできません。



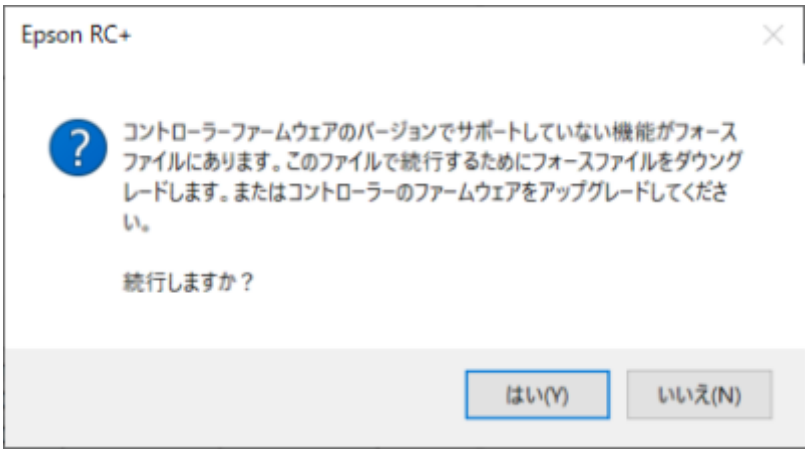

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| Epson RC+ 8.0のバージョン | Epson RC+ 8.0のバージョンです。 |
| 接続しているコントローラーのファームウェアバージョン | Epson RC+ 8.0に接続している、コントローラーのファームウェアのバージョンです。 |
| シーケンス | 更新可能なシーケンス名です。 |
| 問題 | ダウングレード、または削除が必要な問題です。 |
| 解決法 | 互換性を調整するときの解決法です。 |
| [OK]ボタン | 互換性の調整を完了します。<br>入力した内容で互換性の調整を行います。 |

| 項目 | 説明 |
| --- | --- |
| [キャンセル]ボタン | 互換性の調整を中止します。<br>クリックすると、フォースガイド互換性調整ウィザードを終了します。 |

### 4.3.8.2 フォースファイルの互換性調整機能

フォースファイルの機能制限をすることができます。
本機能は、Epson RC+ 8.0、ファームウェア、フォースファイルのバージョンから判定し、必要な場合のみダイアログが表示されます。
ダウングレードする場合は、[はい]ボタンをクリックしてください。

ダウングレードすると、作業のサイクルタイムなどが変わる可能性があるので注意してください。



# 4.4 フォースガイダンス機能

フォースガイダンス機能について説明します。

フォースガイダンス機能は、SPEL+言語によるプログラミングを用いずに、力制御機能やフォーストリガー機能、フォースモニター機能を用いた作業を作成する機能です。

フォースガイダンス機能で作成した作業(フォースガイドシーケンス)は、SPEL+言語から呼び出して実行します。これにより、作成したSPEL+プログラムの任意の位置で、フォース機能を実行することができます。

## 4.4.1 フォースガイダンス機能を使用する手順と基本的概念

フォースガイダンス機能を使用する基本的な概念を、使用手順に沿って説明します。実際の具体的な例は、チュートリアルで説明します。本項では、一般的な手順と概念を説明します。

具体的な例は、次の項を参照してください。ソフトウェア編 チュートリアル

フォースガイダンス機能を使用する基本的な手順は、次の通りです。本項では、各項目について説明します。

- 力制御機能を開始するまでの動作をSPEL+言語で作成する
- フォースガイドシーケンスを設定する
- フォースガイドオブジェクトを設定する
- テスト実行しながら調整する
- SPEL+言語からフォースガイドシーケンスを実行する

### 4.4.1.1 力制御機能を開始するまでの動作をSPEL+言語で作成する

フォースガイダンス機能は、力制御機能を使用する作業を作成する機能です。そのため、開始位置までの移動など、力制御機能を使用しない動作はSPEL+言語で作成します。
単純な例を以下に示します。

```
Function main
  Motor On
  Go P1      '開始位置へ移動
Fend
```

力制御機能は、通常のロボット動作に対して、一般に低速で動作させます。サイクルタイムの短縮のために、フォースガイダンス機能で作成する作業は、必要最小限にすることを推奨します。そのため、開始位置は、把持しているワークやツールなどが接触していない位置とします。また、接触する予定のワークに可能な限り近い位置を指定します。開始位置は、ワークのバラツキなどを考慮して決定してください。あるワークでは接触しないが、別のワークでは接触してしまうという開始位置は避けてください。

嵌合などの場合は、バラツキを含め全てのワークが、穴のテーパー範囲に入っているとサイクルタイムを短縮できます。これは、穴を探る工程を省略できるためです。このように、作業の中で穴や段差を探るような工程を、なくすることが、サイクルタイムの短縮につながります。
これらを総合すると、理想的な開始位置の例は、円柱嵌合を行う場合で、ロボットが円柱を把持している場合、穴の開いている被嵌合ワークにできるだけ近く、接触していない位置で、ワークが穴のテーパー内に入っている位置となります。

キーポイント

力制御機能は特異点近傍では実行することができません。開始位置はフォースガイダンスで作った作業の実行中を含めて、特異点近傍を避けた位置を設定してください。

### 4.4.1.2 フォースガイドシーケンスを設定する

フォースガイダンス機能では、実行する作業をフォースガイドシーケンスという“かたまり”で表現します。フォースガイドシーケンスとは、特定の作業、またはその一部を実行するために必要なフォースガイドオブジェクトを、特定の順番で並べたコンテナのようなものと考えることができます。フォースガイドシーケンスには、任意の汎用フォースガイドオブジェクトを追加して作成する汎用フォースガイドシーケンスと、特定作業の専用フォースガイドシーケンスがあります。
下表は、専用フォースガイドシーケンスの一覧です。

| シーケンス名 | 説明 |
|---|---|
| 貼付け | 把持しているワークの面と、対象物の面を合わせながら指定方向に押し付けます。 |
| ネジ締め | 電動ドライバーによってネジ締めをします。ネジ締めをした後に、ネジを一度緩めて再度締め直すネジ締め直しを行うことも可能です。 |
| 高さ検査 | ロボットを指定方向に移動させて接触した位置で停止させ、対象物の高さを測定して検査します。 |
| 挿入 | ワークを挿入します。コネクターなどを挿入した後に、挿入方向と逆方向に力をかけて、挿入したワークが抜けないことを判断することも可能です。 |

フォースガイドシーケンスには、プロパティーとリザルトがあります。

- プロパティー
  フォースガイドシーケンスに対する設定値です。フォースガイドシーケンス全体に影響を与えるものや、フォースガイドシーケンスを実行するときに行う処理の設定などがあります。
- リザルト
  フォースガイドシーケンスとしての結果を示す値です。

フォースガイドシーケンスは次のステップで設定します。

- Step 2-1. フォースガイドシーケンスを作成する
- step-2-2-フォースガイドシーケンスのプロパティーを設定する

ただし、弊社の力覚センサーはドリフトによって誤差が蓄積される特性を持っています。そのため、力制御機能は力覚センサーをリセットしてから10分以内でなければ実行することができません。10分以上の作業を行う場合は、2つのフォースガイドシーケンスに分割して、一度非接触状態にしてから2つ目のフォースガイドシーケンスを再開するように作業を見直してください。

また、フォースガイドシーケンスは、ロボット, ハンド, ワーク, 姿勢など使用する環境によって調整が必要です。同じ作業を別の位置姿勢で行う場合に、1つのフォースガイドシーケンスでは、どちらかの作業しかできない場合があります。その場合は、フォースガイドシーケンスを2つに分け、それぞれ調整を行ってください。

#### 4.4.1.2.1 Step 2-1. フォースガイドシーケンスを作成する

フォースガイドシーケンスは、フォースガイドウィンドウで作成します。フォースガイドシーケンスを作成するときは、はじめに、空のフォースガイドシーケンスを作成して、次に任意のフォースガイドオブジェクトを配置します。または、作成時にテンプレートを指定し、作業に必要なフォースガイドオブジェクトを自動で配置することもできます。専用フォースガイドシーケンスは、シーケンスウィザードで設定することでフォースガイドオブジェクトが自動で配置されます。
作成方法の詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 - [フォースガイダンス] (ツールメニュー)

#### 4.4.1.2.2 Step 2-2. フォースガイドシーケンスのプロパティーを設定する

フォースガイドシーケンスのプロパティーを設定します。プロパティーは作業に合わせて設定する必要があります。専用フォースガイドシーケンスは、シーケンスウィザードからもプロパティーを設定できます。

各プロパティーの詳細は、次の項を参照してください。

- 汎用シーケンス
- 貼付けシーケンス
- ネジ締めシーケンス
- 高さ検査シーケンス
- 挿入シーケンス

プロパティーの設定方法の詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 - [フォースガイダンス] (ツールメニュー)

### 4.4.1.3 フォースガイドオブジェクトを設定する

フォースガイダンス機能では、力制御機能を含む動作や、条件分岐など、ある特定の処理をフォースガイドオブジェクトとして表現します。フォースガイドシーケンスというコンテナに、フォースガイドオブジェクトという処理を並べるようにして、特定の作業を実現します。

フォースガイダンス機能では、10種類の汎用フォースガイドオブジェクトと6種類の専用フォースガイドオブジェクトを組み合わせて、フォースガイドシーケンスを作成することができます。ただし、専用フォースガイドオブジェクトは専用シーケンスのみで使用できます。
力制御機能を用いる作業は、主に下記の5つの基本動作に分解して構成することができます。

「接触」,「倣い」,「合わせ」,「探り」,「押付け」

フォースガイドオブジェクトは、この5つの基本動作と力制御機能以外の処理である「実行」と、専用フォースガイドシーケンスに自動的に配置される「専用」の7つのカテゴリーに分けられます。ただし、フォースガイドオブジェクトには、2つ以上の基本動作を同時に実行するものもあります。

- 接触
  非接触の状態から、ロボットを物体に接触するまで移動させ、接触した位置で停止させる動作です。ワークなどの位置を見つけるために使用します。接触オブジェクトが該当します。

- 倣い
  受ける力やトルクに倣って位置を補正する動作です。受ける力が“0”になる位置に移動するために使用します。脱力オブジェクト、倣い移動オブジェクトが該当します。

- 合わせ
  対象物に押しあてながら、その形状や位置姿勢に合わせて把持するワークの位置姿勢を補正する動作です。把持するワークを対象物に合わせるために使用します。面合わせオブジェクトが該当します。

- 探り
  対象物上の穴や段差を見つける動作です。穴や段差を見つけるために使用します。押付け探りオブジェクト、接触探りオブジェクトが該当します。

- 押付け
  対象物に一定の力やトルクを加え続ける動作です。対象物に一定の力やトルクと加えるために使用します。押付けオブジェクト、押付け移動オブジェクトが該当します。また、力制御機能を伴う作業において、特に押し付けは、ある方向に押し付けて、同時に、別のある方向に倣うように動作させることが多くあります。例えばワークの挿入動作は、挿入方向には押し付け、挿入方向と直交する2つの方向には倣うことで、実現できます。そのため、押付けオブジェクト、押付け移動オブジェクトは異なる軸で押し付けと倣いを同時に実行できるようになっています。

- 実行
  力制御以外の処理です。下記のオブジェクトが該当します。
  - 条件分岐オブジェクト
    条件分岐を行うフォースガイドオブジェクトです。
  - SPEL関数オブジェクト
    SPEL+プログラムのファンクションを実行するフォースガイドオブジェクトです。

- 専用
  専用フォースガイドシーケンスを作成すると自動的に配置されます。以下のオブジェクトが該当します。
  - 貼付けオブジェクト
    把持しているワークの面と、対象物の面を合わせながら指定方向に押し付けるオブジェクトです。
  - ネジ締めオブジェクト
    電動ドライバーでネジ締めを行うオブジェクトです。
  - ネジ締め直しオブジェクト
    電動ドライバーで締められたネジを1度緩めて、再度締め直すオブジェクトです。
  - 高さ検査オブジェクト
    ロボットを指定方向に移動させて接触した位置で停止させ、対象物の高さを測定して検査するオブジェクトです。
  - 挿入オブジェクト
    ワークを挿入するオブジェクトです。
  - 引張り試験オブジェクト
    コネクターなどを挿入した後に、挿入方向と逆方向に力をかけて、挿入したワークが抜けないことを判断するオブジェクトです。

下表は、カテゴリーとフォースガイドオブジェクトの一覧です。
各オブジェクトの詳細は、次の項を参照してください。
**汎用フォースガイドオブジェクト**
**貼付けオブジェクト**
**ネジ締めオブジェクト**
**ネジ締め直しオブジェクト**
**高さ検査オブジェクト**
**挿入オブジェクト**
**引張り試験オブジェクト**

| カテゴリー | オブジェクト名 | 説明 |
|---|---|---|
| 接触 | 接触 | ロボットを指定方向に移動させ、接触した位置で停止します。 |

| カテゴリー | オブジェクト名 | 説明 |
|---|---|---|
| 倣い | 脱力 | 指定した軸にかかっている力やトルクを “0”になるようにロボットの位置姿勢を補正します。 |
| | 倣い移動 | 指定した軌道を移動しながら、指定した軸にかかっている力やトルクを “0”になるようにロボットの位置姿勢を補正します。 |
| 合わせ | 面合わせ | 把持しているワークの面と、対象物の面を合わせます。 |
| 探り | 押付け探り | 把持しているワークを押し付けながら、穴や段差を見つけます。 |
| | 接触探り | 把持しているワークを接触させながら、穴を見つけます。 |
| 押付け | 押付け | 指定した軸方向に押し付けます。 |
| | 押付け移動 | 指定した軌道を移動しながら、指定した軸方向に押し付けます。 |
| 実行 | 条件分岐 | オブジェクトの成功/失敗の結果によって処理を分岐します。 |
| | SPEL関数 | 指定したSPELプログラムのファンクションを実行します。 |
| 専用 | 貼付け | 把持しているワークの面と、対象物の面を合わせながら指定方向に押し付けます。貼付けシーケンスを作成すると自動的に配置されます。 |
| | ネジ締め | 電動ドライバーでネジ締めをします。ネジ締めシーケンスを作成すると自動的に配置されます。 |
| | ネジ締め直し | 電動ドライバーで締められたネジを1度緩めて、再度締め直します。ネジ締めシーケンスをネジ締め直し動作を有効にして作成すると、自動的に配置されます。 |
| | 高さ検査 | ロボットを指定方向に移動させて接触した位置で停止させ、対象物の高さを測定して検査します。高さ検査シーケンスを作成すると自動的に配置されます。 |
| | 挿入 | ワークを挿入します。挿入シーケンスを作成すると自動的に配置されます。 |
| | 引張り試験 | コネクターなどを挿入した後に、挿入方向と逆方向に力をかけて、挿入したワークが抜けないことを判断します。引張り試験を有効にして挿入シーケンスを作成すると、自動的に配置されます。 |

フォースガイドオブジェクトは、プロパティーとリザルトがあります。

- プロパティー
  基本的にフォースガイドオブジェクトに対して影響を与えます。例えば、動作する方向を設定するプロパティーなどがあります。

- リザルト
  フォースガイドオブジェクトの結果を示します。

フォースガイドオブジェクトは、次のステップで設定します。

- step-3-1-作業をフォースガイドオブジェクトに分解する
- step-3-2-フォースガイドオブジェクトを配置する
- step-3-3-フォースガイドオブジェクトのプロパティーを設定する

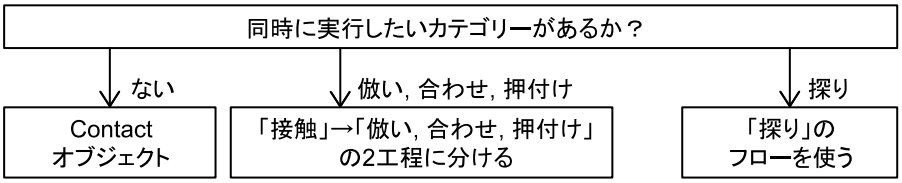
### 4.4.1.3.1 Step 3-1. 作業をフォースガイドオブジェクトに分解する

フォースガイドシーケンスで実現したい作業から、どのフォースガイドオブジェクトを使うかを決定します。

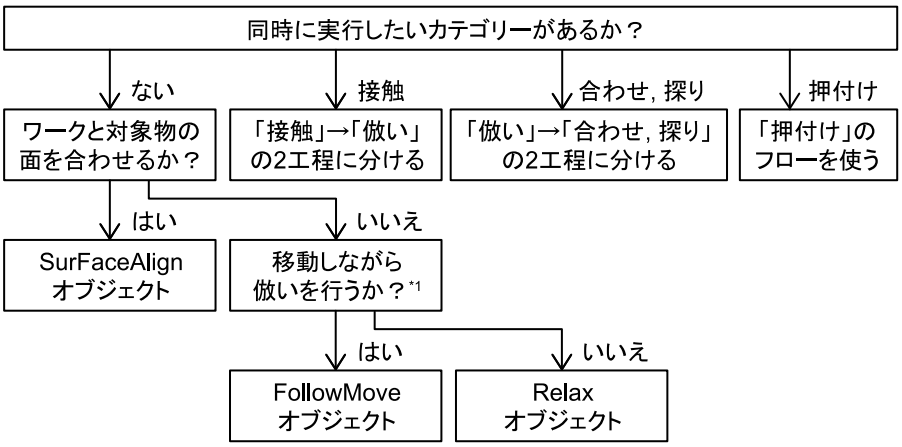
ここでは、基本的な考え方を示します。複雑な作業など、作業によっては、基本的な考え方があてはまらないことがあることに、注意してください。また、専用フォースガイドシーケンスを使う場合は、自動的に専用フォースガイドオブジェクトが配置されるため、本Stepは省略可能です。ただし、専用フォースガイドシーケンスは、基本的な各作業を行うシーケンスとなっているため、お客様の作業によっては追加でフォースガイドオブジェクトが必要になる場合があります。

はじめにフォースガイドシーケンスで実現したい作業をカテゴリー(「接触」「倣い」「合わせ」「探り」「押付け」)に分解します。「倣い」をしてから「押付け」を行うような、連続して実施する場合は、工程を2つに分けて考えます。できるだけ、1つのカテゴリーになるように工程を分けていきますが、2つのカテゴリーを同時に行いたいといった場合は、主な目的によって、一時的にそのどちらかに分類します。考え方の例としては、接触状態などを考えず移動した場合に、Move命令を何個使うかを考え、それぞれをカテゴリーに分類します。

次に、下記の5つのフローを使ってフォースガイドオブジェクトを決定します。
「接触」

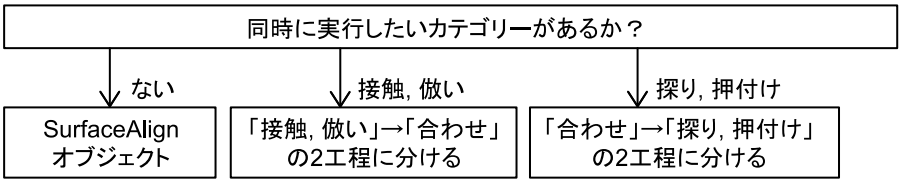



「倣い」

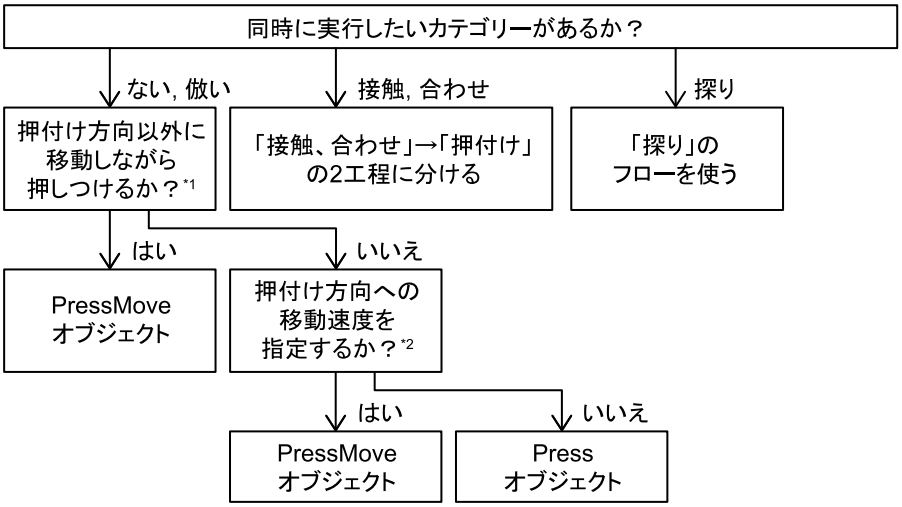



*1: 指定した軌道を移動しながら、倣う場合を指します。力制御機能によって移動する場合は「いいえ」を選択します。

「合わせ」

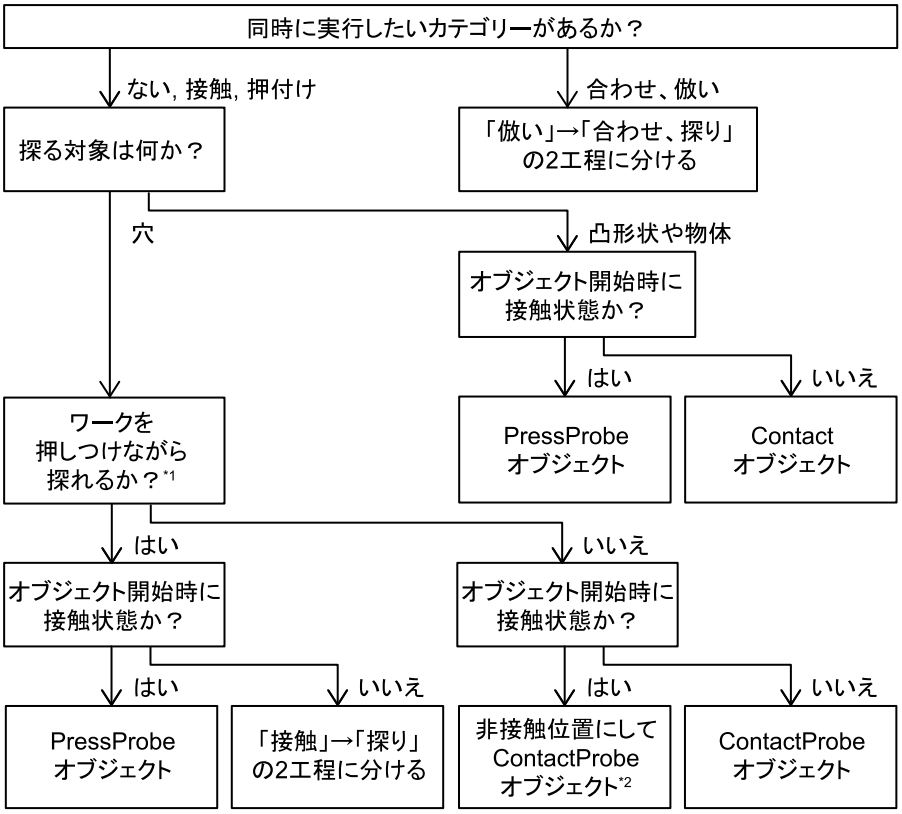


「探り」




*1: リード部品など、押し付けながら探るとワークが変形したり、傷がついたりする場合は、“いいえ”を選択します。
*2: 前工程として、「接触」を検討していた場合は、それを削除します。

「押付け」




*1: 指定した軌道を移動しながら、力制御機能を使用する場合を指します。力制御機能によって移動する場合は、“いいえ”を選択します。
*2: ワークやツールに依存して速度を指定しなければならない場合を指します。通常は、“いいえ”を選択します。例えば電動ドライバーを用いたネジ締めでは、ネジのピッチとドライバーの回転角速度によって、押し付け方向(ネジの挿入方向)への速度が決定されるため、“はい”を選択します。

例: 一定の力で押し付ける作業をフォースガイドオブジェクトに分解する

対象物に接触してから押し付けを行う作業です。「接触」「押付け」の2工程に分けることができます。

「接触」は、同時実行するカテゴリーがないため接触オブジェクトとなります。

「押付け」は、同時実行するカテゴリーがなく、押し付け方向以外に移動せず、押し付け方向への移動速度を指定しないため、押付けオブジェクトになります。

例: 円柱嵌合作業をフォースガイドオブジェクトに分解する

接触してから、穴を探って、倣って補正しながら、穴方向に押し付けて挿入する作業です。「倣い」と「押付け」は、同時に行いたいため、1つの工程として考えます。主な目的は挿入することであるため、一時的に「押付け」に分類します。

「接触」「探り」「押付け」の3工程に分けることができます。

「接触」は、同時実行するカテゴリーがないため接触オブジェクトとなります。

「探り」は、同時に実行するカテゴリーがなく、探る対象は穴であり、ワークを押し付けながら探すことができ、オブジェクト開始時に接触状態であるため、押付け探りオブジェクトとなります。

「押付け」は、同時実行するカテゴリーは倣いであり、押し付け方向以外に移動せず、押し付け方向への移動速度を指定しないため、押付けオブジェクトになります。

例: コネクター挿入作業をフォースガイドオブジェクトに分解する

接触して、穴を探って、倣って補正しながら、穴方向に押し付けて挿入する作業です。

「倣い」と「押付け」は同時に行いたいため、1つの工程として考えます。主な目的は挿入することであるため、一時的に「押付け」に分類します。

「接触」「探り」「押付け」の3工程に分けることができます。

「接触」は、同時実行するカテゴリーがないため接触オブジェクトとなります。

「探り」は、同時に実行するカテゴリーがなく、探る対象は穴であり、ワークを押し付けながら探すことができず、オブジェクト開始時に接触状態であるため、接触探りオブジェクトとなります。

そして、非接触状態から開始するため、前工程である「接触」を削除します。

はじめに3つの工程に分けましたが、「接触」を削除したため、この作業は「探り」「押付け」の2工程になります。

「押付け」は、同時実行するカテゴリーは倣いであり、押し付け方向以外に移動せず、押し付け方向への移動速度を指定しないため、押付けオブジェクトになります。

例: 電動ドライバーを用いたネジ締め作業をフォースガイドオブジェクトに分解する

接触して、倣って補正しながら、穴方向に押し付けて挿入する作業です。

しかし、接触して一度止まるとネジが外れる場合があるため、接触しながら、倣って、押し付けるというように1つの工程として考えます。主な目的は挿入することであるため、一時的に「押付け」に分類します。

この作業は、「押付け」のみの1工程として考えることができます。

「押付け」は、同時実行するカテゴリーは接触と倣いであり、押し付け方向以外に移動せず、押し付け方向への移動速度を指定するため、押付け移動オブジェクトになります。

以下は、SPEL+プログラミングを使ったフォース機能に慣れたユーザー向けの追加説明です。
5つの基本動作に属するフォースガイドオブジェクトは、力制御機能, 位置制御, 終了条件によってその動作が構成されています。各オブジェクトは、その動作に必要なものが選択できたり、自動で設定されたりしています。下表は、フォースガイドオブジェクトの構成一覧です。

| カテゴリー | オブジェクト名 | 力制御機能<br>A: 選択可能<br>B: 自動設定される | | 位置制御<br>A: 同時実行<br>B: 別実行 | 終了条件<br>A: 選択可能<br>B: 必ず設定される | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 押付け | 倣い | | 力 | 位置 | I/O |
| 接触 | 接触 | A (1軸のみ) | - | - | B | - | - |
| 倣い | 脱力 | - | A (全軸) | - | A | A | A |
| | 倣い移動 | - | A (全軸) | A | - | A | A |

| カテゴリー | オブジェクト名 | 力制御機能<br>A: 選択可能<br>B: 自動設定される | | 位置制御<br>A: 同時実行<br>B: 別実行 | 終了条件<br>A: 選択可能<br>B: 必ず設定される | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 押付け | 倣い | | 力 | 位置 | I/O |
| 合わせ | 面合わせ | A (並進, 1軸のみ) | B *1 | - | A | - | - |
| 探り | 押付け探り | A (並進, 1軸のみ) | - | A | A *2 | A *2 | - |
| | 接触探り | A (並進, 1軸のみ) | - | B *3 | B | B | - |
| 押付け | 押付け | A (全軸) | A (全軸) | - | A | A | A |
| | 押付け移動 | A (全軸) | A (全軸) | A | A | A | A |
| 実行 | 条件分岐 | - | - | - | - | - | - |
| | SPEL関数 | - | - | - | - | - | - |
| 専用 | 貼付け | A(1軸のみ) | B | - | B | B | - |
| | ネジ締め | A(1軸のみ) | B | A *4 | B | B | B |
| | ネジ締め直し | B(ネジ締めと同方向) | B | A | B | B | B |
| | 高さ検査 | A(1軸のみ) | - | - | B | B | - |
| | 挿入 | A(1軸のみ) | B | A *4 | B | B | - |
| | 引張り試験 | B(挿入と逆方向) | - | - | B | B | - |

*1: 押し付け方向に設定した軸と直交する2軸回りの回転方向が設定されます。
*2: どちらかを有効にしなければなりません。
*3: 退避動作、および次の接触開始位置までの移動で位置制御を使用します。力制御機能と同時には実行されません。
*4: 動作途中で位置制御との同時実行から、力制御機能のみに切り替わります。

### 4.4.1.3.2 Step 3-2. フォースガイドオブジェクトを配置する

フォースガイドオブジェクトは、[ForceGuide]ウィンドウで選択し、配置します。Step3-1で決めたフォースガイドオブジェクトを順番に配置します。

フォースガイドシーケンスの作成時にテンプレートを選択した場合は、フォースガイドオブジェクトの配置は必要ありません。作業に合わせて、テンプレートにフォースガイドオブジェクトを加えたり、テンプレートにあるフォースガイドオブジェクトを削除したりすることもできます。

フォースガイドシーケンスの作成時に専用フォースガイドシーケンスを選択した場合は、フォースガイドオブジェクトの配置は必要ありません。各シーケンスに必要な専用フォースガイドオブジェクトが自動的に配置されます。配置された専用フォースガイドオブジェクトは削除および移動させることはできません。作業に追加の動作が必要であれば、汎用フォースガイドオブジェクトを追加することもできます。
作成方法の詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 - [フォースガイダンス] (ツールメニュー)

### 4.4.1.3.3 Step 3-3. フォースガイドオブジェクトのプロパティーを設定する

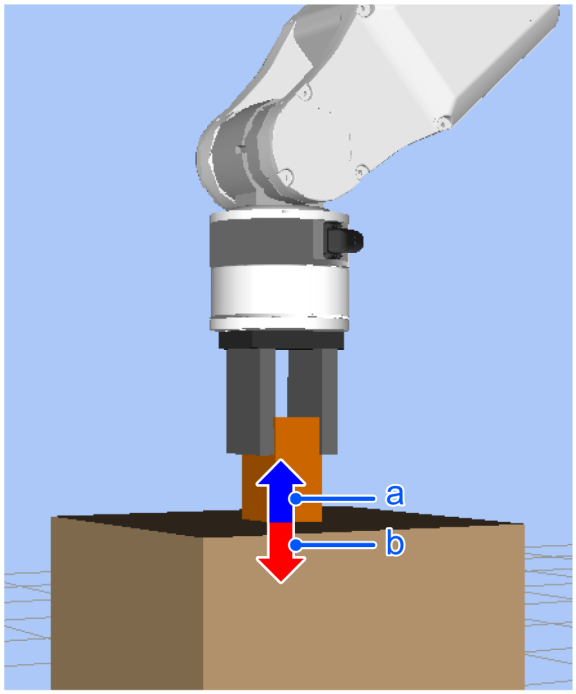
フォースガイドオブジェクトのプロパティーを設定します。プロパティーは作業に合わせて設定する必要があります。専用フォースガイドオブジェクトは、シーケンスウィザードからもプロパティーを設定することが可能です。

各プロパティーの詳細は、次の項を参照してください。
汎用フォースガイドオブジェクト
貼付けオブジェクト
ネジ締めオブジェクト
ネジ締め直しオブジェクト
高さ検査オブジェクト
挿入オブジェクト
引張り試験オブジェクト

またプロパティーの設定方法の詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [フォースガイダンス] (ツールメニュー)
フォースガイドオブジェクトのプロパティーを設定するときに知っておいて頂きたい、いくつかの概念を説明します。

**力制御機能実行時のロボットの基本的な振る舞い(動き)**
力制御機能とは、力やトルクを、指定した力やトルクに保つ機能です。この時、ロボットは、その力を受けるであろう位置に移動することで、その力を保とうとします。そのため、非接触状態で「押付け」を指定した力制御機能を使用すると、ロボットはその力を受けると予測される位置に向かって移動します。

**力の向きと、ロボットの動作の向き**
力覚センサーは、受けた力を感じるセンサーです。
下図の例では、ロボットは鉛直下向き(赤い矢印で図示する方向)にワークを押し付けています。力が釣り合っている状態のため、ロボットは、赤い矢印で示す力をかけると共に、青い矢印で示す反力を受けることになります。



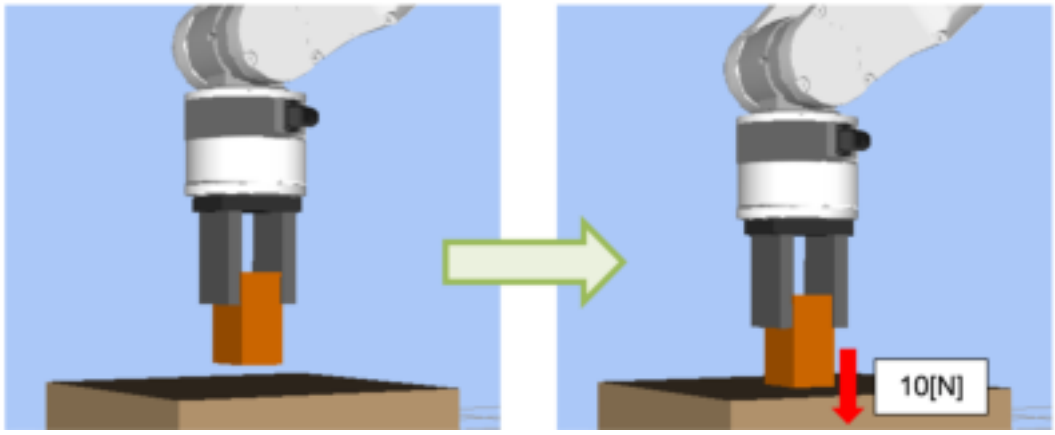

a: 釣り合う力 (力覚センサーの感じる力)
b: 対象物にかかる力 (ロボットの動作方向)

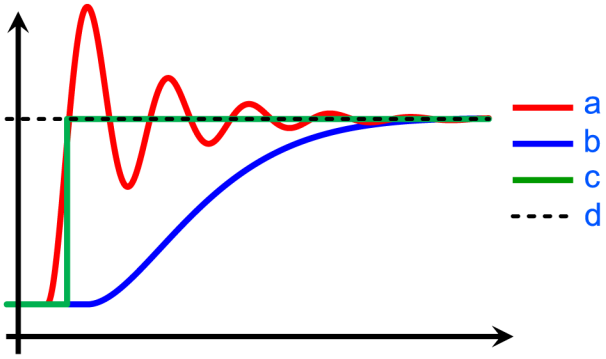
力覚センサーは、この反力を感じるセンサーです。ロボットの動作する方向と、設定する押し付け力、および検出する力は、常に反対方向になることに注意してください。
例えば、押付けオブジェクトのFx_ControlModeでPress+ (正方向への押し付け)を指定した場合、Fx_PressForceは負の値を設定しなければなりません。その動作結果として記録される力も負の値となります。

**力制御機能の硬さ（Firmness）**

フォースガイダンス機能では、力制御機能の硬さをFirmnessプロパティーで表現します。
実際のプロパティー名は、ContactFirmnessFやFx_Firmnessなど、フォースガイドオブジェクトごとに異なります。特性は同様です。
Firmnessプロパティーとして共通の概念を説明します。
Firmnessプロパティーが大きい場合、力制御機能は硬くなり、反応が遅くなります。
Firmnessプロパティーが小さい場合、力制御機能は柔らかくなり、反応が早くなります。ただし、Firmnessプロパティーが小さ過ぎる場合、ロボットの動作が振動する場合があります。

下図の様に、空中から開始して、10[N]で押し付ける作業を例にして、Firmnessプロパティーの影響を説明します。
他のプロパティーを固定して、Firmnessプロパティーが大きい場合と小さい場合で実行したときの力のグラフを下記に示します。



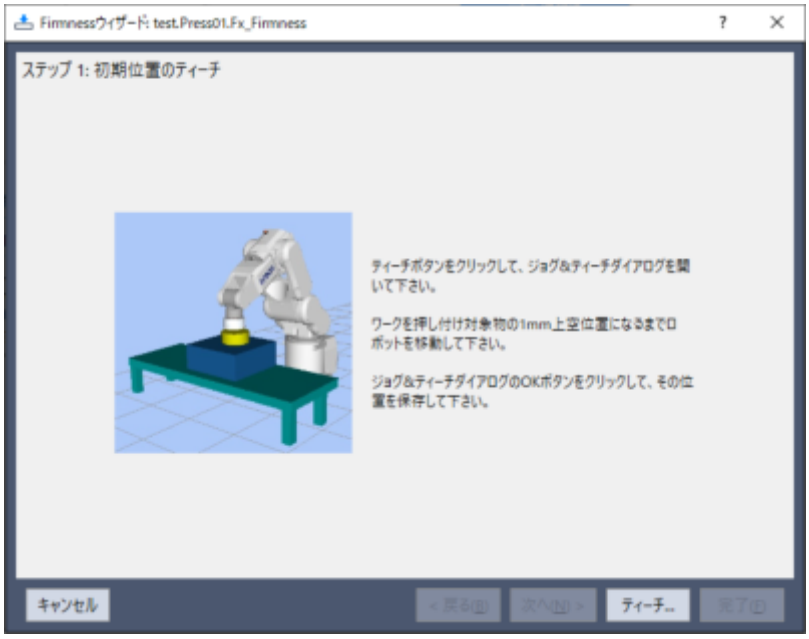

| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | Firmness 小 |
| b | Firmness 大 |
| c | 理想波形 |
| d | 10 [N] |

非接触状態では、Firmnessプロパティーが小さい方が移動速度は速くなります。そのため、接触するまでの時間が短くなり、グラフ中での波形の立ち上がり開始時刻に差が生まれます。接触時の速度が速いため、力のオーバーシュートが大きくなります。目標力に達するまでの時間は早くなりますが、振動が発生することがあります。
力制御機能を使った理想的な力の変化はグラフ中の理想波形で示すように、接触時にオーバーシュートせず即時に目標力になり、その後も安定することです。しかし、現実では、この状態になることはありません。力のオーバーシュートや振動状態と、サイクルタイムはトレードオフの関係にあります。お客様の作業ごとに許容可能な状態に調整してください。

Firmnessプロパティーの値と実行したときの力の関係は、ロボット, ハンド, ワーク, 姿勢など使用する環境によって変化します。そのため、フォースガイドオブジェクトごとに実際の環境で調整する必要があります。Firmnessは初期状態では、大きい値に設定し、10%ずつ減らしていくなど段階的に小さくして調整していくことを推奨します。

Firmness値の調整は、Firmnessウィザードから行うこともできます。以下で、Firmnessウィザードを用いたFirmnessの調整方法を説明します。

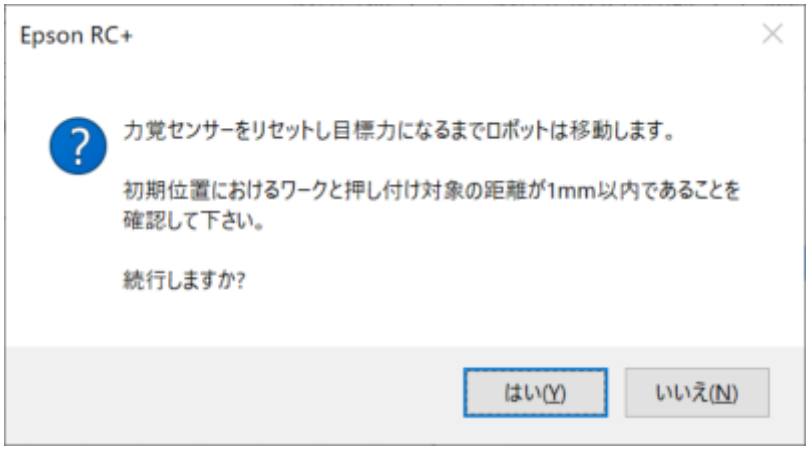
1. Firmnessプロパティー右側の … ボタンをクリックします。
   [Firmnessウィザード]ウィンドウが表示されます。



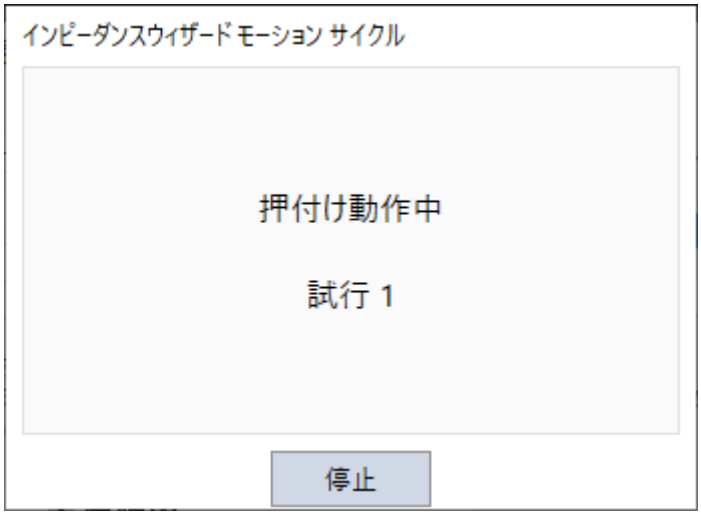

2. [ティーチ…]ボタンをクリックします。
   [接近位置のティーチ]ダイアログが表示されます。
   ワークが押し付け対象物の1mm上空位置になるまで移動します。

3. [OK]ボタンをクリックします。
   現在の位置を保存し、[Firmnessウィザード]ウィンドウに戻ります。
   [動作と力]の許容する最大の力、またはトルクを設定します。
   倣い方向のFirmnessウィザードの場合、加わると予想される力またはトルクを設定します。
   [Firmness]の試行回数、試行1回の実行時間、スライダーからFirmnessの範囲を設定します。
   調整を開始するときは、スライダーをかたい側に設定し、力またはトルクの実測波形を見ながら調整してください。

4. [実行]ボタンをクリックします。確認ダイアログが表示されます。
   初期位置のワークと押し付け対象の距離が1mm以内であることを確認し、[はい]ボタンをクリックします。

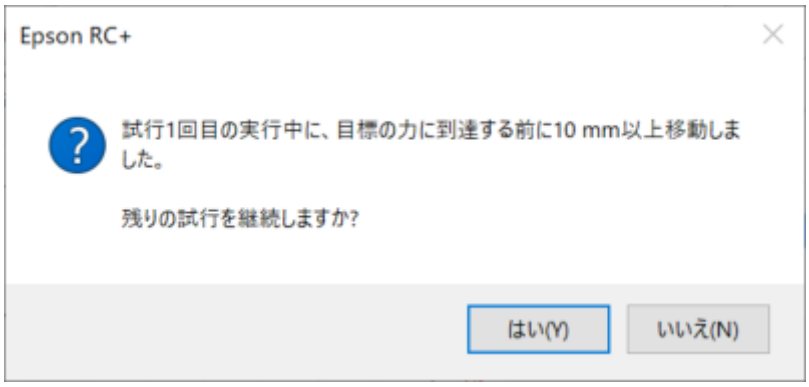


5. ロボットは、設定した軸が目標力になるまで移動します。
   途中で停止する場合は、[停止]ボタンをクリックします。



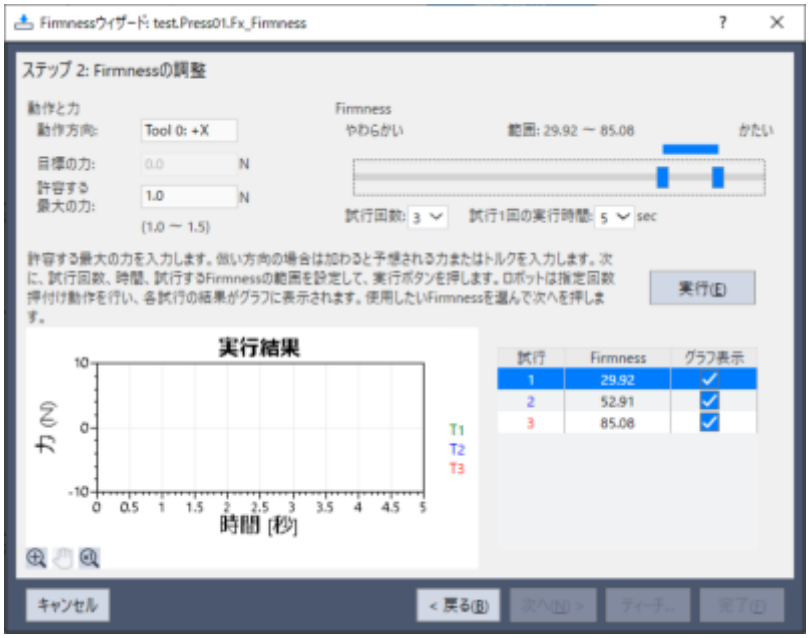

6. ロボットが目標の力、またはトルクに到達する前に10mmまたは10deg以上移動した場合は、次のダイアログが表示されます。下記の要因が考えられます。
   - 初期位置のワークと押し付け対象の距離が10mm、または10deg以上ある
   - 設定した押し付け方向がお客様の想定している方向と違う

   残りの試行を継続する場合は、[はい]ボタンをクリックします。残りの試行を継続しない場合は、[いいえ]ボタンをクリックします。




7. 力またはトルクの実測データがお客様の作業で許容可能な波形に近づくように、スライダーを調整し、[実行]ボタンをクリックします。
   理想的な波形に近づくまで、スライダーの範囲を変更し実行を繰り返します。
   波形が振動的な場合や、目標の力に整定しない場合は、スライダーをかたい側へ動かします。波形が、なだら

かすぎる場合は、スライダーをやわらかい側へ動かします。スライダーを大きく動かすと力のかかり方が大きく変わる可能性があります。スライダーを少しずつ動かして調整してください。




8. [次へ]ボタンをクリックします。
設定前後のFirmnessの値が表示されます。
新しい値を保存する場合は[完了]ボタン、取り消す場合は[キャンセル]ボタンをクリックします。

## 4.4.1.4 テスト実行しながら調整する

作成したフォースガイドシーケンスを調整します。
テスト実行は、[ForceGuide]ウィンドウで行います。できるだけ、フォースガイドシーケンス単体で調整することを推奨します。他の装置などと連携する必要がある場合は、SPEL+プログラミングとして実行しながら調整することもできます。
テスト実行して、実行時の力, 位置, リザルトなどを基準に、フォースガイドオブジェクトのプロパティーを調整します。
各オブジェクトの調整方法は、次の項を参照してください。
汎用フォースガイドオブジェクト
貼付けオブジェクト

ネジ締めオブジェクト
ネジ締め直しオブジェクト
高さ検査オブジェクト
挿入オブジェクト
引張り試験オブジェクト

テスト実行の実行方法実行時の力や位置の閲覧方法、は次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [フォースガイダンス] (ツールメニュー)

調整の初期段階は、ローパワーで行い、大まかな動作が正しいことを確認してからハイパワーで調整することを推奨します。また最終的な調整は、実際にフォースガイドシーケンスを使うときのパワー状態で行ってください。ローパワー状態で実行すると、最大速度や最大加速度が、ローパワーの上限を超えないようにさらに制限がかかります。そのため、異なるパワー状態にしたときに条件が変わってしまい、再調整が必要になることがあります。
[ForceGuide]ウィンドウでは、ステップ実行の機能によって、フォースガイドオブジェクトを1つずつ順番に実行することができます。またブレークポイントによって、任意のオブジェクト開始前でフォースガイドシーケンスを止めることができます。これは調整の初期段階で、大まかな動作が正しいことを確認するために使うことを主な目的としています。パラメーターの調整は、ブレークポイントを設定せず、[Run]ボタンをクリックします。ステップ実行やブレークポイントでフォースガイドシーケンスを一時停止した場合、次のフォースガイドオブジェクトを開始するまでの時間にかかった力や、その間継続していた力制御機能によって作業が影響を受けることがあります。この状態で調整をすると、実際の実行時に条件が変わってしまい、再調整が必要になることがあります。

### 4.4.1.5 SPEL+言語からフォースガイドシーケンスを実行する

調整したフォースガイドシーケンスは、SPEL+言語からFGRunステートメントを使うことで、呼び出され、実行されます。
FGRunステートメントを追加する例です。以下の例に追加します。
力制御機能を開始するまでの動作をSPEL+言語で作成する

```
Function main
  Motor On
  Go P1           '開始位置へ移動
  FGRun MyFGSeq   '作成したフォースガイドシーケンス実行
Fend
```

フォースガイドシーケンスを含むSPEL+プログラミング全体として、実行します。
このとき、フォースガイドシーケンスの部分に不具合がある場合は、以下のトピックに戻って調整します。
テスト実行しながら調整する
SPEL+プログラミング全体として実行しながら調整することも可能です。
特に、フォースガイドシーケンス単体のテスト実行では、作業ができても、SPEL+プログラミング全体として実行したときに作業に不具合が出る場合は、SPEL+プログラミング全体として調整することが必要です。
実行した結果は、フォースガイドシーケンスやフォースガイドオブジェクトのリザルトとして取得することができます。リザルトには、終了時の力や位置、成功/失敗などがあります。
下記は、フォースガイドシーケンスを実行し、そのフォースガイドシーケンスが終了したときの力を取得する例です。

```
Function main
  Double dEndForce(6)
  Motor On
  Go P1                                    '開始位置へ移動
  FGRun MyFGSeq                            '作成したフォースガイドシーケンス実行
  FGGet MyFGSeq.EndForces, dEndForce()     'フォースガイドシーケンス終了時の力を取得
Fend
```

FGRun, FGGet, リザルトの詳細は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 オプション Force Guide 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス"

## 4.4.2 汎用シーケンスとオブジェクト

汎用フォースガイドシーケンスと、汎用フォースガイドオブジェクトのプロパティーや、設定方法を説明します。

### 4.4.2.1 汎用シーケンス

汎用シーケンスのプロパティーや、設定方法を説明します。

#### 4.4.2.1.1 汎用シーケンスのプロパティー設定ガイドライン

一般的な設定手順と、各プロパティーの設定方法を説明します。

**Step 1. 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティー(Name, Description, RobotNumber, AutoStepID)を設定します。

| プロパティー | 説明 |
|---|---|
| Name | フォースガイドシーケンスの名前です。<br>固有の名前を設定します。 |
| Index | フォースガイドシーケンス固有の番号です。<br>自動的に割り振られます。設定できません。 |
| Description | フォースガイドシーケンスの説明です。<br>作業内容などを記述します。任意の文字列を設定します。 |
| Version | シーケンスの互換バージョンです。<br>シーケンスは指定されたバージョンの機能で動作します。 |
| RobotNumber | フォースガイドシーケンスを実行するロボットの番号です。<br>実行するロボット番号を設定します。 |
| RobotType | RobotNumberで指定したロボットのロボットタイプです。<br>設定できません。 |
| AutoStepID | フォースガイドオブジェクトのStepIDを自動設定するかどうかを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータがどの工程に対応するかを分かりやすくするためのものです。<br>True : 通常<br>False : 手動でStepIDを指定したい場合 |

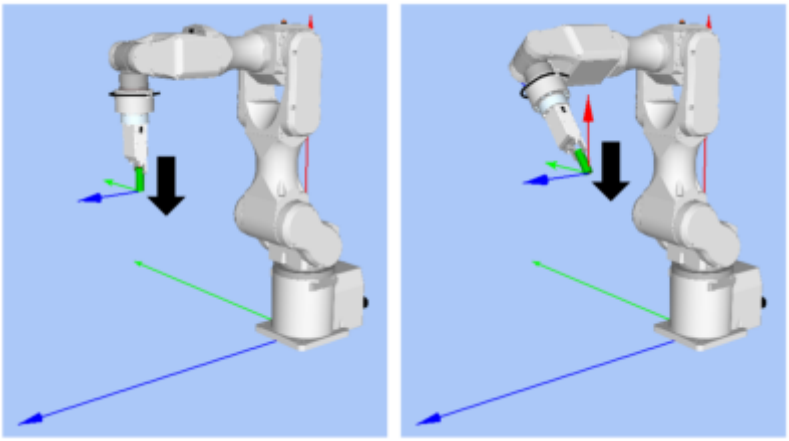
**Step 2. センサー値の補正に関して設定する**
センサー値の補正に関するプロパティー(ResetSensor, MPNumber)を設定します。

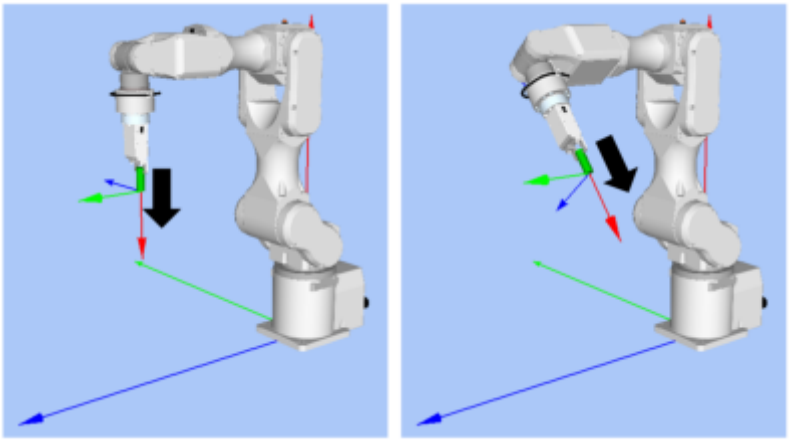
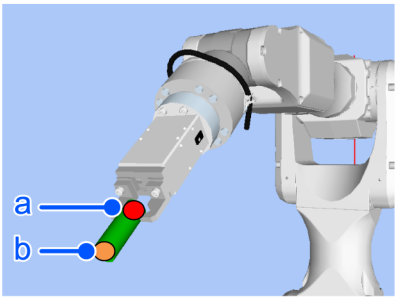
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ResetSensor | フォースガイドシーケンスの実行時、条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを初めて実行したとき、力覚センサーをリセットするかどうかを設定します。 |
| | True : フォースガイドシーケンス開始時に接触していない場合<br>(通常、フォースガイドシーケンスの開始時は非接触状態で開始します。) |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | False : フォースガイドシーケンスの実行後、接触状態のまま、別のフォースガイドシーケンスを実行するような特殊な場合 |
| MPNumber | フォースガイドシーケンス実行中に使用するマスプロパティーオブジェクト番号を設定します。<br>マスプロパティーオブジェクトとは、重力補償に用いるプロパティーをまとめたものです。 |
| | “0” : フォースガイドシーケンス実行中に、姿勢(U,V,W)を大きく変化させない場合 |
| | 作成したマスプロパティー番号: フォースガイドシーケンス実行中に、姿勢を大きく変化させる場合 |
| | マスプロパティーの詳細は、次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 重力補償 |

**Step 3. 力制御機能の座標系に関して設定する**

力制御機能の座標系に関するプロパティー(ForceOrient, RobotLocal, RotationCenterType, RotationCenterTLX, RotationCenterTLY, RotationCenterTLZ)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ForceOrient | 力制御機能を実行する座標系の方向を設定します。 |
| | Base, Local :<br>フォースガイドシーケンスの開始時の姿勢が変わっても、鉛直下向き方向に押し付けるなど、外から見て、常に一定の方向に対して力制御機能を実行したい場合<br>Localは、一定の方向がベース座標系の軸とは異なる場合に指定します。<br>下図は、Baseを設定した例です。<br>例えば-Z方向に押し付けた場合、ロボット手先の姿勢が変わっても、常に鉛直下向き方向(ベース座標系の-Z方向)に押し付けを行います。(黒い矢印はロボットの動く方向を示します。)<br>  |

<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td></td><td>Tool:<br>開始時の姿勢に合わせて、力制御機能を実行したい場合<br>下図は、Toolを設定した例です。<br>例えば+Z方向に押し付けた場合、開始時のロボット手先の姿勢にしたがって、押し付ける向きが変わります。<br>  </td></tr>
<tr><td>RobotLocal</td><td>ForceOrientが、Localのときに使用されるローカル座標系番号を設定します。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">RotationCenterType</td><td>力制御機能を実行したときの回転中心設定の種類を設定します。</td></tr>
<tr><td>Relative:<br>下図のように設定しているツール座標系の原点が、実際に接触して力のかかる点と離れている場合<br>力制御機能の回転中心は、接触点とすることを推奨します。<br>ただし基本的に接触点がツール座標系の原点になるように、ツール座標系を設定することを推奨します。<br>  <br><br>a: ツール座標系の原点 / b: 接触点</td></tr>
<tr><td>CurrentTool:<br>ツール座標系の原点と、接触点が近い場合、またはフォースガイドシーケンス実行中に回転方向の力制御機能を使わない場合</td></tr>
<tr><td>RotationCenterTLX</td><td rowspan="3">RotationCenterTypeがRelativeのときの、ツール座標系から回転中心までの各方向のオフセット量を設定します。</td></tr>
<tr><td>RotationCenterTLY</td></tr>
<tr><td>RotationCenterTLZ</td></tr>
</table>

力制御機能の座標系に関する設定は、シミュレーター機能によって設定状態を確認することができます。ただし、フォースガイドシーケンス内に、フォースガイドオブジェクトが1つも配置されていない場合は、フォースガイドオブジェクトを設置してから確認してください。

シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

**Step 4. 最大速度と最大加速度を設定する**
最大速度と最大加速度に関するプロパティー(LimitAccelS, LimitAccelR, LimitSpeedS, LimitSpeedR)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LimitSpeedS<br>LimitSpeedR | フォースガイドシーケンス実行中の最大速度を設定します。<br>LimitSpeedS: 最大並進速度<br>LimitSpeedR: 最大回転角速度<br>力制御機能では、力の加わり方によって、速度が増減します。LimitSpeedSとLimitSpeedRを超えないように制御されます。 |
| LimitAccelS<br>LimitAccelR | フォースガイドシーケンス実行中の最大加速度を設定します。<br>LimitAccelS: 最大並進加速度<br>LimitAccelR: 最大回転角加速度<br>力制御機能では、力の加わり方によって、加速度が増減します。LimitAccelSとLimitAccelRを超えないように制御されます。<br>この値が小さいと、力を受けた時の反応が遅くなり、大きくバウンドすることがあります。<br>ロボットがバウンドするような場合は大きく、発振するような場合は小さくしてください。 |

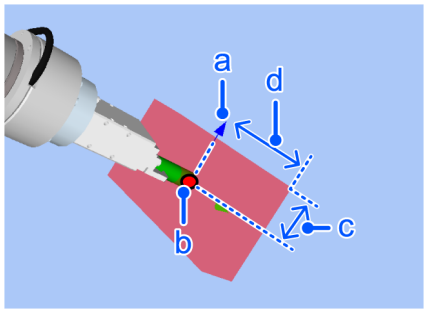
**Step 5. 記録に関する条件を設定する**
記録に関するプロパティー(LogRobotLocal, LogFileEnabled, LogFileAutoName, LogFileNameVar, LogFileMaxTime, LogFileInterval)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LogRobotLocal | 記録するロボット位置の基準とするローカル座標系番号を設定します。<br>位置に関するログデータは指定されたローカル座標系における位置として記録されます。 |
| | Base : 通常 |
| | ローカル座標系番号 : 指定するローカル座標系における位置として記録したい場合 |
| LogFileEnabled | フォースガイドシーケンス実行中のログデータをファイルに保存するかどうかを設定します。 |
| | False : ファイルに保存されません。<br>実行時にフォースガイドウィンドウのグラフでログデータを確認することができます。 |
| LogFileAutoName | ログデータファイルの名前を自動設定するかどうかを設定します。 |
| | True : 自動設定する場合<br>フォースガイドシーケンス名と開始時刻から生成されます。<br>“フォースガイドシーケンス名_年月日_時分秒ミリ秒” |
| | False : 任意の名前を指定する場合 |
| LogFileNameVar | LogFileAutoNameが、Falseのときの、ログデータファイルの名前を示すグローバル変数を設定します。 |
| LogFileInterval | ファイル化するときのログデータのサンプリング間隔を設定します。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LogFileMaxTime | ファイル化するときのログデータの最大時間を設定します。 |

**Step 6. 開始位置の確認に関して設定する**

開始位置の確認に関するプロパティー(PointFile, RobotTool, PosCheckEnabled, OrientCheckEnabled, StartCheckPoint, StartPointTolLocal, StartPointTolX, StartPointTolY, StartPointTolZ, StartPointTolRot)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PointFile | フォースガイドシーケンスで使用する予定のポイントファイルを設定します。<br>開始時に、指定されたポイントファイルが読み込まれていない場合、エラーになります。<br>誤操作防止用のプロパティーです。<br>設定しない場合は、どのポイントファイルが読み込まれていても実行されます。 |
| RobotTool | フォースガイドシーケンスで使用する予定のツール番号を設定します。<br>開始時に、設定されたツール番号が選択されていない場合、エラーになります。誤操作防止用のプロパティーです。 |
| PosCheckEnabled | 開始時の位置姿勢(X,Y,Z,U,V,W)が設定された範囲内であることを確認するかどうかを設定します。<br>ビジョンで開始位置を見つけて移動した場合などに、想定する範囲内であることを確認します。範囲外の場合、フォースガイドシーケンスは失敗として終了します。エラーにはなりません。<br>失敗した場合は、別の開始位置に移動するなど、リカバリーが可能になります。<br>下図は範囲を設定したイメージです。<br>赤い範囲を許容範囲として図示しています。各プロパティーによって範囲を設定します。<br>また図示していませんが、StartPntTolZ, StartPntTolRotによって、Z方向の許容範囲と回転方向の許容範囲を設定します。<br>  <br><br>a: StartPntTolLocal で設定される軸方向<br>b: StartCheckPoint で設定される基準位置<br>c: StartPntTolY で設定される Y方向の許容範囲<br>d: StartPntTolX で設定される X方向の許容範囲<br>True : 位置姿勢を確認する場合 |
| OrientCheckEnabled | 開始時のアーム姿勢(Hand, Elbow, Wrist)が設定された状態と一致することを確認するかどうかを設定します。<br>ビジョンで開始位置を見つけて移動した場合などに、想定する開始アーム姿勢であることが確認できます。<br>不一致の場合、フォースガイドシーケンスは失敗として終了します。エラーにはなりません。<br>失敗した場合は、別の開始位置に移動するなど、リカバリーが可能になります。<br>True : アーム姿勢を確認する場合 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| StartCheckPoint | 開始時の位置姿勢確認、またはアーム姿勢確認の、基準とするポイント番号を指定します。 |
| StartPntTolLocal | PosCheckEnabledが、Trueのとき、許容誤差方向の基準とするローカル座標系番号を設定します。<br>軸の方向だけが使用されます。ローカル座標系の原点位置は影響しません。 |
| StartPntTolX | StartPntTolLocalで指定したローカル座標系の各方向の許容範囲を設定します。<br>X方向は、基準位置±StartPntTolXが許容範囲とされます。<br>Y, Z方向も同様です。 |
| StartPntTolY | |
| StartPntTolZ | |
| StartPntTolRot | 回転方向の許容範囲を設定します。<br>基準姿勢±StartPntTolRotが許容範囲とされます。<br>U,V,W全ての方向に対して設定されます。 |

### 4.4.2.1.2 汎用シーケンスのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドシーケンスに割りあてる固有の名前を設定します。同名のフォースガイドシーケンスを作成することはできません。
  名前を変更することができます。最大16文字まで指定します。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。また、先頭の文字を数字にすることはできません。
- Indexプロパティー
  フォースガイドシーケンスの番号を表示します。本プロパティーは、自動的に設定と更新がされます。変更できません。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 32 |

- Descriptionプロパティー
  フォースガイドシーケンスに追加する説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Versionプロパティー
  フォースガイドシーケンスを実行するときの、互換バージョンを設定します。
  指定したバージョンでサポートされている機能を使って、フォースガイドシーケンスが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 7.4.0 | シーケンスは、7.4.0でサポートされている機能で動作します。 |
| 7.5.1 | シーケンスは、7.5.0でサポートされている機能で動作します。 |

- RobotNumberプロパティー
  フォースガイドシーケンスを使用するロボットの番号を指定します。指定されていないロボットでフォースガイドシーケンスを実行した場合、エラーになります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 1~16 | フォースガイドシーケンスを使用するロボットの番号です。 |

  デフォルト: シーケンスウィザードで指定したロボット番号

- RobotTypeプロパティー
  フォースガイドシーケンスを使用するロボットの種類です。本プロパティーはRobotNumberで指定したロボット番号から自動的に設定されます。変更できません。
- AutoStepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDに関して自動割り振りを指定します。
  自動的に割り振る場合は、フォースガイドシーケンス番号*100+フォースガイドオブジェクト番号が設定されます。
  StepIDは、フォースガイドシーケンス実行中の力や位置を記録したファイルに記録され、どの区間がどのフォースガイドオブジェクトに対応するかを判別するために使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | StepIDを自動的に設定します。 |
| False | 各フォースガイドオブジェクトのStepIDプロパティーの値を設定します。 |

  デフォルト: True
- ResetSensorプロパティー
  フォースガイドシーケンスで、初めて条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを開始するときに、力覚センサーをリセットするかどうかを指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを開始する時に力覚センサーをリセットします。 |
| False | 力覚センサーをリセットしません。 |

  デフォルト: True
- MPNumberプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するマスプロパティーオブジェクトの番号を指定します。
  マスプロパティーオブジェクトとは、重力補償に用いるプロパティーをまとめたものです。マスプロパティーオブジェクトは、あらかじめ定義しておく必要があります。フォースガイドシーケンス実行中に大きく角度が変わる場合は適切な、マスプロパティーオブジェクトを指定してください。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 | 重力補償をオフにします。 |
| 1~15 | 指定したマスプロパティーを使用します。 |

  デフォルト: 0
- ForceOrientプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、力制御機能を適用する座標系の方向を指定します。
  Base, Local, Toolから選択できます。通常、押し付け、または倣いたい方向がX, Y, Zのいずれかである座標系を指定します。
  BaseまたはLocalを指定した場合、ロボットの姿勢が変わっても押し付けたり倣ったりする方向は変化しません。
  Toolを指定した場合、ロボットの姿勢が変わると、ツール座標系の方向が変わるため、押し付けたり倣ったりする方向が変化します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | 力制御機能を適用する座標系の方向をベース座標系とします。 |
| Local | 力制御機能を適用する座標系の方向をローカル座標系とします。 |
| Tool | 力制御機能を適用する座標系の方向をツール座標系とします。 |

デフォルト: Tool

- RobotLocalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、力制御機能を適用する座標系のローカル座標系番号を指定します。
  ForceOrientプロパティーがLocalの場合に使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。<br>ForceOrientで、Baseを指定した場合と同じです。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

  デフォルト: 0 (Base)

- RotationCenterTypeプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、力制御機能による補正で回転するときの回転中心の種類を指定します。
  CurrentToolを指定した場合、現在選択しているツール座標系の位置を中心に回転します。Relativeを指定した場合、下記で指定したツール座標系からの相対位置を中心に回転します。
  RotationCenterTLX, RotationCenterTLY, RotationCenterTLZ

| 値 | 説明 |
|---|---|
| CurrentTool | 現在選択されているツール座標系の位置を回転中心とします。 |
| Relative | 現在選択されているツール座標系から指定距離 離れた位置を回転中心とします。 |

  デフォルト: CurrentTool

- RotationCenterXプロパティー
  RotationCenterTypeがRelativeのとき、力制御機能の回転中心までのX方向の距離を設定します。
  X方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のX方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- RotationCenterYプロパティー
  RotationCenterTypeがRelativeのとき、力制御機能の回転中心までのY方向の距離を設定します。
  Y方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のY方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- RotationCenterZプロパティー
  RotationCenterTypeがRelativeのとき、力制御機能の回転中心までのZ方向の距離を設定します。
  Z方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のZ方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- LimitSpeedSプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された速度に制限されます。

| | 値 (単位: [mm/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 250 |

  デフォルト: 50
- LimitSpeedRプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の角速度を指定します。
  ロボットの動作は力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力やトルクで変化しますが、本プロパティーで指定された角速度に制限されます。

| | 値 (単位: [deg/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 180 |

  デフォルト: 25
- LimitAccelSプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の加速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された加速度に制限されます。

| | 値 (単位: [$mm/sec^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 25000 |

  デフォルト: 200
- LimitAccelRプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の角加速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された角加速度に制限されます。

| | 値 (単位: [$deg/sec^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 5000 |

  デフォルト: 100
- LogRobotLocalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に記録するロボットの位置姿勢について、基準とするローカル座標系番号を指定します。
  ロボットの位置姿勢は、本プロパティーで指定したローカル座標系から見たツール座標系の位置姿勢で記録されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

デフォルト: 0 (Base)

- LogFileEnabledプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢をファイルに保存するかを指定します。
  Trueを指定した場合、モニター画面のグラフに値が表示され、同時にファイルに保存されます。Falseを指定した場合、モニター画面のグラフには値が表示されますが、ファイルには保存されません。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | ログデータをファイルに保存します。 |
| False | ログデータをファイルに保存しません。 |

デフォルト: False

- LogFileAutoNameプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイル名について、自動設定するかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドシーケンス名+開始時刻からファイル名が自動で設定されます。
  フォースガイドシーケンス名_yyyymmdd_hhmmssfff.csv
  False を指定した場合、LogFileNameVarで指定した変数内の文字列に“.csv”をつけてファイル名とします。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | ログデータファイルの名前を自動的に設定します。 |
| False | ログデータファイルの名前をLogFileNameVarで指定された名前にします。 |

デフォルト: True

- LogFileNameVarプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイル名を保存するグローバル文字列変数を指定します。
  LogFileAutoNameでFalse を指定した場合に使用されます。指定した変数内の文字列に“.csv”をつけてファイル名とします。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| None | 未指定 (自動設定されます。) |
| 変数名 | 指定されたグローバル文字列変数の値がファイル名になります。<br>文字列変数のみ指定できます。 |

デフォルト: None

- LogFileIntervalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイルについて、サンプリング周期を指定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.002 |
| 最大値 | 1 |

デフォルト: 0.2

- LogFileMaxTimeプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイルについて、最大の記録時間を指定します。

フォースガイドシーケンスの実行時間よりも短い場合、それ以降は、ファイルに記録されません。注意してください。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 60 |
| 最大値 | 600 |

デフォルト: 60

- PointFileプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するポイントファイル名を指定します。
  フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定していないポイントファイルが読み込まれていた場合、エラーとなります。誤操作防止用のプロパティーです。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| None | 未指定<br>(ポイントファイルを確認せず、どのポイントファイルが読み込まれていても実行できます。) |
| ポイントファイル名 | 指定されたポイントファイルが読み込まれていない場合、エラーになります。 |

デフォルト: None

- RobotToolプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するツール座標系番号を指定します。
  フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定していないツール座標系番号が選択されている場合、エラーとなります。誤操作防止用のプロパティーです。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0~15 | 指定されたツール座標系番号が選択されていない場合、エラーになります。 |

デフォルト: 0

- PosCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドシーケンス開始時に、位置姿勢(X, Y, Z, U, V, W)を確認するかどうかを指定します。
  Trueを指定した場合、指定された条件を満たす場合にフォースガイドシーケンスを開始します。もし、条件を満たしていない場合、フォースガイドオブジェクトは実行されず、フォースガイドシーケンス失敗として終了して、FGRunの次のSPELステートメントが実行されます。Falseを指定した場合、位置姿勢は確認されず、必ずフォースガイドオブジェクトが実行されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 開始時の位置姿勢が確認されます。 |
| False | 開始時の位置姿勢は確認されず、どの位置からでも開始できます。 |

デフォルト: False

- OrientCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドシーケンス開始時にアーム姿勢(Hand, Elbow, Wrist)を確認するかどうかを指定します。
  Trueを指定した場合、指定されたアーム姿勢と一致する場合にフォースガイドシーケンスが開始されます。もし、アーム姿勢が一致しない場合、フォースガイドオブジェクトは実行されず、フォースガイドシーケンス失敗として終了して、FGRunの次のSPELステートメントが実行されます。
  Falseを指定した場合、アーム姿勢は確認されず、必ずフォースガイドオブジェクトが実行されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 開始時の位置姿勢が確認されます。 |

| 値 | 説明 |
|---|---|
| False | 開始時の位置姿勢は確認されず、どの位置からでも開始できます。 |

デフォルト: False

- StartCheckPointプロパティー
  フォースガイドシーケンス開始時に位置姿勢およびアーム姿勢を確認する基準ポイントを指定します。
  PosCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 999 |

デフォルト: 0

- StartPntTolLocalプロパティー
  フォースガイドシーケンス開始時の位置姿勢確認について、有効とする範囲を指定するための基準となるローカル座標系番号を指定します。
  PosCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。ローカル座標系は、方向のみ使用され、原点位置は影響しません。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

デフォルト: 0 (Base)

- StartPntTolXプロパティー
  フォースガイドシーケンス開始時の位置姿勢確認について、有効とするX方向の範囲を指定します。
  PosCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。
  StartPntTolLocalで指定したローカル座標系のX方向にStartCheckPointで指定した位置から本プロパティーで指定した値以内の位置にいる場合、条件を満たしたと判定します。各方向の条件はANDとして判定されるため、X, Y, Z, Rotの1つ以上が範囲外である場合、失敗と判定されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 100 |

デフォルト: 0

- StartPntTolYプロパティー
  フォースガイドシーケンス開始時の位置姿勢確認について、有効とするY方向の範囲を指定します。
  PosCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。
  StartPntTolLocalで指定したローカル座標系のY方向にStartCheckPointで指定した位置から本プロパティーで指定した値以内の位置にいる場合、条件を満たしたと判定します。各方向の条件はANDとして判定されるため、X, Y, Z, Rotの1つ以上が範囲外である場合、失敗と判定されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 100 |

デフォルト: 0

- StartPntTolZプロパティー
  フォースガイドシーケンス開始時の位置姿勢確認について、有効とするZ方向の範囲を指定します。

PosCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。
StartPntTolLocalで指定したローカル座標系のZ方向にStartCheckPointで指定した位置から本プロパティーで指定した値以内の位置にいる場合、条件を満たしたと判定します。各方向の条件はANDとして判定されるため、X, Y, Z, Rotの1つ以上が範囲外である場合、失敗と判定されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 100 |

デフォルト: 0

- StartPntTolRotプロパティー
  フォースガイドシーケンス開始時の位置姿勢確認について、有効とする回転方向の範囲を指定します。
  PosCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。
  フォースガイドシーケンス開始時の現在姿勢と、StartCheckPointで指定した姿勢(UVW)の差が、本プロパティーで指定した値以内の角度の場合、条件を満たしたと判定します。各方向の条件はANDとして判定されるため、X, Y, Z, Rotの1つ以上が範囲外である場合、失敗と判定されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 0

#### 4.4.2.1.3 汎用シーケンスのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  フォースガイドシーケンスが最後まで実行され、最後のフォースガイドオブジェクトが成功するか、最後のフォースガイドオブジェクトのAbortSeqOnFailプロパティーがFalseの場合、成功になります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドシーケンスが成功した。 |
| Failed | フォースガイドシーケンスが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドシーケンスが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドシーケンスの実行中に停止した。 |

- EndStatusDataリザルト
  実行した結果の詳細情報です。
  失敗理由を表します。各ビットの値 (ON:1, OFF:0) によって、0~7の値を返します。

| Bit | 説明 |
|---|---|
| 0 | AbortSeqOnFailにTrueが設定されているフォースガイドオブジェクトが失敗した場合、オンになります。 |
| 1 | 開始時の位置姿勢 (X, Y, Z, U, V, W)が、指定された範囲から逸脱していた場合、オンになります。 |
| 2 | 開始時のアーム姿勢 (Hand, Elbow, Wrist)が、指定姿勢と異なっていた場合、オンになります。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- LastExecObjectリザルト
  最後に実行したフォースガイドオブジェクト名です。
- EndForcesリザルト
  フォースガイドシーケンス終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]

### 4.4.2.2 汎用フォースガイドオブジェクト

汎用フォースガイドオブジェクトは、以下の10種類を使用できます。

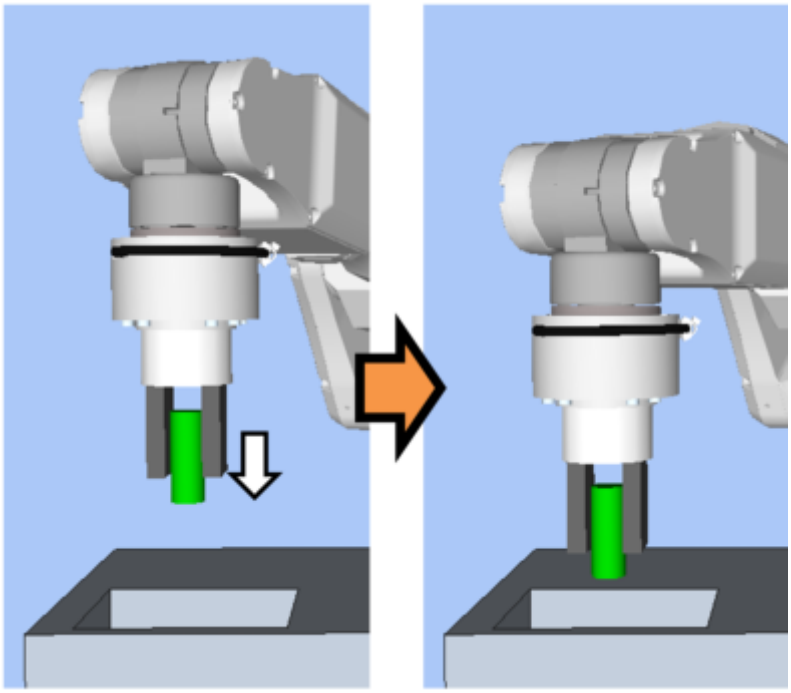
| カテゴリー | オブジェクト名 | 説明 |
|---|---|---|
| 接触 | 接触 | ロボットを指定方向に移動させ、接触した位置で停止します。 |
| 倣い | 脱力 | 指定した軸にかかっている力やトルクを“0”になるようにロボットの位置姿勢を補正します。 |
| | 倣い移動 | 指定した軌道を移動しながら、指定した軸にかかっている力やトルクを“0”になるようにロボットの位置姿勢を補正します。 |
| 合わせ | 面合わせ | 把持しているワークの面と、対象物の面を合わせます。 |
| 探り | 押付け探り | 把持しているワークを押し付けながら、穴や段差を見つけます。 |
| | 接触探り | 把持しているワークを接触させながら、穴や段差を見つけます。 |
| 押付け | 押付け | 指定した軸方向に押し付けます。 |
| | 押付け移動 | 指定した軌道を移動しながら、指定した軸方向に押し付けます。 |
| 実行 | 条件分岐 | オブジェクトの成功/失敗の結果によって処理を分岐します。 |
| | SPEL関数 | 指定したSPELプログラムのファンクションを実行します。 |

この章では、各汎用フォースガイドオブジェクトの種類や、プロパティーやプロパティーの設定や調整方法を説明します。
フォースガイドオブジェクトの設定は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 - フォースガイドオブジェクトを設定する

#### 4.4.2.2.1 接触オブジェクト

接触オブジェクトは、ワークなどの物体に接触するまで指定方向に移動させ、接触したとき停止するようにロボットを動作させるフォースガイドオブジェクトです。

他のフォースガイドオブジェクトを開始する位置や把持位置の位置決めに使用します。ワーク寸法や、ワークの把持位置などに誤差がある場合でも、接触位置を検出できるため、次の動作やフォースガイドオブジェクトを安定して実行できます。



上図は、接触オブジェクトによる動作のイメージです。非接触状態から、白い矢印で示す方向に移動し、接触した位置で停止します。

接触オブジェクトは、指定時間内に終了条件を満たしたとき成功となります。接触オブジェクトは、力に関する終了条件が必ず設定されます。

各条件は、以下の通りです。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 力に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下のどちらかを満たすこと |
| | ContactOrientがFx, Fy, Fz の場合:<br>指定方向の力の絶対値が、<br>ContactForceThreshの絶対値を超えること |
| | ContactOrientがTx, Ty, Tz の場合:<br>指定方向のトルクの絶対値が、<br>ContactTorqueThreshの絶対値を超えること |

#### 4.4.2.2.1.1 接触オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**

基本情報に関するプロパティー(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前です。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明です。<br>動作の説明などを記述します。任意の文字列を設定します。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイドオブジェクトを実行しない場合 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを指定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 開始前のI/O処理を設定する**

フォースガイドオブジェクト開始前のI/O処理に関するプロパティー(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOPreprocEnabled | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットを操作するかどうかを設定します。<br>出力ビットは、1個のみ操作できます。複数の出力ビットを操作する場合は、SPEL関数オブジェクトを使用してください。 |
| | False : 通常の場合 |
| | True : 周辺装置を動作/停止させるなど、出力ビットを操作する場合 |
| IOPreprocOutputBit | フォースガイドオブジェクト開始時に操作する出力ビットを指定します。 |
| IOPreprocOutputStatus | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットをオンするかオフするかを設定します。<br>出力する状態を設定します。 |

**Step 3. 接触方向と力制御機能を設定する**

接触方向と力制御機能に関するプロパティー(ContactOrient, ContactFirmnessF, ContactFirmnessT, CFEnabled)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ContactOrient | 接触する方向を指定します。<br>ロボットは、指定方向へ移動、または回転します。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ContactFirmnessF<br>ContactFirmnessT | 力制御機能の硬さを設定します。<br>ContactFirmnessF : ContactOrientがFx, Fy, Fzの場合<br>ContactFirmnessT : ContactOrientがTx, Ty, Tzの場合 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| | 小さい絶対値を設定した場合:<br>接触動作の移動速度が速くなります。 |
| CFEnabled | 次のフォースガイドオブジェクトまで、力制御機能を継続するかどうかを設定します。 |
| | False : 通常の場合<br>力制御機能を1度オフしてから、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。 |
| | True : 接触後、力を一定に保ち続けたまま、次のフォースガイドオブジェクトを開始したい場合<br>次のフォースガイドオブジェクトは、ContactOrientで選択した方向の力制御を継続しなければなりません。 |

ContactOrientは、シミュレーター機能によって設定状態を確認できます。指定方向以外がグレイアウト表示された座標系が表示されます。
ただし、ロボットは、現在位置を基に表示されます。フォースガイドオブジェクトを実行する位置姿勢にした状態で確認してください。
シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

**Step 4. 終了条件について設定する**
終了条件に関するプロパティー(ContactForceThresh, ContactTorqueThresh, Timeoutプロパティー)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ContactForceThresh<br>ContactTorqueThresh | 接触したと判定する閾値を設定します。<br>お客様のワークが許容する値を設定してください。 |
| | ContactForceThresh :<br>ContactOrientがFx, Fy, Fzの場合に、<br>3~5[N]程度を設定します。 |
| | ContactTorqueThresh :<br>ContactOrientがTx, Ty, Tzの場合に、<br>500[N・mm]程度を設定します。 |
| | 大きい絶対値を設定した場合:<br>接触までの移動速度が速くなります。 |
| | 値が小さすぎる場合:<br>ロボットが移動しないことがあります。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Timeout | 接触オブジェクトのタイムアウト時間を設定します。<br>接触するまでに指定時間が経過した場合、失敗となります。 |

#### 4.4.2.2.1.2 接触オブジェクトの調整ガイドライン

接触オブジェクトを使用するときの、調整方法について説明します。

- 接触時の力が大きい場合:
  ContactForceThreshか、ContactTorqueThreshの値を小さくします。または、ContactFirmnessFか、ContactFirmnessTの値を大きくします。
  ただし、移動速度が遅くなります。許容できる状態に調整してください。

- 接触する前にフォースガイドオブジェクトが終わってしまう場合:
  実行時間が短い場合は、Timeoutの値を大きくします。

- 接触する前に接触したと誤判定する場合:
  移動時の慣性力や移動によるノイズによって、誤判定することがあります。
  ContactForceThreshか、ContactTorqueThreshの値を大きくします。ただし、接触時の力やトルクが大きくなります。許容できる状態に調整してください。
  または、ContactFirmnessFか、ContactFirmnessTの値を大きくします。ただし、移動速度が遅くなります。許容できる状態に調整してください。

- 接触までの移動速度が遅い場合:
  ContactForceThreshか、ContactTorqueThreshの値を大きくします。または、ContactFirmnessFか、ContactFirmnessTの値を小さくします。
  ただし、接触時の力やトルクが大きくなることや、振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。

- 接触までに時間がかかる場合:
  フォースガイドオブジェクトの開始位置が離れている場合は、移動しなければならない距離が大きいため時間がかかります。開始位置を、接触予定位置にできるだけ近く、接触しない位置に変更してください。

- 接触方向に動かない、反対方向に動く場合:
  力覚センサーのリセットが正しく行われていない可能性があります。フォースガイドシーケンスのResetSensorの設定を見直してください。
  または、フォースガイドシーケンスの開始時に接触状態で開始している可能性があります。非接触状態から開始するようにしてください。
  または、ContactForceThreshやContactTorqueThreshの絶対値が小さい可能性があります。絶対値を大きくしてください。ただし、接触時の力やトルクが大きくなります。許容できる状態に調整してください。

#### 4.4.2.2.1.3 接触オブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。接触オブジェクトを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、Contact01のように、Contactの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は、変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。

- Enabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトを有効にするかどうかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されます。Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行せず、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。
  フォースガイドシーケンス作成中に、実行しないが一時的に残したい場合や、フォースガイドオブジェクトをコピーして異なるパラメーターで試したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトを有効にします。 |
| False | フォースガイドオブジェクトを無効にします。 |

  デフォルト: True

- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。

- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True

- IOPreprocEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作を指定します。
  I/O操作は、IOPreprocOutputBitプロパティーとIOPreprocOutputStatusプロパティーで定義されます。フォースガイドオブジェクト実行前にハンドや周辺装置を操作したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 開始時のI/O操作を実行します。 |
| False | 開始時のI/O操作を実行しません。 |

  デフォルト: False

- IOPreprocOutputBitプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での操作対象の出力ビットを指定します。IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

デフォルト: 0

- IOPreprocOutputStatusプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での出力状態を指定します。IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 指定された出力ビットをオフします。(0に設定) |
| On | 指定された出力ビットをオンします。(1に設定) |

デフォルト: Off

- ContactOrientプロパティー
  開始位置から見た接触予定位置の方向を指定します。
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるどの方向かを指定します。並進方向(+Fx ~ -Fz)と、回転方向(+Tx ~ -Tz)から選択します。ロボットは、指定方向に移動して、物体に接触したとき、停止します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| +Fx | Fxの正方向に移動します。 |
| -Fx | Fxの負方向に移動します。 |
| +Fy | Fyの正方向に移動します。 |
| -Fy | Fyの負方向に移動します。 |
| +Fz | Fzの正方向に移動します。 |
| -Fz | Fzの負方向に移動します。 |
| +Tx | Txの正方向に移動します。 |
| -Tx | Txの負方向に移動します。 |
| +Ty | Tyの正方向に移動します。 |
| -Ty | Tyの負方向に移動します。 |
| +Tz | Tzの正方向に移動します。 |
| -Tz | Tzの負方向に移動します。 |

デフォルト: +Fz

- ContactFirmnessFプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の力制御機能に関する硬さを指定します。ContactOrientが並進方向(+Fx~-Fz)の場合に使用されます。
  ContactFirmnessFの値が大きくなると、力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。ContactFirmnessFの値が小さくなると、力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

デフォルト: 10

- ContactFirmnessTプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の力制御機能に関する硬さを指定します。ContactOrientが回転方向(+Tx ~ -Tz)の場合に使用されます。
  ContactFirmnessTの値が大きくなると、力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。ContactFirmnessTの値が小さくなると、力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

  デフォルト: 3000

- CFEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト終了後も力制御機能を継続するかを指定します。CFEnabledをTrueにしても、フォースガイドシーケンスが終了する場合は、力制御機能を終了します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトが終了しても、次のフォースガイドオブジェクトまで力制御機能を継続します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト終了時に力制御機能を終了します。 |

  デフォルト: False

- ContactForceThreshプロパティー
  接触と判定する力の閾値を指定します。ContactOrientが並進方向(+Fx ~ -Fz)の場合に使用されます。
  接触オブジェクト実行中に、本プロパティーで指定された値を超えたとき、ロボットは接触したことを認識して動作を停止し、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

  ContactOrientが正方向の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -10 |
| 最大値 | 0 |

  デフォルト: -5

  ContactOrientが負方向の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 5

- ContactTorqueThreshプロパティー
  接触と判定するトルクの閾値を指定します。ContactOrientが回転方向(+Tx ~ -Tz)の場合に使用されます。接触オブジェクト実行中の、本プロパティーで指定された値を超えたとき、ロボットは接触したことを認識して動作を停止し、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

  ContactOrientが正方向の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -1000 |
| 最大値 | 0 |

デフォルト: -200

ContactOrientが負方向の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 1000 |

デフォルト: 200

- Timeoutプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのタイムアウト時間を指定します。
  本プロパティーで指定した時間を超えても、ContactForceThresh、またはContactTorqueThreshで指定した閾値を超えなかった場合、接触に失敗したと判定します。
  判定後、AbortSeqOnFailにしたがって、フォースガイドシーケンスを終了するか、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 60 |

デフォルト: 10

#### 4.4.2.2.1.4 接触オブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  接触オブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- TimedOutリザルト
  Timeoutプロパティーで指定したタイムアウト時間に到達したかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | タイムアウト時間に到達した。 |

| 値 | 説明 |
|---|---|
| False | タイムアウト時間に到達する前に終了した。 |

- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- ForceCondOKリザルト
  力に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

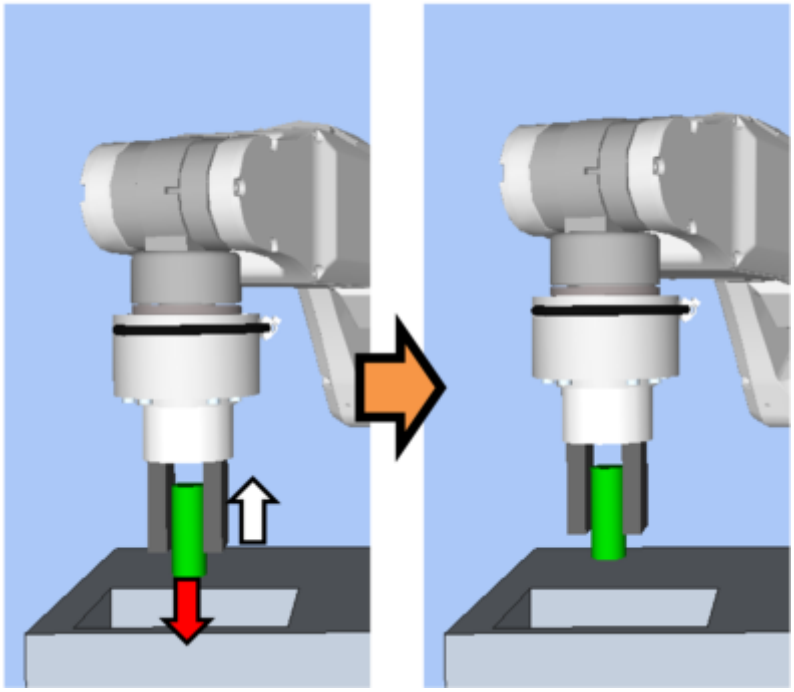
| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を満たした。 |
| False | 力に関する終了条件を満たさなかった。 |

- TriggeredForcesリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredPosリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]

#### 4.4.2.2.2 脱力オブジェクト

脱力オブジェクトは、指定方向の力が“0”になるような位置にロボットを移動させるフォースガイドオブジェクトです。

押付けオブジェクトなどによる押し付け後の安全な押し付け状態の解除や、組み立て中に加わった不要な力の除去などに使用します。またハンド動作と組み合わせることで倣い把持を行うことができます。ワーク寸法やワーク位置などに誤差がある場合でも、ワークに不要な力をかけずに安定して把持することができます。



上図は、脱力オブジェクトによる動作のイメージです。接触して赤い矢印で示すように押し付けていた状態から、力のかかっていない位置になるように、白い矢印で示すロボットが受ける力の方向に移動します。
脱力オブジェクトは、指定時間内に終了条件を満たしたとき成功となります。脱力オブジェクトは、力とI/Oに関する終了条件が使用できます。

各終了条件は、ForceCheckEnabled, IOCheckEnabledで使用するかしないかを設定します。1つも終了条件を設定しない場合は、常に成功となります。また複数の終了条件を設定した場合、EndCheckOperatorで終了条件の組み合わせ方をANDとORから選択できます。
各条件は、以下の通りです。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 力に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下の全てをHoldTimeThreshで指定した時間の間、満たし続けること |
| | Fx, Fy, Fz の内ControlModeでFollowに指定した軸:<br>±FollowCheckTolFの範囲に入ること |
| | Tx, Ty, Tz の内ControlModeでFollowに指定した軸:<br>±FollowCheckTolTの範囲に入ること |
| I/Oに関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、IOCheckInputBitで指定した入力ビットがIOCheckInputStatusで指定した状態になること |

#### 4.4.2.2.2.1 脱力オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティー(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前です。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明です。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイドオブジェクトを実行しない場合 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかです。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 開始前のI/O処理を設定する**

フォースガイドオブジェクト開始前のI/O処理に関するプロパティー(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOPreprocEnabled | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットを操作するかどうかを設定します。<br>出力ビットは1個のみ操作可能です。複数の出力ビットを操作する場合は、SPEL関数オブジェクトを使用してください。 |
| | False : 通常の場合 |
| | True : 周辺装置を動作/停止させるなど、出力ビットを操作する場合 |
| IOPreprocOutputBit | フォースガイドオブジェクト開始時に操作する出力ビットを指定します。 |
| IOPreprocOutputStatus | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットをオンするかオフするかを設定します。<br>出力する状態を指定します。 |

**Step 3. 力制御機能を設定する**

力制御機能に関するプロパティー(Fx_ControlMode, …, Tz_ControlMode, Fx_Firmness, …, Tz_Firmness, CFEnabled)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Fx_ControlMode<br>Fy_ControlMode<br>Fz_ControlMode<br>Tx_ControlMode<br>Ty_ControlMode<br>Tz_ControlMode | 各方向に対する力制御機能のモードを設定します。 |
| | Followを指定した方向:<br>力制御機能によって倣います。 |
| | Disabledを指定した方向:<br>力制御機能が無効になります。 |
| | 倣いたい方向のControlModeをFollowにします。<br>1つ以上の方向をFollowにしなければなりません。 |
| Fx_Firmness<br>Fy_Firmness<br>Fz_Firmness<br>Tx_Firmness<br>Ty_Firmness<br>Tz_Firmness | 各方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| CFEnabled | 次のフォースガイドオブジェクトまで、力制御機能を継続するかどうかを設定します。 |
| | False : 通常の場合<br>力制御機能を1度オフしてから、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。 |
| | True : 接触後、力を一定に保ち続けたまま、次のフォースガイドオブジェクトを開始したい場合<br>次のフォースガイドオブジェクトは、各ControlModeでFollowを選択した方向の力制御を継続しなければなりません。 |

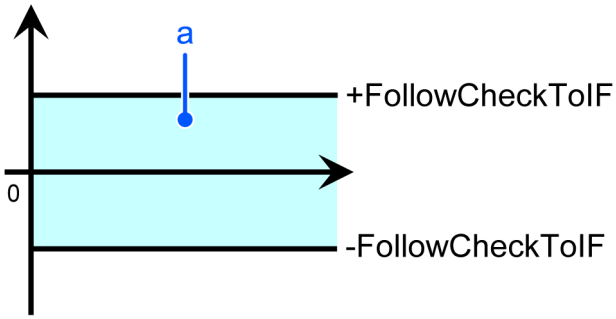
ControlModeは、シミュレーター機能によって設定状態を確認できます。有効にした方向以外がグレイアウト表示された座標系が表示されます。ただし、ロボットは、現在位置を基に表示されます。フォースガイドオブジェクトを実行する位置姿勢にした状態で確認してください。シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

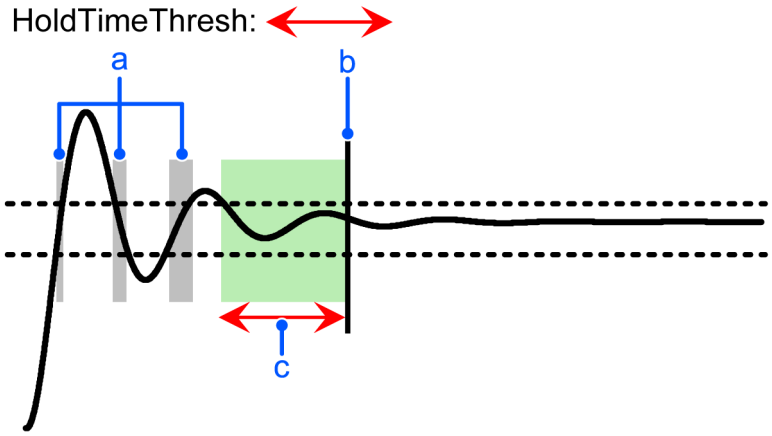
**Step 4. 終了条件の基本情報を設定する**
終了条件の組み合わせ、タイムアウトに関するプロパティー(EndCheckOperator, Timeout)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| EndCheckOperator | 力とI/Oに関する終了条件の組み合わせ方を指定します。<br>AND : 両方の条件を満たしたとき終了する場合<br>OR : 1つ以上の条件を満たしたとき終了する場合 |
| Timeout | タイムアウト時間を設定します。 |
| | 終了条件が設定されていない場合:<br>実行時間となります。 |
| | 終了条件が設定されている場合:<br>指定時間内に終了条件を満たさないとき、失敗となります。 |

**Step 5. 力に関する終了条件を設定する**

力の終了条件に関するプロパティー(ForceCheckEnabled, FollowCheckTolF, FollowCheckTolT, HoldTimeThresh)を設定します。

<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td>ForceCheckEnabled</td><td>力に関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>True : 力に関する終了条件を有効にする場合</td></tr>
<tr><td rowspan="3">FollowCheckTolF<br>FollowCheckTolT</td><td>力に関する終了条件の、並進方向または回転方向の範囲を設定します。<br>FollowCheckTolF: 並進方向を示します。<br>FollowCheckTolT: 回転方向を示します。</td></tr>
<tr><td>Fx, Fy, FzのControlModeでFollowを指定した方向の力が、<br>±FollowCheckTolFの範囲に入ることを監視します。<br>Tx, Ty, TzのControlModeでFollowを指定した方向の力が、<br>±FollowCheckTolTの範囲に入ることを監視します。</td></tr>
<tr><td>下図は、FollowCheckTolFのイメージです。<br> 

a: 設定された範囲</td></tr>
<tr><td rowspan="2">HoldTimeThresh</td><td>終了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>下図のように、指定した条件が、HoldTimeThreshで指定した時間の間継続したとき、終了条件を満たしたと判定します。<br> 

a: 継続時間未達 / b: 終了 / c: 指定時間継続</td></tr>
<tr><td>通常は“0”を設定します。<br>次に実行するフォースガイドオブジェクトの動作が安定しない場合に、整定したことを確認するための時間を設定します。<br>終了条件を一時的に無効にして実行したときの実際の結果から、時間を決定することを推奨します。</td></tr>
</table>

**Step 6. I/Oに関する終了条件を設定する**

I/Oの終了条件に関するプロパティー(IOCheckEnabled, IOCheckInputBit, IOCheckInputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOCheckEnabled | I/Oに関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>True : I/Oに関する終了条件を有効にする場合 |
| IOCheckInputBit | 終了条件として監視する入力ビットを設定します。 |
| IOCheckInputStatus | 終了条件とする入力ビットの状態を設定します。<br>IOCheckInputBitで指定した入力ビットが、IOCheckInputStatusで指定した状態になったとき、終了条件を満たしたと判定します。 |

#### 4.4.2.2.2.2 脱力オブジェクトの調整ガイドライン

脱力オブジェクトを使用するときの、調整方法について説明します。

- 力が “0”になるのが遅い場合:
  力のかかる要因が変化しない場合の調整方法です。力に合わせて、ロボットが移動しても、さらに力がかかり続ける場合は、のぞきます。
  各方向のFirmnessの値を小さくします。ただし、ロボットの動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。

- 振動的に動く場合:
  Firmnessの値を大きくします。ただし、ロボットの反応が鈍くになります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%増加させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

#### 4.4.2.2.2.3 脱力オブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。脱力オブジェクトを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、Relax01のように、Relaxの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Enabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトを有効にするかどうかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されます。Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行せず、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。
  フォースガイドシーケンス作成中に、実行しないが一時的に残したい場合や、フォースガイドオブジェクトをコピーして異なるパラメーターで試したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトを有効にします。 |
| False | フォースガイドオブジェクトを無効にします。 |

  デフォルト: True

- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。
- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True
- IOPreprocEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作を指定します。
  I/O操作は、IOPreprocOutputBitプロパティーとIOPreprocOutputStatusプロパティーで定義されます。フォースガイドオブジェクト実行前にハンドや周辺装置を操作したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 開始時のI/O操作を実行します。 |
| False | 開始時のI/O操作を実行しません。 |

  デフォルト: False
- IOPreprocOutputBitプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での操作対象の出力ビットを指定します。IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

  デフォルト: 0
- IOPreprocOutputStatusプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での出力状態を指定します。IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 指定された出力ビットをオフします。(0に設定) |
| On | 指定された出力ビットをオンします。(1に設定) |

  デフォルト: Off

- Fx_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFx方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Fx方向の力制御機能は実行されません。Followを指定した場合、Fx方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

  デフォルト: Disabled
- Fx_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFx方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Fx_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
  Fx_Firmnessの値が大きくなると、Fx方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Fx_Firmnessの値が小さくなると、Fx方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 10
- Fy_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFy方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Fy方向の力制御機能は実行されません。Followを指定した場合、Fy方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

  デフォルト: Disabled
- Fy_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFy方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Fy_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
  Fy_Firmnessの値が大きくなると、Fy方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Fy_Firmnessの値が小さくなると、Fy方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 10
- Fz_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFz方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Fz方向の力制御機能は実行されません。Followを指定した場合、Fz方向の力制御機

能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Fz_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFz方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  Fz_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
  Fz_Firmnessの値が大きくなると、Fz方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Fz_Firmnessの値が小さくなると、Fz方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

デフォルト: 10

- Tx_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTx方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Tx方向の力制御機能は実行されません。Followを指定した場合、Tx方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Tx_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTx方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Tx_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
  Tx_Firmnessの値が大きくなると、Tx方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Tx_Firmnessの値が小さくなると、Tx方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

デフォルト: 3000

- Ty_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTy方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Ty方向の力制御機能は実行されません。Followを指定した場合、Ty方向の力制御機

能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Ty_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTy方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Ty_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
  Ty_Firmnessの値が大きくなると、Ty方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Ty_Firmnessの値が小さくなると、Ty方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

デフォルト: 3000

- Tz_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTz方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Tz方向の力制御機能は実行されません。Followを指定した場合、Tz方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Tz_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTz方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Tz_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
  Tz_Firmnessの値が大きくなると、Tz方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Tz_Firmnessの値が小さくなると、Tz方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

デフォルト: 3000

- CFEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト終了後も力制御機能を継続するかを指定します。CFEnabledをTrueにしても、フォースガイドシーケンスが終了する場合は、力制御機能を終了します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトが終了しても、次のフォースガイドオブジェクトまで力制御機能を継続します。 |

| 値 | 説明 |
|---|---|
| False | フォースガイドオブジェクト終了時に力制御機能を終了します。 |

デフォルト: False

- EndCheckOperatorプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件を複数使用する場合の組み合わせ条件を指定します。
  ANDを指定した場合、有効にした終了条件の全てが満たされた場合に、フォースガイドオブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。ORを指定した場合、有効にした終了条件のいずれかが満たされた場合に、フォースガイドオブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| OR | OR条件として組み合わせます。 |
| AND | AND条件として組み合わせます。 |

デフォルト: AND

- ForceCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件に力に関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を有効にします。 |
| False | 力に関する終了条件を無効にします。 |

デフォルト: False

- FollowCheckTolFプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。ForceCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。
  Fx, Fy, Fzについて、各ControlModeでFollowを指定した軸で使用され、+-FollowCheckTolFの範囲に入ることを判定します。
  Followを指定した軸の全てがFollowCheckTolF、またはFollowCheckTolTで指定した範囲に入った場合、終了条件を満たしたと判定します。

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 1

- FollowCheckTolTプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。ForceCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。
  Tx, Ty ,Tzについて、各ControlModeでFollowを指定した軸で使用され、+-FollowCheckTolFの範囲に入ることを判定します。Followにした軸の全てがFollowCheckTolF、またはFollowCheckTolTで指定した範囲に入った場合、終了条件を満たしたと判定します。

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | シーケンスのVersionが7.5.1のとき: 1<br>シーケンスのVersionが7.4.0のとき: 100 |
| 最大値 | 10000 |

デフォルト: 500

- HoldTimeThreshプロパティー
  力に関する終了条件について、判定までの継続時間を指定します。ForceCheckEnabled がTrueの場合に使用さ

れます。
FollowCheckTolF、またはFollowCheckTolTで指定した範囲に入った状態が、HoldTimeThreshで指定した時間継続した場合、終了条件を満たしたと判定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 0

- IOCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件にI/Oに関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | I/Oに関する終了条件を有効にします。 |
| False | I/Oに関する終了条件を無効にします。 |

デフォルト: False

- IOCheckInputBitプロパティー
  I/Oに関する終了条件について、判定対象のビットを指定します。IOCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

デフォルト: 0

- IOCheckInputStatusプロパティー
  I/Oに関する終了条件について、判定条件を指定します。IOCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。
  IOCheckInputBitで指定したビットにより、終了条件を満たしたと判定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 入力ビットがオフ(0)のとき、条件を満たしたと判定します。 |
| On | 入力ビットがオン(1)のとき、条件を満たしたと判定します。 |

デフォルト: Off

- Timeoutプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのタイムアウト時間を指定します。
  Timeoutで指定した時間を超えても、ForceCheckEnabledやIOCheckEnabledで有効にした条件を満たさなかった場合、脱力オブジェクトに失敗したと判定します。
  判定後、AbortSeqOnFailにしたがって、フォースガイドシーケンスを終了するか、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  ForceCheckEnabledとIOCheckEnabledがFalseの場合、Timeoutで指定した時間経過したらフォースガイドオブジェクトを終了し、成功したと判定して次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 60 |

デフォルト: 10

#### 4.4.2.2.2.4 脱力オブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  脱力オブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- TimedOutリザルト
  Timeoutプロパティーで指定したタイムアウト時間に到達したかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | タイムアウト時間に到達した。 |
| False | タイムアウト時間に到達する前に終了した。 |

- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz[N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。
  Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- ForceCondOKリザルト
  力に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を満たした。 |
| False | 力に関する終了条件を満たさなかった。 |

- TriggeredForcesリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]

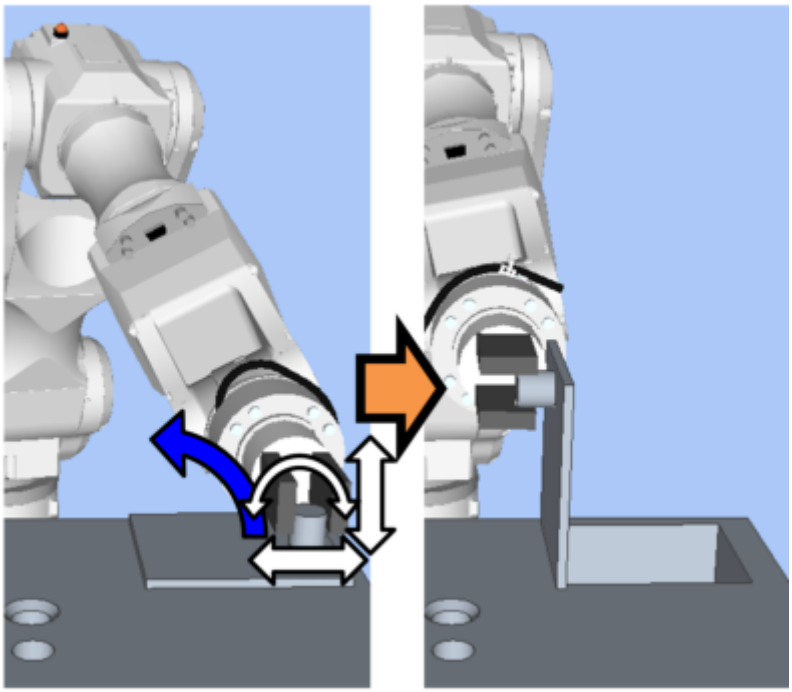
- TriggeredPosリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- IOCondOKリザルト
  I/Oに関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | I/Oに関する終了条件を満たした。 |
| False | I/Oに関する終了条件を満たさなかった。 |

### 4.4.2.2.3 倣い移動オブジェクト

倣い移動オブジェクトは、指定方向の力が“0”になるように倣いながら指定された軌道でロボットを移動させるフォースガイドオブジェクトです。

扉の開閉など操作対象によって固定される軌道の移動などに使用します。位置制御の場合、軌道がずれると操作対象に不要な力が加わり破壊する恐れがありますが、倣い移動オブジェクトは加わる力が“0”になるように制御するため、精密な軌道の教示をしなくても操作対象を破壊せずに移動することができます。



上図は、倣い移動オブジェクトによる動作のイメージです。青い矢印で示す指定した軌道を移動しながら、白い矢印で示す方向に加わる力が “0”になるように位置や姿勢を補正します。

倣い移動オブジェクトは、指定した軌道を移動する間に終了条件を満たしたとき成功となります。倣い移動オブジェクトは、位置とI/Oに関する終了条件が使用可能です。

各終了条件は、PosCheckEnabled, IOCheckEnabledで使用するかしないかを設定します。1つも終了条件を設定しない場合は、常に成功となります。また、複数の終了条件を設定した場合、EndCheckOperatorで終了条件の組み合わせ方をANDとORから選択できます。
各条件は、以下の通りです。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 位置に関する終了条件 | 指定した軌道を移動するまでに、以下のどちらかを満たすこと |
| | PosCheckTypeがRobotPlaneの場合:<br>PlaneNumberで指定したPlaneに対して、PlaneEndConditionで指定した状態を満足すること |
| | PosCheckTypeがRelativePlaneの場合:<br>PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocalで指定した相対平面に対して、PlaneEndConditionで指定した状態を満足すること<br>指定した軌道を移動するまでに、IOCheckInputBitで指定した入力ビットがIOCheckInputStatusで指定した状態になること |
| I/Oに関する終了条件 | 指定した軌道を移動するまでに、IOCheckInputBitで指定した入力ビットがIOCheckInputStatusで指定した状態になること |

#### 4.4.2.2.3.1 倣い移動オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティー(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイド |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 開始前のI/O処理を設定する**
フォースガイドオブジェクト開始前のI/O処理に関するプロパティー(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOPreprocEnabled | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットを操作するかどうかを設定します。<br>出力ビットは1個のみ操作可能です。複数の出力ビットを操作する場合は、SPEL関数オブジェクトを使用してください。 |
| | False : 通常の場合 |
| | True : 周辺装置を動作/停止させるなど、出力ビットを操作する場合 |
| IOPreprocOutputBit | フォースガイドオブジェクト開始時に操作する出力ビットを指定します。 |
| IOPreprocOutputStatus | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットをオンするかオフするかを設定します。<br>出力する状態を指定します。 |

**Step 3. 移動動作を設定する**

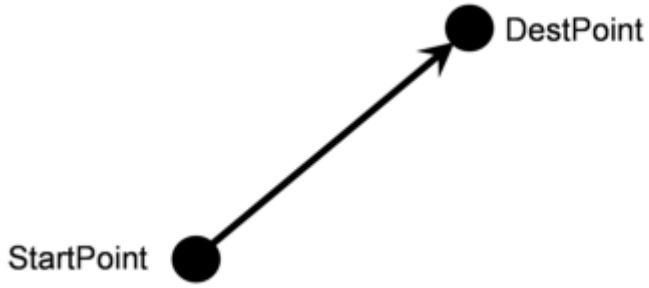
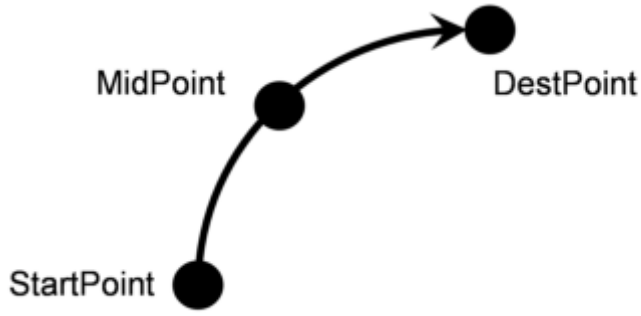
移動に関するプロパティー(MotionTrajectory, AccelS, AccelR, SpeedS, SpeedR, CPEnabled)を設定します。

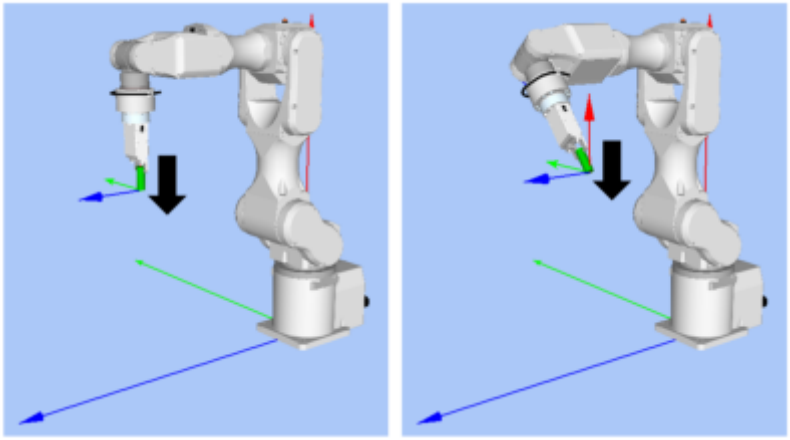
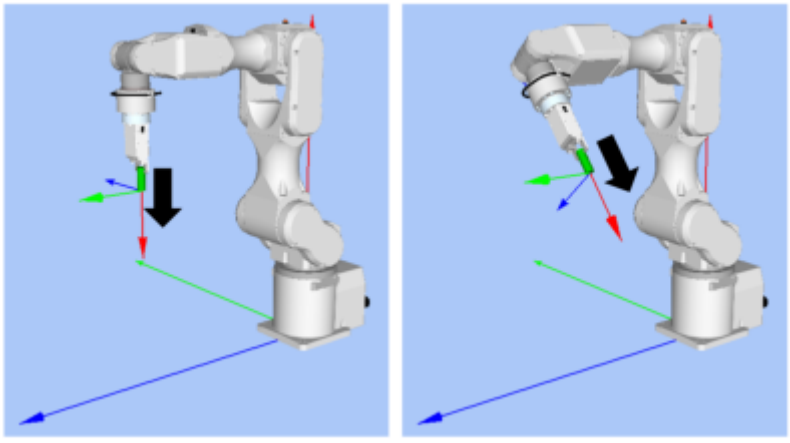
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| MotionTrajectory | 移動させる軌道の種類を設定します。 |
| | Straight : 直線動作させたい場合 |
| | Arc : 曲線動作させたい場合 |
| | MultiStraight : 複数のポイントを連続で直線動作させたい場合 |
| | MultiStraightCP : 複数のポイントを、軌道をつなげながら連続で直線動作させたい場合 |
| AccelS<br>AccelR | 移動時の加速度を設定します。 |
| | AccelS: 並進加速度 |
| | AccelR: 回転角加速度 |
| | 実際の加速度は、力制御機能によって補正されます。 |
| SpeedS<br>SpeedR | 移動時の並進速度を設定します。 |
| | SpeedS: 並進速度 |
| | SpeedR: 回転角速度 |
| | 実際の速度は、力制御機能によって補正されます。 |
| SpeedRPriority | 移動時にSpeedRプロパティーを優先させるかを設定します。<br>ポイント間の姿勢変化が移動距離に対して大きい場合、SpeedSプロパティーを使って動作すると、加速度エラーになることがあります。<br>AutoDistOrientRatioは、ポイント間の移動距離と姿勢変化から、自動的にSpeedRプロパティーを使うかを決定します。AutoDistOrientRatioを選択することを推奨します。<br>SpeedSプロパティー、またはSPeedRプロパティーに固定する場合は、DisabledまたはEnabledを選択します。 |
| | Disabled: 常にSpeedSプロパティーを使用する場合 |

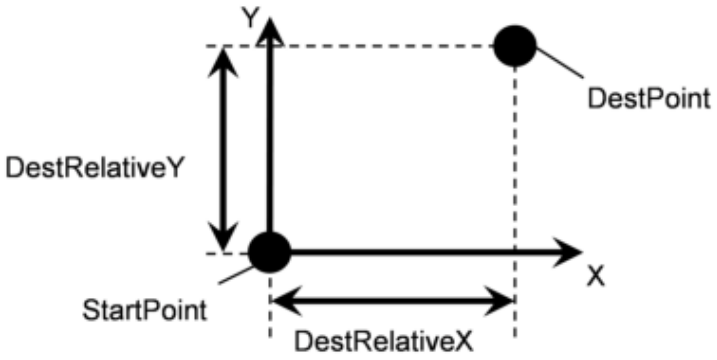
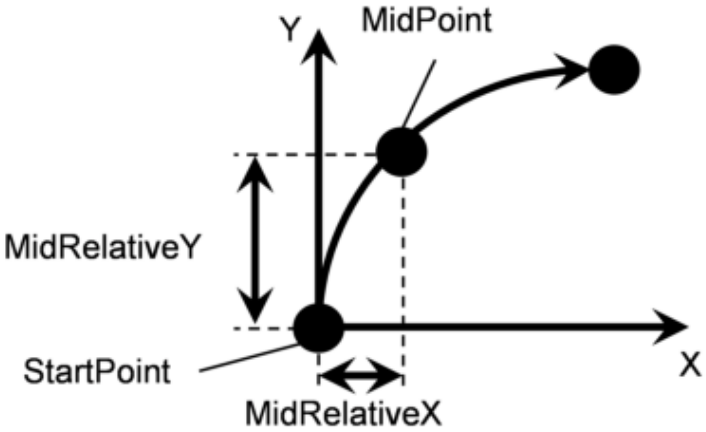
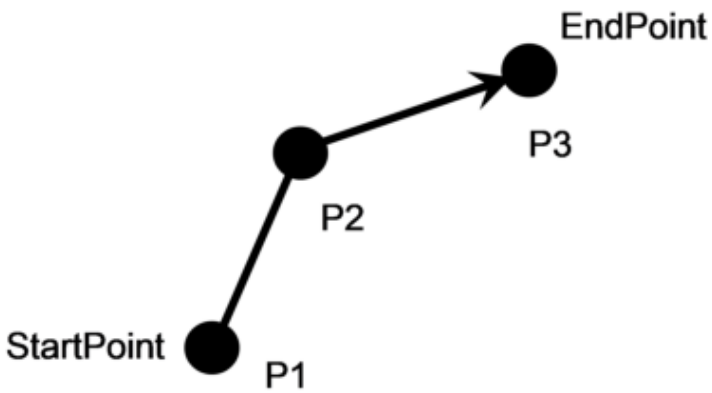
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | Enabled: 常にSpeedRプロパティーを使用する場合 |
| CPEnabled | パスモーションによって、倣い移動オブジェクトの軌道と、次のフォースガイドオブジェクトの軌道をつなげるかどうかを設定します。 |
| | True : 複数の倣い移動オブジェクトによって、複雑な軌道をつなげながら動作させる場合 |

**Step 4. 目標位置を設定する**

移動する軌道に関するプロパティー(DestType, DestPoint, MidPoint, RelativeOrient, RelativeRobotLocal, DestRelativeX, …, DestRelativeW, MidRelativeX, …, MidRelativeW)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| DestType | 目標位置の指定方法を設定します。<br>力制御機能を使ったとき、ロボットの位置は、力によって補正されます。そのため、位置決めされた位置からの相対移動量で目標位置を指定することを推奨します。<br>RobotPoint : 指定するポイントへ移動する場合<br>Relative : 相対移動量を指定する場合 |
| DestPoint | 目標位置を示すポイントを設定します。<br>MotionTrajectoryでStraightを選択した場合:<br>下図のように、フォースガイドオブジェクト開始位置から目標位置に向かう直線を移動します。<br>  |
| MidPoint | MotionTrajectoryがArcのときの、中継位置を示すポイントを設定します。<br>下図のように、中継位置を通って、目標位置へ向かう曲線を移動します。<br>  |

<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td rowspan="5">RelativeOrient</td><td>相対移動の基準とする座標系方向を設定します。</td></tr>
<tr><td>BaseかLocalを指定した場合:<br>外から見て、常に一定の方向に動作します。<br>下図は、Baseを設定した例です。例えば-Z方向に移動する場合、ロボット手先の姿勢が変わっても、常に鉛直下向き方向(ベース座標系の-Z方向)に移動します。(黒い矢印はロボットの動く方向を示します。)<br>ベース座標系と異なる方向に移動したい場合は、ローカル座標系で指定します。<br>  </td></tr>
<tr><td>Toolを指定した場合:<br>開始時の姿勢に合わせて、移動方向が変化します。<br>下図は、Toolを設定した例です。例えば+Z方向に移動した場合、開始時のロボット手先の姿勢にしたがって、移動方向が変わります。<br>  </td></tr>
<tr><td>Base, Local:<br>フォースガイドオブジェクト開始時の、ロボットの姿勢が変わっても、外から見て、常に一定の方向に移動したい場合</td></tr>
<tr><td>Tool:<br>ロボットの姿勢に合わせた方向に移動したい場合</td></tr>
<tr><td>RelativeRobotLocal</td><td>RelativeOrientでLocalを指定したときに使用するローカル座標系番号を指定します。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td>DestRelativeX<br>DestRelativeY<br>DestRelativeZ<br>DestRelativeU<br>DestRelativeV<br>DestRelativeW</td><td>フォースガイドオブジェクト開始位置から目標位置までの各方向の相対移動量を指定します。<br>下図のように、RelativeOrientで指定した座標系における移動量を指定します。<br> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">MidRelativeX<br>MidRelativeY<br>MidRelativeZ<br>MidRelativeU<br>MidRelativeV<br>MidRelativeW</td><td>フォースガイドオブジェクト開始位置から中継位置までの各方向の相対移動量を指定します。<br> 
</td></tr>
<tr><td>下図のように、RelativeOrientで指定した座標系における移動量を指定します。</td></tr>
<tr><td>StartPoint<br>EndPoint</td><td>MotionTrajectoryがMultiStraight、またはMultiStraighCPのときの、フォースガイドオブジェクトの連続動作開始位置と、終了位置を示すポイントを設定します。<br>下図のように、StartPointにP1、EndPointにP3を設定した場合、P1, P2, P3の順で連続移動させます。<br> 
</td></tr>
</table>

**Step 5. 力制御機能を設定する**

力制御機能に関するプロパティー(Fx_ControlMode, …, Tz_ControlMode, Fx_Firmness, …, Tz_Firmness, CFEnabled)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Fx_ControlMode<br>Fy_ControlMode<br>Fz_ControlMode<br>Tx_ControlMode<br>Ty_ControlMode<br>Tz_ControlMode | 各方向に対する力制御機能のモードを設定します。 |
| | Followを指定した方向:<br>力制御機能によって倣います。 |
| | Disabledを指定した方向:<br>力制御機能が無効になります。 |
| | 倣いたい方向のControlModeをFollowにします。<br>1つ以上の方向をFollowにしなければなりません。 |
| Fx_Firmness<br>Fy_Firmness<br>Fz_Firmness<br>Tx_Firmness<br>Ty_Firmness<br>Tz_Firmness | 各方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| CFEnabled | 次のフォースガイドオブジェクトまで、力制御機能を継続するかどうかを設定します。 |
| | False : 通常<br>力制御機能を1度オフしてから、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。 |
| | True : 接触後、力を一定に保ち続けたまま、次のフォースガイドオブジェクトを開始したい場合<br>次のフォースガイドオブジェクトは、各ControlModeでFollowを選択した方向の力制御を継続しなければなりません。 |

ControlModeは、シミュレーター機能によって設定状態を確認できます。有効にした方向以外がグレイアウト表示された座標系が表示されます。ただし、ロボットは、現在位置を基に表示されます。フォースガイドオブジェクトを実行する位置姿勢にした状態で確認してください。シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。

"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

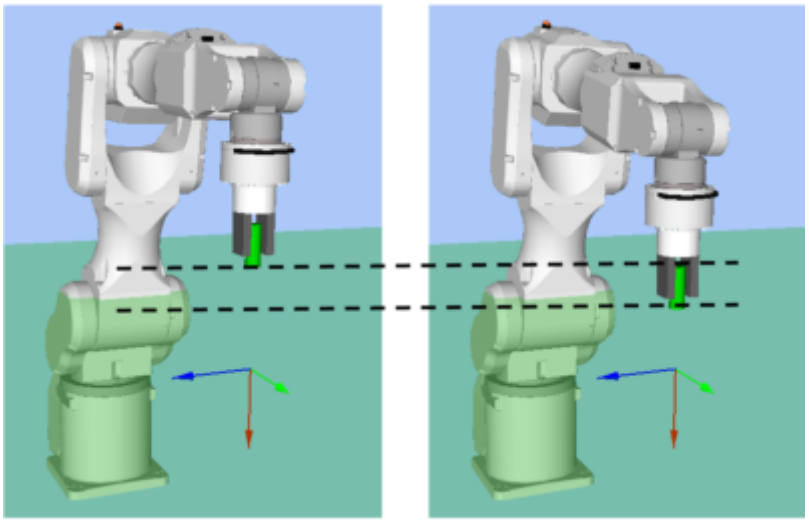
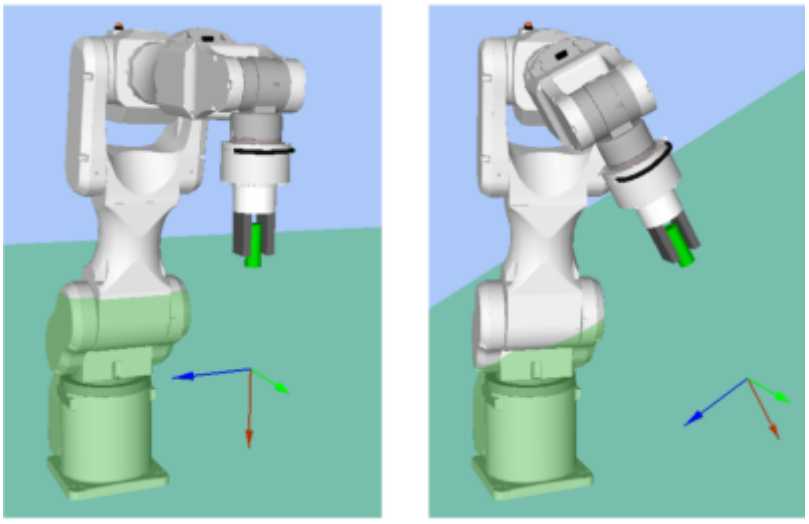
**Step 6. 終了条件の基本情報を設定する**

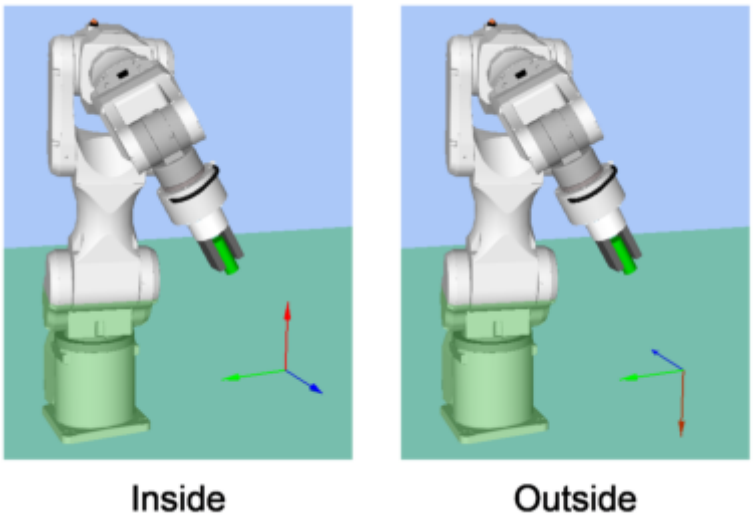
終了条件の組み合わせに関するプロパティー(EndCheckOperator)を設定します。

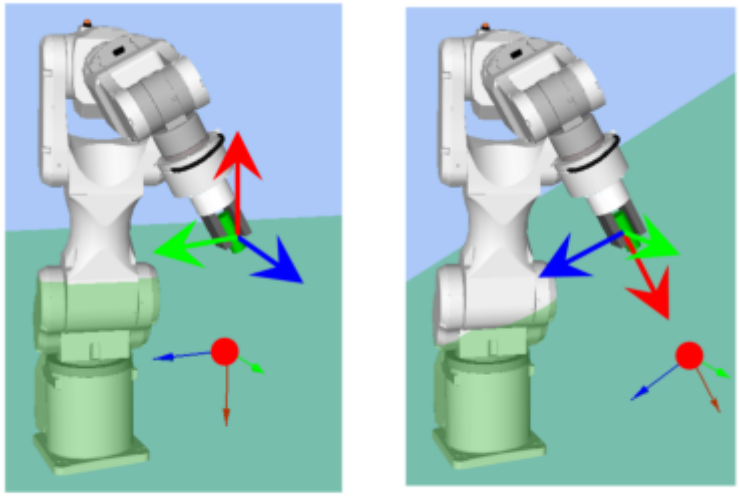
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| EndCheckOperator | 位置とI/Oに関する終了条件の組み合わせ方を指定します。<br>AND : 両方の条件を満たしたとき終了する場合<br>OR : 1つ以上の条件を満たしたとき終了する場合 |

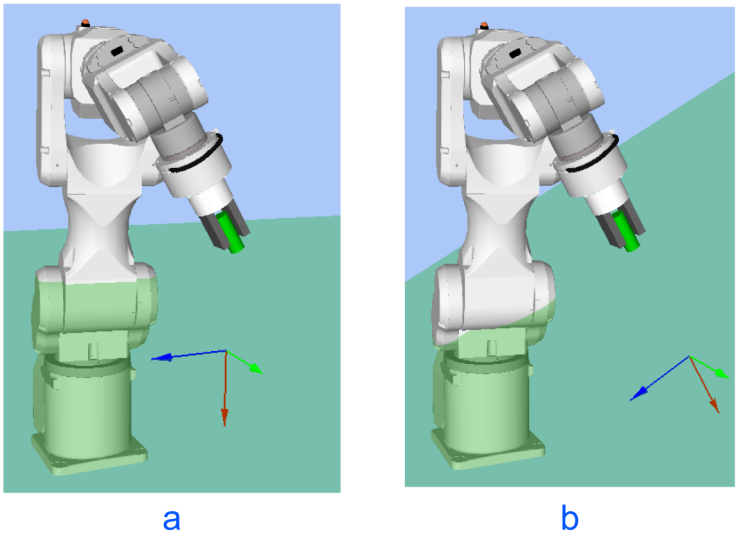
**Step 7. 位置に関する終了条件を設定する**

位置の終了条件に関するプロパティー(PosCheckEnabled, PosCheckType, PlaneNumber, PlaneEndCond, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal)を設定します。

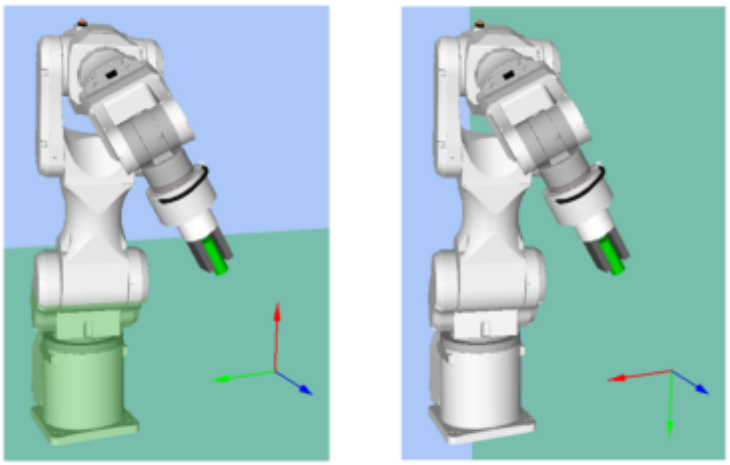
<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td>PosCheckEnabled</td><td>位置に関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>True : 位置に関する終了条件を有効にする場合<br>False : 位置に関する終了条件を無効にする場合</td></tr>
<tr><td rowspan="3">PosCheckType</td><td>位置に関する終了条件の種類を選択します。</td></tr>
<tr><td>RobotPlaneを選択した場合:<br>設定されているPlaneを終了条件の基準とします。<br>下図のように、Robotの位置姿勢に関わらず、一定の位置を基準とした終了条件を設定する場合に使用します。<br>  </td></tr>
<tr><td>RelativePlaneを選択した場合:<br>フォースガイドシーケンスを実行するたび、現在位置からの相対位置にPlaneを作成して位置の終了条件とします。<br>下図のように、開始時の位置姿勢に合わせて終了条件とする位置を変更する場合に使用します。<br>  </td></tr>
<tr><td rowspan="2">PlaneNumber</td><td>位置の終了条件に使うPlane番号を設定します。</td></tr>
<tr><td>PosCheckTypeがRobotPlaneの場合:<br>指定した番号のPlaneを基準とした終了条件が設定されます。</td></tr>
</table>

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | PosCheckTypeがRelativePlaneの場合:<br>フォースガイドシーケンスを実行するたび、指定した番号に新しくPlaneを設定します。<br>空いているPlane番号を設定してください。 |
| PlaneEndCond | 位置の終了条件とする状態を設定します。<br>平面に入った状態(Inside)と出た状態(Outside)のどちらかを終了条件として設定します。<br>設定した状態になったとき、位置の終了条件を満たしたと判定します。<br>平面に入った状態:<br>平面の+Z方向に位置する状態です。<br>  <br> |
| PlaneRelativeOrg | 平面の原点位置までのオフセット量を、どの座標系方向を基準に表現するかを設定します。 |
| | 下図左は、Baseを設定した例です。<br>ベース座標系を基準として相対距離を指定します。<br>PlaneRelativeZに負の値が設定された例となります。<br>下図右は、Toolを設定した例です。<br>ツール座標系を基準として相対距離を指定します。<br>PlaneRelativeZに正の値が設定された例となります。 |
| | ローカル座標系やツール座標系は、その方向のみ参照され、原点位置は影響しません。 |

<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td></td><td> 

ロボットの動作方向に終了条件とする位置を設定するため、通常は、フォースガイドシーケンスのForceOrientと一致する値を設定します。</td></tr>
<tr><td>PlaneRelativeX<br>PlaneRelativeY<br>PlaneRelativeZ</td><td>現在位置から平面の原点位置までの各方向のオフセット量を設定します。<br>方向は、PlaneRelativeOrgで指定した座標系の方向になります。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">PlaneRelativeOrient</td><td>平面方向の基準とする座標系を設定します。</td></tr>
<tr><td>下図左は、Baseを設定した例です。<br>フォースガイドオブジェクト開始時のロボットの姿勢に関わらず、平面の基準とする方向がベース座標系と一致します。<br>下図右は、Toolを設定した例です。<br>フォースガイドオブジェクト開始時のロボットの姿勢に合わせて、平面の基準とする方向が変化します。<br> 

a: Base を設定した例 / b: Tool を設定した例</td></tr>
<tr><td>ロボットの動作方向に垂直な面を終了条件とするため、通常は、フォースガイドシーケンスのForceOrientと一致する値を設定します。</td></tr>
</table>

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PlaneAxes | 平面方向を設定します。<br>PlaneRelativeOrientで指定した座標系を基準として、PlaneAxesで指定した方向に平面が設定されます。<br>下図は、PlaneRelativeOrientでBaseを指定した例です。<br>左はPlaneAxesでXYを、右はPlaneAxesでYZを指定した例です。<br>  <br>XY YZ |
| | 通常、動作方向に垂直な平面の方向を設定します。 |
| PlaneRelativeRobotLocal | PlaneRelativeOrgかPlaneRelativeOrientがLocalのときに使用するローカル座標系番号を指定します。<br>通常、フォースガイドシーケンスのRobotLocalと一致する値を設定します。 |

**Step 8. I/Oに関する終了条件を設定する**

I/Oの終了条件に関するプロパティー(IOCheckEnabled, IOCheckInputBit, IOCheckInputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOCheckEnabled | I/Oに関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>True : I/Oに関する終了条件を有効にする場合 |
| IOCheckInputBit | 終了条件として監視する入力ビットを指定します。 |
| IOCheckInputStatus | 終了条件とする入力ビットの状態を設定します。<br>IOCheckInputBitで指定した入力ビットが、IOCheckInputStatusで指定した状態になったとき、終了条件を満たしたと判定します。 |

### 4.4.2.2.3.2 倣い移動オブジェクトの調整ガイドライン

倣い移動オブジェクトを使用するときの、調整方法について説明します。

- 力が “0”になるのが遅い場合:
  力のかかる要因が変化しない場合の調整方法です。
  力に合わせて、ロボットが移動しても、さらに力がかかり続ける場合や、ロボットが物体に向かって動き続ける場合はのぞきます。

各方向のFirmnessの値を小さくします。ただし、ロボットの動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。

- 振動的に動く場合:
  Firmnessの値を大きくします。ただし、ロボットの反応が鈍くになります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%増加させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- 目標位置に到達しない場合:
  力制御機能を有効にしていない方向が目標位置に到達しない場合は、フォースガイドシーケンスのLimitAccelやLimitSpeedの影響を受けている可能性があります。値を大きくします。
  また、ローパワーモードの場合、LimitSpeedやLimitAccelの設定値が大きくても、ローパワーモードの最大速度や最大加速度に合わせて制限されます。ハイパワーモードで実行してください。

#### 4.4.2.2.3.3 倣い移動オブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。倣い移動オブジェクトを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、FollowMove01のように、FollowMoveの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Enabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトを有効にするかどうかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されます。Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行せず、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。
  フォースガイドシーケンス作成中に、実行しないが一時的に残したい場合や、フォースガイドオブジェクトをコピーして異なるパラメーターで試したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトを有効にします。 |
| False | フォースガイドオブジェクトを無効にします。 |

  デフォルト: True
- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。
- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

デフォルト: True

- IOPreprocEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作を指定します。
  I/O操作は、IOPreprocOutputBitプロパティーとIOPreprocOutputStatusプロパティーで定義されます。フォースガイドオブジェクト実行前にハンドや周辺装置を操作したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 開始時のI/O操作を実行します。 |
| False | 開始時のI/O操作を実行しません。 |

デフォルト: False

- IOPreprocOutputBitプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での操作対象の出力ビットを指定します。IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

デフォルト: 0

- IOPreprocOutputStatusプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での出力状態を指定します。IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 指定された出力ビットをオフ(0に設定)します。 |
| On | 指定された出力ビットをオン(1に設定)します。 |

デフォルト: Off

- MotionTrajectoryプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの軌道を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Straight | 直線軌道を移動します。 |
| Arc | 円弧軌道を移動します。 |
| MultiStraight | 直線移動で複数点を連続移動します。 |
| MultiStraightCP | 直線移動で複数点を軌道をつなげながら連続移動します。 |

デフォルト: Straight

- AccelSプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の加速度を指定します。ただし、この設定値は設定された軌道に関する加速度となるため、実際の加速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: [mm/sec$^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 50
- AccelRプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の角加速度を指定します。ただし、この設定値は設定された軌道に関する角加速度となるため、実際の角加速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: deg/sec$^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 100 |

  デフォルト: 10
- SpeedSプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の速度を指定します。ただし、この設定値は設定された軌道に関する速度となるため、実際の速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: [mm/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 50
- SpeedRプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の角速度を指定します。ただし、この設定値は設定された軌道に関する角速度となるため、実際の角速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: [deg/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 25 |

  デフォルト: 10
- SpeedRPriorityプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中に、ツール姿勢変化を優先させるかを設定します。
  ツール姿勢変化を優先させる場合: SpeedRプロパティーを用いてロボットは動作します。
  ツール姿勢変化を優先させない場合:SpeedSプロパティーを用いてロボットは動作します。
  - Disabledを指定した場合:
    移動距離が “0”でなければSpeedSプロパティーを用いて、フォースガイドオブジェクトを実行します。
    移動距離が “0”の場合は、SpeedRプロパティーを用います。
  - Enabledを指定した場合:
    姿勢変化が “0”でなければSpeedRプロパティーを用いて、フォースガイドオブジェクトを実行します。
    姿勢変化が “0”の場合は、SpeedSプロパティーを用います。
  - AutoDistOrientRatioを指定した場合:
    移動距離と姿勢変化からSpeedRプロパティーを優先させるかを自動的に判断して、フォースガイドオブジェクトを実行します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | ツール姿勢変化を優先させません。<br>SpeedSプロパティーを優先します |
| Enabled | ツール姿勢変化を優先させます。<br>SpeedRプロパティーを優先します |
| AutoDistOrientRatio | 移動距離と姿勢変化から、ツール姿勢変化を優先させるかを自動的に判断します。 |

デフォルト: AutoDistOrientRatio

- CPEnabledプロパティー
  パスモーションの有効無効を設定します。
  移動を伴う複数のフォースガイドオブジェクトについて、その軌道を合成する場合に使用します。
  - Trueを指定した場合、パスモーションが有効になり、減速区間に入ったとき、次のフォースガイドオブジェクトを開始します。
  - Falseを指定した場合、パスモーションが無効になり、設定された軌道が終わったとき、次のフォースガイドオブジェクトを開始します。

  ただし、終了条件が設定され、それを達成した場合、達成した時点で1度停止してから次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | パスモーションを有効にします。 |
| False | パスモーションを無効にします。 |

  デフォルト: False
- DestTypeプロパティー
  軌道の目標位置の指定方法を設定します。
  RobotPointを指定した場合、目標位置をポイントで指定します。Relativeを指定した場合、開始位置からX方向へ10mmなど、相対距離を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| RobotPoint | 目標位置をポイントで指定します。 |
| Relative | 目標位置を相対距離で指定します。 |

  デフォルト: RobotPoint
- DestPointプロパティー
  軌道の目標位置に用いるポイントを設定します。DestTypeでRobotPointを指定した場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 999 |

  デフォルト: 0

- MidPointプロパティー
  円弧軌道の中継位置に用いるポイントを設定します。MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeで
  RobotPointを指定した場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 999 |

  デフォルト: 0

- RelativeOrientプロパティー
  相対移動する座標系を設定します。DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | ベース座標系を基準として相対距離を指定します。 |
| Local | ローカル座標系を基準として相対距離を指定します。 |
| Tool | ツール座標系を基準として相対距離を指定します。 |

  デフォルト: Tool

- RelativeRobotLocalプロパティー
  相対移動する座標系について、ローカル座標系の番号を設定します。DestTypeでRelativeを指定し、
  RelativeOrientでLocalを指定した場合に使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。<br>RelativeOrientでBaseを指定した場合と同じです。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

  デフォルト: 0 (Base)

- DestRelativeXプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のX方向への移動量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- DestRelativeYプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のY方向への移動量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- DestRelativeZプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のZ方向への移動量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- DestRelativeUプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のU方向への回転量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0

- DestRelativeVプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のV方向への回転量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0

- DestRelativeWプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のW方向への回転量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0

- MidRelativeXプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のX方向への移動量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- MidRelativeYプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のY方向への移動量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0
- MidRelativeZプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のZ方向への移動量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0
- MidRelativeUプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のU方向への回転量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0
- MidRelativeVプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のV方向への回転量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0
- MidRelativeWプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のW方向への回転量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0

- StartPointプロパティー
  連続移動の軌道の開始位置を設定します。
  MotionTrajecrotyでMultiStraight、またはMultiStraightCPを指定した場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 999 |

  デフォルト: 0
- EndPointプロパティー
  連続移動の軌道の終了位置を設定します。
  MotionTrajecrotyでMultiStraight、またはMultiStraightCPを指定した場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 999 |

  デフォルト: 0
- Fx_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFx方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Fx方向の力制御機能は実行されません。Followを指定した場合、Fx方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

  デフォルト: Disabled
- Fx_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFx方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Fx_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
  Fx_Firmnessの値が大きくなると、Fx方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Fx_Firmnessの値が小さくなると、Fx方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 10
- Fy_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFy方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Fy方向の力制御機能は実行されません。
  Followを指定した場合、Fy方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Fy_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFy方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Fy_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
  Fy_Firmnessの値が大きくなると、Fy方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  Fy_Firmnessの値が小さくなると、Fy方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

デフォルト: 10

- Fz_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFz方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Fz方向の力制御機能は実行されません。
  Followを指定した場合、Fz方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。
  倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Fz_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFz方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Fz_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
  Fz_Firmnessの値が大きくなると、Fz方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  Fz_Firmnessの値が小さくなると、Fz方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

デフォルト: 10

- Tx_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTx方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Tx方向の力制御機能は実行されません。
  Followを指定した場合、Tx方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。
  倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Tx_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTx方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  Tx_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
  Tx_Firmnessの値が大きくなると、Tx方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振し難くなります。
  Tx_Firmnessの値が小さくなると、Tx方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

  デフォルト: 3000
- Ty_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTy方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Ty方向の力制御機能は実行されません。
  Followを指定した場合、Ty方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。
  倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

  デフォルト: Disabled
- Ty_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTy方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Ty_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
  Ty_Firmnessの値が大きくなると、Ty方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振し難くなります。
  Ty_Firmnessの値が小さくなると、Ty方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

  デフォルト: 3000
- Tz_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTz方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Tz方向の力制御機能は実行されません。Followを指定した場合、Tz方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

  デフォルト: Disabled
- Tz_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTz方向の力制御機能に関する硬さを指定します。

Tz_ControlModeがFollowの場合に使用されます。
Tz_Firmnessの値が大きくなると、Tz方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振し難くなります。
Tz_Firmnessの値が小さくなると、Tz方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

デフォルト: 3000

- CFEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト終了後も力制御機能を継続するかを指定します。CFEnabledをTrueにしても、フォースガイドシーケンスが終了する場合は、力制御機能を終了します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトが終了しても、次のフォースガイドオブジェクトまで力制御機能を継続します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト終了時に力制御機能を終了します。 |

デフォルト: False

- EndCheckOperatorプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件を複数使用する場合の組み合わせ条件を指定します。
  ANDを指定した場合、有効にした終了条件の全てが満たされた場合に、フォースガイドオブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  ORを指定した場合、有効にした終了条件の一つ以上が満たされた場合に、フォースガイドオブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| OR | OR条件として組み合わせます。 |
| AND | AND条件として組み合わせます。 |

デフォルト: AND

- PosCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件に位置に関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を有効にします。 |
| False | 位置に関する終了条件を無効にします。 |

デフォルト: False

- PosCheckTypeプロパティー
  位置に関する終了条件について、あらかじめ定義されたPlaneを使用するか、フォースガイドオブジェクト開始位置からの相対位置を指定するかを設定します。
  RobotPlaneを指定した場合、定義済みのPlaneを用いて終了条件を設定します。RelativePlaneを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行するたびにフォースガイドオブジェクト開始位置からの相対位置にPlaneを再設定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| RobotPlane | 定義済みのPlaneを終了条件として使用します。 |

| | |
|---|---|
| RelativePlane | 相対位置にPlaneを設定し、終了条件とします。 |

デフォルト: RobotPlane

- PlaneNumberプロパティー
  位置に関する終了条件について、使用するPlane番号を指定します。
  PosCheckTypeプロパティーでRobotPlaneを指定した場合、指定された番号のPlaneは変更されません。
  PosCheckTypeプロパティーでRelativeを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されるたび、指定された番号に新しいPlaneを再定義します。そのため、元の設定が失われることに注意してください。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 15 |

デフォルト: 1

- PlaneEndCondプロパティー
  位置に関する終了条件について、終了と判定する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Outside | Planeの外側に出ることを終了条件とします。 |
| Inside | Planeの内側に入ることを終了条件とします。 |

デフォルト: Inside

- PlaneRelativeOrgプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する相対位置をどの座標系で設定するかを指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | ベース座標系を基準として相対位置を指定します。 |
| Local | ローカル座標系を基準として相対位置を指定します。<br>ローカル座標系番号はPlaneRelativeRobotLocalで指定します。 |
| Tool | ツール座標系を基準として相対位置を指定します。 |

デフォルト: Tool

- PlaneRelativeXプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するX方向の相対位置を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。X方向は、PlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- PlaneRelativeYプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するY方向の相対位置を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。Y方向は、PlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- PlaneRelativeZプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するZ方向の相対位置を指定します。PosCheckTypeで RelativePlaneが指定された場合に使用します。Z方向は、PlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- PlaneRelativeOrientプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する座標系を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。
  PlaneはPlaneRelativeOrientで指定した座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上に設定されます。
  Baseが指定された場合、Base座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。
  Localが指定された場合、PlaneRelativeRobotLocalで指定された番号のローカル座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。
  Toolが指定された場合、ツール座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | ベース座標系を基準として平面方向を設定します。 |
| Local | ローカル座標系を基準として平面方向を設定します。 |
| Tool | ツール座標系を基準として平面方向を設定します。 |

デフォルト: Tool

- PlaneAxesプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する軸を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。
  PlaneはPlaneRelativeOrientで指定した座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上に設定されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| XY | XY平面にPlaneを設定します。 |
| YZ | YZ平面にPlaneを設定します。 |
| XZ | XZ平面にPlaneを設定します。 |

デフォルト: XY

- PlaneRelativeRobotLocalプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeの相対位置、または方向を指定するローカル座標系番号を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定されPlaneRelativeOrgでLocalが指定されるか、PosCheckTypeで RelativePlaneが指定されPlaneRelativeOrientでLocalが指定された場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。<br>PlaneRelativeOrgやPlaneRelativeOrientでBaseを指定した場合と同じです。 |

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

デフォルト: 0 (Base)

- IOCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件にI/Oに関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | I/Oに関する終了条件を有効にします。 |
| False | I/Oに関する終了条件を無効にします。 |

  デフォルト: False
- IOCheckInputBitプロパティー
  I/Oに関する終了条件について、判定対象のビットを指定します。IOCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

  デフォルト: 0
- IOCheckInputStatusプロパティー
  I/Oに関する終了条件について、判定条件を指定します。IOCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。
  IOCheckInputBitで指定したビットにより、終了条件を満たしたと判定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 入力ビットがオフ(0)のとき、条件を満たしたと判定します。 |
| On | 入力ビットがオン(1)のとき、条件を満たしたと判定します。 |

  デフォルト: Off

### 4.4.2.2.3.4 倣い移動オブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  倣い移動オブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]

- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz[N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PosCondOKリザルト
  位置に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を満たした。 |
| False | 位置に関する終了条件を満たさなかった。 |

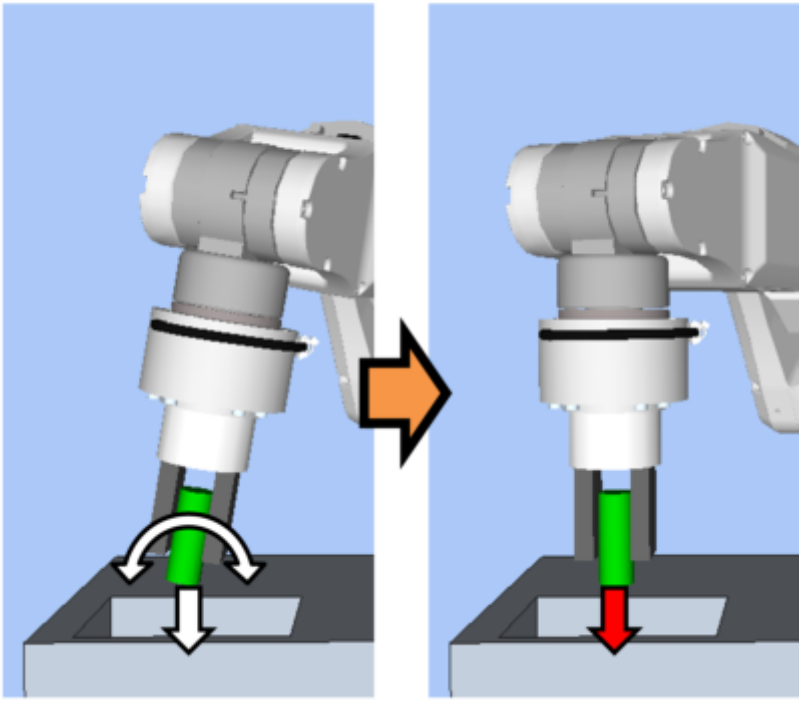
- IOCondOKリザルト
  I/Oに関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | I/Oに関する終了条件を満たした。 |
| False | I/Oに関する終了条件を満たさなかった。 |

### 4.4.2.2.4 面合わせオブジェクト

面合わせオブジェクトは、ロボットが把持しているワークなどの面と、作業台や作業台に置かれたワークなどの面が平行になるように、指定方向に押し付けながら回転方向のトルクが“0”になるような位置にロボットを移動させるフォースガイドオブジェクトです。

組み立て中の位置決めや、ワークの安定した配置などに使用します。ワーク寸法やワークの把持位置などの誤差がある場合でも安定した接触状態を実現できます。



上図は面合わせオブジェクトによる動作のイメージです。傾いた状態から、白い矢印で示す様に、下方向に移動して押し付けながら、回転方向は加わるトルクが“0”になるように姿勢を補正します。

面合わせオブジェクトは、指定時間内に終了条件を満たしたとき成功となります。面合わせオブジェクトは、力に関する終了条件が使用可能です。終了条件は、ForceCheckEnabledで使用するかしないかを設定します。終了条件を設定しない場合は、常に成功となります。

終了条件は、以下の通りです。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 力に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下の全てをHoldTimeThreshで指定した時間の間、満たし続けること |
| | PressOrientで指定した方向の力:<br>PressForce±PressCheckTolFの範囲に入ること |
| | FollowOrientで示される倣い方向のトルク:<br>±FollowCheckTolTの範囲に入ること |

#### 4.4.2.2.4.1 面合わせオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**

基本情報に関するプロパティー(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイドオブジェクトを実行しない場合 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 開始前のI/O処理を設定する**

フォースガイドオブジェクト開始前のI/O処理に関するプロパティー(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOPreprocEnabled | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットを操作するかどうかを設定します。<br>出力ビットは1個のみ操作可能です。複数の出力ビットを操作する場合は、SPEL関数オブジェクトを使用してください。 |
| | False : 通常の場合 |
| | True : 周辺装置を動作/停止させるなど、出力ビットを操作する場合 |
| IOPreprocOutputBit | フォースガイドオブジェクト開始時に操作する出力ビットを指定します。 |
| IOPreprocOutputStatus | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットをオンするかオフするかを設定します。<br>出力する状態を指定します。 |

**Step 3. 力制御機能を設定する**

力制御機能に関するプロパティー(PressOrient, PressForce, PressFirmnessF, AlignOrient, AlignFirmnessT, CFEnabled)を設定する。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PressOrient | 押し付ける方向を設定します。<br>把持するワークを対象物に押し付けて面を合わせるとき、その対象物の面に垂直な方向を指定します。<br>押し付ける力を設定します。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PressForce | 押し付ける力を設定します。<br>PressOrientが正方向の場合: 負の値を入力します。<br>PressOrientが負方向の場合: 正の値を入力します。<br>通常、3~5N程度を使用しますが、お客様のワークが許容する値にしてください。<br>値が小さ過ぎる場合、ロボットが移動しないことがあります。<br>値が小さい場合、押し付けたときのトルクが小さくなるため、面合わせが上手くいかないことがあります。 |
| PressFirmnessF | 押し付け方向の力制御機能の硬さを設定します。<br>値が大きくなると、硬くなり、反応が遅くなります。<br>小さくすると、柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| AlignOrient | 姿勢合わせのために回転する方向です。<br>PressOrientにしたがって自動で変化します。読み取り専用です。変更できません。<br>PressOrientで指定していない2つの並進方向回りの回転になります。<br>例えば、PressOrientで+Fz、または-Fzを指定した場合は、FxとFy回りの回転である、TxとTyがAlignOrientになります。 |
| AlignFirmnessT | 回転方向の力制御機能の硬さを設定します。<br>値が大きくなると、硬くなり、反応が遅くなります。<br>小さくすると、柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| CFEnabled | 次のフォースガイドオブジェクトまで、力制御機能を継続するかどうかを設定します。 |
| | False : 通常の場合<br>力制御機能を1度オフしてから、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。 |
| | True : 面を合わせた後、力を一定に保ち続けたまま、次のフォースガイドオブジェクトを開始したい場合<br>次のフォースガイドオブジェクトは、PressOrientとAlignOrientで選択した方向の力制御を継続しなければなりません。 |

**Step 4. 終了条件の基本情報を設定する**

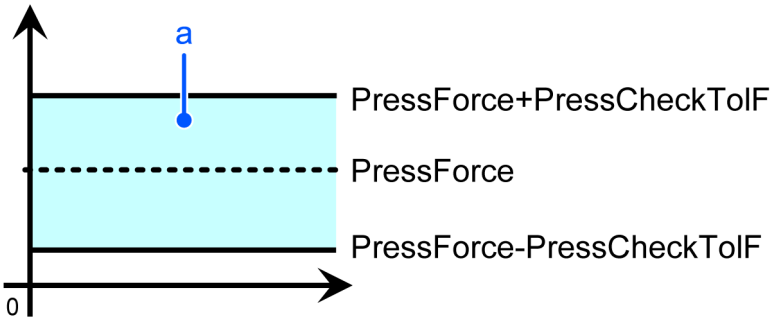
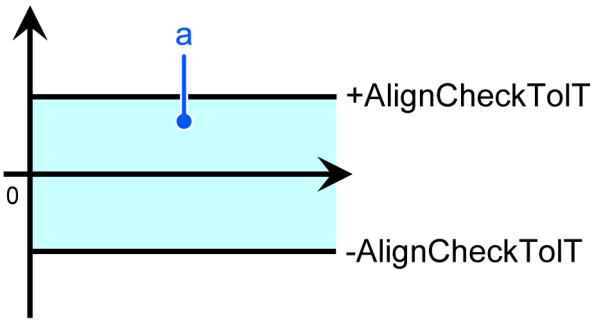
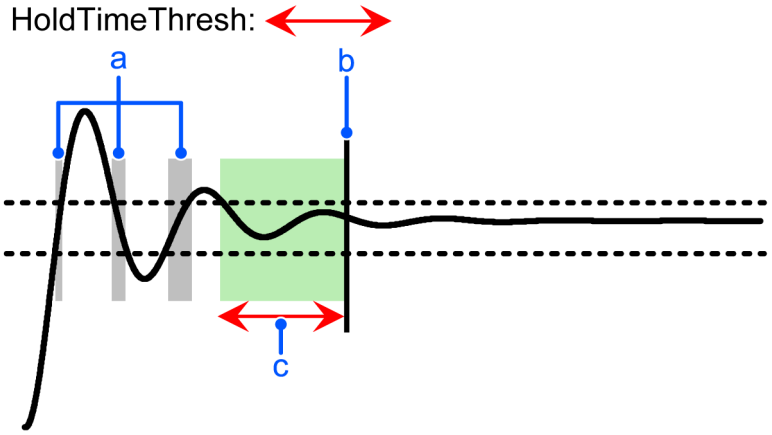
タイムアウトに関するプロパティー(Timeout)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Timeout | タイムアウト時間を設定します。 |
| | 終了条件が設定されていない場合:<br>実行時間となります。 |
| | 終了条件が設定されている場合:<br>指定時間内に終了条件を満たさないとき、失敗となります。 |

**Step 5. 力に関する終了条件を設定する**

力の終了条件に関するプロパティー(ForceCheckEnabled, PressCheckTolF, AlignCheckTolT, HoldTimeThresh)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ForceCheckEnabled | 力に関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>True : 力に関する終了条件を有効にする場合 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PressCheckTolF | 力に関する終了条件の、並進方向の範囲です。終了条件とする範囲を設定します。<br>PressOrientで指定した方向の力が、<br>PressForce±PressCheckTolFの範囲に入ることを監視します。<br>  <br>a: 設定された範囲 |
| AlignCheckTolT | 力に関する終了条件の、回転方向の範囲です。終了条件とする範囲を設定します。<br>AlignOrientに設定されている2つの方向の力が、<br>±AlignCheckTolTの範囲に入ることを監視します。<br>  <br>a: 設定された範囲 |
| HoldTimeThresh | 終了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>下図のように、指定した条件がHoldTimeThreshで指定した時間の間継続したとき、終了条件を満たしたと判定します。<br>  <br>a: 継続時間未達 / b: 終了 / c: 指定時間継続 |
| | 通常は“0”を設定します。<br>面合わせが終わっても傾きが合わせられていないときがあるなど、動作が安定しない場合に、整定したことを確認するための時間を設定します。<br>終了条件を一時的に無効にして実行したときの実際の結果から、時間を決定することを推奨します。 |

#### 4.4.2.2.4.2 面合わせオブジェクトの調整ガイドライン

面合わせオブジェクトを使用するときの、調整方法について説明します。

- 面を合わせるのに時間がかかる場合:
  AlignFirmnessTを小さくするか、PressForceを大きくします。

  ただし、AlignFirmnessTを小さくするとロボットの動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。

  AlignFirmnessTの調整は、例えば現在値から10%変化させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

  PressForceを大きくすると、ワークにかかる力が大きくなります。ワークの許容する力を考慮して設定してください。

  ワークの接触面が小さいと、押し付けたときのトルクが小さくなります。トルクが小さいと、力制御機能によって、回転させる速度が遅くなります。そのため接触面が小さいワークでは上記2つのプロパティーを調整しても、希望の時間にならないことがあります。

- 振動的に動く場合:
  PressFirmnessFかAlignFirmnessTの値を大きくします。
  振動的に動く方向のFirmnessの値を調整してください。ただし、ロボットの反応が鈍くになります。許容できる状態に調整してください。

  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%増加させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- 押し付け方向に大きくバウンドする場合:
  数秒に1回跳ねるように大きくバウンドすることを繰り返す場合、フォースガイドシーケンスのLimitAccelSによって動作が制限されている可能性があります。

  また、ローパワー状態で実行しているときに起こる可能性があります。

  ハイパワーモードで実行しても改善しない場合は、LimitAccelSを大きくしてください。LimitAccelSを大きくしても改善しない場合は、PressFirmnessFを小さくしてください。

- 面を合わせている途中で面合わせオブジェクトが終了する場合:
  時間が足りない場合は、Timeoutを大きくしてください。

  面があってない状態で、終了条件を満たしてしまう場合は、AlignCheckTolTを小さくします。AlignCheckTolTを小さくても改善しない場合は、HoldTimeThreshを設定します。

  ワークの接触面が小さいと、押し付けたときのトルクが小さくなります。そのため、傾いていても、AlignCheckTolTで指定する範囲に入ってしまうことがあります。この場合は、さらにAlignCheckTolTを小さくするか、ForceCheckEnabledをDisabledにして、Timeoutで指定する実行時間で管理することを検討してください。

#### 4.4.2.2.4.3 面合わせオブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  面合わせオブジェクトを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、SurfAlign01のように、SurfAlignの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。

- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Enabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトを有効にするかどうかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行せず、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。
  フォースガイドシーケンス作成中に、実行しないが一時的に残したい場合や、フォースガイドオブジェクトをコピーして異なるパラメーターで試したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトを有効にします。 |
| False | フォースガイドオブジェクトを無効にします。 |

  デフォルト: True
- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。
- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True
- IOPreprocEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作を指定します。
  I/O操作は、IOPreprocOutputBitプロパティーとIOPreprocOutputStatusプロパティーで定義されます。
  フォースガイドオブジェクト実行前にハンドや周辺装置を操作したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 開始時のI/O操作を実行します。 |
| False | 開始時のI/O操作を実行しません。 |

  デフォルト: False

- IOPreprocOutputBitプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での操作対象の出力ビットを指定します。
  IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

  デフォルト: 0

- IOPreprocOutputStatusプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での出力状態を指定します。
  IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 指定された出力ビットをオフします。(0に設定) |
| On | 指定された出力ビットをオンします。(1に設定) |

  デフォルト: Off

- PressOrientプロパティー
  押し付ける方向を指定します。
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるどの方向かを指定します。並進方向(+Fx ~-Fz)から選択できます。ロボットは指定方向に移動して押し付けます
  値
  説明

| 値 | 説明 |
|---|---|
| +Fx | Fxの正方向に移動します。 |
| -Fx | Fxの負方向に移動します。 |
| +Fy | Fyの正方向に移動します。 |
| -Fy | Fyの負方向に移動します。 |
| +Fz | Fzの正方向に移動します。 |
| -Fz | Fzの負方向に移動します。 |

  デフォルト: +Fz

- PressForceプロパティー
  押し付ける力を指定します。
  面合わせオブジェクトを実行している間、ロボットはPressOrient方向にPressForceプロパティーで指定した力になるように押し付けます。正の方向に押し付ける場合は、負の値になります。負の方向に押し付ける場合は、正の値になります。

  PressOrientが正方向の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -50 |
| 最大値 | 0 |

  デフォルト: -5

PressOrientが負方向の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 50 |

デフォルト: 5

- PressFirmnessFプロパティー
  面合わせオブジェクト実行中の押し付け方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  PressFirmnessFが大きくなると、力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  PressFirmnessFが小さくなると、力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

デフォルト: 10

- AlignFirmnessTプロパティー
  面合わせオブジェクト実行中の倣い方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  AlignFirmnessTが大きくなると、力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振し難くなります。
  AlignFirmnessTが小さくなると、力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

デフォルト: 3000

- CFEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト終了後も力制御機能を継続するかを指定します。
  CFEnabledをTrueにしても、フォースガイドシーケンスが終了する場合は、力制御機能を終了します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトが終了しても、次のフォースガイドオブジェクトまで力制御機能を継続します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト終了時に力制御機能を終了します。 |

デフォルト: False

- ForceCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件に力に関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を有効にします。 |
| False | 力に関する終了条件を無効にします。 |

デフォルト: False

- PressCheckTolFプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。
  ForceCheckEnabled がTrueの場合に使用されます。
  PressOrientプロパティーで指定された方向の力が、PressForce ± PressCheckTolFの範囲に入ることを判定します。

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1
- AlignCheckTolTプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。ForceCheckEnabled がTrueの場合に使用されます。
  AlignOrientプロパティーで指定された方向の力が、±AlignCheckTolTの範囲に入ることを判定します。

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | シーケンスのVersionが7.5.1のとき: 1<br>シーケンスのVersionが7.4.0のとき: 100 |
| 最大値 | 10000 |

  デフォルト: 500
- HoldTimeThreshプロパティー
  力に関する終了条件について、判定までの継続時間を指定します。ForceCheckEnabled がTrueの場合に使用されます。
  PressCheckTolF、またはAlignCheckTolTで指定した範囲に入った状態が、HoldTimeThreshで指定した時間継続した場合、終了条件を満たしたと判定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 0
- Timeoutプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのタイムアウト時間を指定します。
  Timeoutで指定した時間を超えても、ForceCheckEnabledで有効にした条件を満たさなかった場合、面合わせオブジェクトに失敗したと判定します。
  判定後、AbortSeqOnFailにしたがって、フォースガイドシーケンスを終了するか、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  ForceCheckEnabledがFalseの場合、Timeoutで指定した時間経過したらフォースガイドオブジェクトを終了し、成功したと判定して次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 60 |

  デフォルト: 10

#### 4.4.2.2.4.4 面合わせオブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。

以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
面合わせオブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- TimedOutリザルト
  Timeoutプロパティーで指定したタイムアウト時間に到達したかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | タイムアウト時間に到達した。 |
| False | タイムアウト時間に到達する前に終了した。 |

- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz[N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。
  Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- ForceCondOKリザルト
  力に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

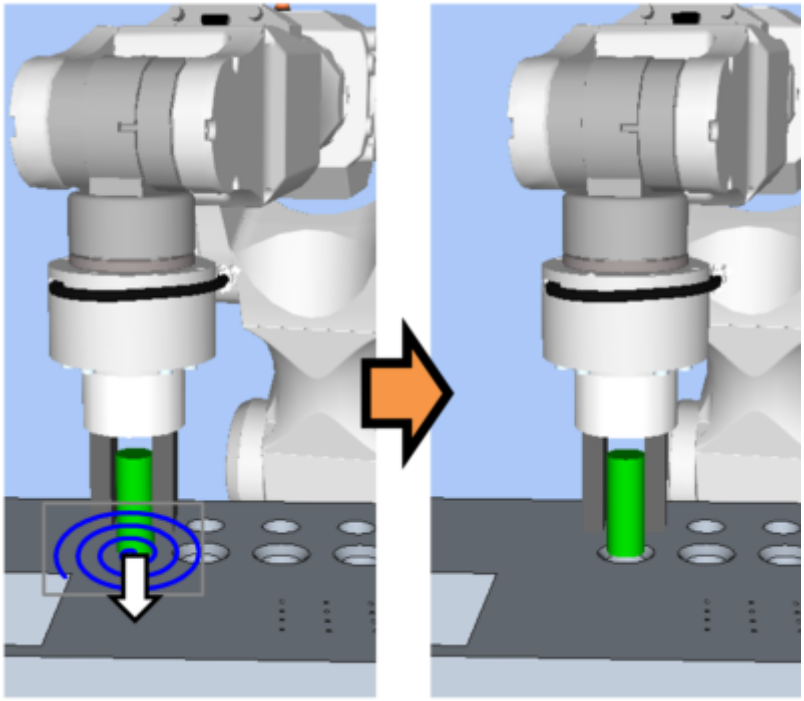
| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を満たした。 |
| False | 力に関する終了条件を満たさなかった。 |

- TriggeredForcesリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredPosリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]

### 4.4.2.2.5 押付け探りオブジェクト

押付け探りオブジェクトは、ロボットの把持しているワークなどを、作業台や作業台に置かれたワークなどに押し付けながら、指定された軌道を移動して、穴や凸形状の位置で停止するようにロボットを動作させるフォースガイドオブジェクトです。

嵌合穴の検出や、組み立て中の位置決めなどに使用します。ワーク寸法やワークの把持位置などに誤差がある場合でも安定して穴位置や凸形状位置を検出することができます。押付け探りオブジェクトは、接触オブジェクト, 面合わせオブジェクト, 押付けオブジェクトの後に用いることを推奨します。



上図は、押付け探りオブジェクトによる動作のイメージです。接触した状態から、白い矢印で示す様に下方向に押し付けながら、青い軌道を移動して、穴を探ります。

押付け探りオブジェクトは、指定した軌道を移動する間に終了条件を満たしたとき成功となります。押付け探りオブジェクトは、力と位置に関する終了条件が使用できます。

各終了条件は、ForceCheckEnabled, PosCheckEnabledで使用するかしないかを設定します。押付け探りオブジェクトは、終了条件を1つ以上使用する必要があります。また、複数の終了条件を設定した場合、EndCheckOperatorで終了条件の組み合わせ方をANDとORから選択できます。

各条件は、以下の通りです。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 力に関する終了条件 | 指定した軌道を移動するまでに、以下のいずれかを満たすこと |
| | ProbeDetectTypeがHole, PressOrientがFx, Fy, Fzの場合:<br>指定方向の力がProbeDetectThreshを超えること |
| | ProbeDetectTypeがHole, PressOrientが-Fx, -Fy, -Fzの場合:<br>指定方向の力がProbeDetectThresh未満になること |
| | ProbeDetectTypeがObstacleの場合:<br>PressOrientで指定していない方向の力の2乗和平方根がProbeDetectThreshを超えること<br>(例: +Fz方向に押すとき、sqr(Fx*Fx*+*Fy*Fy)がProbeDetectThreshを超える。) |

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 位置に関する終了条件 | 指定した軌道を移動するまでに、以下のどちらかを満たすこと |
| | PosCheckTypeがRobotPlaneの場合:<br>PlaneNumberで指定したPlaneに対して、PlaneEndConditionで指定した状態を満足すること |
| | PosCheckTypeがRelativePlaneの場合:<br>PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocalで指定した相対平面に対して、PlaneEndConditionで指定した状態を満足すること |

#### 4.4.2.2.5.1 押付け探りオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**

基本情報に関するプロパティー(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイドオブジェクトを実行しない場合 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 開始前のI/O処理を設定する**

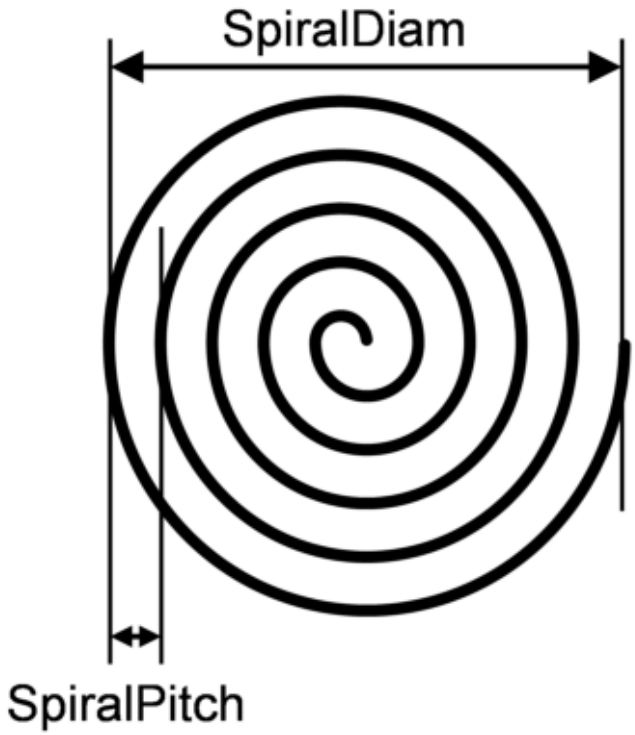
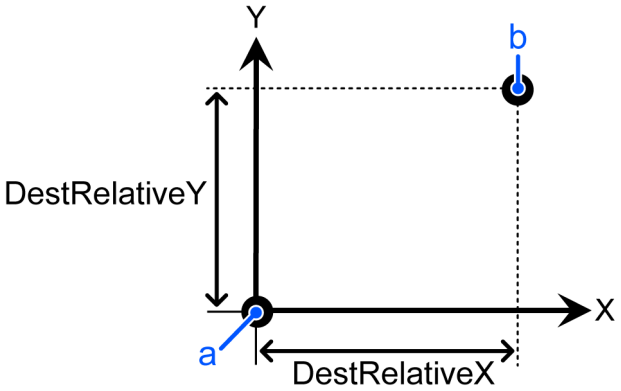
フォースガイドオブジェクト開始前のI/O処理に関するプロパティー(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOPreprocEnabled | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットを操作するかどうかを設定します。<br>出力ビットは1個のみ操作可能です。複数の出力ビットを操作する場合は、SPEL関数オブジェクトを使用してください。 |
| | False : 通常の場合 |
| | True : 周辺装置を動作/停止させるなど、出力ビットを操作する場合 |
| IOPreprocOutputBit | フォースガイドオブジェクト開始時に操作する出力ビットを指定します。 |
| IOPreprocOutputStatus | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットをオンするかオフするかを設定します。<br>出力する状態を指定します。 |

**Step 3. 探り動作を設定する**

探り動作に関するプロパティー(ProbeTrajectory, ProbeDetectType, AccelS, SpeedS, SpiralDiam, SpiralPitch, DestRelativeX, DestRelativeY, DestRelativeZ)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ProbeTrajectory | 探る軌道を設定します。<br>検出対象により下記から選択します。 |
| | 螺旋軌道 : 検出対象が穴の場合 |
| | 直線軌道 : 検出対象が障害物の場合 |
| | Straight : 指定直線上に対象があることが分かっている場合 |
| | Spiral : 指定直線上に対象がない場合 |
| ProbeDetectType | 検出する対象物を設定します。<br>穴と、障害物を選択できます。<br>障害物とは、探る面上にある凸形状です。 |
| AccelS | 移動時の並進加速度を設定します。<br>実際の並進加速度は、力制御機能によって補正されます。 |
| SpeedS | 移動時の並進速度を設定します。<br>実際の並進速度は、力制御機能によって補正されます。 |

<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td rowspan="3">SpiralDiam<br>SpiralPitch</td><td>螺旋軌道の直径とピッチを設定します。<br> 
</td></tr>
<tr><td>SpiralDiam :<br>開始位置からバラツキを含めた検出対象の位置までの距離の最大値に、マージンを含めた値を設定します。<br>例: 最大値を1.1倍した数値</td></tr>
<tr><td>SpiralPitch :<br>対象物を通り過ぎないように設定します。<br>穴を検出する場合は、最小隙間よりも小さい値を設定します。</td></tr>
<tr><td>DestRelativeX<br>DestRelativeY<br>DestRelativeZ</td><td>フォースガイドオブジェクト開始位置から目標位置までの各方向の相対移動量を設定します。<br>下図のように、フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系における移動量を指定します。<br> 
<br>a: 開始位置 / b: 目標位置</td></tr>
</table>

**Step 4. 力制御機能を設定する**

力制御機能に関するプロパティー(PressOrient, PressForce, PressFirmnessF, CFEnabled)を設定する。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PressOrient | 押し付ける方向です。探る面に垂直な方向を指定します。<br>指定した方向に押し付けながら、Step3で指定した軌道を移動して検出対象を探ります。 |
| PressForce | 押し付ける力を設定します。<br>PressOrientが正方向の場合: 負の値を入力します。<br>PressOrientが負方向の場合: 正の値を入力します。<br>通常、3~5N程度を使用しますが、お客様のワークが許容する値にしてください。<br>値が小さ過ぎる場合、探る面から離れることがあります。 |
| PressFirmnessF | 押し付け方向の力制御機能の硬さを設定します。<br>値が大きくなると、硬くなり、反応が遅くなります。<br>小さくすると、柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| CFEnabled | 次のフォースガイドオブジェクトまで、力制御機能を継続するかどうかを設定します。 |
| | False : 通常の場合<br>力制御機能を1度オフしてから、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。 |
| | True : 対象物を検出しても、力を一定に保ち続けたまま、次のフォースガイドオブジェクトを開始したい場合<br>次のフォースガイドオブジェクトは、ContactOrientで選択した方向の力制御を継続しなければなりません。 |

**Step 5. 終了条件の基本情報を設定する**

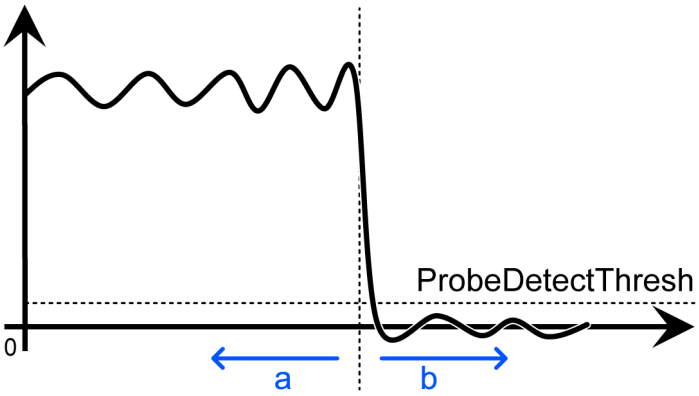
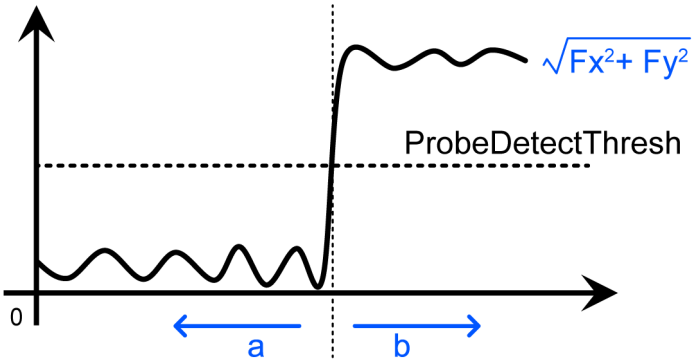
終了条件の組み合わせに関するプロパティー(EndCheckOperator)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| EndCheckOperator | 力と位置に関する終了条件の組み合わせ方を指定します。<br>AND : 両方の条件を満たしたとき終了する場合<br>OR : 1つ以上の条件を満たしたとき終了する場合 |

**Step 6. 力に関する終了条件を設定する**

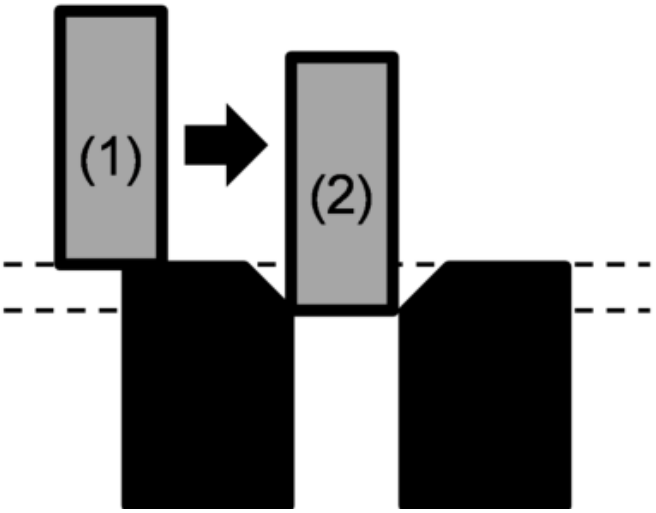
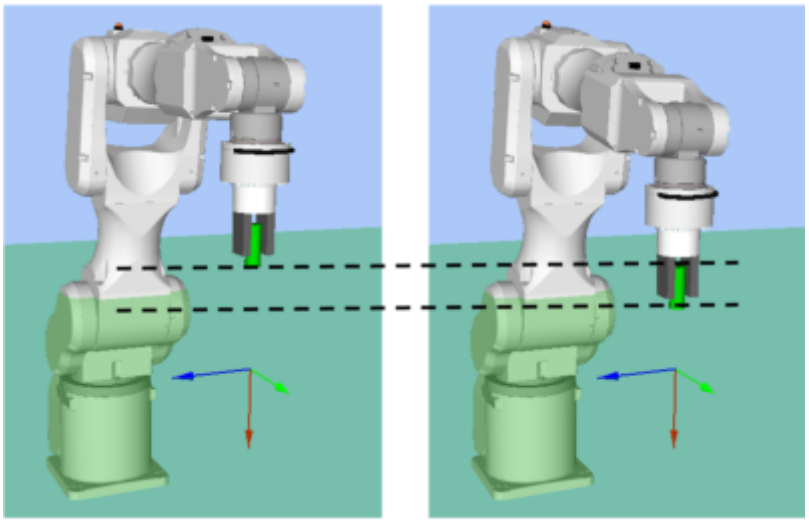
力の終了条件に関するプロパティー(ForceCheckEnabled, ProbeDetectThresh)を設定します。

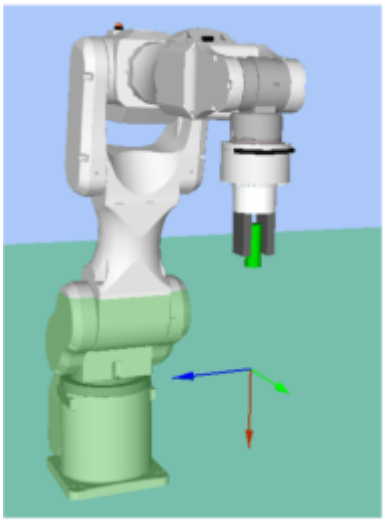
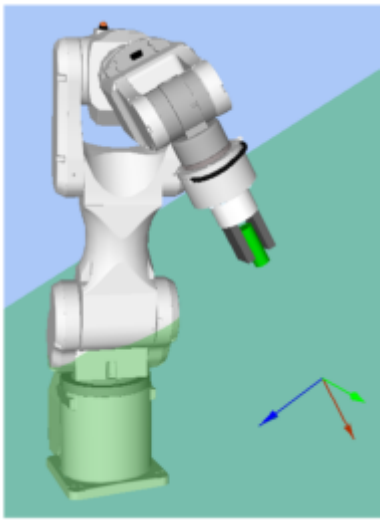
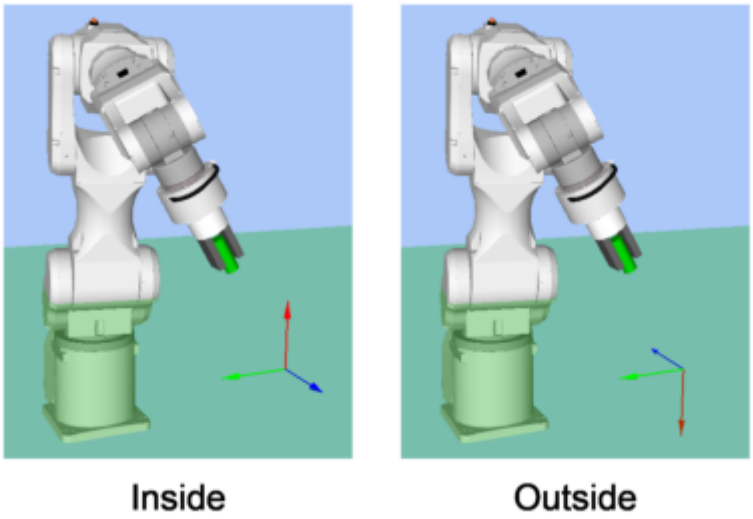
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ForceCheckEnabled | 力に関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>押付け探りオブジェクトでは、ForceCheckEnabledとPosCheckEnabledを1つ以上有効にしなければなりません。 |
| | True : 力に関する終了条件を有効にする場合<br>ProbeDetectTypeがObstacleの場合に選択します。<br>ProbeDetectTypeがHoleの場合は、必要に応じてTrueを選択します。 |

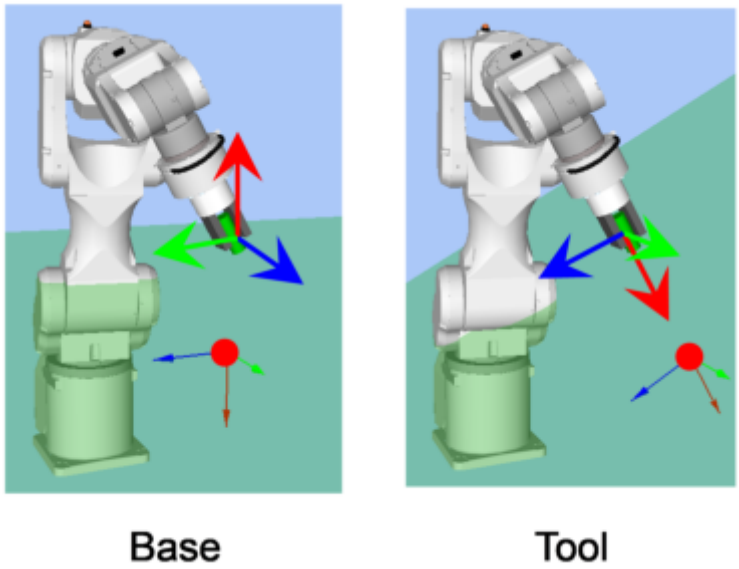
<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td rowspan="6">ProbeDetectThresh</td><td>対象を検出したと判定する閾値を設定します。</td></tr>
<tr><td>ProbeDetectTypeがHoleの場合:<br>PressOrientで指定した方向の力に対する閾値です。<br>PressOrientが正方向の場合:<br>負の値を設定します。<br>PressOrientが負方向の場合:<br>正の値を設定します。<br>下記グラフは、PressOrientで負方向を指定した例です。<br>"探る面上で押し付けている間は力がかかりますが、穴の位置に移動すると非接触状態になるため、力の絶対値が小さくなります。<br>  <br><br>a: 押付け探り中 / b: 穴の上</td></tr>
<tr><td>ProbeDetectTypeがObstacleの場合:<br>PressOrientで指定しない2方向の二乗和平方根に対する閾値です。<br>正の値を設定します。<br>下記グラフは、PressOrientで-Fzを指定した例です。<br>"Fxと探り中は、探る面に対する摩擦によって小さい力が検出され、障害物に接触すると大きな力が検出されます。<br>  <br><br>a: 押付け探り中 / b: 障害物に接触</td></tr>
<tr><td>穴を検出する場合:<br>通常“0”を指定します。</td></tr>
<tr><td>穴上に移動しても力が “0”にならない場合:<br>探り中の力の絶対値に対して十分小さい値を設定します。</td></tr>
<tr><td>障害物を検出する場合:<br>探り中の力に対して十分大きく接触時の力より小さな値を設定します。</td></tr>
</table>

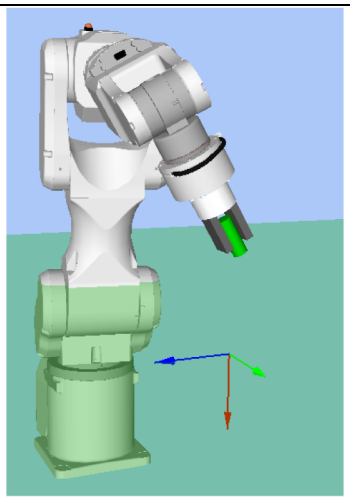
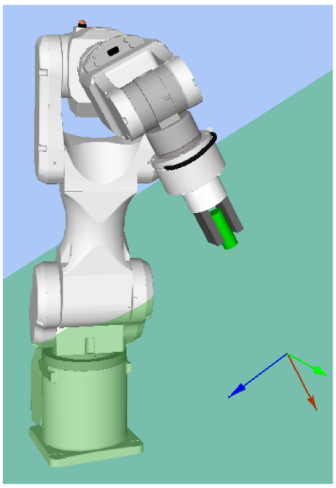
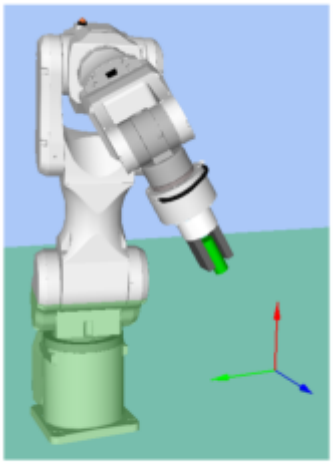
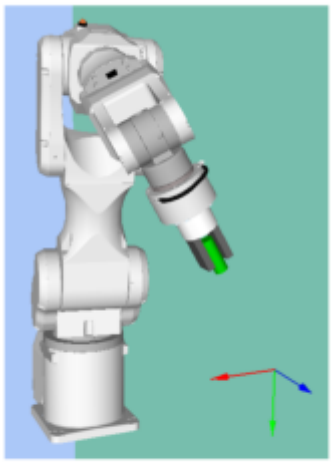
**Step 7. 位置に関する終了条件を設定する**

位置の終了条件に関するプロパティー(PosCheckEnabled, PosCheckType, PlaneNumber, PlaneEndCond, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PosCheckEnabled | 位置に関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>押付け探りオブジェクトでは、ForceCheckEnabledとPosCheckEnabledを1つ以上有効にしなければなりません。<br>ProbeDetectTypeがHoleの場合に使用することがあります。<br>通常、Obstacleの場合は使用しません。<br>穴を見つける場合、下図の様に探る面から一定距離穴方向に進んだことを終了条件とすることができます。<br>  <br><br>True : 位置に関する終了条件を有効にする場合 |
| PosCheckType | 位置に関する終了条件の種類を選択します。 |
| | RobotPlaneを選択した場合:<br>設定されているPlaneを終了条件の基準とします。<br>下図のように、Robotの位置姿勢に関わらず、一定の位置を基準とした終了条件を設定する場合に使用します。<br>  |
| | RelativePlaneを選択した場合:<br>フォースガイドシーケンスを実行するたび、現在位置からの相対位置にPlaneを作成して位置の終了条件とします。 |

<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>下図のように開始時の位置姿勢に合わせて終了条件とする位置を変更する場合に使用します。<br>   </td></tr>
<tr><td>PressProbeでは、RelativePlaneを使うことを推奨します。</td></tr>
<tr><td rowspan="3">PlaneNumber</td><td>位置の終了条件に使うPlane番号を設定します。</td></tr>
<tr><td>PosCheckTypeがRobotPlaneの場合:<br>指定した番号のPlaneを基準とした終了条件が設定されます。</td></tr>
<tr><td>PosCheckTypeがRelativePlaneの場合:<br>フォースガイドシーケンスを実行する度、指定した番号に新しくPlaneを設定します。<br>空いているPlane番号を設定してください。</td></tr>
<tr><td>PlaneEndCond</td><td>位置の終了条件とする状態を設定します。<br>平面に入った状態(Inside)と出た状態(Outside)のどちらかを終了条件として設定します。<br>設定した状態になったとき、位置の終了条件を満たしたと判定します。<br>平面に入った状態:<br>平面の+Z方向に位置する状態です。<br>  <br>Inside Outside</td></tr>
</table>

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PlaneRelativeOrg | 平面の原点位置までのオフセット量を、どの座標系方向を基準に表現するかを設定します。 |
| | 下図左は、Baseを設定した例です。<br>ベース座標系を基準として相対距離を指定します。<br>PlaneRelativeZに負の値が設定された例となります。<br>下図右は、Toolを設定した例です。<br>ツール座標系を基準として相対距離を指定します。<br>PlaneRelativeZに正の値が設定された例となります。<br>  <br> |
| | ローカル座標系やツール座標系はその方向のみ参照され、原点位置は影響しません。<br>ロボットの動作方向に終了条件とする位置を設定するため、通常は、フォースガイドシーケンスのForceOrientと一致する値を設定します。 |
| PlaneRelativeX<br>PlaneRelativeY<br>PlaneRelativeZ | 現在位置から平面の原点位置までの各方向のオフセット量を設定します。<br>方向はPlaneRelativeOrgで指定した座標系の方向になります。 |
| PlaneRelativeOrient | 平面方向の基準とする座標系を設定します。<br>下図左は、Baseを指定した例です。<br>フォースガイドオブジェクト開始時のロボットの姿勢に関わらず、平面の基準とする方向がベース座標系と一致します。<br>下図右は、Toolを指定した例です。<br>フォースガイドオブジェクト開始時のロボットの姿勢に合わせて、平面の基準とする方向が変化します。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| |   <br>a b<br>a: Base を設定した例 / b: Tool を設定した例<br>ロボットの動作方向に垂直な面を終了条件とするため、通常はフォースガイドシーケンスのForceOrientと一致する値を設定します。 |
| PlaneAxes | 平面方向を設定します。<br>PlaneRelativeOrientで指定した座標系を基準として、PlaneAxesで指定した方向に平面が設定されます。<br>下図は、PlaneRelativeOrientでBaseを指定した例です。<br>左はPlaneAxesでXYを、右はPlaneAxesでYZを指定した例です。<br>   <br>XY YZ<br>通常、PressProbeではPressOrientで指定した方向に垂直な平面を指定します。 |
| PlaneRelativeRobotLocal | PlaneRelativeOrgと、PlaneRelativeOrientがLocalのときに使用するローカル座標系番号を指定します。<br>通常、フォースガイドシーケンスのRobotLocalと一致する値を設定します。 |

### 4.4.2.2.5.2 押付け探りオブジェクトの調整ガイドライン

押付け探りオブジェクトを使用するときの、調整方法について事例ごとに説明します。

- 振動的に動く場合:
  PressFirmnessFの値を大きくします。ただし、ロボットの反応が鈍くになります。許容できる状態に調整してください。
  PressFirmnessFの調整は、例えば現在値から10%増加させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- 押し付け方向に大きくバウンドする場合:
  数秒に1回跳ねるように大きくバウンドすることを繰り返す場合、フォースガイドシーケンスのLimitAccelSによって動作が制限されている可能性があります。
  また、ローパワー状態で実行しているときに起こる可能性があります。
  ハイパワーモードで実行しても改善しない場合は、LimitAccelSを大きくしてください。LimitAccelSを大きくしても改善しない場合は、PressFirmnessFを小さくしてください。

- 指定した軌道を移動しない場合:
  指定した探る軌道から大きく外れる場合は、フォースガイドシーケンスのLimitAccelやLimitSpeedの影響を受けている可能性があります。それらの値を大きくしてください。
  また、ローパワーモードの場合、LimitSpeedやLimitAccelの設定値が大きくても、ローパワーモードの最大速度や最大加速度に合わせて制限されます。ハイパワーモードで実行してください。

- 穴を通り過ぎる場合:
  SpiralPitchを小さくします。ただし、指定範囲を探る時間が増加します。許容できる状態に調整してください。

  - 力に関する終了条件を使用している場合:
    実行中のPressOrientで指定した方向の力を確認します。

    - 探る平面上を移動する間と穴の上を移動する間の力に差がある場合:
      ProbeDetectThreshを、探る平面上を移動する間の力より絶対値が小さく、穴の上を移動する間の力より絶対値が大きな値に調整します。

  - 位置に関する終了条件を使用している場合:
    穴を通り過ぎたときのロボットの位置を確認します。

    - 探る平面上を移動する間と穴の上を移動する間の位置に差がある場合:
      Planeがその間になるように調整します。

    - PosCheckTypeがRobotPlaneの場合:
      PlaneNumberで指定しているPlaneを調整します。

    - PosCheckTypeがRelativePlaneの場合:
      PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZで平面の位置を調整します。

- 探り中に対象物から離れる場合:
  PressOrientが正しいか確認してください。
  PressOrientが正しい場合は、PressForceの絶対値を大きくします。
  ただし、ワークに指定した力がかかります。ワークが許容する力以下に調整してください。

- 時間がかかる場合:
  SpeedS、およびAccelSの値を大きくします。
  ただし、ワークにかかる力が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。
  また、可能な場合は、押付け探りオブジェクトの開始位置を穴位置に近づくように調整します。

- 探る動作の移動が遅い場合:
  SpeedS、およびAccelSの値を大きくします。
  ただし、ワークにかかる力が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。

#### 4.4.2.2.5.3 押付け探りオブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  押付け探りオブジェクトを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、PressProbe01のように、PressProbeの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。
  任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Enabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトを有効にするかどうかを指定します。

  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行せず、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。
  フォースガイドシーケンス作成中に、実行しないが一時的に残したい場合や、フォースガイドオブジェクトをコピーして異なるパラメーターで試したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトを有効にします。 |
| False | フォースガイドオブジェクトを無効にします。 |

  デフォルト: True
- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。
  AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。
- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True
- IOPreprocEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作を指定します。

I/O操作は、IOPreprocOutputBitプロパティーとIOPreprocOutputStatusプロパティーで定義されます。
フォースガイドオブジェクト実行前にハンドや周辺装置を操作したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 開始時のI/O操作を実行します。 |
| False | 開始時のI/O操作を実行しません。 |

デフォルト: False

- IOPreprocOutputBitプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での操作対象の出力ビットを指定します。
  IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

デフォルト: 0

- IOPreprocOutputStatusプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での出力状態を指定します。
  IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 指定された出力ビットをオフします。(0に設定) |
| On | 指定された出力ビットをオンします。(1に設定) |

デフォルト: Off

- ProbeTrajectoryプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの軌道を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Straight | 直線軌道を移動して、穴または障害物の位置で停止します。 |
| Spiral | 螺旋軌道を移動して、穴または障害物の位置で停止します。 |

デフォルト: Straight

- ProbeDetectTypeプロパティー
  押付け探りオブジェクトが検出する対象の種類を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Hole | 探る軌道上穴の位置を検出します。 |
| Obstacle | 探る軌道上の障害物(凸形状) の位置を検出します。 |

デフォルト: Hole

- AccelSプロパティー
  指定した軌道を移動するときの加速度を指定します。

| | 値 (単位: [mm/sec$^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 200 |

デフォルト: 10

- SpeedSプロパティー
  指定した軌道を移動するときの速度を指定します。

| | 値 (単位: [mm/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 50 |

  デフォルト: 10
- SpiralDiamプロパティー
  螺旋軌道の直径を指定します。
  ProbeTrajectoryプロパティーでSpiralが指定された場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 100 |

  デフォルト: 10
- SpiralPitchプロパティー
  螺旋軌道のピッチを指定します。
  ProbeTrajectoryプロパティーでSpiralが指定された場合に使用されます。
  SpiralPitchを小さくすると、同じ範囲では周回数が増加するため、対象物を通らず検出できない可能性が減りますが、探る時間が増加します。
  SpiralPitchを大きくすると、同じ範囲では周回数が減少するため、対象を通らずに検出できない可能性が増えますが、探る時間が減少します。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.05 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1
- DestRelativeXプロパティー
  直線軌道について、フォースガイドシーケンスのForceOrientとRobotLocalで指定された座標系のX方向への移動量を指定します。
  ProbeTrajectoryプロパティーでStraightが指定された場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0
- DestRelativeYプロパティー
  直線軌道について、フォースガイドシーケンスのForceOrientとRobotLocalで指定された座標系のY方向への移動量を指定します。
  ProbeTrajectoryプロパティーでStraightが指定された場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- DestRelativeZプロパティー
  直線軌道について、フォースガイドシーケンスのForceOrientとRobotLocalで指定された座標系のZ方向への移動量を指定します。
  ProbeTrajectoryプロパティーでStraightが指定された場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0
- PressOrientプロパティー
  押し付ける方向を指定します。
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるどの方向かを指定します。
  並進方向(+Fx ~ -Fz)から選択できます。ロボットは指定方向に押し付けながら、指定した軌道を移動します。
  螺旋軌道の場合、指定した方向に直交する平面上で螺旋軌道を生成します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| +Fx | Fxの正方向に移動します。 |
| -Fx | Fxの負方向に移動します。 |
| +Fy | Fyの正方向に移動します。 |
| -Fy | Fyの負方向に移動します。 |
| +Fz | Fzの正方向に移動します。 |
| -Fz | Fzの負方向に移動します。 |

  デフォルト: +Fz
- PressForceプロパティー
  押し付ける力を指定します。
  押付け探りオブジェクトを実行している間、ロボットはPressOrient方向にPressForceプロパティーで指定した力になるように押し付けながら探ります。
  正の方向に押し付ける場合は、負の値になります。
  負の方向に押し付ける場合は、正の値になります。

  - PressOrientが正方向の場合

| | 値(単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -10 |
| 最大値 | 10 |

    デフォルト: 0

  - PressOrientが負方向の場合

| | 値(単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -10 |
| 最大値 | 10 |

    デフォルト: 0

- PressFirmnessFプロパティー
  押付け探りオブジェクト実行中の押し付け方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  PressFirmnessFが大きくなると、力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  PressFirmnessFが小さくなると、力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 10

- CFEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト終了後も力制御機能を継続するかを指定します。CFEnabledをTrueにしても、フォースガイドシーケンスが終了する場合は、力制御機能を終了します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトが終了しても、次のフォースガイドオブジェクトまで力制御機能を継続します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト終了時に力制御機能を終了します。 |

  デフォルト: False

- ForceCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件に力に関する条件を指定します。
  力に関する終了条件は、ProbeDetectThreshで指定した条件です。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を有効にします。 |
| False | 力に関する終了条件を無効にします。 |

  デフォルト: True

- ProbeDetectThreshプロパティー
  力に関する終了条件について、検出と判断する閾値を指定します。

  - ProbeDetectTypeでObstacleを指定した場合:
    正の値を指定します。
    この時、ProbeDetectThreshで指定した値をPressOrientで指定した方向以外の力の二乗和平方根 (例: -Fzを選択した場合、sqrt(Fx*Fx+Fy*Fy))が超えることが力の終了条件になります。

  - ProbeDetectTypeでHoleを指定し、PressOrientでFx, FyまたはFzを指定した場合:
    負の値を指定します。
    この時、PressOrientで指定した方向の力がProbeDetectThreshで指定した値未満になることが力の終了条件になります。

  - ProbeDetectTypeでHoleを指定しPressOrientで-Fx, -Fyまたは-Fzを指定した場合:
    正の値を指定します。
    この時、PressOrientで指定した方向の力がProbeDetectThreshで指定した値を超えることが力の終了条件になります。

  - ProbeDetectTypeがHoleで、PressOrientが正方向の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -50 |
| 最大値 | 0 |

デフォルト: 0

- ProbeDetectTypeがObstacleか、PressOrientが負方向の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 50 |

デフォルト: 0

- PosCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件に位置に関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を有効にします。 |
| False | 位置に関する終了条件を無効にします。 |

デフォルト: False

- PosCheckTypeプロパティー
  位置に関する終了条件について、あらかじめ定義されたPlaneを使用するか、フォースガイドオブジェクト開始位置からの相対位置を指定するかを設定します。
  RobotPlaneを指定した場合、定義済みのPlaneを用いて終了条件を設定します。RelativePlaneを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行するたびにフォースガイドオブジェクト開始位置からの相対位置にPlaneを再設定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| RobotPlane | 定義済みのPlaneを終了条件として使用します。 |
| RelativePlane | 相対位置にPlaneを設定し、終了条件とします。 |

デフォルト: RobotPlane

- PlaneNumberプロパティー
  位置に関する終了条件について、使用するPlane番号を指定します。
  PosCheckTypeプロパティーでPlaneを指定した場合、指定された番号のPlaneは変更されません。
  PosCheckTypeプロパティーでRelativeを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されるたび、指定された番号に新しいPlaneを再定義します。そのため、元の設定が失われることに注意してください。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 15 |

デフォルト: 1

- PlaneEndCondプロパティー
  位置に関する終了条件について、終了と判定する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Outside | Planeの外側に出ることを終了条件とします。 |
| Inside | Planeの内側に入ることを終了条件とします。 |

  デフォルト: Inside

- PlaneRelativeOrgプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する相対位置をどの座標系で設定するかを指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | ベース座標系を基準として相対位置を指定します。 |
| Local | ローカル座標系を基準として相対位置を指定します。<br>ローカル座標系番号はPlaneRelativeRobotLocalで指定します。 |
| Tool | ツール座標系を基準として相対位置を指定します。 |

  デフォルト: Tool

- PlaneRelativeXプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するX方向の相対位置を指定します。PosCheckTypeで
  RelativePlaneが指定された場合に使用します。X方向はPlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- PlaneRelativeYプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するY方向の相対位置を指定します。PosCheckTypeで
  RelativePlaneが指定された場合に使用します。Y方向はPlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- PlaneRelativeZプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するZ方向の相対位置を指定します。PosCheckTypeで
  RelativePlaneが指定された場合に使用します。Z方向はPlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- PlaneRelativeOrientプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する座標系を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。
  PlaneはPlaneRelativeOrientで指定した座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上に設定されます。

Baseが指定された場合、Base座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。
Localが指定された場合、PlaneRelativeRobotLocalで指定された番号のローカル座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。
Toolが指定された場合、ツール座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | ベース座標系を基準として平面方向を設定します。 |
| Local | ローカル座標系を基準として平面方向を設定します。 |
| Tool | ツール座標系を基準として平面方向を設定します。 |

デフォルト: Tool

- PlaneAxesプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する軸を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。
  PlaneはPlaneRelativeOrientで指定した座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上に設定されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| XY | XY平面にPlaneを設定します。 |
| YZ | YZ平面にPlaneを設定します。 |
| XZ | XZ平面にPlaneを設定します。 |

デフォルト: XY

- PlaneRelativeRobotLocalプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeの相対位置または方向を指定するローカル座標系番号を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定されPlaneRelativeOrgでLocalが指定されるか、PosCheckTypeでRelativePlaneが指定されPlaneRelativeOrientでLocalが指定された場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。<br>PlaneRelativeOrgやPlaneRelativeOrientでBaseを指定した場合と同じです。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

デフォルト: 0 (Base)

### 4.4.2.2.5.4 押付け探りオブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  **押付け探りオブジェクト**

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz[N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- ForceCondOKリザルト
  力に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を満たした。 |
| False | 力に関する終了条件を満たさなかった。 |

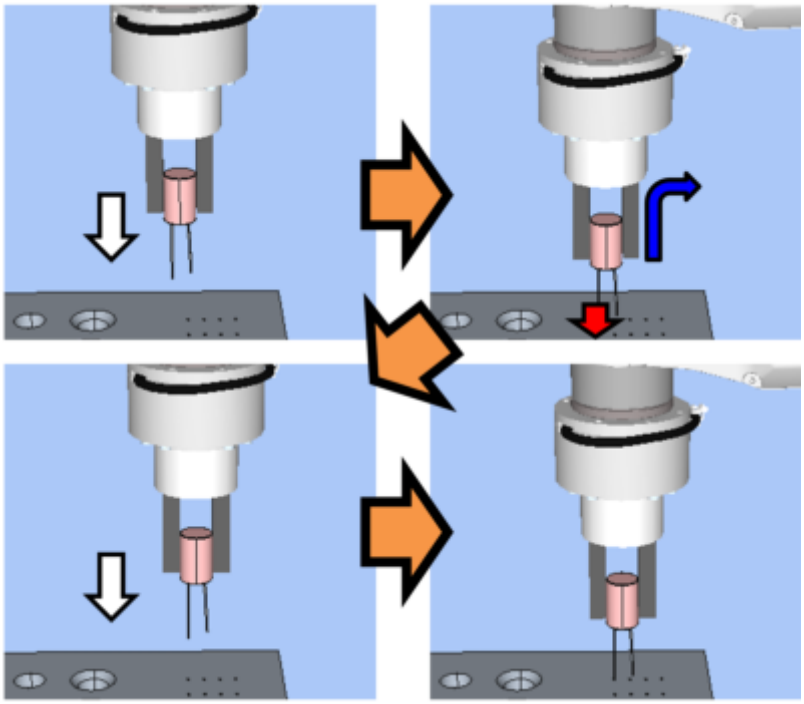
- TriggeredForcesリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredPosリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- PosCondOKリザルト
  位置に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を満たした。 |
| False | 位置に関する終了条件を満たさなかった。 |

### 4.4.2.2.6 接触探りオブジェクト

接触探りオブジェクトは、ワークなどの物体に接触するまで指定方向に移動させ、指定距離移動した位置を穴位置として検出し、指定距離移動せずに物体に接触したとき開始位置へ戻り位置を変えて再度接触動作することを繰り返すようにロボットを動作させるフォースガイドオブジェクトです。

リード部品やコネクターなど、PressProbeによる穴検出が困難なワークでの、穴位置検出などに使用します。
ワーク寸法やワークの把持位置などに誤差がある場合でも安定して穴位置を検出することができます。



上図は、接触探りオブジェクトによる動作のイメージです。
非接触状態から、白い矢印で示す様に下方向に移動します。接触して赤い矢印が示す様に力が加わったことを検出した場合、青い矢印で示すように、次の接触開始位置へ移動します。これらを繰り返して穴を探ります。

接触探りオブジェクトは、1回の接触動作の指定時間内に位置の終了条件を満たしたとき成功となります。
接触探りオブジェクトは、力と位置に関する終了条件を必ず使用します。

- 1回の接触動作中に、力に関する終了条件を満たした場合:
  穴のない位置であると判断して、次の接触開始位置へ移動します。
- 1回の接触動作中に、位置に関する終了条件を満たした場合:
  穴の位置であると判断して、成功となります。
- 1回の接触動作中に、力に関する終了条件と位置に関する終了条件の両方を満たさない場合:
  接触せず移動量が足りないという異常な状態なため、失敗として終了します。

各条件は、以下の通りです。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 力に関する終了条件 | 1回の接触動作中に、位置に関する終了条件を満たすまでに、指定方向の力の絶対値が、ContactForceThreshの絶対値を超えないこと<br>絶対値を超えた場合は、接触した(=穴のない位置)と判定して、次の接触開始位置へ移動して、次の接触動作を行います。 |
| 位置に関する終了条件 | 1回の接触動作中、Timeoutの指定時間内に、以下のどちらかを満たすこと |
| | PosCheckTypeがRobotPlaneの場合:<br>PlaneNumberで指定したPlaneに対して、PlaneEndConditionで指定した状態を満足すること |
| | PosCheckTypeがRelativePlaneの場合:<br>ContactOrientの方向にContactDist + ContactDistMargin移動すること |

### 4.4.2.2.6.1 接触探りオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティー(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

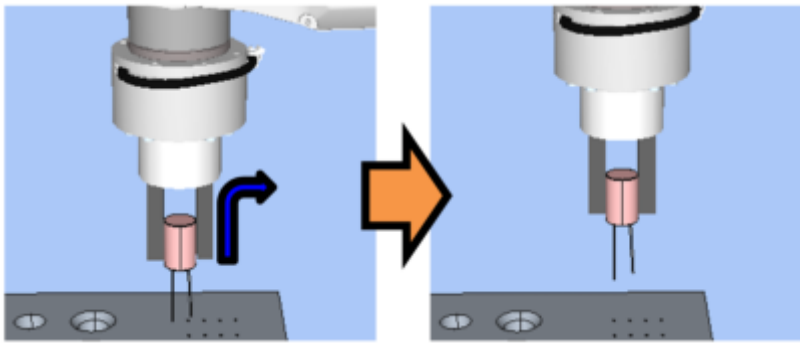
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前です。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明です。<br>動作の説明などを記述します。任意の文字列を設定します。 |
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイドオブジェクトを実行しない場合 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを分かりやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを指定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

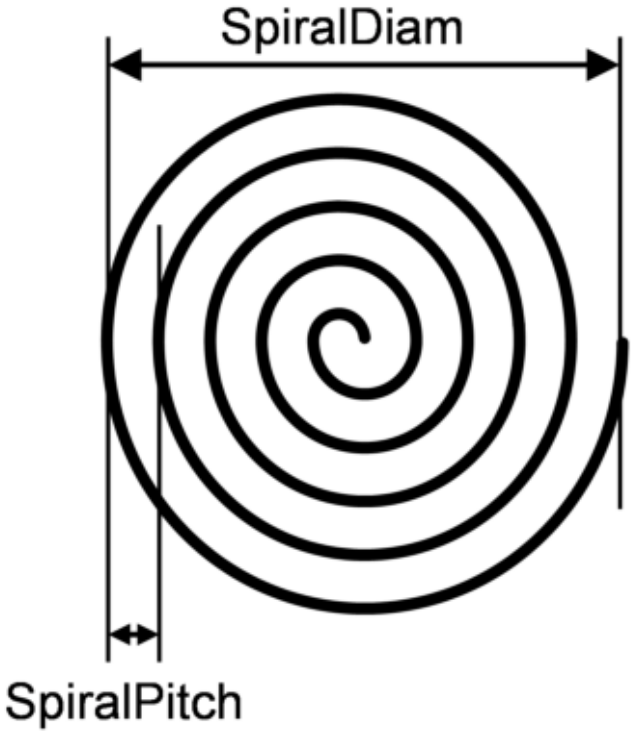
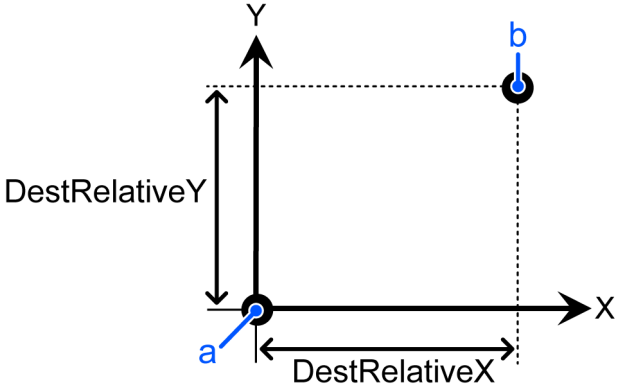
**Step 2. 開始前のI/O処理を設定する**
フォースガイドオブジェクト開始前のI/O処理に関するプロパティー(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOPreprocEnabled | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットを操作するかどうかを設定します。<br>出力ビットは、1個のみ操作できます。複数の出力ビットを操作する場合は、SPEL関数オブジェクトを使用してください。 |
| | False : 通常の場合 |
| | True : 周辺装置を動作/停止させるなど、出力ビットを操作する場合 |
| IOPreprocOutputBit | フォースガイドオブジェクト開始時に操作する出力ビットを指定します。 |
| IOPreprocOutputStatus | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットをオンするかオフするかを設定します。<br>出力する状態を設定します。 |

**Step 3. 探り動作を設定する**

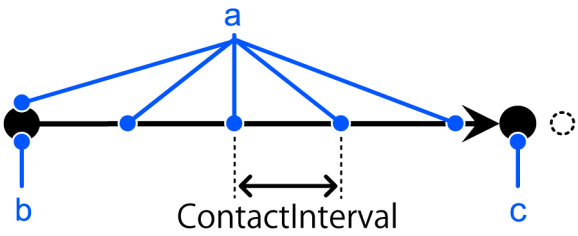
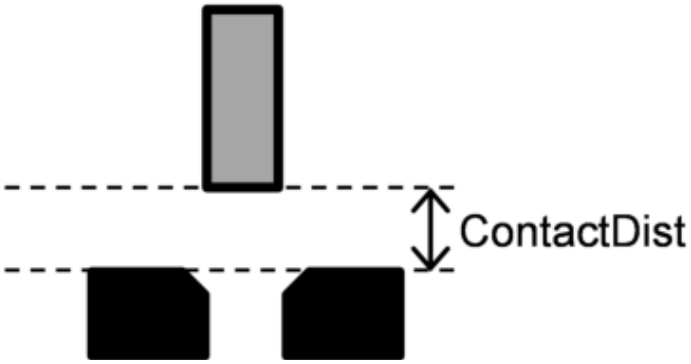
探り動作に関するプロパティー(ProbeTrajectory, ProbeDetectType, AccelS, SpeedS, SpiralDiam, SpiralPitch, DestRelativeX, DestRelativeY, DestRelativeZ)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ProbeTrajectory | 探る軌道を設定します。<br>螺旋軌道と、直線軌道を選択できます。<br>Straight : 指定直線上に対象があることが分かっている場合<br>Spiral : 指定直線上に対象がない場合<br>接触探りオブジェクトは、押付け探りオブジェクトに比べて時間がかかります。指定直線上に穴があるように、開始位置のバラツキを抑え、Straightを使用することを推奨します。 |
| AccelS | 移動時の並進加速度を設定します。<br>下図のように、穴がなく、対象物に接触したときに次の接触開始位置へ移動する動作に使用します。<br>この動作は、力制御機能を実行せず、位置制御で移動します。<br>  <br>接触動作の加速度には影響しません。 |
| SpeedS | 移動時の並進速度を設定します。<br>AccelSと同じように、次の接触開始位置へ移動する動作に使用されます。<br>接触動作の速度には影響しません。 |

<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td rowspan="3">SpiralDiam<br>SpiralPitch</td><td>螺旋軌道の直径とピッチを設定します。<br> 
</td></tr>
<tr><td>SpiralDiam:<br>開始位置からバラツキを含めた検出対象の位置までの距離の最大値に、マージンを含めた値を設定します。<br>例: 最大値を1.1倍した数値</td></tr>
<tr><td>SpiralPitch:<br>対象物を通り過ぎないように設定します。<br>穴を検出する場合は、最小隙間よりも小さい値を設定します。</td></tr>
<tr><td>DestRelativeX<br>DestRelativeY<br>DestRelativeZ</td><td>フォースガイドオブジェクト開始位置から目標位置までの各方向の相対移動量を設定します。<br>下図のように、フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系における移動量を指定します。<br> 
<br>a: 開始位置 / b: 目標位置</td></tr>
</table>

**Step 4. 接触動作と力制御機能を設定する**

接触動作と力制御機能に関するプロパティー(ContactInterval, ContactOrient, ContactDist, ContactDistMargin, ContactFirmnessF, CFEnabled)を設定します。

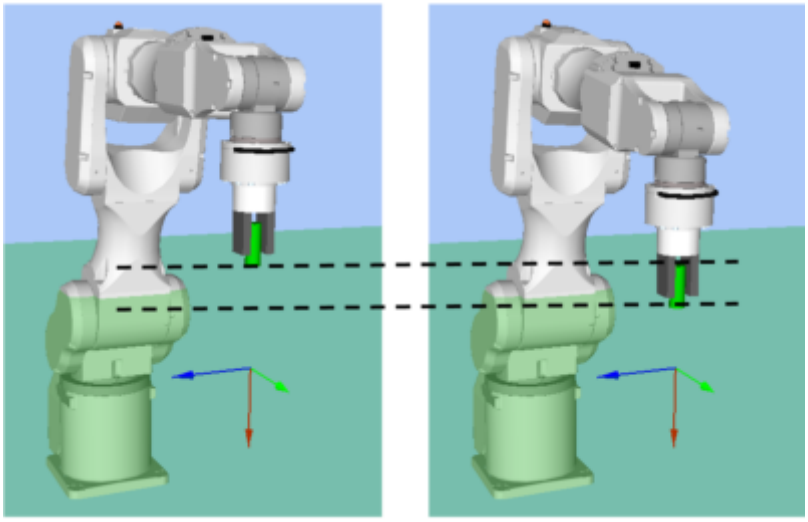
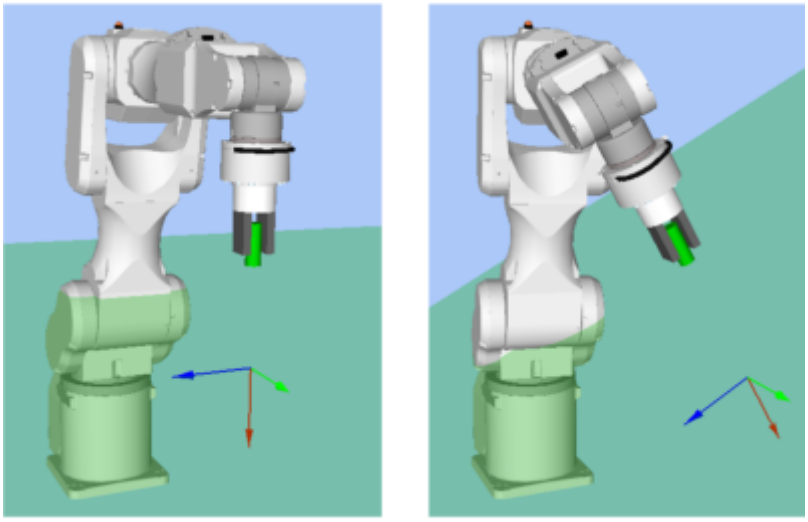
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ContactInterval | 隣り合う接触動作の開始位置の間隔を設定します。<br>下図のように、接触探りオブジェクトの開始位置から、目標位置までを、開始位置を基点として、指定した軌道上をContactIntervalで指定した距離を移動したところを、次の接触動作開始位置とします。<br>  <br>a: 接触動作開始位置 / b: 開始位置 / c: 目標位置<br>接触探りオブジェクトは、目標位置までの間にある接触動作開始位置で接触動作を行います。<br>目標位置がContactIntervalの倍数でない場合:<br>目標位置や目標位置を超える次の接触動作開始位置では、接触動作を実行しません。<br>ContactIntervalは、対象物を通り過ぎないように設定します。最小隙間よりも小さい値を設定します。ただし、値が小さい場合に時間がかかることがあります。許容できる状態に調整してください。 |
| ContactOrient | 接触する方向を指定します。<br>ロボットは指定方向へ移動します。 |
| ContactDist<br>ContactDistMargin | 開始位置から接触予定位置までの距離と、そのマージンを指定します。<br>接触探りオブジェクトは、ContactOrientで指定した方向に<br>ContactDist+ContactDistMarginの距離を進んだとき、穴があったと判定します。<br>  <br>上図のように、ワークなどの先端から、対象物の接触面までの距離をContactDistに設定します。<br>ContactDistMarginは、開始位置やワークのバラツキを含むマージンを設定します。バラツキが不明な場合は、ContactDistに対する割合で計算します。<br>例: ContactDistの10%など |
| ContactFirmnessF | 力制御機能の硬さを設定します。<br>大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。<br>小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。<br>接触探りオブジェクトの場合は、接触速度に影響します。接触速度の参考値は<br>(ContactForceThresh / ContactFirmnessF)で求めることができます。 |

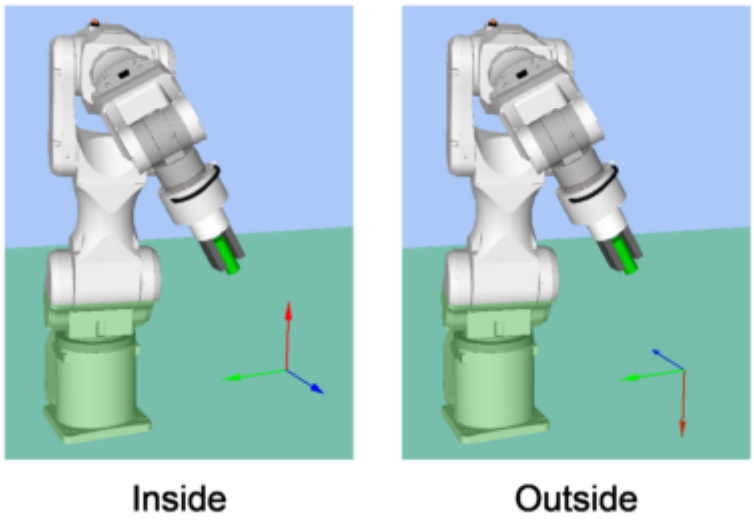
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| CFEnabled | 次のフォースガイドオブジェクトまで、力制御機能を継続するかどうかを設定します。<br>False : 通常の場合<br>力制御機能を1度オフしてから、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。 |

ContactOrientは、シミュレーター機能によって設定状態を確認できます。指定方向以外がグレイアウト表示された座標系が表示されます。
ただし、ロボットは、現在位置を基に表示されます。フォースガイドオブジェクトを実行する位置姿勢にした状態で確認してください。
シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

**Step 5. 終了条件について設定する**
終了条件に関するプロパティー(ContactForceThresh, PosCheckType, PlaneNumber, PlaneEndCond, Timeout)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ContactForceThresh | 接触したと判定する閾値を設定します。<br>3～5[N]程度を設定します。<br>お客様のワークが許容する値としてください。 |
| | ContactOrientが正の方向の場合:<br>負の値を設定します。<br>ContactOrientが負の方向の場合:<br>正の値を設定します。 |
| | 大きい絶対値を設定した場合:<br>接触までの移動速度が速くなります。<br>値が小さすぎる場合:<br>ロボットが移動しないことがあります。 |

<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td rowspan="4">PosCheckType</td><td>位置に関する終了条件の種類を選択します。</td></tr>
<tr><td>RobotPlaneを選択した場合:<br>設定されているPlaneを終了条件の基準とします。<br>下図のように、Robotの位置姿勢に関わらず、一定の位置を基準とした終了条件を設定する場合に使用します。<br>  </td></tr>
<tr><td>RelativePlaneを選択した場合:<br>フォースガイドシーケンスを実行するたび、ContactOrientで指定した方向にContactDist+ContactDistMargin進んだ位置にPlaneを作成して位置の終了条件とします。<br>下図のように、開始時の位置姿勢に合わせて終了条件とする位置を変更する場合に使用します。<br>  </td></tr>
<tr><td>RobotPlane : 常に一定の位置を基準とする場合<br>RelativePlane : 開始位置からの相対距離移動したことを条件とする場合</td></tr>
<tr><td rowspan="3">PlaneNumber</td><td>位置の終了条件に使うPlane番号を設定します。</td></tr>
<tr><td>PosCheckTypeがRobotPlaneの場合:<br>指定した番号のPlaneを基準とした終了条件が設定されます。</td></tr>
<tr><td>PosCheckTypeがRelativePlaneの場合:<br>フォースガイドシーケンスを実行するたび、指定した番号に新しくPlaneを設定します。</td></tr>
</table>

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | 空いているPlane番号を設定してください。 |
| PlaneEndCond | 位置の終了条件とする状態を設定します。<br>平面に入った状態(Inside)と出た状態(Outside)のどちらかを終了条件として設定します。<br>設定した状態になったとき、位置の終了条件を満たしたと判定します。<br>平面に入った状態:<br>平面の+Z方向に位置する状態です。<br>  <br> |
| Timeout | 1回の接触動作のタイムアウト時間を設定します。<br>この時間内に力か位置の条件を満たすようにしてください。<br>(ContactDist + ContactDistMargin) / (ContactForceThresh / ContactFirmnessF)で計算される値より大きくしてください。 |

### 4.4.2.2.6.2 接触探りオブジェクトの調整ガイドライン

接触探りオブジェクトを使用するときの、調整方法について説明します。

- 穴を通り過ぎる場合:
  ContactIntervalを小さくします。
  ただし、探り動作にかかる時間が増加します。許容できる状態に調整してください。
- 接触方向に動かない場合:
  ContactOrientが正しいか確認してください。
  ContactOrientが正しい場合は、ContactForceThreshの絶対値を大きくします。
- 接触動作に時間がかかる場合:
  ContactFirmnessFの値を小さくするか、ContactForceThreshの絶対値を大きくします。
  ただし、ワークにかかる力が増加します。許容できる状態に調整してください。
- 探る動作の移動が遅い場合:
  SpeedS、およびAccelSの値を大きくします。
- 探りに時間がかかる場合:
  穴位置まで接触動作を何回も繰り返す場合は、ContactIntervalを大きくします。

ただし、穴を通り過ぎる可能性があります。許容できる状態に調整してください。
また、可能な場合は、接触探りオブジェクトの開始位置を穴位置に近づくように調整してください。

#### 4.4.2.2.6.3 接触探りオブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  接触探りオブジェクトを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、ContactProbe01のように、ContactProbeの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は、変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と"_"(アンダースコア)が使用可能できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Enabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトを有効にするかどうかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行せず、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。
  フォースガイドシーケンス作成中などにおいて、実行しないが一時的に残したい場合や、フォースガイドオブジェクトをコピーして異なるパラメーターで試したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトを有効にします。 |
| False | フォースガイドオブジェクトを無効にします。 |

  デフォルト: True
- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。
  AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。
- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True
- IOPreprocEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作を指定します。

I/O操作は、IOPreprocOutputBitプロパティーと、IOPreprocOutputStatusプロパティーで定義されます。フォースガイドオブジェクト実行前にハンドや周辺装置を操作したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 開始時のI/O操作を実行します。 |
| False | 開始時のI/O操作を実行しません。 |

デフォルト: False

- IOPreprocOutputBitプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での操作対象の出力ビットを指定します。IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

デフォルト: 0

- IOPreprocOutputStatusプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での出力状態を指定します。
  IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 指定された出力ビットをオフします。(0に設定) |
| On | 指定された出力ビットをオンします。(1に設定) |

デフォルト: Off

- ProbeTrajectoryプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの軌道を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Straight | 開始位置を直線に沿って移動させて接触動作を繰り返します。 |
| Spiral | 開始位置を螺旋に沿って移動させて接触動作を繰り返します。 |

デフォルト: Straight

- AccelSプロパティー
  接触の開始位置へ移動するときの加速度を指定します。

| | 値 (単位: [mm/sec$^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 5000 |

デフォルト: 200

- SpeedSプロパティー
  接触の開始位置へ移動するときの速度を指定します。

| | 値 (単位: [mm/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 250 |

デフォルト: 50

- SpiralDiamプロパティー
  螺旋軌道の直径を指定します。
  ProbeTrajectoryプロパティーでSpiralが指定された場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 100 |

  デフォルト: 10
- SpiralPitchプロパティー
  螺旋軌道のピッチを指定します。
  ProbeTrajectoryプロパティーでSpiralが指定された場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.05 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1
- DestRelativeXプロパティー
  直線軌道について、フォースガイドシーケンスのForceOrientとRobotLocalで指定された座標系のX方向への移動量を指定します。
  ProbeTrajectoryプロパティーでStraightが指定された場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0
- DestRelativeYプロパティー
  直線軌道について、フォースガイドシーケンスのForceOrientとRobotLocalで指定された座標系のY方向への移動量を指定します。
  ProbeTrajectoryプロパティーでStraightが指定された場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0
- DestRelativeZプロパティー
  直線軌道について、フォースガイドシーケンスのForceOrientとRobotLocalで指定された座標系のZ方向への移動量を指定します。
  ProbeTrajectoryプロパティーでStraightが指定された場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0
- ContactIntervalプロパティー
  接触開始位置の移動量を指定します。

接触動作中に接触した場合、ContactIntervalでの指定量、指定された軌道を進んだ位置を次の接触動作の開始位置とします。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.05 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 0.1

- ContactOrientプロパティー
  穴の方向を指定します。
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるどの方向かを指定します。
  並進方向(+Fx ~ -Fz)から選択します。ロボットは、指定方向へ移動しながら穴を探します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| +Fx | Fxの正方向に移動します。 |
| -Fx | Fxの負方向に移動します。 |
| +Fy | Fyの正方向に移動します。 |
| -Fy | Fyの負方向に移動します。 |
| +Fz | Fzの正方向に移動します。 |
| -Fz | Fzの負方向に移動します。 |

デフォルト: +Fz

- ContactDistプロパティー
  開始位置と穴位置との間の予定距離を指定します。
  ContactDist + ContactDistMargin進んだ場合、穴位置を検出したとして、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 50 |

デフォルト: 10

- ContactDistMarginプロパティー
  開始位置と穴位置との間の距離に加えるマージンを指定します。
  最大のばらつきを考慮した値を指定してください。ContactDist + ContactDistMargin進んだ場合、穴位置を検出したとして、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 50 |

デフォルト: 10

- ContactFirmnessFプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の力制御機能に関する硬さを指定します。
  ContactFirmnessFの値が大きくなると、力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。

ContactFirmnessFの値が小さくなると、力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

デフォルト: 10

- CFEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト終了後も力制御機能を継続するかを指定します。
  CFEnabledをTrueにしても、フォースガイドシーケンスが終了する場合は、力制御機能を終了します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトが終了しても、次のフォースガイドオブジェクトまで力制御機能を継続します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト終了時に力制御機能を終了します。 |

デフォルト: False

- ContactForceThreshプロパティー
  接触と判定する力の閾値を指定します。押付け探りオブジェクト実行中に、本プロパティーで指定された値を超えたとき、接触開始位置に戻って、次の接触開始位置へ移動します。

  - ContactOrientが正方向の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -10 |
| 最大値 | 0 |

    デフォルト: -5

  - ContactOrientが負方向の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

    デフォルト: 5

- PosCheckTypeプロパティー
  位置に関する終了条件について、あらかじめ定義されたPlaneを使用するか、フォースガイドオブジェクト開始位置からの相対位置を指定するかを設定します。
  RobotPlaneを指定した場合、定義済みのPlaneを用いて終了条件を設定します。
  RelativePlaneを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行するたびにフォースガイドオブジェクト開始位置からの相対位置にPlaneを再設定します。相対位置はContactOrientとContactDistとContactDistMarginで指定した方向および移動量から決まります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| RobotPlane | 定義済みのPlaneを終了条件として使用します。 |
| RelativePlane | 相対位置にPlaneを設定し、終了条件とします。 |

デフォルト: RobotPlane

- PlaneNumberプロパティー
  位置に関する終了条件について、使用するPlane番号を指定します。
  PosCheckTypeプロパティーでPlaneを指定した場合、指定された番号のPlaneは変更されません。
  PosCheckTypeプロパティーでRelativeを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されるたび、指定された番号に新しいPlaneを再定義します。そのため、元の設定が失われることに注意してください。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 15 |

デフォルト: 1

- PlaneEndCondプロパティー
  位置に関する終了条件について、終了と判定する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Outside | Planeの外側に出ることを終了条件とします。 |
| Inside | Planeの内側に入ることを終了条件とします。 |

デフォルト: Inside

- Timeoutプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのタイムアウト時間を指定します。
  1回の接触動作について、Timeoutで指定した時間を超えても、力または位置の終了条件を満たさなかった場合、接触探りオブジェクトに失敗したと判定します。
  判定後、AbortSeqOnFailにしたがって、フォースガイドシーケンスを終了するか、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  力の終了条件を満たした場合、次の接触開始位置へ移動して接触動作を繰り返します。位置の終了条件を満たした場合、穴を検出したとして、次のフォースガイドオブジェクトに進みます。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 60 |

デフォルト: 10

### 4.4.2.2.6.4 接触探りオブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  接触探りオブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- TimedOutリザルト
  Timeoutプロパティーで指定したタイムアウト時間に到達したかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | タイムアウト時間に到達した。 |
| False | タイムアウト時間に到達する前に終了した。 |

- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredForcesリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredPosリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- PosCondOKリザルト
  位置に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

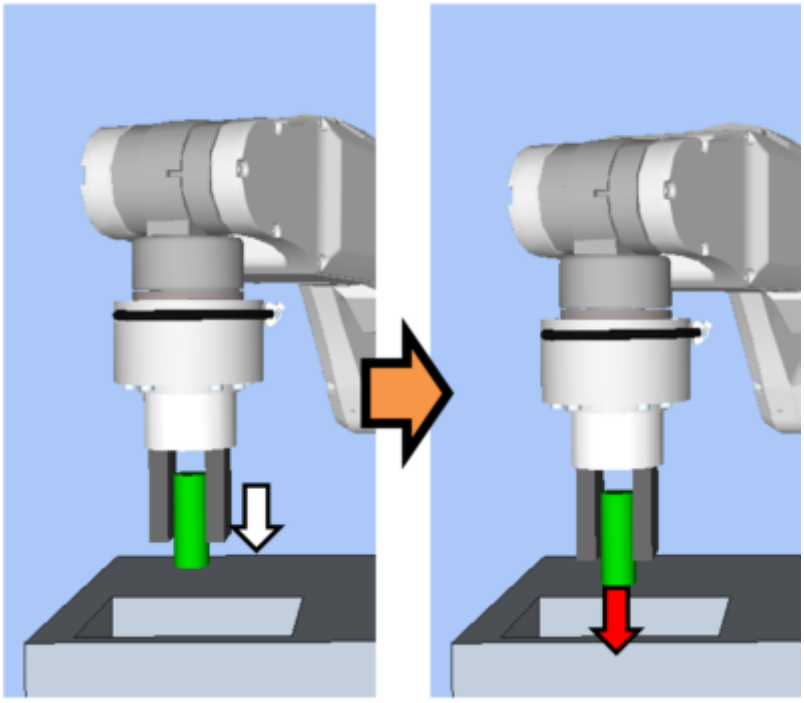
| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を満たした。 |
| False | 位置に関する終了条件を満たさなかった。 |

#### 4.4.2.2.7 押付けオブジェクト

押付けオブジェクトは、指定方向に指定の力で押し付けるようにロボットを動作させるフォースガイドオブジェクトです。

また同時に別の指定方向に脱力オブジェクトのように倣わせることもできます。

接触していない状態で押付けオブジェクトを実行した場合、指定の力になる方向にロボットは移動します。押し付けや組み立てなどでの押し込みなどに使用します。ワーク寸法やワークの把持位置に誤差がある場合でも、安定して一定の力を保つことができます。



上図は、押付けオブジェクトによる動作のイメージです。非接触状態で実行した場合、白い矢印で示すように押し付ける方向に向かって移動します。接触状態になってからは赤い矢印が示す様に一定の力を加えた状態を保持します。接触状態から開始することもできます。

押付けオブジェクトは、指定時間内に終了条件を満たしたとき成功となります。押付けオブジェクトは、力と位置とI/Oに関する終了条件が使用できます。

各終了条件は、ForceCheckEnabled, PosCheckEnabled、IOCheckEnabledで使用するかしないかを設定します。1つも終了条件を設定しない場合は、常に成功となります。

また複数の終了条件を設定した場合、EndCheckOperatorで終了条件の組み合わせ方をANDとORから選択できます。

各条件は、以下の通りです。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 力に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下の全てをHoldTimeThreshで指定した時間の間満たし続けること |
| | ForceCheckPolarityがInsideの場合:<br>Fx, Fy, Fz の内、ControlModeで、Press- またはPress+に指定した軸がPressForce±PressCheckTolFの範囲に入ること |
| | ForceCheckPolarityがOutsideの場合:<br>Fx, Fy, Fz の内、ControlModeで、Press- またはPress+に指定した軸がPressForce±PressCheckTolFの範囲に入らないこと |
| | ForceCheckPolarityがInsideの場合:<br>Tx, Ty, Tz の内、ControlModeで、Press- またはPress+に指定した軸が<br>PressForce±PressCheckTolTの範囲に入ること |
| | ForceCheckPolarityがOutsideの場合:<br>Tx, Ty, Tz の内、ControlModeで、Press- またはPress+に指定した軸が<br>PressForce±PressCheckTolTの範囲に入らないこと |
| | ForceCheckModeがPressFollowで、ForceCheckPolarityがInsideの場合:<br>Fx, Fy, Fz の内、ControlModeで、Followに指定した軸が±FollowCheckTolFの範囲に入ること |
| | ForceCheckModeがPressFollowで、ForceCheckPolarityがOutsideの場合:<br>Fx, Fy, Fz の内、ControlModeで、Followに指定した軸が±FollowCheckTolFの範囲に入らないこと |
| | ForceCheckModeがPressFollowで、ForceCheckPolarityがInsideの場合:<br>Tx, Ty, Tz の内、ControlModeでFollowに指定した軸が±FollowCheckTolTの範囲に入ること |
| | ForceCheckModeがPressFollowで、ForceCheckPolarityがOutsideの場合:<br>Tx, Ty, Tz の内、ControlModeでFollowに指定した軸が±FollowCheckTolTの範囲に入らないこと |
| 位置に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下のどちらかを満たすこと |
| | PosCheckTypeがRobotPlaneの場合:<br>PlaneNumberで指定したPlaneに対して、PlaneEndConditionで指定した状態を満足すること |
| | PosCheckTypeがRelativePlaneの場合:<br>PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocalで指定した相対平面に対して、PlaneEndConditionで指定した状態を満足すること |
| I/Oに関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、IOCheckInputBitで指定した入力ビットが、IOCheckInputStatusで指定した状態になること |

#### 4.4.2.2.7.1 押付けオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**

基本情報に関するプロパティー(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイドオブジェクトを実行しない場合 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 開始前のI/O処理を設定する**

フォースガイドオブジェクト開始前のI/O処理に関するプロパティー(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOPreprocEnabled | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットを操作するかどうかを設定します。<br>出力ビットは1個のみ操作可能です。複数の出力ビットを操作する場合は、SPEL関数オブジェクトを使用してください。 |
| | False : 通常の場合 |
| | True : 周辺装置を動作/停止させるなど、出力ビットを操作する場合 |
| IOPreprocOutputBit | フォースガイドオブジェクト開始時に操作する出力ビットを指定します。 |
| IOPreprocOutputStatus | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットをオンするかオフするかを設定します。<br>出力する状態を指定します。 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 3. 力制御機能を設定する**

力制御機能に関するプロパティー(Fx_ControlMode, …, Tz_ControlMode, Fx_PressForce, …, Tz_PressForce, Fx_Firmness, …, Tz_Firmness, CFEnabled)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Fx_ControlMode<br>Fy_ControlMode<br>Fz_ControlMode<br>Tx_ControlMode<br>Ty_ControlMode<br>Tz_ControlMode | 各方向に対する力制御機能のモードです。 |
| | Press+ :<br>各軸の正方向にロボットが移動して押し付けます。 |
| | Press- :<br>各軸の負方向にロボットが移動して押し付けます。 |
| | Followを指定した方向:<br>力制御機能によって倣います。 |
| | Disabledを指定した方向:<br>力制御機能が無効になります。 |
| | 押し付ける方向のControlModeを、Press+またはPress-にします。<br>倣いたい方向のControlModeをFollowにします。<br>1つ以上の方向をDisabled以外にしなければなりません。 |
| Fx_PressForce<br>Fy_PressForce<br>Fz_PressForce<br>Tx_PressForce<br>Ty_PressForce<br>Tz_PressForce | 各方向に加える力またはトルクを設定します。<br>ControlModeがPress+またはPress-の場合に使用されます。 |
| | ControlModeがPress+の場合:<br>負の値を設定します。 |
| | ControlModeがPress-の場合:<br>正の値を設定します。 |
| | 嵌合や組み立て作業では、Fx, Fy, Fzに、3~5[N]、または-3~-5[N]の力を使うことが多いです。<br>ただし、作業やワークによって最適値は変化します。 |
| Fx_Firmness<br>Fy_Firmness<br>Fz_Firmness<br>Tx_Firmness<br>Ty_Firmness<br>Tz_Firmness | 各方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| CFEnabled | 次のフォースガイドオブジェクトまで、力制御機能を継続するかどうかを設定します。 |
| | False : 通常の場合<br>力制御機能を1度オフしてから、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。 |
| | True : 接触後、力を一定に保ち続けたまま、次のフォースガイドオブジェクトを開始したい場合 |

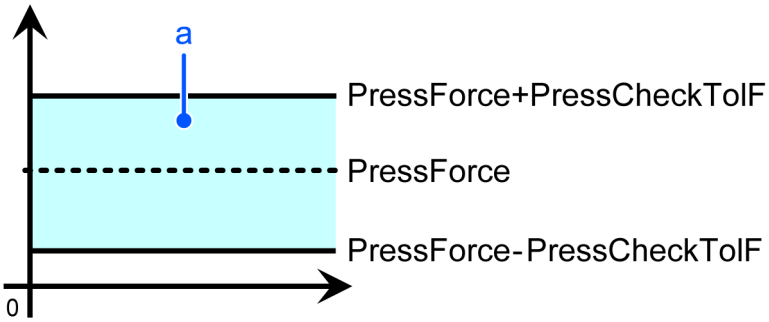
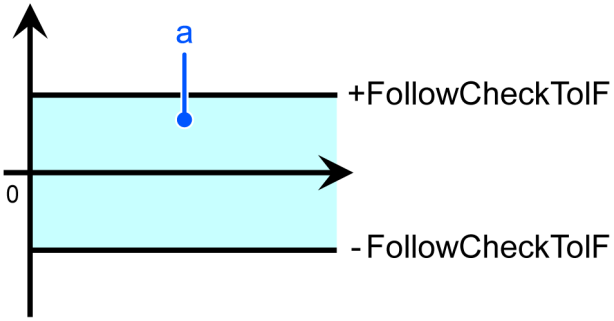
ControlModeは、シミュレーター機能によって設定状態を確認できます。
有効にした方向以外がグレイアウト表示された座標系が表示されます。
ただし、ロボットは、現在位置を基に表示されます。フォースガイドオブジェクトを実行する位置姿勢にした状態で確認してください。
シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

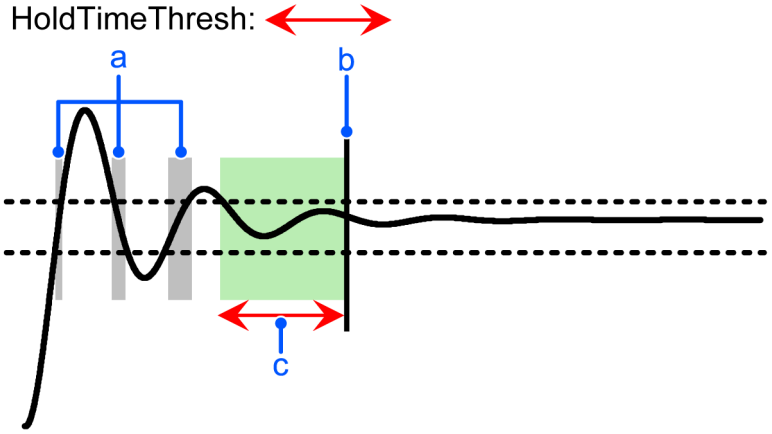
**Step 4. 終了条件の基本情報を設定する**
終了条件の組み合わせ、タイムアウトに関するプロパティー(EndCheckOperator, Timeout)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| EndCheckOperator | 力, 位置, I/Oに関する終了条件の組み合わせ方を指定します。 |
| | AND : 両方の条件を満たしたとき終了する場合 |
| | OR : 1つ以上の条件を満たしたとき終了する場合 |
| Timeout | タイムアウト時間を設定します。 |
| | 終了条件が設定されていない場合:<br>実行時間となります。 |
| | 終了条件が設定されている場合:<br>指定時間内に終了条件を満たさないとき、失敗となります。 |

**Step 5. 力に関する終了条件を設定する**
力の終了条件に関するプロパティー(ForceCheckEnabled, ForceCheckMode, ForceCheckPolarity, PressCheckTolF, PressCheckTolT, FollowCheckTolF, FollowCheckTolT, HoldTimeThresh)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ForceCheckEnabled | 力に関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>True : 力に関する終了条件を有効にする場合 |
| ForceCheckMode | 判定の対象とする方向です。 |
| | Press : 押し付け方向のみを判定対象とします。<br>ControlModeで指定した方向(Press+, Press-)を判定対象とします。 |
| | PressFollow : 押し付け方向と倣い方向を判定対象とします。<br>ControlModeで指定した方向(Press+, Press-, Follow)を判定対象とします。 |

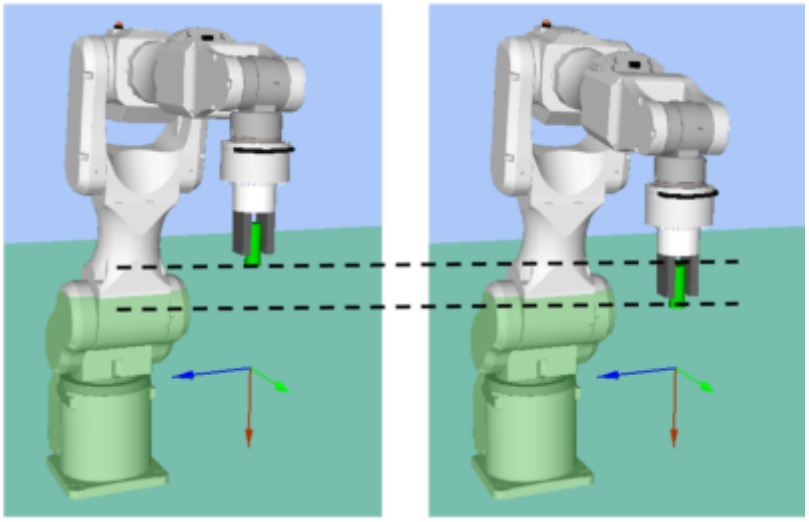
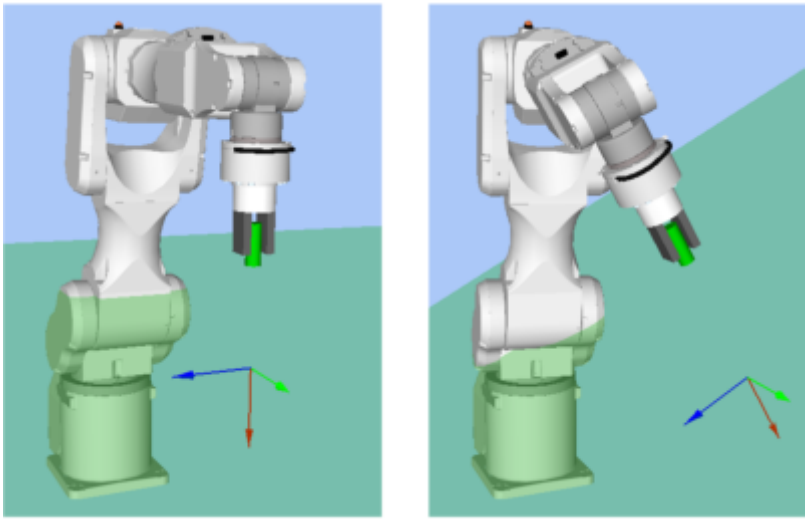
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ForceCheckPolarity | 力に関する終了条件の極性です。 |
| | Inside : 通常指定します。<br>範囲内になることを条件とします。 |
| | Outside : 範囲外になることを条件とします。<br>押し付け状態で開始して押し付け状態が解除されたことを終了条件とするなど、特殊な終了条件を使用する場合にOutsideを使用することがあります。 |
| PressCheckTolF<br>PressCheckTolT | 力に関する終了条件の、押し付け方向の範囲です。終了条件とする範囲を設定します。<br>PressCheckTolFが、Fx, Fy, Fzに、<br>PressCheckTolTが、Tx, Ty, Tzに適用されます。<br>Fx, Fy, Fz のControlModeで指定した方向(Press+, Press-)の力が、<br>PressForce±PressCheckTolFの範囲に入ることを監視します。<br>Tx, Ty, Tz のControlModeで指定した方向(Press+, Press-)のトルクが、<br>PressForce±PressCheckTolTの範囲に入ることを監視します。<br>下図は、PressCheckTolFのイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲 |
| FollowCheckTolF<br>FollowCheckTolT | 力に関する終了条件の、倣い方向の範囲を設定します。<br>FollowCheckTolFが、Fx, Fy, Fzに、<br>FollowCheckTolTが、Tx, Ty, Tzに適用されます。<br>Fx, Fy, Fz のControlModeでFollowを指定した方向の力が、±FollowCheckTolFの範囲に入ることを監視します。<br>Tx, Ty, Tz のControlModeでFollowを指定した方向のトルクが、±FollowCheckTolTの範囲に入ることを監視します。<br>下図は、FollowCheckTolFのイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲 |

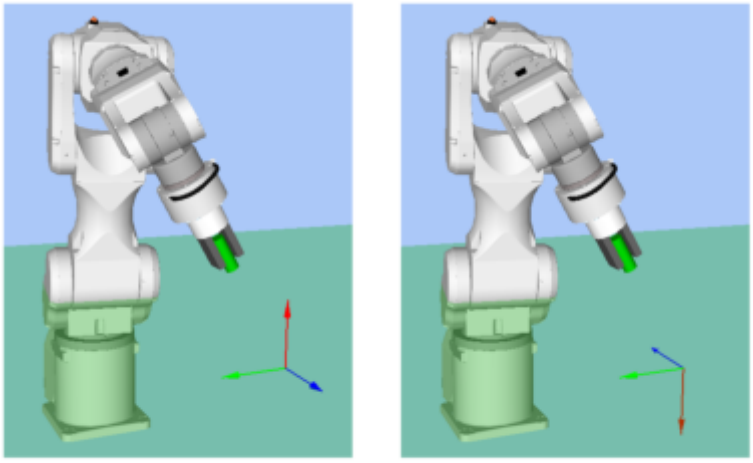
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| HoldTimeThresh | 終了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>下図のように、指定した条件がHoldTimeThreshで指定した時間の間継続したとき、終了条件を満たしたと判定します。<br>  <br>a: 継続時間未達 / b: 終了 / c: 指定時間継続<br>通常は“0”を設定します。<br>次に実行するフォースガイドオブジェクトの動作が安定しない場合に、整定したことを確認するための時間を設定します。<br>終了条件を一時的に無効にして実行したときの実際の結果から、時間を決定することを推奨します。 |

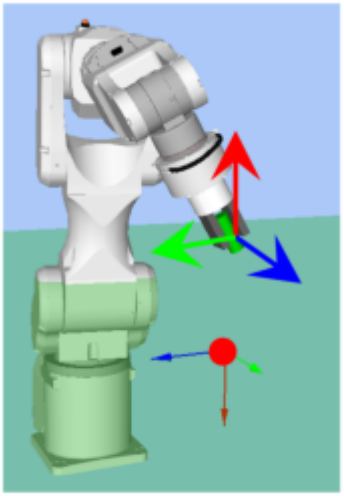
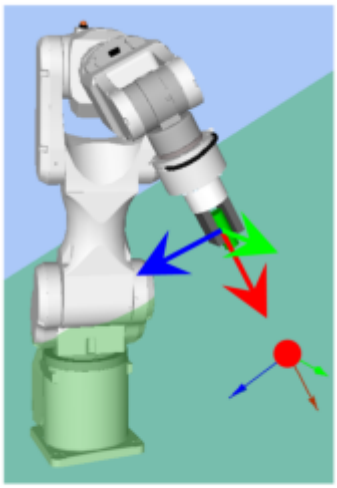
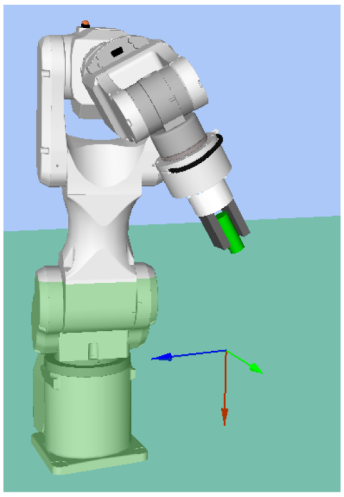
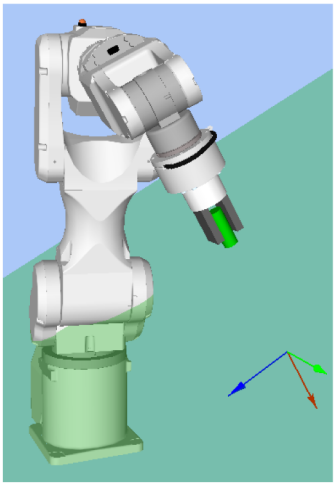
**Step 6. 位置に関する終了条件を設定する**

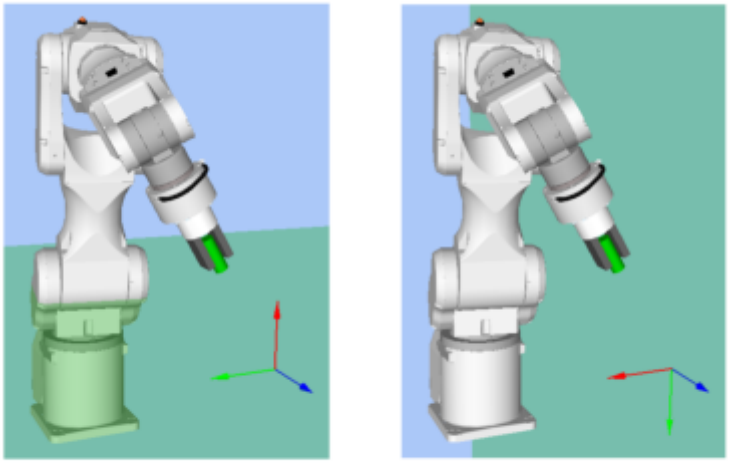
位置の終了条件に関するプロパティー(PosCheckEnabled, PosCheckType, PlaneNumber, PlaneEndCond, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PosCheckEnabled | 位置に関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>True : 位置に関する終了条件を有効にする場合<br>False : 位置に関する終了条件を無効にする場合 |

<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td rowspan="4">PosCheckType</td><td>位置に関する終了条件の種類です。</td></tr>
<tr><td>RobotPlaneを選択した場合:<br>設定されているPlaneを終了条件の基準とします。<br>下図のように、Robotの位置姿勢に関わらず、一定の位置を基準とした終了条件を設定する場合に使用します。<br>  </td></tr>
<tr><td>RelativePlaneを選択した場合:<br>フォースガイドシーケンスを実行するたび、現在位置からの相対位置にPlaneを作成して位置の終了条件とします。<br>下図のように、開始時の位置姿勢に合わせて終了条件とする位置を変更する場合に使用します。<br>  </td></tr>
<tr><td>RobotPlane : 常に一定の位置を基準とする場合<br>RelativePlane : 開始位置からの相対距離移動したことを条件とする場合</td></tr>
<tr><td rowspan="2">PlaneNumber</td><td>位置の終了条件に使うPlane番号を設定します。</td></tr>
<tr><td>PosCheckTypeがRobotPlaneの場合:<br>指定した番号のPlaneを基準とした終了条件が設定されます。</td></tr>
</table>

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | PosCheckTypeがRelativePlaneの場合:<br>フォースガイドシーケンスを実行するたび、指定した番号に新しくPlaneを設定します。 |
| | 空いているPlane番号を設定してください。 |
| PlaneEndCond | 位置の終了条件とする状態を設定します。<br>平面に入った状態(Inside)と出た状態(Outside)のどちらかを終了条件として設定します。<br>設定した状態になったとき、位置の終了条件を満たしたと判定します。<br>平面に入った状態:<br>平面の+Z方向に位置する状態です。<br>  <br> |
| PlaneRelativeOrg | 平面の原点位置までのオフセット量を、どの座標系方向を基準に表現するかを設定します。<br>下図左は、Baseを設定した例です。<br>ベース座標系を基準として相対距離を指定します。<br>PlaneRelativeZに負の値が設定された例となります。<br>下図右は、Toolを設定した例です。<br>ツール座標系を基準として相対距離を指定します。<br>PlaneRelativeZに正の値が設定された例となります。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| |   <br>Base Tool<br>ローカル座標系やツール座標系は、その方向のみ参照され、原点位置は影響しません。<br>ロボットの動作方向に終了条件とする位置を設定するため、通常は、フォースガイドシーケンスのForceOrientと一致する値を設定します。 |
| PlaneRelativeX<br>PlaneRelativeY<br>PlaneRelativeZ | 現在位置から平面の原点位置までの各方向のオフセット量を設定します。<br>方向は、PlaneRelativeOrgで指定した座標系の方向になります。 |
| PlaneRelativeOrient | 平面方向の基準とする座標系を設定します。<br>下図左は、Baseを設定した例です。<br>フォースガイドオブジェクト開始時のロボットの姿勢に関わらず、平面の基準とする方向がベース座標系と一致します。<br>下図右は、Toolを設定した例です。<br>フォースガイドオブジェクト開始時のロボットの姿勢に合わせて、平面の基準とする方向が変化します。<br>   <br>a b<br>a: Base を設定した例 / b: Tool を設定した例<br>ロボットの動作方向に垂直な面を終了条件とするため、通常は、フォースガイドシーケンスのForceOrientと一致する値を設定します。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PlaneAxes | 平面方向を設定します。<br>PlaneRelativeOrientで指定した座標系を基準として、PlaneAxesで指定した方向に平面が設定されます。<br>下図は、PlaneRelativeOrientでBaseを指定した例です。<br>左はPlaneAxesでXYを、右はPlaneAxesでYZを指定した例です。<br>  <br><br>通常、動作方向に垂直な平面の方向を設定します。 |
| PlaneRelativeRobotLocal | PlaneRelativeOrgとPlaneRelativeOrientがLocalのときに使用するローカル座標系番号を指定します。<br>通常、フォースガイドシーケンスのRobotLocalと一致する値を設定します。 |

**Step 7. I/Oに関する終了条件を設定する**

I/Oの終了条件に関するプロパティー(IOCheckEnabled, IOCheckInputBit, IOCheckInputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOCheckEnabled | I/Oに関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>True : I/Oに関する終了条件を有効にする場合 |
| IOCheckInputBit | 終了条件として監視する入力ビットを指定します。 |
| IOCheckInputStatus | 終了条件とする入力ビットの状態を設定します。<br>IOCheckInputBitで指定した入力ビットが、IOCheckInputStatusで指定した状態になったとき、終了条件を満たしたと判定します。 |

### 4.4.2.2.7.2 押付けオブジェクトの調整ガイドライン

押付けオブジェクトを使用するときの、調整方法について事例ごとに説明します。

- 振動的に動く場合:
  Firmnessの値を大きくします。ただし、ロボットの反応が鈍くになります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%増加させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- 押し付け方向に大きくバウンドする場合:
  数秒に1回跳ねるように大きくバウンドすることを繰り返す場合、フォースガイドシーケンスのLimitAccelSによって動作が制限されている可能性があります。
  また、ローパワー状態で実行しているときに起こる可能性があります。
  ハイパワーモードで実行しても改善しない場合は、LimitAccelSを大きくしてください。
  LimitAccelSを大きくしても改善しない場合は、押し付け方向のFirmnessを小さくしてください。

- 目標力に達しない場合:
  押し付け方向のFirmnessの値を小さくします。
  ただし、動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%減少させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- 押し付け方向に動かない場合:
  動かない方向のControlModeが、Press+またはPress-となっていることを確認してください。
  Press+またはPress-に設定されている場合は、PressForceが“0”になっていないか確認してください。

- 逆方向に動く場合:
  逆方向に動く方向のControlModeが想定するPress+またはPress-となっていることを確認してください。
  想定する方向に設定されている場合は、フォースガイドシーケンスのForceOrient, RobotLocal, 使用しているツール座標系やローカル座標系を確認してください。

#### 4.4.2.2.7.3 押付けオブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。押付けオブジェクトを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、Press01のように、Pressの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は、変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Enabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトを有効にするかどうかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されます。Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行せず、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。
  フォースガイドシーケンス作成中に、実行しないが一時的に残したい場合や、フォースガイドオブジェクトをコピーして異なるパラメーターで試したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトを有効にします。 |
| False | フォースガイドオブジェクトを無効にします。 |

  デフォルト: True
- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。

- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。

  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True

- IOPreprocEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作を指定します。

  I/O操作は、IOPreprocOutputBitプロパティーとIOPreprocOutputStatusプロパティーで定義されます。フォースガイドオブジェクト実行前にハンドや周辺装置を操作したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 開始時のI/O操作を実行します。 |
| False | 開始時のI/O操作を実行しません。 |

  デフォルト: False

- IOPreprocOutputBitプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での操作対象の出力ビットを指定します。IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

  デフォルト: 0

- IOPreprocOutputStatusプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での出力状態を指定します。IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 指定された出力ビットをオフします。(0に設定) |
| On | 指定された出力ビットをオンします。(1に設定) |

  デフォルト: Off

- Fx_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFx方向の制御モードを指定します。

  Disabledを指定した場合、Fx方向の力制御機能は実行されません。Press+、またはPress-を指定した場合、Fx方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードではFx_PressForceで指定した力になるよ

うに押し付けます。Followを指定した場合、Fx方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Fx_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFx方向への押し付け力を指定します。Fx_ControlModeが、Press+かPress-の場合に使用されます。

  ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -250 |
| 最大値 | 0 |

  デフォルト: 0

  ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 250 |

  デフォルト: 0
- Fx_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFx方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Fx_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。
  Fx_Firmnessの値が大きくなると、Fx方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Fx_Firmnessの値が小さくなると、Fx方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 10
- Fy_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFy方向の制御モードを指定します。

  Disabledを指定した場合、Fy方向の力制御機能は実行されません。
  Press+またはPress-を指定した場合、Fy方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードでは、Fy_PressForceで指定した力になるように押し付けます。Followを指定した場合、Fy方向の力制御機能は

倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Fy_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFy方向への押し付け力を指定します。Fy_ControlModeが、Press+かPress-の場合に使用されます。

  ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -250 |
| 最大値 | 0 |

  デフォルト: 0

  ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 250 |

  デフォルト: 0

- Fy_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFy方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Fy_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。

  Fy_Firmnessの値が大きくなると、Fy方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Fy_Firmnessの値が小さくなると、Fy方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 10

- Fz_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFz方向の制御モードを指定します。

Disabledを指定した場合、Fz方向の力制御機能は実行されません。Press+かPress-を指定した場合、Fz方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードではFz_PressForceで指定した力になるように押し付けます。Followを指定した場合、Fz方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Fz_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFz方向への押し付け力を指定します。Fz_ControlModeがPress+かPress-の場合に使用されます。

  ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -250 |
| 最大値 | 0 |

  デフォルト: 0

  ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 250 |

  デフォルト: 0

- Fz_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFz方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Fz_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。
  Fz_Firmnessの値が大きくなると、Fz方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Fz_Firmnessの値が小さくなると、Fz方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 10

- Tx_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTx方向の制御モードを指定します。

Disabledを指定した場合、Tx方向の力制御機能は実行されません。Press+かPress-を指定した場合、Tx方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードではTx_PressForceで指定した力になるように押し付けます。Followを指定した場合、Tx方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Tx_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTx方向への押し付け力を指定します。Tx_ControlModeがPress+かPress-の場合に使用されます。

  ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -18000 |
| 最大値 | 0 |

  デフォルト: 0

  ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 18000 |

  デフォルト: 0

- Tx_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTx方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Tx_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。

  Tx_Firmnessの値が大きくなると、Tx方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Tx_Firmnessの値が小さくなると、Tx方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

  デフォルト: 3000

- Ty_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTy方向の制御モードを指定します。

  Disabledを指定した場合、Ty方向の力制御機能は実行されません。Press+かPress-を指定した場合、Ty方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードではTy_PressForceで指定した力になるように押し付けます。Followを指定した場合、Ty方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

  デフォルト: Disabled

- Ty_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTy方向への押し付け力を指定します。Ty_ControlModeがPress+かPress-の場合に使用されます。

  ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -18000 |
| 最大値 | 0 |

  デフォルト: 0

  ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 18000 |

  デフォルト: 0

- Ty_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTy方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Ty_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。

  Ty_Firmnessの値が大きくなると、Ty方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振し難くなります。Ty_Firmnessの値が小さくなると、Ty方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

デフォルト: 3000

- Tz_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTz方向の制御モードを指定します。

  Disabledを指定した場合、Tz方向の力制御機能は実行されません。Press+かPress-を指定した場合、Tz方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードではTz_PressForceで指定した力になるように押し付けます。Followを指定した場合、Tz方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

  デフォルト: Disabled

- Tz_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTz方向への押し付け力を指定します。Tz_ControlModeがPress+かPress-の場合に使用されます。

  - ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -18000 |
| 最大値 | 0 |

    デフォルト: 0

  - ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 18000 |

    デフォルト: 0

- Tz_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTz方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Tz_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。
  Tz_Firmnessの値が大きくなると、Tz方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。Tz_Firmnessの値が小さくなると、Tz方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

デフォルト: 3000

- CFEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト終了後も力制御機能を継続するかを指定します。CFEnabledをTrueにしても、フォースガイドシーケンスが終了する場合は、力制御機能を終了します。

| | 値 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトが終了しても、次のフォースガイドオブジェクトまで力制御機能を継続します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト終了時に力制御機能を終了します。 |

  デフォルト: False

- EndCheckOperatorプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件を複数使用する場合の組み合わせ条件を指定します。
  ANDを指定した場合、有効にした終了条件の全てが満たされた場合に、フォースガイドオブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  ORを指定した場合、有効にした終了条件のいずれかが満たされた場合に、フォースガイドオブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| OR | OR条件として組み合わせます。 |
| AND | AND条件として組み合わせます。 |

  デフォルト: AND

- ForceCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件に力に関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を有効にします。 |
| False | 力に関する終了条件を無効にします。 |

  デフォルト: False

- ForceCheckModeプロパティー
  力に関する終了条件について、条件とする方向を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Press | ControlModeで指定した方向(Press+, Press-)を力の条件とします。 |
| PressFollow | ControlModeで指定した方向(Press+, Press-, Follow)を力の条件とします。 |

  デフォルト: Press

- ForceCheckPolarityプロパティー
  力に関する終了条件について、力が指定範囲内に入ったことを条件にするか、指定範囲外に出たことを条件にするかを指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Outside | 指定範囲の外側に出たことを終了条件とします。 |
| Inside | 指定範囲の内側に入ったことを終了条件とします。 |

  デフォルト: Inside

- PressCheckTolFプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。Fx, Fy, Fz方向のControlModeでPressを指定された方向

についてForceCheckEnabled がTrueの場合に使用されます。
各方向の力が、PessForce ± PressCheckTolFの範囲に入ること、または出ることを判定します。

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 1

- PressCheckTolTプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。Tx, Ty, Tz方向のControlModeでPressを指定された方向についてForceCheckEnabled がTrueの場合に使用されます。
  各方向の力が、PessForce ± PressCheckTolTの範囲に入ること、または出ることを判定します。

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | シーケンスのVersionが7.5.1のとき: 1<br>シーケンスのVersionが7.4.0のとき: 100 |
| 最大値 | 10000 |

デフォルト: 500

- FollowCheckTolFプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。Fx, Fy, Fz方向のControlModeでFollowを指定された方向についてForceCheckEnabled がTrueでForceCheckModeがPressFollowの場合に使用されます。
  各方向の力が、±FollowCheckTolFの範囲に入ること、または出ることを判定します。

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 1

- FollowCheckTolTプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。Tx, Ty, Tz方向のControlModeでFollowを指定された方向についてForceCheckEnabled がTrueでForceCheckModeがPressFollowの場合に使用されます。
  各方向の力が、±FollowCheckTolTの範囲に入ること、または出ることを判定します。

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | シーケンスのVersionが7.5.1のとき: 1<br>シーケンスのVersionが7.4.0のとき: 100 |
| 最大値 | 10000 |

デフォルト: 500

- HoldTimeThreshプロパティー
  力に関する終了条件について、判定までの継続時間を指定します。ForceCheckEnabled がTrueの場合に使用されます。
  指定した条件が、HoldTimeThreshで指定した時間継続した場合、終了条件を満たしたと判定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 0

- PosCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件に位置に関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を有効にします。 |
| False | 位置に関する終了条件を無効にします。 |

  デフォルト: False

- PosCheckTypeプロパティー
  位置に関する終了条件について、あらかじめ定義されたPlaneを使用するか、フォースガイドオブジェクト開始位置からの相対位置を指定するかを設定します。
  RobotPlaneを指定した場合、定義済みのPlaneを用いて終了条件を設定します。RelativePlaneを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行するたびにフォースガイドオブジェクト開始位置からの相対位置にPlaneを再設定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| RobotPlane | 定義済みのPlaneを終了条件として使用します。 |
| RelativePlane | 相対位置にPlaneを設定し、終了条件とします。 |

  デフォルト: RobotPlane

- PlaneNumberプロパティー
  位置に関する終了条件について、使用するPlane番号を指定します。
  PosCheckTypeプロパティーでPlaneを指定した場合、指定された番号のPlaneは変更されません。
  PosCheckTypeプロパティーでRelativeを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されるたび、指定された番号に新しいPlaneを再定義します。そのため、元の設定が失われることに注意してください。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 15 |

  デフォルト: 1

- PlaneEndCondプロパティー
  位置に関する終了条件について、終了と判定する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Outside | Planeの外側に出ることを終了条件とします。 |
| Inside | Planeの内側に入ることを終了条件とします。 |

  デフォルト: Inside

- PlaneRelativeOrgプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する相対位置をどの座標系で設定するかを指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | ベース座標系を基準として相対位置を指定します。 |
| Local | ローカル座標系を基準として相対位置を指定します。 |
| | ローカル座標系番号はPlaneRelativeRobotLocalで指定します。 |
| Tool | ツール座標系を基準として相対位置を指定します。 |

デフォルト: Tool

- PlaneRelativeXプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するX方向の相対位置を指定します。PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。X方向は、PlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- PlaneRelativeYプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するY方向の相対位置を指定します。PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。Y方向は、PlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- PlaneRelativeZプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するZ方向の相対位置を指定します。PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。Z方向は、PlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- PlaneRelativeOrientプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する座標系を指定します。PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。
  PlaneはPlaneRelativeOrientで指定した座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上に設定されます。
  Baseが指定された場合、Base座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。Localが指定された場合、PlaneRelativeRobotLocalで指定された番号のローカル座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。Toolが指定された場合、ツール座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | ベース座標系を基準として平面方向を設定します。 |
| Local | ローカル座標系を基準として平面方向を設定します。 |
| Tool | ツール座標系を基準として平面方向を設定します。 |

デフォルト: Tool

- PlaneAxesプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する軸を指定します。PosCheckTypeでRelativePlaneが指定され

た場合に使用します。
PlaneはPlaneRelativeOrientで指定した座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上に設定されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| XY | XY平面にPlaneを設定します。 |
| YZ | YZ平面にPlaneを設定します。 |
| XZ | XZ平面にPlaneを設定します。 |

デフォルト: XY

- PlaneRelativeRobotLocalプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeの相対位置または方向を指定するローカル座標系番号を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定されPlaneRelativeOrgでLocalが指定されるか、PosCheckTypeで
  RelativePlaneが指定されPlaneRelativeOrientでLocalが指定された場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。<br>PlaneRelativeOrgやPlaneRelativeOrientでBaseを指定した場合と同じです。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

デフォルト: 0 (Base)

- IOCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件にI/Oに関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | I/Oに関する終了条件を有効にします。 |
| False | I/Oに関する終了条件を無効にします。 |

デフォルト: False

- IOCheckInputBitプロパティー
  I/Oに関する終了条件について、判定対象のビットを指定します。IOCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

デフォルト: 0

- IOCheckInputStatusプロパティー
  I/Oに関する終了条件について、判定条件を指定します。IOCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。
  IOCheckInputBitで指定したビットにより、終了条件を満たしたと判定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 入力ビットがオフ(0)のとき、条件を満たしたと判定します。 |
| On | 入力ビットがオン(1)のとき、条件を満たしたと判定します。 |

デフォルト: Off

- Timeoutプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのタイムアウト時間を指定します。
  Timeoutで指定した時間を超えても、ForceCheckEnabled, PosCheckEnabled, IOCheckEnabledで有効にした条

件を満たさなかった場合、押付けオブジェクトに失敗したと判定します。
判定後、AbortSeqOnFailにしたがって、フォースガイドシーケンスを終了するか、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
ForceCheckEnabled, PosCheckEnabled, IOCheckEnabledがFalseの場合、Timeoutで指定した時間経過したらフォースガイドオブジェクトを終了し、成功したと判定して次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 60 |

デフォルト: 10

#### 4.4.2.2.7.4 押付けオブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  押付けオブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- TimedOutリザルト
  Timeoutプロパティーで指定したタイムアウト時間に到達したかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | タイムアウト時間に到達した。 |
| False | タイムアウト時間に到達する前に終了した。 |

- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。
  Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]

- ForceCondOKリザルト
  力に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を満たした。 |
| False | 力に関する終了条件を満たさなかった。 |

- TriggeredForcesリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredPosリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- PosCondOKリザルト
  位置に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を満たした。 |
| False | 位置に関する終了条件を満たさなかった。 |

- IOCondOKリザルト
  I/Oに関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

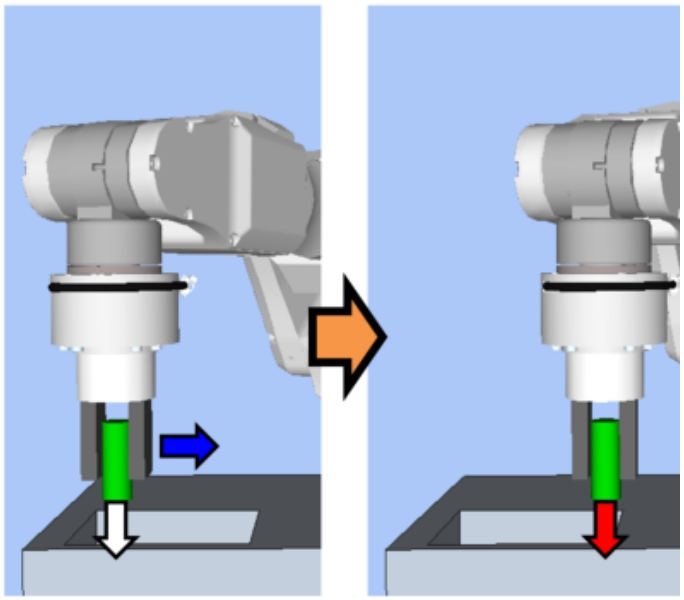
| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | I/Oに関する終了条件を満たした。 |
| False | I/Oに関する終了条件を満たさなかった。 |

### 4.4.2.2.8 押付け移動オブジェクト

押付け移動オブジェクトは、指定方向に指定の力で押し付けながら指定された軌道をロボットを移動させるフォースガイドオブジェクトです。

また同時に別の指定方向を倣い移動オブジェクトのように倣わせることもできます。

接触していない状態で押付け移動オブジェクトを実行した場合、指定された軌道に加えて、指定の力になる方向にもロボットは移動します。嵌合や組み立てでの押し込み、ねじ締め、研磨などに使用します。ワーク寸法やワークの把持位置などに誤差がある場合でも、安定して力を一定に保ちながら、移動することができます。



上図は、押付け移動オブジェクトによる動作のイメージです。非接触状態で実行した場合、青い矢印で示す軌道を移動しながら、白い矢印で示す押し付ける方向に向かって移動します。接触状態になってからは赤い矢印が示すように一定の力を加えた状態を保持したまま、指定した軌道を移動します。

押付け移動オブジェクトは、指定した軌道を移動する間に終了条件を満たしたとき成功となります。押付け移動オブジェクトは、力と位置とI/Oに関する終了条件が使用可能です。

各終了条件は、ForceCheckEnabled, PosCheckEnabled, IOCheckEnabledで使用するかしないかを設定します。1つも終了条件を設定しない場合は、常に成功となります。また複数の終了条件を設定した場合、EndCheckOperatorで終了条件の組み合わせ方をANDとORから選択できます。

各条件は、以下の通りです。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 力に関する終了条件 | 指定した軌道を移動する間に、以下の全てをHoldTimeThreshで指定した時間の間満たし続けること |
| | ForceCheckPolarityがInsideの場合:<br>Fx, Fy, Fz の内、ControlModeで、Press-またはPress+に指定した軸がPressForce±PressCheckTolFの範囲に入ること |
| | ForceCheckPolarityがOutsideの場合:<br>Fx, Fy, Fz の内、ControlModeで、Press-またはPress+に指定した軸がPressForce±PressCheckTolFの範囲に入らないこと |
| | ForceCheckPolarityがInsideの場合:<br>Tx, Ty, Tz の内、ControlModeで、Press-またはPress+に指定した軸がPressForce±PressCheckTolTの範囲に入ること |
| | ForceCheckPolarityがOutsideの場合:<br>Tx, Ty, Tz の内、ControlModeで、Press-またはPress+に指定した軸がPressForce±PressCheckTolTの範囲に入らないこと |

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| | ForceCheckModeがPressFollowで、ForceCheckPolarityがInsideの場合:<br>Fx, Fy, Fz の内、ControlModeでFollowに指定した軸が±FollowCheckTolFの範囲に入ること |
| | ForceCheckModeがPressFollowで、ForceCheckPolarityがOutsideの場合:<br>Fx, Fy, Fz の内、ControlModeでFollowに指定した軸が±FollowCheckTolFの範囲に入らないこと |
| | ForceCheckModeがPressFollowで、ForceCheckPolarityがInsideの場合:<br>Tx, Ty, Tz の内、ControlModeでFollowに指定した軸が±FollowCheckTolTの範囲に入ること |
| | ForceCheckModeがPressFollowで、ForceCheckPolarityがOutsideの場合:<br>Tx, Ty, Tz の内、ControlModeでFollowに指定した軸が±FollowCheckTolTの範囲に入らないこと |
| 位置に関する終了条件 | 指定した軌道を移動する間に、以下のどちらかを満たすこと |
| | PosCheckTypeがRobotPlaneの場合:<br>PlaneNumberで指定したPlaneに対して、PlaneEndConditionで指定した状態を満足すること |
| | PosCheckTypeがRelativePlaneの場合:<br>PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocalで指定した相対平面に対して、PlaneEndConditionで指定した状態を満足すること |
| I/Oに関する終了条件 | 指定した軌道を移動する間に、IOCheckInputBitで指定した入力ビットがIOCheckInputStatusで指定した状態になること |

#### 4.4.2.2.8.1 押付け移動オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**

基本情報に関するプロパティー(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイドオブジェクトを実行しない場合 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 開始前のI/O処理を設定する**

フォースガイドオブジェクト開始前のI/O処理に関するプロパティー(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOPreprocEnabled | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットを操作するかどうかを設定します。<br>出力ビットは1個のみ操作可能です。複数の出力ビットを操作する場合は、SPEL関数オブジェクトを使用してください。 |
| | False : 通常の場合 |
| | True : 周辺装置を動作/停止させるなど、出力ビットを操作する場合 |
| IOPreprocOutputBit | フォースガイドオブジェクト開始時に操作する出力ビットを指定します。 |
| IOPreprocOutputStatus | フォースガイドオブジェクト開始時に出力ビットをオンするかオフするかを設定します。<br>出力する状態を指定します。 |

**Step 3. 移動動作を設定する**

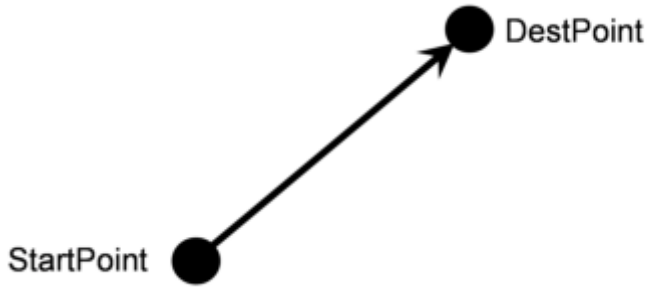
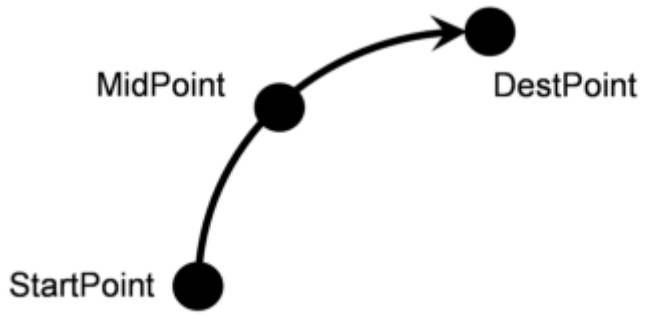
移動に関するプロパティー(MotionTrajectory, AccelS, AccelR, SpeedS, SpeedR, CPEnabled)を設定します。

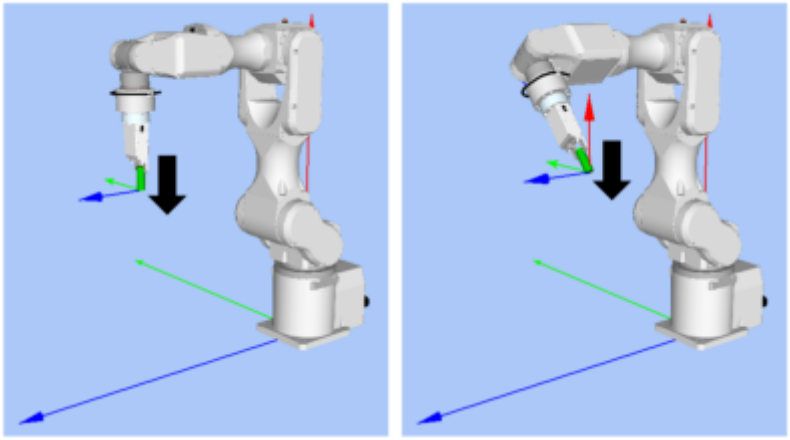
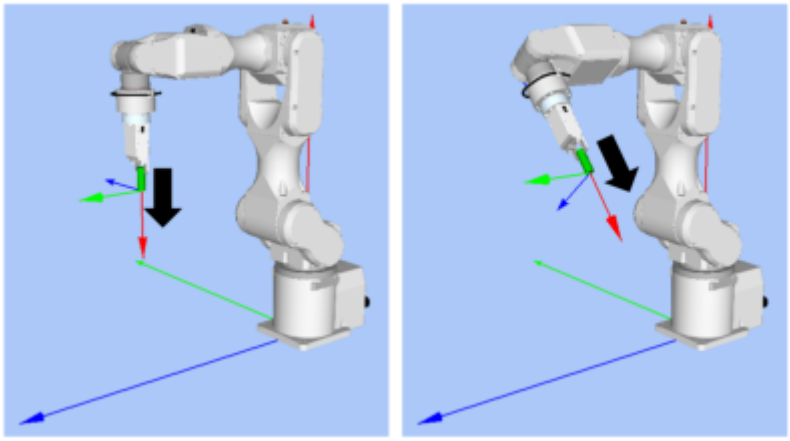
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| MotionTrajectory | 移動させる軌道の種類を設定します。 |
| | Straight : 直線動作させたい場合 |
| | Arc : 曲線動作させたい場合 |
| | MultiStraight : 複数のポイントを連続で直線動作させたい場合 |
| | MultiStraightCP : 複数のポイントを、軌道をつなげながら連続で直線動作させたい場合 |
| AccelS<br>AccelR | 移動時の加速度を設定します。<br>AccelS: 並進加速度<br>AccelR: 回転角加速度<br>実際の加速度は、力制御機能によって補正されます。 |
| SpeedS<br>SpeedR | 移動時の並進速度を設定します。<br>SpeedS: 並進速度<br>SpeedR: 回転角速度<br>実際の速度は、力制御機能によって補正されます。 |

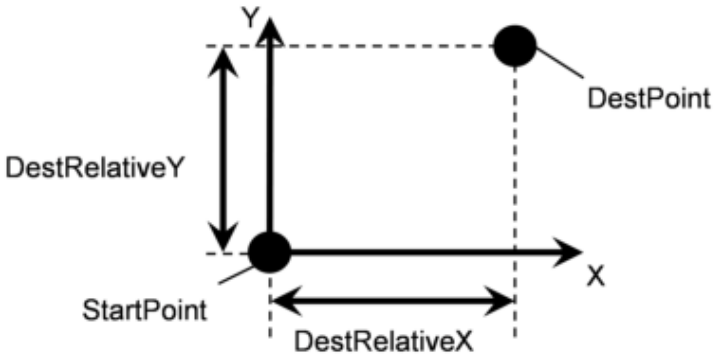
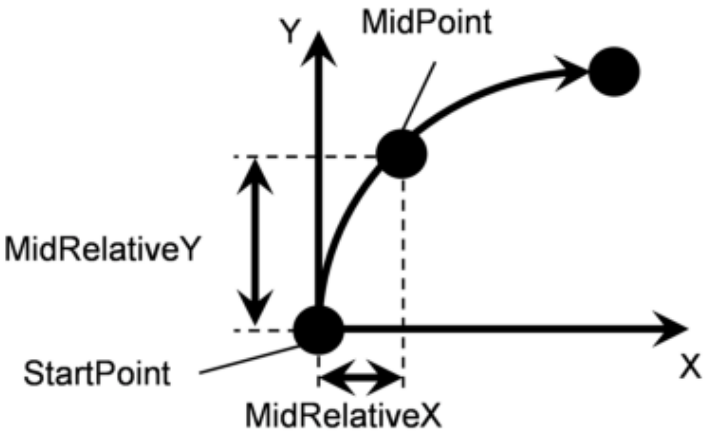
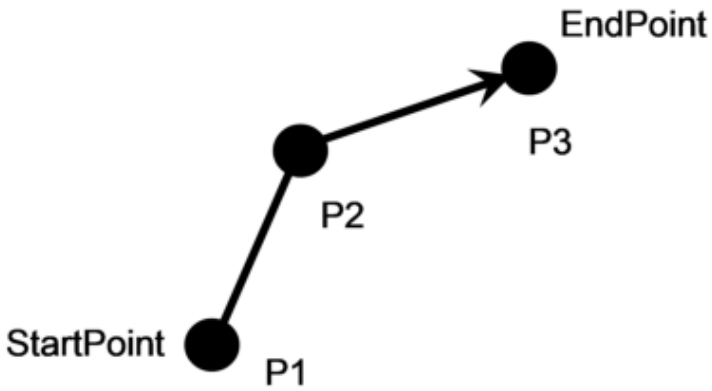
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| SpeedRPriority | 移動時にSpeedRプロパティーを優先させるかを設定します。<br>ポイント間の姿勢変化が移動距離に対して大きい場合、SpeedSプロパティーを使って動作すると、加速度エラーになることがあります。<br>AutoDistOrientRatioは、ポイント間の移動距離と姿勢変化から、自動的にSpeedRプロパティーを使うかを決定します。AutoDistOrientRatioを選択することを推奨します。<br>SpeedSプロパティー、またはSPeedRプロパティーに固定する場合は、DisabledまたはEnabledを選択します。<br>Disabled: 常にSpeedSプロパティーを使用する場合<br>Enabled: 常にSpeedRプロパティーを使用する場合 |
| CPEnabled | パスモーションによって、押付け移動オブジェクトの軌道と、次のフォースガイドオブジェクトの軌道をつなげるかどうかを設定します。<br>True : 複数の押付け移動オブジェクトによって、複雑な軌道をつなげながら動作させる場合 |

**Step 4. 目標位置を設定する**

移動する軌道に関するプロパティー(DestType, DestPoint, MidPoint, RelativeOrient, RelativeRobotLocal, DestRelativeX, …, DestRelativeW, MidRelativeX, …, MidRelativeW)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| DestType | 目標位置の指定方法を設定します。<br>力制御機能を使ったとき、ロボットの位置は、力によって補正されます。そのため、位置決めされた位置からの相対移動量で目標位置を指定することを推奨します。<br>RobotPoint : 指定するポイントへ移動する場合<br>Relative : 相対移動量を指定する場合 |
| DestPoint | 目標位置を示すポイントを設定します。<br>MotionTrajectoryでStraightを選択した場合:<br>下図のように、フォースガイドオブジェクト開始位置から目標位置に向かう直線を移動します。<br>  |
| MidPoint | MotionTrajectoryがArcのときの、中継位置を示すポイントを設定します。<br>下図のように、中継位置を通って、目標位置へ向かう曲線を移動します。<br>  |

<table>
<tr><th>プロパティー</th><th>説明, 設定指針</th></tr>
<tr><td rowspan="5">RelativeOrient</td><td>相対移動の基準とする座標系方向を設定します。</td></tr>
<tr><td>BaseかLocalを指定した場合:<br>外から見て、常に一定の方向に動作します。<br>下図は、Baseを設定した例です。例えば-Z方向に移動する場合、ロボット手先の姿勢が変わっても、常に鉛直下向き方向(ベース座標系の-Z方向)に移動します。(黒い矢印はロボットの動く方向を示します。)<br>ベース座標系と異なる方向に移動したい場合は、ローカル座標系で指定します。<br>  </td></tr>
<tr><td>Toolを指定した場合:<br>開始時の姿勢に合わせて、移動方向が変化します。<br>下図は、Toolを設定した例です。例えば+Z方向に移動した場合、開始時のロボット手先の姿勢にしたがって、移動方向が変わります。<br>  </td></tr>
<tr><td>Base, Local:<br>フォースガイドオブジェクト開始時の、ロボットの姿勢が変わっても、外から見て、常に一定の方向に移動したい場合</td></tr>
<tr><td>Tool:<br>ロボットの姿勢に合わせた方向に移動したい場合</td></tr>
<tr><td>RelativeRobotLocal</td><td>RelativeOrientでLocalを指定したときに使用するローカル座標系番号を指定します。</td></tr>
</table>

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| DestRelativeX<br>DestRelativeY<br>DestRelativeZ<br>DestRelativeU<br>DestRelativeV<br>DestRelativeW | フォースガイドオブジェクト開始位置から目標位置までの各方向の相対移動量を指定します。<br>下図のように、RelativeOrientで指定した座標系における移動量を指定します。<br>  |
| MidRelativeX<br>MidRelativeY<br>MidRelativeZ<br>MidRelativeU<br>MidRelativeV<br>MidRelativeW | フォースガイドオブジェクト開始位置から中継位置までの各方向の相対移動量を指定します。<br>下図のように、RelativeOrientで指定した座標系における移動量を指定します。<br>  |
| StartPoint<br>EndPoint | フォースガイドオブジェクトの連続動作開始位置と、終了位置を示すポイントを設定します。<br>下図のように、StartPointにP1、EndPointにP3を設定した場合、P1, P2, P3の順で連続移動させます。<br>  |

**Step 5. 力制御機能を設定する**

力制御機能に関するプロパティー(Fx_ControlMode, …, Tz_ControlMode, Fx_PressForce, …, Tz_PressForce, Fx_Firmness, …, Tz_Firmness, CFEnabled)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Fx_ControlMode<br>Fy_ControlMode<br>Fz_ControlMode<br>Tx_ControlMode<br>Ty_ControlMode<br>Tz_ControlMode | 各方向に対する力制御機能のモードです。<br>Press+ : 各軸の正方向にロボットが移動して押し付けます。<br>Press- : 各軸の負方向にロボットが移動して押し付けます。<br>Followを指定した方向:<br>力制御機能によって倣います。<br>Disabledを指定した方向:<br>力制御機能が無効になります。<br>押し付ける方向のControlModeを、Press+またはPress-にします。<br>倣いたい方向のControlModeをFollowにします。<br>1つ以上の方向をDisabled以外にしなければなりません。 |
| Fx_PressForce<br>Fy_PressForce<br>Fz_PressForce<br>Tx_PressForce<br>Ty_PressForce<br>Tz_PressForce | 各方向に加える力またはトルクを設定します。<br>ControlModeがPress+またはPress-の場合に使用されます。<br>ControlModeがPress+の場合:<br>負の値を設定します。<br>ControlModeがPress-の場合:<br>正の値を設定します。<br>嵌合や組み立て作業では、<br>Fx, Fy, Fzに、3~5[N]、または-3~-5[N]の力を使うことが多いです。ただし、作業やワークによって最適値は変化します。 |
| Fx_Firmness<br>Fy_Firmness<br>Fz_Firmness<br>Tx_Firmness<br>Ty_Firmness<br>Tz_Firmness | 各方向に対する力制御機能の硬さを設定します。<br>大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。<br>小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| CFEnabled | 次のフォースガイドオブジェクトまで、力制御機能を継続するかどうかを設定します。<br>False : 通常の場合<br>力制御機能を1度オフしてから、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。<br>True : 接触後、力を一定に保ち続けたまま、次のフォースガイドオブジェクトを開始したい場合 |

ControlModeは、シミュレーター機能によって設定状態を確認できます。
有効にした方向以外がグレイアウト表示された座標系が表示されます。ただし、ロボットは、現在位置を基に表示されます。フォースガイドオブジェクトを実行する位置姿勢にした状態で確認してください。
シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

**Step 6. 終了条件の基本情報を設定する**

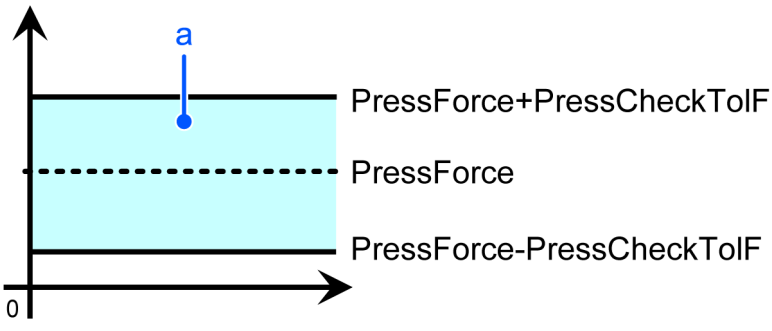
終了条件の組み合わせに関するプロパティー(EndCheckOperator)を設定します。

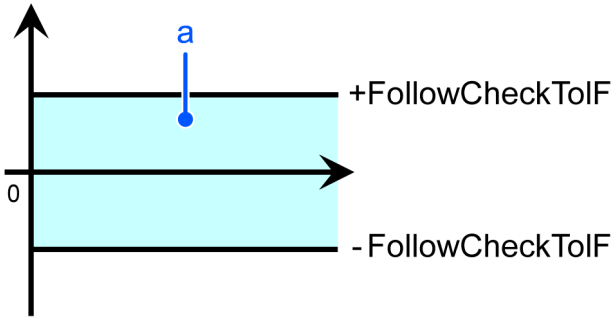
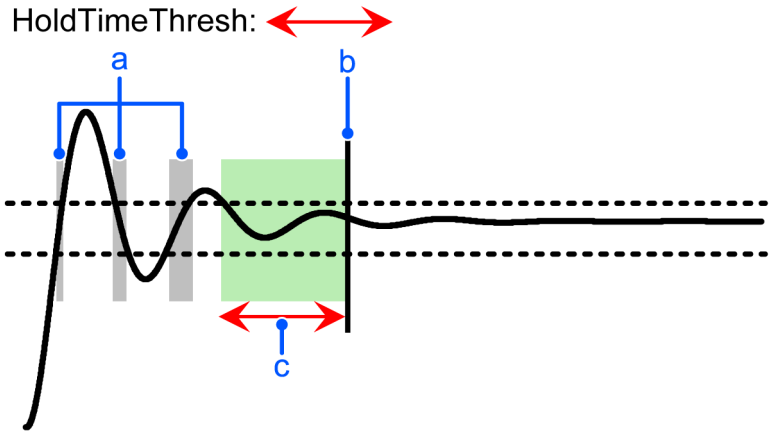
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| EndCheckOperator | 力, 位置, I/Oに関する終了条件の組み合わせ方を指定します。 |
| | AND : 使用する全ての条件を満たしたとき終了する場合 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | OR : 1つ以上の条件を満たしたとき終了する場合 |

**Step 7. 力に関する終了条件を設定する**

力の終了条件に関するプロパティー(ForceCheckEnabled, ForceCheckMode, ForceCheckPolarity, PressCheckTolF, PressCheckTolT, FollowCheckTolF, FollowCheckTolT, HoldTimeThresh)を設定します。

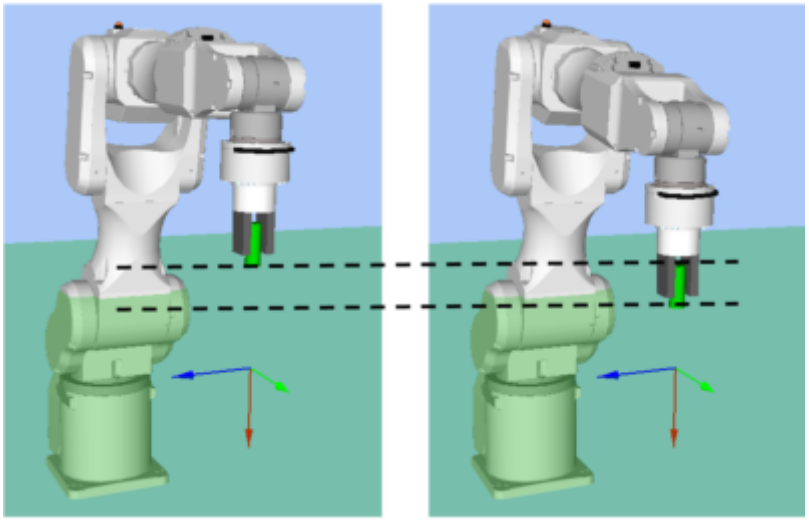
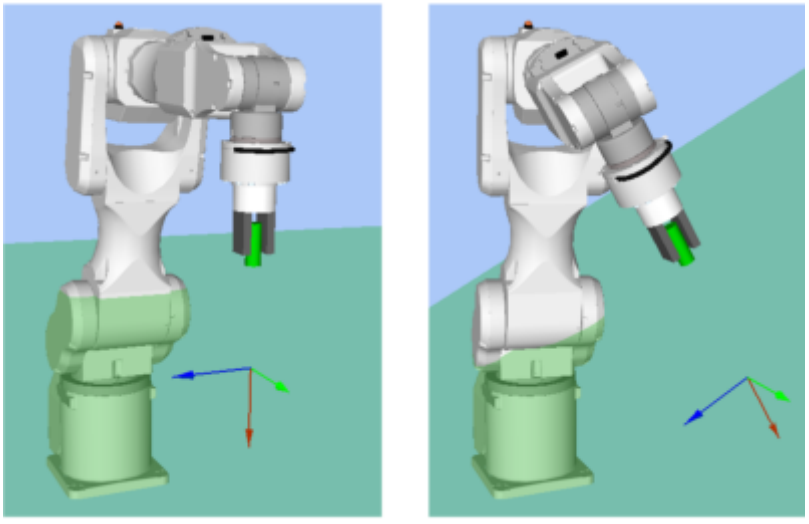
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ForceCheckEnabled | 力に関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>True : 力に関する終了条件を有効にする場合 |
| ForceCheckMode | 判定の対象とする方向です。 |
| | Press : 押し付け方向のみを判定対象とします。<br>ControlModeで指定した方向(Press+, Press-)を判定対象とします。 |
| | PressFollow : 押し付け方向と倣い方向を判定対象とします。<br>ControlModeで指定した方向(Press+, Press-, Follow)を判定対象とします。 |
| ForceCheckPolarity | 力に関する終了条件の極性です。 |
| | Inside : 通常指定します。<br>範囲内になることを条件とします。 |
| | Outside : 範囲外になることを条件とします。<br>押し付け状態で開始して押し付け状態が解除されたことを終了条件とするなど、特殊な終了条件を使用する場合にOutsideを使用することがあります。 |
| PressCheckTolF<br>PressCheckTolT | 力に関する終了条件の、押し付け方向の範囲です。終了条件とする範囲を設定します。<br>PressCheckTolFがFx, Fy, Fzに、<br>PressCheckTolTがTx, Ty, Tzに適用されます。<br>Fx, Fy, Fz のControlModeで指定した方向(Press+, Press-)の力が、<br>PressForce±PressCheckTolFの範囲に入ることを監視します。<br>Tx, Ty, Tz のControlModeで指定した方向(Press+, Press-)のトルクが、<br>PressForce±PressCheckTolTの範囲に入ることを監視します。<br>下図は、PressCheckTolFのイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲 |

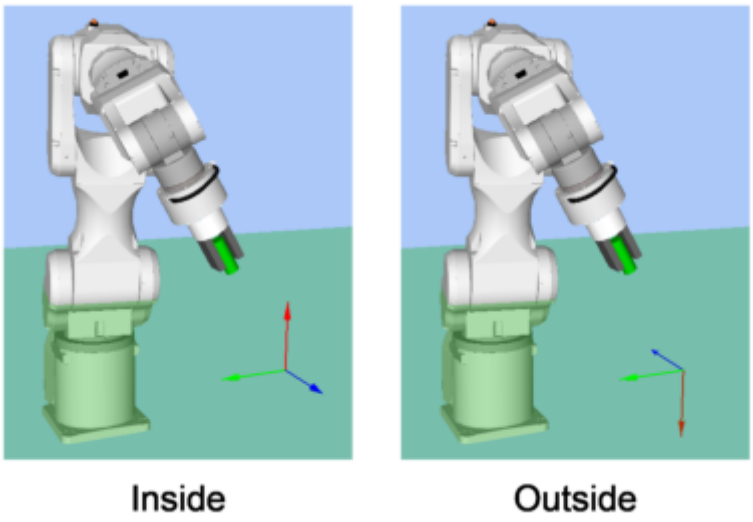
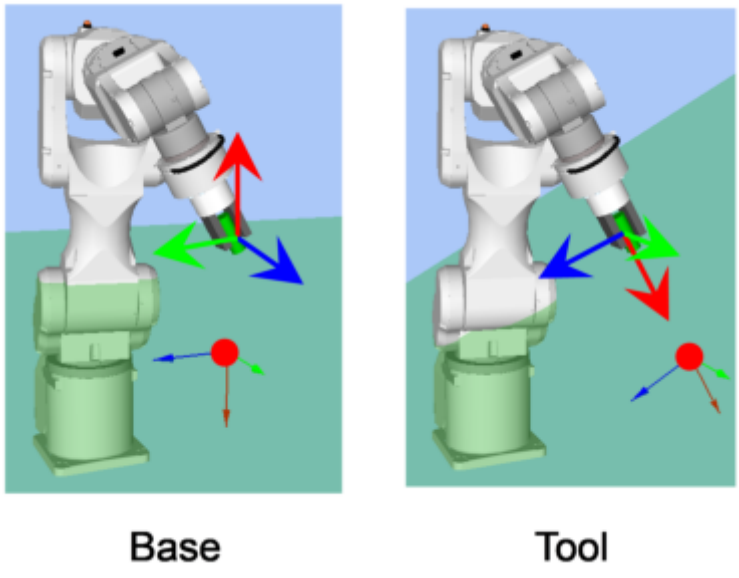
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| FollowCheckTolF<br>FollowCheckTolT | 力に関する終了条件の、倣い方向の範囲を設定します。<br>FollowCheckTolFがFx, Fy, Fzに、<br>FollowCheckTolTがTx, Ty, Tzに適用されます。<br>Fx, Fy, Fz のControlModeでFollowを指定した方向の力が、±FollowCheckTolFの範囲に入ることを監視します。<br>Tx, Ty, Tz のControlModeでFollowを指定した方向のトルクが、±FollowCheckTolTの範囲に入ることを監視します。<br>下図は、FollowCheckTolFのイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲 |
| HoldTimeThresh | 終了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>下図のように、指定した条件がHoldTimeThreshで指定した時間の間継続したとき、終了条件を満たしたと判定します。<br>  <br><br>a: 継続時間未達 / b: 終了 / c: 指定時間継続<br>通常は“0”を設定します。<br>次に実行するフォースガイドオブジェクトの動作が安定しない場合に、整定したことを確認するための時間を設定します。<br>終了条件を一時的に無効にして実行したときの実際の結果から、時間を決定することを推奨します。 |

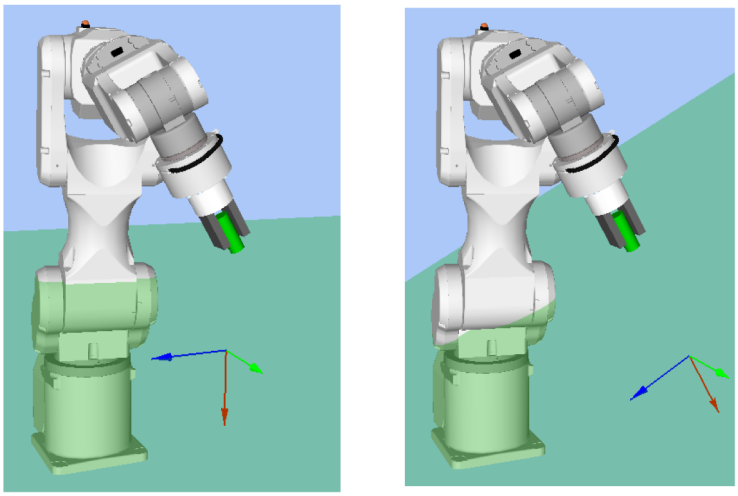
**Step 8. 位置に関する終了条件を設定する**

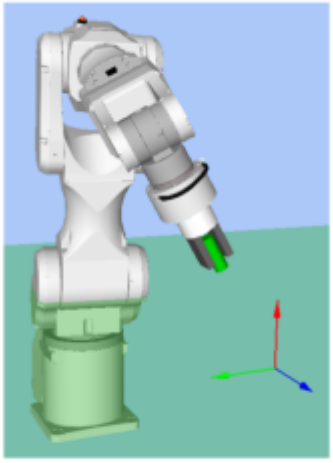
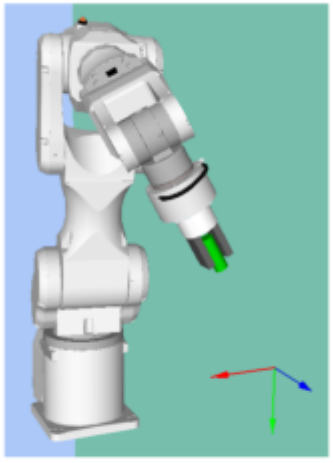
位置の終了条件に関するプロパティー(PosCheckEnabled, PosCheckType, PlaneNumber, PlaneEndCond, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PosCheckEnabled | 位置に関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。 |
| | True : 位置に関する終了条件を有効にする場合 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | False : 位置に関する終了条件を無効にする場合 |
| PosCheckType | 位置に関する終了条件の種類を選択します。 |
| | RobotPlaneを選択した場合:<br>設定されているPlaneを終了条件の基準とします。<br>下図のように、Robotの位置姿勢に関わらず、一定の位置を基準とした終了条件を設定する場合に使用します。<br>  |
| | RelativePlaneを選択した場合:<br>フォースガイドシーケンスを実行するたび、現在位置からの相対位置にPlaneを作成して位置の終了条件とします。<br>下図のように、開始時の位置姿勢に合わせて終了条件とする位置を変更する場合に使用します。<br>  |
| PlaneNumber | 位置の終了条件に使うPlane番号を設定します。 |
| | PosCheckTypeがRobotPlaneの場合:<br>指定した番号のPlaneを基準とした終了条件が設定されます。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | PosCheckTypeがRelativePlaneの場合:<br>フォースガイドシーケンスを実行するたび、指定した番号に新しくPlaneを設定します。<br>空いているPlane番号を設定してください。 |
| PlaneEndCond | 位置の終了条件とする状態を設定します。<br>平面に入った状態(Inside)と出た状態(Outside)のどちらかを終了条件として設定します。<br>設定した状態になったとき、位置の終了条件を満たしたと判定します。<br>平面に入った状態:<br>平面の+Z方向に位置する状態です。<br>  <br> |
| PlaneRelativeOrg | 平面の原点位置までのオフセット量を、どの座標系方向を基準に表現するかを設定します。<br>下図左は、Baseを設定した例です。<br>ベース座標系を基準として相対距離を指定します。<br>PlaneRelativeZに負の値が設定された例となります。<br>下図右は、Toolを設定した例です。<br>ツール座標系を基準として相対距離を指定します。<br>PlaneRelativeZに正の値が設定された例となります。<br>  <br> |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | ローカル座標系やツール座標系は、その方向のみ参照され、原点位置は影響しません。<br>ロボットの動作方向に終了条件とする位置を設定するため、通常は、フォースガイドシーケンスのForceOrientと一致する値を設定します。 |
| PlaneRelativeX<br>PlaneRelativeY<br>PlaneRelativeZ | 現在位置から平面の原点位置までの各方向のオフセット量を設定します。<br>方向は、PlaneRelativeOrgで指定した座標系の方向になります。 |
| PlaneRelativeOrient | 平面方向の基準とする座標系を設定します。<br>下図左は、Baseを設定した例です。<br>フォースガイドオブジェクト開始時のロボットの姿勢に関わらず、平面の基準とする方向がベース座標系と一致します。<br>下図右は、Toolを設定した例です。<br>フォースガイドオブジェクト開始時のロボットの姿勢に合わせて、平面の基準とする方向が変化します。<br>  <br>a b<br>a: Base を設定した例 / b: Tool を設定した例<br>ロボットの動作方向に垂直な面を終了条件とするため、通常は、フォースガイドシーケンスのForceOrientと一致する値を設定します。 |
| PlaneAxes | 平面方向を設定します。<br>PlaneRelativeOrientで指定した座標系を基準として、PlaneAxesで指定した方向に平面が設定されます。<br>下図は、PlaneRelativeOrientでBaseを指定した例です。<br>左はPlaneAxesでXYを、右はPlaneAxesでYZを指定した例です。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| |   XY YZ 通常、動作方向に垂直な平面の方向を設定します。 |
| PlaneRelativeRobotLocal | PlaneRelativeOrgとPlaneRelativeOrientがLocalのときに使用するローカル座標系番号を指定します。<br>通常、フォースガイドシーケンスのRobotLocalと一致する値を設定します。 |

**Step 9. I/Oに関する終了条件を設定する**

I/Oの終了条件に関するプロパティー(IOCheckEnabled, IOCheckInputBit, IOCheckInputStatus)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| IOCheckEnabled | I/Oに関する終了条件を有効にするかどうかを設定します。<br>True : I/Oに関する終了条件を有効にする場合 |
| IOCheckInputBit | 終了条件として監視する入力ビットを指定します。 |
| IOCheckInputStatus | 終了条件とする入力ビットの状態を設定します。<br>IOCheckInputBitで指定した入力ビットが、IOCheckInputStatusで指定した状態になったとき、終了条件を満たしたと判定します。 |

### 4.4.2.2.8.2 押付け移動オブジェクトの調整ガイドライン

押付け移動オブジェクトを使用するときの、調整方法について説明します。

- 振動的に動く場合:
  Firmnessの値を大きくします。ただし、ロボットの反応が鈍くになります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%増加させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- 押し付け方向に大きくバウンドする場合:
  数秒に1回跳ねるように大きくバウンドすることを繰り返す場合、フォースガイドシーケンスのLimitAccelSによって動作が制限されている可能性があります。
  またローパワー状態で実行しているときに起こる可能性があります。

ハイパワーモードで実行しても改善しない場合は、LimitAccelSを大きくしてください。LimitAccelSを大きくしても改善しない場合は、押し付け方向のFirmnessを小さくしてください。

- 目標力に達しない場合:
  押し付け方向のFirmnessの値を小さくします。
  ただし、動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%減少させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- 押し付け方向に動かない場合:
  動かない方向のControlModeが、Press+またはPress-となっていることを確認してください。
  Press+またはPress-に設定されている場合は、PressForceが“0”になっていないか確認してください。

- 逆方向に動く場合:
  逆方向に動く方向のControlModeが想定するPress+またはPress-となっていることを確認してください。
  想定する方向に設定されている場合は、フォースガイドシーケンスのForceOrient, RobotLocal, 使用しているツール座標系やローカル座標系を確認してください。

- 目標位置に到達しない場合:
  力制御機能を有効にしていない方向が目標位置に到達しない場合は、フォースガイドシーケンスのLimitAccelやLimitSpeedの影響を受けている可能性があります。値を大きくします。
  また、ローパワーモードの場合、LimitSpeedやLimitAccelの設定値が大きくても、ローパワーモードの最大速度や最大加速度に合わせて制限されます。ハイパワーモードで実行してください。

#### 4.4.2.2.8.3 押付け移動オブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  押付け移動オブジェクトを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、PressMove01のように、PressMoveの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は、変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。
  任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Enabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトを有効にするかどうかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行せず、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。
  フォースガイドシーケンス作成中に、実行しないが一時的に残したい場合や、フォースガイドオブジェクトをコピーして異なるパラメーターで試したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトを有効にします。 |
| False | フォースガイドオブジェクトを無効にします。 |

デフォルト: True

- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。
  AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。

- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True

- IOPreprocEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作を指定します。
  I/O操作は、IOPreprocOutputBitプロパティーとIOPreprocOutputStatusプロパティーで定義されます。フォースガイドオブジェクト実行前にハンドや周辺装置を操作したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 開始時のI/O操作を実行します。 |
| False | 開始時のI/O操作を実行しません。 |

  デフォルト: False

- IOPreprocOutputBitプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での操作対象の出力ビットを指定します。
  IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

  デフォルト: 0

- IOPreprocOutputStatusプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始時のI/O操作での出力状態を指定します。
  IOPreprocEnabledがTrueの場合のみ使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 指定された出力ビットをオフ(0に設定)します。 |
| On | 指定された出力ビットをオン(1に設定)します。 |

デフォルト: Off

- MotionTrajectoryプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの軌道を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Straight | 直線軌道を移動します。 |
| Arc | 円弧軌道を移動します。 |
| MultiStraight | 直線移動で複数点を連続移動します。 |
| MultiStraightCP | 直線移動で複数点を軌道をつなげながら連続移動します。 |

  デフォルト: Straight

- AccelSプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の加速度を指定します。
  ただし、この設定値は設定された軌道に関する加速度となるため、実際の加速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: [mm/sec$^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 50

- AccelRプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の角加速度を指定します。
  ただし、この設定値は設定された軌道に関する角加速度となるため、実際の角加速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: [deg/sec$^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 100 |

  デフォルト: 10

- SpeedSプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の速度を指定します。
  ただし、この設定値は設定された軌道に関する速度となるため、実際の速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: [mm/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 50

- SpeedRプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の角速度を指定します。
  ただし、この設定値は設定された軌道に関する角速度となるため、実際の角速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: [deg/sec$^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |

| | 値 (単位: [deg/sec$^2$]) |
|---|---|
| 最大値 | 25 |

デフォルト: 10

- SpeedRPriorityプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中に、ツール姿勢変化を優先させるかを設定します。
  ツール姿勢変化を優先させる場合、SpeedRプロパティーを用いてロボットは動作します。
  ツール姿勢変化を優先させない場合、SpeedSプロパティーを用いてロボットは動作します。
  指定できる値は、次のとおりです。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 移動距離が0でなければ、SpeedSプロパティーを用いて、フォースガイドオブジェクトを実行します。移距離が0の場合は、SpeedRプロパティーを用います。<br>- ツール姿勢変化を優先させません。<br>- SpeedSプロパティーを優先します。 |
| Enabled | 姿勢変化が0でなければ、SpeedRプロパティーを用いて、フォースガイドオブジェクトを実行します。姿勢変化が0の場合はSpeedSプロパティーを用います。<br>- ツール姿勢変化を優先させます。<br>- SpeedRプロパティーを優先します。 |
| AutoDistOrientRatio | 移動距離と姿勢変化から、SpeedRプロパティーを優先させるかを自動的に判断して、フォースガイドオブジェクトを実行します。 |

デフォルト: AutoDistOrientRatio

- CPEnabledプロパティー
  パスモーションの有効無効を設定します。
  移動を伴う複数のフォースガイドオブジェクトについて、その軌道を合成する場合に使用します。
  Trueを指定した場合、パスモーションが有効になり、減速区間に入ったとき、次のフォースガイドオブジェクトを開始します。
  Falseを指定した場合、パスモーションが無効になり、設定された軌道が終わったとき、次のフォースガイドオブジェクトを開始します。
  ただし、終了条件が設定され、それを達成した場合、達成した時点で1度停止してから次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | パスモーションを有効にします。 |
| False | パスモーションを無効にします。 |

デフォルト: False

- DestTypeプロパティー
  軌道の目標位置の指定方法を設定します。
  RobotPointを指定した場合、目標位置をポイントで指定します。
  Relativeを指定した場合、開始位置からX方向へ10mmなど、相対距離を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| RobotPoint | 目標位置をポイントで指定します。 |
| Relative | 目標位置を相対距離で指定します。 |

デフォルト: RobotPoint

- DestPointプロパティー
  軌道の目標位置に用いるポイントを設定します。
  DestTypeでRobotPointを指定した場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 999 |

  デフォルト: 0

- MidPointプロパティー
  円弧軌道の中継位置に用いるポイントを設定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRobotPointを指定した場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 999 |

  デフォルト: 0

- RelativeOrientプロパティー
  相対移動する座標系を設定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | ベース座標系を基準として相対距離を指定します。 |
| Local | ローカル座標系を基準として相対距離を指定します。 |
| Tool | ツール座標系を基準として相対距離を指定します。 |

  デフォルト: Tool

- RelativeRobotLocalプロパティー
  相対移動する座標系について、ローカル座標系の番号を設定します。
  DestTypeでRelativeを指定し、RelativeOrientでLocalを指定した場合に使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。<br>RelativeOrientでBaseを指定した場合と同じです。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

  デフォルト: 0 (Base)

- DestRelativeXプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のX方向への移動量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- DestRelativeYプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のY方向への移動量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- DestRelativeZプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のZ方向への移動量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- DestRelativeUプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のU方向への回転量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0

- DestRelativeVプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のV方向への回転量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0

- DestRelativeWプロパティー
  目標位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のW方向への回転量を指定します。
  DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0

- MidRelativeXプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のX方向への移動量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0
- MidRelativeYプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のY方向への移動量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0
- MidRelativeZプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のZ方向への移動量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0
- MidRelativeUプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のU方向への回転量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0
- MidRelativeVプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のV方向への回転量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0

- MidRelativeWプロパティー
  中継位置について、RelativeOrientとRelativeRobotLocalで指定された座標系のW方向への回転量を指定します。
  MotionTrajectoryでArcを指定し、DestTypeでRelativeを指定した場合に使用されます。

| | 値 (単位: [deg]) |
|---|---|
| 最小値 | -360 |
| 最大値 | 360 |

  デフォルト: 0
- StartPointプロパティー
  連続移動の軌道の開始位置を設定します。
  MotionTrajecrotyでMultiStraight、またはMultiStraightCPを指定した場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 999 |

  デフォルト: 0
- EndPointプロパティー
  連続移動の軌道の終了位置を設定します。
  MotionTrajecrotyでMultiStraight、またはMultiStraightCPを指定した場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 999 |

  デフォルト: 0
- Fx_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFx方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Fx方向の力制御機能は実行されません。
  Press+、またはPress-を指定した場合、Fx方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードではFx_PressForceで指定した力になるように押し付けます。
  Followを指定した場合、Fx方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

  デフォルト: Disabled
- Fx_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFx方向への押し付け力を指定します。Fx_ControlModeが、Press+かPress-の場合に使用されます。

  - ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -250 |
| 最大値 | 0 |

デフォルト: 0

- ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 250 |

デフォルト: 0

- Fx_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFx方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  Fx_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。
  Fx_Firmnessの値が大きくなると、Fx方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  Fx_Firmnessの値が小さくなると、Fx方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

デフォルト: 10

- Fy_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFy方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Fy方向の力制御機能は実行されません。
  Press+またはPress-を指定した場合、Fy方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードでは、Fy_PressForceで指定した力になるように押し付けます。
  Followを指定した場合、Fy方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Fy_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFy方向への押し付け力を指定します。Fy_ControlModeが、Press+かPress-の場合に使用されます。

  - ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -250 |
| 最大値 | 0 |

デフォルト: 0

- ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 250 |

デフォルト: 0

- Fy_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFy方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  Fy_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。
  Fy_Firmnessの値が大きくなると、Fy方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  Fy_Firmnessの値が小さくなると、Fy方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

デフォルト: 10

- Fz_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるFz方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Fz方向の力制御機能は実行されません。
  Press+かPress-を指定した場合、Fz方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードではFz_PressForceで指定した力になるように押し付けます。
  Followを指定した場合、Fz方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外力が“0”になるように動くため、外力が加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Fz_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFz方向への押し付け力を指定します。Fz_ControlModeがPress+かPress-の場合に使用されます。

  - ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -250 |
| 最大値 | 0 |

デフォルト: 0

- ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 250 |

デフォルト: 0

- Fz_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のFz方向の力制御機能に関する硬さを指定します。Fz_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。
  Fz_Firmnessの値が大きくなると、Fz方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  Fz_Firmnessの値が小さくなると、Fz方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

デフォルト: 10

- Tx_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTx方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Tx方向の力制御機能は実行されません。
  Press+かPress-を指定した場合、Tx方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードではTx_PressForceで指定した力になるように押し付けます。
  Followを指定した場合、Tx方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Tx_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTx方向への押し付け力を指定します。Tx_ControlModeがPress+かPress-の場合に使用されます。

  - ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -18000 |
| 最大値 | 0 |

デフォルト: 0

- ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 18000 |

デフォルト: 0

- Tx_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTx方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  Tx_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。
  Tx_Firmnessの値が大きくなると、Tx方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  Tx_Firmnessの値が小さくなると、Tx方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

デフォルト: 3000

- Ty_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTy方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Ty方向の力制御機能は実行されません。
  Press+かPress-を指定した場合、Ty方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードではTy_PressForceで指定した力になるように押し付けます。
  Followを指定した場合、Ty方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Ty_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTy方向への押し付け力を指定します。Ty_ControlModeがPress+かPress-の場合に使用されます。

  - ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -18000 |
| 最大値 | 0 |

デフォルト: 0

- ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 18000 |

デフォルト: 0

- Ty_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTy方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  Ty_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。
  Ty_Firmnessの値が大きくなると、Ty方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振し難くなります。
  Ty_Firmnessの値が小さくなると、Ty方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

デフォルト: 3000

- Tz_ControlModeプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系におけるTz方向の制御モードを指定します。
  Disabledを指定した場合、Tz方向の力制御機能は実行されません。
  Press+かPress-を指定した場合、Tz方向の力制御機能は押付けモードとして実行されます。押付けモードではTz_PressForceで指定した力になるように押し付けます。
  Followを指定した場合、Tz方向の力制御機能は倣いモードとして実行されます。倣いモードでは、外部トルクが“0”になるように動くため、外部トルクが加わると、それに倣うようにロボットが動作します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 力制御機能を無効にします。 |
| Press+ | 力制御機能は正方向に押し付けるように実行されます。 |
| Press- | 力制御機能は負方向に押し付けるように実行されます。 |
| Follow | 力制御機能は倣うように実行されます。 |

デフォルト: Disabled

- Tz_PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTz方向への押し付け力を指定します。Tz_ControlModeがPress+かPress-の場合に使用されます。

  - ControlModeがPress+の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -18000 |
| 最大値 | 0 |

デフォルト: 0

- ControlModeがPress-の場合

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 18000 |

デフォルト: 0

- Tz_Firmnessプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のTz方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  Tz_ControlModeがPress+, Press-, Followの場合に使用されます。
  Tz_Firmnessの値が大きくなると、Tz方向の力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  Tz_Firmnessの値が小さくなると、Tz方向の力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 1000000 |

デフォルト: 3000

- CFEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクト終了後も力制御機能を継続するかを指定します。
  CFEnabledをTrueにしても、フォースガイドシーケンスが終了する場合は、力制御機能を終了します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトが終了しても、次のフォースガイドオブジェクトまで力制御機能を継続します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト終了時に力制御機能を終了します。 |

デフォルト: False

- EndCheckOperatorプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件を複数使用する場合の組み合わせ条件を指定します。
  ANDを指定した場合、有効にした終了条件の全てが満たされた場合に、フォースガイドオブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  ORを指定した場合、有効にした終了条件のいずれかが満たされた場合に、フォースガイドオブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| OR | OR条件として組み合わせます。 |
| AND | AND条件として組み合わせます。 |

デフォルト: AND

- ForceCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件に力に関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を有効にします。 |
| False | 力に関する終了条件を無効にします。 |

  デフォルト: False

- ForceCheckModeプロパティー
  力に関する終了条件について、条件とする方向を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Press | ControlModeで指定した方向(Press+, Press-)を力の条件とします。 |
| PressFollow | ControlModeで指定した方向(Press+, Press-, Follow)を力の条件とします。 |

  デフォルト: Press

- ForceCheckPolarityプロパティー
  力に関する終了条件について、力が指定範囲内に入ったことを条件にするか、指定範囲外に出たことを条件にするかを指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Outside | 指定範囲の外側に出たことを終了条件とします。 |
| Inside | 指定範囲の内側に入ったことを終了条件とします。 |

  デフォルト: Inside

- PressCheckTolFプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。
  Fx, Fy, Fz方向のControlModeでPressを指定された方向についてForceCheckEnabled がTrueの場合に使用されます。
  各方向の力が、PessForce ± PressCheckTolFの範囲に入ること、または出ることを判定します。

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1

- PressCheckTolTプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。
  Tx, Ty, Tz方向のControlModeでPressを指定された方向についてForceCheckEnabled がTrueの場合に使用されます。
  各方向の力が、PessForce ± PressCheckTolTの範囲に入ること、または出ることを判定します。

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | シーケンスのVersionが7.5.1のとき: 1<br>シーケンスのVersionが7.4.0のとき: 100 |
| 最大値 | 10000 |

  デフォルト: 500

- FollowCheckTolFプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。

Fx, Fy, Fz方向のControlModeでFollowを指定された方向についてForceCheckEnabled がTrueで
ForceCheckModeがPressFollowの場合に使用されます。
各方向の力が、±FollowCheckTolFの範囲に入ること、または出ることを判定します。

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 1

- FollowCheckTolTプロパティー
  力に関する終了条件について、その範囲を指定します。
  Tx, Ty, Tz方向のControlModeでFollowを指定された方向についてForceCheckEnabled がTrueで
  ForceCheckModeがPressFollowの場合に使用されます。
  各方向の力が、±FollowCheckTolTの範囲に入ること、または出ることを判定します。

| | 値 (単位: [N・mm]) |
|---|---|
| 最小値 | シーケンスのVersionが7.5.1のとき: 1<br>シーケンスのVersionが7.4.0のとき: 100 |
| 最大値 | 10000 |

デフォルト: 500

- HoldTimeThreshプロパティー
  力に関する終了条件について、判定までの継続時間を指定します。
  ForceCheckEnabled がTrueの場合に使用されます。
  指定した条件が、HoldTimeThreshで指定した時間継続した場合、終了条件を満たしたと判定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 0

- PosCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件に位置に関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を有効にします。 |
| False | 位置に関する終了条件を無効にします。 |

デフォルト: False

- PosCheckTypeプロパティー
  位置に関する終了条件について、あらかじめ定義されたPlaneを使用するか、フォースガイドオブジェクト開始位置からの相対位置を指定するかを設定します。
  RobotPlaneを指定した場合、定義済みのPlaneを用いて終了条件を設定します。
  RelativePlaneを指定した場合、フォースガイドオブジェクトを実行するたびにフォースガイドオブジェクト開始位置からの相対位置にPlaneを再設定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| RobotPlane | 定義済みのPlaneを終了条件として使用します。 |
| RelativePlane | 相対位置にPlaneを設定し、終了条件とします。 |

デフォルト: RobotPlane

- PlaneNumberプロパティー
  位置に関する終了条件について、使用するPlane番号を指定します。
  PosCheckTypeプロパティーでPlaneを指定した場合、指定された番号のPlaneは変更されません。
  PosCheckTypeプロパティーでRelativeを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されるたび、指定された番号に新しいPlaneを再定義します。そのため、元の設定が失われることに注意してください。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 15 |

デフォルト: 1

- PlaneEndCondプロパティー
  位置に関する終了条件について、終了と判定する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Outside | Planeの外側に出ることを終了条件とします。 |
| Inside | Planeの内側に入ることを終了条件とします。 |

デフォルト: Inside

- PlaneRelativeOrgプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する相対位置をどの座標系で設定するかを指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | ベース座標系を基準として相対位置を指定します。 |
| Local | ローカル座標系を基準として相対位置を指定します。<br>ローカル座標系番号はPlaneRelativeRobotLocalで指します。 |
| Tool | ツール座標系を基準として相対位置を指定します。 |

デフォルト: Tool

- PlaneRelativeXプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するX方向の相対位置を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。
  X方向は、PlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- PlaneRelativeYプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するY方向の相対位置を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。
  Y方向は、PlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- PlaneRelativeZプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定するZ方向の相対位置を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。
  Z方向は、PlaneRelativeOrgで指定された座標系にしたがいます。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- PlaneRelativeOrientプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する座標系を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。
  PlaneはPlaneRelativeOrientで指定した座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上に設定されます。

  Baseが指定された場合、Base座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。
  Localが指定された場合、PlaneRelativeRobotLocalで指定された番号のローカル座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。
  Toolが指定された場合、ツール座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上にPlaneが設定されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | ベース座標系を基準として平面方向を設定します。 |
| Local | ローカル座標系を基準として平面方向を設定します。 |
| Tool | ツール座標系を基準として平面方向を設定します。 |

デフォルト: Tool

- PlaneAxesプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeを設定する軸を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定された場合に使用します。
  PlaneはPlaneRelativeOrientで指定した座標系におけるPlaneAxesで指定された軸上に設定されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| XY | XY平面にPlaneを設定します。 |
| YZ | YZ平面にPlaneを設定します。 |
| XZ | XZ平面にPlaneを設定します。 |

デフォルト: XY

- PlaneRelativeRobotLocalプロパティー
  位置に関する終了条件について、Planeの相対位置または方向を指定するローカル座標系番号を指定します。
  PosCheckTypeでRelativePlaneが指定されPlaneRelativeOrgでLocalが指定されるか、PosCheckTypeでRelativePlaneが指定されPlaneRelativeOrientでLocalが指定された場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。<br>PlaneRelativeOrgやPlaneRelativeOrientでBaseを指した場合と同じです。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

デフォルト: 0 (Base)

- IOCheckEnabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの終了条件にI/Oに関する条件を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | I/Oに関する終了条件を有効にします。 |
| False | I/Oに関する終了条件を無効にします。 |

デフォルト: False

- IOCheckInputBitプロパティー
  I/Oに関する終了条件について、判定対象のビットを指定します。
  IOCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 7167 |

デフォルト: 0

- IOCheckInputStatusプロパティー
  I/Oに関する終了条件について、判定条件を指定します。
  IOCheckEnabledがTrueの場合に使用されます。
  IOCheckInputBitで指定したビットにより、終了条件を満たしたと判定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Off | 入力ビットがオフ(0)のとき、条件を満たしたと判定します。 |
| On | 入力ビットがオン(1)のとき、条件を満たしたと判定します。 |

デフォルト: Off

### 4.4.2.2.8.4 押付け移動オブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  押付け移動オブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]

- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- ForceCondOKリザルト
  力に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を満たした。 |
| False | 力に関する終了条件を満たさなかった。 |

- TriggeredForcesリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredPosリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- PosCondOKリザルト
  位置に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を満たした。 |
| False | 位置に関する終了条件を満たさなかった。 |

- IOCondOKリザルト
  I/Oに関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | I/Oに関する終了条件を満たした。 |
| False | I/Oに関する終了条件を満たさなかった。 |

## 4.4.2.2.9 条件分岐オブジェクト

条件分岐オブジェクトは、1つのフォースガイドシーケンスの中で、指定したフォースガイドオブジェクトの成否に基づいて、実行するフォースガイドオブジェトを変更するためのフォースガイドオブジェクトです。

嵌合での押付け探りオブジェクトの実行要否判定などに使用します。実際の動作の進行状況に基づいて必要なフォースガイドオブジェクトのみを実行することができます。

### 4.4.2.2.9.1 条件分岐オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティー(Name, Description, Enabled) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前です。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明です。<br>動作の説明などを記述します。任意の文字列を設定します。 |
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイドオブジェクトを実行しない場合 |

**Step 2. 条件を設定する**

条件に関するプロパティー(ConditionObject, TrueCond)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ConditionObject | 結果を確認するフォースガイドオブジェクトです。<br>判定したいフォースガイドオブジェクトを指定します。 |
| TrueCond | 真とする条件を指定します。<br>ConditionObjectで指定したフォースガイドオブジェクトのEndStatusがTrueCondで指定した条件と一致するとき、True分岐に進みます。 |

### 4.4.2.2.9.2 条件分岐オブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  条件分岐オブジェクトを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、Decision01のように、Decisionの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は、変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。
  任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Enabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトを有効にするかどうかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されます。
  Falseを指定した場合、条件分岐オブジェクトおよび、その分岐内にある全てのフォースガイドオブジェクトを実行せず、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。
  フォースガイドシーケンス作成中に、実行しないが一時的に残したい場合や、フォースガイドオブジェクトをコピーして異なるパラメーターで試したい場合などに使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトを有効にします。 |
| False | フォースガイドオブジェクトを無効にします。 |

  デフォルト: True

- ConditionObjectプロパティー
  条件判定の対象とするフォースガイドオブジェクトを指定します。
  条件分岐よりも前のフォースガイドオブジェクトを指定して、その結果によって、TrueまたはFalseの分岐へ進みます。
- TrueCondプロパティー
  Trueへ分岐するための条件を指定します。
  ConditionObjectで指定したフォースガイドオブジェクトの結果(EndStatusリザルト)により、True分岐へ進みます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| TargetPassed | 対象のフォースガイドオブジェクトが成功したとき、True分岐に進みます。 |
| TargetFailed | 対象のフォースガイドオブジェクトが失敗したとき、True分岐に進みます。 |
| TargetNoExec | 対象のフォースガイドオブジェクトが未実行のとき、True分岐に進みます。 |

デフォルト: TargetPassed

### 4.4.2.2.10 SPEL関数オブジェクト

SPEL関数オブジェクトは、シーケンスの実行中に、指定したSPELファンクションを実行する関数です。

I/O操作や開始位置への安全な移動など、力制御機能以外の処理を行うために使用します。
SPEL関数オブジェクトで指定するファンクションは、引数に1つの文字列型変数を持ち、戻り値の型がBoolean型でなければなりません。引数には、オブジェクト名が渡されます。

SPEL関数オブジェクトは、指定したファンクションの戻り値がTrueのとき成功となり、戻り値がFalseのとき失敗となります。

#### 4.4.2.2.10.1 SPEL関数オブジェクトのプロパティー設定ガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティー(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイドオブジェクトを実行しない場合 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかです。<br>実行するSPELファンクションの戻り値がFalseの場合、SPEL関数オブジェクトは失敗となります。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 実行するファンクションを設定する**

実行するファンクションに関するプロパティー(FuncName)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| FuncName | 実行するSPELファンクション名を指定します。<br>指定するSPELファンクションは、以下のように戻り値がBoolean型で、1つの文字列変数を引数に持たなければなりません。 |

```
Function MyFunc(ObjectName$ As String) As Boolean
  MyFunc = True
Fend
```

### 4.4.2.2.10.2 SPEL関数オブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  SPEL関数オブジェクトを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、SPELFunc01のように、SPELFuncの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Enabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトを有効にするかどうかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが実行されます。
  Falseを指定した場合、条件分岐オブジェクトおよび、その分岐内にある全てのフォースガイドオブジェクトを実行せず、次のフォースガイドオブジェクトを実行します。
  フォースガイドシーケンス作成中に、実行しないが一時的に残したい場合や、フォースガイドオブジェクトをコピーして異なるパラメーターで試したい場合などに使用します。

  | 値 | 説明 |
  |---|---|
  | True | フォースガイドオブジェクトを有効にします。 |
  | False | フォースガイドオブジェクトを無効にします。 |

  デフォルト: True

- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。
- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True
- FuncNameプロパティー
  実行するSPELファンクションの名前を指定します。
  実行するSPELファンクションはBoolean型であり、1つの文字列変数を引数に持たなければなりません。
  指定したSPELファンクションの戻り値がFalseのとき、SPEL関数オブジェクトは失敗となります。
  以下は、指定可能なSPELファンクションの例です。

```
Function MyFunc(ObjectName$ As String) As Boolean
  MyFunc = True
Fend
```

### 4.4.2.2.10.3 SPEL関数オブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  SPEL関数オブジェクト

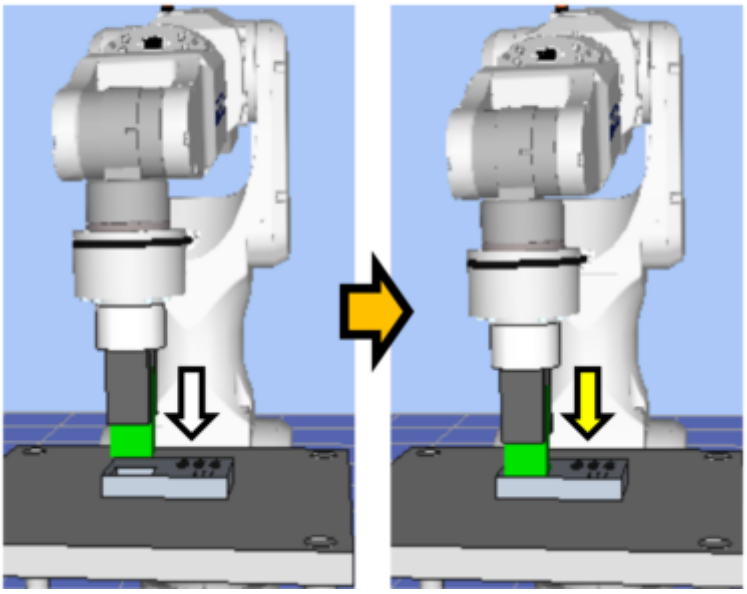
| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]

## 4.4.3 貼付けシーケンスとオブジェクト

貼付けシーケンスとは、ロボットに方向, 力を指定して、押し付ける動作を行うことです。押し付けるときは、押し付け面に合わせるように倣わせることもできます。把持しているワークを、別のワークの面などに貼付ける作業で使います。

貼付けシーケンスは貼付けオブジェクトで構成されます。作業に応じて、汎用フォースガイドオブジェクトを追加することもできます。



上図は、貼付けシーケンスの動作のイメージです。非接触状態から実行して、白い矢印で示す押し付ける方向に向かって移動します。接触状態になってからは、黄色い矢印が示すように一定の力を加えた状態を保持します。ここまでの動作が貼付けオブジェクトによって実行されます。

この章ではフォースガイド貼付けシーケンス、貼付けオブジェクトのシーケンスウィザードやプロパティー、設定方法を説明します。汎用フォースガイドオブジェクトについては、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 汎用フォースガイドオブジェクト

### 4.4.3.1 貼付けシーケンスのウィザード設定ガイドライン

シーケンスウィザードを使用して、貼付けシーケンスを作成します。ウィザードは、次の方法で表示できます。

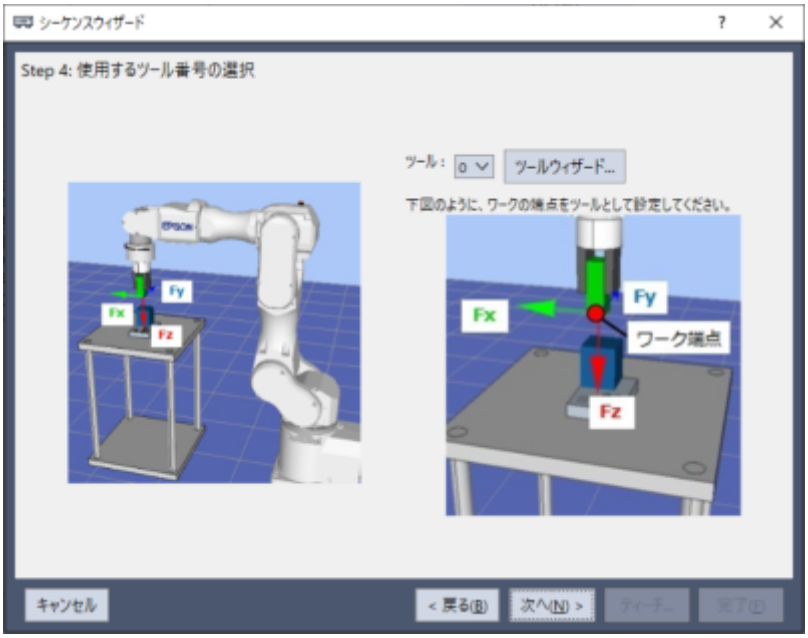
- フローチャートのシーケンスフロー、またはシーケンスツリーのシーケンスノードを右クリックし、[シーケンスウィザード]を選択する。
- 貼付けシーケンスプロパティーの、Wizardの設定値[Click to open->]の右側に表示される ... ボタンをクリックする。

シーケンスウィザードが表示されたら、画面にしたがって設定を行います。
貼付けシーケンスのシーケンスウィザードは、フォースガイドシーケンスの新規作成画面からも設定ができます。詳細は次の項を参照してください。

ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー
-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成

**Step1 使用するツール番号の選択**

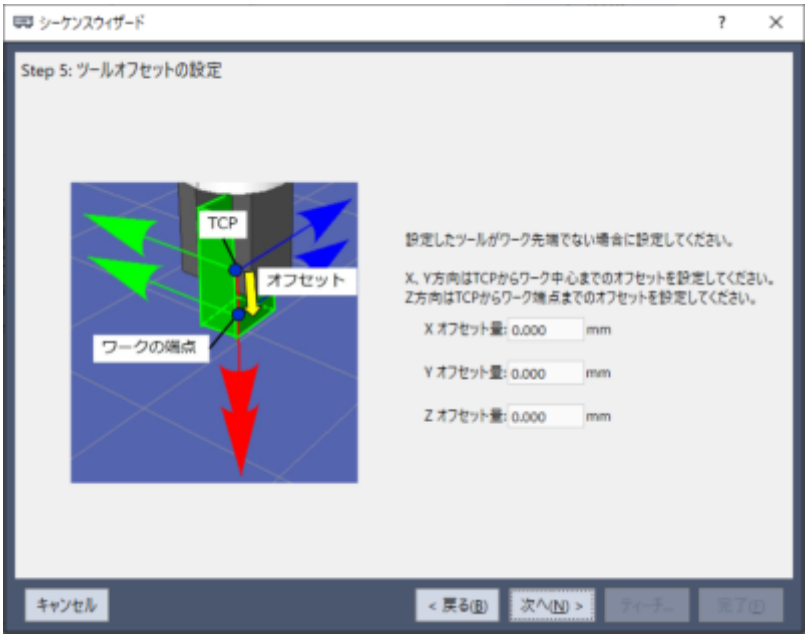
貼付けシーケンス、貼付けオブジェクトで使用する予定のツール番号を選択します。




| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ツール | 使用するツール番号を選択します。ワークの端点がツール原点になるように、ツール番号を選択してください。<br>設定されているツール番号がリストボックスに並んでいます。新しくツールを設定したい場合は、ツールウィザードボタンで設定します。<br>ツールウィザードについては次の項を参照してください。<br>"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - Epson RC+ 8.0 GUI - [ツール]メニュー [ツール]-[ロボットマネージャー]-[ツール設定]パネル"<br>最小値: 0<br>最大値: 設定されているツール番号の最大値<br>デフォルト値: 0 |
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 新規シーケンス作成画面から開いているとき、1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

### Step2 ツールオフセットの設定

Step1で設定したツールが、ワーク先端の中心に設定されていない場合に設定が必要です。ツールからワーク先端の中心までのオフセット量を設定してください。

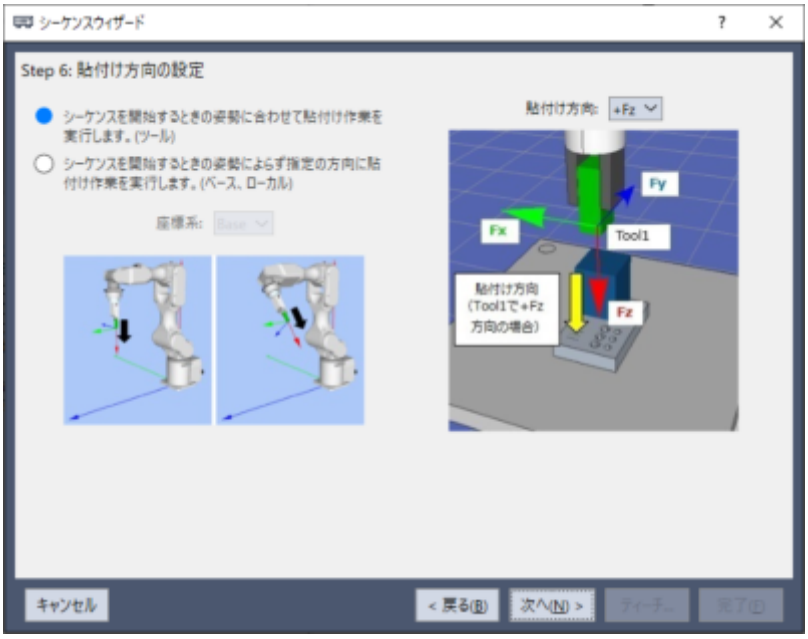


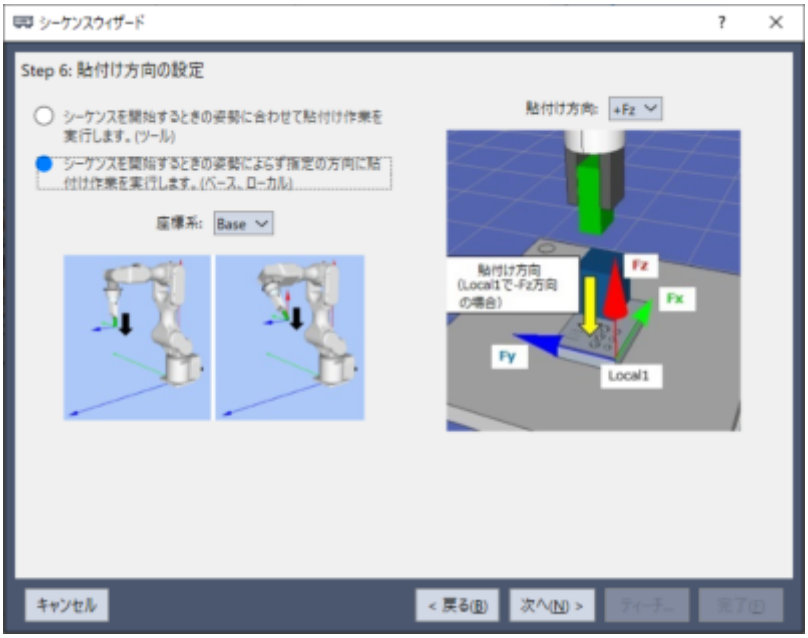

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Xオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、X方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |
| Yオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、Y方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |
| Zオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、Z方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

### Step3 貼付け方向の設定

貼付け方向を設定します。
シーケンスを開始するときの姿勢に合わせて、貼付け作業を実行したい場合は「ツール」を選択してください。
シーケンスを開始するときの姿勢によらずに、ワークに合わせた方向に貼付け作業を実行したい場合は「ベース、

ローカル」を選択してください。



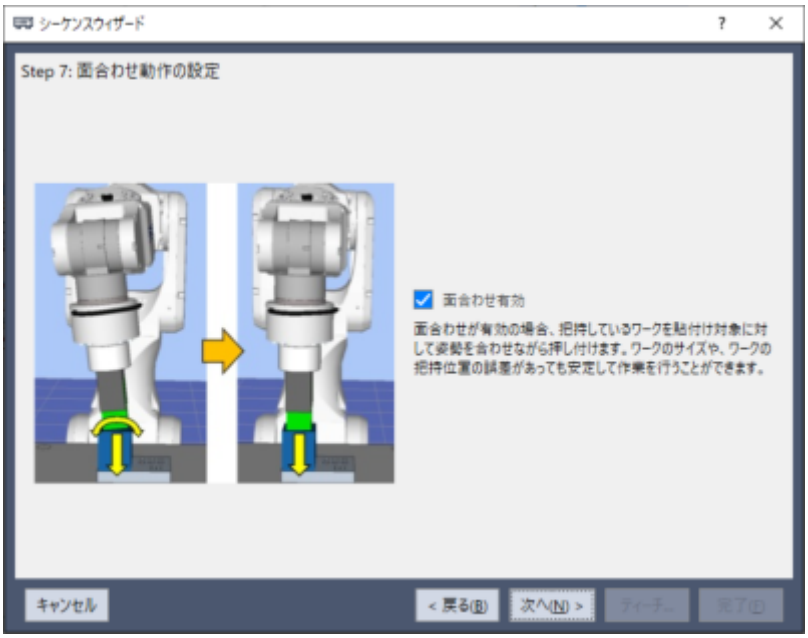




| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 座標系 | 貼付けシーケンスで使用される座標系を選択します。<br>貼付け座標系を「ベース、ローカル」に選択したとき、この座標系でロボットは動作します。貼付けされるワークの向きに合わせて、座標系を選択してください。<br>最小値: Base(0)<br>最大値: 15<br>デフォルト: Base |
| 貼付け方向 | 貼付けする方向を選択します。<br>貼付け座標系を「ツール」で選択したとき、Step1で設定したツール座標系で選択し、貼付け方向に貼付けシーケンス, 貼付けオブジェクトは動作します。<br>貼付け座標系「ベース、ローカル」で選択したとき、座標系で設定したベースまたはローカル座標系で選択した、貼付け方向に貼付けシーケンス、貼付けオブジェクトは動作します。<br>値: +Fx, -Fx, +Fy, -Fy, +Fz, -Fz<br>デフォルト: +Fz |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step4 面合わせ動作の設定**

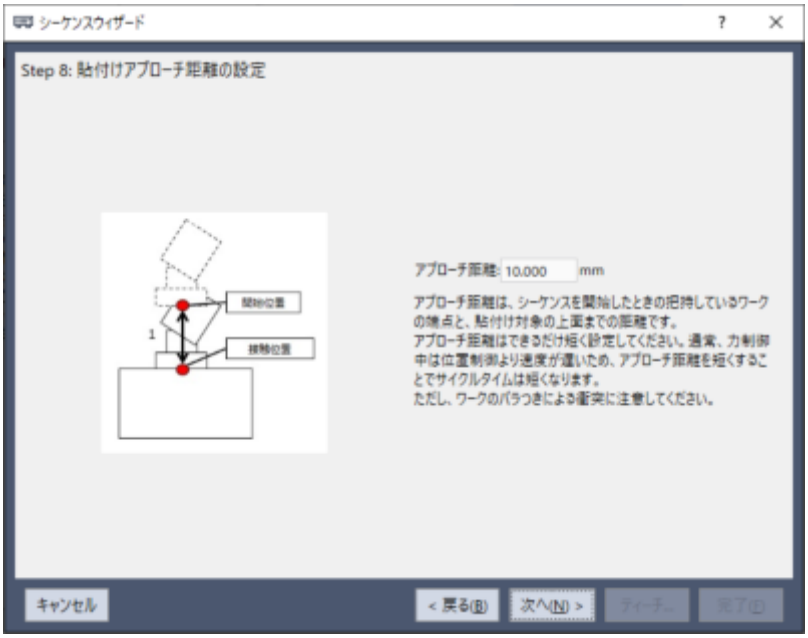
面合わせ動作を有効にするかを選択します。

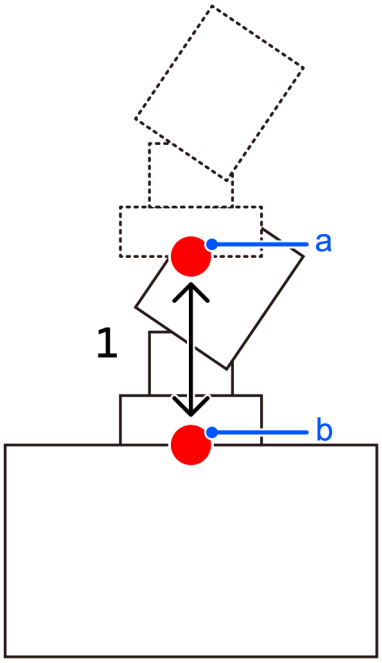



| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 面合わせ有効 | ワークを貼付け対象の面に合わせるか設定します。<br>有効にすると、ウィザード左図の黄色矢印 (回転)方向に、面に合わせる動作を、貼付け動作中に行います。<br>ワーク面と貼付け対象の面が合わないと貼付けが完了しない場合に有効に設定してください。<br>デフォルト: 有効 |
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step5 貼付けアプローチ距離の設定**

貼付け作業のアプローチ距離を設定します。




| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| アプローチ距離 | アプローチ距離を設定します。<br>アプローチ距離は、下図の赤色の点で示す、貼付けシーケンスを開始したときの把持しているワークの端点と、貼付け対象の上面までの1の距離です。<br>できるだけアプローチ距離が短くなるように、動作開始位置を教示してください。力制御機能は位置制御と比べて速度が遅いため、アプローチ距離が長いほどサイクルタイムが遅くなります。<br>  <br><br>a: 開始位置 / b: 接触位置<br>最小値: 0[mm]<br>最大値: 50[mm]<br>デフォルト値: 10[mm] |
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step6 貼付け力の設定**

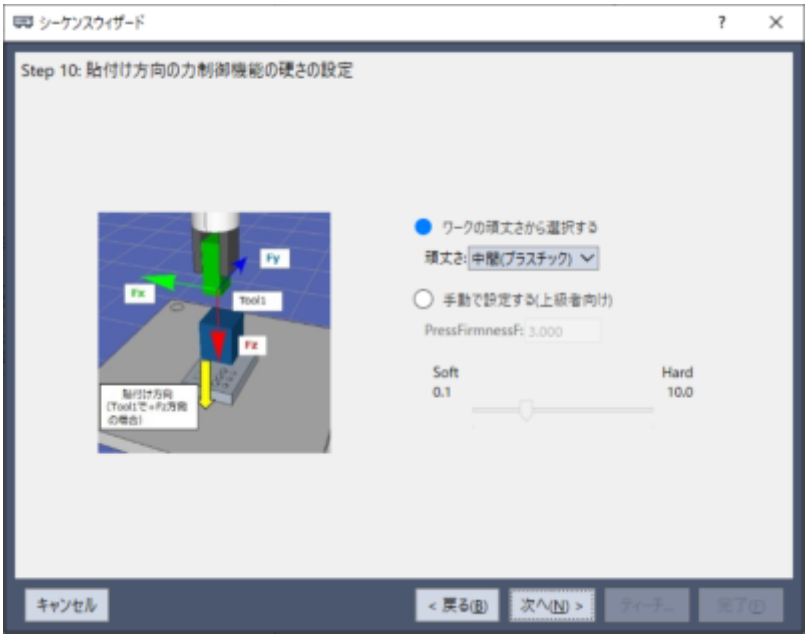
貼付け作業に必要な力を設定します。

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 貼付け力 | 貼付け方向に加える力を設定します。<br>... ボタンを押すと、スライダーで貼付け力の調整ができます。 |
| | 貼付け方向が正方向のとき<br>最小値: -50.0[N]<br>最大値: 0.0[N]<br>デフォルト値: -10.0[N] |
| | 貼付け方向が負方向のとき<br>最小値: 0.0[N]<br>最大値: 50.0[N]<br>デフォルト値: 10.0[N] |
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step7 貼付け方向の力制御機能の硬さの設定**

貼付け方向の力制御機能の硬さを、プリセットから設定します。
直接プロパティーを設定することもできますが、上級者用の設定です。

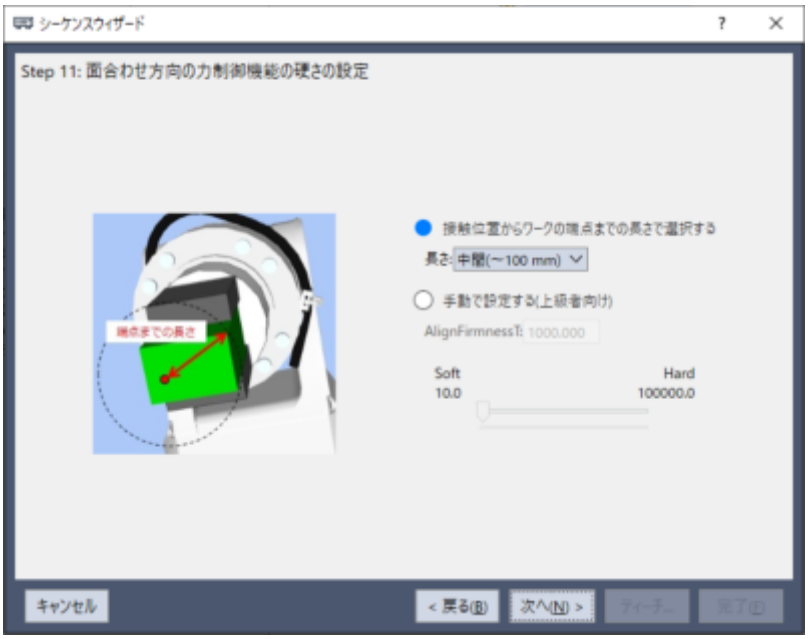



| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 頑丈さ | ワークの頑丈さを選択します。“壊れやすい(ガラス)”、“中間(プラスチック)”、“硬い(金属)”3つのプリセットから選択します。 |
| | “壊れやすい”を選択した場合:<br>貼付け方向の力の反応が遅くなります。 |
| | “硬い”を選択した場合:<br>貼付け方向の力の反応が早くなります。 |
| PressFirmnessF | 貼付け方向の力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| | 上級者向け設定を選択すると設定が可能になります。<br>... ボタンを押すことで、スライダーで硬さの調整が可能になります。<br>最小値: 0.1<br>最大値: 10<br>デフォルト値: 3.0 |
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |

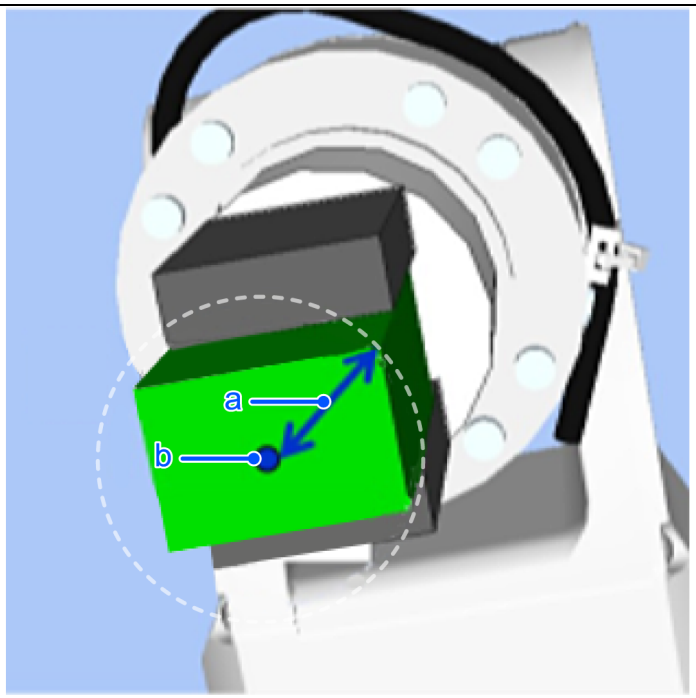
| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step8 面合わせ方向の力制御機能の硬さの設定**

面合わせ方向の力制御機能の硬さを、プリセットから設定します。
直接プロパティーを設定することもできますが、上級者用の設定です。

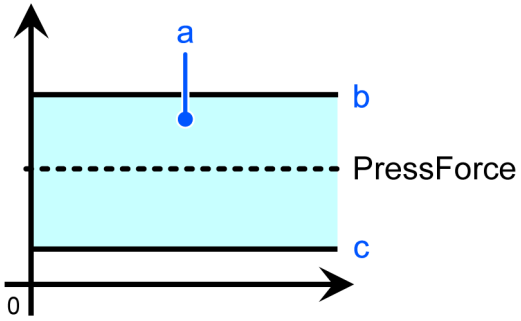


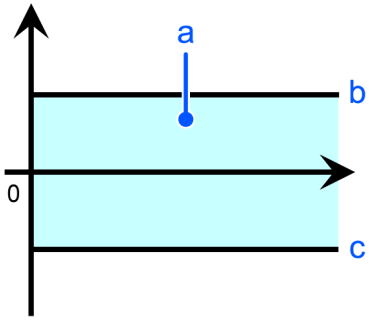
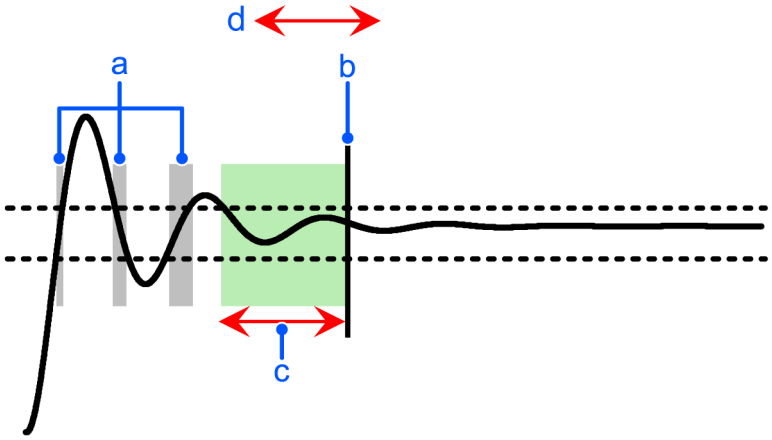

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 長さ | 接触位置 (設定したツール中心位置)からワーク端点までの長さを選択します。「短い」「中間」「長い」の3つのプリセットから選択します。選択する公差の目安は次のとおりです。<br>短い: ~ 60[mm]<br>中間: ~ 100[mm]<br>長い: ~ 200[mm]<br>長さは下図の青線矢印です。ワークが接触する位置を中心とした、ワークの端点と一点でのみ接する円を描いたとき、その円の半径が設定する長さです。 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| |  <br>a: 端点までの長さ / b: ワークの中心<br>選択を短くすると、面合わせ方向に倣う反応が早くなります。選択を長くすると、面合わせ方向に倣う反応が遅くなります。 |
| AlignFirmnessT | 面合わせ方向の力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| | 上級者向け設定を選択すると設定が可能になります。<br>... ボタンを押すことで、スライダーで硬さの調整が可能になります。<br>最小値: 10.0<br>最大値: 100000<br>デフォルト値: 1000 |
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step9 貼付け作業の完了条件の設定**

貼付け作業の完了条件を設定します。

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 力の許容誤差 | 力に関する終了条件の範囲です。完了条件とする範囲を設定します。<br>Fx, Fy, Fz の、貼付け方向で指定した方向の力 (PressForce)が、PressForce±許容誤差の範囲に入ることを監視します。例えば、挿入方向を+Fzで設定したとき、範囲に入ることを監視する力はFz方向です。<br>下図はイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲 / b: PressForce+許容誤差 / c: PressForce-許容誤差<br>許容誤差が小さいほど、作業は成功しづらくなります。許容誤差を一度大きくして、実行したときの実際の結果から許容誤差を調整することを推奨します。<br>最小値: 0.1[N]<br>最大値: 10[N]<br>デフォルト値: 1.0[N] |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| トルクの許容誤差 | トルクに関する終了条件の範囲を設定します。<br>Tx, Ty, Tz のトルクが、±許容誤差の範囲に入ることを監視します。ただし、貼付け方向回りのトルクは監視しません。例えば、貼付け方向を+Fz、面合わせを有効に設定したとき、範囲に入ることを監視するトルクはTx, Ty方向です。面合わせを無効に設定した場合はトルクを監視しません。<br>下図はイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲 / b: +許容誤差 / c: -許容誤差<br>許容誤差が小さいほど、作業は成功しづらくなります。許容誤差を一度大きくして、実行したときの実際の結果から許容誤差を調整することを推奨します。<br>最小値: 1[N・mm]<br>最大値: 100000[N・mm]<br>デフォルト値: 100[N・mm] |
| 必要継続時間 | 終了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>下図のように、指定した条件が必要継続時間で指定した時間の間継続したとき、終了条件を満たしたと判定します。<br>  <br><br>a: 継続時間未達 / b: 終了 / c: 指定時間継続 / d: 必要継続時間<br>通常は”0”に近い短い時間を設定します。<br>最小値: 0.0[sec]<br>最大値: 10[sec]<br>デフォルト値: 0.1[sec] |
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step10 作業のタイムアウト時間の設定**

作業のタイムアウト時間を設定します。

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| タイムアウト時間 | タイムアウト時間を設定します。設定したタイムアウト時間が、貼付け作業の実行時間となります。<br>設定したタイムアウト時間を経過しても貼付け作業がStep9で設定した完了条件を満たさない場合、作業失敗として貼付けシーケンスを中断します。<br>最小値: 0.1[sec]<br>最大値: 60[sec]<br>デフォルト値: 10.0[sec] |
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 変更一覧画面に進むことができます。新規シーケンス作成画面から開いているときは、完了画面に進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step11 変更一覧**

ウィザードで変更されたプロパティーの一覧を確認することができます。

一度作成した、貼付けシーケンスを、シーケンスウィザードから編集するときに表示されます。新規作成のときは表示されません。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| オブジェクトプロパティー | ウィザードの設定変更によって、どのシーケンス、またはオブジェクトの、どのプロパティーが変更されたのかを表示します。 |
| 変更前<br>変更後 | ウィザードの設定変更によって、プロパティーの変更内容を表示します。 |
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | Step10に戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |
| [完了]ボタン | 入力した内容で貼付けシーケンスの変更を完了します。 |

**完了 貼付けシーケンス作成完了**
設定したシーケンスの完了画面です。作成したシーケンス名と、専用フォースガイドシーケンスの種類を確認できます。新規シーケンス作成画面から開いているとき表示されます。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| シーケンス名 | 基本情報の設定で設定した、シーケンス名を表示します。<br>シーケンス名の設定は次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー<br>-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成-Step1:基本情報の設定 |
| シーケンスの種類 | 専用シーケンスの選択で選択した、シーケンスの種類を表示します。<br>専用シーケンスの選択は次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー<br>-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成-Step3:専用シーケンスの選択 |
| [キャンセル]ボタン | 貼付けシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | Step10に戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |
| [完了]ボタン | 入力した内容で貼付けシーケンスの新規作成を完了します。 |

## 4.4.3.2 貼付けシーケンス

貼付けシーケンスのプロパティーやその設定方法を説明します。

### 4.4.3.2.1 貼付けシーケンスのプロパティーガイドライン

**Step1 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティーを設定します。

| プロパティー | 説明 |
|---|---|
| Name | フォースガイドシーケンスの名前です。<br>固有の名前を設定します。 |
| Index | フォースガイドシーケンス固有の番号です。<br>自動的に割り振られます。設定できません。 |
| Description | フォースガイドシーケンスの説明です。<br>作業内容などを記述します。任意の文字列を設定します。 |
| Version | シーケンスの互換バージョンです。<br>シーケンスは指定されたバージョンとして動作します。 |
| RobotNumber | フォースガイドシーケンスを実行するロボットの番号です。<br>実行するロボット番号を設定します。 |
| RobotType | フォースガイドシーケンスを実行するロボットの番号です。<br>実行するロボット番号を設定します。 |
| AutoStepID | フォースガイドオブジェクトのStepIDを自動設定するかどうかを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータがどの工程に対応するかを分かりやすくするためのものです。<br>True : 通常<br>False : 手動でStepIDを指定したい場合 |
| PointFile | フォースガイドシーケンスで使用する予定のポイントファイルを設定します。<br>開始時に、指定されたポイントファイルが読み込まれていない場合、エラーになります。誤操作防止用のプロパティーです。<br>設定しない場合は、どのポイントファイルが読み込まれていても実行されます。 |
| RobotTool | フォースガイドシーケンスで使用する予定のツール番号を設定します。<br>開始時に、設定されたツール番号が選択されていない場合、エラーになります。誤操作防止用のプロパティーです。 |

**Step2 センサー値の補正に関して設定する**

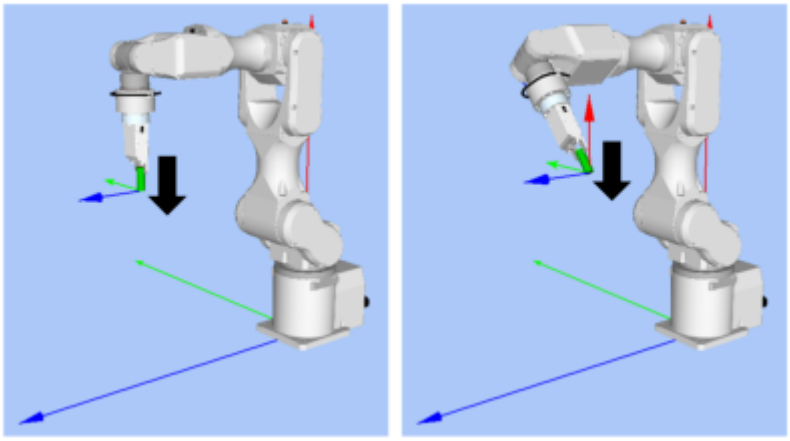
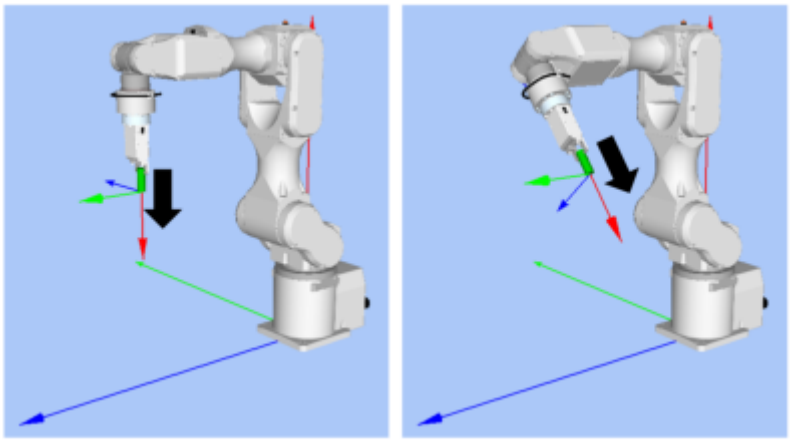
センサー値の補正に関するプロパティー(ResetSensor, MPNumber)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ResetSensor | フォースガイドシーケンスの実行時、条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを初めて実行したとき、力覚センサーをリセットするかどうかを設定します。 |
| | True : フォースガイドシーケンス開始時に接触していない場合<br>(通常、フォースガイドシーケンスの開始時は非接触状態で開始します。) |
| | False : フォースガイドシーケンスの実行後、接触状態のまま、別のフォースガイドシーケンスを実行するような特殊な場合 |
| MPNumber | フォースガイドシーケンス実行中に使用するマスプロパティーオブジェクト番号を設定します。<br>マスプロパティーオブジェクトとは、重力補償に用いるプロパティーをまとめたものです。 |
| | “0” :<br>フォースガイドシーケンス実行中に、姿勢(U,V,W)を大きく変化させない場合 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | 作成したマスプロパティー番号 :<br>フォースガイドシーケンス実行中に、姿勢を大きく変化させる場合 |
| | マスプロパティーの詳細は、次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 重力補償 |

**Step3 力制御機能の座標系に関して設定する**

力制御機能の座標系に関するプロパティー (ForceOrient, RobotLocal, RotationCenterType, RotationCenterTLX, RotationCenterTLY, RotationCenterTLZ)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ForceOrient | 力制御機能を実行する座標系の方向を設定します。 |
| | Base, Local :<br>フォースガイドシーケンスの開始時の姿勢が変わっても、鉛直下向き方向に押し付けるなど、外から見て、常に一定の方向に対して力制御機能を実行したい場合<br>Localは、一定の方向がベース座標系の軸とは異なる場合に指定します。<br>下図は、Baseを設定した例です。<br>  |
| | Tool:<br>開始時の姿勢に合わせて、力制御機能を実行したい場合<br>下図は、Toolを設定した例です。<br>例えば+Z方向に押し付けた場合、開始時のロボット手先の姿勢にしたがって、押し付ける向きが変わります。<br>  |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| RobotLocal | ForceOrientが、Localのときに使用されるローカル座標系番号を設定します。 |
| RotationCenterTLX<br>RotationCenterTLY<br>RotationCenterTLZ | ツール座標系から回転中心までの各方向のオフセット量を設定します。 |

力制御機能の座標系に関する設定は、シミュレーター機能によって設定状態を確認することができます。
ただし、フォースガイドシーケンス内に、フォースガイドオブジェクトが1つも配置されていない場合は、フォースガイドオブジェクトを設置してから確認してください。
シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

**Step4 最大速度と最大加速度を設定する**
最大速度と最大加速度に関するプロパティー (LimitAccelS, LimitAccelR, LimitSpeedS, LimitSpeedR)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LimitSpeedS<br>LimitSpeedR | フォースガイドシーケンス実行中の最大速度を設定します。<br>LimitSpeedS: 最大並進速度<br>LimitSpeedR: 最大回転角速度<br>力制御機能では、力の加わり方によって、速度が増減します。LimitSpeedSとLimitSpeedRを超えないように制御されます。 |
| LimitAccelS<br>LimitAccelR | フォースガイドシーケンス実行中の最大加速度を設定します。<br>LimitAccelS: 最大並進加速度<br>LimitAccelR: 最大回転角加速度<br>力制御機能では、力の加わり方によって、加速度が増減します。LimitAccelSとLimitAccelRを超えないように制御されます。<br>この値が小さいと、力を受けた時の反応が遅くなり、大きくバウンドすることがあります。<br>ロボットがバウンドするような場合は大きく、発振するような場合は小さくしてください。 |

**Step5 記録に関する条件を設定する**
記録に関するプロパティー (LogRobotLocal, LogFileEnabled, LogFileAutoName, LogFileNameVar, LogFileMaxTime, LogFileInterval)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LogRobotLocal | 記録するロボット位置の基準とするローカル座標系番号を設定します。<br>位置に関するログデータは指定されたローカル座標系における位置として記録されます。 |
| | Base : 通常 |
| | ローカル座標系番号: 指定するローカル座標系における位置として記録したい場合 |
| LogFileEnabled | フォースガイドシーケンス実行中のログデータをファイルに保存するかどうかを設定します。 |
| | False : ファイルに保存されません。<br>実行時にフォースガイドウィンドウのグラフでログデータを確認することができます。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LogFileAutoName | ログデータファイルの名前を自動設定するかどうかを設定します。 |
| | True : 自動設定する場合<br>フォースガイドシーケンス名と開始時刻から生成されます。“フォースガイドシーケンス名_年月日_時分秒ミリ秒” |
| | False : 任意の名前を指定する場合 |
| LogFileNameVar | LogFileAutoNameが、Falseのときの、ログデータファイルの名前を示すグローバル変数を設定します。 |
| LogFileInterval | ファイル化するときのログデータのサンプリング間隔を設定します。 |
| LogFileMaxTime | ファイル化するときのログデータの最大時間を設定します。 |

#### 4.4.3.2.2 貼付けシーケンスのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドシーケンスに割りあてる、固有の名前を設定します。
  同名のフォースガイドシーケンスを作成することはできません。
  名前を変更することができます。最大16文字まで指定します。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。また、先頭の文字を数字にすることはできません。
- Indexプロパティー
  フォースガイドシーケンスの番号を表示します。
  本プロパティーは、自動的に設定と更新がされます。変更できません。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 32 |

- Descriptionプロパティー
  フォースガイドシーケンスに追加する説明を設定します。
  任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Versionプロパティー
  専用シーケンスの場合のVersionは7.5.1となります。変更できません
- RobotNumberプロパティー
  フォースガイドシーケンスを使用するロボットの番号を指定します。
  指定されていないロボットでフォースガイドシーケンスを実行した場合、エラーになります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 1~16 | フォースガイドシーケンスを使用するロボットの番号です。 |

  デフォルト: シーケンスウィザードで指定したロボット番号
- RobotTypeプロパティー
  フォースガイドシーケンスを使用する、ロボットの種類です。
  本プロパティーはRobotNumberで指定したロボット番号から自動的に設定されます。変更できません。
- AutoStepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の、StepIDに関して自動割り振りを指定します。
  自動的に割り振る場合は、フォースガイドシーケンス番号*100+フォースガイドオブジェクト番号が設定されます。

StepIDは、フォースガイドシーケンス実行中の力や位置を記録したファイルに記録され、どの区間がどのフォースガイドオブジェクトに対応するかを判別するために使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | StepIDを自動的に設定します。 |
| False | 各フォースガイドオブジェクトのStepIDプロパティーの値を設定します。 |

デフォルト: True

- ResetSensorプロパティー
  フォースガイドシーケンスで、初めて条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを開始するときに、力覚センサーをリセットするかどうかを指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを開始する時に力覚センサーをリセットします。 |
| False | 力覚センサーをリセットしません。 |

デフォルト: True

- MPNumberプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するマスプロパティーオブジェクトの番号を指定します。
  マスプロパティーオブジェクトとは、重力補償に用いるプロパティーをまとめたものです。
  マスプロパティーオブジェクトは、あらかじめ定義しておく必要があります。
  フォースガイドシーケンス実行中に大きく角度が変わる場合は適切な、マスプロパティーオブジェクトを指定してください。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 | 重力補償をオフにします。 |
| 1~15 | 指定したマスプロパティーを使用します。 |

デフォルト: 0

- PointFileプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するポイントファイル名を指定します。
  フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定していないポイントファイルが読み込まれていた場合、エラーとなります。誤操作防止用のプロパティーです。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| None | 未指定<br>(ポイントファイルを確認せず、どのポイントファイルが読み込まれていても実行できます。) |
| ポイントファイル名 | 指定されたポイントファイルが読み込まれていない場合、エラーになります。 |

デフォルト: None

- RobotToolプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するツール座標系番号を指定します。
  フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定していないツール座標系番号が選択されている場合、エラーとなります。誤操作防止用のプロパティーです。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0~15 | 指定されたツール座標系番号が選択されていない場合、エラーになります。 |

デフォルト: 0

- ForceOrientプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、力制御機能を適用する座標系の方向を指定します。
  Base, Local, Toolから選択できます。貼付け方向に合わせて座標系を指定します。
  BaseまたはLocalを指定した場合、ロボットの姿勢が変わっても貼付け作業の方向は変化しません。
  Toolを指定した場合、ロボットの姿勢が変わると、ツール座標系の方向が変わるため、貼付け作業の方向が変化します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | 力制御機能を適用する座標系の方向をベース座標系とします。 |
| Local | 力制御機能を適用する座標系の方向をローカル座標系とします。 |
| Tool | 力制御機能を適用する座標系の方向をツール座標系とします。 |

  デフォルト: Tool

- RobotLocalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、力制御機能を適用する座標系のローカル座標系番号を指定します。
  ForceOrientプロパティーがLocalの場合に使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系 (ベース座標系)を使用します。<br>ForceOrientで、Baseを指定した場合と同じです。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

  デフォルト: 0 (Base)

- RotationCenterTLXプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までの、X方向の距離を設定します。
  X方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のX方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- RotationCenterTLYプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までの、Y方向の距離を設定します。
  Y方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のY方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- RotationCenterTLZプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までの、Z方向の距離を設定します。
  Z方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のZ方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- LimitSpeedSプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された速度に制限されます。

| | 値 (単位: [mm/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 250 |

デフォルト: 50

- LimitSpeedRプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の角速度を指定します。
  ロボットの動作は力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力やトルクで変化しますが、本プロパティーで指定された角速度に制限されます。

| | 値 (単位: [deg/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 180 |

デフォルト: 25

- LimitAccelSプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の加速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された加速度に制限されます。

| | 値 (単位: [$mm/sec^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 25000 |

デフォルト: 200

- LimitAccelRプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の角加速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された角加速度に制限されます。

| | 値 (単位: [$deg/sec^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 5000 |

デフォルト: 100

- LogRobotLocalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に記録するロボットの位置姿勢について、基準とするローカル座標系番号を指定します。
  ロボットの位置姿勢は、本プロパティーで指定したローカル座標系から見たツール座標系の位置姿勢で記録されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。 |

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

デフォルト: 0 (Base)

- LogFileEnabledプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢をファイルに保存するかを指定します。
  Trueを指定した場合、モニター画面のグラフに値が表示され、同時にファイルに保存されます。
  Falseを指定した場合、モニター画面のグラフには値が表示されますが、ファイルには保存されません。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | ログデータをファイルに保存します。 |
| False | ログデータをファイルに保存しません。 |

デフォルト: False

- LogFileAutoNameプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイル名について、自動設定するかを指定します。

  Trueを指定した場合、フォースガイドシーケンス名+開始時刻からファイル名が自動で設定されます。
  フォースガイドシーケンス名_yyyymmdd_hhmmssfff.csv

  False を指定した場合、LogFileNameVarで指定した変数内の文字列に“.csv”をつけてファイル名とします。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | ログデータファイルの名前を自動的に設定します。 |
| False | ログデータファイルの名前をLogFileNameVarで指定された名前にします。 |

デフォルト: True

- LogFileNameVarプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイル名を保存するグローバル文字列変数を指定します。
  LogFileAutoNameでFalse を指定した場合に使用されます。指定した変数内の文字列に“.csv”をつけてファイル名とします。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| None | 未指定 (自動設定されます。) |
| 変数名 | 指定されたグローバル文字列変数の値がファイル名になります。<br>文字列変数のみ指定できます。 |

デフォルト: None

- LogFileIntervalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイルについて、サンプリング周期を指定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.002 |
| 最大値 | 1 |

デフォルト: 0.2

- LogFileMaxTimeプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイルについて、最大の記録時間を指定します。
  フォースガイドシーケンスの実行時間よりも短い場合、それ以降は、ファイルに記録されません。注意してください。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 60 |
| 最大値 | 600 |

  デフォルト: 60

### 4.4.3.2.3 貼付けシーケンスのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  フォースガイドシーケンスが最後まで実行され、最後のフォースガイドオブジェクトが成功するか、最後のフォースガイドオブジェクトのAbortSeqOnFailプロパティーがFalseの場合、成功になります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドシーケンスが成功した。 |
| Failed | フォースガイドシーケンスが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドシーケンスが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドシーケンスの実行中に停止した。 |

- FailedStatusリザルト
  シーケンスの失敗した理由です。
  AbortSeqOnFailがTrueのオブジェクトを実行した結果が、失敗である場合の失敗した理由です。

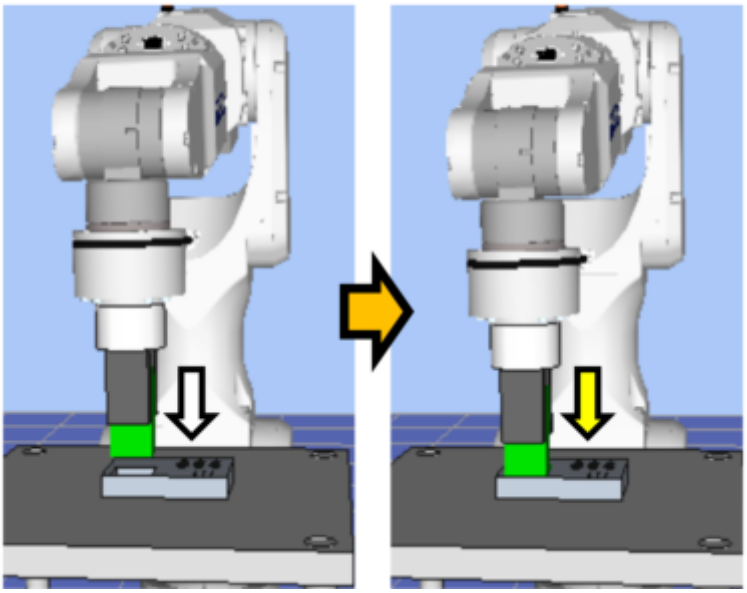
| 値 | 説明 |
|---|---|
| OK | フォースガイドシーケンスが成功した。 |
| GeneralObjectFailed | 汎用オブジェクトが失敗した。 |
| ForceConditionFailed | 力が成功条件の範囲外のため失敗した。 |
| PosConditionFailed | 位置が成功条件の範囲外のため失敗した。 |
| Overrun | 位置超過のため失敗した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- LastExecObjectリザルト
  最後に実行したフォースガイドオブジェクト名です。
- EndForcesリザルト
  フォースガイドシーケンス終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx,

Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]

### 4.4.3.3 貼付けオブジェクト

貼付けオブジェクトは、ロボットに指定方向に指定の力で押し付ける動作を行うフォースガイドオブジェクトです。押し付けるときは、押し付け面に合わせるように倣わせることも選択可能です。



上図は貼付けオブジェクトの動作のイメージです。
非接触状態から実行して、白い矢印で示す押し付ける方向に向かって移動します。接触状態になってからは黄色い矢印が示すように一定の力を加えた状態を保持します。

- 貼付けオブジェクトは、指定時間内に終了条件を満たしたとき成功または失敗となります。貼付けオブジェクトは、力と位置に関する終了条件が使用できます。
- 各終了条件は必ず使用されます。
- 各終了条件の成功条件を全てが満たされた場合:
  貼付けオブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
- 各終了条件の失敗条件を1つでも満たされた場合:
  貼付けオブジェクトの実行を終了し失敗したと判定して、フォースガイドシーケンスの実行を中断します。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 力に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下の全てをHoldTimeThreshで指定した時間の間満たし続けること<br>Fx, Fy, Fzの内、PressOrientで指定した軸の力が、PressForce±PressCheckTolFの範囲に入ること<br>Tx, Ty, Tz の内、<br>FollowOrientに指定された軸のトルクが<br>±AlignCheckTolTの範囲に入ること |
| 位置に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下を満たすこと<br>PressOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離がApproachDist±DistCheckTolの範囲に入ること |

| 終了条件 | 失敗条件 |
|---|---|
| 位置に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下を満たすこと<br>PressOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離がApproachDist+DistCheckTolを超えること |

### 4.4.3.3.1 貼付けオブジェクトのプロパティーガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**

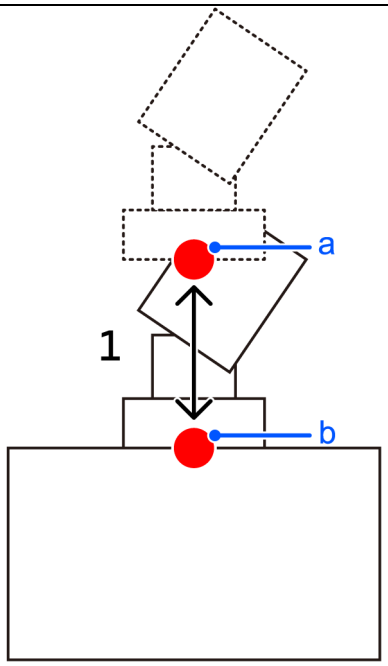
基本情報に関するプロパティー (Name, Description, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 目標位置を設定する**

移動する軌道の目標位置に関するプロパティー (ApproachDist)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ApproachDist | アプローチ距離を設定します。<br>アプローチ距離は、下図の赤色の点で示す、貼付けシーケンスを開始したときの把持しているワークの端点と、貼付け対象の上面までの1の距離です。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| |  <br>a: 開始位置 / b: 接触位置<br>できるだけアプローチ距離が短くなるように、動作開始位置を教示してください。力制御機能は位置制御と比べて速度が遅いため、アプローチ距離が長いほどサイクルタイムが遅くなります。 |

**Step 3. 押し付け方向と力制御機能を設定する**

押し付け方向と力制御機能に関するプロパティー (PressOrient, PressForce, PressFirmnessF, AlignEnabled, AlignOrient, AlignFirmnessT)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PressOrient | 押し付けする方向を指定します。<br>ロボットは、指定方向へ移動します。 |
| PressForce | 貼付け方向に加える押し付け力を設定します。<br>PressOrientが正方向の場合: 負の値を入力します。<br>PressOrientが負方向の場合: 正の値を入力します。<br>お客様のワークが許容する値にしてください。<br>値が小さ過ぎる場合、ロボットが移動しないことがあります。 |
| PressFirmnessF | 力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| AlignEnabled | 面合わせ動作を実行するかを指定します |
| AlignOrient | 面合わせのために回転する方向です。<br>PressOrientにしたがって自動で変化します。読み取り専用です。変更できません。<br>PressOrientで指定していない2つの並進方向回りの回転になります。<br>例えば、PressOrientで+Fz、または-Fzを指定した場合は、FxとFy回りの回転である、TxとTyがAlignOrientになります。 |

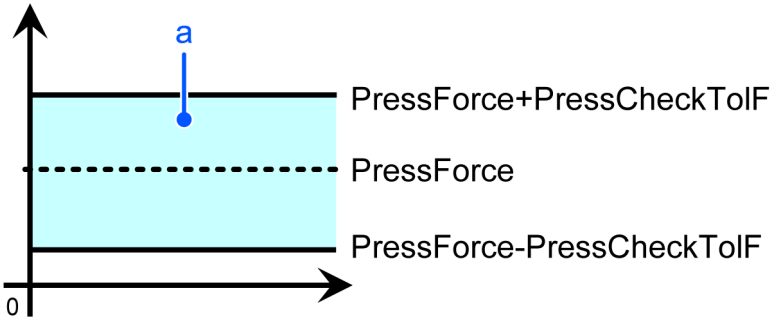
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| AlignFirmnessT | 回転方向の力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |

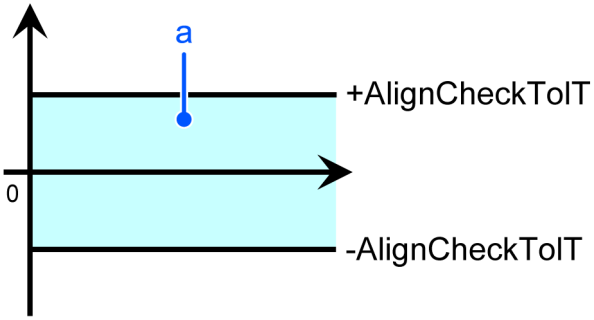
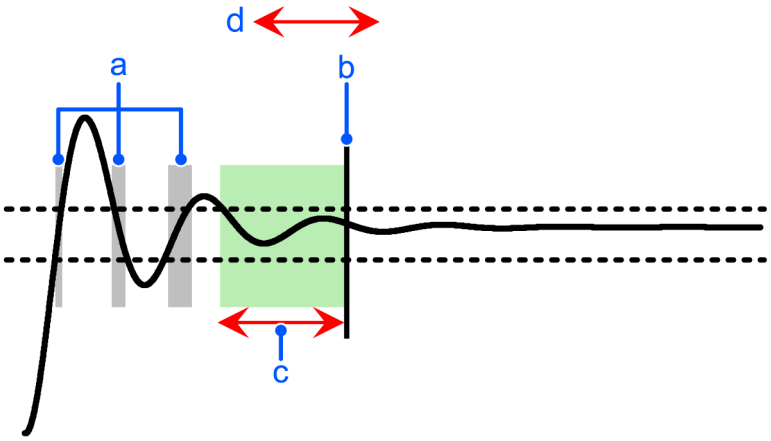
PressOrientは、シミュレーター機能によって設定状態を確認できます。
指定方向以外がグレイアウト表示された座標系が表示されます。
ただし、ロボットは、現在位置を基に表示されます。フォースガイドオブジェクトを実行する位置姿勢にした状態で確認してください。
シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

**Step 4. 終了条件の基本情報を設定する**
タイムアウトに関するプロパティー (Timeout)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Timeout | タイムアウト時間を設定します。<br>終了条件が設定されていない場合:<br>実行時間となります。<br>終了条件が設定されている場合:<br>指定時間内に終了条件を満たさないとき、失敗となります。 |

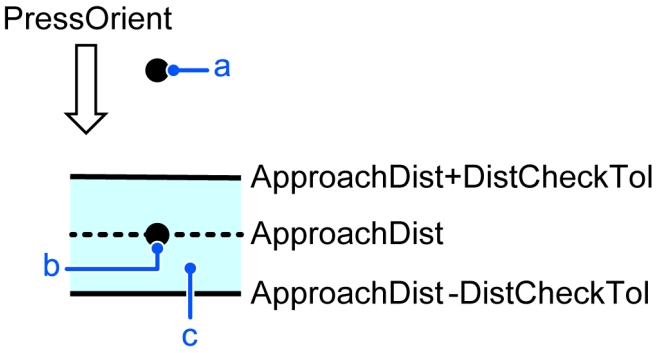
**Step 5. 力に関する終了条件を設定する**
力の終了条件に関するプロパティー (PressCheckTolF, AlignCheckTolT, HoldTimeThresh)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PressCheckTolF | 力に関する終了条件の、押し付け方向の範囲です。終了条件とする範囲を設定します。<br>PressCheckTolFがFx, Fy, Fzに適用されます。<br>Fx, Fy, Fz のPressOrientで指定した方向の力が、PressForce±PressCheckTolFの範囲に入ることを監視します。<br>下図は、InsertCheckTolFのイメージです。<br>  <br>a: 設定された範囲 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| AlignCheckTolT | 力に関する終了条件の、倣い方向の範囲を設定します。<br>AlignCheckTolTがTx, Ty, Tzに適用されます。<br>Tx, Ty, Tz のAlignOrientで指定されている方向のトルクが、±AlignCheckTolTの範囲に入ることを監視します。<br>下図は、AlignCheckTolTのイメージです。<br>  <br>a: 設定された範囲 |
| HoldTimeThresh | 終了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>下図のように、指定した条件がHoldTimeThreshで指定した時間の間継続したとき、終了条件を満たしたと判定します。<br>  <br>a: 継続時間未達 / b: 終了 / c: 指定時間継続 / d: 必要継続時間<br>通常は“0”に近い短い時間を設定します。<br>実際の結果から、時間を決定することを推奨します。 |

**Step 6. 位置に関する終了条件を設定する**

位置の終了条件に関するプロパティー (DistCheckTol)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| DistCheckTol | 位置に関する終了条件の、挿入方向の範囲を設定します。<br>PressOrientで指定されている方向の、動作開始位置からの移動距離が、<br>ApproachDist±DistCheckTolの範囲に入ることを監視します。<br>下図がDistCheckTolのイメージです。<br>  <br><br>a: 開始位置 / b: 目標位置 / c: 設定された範囲 |

### 4.4.3.3.2 貼付けオブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  貼付けシーケンスを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、Paste01のように、Pasteの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は、変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。
  先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。
  任意の文字列を255文字まで指定できます。
- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。
- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True

- PressOrientプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系における、貼付け作業の動作方向を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| +Fx | 指定座標系の+Fx方向に動作方向を指定します。 |
| -Fx | 指定座標系の-Fx方向に動作方向を指定します。 |
| +Fy | 指定座標系の+Fy方向に動作方向を指定します。 |
| -Fy | 指定座標系の-Fy方向に動作方向を指定します。 |
| +Fz | 指定座標系の+Fz方向に動作方向を指定します。 |
| -Fz | 指定座標系の-Fz方向に動作方向を指定します。 |

  デフォルト: +Fz
- PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中の、フォースガイドオブジェクトのPressOrientで指定した動作方向への押し付け力を指定します。
  - PressOrientが+Fx, +Fy, +Fzの場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -50 |
| 最大値 | 0 |

    デフォルト: -10
  - PressOrientが-Fx, -Fy, -Fzの場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 50 |

    デフォルト: 10
- PressFirmnessFプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のフォースガイドオブジェクトのPressOrientで指定した動作方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  PressFirmnessFの値が大きい場合: 動作方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  PressFirmnessFの値が小さい場合: 動作方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 3

- AlignEnabledプロパティー
  面合わせ動作を実行するかを指定します

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 面合わせ動作を実行します。 |
| False | 面合わせ動作を実行しません。 |

  デフォルト: True
- AlignOrientプロパティー
  貼付け作業に設定されている、並進と回転の倣い方向です。
  本プロパティーはフォースガイドオブジェクトのPressOrientで指定した動作方向から自動で設定されます。変更できません。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| TyTz | TyTz方向に倣います。 |
| TxTz | TxTz方向に倣います。 |
| TxTy | TxTy方向に倣います。 |

  デフォルト: TxTy
- AlignFirmnessTプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中の、倣う方向のトルクの力制御機能に関する硬さを指定します。
  AlignFirmnessTの値が大きい場合: 倣う方向のトルクの力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  AlignFirmnessTの値が小さい場合: 倣う方向のトルクの力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 100000 |

  デフォルト: 1000
- PressCheckTolFのプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのPressOrientで指定した動作方向の、終了条件とする力の許容範囲を指定します。
  PressForce ± PressCheckTolFの範囲を終了条件とします。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1
- AlignCheckTolTプロパティー
  倣う回転方向の、終了条件とするトルクの許容範囲を指定します。
  ±AlignCheckTolTの範囲を終了条件とします。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 10000 |

  デフォルト: 100

- HoldTimeThreshプロパティー
  力に関する終了条件について、判定までの継続時間を指定します。
  指定した条件が、HoldTimeThreshで指定した時間継続した場合、終了条件を満たしたと判定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 0.1
- ApproachDistプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始位置から貼付け作業開始位置までの移動距離を指定します。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 50 |

  デフォルト: 10
- DistCheckTolプロパティー
  作業が終了したときに、動作開始位置から移動した距離の成功条件となる範囲を指定します。
  ApproachDist ± DistCheckTolの範囲を成功条件とします。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.01 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1
- Timeoutプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのタイムアウト時間を指定します。
  Timeoutで指定した時間を超えても、PressForce, PressCheckTolF, AlignCheckTolTで指定した条件を満たさなかった場合、貼付けオブジェクトに失敗したと判定します。
  判定後、AbortSeqOnFailにしたがって、フォースガイドシーケンスを終了するか、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 60 |

  デフォルト: 10

### 4.4.3.3.3 貼付けオブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  貼付けオブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- TimedOutリザルト
  Timeoutプロパティーで指定したタイムアウト時間に到達したかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | タイムアウト時間に到達した。 |
| False | タイムアウト時間に到達する前に終了した。 |

- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- ForceCondOKリザルト
  力に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を満たした。 |
| False | 力に関する終了条件を満たさなかった。 |

- TriggeredForcesリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredPosリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- PosCondOKリザルト
  位置に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を満たした。 |
| False | 位置に関する終了条件を満たさなかった。 |

- PosLimitedリザルト
  位置の制限範囲を超えたかどうかでを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置の制限範囲を超えた。 |
| False | 位置の制限範囲を超えなかった。 |

### 4.4.3.4 貼付けシーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン

貼付けシーケンスとオブジェクトを使用するときの、調整方法について説明します。

- FailedStatusリザルトがGeneralObjectFailedと表示されている場合:
  貼付けシーケンスに配置されている汎用オブジェクトで失敗しています。
  LastExecObjectリザルトに最後に実行したオブジェクトが表示されています。表示されているオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン、または調整ガイドラインを参考にしてプロパティーを調整してください。

- FailedStatusリザルトがForceConditionFailedと表示されている場合:
  貼付け方向または回転方向のFirmnessの値を小さくします。
  ただし、動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%減少させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。
  Firmnessを小さくしても改善されない場合、Timeoutを大きくします。

- FailedStatusリザルトがPosConditionFailedと表示されている場合:
  貼付けオブジェクトを実行中に、位置がオブジェクトで設定されている位置の成功条件の範囲外のため失敗しています。
  ApproachDistが実施の環境と比べて長く設定されていないことを確認してください。

- FailedStatusリザルトがOverrunと表示されている場合:
  貼付けオブジェクトを実行中に、位置がオブジェクトで設定されている位置の成功条件の範囲を超えても、力が力の成功条件を満たさずに動作したため、位置超過と判定され失敗しています。
  ApproachDistが実際の環境と比べて短く設定されていないことを確認してください。

- 面を合わせるのに時間がかかる場合:
  AlignFirmnessTを小さくするか、PressForceを大きくします。
  ただし、AlignFirmnessTを小さくするとロボットの動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。
  AlignFirmnessTの調整は、例えば現在値から10%変化させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。
  PressForceを大きくすると、ワークにかかる力が大きくなります。ワークの許容する力を考慮して設定してください。
  ワークの接触面が小さいと、押し付けたときのトルクが小さくなります。トルクが小さいと、力制御機能によって、回転させる速度が遅くなります。そのため接触面が小さいワークでは上記2つのプロパティーを調整しても、希望の時間にならないことがあります。

- 振動的に動く場合:
  PressFirmnessFかAlignFirmnessTの値を大きくします。
  振動的に動く方向のFirmnessの値を調整してください。
  ただし、ロボットの反応が鈍くになります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%増加させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

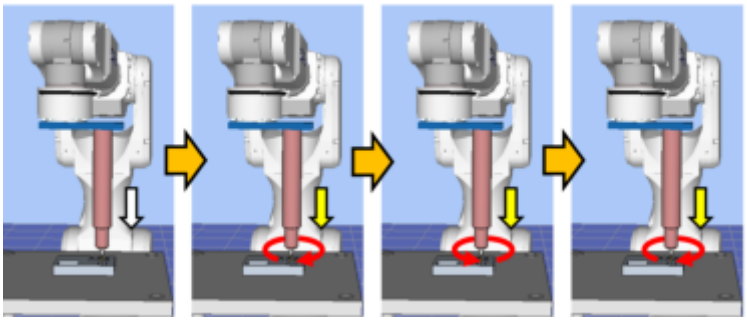
- 押し付け方向に大きくバウンドする場合:
  数秒に1回跳ねるように大きくバウンドすることを繰り返す場合、フォースガイドシーケンスのLimitAccelSによって動作が制限されている可能性があります。
  また、ローパワー状態で実行しているときに起こる可能性があります。
  ハイパワーモードで実行しても改善しない場合は、LimitAccelSを大きくしてください。LimitAccelSを大きくしても改善しない場合は、PressFirmnessFを小さくしてください。

- 面を合わせている途中で貼付けオブジェクトが終了する場合:
  時間が足りない場合は、Timeoutを大きくしてください。
  面があってない状態で、終了条件を満たしてしまう場合は、AlignCheckTolTを小さくします。AlignCheckTolTを小さくても改善しない場合は、HoldTimeThreshを設定します。
  ワークの接触面が小さいと、押し付けたときのトルクが小さくなります。そのため、傾いていても、AlignCheckTolTで指定する範囲に入ってしまうことがあります。この場合は、さらにAlignCheckTolTを小さくして、Timeoutで指定する実行時間で管理することを検討してください。

## 4.4.4 ネジ締めシーケンスとオブジェクト

ネジ締めシーケンスは、指定方向に指定の力で押し付けながら、ネジ締めを行う機能です。I/O操作可能な電動ドライバーを使ったネジ締め作業で使います。さらにネジ締め中にネジが噛んでしまい、正しくネジが締められなかった場合にネジ締め直しを行うことが可能です。

ネジ締めシーケンスは、ネジ締めシーケンスとネジ締めオブジェクト、ネジ締め直しオブジェクトの2つのオブジェクトで構成されます。作業に応じて、フォースガイド汎用オブジェクトを追加したり削除したりすることができます。



上図は、ネジ締めシーケンスの動作のイメージです。
非接触状態から実行して、白い矢印方向で示すネジ締め方向に移動します。接触状態になってからは、黄色い矢印方向で示すネジ締め方向に、一定の押し付け力でネジ締めを行います。ここまでの動作がネジ締めオブジェクトによって実行されます。

その後、ネジが正しく締められなかった場合に、黄色い矢印方向で示すネジ締め方向に、一定の押し付け力でネジを一度緩めて再度締め直します。この動作はネジ締め直しオブジェクトによって実行されます。

この章ではフォースガイドネジ締めシーケンス, ネジ締めオブジェクト, ネジ締め直しオブジェクトのシーケンスウィザードやプロパティー、その設定方法を説明します。
フォースガイド汎用オブジェクトについては次の項を参照してください。
ソフトウェア編 汎用フォースガイドオブジェクト

### 4.4.4.1 ネジ締めシーケンスのシーケンスウィザード

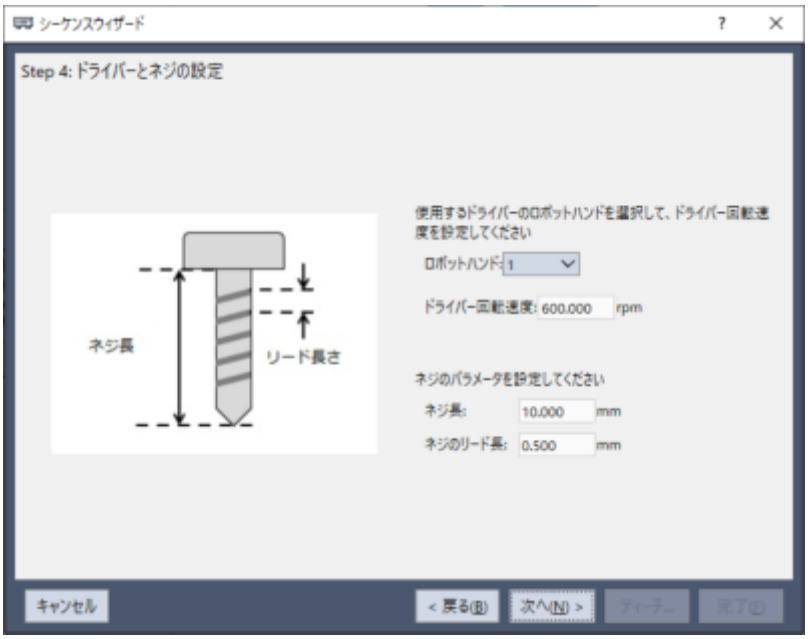
シーケンスウィザードを使用して、ネジ締めシーケンスを作成します。ウィザードは、次の方法で表示できます。

- フローチャートのシーケンスフロー、またはシーケンスツリーのシーケンスノードを右クリックし、[シーケンスウィザード]を選択する。

- ネジ締めシーケンスプロパティーにおけるWizardの設定値[Click to open->]の右側に表示される ボタンをクリックする。

シーケンスウィザードが表示されたら、画面にしたがって設定を行います。
ネジ締めシーケンスのシーケンスウィザードは、フォースガイドシーケンスの新規作成画面からも設定できます。
詳細は次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー
-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成

**Step1 ドライバーとネジの設定**
ネジ締めシーケンス, ネジ締めオブジェクト, ネジ締め直しオブジェクトで使用する予定のハンド番号の選択と、ドライバーとネジの設定をします。
ネジ締め作業中のロボット動作速度は、ドライバーの回転速度とネジのリード長から決定されます。

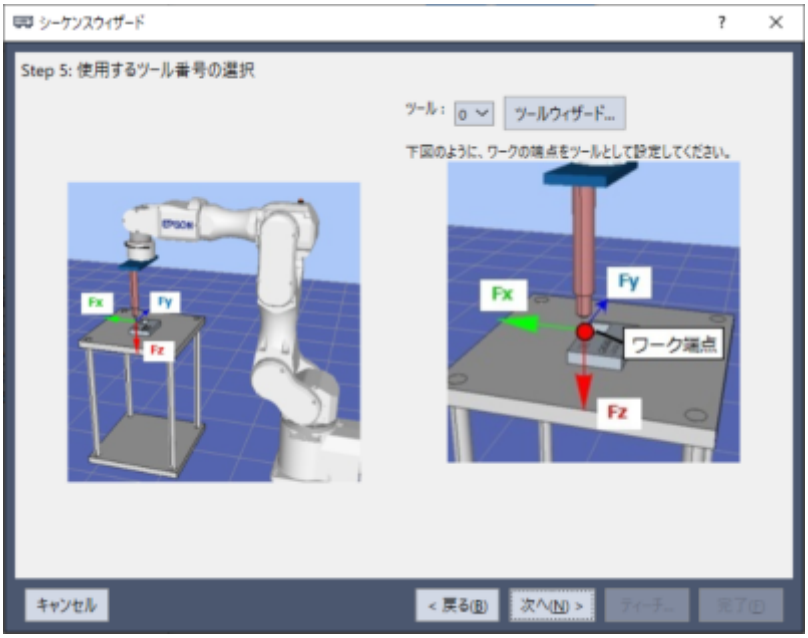



| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ロボットハンド | 使用する予定のロボットハンド番号を選択します。設定されているロボットハンドにはラベルが表示されています。新しくツールを設定したい場合は、ロボットマネージャーで設定することができます。ロボットハンドの設定については次のマニュアルを参照してください。<br>"ハンド機能マニュアル"<br>最小値: 1<br>最大値:15<br>デフォルト値: 1 |
| ドライバー回転速度 | ドライバー回転速度を設定します。<br>最小値: 10.000[rpm]<br>最大値: 2000.000[rpm]<br>デフォルト値: 600.000[rpm] |
| ネジ長 | ネジ長を設定します。<br>最小値: 1.000[mm]<br>最大値: 100.000[mm]<br>デフォルト値: 10.000[mm] |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ネジのリード長 | ネジのリード長を設定します<br>最小値: 0.100[mm]<br>最大値: 6.000[mm]<br>デフォルト値: 0.500[mm] |
| [キャンセル]ボタン | ネジ締めシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 新規シーケンス作成画面から開いているとき、1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step2 使用するツール番号の選択**

ネジ締めシーケンス, ネジ締めオブジェクト, ネジ締め直しオブジェクトで使用する予定のツール番号を選択します。

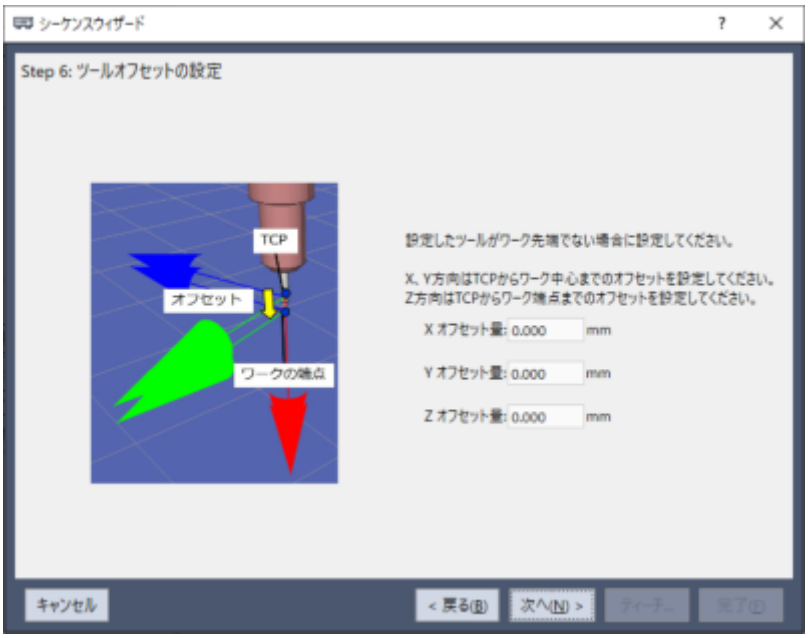



| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ツール | 使用するツール番号を選択します。ワークの端点がツール原点になるように、ツール番号を選択してください。設定されているツール番号がリストボックスに並んでいます。新しくツールを設定したい場合は、ツールウィザードボタンで設定します。<br>"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - Epson RC+ 8.0 GUI - [ツール]メニュー [ツール]-[ロボットマネージャー]-[ツール設定]パネル"<br>最小値: 0<br>最大値: 設定されているツール番号の最大値<br>デフォルト値: 0 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| [キャンセル]ボタン | ネジ締めシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 新規シーケンス作成画面から開いているとき、1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step3 ツールオフセットの設定**

Step2で設定したツールがワーク先端の中心に設定されていない場合に設定が必要です。ツールからワーク先端の中心までのオフセット量を設定してください。




| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Xオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、X方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |
| Yオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、Y方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Zオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、Z方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |
| [キャンセル]ボタン | ネジ締めシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

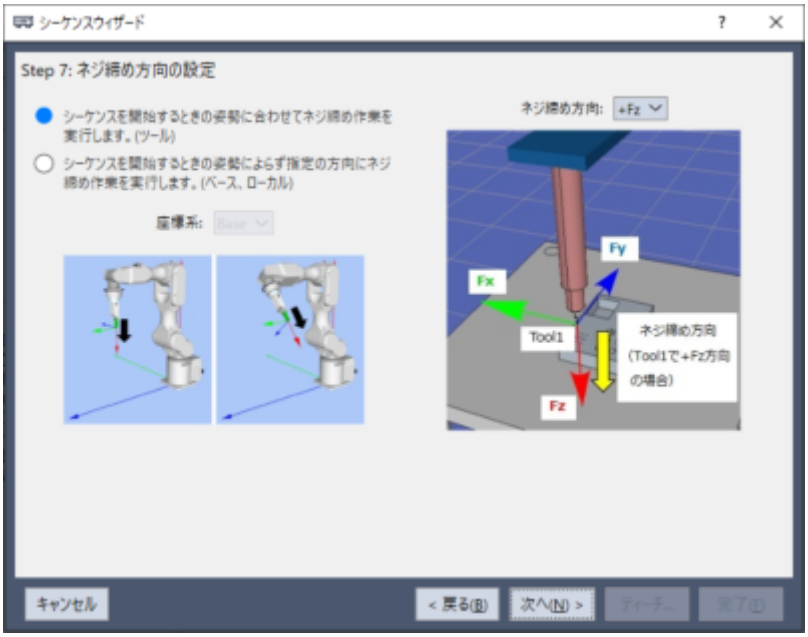
**Step4 ネジ締め方向の設定**

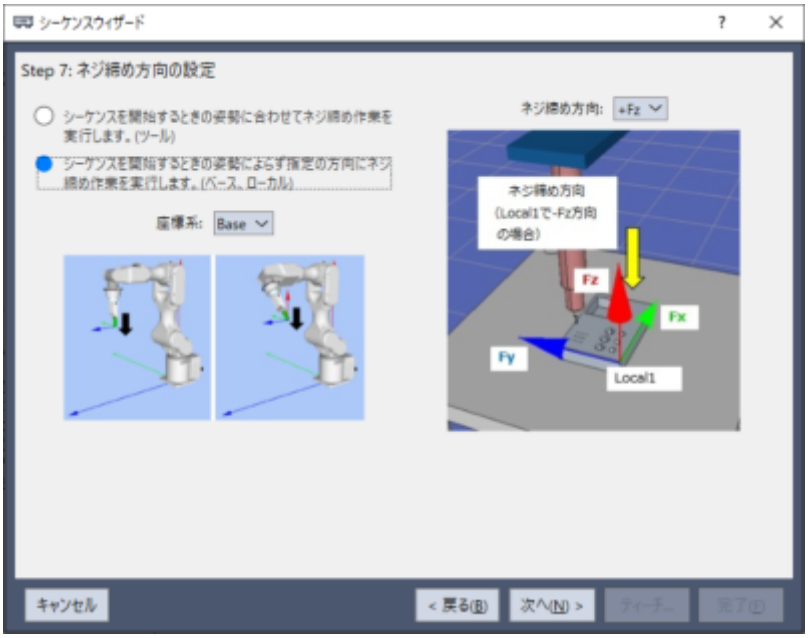
ネジ締め方向を設定します。

シーケンスを開始するときの姿勢に合わせてネジ締め作業を実行したい場合は「ツール」を選択してください。

シーケンスを開始するときの姿勢によらずに、ワークに合わせた方向にネジ締め作業を実行したい場合は「ベー

ス、ローカル」を選択してください。



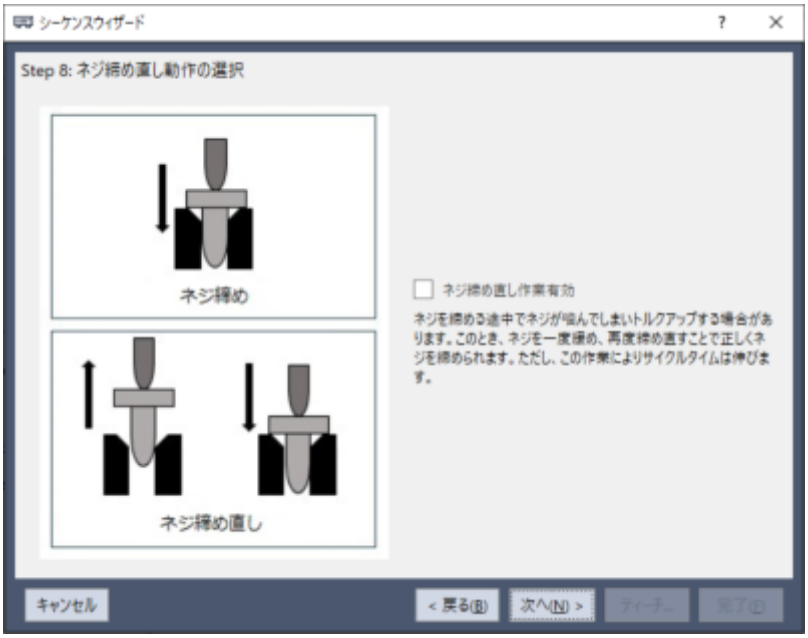




| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 座標系 | ネジ締めシーケンスで使用される座標系を選択します。<br>ネジ締め座標系を「ベース、ローカル」に選択したとき、この座標系でロボットは動作します。挿入されるワークの向きに合わせて、座標系を選択してください。<br>最小値: Base(0)<br>最大値: 15<br>デフォルト: Base |
| ネジ締め方向 | ネジ締めする方向を選択します。<br>ネジ締め座標系を「ツール」で選択したとき、Step2で設定したツール座標系で、選択したネジ締め方向でネジ締めシーケンス、ネジ締め直しオブジェクトは動作します。<br>ネジ締め座標系「ベース、ローカル」で選択したとき、座標系で設定したベースまたはローカル座標系で、選択したネジ締め方向でネジ締めシーケンス、ネジ締め直しオブジェクトは動作します。<br>値: +Fx, -Fx, +Fy, -Fy, +Fz, -Fz<br>デフォルト: +Fz |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| [キャンセル]ボタン | ネジ締めシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step5 ネジ締め直し動作の選択**

ネジ締め直し作業を有効にするか選択します。

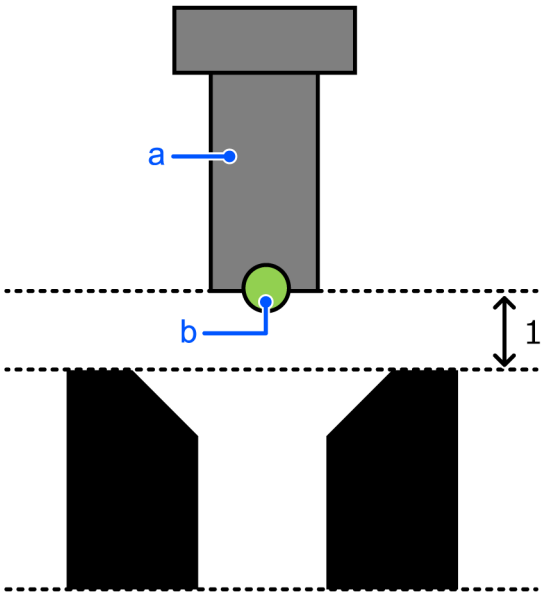



| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ネジ締め直し作業有効 | ネジ締め直し作業を行うかを設定します。<br>有効にすると、ネジが正しく締められなかった場合に、ネジを一度緩めて再度締め直します。締め直すことで正しく締められる場合がありますが、サイクルタイムは伸びます。<br>デフォルト: 無効 |
| [キャンセル]ボタン | ネジ締めシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step6 ネジ締め作業のアプローチ距離の設定**

ネジ締め作業のアプローチ距離を設定します。

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| アプローチ距離 | アプローチ距離を設定します。<br>アプローチ距離は、下図の緑色の点で示すネジ締めシーケンスを開始したときの把持しているネジの端点と、ネジ穴の上面までの1の距離です。<br>できるだけアプローチ距離が短くなるように、動作開始位置を教示してください。力制御機能は位置制御と比べて速度が遅いため、アプローチ距離が長いほどサイクルタイムが遅くなります。<br>  <br><br>a: ねじ / b: 開始位置<br>最小値: 0.000[mm]<br>最大値: 50.000[mm]<br>デフォルト値: 10.000[mm] |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| [キャンセル]ボタン | ネジ締めシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step7 ネジ締めに必要な押し付け力の設定**

ネジ締めに必要な押し付け力を設定します。直接プロパティーを設定することもできますが、上級者用の設定です。

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ネジ径 | ネジ径を設定します。「小さい」,「中間」,「大きい」の3つのプリセットから選択します。選択するネジ径の目安は以下のようになります。<br>小さい: M1.5<br>中間: M3<br>大きい: M6 |
| PressForce | ネジ締め方向に加える押し付け力を設定します。実際の力は、ネジ締め中にネジとネジ穴とで生じる摩擦力などによって設定した力より大きくなります。<br>上級者向け設定を選択すると設定が可能になります。<br>[...] ボタンを押すことで、スライダーで押し付け力の調整が可能になります。 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | ネジ締め方向が正方向のとき<br>最小値: -50.0[N]<br>最大値: 0.0[N]<br>デフォルト値: -10.0[N] |
| | ネジ締め方向が負方向のとき<br>最小値: 0.0[N]<br>最大値: 50.0[N]<br>デフォルト値: 10.0[N] |
| [キャンセル]ボタン | ネジ締めシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step8 ネジ衝突検知力の設定**

ネジ衝突検知力の設定をします。

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ネジ衝突検知力 | ネジ衝突検知力を設定します。<br>ネジ衝突検知力は、ネジがネジ穴以外に押し付けられた場合に、作業失敗と判定する力の大きさです。この力は、Step7で設定した押し付け力より十分大きく設定してください。押し付け力は、ネジとネジ穴とで生じる摩擦力などによって設定した力より大きくなる可能性があるためです。 |
| | ネジ締め方向が正方向のとき:<br>最小値: -100.000[N]<br>最大値: -10.000[N]<br>デフォルト値: -30.000[N] |
| | ネジ締め方向が負方向のとき:<br>最小値: 10.000[N]<br>最大値: 100.000[N]<br>デフォルト値: 30.000[N] |
| [キャンセル]ボタン | ネジ締めシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step9 ネジ締め直し作業の設定**

ネジ締め直し作業のパラメーターを設定します。この設定画面は、Step5 でネジ締め直し動作を有効にした場合に表示されます。

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ネジを緩める時間 | ネジを緩める時間を設定します。<br>ロボットハンド設定でドライバーのネジ緩め完了ビットを設定した場合は、設定したネジを緩める時間より前にネジ緩め完了信号を受け取ると、その時点で緩め動作を停止します。設定したネジを緩める時間より後は、ネジ緩め完了信号の有無に関わらず、その時点で緩め動作を停止します。<br>最小値: 0.000[sec]<br>最大値: 1.000[sec]<br>デフォルト値: 0.100[sec] |
| ネジ締め直し追加力 | ネジ締め直し追加力を設定します。<br>ネジ締め直し追加力は、ネジ締め直し動作中にネジがドライバーのビットからカムアウトしないように、Step7で設定した押し付け力に追加する力です。通常は0に設定し、ネジ締め直し動作中にネジがカムアウトする場合に、徐々に追加してください。 |
| | ネジ締め方向が正方向のとき<br>最小値: -20.000[N]<br>最大値: 0.000[N]<br>デフォルト値: 0.000 [N] |
| | ネジ締め方向が負方向のとき<br>最小値: 0.000[N]<br>最大値: 20.000[N]<br>デフォルト値: 0.000[N] |
| ネジ締め直し押し付け力 | ネジ締め直し押し付け力を表示します。<br>ネジ締め直し押し付け力は、Step7で設定したネジ締め押し付け力と、ネジ締め直し追加力から計算されます。 |
| [キャンセル]ボタン | ネジ締めシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step10 変更一覧**

ウィザードで変更されたプロパティーの一覧を確認することができます。

一度作成したネジ締めシーケンスを、シーケンスウィザードから編集するときに表示されます。新規作成のときは表示されません。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| オブジェクトプロパティー | ウィザードの設定変更によって、どのシーケンス、またはオブジェクトの、どのプロパティーが変更されたのかを表示します。 |
| 変更前<br>変更後 | ウィザードの設定変更によって、プロパティーがどう変更されたのかを表示します。 |
| [キャンセル]ボタン | ネジ締めシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | Step5でネジ締め直し作業を無効にしているとき、Step8に戻ることができます。<br>Step5でネジ締め直し作業を有効にしているとき、Step9に戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |
| [完了]ボタン | 入力した内容でネジ締めシーケンスの変更を完了します。 |

**完了 ネジ締めシーケンス作成完了**
設定したシーケンスの完了画面です。作成したシーケンス名と、種類を確認できます。
新規シーケンス作成画面から開いているとき表示されます。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| シーケンス名 | 基本情報の設定で設定した、シーケンス名を表示します。<br>シーケンス名の設定は次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー<br>-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成-Step1:基本情報の設定 |
| シーケンスの種類 | 専用シーケンスの選択で選択した、シーケンスの種類を表示します。<br>専用シーケンスの選択は次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー<br>-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成-Step3:専用シーケンスの選択 |
| [キャンセル]ボタン | ネジ締めシーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | Step5でネジ締め直し作業を無効にしているとき、Step8に戻ることができます。<br>Step5でネジ締め直し作業を有効にしているとき、Step9に戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |
| [完了]ボタン | 入力した内容でネジ締めシーケンスの新規作成を完了します。 |

## 4.4.4.2 ネジ締めシーケンス

### 4.4.4.2.1 ネジ締めシーケンスのプロパティーガイドライン

一般的な設定手順と、各プロパティーの設定方法を説明します。

**Step1 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティーを設定します。

| プロパティー | 説明 |
|---|---|
| Name | フォースガイドシーケンスの名前です。<br>固有の名前を設定します。 |
| Index | フォースガイドシーケンス固有の番号です。<br>自動的に割り振られます。設定できません。 |
| Description | フォースガイドシーケンスの説明です。<br>作業内容などを記述します。任意の文字列を設定します。 |
| Version | シーケンスの互換バージョンです。<br>シーケンスは指定されたバージョンとして動作します。 |
| RobotNumber | フォースガイドシーケンスを実行するロボットの番号です。<br>実行するロボット番号を設定します。 |
| RobotType | RobotNumberで指定したロボットのロボットタイプです。<br>設定できません。 |
| AutoStepID | フォースガイドオブジェクトのStepIDを自動設定するかどうかを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータがどの工程に対応するかを分かりやすくするためのものです。<br>True : 通常<br>False : 手動でStepIDを指定したい場合 |
| PointFile | フォースガイドシーケンスで使用する予定のポイントファイルを設定します。<br>開始時に、指定されたポイントファイルが読み込まれていない場合、エラーになります。誤操作防止用のプロパティーです。<br>設定しない場合は、どのポイントファイルが読み込まれていても実行されます。 |
| RobotTool | フォースガイドシーケンスで使用する予定のツール番号を設定します。<br>開始時に、設定されたツール番号が選択されていない場合、エラーになります。誤操作防止用のプロパティーです。 |
| RobotHand | フォースガイドシーケンス実行中に使用するロボットハンド番号を指定します。<br>フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定したロボットハンドが設定されていない場合、エラーになります。<br>ロボットハンドの詳細は、次のマニュアルを参照してください。<br>"ハンド機能マニュアル" |

**Step2 センサー値の補正に関して設定する**

センサー値の補正に関するプロパティー (ResetSensor, MPNumber)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ResetSensor | フォースガイドシーケンスの実行時、条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを初めて実行したとき、力覚センサーをリセットするかどうかを設定します。 |
| | True : フォースガイドシーケンス開始時に接触していない場合<br>(通常、フォースガイドシーケンスの開始時は非接触状態で開始します。) |
| | False : フォースガイドシーケンスの実行後、接触状態のまま、別のフォースガイドシーケンスを実行するような特殊な場合 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| MPNumber | フォースガイドシーケンス実行中に使用するマスプロパティーオブジェクト番号を設定します。<br>マスプロパティーオブジェクトとは、重力補償に用いるプロパティーをまとめたものです。 |
| | “0” :<br>フォースガイドシーケンス実行中に、姿勢(U,V,W)を大きく変化させない場合 |
| | 作成したマスプロパティー番号 :<br>フォースガイドシーケンス実行中に、姿勢を大きく変化させる場合 |
| | マスプロパティーの詳細は、次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 重力補償 |

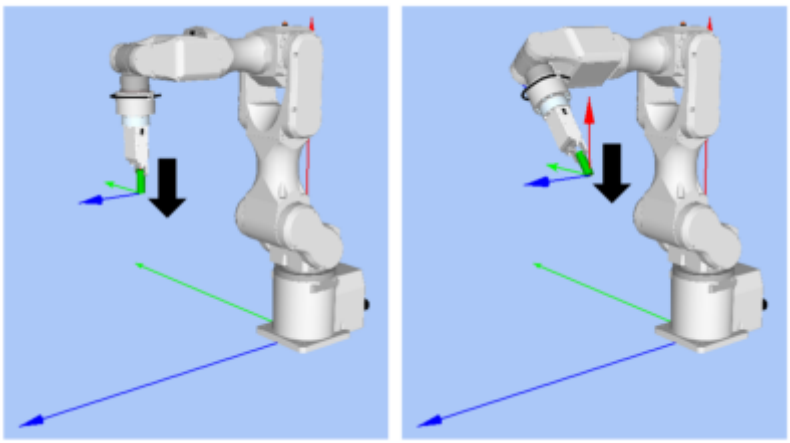
**Step3 ドライバー動作に関して設定する**

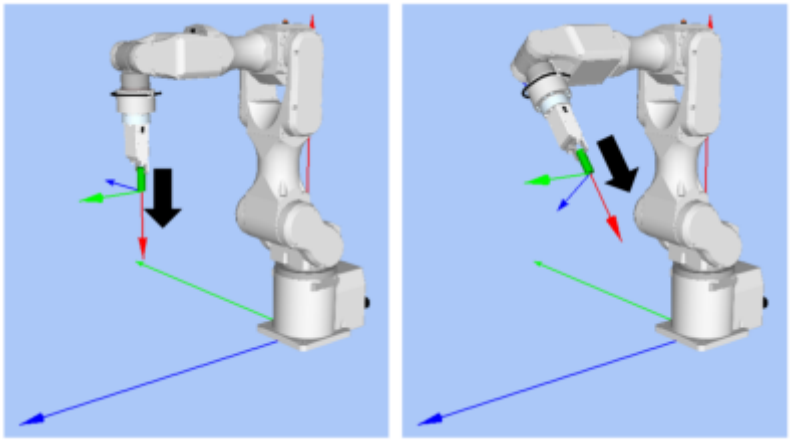
ドライバー動作に関するプロパティー(DriverWaitTime)を設定します。

| プロパティー | 説明 |
|---|---|
| DriverWaitTime | 使用する予定のドライバーがネジ締め完了信号を発してから、再び動作信号を受けつけるまでの時間を設定します。<br>使用する予定のドライバーの特性に合わせて設定してください。 |

**Step4 力制御機能の座標系に関して設定する**

力制御機能の座標系に関するプロパティー (ForceOrient, RobotLocal, RotationCenterType, RotationCenterTLX, RotationCenterTLY, RotationCenterTLZ)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ForceOrient | 力制御機能を実行する座標系の方向を設定します。 |
| | Base, Local :<br>フォースガイドシーケンスの開始時の姿勢が変わっても、鉛直下向き方向に押し付けるなど、外から見て、常に一定の方向に対して力制御機能を実行したい場合<br>Localは、一定の方向がベース座標系の軸とは異なる場合に指定します。<br>下図は、Baseを設定した例です。<br>例えば-Z方向に押し付けた場合、ロボット手先の姿勢が変わっても、常に鉛直下向き方向(ベース座標系の-Z方向)に押し付けを行います。(黒い矢印はロボットの動く方向を示します。)<br>  |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | Tool:<br>開始時の姿勢に合わせて、力制御機能を実行したい場合<br>下図は、Toolを設定した例です。<br>例えば+Z方向に押し付けた場合、開始時のロボット手先の姿勢にしたがって、押し付ける向きが変わります。<br>  |
| RobotLocal | ForceOrientが、Localのときに使用されるローカル座標系番号を設定します。 |
| RotationCenterTLX<br>RotationCenterTLY<br>RotationCenterTLZ | ツール座標系から回転中心までの各方向のオフセット量を設定します。 |

力制御機能の座標系に関する設定は、シミュレーター機能によって設定状態を確認することができます。
ただし、フォースガイドシーケンス内に、フォースガイドオブジェクトが1つも配置されていない場合は、フォースガイドオブジェクトを設置してから確認してください。
シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

**Step5 最大速度と最大加速度を設定する**

最大速度と最大加速度に関するプロパティー (LimitAccelS, LimitAccelR, LimitSpeedS, LimitSpeedR)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LimitSpeedS<br>LimitSpeedR | フォースガイドシーケンス実行中の最大速度を設定します。<br>LimitSpeedS: 最大並進速度<br>LimitSpeedR: 最大回転角速度<br>力制御機能では、力の加わり方によって、速度が増減します。LimitSpeedSとLimitSpeedRを超えないように制御されます。 |
| LimitAccelS<br>LimitAccelR | フォースガイドシーケンス実行中の最大加速度を設定します。<br>LimitAccelS: 最大並進加速度<br>LimitAccelR: 最大回転角加速度<br>力制御機能では、力の加わり方によって、加速度が増減します。LimitAccelSとLimitAccelRを超えないように制御されます。<br>この値が小さいと、力を受けた時の反応が遅くなり、大きくバウンドすることがあります。<br>ロボットがバウンドするような場合は大きく、発振するような場合は小さくしてください。 |

**Step6 記録に関する条件を設定する**

記録に関するプロパティー (LogRobotLocal, LogFileEnabled, LogFileAutoName, LogFileNameVar, LogFileMaxTime, LogFileInterval)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LogRobotLocal | 記録するロボット位置の基準とするローカル座標系番号を設定します。<br>位置に関するログデータは指定されたローカル座標系における位置として記録されます。 |
| | Base : 通常 |
| | ローカル座標系番号 : 指定するローカル座標系における位置として記録したい場合 |
| LogFileEnabled | フォースガイドシーケンス実行中のログデータをファイルに保存するかどうかを設定します。 |
| | False : ファイルに保存されません。<br>実行時にフォースガイドウィンドウのグラフでログデータを確認することができます。 |
| LogFileAutoName | ログデータファイルの名前を自動設定するかどうかを設定します。 |
| | True : 自動設定する場合<br>フォースガイドシーケンス名と開始時刻から生成されます。<br>“フォースガイドシーケンス名_年月日_時分秒ミリ秒” |
| | False : 任意の名前を指定する場合 |
| LogFileNameVar | LogFileAutoNameが、Falseのときの、ログデータファイルの名前を示すグローバル変数を設定します。 |
| LogFileInterval | ファイル化するときのログデータの、サンプリング間隔を設定します。 |
| LogFileMaxTime | ファイル化するときのログデータの、最大時間を設定します。 |

## 4.4.4.2.2 ネジ締めシーケンスのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドシーケンスに割りあてる固有の名前を設定します。
  同名のフォースガイドシーケンスを作成することはできません。
  名前を変更することができます。最大16文字まで指定します。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。また、先頭の文字を数字にすることはできません。
- Indexプロパティー
  フォースガイドシーケンスの番号を表示します。本プロパティーは、自動的に設定と更新がされます。変更できません。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 32 |

- Descriptionプロパティー
  フォースガイドシーケンスに追加する説明を設定します。
  任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Versionプロパティー
  専用シーケンスの場合のVersionは7.5.1となります。変更できません

- RobotNumberプロパティー
  フォースガイドシーケンスを使用するロボットの番号を指定します。
  指定されていないロボットでフォースガイドシーケンスを実行した場合、エラーになります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 1~16 | フォースガイドシーケンスを使用するロボットの番号です。 |

  デフォルト: シーケンスウィザードで指定したロボット番号
- RobotTypeプロパティー
  フォースガイドシーケンスを使用するロボットの種類です。
  本プロパティーは、RobotNumberで指定したロボット番号から自動的に設定されます。変更できません。
- AutoStepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDに関して自動割り振りを指定します。
  自動的に割り振る場合は、フォースガイドシーケンス番号*100+フォースガイドオブジェクト番号が設定されます。
  StepIDは、フォースガイドシーケンス実行中の力や、位置を記録したファイルに記録され、どの区間がどのフォースガイドオブジェクトに対応するかを判別するために使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | StepIDを自動的に設定します。 |
| False | 各フォースガイドオブジェクトのStepIDプロパティーの値を設定します。 |

  デフォルト: True
- ResetSensorプロパティー
  フォースガイドシーケンスで、初めて条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを開始するときに、力覚センサーをリセットするかどうかを指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを開始する時に力覚センサーをリセットします。 |
| False | 力覚センサーをリセットしません。 |

  デフォルト: True
- MPNumberプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用する、マスプロパティーオブジェクトの番号を指定します。
  マスプロパティーオブジェクトとは、重力補償に用いるプロパティーをまとめたものです。マスプロパティーオブジェクトは、あらかじめ定義しておく必要があります。
  フォースガイドシーケンス実行中に大きく角度が変わる場合は適切な、マスプロパティーオブジェクトを指定してください。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 | 重力補償をオフにします。 |
| 1~15 | 指定したマスプロパティーを使用します。 |

  デフォルト: 0
- PointFileプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用する、ポイントファイル名を指定します。

フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定していないポイントファイルが読み込まれていた場合、エラーとなります。誤操作防止用のプロパティーです。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| None | 未指定<br>(ポイントファイルを確認せず、どのポイントファイルが読み込まれていても実行できます。) |
| ポイントファイル名 | 指定されたポイントファイルが読み込まれていない場合、エラーになります。 |

デフォルト: None

- RobotToolプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用する、ツール座標系番号を指定します。
  フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定していないツール座標系番号が選択されている場合、エラーとなります。誤操作防止用のプロパティーです。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0~15 | 指定されたツール座標系番号が選択されていない場合、エラーになります。 |

デフォルト: 0

- RobotHandプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するロボットハンド番号を指定します。
  フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定したロボットハンドが設定されていない場合、エラーになります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 1~15 | 指定したロボットハンドが設定されていない場合、エラーになります。 |

デフォルト: 1

- DriverWaitTimeプロパティー
  使用する予定のドライバーがネジ締め完了信号を発してから、再び動作信号を受けつけるまでの時間を設定します。
  使用する予定のドライバーの特性に合わせて設定してください。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 1

- ForceOrientプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、力制御機能を適用する座標系の方向を指定します。
  Base, Local, Toolから選択できます。ネジ締め方向に合わせて座標系を指定します。
  BaseまたはLocalを指定した場合、ロボットの姿勢が変わってもネジ締め方向は変化しません。
  Toolを指定した場合、ロボットの姿勢が変わると、ツール座標系の方向が変わるため、ネジ締め方向が変化します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | 力制御機能を適用する座標系の方向をベース座標系とします。 |
| Local | 力制御機能を適用する座標系の方向をローカル座標系とします。 |
| Tool | 力制御機能を適用する座標系の方向をツール座標系とします。 |

デフォルト: Tool

- RobotLocalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、力制御機能を適用する座標系のローカル座標系番号を指定します。
  ForceOrientプロパティーがLocalの場合に使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。<br>ForceOrientで、Baseを指定した場合と同じです。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

  デフォルト: 0 (Base)

- RotationCenterTLXプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までのX方向の距離を設定します。
  X方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のX方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- RotationCenterTLYプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までのY方向の距離を設定します。
  Y方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のY方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- RotationCenterTLZプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までのZ方向の距離を設定します。
  Z方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のZ方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- LimitSpeedSプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された速度に制限されます。

| | 値 (単位: [mm/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 250 |

  デフォルト: 50

- LimitSpeedRプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の角速度を指定します。

ロボットの動作は力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力やトルクで変化しますが、本プロパティーで指定された角速度に制限されます。

| | 値 (単位: [deg/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 180 |

デフォルト: 25

- LimitAccelSプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の加速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された加速度に制限されます。

| | 値 (単位: [$mm/sec^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 25000 |

デフォルト: 200

- LimitAccelRプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の角加速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された角加速度に制限されます。

| | 値 (単位: [$deg/sec^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 5000 |

デフォルト: 100

- LogRobotLocalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に記録するロボットの位置姿勢について、基準とするローカル座標系番号を指定します。
  ロボットの位置姿勢は、本プロパティーで指定したローカル座標系から見たツール座標系の位置姿勢で記録されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。 |
| 1 ~ 15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

デフォルト: 0 (Base)

- LogFileEnabledプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢をファイルに保存するかを指定します。
  Trueを指定した場合、モニター画面のグラフに値が表示され、同時にファイルに保存されます。
  Falseを指定した場合、モニター画面のグラフには値が表示されますが、ファイルには保存されません。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | ログデータをファイルに保存します。 |
| False | ログデータをファイルに保存しません。 |

デフォルト: False

- LogFileAutoNameプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイル名について、自動設定するかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドシーケンス名+開始時刻からファイル名が自動で設定されます。
  フォースガイドシーケンス名_yyyymmdd_hhmmssfff.csv
  False を指定した場合、LogFileNameVarで指定した変数内の文字列に“.csv”をつけてファイル名とします。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | ログデータファイルの名前を自動的に設定します。 |
| False | ログデータファイルの名前をLogFileNameVarで指定された名前にします。 |

  デフォルト: True

- LogFileNameVarプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイル名を保存するグローバル文字列変数を指定します。
  LogFileAutoNameでFalse を指定した場合に使用されます。指定した変数内の文字列に“.csv”をつけてファイル名とします。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| None | 未指定 (自動設定されます。) |
| 変数名 | 指定されたグローバル文字列変数の値がファイル名になります。<br>文字列変数のみ指定できます。 |

  デフォルト: None

- LogFileIntervalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイルについて、サンプリング周期を指定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.002 |
| 最大値 | 1 |

  デフォルト: 0.2

- LogFileMaxTimeプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイルについて、最大の記録時間を指定します。
  フォースガイドシーケンスの実行時間よりも短い場合、それ以降は、ファイルに記録されません。注意してください。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 60 |
| 最大値 | 600 |

  デフォルト: 60

#### 4.4.4.2.3 ネジ締めシーケンスのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。

フォースガイドシーケンスが最後まで実行され、最後のフォースガイドオブジェクトが成功するか、最後のフォースガイドオブジェクトのAbortSeqOnFailプロパティーがFalseの場合、成功になります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドシーケンスが成功した。 |
| Failed | フォースガイドシーケンスが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドシーケンスが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドシーケンスの実行中に停止した。 |

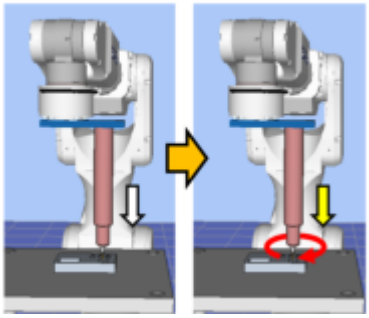
- FailedStatusリザルト
  フォースガイドシーケンスの失敗した理由です。
  AbortSeqOnFailがTrueのオブジェクトを実行した結果が、失敗である場合の失敗した理由です。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| OK | フォースガイドシーケンスが成功した。 |
| GeneralObjectFailed | 汎用オブジェクトが失敗した。 |
| CollisionDetect | 衝突を検知したため失敗した |
| Overrun | 位置超過のため失敗した。 |
| Jammed | ドライバーのネジ締め完了信号を受け取ったが、位置が成功条件の範囲外のため失敗した。 |
| NoOKSignal | ドライバーのネジ締め完了信号を受け取れなかったため失敗した |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- LastExecObjectリザルト
  最後に実行したフォースガイドオブジェクト名です。
- EndForcesリザルト
  フォースガイドシーケンス終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]

### 4.4.4.3 ネジ締めオブジェクト

ネジ締めオブジェクトは、指定方向に指定の力で押し付けながら、ネジ締めを行うフォースガイドオブジェクトです。



上図は、ネジ締めオブジェクトの動作のイメージです。非接触状態から実行して、白い矢印方向で示すネジ締め方向に移動します。接触状態になってからは、黄色い矢印方向で示すネジ締め方向に、一定の押し付け力でネジ締めを行います。

ネジ締めオブジェクトは、ドライバーのネジ締め完了信号と力と位置に関する終了条件が使用できます。各終了条件は必ず使用されます。

各終了条件の成功条件を全てが満たされた場合: ネジ締めオブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。ネジ締め直し動作を有効にした場合は、ネジ締め直しオブジェクトを飛ばして、その次のオブジェクトへ進みます。

各終了条件の失敗条件を1つでも満たされた場合: ネジ締めオブジェクトの実行を終了し失敗したと判定して、フォースガイドシーケンスの実行を中断します。ネジ締め直し動作を有効にした場合は、ドライバーのネジ締め完了信号を受け取り、かつ、位置の終了条件の失敗条件を満たしたときに、ネジ締めオブジェクトの実行を終了しネジが噛んだと判断して、ネジ締め直しオブジェクトへ進みます。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| ネジ締め完了信号に関する終了条件 | ドライバーからネジ締め完了信号を受け取ること |
| 位置に関する終了条件 | PressOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離がApproachDist+ScrewLength±DistCheckTolの範囲に入ること |

| 終了条件 | 失敗条件 |
|---|---|
| ネジ締め完了信号に関する終了条件 | フォースガイドオブジェクト開始位置から、ApproachDistとInsertDepthで指定した分移動したが、ドライバーからネジ締め完了信号を受け取れないこと |
| 位置に関する終了条件 | ネジ締め完了信号を受け取る前に、以下を満たすこと<br>ネジ締め完了信号を受け取る前に、以下を満たすこと<br>PressOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離がApproachDist+InsertDepth+DistCheckTolを超えること<br>または、ネジ締め完了信号を受け取った場合に、以下を満たすこと<br>PressOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離がApproachDist+InsertDepth-DistCheckTolに達していないこと |
| 力に関する終了条件 | PressOrientで指定した軸方向の、押し付け力がCollisionForceThreshで設定した値を超えること |

### 4.4.4.3.1 ネジ締めオブジェクトのプロパティーガイドライン

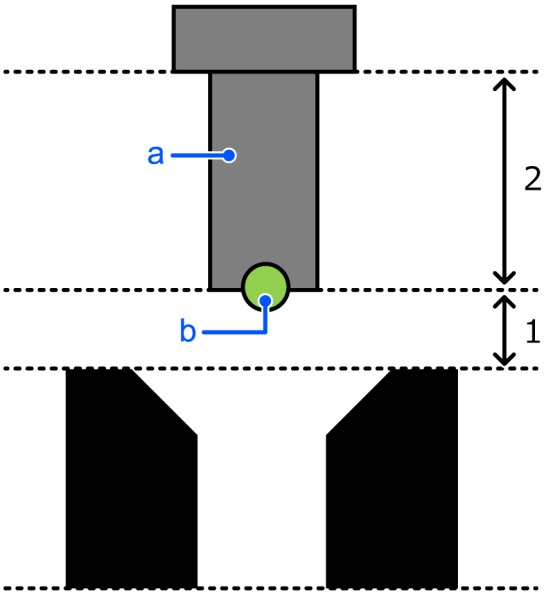
**Step 1. 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティー (Name, Description, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 移動動作を設定する**
移動に関するプロパティー (AccelS, SpeedS)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| AccelS | 移動時の並進加速度を設定します。<br>シーケンスウィザードで設定した、ドライバー回転速度とネジのリード長から自動で設定されます。<br>ネジ締めが上手くいかない場合は、値を変更することができます。<br>実際の加速度は、力制御機能によって補正されます。 |
| SpeedS | 移動時の並進速度を設定します。<br>シーケンスウィザードで設定した、ドライバー回転速度とネジのリード長から自動で設定されます。<br>ネジ締めが上手くいかない場合は、値を変更することができます。<br>実際の速度は、力制御機能によって補正されます。 |

**Step 3. 目標位置を設定する**
移動する軌道の目標位置に関するプロパティー(ApproachDist,ScrewLength)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ApproachDist | フォースガイドオブジェクト開始位置から、ネジ穴の上面までのアプローチ距離を設定します。<br>下図のように、アプローチ距離は緑色の点で示すフォースガイドオブジェクトを開始したときの把持しているネジの端点と、ネジ穴の上面までの1の距離です。<br>  <br>a: ねじ / b: 開始位置<br>できるだけアプローチ距離が短くなるように、動作開始位置を教示してください。力制御機能は位置制御と比べて速度が遅いため、アプローチ距離が長いほどサイクルタイムが遅くなります。 |
| ScrewLength | ネジの長さを設定します。<br>ApproachDistの図のように、ScrewLengthは2の長さです。 |

**Step 4. 力制御機能を設定する**

力制御機能に関するプロパティー(PressOrient, PressForce, PressFirmnessF, FollowOrient, FollowFirmnessF)を設定する。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PressOrient | ネジ締めする方向を設定します。<br>ロボットは指定方向へ移動します。 |
| PressForce | ネジ締め方向に加える押し付け力を設定します。<br>PressOrientが正方向の場合: 負の値を入力します。<br>PressOrientが負方向の場合: 正の値を入力します。 |
| PressFirmnessF | ネジ締め方向の力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| FollowOrient | PressOrientの方向以外に、倣いながら移動する方向です。<br>PressOrientにしたがって自動で変化します。読み取り専用です。変更できません。 |

| | |
|---|---|
| FollowFirmnesF | ネジ締め方向以外の並進方向の力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |

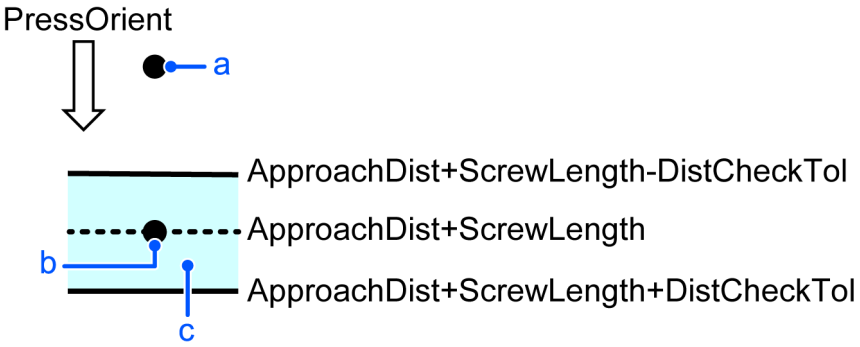
**Step 5. 力に関する終了条件を設定する**

力の終了条件に関するプロパティー(CollisionForceThresh)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| CollisionForceThresh | ネジ締め動作中、ネジがネジ穴以外に衝突したと検知する力を設定します。<br>押し付け力が設定した値を超えた場合、失敗となります。<br>押し付け力は、ネジとネジ穴とで生じる摩擦力などによってPressForceの値より大きくなる可能性があるため、PressForceで設定した力より十分大きい値にしてください。 |

**Step 6. 位置に関する終了条件を設定する**

位置の終了条件に関するプロパティー (DistCheckTol)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| DistCheckTol | 位置に関する終了条件の、ネジ締め方向の範囲を設定します。<br>PressOrientで指定されている方向の、動作開始位置からの移動距離が、<br>ApproachDist+ScrewLength±DistCheckTolの範囲に入ることを監視します。<br>下図がDistCheckTolのイメージです。<br>  <br><br>a: 開始位置 / b: 目標位置 / c: 設定された範囲 |

## 4.4.4.3.2 ネジ締めオブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  ネジ締めシーケンスを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、ScrewTighten01のように、ScrewTightenの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は、変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_” (アンダースコア)が使用できます。
  先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |

| | 値 |
|---|---|
| 最大値 | 32767 |

デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。

- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True

- SpeedSプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の速度を指定します。
  ネジ締めシーケンスを作成すると、シーケンスウィザードで設定した、ドライバー回転速度とネジのリード長から自動で設定されます。
  ただし、この設定値は設定された軌道に関する速度となるため、実際の速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: [mm/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 200 |

  デフォルト: 5

- AccelSプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の加速度を指定します。
  ネジ締めシーケンスを作成すると、シーケンスウィザードで設定した、ドライバー回転速度とネジのリード長から自動で設定されます。
  ただし、この設定値は設定された軌道に関する加速度となるため、実際の加速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: [$mm/sec^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 50

- ApproachDistプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始位置から、挿入作業開始位置までの移動距離を指定します。
  できるだけ移動距離が短くなるように、動作開始位置を教示してください。力制御機能は位置制御と比べて速度が遅いため、移動距離が長いほどサイクルタイムが遅くなります。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最大値 | 50 |

デフォルト: 10

- ScrewLengthプロパティー
  ネジの長さを指定します。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 100 |

デフォルト: 10

- PressOrientプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系における、ネジ締め作業の動作方向を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| +Fx | 指定座標系の+Fx方向に動作方向を指定します。 |
| -Fx | 指定座標系の-Fx方向に動作方向を指定します。 |
| +Fy | 指定座標系の+Fy方向に動作方向を指定します。 |
| -Fy | 指定座標系の-Fy方向に動作方向を指定します。 |
| +Fz | 指定座標系の+Fz方向に動作方向を指定します。 |
| -Fz | 指定座標系の-Fz方向に動作方向を指定します。 |

デフォルト: +Fz

- PressForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中の、フォースガイドオブジェクトのPressOrientで指定した動作方向への押し付け力を指定します。

  - PressOrientが+Fx, +Fy, +Fzの場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -50 |
| 最大値 | 0 |

    デフォルト: -4

  - PressOrientが-Fx, -Fy, -Fzの場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 50 |

    デフォルト: 4

- PressFirmnessFプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のフォースガイドオブジェクトのPressOrientで指定した動作方向の力制御機能に関する硬さを指定します。

PressFirmnessFの値が大きくなると、動作方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
PressFirmnessFの値が小さくなると、動作方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 2

- FollowOrientプロパティー
  ネジ締め作業に設定されている、並進の倣い方向です。
  本プロパティーはフォースガイドオブジェクトのPressOrientで指定した動作方向から自動で設定されます。変更できません。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| FyFz | FyFz方向に倣います。 |
| FxFz | FxFz方向に倣います。 |
| FxFy | FxFy方向に倣います。 |

デフォルト: FxFy

- FollowFirmnessFプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中の、倣う方向の力の力制御機能に関する硬さを指定します。
  FollowFirmnessFの値が大きい場合: 倣う方向の力の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  FollowFirmnessFの値が小さい場合: 倣う方向の力の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 1

- CollisionForceThreshのプロパティー
  ネジ締め動作中、ネジがネジ穴以外に衝突したと検知する力を設定します。
  PressForceで設定した力より十分大きい値にしてください。

  - PressOrientが+Fx, +Fy, +Fzの場合

    | | 値 (単位: [N]) |
    |---|---|
    | 最小値 | -100 |
    | 最大値 | -10 |

    デフォルト: -30

  - PressOrientが-Fx, -Fy, -Fzの場合

    | | 値 (単位: [N]) |
    |---|---|
    | 最小値 | 10 |

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最大値 | 100 |

デフォルト: 30

- DistCheckTolプロパティー
  作業が終了したときに、動作開始位置から移動した距離の成功条件となる範囲を指定します。
  ApproachDist + ScrewLength ± DistCheckTolの範囲を成功条件とします。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.01 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 1

### 4.4.4.3.3 ネジ締めオブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  ネジ締めオブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |
| FailedCont | フォースガイドオブジェクトは失敗したが、次のフォースガイドオブジェクトを実行した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。
  Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredForcesリザルト
  終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]

- TriggeredPosリザルト
  終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- PosCondOKリザルト
  位置に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を満たした。 |
| False | 位置に関する終了条件を満たさなかった。 |

- IOCondOKリザルト
  I/Oに関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | I/Oに関する終了条件を満たした。 |
| False | I/Oに関する終了条件を満たさなかった。 |

- PosLimitedリザルト
  位置の制限範囲を超えたかどうかを示します。

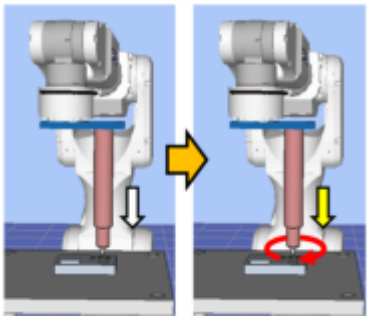
| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置の制限範囲を超えた。 |
| False | 位置の制限範囲を超えなかった。 |

- ForceLimitedリザルト
  力の制限範囲を超えたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力の制限範囲を超えた。 |
| False | 力の制限範囲を超えなかった。 |

### 4.4.4.4 ネジ締め直しオブジェクト

ネジ締め直しオブジェクトは、指定方向に指定の力で押し付けながら、一度ネジを緩め、再度ネジ締めを行うフォースガイドオブジェクトです。



上図は、ネジ締めシーケンスの動作のイメージです。ネジ締めオブジェクト実行後、ネジが正しく締められなかった場合に、黄色い矢印方向で示すネジ締め方向に一定の押し付け力でネジを一度緩めて再度締め直します。

ネジ締め直しオブジェクトは、ドライバーのネジ締め完了信号と位置に関する終了条件が使用できます。各終了条件は必ず使用されます。

各終了条件の成功条件を全てが満たされた場合: ネジ締め直しオブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

各終了条件の失敗条件を1つでも満たされた場合: ネジ締め直しオブジェクトの実行を終了し失敗したと判定して、フォースガイドシーケンスの実行を中断します。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| ネジ締め完了信号に関する終了条件 | ドライバーからネジ締め完了信号を受け取ること |
| 位置に関する終了条件 | PressOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離がApproachDist+ScrewLength±DistCheckTolの範囲に入ること |

| 終了条件 | 失敗条件 |
|---|---|
| ネジ締め完了信号に関する終了条件 | ドライバーからネジ締め完了信号を受け取れなかったこと |
| 位置に関する終了条件 | ネジ締め完了信号を受け取る前に、以下を満たすこと<br>PressOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離がApproachDist+InsertDepth+DistCheckTolを超えること<br>または、ネジ締め完了信号を受け取った場合に、以下を満たすこと<br>PressOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離がApproachDist+InsertDepth-DistCheckTolに達していないこと |

#### 4.4.4.4.1 ネジ締め直しオブジェクトのプロパティーガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティー (Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイドオブジェクトを実行しない場合 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |

| | |
|---|---|
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 力制御機能を設定する**
力制御機能に関するプロパティー(AddRetightenPressForce, RetightenPressForce)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| AddRetightenPressForce | ネジを締め直すときに追加する押し付け力を設定します。<br>ネジ締め直し動作中にネジがドライバーのビットからカムアウトしないように、ネジ締めオブジェクトのPressForceに追加する力です。<br>通常は0に設定してください。ネジ締め直し動作中にネジがカムアウトする場合は、徐々に追加してください。 |
| RetightenPressForce | ネジを締め直すときの押し付け力を表示します。ネジ締めオブジェクトのPressForceにAddRetightenPressForceを足した値です。<br>読み取り専用です。変更できません。 |

**Step3. ドライバー動作に関して設定する。**
ドライバー動作に関するプロパティー(LoosenTime)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LoosenTime | ネジを緩めるときの時間を設定します。<br>ロボットハンド設定でドライバーのネジ緩め完了ビットを設定していない場合は、設定した時間だけドライバーを緩め方向に回転させます。<br>ロボットハンド設定でドライバーのネジ緩め完了ビットを設定している場合は、ネジ緩め完了信号を受け取るまで、または設定した時間が経過するまで、ドライバーを緩め方向に回転させます。 |

### 4.4.4.4.2 ネジ締め直しオブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  ネジ締め直しシーケンスを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、ScrewRetighten01のように、ScrewRetightenの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は、変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。
  任意の文字列を255文字まで指定できます。
- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |

| | 値 |
|---|---|
| 最大値 | 32767 |

デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェクトの番号から自動設定されます。

- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True

- LoosenTimeプロパティー
  ネジを緩めるときの時間を設定します。
  ロボットハンド設定でドライバーのネジ緩め完了ビットを設定した場合は、設定したネジを緩める時間より前にネジ緩め完了信号を受け取ると、その時点で緩め動作を停止します。設定したネジを緩める時間より後は、ネジ緩め完了信号の有無に関わらず、その時点で緩め動作を停止します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 1 |

  デフォルト: 0.1

- AddRetightenPressForceプロパティー
  ネジを締め直すときに追加する押し付け力を設定します。
  ネジ締め直し動作中にネジがドライバーのビットからカムアウトしないように、ネジ締めオブジェクトのPressForceに追加する力です。通常は、“0”に設定してください。
  ネジ締め直し動作中にネジがカムアウトする場合は、徐々に追加してください。

  - ネジ締めオブジェクトのPressOrientが+Fx, +Fy, +Fzの場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -10 |
| 最大値 | 0 |

    デフォルト: 0

  - ネジ締めオブジェクトのPressOrientが-Fx, -Fy, -Fzの場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 0

- RetightenPressForceプロパティー
  ネジを締め直すときの押し付け力を表示します。
  ネジ締めオブジェクトのPressForceにAddRetightenPressForceを足した値です。読み取り専用です。変更できません。

#### 4.4.4.4.3 ネジ締め直しオブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  ネジ締め直しオブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
  EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。
  Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PosCondOKリザルト
  位置に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を満たした。 |
| False | 位置に関する終了条件を満たさなかった。 |

- IOCondOKリザルト
  I/Oに関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | I/Oに関する終了条件を満たした。 |

| 値 | 説明 |
|---|---|
| False | I/Oに関する終了条件を満たさなかった。 |

### 4.4.4.5 ネジ締めシーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン

ネジ締めシーケンスとオブジェクトを使用するときの、調整方法について説明します。

- FailedStatusリザルトがGeneralObjjectFailedと表示されている場合:
  ネジ締めシーケンスに配置されている汎用オブジェクトで失敗しています。LastExecObjectリザルトに最後に実行したオブジェクトが表示されています。表示されているオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン、または調整ガイドラインを参考にしてプロパティーを調整してください。

- FailedStatusリザルトがCollisionDetectと表示されている場合:
  シーケンスを実行中に、力がオブジェクトで設定されている力の失敗条件を満たしたため、衝突したと判定され失敗しています。

- LastExecObjectリザルトにネジ締めオブジェクトが表示されている場合:
  ネジがネジ穴からずれた位置にネジ締めをしている可能性があります。動作開始位置を確認して、ティーチングを再度行ってください。
  ティーチングに問題がない場合、CollisionForceThreshを大きくしてください。CollisionForceThreshが小さい場合、ネジ締め中にかかる力により衝突したと誤検出する可能性があります。

- LastExecObjectリザルトにネジ締め直しオブジェクトが表示されている場合:
  CollisionForceThreshを大きくしてください。CollisionForceThreshが小さい場合、ネジ締め直し中にかかる力により衝突したと誤検出する可能性があります。

- FailedStatusリザルトがOverrunと表示されている場合:
  ネジ締めオブジェクトまたはネジ締め直しオブジェクトを実行中に、位置がオブジェクトで設定されている位置の成功条件の範囲を超えても、ネジ締め完了信号を受信せずに動作したため、位置超過と判定され失敗しています。
  ApproachDistとScrewLengthが実際の環境と比べて短く設定されていないことを確認してください。

- FailedStatusリザルトがJammedと表示されている場合:
  ネジ締めオブジェクトまたはネジ締め直しオブジェクトを実行中に、ネジ締め完了信号を受信したとき、位置が位置の成功条件を満たしていないため、詰まったと判定され失敗しています。
  ネジがネジ穴に対して傾きすぎている可能性があります。動作開始位置のネジの姿勢を確認して、ティーチングを再度行ってください。
  ティーチングに問題がない場合、ApproachDistとScrewLenthが実際のワークと比べて長く設定されていないことを確認してください。

- FailedStatusリザルトがNoOKSignalと表示されている場合:
  シーケンスを実行中に、ネジ締め完了信号を受信できないとき、完了信号未受信と判定され失敗しています。
  ロボットハンドの設定で、ネジ締め完了ビットが正しく設定されていることを確認してください。

- ネジ締め直し中にドライバーのビットがネジ穴から外れてカムアウトしてしまう場合:
  AddRetightenPressForceを大きくします。ただし、ネジ締め直し中の押し付け力が大きくなるため、許容できる値に調整してください。

- 振動的に動く場合:
  Firmnessの値を大きくします。ただし、ロボットの反応が鈍くになります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%増加させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- 押し付け方向に大きくバウンドする場合:
  数秒に1回跳ねるように大きくバウンドすることを繰り返す場合、フォースガイドシーケンスのLimitAccelSによって動作が制限されている可能性があります。
  またローパワー状態で実行しているときに起こる可能性があります。
  ハイパワーモードで実行しても改善しない場合は、LimitAccelSを大きくしてください。LimitAccelSを大きくしても改善しない場合は、押し付け方向のFirmnessを小さくしてください。

- 目標力に達しない場合:
  押し付け方向のFirmnessの値を小さくします。
  ただし、動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%減少させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- 押し付け方向に動かない場合:
  動かない方向のControlModeが、Press+またはPress-となっていることを確認してください。
  Press+またはPress-に設定されている場合は、PressForceが“0”になっていないか確認してください。

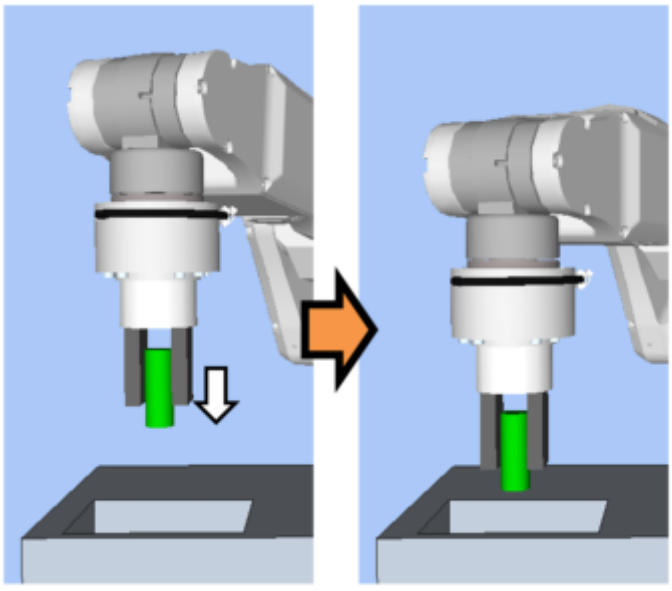
- 逆方向に動く場合:
  逆方向に動く方向のControlModeが想定するPress+またはPress-となっていることを確認してください。
  想定する方向に設定されている場合は、フォースガイドシーケンスのForceOrient, RobotLocal, 使用しているツール座標系やローカル座標系を確認してください。

- 目標位置に到達しない場合:
  力制御機能を有効にしていない方向が目標位置に到達しない場合は、フォースガイドシーケンスのLimitAccelやLimitSpeedの影響を受けている可能性があります。値を大きくします。
  また、ローパワーモードの場合、LimitSpeedやLimitAccelの設定値が大きくても、ローパワーモードの最大速度や最大加速度に合わせて制限されます。ハイパワーモードで実行してください。

## 4.4.5 高さ検査シーケンスとオブジェクト

高さ検査シーケンスは、ロボットを指定方向に動作させて、指定の力で接触した位置を検査する機能です。ワークの寸法検査, 組立の成否確認作業で使います。

高さ検査シーケンスは高さ検査オブジェクトで構成されます。作業に応じて、汎用フォースガイドオブジェクトを追加することができます。



上図は、高さ検査シーケンスの動作のイメージです。非接触状態から、白い矢印で示す方向に移動し、接触した位置で停止して、位置の検査を行います。ここまでの動作が高さ検査オブジェクトによって実行されます。

この章ではフォースガイド高さ検査シーケンス, 高さ検査オブジェクトのシーケンスウィザードやプロパティー、その設定方法を説明します。汎用フォースガイドオブジェクトについては次の項を参照してください。
ソフトウェア編 汎用フォースガイドオブジェクト

### キーポイント

高さ検査シーケンスの提供する機能は検査機の様に絶対的な精度を保証する機能ではありません。精度は作業を実施するロボットの位置姿勢、ハンドやワーク、ロボットを設置している架台などにより影響を受けます。正常なワークに対してシーケンスを複数回実行した結果から、繰り返し精度を確認してから実作業に適用してください。

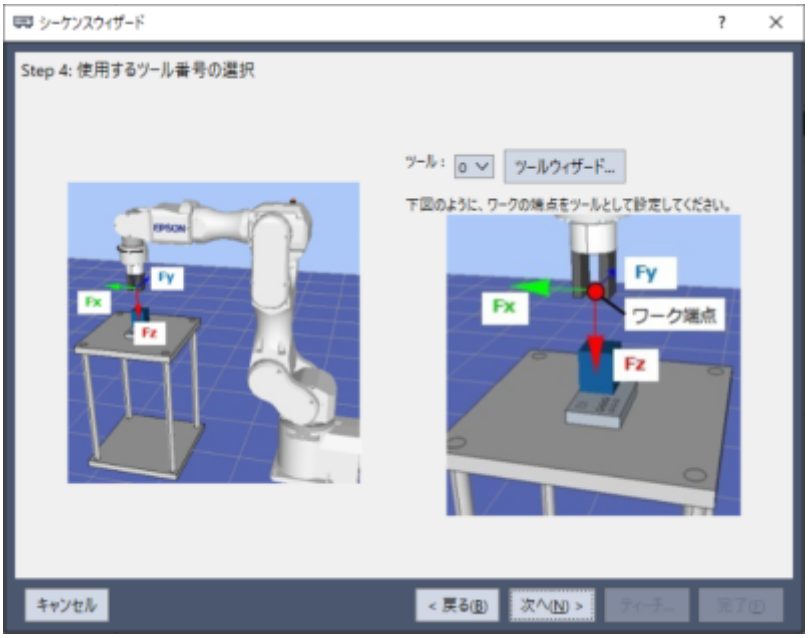
## 4.4.5.1 高さ検査シーケンスのシーケンスウィザード

シーケンスウィザードを使用して、高さ検査シーケンスを作成します。ウィザードは、次の方法で表示できます。

- フローチャートのシーケンスフロー、またはシーケンスツリーのシーケンスノードを右クリックし、[シーケンスウィザード]を選択する。
- 高さ検査シーケンスプロパティーにおけるWizardの設定値[Click to open->]の右側に表示される ... ボタンをクリックする。

シーケンスウィザードが表示されたら、画面にしたがって設定を行います。
高さ検査シーケンスのシーケンスウィザードは、フォースガイドシーケンスの新規作成画面からも設定が可能です。詳細は次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー
-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成

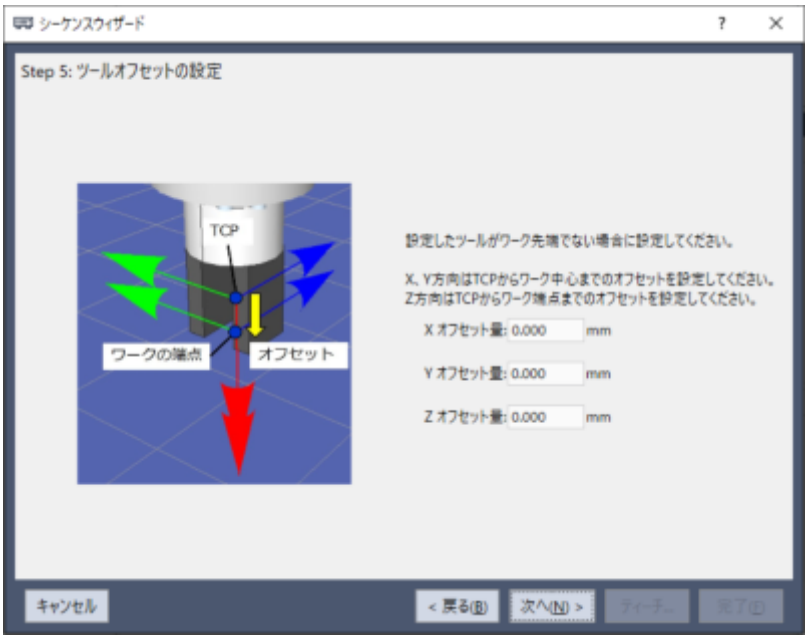
**Step1 使用するツール番号の選択**
高さ検査シーケンス、高さ検査オブジェクトで使用する予定のツール番号を選択します。



| 項目 | 説明・設定指針 |
|---|---|
| ツール | 使用するツール番号を選択します。ワークの端点がツール原点になるように、ツール番号を選択してください。設定されているツール番号がリストボックスに並んでいます。新しくツールを設定したい場合は、ツールウィザードボタンで設定します。<br>"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - Epson RC+ 8.0 GUI - [ツール]メニュー [ツール]-[ロボットマネージャー]-[ツール設定]パネル"<br>最小値: 0<br>最大値: 設定されているツール番号の最大値<br>デフォルト値: 0 |
| [キャンセル]ボタン | 高さ検査シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 新規シーケンス作成画面から開いているとき、1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step2 ツールオフセットの設定**

Step1で設定したツールが、ワーク先端の中心に設定されていない場合に設定が必要です。ツールからワーク先端の中心までのオフセット量を設定してください。



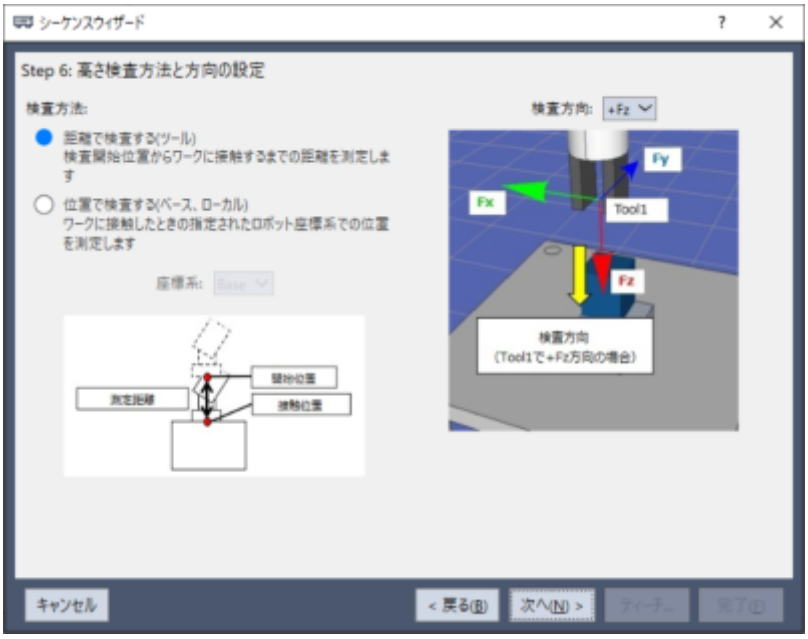

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Xオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、X方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |

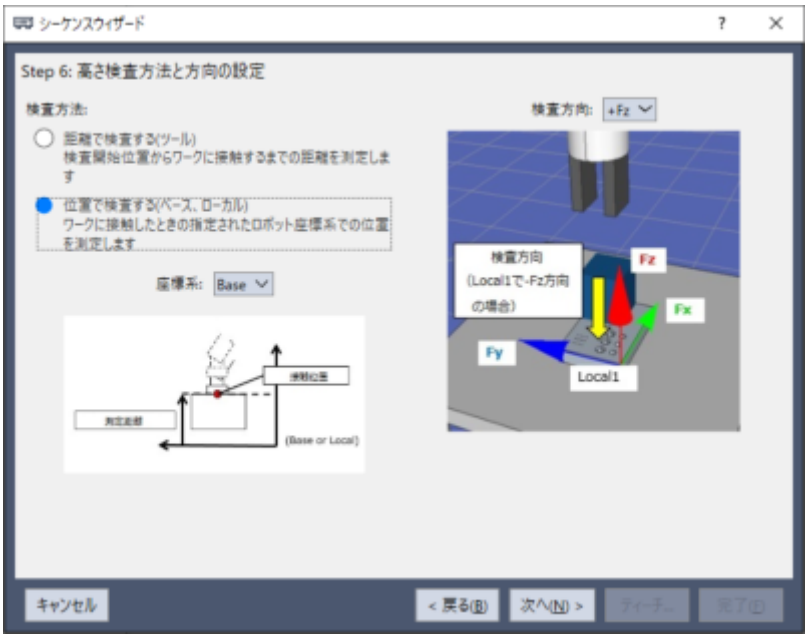
| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Yオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、Y方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |
| Zオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、Z方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |
| [キャンセル]ボタン | 高さ検査シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません |

**Step3 高さ検査方法と方向の設定**

高さ検査の方法を設定します。
シーケンスを開始する位置からワークに接触するまでの距離を測定したい場合は「ツール」を選択してください。
ワークに接触した時の、指定されたロボット座標系での位置を測定したい場合は「ベース、ローカル」を選択して

ください。



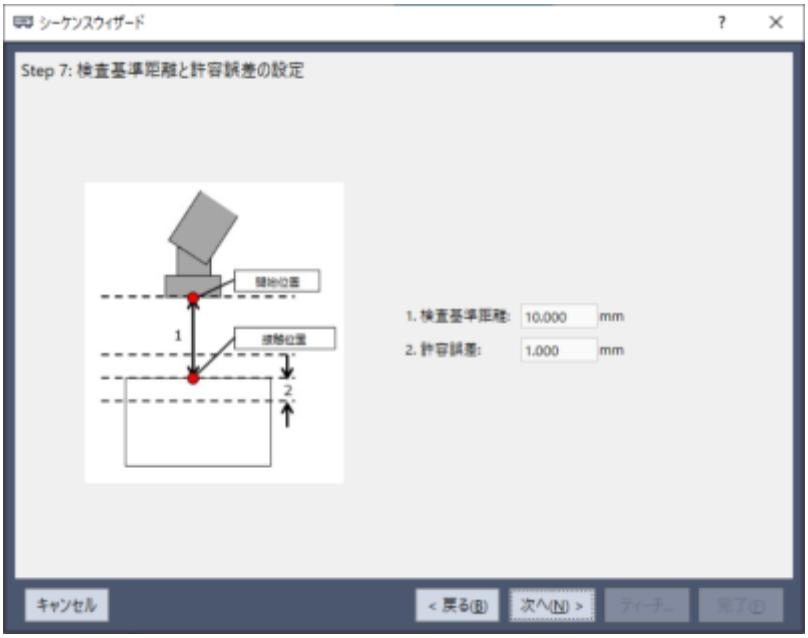




| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 座標系 | 高さ検査シーケンスで使用される座標系を選択します。<br>検査方法を「ベース、ローカル」に選択したとき、この座標系でロボットは動作します。挿入されるワークの向きに合わせて、座標系を選択してください。<br>最小値: Base(0)<br>最大値: 15<br>デフォルト: Base |
| 検査方向 | 検査する方向を選択します。<br>検査方法を「ツール」で選択したとき、Step1で設定したツール座標系で、選択した検査方向に高さ検査シーケンス、高さ検査オブジェクトは動作します。<br>検査方法を「ベース、ローカル」で選択したとき、座標系で設定したベースまたはローカル座標系で、選択した検査方向に高さ検査シーケンス、高さ検査オブジェクトは動作します。<br>値: +Fx, -Fx, +Fy, -Fy, +Fz, -Fz<br>デフォルト: +Fz |

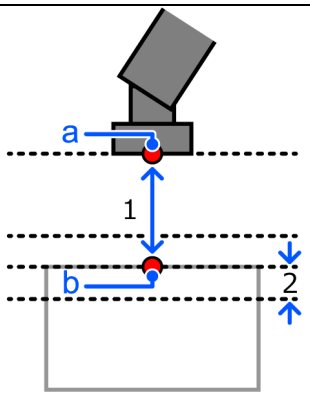
| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| [キャンセル]ボタン | 高さ検査シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step4 検査基準距離/位置と許容誤差の設定**

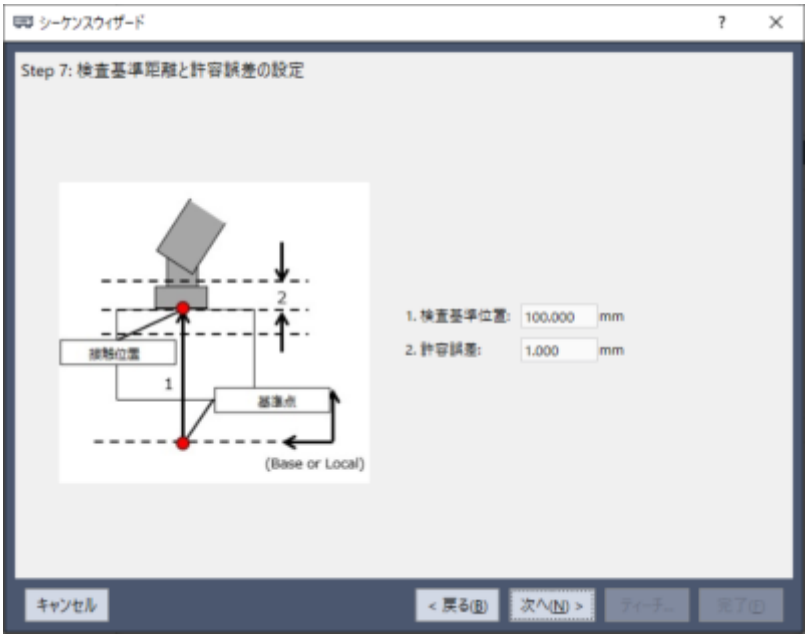
Step3でツール座標系を選択した場合、高さ検査の検査基準距離と許容誤差を設定します。

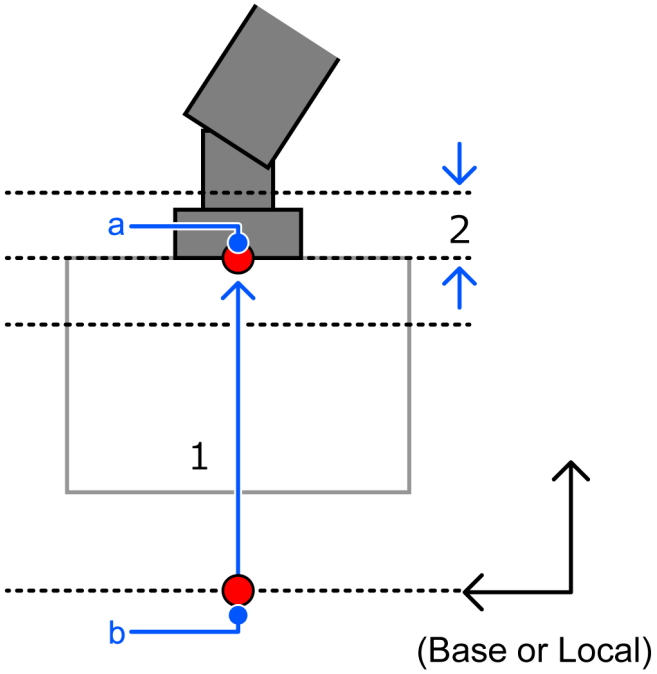



| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 検査基準距離 | 検査基準距離を設定します。<br>Step3における、検査方法で設定した座標系の、高さ検査方向で設定した方向の距離となります。<br>検査基準距離は、下図の上側の赤色の点で示す動作開始位置と、下側の赤色の点で示す接触する予定の位置までの1の距離です。<br>できるだけ検査基準距離が短くなるように、動作開始位置を教示してください。力制御機能は位置制御と比べて速度が遅いため、検査基準距離が長いほどサイクルタイムが遅くなります。 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| |  <br>a: 開始位置 / b: 接触位置<br>最小値: 0[mm]<br>最大値: 50[mm]<br>デフォルト値: 10[mm] |
| 許容誤差 | 許容誤差を設定します<br>許容誤差は検査基準距離にある図の、検査の成功条件範囲の2の長さです。<br>許容誤差が小さいほど、作業は成功しづらくなります。許容誤差を一度大きくして、実行したときの実際の結果から許容誤差を調整することを推奨します。<br>最小値: 0.01[mm]<br>最大値: 10[mm]<br>デフォルト値: 1[mm] |
| [キャンセル]ボタン | 高さ検査シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

Step3で「ベース、ローカル」座標系を選択した場合、高さ検査の検査基準位置と許容誤差を設定します。

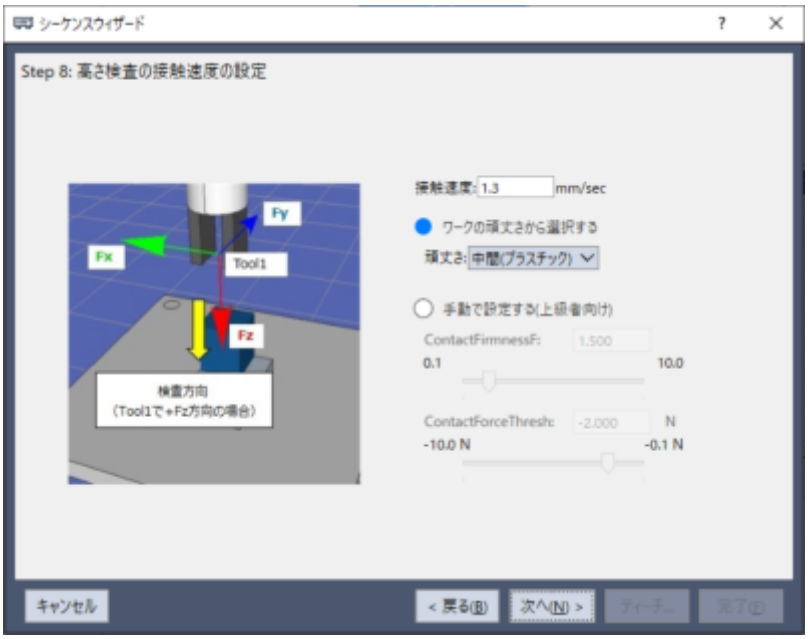



| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 検査基準位置 | 検査基準位置を設定します。<br>Step3における、検査方法で設定した座標系の、高さ検査方向で設定した方向の位置となります。<br>検査基準位置は、Step3で設定した座標系での、下図の接触する予定の位置です。<br>できるだけ動作開始位置から接触位置までの距離が短くなるように、動作開始位置を教示してください。力制御機能は位置制御と比べて速度が遅いため、動作距離が長いほどサイクルタイムが遅くなります。<br>  <br><br>a: 接触位置 / b: 基準点<br>最小値: -2000[mm]<br>最大値: 2000[mm]<br>デフォルト値: 100[mm] |

| | |
|---|---|
| 許容誤差 | 許容誤差を設定します<br>許容誤差は検査基準位置にある図の、検査の成功条件範囲の2の長さです。<br>許容誤差が小さいほど、作業は成功しづらくなります。許容誤差を一度大きくして、実行したときの実際の結果から許容誤差を調整することを推奨します。<br>最小値: 0.01[mm]<br>最大値: 10[mm]<br>デフォルト値: 1[mm] |
| [キャンセル]ボタン | 高さ検査シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step5 高さ検査の接触速度の設定**

高さ検査の接触速度をプリセットから設定します。直接プロパティーを設定することもできますが、上級者用の設定です。




| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 頑丈さ | ワークの材質の頑丈さを選択します。“壊れやすい”, “中間”, “硬い”の3つのプリセットから選択します。選択する頑丈さの目安は以下のようになります。<br>壊れやすい: ガラス<br>中間: プラスチック<br>硬い: 金属<br>頑丈さの選択を “壊れやすい”にすると、接触速度が遅くなり、選択を “硬い”にすると、接触速度が速くなります。<br>“ワークの頑丈さから選択する”を選択すると設定が可能になります。 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ContactFirmnessF | 力制御機能の頑丈さを設定します。<br>値が大きいほど、硬くなり、接触速度が遅くなります。<br>値が小さくなるほど、柔らかくなり、接触速度が速くなりますが、振動的になる場合があります。<br>“手動で設定する (上級者向け)”を選択すると設定が可能になります。<br> ボタンを押すことで、スライダーで頑丈さの調整が可能になります。<br>最小値: 0.1[mm]<br>最大値: 10[mm]<br>デフォルト値: 1.5[mm] |
| ContactForceThresh | 接触したと判定する力の閾値を設定します。<br>「手動で設定する(上級者向け)」を選択すると設定が可能になります。<br> ボタンを押すことで、スライダーで力の閾値の調整が可能になります。 |
| | 接触方向が正方向のとき<br>最小値: -10[N]<br>最大値: -0.1[N]<br>デフォルト値: -2[N] |
| | 接触方向が負方向のとき<br>最小値: 0.1[N]<br>最大値: 10[N]<br>デフォルト値: 2[N] |
| [キャンセル]ボタン | 高さ検査シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step6 作業のタイムアウト時間の設定**

作業のタイムアウト時間を設定します。

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| タイムアウト時間 | タイムアウト時間を設定します。設定したタイムアウト時間が、高さ検査作業の実行時間となります。<br>設定したタイムアウト時間を経過しても高さ検査作業が完了しない場合、作業失敗として高さ検査シーケンスを中断します。<br>最小値: 0.1[sec]<br>最大値: 60[sec]<br>デフォルト値: 10.0[sec] |
| [キャンセル]ボタン | 高さ検査シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 変更一覧画面に進むことができます。新規シーケンス作成画面から開いているときは、完了画面に進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step7 変更一覧**

ウィザードで変更されたプロパティーの一覧を確認することができます。

一度作成した高さ検査シーケンスを、シーケンスウィザードから編集するときに表示されます。新規作成のときは表示されません。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| オブジェクトプロパティー | ウィザードの設定変更によって、どのシーケンスまたはオブジェクトの、どのプロパティーが変更されたのかを表示します。 |
| 変更前<br>変更後 | ウィザードの設定変更によって、プロパティーがどう変更されたのかを表示します。 |
| [キャンセル]ボタン | 高さ検査シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | Step6に戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |
| [完了]ボタン | 入力した内容で高さ検査シーケンスの変更を完了します。 |

**完了 高さ検査シーケンス作成完了**
設定したシーケンスの完了画面です。作成したシーケンス名と、種類を確認できます。新規シーケンス作成画面から開いているとき表示されます。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| シーケンス名 | 基本情報の設定で設定した、シーケンス名を表示します。<br>シーケンス名の設定は次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー<br>-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成-Step1:基本情報の設定 |
| シーケンスの種類 | 専用シーケンスの選択で選択した、シーケンスの種類を表示します。<br>専用シーケンスの選択は次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー<br>-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成-Step3:専用シーケンスの選択 |
| [キャンセル]ボタン | 高さ検査シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | Step6に戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |
| [完了]ボタン | 入力した内容で高さ検査シーケンスの新規作成を完了します。 |

## 4.4.5.2 高さ検査シーケンス

高さ検査シーケンスのプロパティーやその設定方法を説明します。

### 4.4.5.2.1 高さ検査シーケンスのプロパティーガイドライン

一般的な設定手順と、各プロパティーの設定方法を説明します。

**Step1 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティーを設定します。

| プロパティー | 説明 |
|---|---|
| Name | フォースガイドシーケンスの名前です。<br>固有の名前を設定します。 |
| Index | フォースガイドシーケンス固有の番号です。<br>自動的に割り振られます。設定できません。 |
| Description | フォースガイドシーケンスの説明です。<br>作業内容などを記述します。任意の文字列を設定します。 |
| Version | シーケンスの互換バージョンです。<br>シーケンスは指定されたバージョンとして動作します。 |
| RobotNumber | フォースガイドシーケンスを実行するロボットの番号です。<br>実行するロボット番号を設定します。 |
| RobotType | RobotNumberで指定したロボットのロボットタイプです。<br>設定できません。 |
| AutoStepID | フォースガイドオブジェクトのStepIDを自動設定するかどうかを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータがどの工程に対応するかを分かりやすくするためのものです。<br>True : 通常<br>False : 手動でStepIDを指定したい場合 |
| PointFile | フォースガイドシーケンスで使用する予定のポイントファイルを設定します。<br>開始時に、指定されたポイントファイルが読み込まれていない場合、エラーになります。誤操作防止用のプロパティーです。<br>設定しない場合は、どのポイントファイルが読み込まれていても実行されます。 |
| RobotTool | フォースガイドシーケンスで使用する予定のツール番号を設定します。<br>開始時に、設定されたツール番号が選択されていない場合、エラーになります。誤操作防止用のプロパティーです。 |

**Step2 センサー値の補正に関して設定する**

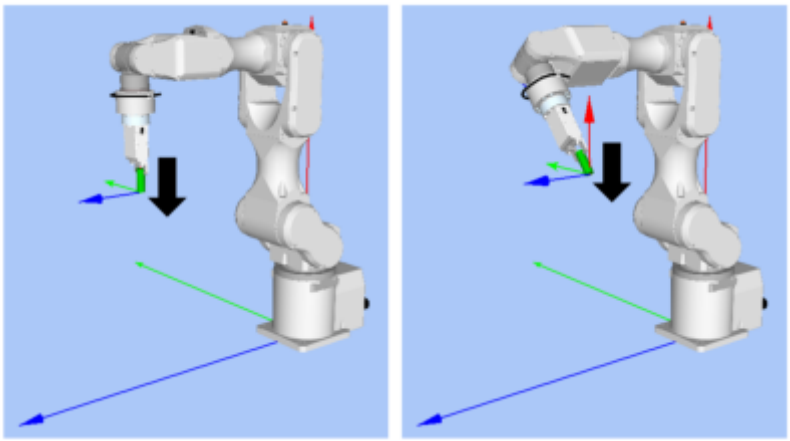
センサー値の補正に関するプロパティー (ResetSensor, MPNumber)を設定します。

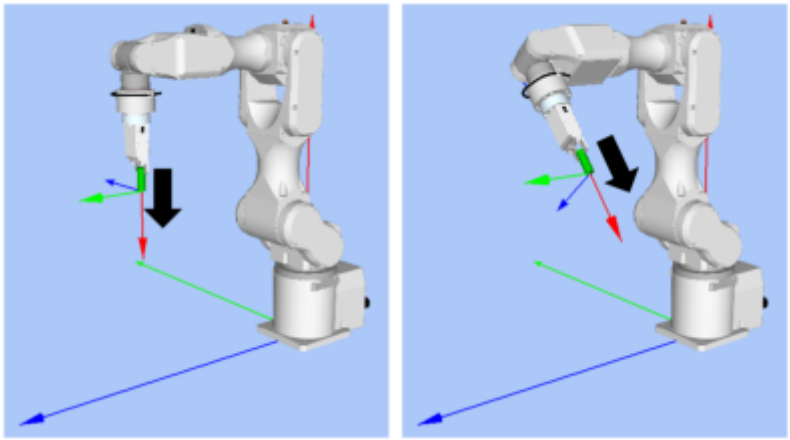
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ResetSensor | フォースガイドシーケンスの実行時、条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを初めて実行したとき、力覚センサーをリセットするかどうかを設定します。 |
| | True : フォースガイドシーケンス開始時に接触していない場合<br>(通常、フォースガイドシーケンスの開始時は非接触状態で開始します。) |
| | False : フォースガイドシーケンスの実行後、接触状態のまま、別のフォースガイドシーケンスを実行するような特殊な場合 |
| MPNumber | フォースガイドシーケンス実行中に使用するマスプロパティーオブジェクト番号を設定します。<br>マスプロパティーオブジェクトとは、重力補償に用いるプロパティーをまとめたものです。 |
| | “0” :<br>フォースガイドシーケンス実行中に、姿勢(U,V,W)を大きく変化させない場合 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | 作成したマスプロパティー番号：<br>フォースガイドシーケンス実行中に、姿勢を大きく変化させる場合 |
| | マスプロパティーの詳細は、次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 重力補償 |

**Step3 力制御機能の座標系に関して設定する**

力制御機能の座標系に関するプロパティー(InspectMethod, ForceOrient, RobotLocal, RotationCenterType, RotationCenterTLX, RotationCenterTLY, RotationCenterTLZ)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| InspectMethod | 部品の高さ検査方法を設定します。<br>移動距離で検査する場合DistInspectを指定します。<br>位置で検査する場合はPosInspectを指定します。 |
| ForceOrient | 力制御機能を実行する座標系の方向を設定します。<br>InspectMethodでDistInspectを指定した場合はTool座標系となります。<br>InspectMethodでPosInspectを指定した場合はBase、Localから選択します。 |
| | Base, Local：<br>フォースガイドシーケンスの開始時の姿勢が変わっても、鉛直下向き方向に押し付けるなど、外から見て、常に一定の方向に対して力制御機能を実行したい場合<br>Localは、一定の方向がベース座標系の軸とは異なる場合に指定します。<br>下図は、Baseを設定した例です。<br>例えば-Z方向に押し付けた場合、ロボット手先の姿勢が変わっても、常に鉛直下向き方向 (ベース座標系の-Z方向)に押し付けを行います。(黒い矢印はロボットの動く方向を示します。)<br>  |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | Tool:<br>開始時の姿勢に合わせて、力制御機能を実行したい場合<br>下図は、Toolを設定した例です。<br>例えば+Z方向に押し付けた場合、開始時のロボット手先の姿勢にしたがって、押し付ける向きが変わります。<br>  |
| RobotLocal | ForceOrientが、Localのときに使用されるローカル座標系番号を設定します。 |
| RotationCenterTLX<br>RotationCenterTLY<br>RotationCenterTLZ | ツール座標系から回転中心までの各方向のオフセット量を設定します。 |

力制御機能の座標系に関する設定は、シミュレーター機能によって設定状態を確認することができます。ただし、フォースガイドシーケンス内に、フォースガイドオブジェクトが1つも配置されていない場合は、フォースガイドオブジェクトを設置してから確認してください。
シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

**Step4 最大速度と最大加速度を設定する**
最大速度と最大加速度に関するプロパティー (LimitAccelS, LimitAccelR, LimitSpeedS, LimitSpeedR)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LimitSpeedS<br>LimitSpeedR | フォースガイドシーケンス実行中の最大速度を設定します。<br>LimitSpeedS: 最大並進速度<br>LimitSpeedR: 最大回転角速度<br>力制御機能では、力の加わり方によって、速度が増減します。LimitSpeedSとLimitSpeedRを超えないように制御されます。 |
| LimitAccelS<br>LimitAccelR | フォースガイドシーケンス実行中の最大加速度を設定します。<br>LimitAccelS: 最大並進加速度<br>LimitAccelR: 最大回転角加速度<br>力制御機能では、力の加わり方によって、加速度が増減します。LimitAccelSとLimitAccelRを超えないように制御されます。<br>この値が小さいと、力を受けた時の反応が遅くなり、大きくバウンドすることがあります。<br>ロボットがバウンドするような場合は大きく、発振するような場合は小さくしてください。 |

**Step5 記録に関する条件を設定する**

記録に関するプロパティー (LogRobotLocal, LogFileEnabled, LogFileAutoName, LogFileNameVar, LogFileMaxTime, LogFileInterval)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LogRobotLocal | 記録するロボット位置の基準とするローカル座標系番号を設定します。<br>位置に関するログデータは指定されたローカル座標系における位置として記録されます。 |
| | Base : 通常 |
| | ローカル座標系番号: 指定するローカル座標系における位置として記録したい場合 |
| LogFileEnabled | フォースガイドシーケンス実行中のログデータをファイルに保存するかどうかを設定します。 |
| | False : ファイルに保存されません。<br>実行時にフォースガイドウィンドウのグラフでログデータを確認することができます。 |
| LogFileAutoName | ログデータファイルの名前を自動設定するかどうかを設定します。 |
| | True : 自動設定する場合<br>フォースガイドシーケンス名と開始時刻から生成されます。<br>“フォースガイドシーケンス名_年月日_時分秒ミリ秒” |
| | False : 任意の名前を指定する場合 |
| LogFileNameVar | LogFileAutoNameが、Falseのときの、ログデータファイルの名前を示すグローバル変数を設定します。 |
| LogFileInterval | ファイル化するときのログデータのサンプリング間隔を設定します。 |
| LogFileMaxTime | ファイル化するときのログデータの最大時間を設定します。 |

## 4.4.5.2.2 高さ検査シーケンスのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドシーケンスに割りあてる固有の名前を設定します。同名のフォースガイドシーケンスを作成することはできません。
  名前を変更することができます。最大16文字まで指定します。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。また、先頭の文字を数字にすることはできません。
- Indexプロパティー
  フォースガイドシーケンスの番号を表示します。本プロパティーは、自動的に設定と更新がされます。変更できません。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 32 |

- Descriptionプロパティー
  フォースガイドシーケンスに追加する説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Versionプロパティー
  専用シーケンスの場合のVersionは7.5.1となります。変更できません

- RobotNumberプロパティー
  フォースガイドシーケンスを使用するロボットの番号を指定します。指定されていないロボットでフォースガイドシー ケンスを実行した場合、エラーになります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 1~16 | フォースガイドシーケンスを使用するロボットの番号です。 |

  デフォルト: シーケンスウィザードで指定したロボット番号
- RobotTypeプロパティー
  フォースガイドシーケンスを使用するロボットの種類です。
  本プロパティーはRobotNumberで指定したロボット番号から自動的に設定されます。変更できません。
- AutoStepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDに関して自動割り振りを指定します。
  自動的に割り振る場合は、フォースガイドシーケンス番号*100+フォースガイドオブジェクト番号が設定されます。
  StepIDは、フォースガイドシーケンス実行中の力や位置を記録したファイルに記録され、どの区間がどのフォースガイドオブジェクトに対応するかを判別するために使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | StepIDを自動的に設定します。 |
| False | 各フォースガイドオブジェクトのStepIDプロパティーの値を設定します。 |

  デフォルト: True
- ResetSensorプロパティー
  フォースガイドシーケンスで、初めて条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを開始するときに、力覚センサーをリセットするかどうかを指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを開始する時に力覚センサーをリセットします。 |
| False | 力覚センサーをリセットしません。 |

  デフォルト: True
- MPNumberプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するマスプロパティーオブジェクトの番号を指定します。
  マスプロパティーオブジェクトとは、重力補償に用いるプロパティーをまとめたものです。マスプロパティーオブジェクトは、あらかじめ定義しておく必要があります。フォースガイドシーケンス実行中に大きく角度が変わる場合は適切な、マスプロパティーオブジェクトを指定してください。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 | 重力補償をオフにします。 |
| 1~15 | 指定したマスプロパティーを使用します。 |

  デフォルト: 0
- PointFileプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するポイントファイル名を指定します。

フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定していないポイントファイルが読み込まれていた場合、エラーとなります。誤操作防止用のプロパティーです。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| None | 未指定<br>(ポイントファイルを確認せず、どのポイントファイルが読み込まれていても実行できます。) |
| ポイントファイル名 | 指定されたポイントファイルが読み込まれていない場合、エラーになります。 |

デフォルト: None

- RobotToolプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するツール座標系番号を指定します。
  フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定していないツール座標系番号が選択されている場合、エラーとなります。誤操作防止用のプロパティーです。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0~15 | 指定されたツール座標系番号が選択されていない場合、エラーになります。 |

デフォルト: 0

- InspectMethodプロパティー
  高さ検査の方法を指定します。
  DistInspectを指定した場合、検査開始位置からワークに接触するまでの距離で検査します。フォースガイドシーケンスのForceOrientは、“Tool”に固定となります。
  PosInspectを指定した場合、接触したときのロボットの位置で検査します。フォースガイドシーケンスのForceOrientは、“Base”か “Local”になります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| DistInspect | 検査開始位置からワークに接触するまでの距離で検査します。 |
| PosInspect | 接触したときのロボットの位置で検査します。 |

デフォルト: DistInspect

- ForceOrientプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、力制御機能を適用する座標系の方向を指定します。
  フォースガイドシーケンスのInspectMethodで “DistInspect”を指定した場合、ForceOrientは “Tool”に固定となります。変更できません。
  Toolを指定した場合、ロボットの姿勢が変わると、ツール座標系の方向が変わるため、高さ検査の方向が変化します。
  フォースガイドシーケンスのInspectMethodで “PosInspect”を指定した場合、ForceOrientは、“Base”か “Local”を指定できます。
  BaseまたはLocalを指定した場合、ロボットの姿勢が変わっても高さ検査の方向は変化しません。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | 力制御機能を適用する座標系の方向をベース座標系とします。 |
| Local | 力制御機能を適用する座標系の方向をローカル座標系とします。 |
| Tool | 力制御機能を適用する座標系の方向をツール座標系とします。 |

デフォルト: Tool

- RobotLocalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、力制御機能を適用する座標系のローカル座標系番号を指定します。
  ForceOrientプロパティーがLocalの場合に使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系 (ベース座標系)を使用します。<br>ForceOrientで、Baseを指定した場合と同じです。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

  デフォルト: 0 (Base)

- RotationCenterTLXプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までの、X方向の距離を設定します。
  X方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のX方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- RotationCenterTLYプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までの、Y方向の距離を設定します。
  Y方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のY方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- RotationCenterTLZプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までの、Z方向の距離を設定します。
  Z方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のZ方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 0

- LimitSpeedSプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された速度に制限されます。

| | 値 (単位: [mm/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 250 |

  デフォルト: 50

- LimitSpeedRプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の角速度を指定します。

ロボットの動作は力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力やトルクで変化しますが、本プロパティーで指定された角速度に制限されます。

| | 値 (単位: [deg/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 180 |

デフォルト: 25

- LimitAccelSプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の加速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された加速度に制限されます。

| | 値 (単位: [$mm/sec^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 25000 |

デフォルト: 200

- LimitAccelRプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の角加速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された角加速度に制限されます。

| | 値 (単位: [$deg/sec^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 5000 |

デフォルト: 100

- LogRobotLocalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に記録するロボットの位置姿勢について、基準とするローカル座標系番号を指定します。
  ロボットの位置姿勢は、本プロパティーで指定したローカル座標系から見たツール座標系の位置姿勢で記録されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

デフォルト: 0 (Base)

- LogFileEnabledプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢をファイルに保存するかを指定します。
  Trueを指定した場合、モニター画面のグラフに値が表示され、同時にファイルに保存されます。
  Falseを指定した場合、モニター画面のグラフには値が表示されますが、ファイルには保存されません。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | ログデータをファイルに保存します。 |
| False | ログデータをファイルに保存しません。 |

デフォルト: False

- LogFileAutoNameプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイル名について、自動設定するかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドシーケンス名+開始時刻からファイル名が自動で設定されます。
  フォースガイドシーケンス名_yyyymmdd_hhmmssfff.csv
  False を指定した場合、LogFileNameVarで指定した変数内の文字列に“.csv”をつけてファイル名とします。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | ログデータファイルの名前を自動的に設定します。 |
| False | ログデータファイルの名前をLogFileNameVarで指定された名前にします。 |

  デフォルト: True
- LogFileNameVarプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイル名を保存するグローバル文字列変数を指定します。
  LogFileAutoNameでFalse を指定した場合に使用されます。指定した変数内の文字列に“.csv”をつけてファイル名とします。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| None | 未指定 (自動設定されます。) |
| 変数名 | 指定されたグローバル文字列変数の値がファイル名になります。<br>文字列変数のみ指定できます。 |

  デフォルト: None
- LogFileIntervalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイルについて、サンプリング周期を指定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.002 |
| 最大値 | 1 |

  デフォルト: 0.2
- LogFileMaxTimeプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイルについて、最大の記録時間を指定します。
  フォースガイドシーケンスの実行時間よりも短い場合、それ以降は、ファイルに記録されません。注意してください。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 60 |
| 最大値 | 600 |

  デフォルト: 60

#### 4.4.5.2.3 高さ検査シーケンスのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。

フォースガイドシーケンスが最後まで実行され、最後のフォースガイドオブジェクトが成功するか、最後のフォースガイドオブジェクトのAbortSeqOnFailプロパティーがFalseの場合、成功になります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドシーケンスが成功した。 |
| Failed | フォースガイドシーケンスが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドシーケンスが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドシーケンスの実行中に停止した。 |

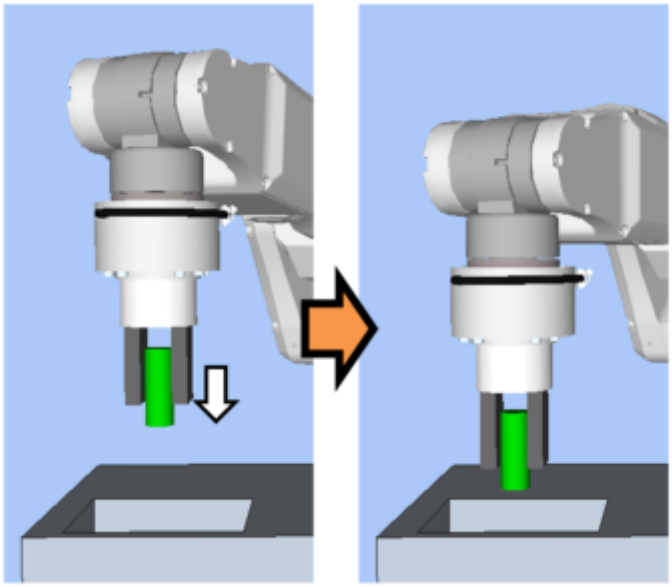
- FailedStatusリザルト
  シーケンスの失敗した理由です。
  AbortSeqOnFailがTrueのオブジェクトを実行した結果が、失敗である場合の失敗した理由です。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| OK | フォースガイドシーケンスが成功した。 |
| GeneralObjectFailed | 汎用オブジェクトが失敗した。 |
| ContactFailed | 位置は成功条件の範囲内だが、接触できていない。 |
| PosConditionFailed | 位置が成功条件の範囲外のため失敗した。 |
| Overrun | 位置超過のため失敗した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- LastExecObjectリザルト
  最後に実行したフォースガイドオブジェクト名です。
- EndForcesリザルト
  フォースガイドシーケンス終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- MeasuredHeightリザルト
  ForceOrientが「Tool」に設定されているときは動作開始位置からの距離です。ForceOrientが「Base、Local」に設定されているときは、ForceOrientで設定した座標系から見た、高さ検査オブジェクトのContactOrientで設定した検査方向の位置です。
  単位:[mm]

### 4.4.5.3 高さ検査オブジェクト

高さ検査オブジェクトは指定方向に動作させて、指定の力で接触した位置を検出するフォースガイドオブジェクトです。



上図は、高さ検査オブジェクトの動作のイメージです。非接触状態から、白い矢印で示す方向に移動し、接触した位置で停止して、位置の検査をします。

高さ検査オブジェクトは、指定時間内に終了条件を満たしたとき成功、または失敗となります。高さ検査オブジェクトは、力と位置に関する終了条件が使用できます。

各終了条件は必ず使用されます。
各終了条件の成功条件を全てが満たされた場合: 高さ検査オブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
各終了条件の失敗条件を1つでも満たされた場合: 高さ検査オブジェクトの実行を終了し失敗したと判定して、フォースガイドシーケンスの実行を中断します。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 力に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、ContactOrientで指定した軸方向にContactForceThreshで指定した力に達すること |
| 位置に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下を満たすこと |
| | 検査方法に距離で検査する (ツール)を指定した場合:<br>ContactOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離が、DistExpected ± DistExpectedTolの範囲に入ること |
| | 検査方法に位置で検査する (ベース, ローカル)を指定した場合:<br>指定された座標系のContactOrientで指定した軸方向の、ワークが接触したときの位置が、PosExpected ± PosExpectedTolの範囲に入ること |

| 終了条件 | 失敗条件 |
|---|---|
| 位置に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下を満たすこと |
| | 検査方法に距離で検査する(ツール)を指定した場合:<br>ContactOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離がDistExpected +DistCheckTolを超えること |
| | 検査方法に位置で検査する(ベース, ローカル)を指定して、動作方向に正方向を指定した場合:<br>指定された座標系のContactOrientで指定した軸方向 の、ワークが接触したときの位置がPosExpected + PosExpectedTolを超えること |
| | 検査方法に位置で検査する (ベース, ローカル)を指定して、動作方向に負方向を指定した場合:<br>指定された座標系のContactOrientで指定した軸方向 の、ワークが接触したときの位置がPosExpected - PosExpectedTolを超えること |

### 4.4.5.3.1 高さ検査オブジェクトのプロパティーガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**

基本情報に関するプロパティー(Name, Description, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 接触方向と力制御機能を設定する**

接触方向と力制御機能に関するプロパティー (ContactOrient, ContactFirmnessF)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ContactOrient | 接触する方向を指定します。<br>ロボットは、指定方向へ移動します。 |
| ContactFirmnessF | 力制御機能の硬さを設定します。 |

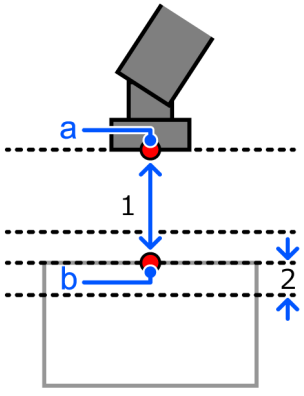
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |

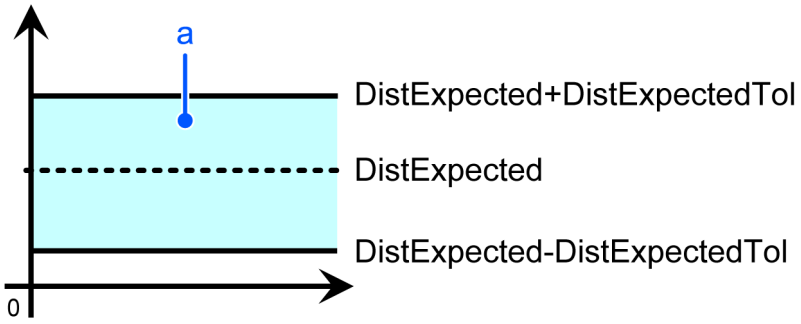
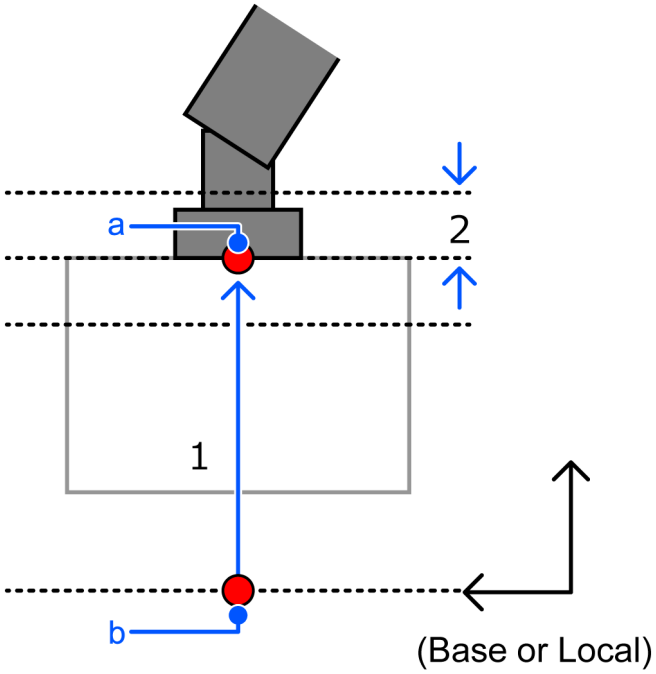
ContactOrientは、シミュレーター機能によって設定状態を確認できます。指定方向以外がグレイアウト表示された座標系が表示されます。
ただし、ロボットは、現在位置を基に表示されます。フォースガイドオブジェクトを実行する位置姿勢にした状態で確認してください。
シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

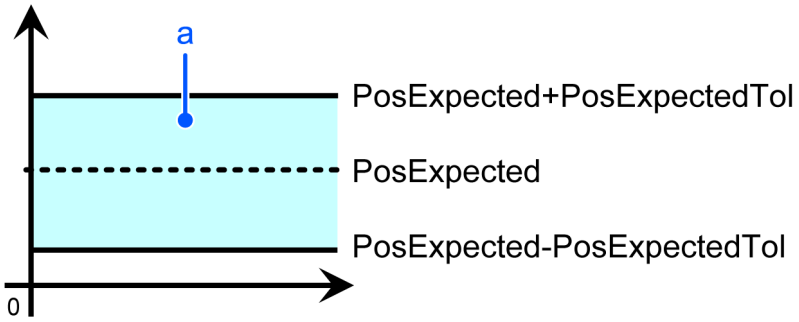
**Step 3. 終了条件について設定する**
終了条件に関するプロパティー (ContactForceThresh, Timeoutプロパティー)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ContactForceThresh | 接触したと判定する閾値を設定します。<br>お客様のワークが許容する値を設定してください。 |
| | 大きい絶対値を設定した場合:<br>接触までの移動速度が速くなります。 |
| | 値が小さすぎる場合:<br>ロボットが移動しないことがあります。 |
| Timeout | 高さ検査オブジェクトのタイムアウト時間を設定します。<br>接触するまでに指定時間が経過した場合、失敗となります。 |

**Step 4. 成功条件について設定する**
成功条件に関するプロパティー (DistExpected, DistExpectedTol, PosExpected, PosExpectedTol)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| DistExpected | 動作開始位置から接触する予定の位置までの基準距離を設定します。<br>高さ検査シーケンスのForceOrientで設定した座標系の、高さ検査オブジェクトContactOrientで設定した方向の移動距離となります。<br>検査基準距離は、下図の上側の赤色の点で示す動作開始位置と、下側の赤色の点で示す接触位置までの1の距離です。<br>  <br>a: 開始位置 / b: 接触位置 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | 高さ検査シーケンスのInspectMethodをDistInspectに設定した場合、成功条件として有効になります。<br>できるだけ検査基準距離が短くなるように、動作開始位置を教示してください。力制御機能は位置制御と比べて速度が遅いため、検査基準距離が長いほどサイクルタイムが遅くなります。 |
| DistExpectedTol | 動作開始位置から接触する予定の位置までの基準距離の許容誤差を設定します。<br>下図は、DistExpectedTolのイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲<br>高さ検査シーケンスのInspectMethodを “DistInspect”に設定した場合、成功条件として有効になります。 |
| PosExpected | 接触する予定の位置を設定します。<br>高さ検査シーケンスのForceOrientで設定した座標系の、高さ検査オブジェクトContactOrientで設定した方向の位置となります。<br>検査基準位置は、ContactOrientに設定した座標系での、下図の接触位置です。<br>  <br><br>a: 接触位置 / b: 基準点<br>高さ検査シーケンスのInspectMethodを “PosInspect”に設定した場合、成功条件として有効になります。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| PosExpectedTol | 接触する予定の位置の許容誤差を設定します。<br>下図は、PosExpectedTolのイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲<br>高さ検査シーケンスのInspectMethodをPosInspectに設定した場合、成功条件として有効になります。 |

### 4.4.5.3.2 高さ検査オブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  高さ検査シーケンスを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、HeightInspect01のように、HeightInspectの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は、変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。
  AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。
- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True

- ContactOrientプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系における、高さ検査の動作方向を指定します。ロボットは、指定方向に動作して、物体に接触したとき、停止します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| +Fx | 指定座標系の+Fx方向に動作方向を指定します。 |
| -Fx | 指定座標系の-Fx方向に動作方向を指定します。 |
| +Fy | 指定座標系の+Fy方向に動作方向を指定します。 |
| -Fy | 指定座標系の-Fy方向に動作方向を指定します。 |
| +Fz | 指定座標系の+Fz方向に動作方向を指定します。 |
| -Fz | 指定座標系の-Fz方向に動作方向を指定します。 |

  デフォルト: +Fz

- ContactFirmnessFプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中の、フォースガイドオブジェクトのContactOrientで指定した動作方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  ContactFirmnessFの値が大きい場合: 動作方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  ContactFirmnessFの値が小さい場合: 動作方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1.5

- ContactForceThreshプロパティー
  接触と判定する力の閾値を指定します。
  高さ検査オブジェクト実行中に、本プロパティーで指定された値を超えたとき、ロボットは接触したことを認識して動作を停止し、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

  - ContactOrientが正方向の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -10 |
| 最大値 | -0.1 |

    デフォルト: -2

  - ContactOrientが負方向の場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

    デフォルト: 2

- DistExpectedプロパティー
  高さ検査開始位置から接触する予定の位置までの距離を指定します。フォースガイドシーケンスのInspectMethodプロパティーにDistInspectを指定した場合に使用します。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 50 |

  デフォルト: 10
- DistExpectedTolプロパティー
  作業が終了したときに、動作開始位置から移動した距離の成功条件となる範囲を指定します。
  DistExpected ± DistExpectedTolの範囲を成功条件とします。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.01 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1
- PosExpectedプロパティー
  接触する予定の位置を指定します。フォースガイドシーケンスのInspectMethodプロパティーにPosInspectを指定した場合に使用します。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

  デフォルト: 100
- PosExpectedTolプロパティー
  作業が終了したときの、接触した位置の成功条件となる範囲を指定します。
  PosExpected ± PosExpectedTolの範囲を成功条件とします。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.01 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1
- Timeoutプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのタイムアウト時間を指定します。
  Timeoutで指定した時間を超えても、ContactForceThreshで指定した条件を満たさなかった場合、高さ検査オブジェクトに失敗したと判定します。
  判定後、AbortSeqOnFailにしたがって、フォースガイドシーケンスを終了するか、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 60 |

  デフォルト: 10

### 4.4.5.3.3 高さ検査オブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  高さ検査オブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- TimedOutリザルト
  Timeoutプロパティーで指定したタイムアウト時間に到達したかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | タイムアウト時間に到達した。 |
| False | タイムアウト時間に到達する前に終了した。 |

- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。
  Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- ForceCondOKリザルト
  力に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を満たした。 |
| False | 力に関する終了条件を満たさなかった。 |

- TriggeredForcesリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredPosリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]

- PosCondOKリザルト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を満たした。 |
| False | 位置に関する終了条件を満たさなかった。 |

- PosLimitedリザルト
  位置の制限範囲を超えたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置の制限範囲を超えた。 |
| False | 位置の制限範囲を超えなかった。 |

### 4.4.5.4 高さ検査シーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン

高さ検査シーケンスとオブジェクトを使用するときの、調整方法について説明します。

- FailedStatusリザルトがGeneralObjectFailedと表示されている場合:
  高さ検査シーケンスに配置されている、汎用オブジェクトで失敗しています。LastExecObjectリザルトに最後に実行したオブジェクトが表示されています。表示されているオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン、または調整ガイドラインを参考にしてプロパティーを調整してください。

- FailedStatusリザルトがContactFailedと表示されている場合:
  高さ検査方向のFirmnessの値を小さくします。
  ただし、動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%減少させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。
  Firmnessを小さくしても改善しない場合は、Timeoutを大きくしてください。

- FailedStatusリザルトがPosConditionFailedと表示されている場合:
  高さ検査オブジェクトを実行中に、位置がオブジェクトで設定されている位置の成功条件の範囲外のため失敗しています。
  設定したDistExpected, DistExpectedTol、またはPosExpected, PosExpectedTolを実際の環境およびワークの仕様と確認してください。

- FailedStatusリザルトがOverrunと表示されている場合:
  高さ検査オブジェクトを実行中に、位置がオブジェクトで設定されている位置の成功条件の範囲を超えても、力が力の成功条件を満たさずに動作したため、位置超過と判定され失敗しています。
  設定したDistExpectedまたはPosExpectedを実際の環境およびワークの仕様と確認してください。

- 接触時の力が大きい場合:
  ContactForceThreshの値を小さくします。または、ContactFirmnessFの値を大きくします。
  ただし、移動速度が遅くなります。許容できる状態に調整してください。

- 接触する前にフォースガイドオブジェクトが終わってしまう場合:
  実行時間が短い場合は、Timeoutの値を大きくします。

- 接触する前に接触したと誤判定する場合:
  移動時の慣性力や移動によるノイズによって、誤判定することがあります。
  ContactForceThreshの値を大きくします。ただし、接触時の力が大きくなります。許容できる状態に調整してください。

または、ContactFirmnessFの値を大きくします。ただし、移動速度が遅くなります。許容できる状態に調整してください。

- 接触までの移動速度が遅い場合:
  ContactForceThreshの値を大きくします。または、ContactFirmnessFの値を小さくします。
  ただし、接触時の力が大きくなることや、振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。

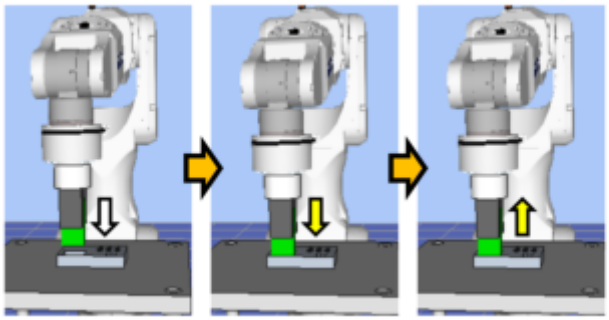
- 接触までに時間がかかる場合:
  フォースガイドオブジェクトの開始位置が離れている場合は、移動しなければならない距離が大きいため時間がかかります。開始位置を、接触予定位置にできるだけ近く、接触しない位置に変更してください。

- 接触方向に動かない、反対方向に動く場合:
  力覚センサーのリセットが正しく行われていない可能性があります。フォースガイドシーケンスのResetSensorの設定を見直してください。
  または、フォースガイドシーケンスの開始時に接触状態で開始している可能性があります。非接触状態から開始するようにしてください。
  または、ContactForceThreshの絶対値が小さい可能性があります。絶対値を大きくしてください。ただし、接触時の力が大きくなります。許容できる状態に調整してください。

## 4.4.6 挿入シーケンスとオブジェクト

挿入シーケンスは、指定方向に指定の力で押し付けながら、同時にその他の方向に倣わせながらロボットを動作させる機能です。把持しているワークを穴に挿入する作業で使います。さらに挿入した後に、コネクターのように引き抜く方向に、ある規定の力をかけても引き抜けないことを確認することも可能です。

挿入シーケンスは、挿入オブジェクトと引張り試験オブジェクトの2つのオブジェクトで構成されます。作業に応じて、汎用フォースガイドオブジェクトを追加することが可能です。



上図は挿入シーケンスの動作のイメージです。非接触状態から実行して、白い矢印で示す押し付ける方向に向かって移動します。接触状態になってからは黄色い矢印が示すように一定の力を加えた状態を保持します。ここまでの動作が挿入オブジェクトによって実行されます。

その後、黄色い矢印がしめすように押し付ける方向と逆方向に向かって一定の力を加えた状態を保持します。この動作は引張り試験オブジェクトによって実行されます。

この章では挿入シーケンス、挿入オブジェクト、引張り試験オブジェクトのシーケンスウィザードやプロパティー、その設定方法を説明します。
汎用フォースガイドオブジェクトについては次の項を参照してください。
ソフトウェア編 汎用フォースガイドオブジェクト

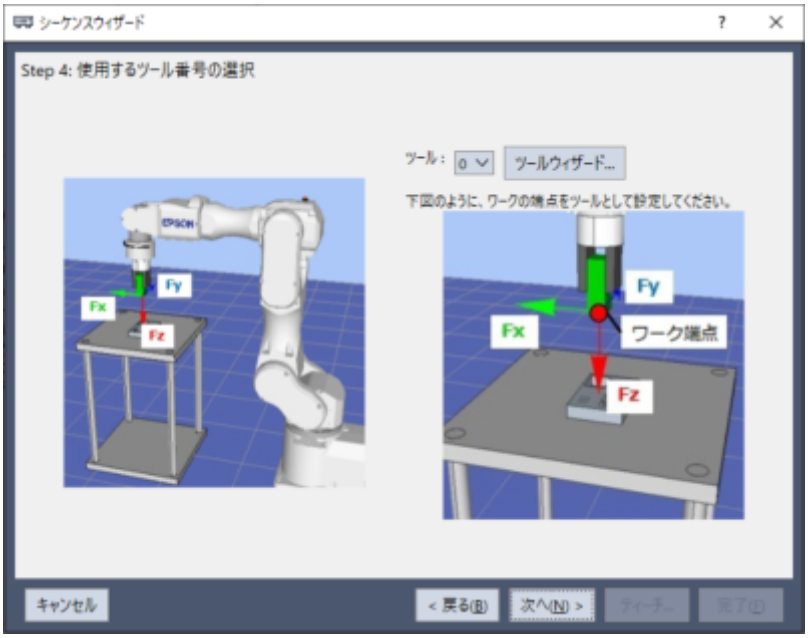
### 4.4.6.1 挿入シーケンスのシーケンスウィザード

シーケンスウィザードを使用して、挿入シーケンスを作成します。ウィザードは、次の方法で表示できます。

- フローチャートのシーケンスフロー、またはシーケンスツリーのシーケンスノードを右クリックし、[シーケンスウィザード]を選択する。
- 挿入シーケンスプロパティーにおけるWizardの設定値[Click to open->]の右側に表示される ... ボタンをクリックする。

シーケンスウィザードが表示されたら、画面にしたがって設定を行います。
挿入シーケンスのシーケンスウィザードは、フォースガイドシーケンスの新規作成画面からも設定が可能です。詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー
-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成

**Step1 使用するツール番号の選択**
挿入シーケンス、挿入オブジェクト、引張り試験オブジェクトで使用する予定のツール番号を選択します。

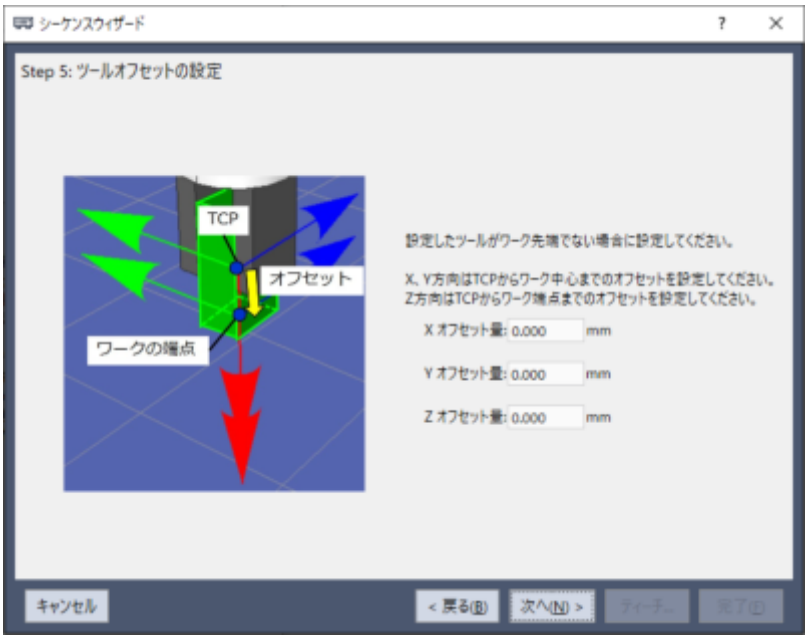



| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ツール | 使用するツール番号を選択します。ワークの端点がツール原点になるように、ツール番号を選択してください。設定されているツール番号がリストボックスに並んでいます。新しくツールを設定したい場合は、ツールウィザードボタンで設定します。<br>"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - Epson RC+ 8.0 GUI - [ツール]メニュー [ツール]-[ロボットマネージャー]-[ツール設定]パネル"<br>最小値: 0<br>最大値: 設定されているツール番号の最大値<br>デフォルト値: 0 |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 新規シーケンス作成画面から開いているとき、1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step2 ツールオフセットの設定**

Step1で設定したツールがワーク先端の中心に設定されていない場合に設定が必要です。ツールからワーク先端の中心までのオフセット量を設定してください。

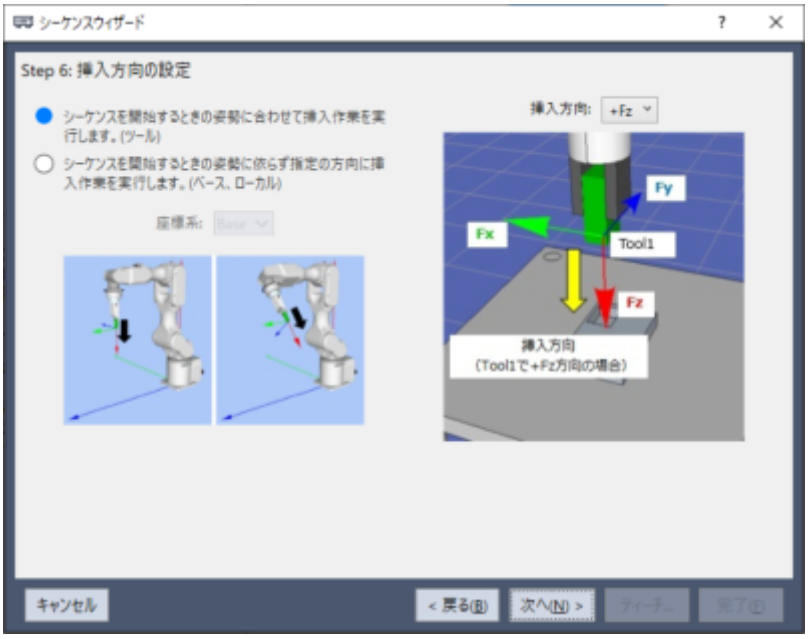


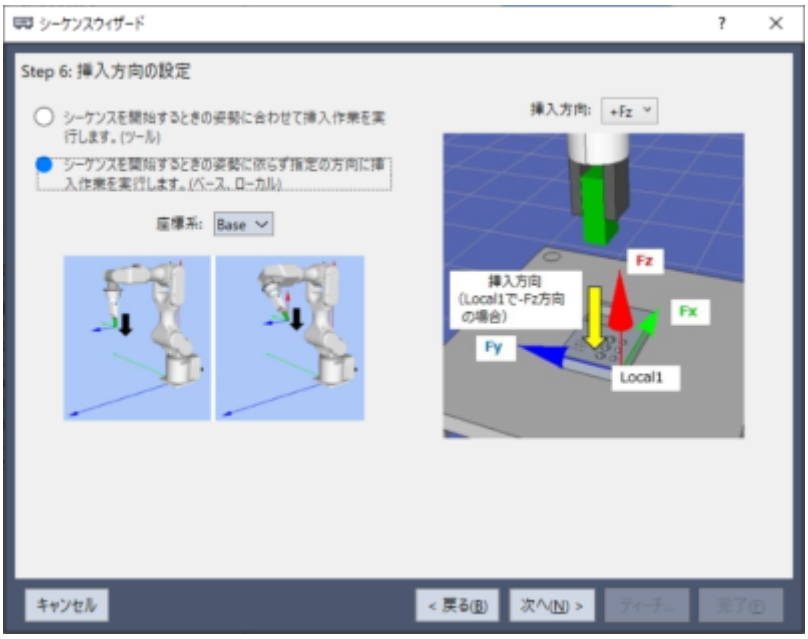

| 項目 | 説明・設定指針 |
|---|---|
| Xオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、X方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |
| Yオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、Y方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |
| Zオフセット量 | Step1で設定したツールからワーク先端までの、Z方向のオフセット量を設定します。<br>最小値: -2000.000[mm]<br>最大値: 2000.000[mm]<br>デフォルト値: 0.000[mm] |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step3 挿入方向の設定**

挿入方向を設定します。

シーケンスを開始するときの姿勢に合わせて挿入作業を実行したい場合は、“ツール”を選択してください。
シーケンスを開始するときの姿勢に関わらず、ワークに合わせた方向に挿入作業を実行したい場合は、“ベース”, “ローカル”を選択してください。



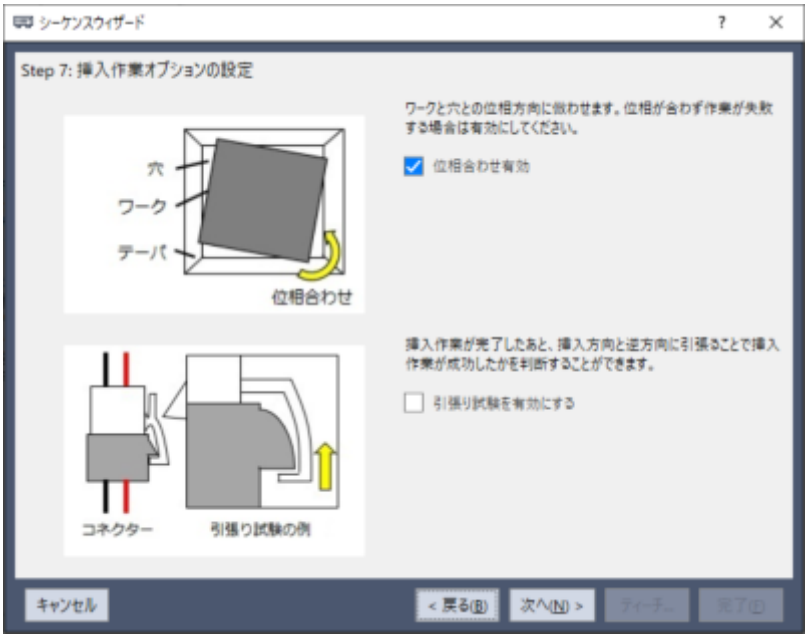




| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 座標系 | 挿入シーケンスで使用される座標系を選択します。<br>挿入座標系を “ベース”, “ローカル”に選択したとき、この座標系でロボットは動作します。挿入されるワークの向きに合わせて、座標系を選択してください。<br>最小値: Base(0)<br>最大値: 15<br>デフォルト: Base |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 挿入方向 | 挿入する方向を選択します。<br>挿入座標系を “ツール”で選択したとき、Step1で設定したツール座標系で、選択した挿入方向で挿入シーケンス、挿入オブジェクトは動作します。<br>挿入座標系“ベース”, “ローカルで選択したとき、座標系で設定したベースまたはローカル座標系で、選択した挿入方向に挿入シーケンス、挿入オブジェクトは動作します。<br>引張り試験オブジェクトは、選択した挿入方向と正負が逆方向に動作します。<br>値: +Fx, -Fx, +Fy, -Fy, +Fz, -Fz<br>デフォルト: +Fz |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step4 挿入作業オプションの設定**

位相合わせと引張り試験を有効にするかを選択します。

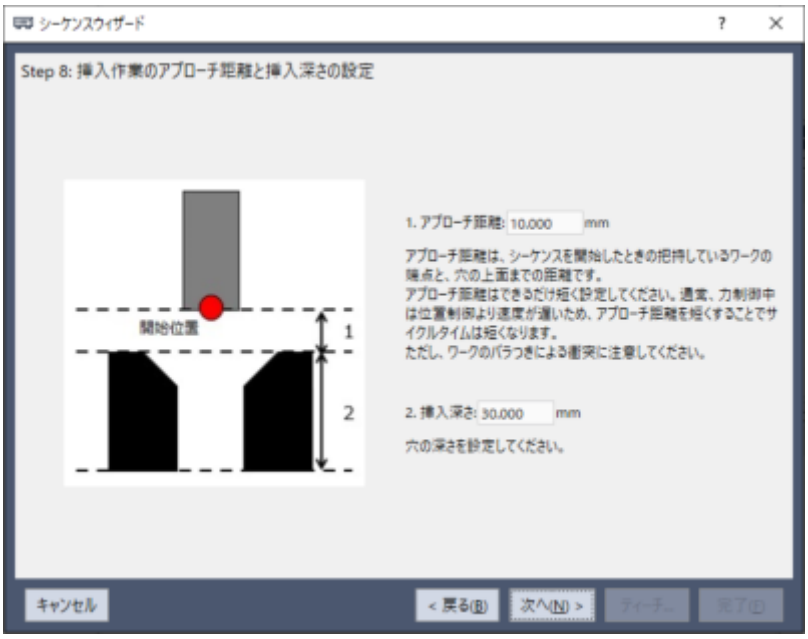


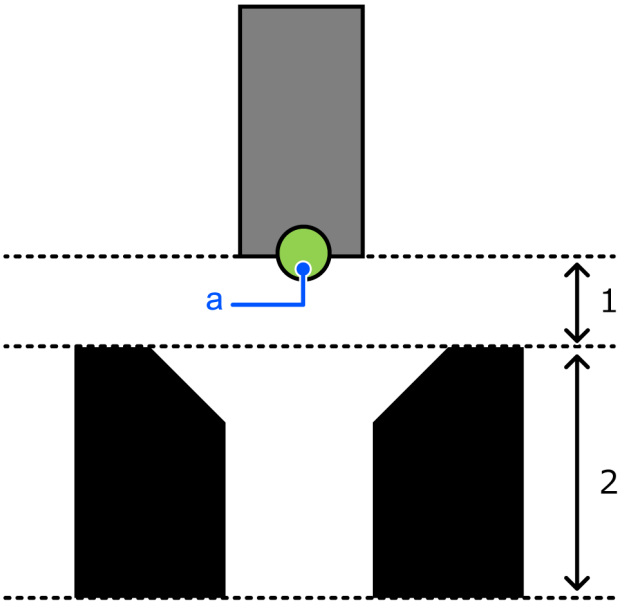

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 位相合わせ有効 | ワークと穴とを位相方向に倣わせるかどうかを設定します。<br>有効にすると、ウィザードの上図の黄色矢印方向に位相を倣わせる動作を、挿入動作中に行います。<br>角柱のように、ワークの位相が合わないと挿入が完了しない場合に有効に設定してください。<br>デフォルト: 有効 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 引張り試験有効 | 引張り試験動作を行うかを設定します。コネクターのようなワークの場合、挿入方向と逆向きに力をかけることで正常に挿入ができているかを判断することができます。<br>デフォルト: 無効 |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step5 挿入作業のアプローチ距離と挿入長の設定**

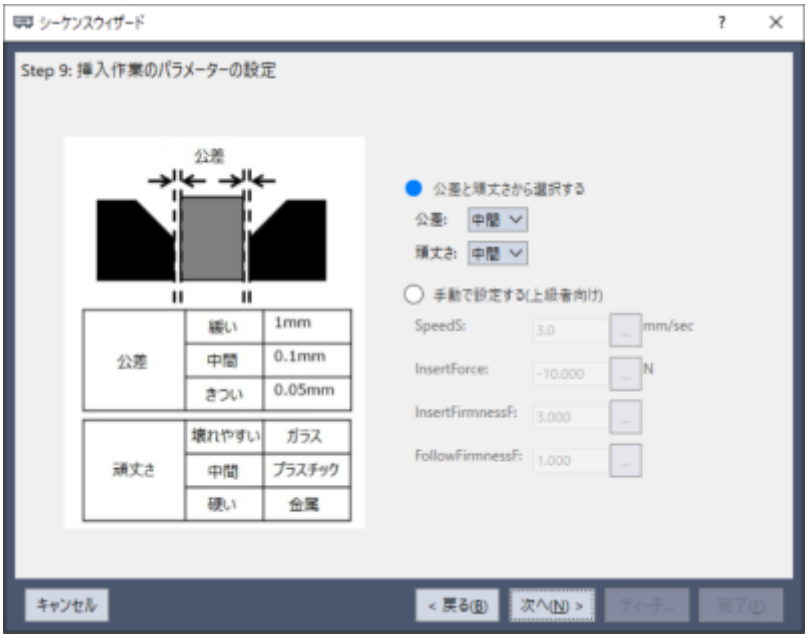
挿入作業のアプローチ距離と挿入深さを設定します。



| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| アプローチ距離 | アプローチ距離を設定します。<br>アプローチ距離は、下図の緑色の点で示す挿入シーケンスを開始したときの把持しているワークの端点と、穴の上面までの1の距離です。<br>できるだけアプローチ距離が短くなるように、動作開始位置を教示してください。力制御機能は位置制御と比べて速度が遅いため、アプローチ距離が長いほどサイクルタイムが遅くなります。<br>  <br><br>a: 開始位置<br>最小値: 0[mm]<br>最大値: 50[mm]<br>デフォルト値: 10[mm] |
| 挿入深さ | 挿入深さを設定します。<br>挿入深さはアプローチ距離にある図の、穴の深さの2の長さです。<br>最小値: 0[mm]<br>最大値: 300[mm]<br>デフォルト値: 30[mm] |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

### Step6 挿入作業のパラメーターの設定

挿入作業のパラメーターをプリセットから設定します。直接プロパティーを設定することもできますが、上級者用の設定です。

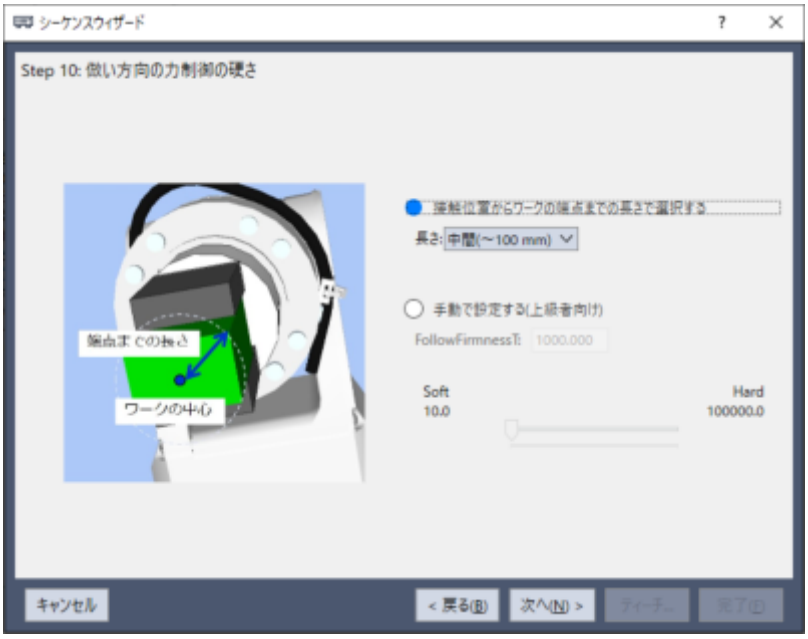


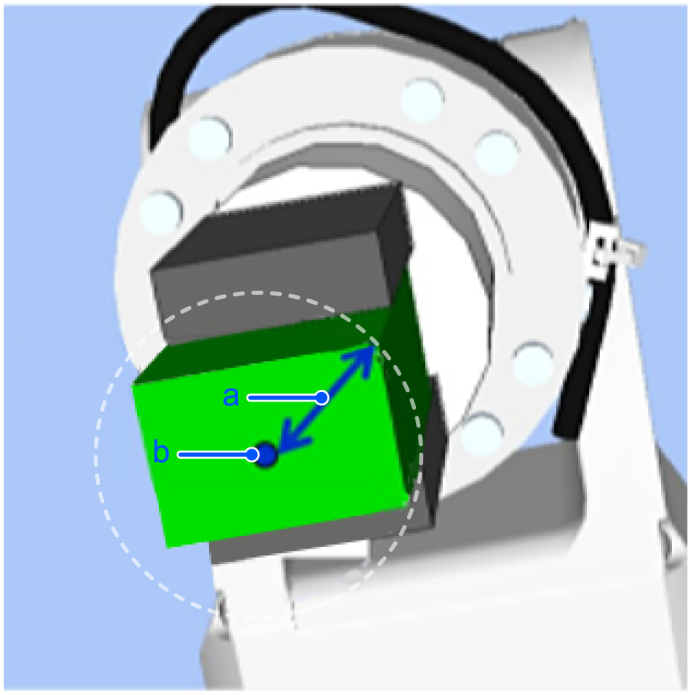

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 公差 | 把持しているワークと穴との公差を選択します。“緩い”, “中間”, “きつい”の3つのプリセットから選択します。選択する公差の目安は以下のようになります。<br>緩い: 1[mm]<br>中間: 0.1[mm]<br>きつい: 0.05[mm]<br>公差の選択を緩くすると挿入速度が速く、押し付ける力が強くなり、選択をきつくすると挿入速度が遅く、押し付ける力が弱くなります。 |
| 頑丈さ | ワークおよび穴の材質の頑丈さを選択します。“壊れやすい”, “中間”, “硬い”の3つのプリセットから選択します。選択する頑丈さの目安は以下のようになります。<br>壊れやすい: ガラス<br>中間: プラスチック<br>硬い: 金属<br>頑丈さの選択を壊れやすくすると押し付ける力が弱く、挿入方向の力の反応が遅くなり、選択を硬いにすると押し付ける力が強く、挿入方向の力の反応が早くなります。 |
| SpeedS | 挿入するときの、ロボットの並進速度を設定します。実際の速度は、力制御機能によって補正されます。<br>上級者向け設定を選択すると設定が可能になります。<br>[...] ボタンを押すことで、スライダーで速度の調整が可能になります。<br>最小値: 0.1[mm/sec]<br>最大値: 100[mm/sec]<br>デフォルト値: 3.0[mm/sec] |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| InsertForce | 挿入方向に加える挿入力を設定します。実際の力は、挿入中にワークと穴とで生じる摩擦力などによって設定した力より大きくなります。<br>上級者向け設定を選択すると設定が可能になります。<br> ボタンを押すことで、スライダーで挿入力の調整が可能になります。 |
| | 挿入方向が正方向のとき<br>最小値: -50.0[N]<br>最大値: 0.0[N]<br>デフォルト値: -10.0[N] |
| | 挿入方向が負方向のとき<br>最小値: 0.0[N]<br>最大値: 50.0[N]<br>デフォルト値: 10.0[N] |
| InsertFirmnessF | 挿入方向の力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| | 上級者向け設定を選択すると設定が可能になります。<br> ボタンを押すことで、スライダーで硬さの調整が可能になります。<br>最小値: 0.1<br>最大値: 10<br>デフォルト値: 3.0 |
| FollowFirmnessF | 挿入方向以外の並進力に対して倣う力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| | 上級者向け設定を選択すると設定が可能になります。<br> ボタンを押すことで、スライダーで硬さの調整が可能になります。<br>最小値: 0.1<br>最大値: 10<br>デフォルト値: 1.0 |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

### Step7 倣い方向の力制御機能の硬さの設定

回転の倣い方向の力制御機能の硬さをプリセットから設定します。直接プロパティーを設定することもできますが、上級者用の設定です。

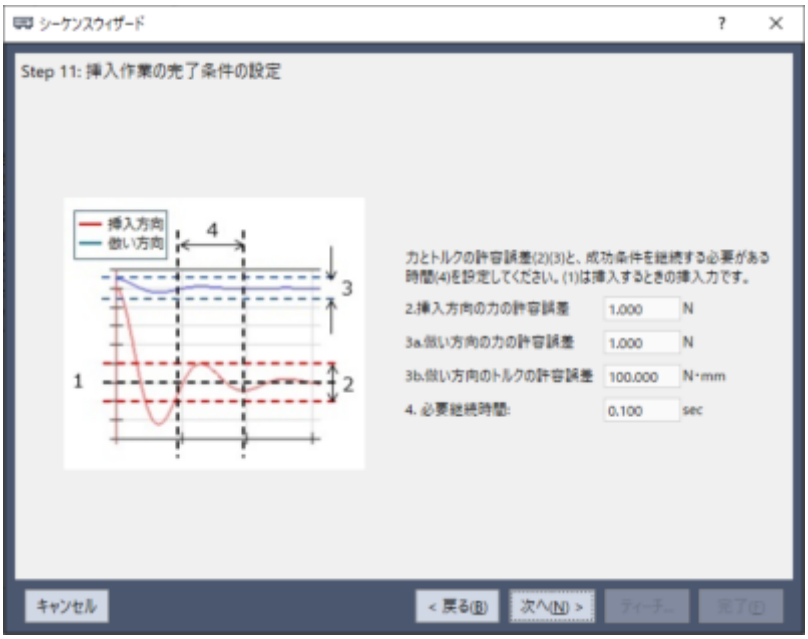


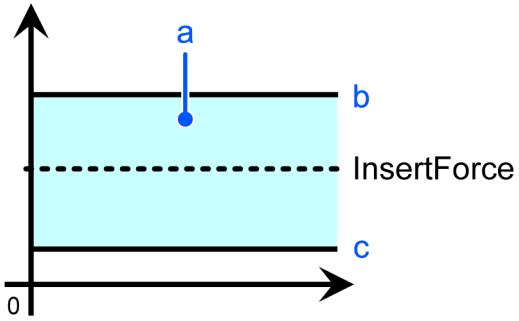
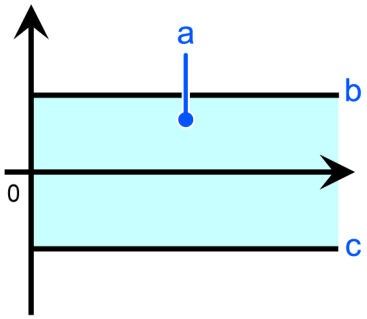

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 長さ | 接触位置(設定したツール中心位置)からワーク端点までの長さを選択します。“短い”, “中間”, “長い”の3つのプリセットから選択します。選択する公差の目安は、以下のようになります。<br>短い: ~60[mm]<br>中間: ~100[mm]<br>長い: ~200[mm]<br>長さは、下図の青線矢印です。ワークが接触する位置を中心とした、ワークの端点と一点でのみ接する円を描いたとき、その円の半径が設定する長さです。<br>  <br>a: 端点までの長さ / b: ワークの中心<br>選択を短くすると、回転方向に倣う反応が早くなります。選択を長くすると、回転方向に倣う反応が遅くなります。 |

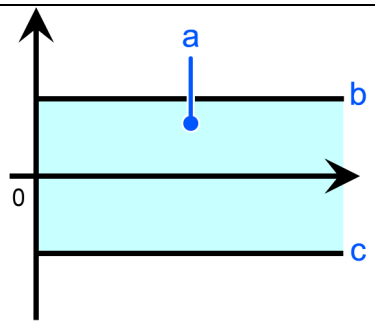
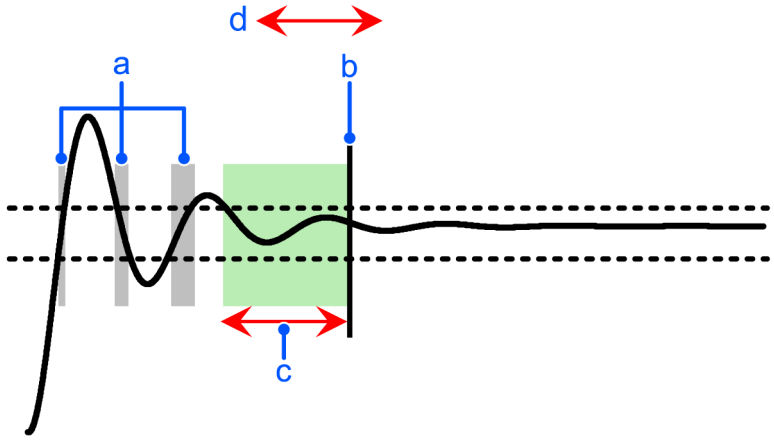
| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| FollowFirmnessT | 回転方向の力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| | 上級者向け設定を選択すると設定が可能になります。<br>[...] ボタンを押すことで、スライダーで硬さの調整が可能になります。<br>最小値: 10.0<br>最大値: 100000<br>デフォルト値: 1000 |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

**Step8 挿入作業の完了条件の設定**

挿入作業の完了条件を設定します。



| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 挿入方向の力の許容誤差 | 力に関する終了条件の、挿入方向の範囲です。終了条件とする範囲を設定します。<br>Fx, Fy, Fz の挿入方向で指定した方向の力(InsertForce)が、InsertForce±許容誤差の範囲に入ることを監視します。例えば、挿入方向を+Fzで設定したとき、範囲に入ることを監視する力はFz方向です。<br>下図は、イメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲 / b: InsertForce+許容誤差 / c: InsertForce-許容誤差<br>許容誤差が小さいほど、作業は成功しづらくなります。許容誤差を一度大きくして、実行したときの実際の結果から許容誤差を調整することを推奨します。<br>最小値: 0.1[N]<br>最大値: 10[N]<br>デフォルト値: 1.0[N] |
| 倣い方向の力の許容誤差 | 力に関する終了条件の、挿入方向以外の倣い方向の範囲です。終了条件とする範囲を設定します。<br>Fx, Fy, Fz の挿入方向で指定した方向以外の力が、± 許容誤差の範囲に入ることを監視します。例えば、挿入方向を+Fzで設定したとき、範囲に入ることを監視する力はFx, Fy方向です。<br>下図はイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲 / b: +許容誤差 / c: -許容誤差<br>許容誤差が小さいほど、作業は成功しづらくなります。許容誤差を一度大きくして、実行したときの実際の結果から許容誤差を調整することを推奨します。<br>最小値: 0.1[N]<br>最大値: 10[N]<br>デフォルト値: 1.0[N] |
| 倣い方向のトルクの | トルクに関する終了条件の範囲を設定します。<br>Tx, Ty, Tz のトルクが、±許容誤差の範囲に入ることを監視します。ただし、挿入方向回りのトルクはStep4で位相合わせを有効にした場合のみ監視します。例えば、挿入方向を+Fz、位相合わせを有効に設定したとき、範囲に入ることを監視するトルクはTx, Ty, Tz方向です。位相合わせを無効に設定した場合は、Tx, Ty方向を監視します。Tz方向は監視しません。<br>下図は、イメージです。 |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 許容誤差 |  <br>a: 設定された範囲 / b: +許容誤差 / c: -許容誤差<br>許容誤差が小さいほど、作業は成功しづらくなります。許容誤差を一度大きくして、実行したときの実際の結果から許容誤差を調整することを推奨します。<br>最小値: 1[N・mm]<br>最大値: 10000[N・mm]<br>デフォルト値: 100[N・mm] |
| 必要継続時間 | 終了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>下図のように、指定した条件が必要継続時間で指定した時間の間継続したとき、終了条件を満たしたと判定します。<br>  <br>a: 継続時間未達 / b: 終了 / c: 指定時間継続 / d: 必要継続時間<br>通常は”0”に近い短い時間を設定します。<br>実際の結果から、時間を決定することを推奨します。<br>最小値: 0.0[sec]<br>最大値: 10[sec]<br>デフォルト値: 0.1[sec] |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

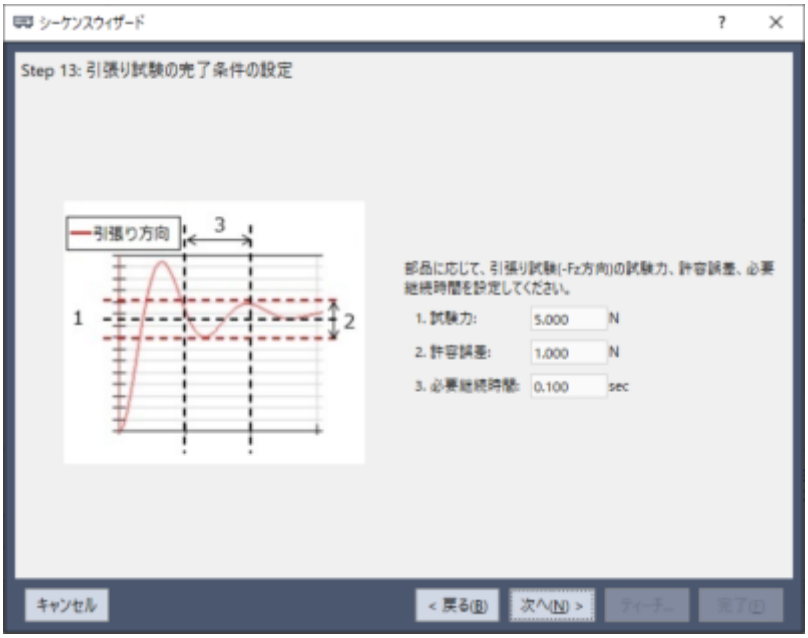
**Step9 作業のタイムアウト時間の設定**

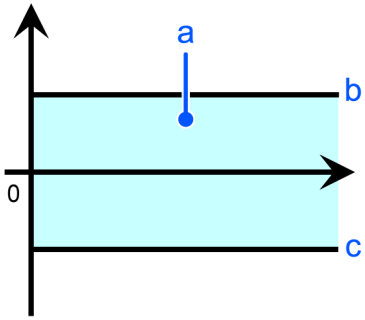
作業のタイムアウト時間を設定します。最低必要時間よりも長い時間を設定することを推奨します。

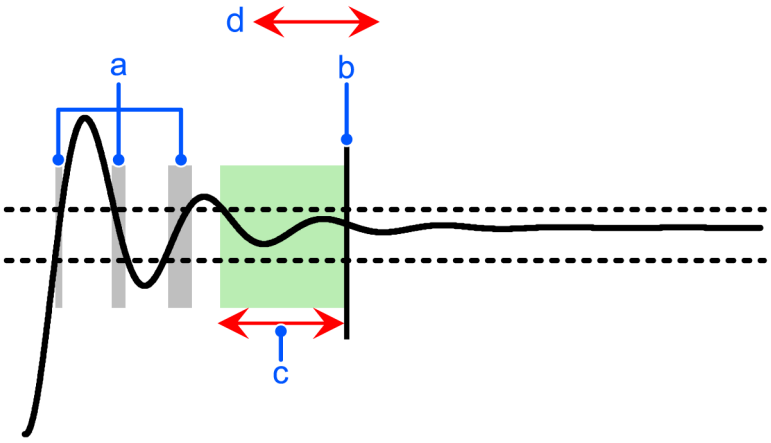
| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| タイムアウト時間 | タイムアウト時間を設定します。設定したタイムアウト時間が、挿入作業の実行時間となります。<br>設定したタイムアウト時間を経過しても挿入作業がStep8で設定した完了条件を満たさない場合、作業失敗として挿入シーケンスを中断します。<br>ウィザードに最低必要時間が表示されています。挿入作業を完了するためには、最低でもこの時間はかかります。そのため、表示されている最低必要時間より長い時間を設定してください。最低必要時間は、Step5, Step6, Step8で設定した、アプローチ距離, 挿入深さ, 挿入速度, 成功判定の必要継続時間から計算されます。<br>最小値: 0.1[sec]<br>最大値: 60[sec]<br>デフォルト値: 10.0[sec] |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | Step4で引張り試験を無効に設定しているとき、変更一覧画面に進むことができます。新規シーケンス作成画面から開いているときは、完了画面に進むことができます。 |
| | Step4で引張り試験を有効に設定しているとき、1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

### Step10 引張り試験の完了条件の設定

引張り試験の完了条件を設定します。この設定画面は、Step4で引張り試験を有効にした場合に表示されます。

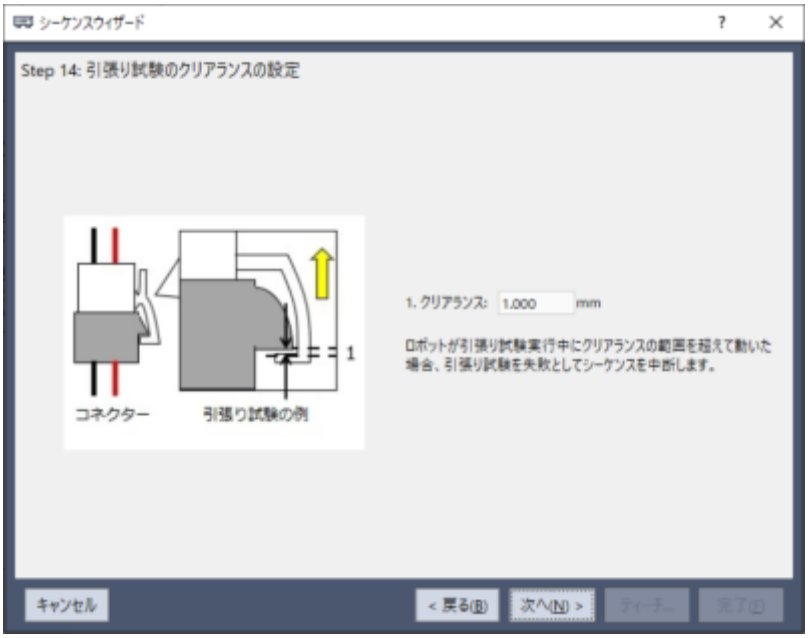



| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| 試験力 | ウィザードに表示されている、引張り試験の方向に加える試験力を設定します。<br>部品に応じて試験力を設定してください。 |
| | 引張り試験方向が正方向のとき<br>最小値: -50.0[N]<br>最大値: 0.0[N]<br>デフォルト値: -5.0[N] |
| | 挿入方向が負方向のとき<br>最小値: 0.0[N]<br>最大値: 50.0[N]<br>デフォルト値: 5.0[N] |
| 許容誤差 | 力に関する終了条件の、引張り試験方向の範囲です。終了条件とする範囲を設定します。<br>Fx, Fy, Fz の引張り試験方向で表示されている方向の力が、±許容誤差の範囲に入ることを監視します。例えば、引張り試験方向が-Fzで表示されているとき、範囲に入ることを監視する力は-Fz方向です。<br>下図はイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲 / b: +許容誤差 / c: -許容誤差<br>許容誤差が小さいほど、作業は成功しづらくなります。許容誤差を一度大きくして、実行したときの実際の結果から許容誤差を調整することを推奨します。<br>最小値: 0.1[N]<br>最大値: 10[N] |

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | デフォルト値: 1.0[N] |
| 必要継続時間 | 終了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>下図のように、指定した条件が必要継続時間で指定した時間の間継続したとき、終了条件を満たしたと判定します。<br>  <br><br>a: 継続時間未達 / b: 終了 / c: 指定時間継続 / d: 必要継続時間<br>通常は”0”に近い短い時間を設定します。<br>実行したときの実際の結果から、時間を決定することを推奨します。<br>最小値: 0.0[sec]<br>最大値: 10[sec]<br>デフォルト値: 0.1[sec] |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

### Step11 引張り試験のクリアランスの設定

引張り試験のクリアランスを設定します。この設定画面は、Step4で引張り試験を有効にした場合に表示されます。




| 項目 | 説明・設定指針 |
|---|---|
| クリアランス | ワークを引張ったときに生じる、ワーク間のクリアランスを設定します。<br>引張り試験を実行しているときに、Step10で表示されていた引張り試験方向に設定したクリアランス以上動いた場合、引張り試験オブジェクトを失敗としてシーケンスを中断します。<br>最小値: 0.1[mm]<br>最大値: 10[mm]<br>デフォルト値: 1[mm] |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 1つ先のStepに進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

### Step12 作業のタイムアウト時間の設定

引張り試験のタイムアウト時間を設定します。

| 項目 | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| タイムアウト時間 | タイムアウト時間を設定します。設定したタイムアウト時間が、引張り試験作業の実行時間となります。<br>設定したタイムアウト時間を経過しても引張り試験作業がStep10で設定した完了条件を満たさない場合、作業失敗として挿入シーケンスを中断します。<br>最小値: 0.1[sec]<br>最大値: 60[sec]<br>デフォルト値: 5.0[sec] |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | 1つ前のStepに戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | 変更一覧に進むことができます。<br>新規シーケンス作成画面から開いているときは、完了に進むことができます。 |
| [完了]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |

### Step13 変更一覧

ウィザードで変更されたプロパティーの一覧を確認することができます。

一度作成した挿入シーケンスを、シーケンスウィザードから編集するときに表示されます。新規作成のときは表示されません。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| オブジェクト<br>プロパティー | ウィザードの設定変更によって、どのシーケンスまたはオブジェクトの、どのプロパティーが変更されたのかを表示します。 |
| 変更前<br>変更後 | ウィザードの設定変更によって、プロパティーがどう変更されたのかを表示します。 |
| [キャンセル]<br>ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | Step4で引張り試験を無効にしているとき、Step9に戻ることができます。 |
| | Step4で引張り試験を有効にしているとき、Step12に戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |
| [完了]ボタン | 挿入シーケンスの変更を完了します。<br>入力した内容で挿入シーケンスの変更を完了します。 |

**完了 挿入シーケンス作成完了**

設定したシーケンスの完了画面です。
作成したシーケンス名と、種類を確認できます。新規シーケンス作成画面から開いているとき表示されます。

| 項目 | 説明 |
|---|---|
| シーケンス名 | 基本情報の設定で設定した、シーケンス名を表示します。<br>シーケンス名の設定は次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー<br>-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成-Step1:基本情報の設定 |
| シーケンスの種類 | 専用シーケンスの選択で選択した、シーケンスの種類を表示します。<br>専用シーケンスの選択は次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 [フォースガイダンス] [ツール]メニュー<br>-フォースガイドシーケンスの新規作成-シーケンスウィザード 専用フォースガイドシーケンスの作成-Step3:専用シーケンスの選択 |
| [キャンセル]ボタン | 挿入シーケンスの作成を中止します。<br>クリックすると、シーケンスウィザードを終了します。 |
| [戻る]ボタン | Step4で引張り試験を無効にしているとき、Step9に戻ることができます。 |
| | Step4で引張り試験を有効にしているとき、Step12に戻ることができます。 |
| [次へ]ボタン | ボタンをクリックすることはできません。 |
| [完了]ボタン | 新規挿入シーケンスの作成を完了します。<br>入力した内容で挿入シーケンスの新規作成を行います。 |

## 4.4.6.2 挿入シーケンス

挿入シーケンスのプロパティーやその設定方法を説明します。

### 4.4.6.2.1 挿入シーケンスのプロパティーガイドライン

一般的な設定手順と、各プロパティーの設定方法を説明します。

Step1 基本情報を設定する
基本情報に関するプロパティーを設定します。

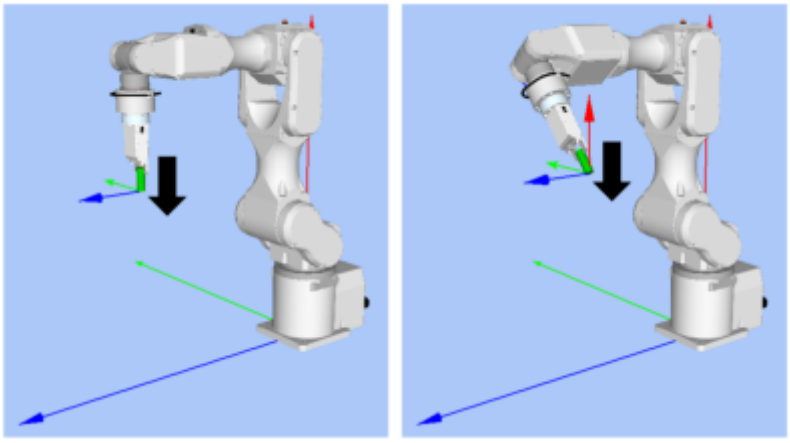
| プロパティー | 説明 |
|---|---|
| Name | フォースガイドシーケンスの名前です。<br>固有の名前を設定します。 |
| Index | フォースガイドシーケンス固有の番号です。<br>自動的に割り振られます。設定できません。 |
| Description | フォースガイドシーケンスの説明です。<br>作業内容などを記述します。任意の文字列を設定します。 |
| Version | シーケンスの互換バージョンです。<br>シーケンスは指定されたバージョンとして動作します。 |
| RobotNumber | フォースガイドシーケンスを実行するロボットの番号です。<br>実行するロボット番号を設定します。 |
| RobotType | RobotNumberで指定したロボットのロボットタイプです。<br>設定できません。 |
| AutoStepID | フォースガイドオブジェクトのStepIDを自動設定するかどうかを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータがどの工程に対応するかを分かりやすくするためのものです。<br>True : 通常<br>False : 手動でStepIDを指定したい場合 |
| PointFile | フォースガイドシーケンスで使用する予定のポイントファイルを設定します。<br>開始時に、指定されたポイントファイルが読み込まれていない場合、エラーになります。誤操作防止用のプロパティーです。<br>設定しない場合は、どのポイントファイルが読み込まれていても実行されます。 |
| RobotTool | フォースガイドシーケンスで使用する予定のツール番号を設定します。<br>開始時に、設定されたツール番号が選択されていない場合、エラーになります。誤操作防止用のプロパティーです。 |

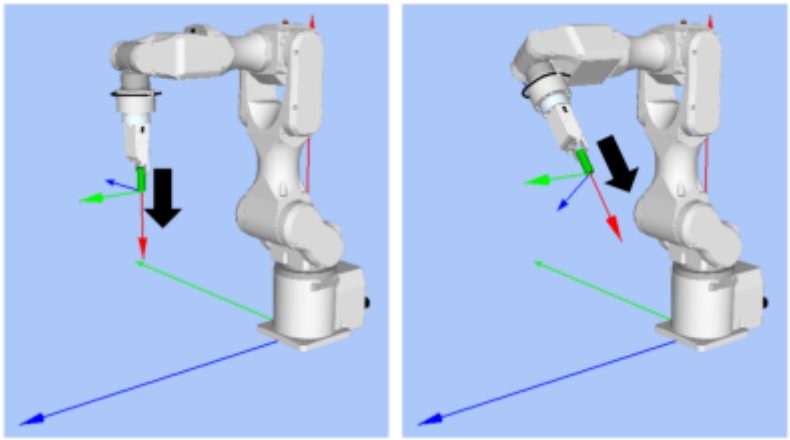
Step2 センサー値の補正に関して設定する
センサー値の補正に関するプロパティー(ResetSensor, MPNumber)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ResetSensor | フォースガイドシーケンスの実行時、条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを初めて実行したとき、力覚センサーをリセットするかどうかを設定します。 |
| | True : フォースガイドシーケンス開始時に接触していない場合<br>(通常、フォースガイドシーケンスの開始時は非接触状態で開始します。) |
| | False : フォースガイドシーケンスの実行後、接触状態のまま、別のフォースガイドシーケンスを実行するような特殊な場合 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| MPNumber | フォースガイドシーケンス実行中に使用するマスプロパティーオブジェクト番号を設定します。<br>マスプロパティーオブジェクトとは、重力補償に用いるプロパティーをまとめたものです。 |
| | “0” :<br>フォースガイドシーケンス実行中に、姿勢(U,V,W)を大きく変化させない場合 |
| | 作成したマスプロパティー番号 :<br>フォースガイドシーケンス実行中に、姿勢を大きく変化させる場合 |
| | マスプロパティーの詳細は、次の項を参照してください。<br>ソフトウェア編 重力補償 |

Step3 力制御機能の座標系に関して設定する
力制御機能の座標系に関するプロパティー (ForceOrient, RobotLocal, RotationCenterType, RotationCenterTLX, RotationCenterTLY, RotationCenterTLZ)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ForceOrient | 力制御機能を実行する座標系の方向を設定します。 |
| | Base, Local :<br>フォースガイドシーケンスの開始時の姿勢が変わっても、鉛直下向き方向に押し付けるなど、外から見て、常に一定の方向に対して力制御機能を実行したい場合<br>Localは、一定の方向がベース座標系の軸とは異なる場合に指定します。<br>下図は、Baseを設定した例です。<br>例えば-Z方向に押し付けた場合、ロボット手先の姿勢が変わっても、常に鉛直下向き方向(ベース座標系の-Z方向)に押し付けを行います。(黒い矢印はロボットの動く方向を示します。)<br>  |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| | Tool:<br>開始時の姿勢に合わせて、力制御機能を実行したい場合<br>下図は、Toolを設定した例です。<br>例えば+Z方向に押し付けた場合、開始時のロボット手先の姿勢にしたがって、押し付ける向きが変わります。<br>  |
| RobotLocal | ForceOrientが、Localのときに使用されるローカル座標系番号を設定します。 |
| RotationCenterTLX<br>RotationCenterTLY<br>RotationCenterTLZ | ツール座標系から回転中心までの各方向のオフセット量を設定します。 |

力制御機能の座標系に関する設定は、シミュレーター機能によって設定状態を確認することができます。ただし、フォースガイドシーケンス内に、フォースガイドオブジェクトが1つも配置されていない場合は、フォースガイドオブジェクトを設置してから確認してください。
シミュレーター機能による表示方法は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - シミュレーター - 機能説明"

**Step4 最大速度と最大加速度を設定する**
最大速度と最大加速度に関するプロパティー (LimitAccelS, LimitAccelR, LimitSpeedS, LimitSpeedR)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LimitSpeedS<br>LimitSpeedR | フォースガイドシーケンス実行中の最大速度を設定します。<br>LimitSpeedS: 最大並進速度<br>LimitSpeedR: 最大回転角速度<br>力制御機能では、力の加わり方によって、速度が増減します。LimitSpeedSとLimitSpeedRを超えないように制御されます。 |
| LimitAccelS<br>LimitAccelR | フォースガイドシーケンス実行中の最大加速度を設定します。<br>LimitAccelS: 最大並進加速度<br>LimitAccelR: 最大回転角加速度<br>力制御機能では、力の加わり方によって、加速度が増減します。LimitAccelSとLimitAccelRを超えないように制御されます。<br>この値が小さいと、力を受けた時の反応が遅くなり、大きくバウンドすることがあります。<br>ロボットがバウンドするような場合は大きく、発振するような場合は小さくしてください。 |

**Step5 記録に関する条件を設定する**

記録に関するプロパティー (LogRobotLocal, LogFileEnabled, LogFileAutoName, LogFileNameVar, LogFileMaxTime, LogFileInterval)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| LogRobotLocal | 記録するロボット位置の基準とするローカル座標系番号を設定します。<br>位置に関するログデータは指定されたローカル座標系における位置として記録されます。 |
| | Base : 通常 |
| | ローカル座標系番号 :<br>指定するローカル座標系における位置として記録したい場合 |
| LogFileEnabled | フォースガイドシーケンス実行中のログデータをファイルに保存するかどうかを設定します。 |
| | False : ファイルに保存されません。<br>実行時にフォースガイドウィンドウのグラフでログデータを確認することができます。 |
| LogFileAutoName | ログデータファイルの名前を自動設定するかどうかを設定します。 |
| | True : 自動設定する場合<br>フォースガイドシーケンス名と開始時刻から生成されます。<br>“フォースガイドシーケンス名_年月日_時分秒ミリ秒” |
| | False : 任意の名前を指定する場合 |
| LogFileNameVar | LogFileAutoNameが、Falseのときの、ログデータファイルの名前を示すグローバル変数を設定します。 |
| LogFileInterval | ファイル化するときの、ログデータのサンプリング間隔を設定します。 |
| LogFileMaxTime | ファイル化するときの、ログデータの最大時間を設定します。 |

### 4.4.6.2.2 挿入シーケンスのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドシーケンスに割りあてる固有の名前を設定します。
  同名のフォースガイドシーケンスを作成することはできません。
  名前を変更することができます。最大16文字まで指定します。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。また、先頭の文字を数字にすることはできません。
- Indexプロパティー
  フォースガイドシーケンスの番号を表示します。本プロパティーは、自動的に設定と更新がされます。変更できません。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 32 |

- Descriptionプロパティー
  フォースガイドシーケンスに追加する説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Versionプロパティー
  専用シーケンスの場合のVersionは7.5.1となります。変更できません

- RobotNumberプロパティー
  フォースガイドシーケンスを使用するロボットの番号を指定します。
  指定されていないロボットでフォースガイドシーケンスを実行した場合、エラーになります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 1~16 | フォースガイドシーケンスを使用するロボットの番号です。 |

  デフォルト: シーケンスウィザードで指定したロボット番号
- RobotTypeプロパティー
  フォースガイドシーケンスを使用するロボットの種類です。
  本プロパティーはRobotNumberで指定したロボット番号から自動的に設定されます。変更できません。
- AutoStepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDに関して自動割り振りを指定します。
  自動的に割り振る場合は、フォースガイドシーケンス番号*100+フォースガイドオブジェクト番号が設定されます。
  StepIDは、フォースガイドシーケンス実行中の力や位置を記録したファイルに記録され、どの区間がどのフォースガイドオブジェクトに対応するかを判別するために使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | StepIDを自動的に設定します。 |
| False | 各フォースガイドオブジェクトのStepIDプロパティーの値を設定します。 |

  デフォルト: True
- ResetSensorプロパティー
  フォースガイドシーケンスで、初めて条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを開始するときに、力覚センサーをリセットするかどうかを指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 条件分岐とSPEL関数以外のフォースガイドオブジェクトを開始する時に力覚センサーをリセットします。 |
| False | 力覚センサーをリセットしません。 |

  デフォルト: True
- MPNumberプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するマスプロパティーオブジェクトの番号を指定します。
  マスプロパティーオブジェクトとは、重力補償に用いるプロパティーをまとめたものです。マスプロパティーオブジェクトは、あらかじめ定義しておく必要があります。フォースガイドシーケンス実行中に大きく角度が変わる場合は適切な、マスプロパティーオブジェクトを指定してください。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 | 重力補償をオフにします。 |
| 1~15 | 指定したマスプロパティーを使用します。 |

  デフォルト: 0
- PointFileプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するポイントファイル名を指定します。

フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定していないポイントファイルが読み込まれていた場合、エラーとなります。誤操作防止用のプロパティーです。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| None | 未指定<br>(ポイントファイルを確認せず、どのポイントファイルが読み込まれていても実行できます。) |
| ポイントファイル名 | 指定されたポイントファイルが読み込まれていない場合、エラーになります。 |

デフォルト: None

- RobotToolプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に使用するツール座標系番号を指定します。
  フォースガイドシーケンスの開始時に、本プロパティーで指定していないツール座標系番号が選択されている場合、エラーとなります。誤操作防止用のプロパティーです。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0~15 | 指定されたツール座標系番号が選択されていない場合、エラーになります。 |

デフォルト: 0

- ForceOrientプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、力制御機能を適用する座標系の方向を指定します。
  Base, Local, Toolから選択できます。挿入方向に合わせて座標系を指定します。
  BaseまたはLocalを指定した場合、ロボットの姿勢が変わっても挿入作業の方向は変化しません。
  Toolを指定した場合、ロボットの姿勢が変わると、ツール座標系の方向が変わるため、挿入作業の方向が変化します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Base | 力制御機能を適用する座標系の方向をベース座標系とします。 |
| Local | 力制御機能を適用する座標系の方向をローカル座標系とします。 |
| Tool | 力制御機能を適用する座標系の方向をツール座標系とします。 |

デフォルト: Tool

- RobotLocalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、力制御機能を適用する座標系のローカル座標系番号を指定します。
  ForceOrientプロパティーがLocalの場合に使用されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系 (ベース座標系)を使用します。<br>ForceOrientで、Baseを指定した場合と同じです。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

デフォルト: 0 (Base)

- RotationCenterTLXプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までのX方向の距離を設定します。
  X方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のX方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- RotationCenterTLYプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までのY方向の距離を設定します。
  Y方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のY方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- RotationCenterTLZプロパティー
  Tool座標系から力制御機能の回転中心までのZ方向の距離を設定します。
  Z方向は、RobotToolで選択されたツール座標系のZ方向です。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | -2000 |
| 最大値 | 2000 |

デフォルト: 0

- LimitSpeedSプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された速度に制限されます。

| | 値 (単位: [mm/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 250 |

デフォルト: 50

- LimitSpeedRプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の角速度を指定します。
  ロボットの動作は力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力やトルクで変化しますが、本プロパティーで指定された角速度に制限されます。

| | 値 (単位: [deg/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 180 |

デフォルト: 25

- LimitAccelSプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の加速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された加速度に制限されます。

| | 値 (単位: [$mm/sec^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 25000 |

デフォルト: 200

- LimitAccelRプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の、最大の角加速度を指定します。
  ロボットの動作は、力制御機能によって補正されるため、実行するときに加わる力や、トルクで変化しますが、本プロパティーで指定された角加速度に制限されます。

| | 値 (単位: deg/sec$^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 5000 |

  デフォルト: 100
- LogRobotLocalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中に記録するロボットの位置姿勢について、基準とするローカル座標系番号を指定します。
  ロボットの位置姿勢は、本プロパティーで指定したローカル座標系から見たツール座標系の位置姿勢で記録されます。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| 0 (Base) | ローカル0座標系(ベース座標系)を使用します。 |
| 1~15 | 設定された番号のローカル座標系を使用します。 |

  デフォルト: 0 (Base)
- LogFileEnabledプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢をファイルに保存するかを指定します。
  Trueを指定した場合、モニター画面のグラフに値が表示され、同時にファイルに保存されます。
  Falseを指定した場合、モニター画面のグラフには値が表示されますが、ファイルには保存されません。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | ログデータをファイルに保存します。 |
| False | ログデータをファイルに保存しません。 |

  デフォルト: False
- LogFileAutoNameプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイル名について、自動設定するかを指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドシーケンス名+開始時刻からファイル名が自動で設定されます。
  フォースガイドシーケンス名_yyyymmdd_hhmmssfff.csv
  False を指定した場合、LogFileNameVarで指定した変数内の文字列に“.csv”をつけてファイル名とします。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | ログデータファイルの名前を自動的に設定します。 |
| False | ログデータファイルの名前をLogFileNameVarで指定された名前にします。 |

  デフォルト: True
- LogFileNameVarプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力, トルク, ロボットの位置姿勢を記録するファイル名を保存するグローバル文字列変数を指定します。

LogFileAutoNameでFalse を指定した場合に使用されます。指定した変数内の文字列に“.csv”をつけてファイル名とします。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| None | 未指定 (自動設定されます。) |
| 変数名 | 指定されたグローバル文字列変数の値がファイル名になります。<br>文字列変数のみ指定できます。 |

デフォルト: None

- LogFileIntervalプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイルについて、サンプリング周期を指定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.002 |
| 最大値 | 1 |

デフォルト: 0.2

- LogFileMaxTimeプロパティー
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルク、ロボットの位置姿勢を記録するファイルについて、最大の記録時間を指定します。
  フォースガイドシーケンスの実行時間よりも短い場合、それ以降は、ファイルに記録されません。注意してください。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 60 |
| 最大値 | 600 |

デフォルト: 60

#### 4.4.6.2.3 挿入シーケンスのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  フォースガイドシーケンスが最後まで実行され、最後のフォースガイドオブジェクトが成功するか、最後のフォースガイドオブジェクトのAbortSeqOnFailプロパティーがFalseの場合、成功になります。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドシーケンスが成功した。 |
| Failed | フォースガイドシーケンスが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドシーケンスが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドシーケンスの実行中に停止した。 |

- FailedStatusリザルト
  フォースガイドシーケンスの失敗した理由です。
  AbortSeqOnFailがTrueのオブジェクトを実行した結果が、失敗である場合の失敗した理由です。

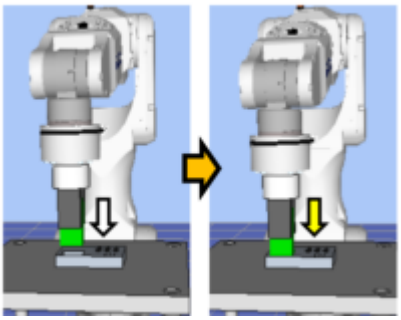
| 値 | 説明 |
|---|---|
| OK | フォースガイドシーケンスが成功した。 |

| 値 | 説明 |
|---|---|
| GeneralObjectFailed | 汎用オブジェクトが失敗した。 |
| ForceConditionFailed | 力が成功条件の範囲外のため失敗した。 |
| PosConditionFailed | 位置が成功条件の範囲外のため失敗した。 |
| Overrun | 位置超過のため失敗した。 |
| Jammed | 力は成功条件の範囲内だが、位置が目標位置に達していない |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]
- LastExecObjectリザルト
  最後に実行したフォースガイドオブジェクト名です。
- EndForcesリザルト
  フォースガイドシーケンス終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドシーケンス実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]

### 4.4.6.3 挿入オブジェクト

挿入オブジェクトは指定方向に指定の力で押し付けながら、同時にその他の方向に倣わせながらロボットを動作させるフォースガイドオブジェクトです。



上図は、挿入オブジェクトによる動作のイメージです。非接触状態から実行して、白い矢印方向で示す方向に押し付けます。接触状態になってからは黄色い矢印が示すように一定の力を加えた状態を保持します。

挿入オブジェクトは、指定時間内に終了条件を満たしたとき成功または失敗となります。挿入オブジェクトは、力と位置に関する終了条件が使用できます。

各終了条件は必ず使用されます。
各終了条件の成功条件を全てが満たされた場合: 挿入オブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
各終了条件の失敗条件を1つでも満たされた場合: 挿入オブジェクトの実行を終了し失敗したと判定して、フォースガイドシーケンスの実行を中断します。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 力に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下の全てをHoldTimeThreshで指定した時間の間満たし続けること<br>Fx, Fy, Fzの内、InsertOrientで指定した軸の力が、InsertForce±InsertCheckTolFの範囲に入ること |
| | ForceCheckModeがPressFollowの場合:<br>Fx, Fy, Fz の内、<br>FollowOrientに指定された軸の力が<br>±FollowCheckTolFの範囲に入ること |
| | ForceCheckModeがPressFollowの場合:<br>Tx, Ty, Tz の内、<br>FollowOrientに指定された軸のトルクが<br>±FollowCheckTolTの範囲に入ること |
| 位置に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下を満たすこと<br>InsertOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離が<br>ApproachDist+InsertDepth±DistCheckTolの範囲に入ること |

| 終了条件 | 失敗条件 |
|---|---|
| 位置に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下を満たすこと<br>InsertOrientで指定した軸方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離が<br>ApproachDist+InsertDepth+DistCheckTolを超えること |

### 4.4.6.3.1 挿入オブジェクトのプロパティーガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**

基本情報に関するプロパティー (Name, Description, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

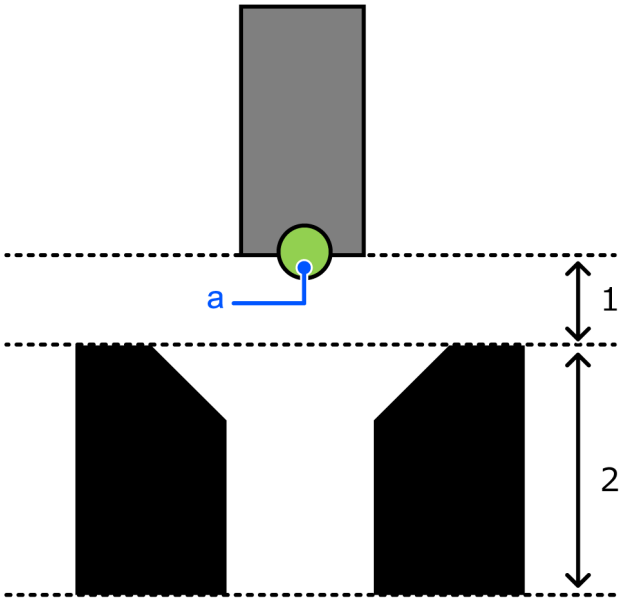
**Step 2. 移動動作を設定する**

移動に関するプロパティー(AccelS, SpeedS)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| AccelS | 移動時の加速度を設定します。<br>AccelS: 並進加速度<br>実際の加速度は、力制御機能によって補正されます。 |
| SpeedS | 移動時の並進速度を設定します。<br>SpeedS: 並進速度<br>実際の速度は、力制御機能によって補正されます。 |

**Step 3. 目標位置を設定する**

移動する軌道の目標位置に関するプロパティー(ApproachDist, InsertDepth, DecelStartRaio)を設定します。

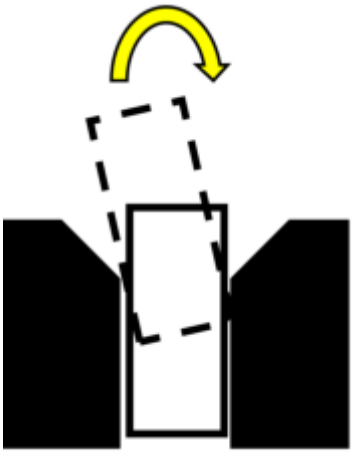
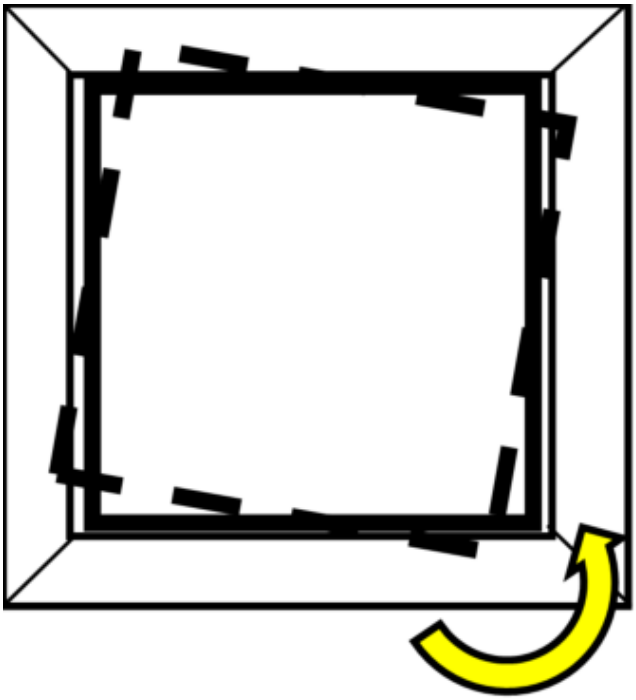
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ApproachDist | フォースガイドオブジェクト開始位置から、挿入する穴の上面までのアプローチ距離を設定します。<br>下図のように、アプローチ距離は緑色の点で示すフォースガイドオブジェクトを開始したときの把持しているワークの端点と、穴の上面までの1の距離です。<br>  <br>a: 開始位置<br>できるだけアプローチ距離が短くなるように、動作開始位置を教示してください。力制御機能は位置制御と比べて速度が遅いため、アプローチ距離が長いほどサイクルタイムが遅くなります。 |
| InsertDepth | 挿入する穴の深さを設定します。<br>ApproachDistの図のように、InsertDepthは2の長さです。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| DecelStartRatio | フォースガイドオブジェクトの動作速度を減速開始する距離の割合を設定します。<br>フォースガイドオブジェクトは、動作開始位置から下記で示す移動距離までは位置制御と力制御機能を同時実行し、超えると減速を開始し、その後力制御機能のみで動作します。<br>ApproachDist + InsertDepth * DecelStartRatio / 100<br>DecelStartRatioを小さく設定すると、フォースガイドオブジェクト開始位置から減速を開始する位置までの距離が短くなるため、フォースガイドオブジェクト動作終了時のワークと穴の底面と接触するときの速度が遅くなり、力のオーバーシュートが小さくなります。ただし、サイクルタイムが遅くなります。<br>DecelStartRatioを大きく設定すると、フォースガイドオブジェクト開始位置から減速を開始する位置までの距離が長くなるため、フォースガイドオブジェクト動作終了時のワークと穴の底面と接触するときの速度が速くなり、力のオーバーシュートが大きくなります。ただし、サイクルタイムが早くなります。 |

**Step 4. 力制御機能を設定する**

力制御機能に関するプロパティー (InsertOrient, InsertForce, InsertFirmnessF, FollowOrient, FollowFirmnessF, RotationFollowMode, FollowFirmnessT)を設定する。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| InsertOrient | 挿入する方向を設定します。<br>ロボットは指定方向へ移動します。 |
| InsertForce | 挿入方向に加える挿入力を設定します。<br>InsertOrientが正方向の場合: 負の値を入力します。<br>InsertOrientが負方向の場合: 正の値を入力します。<br>お客様のワークが許容する値にしてください。<br>値が小さ過ぎる場合、ロボットが移動しないことがあります。 |
| InsertFirmnessF | 挿入方向の力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| FollowOrient | InsertOrientの方向以外に、倣いながら移動、回転する方向です。<br>InsertOrientとRotationFollowModeにしたがって自動で変化します。ただし、<br>InsertOrientで指定していない2つの並進方向の力の向きには常に倣うため、<br>RotationFollowModeの設定によって力の表示は変化しません。読み取り専用です。変更できません。<br>例えば、InsertOrientで+Fz、または-Fzを指定して、RotationFollowModeでTiltを指定した場合は、InsertOrientで指定していないFxとFyと、FxとFy回りの回転である、TxとTyがFollowOrientになります。 |
| FollowFirmnesF | 挿入方向以外の並進方向の力制御機能の硬さを設定します。<br>値が大きい場合: 硬くなり、反応が遅くなります。<br>値が小さい場合: 柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
| --- | --- |
| RotationFollowMode | 回転方向の倣い動作を有効にする方向を設定します。 |
| | Disabled:<br>回転方向には倣いません。 |
| | Tilt:<br>姿勢を合わせる方向に倣います。<br>下図の黄色矢印の方向に倣います。<br>  |
| | Rotate:<br>位相を合わせる方向に倣います。<br>下図の黄色矢印の方向に倣います。<br>  |
| | TiltRotate:<br>姿勢と位相を合わせる方向に倣います。<br>TiltとRotateの方向に倣います。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| FollowFirmnessT | 回転方向の力制御機能の硬さを設定します。 |
| | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |

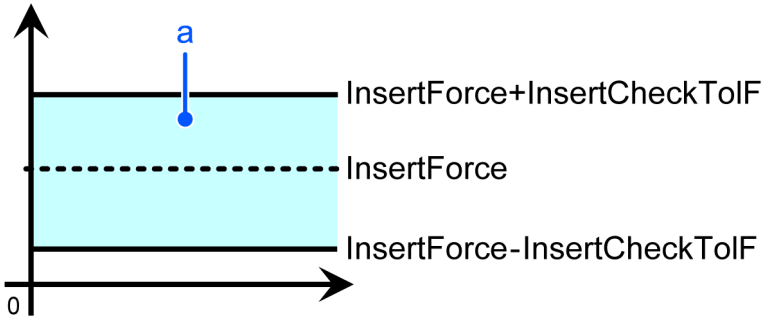
**Step 5. 終了条件の基本情報を設定する**

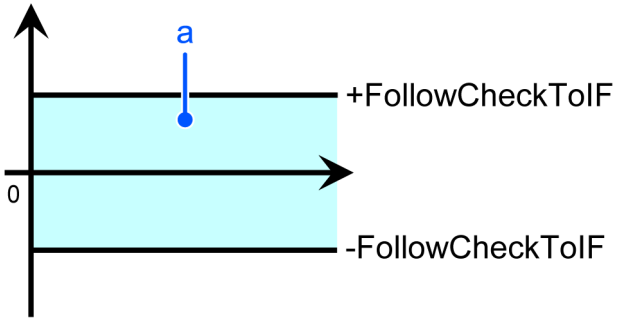
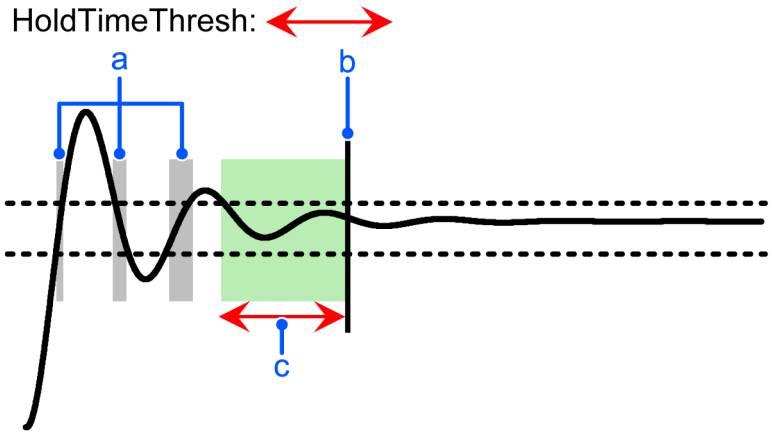
タイムアウトに関するプロパティー (Timeout)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Timeout | タイムアウト時間を設定します。 |
| | 終了条件が設定されていない場合:<br>実行時間となります。 |
| | 終了条件が設定されている場合:<br>指定時間内に終了条件を満たさないとき、失敗となります。 |

**Step 6. 力に関する終了条件を設定する**

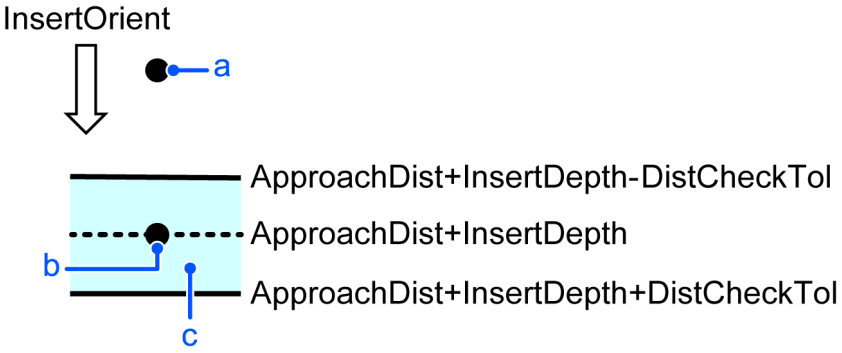
力の終了条件に関するプロパティー(ForceCheckEnabled, ForceCheckMode, ForceCheckPolarity, PressCheckTolF, PressCheckTolT, FollowCheckTolF, FollowCheckTolT, HoldTimeThresh)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| ForceCheckMode | 判定の対象とする方向です。 |
| | Press : 押し付け方向のみを判定対象とします。<br>ControlModeで指定した方向(Press+, Press-)を判定対象とします。 |
| | PressFollow : 押し付け方向と倣い方向を判定対象とします。<br>ControlModeで指定した方向 (Press+, Press-, Follow)を判定対象とします。 |
| InsertCheckTolF | 力に関する終了条件の、押し付け方向の範囲です。終了条件とする範囲を設定します。<br>InsertCheckTolFがFx, Fy, Fzに適用されます。<br>Fx, Fy, Fz のInsertOrientで指定した方向の力が、InsertForce±InsertCheckTolFの範囲に入ることを監視します。<br>下図は、InsertCheckTolFのイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| FollowCheckTolF<br>FollowCheckTolT | 力に関する終了条件の、倣い方向の範囲を設定します。<br>FollowCheckTolFがFx, Fy, Fzに、<br>FollowCheckTolTがTx, Ty, Tzに適用されます。<br>Fx, Fy, Fz のFollowOrientで指定されている方向の力が、±FollowCheckTolFの範囲に入ることを監視します。<br>Tx, Ty, Tz のFollowOrientで指定されている方向のトルクが、±FollowCheckTolTの範囲に入ることを監視します。<br>下図は、FollowCheckTolFのイメージです。<br>  <br><br>a: 設定された範囲 |
| HoldTimeThresh | 終了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>下図のように、指定した条件がHoldTimeThreshで指定した時間の間継続したとき、終了条件を満たしたと判定します。<br>  <br><br>a: 継続時間未達 / b: 終了 / c: 指定時間継続<br>通常は“0”に近い短い時間を設定します。<br>実際の結果から、時間を決定することを推奨します。 |

**Step 7. 位置に関する終了条件を設定する**

位置の終了条件に関するプロパティー (DistCheckTol)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| DistCheckTol | 位置に関する終了条件の、挿入方向の範囲を設定します。<br>InsertOrientで指定されている方向の、動作開始位置からの移動距離が、<br>ApproachDist+InsertDepth±DistCheckTolの範囲に入ることを監視します。<br>下図がDistCheckTolのイメージです。<br>  <br><br>a: 開始位置 / b: 目標位置 / c: 設定された範囲 |

### 4.4.6.3.2 挿入オブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  挿入シーケンスを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、Insert01のように、Insertの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は、変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。任意の文字列を255文字まで指定できます。
- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。
- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
  失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合など、フォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

  デフォルト: True

- SpeedSプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の速度を指定します。ただし、この設定値は設定された軌道に関する速度となるため、実際の速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: [mm/sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 100 |

  デフォルト: 3
- AccelSプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中の加速度を指定します。ただし、この設定値は設定された軌道に関する加速度となるため、実際の加速度は力制御機能によって補正されます。

| | 値 (単位: [$mm/sec^2$]) |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 1000 |

  デフォルト: 30
- ApproachDistプロパティー
  フォースガイドオブジェクト開始位置から、挿入作業開始位置までの移動距離を指定します。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 50 |

  デフォルト: 10
- InsertDepthプロパティー
  ワークを挿入する長さを指定します。
  フォースガイドシーケンスのForceOrientプロパティーで指定した座標系の、フォースガイドオブジェクトのInsertOrientプロパティーで指定した方向に移動します。

| | 値 (単位: [mm]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 300 |

  デフォルト: 30
- DecelStartRatioプロパティー
  動作速度を減速し始める位置を指定します。
  フォースガイドオブジェクト開始位置から、下記で示す距離移動するまでは位置制御と力制御機能を同時実行し、超えると減速を開始し力制御機能のみで動作します。
  ApproachDist + InsertDepth * DecelStartRatio / 100

| | 値 (単位: [%]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 100 |

  デフォルト: 80

- InsertOrientプロパティー
  フォースガイドシーケンスのForceOrientで指定した座標系における、挿入作業の動作方向を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| +Fx | 指定座標系の+Fx方向に動作方向を指定します。 |
| -Fx | 指定座標系の-Fx方向に動作方向を指定します。 |
| +Fy | 指定座標系の+Fy方向に動作方向を指定します。 |
| -Fy | 指定座標系の-Fy方向に動作方向を指定します。 |
| +Fz | 指定座標系の+Fz方向に動作方向を指定します。 |
| -Fz | 指定座標系の-Fz方向に動作方向を指定します。 |

  デフォルト: +Fz
- InsertForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中の、フォースガイドオブジェクトのInsertOrientで指定した動作方向への押し付け力を指定します。
  - InsertOrientが+Fx, +Fy, +Fzの場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | -50 |
| 最大値 | 0 |

    デフォルト: -10
  - InsertOrientが-Fx, -Fy, -Fzの場合

| | 値 (単位: [N]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 50 |

    デフォルト: 10
- InsertFirmnessFプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中のフォースガイドオブジェクトのInsertOrientで指定した動作方向の力制御機能に関する硬さを指定します。
  InsertFirmnessFの値が大きくなると、動作方向の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  InsertFirmnessFの値が小さくなると、動作方向の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 3
- FollowOrientプロパティー
  挿入作業に設定されている、並進と回転の倣い方向です。
  本プロパティーはフォースガイドオブジェクトのInsertOrientで指定した動作方向、および

RotationFollowModeで指定した倣い動作方向から自動で設定されます。
変更できません。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| FyFz | FyFz方向に倣います。 |
| FxFz | FxFz方向に倣います。 |
| FxFy | FxFy方向に倣います。 |
| FyFzTyTz | FyFzTyTz方向に倣います。 |
| FxFzTxTz | FxFzTxTz方向に倣います。 |
| FxFyTxTy | FxFyTxTy方向に倣います。 |
| FyFzTx | FyFzTx方向に倣います。 |
| FxFzTy | FxFzTy方向に倣います。 |
| FxFyTz | FxFyTz方向に倣います。 |
| FyFzTxTyTz | FyFzTxTyTz方向に倣います。 |
| FxFzTxTyTz | FxFzTxTyTz方向に倣います。 |
| FxFyTxTyTz | FxFyTxTyTz方向に倣います。 |

デフォルト: FxFyTxTyTz

- FollowFirmnessFプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中の、倣う方向の力の力制御機能に関する硬さを指定します。
  FollowFirmnessFの値が大きくなると、倣う方向の力の力制御機能が硬くなり、力の変化への応答が遅くなりますが、発振しにくくなります。
  FollowFirmnessFの値が小さくなると、倣う方向の力の力制御機能が柔らかくなり、力の変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 1

- RotationFollowModeプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中の、回転方向の倣い動作の有効にする方向を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Disabled | 回転方向の倣い動作をしません。 |
| Tilt | 傾き方向に倣い動作をします。 |
| Rotate | 挿入方向に指定した軸周りに倣い動作をします。 |
| TiltRotate | 全て位の回転方向に倣い動作をします。 |

デフォルト:TiltRotate

- FollowFirmnessTプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中の、倣う方向のトルクの力制御機能に関する硬さを指定します。
  FollowFirmnessTの値が大きくなると、倣う方向のトルクの力制御機能が硬くなり、トルクの変化への応答が

遅くなりますが、発振しにくくなります。
FollowFirmnessTの値が小さくなると、倣う方向のトルクの力制御機能が柔らかくなり、トルクの変化への応答が早くなりますが、発振しやすくなります。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 10 |
| 最大値 | 100000 |

デフォルト: 1000

- ForceCheckModeプロパティー
  力に関する終了条件について、条件とする方向を指定します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Insert | InsertOrientで指定した方向を力の条件とします。 |
| InsertFollow | InsertOrientで指定した方向、及びFollowOrientの方向を力の条件とします。 |

デフォルト: InsertFollow

- InsertCheckTolFのプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのInsertOrientで指定した動作方向の、終了条件とする力の許容範囲を指定します。
  InsertForce ± InsertCheckTolFの範囲を終了条件とします。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 1

- FollowCheckTolFプロパティー
  倣う並進方向の、終了条件とする力の許容範囲を指定します。
  ±FollowCheckTolFの範囲を終了条件とします。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 10 |

デフォルト: 1

- FollowCheckTolTプロパティー
  倣う回転方向の、終了条件とするトルクの許容範囲を指定します。
  ±FollowCheckTolTの範囲を終了条件とします。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 1 |
| 最大値 | 10000 |

デフォルト: 100

- HoldTimeThreshプロパティー
  力に関する終了条件について、判定までの継続時間を指定します。
  指定した条件が、HoldTimeThreshで指定した時間継続した場合、終了条件を満たしたと判定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 0.1
- DistCheckTolプロパティー
  作業が終了したときに、動作開始位置から移動した距離の成功条件となる範囲を指定します。
  ApproachDist + InsertDepth ± DistCheckTolの範囲を成功条件とします。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0.01 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1
- Timeoutプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのタイムアウト時間を指定します。
  Timeoutで指定した時間を超えても、InsertForce, InsertCheckTolF, FollowCheckTolF, FollowCheckTolTで指定した条件を満たさなかった場合、挿入オブジェクトに失敗したと判定します。
  判定後、AbortSeqOnFailにしたがって、フォースガイドシーケンスを終了するか、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 60 |

  デフォルト: 10

### 4.4.6.3.3 挿入オブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  挿入オブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

- Timeリザルト
  実行にかかった時間です。
  単位: [sec]

- TimedOutリザルト
  Timeoutプロパティーで指定したタイムアウト時間に到達したかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | タイムアウト時間に到達した。 |
| False | タイムアウト時間に到達する前に終了した。 |

- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。
  Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- ForceCondOKリザルト
  力に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を満たした。 |
| False | 力に関する終了条件を満たさなかった。 |

- TriggeredForcesリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredPosリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- PosCondOKリザルト
  位置に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

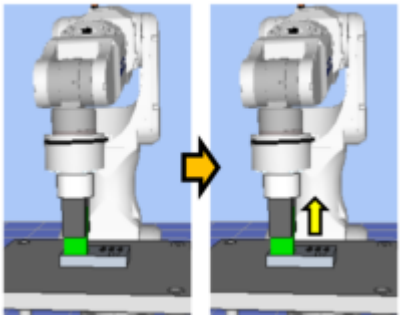
| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置に関する終了条件を満たした。 |
| False | 位置に関する終了条件を満たさなかった。 |

- PosLimitedリザルト
  位置の制限範囲を超えたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置の制限範囲を超えた。 |
| False | 位置の制限範囲を超えなかった。 |

## 4.4.6.4 引張り試験オブジェクト

引張り試験オブジェクトは、指定方向に指定の力を加えた状態を保持するオブジェクトです。



上図は、引張り試験オブジェクトのイメージです。黄色い矢印のように、挿入オブジェクトで挿入する方向と逆方向に向かって一定の力を加えた状態を保持します。

引張り試験オブジェクトは、指定時間内に終了条件を満たしたとき成功または失敗となります。引張り試験オブジェクトは、力と位置に関する終了条件が使用できます。

各終了条件は必ず使用されます。
各終了条件の成功条件を全てが満たされた場合: 引張り試験オブジェクトの実行を終了し成功したと判定して、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。
各終了条件の失敗条件を1つでも満たされた場合: 引張り試験オブジェクトの実行を終了し失敗したと判定して、フォースガイドシーケンスの実行を中断します。

| 終了条件 | 成功条件 |
|---|---|
| 力に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下の全てをHoldTimeThreshで指定した時間の間満たし続けること<br>Fx, Fy, Fzの内、InsertOrientで指定した軸の力が、TestForce±TestTolFの範囲に入ること |
| 位置に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下を満たすこと<br>InsertOrientで指定した軸と逆方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離がClearanceを超えないこと |

| 終了条件 | 失敗条件 |
|---|---|
| 位置に関する終了条件 | Timeoutの指定時間内に、以下を満たすこと<br>InsertOrientで指定した軸と逆方向の、フォースガイドオブジェクト開始位置からの移動距離がClearanceを超えること |

### 4.4.6.4.1 引張り試験オブジェクトのプロパティーガイドライン

**Step 1. 基本情報を設定する**
基本情報に関するプロパティー(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail) を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Name | フォースガイドオブジェクトの名前を設定します。<br>固有の名前を設定します。 |
| Description | フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。<br>動作の説明などを記述できます。任意の文字列を設定します。 |

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Enabled | フォースガイドオブジェクトを実行するかどうかを設定します。 |
| | True : 通常の場合 |
| | False : 別のフォースガイドオブジェクトを代わりに実行する場合など、フォースガイドオブジェクトを実行しない場合 |
| StepID | フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDです。<br>任意のIDを設定します。<br>StepIDとは、ログデータに記録されるIDです。ログデータが、どの工程に対応するかを、理解しやすくするためのものです。<br>フォースガイドシーケンスのAutoStepIDがFalseの場合に適用されます。 |
| AbortSeqOnFail | フォースガイドオブジェクトが失敗したときにフォースガイドシーケンスを終了するか継続するかを設定します。 |
| | True : 通常の場合<br>フォースガイドシーケンスを終了します。 |
| | False : フォースガイドシーケンス中に失敗したときのリカバリー動作を含んでいる場合や、失敗してもフォースガイドシーケンスを継続可能な場合 |

**Step 2. 力制御機能を設定する**

力制御機能に関するプロパティー(TestForce)を設定します。

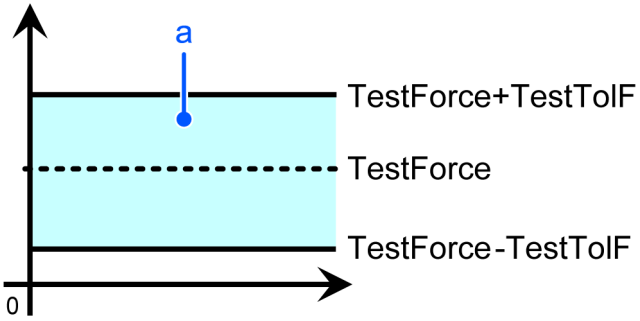
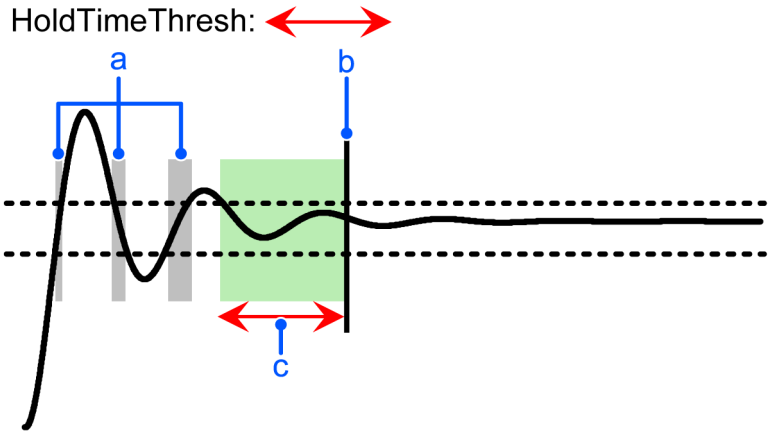
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| TestForce | 引張り試験方向に加える試験力を設定します。<br>InsertOrientが正方向の場合: 正の値を入力します。<br>InsertOrientが負方向の場合: 負の値を入力します。<br>お客様のワークに合わせた値にしてください。<br>値が大きすぎる場合、挿入したワークが抜けることがあります。<br>値が小さ過ぎる場合、ロボットが移動しないことがあります。 |

**Step 3. 終了条件の基本情報を設定する**

タイムアウトに関するプロパティー (Timeout)を設定します。

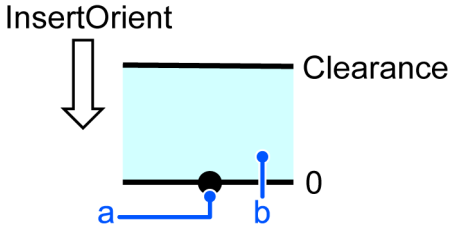
| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Timeout | タイムアウト時間を設定します。 |
| | 終了条件が設定されていない場合:<br>実行時間となります。 |
| | 終了条件が設定されている場合:<br>指定時間内に終了条件を満たさないとき、失敗となります。 |

**Step 4. 力に関する終了条件を設定する**

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| TestTolF | 力に関する終了条件の、引張り試験方向の範囲です。終了条件とする範囲を設定します。<br>TestTolFがFx, Fy, Fzに適用されます。<br>Fx, Fy, Fz がInsertOrientで指定した方向の力が、TestForce±TestTolFの範囲に入ることを監視します。<br>下図は、TestTolFのイメージです。<br>  <br>a: 設定された範囲 |
| HoldTimeThresh | 終了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>下図のように、指定した条件がHoldTimeThreshで指定した時間の間継続したとき、終了条件を満たしたと判定します。<br>  <br>a: 継続時間未達 / b: 終了 / c: 指定時間継続<br>通常は“0”に近い短い時間を設定します。<br>実際の結果から、時間を決定することを推奨します。 |

**Step 5. 位置に関する終了条件を設定する**

位置の終了条件に関するプロパティー (Clearance)を設定します。

| プロパティー | 説明, 設定指針 |
|---|---|
| Clearance | 位置に関する終了条件の、引張り試験方向の範囲を設定します。<br>InsertOrientで指定されている方向と逆方向の、動作開始位置からの移動距離が、Clearanceを超えないことを監視します。<br>下図がClearanceのイメージです。<br>  <br>a: 開始位置 / b: 設定された範囲 |

### 4.4.6.4.2 引張り試験オブジェクトのプロパティー詳細

- Nameプロパティー
  フォースガイドオブジェクトに割りあてる固有の名前を設定します。
  挿入シーケンスを作成すると、自動的に名前が割りあてられます。自動的に割りあてられる名前は、TensileTest01のように、TensileTestの後ろに数字が組み合わせられます。
  名前は、変更できます。最大16文字まで指定できます。半角英数字と“_”(アンダースコア)が使用できます。先頭の文字を数字にすることはできません。
- Descriptionプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの説明を設定します。
  任意の文字列を255文字まで指定できます。
- Enabledプロパティー
  フォースガイドオブジェクトを実行するかを指定します

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクトを実行します。 |
| False | フォースガイドオブジェクトを実行しません。 |

  デフォルト: True
- StepIDプロパティー
  フォースガイドオブジェクト実行中のStepIDを指定します。AutoStepIDがFalseの場合のみ使用されます。

| | 値 |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 32767 |

  デフォルト: フォースガイドシーケンスとフォースガイドオブジェトの番号から自動設定されます。
- AbortSeqOnFailプロパティー
  フォースガイドオブジェクト失敗時の処理を指定します。
  Trueを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗したとき、フォースガイドシーケンスを終了し、次のSPELステートメントへ進みます。
  Falseを指定した場合、フォースガイドオブジェクトが失敗しても、フォースガイドシーケンスを終了せず、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

失敗した場合のリカバリー処理をフォースガイドシーケンス内に含める場合などフォースガイドシーケンスを継続したい場合に使用します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | フォースガイドオブジェクト失敗時、シーケンスを終了します。 |
| False | フォースガイドオブジェクト失敗時、次のフォースガイドシーケンスを開始します。 |

デフォルト: True

- TestForceプロパティー
  フォースガイドオブジェクト動作中の、挿入オブジェクトのInsertOrientで指定した動作と逆方向への引張力を指定します。

  - InsertOrientが+Fx, +Fy, +Fzの場合

    | | 値 (単位: [N]) |
    |---|---|
    | 最小値 | 0 |
    | 最大値 | 50 |

    デフォルト: 5

  - InsertOrientが-Fx, -Fy, -Fzの場合

    | | 値 (単位: [N]) |
    |---|---|
    | 最小値 | -50 |
    | 最大値 | 0 |

    デフォルト: -5

- TestTolFのプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのTestForceで指定した引張力の、終了条件とする力の許容範囲を指定します。TestForce ± TestTolFの範囲を終了条件とします。

  | | 値 |
  |---|---|
  | 最小値 | 0.1 |
  | 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1

- Clearanceプロパティー
  フォースガイドオブジェクトの動作開始から、フォースガイドオブジェクトの動作終了までに移動した距離の成功条件を指定します。移動距離が指定した距離より短い場合に成功となります。

  | | 値 |
  |---|---|
  | 最小値 | 0.01 |
  | 最大値 | 10 |

  デフォルト: 1

- HoldTimeThreshプロパティー
  力に関する終了条件について、判定までの継続時間を指定します。
  指定した条件が、HoldTimeThreshで指定した時間継続した場合、終了条件を満たしたと判定します。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0 |
| 最大値 | 10 |

  デフォルト: 0.1
- Timeoutプロパティー
  フォースガイドオブジェクトのタイムアウト時間を指定します。
  Timeoutで指定した時間を超えても、TestForce, TestTolFで指定した条件を満たさなかった場合、引張り試験オブジェクトに失敗したと判定します。
  判定後、AbortSeqOnFailにしたがって、フォースガイドシーケンスを終了するか、次のフォースガイドオブジェクトへ進みます。

| | 値 (単位: [sec]) |
|---|---|
| 最小値 | 0.1 |
| 最大値 | 60 |

  デフォルト: 5

### 4.4.6.4.3 引張り試験オブジェクトのリザルト詳細

- EndStatusリザルト
  実行した結果です。
  以下の冒頭に記載されている「成功条件」を満たした場合、成功となります。
  挿入オブジェクト

| 値 | 説明 |
|---|---|
| Passed | フォースガイドオブジェクトが成功した。 |
| Failed | フォースガイドオブジェクトが失敗した。 |
| NoExec | フォースガイドオブジェクトが実行されなかった。 |
| Aborted | フォースガイドオブジェクトの実行中に停止した。 |

Timeリザルト
実行にかかった時間です。
単位: [sec]

- TimedOutリザルト
  Timeoutプロパティーで指定したタイムアウト時間に到達したかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | タイムアウト時間に到達した。 |
| False | タイムアウト時間に到達する前に終了した。 |

- EndForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]

- EndPosリザルト
  フォースガイドオブジェクト終了時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- AvgForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクの平均値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- PeakForcesリザルト
  フォースガイドオブジェクト実行中の力やトルクのピーク値です。ピーク値は、絶対値が一番大きな値です。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- ForceCondOKリザルト
  力に関する終了条件を満たしたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 力に関する終了条件を満たした。 |
| False | 力に関する終了条件を満たさなかった。 |

- TriggeredForcesリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の力やトルクです。Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tzそれぞれの値を取得します。
  単位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N・mm]
- TriggeredPosリザルト
  力に関する終了条件を満たした時の位置姿勢です。X, Y, Z, U, V, Wそれぞれの値を取得します。
  単位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]
- PosLimitedリザルト
  位置の制限範囲を超えたかどうかを示します。

| 値 | 説明 |
|---|---|
| True | 位置の制限範囲を超えた。 |
| False | 位置の制限範囲を超えなかった。 |

### 4.4.6.5 挿入シーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン

挿入シーケンスとオブジェクトを使用するときの、調整方法について説明します。

- FailedStatusリザルトがGeneralObjectFailedと表示されている場合:
  挿入シーケンスに配置されている汎用オブジェクトで失敗しています。LastExecObjectリザルトに最後に実行したオブジェクトが表示されています。表示されているオブジェクトのプロパティー設定ガイドライン、または調整ガイドラインを参考にしてプロパティーを調整してください。

- FailedStatusリザルトがForceConditionFailedと表示されている場合:
  シーケンスを実行中に、力がオブジェクトで設定されている力の成功条件の範囲外のため失敗しています。

- LastExecObjectリザルトに挿入オブジェクトが表示されている場合:
  挿入方向または倣い方向のFirmnessの値を小さくします。
  ただし、動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%減少させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します 。

- LastExexObjectリザルトに引張り試験オブジェクトが表示されている場合：
  挿入オブジェクトのInsertFirmnessFを小さくします。
  ただし、動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%減少させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- FailedStatusリザルトがPosConditionFailedと表示されている場合:
  引張り試験オブジェクトを実行中に、位置がオブジェクトで設定されている位置の成功条件の範囲外のため失敗しています。

  挿入オブジェクトを実行した後に、作業に失敗している可能性があります。フォースガイドシーケンスをステップ実行して、挿入オブジェクトが終了したときに挿入作業が正常にできていることを確認してください。

  正常にできている場合、設定したTestForceとClearanceをワークの仕様と確認してください。TestForceが大きすぎる場合、挿入作業に成功していても抜けてしまいます。Clearanceが小さすぎる場合、位置の成功条件を満たせずに引張り試験オブジェクトは失敗となります。

- FailedStatusリザルトがOverrunと表示されている場合:
  挿入オブジェクトを実行中に、位置がオブジェクトで設定されている位置の成功条件の範囲を超えても、力が力の成功条件を満たさずに動作したため、位置超過と判定され失敗しています。
  ApproachDistとInsertDepthが実際の環境と比べて短く設定されていないことを確認してください。

- FailedStatusリザルトがJammedと表示されている場合:
  挿入オブジェクトを実行中に、力がオブジェクトで設定されている力の成功条件を満たしたとき、位置が位置の成功条件を満たしていないため、詰まったと判定され失敗しています。

  ワークが穴に対して傾きすぎている可能性があります。動作開始位置のワークの姿勢を確認して、ティーチングを再度行ってください。

  ティーチングに問題がない場合、ApproachDistとInsertDepthが実際のワークと比べて長く設定されていないことを確認してください。

- 振動的に動く場合:
  Firmnessの値を大きくします。ただし、ロボットの反応が鈍くになります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%増加させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- 押し付け方向に大きくバウンドする場合:
  数秒に1回跳ねるように大きくバウンドすることを繰り返す場合、フォースガイドシーケンスのLimitAccelSによって動作が制限されている可能性があります。
  またローパワー状態で実行しているときに起こる可能性があります。
  ハイパワーモードで実行しても改善しない場合は、LimitAccelSを大きくしてください。LimitAccelSを大きくしても改善しない場合は、押し付け方向のFirmnessを小さくしてください。

- 目標力に達しない場合:
  挿入方向のFirmnessの値を小さくします。
  ただし、動作が振動的になることがあります。許容できる状態に調整してください。
  Firmnessの調整は、例えば現在値から10%減少させるなど、段階的に変化させながら調整することを推奨します。

- 挿入方向に動かない場合:
  InsertOrientが挿入したい方向に設定されていることを確認してください。
  挿入したい方向に設定されている場合は、InsertForceが”0”になっていないか確認してください。

- 逆方向に動く場合:
  InsertOrientが逆方向に設定されていないことを確認してください。
  想定する方向に設定されている場合は、フォースガイドシーケンスのForceOrient, RobotLocal, 使用しているツール座標系や、ローカル座標系を確認してください。

- 目標位置に到達しない場合:
  力制御機能を有効にしていない方向が目標位置に到達しない場合は、フォースガイドシーケンスのLimitAccelやLimitSpeedの影響を受けている可能性があります。値を大きくします。
  また、ローパワーモードの場合、LimitSpeedやLimitAccelの設定値が大きくても、ローパワーモードの最大速度や最大加速度に合わせて制限されます。ハイパワーモードで実行してください。

# 4.5 フォース機能のSPEL+プログラミング

フォース機能を使用するためのSPELプログラミングについて説明します。
フォース機能は、SPEL+言語に追加された専用の命令を用いて実行します。
既存のSPEL+言語に、Force Guide 8.0で追加された専用の命令を組み合わせることで、フォース機能を用いた多様なアプリケーションを実現できます。

## 4.5.1 Force Guide 8.0 のSPEL+コマンド

Force Guide 8.0で追加されたSPEL+コマンドを使うために必要な概念を説明します。

### 4.5.1.1 フォースオブジェクト

フォースオブジェクトとは、フォース機能を使うために必要なプロパティーを機能ごとにまとめたものです。
これらのオブジェクトを定義して、各フォース機能を実行します。フォースオブジェクトは、ロボットマネージャーなどのGUIや、SPEL+コマンドによって定義することができます。
フォースオブジェクトには、次の種類があります。

- 力制御機能のために用いる“フォースコントロールオブジェクト”
- フォーストリガー機能のために用いる“フォーストリガーオブジェクト”
- フォースモニター機能のために用いる“フォースモニターオブジェクト”
- フォース動作制限機能のために用いる“フォース動作制限オブジェクト”
- フォース機能に共通して用いる“フォース座標オブジェクト”

### 4.5.1.2 プロパティー

プロパティーとは、フォースオブジェクトに含まれるパラメーターです。プロパティーは設定と取得ができます。

プロパティーは、フォースエディターを用いてプログラム実行前に設定したり、プログラム中にSPEL+コマンドによって動的に変更ができます。

プロパティーの設定は、FSetステートメントを使用します。取得は、FGetステートメントを使用します。FSetによって設定したプロパティーは、プロジェクトをロードするタイミングでフォースファイルの内容に上書きされます。FSaveステートメントを使用すると、設定した値をファイルに保存できます。

### 4.5.1.3 ステータス

ステータスとは、フォースオブジェクトに含まれ、フォース機能の実行後に返される値です。

ステータスは、プログラム中にSPEL+コマンドによって取得でき、それに基づいて処理を分岐させることができます。ステータスは、FGetステートメントを使用して取得します。ステータスは、それぞれ独自のタイミングでクリアされます。各ステータスの初期化タイミングの詳細は、次のマニュアルの各ステータスを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 オプション Force Guide 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス"

## 4.5.2 力制御機能のSPEL+プログラミング

### 4.5.2.1 概要

力制御機能とは、弊社の力覚センサーを用いて、与えられた目標の力またはトルクを達成するようにロボットを制御する機能です。
力制御機能のプログラミングは、次の手順で実行します。
実行する座標系を設定する

パラメーターを設定する
力制御機能を実行する

### 4.5.2.2 力制御機能の座標系

力制御機能は、フォース座標系にしたがって動作します。
力制御機能は、センサーが検出した力, トルクからフォース座標系が受けた力, トルクを計算し、それにしたがってフォース座標系を移動, 回転させるようにロボットを制御します。
フォース座標系の原点は、実際に接触して、力が発生する部分を指定してください。(例: ワークの端点など)
また、フォース座標系の方向は、アプリケーションによって異なります。常に鉛直下方向に力を加えるなど、ロボットの姿勢に関わらず一定の方向で力制御機能を実行する場合は、ベース座標系やローカル座標系を指定してください。
ロボットの把持するワークの、ある方向に力を加えるなど、ロボットの姿勢にしたがって変化する方向に力制御機能を実行する場合は、ツール座標系やカスタム座標系を指定してください。
力制御機能は、フォース座標系で指定したFx~Tzの6軸に対して実行できます。

### 4.5.2.3 力制御機能のパラメーター

力制御機能のパラメーターは、フォースコントロールオブジェクトの各プロパティーで設定します。
プログラム実行前にGUIで設定します。GUIでの設定の詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [ロボットマネージャー] - [ツール]メニュー
- [ツール]-[ロボットマネージャー]-[フォースデータ]パネル

またプログラム実行中、動的に変化させたい場合は、FSetステートメントを使用して設定します。

- CoordinateSystemプロパティー
  力制御機能を実行するフォース座標オブジェクトを指定します。

  CoordinateSystemプロパティーのみを変更することで、同じ制御特性を持った力制御機能を別の座標系で実行できます。

- Enabledプロパティー
  力制御機能を実行する軸をFx~Tzについて指定します。

  並進方向だけ力制御機能を実行する場合はFx~Fzを有効にし、Tx~Tzを無効にするなど、アプリケーションで必要な軸のみ力制御機能を有効にできます。

- TargetForceプロパティー
  各軸の力制御機能の目標とする力、またはトルクを設定します。

  ロボットは、設定された力を検出するように動きます。そのため正の値を設定した場合、フォース座標系の正の方向に力がかかるように負の方向に向かって移動することに注意してください。

  フォース座標系の正の方向に押し付けを行う場合は、負の目標力を設定してください。

  TargetForceプロパティーに0を設定すると、力がかからない状態になるようにロボットは動作します。外力に倣うような動作ができます。

- Springプロパティー
  力制御機能の仮想弾性係数を設定します。

  Springプロパティーを設定すると、仮想的な“ばね”があるかのように力制御機能は動作し、外力が加われば力が つりあう位置まで移動し、加わっていた外力がなくなれば元の位置に戻ろうとします。

  値が大きくなるにしたがい、硬い“ばね”が設定されたように動作します。“0”を設定すると、仮想的な“ばね”は存在せず、力にしたがってどこまでも移動するように動作します。

- Damperプロパティー
  力制御機能の仮想粘性係数を設定します。

  Damperプロパティーの値が小さくなるにしたがって、力制御機能は力の変化に早く反応しますが、姿勢、ハンド、ワークなどの環境により、ロボットの動作が振動的になります。Damperプロパティーの調整は、デフォルト値を段階的に小さくするように調整してください。

- Massプロパティー
  力制御機能の仮想慣性係数を設定します。

  Massプロパティーの値が大きすぎる場合、目標力に整定するまでのオーバーシュートが大きくなり、ハンチングの期間が長くなります。Massプロパティーの値とDamperプロパティーの値は、並進1:1~10:1程度、回転1:1~1000:1程度になるように設定すると、安定的な制御となる場合が多くなります。

  ただし、アプリケーションや動作環境によっては、振動的になる場合や、これ以外の比率が適切である場合がありますので、注意してください。

  Damperプロパティーに対して、Massプロパティーの値が小さすぎる場合は、力制御機能実行時にエラーになる可能性があります。

- TargetForcePriorityModeプロパティー
  力制御機能の目標力優先モードを設定します。

  メカ的な剛性など動作環境によっては、時間が十分経過しても目標力に到達しない場合があります。その場合、目標力優先モードを有効にすることで、目標力に到達するようにより大きく動くようになります。ただし、仮想弾性係数, 仮想粘性係数, 仮想慣性係数の設定通りの動作ではなくなります。通常は、目標力優先モードを無効にし、特性を十分に理解し必要な場合のみ使用してください。

- LimitSpeedプロパティー
  力制御機能の実行中にロボットのハンド先端が動作する速度の最大値を設定します。

  設定は、並進速度, 回転速度, ジョイント速度の3つを指定します。力制御機能の実行中は設定された最大速度以上の速度は自動的に制限されます。強い力で押し付けをするなど、Highパワーモードで動作する必要があるが、低速度で動作させたい場合などに有効です。

- LimitAccelプロパティー
  力制御機能の実行中に、ロボットのハンド先端が動作する加速度の最大値を設定します。

  設定は、並進加速度, 回転加速度, ジョイント加速度の3つを指定します。力制御機能の実行中は、設定された最大加速度以上の加速度は自動的に制限されます。

### 4.5.2.4 力制御機能の実行

力制御機能は、力制御機能のみを動作命令として実行するか、位置制御の動作命令に修飾パラメーターを付加することで位置制御と力制御機能を同時に実行します。力制御機能を実行した場合、力覚センサーの出力によって動作は常に変化するため、位置制御の目標位置に到達せず、同じ命令を実行しても毎回違う位置で終了します。

力制御機能のみを実行する場合は、FCKeepステートメントを実行します。また力制御機能を組み合わせることができる動作命令は、Move, BMove, TMove, CVMove, FCSMove, Arc, Arc3ステートメントです。
力制御機能を実行する場合は、各ステートメントにフォースコントロールオブジェクトを修飾パラメーターとして付加します。

Moveに力制御機能を組み合わせる例:

```
Move P1 FC1
```

各ステートメントの詳細は、次のマニュアルを参照してください。

- "Epson RC+ 8.0 SPEL+ ランゲージリファレンス"
- "Epson RC+ 8.0 オプション Force Guide 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス"
  力制御機能を有効にした動作命令の詳細は、次のマニュアルを参照してください。
- "Epson RC+ 8.0 オプション Force Guide 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス"
  - Move

力制御機能は、動作命令と同時に開始され、動作命令の開始時に計算された移動時間を経過すると停止します。
CF修飾パラメーターを付加することで動作命令の終了後も力制御機能の実行を継続することができます。ただし、60秒以内に別の力制御機能が有効な動作命令か、力制御機能の停止命令を実行しない場合はエラーとなります。

動作命令実行後、力制御機能を有効にしたまま一定時間待機するなどの場合は、FCKeepステートメントを使用してください。

力制御機能は、Till修飾パラメーターや、フォーストリガー機能と組み合わせることで、既定の力になるまで動作するなど、動作の終了条件を設定することができます。

**キーポイント**

力覚センサーのドリフトによって誤差が蓄積されるため、力制御機能は力覚センサーをリセットしてから10分以内でなければ実行することができません。力制御機能は、使用する直前に必ず外力がない状態で力覚センサーをリセットし、できるだけ短時間の実行となるようにしてください。

**キーポイント**

ロボットの特異点近傍では、力制御能は実行できません。特異点近傍を避けて、力制御機能を実行してください。力制御機能実行中に、特異点近傍に接近した場合は、エラーが発生します。

## 4.5.3 フォーストリガー機能のSPEL+プログラミング

### 4.5.3.1 概要

フォーストリガー機能とは、弊社の力覚センサーを用いて計測した力、またはトルクが、設定された条件になったことを検出する機能です。
結果を用いて、処理の開始, 終了, 分岐などが行えます。
フォーストリガー機能のプログラミングは、次の手順で実行します。

1. 実行する座標系を設定する
2. パラメーターを設定する
3. フォーストリガー機能を実行する
4. 結果を取得する

### 4.5.3.2 フォーストリガー機能の座標系

フォーストリガー機能は、フォース座標系にしたがって動作します。

フォーストリガー機能は、力覚センサーが検出した力, トルクからフォース座標系が受けた力, トルクを計算し、その値が設定された条件を満たしたかどうかを監視します。

フォース座標系の原点は、実際に接触し、力が発生する部分を指定してください。(例: ワークの端点など)
また、フォース座標系の方向は、アプリケーションによって異なります。ロボットの姿勢に関わらず常に一定の方向の力を監視する場合は、ベース座標系やローカル座標系を指定してください。

ロボットの把持するワークの進行方向など、ロボットの姿勢にしたがって変化する方向の力を監視する場合は、ツール座標系やカスタム座標系を指定してください。

フォーストリガー機能は、フォース座標系で指定した、次の合計8次元のデータが監視できます。

- Fx~Tzの6軸
- Fmag: 並進力の合成力
- Tmag: トルクの合成トルク

### 4.5.3.3 フォーストリガー機能のパラメーター

フォーストリガー機能のパラメーターは、フォーストリガーオブジェクトの各プロパティーで設定します。

設定はプログラム実行前にGUIで設定します。GUIの設定の詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [ロボットマネージャー] - [ツール]メニュー
- [ツール]-[ロボットマネージャー]-[フォースデータ]パネル
また、プログラム実行中、動的に変化させたい場合は、FSetステートメントを使用して設定します。

- ForceSensorプロパティー
  フォーストリガー機能を実行する力覚センサー番号を指定します。
- CoordinateSystemプロパティー
  フォーストリガー機能を実行するフォース座標オブジェクトを指定します。
- Operatorプロパティー
  フォーストリガー機能としての条件達成を、各軸の条件全てを達成したときか、どの軸の条件を達成したときかを指定します。
- TriggerModeプロパティー
  力, トルクを監視するか、力, トルクの変化量を監視するかを指定します。
  変化量を指定した場合は1秒あたりの変化量を監視します。力覚センサーのノイズ影響を受けやすいため、ローパスフィルターを併用してください。
- Fmag_Axesプロパティー
  Fx~Fzのどの軸を合成してFmagを計算するかを指定します。
  XY平面上に加わっている力を監視する場合は、XYを指定するなど、監視したい方向を指定します。
- Tmag_Axesプロパティー
  Tx~Tz のどの軸を合成してTmagを計算するかを指定します。
- Enabledプロパティー
  フォーストリガー機能を実行する軸をFx~Tmagについて指定します。
  アプリケーションで必要な軸のみフォーストリガー機能を有効にすることができます。
- Polarityプロパティー
  各軸の力, トルクが、上下限値の範囲内になったときか、範囲外になったときかの、どちらを条件達成とするかを指定します。
  規定外の力が加わったことを検出する場合などは、範囲外を指定します。
  力が範囲内に収まったことを検出する場合などは、範囲内を指定します。
- UpperLevelプロパティー
  フォーストリガー機能の上限値を設定します。
  設定値以下か、設定値を超えるかを監視します。
- LowerLevelプロパティー
  フォーストリガー機能の下限値を設定します。
  設定値以上か、設定値未満かを監視します。

- LPF_Enabledプロパティー
  フォーストリガー機能でローパスフィルターを実行する軸をFx~Tmagについて指定します。
  ノイズ軽減やインパルス的な力覚センサーの値は、無視するような場合に使用します。
- LPF_TimeConstantプロパティー
  フォーストリガー機能で実行するローパスフィルターの時定数を指定します。
  値を大きくすると、よりノイズを軽減しますが、力覚センサー値への追従性が悪くなります。

### 4.5.3.4 フォーストリガー機能の実行

フォーストリガー機能は、Till, Wait, Trap, Findで指定します。

各命令の基本的な機能は、次のマニュアルを参照してください。
"Epson RC+ 8.0 SPEL+ ランゲージリファレンス"

ここでは、フォーストリガー機能について説明します。フォーストリガーの監視は各ロボットについて同時に15個まで監視できます。1台のロボットについて、同時に16個以上使用できません。

- Till
  Tillステートメントのイベント式にフォーストリガーオブジェクトを指定することでフォーストリガー機能を動作の終了条件に設定することができます。これにより、指定された条件の力になったとき、動作を終了することができます。
  使用例:

  ```
  Till FT1
  Move P1 FC1 Till
  ```

  TillステートメントによってTill条件にフォーストリガーが設定され、Move動作中にフォーストリガーオブジェクトFT1に設定した条件を達成したとき、Move動作は動作途中であっても停止し次のステートメントを実行します。

- Trap
  Trapステートメントのイベント式にフォーストリガーオブジェクトを指定することで、フォーストリガー機能を割り込み処理の開始条件に設定します。これにより、常に力を監視して、指定された条件の力になったとき、割り込みを開始することができます。
  使用例:

  ```
  Trap 1, FT1 Goto TrapLabel
  ```

  Trapステートメントによってフォーストリガー機能が実行され、条件の監視が開始されます。フォーストリガーオブジェクトFT1に設定した条件を達成したとき、指定したラベルに移行します。

- Wait
  Waitステートメントのイベント式にフォーストリガーオブジェクトを指定することで、フォーストリガー機能を待機の終了条件に設定します。これにより、指定された条件の力になるまで待機します。
  使用例:

  ```
  Wait FT1
  ```

  Waitステートメントによってフォーストリガー機能が実行され、条件の監視が開始されます。フォーストリガーオブジェクトFT1に設定された条件が達成されるまでプログラムを一時停止させ、条件が達成したときそのプログラムを再開します。

- Find
  Findステートメントのイベント式にフォーストリガーオブジェクトを指定することで、フォーストリガー機能

を動作中に座標を保存する条件に設定します。これにより、指定された力になった位置を記録できます。
使用例:

```
Find FT1
P0=FindPos
```

Findステートメントによってフォーストリガー機能が実行され、条件の監視が開始されます。フォーストリガーオブジェクトFT1に設定された条件が達成された位置をコントローラーは記憶し、FindPos関数で、その位置を取得します。

フォーストリガー機能は、TriggeredPosステータスで条件達成時の位置が取得できます。そのため、Findは複数の条件を組み合わせたイベント式を指定する場合に有効です。TriggeredPosステータスでは、そのフォーストリガーオブジェクトに設定された条件を達成した位置を取得できます。FindPos関数では、条件を組み合わせたイベント式が達成された位置を取得できます。

監視を開始したフォーストリガーオブジェクトは、FDelステートメントで削除しないでください。またマルチタスクでは、フォーストリガーオブジェクトを指定したTill, Wait, Trap, Findを同時に実行しないようにプログラムを作成してください。

#### 4.5.3.5 フォーストリガー機能の結果取得

フォーストリガー機能の実行後、FGetステートメントでフォーストリガーオブジェクトのステータスを指定することで、その結果を取得できます。取得した結果を使用して、作業の成否判定や、条件分岐が行えます。

ステータスは、フォーストリガー機能の実行時に初期化され、フォーストリガー機能の終了時に結果が設定されます。設定された結果は、フォーストリガー機能を再度実行するか、プロジェクトをロードするまで保持されます。

- Triggeredステータス
  フォーストリガー条件の達成状態を返します。

  直前のフォーストリガー機能で条件が達成されている場合は、“True”を返します。これを用いて、力が一定以上になったかどうかを判定し、処理を分岐できます。

- TriggeredAxesステータス
  フォーストリガー条件の達成状態を軸ごとに返します。

  どの軸の力が一定以上になったかどうかなど、より詳細な条件を判定し、処理を分岐できます。

- TriggeredPosステータス
  フォーストリガー条件を達成した座標を返します。

  条件を達成した位置が指定の範囲内かなどを判定し、位置によって処理を分岐できます。

### 4.5.4 フォースモニター機能のSPEL+プログラミング

#### 4.5.4.1 概要

フォースモニター機能とは、弊社の力覚センサーを用いて力またはトルクを計測する機能です。
結果を用いて、アプリケーション作成時のパラメーター調整や、ワークごとに作業でかかった力の記録や管理ができます。
フォースモニター機能のプログラミングは、次の手順で実行します。

1. 実行する座標系を設定する
2. パラメーターを設定する
3. フォースモニター機能を実行, 計測する

### 4.5.4.2 フォースモニター機能の座標系

フォースモニター機能は、フォース座標系にしたがって動作します。

フォースモニター機能は、力覚センサーが検出した力, トルクから、フォース座標系が受けた力, トルクを計算し、その値を取得したり、平均値やピーク値を計算したりします。

フォース座標系の原点は、実際に接触し、力が発生する部分を指定してください。(例: ワーク端点など)

また、フォース座標系の方向は、アプリケーションによって異なります。ロボットの姿勢に関わらず常に一定の方向の力を計測する場合はベース座標系やローカル座標系を指定してください。ロボットの把持するワークの進行方向など、ロボットの姿勢にしたがって変化する方向の力を計測する場合は、ツール座標系やカスタム座標系を指定してください。
フォースモニター機能は、フォース座標系で指定した、次の合計8次元のデータが計測できます。

- Fx~Tzの6軸
- Fmag: 並進力の合成力
- Tmag: トルクの合成トルク

### 4.5.4.3 フォースモニター機能のパラメーター

フォースモニター機能のパラメーターは、フォースモニターオブジェクトの各プロパティーで設定します。設定は、プログラム実行前にGUIで設定します。GUIでの設定の詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [ロボットマネージャー] - [ツール]メニュー
- [ツール]-[ロボットマネージャー]-[フォースデータ]パネル
またプログラム実行中、動的に変化させたい場合は、FSetステートメントを使用して設定します。

- ForceSensorプロパティー
  フォースモニター機能を実行する力覚センサー番号を指定します。
- CoordinateSystemプロパティー
  フォースモニター機能を実行するフォース座標オブジェクトを指定します。
- Fmag_Axesプロパティー
  Fx~Fz のどの軸を合成してFmagを計算するかを指定します。
  XY平面に平行な方向に加わっている力を計測する場合は、XYを指定するなど、計測したい方向を指定します。
- Tmag_Axesプロパティー
  Tx~Tz のどの軸を合成してTmagを計算するかを指定します。
- LPF_Enabledプロパティー
  フォースモニター機能でローパスフィルターを実行する軸をFx~Tmagについて指定します。
  ノイズ軽減やインパルス的な力覚センサーの値は、無視するような場合に使用します。
- LPF_TimeConstantプロパティー
  フォースモニター機能で実行するローパスフィルターの時定数を指定します。
  値を大きくすると、よりノイズを軽減しますが、力覚センサー値への追従性が悪くなります。

### 4.5.4.4 フォースモニター機能の実行

フォースモニター機能では、次の操作を実行できます。

- 力覚センサー値の取得
- 力覚センサー値の記録
- 平均値の取得
- ピーク値の取得

力覚センサー値の取得

フォースモニターオブジェクトの、Forceプロパティーを実行し、力覚センサー値を取得できます。

使用例:

```
FGet FM1.Forces, rVar()
```

実数型配列変数rVarに、Fx~Tmagまでの8次元の力覚センサー値を取得します。取得する力覚センサー値は、最新の値です。

平均値の取得

フォースモニターオブジェクトの、AvgForceClearプロパティーを実行し、力覚センサーの平均値計算を開始します。
開始後、AvgForceステータスにより平均値を取得できます。
使用例:

```
FSet FM1.AvgForceClear, True, True, True, True, True, True, True, True
FGet FM1.AvgForces, rVar()
```

実数型配列変数rVarに、Fx~Tmagまでの8次元の力覚センサーの平均値を取得します。
AvgForceステータスを実行する前には必ずAvgForceClearプロパティーで平均値計算を開始してください。計算を開始していない場合は、“0”が取得されます。
一度AvgForceステータスを実行すると平均値の計算は停止されます。連続して平均値を取得する場合は、平均値を取得する度に、再度平均値計算を開始してから平均値を取得してください。
また平均値計算を開始し、1分以上経過してからAvgForceステータスを実行した場合エラーになります。1分以内に実行するか、再度平均値計算を開始してください。

ピーク値の取得

フォースモニターオブジェクトの、PeakForceClearプロパティーを実行し、力覚センサーのピーク値計算を開始します。
開始後、PeakForceステータスによりピーク値を取得できます。
使用例:

```
FSet FM1.PeakForceClear, True, True, True, True, True, True, True, True
FGet FM1.PeakForces, rVar()
```

実数型配列変数rVarに、Fx~Tmagまでの8次元の力覚センサーのピーク値を取得します。
PeakForceステータスを実行する前には必ずPeakForceClearプロパティーで平均値計算を開始してください。計算を開始していない場合は、“0”が取得されます。
一度PeakForceステータスを実行すると、ピーク値の計算は停止されます。連続してピーク値を取得する場合は、ピーク値を取得する度に、再度ピーク値計算を開始してからピーク値を取得してください。

力覚センサー値の記録

フォースモニターオブジェクトの、LogStartプロパティーを実行すると、力覚センサー値をファイルに記録できます。
これにより、各作業の情報をファイルに保存することができます。
使用例:

```
FSet FM1.Label, "ForceLog"
FSet FM1.RecordStart, 30, 0.1
```

RecordStartプロパティーで30秒間、0.1秒間隔でファイルに力覚センサー値などの記録を開始します。記録開始の前に、ファイル名はLabelプロパティーに設定したラベルと開始時刻から決定します。記録開始後、プログラムは次のステートメントへ進みます。

## 4.5.5 フォース動作制限機能のSPEL+プログラミング

### 4.5.5.1 概要

フォース動作制限機能とは、ロボットの位置または姿勢が、設定された条件になったことを検出する機能です。
結果を用いて、処理の開始, 終了, 分岐などが行えます。
フォース動作制限機能のプログラミングは、次の手順で実行します。

1. パラメーターを設定する
2. フォース動作制限機能を実行する
3. 結果を取得する

### 4.5.5.2 フォース動作制限機能のパラメーター

フォース動作制限機能のパラメーターは、フォース動作制限オブジェクトの各プロパティーで設定します。
設定はプログラム実行前にGUIで設定します。GUIの設定の詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 [ロボットマネージャー] - [ツール]メニュー
- [ツール]-[ロボットマネージャー]-[フォースデータ]パネル

また、プログラム実行中、動的に変化させたい場合は、FSetステートメントを使用して設定します。

- ForceSensorプロパティー
  フォース動作制限機能の条件達成時に記録する力とトルクの対象となる力覚センサー番号を指定します。
- CoordinateSystemプロパティー
  フォース動作制限機能の条件達成時に記録する力とトルクのフォース座標系を指定するフォース座標系オブジェクトを指定します。
- Operatorプロパティー
  フォース動作制限機能としての条件達成を、各軸の条件全てを達成したときか、どの軸の条件を達成したときかを指定します。
- RobotLocalプロパティー
  フォース動作制限機能が監視する位置の基準とするローカル座標系を指定します。
- RobotToolプロパティー
  フォース動作制限機能が監視する位置の基準とするツール座標系を指定します。
- TriggerModeプロパティー
  監視対象とする位置を指定します。
  各モードの詳細は次のマニュアルを参照してください
  "Epson RC+ 8.0 オプション Force Guide 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス"
- DatumPointプロパティー
  TriggerModeにRelativePointを指定した場合に基準とするポイントを指定します
- Dist_Axesプロパティー
  X, Y, Z のどの軸を用いて距離を計算するかを指定します。
- Rot_Axesプロパティー
  X, Y, Zのどの軸を用いて角度を計算するかを指定します。
- Enabledプロパティー
  フォース動作制限機能を実行する軸をPosX~J6について指定します。
  アプリケーションで必要な軸のみフォース動作制限機能を有効にすることができます。
- Polarityプロパティー
  各位置、角度、間接位置が、上下限値の範囲内になったときか、範囲外になったときかの、どちらを条件達成とするかを指定します。
  規定外の位置や姿勢に移動したことを検出する場合などは、範囲外を指定します。
  位置や姿勢が予定する範囲内に収まったことを検出する場合などは、範囲内を指定します。

- UpperLevelプロパティー
  フォース動作制限機能の上限値を設定します。
  設定値以下か、設定値を超えるかを監視します。
- LowerLevelプロパティー
  フォース動作制限機能の下限値を設定します。
  設定値以上か、設定値未満かを監視します。

### 4.5.5.3 フォース動作制限機能の実行

フォース動作制限機能は、Till, Wait, Trap, Findで指定します。
各命令の基本的な機能は、次のマニュアルを参照してください。
Epson RC+ 8.0 SPEL+ ランゲージリファレンス
ここでは、フォース動作制限機能について説明します。フォース動作制限の監視は各ロボットについて同時に15個まで監視できます。1台のロボットについて、同時に16個以上使用できません。

- Till
  Tillステートメントのイベント式にフォース動作制限オブジェクトを指定することでフォース動作制限機能を動作の終了条件に設定することができます。これにより、指定された条件の位置になったとき、動作を終了することができます。

  使用例:

```
Till FMR1
Move P1 FC1 Till
```

TillステートメントによってTill条件にフォース動作制限が設定され、Move動作中にフォース動作制限オブジェクトFMR1に設定した条件を達成したとき、Move動作は動作途中であっても停止し次のステートメントを実行します。

- Trap
  Trapステートメントのイベント式にフォース動作制限オブジェクトを指定することで、フォース動作制限機能を割り込み処理の開始条件に設定します。これにより、常に位置姿勢を監視して、指定された条件の位置姿勢になったとき、割り込みを開始することができます。

  使用例:

```
Trap 1, FMR1 Goto TrapLabel
```

Trapステートメントによってフォース動作制限機能が実行され、条件の監視が開始されます。フォース動作制限オブジェクトFMR1に設定した条件を達成したとき、指定したラベルに移行します。

- Wait
  Waitステートメントのイベント式にフォース動作制限オブジェクトを指定することで、フォース動作制限機能を待機の終了条件に設定します。これにより、指定された条件の位置姿勢になるまで待機します。

  使用例:

```
Wait FMR1
```

Waitステートメントによってフォース動作制限機能が実行され、条件の監視が開始されます。フォース動作制限オブジェクトFMR1に設定された条件が達成されるまでプログラムを一時停止させ、条件が達成したときそのプログラムを再開します。

- Find
  Findステートメントのイベント式にフォース動作制限オブジェクトを指定することで、フォース動作制限機能を動作中に座標を保存する条件に設定します。これにより、指定された位置姿勢になった位置を記録できます。

  使用例:

  ```
  Find FMR1
  Move P1 FC1 Find
  P0=FindPos
  ```

  FindステートメントによってFind条件にフォース動作制限が設定され、Move動作中にフォース動作制限オブジェクトFMR1に設定した条件を達成したとき、条件が達成された位置をコントローラーは記憶し、FindPos関数で、その位置を取得します。

  フォース動作制限機能は、TriggeredPosステータスで条件達成時の位置が取得できます。そのため、Findは複数の条件を組み合わせたイベント式を指定する場合に有効です。TriggeredPosステータスでは、そのフォース動作制限オブジェクトに設定された条件を達成した位置を取得できます。FindPos関数では、条件を組み合わせたイベント式が達成された位置を取得できます。

監視を開始したフォース動作制限オブジェクトは、FDelステートメントで削除しないでください。またマルチタスクでは、フォース動作制限オブジェクトを指定したTill, Wait, Trap, Findを同時に実行しないようにプログラムを作成してください。

#### 4.5.5.4 フォース動作制限機能の結果取得

フォース動作制限機能の実行後、FGetステートメントでフォース動作制限オブジェクトのステータスを指定することで、その結果を取得できます。取得した結果を使用して、作業の成否判定や、条件分岐が行えます。
ステータスは、フォース動作制限機能の実行時に初期化され、フォース動作制限機能の終了時に結果が設定されます。設定された結果は、フォース動作制限機能を再度実行するか、プロジェクトをロードするまで保持されます。

- Triggeredステータス
  フォース動作制限条件の達成状態を返します。
  直前のフォース動作制限機能で条件が達成されている場合は、“True”を返します。これを用いて、位置姿勢が指定条件になったかどうかを判定し、処理を分岐できます。

- TriggeredAxesステータス
  フォース動作制限条件の達成状態を軸ごとに返します。
  どの軸の力が指定範囲外になったかどうかなど、より詳細な条件を判定し、処理を分岐できます。

- TriggeredPosステータス
  フォース動作制限条件を達成した座標を返します。
  条件を達成した位置が指定の範囲内かなどを判定し、位置によって処理を詳細に分岐できます。

- TriggeredForcesステータス
  フォース動作制限条件を達成したときの力とトルクを返します。
  条件を達成したときの力が指定の範囲内かなどを判定し、力によって処理を分岐できます。

### 4.5.6 フォース機能のプログラム例

フォース機能を組み合わせた、簡単な作業例を説明します。

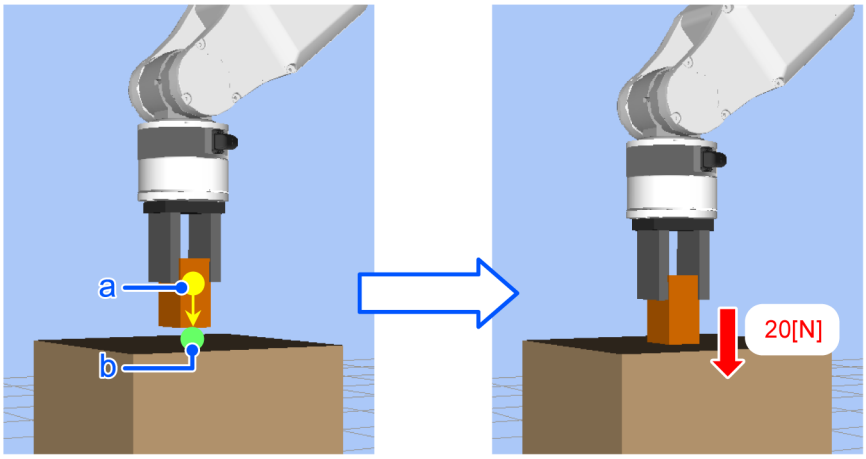
> ⚠ 注意
>
> 例で説明するパラメーターは参考値です。

比較的安定的なパラメーターを使用していますが、動作環境によっては作業が成功しない場合や、振動的な動作をする場合があり、パラメーターの調整が必要な場合があります。注意してください。

また、説明のため、低速で安定的なパラメーターを使用しています。より高速な動作をする場合も、パラメーターの調整が必要になります。

### 4.5.6.1 押し付け作業

一定の方向に目標の力で押し付ける作業のプログラム例を説明します。




| 記号 | 説明 |
|---|---|
| a | ツール座標 |
| b | フォース座標 |

作業例は、接触位置から10[mm]上空へ移動し、力制御機能によってハンドで把持しているワークを作業台に20[N]の力で押しあてます。

同時に、フォーストリガー機能を使って、作業中に過大な力(100[N]以上)を監視し、過大な力を検知したときエラーとします。

また、フォース動作制限機能を使って、作業中に想定外の移動 (20[mm]以上)を行った場合、作業台が存在しない異常状態として、ロボットの動作を停止します。

また、フォースモニター機能によって、作業完了後の力覚センサー値と作業中にかかった最大の力を計測します。ツール座標系は、ハンド先端に設定され、ハンド進行方向がTlz軸方向です

### 4.5.6.2 サンプルプログラム

```
Function PressSample_Main
  Real rVar(8)
  Integer iVar
  Motor On
  Go P0                                   ' 作業開始位置へ移動
  PressSample_PropertySetting             ' プロパティー設定
  FSet FS1.Reset                          ' 力覚センサーリセット
  Trap 1, FT1 Call PressSample_EHandle    ' 過大な力の監視開始
  FSet FM1.PeakForceClear, True, True, True, False, False, False, True, False
    ' ピーク値計算開始
  Till FMR1                               ' 想定範囲外に移動した場合の動作停止条件を設定
  FCKeep FC1 Till, 10                     ' 力制御機能を10秒間実行
```

```
  Print "Motion End"
  FGet FM1.Forces, rVar()                ' 力覚センサー値取得
  Print "Force Fz:", rVar(FG_FZ), ", Fmag:", rVar(FG_FMAG)
  FGet FM1.PeakForces, rVar()            ' ピーク値取得
  Print "PeakForce Fz:", rVar(FG_FZ), ", Fmag:", rVar(FG_FMAG)
  FGet FMR1.Triggered, iVar              ' 動作制限の結果取得
  If iVar = True Then                    ' 制限されていた場合はOverrunエラーを表示
    Print "Overrun Error"
  EndIf
Fend

Function PressSample_PropertySetting
  FSet FCS1.Position, 0, 0, 30           ' フォース座標系の原点はZ30 mm位置
  FSet FCS1.Orientation, FG_TOOL         ' 方向はツール座標系と一致する

  FSet FC1.CoordinateSystem, FCS1        ' 定義したフォース座標1番を指定
  FSet FC1.Enabled, False, False, True, False, False, False
    ' Fz方向のみ力制御機能を有効
  FSet FC1.Fz_TargetForce, -20           ' 20Nの押し付け
  FSet FC1.Fz_Spring, 0                  ' 仮想弾性係数は0
  FSet FC1.Fz_Damper, 10                 ' 仮想粘性係数は10
  FSet FC1.Fz_Mass, 10                   ' 仮想慣性係数は10

  FSet FT1.ForceSensor, 1                ' 力覚センサー1番を指定
  FSet FT1.CoordinateSystem, FCS1        ' 定義したフォース座標1番を指定
  FSet FT1.TriggerMode, FG_FORCE         ' 力を監視する
  FSet FT1.Fmag_Axes, FG_XYZ
  FSet FT1.Enabled, False, False, False, False, False, False, True, False
    ' Fmagのみを有効
  FSet FT1.Fmag_Polarity, FG_OUT         ' 閾値範囲外になったときトリガー検知
  FSet FT1.Fmag_Levels, 0, 100           ' Fmagの範囲は0~100

  FSet FM1.ForceSensor, 1                ' 力覚センサー1番を指定
  FSet FM1.CoordinateSystem, FCS1        ' 定義したフォース座標1番を指定

  FSet FMR1.TriggerMode, FG_REL_TOOL     'ツール相対モードを指定
  FSet FMR1.PosEnabled, False, False, True, False, False
    'Z方向のみを有効
  FSet FMR1.PosZ_Levels, -20, 20         'Zの範囲は-20mm~20mm
  FSet FMR1.PosZ_Polarity, FG_OUT        '閾値範囲外になったとき制限有効
  FSet FMR1.ForceSensor, 1               '力覚センサー1番を指定
  FSet FMR1.CoordinateSystem, FCS1       '定義したフォース座標1番を指定
Fend

Function PressSample_EHandle
  Real rVar(8)
  FGet FM1.PeakForces, rVar()            ' ピーク値取得
  Print "Error Handle"
  Print "PeakForce Fz:", rVar(FG_FZ), ", Fmag:", rVar(FG_FMAG)
  AbortMotion All                        ' ロボット動作を停止し、エラー状態にする
Fend
```

### 4.5.6.3 解説

1. PressSample_Main関数を実行すると、ロボットは作業開始位置へ移動します。
2. PressSample_PropertySettingを呼び出し、各プロパティーの設定を実行します。
   ただし、各プロパティーの設定はGUIのフォースエディターで事前に行うこともできます。その場合、PressSample_PropertySettingを呼び出す必要はありません。
3. フォース座標オブジェクトを設定します。フォース座標系は、ツール座標系におけるワーク端の位置を指定するため、例では、Z30[mm]位置を指定します。方向はツール座標系の方向と同じとします。
4. フォースコントロールオブジェクトを設定します。力制御機能を実行する座標系として設定したFCS1を指定します。Fzの正方向に向かって押し付けるため、目標力は負の値を指定します。仮想弾性係数, 仮想粘性係数, 仮想慣性係数をそれぞれ設定します。この例では、仮想弾性係数を"0"に設定したため、ロボットは仮想的な"ばね"を持たず、目標力を達成するまで移動し続けます。また、仮想粘性係数と仮想慣性係数は、安定的なパラメーターを使用しています。高速な動作をさせるためにはこれらを段階的に小さくしながら調整します。ただし、小さくなるにしたがい、力のオーバーシュートは大きくなります。
5. フォーストリガーオブジェクトを設定します。使用する力覚センサー番号とフォーストリガー機能を実行する座標系を指定します。過大な力がかかるかを監視するため、TriggerModeプロパティーは力を指定します。監視する合成力はFx~Fz全てを使って計算するためXYZを指定します。過大な力を100[N]とするため、Fmagの範囲として0~100[N]を指定し、この範囲外になるかを監視するように設定します。
6. フォースモニターオブジェクトを設定します。計測する力覚センサー番号と座標系を指定します。
7. フォース動作制限オブジェクトを設定します。ロボットは、(a), (b)の設定により、ツール座標系の+Z方向に移動します。例では、20㎜を超えて移動した場合、押し付ける対象物がないとして検出する設定を行います。ツール座標系の移動距離を検出するため、TriggerModeにツール相対モードを指定します。Z方向を検出するため、EnabledでPosZのみを有効にします。Z方向の範囲として-20~20[mm]を指定し、この範囲外になるかを監視するように設定します。
8. フォース機能を使用する前に力覚センサーをリセットします。
9. Trapにフォーストリガーオブジェクトを指定し、フォーストリガー機能を実行します。これにより過大な力を監視します。
10. Tillの条件にフォース動作制限オブジェクトを指定します。
11. 作業中にかかる力のピーク値の計算を開始します。
12. 力制御機能を10秒間実行します。実行中、Till条件に指定したフォース動作制限の条件を達成した場合は動作を中断します。
13. 力覚センサーの現在値とピーク値を取得、表示します。この例では、値を表示するだけですが、これらの値を使って作業の成否判定を行い、処理を分岐させることもできます。
14. フォース動作制限の結果を取得します。この例では、条件を達成していた場合はオーバーランとしてエラーを表示するだけですが、リカバリー処理などができます。
15. もし、作業中に過大な力を検出した場合は、プログラムは中断され、PressSample_EHandle関数が割り込み実行されます。作業中にかかったピーク値を取得, 表示して、ロボット動作を停止しエラー状態とします。この例では、エラー状態にしていますが、リトライするなどエラー時の処理を実行することもできます。

## 4.6 チュートリアル

本チュートリアルでは、Force Guide 8.0の基本的な操作方法を、下記の作業や動作で説明します。
フォースガイダンス機能によるチュートリアル

汎用シーケンスを使ったチュートリアル
**フォースガイダンス機能 (鉛直下方向押付)**
**フォースガイダンス機能 (USBコネクター挿入)**
**フォースガイダンス機能 (円柱嵌合)**
**フォースガイダンス機能 (ネジ締め)**

専用シーケンスを使ったチュートリアル
**貼付けシーケンス**
**ネジ締めシーケンス**
**高さ検査シーケンス**
**挿入シーケンス**

SPEL+コマンドによるチュートリアル
**コマンド版 (単純押付)**

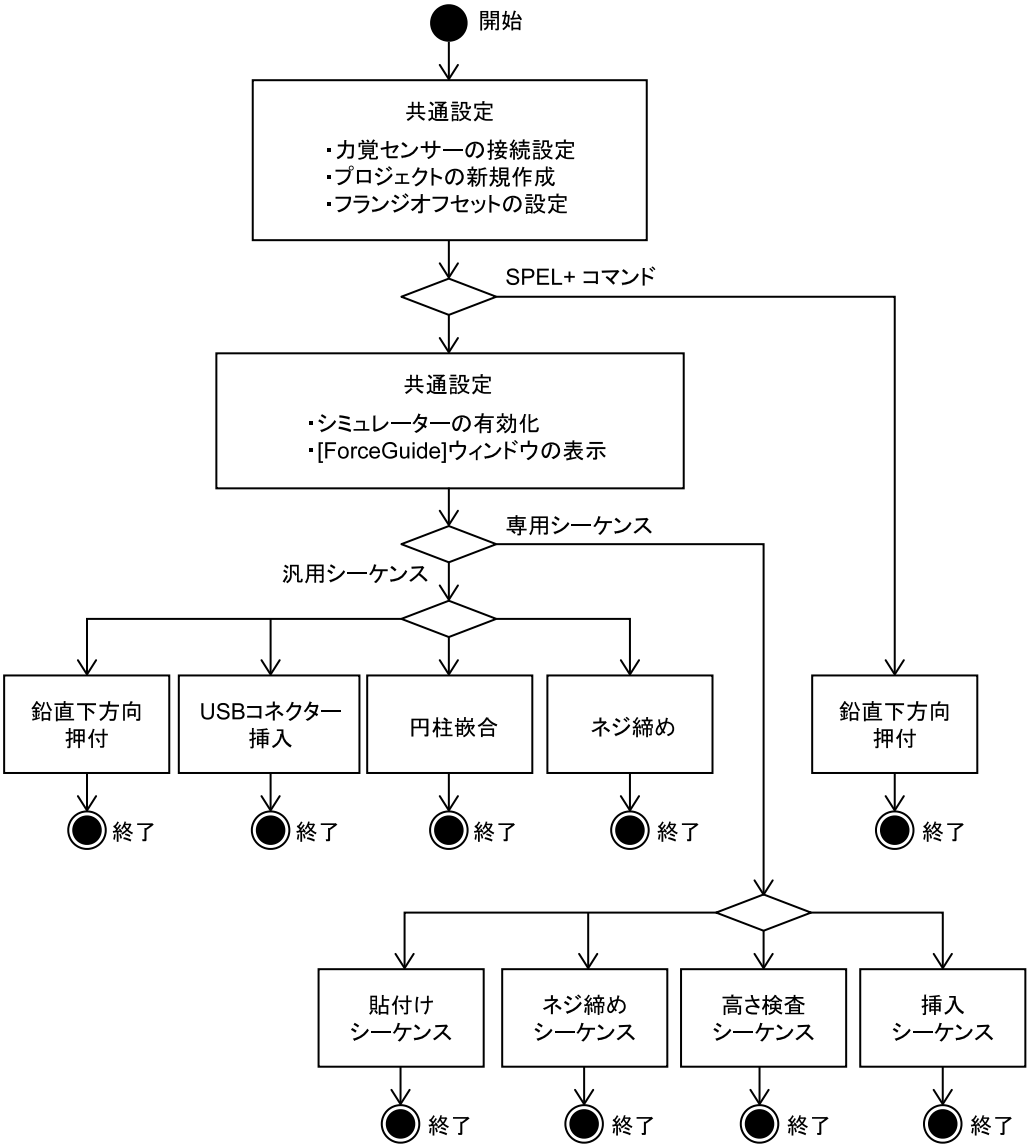
本チュートリアルでは、下記の接続や設定が、正しく完了していることを前提としています。

- 弊社のセンサーフランジを使用していること
- 力覚センサーが、ロボットに取りつけられていること
- 力覚センサーが、力覚センサーI/Fユニット、または基板のセンサー1に接続されていること
- 力覚センサーI/Fユニットが、コントローラーと接続されていることまたは、力覚センサーI/F基板が正しくコントローラーに取りつけられていること
- Epson RC+ が、コントローラーと通信できていること
- ロボットとコントローラーが、接続されていること
- ロボットが、ロボット1として登録されていること

接続や設定は、次の章、およびマニュアルを参照してください。

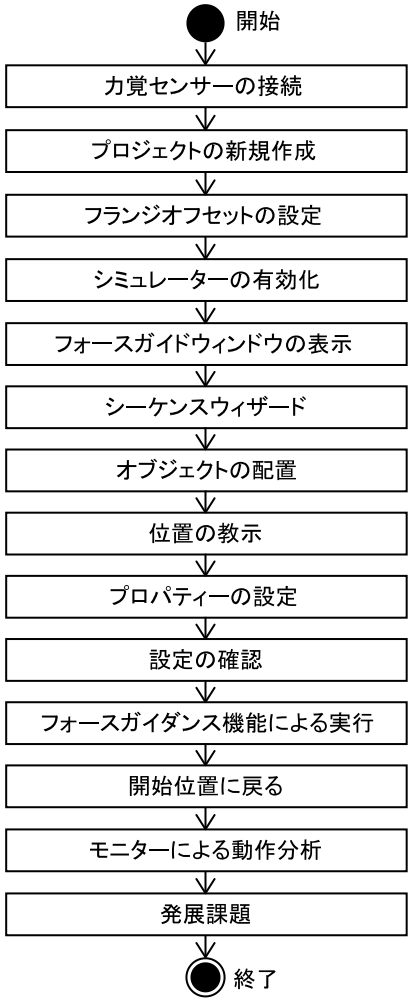
- ハードウェア編 **取りつけ方法**
- "Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド - システム操作 - ロボット設定"

**全体の流れ**



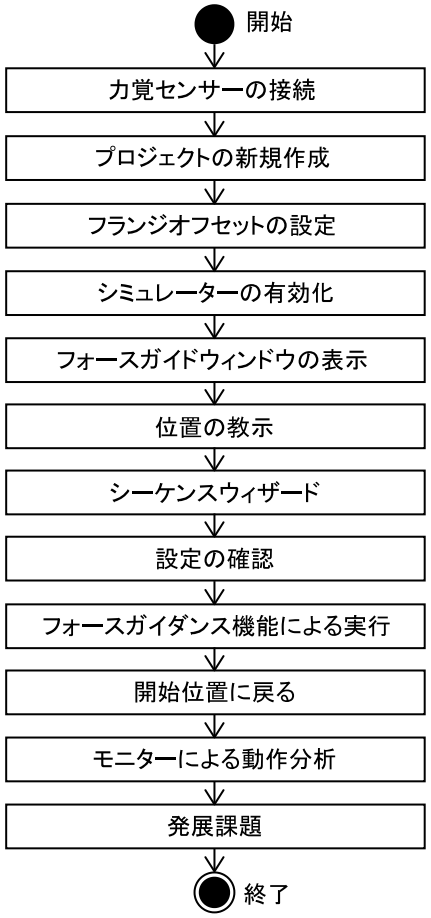

**チュートリアルの流れと詳細**

- フォースガイダンス機能 (汎用シーケンス)




- SPEL+コマンド機能

- フォースガイダンス機能 (専用シーケンス)




## 4.6.1 共通設定

本オプションを使用するために必要な設定を、実際にEpson RC+を使用して説明していきます。
はじめに、力覚センサーをロボットに取りつけます。次に、下記を参照し、設定を行います。この設定は、初めの1回のみです。毎回行う必要はありません。

力覚センサーの接続設定
プロジェクトの新規作成
フランジオフセットの設定
シミュレーターの有効化

上記の設定が完了している場合は、下記を参照し、[ForceGuide]ウィンドウを表示します。
[ForceGuide]ウィンドウの表示

続けて下記のチュートリアルに進んでください。
フォースガイダンス機能 (鉛直下方向押付)
フォースガイダンス機能 (USBコネクター挿入)
フォースガイダンス機能 (円柱嵌合)
フォースガイダンス機能 (ネジ締め)
貼付けシーケンス
ネジ締めシーケンス
高さ検査シーケンス
挿入シーケンス
コマンド版 (単純押付)

### 4.6.1.1 力覚センサーの接続設定

フォース機能を実行するロボットと力覚センサーを関連づける方法を説明します。

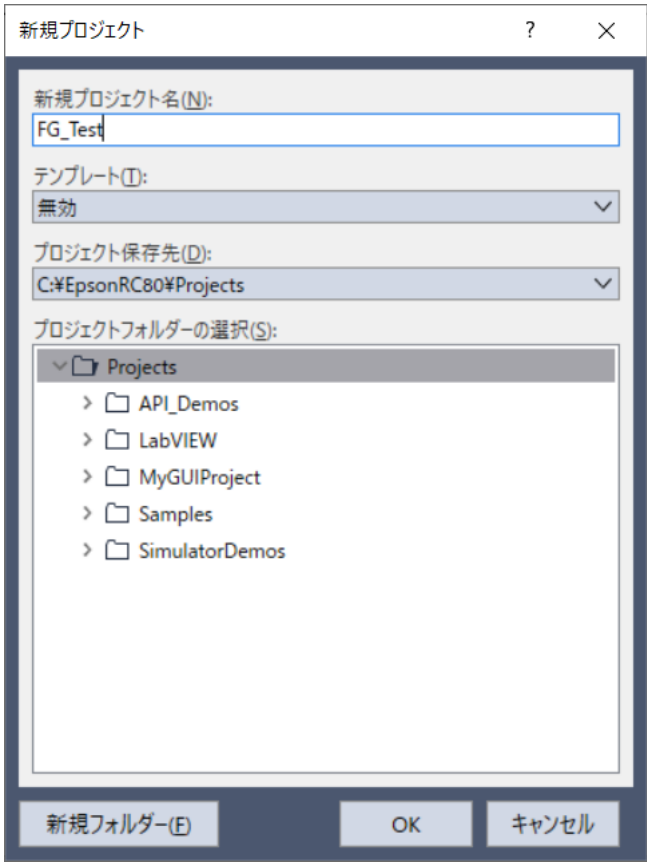
1. Epson RC+メニュー-[システム設定]-[コントローラー]-[力覚センサー]-[センサー1]を選択します。

2. [センサー使用]チェックボックスをチェックします。
3. [ロボット接続]で、“1”を選択します。
4. ロボットコントローラーが再起動するのを待ちます。

### 4.6.1.2 プロジェクトの新規作成

フォース機能を実行するプロジェクトを作成する手順を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[プロジェクト]-[新規プロジェクト]をクリックします。[新規プロジェクト]ダイアログが表示されます。




2. [新規プロジェクト名]に、“FG_Test”を入力します。
3. [OK]ボタンをクリックします。

### 4.6.1.3 フランジオフセットの設定

フランジオフセットを設定する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[セットアップ]-[システム設定]-[コントローラー]-[力覚センサー]-[センサー*]をクリックします。

2. フランジオフセットを設定します。
   弊社のセンサーフランジ使用している場合:[デフォルト]ボタンをクリックした後、[適用]ボタンをクリックします。

使用しているマニピュレーターによって数値が異なります。必要に応じて、下記を参照してください。
ソフトウェア編 座標変換

センサーフランジを自作している場合:
各数値を入力し、[適用]ボタンをクリックします。

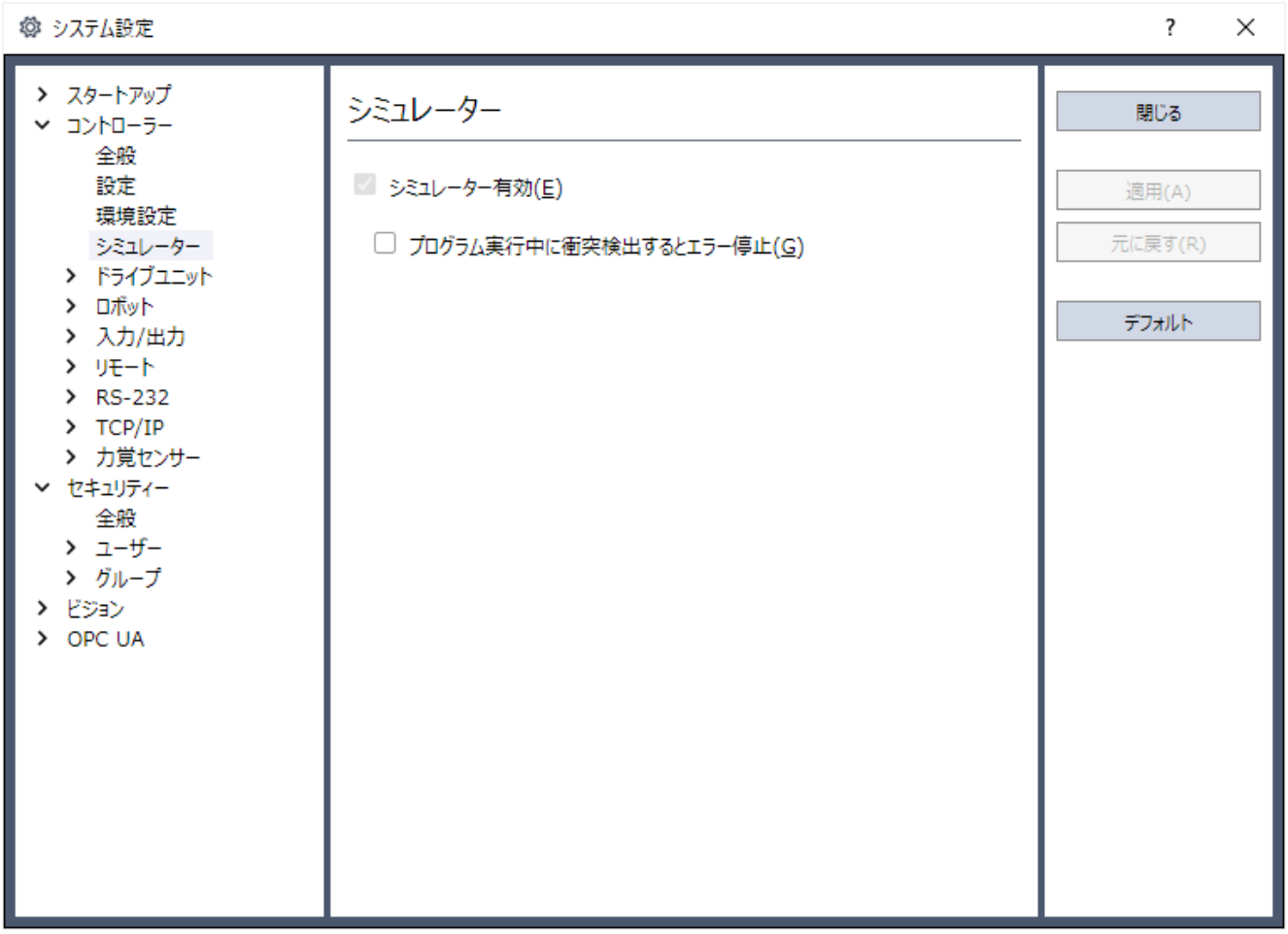
シミュレーターの有効化 以降は、フォースガイダンス機能の場合の設定です。

コマンド版の場合は、下記に進んでください。
コマンド版 (単純押付)

### 4.6.1.4 シミュレーターの有効化

シミュレーター機能を有効にする方法を説明します。

1. Epson RC+ メニュー-[セットアップ]-[システム設定]をクリックします。[システム設定]ダイアログが表示されます。




2. [コントローラー]-[シミュレーター]を選択します。

3. [シミュレーター有効]チェックボックスをチェックします。
   既にチェックされている場合は、不要です。

4. [適用]ボタンをクリックします。

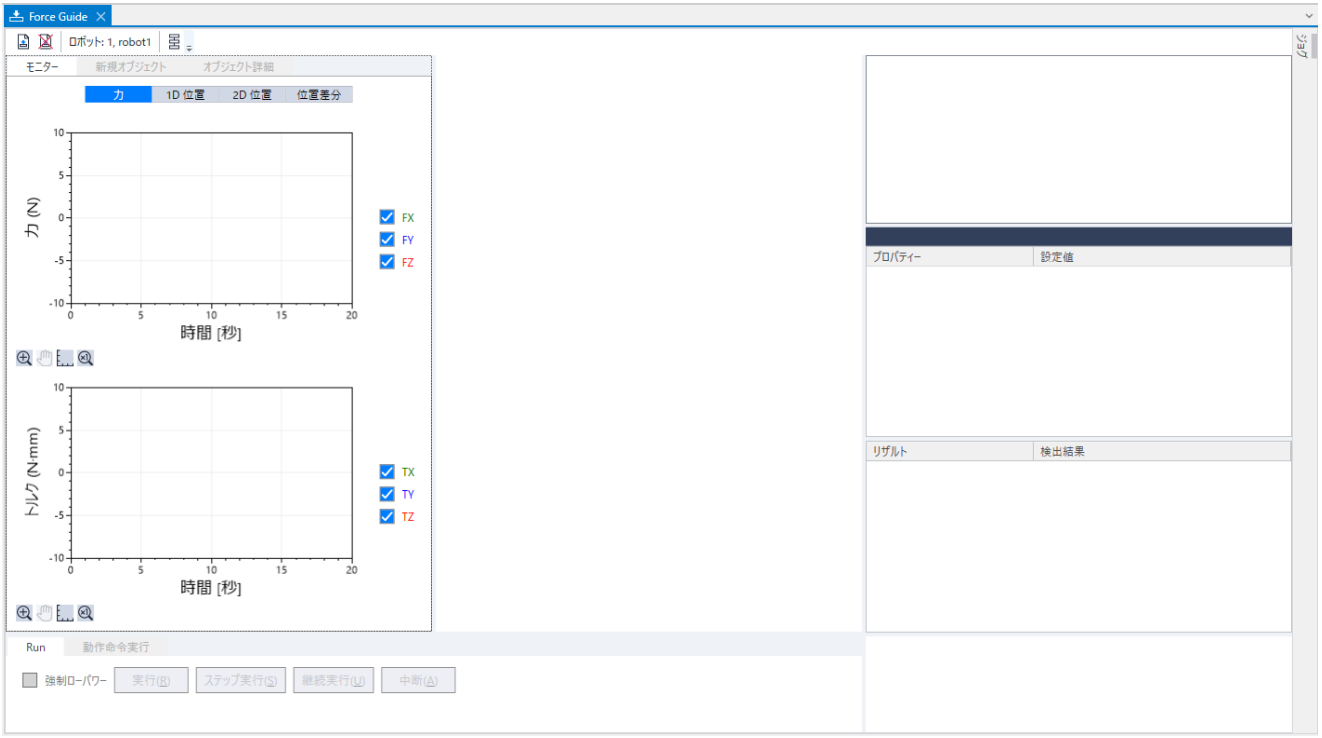
5. ロボットコントローラーが再起動するのを待ちます。

### 4.6.1.5 [ForceGuide]ウィンドウの表示

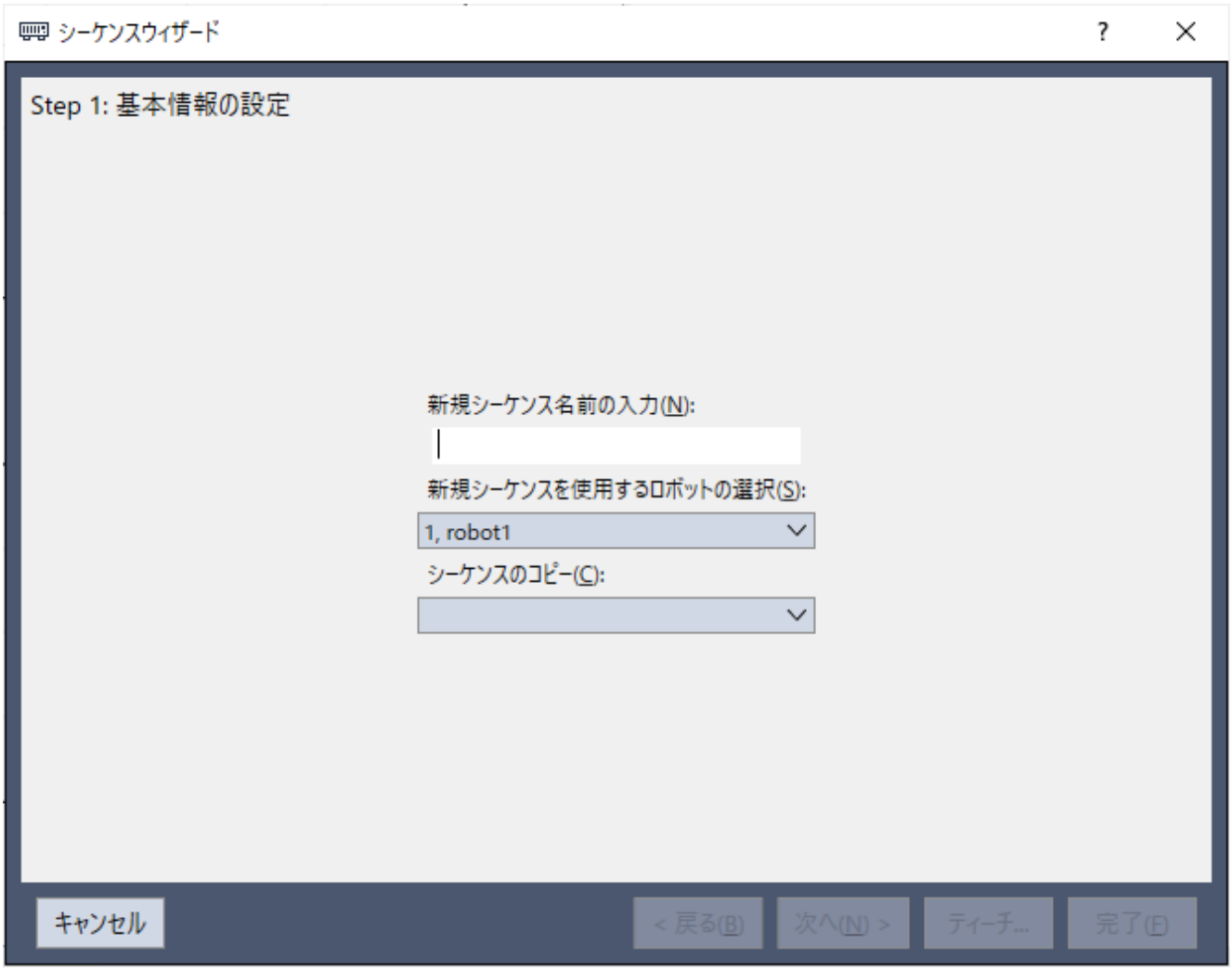
フォースガイダンス機能を開始する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[Force Guide ]をクリックします。
   [Force Guide]ウィンドウが表示されます。

2. [新規シーケンス ] ボタンをクリックします。



3. シーケンスウィザードが表示されます。




## 4.6.2 汎用フォースガイドシーケンスを使ったチュートリアル

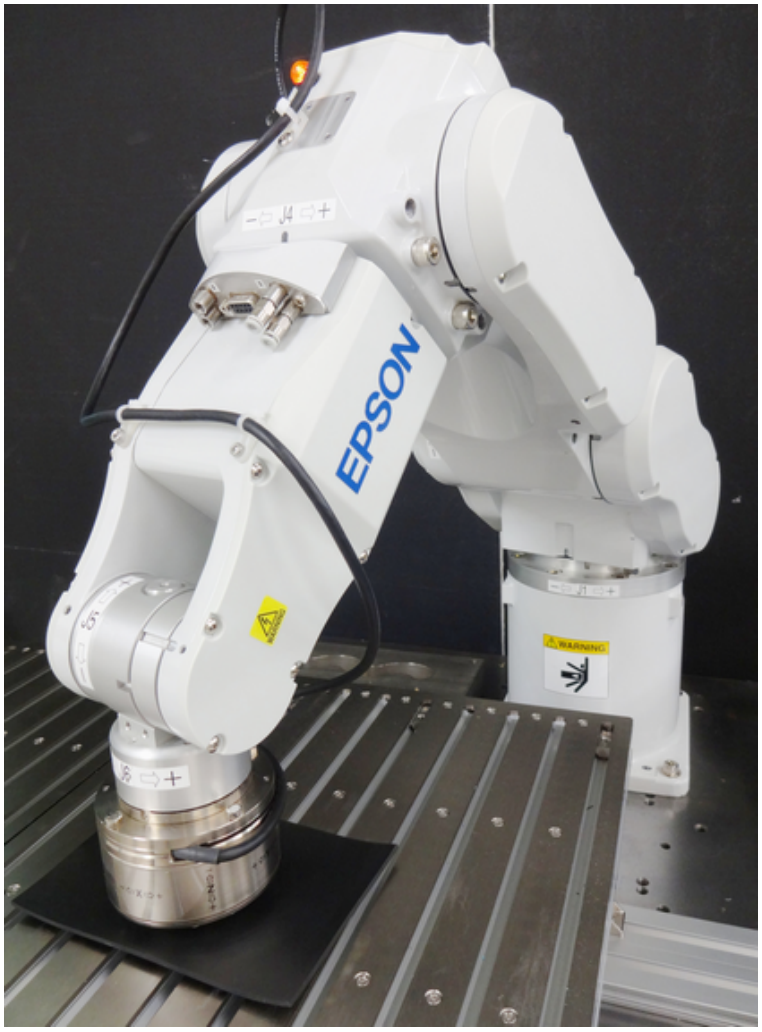
### 4.6.2.1 フォースガイダンス機能 (鉛直下方向押付)

本チュートリアルでは、最も簡単な作業として、鉛直下方向の“押付”を説明します。

力覚センサーの天板面を、硬い机や鋭利なものに直接押しあてると、天板に傷がついたり、ゆがんでしまったりする場合があります。
“押付”作業を行うときは、下記の対策を施してください。

- “押付”作業を行う対象物と、力覚センサーとの間にゴムシートや、エアクッションを挟む

- 棒状の練習用エンドエフェクターを取りつける

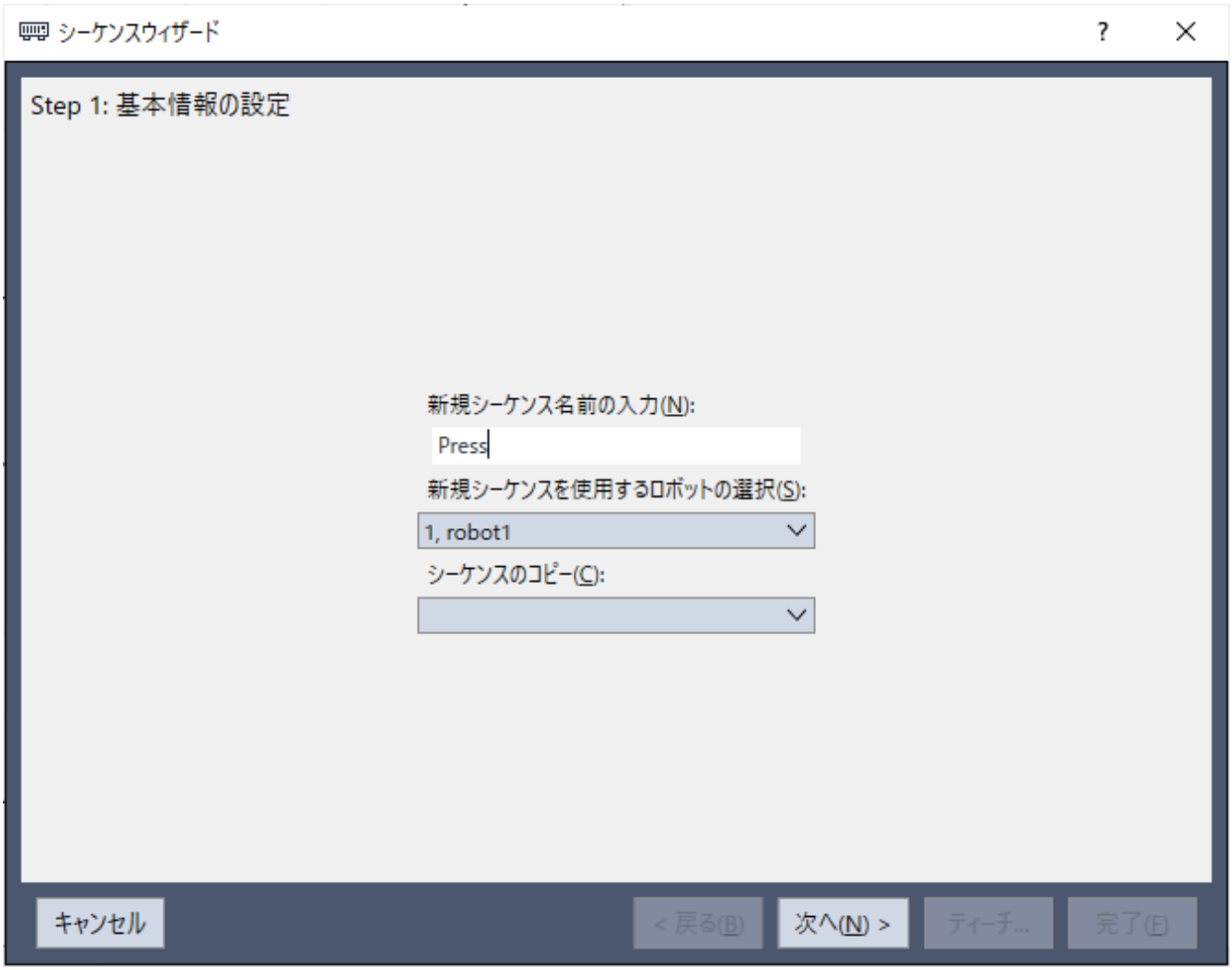



> ⚠ 注意
>
> 本チュートリアルで説明するパラメーターは参考値です。
>
> 比較的安定的なパラメーターを使用していますが、動作環境によっては作業が成功しない場合や、振動的な動作をする場合があります。また、パラメーターの調整が必要な場合があります。注意してください。
>
> 説明のため、低速で安定的なパラメーターを使用しています。より高速な動作をする場合も、パラメーターの調整が必要になります。

### 4.6.2.1.1 シーケンスウィザード

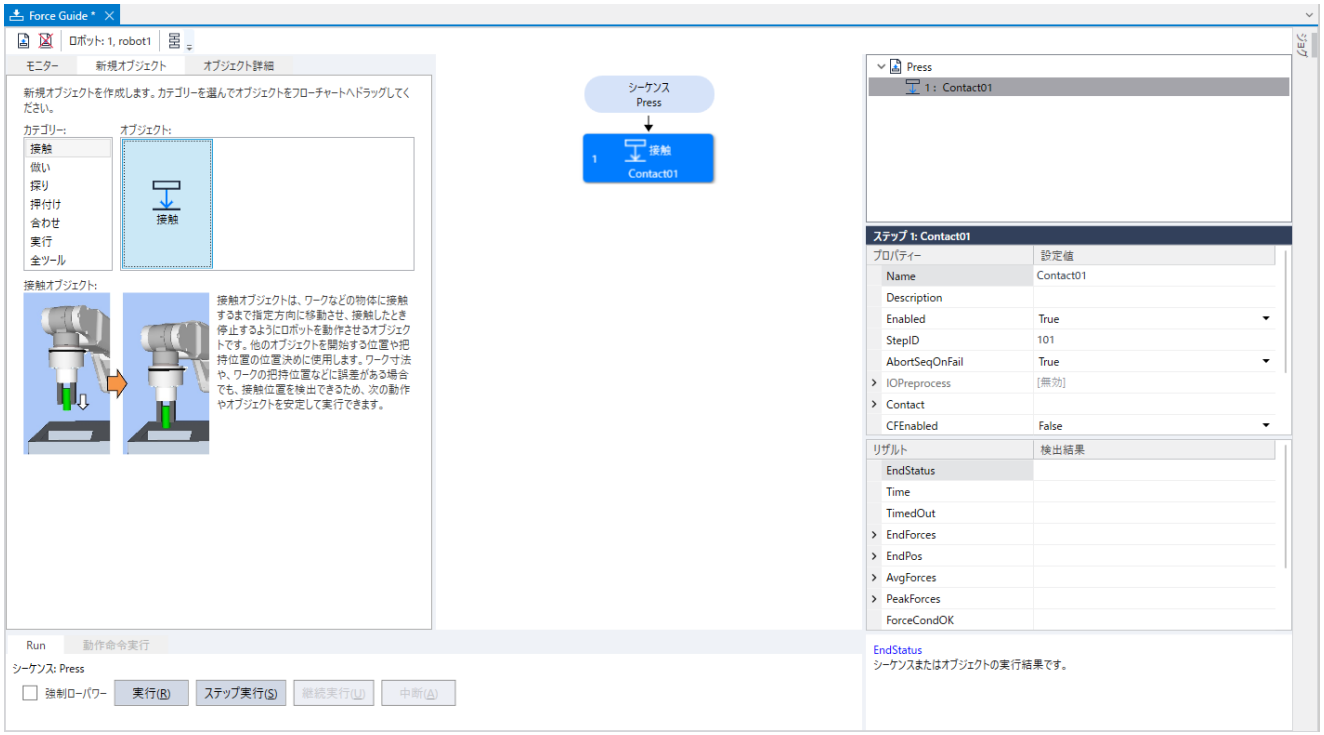
“鉛直下方向押付”のフォースガイドシーケンスを作成する方法を説明します。

1. [新規シーケンス名前の入力]ボックスに、“Press”と入力します。[次へ]ボタンをクリックします。



2. [Step 2: 作業の選択]ダイアログが表示されます。[空のシーケンス]を選択します。[完了]ボタンをクリックします。

3. [Press] シーケンスが作成されていることを確認します。



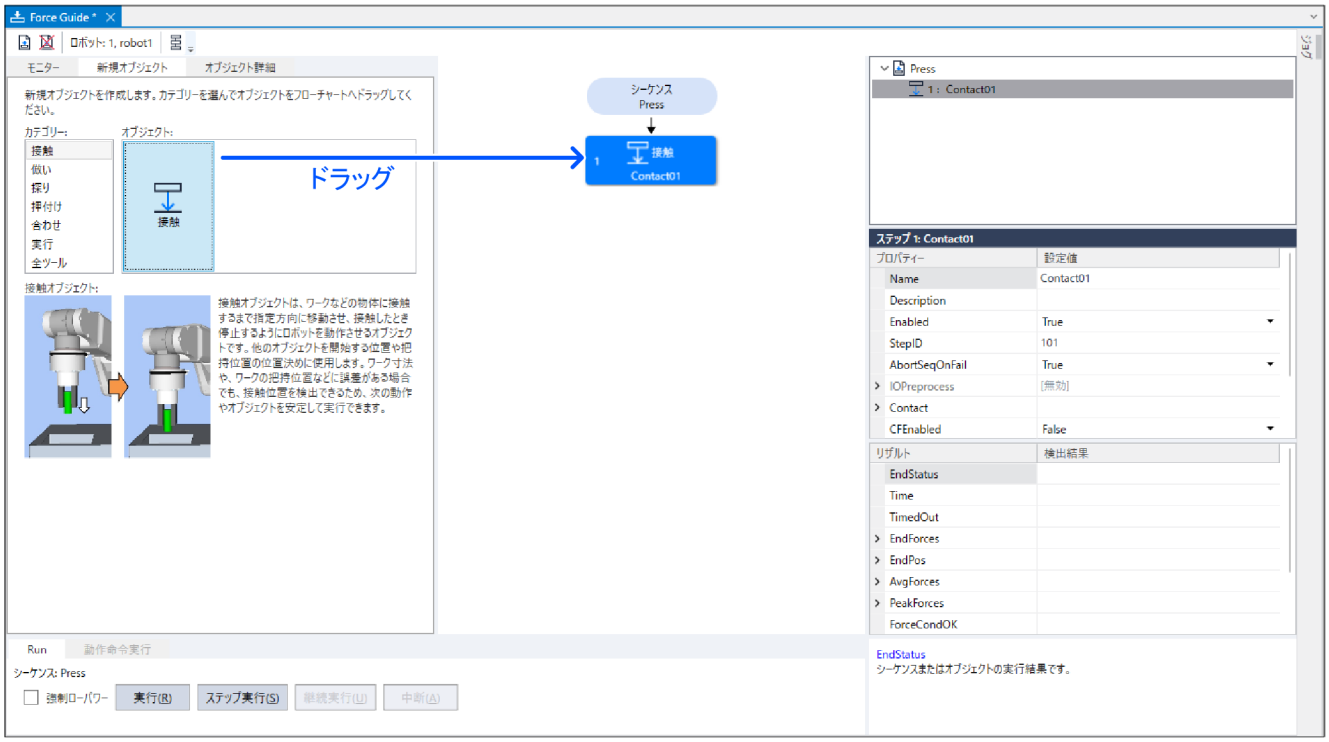

[Press] シーケンスは、空のシーケンスです。オブジェクトは、何も配置されていません。次の項に進みます。

## 4.6.2.1.2 オブジェクトの配置

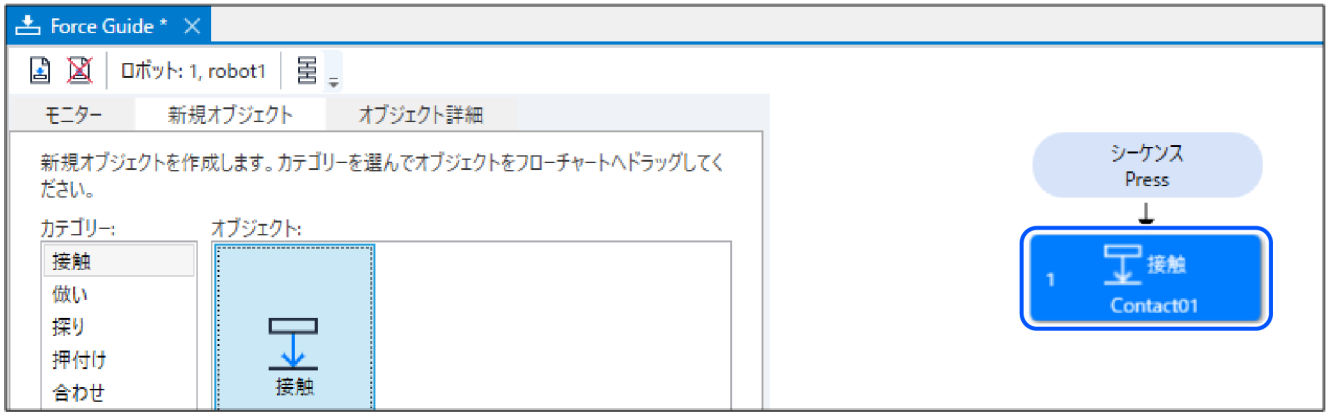
フローチャートに、フォースガイドオブジェクトを配置する方法を説明します。

“押付”オブジェクトだけでも、押付動作が成功する場合もあります。ただし、“接触動作”と“押付動作”を分けた方が、作業品質や作業時間を改善する場合に、作業が効率よく行えます。
本チュートリアルでは、“接触”と“押付”を分けて、フォースガイドシーケンスを完成させます。

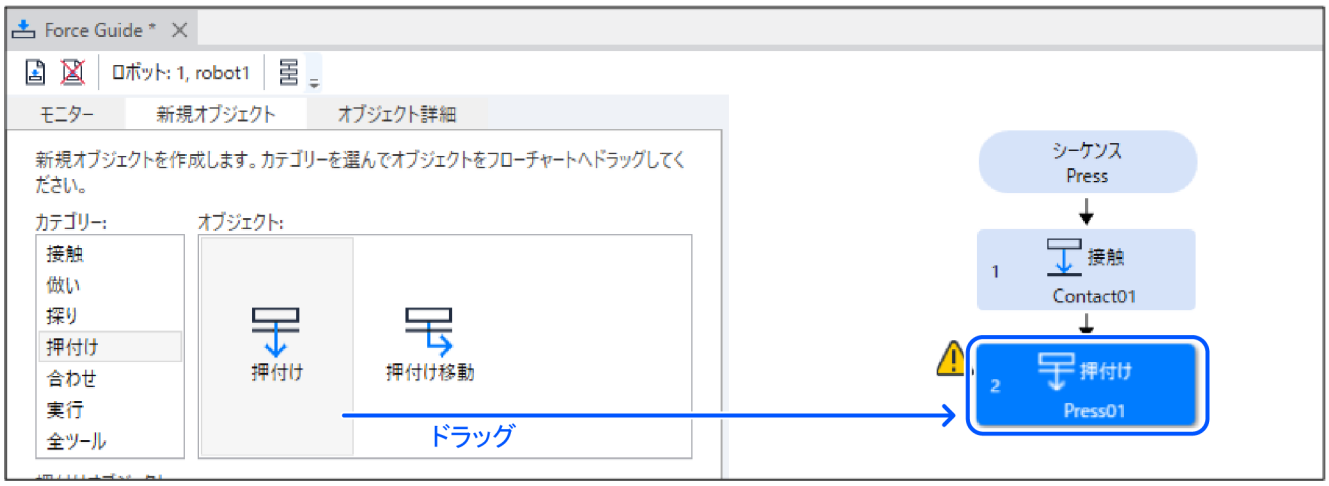
1. [Force Guide]ウィンドウ-[新規オブジェクト]タブを選択します。[カテゴリー]で、“接触”を選択します。[オブジェクト]-[接触]アイコンをクリックします。ウィンドウの下半分に説明が表示されます。フローチャートに、[接触]アイコンを、ドラッグします。




“接触”オブジェクトが、[Contact01]オブジェクトとして登録されます。




2. [カテゴリー]で、“押付け”を選択します。フローチャートに、[オブジェクト]-[押付け]アイコンを、ドラッグします。




“押付け”オブジェクトが、[Press01]オブジェクトとして登録されます。

以上でオブジェクトの設定は終了です。次にプロパティーの設定を説明します。

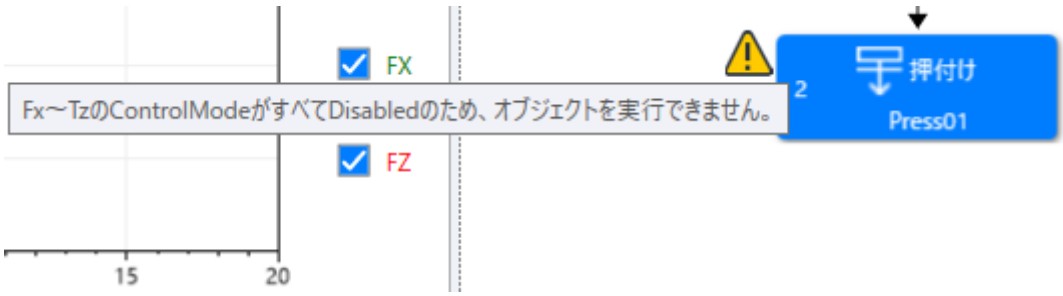
### 4.6.2.1.3 プロパティーの設定

押付作業に必要なプロパティーを設定する方法を説明します。
設定値は、以下の通りです。

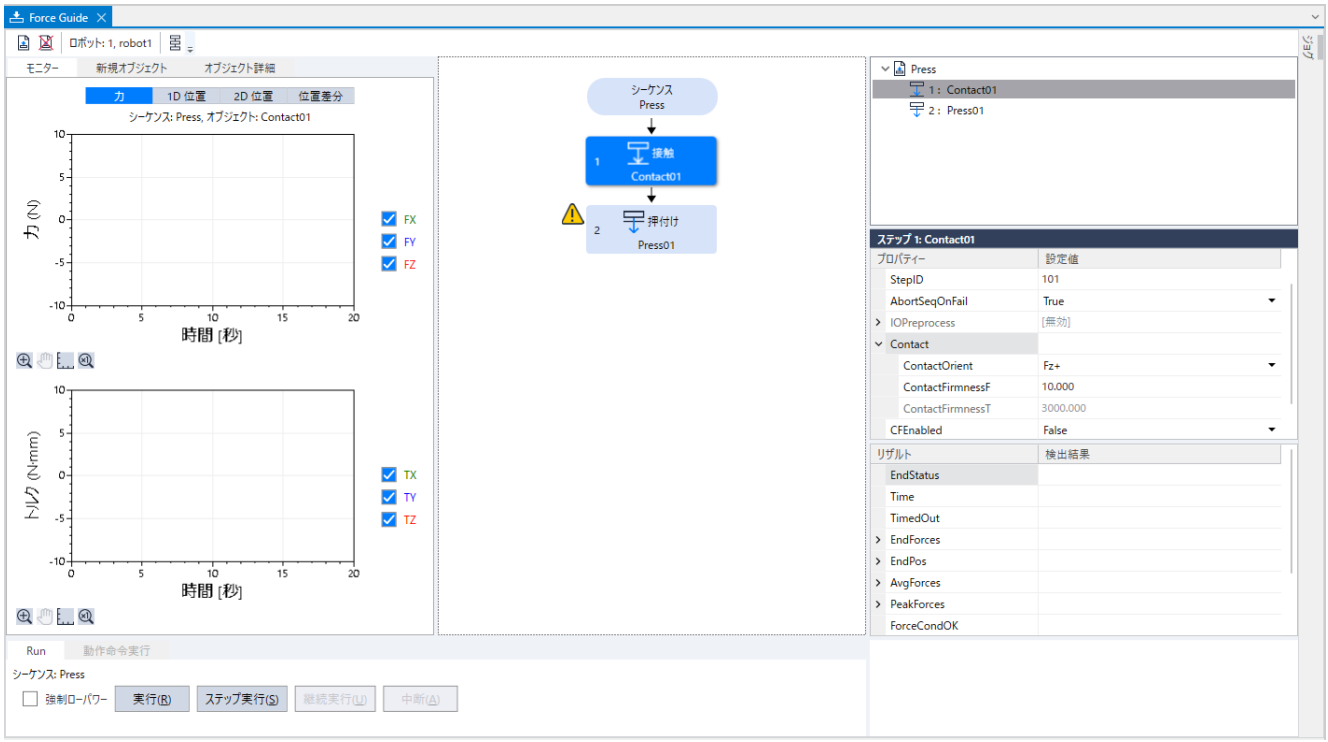
| | |
|---|---|
| 接触オブジェクトを終了させるしきい値 | 4 [N] |
| 押付力 | 4 [N] |
| 押付の実行時間 | 1.0 [秒] |

1. 初期状態では、フローチャートに マークが表示されます。プロパティーの設定が必要です。

マークにマウスポインターを移動すると、ツールチップが表示されます。ツールチップには、設定や修正が必要な内容が表示されます。



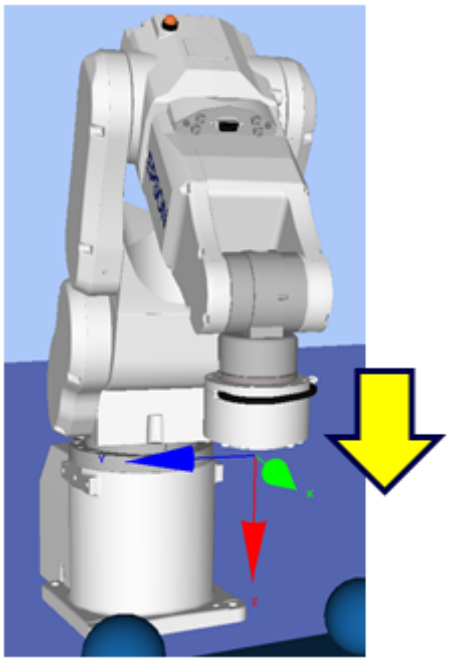

2. [Contact01]のオブジェクトフローをクリックします。プロパティーとリザルトが表示されます。




3. [Contact]-[Orient]プロパティーの設定値が、“+Fz”であることを確認します。
接触に向かう方向が、ツール設定の“+Fz”方向と同じになります。6軸ロボットの“下方向押付”として設定されます。このとき、[ContactForceThresh]プロパティーの設定値には、負(マイナス)の値のみが入力可能となります。

“押付”の向きは、ツール設定の方向によって決まります。6軸ロボットとスカラロボットでは、取付方法が標準(床)のとき、センサー天板側に対するツール設定が逆向きになります。下表のように設定が必要です。

【参考】

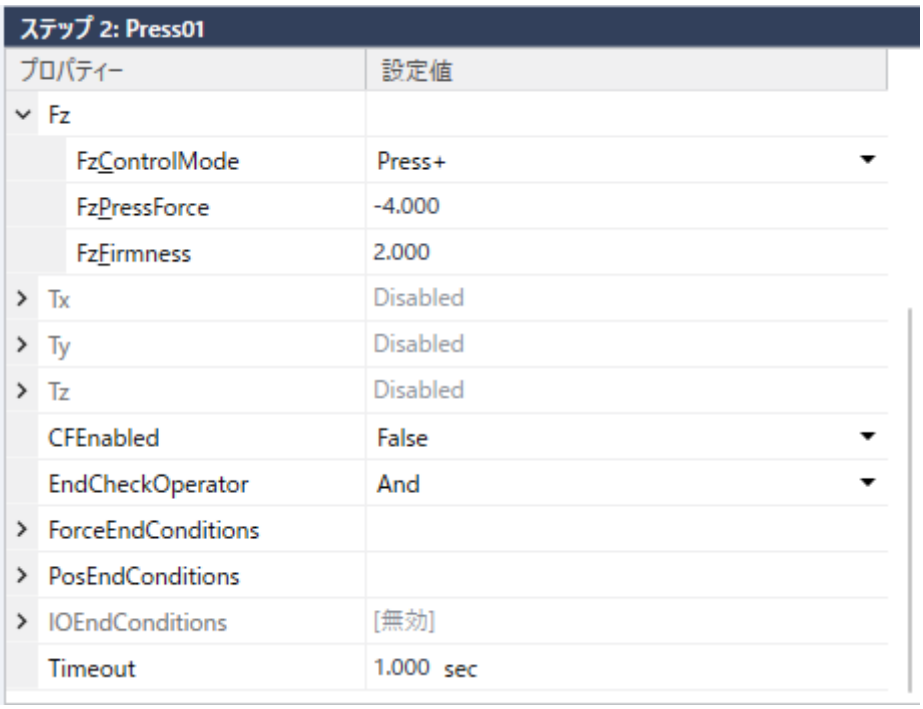
| | 6軸ロボット | スカラ型ロボット |
|---|---|---|
| ロボットの動作イメージ[押付] |  | |
| (Press/Contact) Orient | +Fz | -Fz |
| Forceの符号(含モニター表示) | - | + |

4. [Contact01]のプロパティーを変更します。
   下表にない項目は、初期値のまま変更の必要はありません。各項目をクリックすると、右下のクイックヘルプ欄にプロパティーの概要や設定範囲が表示されます。
   設定項目の詳細は、下記を参照してください。
   ソフトウェア編 接触オブジェクト

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| ContactOrient | +Fz | 接触する方向を指定します。<br>ロボットは、指定方向へ移動します。 |
| ContactFirmnessF | 2 | 力制御機能の硬さを設定します。 |
| | | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |
| | | 小さい絶対値を設定した場合:<br>接触動作の移動速度が速くなります。 |
| | | ワークやロボットを損傷せずに速度向上できる限界は、お客様が決めます。 |

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| Force End Conditions - ContactForceThresh | -4 | 接触時の力を決めるしきい値です。<br>Timeoutの指定時間内に、Fz方向の力の絶対値が、ContactForceThreshの絶対値を超えること<br>対象物への接近速度が実際に接触完了時の力にも影響します。オーバーシュートにより、ワークやロボットに負荷がかかる可能性も考慮してください。 |
| Timeout | 10 | 10秒間のうちに終了条件を満たさない場合、エラーとなります。<br>接触検知対象物が、遠い、または不適切な設定での動作など、意図と異なる動作を防ぐことができます。 |

5. [Press01]のオブジェクトフローをクリックします。
   プロパティーが表示されます。




6. [Press01]のプロパティーを変更します。下表にない項目は、初期値のまま変更の必要はありません。各項目をクリックすると、右下のクイックヘルプ欄にプロパティーの概要や設定範囲が表示されます。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| Fz - ControlMode | Press+ | Fz方向に対する力制御機能のモードです。<br>Press+ : 各軸の正方向にロボットが移動して押し付けます。 |
| Fz - Force | -4 | 押付力を設定します。(負の値)<br>嵌合や組み立て作業では、Fx, Fy, Fzに、3~5[N]、または-3~-5[N]の力を使うことが多いです。<br>ただし、作業やワークによって最適値は変化します。 |
| Fz - Firmness | 2 | Fz方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| | | 大きい値を設定した場合:<br>硬くなり、反応が遅くなります。 |
| | | 小さい値を設定した場合:<br>柔らかくなり、反応が早くなりますが、振動的になる場合があります。 |

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| Timeout | 1 | タイムアウト時間を設定します。<br>力が[PressForce]に到達後の継続時間ではなく、押付力制御を行う継続時間です。 |

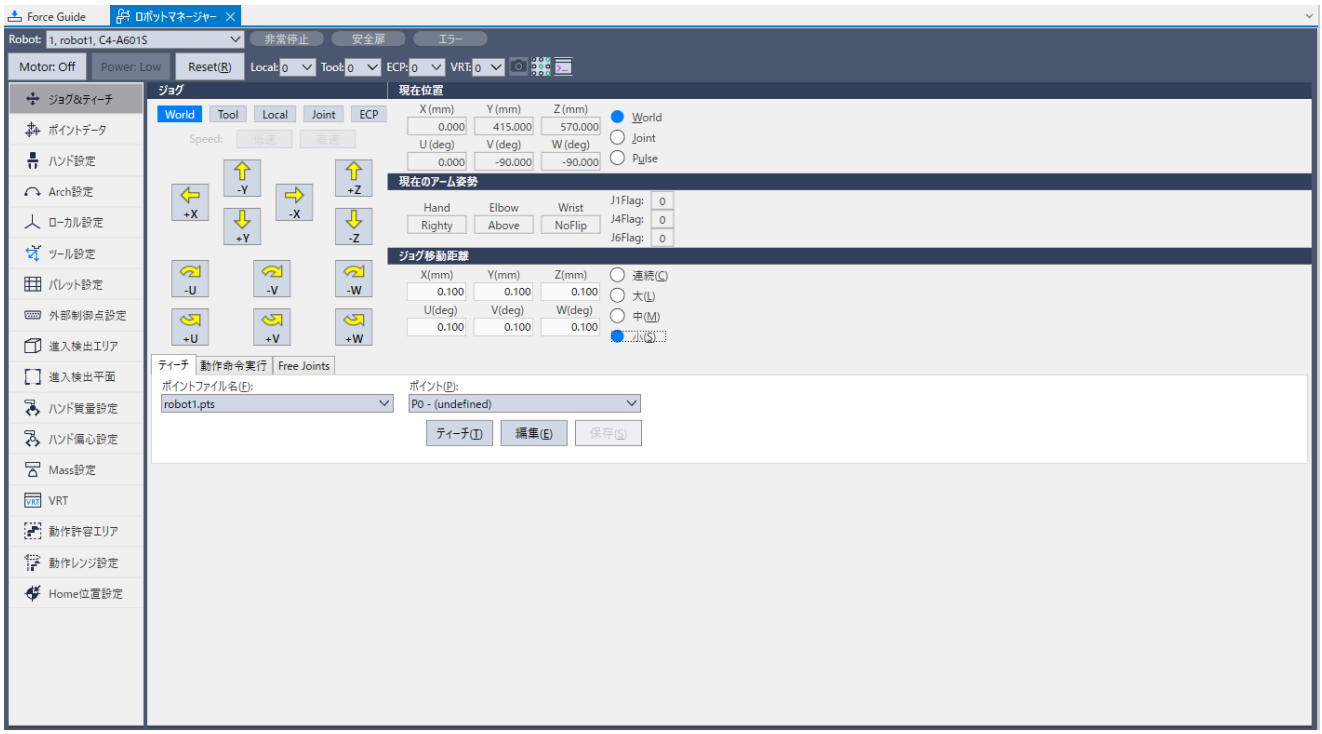
7. Epson RC+ メニュー-[ファイル]-[ファイルの保存(Ctrl + S)]をクリックします。変更したプロパティーがプロジェクトに保存されます。

### 4.6.2.1.4 位置の教示

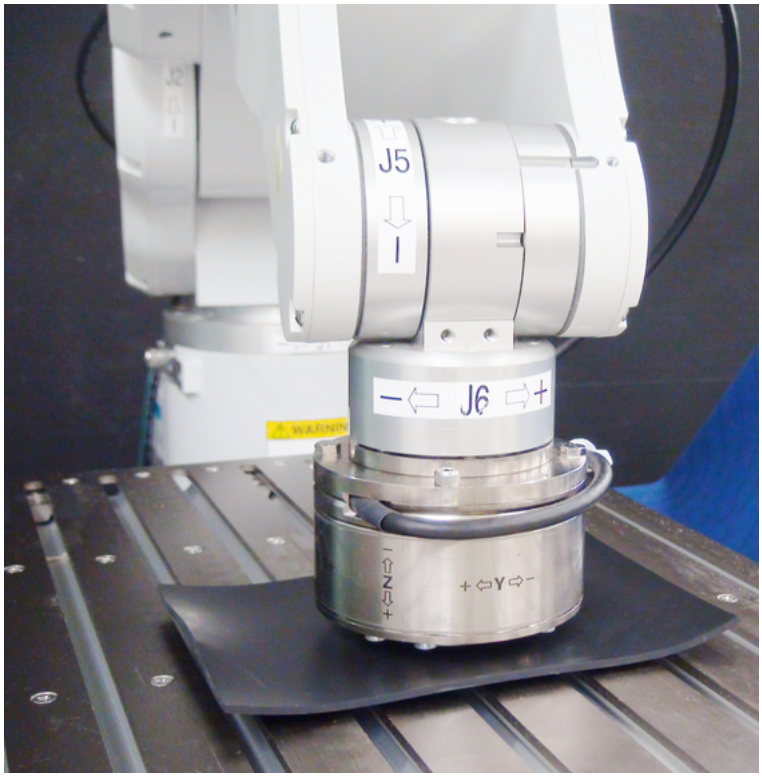
“押付”動作の開始位置を教示する方法を説明します。

1. Epson RC+ メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。
   [ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。

2. [ジョグ&ティーチ]を選択します。

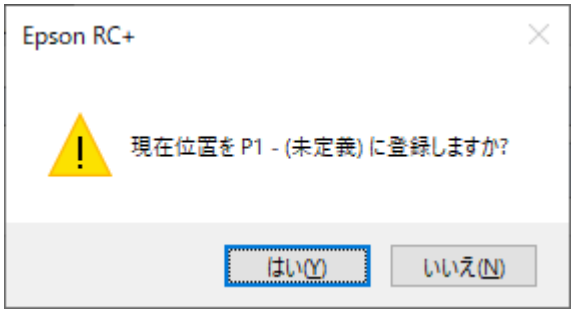


3. ジョグボタンをクリックし、押付対象物の3mm程度上空にロボットを移動させます。

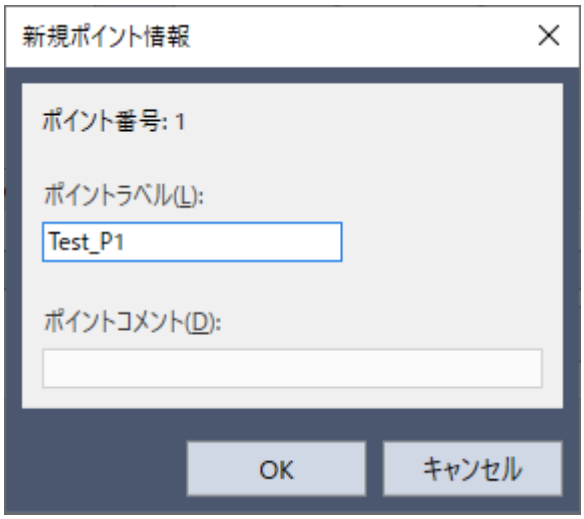



4. [ポイント(P)]で“P1”を選択します。

5. [ティーチ]ボタンをクリックします。
次のメッセージが表示されます。メッセージを確認し、[はい]ボタンをクリックします。




6. [新規ポイント情報]ダイアログが表示されます。[ポイントラベル]に、“Test_P1”を入力し、[OK]ボタンをクリックします。

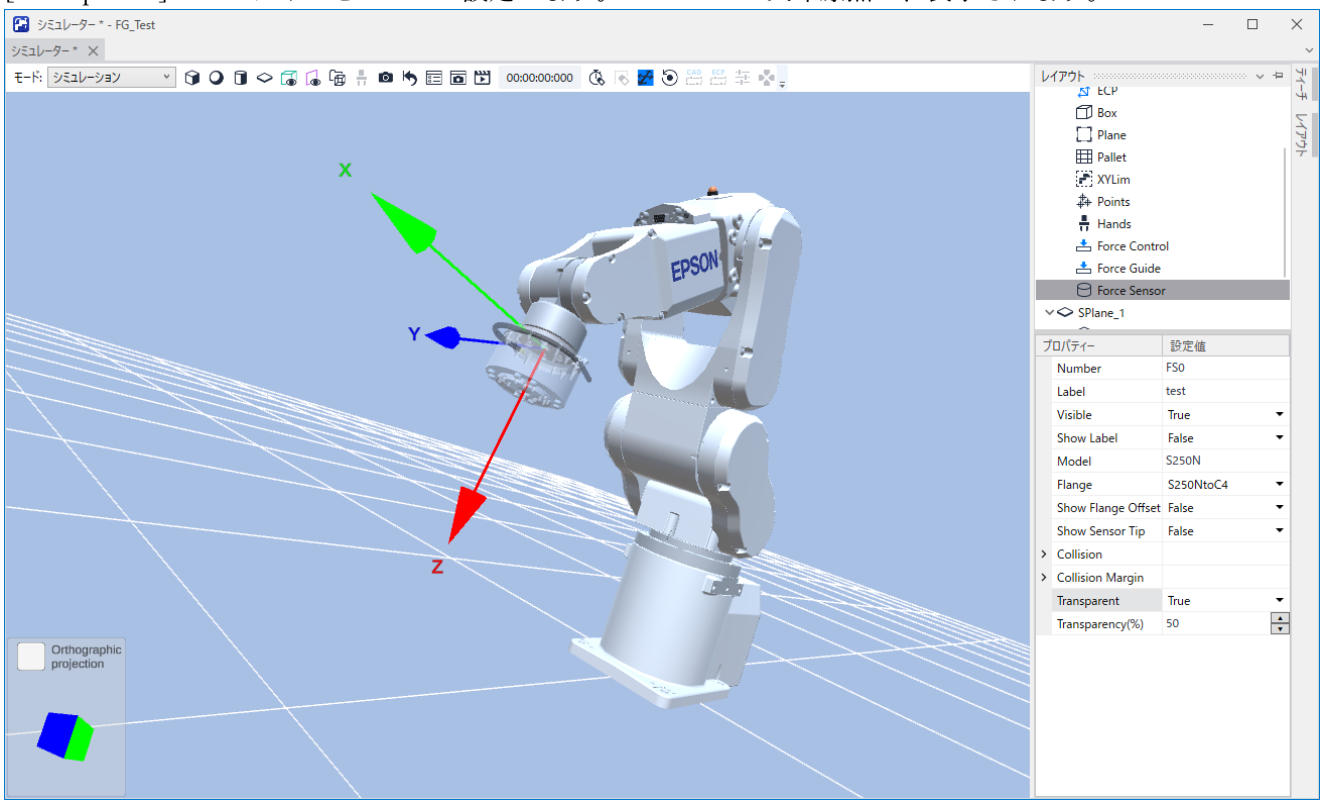


7. Epson RC+メニュー-[ファイル]-[全てのファイルを保存]をクリックします。設定した内容が、ファイルに保存されます。

### 4.6.2.1.5 設定の確認

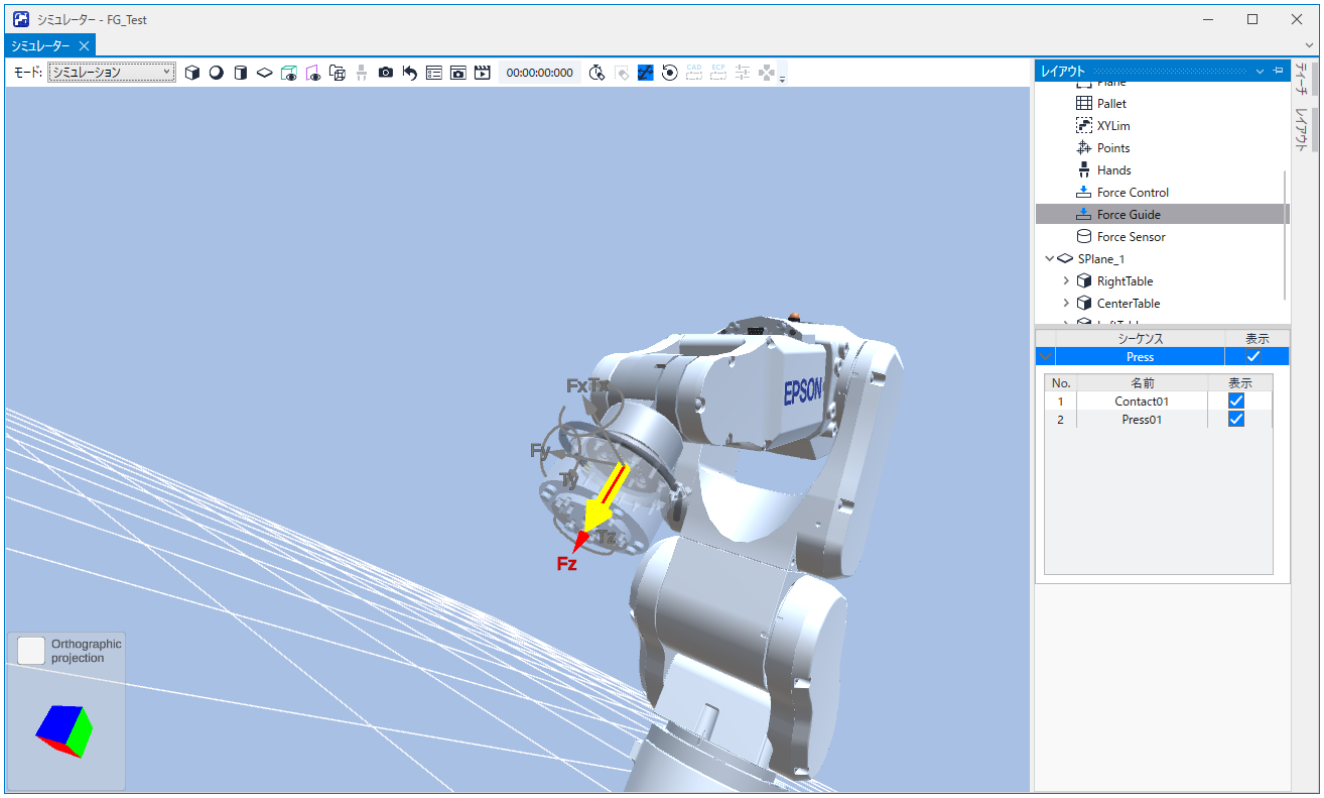
“押付”方向の設定が正しいことをシミュレーターで確認する方法を説明します。

1. Epson RC+ メニュー-[ツール]-[Simulator]をクリックします。[シミュレーター]ウィンドウが表示されます。
2. [レイアウト]タブ-[robot1]-[Tool]をクリックします。
3. “No.0”-[表示]チェックボックスをチェックします。“ツール0”の矢印が表示されます。
4. [レイアウト]タブ-[robot1]-[Force Sensor]をクリックします。
5. [Transparent]プロパティーを“True”に設定します。“ツール0”の矢印原点が、表示されます。




6. “No.0”-[表示]チェックボックスをチェックします。“ツール0”の矢印が表示されなくなります。
7. [レイアウト]タブ-[robot1]-[Force Guide]-[Press]を選択します。“Contact01”および“Press01”-[表示]チェックボックスをチェックします。接触および押付オブジェクトでの動作の向きへ、黄色矢印が表示されます。もし、下向きでない場合、下記での設定が不適切です。ガイダンス機能のリファレンスも参照し、設定を変更してください。

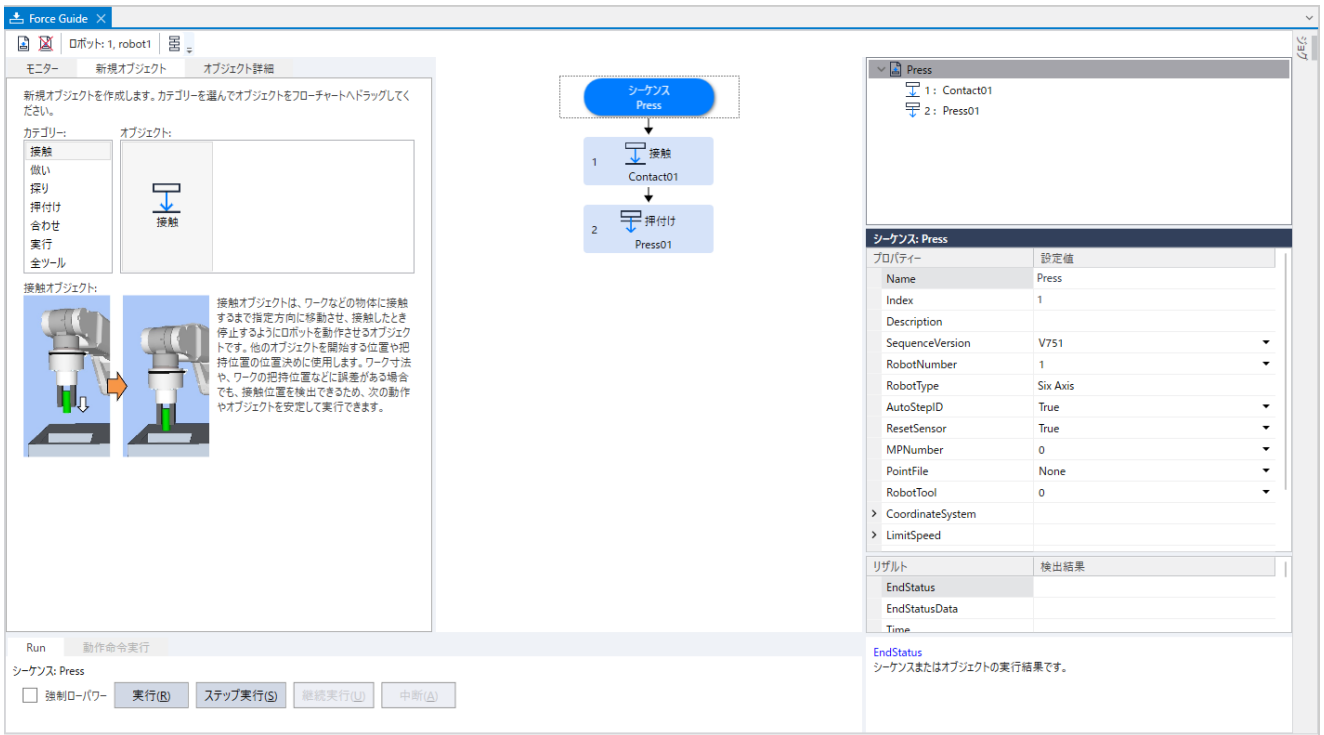
ソフトウェア編 プロパティーの設定




## 4.6.2.1.6 フォースガイダンス機能による実行

“押付”作業を行うフォースガイドシーケンスを、Epson RC+で実行する方法を説明します。

1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。



2. [実行]ボタンをクリックします。コンパイルが実行されます。ロボットコントローラーにプログラムが送信されます。設定に誤りがある場合、エラーが発生します。エラーが発生した場合は、これまでの設定内容を確認し、エラーメッセージにしたがってパラメーターを修正してください。

### 4.6.2.1.7 非接触状態に戻る

非接触状態に戻る方法を説明します。

“押付”動作が完了しても、ロボットと押付対象物との間にかかる力は継続しています。ロボットやエンドエフェクターなどの故障や破損を防ぐため、作業後は、速やかにロボットを対象物から離し、力が、かからない状態にする必要があります。対象物に力が加わっていないことが明らかな場合は、この手順を省略できます。
非接触状態にする手順は、下記の方法があります。

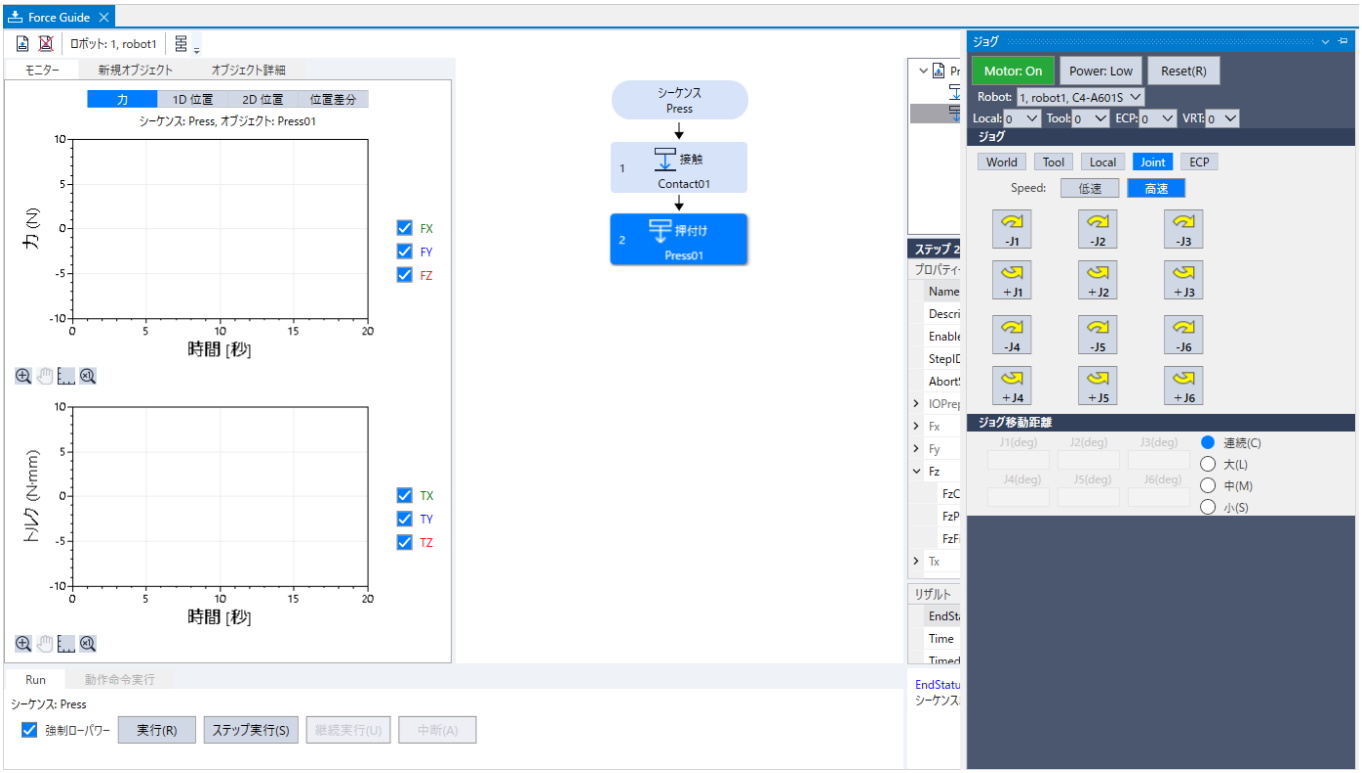
- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[ジョグ]グループで、ジョグ動作を手動で行い、ロボットを対象物から離す
- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[動作命令実行]タブを操作して、ロボットを対象物から離す
- Move命令を[コマンドウィンドウ]で実行して、ロボットを対象物から離す
- SPEL関数オブジェクトを、Pressオブジェクトの後に追加し、フォースガイドシーケンスの最後で自動的にロボットを対象物から離す

本項では、[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]の操作で、非接触状態にする方法を説明します。

1. [ロボットマネージャー]を表示します。
2. [ジョグ&ティーチ]タブを選択します。
3. [動作命令実行]タブを選択します。
4. [動作コマンド]で“Move”を選択します。
5. [目標位置]で“P1”を選択します。
6. [実行]ボタンをクリックします。
   ロボットは、開始位置 “P1” に移動します。これで、非接触状態となりました。

[参考]
[Force Guide]ウィンドウの右上に、[ジョグ]タブがあります。

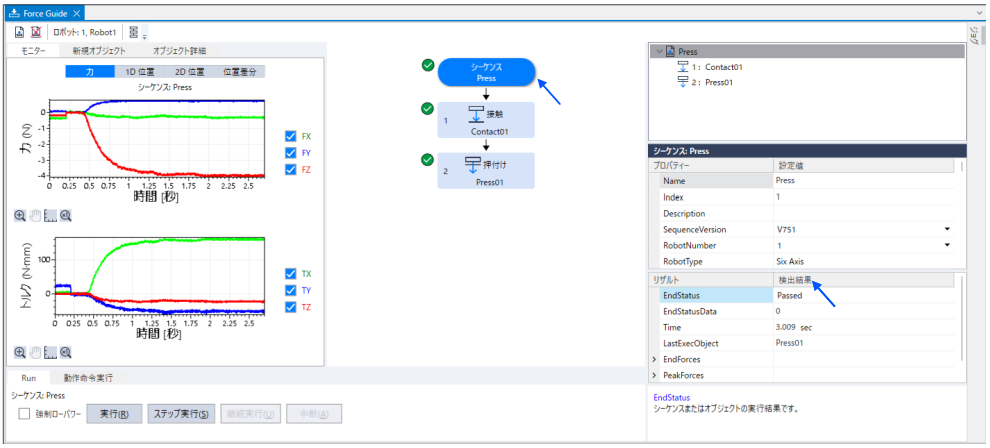
[ジョグ]タブを選択すると、[ジョグ]ウィンドウが表示されます。ジョグボタンをクリックしたり、数値を入力すると、ロボットを動かし、非接触状態にできます。




## 4.6.2.1.8 モニターによる動作分析

フォースガイドシーケンスの動作結果をEpson RC+で確認する方法を説明します。

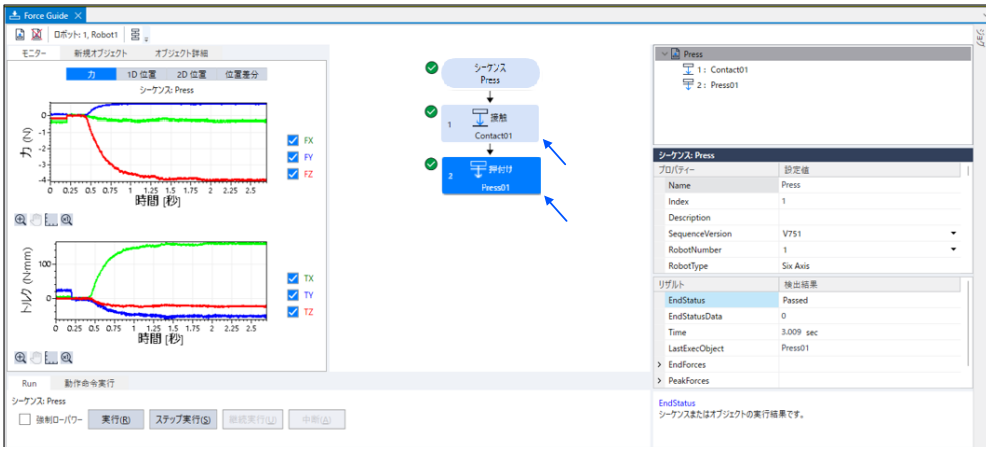
1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。



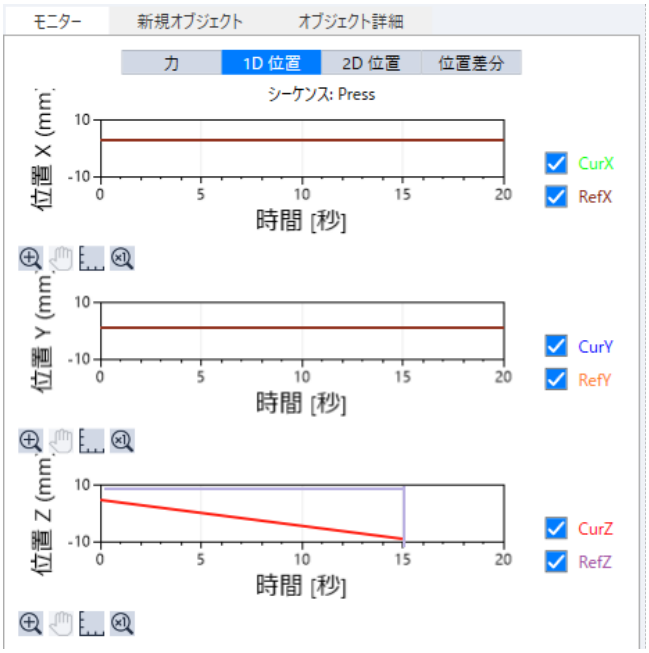
2. [Press]のシーケンスフローをクリックします。
3. [リザルト]に、作業結果(Passed / Failed)や、終了時点での検出した力の値、所要時間などが表示されます。

- [モニター] タブ
  グラフに、[Press]シーケンスを実行している間の力や、位置が表示されます。[Step1], [Step2]のオブジェクト

フローをクリックすると、グラフに、選択したフォースガイドオブジェクトを実行している間の力や、位置が表示されます。



- [1D位置]タブ
  解析用のグラフです。(横軸:時間, 縦軸:位置)位置ZチャートのCurZが低くなる(小さくなる)方向に動いています、15秒付近で “Step 1”が終了し、力制御が一旦完了しているため、RefZ(基準位置)の値が、CurZ(現在位置)に向かって真っすぐ降りている(ジャンプしている)ことがわかります。




- [2D位置]タブ
  解析用のグラフです。(縦軸, 横軸: 位置)Z方向の単純な押付作業では、X-Y方向に動かないため、特に必要はありません。下記を実行したあと、グラフを確認してください。ソフトウェア編 **発展課題** - “3.”

- [位置差分]タブ
  力制御による相対的な位置変化を表示しています。
  グラフの表示単位などを変更し、力や位置の変化の状態を確認してみましょう。

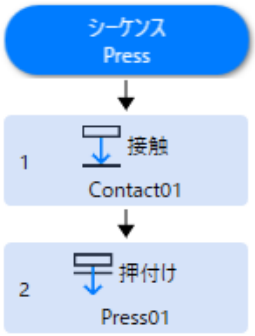
## 4.6.2.1.9 発展課題

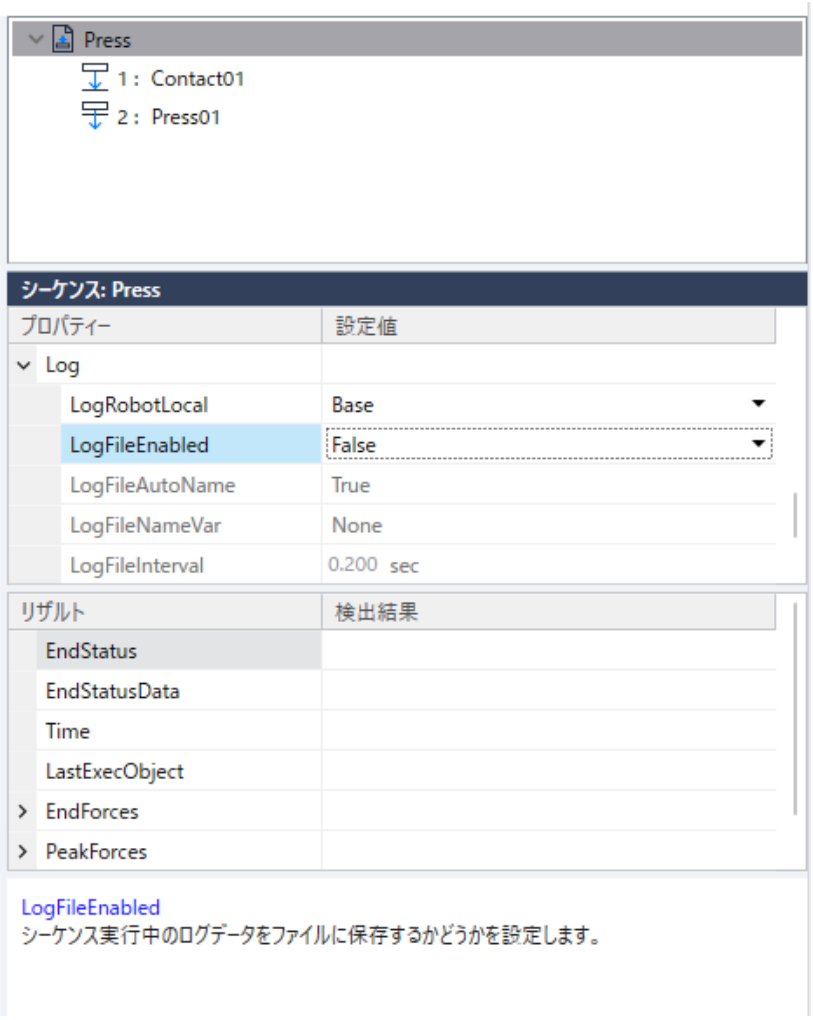
次の操作を実際に行ってみましょう。

1. はじめに、押付力を3秒間1Nにします。次に、さらに3秒間10Nに強める連続作業を実行してみましょう。ヒント: オブジェクトの追加が必要です。全部で3つのオブジェクトになります。

2. フォースガイドシーケンスのプロパティーを、下記のように設定し、ログを記録してみましょう。デフォルトでは、開発中のプロジェクトと同じフォルダーにcsv形式で記録されます。表計算ソフトなどでファイルを開き、グラフを作成してみましょう。

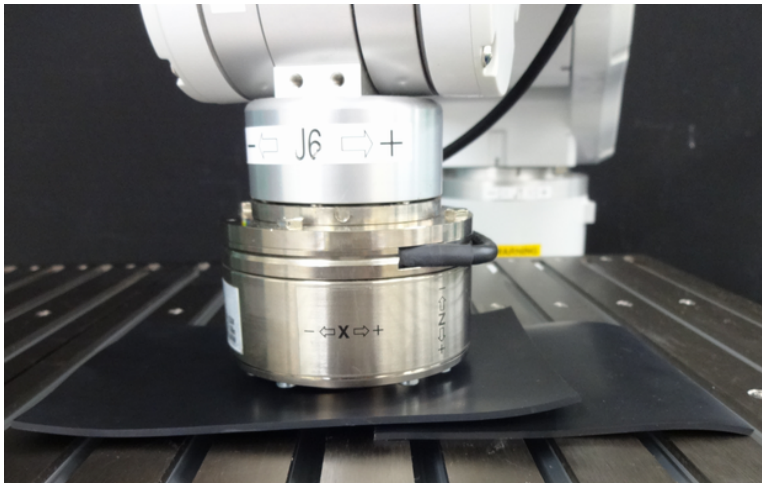
| | 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|---|
| Log | RobotLocal | Base | フォースガイドシーケンス実行中に記録するロボットの位置姿勢について、基準とするローカル座標系番号を指定します。 |
| | | | ベース座標基準で位置を記録します。 |
| | FileEnabled | True | ファイルに保存するかを指定します。 |
| | | | ログ作成を有効にします。 |
| | FileAutoName | True | 記録するファイル名について、自動設定するかを指定します。 |
| | Interval | 0.05 | 記録するファイルについて、サンプリング周期を指定します。 |
| | | | 記録間隔を0.05秒に指定します。 |




3. X, Y軸方向に対して倣い、確実にZ方向のみに“押付”をするようにしてみましょう。ヒント: X, Y軸は、“Follow”を選択すると倣い動作をします。

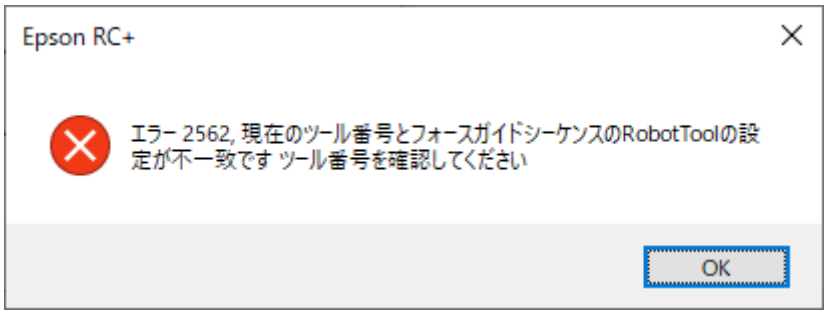
ツール設定を、接触部中心に設定して作業させることで、接触面の傾きや、接触位置をトルクから推定したり、面の倣い動作をさせることができます。



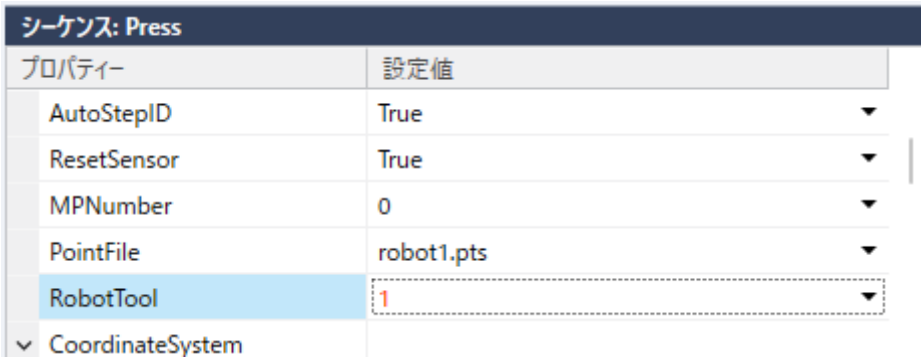

i. C8シリーズマニピュレーターに力覚センサーS250Lのみを取りつけた場合、接触部の中心の厚さは、49mmです。
ツール1を設定し選択します。
コマンドウィンドウで下記を実行します。

```
> TLSet 1, XY(0, 0, 49, 0, 0, 0)
> Tool 1
```

ii. [Force Guide]ウィンドウ-[実行]ボタンをクリックします。下記のエラーが発生します。
下記のエラーが発生します。




iii. [Press]シーケンスのプロパティーを表示します。
[RobotTool]で、“1”を選択します。

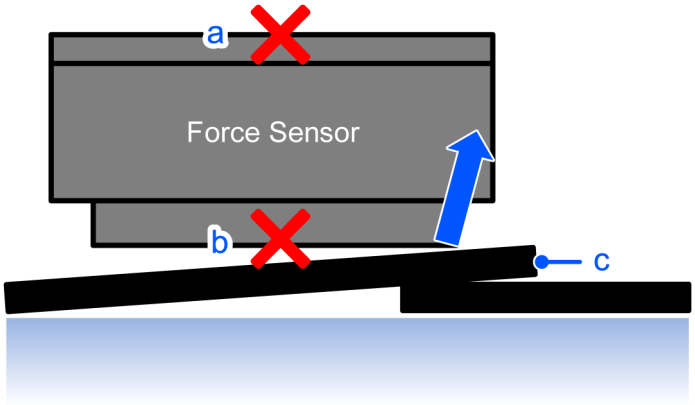



ツール設定が正しく行われなかった場合、ロボットの動作が正しく行われなかったり、エンドエフェクターやワークが破損したりする可能性があります。このエラーは、このような問題を予防するために発生します。

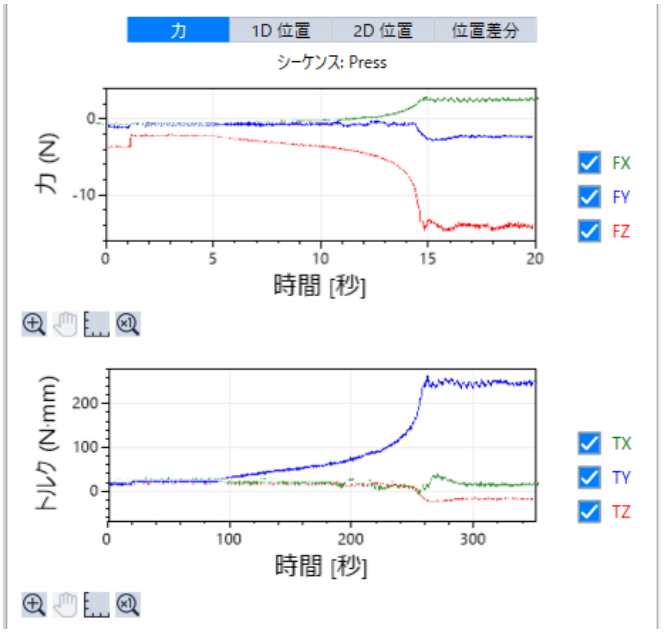
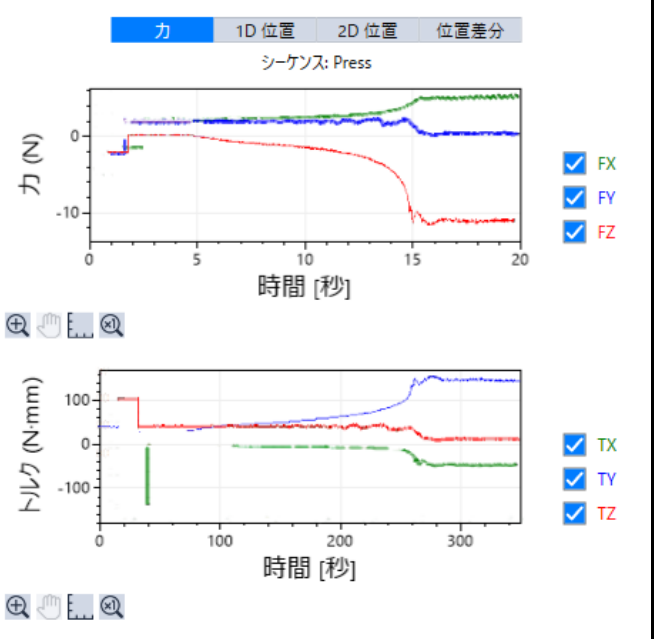
iv. ツール設定を変更したため、同じポイントデータを使用しても、実際のロボットのアーム関節角度が異なっています。

下記を参照し、再度教示を行います。
ソフトウェア編 位置の教示

v. “ツール0”と “ツール1”に対応した、異なるトルク値が検出されます。
(下図参照)並進方向の力の値は同じです。




a: ツール0 / b: ツール1 / c: ラバーシート
トルクは、フォース座標系の原点(通常、ツール座標系と一致)からみた接触位置との距離　力=トルクとして、算出されます。下表の通り、並進力の波形は、どちらも同じですが、トルクについては、接触位置との距離に応じて、“ツール0”の方が大きい値が測定されます。

| ツール0 | ツール1 |
|---|---|
|  |  |



これで、鉛直下方向押付のチュートリアルは終了です。

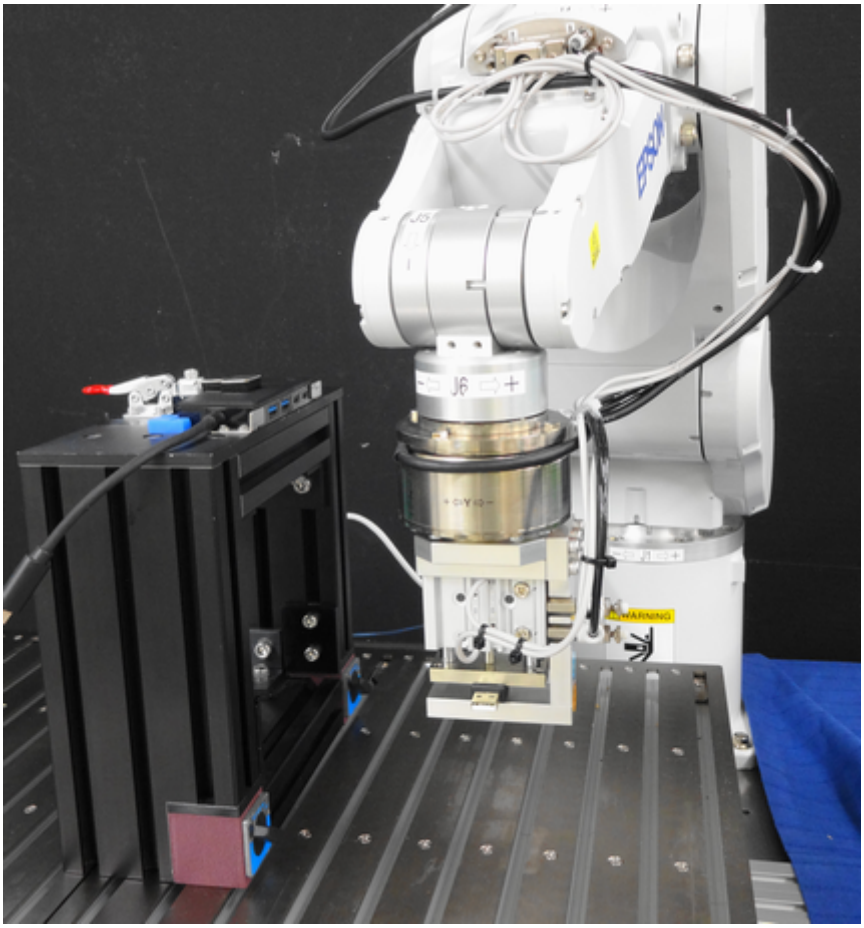
## 4.6.2.2 フォースガイダンス機能 (USBコネクター挿入)

本チュートリアルでは、USBコネクターを挿入する方法を説明します。

ワークは、市販のUSBケーブルとUSBハブが使用できます。

ワークの固定やワーク把持用グリッパーは、お客様が準備してください。誤った設定により、ワークが破損する場合があります。破損しても問題のないUSB機器を準備してください。また、非通電状態のワークで、本チュートリアルを進めてください。

ワークなどの配置や挿入方向は、下の写真と同様としてください。USBコネクターの把持方法は、本チュートリアルでは、“ねじ”による固定でも問題ありません。



⚠ 注意

本チュートリアルで説明するパラメーターは参考値です。

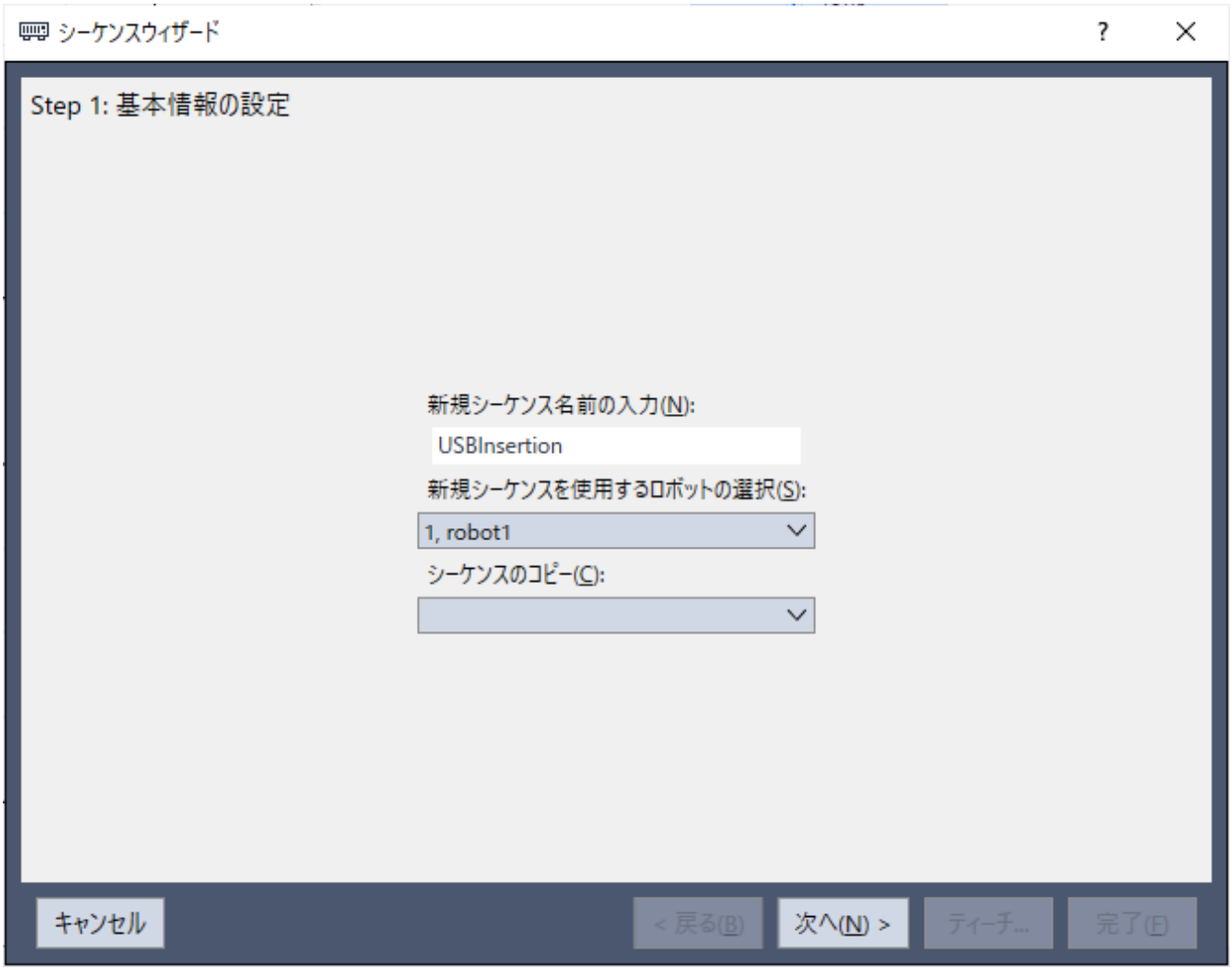
比較的安定的なパラメーターを使用していますが、動作環境によっては作業が成功しない場合や、振動的な動作をする場合があります。また、パラメーターの調整が必要な場合があります。注意してください。

説明のため、低速で安定的なパラメーターを使用しています。より高速な動作をする場合も、パラメーターの調整が必要になります。

#### 4.6.2.2.1 シーケンスウィザード

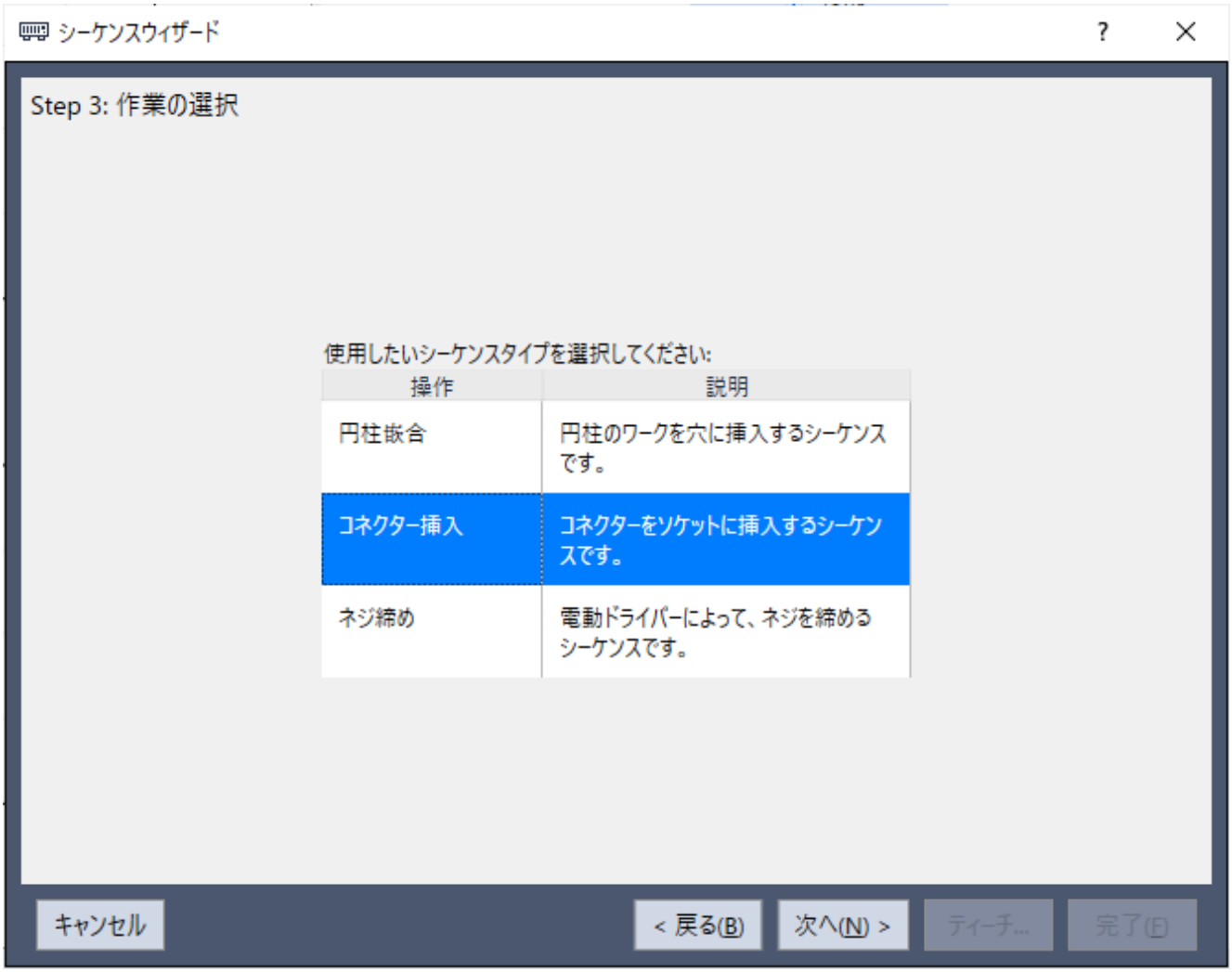
“USBコネクター挿入”のフォースガイドシーケンスを作成する方法を説明します。

1. [新規シーケンス名前の入力]ボックスに、“USBInsertion”と入力します。[次へ]ボタンをクリックします。



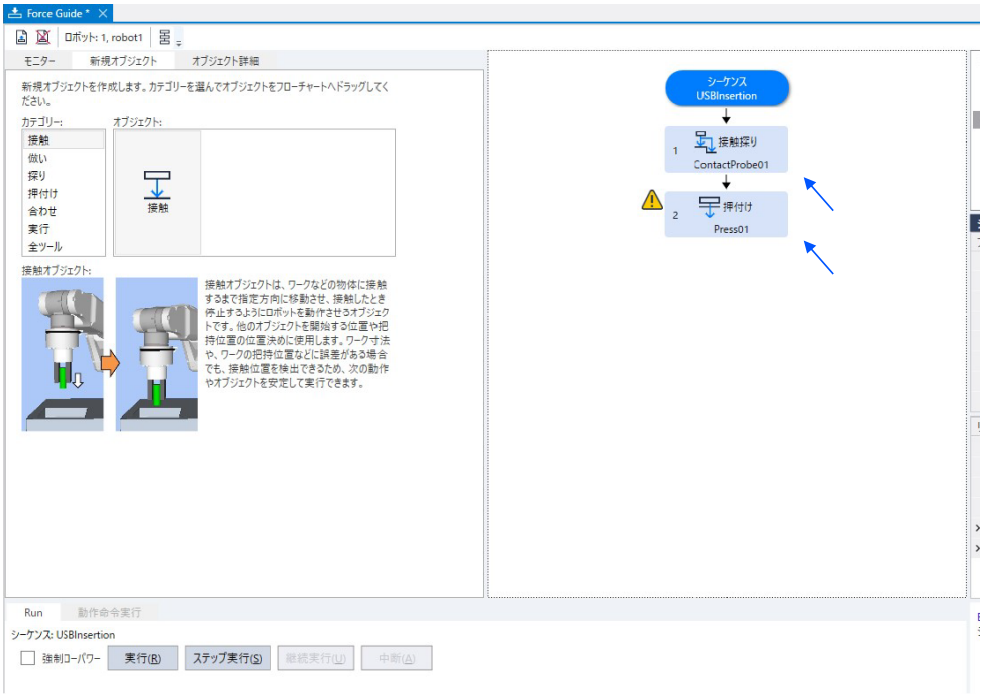
2. [Step 2: シーケンスタイプの選択] ダイアログが表示されます。[テンプレート]を選択します。[次へ]ボタンをクリックします。

3. [Step 3: 作業の選択] ダイアログが表示されます。[コネクター挿入]を選択します。[次へ]ボタンをクリックします。



4. [Step 4: テンプレートの選択]ダイアログが表示されます。
   [探りあり]を選択します。
   [完了]ボタンをクリックします。

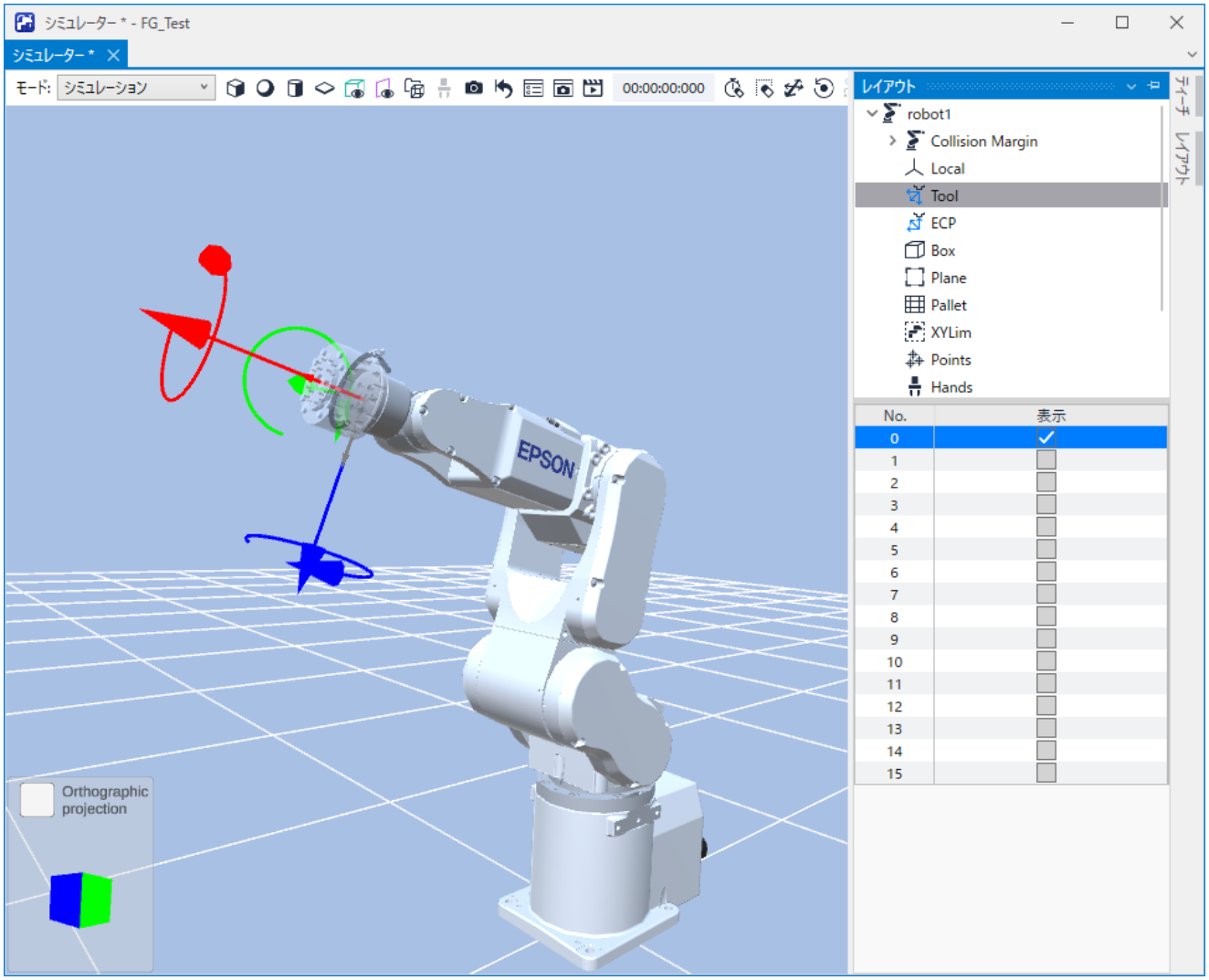
5. [USBInsertion]シーケンスが作成されていることを確認します。
   接触探り - 押付け



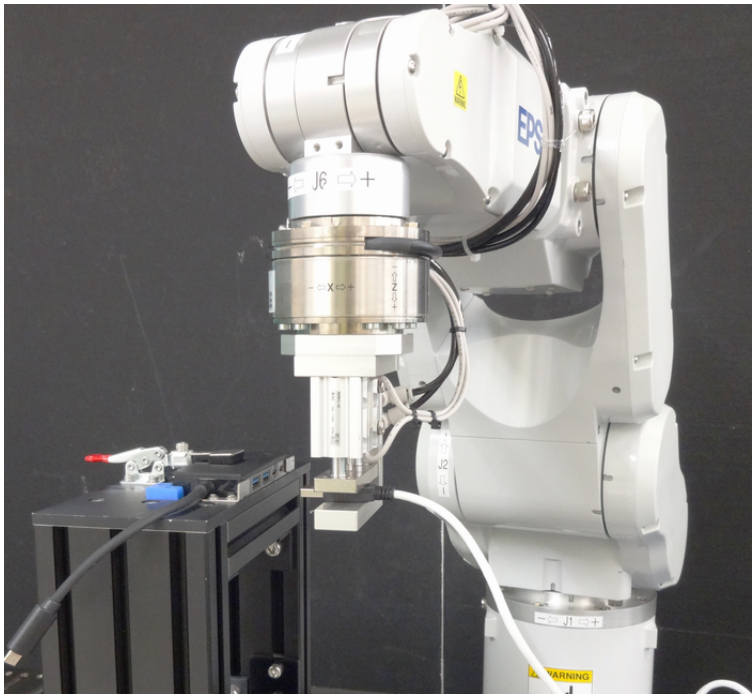

## 4.6.2.2.2 ツール設定の確認

コネクター挿入時、実際のコネクター挿入方向と、現在のツール設定の対応を意識する必要があります。シミュレーター機能でその設定を確認する方法を説明します。

1. Epson RC+ メニュー-[ツール]-[Simulator]をクリックします。[シミュレーター]ウィンドウが表示されます。

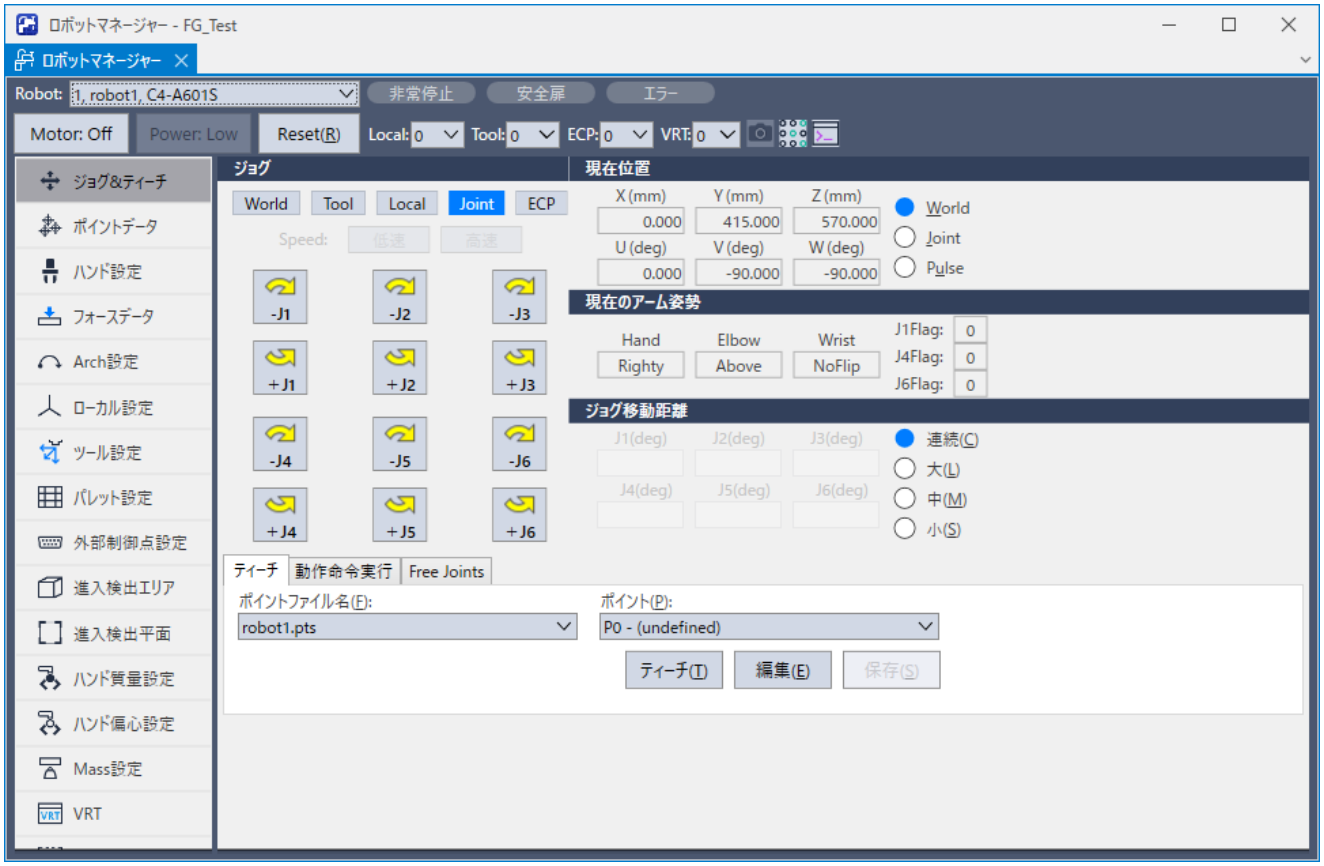



2. オブジェクトツリー-[マニピュレーター名]-[Tool]をクリックします。



3. “No.0”-[表示]チェックボックスをチェックします。“ツール0”が選択されました。実際のロボットと比較すると、本チュートリアルでは、ツールの “-X”方向に対し挿入することが分かります。

回転方向の力を正しく検出したい場合、把持する場所や接触する場所にツール設定を行います。
本チュートリアルでは、並進方向の力制御機能のみを使います。そのため、設定を省略しても動作は同じです。
本チュートリアルでは、“ツール0”のままで進めます。

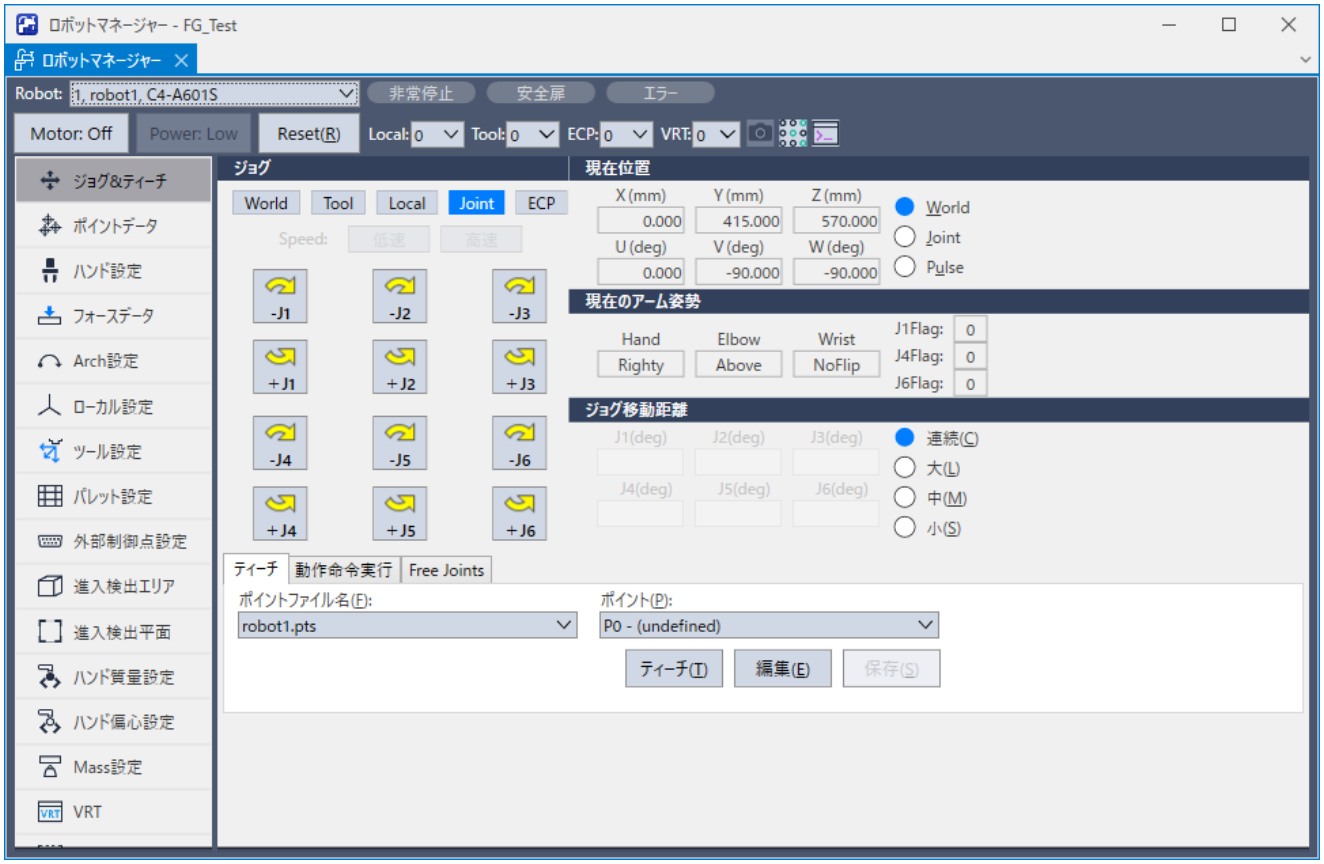



## 4.6.2.2.3 位置の教示

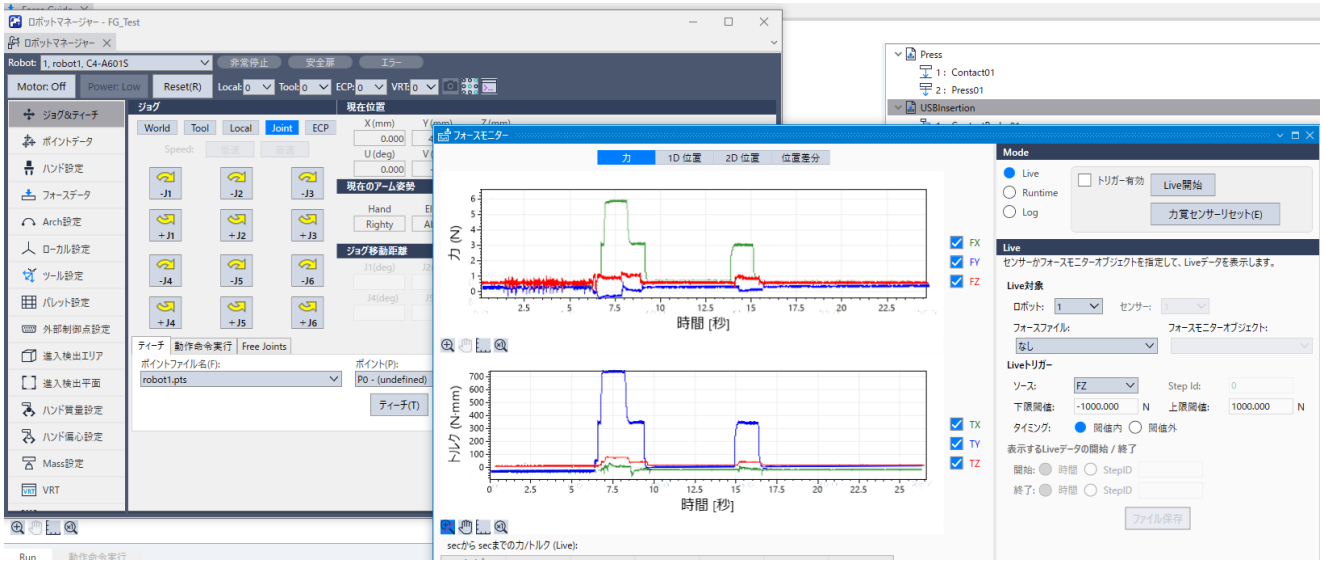
コネクター挿入動作の開始位置を教示する方法を説明します。

1. Epson RC+ メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。

2. [ジョグ&ティーチ]を選択します。



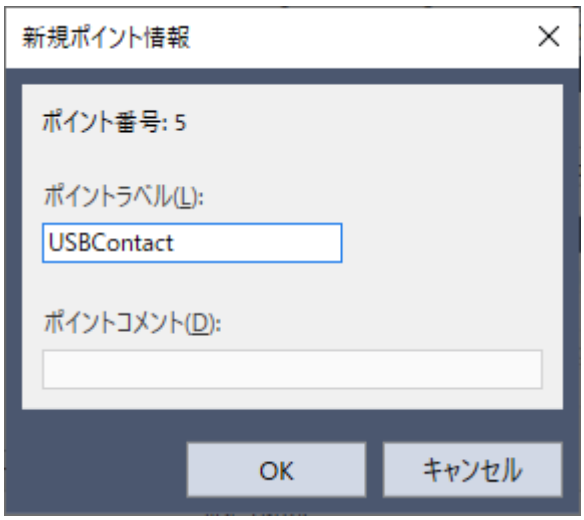

3. Epson RC+ メニュー-[ツール]-[フォースモニター]をクリックします。[フォースモニター]ダイアログが表示されます。



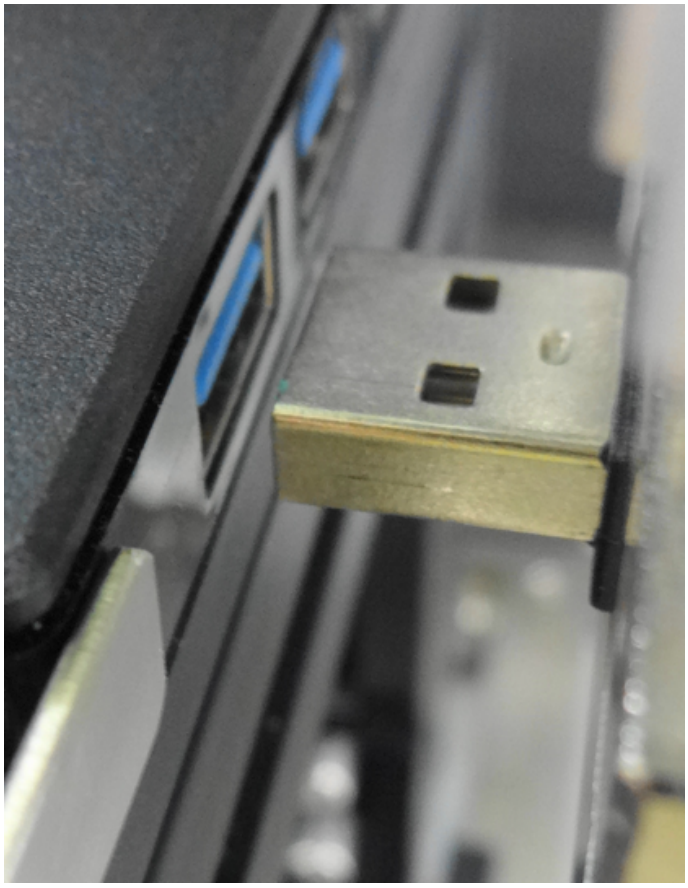

4. [Live開始]ボタンをクリックします。現在の力覚センサーからの出力値の表示を開始します。
5. ジョグボタンをクリックし、2つのUSBコネクターが向かい合い、平行となる位置にロボットを動かします。
6. [力覚センサーリセット]ボタンをクリックします。重力、およびセンサー値のドリフトの影響がなくなるため、現在値が“ゼロ”の位置となります。
7. [ジョグ&ティーチ]-[ジョグ移動距離]で、[小(S)] ボタンを選択します。ロボットを並進方向に動かし、USBポートとUSBコネクターが接触するまで何回かジョグボタンをクリックしロボットを移動します。

ポートとコネクターが接触したとき、力センサーの出力値は変化します。ジョグ移動のタイミングによるモニター値の変化を確認してください。

8. [ポイント]で“P5”を選択します。
9. [ティーチ]ボタンをクリックします。
10. [新規ポイント情報]ダイアログが表示されます。[ポイントラベル]に、“USBContact”と入力し、[OK]ボタンをクリックします。



11. [ジョグ移動距離]で、[中(M)]を選択します。USBコネクターが非接触状態となる方向に3mm (3回クリック)、ジョグボタンをクリックして、ロボットを動かします。さらに、目視でコネクターの中心から1mm程度 +Y方向に離れた位置へ動かします。この位置を、挿入開始位置とします。



12. [ポイント]で“P4”を選択します。
13. [新規ポイント情報]ダイアログが表示されます。[ポイントラベル]に、“USBStart”を入力し、[OK]ボタンをクリックします。
14. Epson RC+ メニュー-[ファイル]-[全てのファイルを保存]をクリックします。ファイルが保存されます。

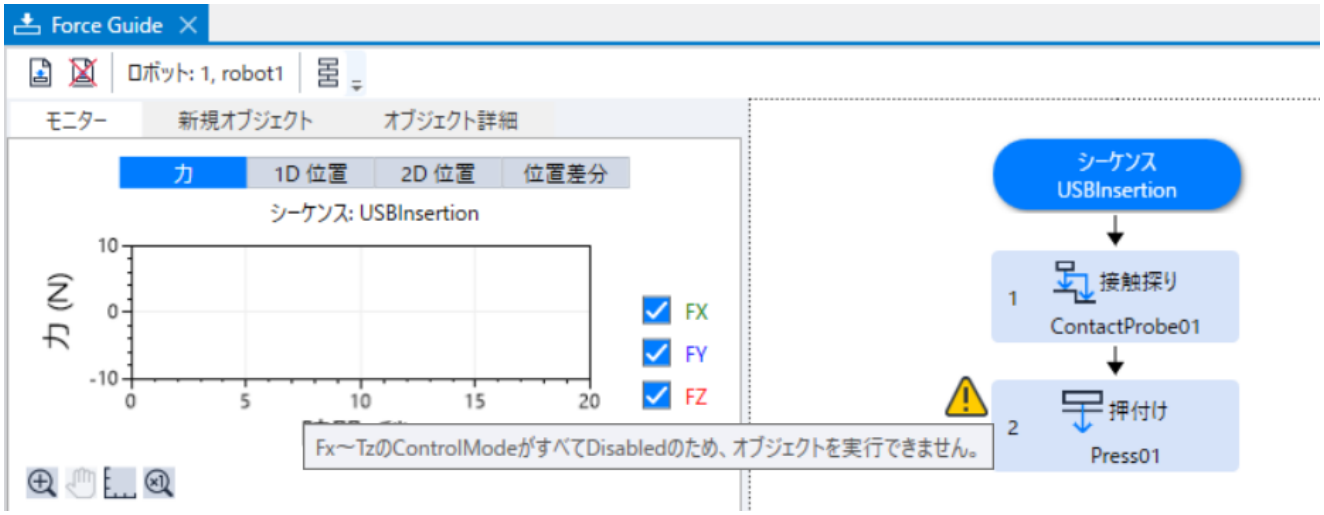
### 4.6.2.2.4 プロパティーの設定

コネクター挿入に必要なプロパティーを設定する方法を説明します。
USB TypeAコネクターは、以下仕様となります。

挿入力: 35N以下

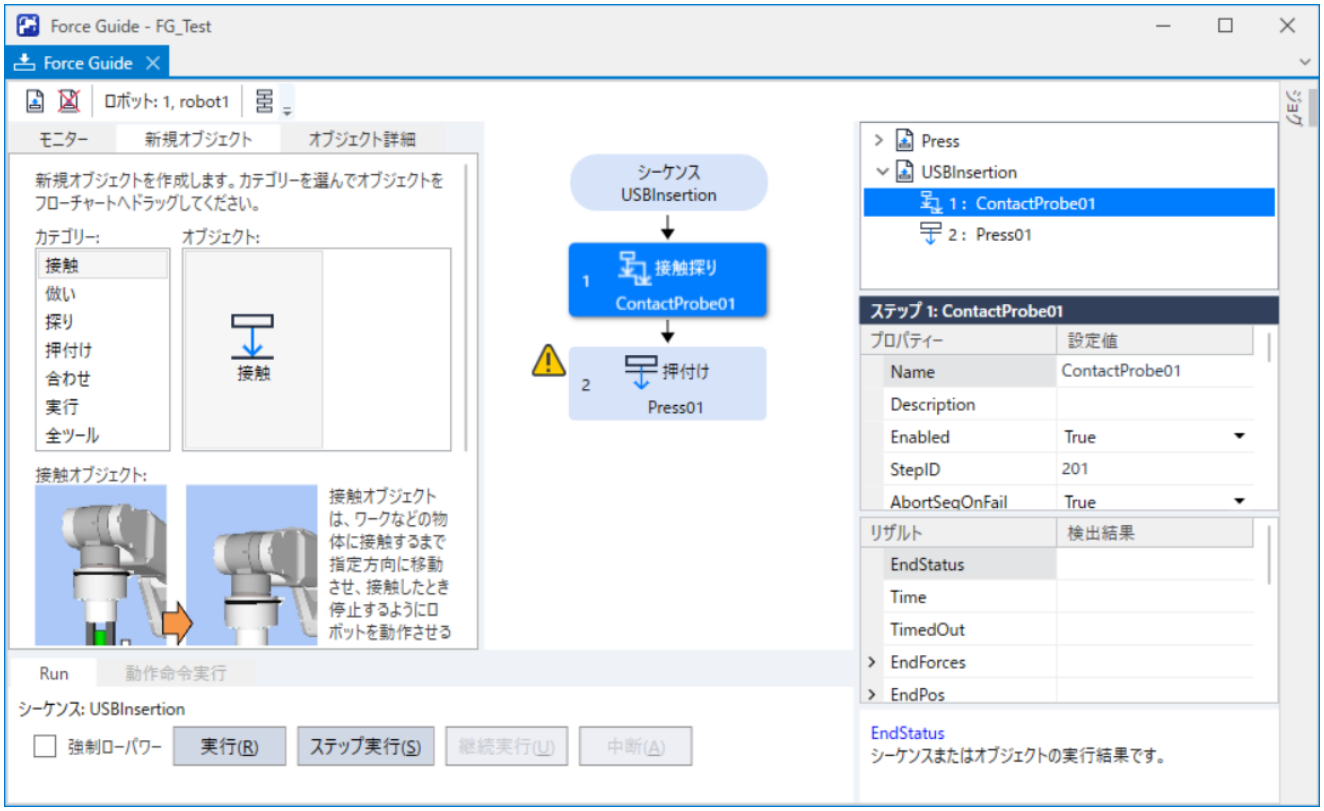
1. 初期状態では、フローチャートに⚠マークが表示されます。プロパティーの設定が必要です。

⚠マークにマウスポインターを移動すると、ツールチップが表示されます。ツールチップには、設定や修正が必要な内容が表示されます。




Step1から順に、設定します。

2. [ContactProbe01]のオブジェクトフローを選択します。プロパティーと、リザルトが表示されます。




3. [Contact]-[Orient]プロパティーの設定値を、“-Fx”にします。
4. 他のプロパティーを、下表のように設定します。
   詳細は、下記を参照してください。
   ソフトウェア編 接触探りオブジェクト

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| ProbeTrajectory | Straight | 直線探り動作を設定します。<br>平面に対して、一定の間隔([Interval]で設定)でアプローチします。 |
| AccelS | 200 | 移動時の並進加速度を設定します。 |
| SpeedS | 50 | 移動時の並進速度を設定します。<br>退避や平行移動時の速度です。 |

| 項目 | | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|---|
| Destination | DestRelativeX | 0 | 開始位置から目標位置までの各方向の相対移動量を設定します。<br>X方向にはシフトしません。 |
| | DestRelativeY | -3 | -Y方向へ、最大3mmシフトして順探りします。 |
| | DestRelativeZ | 0 | Z方向にはシフトしません。 |
| Contact | ContactInterval | 0.5 | 隣り合う接触動作の開始位置の間隔を設定します。<br>0.5mmを設定します。 |
| | Orient | -Fx | 接触する方向を指定します。<br>ロボットは指定方向へ移動します。 |
| | Dist | 3 | 開始位置から接触予定位置までの距離を指定します。 |
| | DistMargin | 0.5 | 開始位置から接触予定位置のマージン距離を指定します。<br>片側0.5mmを設定します。 |
| | FirmnessF | 2 | 力制御機能の硬さを設定します。<br>接触探りオブジェクトの場合は、接触速度に影響します。接触速度の参考値は、下記で求めることができます。<br>[ContactForceThresh] / [ContactFirmnessF] |
| ForceEnd Conditions | Contact ForceThresh | 3 | 接触したと判定する閾値を設定します。<br>3[N]を設定します。<br>[ContactDist]での予想接触範囲の外側で、3N以上の力を検知したとき、探り失敗と判定し、-Y方向に0.5mm位置シフトし、同様なアプローチを繰り返します。 |
| PosEnd Conditions | PosCheckType | Relatvie Plane | 位置に関する終了条件の種類を選択します。開始位置からの相対距離移動を条件とするPlaneを設定します。[ContactDist] + [ContactDistMargin] から自動生成されます。 |
| | PlaneNumber | 1 | 位置の終了条件に使うPlane番号を設定します。<br>Plane 1を上書きします。 |
| | PlaneEndCond | Inside | 平面に入った状態(Inside)を終了条件として設定します。<br>設定状態になったとき、終了条件を満たしたと判定します。 |
| Timeout | | 30 | 1回の接触動作のタイムアウト時間を設定します。<br>最大30秒間となります。 |

5. Epson RC+ メニュー-[ファイル]-[ファイルの保存]をクリックします。設定が保存されます。

6. [Press01]オブジェクトのプロパティーを、下表のように設定します。

| | 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|---|
| Fx | ControlMode | Press- | 力制御機能のモードです。<br>Press :<br>軸の負方向にロボットが移動して押し付けます。 |
| | PressForce | 20 | 挿入時に加える力です。<br>20Nに設定します。 |

| | 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|---|
| | Firmness | 2 | X方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| Fy | ControlMode | Follow | 力制御機能によって倣います。 |
| | Firmness | 2 | Y方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| Fz | ControlMode | Follow | 力制御機能によって倣います。 |
| | Firmness | 2 | Z方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| ForceEnd Conditions | ForceCheckEnabled | True | 力に関する終了条件を有効に設定します。 |
| | ForceCheckMode | Press | Press:押付けのみを判定対象とします。 |
| | ForceCheckPolarity | Inside | 力に関する終了条件の極性です。<br>規定範囲内(Inside)に入ったとき、終了します。 |
| | PressCheckTolF | 10 | 力に関する終了条件の、押付け方向の範囲です。<br>終了条件とする範囲を設定します。<br>X軸:20 ± 10Nに力の値が入った状態が継続 |
| | FollowCheckTolF | 1 | Y, Z軸: 0 ± 1 Nに力の値が入った状態が継続 |
| | HoldTimeThresh | 0.1 | 終了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>0.1秒とします。 |
| Timeout | | 2 | 2秒以上終了条件を満足しない場合(何もワークが存在しないなど)、失敗として終了します。 |

7. Epson RC+ メニュー-[ファイル]-[ファイルの保存]をクリックします。変更したプロパティーがプロジェクトに保存されます。

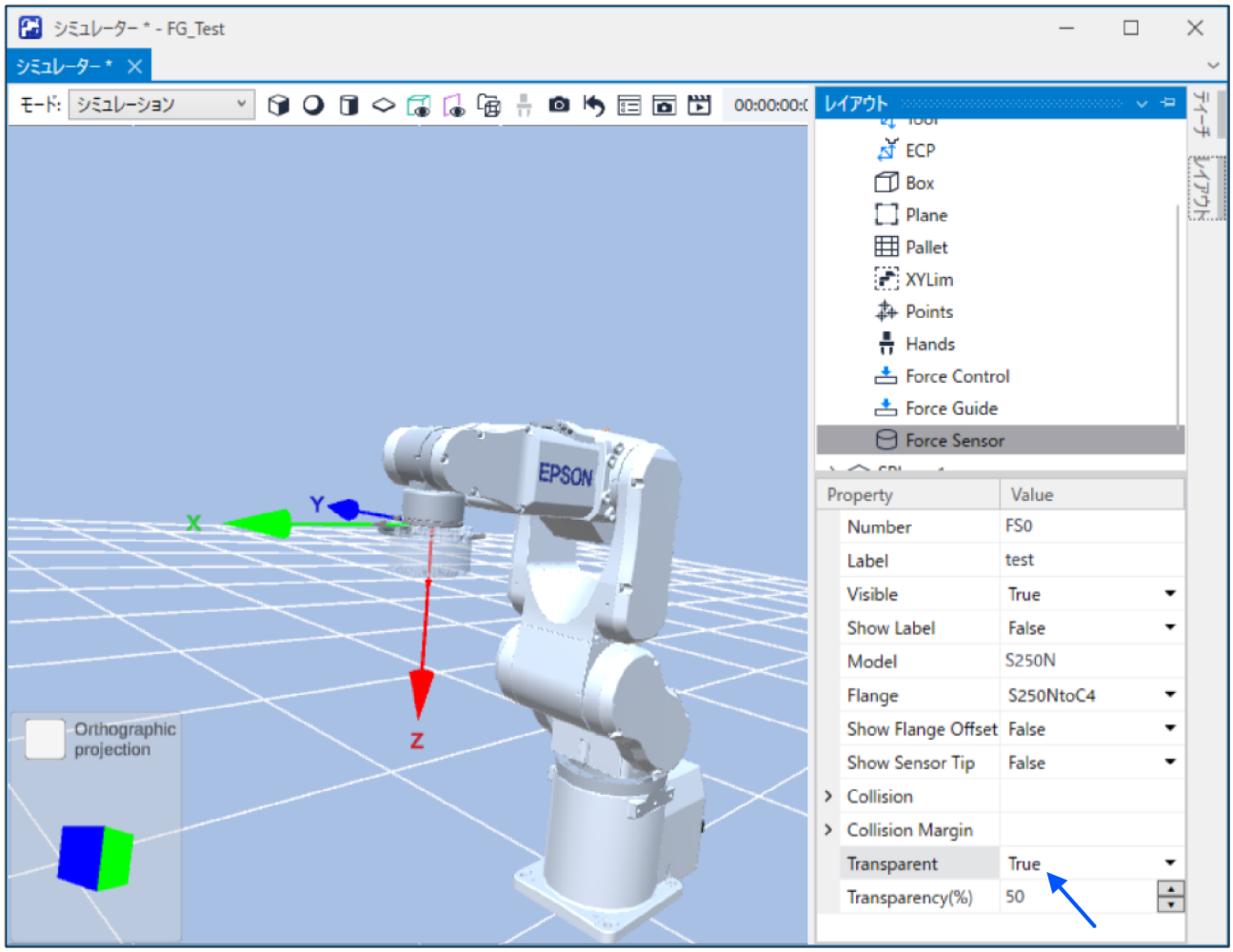
### 4.6.2.2.5 設定の確認

シミュレーターを使用して、以下の設定が正しいことを確認する方法を説明します。

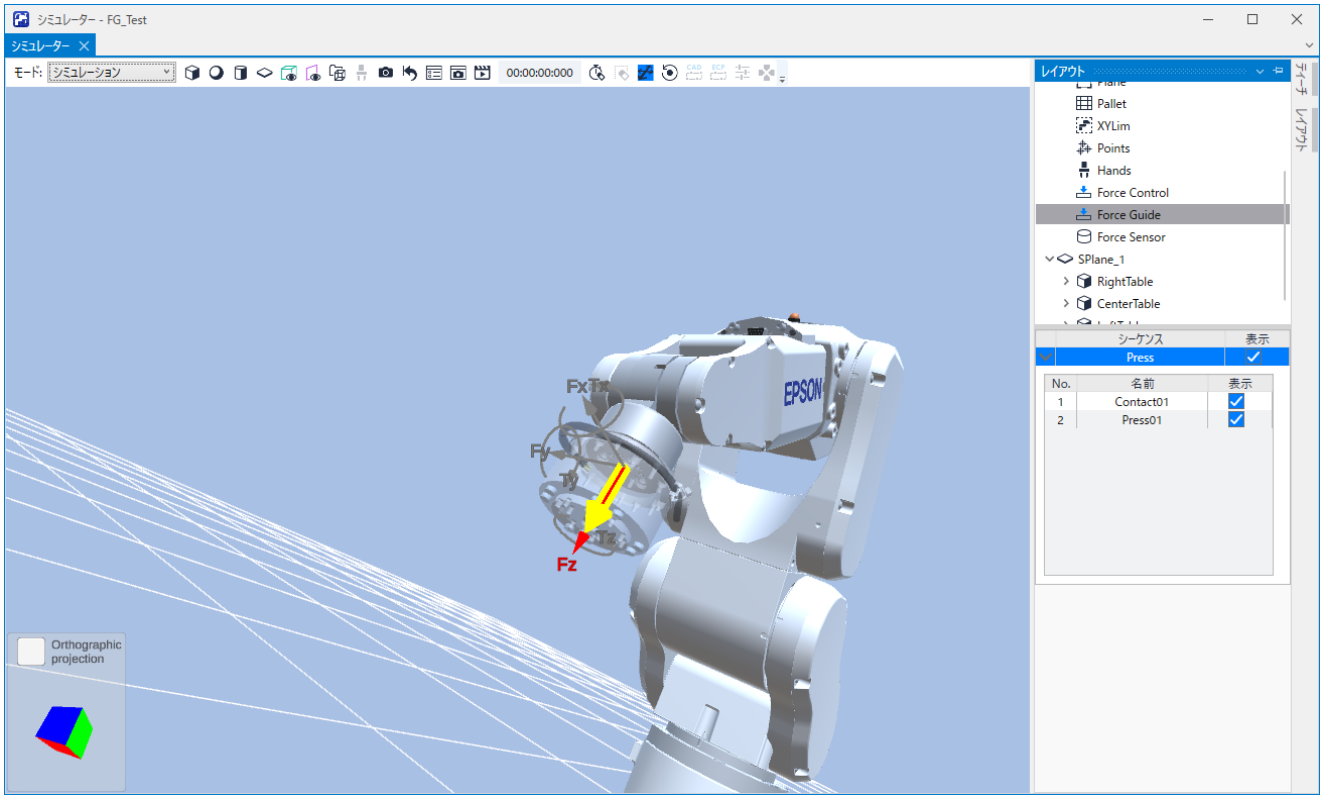
- 挿入時の押付方向
- 挿入開始判定のための進入検出平面 (Plane)

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[Simulator]をクリックします。
   [シミュレーター]ウィンドウが表示されます。
2. オブジェクトツリー-[Tool]をクリックします。“No.0”-[表示]チェックボックスをチェックします。“ツール0”の矢印が表示されます。

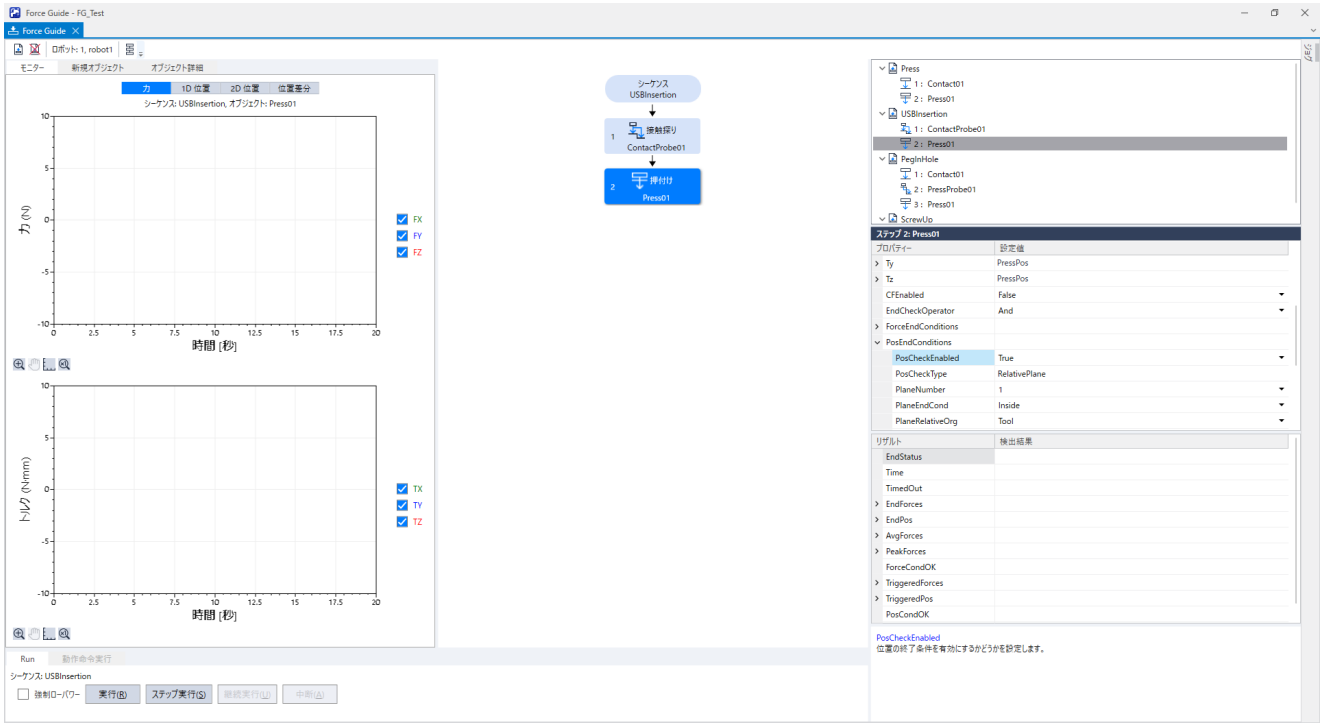
3. オブジェクトツリー-[Force Sesnor]をクリックします。
[Transparent] プロパティーを“True”にします。“ツール0”の矢印原点が、表示されます。



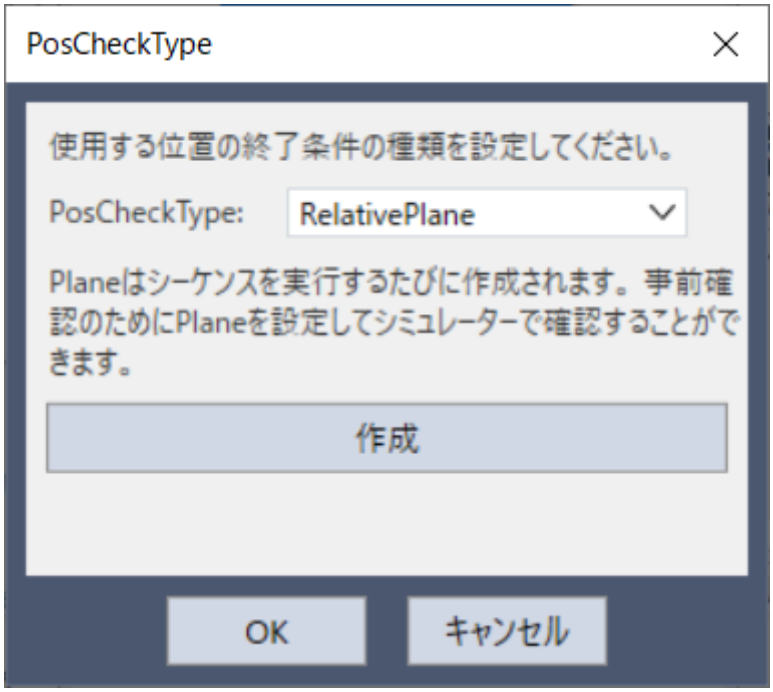

4. オブジェクトツリー-[Force]-[Force Guide]-[USBInsertion]を選択します。
“ContactProbe01”と、“Press01”-[表示]チェックボックスをチェックします。



5. Plane設定を確認します。黄色の矢印を非表示にして見やすくするため、手順(4)でチェックしたチェックをはずします。
6. [Force Guide]ウィンドウ-[ContactProbe01]のプロパティー-[Pos End Condition]-[PosCheckEnabled]を“True”に設定します。

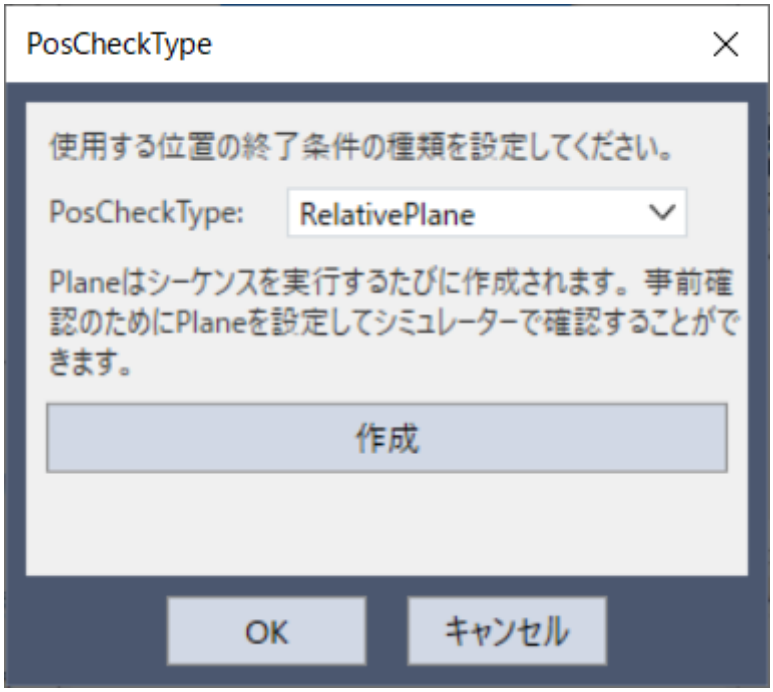



7. [Force Guide]ウィンドウ-[ContactProbe01]のプロパティー-[Pos End Condition]-[PosCheckType]の設定値“RelativePlane”の右側にあるアイコンをクリックします。
8. 次のダイアログが表示されます。
[PosCheckType:]が、“RelativePlane”となっていることを確認します。
[作成]ボタンをクリックします。



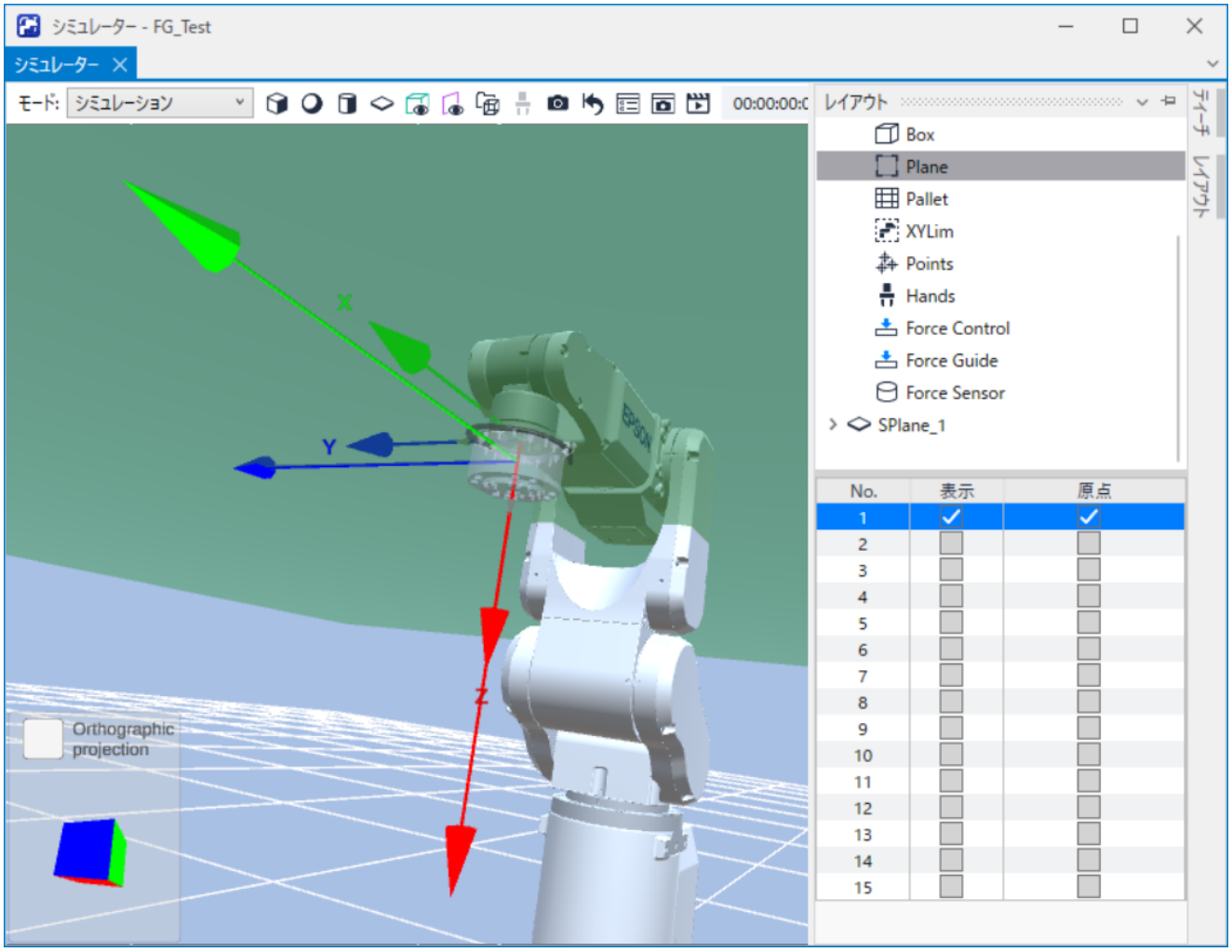
9. 次のメッセージが表示されます。[OK]ボタンをクリックします。

10. [PosCheckType]ダイアログで、[OK]ボタンをクリックします。



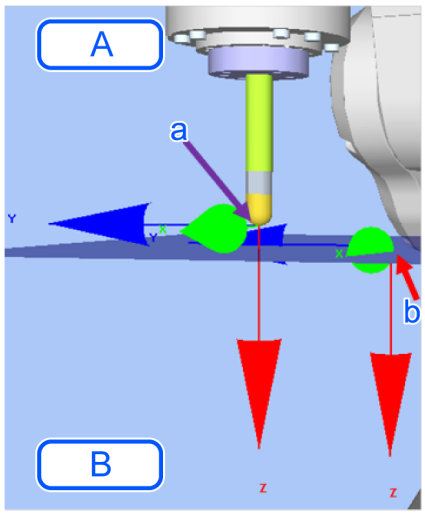
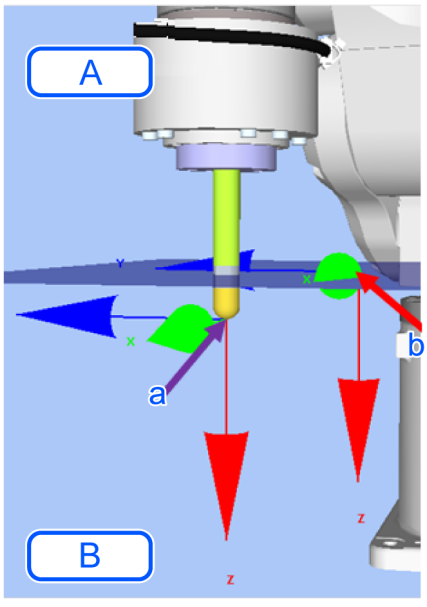

11. [シミュレーター]ウィンドウを表示します。
オブジェクトツリー-[Plane]を選択します。
“No. 1”-[表示]と[原点表示]チェックボックスをチェックします。

Plane 1は、ContactProbeの進入検出平面です。原点表示の赤色矢印(Z方向)の範囲内にツールが存在すると、Planeの返り値はTrue, 範囲外だと Falseに設定されます。




【参考】Planeとの位置関係

ロボットの現在位置と、Planeの位置の関係は、下表のとおりです。Planeの原点から、+Z方向の領域に現在位置がある場合、“内側 (Inside)”となります。

| | 外側 | 内側 |
|---|---|---|
| Planeとの位置関係<br>垂直6軸型ロボット |  <br>A: Outsideの領域/ B: Inside の領域<br>a: 現在位置 / b: Plane 原点 |  |

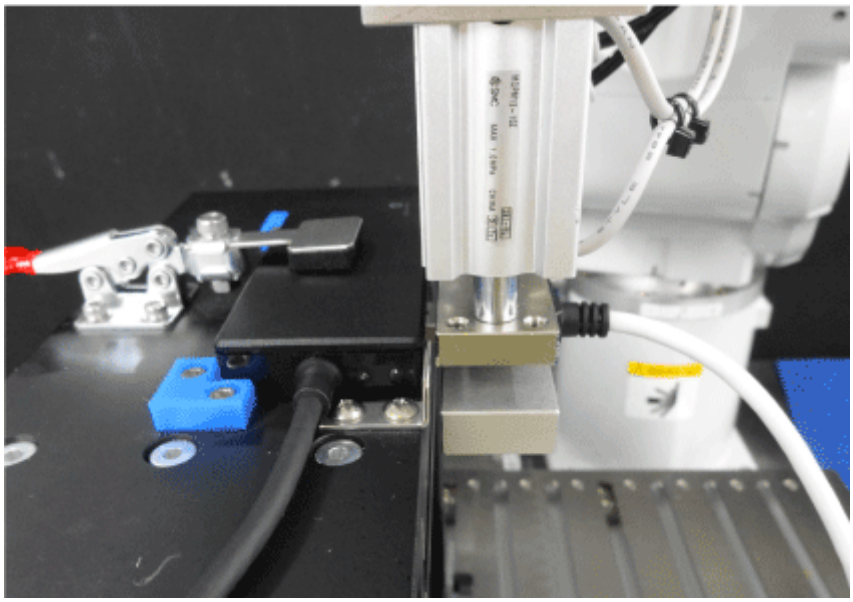
| | 外側 | 内側 |
|---|---|---|
| Planeの判定値<br>(GetRobotInsidePlane) | 0 = Outside | 1 = Inside |

12. 挿入方向と異なる位置にPlane平面や、PlaneのZ軸の方向 (終了判定条件)が表示される場合は、下記を参照し、設定を変更してください。
    ソフトウェア編 プロパティーの設定

### 4.6.2.2.6 フォースガイダンス機能による実行

USBコネクターの挿入作業を行うフォースガイドシーケンスを、Epson RC+で実行する方法を説明します。

1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [ジョグ]タブを選択します。
3. [POWER HIGH]ボタンをクリックします。
   ワークを壊してしまう可能性がある場合は、“ローパワーモード”での動作も検討してください。
   (ただし、ローパワーモードでは、速度や加速度設定が制限されるため、力制御動作や接触をしたときに、ハイパワーモードよりも大きな力が加わることがあるなど、ロボットの動きが通常と異なります。)
4. [実行]ボタンをクリックします。
   コンパイルが実行され、ロボットコントローラーにプログラムが送信されます。
   設定に誤りがある場合、エラーが発生します。これまでの設定内容を再確認し、エラーメッセージにしたがってパラメーターを修正してください。
5. 作業が正しく終了すると、USBコネクターが奥まで差し込まれた状態となります。



   コネクターの挿入が失敗した場合は、理由が分析できます。
   詳細は、下記を参照してください。
   ソフトウェア編 モニターによる動作分析

### 4.6.2.2.7 非接触状態に戻る

非接触状態に戻る方法を説明します。

コネクターの挿入が完了しても、ロボットとUSB機器との間にかかる力は継続しています。
ロボットやエンドエフェクターなどの故障や破損を防ぐため、作業後は、速やかにロボットを対象物から離し、力が、かからない状態にする必要があります。対象物に力が加わっていないことが明らかな場合は、この手順を省略できます。

非接触状態にする手順は、以下の方法があります。

- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[ジョグ]グループで、ジョグ動作を手動で行い、ロボットを対象物から離す
- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[動作命令実行]タブを操作して、ロボットを対象物から離す
- Move命令を[コマンドウィンドウ]で実行して、ロボットを対象物から離す
- SPEL関数オブジェクトを、Pressオブジェクトの後に追加し、フォースガイドシーケンスの最後で自動的にロボットを対象物から離す

本項では、[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]の操作で、非接触状態にする方法を説明します。

1. [ロボットマネージャー]を表示します。
2. [ジョグ&ティーチ]パネルを選択します。ジョグ移動距離として、[連続] または“1mm”以下となる設定にします。[大]を選択して、ロボットを移動させると、間違った方向のボタンを押した時にワークが破損する場合があります。注意してください。
3. ジョグボタンを操作して、+X方向(挿入方向と逆向き) に動かします。

これで、非接触状態となりました。

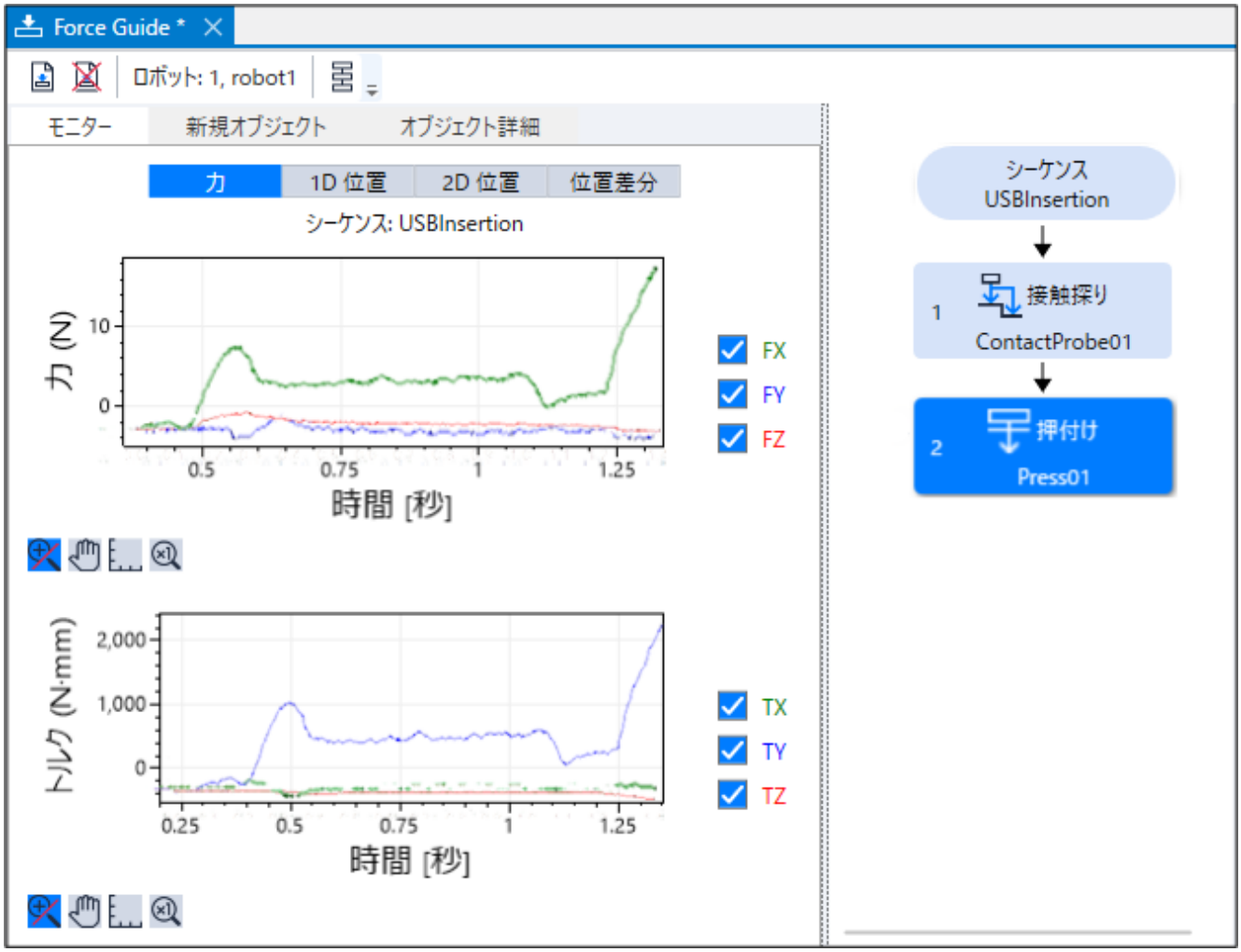
### 4.6.2.2.8 モニターによる動作分析

フォースガイドシーケンスの動作結果をEpson RC+で確認する方法を説明します。以下の画面は、成功した場合です。

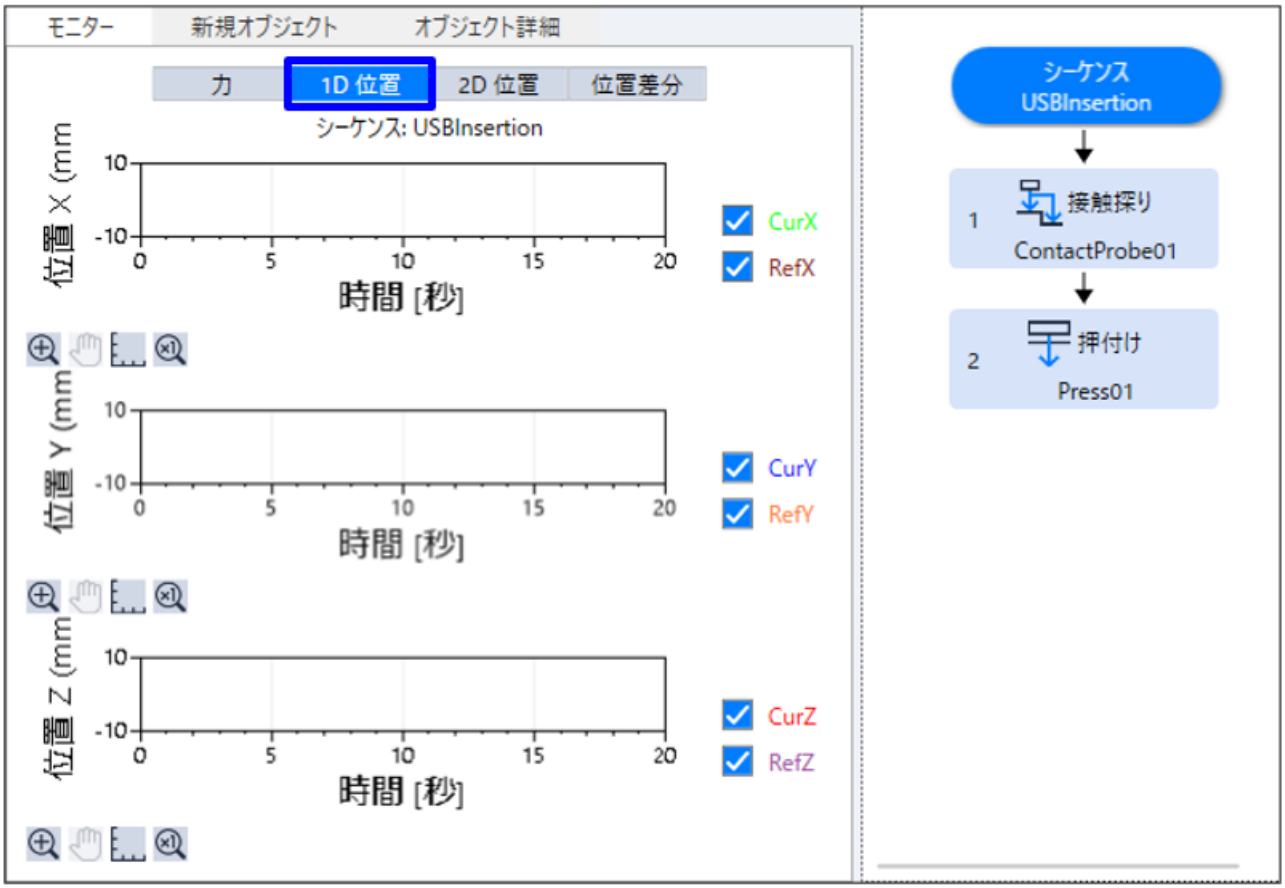
1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [USBInsertion]のシーケンスフローをクリックします。

3. [モニター]タブを選択します。[力]タブを選択します。
   グラフに、[USBInsertion]シーケンスを実行している間の力や、位置が表示されます。

4. [Step1], [Step2]のオブジェクトフローをクリックすると、グラフに、選択したフォースガイドオブジェクトを実行している間の力や、位置が表示されます。

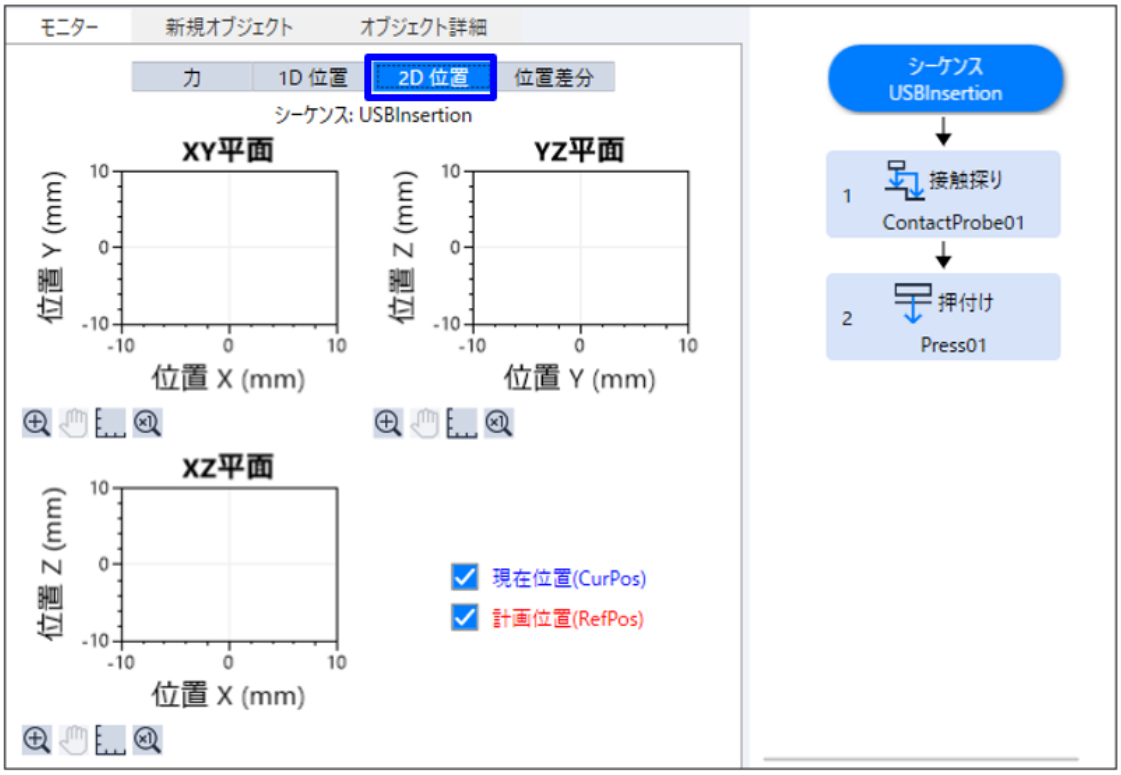


5. [USBInsertion]シーケンスをクリックします。
   [モニター]タブを選択します。[1D位置]タブを選択します。
   解析用のグラフが表示されます。(横軸: 時間, 縦軸:位置)

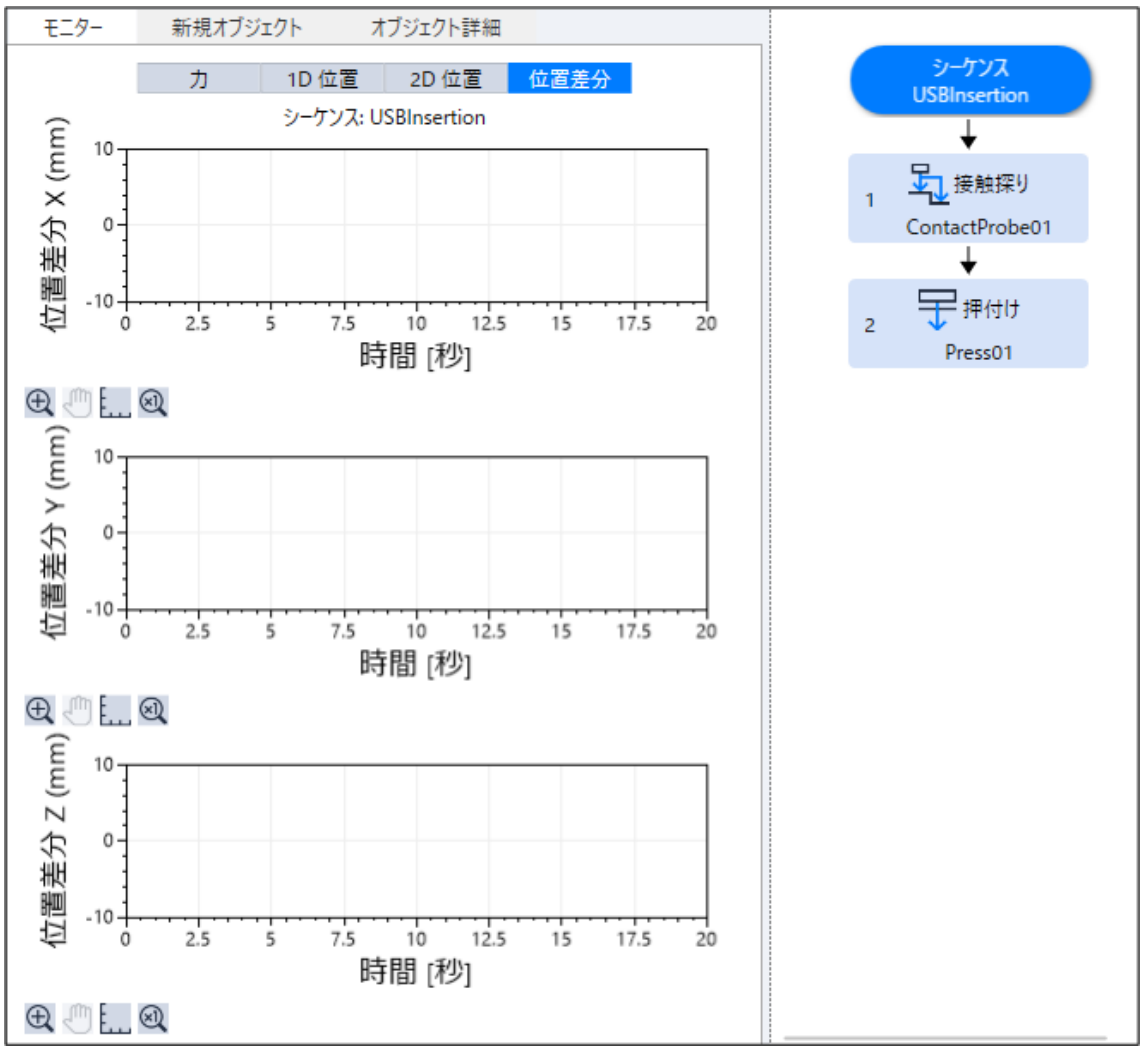



6. [2D位置]タブを選択します。
   解析用のグラフが表示されます。(縦軸, 横軸: 位置)
   Y, Z 平面内での倣い軌跡をイメージできます。
   - 赤線: 探り動作断面軌跡

- 青線: 力制御による+X方向への挿入軌跡




7. [位置差分]タブを選択します。
   力制御によるシフトを相対的な位置変化として記録しています。[1D位置]タブのグラフとは、異なります。



8. グラフの表示単位などを変更し、力や位置の変化の状態を確認してみましょう。
   正しくコネクターが挿入できなかった場合、設定が間違っている可能性があります。
   下記を参考に、本チュートリアルの手順を再度確認してください。

- 押付力の向きは正しいか
- Planeの設定は正しいか(ツール基準での相対位置か、ベース座標基準での相対位置か)
- 開始位置は正しいかまたは、高さZの位置がずれていないか
- [TimeOut]の設定が短すぎないか
- ローパワーモードで、遅く動いていないか

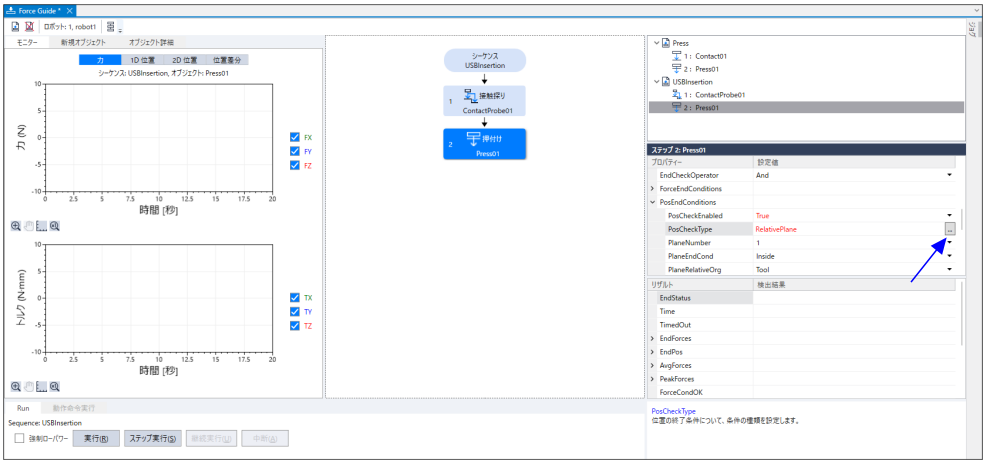
### 4.6.2.2.9 発展課題

次の操作を実際に行ってみましょう。

1. 「コネクター挿入時の力が条件を満たす」という条件だけで動作を終了する場合、挿入途中で引っかかり、奥まで入らない可能性があります。
   対策として、位置条件を追加します。
   下記のように[Press01(押付け)]プロパティーを変更し、実行してみましょう。
   前回 (参考: ソフトウェア編 押付けオブジェクト) との違いを確認してみましょう。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| EndCheckOperator | AND | 力, 位置, I/Oに関する終了条件として、両方(AND)の条件とします。 |
| PosCheckEnabled | True | 位置に関する終了条件を有効にします。 |
| PosCheckType | Relative Plane | 位置に関する終了条件の種類です。開始位置からの相対距離移動したことを条件とします。 |
| PlaneNumber | 2 | 位置の終了条件としてPlane番号2を上書きして使います。 |
| PlaneRelativeOrg | Tool | 平面の原点位置までのオフセット量を、ツール座標系方向を基準に表現します。 |
| PlaneRelativeX | -10 | 現在位置から平面の原点位置までの各方向のオフセット量を設定します。ツール座標基準でX方向へ-10mmシフトした位置です。 |
| PlaneRelativeY | 0 | |
| PlaneRelativeZ | 0 | |
| PlaneRelativeOrient | Tool | 平面方向の基準とする座標系を設定します。ツール座標を使います。 |
| PlaneAxes | YZ | 平面方向をツール座標のYZ平面と平行に設定します。通常、動作方向に垂直な平面の方向を設定します。 |

シミュレーターで、[Plane]の設定を確認してみましょう。



2. USBコネクターの接触部中央にツール設定をおこない、本チュートリアルを実行してみましょう。
   このとき観測される力とトルクの値は、ツール位置を基準として表示されます。
   USBコネクターの左端や右端が接触した場合にも、その正負から、把持の偏り具合を推定できます。

3. 動作速度を速くしてみましょう。
   以下のプロパティーが速度に影響します。

- [PressForce] を大きくする。(ただし、コネクターは、仕様として挿入する力が決まっています。その範囲内とします。)
- [Firmness]を小さくする。
- 探り動作のうち、退避や別の探り位置への移動時間に影響する、[SpeedS]や[AccelS]を大きくする。

これで、「USBコネクター挿入」のチュートリアルは終了です。

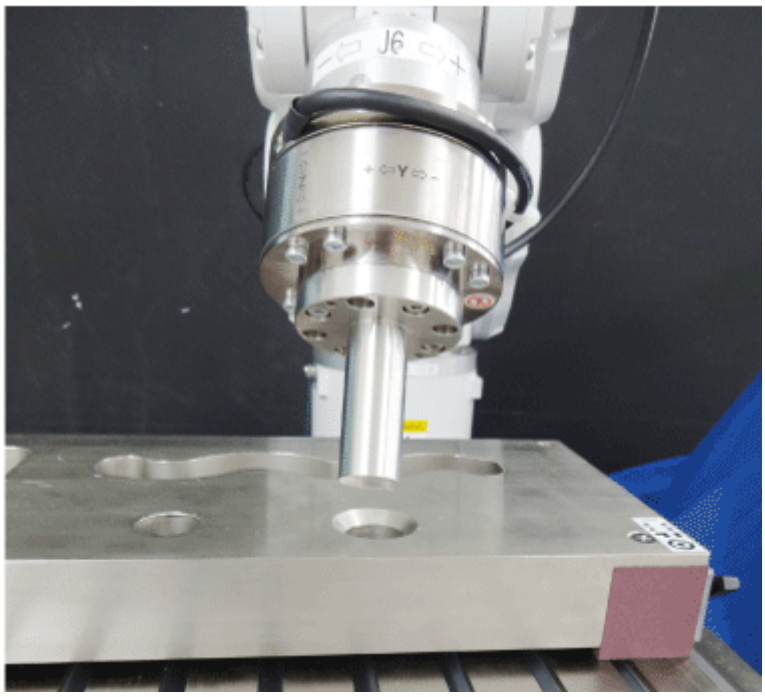
## 4.6.2.3 フォースガイダンス機能 (円柱嵌合)

円柱を螺旋軌道で接触しながら探って嵌め合わせる、“円柱嵌合”作業を行う方法を説明します。

ワークは、お客様が準備してください。

写真で使用している部材は、トレーニングキットです。図面は、販売元までお問い合わせください。
仕様は以下の通りです。

| | |
|---|---|
| エンドエフェクター側円柱 | 直径20mm, 長さ40mm |
| 穴側直径 | 約20mm, C面 約7mm |




上記のようなワークや、ツールがなくても、円柱形木材, コルク, ペットボトルなどを使用して、簡易的に試すこともできます。ただし、ガラスなど、割れた場合に危険のあるワークは避けてください。周囲に破片が飛び、怪我をする恐れがあります。また、周囲の状況に注意してチュートリアルを進めてください。

⚠ 注意

本チュートリアルで説明するパラメーターは参考値です。

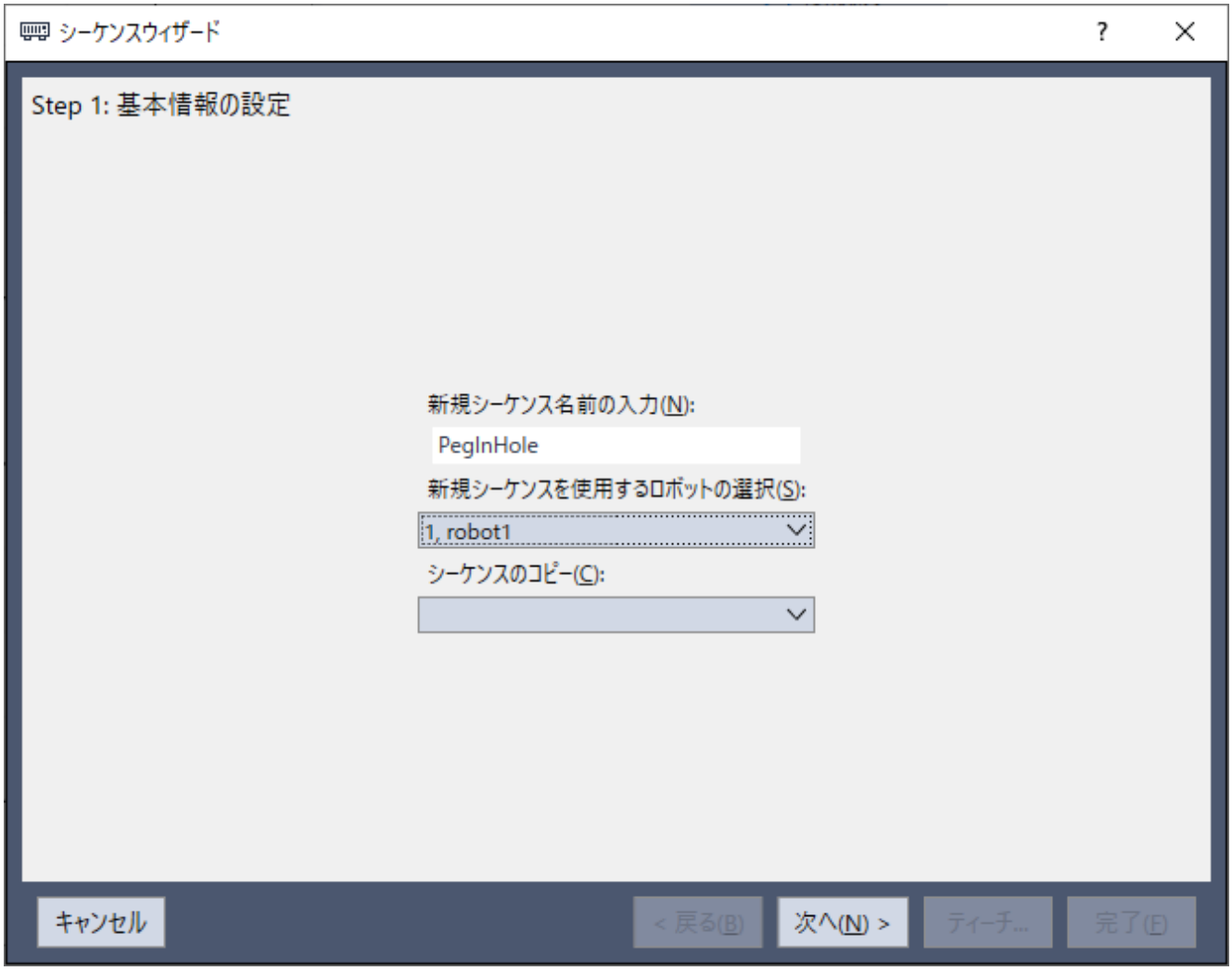
比較的安定的なパラメーターを使用していますが、動作環境によっては作業が成功しない場合や、振動的な動作をする場合があります。また、パラメーターの調整が必要な場合があります。注意してください。

説明のため、低速で安定的なパラメーターを使用しています。より高速な動作をする場合も、パラメーターの調整が必要になります。

### 4.6.2.3.1 シーケンスウィザード

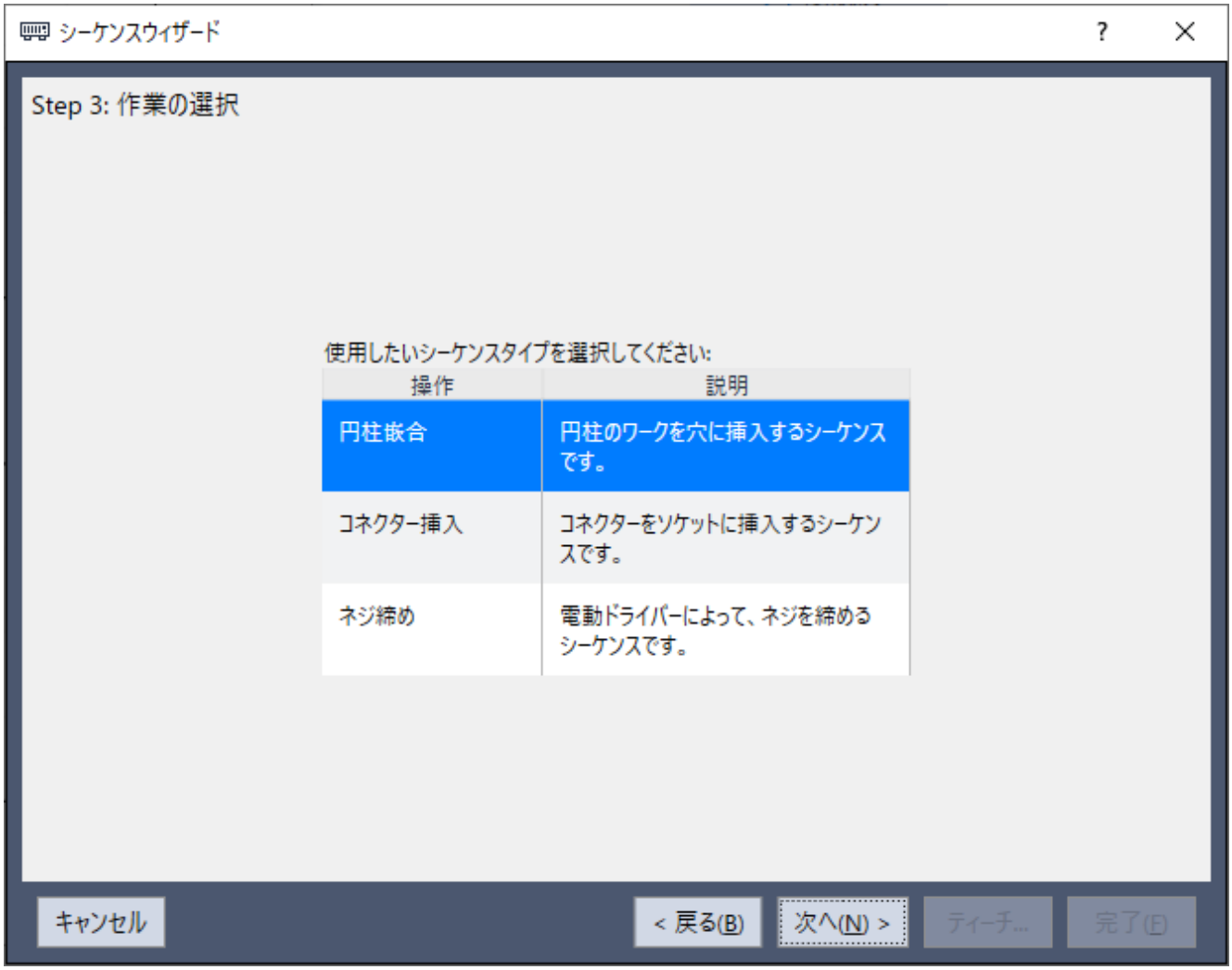
“円柱嵌合”のフォースガイドシーケンスを作成する方法を説明します。

1. [新規シーケンス名前の入力]に、“PegInHole”と入力します。[次へ]ボタンをクリックします。



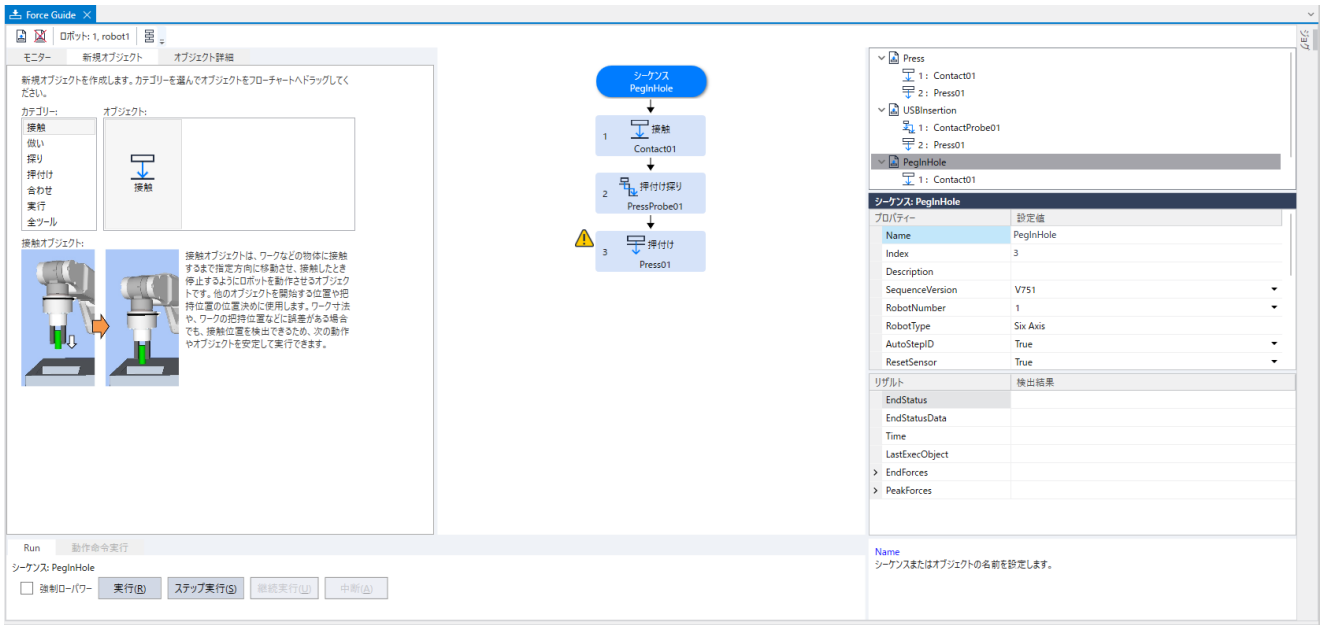

2. [Step 2: シーケンスタイプの選択] ダイアログが表示されます。[テンプレート]を選択します。[次へ]ボタンをクリックします。

3. [Step 3: 作業の選択] ダイアログが表示されます。[円柱嵌合]を選択します。[次へ]ボタンをクリックします。



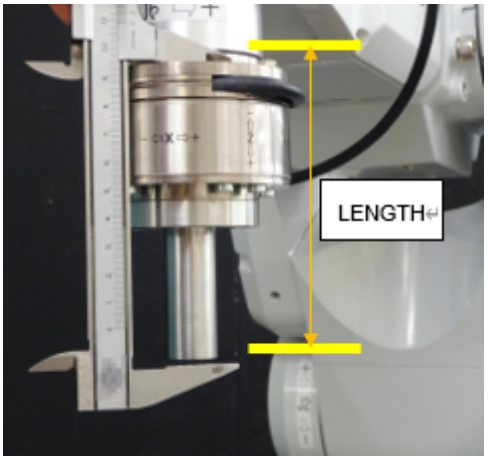
4. [Step 4: テンプレートの選択] ダイアログが表示されます。[探りあり]を選択します。[完了]ボタンをクリックします。

5. [PegInHole]シーケンスが作成されていることを確認します。接触-押付け探り-押付け

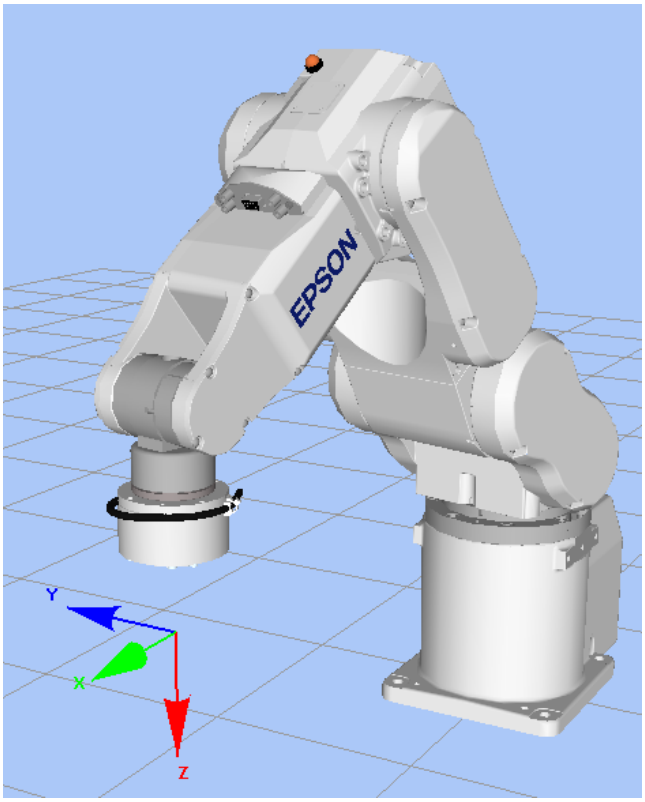


### 4.6.2.3.2 ツール設定

“円柱嵌合”作業では、X, Y, Zの進む方向だけではなく、それぞれの回転方向も倣いながら作業する場合がほとんどです。
“円柱嵌合”作業では、ツール設定を必ず行ってください。また、面倣い作業の場合も、ツール設定は必要です。
ノギスなどを使用して、J6フランジ面から、円柱の先端までの距離を測定します。下図の場合は、109mmです。
(力覚センサー: 49mm, エンドエフェクター: 60mm)




[コマンドウィンドウ]で、以下のコマンドを実行します。“LENGTH”には、手順(1)で測定した値を入力してください。(単位: ミリ)ツール2を設定, 選択しています。> TLSet 2, XY( 0, 0, LENGTH, 0, 0, 0) > Tool 2
Epson RC+メニュー-[ツール]-[Simulator]をクリックします。[シミュレーター]ウィンドウが表示されます。
オブジェクトツリー-[マニピュレーター名]-[Tool]をクリックします。
“No.2”-[表示]チェックボックスをチェックします。
ツール2の位置, 姿勢(方向)を、画面上と実機とを合わせて確認します。異なっている場合は、正しく設定をやり直してください。

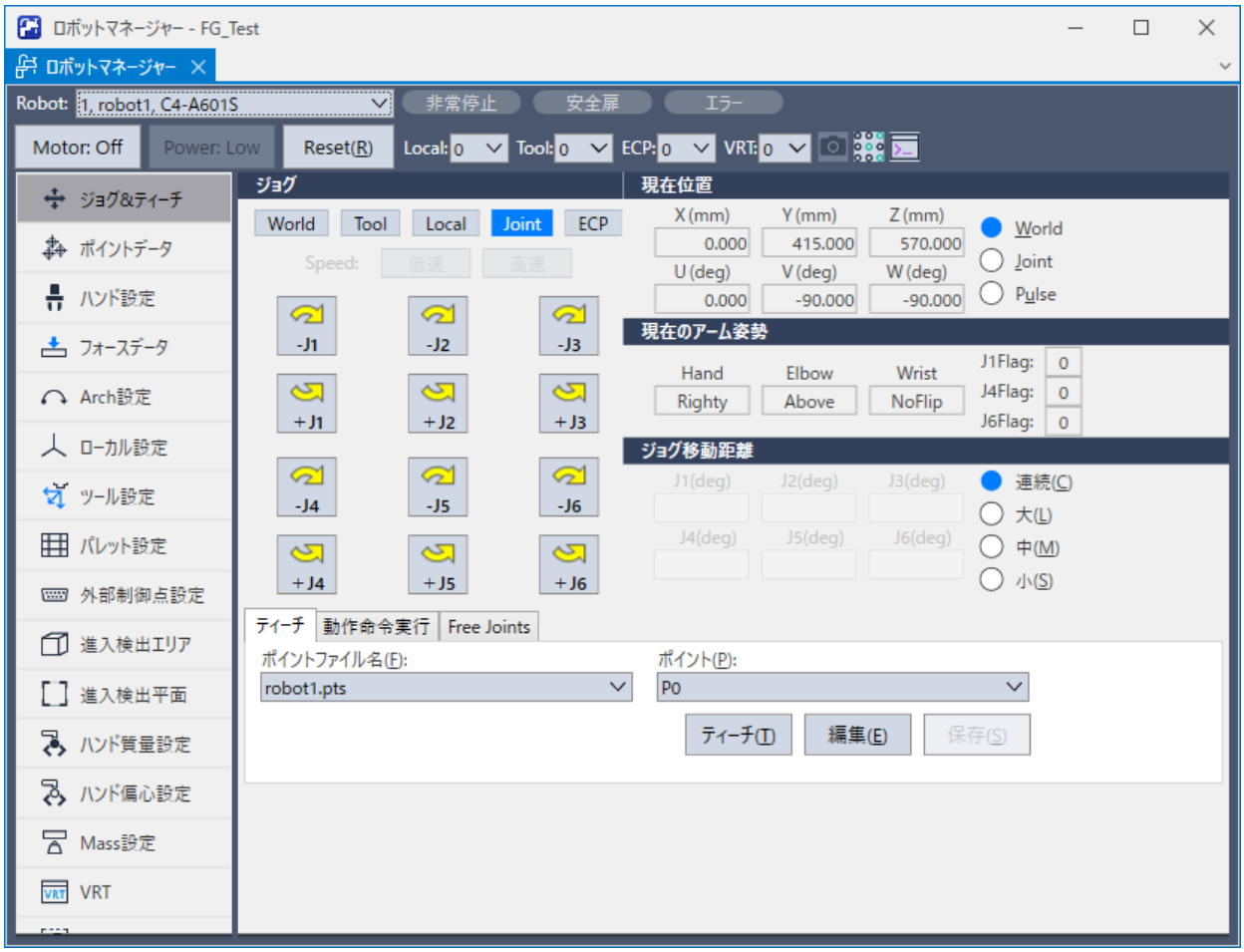



### 4.6.2.3.3 位置の教示

“円柱嵌合”作業の開始位置と、円柱が入り始める平面を教示する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。

2. [ジョグ&ティーチ]を選択し、パネルを表示します。



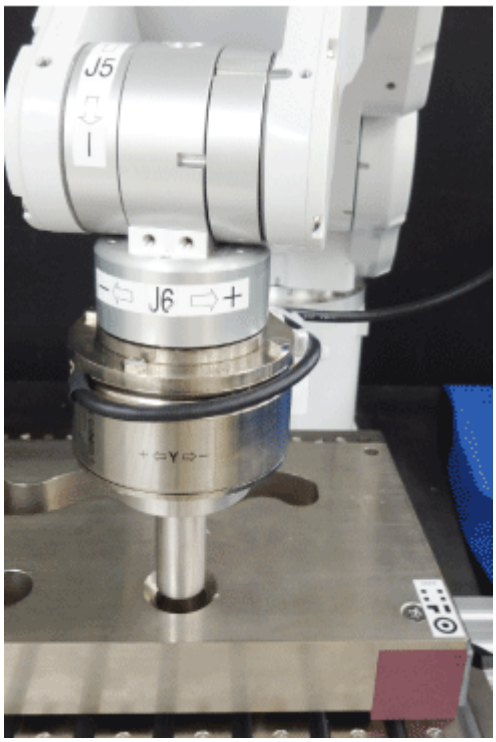

3. Epson RC+メニュー-[ツール]-[フォースモニター]をクリックします。[フォースモニター]ダイアログが表示されます。

4. [フォースモニター]ダイアログの[Live開始]ボタンをクリックします。現在の力覚センサーからの出力値の表示が開始されます。

5. [ジョグ&ティーチ]ウィンドウのジョグボタンをクリックして、円柱と穴が向かい合う位置に、ロボットを動かします。
必要に応じて、コマンドウィンドウで下記コマンドを実行します。

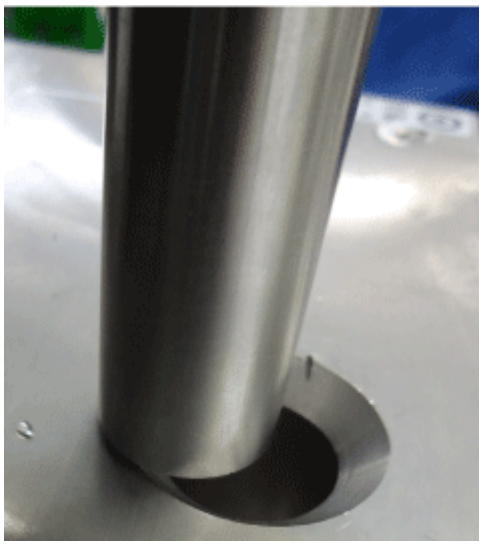
```
> Go Align(Here)
```

現在位置を基準にBase座標系に対して平行な姿勢になります。向かい合わせた状態に移動することが簡単になります。
詳細は、下記マニュアルを参照してください。Epson RC+ SPEL+ ランゲージリファレンス Align関数

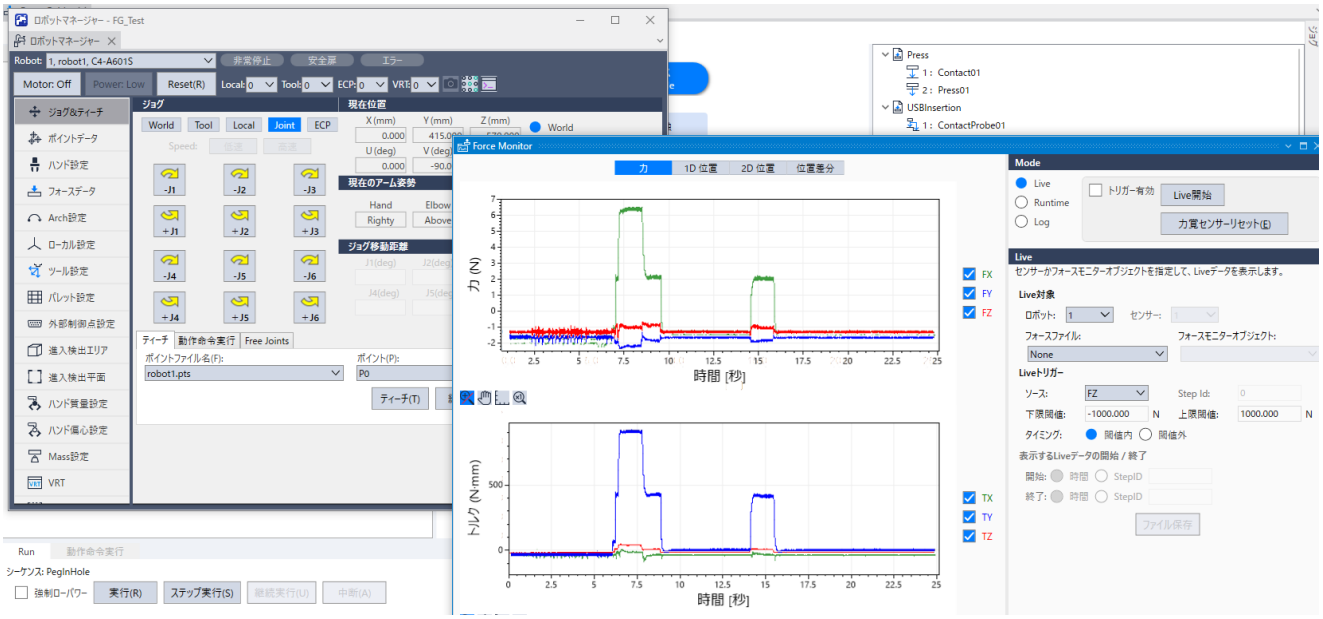



6. [フォースモニター]ダイアログ-[力覚センサーリセット]ボタンをクリックします。重力と、センサー値のドリフトの影響をなくし、現在値をゼロとします。

7. [ジョグ&ティーチ]ウィンドウのジョグボタンを使用して、挿入中心から少しずれた位置にロボットを動かします。押し付けと探り動作を行うため、テーパー(C面)の少し外側の位置へ移動させます。



8. [ジョグ移動距離]-[小(S)]ボタンを選択します。何回かジョグボタンをクリックし、ロボットを -Z方向に動かし、挿入口付近で対象物に接触するまで移動します。対象物に接触したとき、力センサーの出力値が変化します。ジョグ移動のタイミングに合わせたモニター値の変動を確認してください。

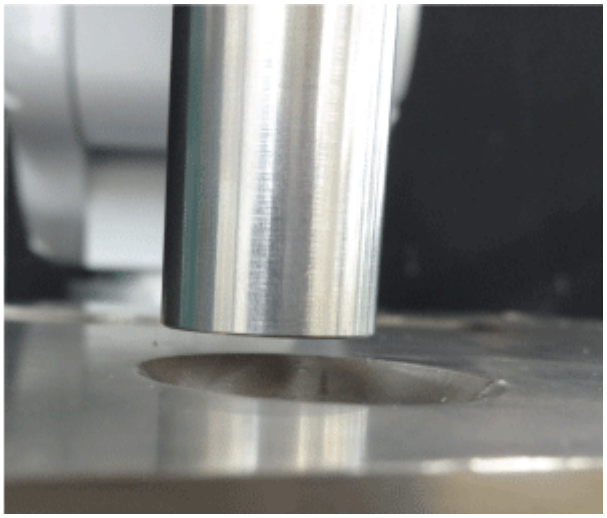



9. [ポイント]で“P9”を選択します。

10. [ティーチ]ボタンをクリックします。

11. [新規ポイント情報]ダイアログが表示されます。[ポイントラベル]に、“PegInHolePlane”を入力し、[OK]ボタンをクリックします。

12. [ジョグ移動距離]-[中(M)]ボタンを選択します。
円柱が非接触状態となるよう、ジョグボタンを3回クリックして、+Z方向に3mmロボットを動かします。



この位置は、挿入開始位置、かつ力覚センサーのリセットを行う位置となります。

13. [ポイント]で“P8”を選択します。

14. [ポイントラベル]に、“PegInHoleStart”を入力します。[OK]ボタンをクリックします。

15. Epson RC+メニュー-[ファイル]-[全てのファイルを保存]をクリックします。ファイルが保存されます。

### 4.6.2.3.4 プロパティーの設定

“円柱嵌合”に必要なプロパティーを設定する方法を説明します。

1. 初期状態では、フローチャートに⚠マークが表示されます。プロパティーの設定が必要です。
   ⚠マークにマウスポインターを移動すると、ツールチップが表示されます。ツールチップには、設定や修正が必要な内容が表示されます。

2. [PegInHole]シーケンスを選択します。プロパティーとリザルトが表示されます。
   以下のプロパティーを変更します。

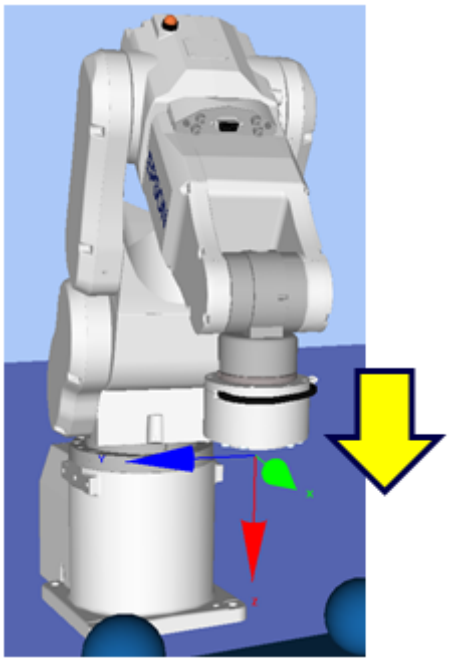
| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| RobotTool | 2 | ツール2を選択します。 |

3. Epson RC+ メニュー-[ファイル]-[ファイルの保存]をクリックします。設定が保存されます。

4. [Contact01]のオブジェクトフローを選択し、プロパティーを表示します。
   以下のプロパティーを変更します。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| Contact – Orient *1 | +Fz | 接触する方向を指定します。<br>ロボットは、+Fz方向へ移動します。 |
| Contact - FirmnessF | 2 | 力制御機能の硬さを設定します。 |
| Force End Condition<br>- ContactForceThresh | -5 | 接触したと判定する閾値を-5Nに設定します。<br>お客様のワークが許容する値を設定してください。 |
| Timeout | 10 | 接触オブジェクトのタイムアウト時間を設定します。<br>接触するまでに10秒が経過した場合、失敗となります。 |

*1【参考】

| | 6軸ロボット | スカラ型ロボット |
|---|---|---|
| ロボットの動作イメージ<br>[押付] |  | |
| (Press/Contact)<br>Orient | +Fz | -Fz |
| Forceの符号<br>(含モニター表示) | - | + |

5. Epson RC+ メニュー-[ファイル]-[ファイルの保存]をクリックします。変更したプロパティーがプロジェクトに保存されます。

6. [PressProbe01]のオブジェクトフローを選択し、プロパティーを表示します。
以下のプロパティーを変更します。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| ProbeTrajectory | Spiral | 探る軌道を設定します。<br>螺旋軌道とします。 |
| ProbeDetectType | Hole | 検出する対象物を設定します。穴とします。 |
| AccelS | 100 | 移動時の並進加速度を設定します。<br>実際の並進加速度は、力制御機能によって補正されます。<br>SpeedSよりも10倍以上など、十分大きくする必要があります。 |
| SpeedS | 10 | 移動時の並進速度を設定します。<br>実際の並進速度は、力制御機能によって補正されます。<br>10mm/s程度とします。 |
| SpiralDiam | 30 | 螺旋軌道の直径を設定します。<br>30mmとします。 |
| SpiralPitch | 3 | 螺旋軌道のピッチを設定します。中心の周りを10回転します。<br>3mmとします。 |

| 項目 | | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|---|
| Press *1 | Orient | +Fz | 押し付ける方向です。<br>探る面に垂直な方向を指定します。* |
| | Force | -3 | 押し付ける力を設定します。<br>PressOrientが正方向の場合:負の値を入力します。<br>PressOrientが負方向の場合:正の値を入力します。<br>通常、3~5N程度を使用しますが、お客様のワークが許容する値にしてください。<br>値が小さ過ぎる場合、探る面から離れることがあります。 |
| | FirmnessF | 1 | 押付け方向の力制御機能の硬さを設定します。 |
| PosEnd | PosCheckEnabled | True | 位置に関する終了条件を有効にするかどうかを設定します |
| Conditions *2 | PosCheckType | Relative Plane | 位置に関する終了条件の種類を選択します。<br>フォースガイドシーケンスを実行するたび、現在位置からの相対位置にPlaneを作成して位置の終了条件とします。 |
| | PlaneNumber | 3 | 位置の終了条件にPlane番号3を上書き設定します。 |
| | PlaneRelativeOrg | Tool | 平面の原点位置までのオフセット量を、ツール座標系方向を基準に表現します。 |
| | PlaneRelativeZ | 0.5 | 現在位置から平面の原点位置までのオフセット量としてツール座標系のFz方向に0.5mmと設定します。 |
| | PlaneRelativeOrient | Tool | 平面方向を設定します。 |
| | PlaneAxes | XY | ツール座標系のXY平面内にPlaneを作成します。 |

7. Epson RC+メニュー-[ファイル]-[ファイルの保存]をクリックします。変更したプロパティーがプロジェクトに保存されます。

8. [Press01]のオブジェクトフローを選択し、プロパティーを表示します。
以下のプロパティーを変更します。

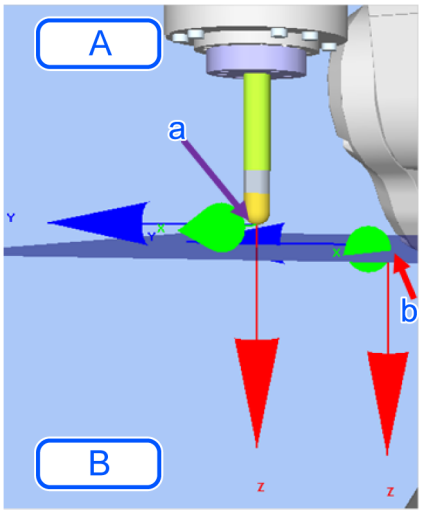
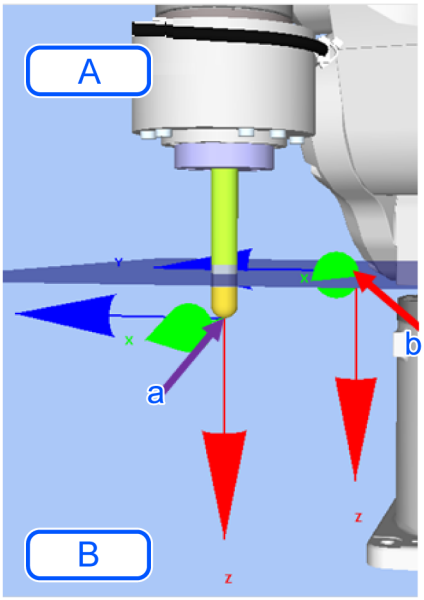
| | 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|---|
| Fx | ControlMode | Follow | 力制御機能によって倣います。 |
| | Firmness | 2 | X方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| Fy | ControlMode | Follow | 力制御機能によって倣います。 |
| | Firmness | 2 | Y方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| Fz *1 | ControlMode | Press+ | 力制御機能のモードです。<br>Press+ : Fz軸の正方向にロボットが移動して押し付けます。 |
| | Force | -10 | 挿入時に加える力を設定します。<br>10Nとします。 |
| | Firmness | 2 | Z方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |

| | 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|---|
| PosEnd Condition2 *2 | PosCheckEnabled | True | 位置に関する終了条件を有効にします。 |
| | PosCheckType | Relative Plane | 位置に関する終了条件の種類です。<br>フォースガイドシーケンスを実行するたび、現在位置からの相対位置にPlaneを作成して位置の終了条件とします。 |
| | PlaneNumber | 3 | 位置の終了条件にPlane3を設定します。 |
| | PlaneRelativeOrg | Tool | 平面の原点位置までのオフセット量を、ツール座標系方向を基準に表現します。 |
| | PlaneRelativeZ | 10 | 現在位置から平面の原点位置までのZ方向のオフセット量を設定します。<br>PlaneRelativeOrgで指定したツール座標系の方向になります。 |
| | PlaneRelativeOrient | Tool | 平面方向の基準とする座標系をツール座標に設定します。 |
| | PlaneAxes | XY | 平面方向として、XY平面を設定します。 |
| TimeOut | | 20 | タイムアウト時間を設定します。<br>20秒以内に終了条件(10mm進む)を満たさないとき、失敗となります。 |

9. Epson RC+ メニュー-[ファイル]-[ファイルの保存]をクリックします。変更したプロパティーがプロジェクトに保存されます。

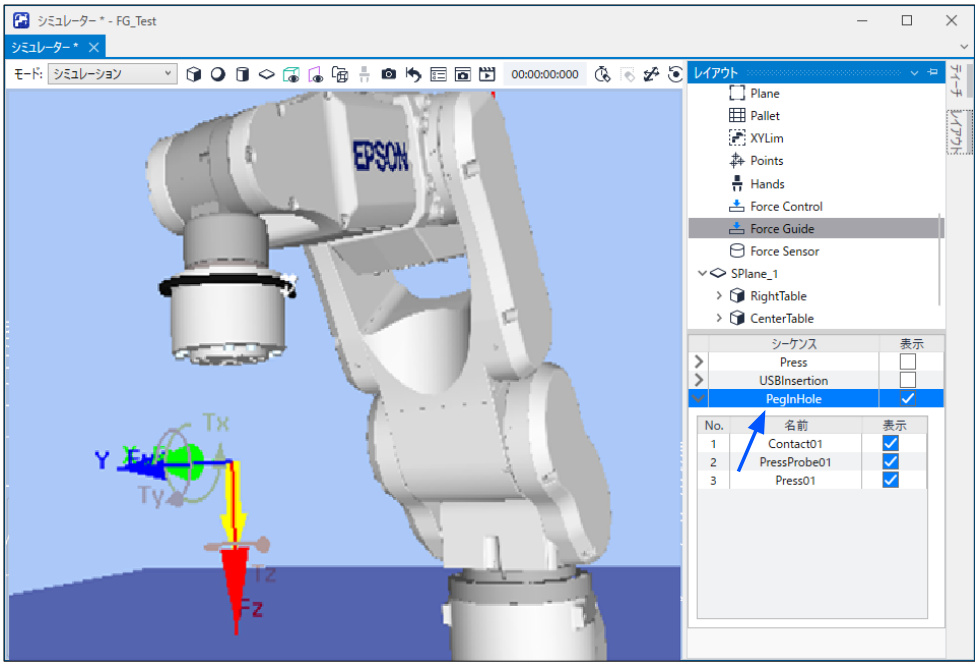
*2【参考】Planeとの位置関係

ロボットの現在位置と、Planeの位置の関係は、下表のとおりです。Planeの原点から、+Z方向の領域に現在位置がある場合、“内側 (Inside)”となります。

| | 外側 | 内側 |
|---|---|---|
| Planeとの位置関係<br>垂直6軸型ロボット |  <br>A: Outside の領域 / B: Inside の領域<br>a: 現在位置 / b: Plane 原点 |  |
| Planeの判定値<br>(GetRobotInsidePlane) | 0 = Outside | 1 = Inside |

### 4.6.2.3.5 設定の確認

シミュレーターを使用して、押付方向などの設定が正しいか確認する方法を説明します。
Epson RC+メニュー-[ツール]-[Simulator]をクリックします。[シミュレーター]ウィンドウが表示されます。
オブジェクトツリー-[Force Guide]-[PegInHole]を選択します。
次のチェックボックスをチェックします。[Contact01]-[表示], [PressProbe01]-[表示], [Press01]-[表示]



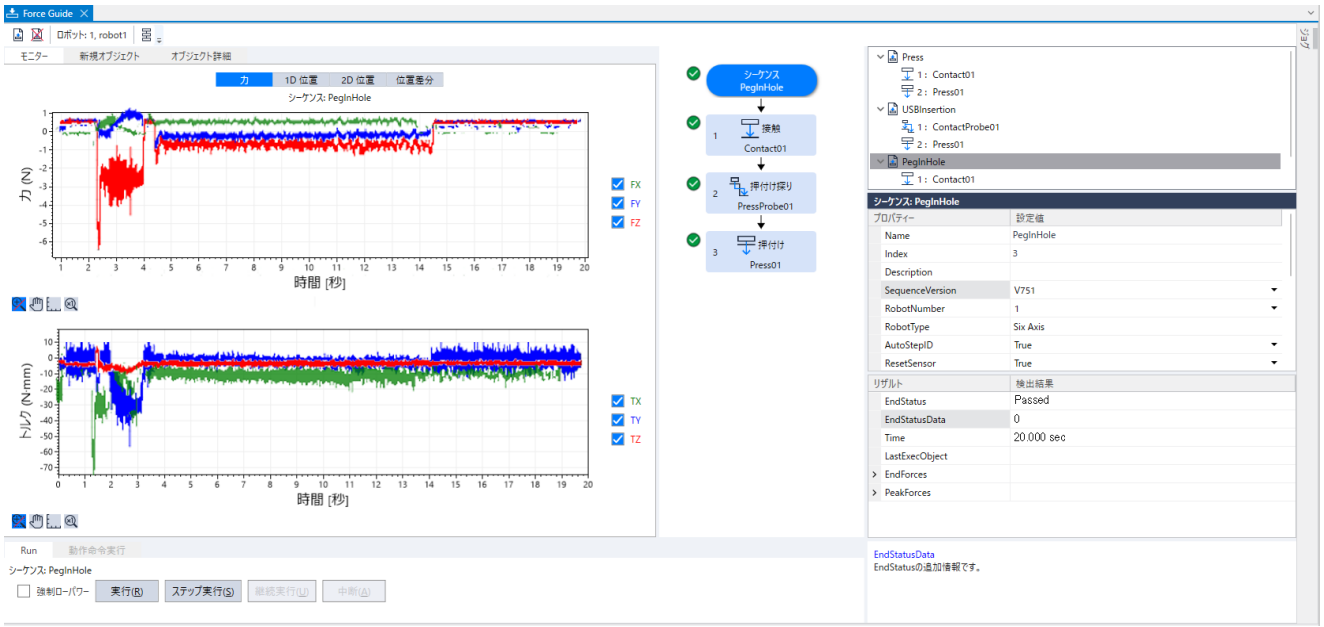

黄色い矢印が表示されている方向が、円柱を差し込む方向であることを確認してください。方向が異なる場合は下記を参照し、設定を確認してください。
ソフトウェア編 プロパティーの設定

### 4.6.2.3.6 フォースガイダンス機能による実行

“円柱嵌合”を行うシーケンスを、[Force Guide]ウィンドウで実行する方法を説明します。

1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [実行]ボタンをクリックします。
   コンパイルが実行され、ロボットコントローラーにプログラムが送信されます。
   設定に、間違いがある場合、エラーが発生します。これまでの設定内容を再確認し、エラーメッセージにしたがってパラメーターを修正してください。

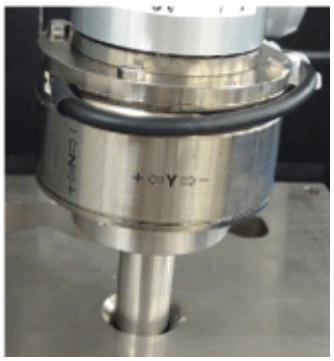
3. プロパティーに設定した条件を満たし、最後まで実行できた場合、フローチャート左上に “ ”が表示され、動作を停止します。




## 4.6.2.3.7 非接触状態に戻る

非接触状態に戻る方法を説明します。

作業完了後も、円柱嵌合を行うための力は、継続しています。
間隙が数十ミクロンとなるような精密な円柱嵌合を行っていた場合、作業が終了状態でも大きな力が加わっている可能性があります。
ロボットやエンドエフェクターなどの故障や破損を防ぐため、作業後は、速やかにロボットを対象物から離し、力がからない状態にする必要があります。対象物に力が加わっていないことが明らかな場合は、この手順を省略できます。

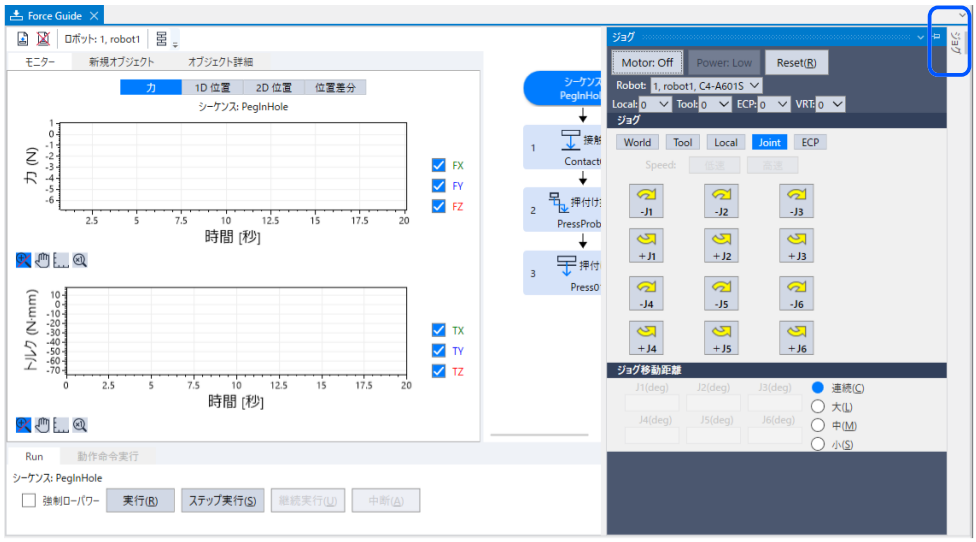


- 0.1mm程度の小さい間隔でジョグ動作を行い、非嵌合状態にする。
- 円柱を非把持状態とする。
- “引抜き”を行うフォースガイドシーケンス(挿入方向の逆向きに押付ける)を別に作成し、棒材を引き出す。嵌合作業後、5分程度経過すると、力覚センサーの検出値がドリフトの影響によりシフトし、取り出しができない可能性があります。詳細は、下記を参照してください。
  ソフトウェア編 発展課題 - 2

本チュートリアルでは、フォースモニターを確認しながら、ジョグ動作により棒材を引き出します。

1. Epson RC+ メニュー-[ツール]-[フォースモニター]をクリックします。[フォースモニター]ダイアログが表示されます。
2. [Live開始]ボタンをクリックします。現在選択されているフォースモニターオブジェクトのグラフが表示されます。

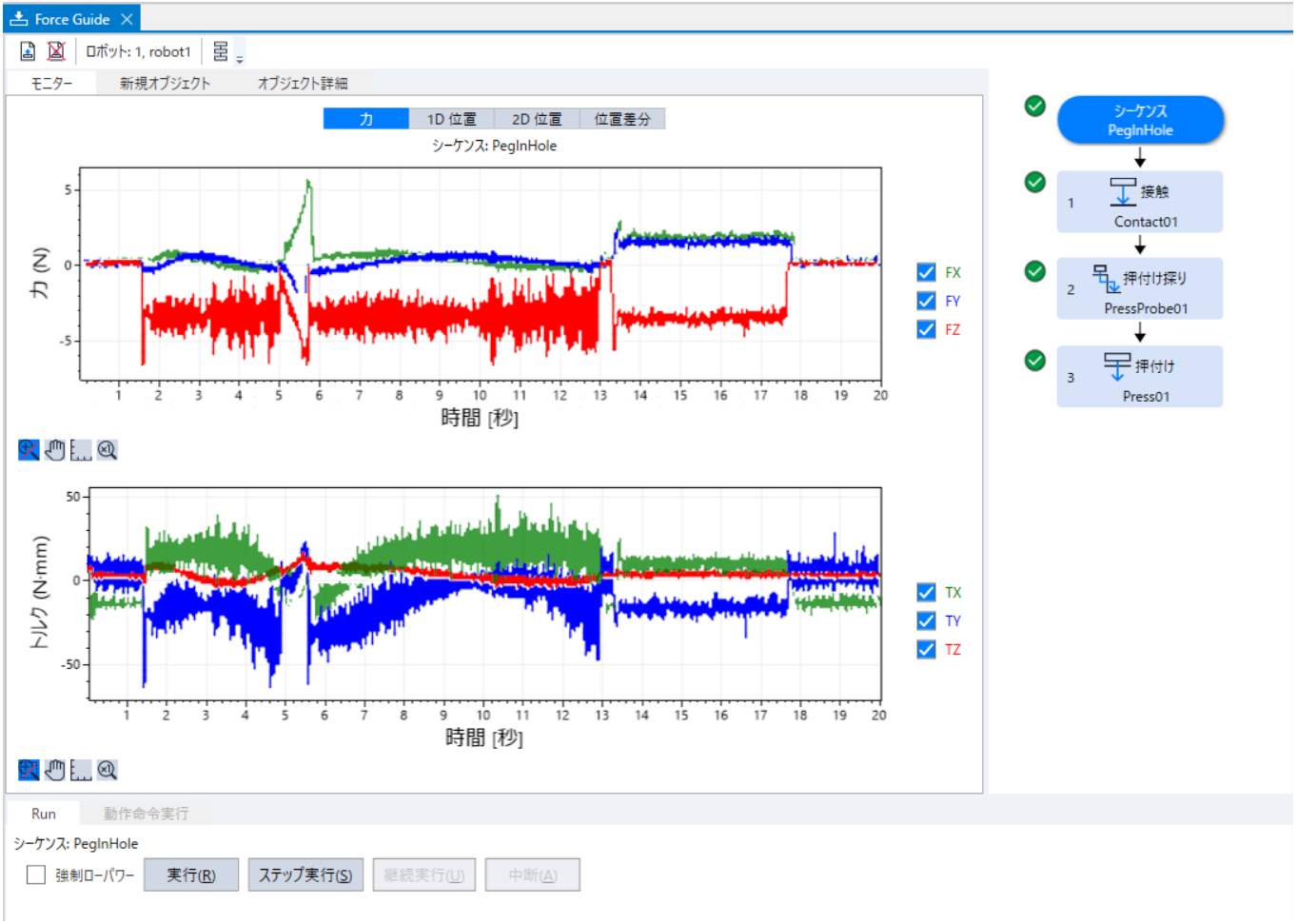
3. [ロボットマネージャー]を表示します。
4. [ジョグ&ティーチ]パネルを選択します。
5. [ジョグ]で、“Tool” を選択します。傾きのある穴に対して倣いながら嵌合をしたときに、穴に対して垂直に引き出すために最適な設定です。
6. [ジョグ移動距離]-[小(S)]ボタンを選択します。
7. -Z方向に0.1ミリずつ移動させます。
   力覚センサーのドリフト特性によって、出力値は、時間経過に応じて “0”の値から離れていきます。力の値の相対的な変化は、正しく接触状態の変化を反映しています。
   表示されるグラフ値を確認しながら、ジョグボタンをクリックしてロボットをX, Y方向に動かし、非接触状態にします。
   参考: ソフトウェア編 力覚センサーのリセット
   [参考][Force Guide]ウィンドウに、[ジョグ]タブがあります。このタブを選択すると、[ジョグ]ウィンドウが表示されます。ジョグボタンをクリックし、ロボットを動かし非接触状態にできます。



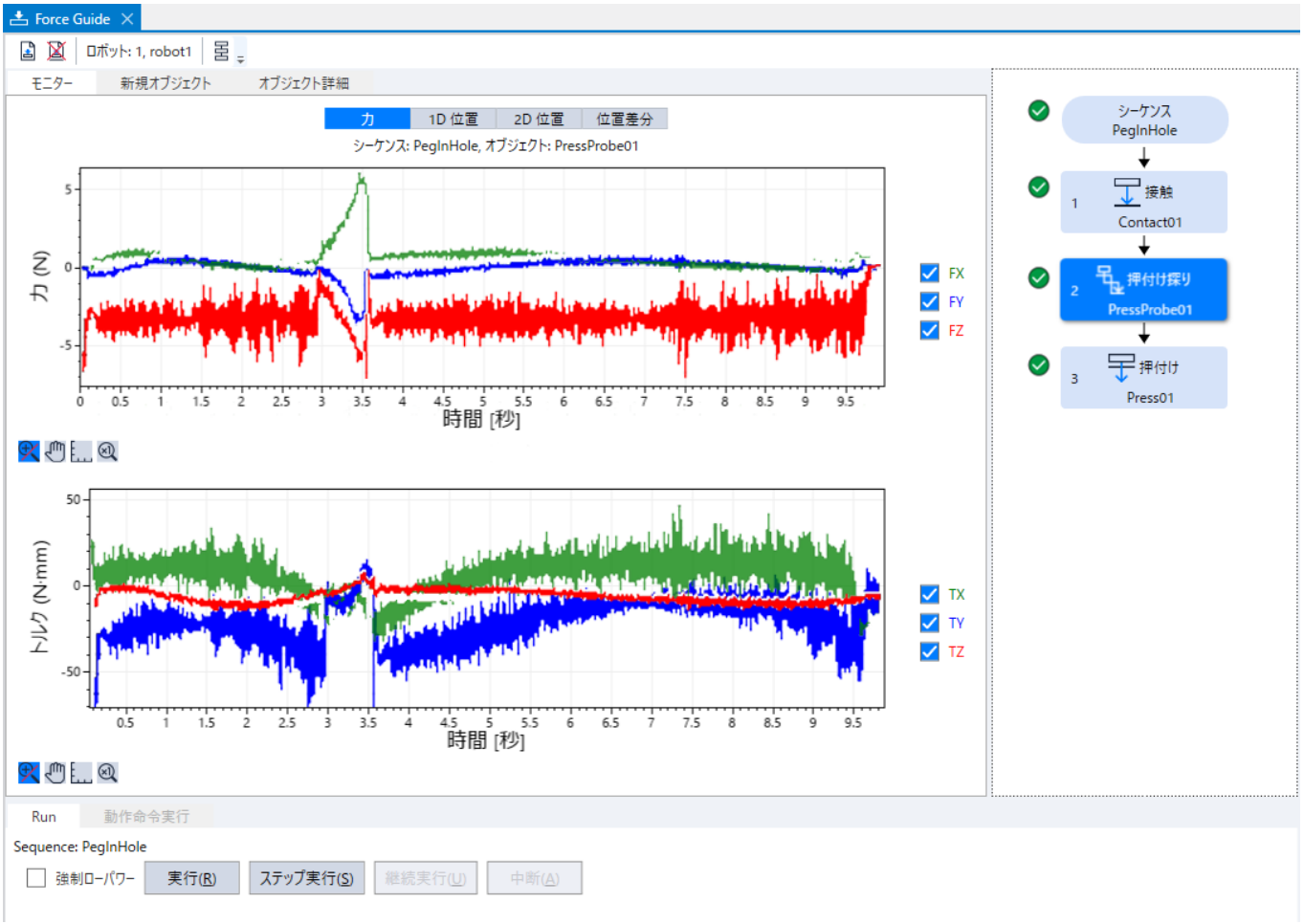

## 4.6.2.3.8 モニターによる動作分析

フォースガイドシーケンスの動作結果をEpson RC+で確認する方法を説明します。
[Force Guide]ウィンドウを表示します。
[PegInHole]のシーケンスフローをクリックします。

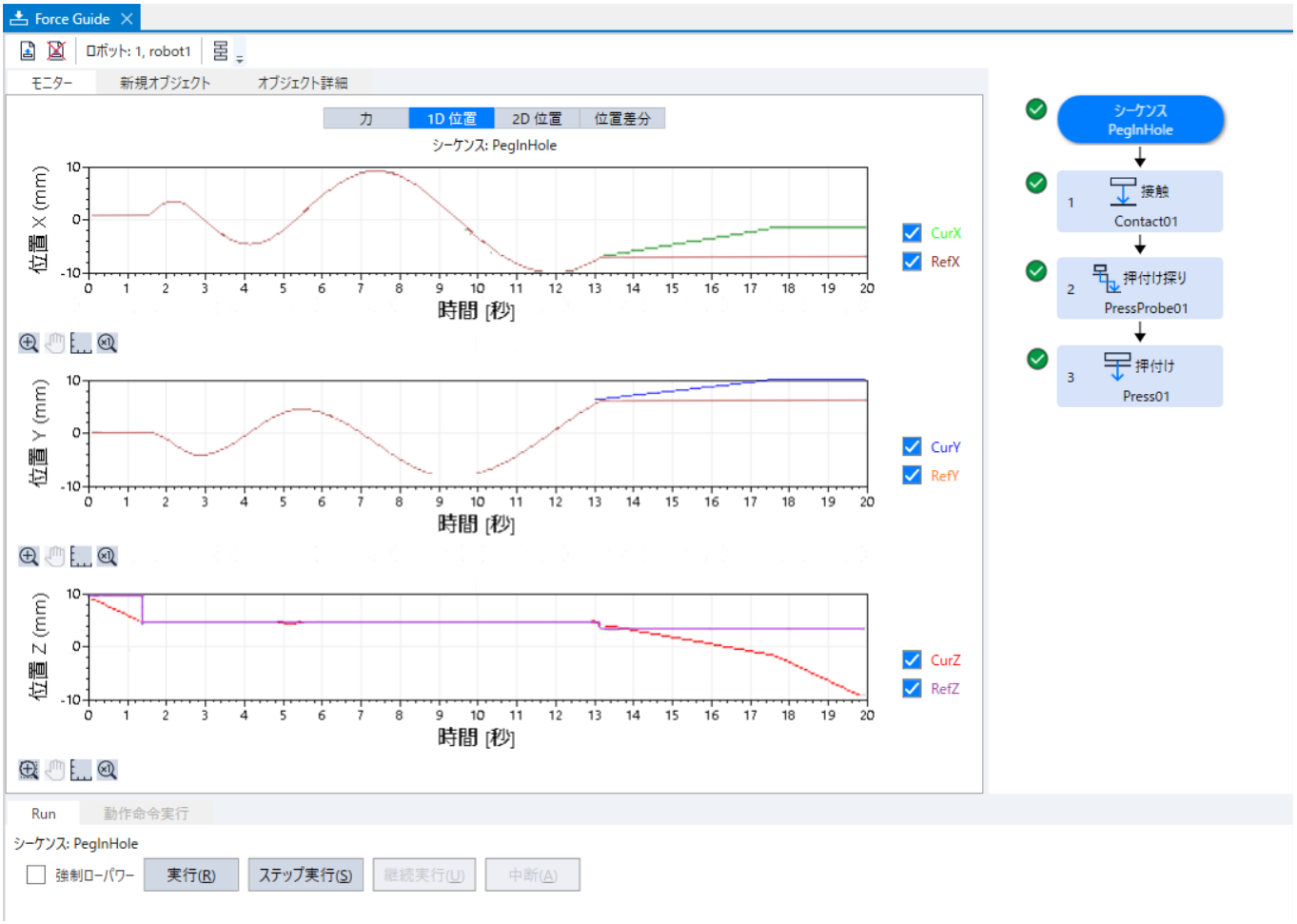
[モニター]タブを選択します。[力]タブを選択します。グラフに、[PegInHole]シーケンスを実行している間の力や、位置が表示されます。



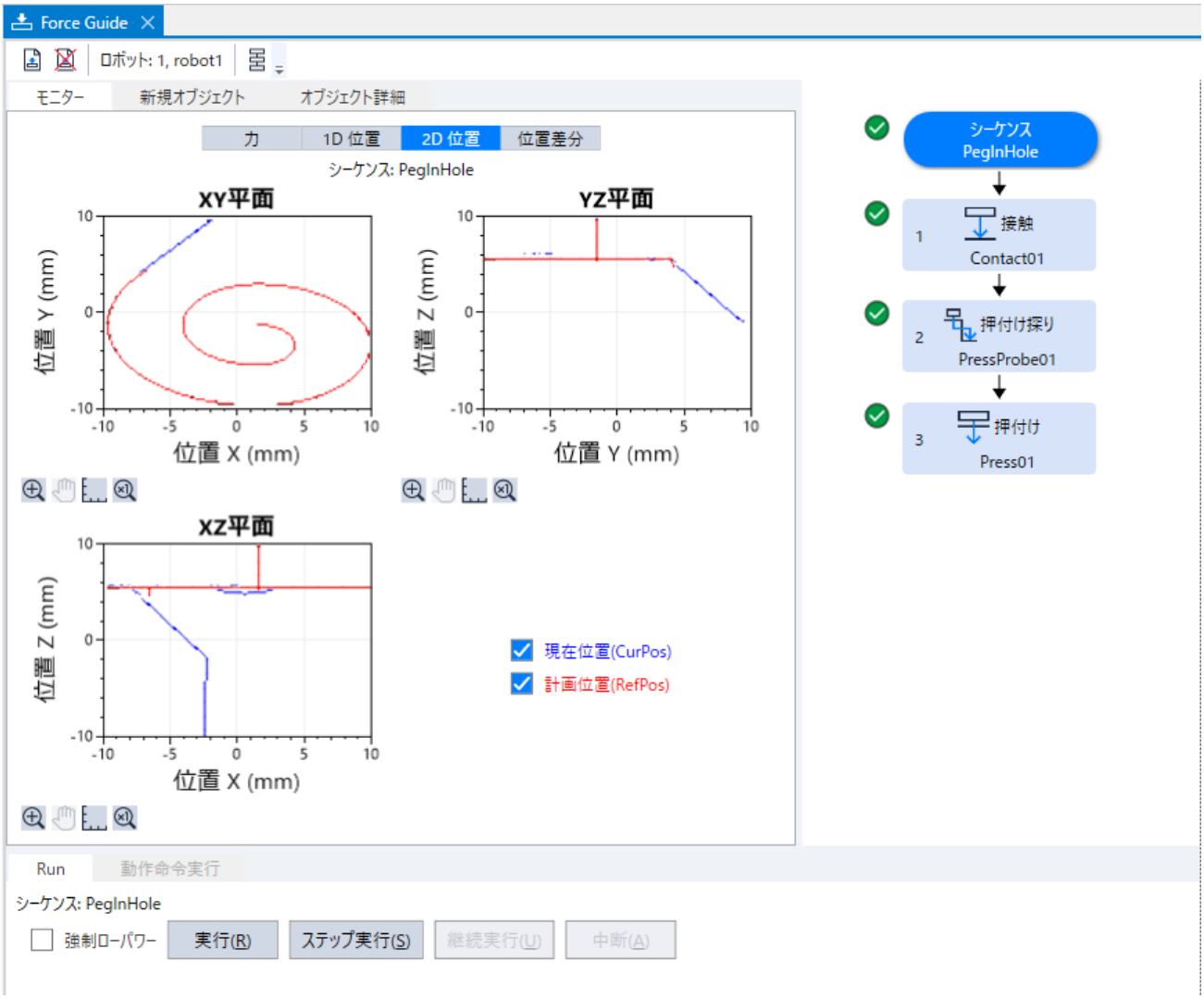
[Step1], [Step2], [Step 3]のオブジェクトフローをクリックすると、グラフに、選択したフォースガイドオブジェクトを実行している間の力や、位置が表示されます。



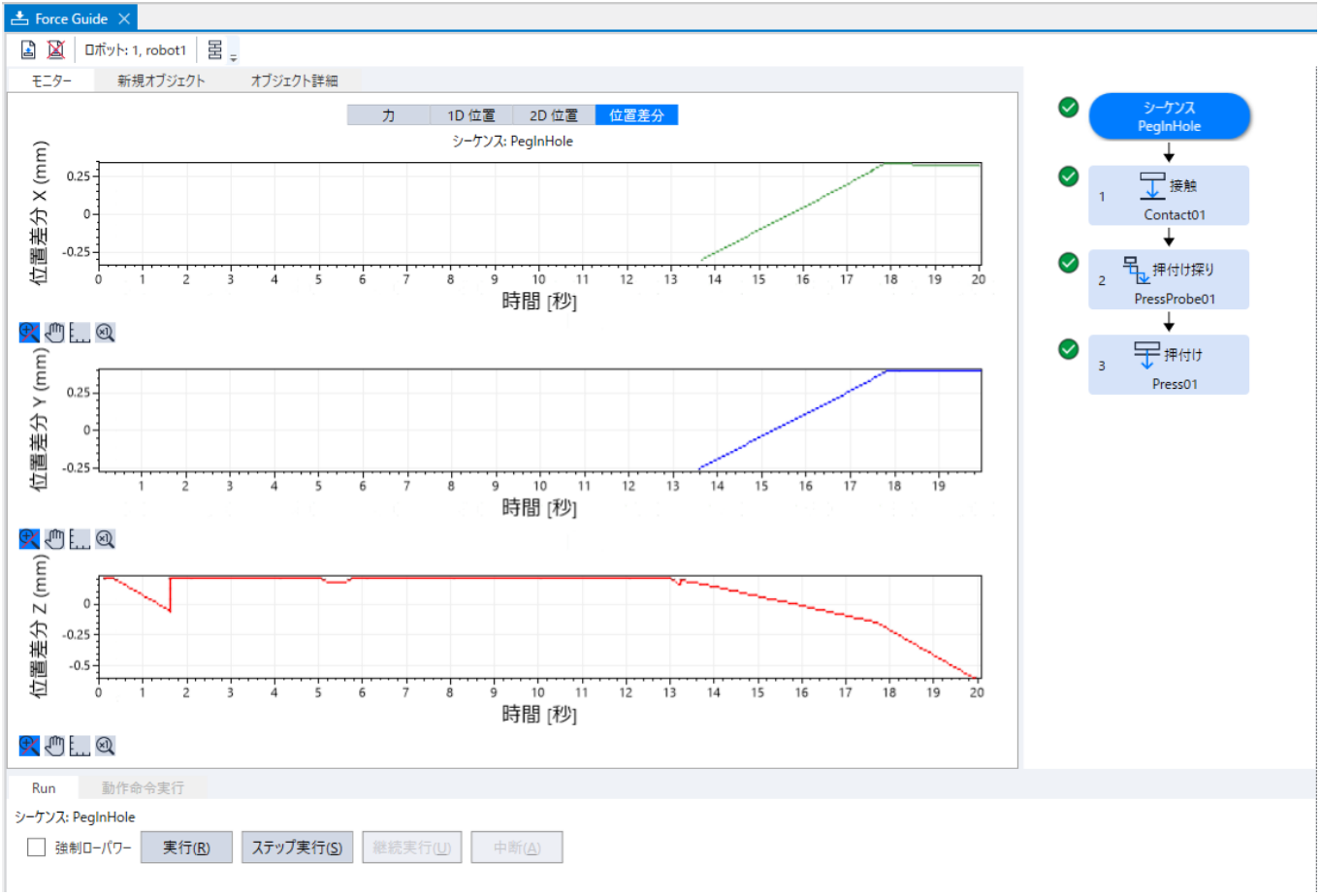
[PegInHole]のシーケンスフローをクリックします。[モニター]タブを選択します。[1D位置]タブを選択します。解析用のグラフが表示されます。(横軸: 時間, 縦軸:位置)



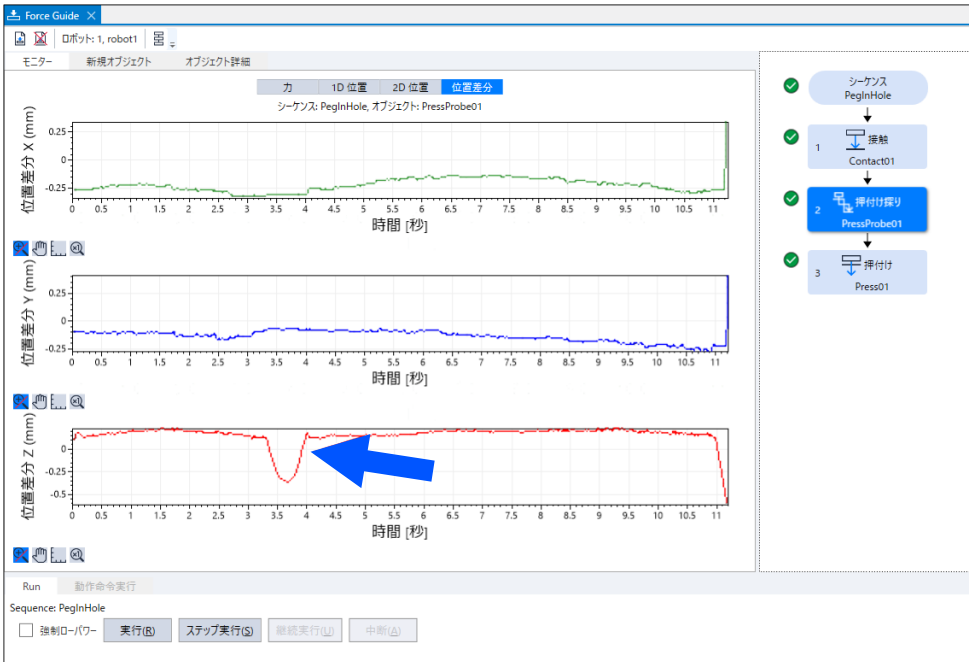
[2D位置]タブを選択します。解析用のグラフが表示されます。(縦軸, 横軸: 位置)青線に着目します。螺旋探り中に穴に入り始め、押付動作に切り替わり、押付方向であるZ負方向に進み、X, Y平面内を移動している(倣う)ことがわかります。



[位置差分]タブを選択します。力制御によるシフトを相対的な位置変化として記録しています。[1D位置]タブのグラフとは、異なります。




グラフの表示単位などを変更し、力や位置の変化の状態を確認してみましょう。
本チュートリアルで示したモニターを見ながら、動作結果を確認してみましょう。[Step2]で、一度穴に入りかけましたが、[Plane Z]の位置設定で指定した、0.5mm以上、下方向に動けなかったため、探りが継続したと推測できます。



### 4.6.2.3.9 発展課題

次の操作を実際に行ってみましょう。

1. 探り動作を行うと、探り動作にかかる時間が増え、作業時間も長くなります。
   探り動作が省略できる場合は、作業時間を減らすことができます。
   下記にしたがって実際に試してみましょう。
   i. 作業開始場所 (教示済みのポイント: PegInHoleStart)を、テーパー(C面)の内側に変更します。
   ii. [Step2: 押付け探り]を右クリックし、[削除]を選択します。
   iii. 下記を参照し、力制御機能を実行します。
   ソフトウェア編 フォースガイダンス機能による実行

2. 「ソフトウェア編 非接触状態に戻る」のような、ジョグを用いた数十ミリの距離の移動は、大変手間がかかります。
   円柱の嵌合の直後に、力制御機能を用いて抜き出す方法を試してみましょう。このとき、[シーケンス]-[プロパティー]で、力覚センサーのリセットを行わないようにする必要があります。

> ⚠ 注意
>
> 嵌合後、5分程度経過すると、力覚センサーのドリフト特性によって、正しい値を検出できず、引き抜きに失敗する可能性があります。また、その時、ワークに過大な力がかかり、ワークを破壊する可能性があります。フォースガイドシーケンスを実行した直後に実行してください。
>
> 接触状態で、力覚センサーをリセットすると、その時の力とトルクが “0”となります。この状態では、正しく力制御機能を実行できず、引き抜きに失敗したり、ワークを破損する可能性があります。必ず、[ResetSensor]プロパティーを“False”にしてください。また、フォースモニターで[力覚センサーリセット]ボタンをクリックしたり、コントローラーを再起動するなど、力覚センサーをリセットした場合は、力制御機能を実行せずに、ジョグを用いて移動したり、非把持状態にして、非嵌合状態にしてください。

1. [PegInHole]とは別の、空のフォースガイドシーケンスを新規作成します。
   例: PullFromHole
2. 押付けオブジェクトのみを追加してプロパティーを設定します。
   6軸ロボットの場合は、下記の設定を基準とし、[Firmness]などのプロパティーを調整してください。
   - [Fz_ControlMode]で “Press- ” 方向を設定する
   - [Fx_ControlMode], [Fy_ControlMode]は、“Follow”とする
   - [Fz_ControlMode]は、10N以下の力を設定する
     (強すぎると引っかかる可能性があります。)
   - [Timeout]を60secなど大きな値にする
     (引き抜きができてもその時間動き続けます。[中断]ボタンをクリックして、ロボットを停止してください。)
   - [Fx_Firmness], [Fy_Firmness], [Fz_Firmness]は、[PegInHole]の[Press01]と同じオブジェクトに設定する。
3. フローチャートのシーケンスフローをクリックして選択します。
4. [ResetSensor]プロパティーを、“False”にします。
5. 下記を参照し、力制御機能を実行します。
   フォースガイダンス機能による実行

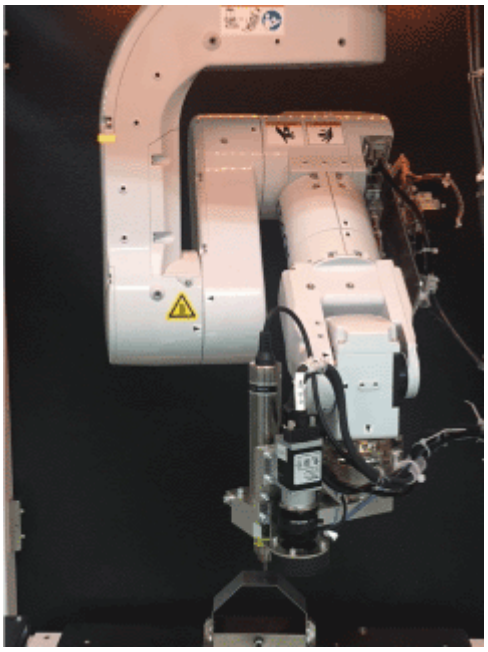
これで、円柱嵌合のチュートリアルを終了します。

## 4.6.2.4 フォースガイダンス機能 (ネジ締め)

ネジ締め作業を行う方法を説明します。

電動ドライバー、ネジ、ネジを固定するワークは、お客様が準備してください。誤った設定により、ワークなどが破損する場合があります。破損しても問題がないワークなどを準備し、本チュートリアルを進めてください。

ワークの配置やネジ締め方向は、下の写真と同様としてください。



⚠ 注意

本チュートリアルで説明するパラメーターは参考値です。

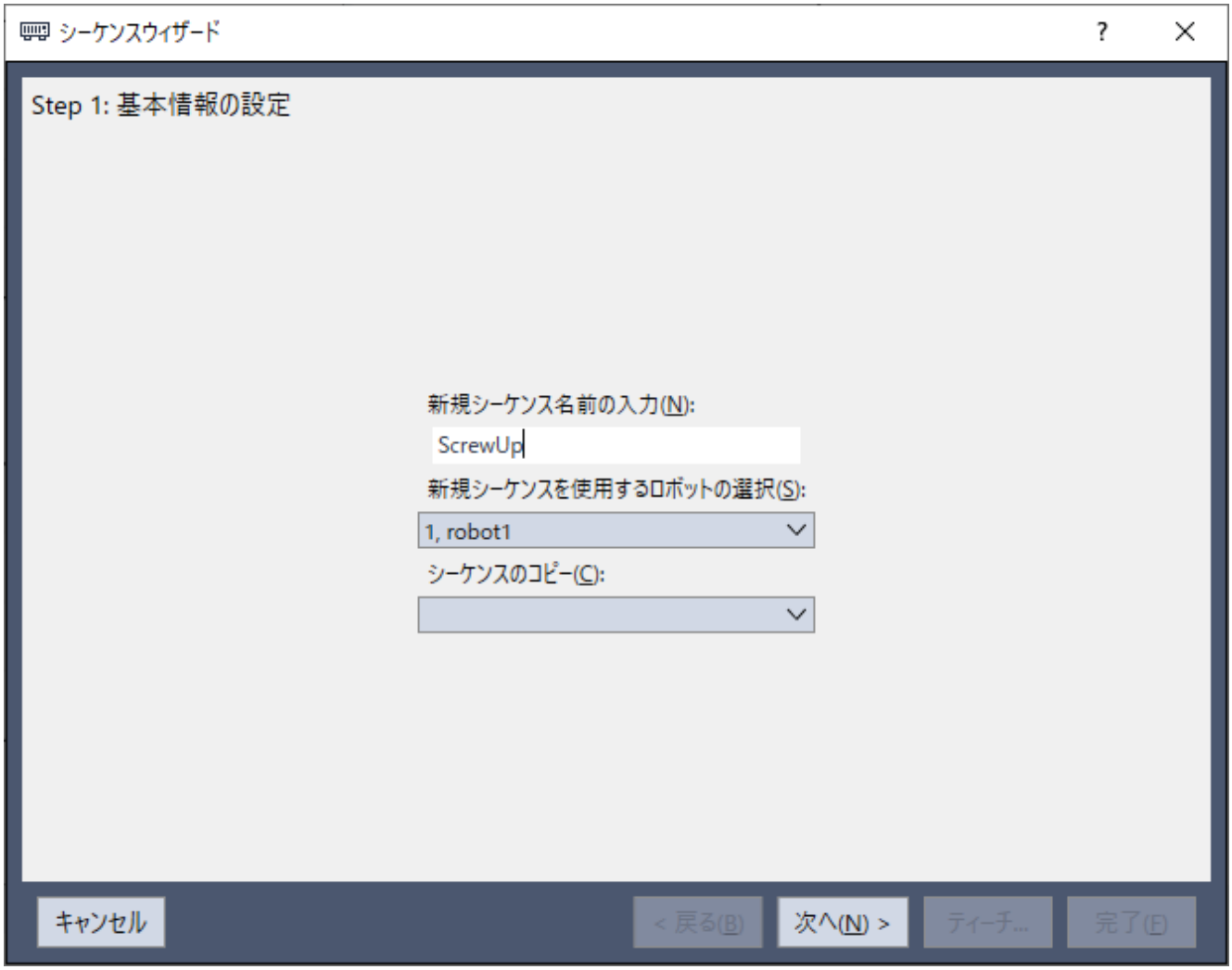
比較的安定的なパラメーターを使用していますが、動作環境によっては作業が成功しない場合や、振動的な動作をする場合があります。また、パラメーターの調整が必要な場合があります。注意してください。

説明のため、低速で安定的なパラメーターを使用しています。より高速な動作をする場合も、パラメーターの調整が必要になります。

### 4.6.2.4.1 シーケンスウィザード

“ネジ締め”のフォースガイドシーケンスを作成する方法を説明します。

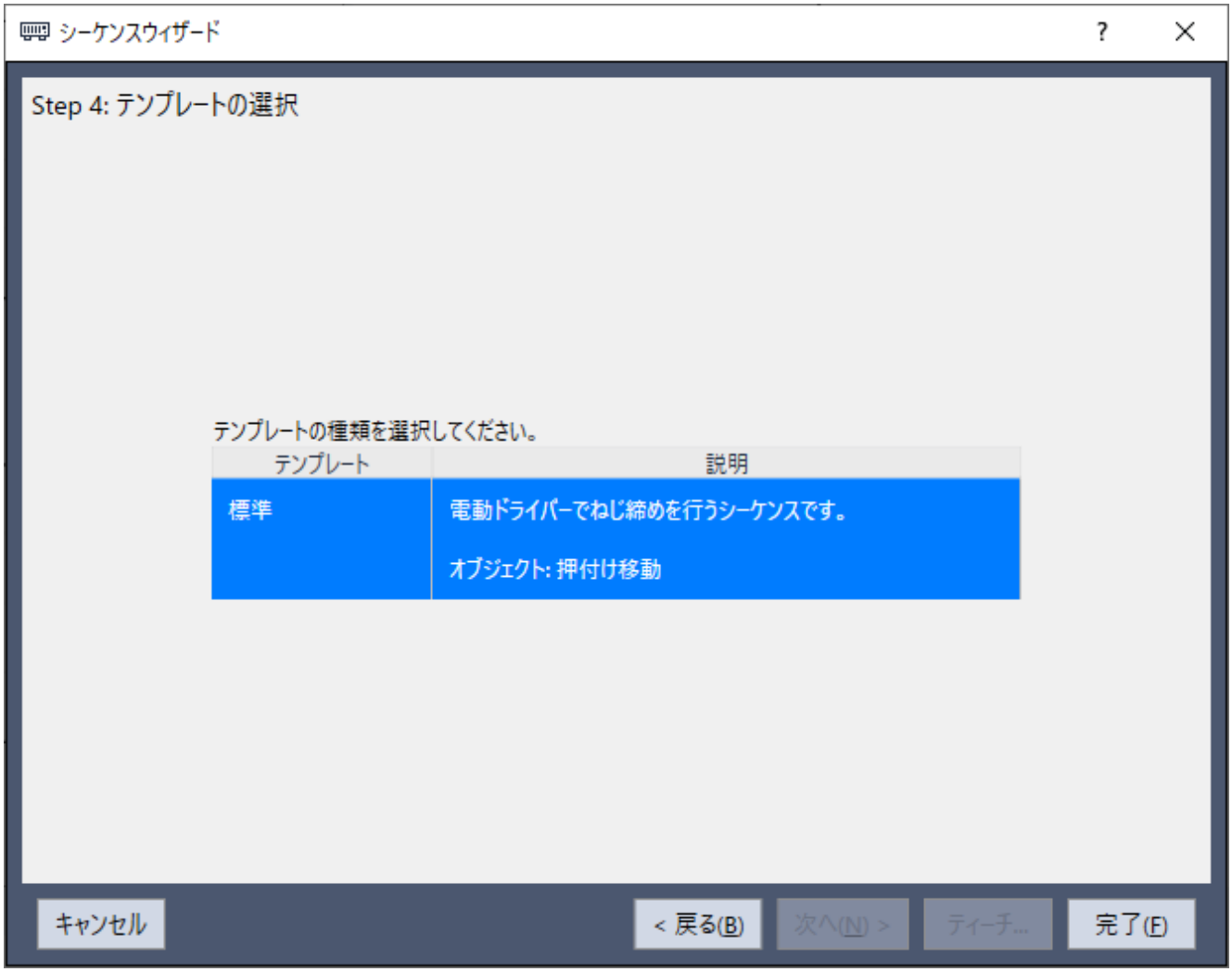
1. [新規シーケンス名前の入力]に、“ScrewUp”と入力します。[次へ]ボタンをクリックします。



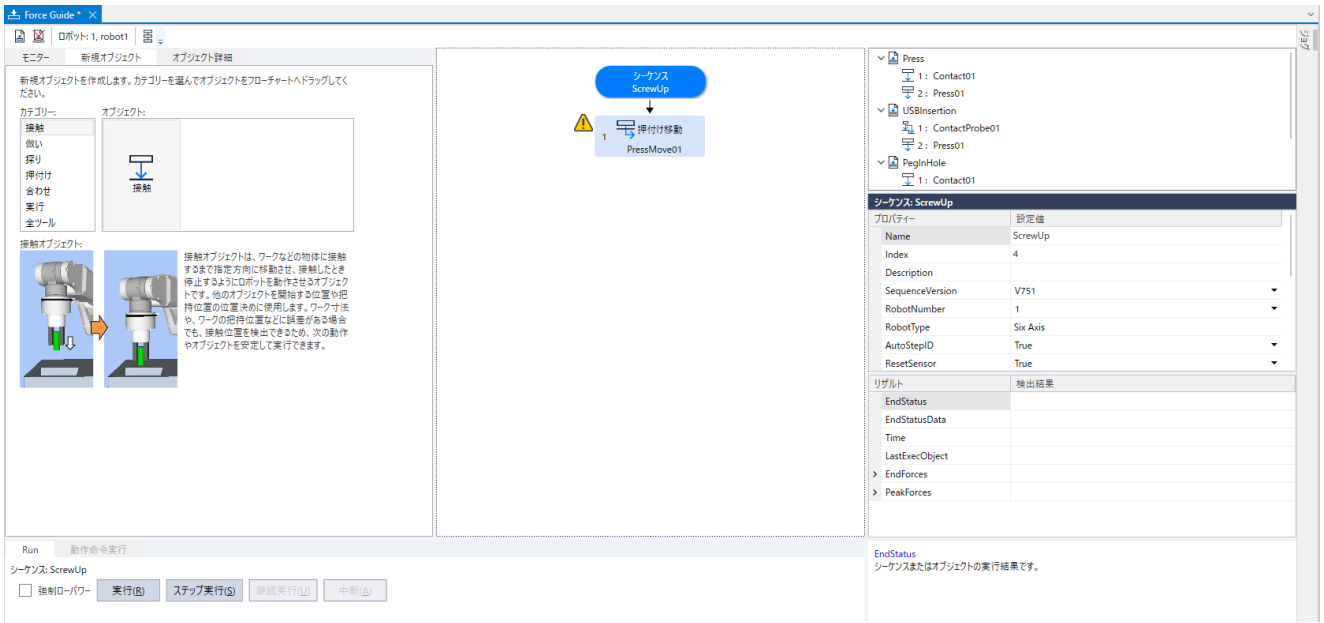
2. [Step 2: シーケンスタイプの選択] ダイアログが表示されます。[テンプレート]を選択します。[次へ]ボタンをクリックします。

3. [Step 3: 作業の選択] ダイアログが表示されます。[ネジ締め]を選択します。[次へ]ボタンをクリックします。

4. [Step 3: テンプレートの選択] ダイアログが表示されます。[標準]を選択します。[完了]ボタンをクリックします。




5. [ScrewUp]シーケンスが作成されていることを確認します。



### 4.6.2.4.2 ツール設定の確認

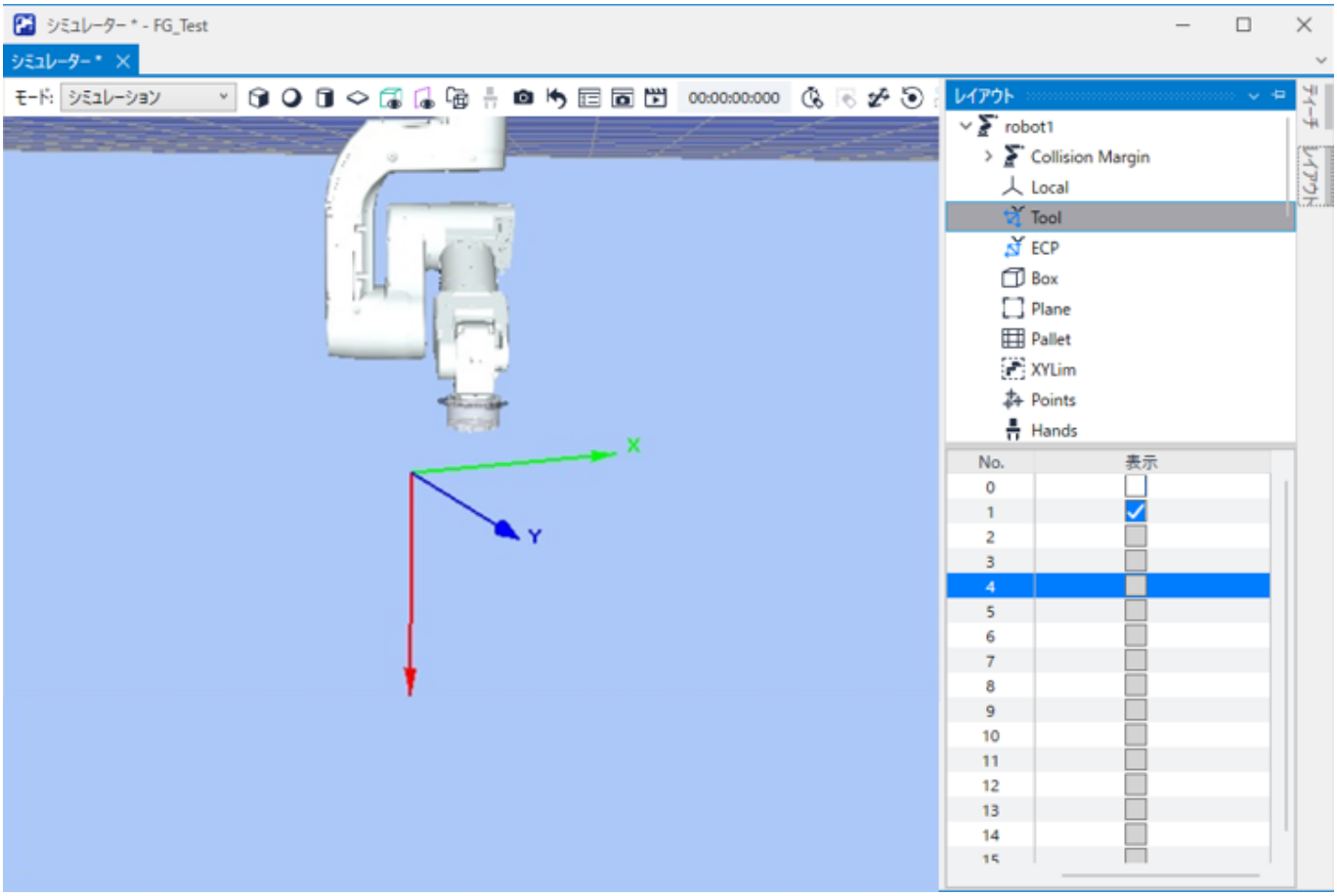
ツール設定の方法を説明します。
“ネジ締め”では、実際のネジ締めの方向と、現在のツール設定の対応を意識する必要があります。

1. ノギスなどを使用して、J6フランジ面から、電動ドライバーの先端までのX, Y, Zの距離を測定します。
2. [コマンドウィンドウ]で下記を実行します。“LengthX, LengthY, LengthZ”は、手順(1) で測定した値を入力してください。

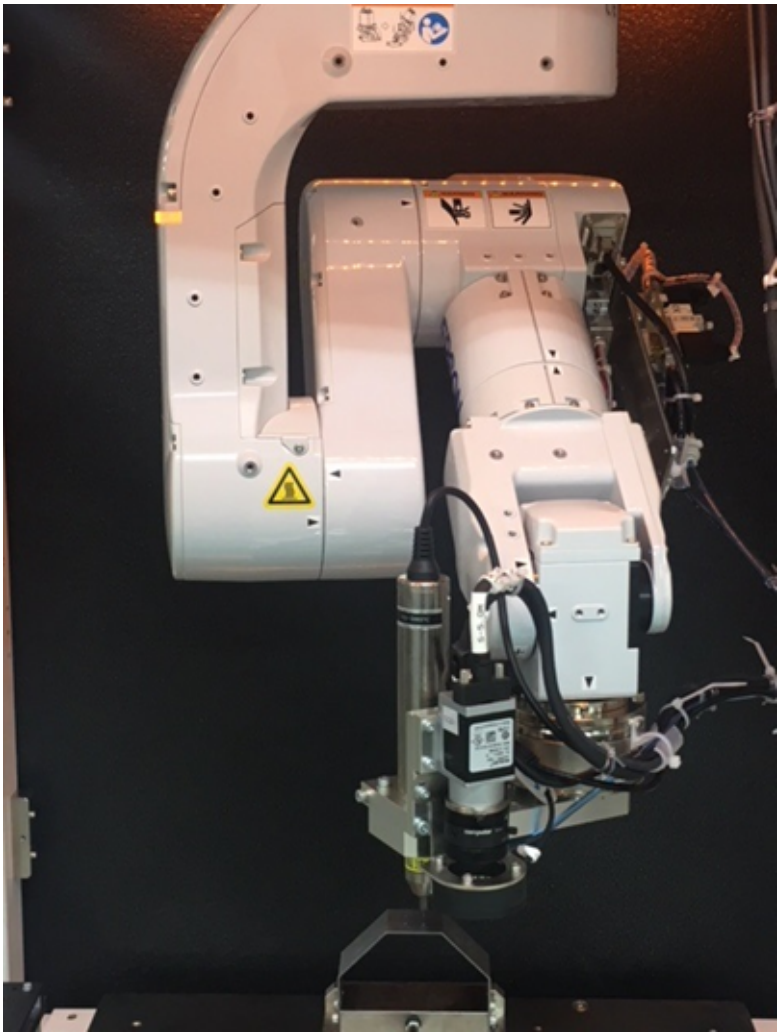
```
> Tlset 1,XY(LengthX,LengthY,LengthZ,0,0,0)
```

3. Epson RC+ メニュー-[ツール]-[Simulator]を選択します。[シミュレーター]ウィンドウが表示されます。
4. オブジェクトツリー-[マニピュレーター名]-[Tool]を選択します。
5. “No.1”-[表示]チェックボックスをチェックします。

[シミュレーター]ウィンドウの表示と、実際のロボットと比較し、ツール設定が合っていることを確認します。



[シミュレーター]ウィンドウの表示から、ツールの+Z方向に対してネジ締めすることが分かりました。

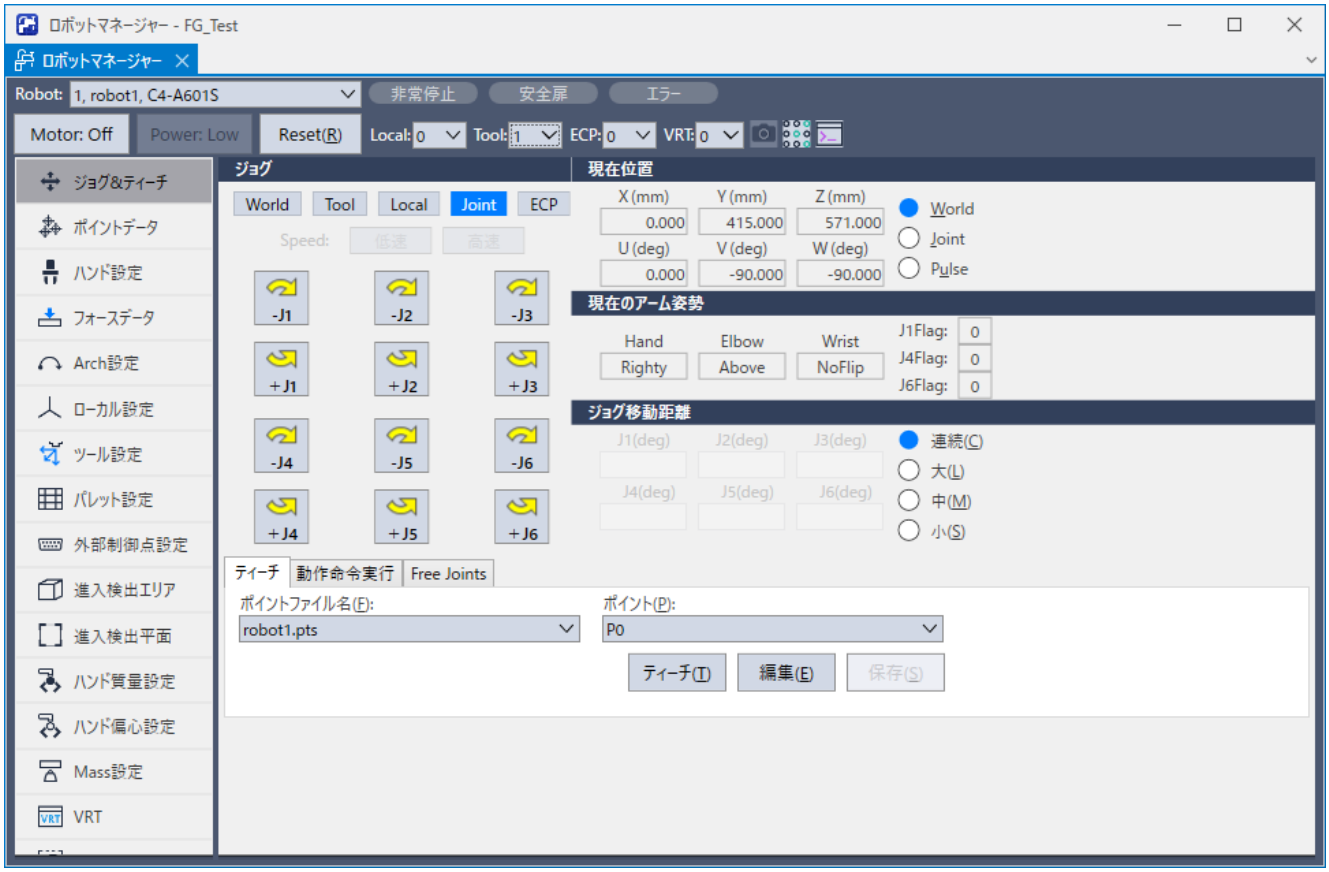


### 4.6.2.4.3 位置の教示

“ネジ締め”動作の開始位置を教示する方法を説明します。

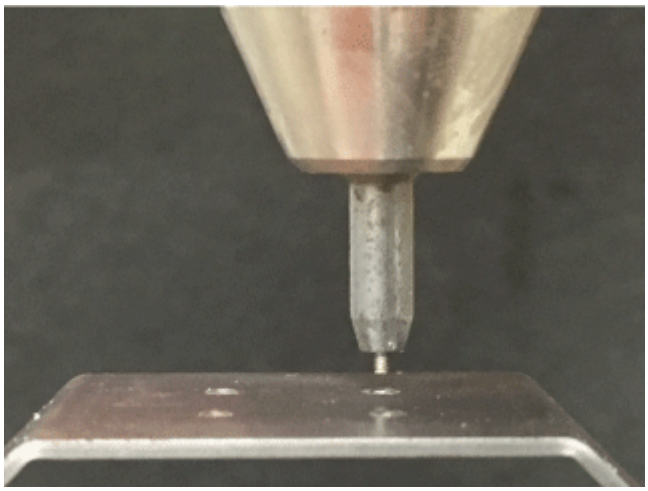
1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。
2. [ジョグ&ティーチ]を選択し、パネルを表示します。

3. [Tool]で“1”を選択します。



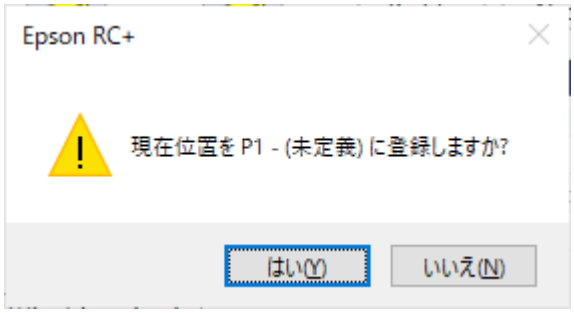

4. 電動ドライバーに、ネジを吸着します。

5. ジョグボタンを使用して、下記の位置にロボットを移動させます。
   - XY方向：ネジの先端がネジ穴のテーパー部分より内側
   - Z方向：ネジの先端がネジ穴の1mm上空

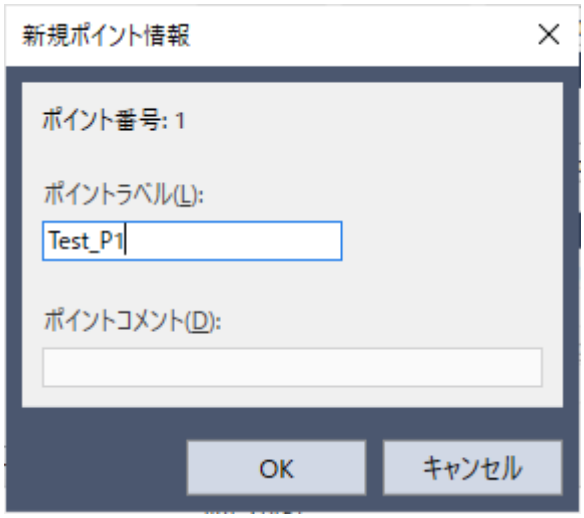


6. [ポイント]で“P1”を選択します。

7. [ティーチ]ボタンをクリックします。次のメッセージが表示されます。メッセージを確認し、[はい]ボタンをクリックします。




8. [新規ポイント情報]ダイアログが表示されます。[ポイントラベル]に、“Test_P1”を入力します。[OK]ボタンをクリックします。

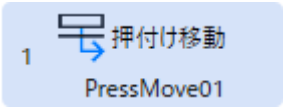



9. Epson RC+メニュー-[ファイル]-[全てのファイルを保存]をクリックします。ファイルが保存されます。

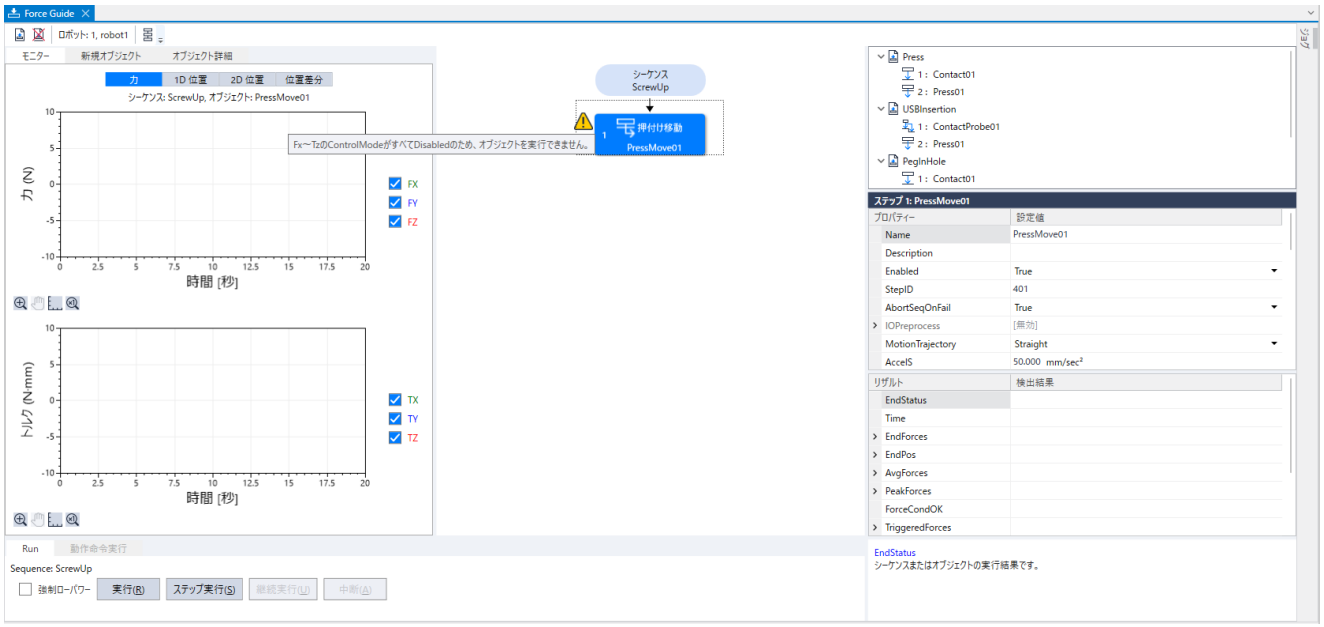
### 4.6.2.4.4 プロパティーの設定

“ネジ締め”に必要なプロパティーを設定する方法を説明します。

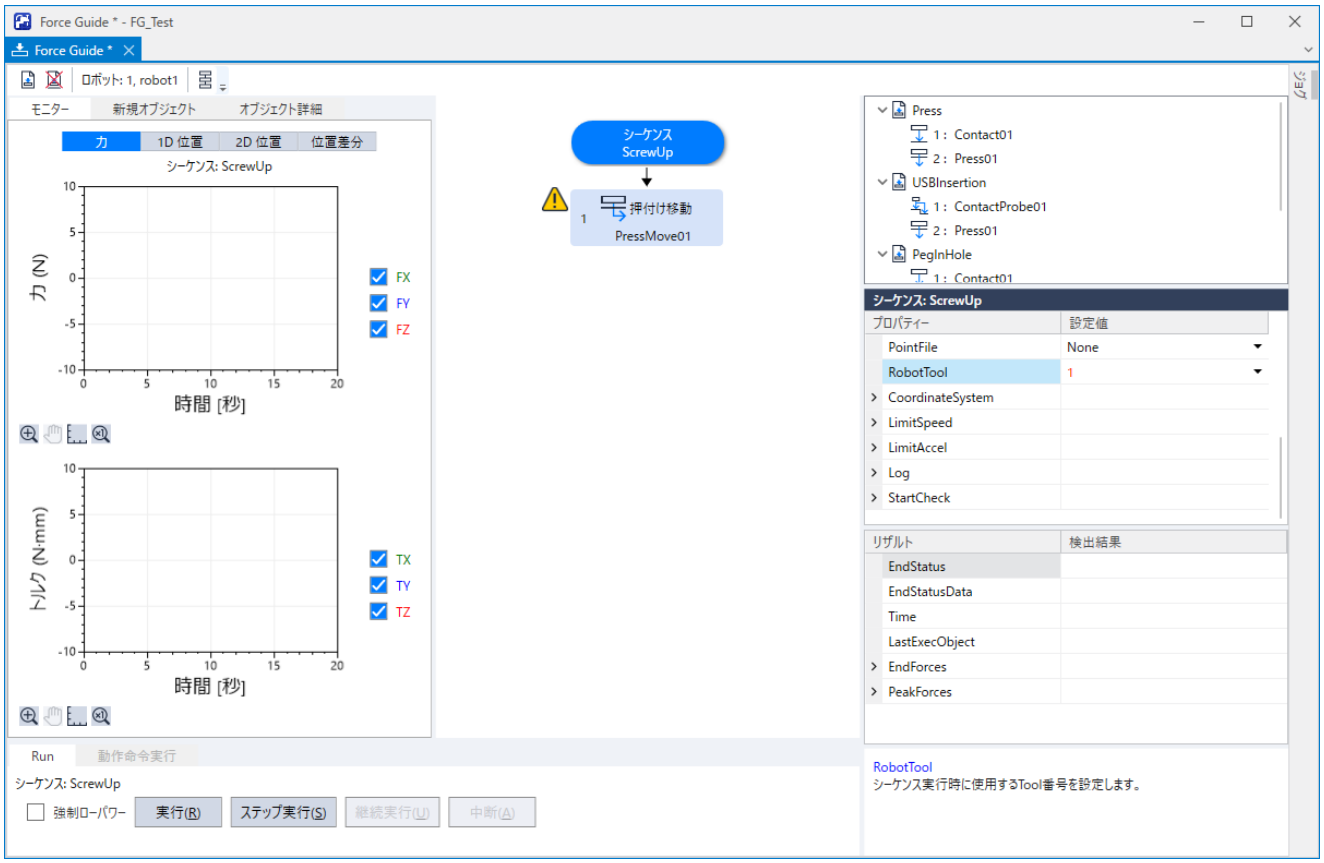
- 初期状態では、フローチャートに マークが表示されます。プロパティーの設定が必要です。



マークにマウスポインターを移動すると、ツールチップが表示されます。ツールチップには、設定や修正が必要な内容が表示されます。

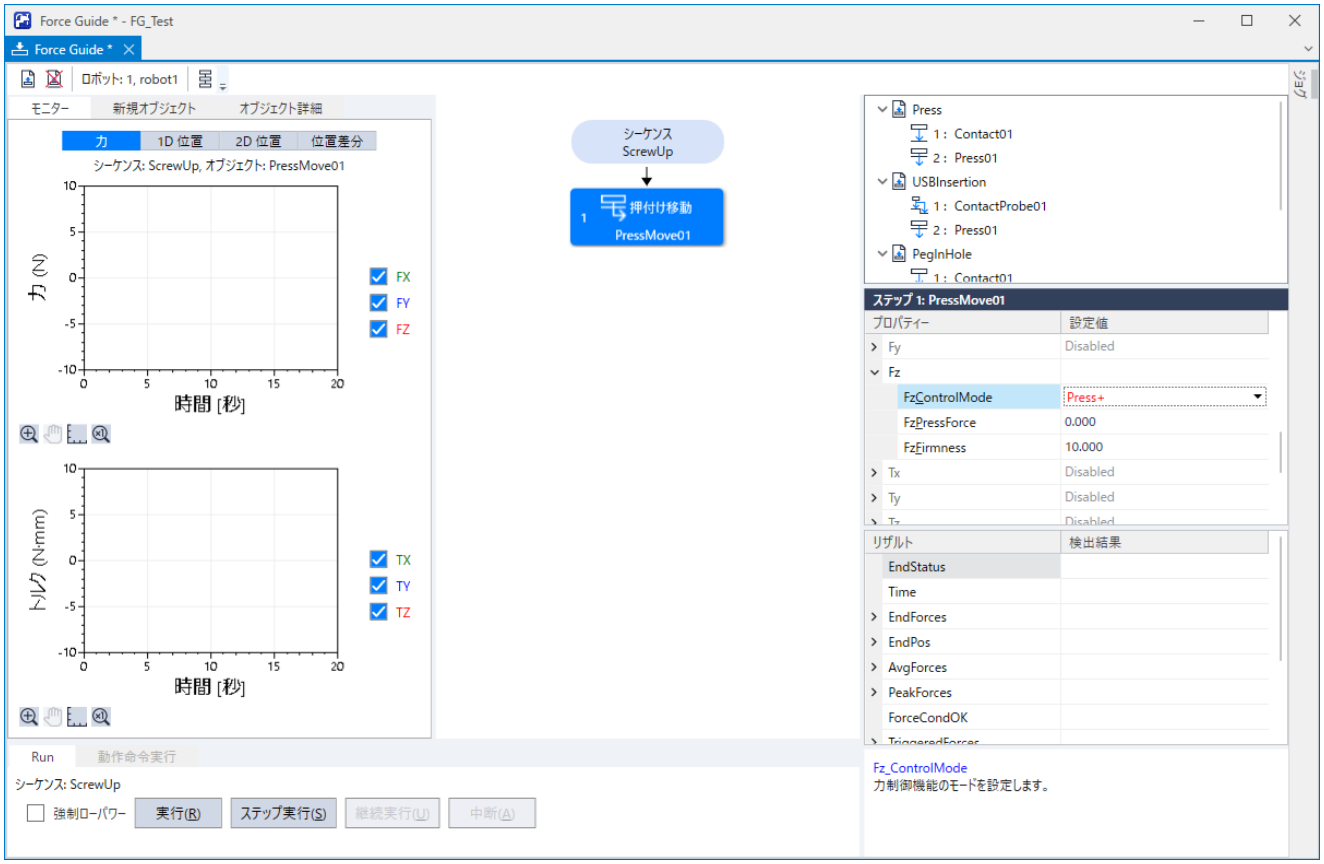


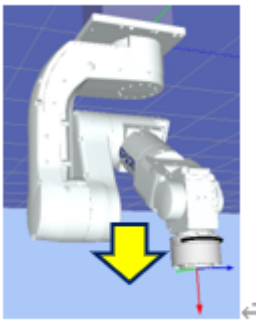
- [ScrewUp]のシーケンスフローを選択します。プロパティーとリザルトが表示されます。
- [RobotTool]プロパティーで、“1”を選択します。ツール1を選択したことになります。



- [PressMove01]のオブジェクトフローを選択します。
  プロパティーとリザルトが表示されます。

- [Fz]-[ControlMode]プロパティーで、“Press+”を選択します。
  6軸ロボットの下方向押付の設定がされたことになります。このとき、[Force]には、負の値のみ入力できます。

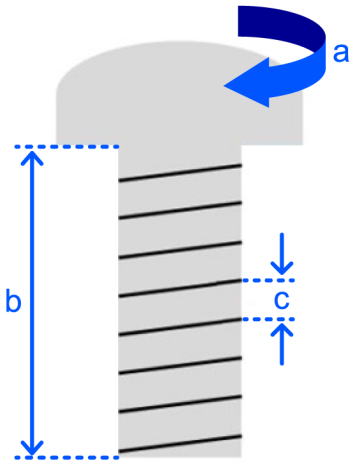



| | 6軸ロボット | スカラ型ロボット |
|---|---|---|
| ロボットの動作イメージ<br>[押付] |  | |
| (Press/Contact)<br>Orient | +Fz | -Fz |
| Forceの符号<br>(含モニター表示) | - | + |

- 以下のプロパティーを変更します。

| 項目 | | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|---|
| I/O PreProcess | Enabled | True | オブジェクト開始時に指定Bitを操作します。 |
| | OutputBit | 電動ドライバー回転出力ビット | オブジェクト開始時に電動ドライバーが回転するように指定します。 |
| | OutputStatus | On | オブジェクト開始時に指定Bitを有効化します。 |
| Destination | DestType | Relative | 目標位置を開始位置からの相対距離で指定します。 |
| | RelativeOrient | Tool | 目標位置を開始位置からツール座標系における相対位置で指定します。 |
| Fx | ControlMode | Follow | 力制御機能により倣います。 |
| | Firmness | 1 | X方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| Fy | ControlMode | Follow | 力制御機能により倣います。 |
| | Firmness | 1 | Y方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| Fz | ControlMode | Press+ | 力制御機能のモードです。<br>Press+: Fz軸の正方向にロボットが移動して押し付けます。 |
| | Force | -1 | Z方向に加える力を設定します。 |
| | Firmness | 1 | Z方向に対する力制御機能の硬さを設定します。 |
| I/O End Conditions | Enabled | True | オブジェクトの終了条件にI/Oに関する条件を指定します。 |
| | InputBit | ネジ締め完了<br>入力ビット | ネジ締め完了信号でオブジェクトを終了するように指定します。 |
| | InputStatus | On | 入力Bitが “On”の場合を、オブジェクトの終了条件に指定します。 |

ネジ締めは、ネジと電動ドライバーに合った速度で行わないと、ネジ穴などを壊してしまいます。下記の計算を行い、正しい速度を設定してください。
SpeedS(mm/sec)=電動ドライバーの1秒間の回転数(rps)×ネジのリード(mm)
AccelS(mm/sec$^2$)=SpeedS×10
ネジ締めを行う距離 = ネジの長さ とすると、ネジとネジ穴が接触するなどの影響で、ネジ締め途中で動作を停止してしまうことがあります。
下記のように、マージンを追加する必要があります。
DestRelativeZ(mm) = ネジの長さ(mm) + 5(mm)




a: 回転数

b: 長さ

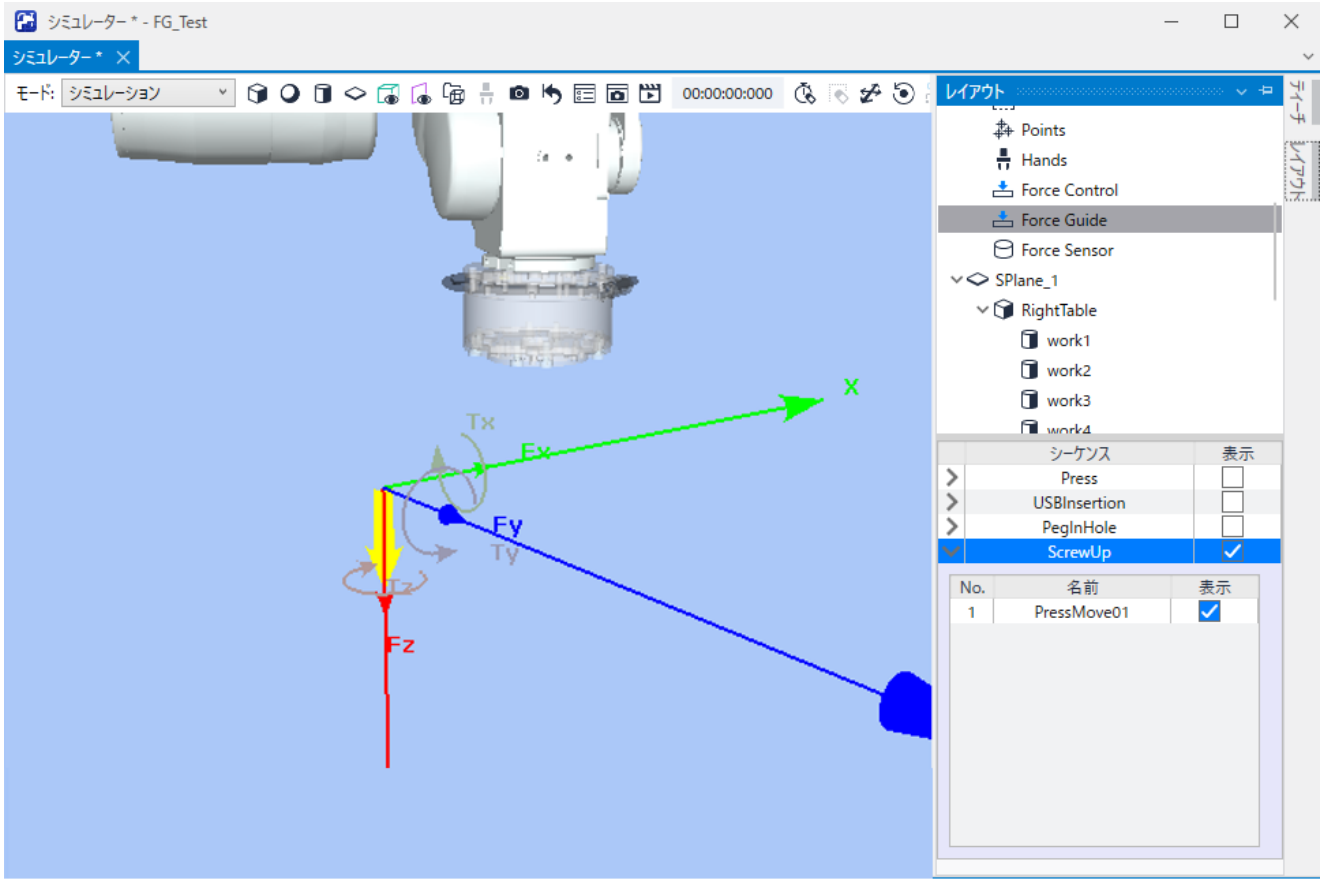
c: リード

- Epson RC+ メニュー-[ファイル]-[全てのファイルを保存]をクリックし、ファイルを保存します。

### 4.6.2.4.5 設定の確認

シミュレーターを使用して、押付方向などの設定が正しいか確認する方法を説明します。
Epson RC+メニュー-[ツール]-[Simulator]をクリックします。[シミュレーター]ウィンドウが表示されます。
オブジェクトツリー-[Tool]をクリックします。“No.1”-[表示]チェックボックスをチェックします。“ツール1”の矢印が表示されます。

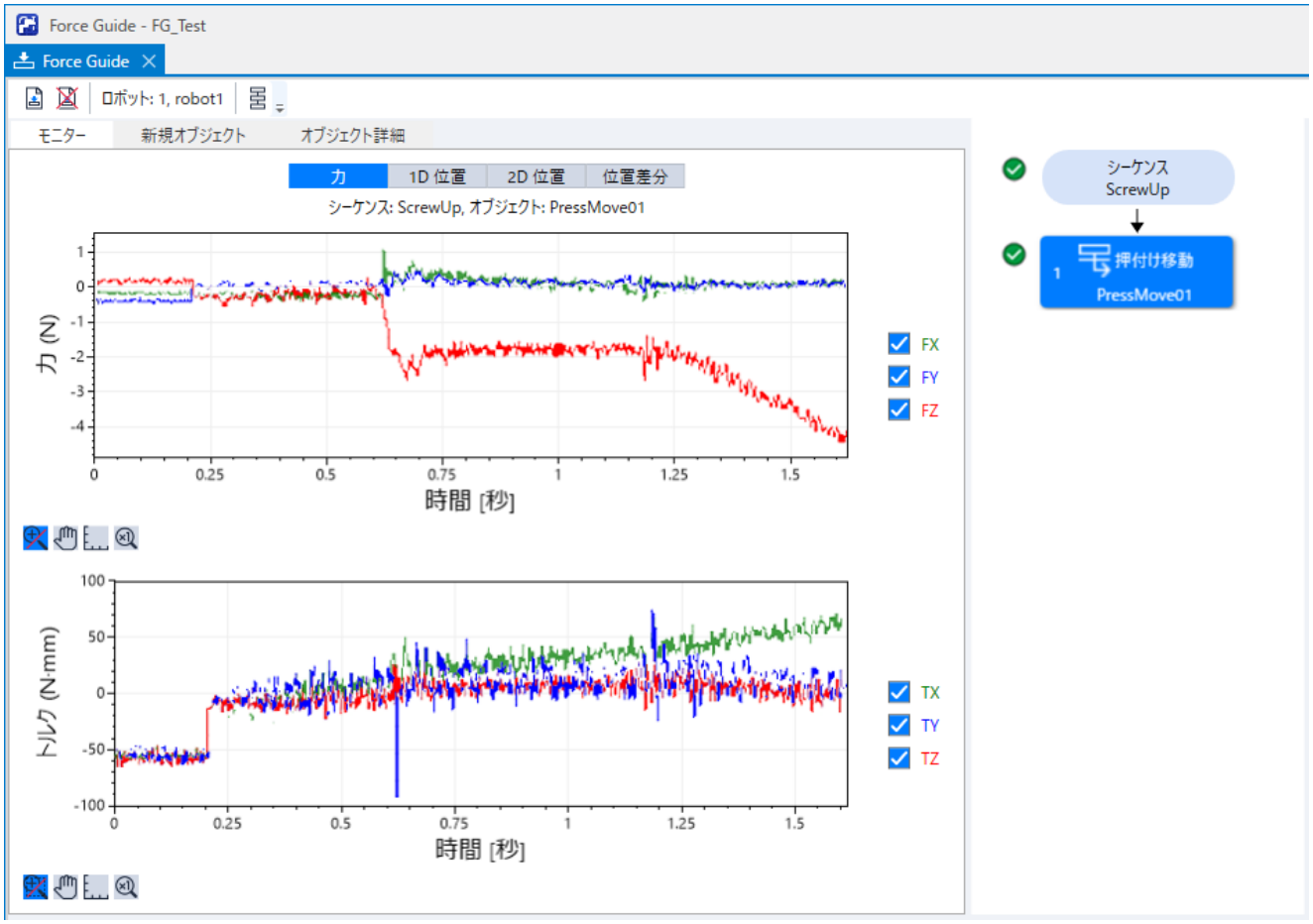
オブジェクトツリー-[Force]-[Force Guide]-[ScrewUp]をクリックします。“PressMove01”-[表示]チェックボックスをチェックします。

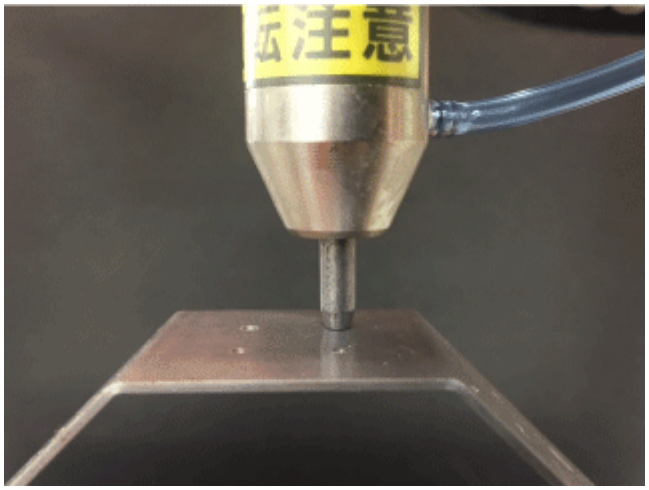



## 4.6.2.4.6 フォースガイダンス機能による実行

“ネジ締め”を行うシーケンスを、Epson RC+で実行する方法を説明します。
[Force Guide]ウィンドウを表示します。
[ジョグ]タブを選択します。
[POWER HIGH]ボタンをクリックします。ワークを破損する可能性がある場合は、ローパワーモードで動作させてください。
[実行]ボタンをクリックします。コンパイルが実行され、ロボットコントローラーにプログラムが送信されます。設定に誤りがある場合、エラーが発生します。これまでの設定内容を再確認し、エラーメッセージにしたがってパラメーターを修正してください。

作業が正しく終了すると、ネジ締めが完了した状態となります。




### 4.6.2.4.7 非接触状態に戻る

“ネジ締め”完了後、ロボットとワークとの間にかかる力は継続しています。ロボットやエンドエフェクターなどの故障や破損を防ぐため、作業後は、速やかに力が掛らない状態にする必要があります。対象物に力が加わっていないことが明らかな場合は、この手順を省略できます。

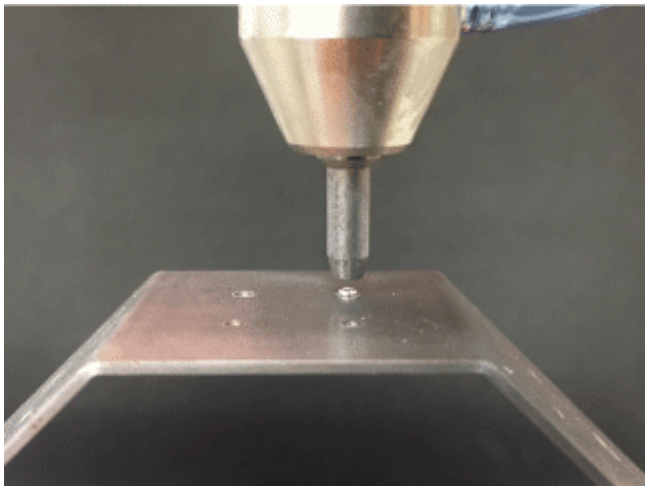
非接触状態にする手順は、以下の方法があります。

- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[ジョグ]グループで、ジョグ動作を手動で行い、ロボットを対象物から離す
- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[動作命令実行]タブを操作して、ロボットを対象物から離す

- Move命令を[コマンドウィンドウ]で実行して、ロボットを対象物から離す
- SPEL関数オブジェクトを、Pressオブジェクトの後に追加し、フォースガイドシーケンスの最後で自動的にロボットを対象物から離す

本項では、[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]-[動作命令実行]タブの操作で、非接触状態にする方法を説明します。

1. [ロボットマネージャー]を表示します。
2. [ジョグ&ティーチ]タブを選択します。
3. [動作命令実行]タブを選択します。
4. [動作コマンド]で“Move”を選択します。
5. [目標位置]で“P1”を選択します。
6. [実行]ボタンをクリックします。
   ロボットは、開始位置 “P1” に移動します。これで、非接触状態となりました。

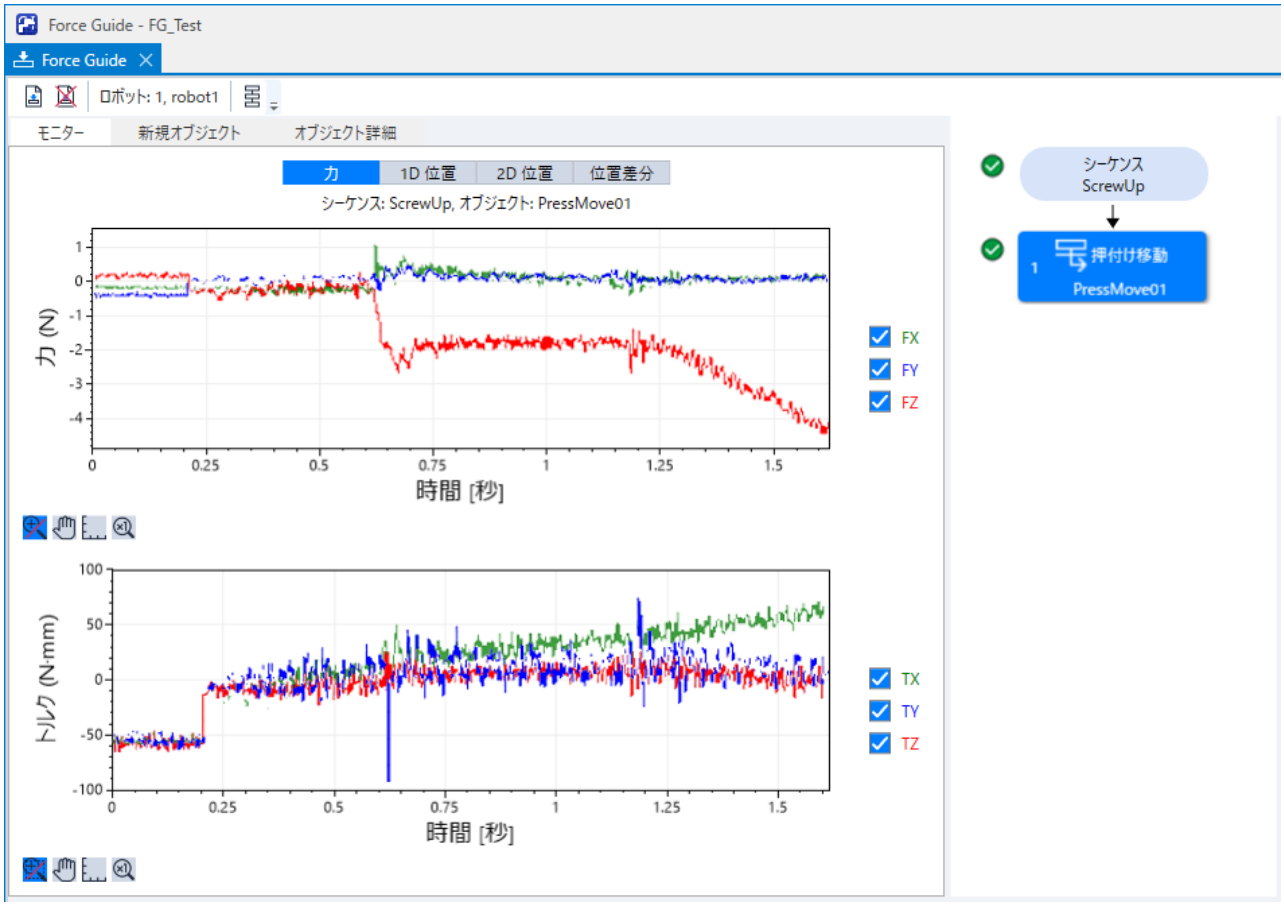


### 4.6.2.4.8 モニターによる動作分析

フォースガイドシーケンスの動作結果をEpson RC+で確認する方法を説明します。

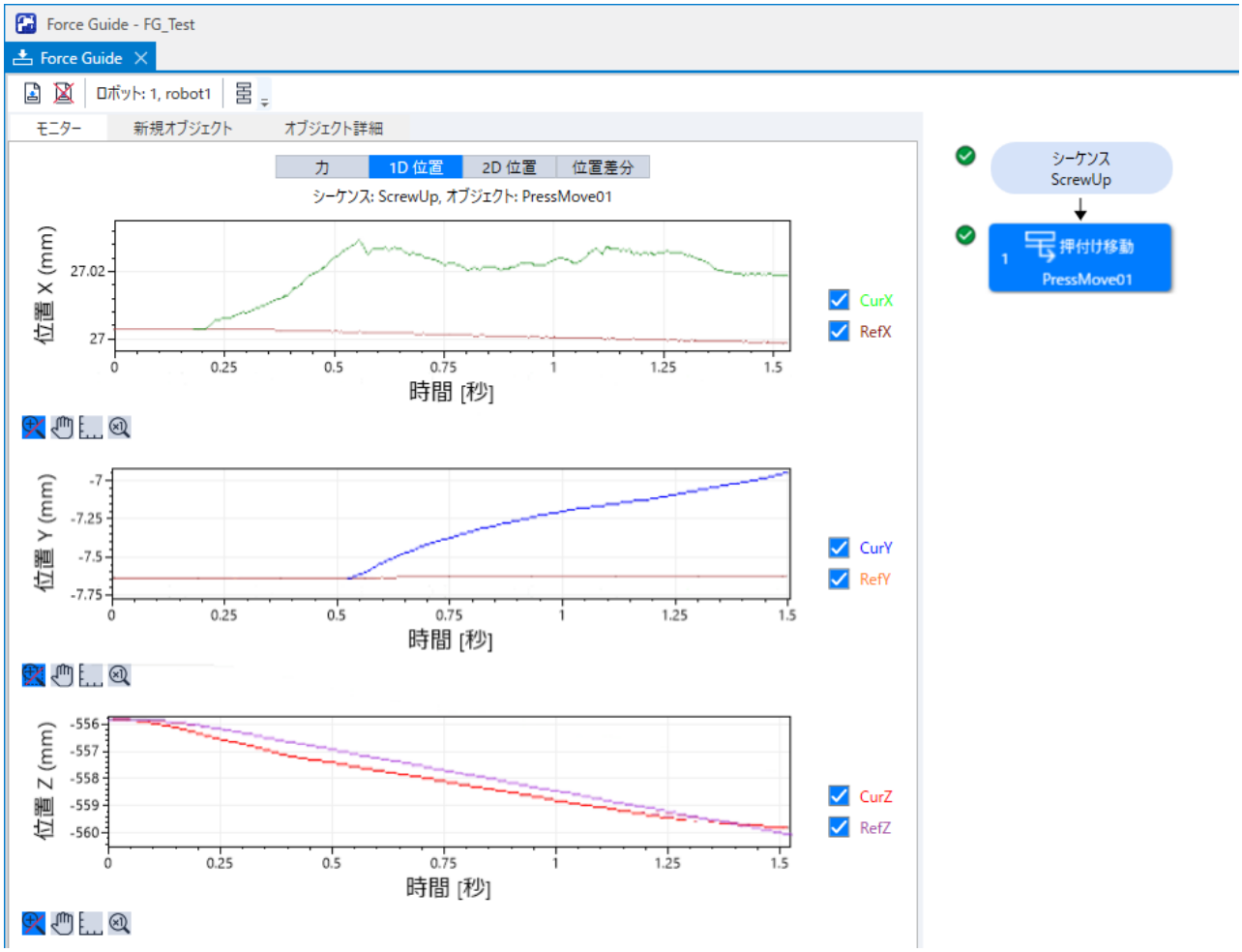
1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [ScrewUp]のシーケンスフローをクリックします。

3. [モニター]タブを選択します。
   [力]タブを選択します。グラフに、[ScrewUp]シーケンスを実行している間の力や、位置が表示されます。



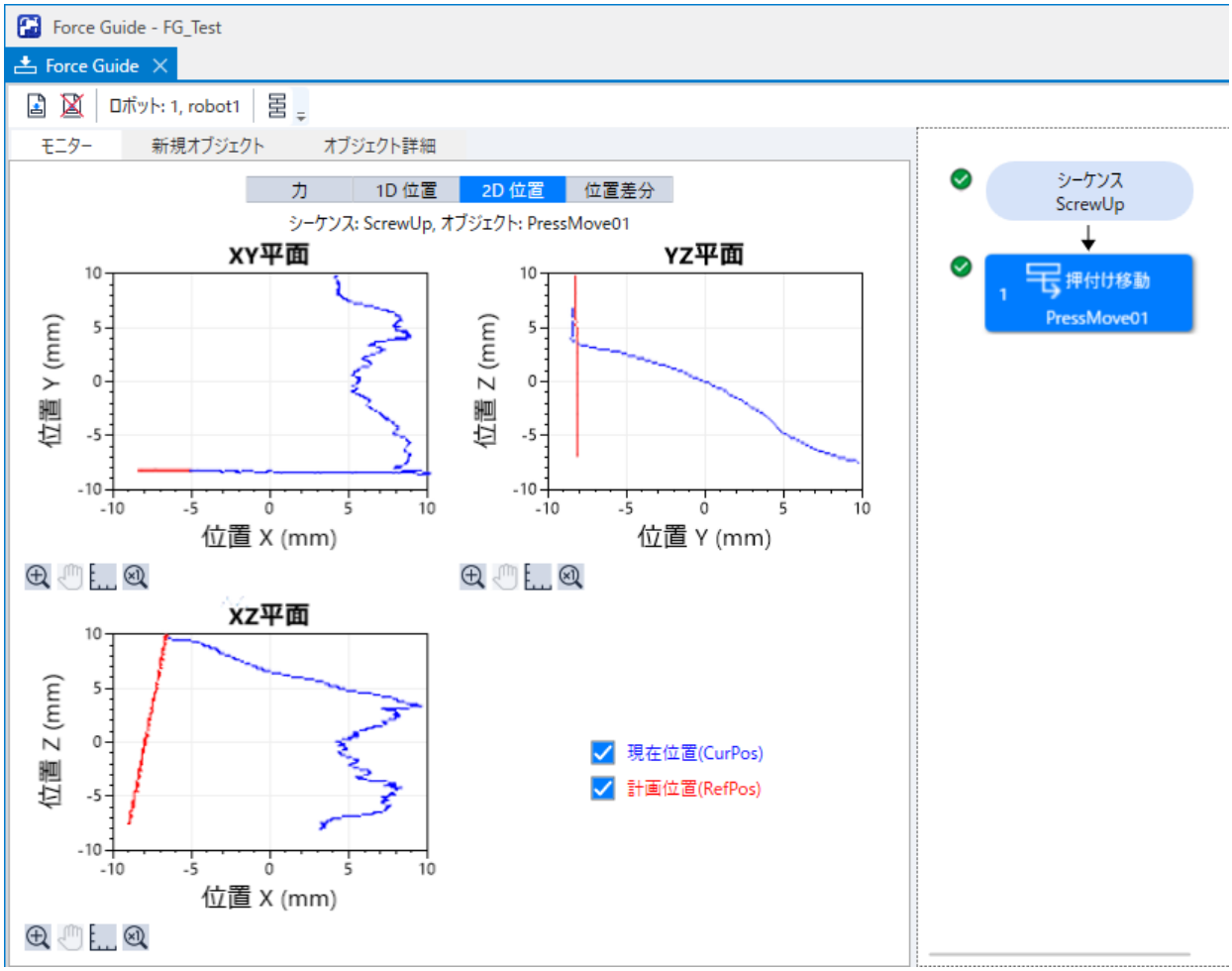

4. [1D位置]タブを選択します。
   解析用のグラフが表示されます。(横軸: 時間, 縦軸: 位置)
   位置Zのグラフを見ると、CurZ(現在の位置)が、約3mm下がっています。これは、ねじの挿入方向に進んでいることを示しています。

また、位置X, 位置Y のグラフを見ると、RefPos(基準位置)は固定されていますが、CurPosが約0.1mmの範囲で動いています。これは、ねじの挿入に合わせて倣っていることを示しています。

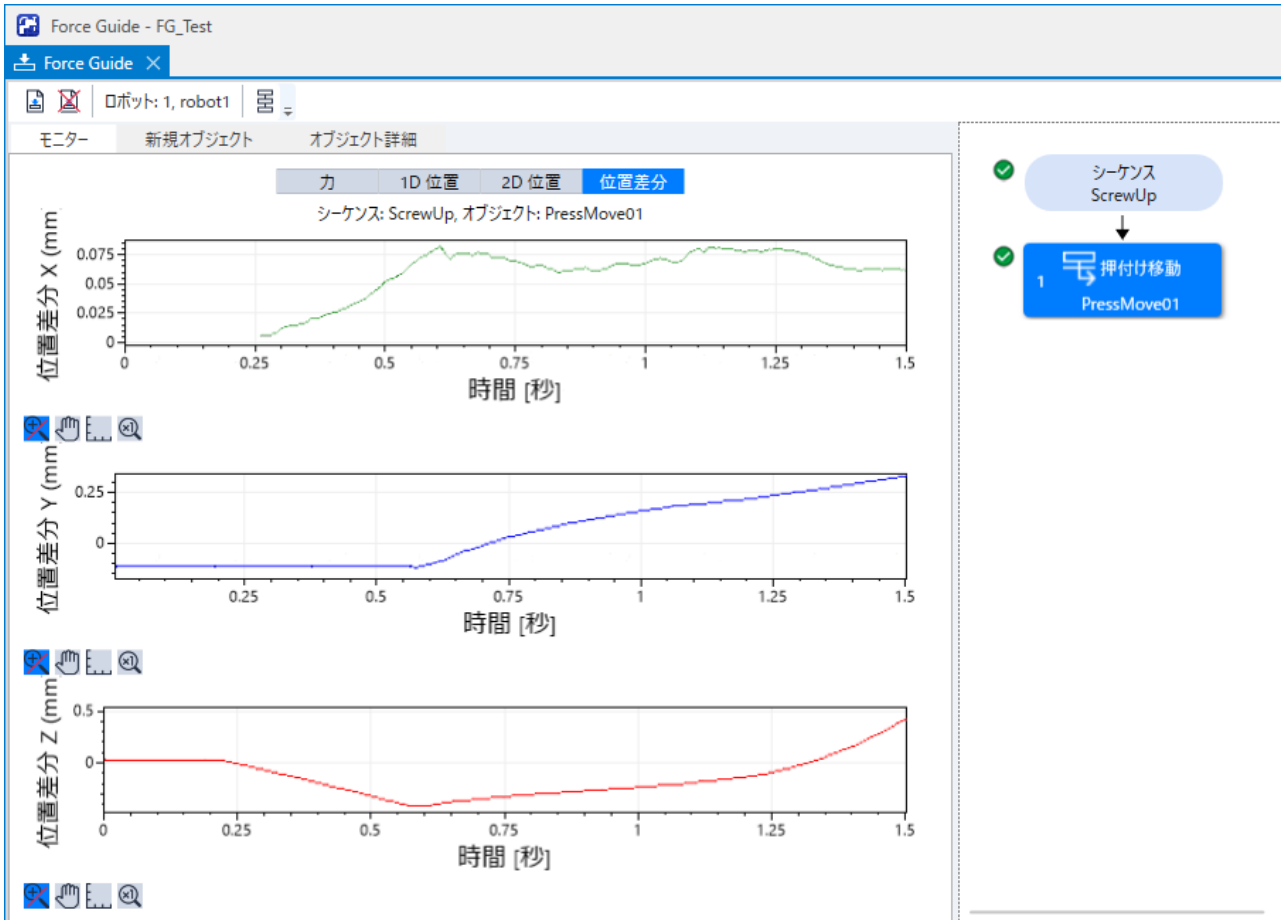



5. [2D位置]タブを選択します。
   解析用のグラフが表示されます。(縦軸, 横軸: 位置)

[1D位置]タブで確認したことを、各平面に投影したグラフとして確認できます。縦軸と横軸のスケールの違いに注意して確認してください。



6. [位置差分]タブを選択します。
   力制御によるシフト分を相対的な位置変化として記録しています。[1D位置]タブのグラフとは、異なります。




7. グラフの表示単位などを変更し、力や位置の変化の状態を確認してみましょう。

正しく挿入されなかった場合、設定が間違っている可能性があります。下記を参考に、本チュートリアルの手順を再度確認してください。

- 押付力の向きは正しいか
- 開始位置が穴から大きくずれていないか
- AccelS, SpeedSの設定が間違っていないか
- DestRelativeZの設定値が短くないか

これで、ネジ締めのチュートリアルを終わります。

## 4.6.3 専用フォースガイドシーケンスを使ったチュートリアル

### 4.6.3.1 貼付けシーケンス

専用フォースガイドシーケンスの貼付けシーケンスを使って、貼付け作業を行う方法を説明します。
ワークは、お客様が準備してください。誤った設定により、ワークなどが破損する場合があります。破損しても問題がないワークなどを準備し、本チュートリアルを進めてください。
ワークの配置や貼付け方向は、下記の写真と同様としてください。

写真で把持しているワークの仕様は、以下の通りです。
角柱 貼付け面: 30mm×30mm

⚠ 注意

本チュートリアルで説明するパラメーターは参考値です。

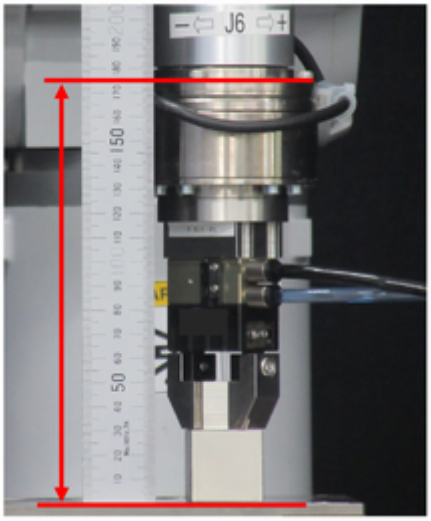
比較的安定的なパラメーターを使用していますが、動作環境によっては作業が成功しない場合や、振動的な動作をする場合があります。また、パラメーターの調整が必要な場合があります。注意してください。

説明のため、低速で安定的なパラメーターを使用しています。より高速な動作をする場合も、パラメーターの調整が必要になります。

#### 4.6.3.1.1 ツール設定の確認

ツール設定の方法を説明します。
貼付けシーケンスでは、実際の貼付け方向と、現在のツール設定の対応を意識する必要があります。

1. 金尺などを使用して、J6フランジ面から、貼付け面までの距離を測定します。




2. [コマンドウィンドウ]で下記を実行します。
   “Length”は、手順 (1) で測定した値を入力してください。

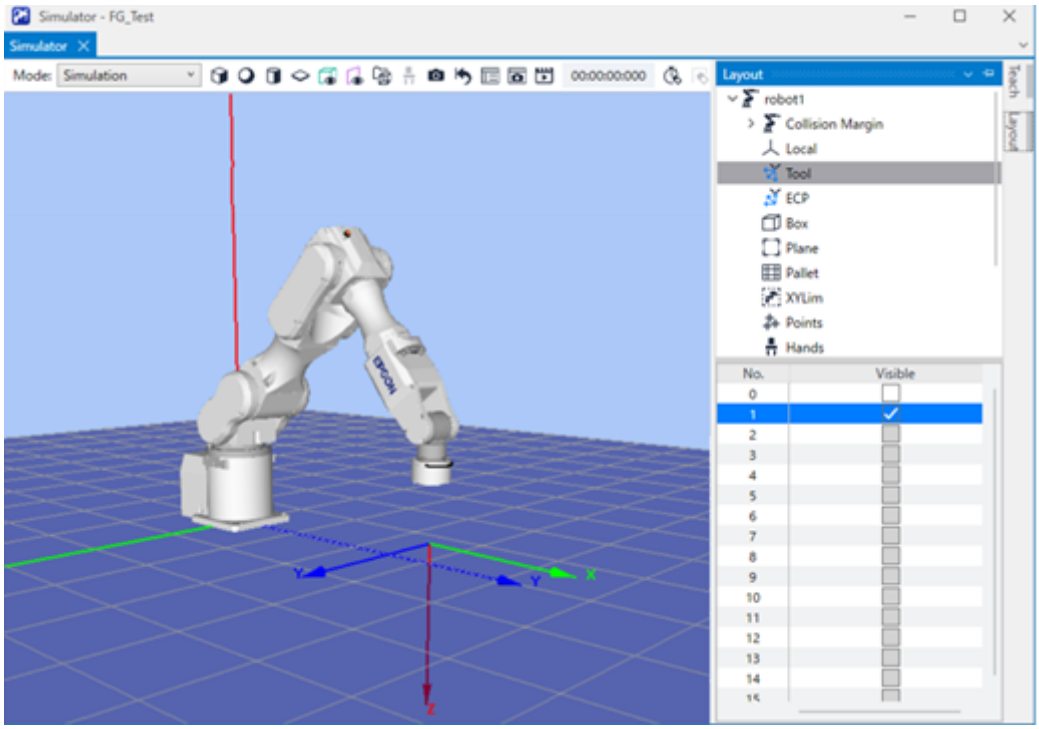
```
> Tlset 1,XY(0,0,Length,0,0,0)
```

3. Epson RC+ メニュー-[ツール]-[Simulator]を選択します。
   [シミュレーター]ウィンドウが表示されます。

4. オブジェクトツリー-[マニピュレーター名]-[Tool]を選択します。

5. “No.1”-[表示]チェックボックスをチェックします。

6. [シミュレーター]ウィンドウの表示と、実際のロボットと比較し、ツール設定が合っていることを確認します。




7. [シミュレーター]ウィンドウの表示から、ツールの+Z方向に対して貼付けすることが分かりました。

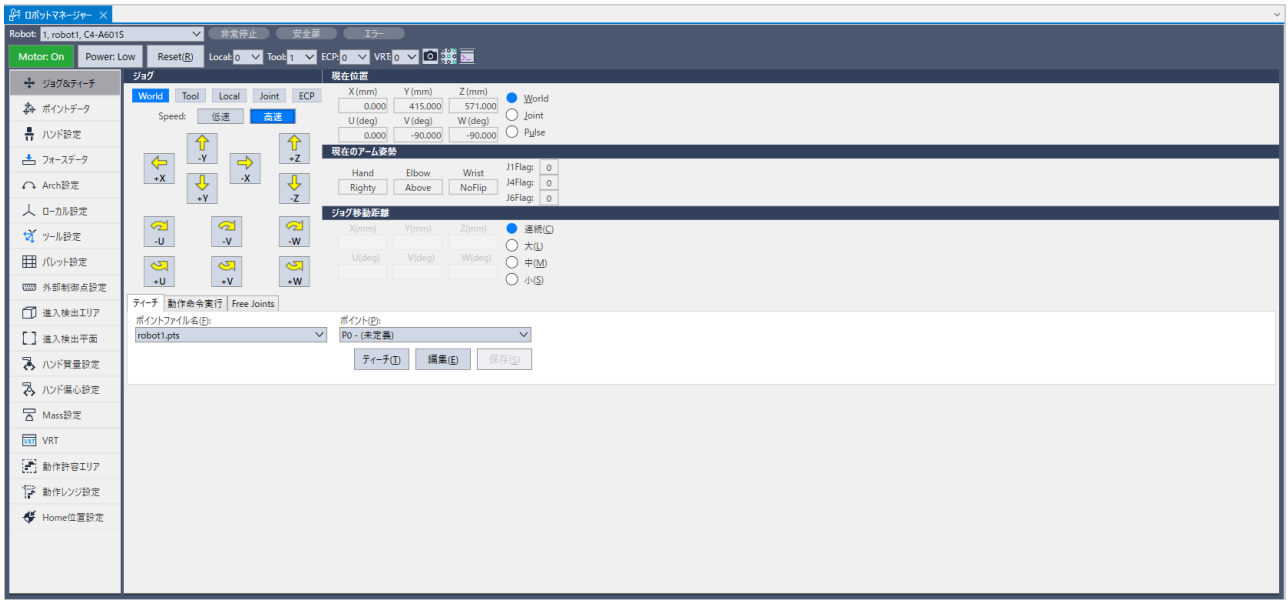
## 4.6.3.1.2 位置の教示

貼付けシーケンスのシーケンス開始位置を教示する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。

2. [ジョグ&ティーチ]を選択し、パネルを表示します。

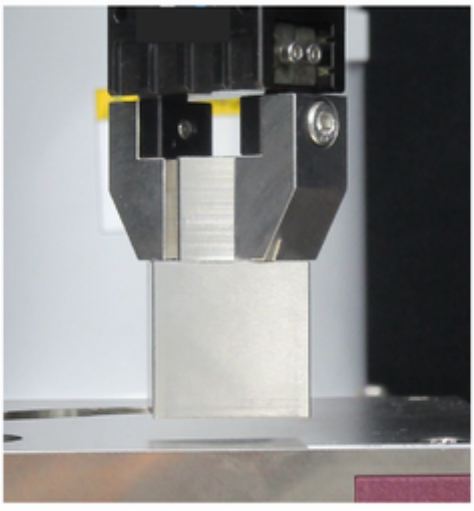
3. [Tool]で“1”を選択します。



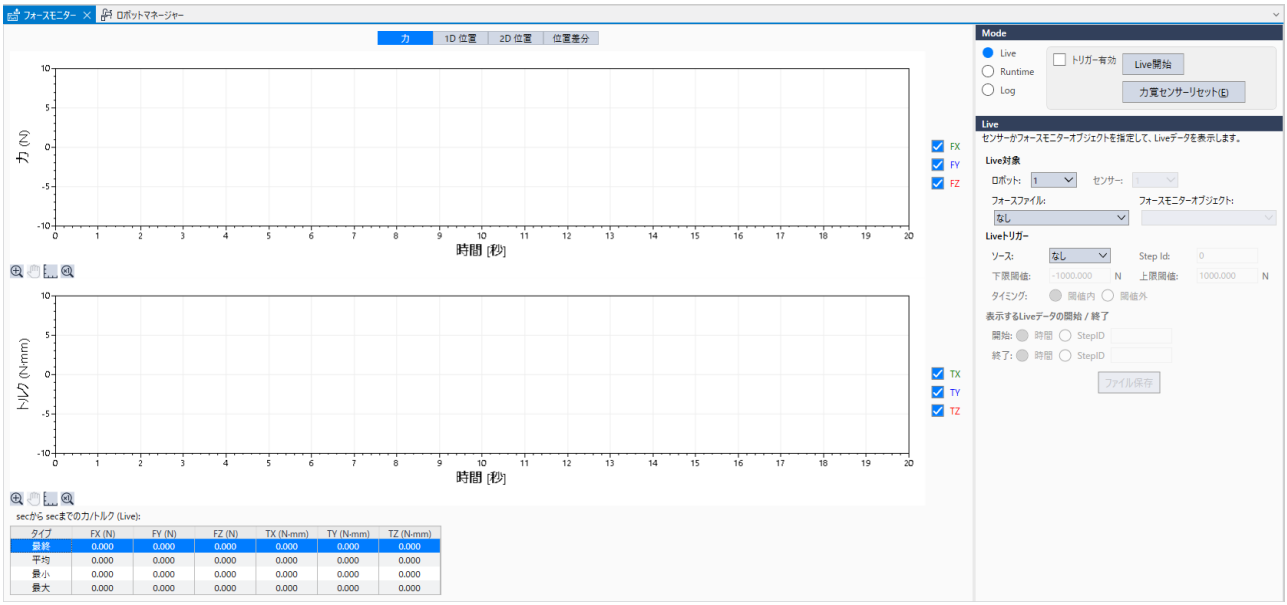

4. ジョグボタンを使用して、ロボットを貼付け位置の2mm程度上空に移動させます。
必要に応じて、コマンドウィンドウで下記コマンドを実行します。

```
> Go Align(Here)
```

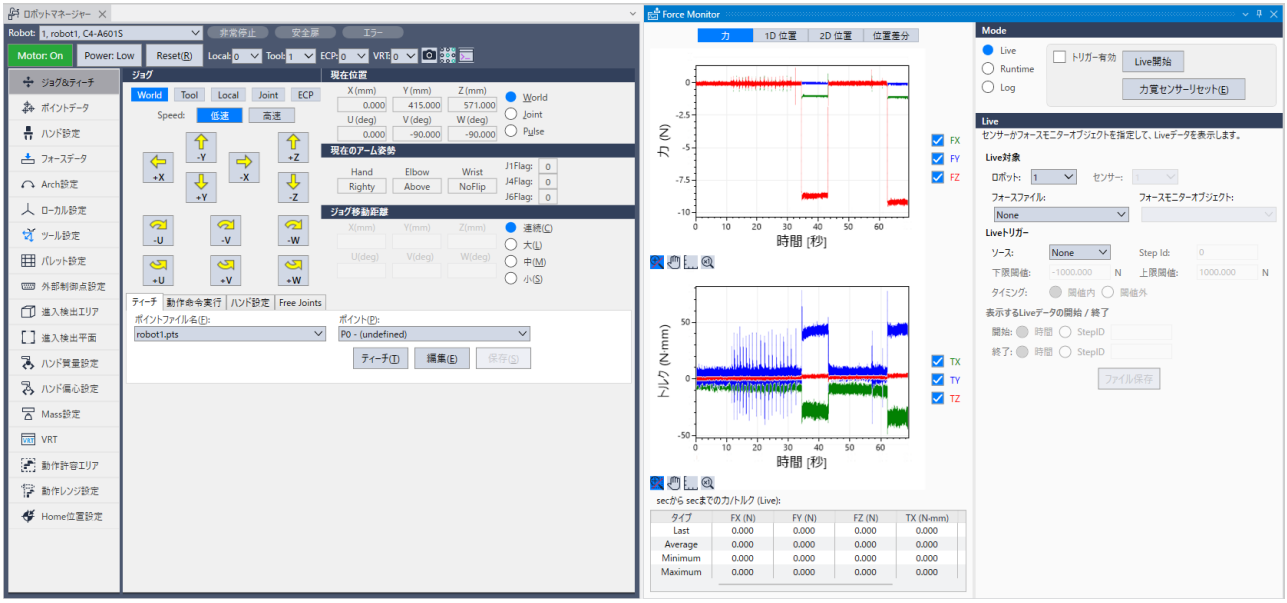
現在位置を基準にBase座標系に対して平行な姿勢になります。向かい合わせた状態で、簡単に移動することができます。
詳細は、下記マニュアルを参照してください。
"Epson RC+ SPEL+ ランゲージリファレンス" Align関数



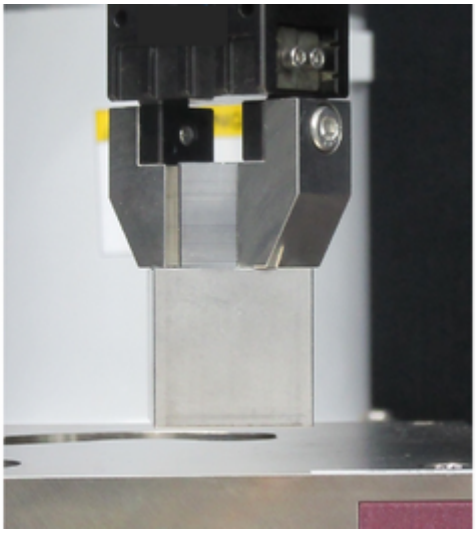
5. Epson RC+メニュー-[ツール]-[フォースモニター]をクリックします。
   [フォースモニター]ダイアログが表示されます。




6. [ジョグ移動距離]-[小(S)]ボタンを選択します。
   ジョグボタンを数回クリックして、ロボットを -Z方向に動かし、貼付け面が貼付け側のワークに接触するまで移動します。対象物に接触したとき、力センサーの出力値が変化します。ジョグ移動のタイミングに合わせたモニター値の変動を確認してください。




7. [ジョグ移動距離]-[中(M)]ボタンを選択します。
   ワークが非接触状態となるよう、ジョグボタンを5回クリックして、+Z方向に5mmロボットを動かします。



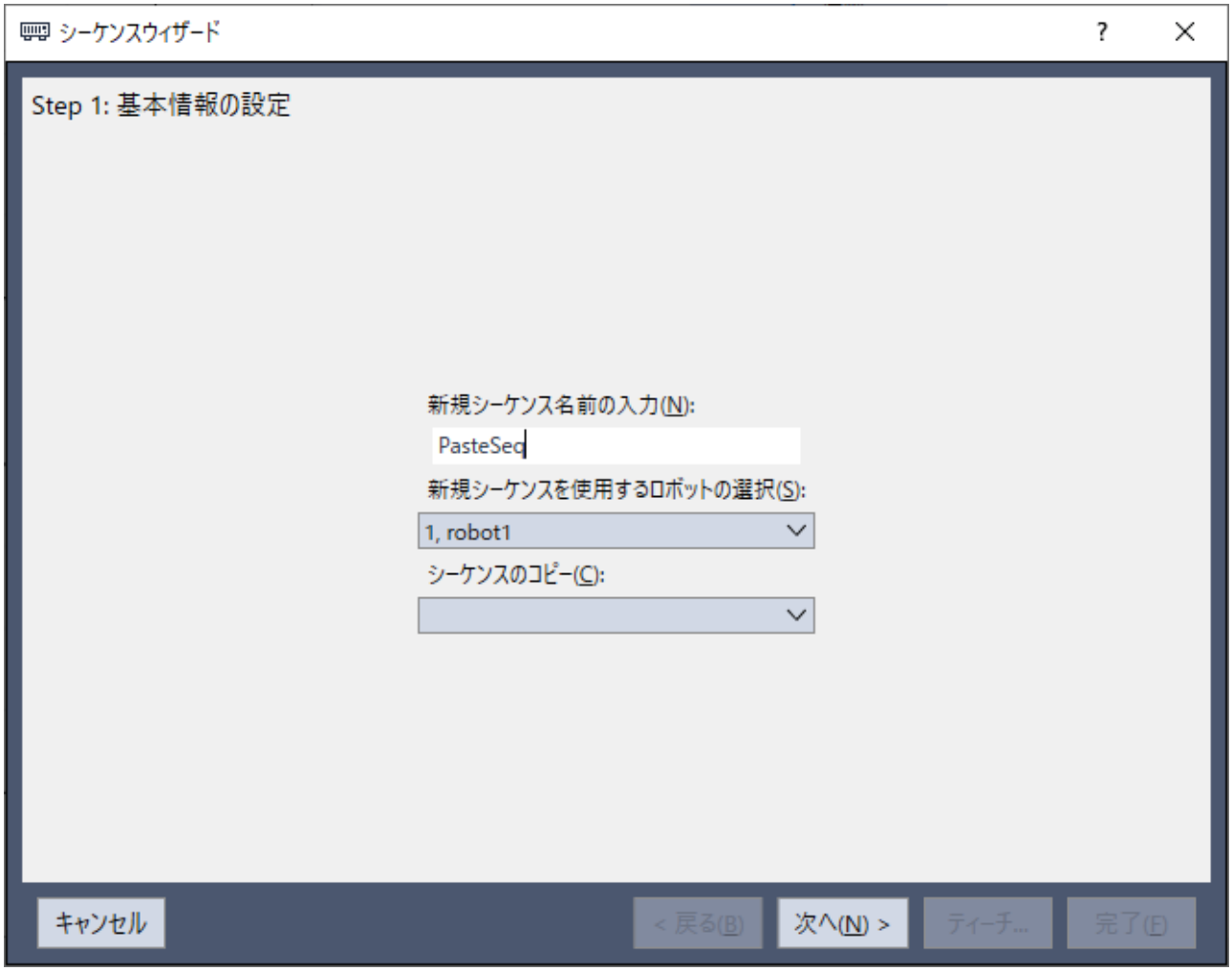
この位置が、シーケンス開始位置、かつ力覚センサーのリセットを行う位置となります。

8. [ポイント]で“P1”を選択します。
9. [ポイントラベル]に、“PasteStart”を入力します。[OK]ボタンをクリックします。
10. Epson RC+メニュー-[ファイル]-[全てのファイルを保存]をクリックします。
    ファイルが保存されます。

#### 4.6.3.1.3 シーケンスウィザード

専用フォースガイドシーケンスの、貼付けシーケンスを作成する方法を説明します。

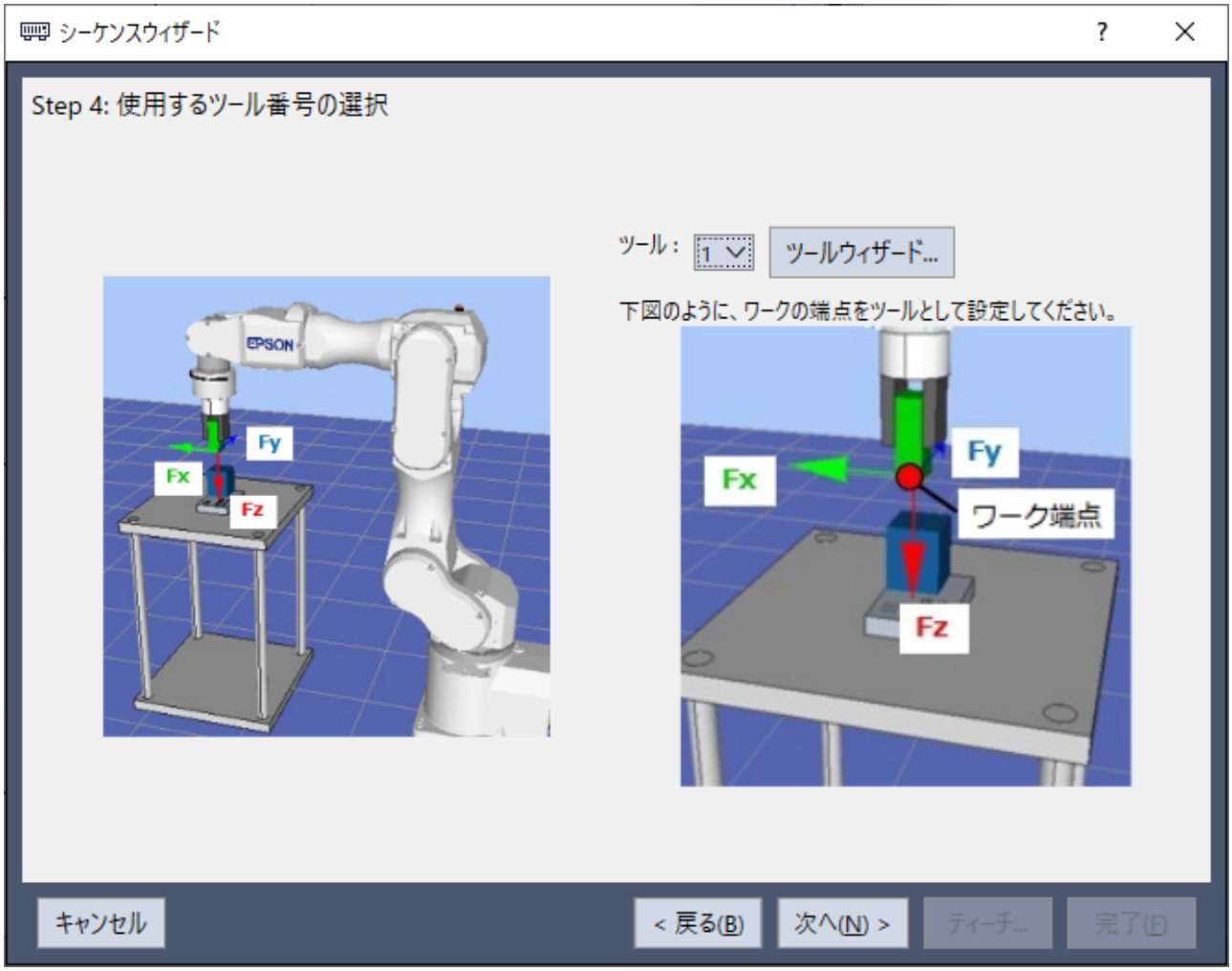
1. [新規シーケンス名前の入力]に、“PasteSeq”と入力します。
   [次へ]ボタンをクリックします。



2. [Step 2: シーケンスタイプの選択]ダイアログが表示されます。[専用シーケンス]を選択します。[次へ]ボタンをクリックします。

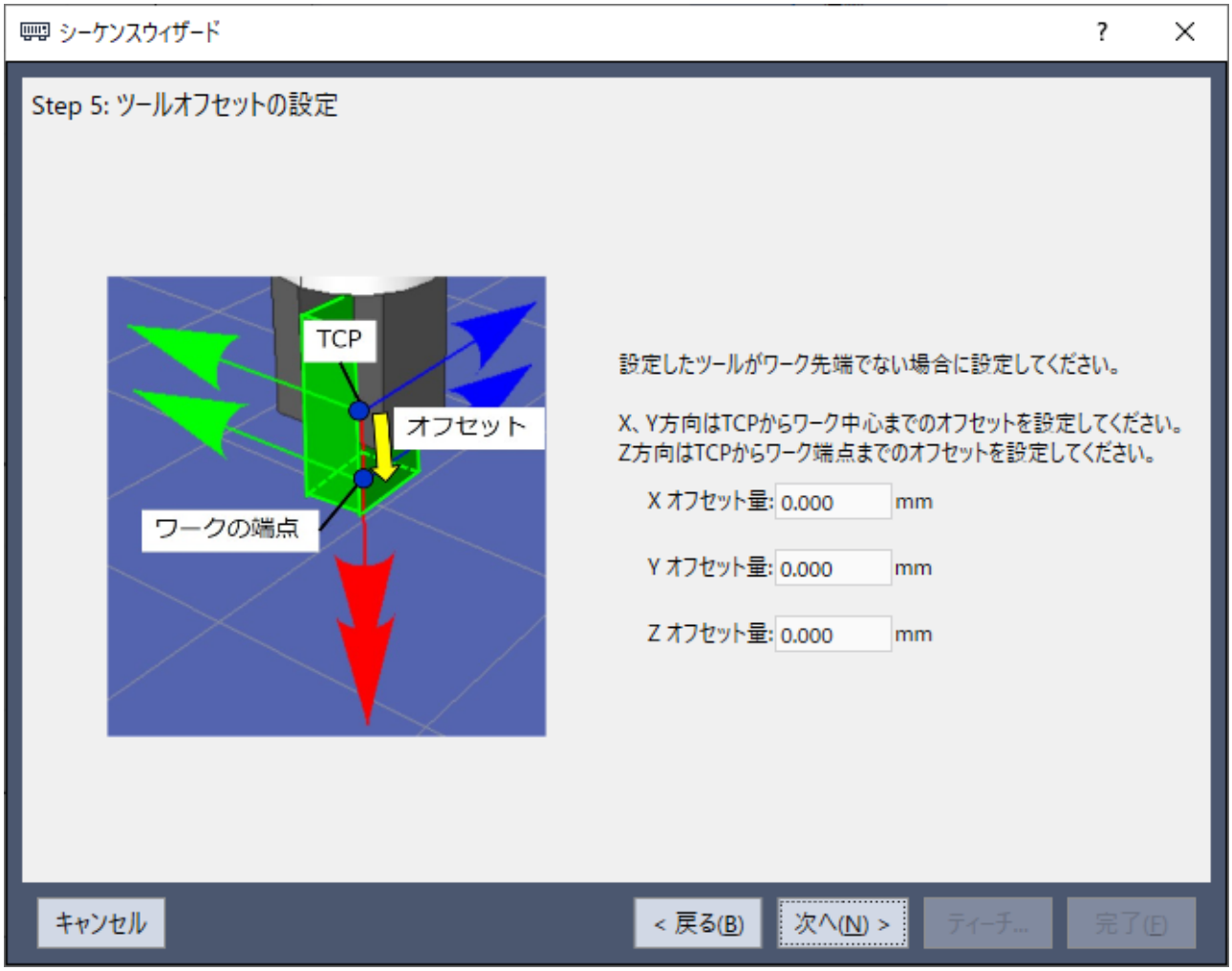
3. [Step 3: 専用シーケンスの選択]ダイアログが表示されます。[貼付け]を選択します。[次へ]ボタンをクリックします。

4. [Step 4: 使用するツール番号の選択]ダイアログが表示されます。下表のプロパティーを変更します。[次へ]ボタンをクリックします。

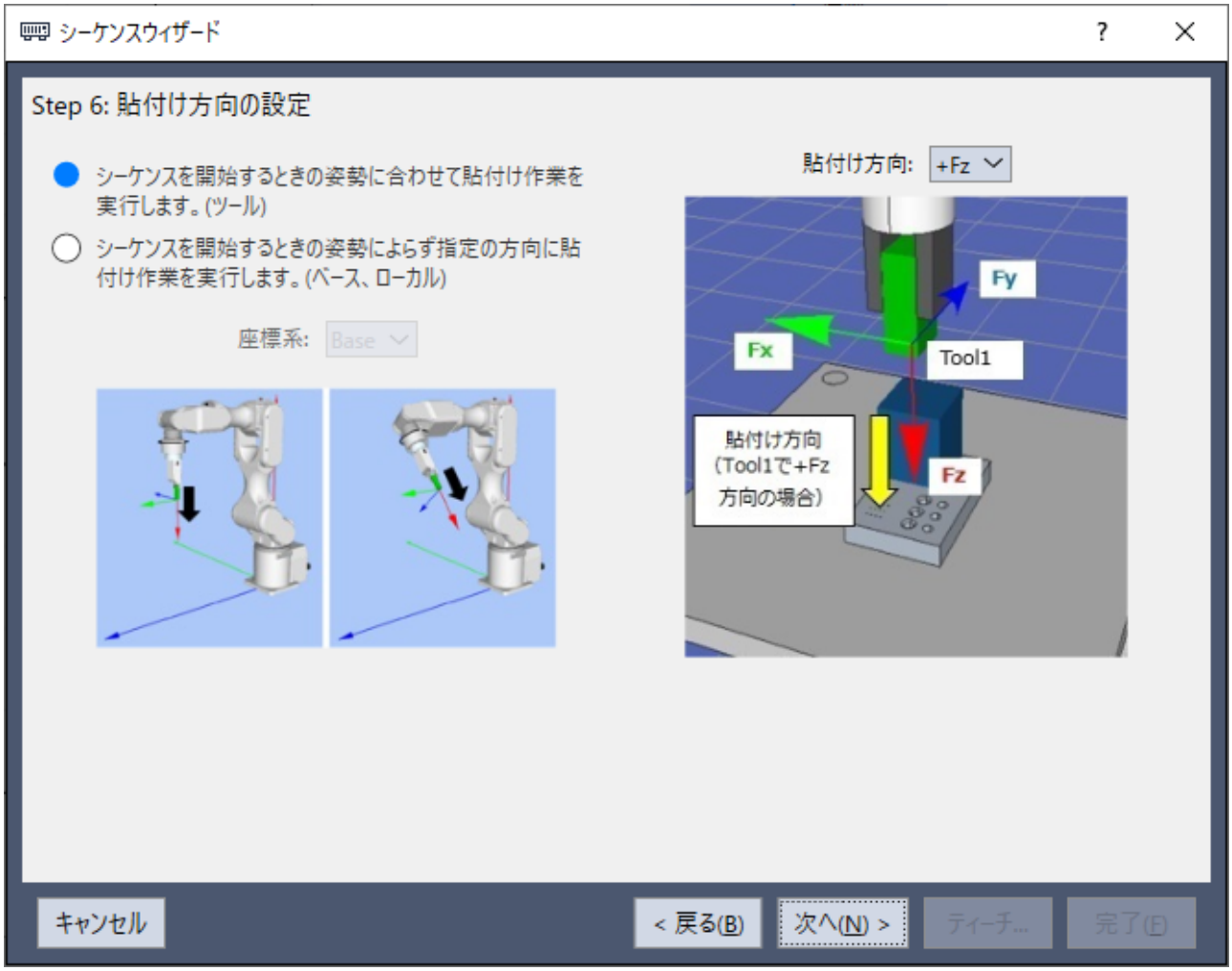



| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| Tool | 1 | このシーケンスで使用するツール番号を指定します。 |

5. [Step 5: ツールオフセットの設定]ダイアログが表示されます。
   ツールオフセットを設定します、初期値のまま変更の必要はありません。
   [次へ]ボタンをクリックします。

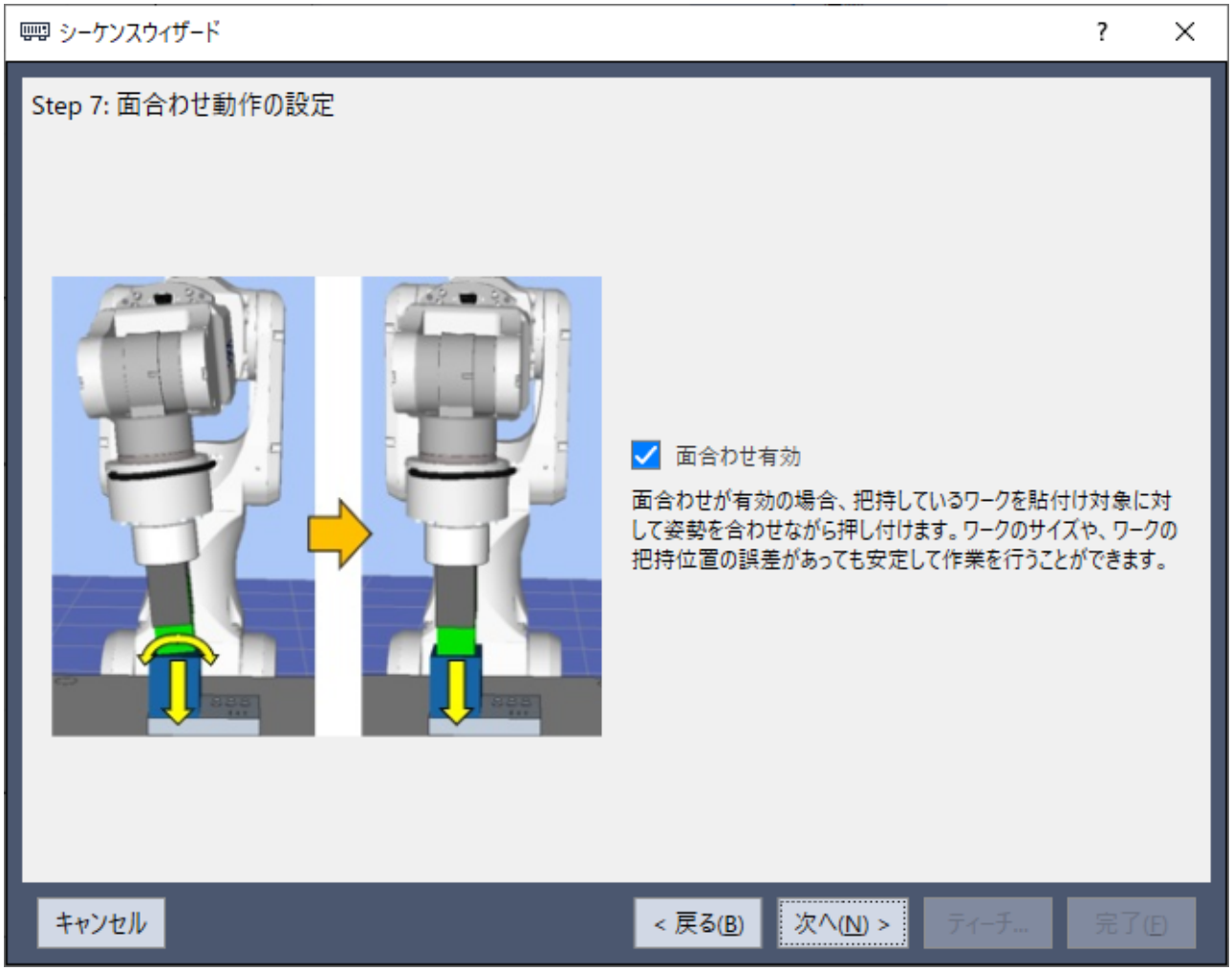


6. [Step 6: 貼付け方向の設定]ダイアログが表示されます。
   貼付け方向はツール座標系で+Fz方向なので、初期値のまま変更の必要はありません。
   [次へ]ボタンをクリックします。

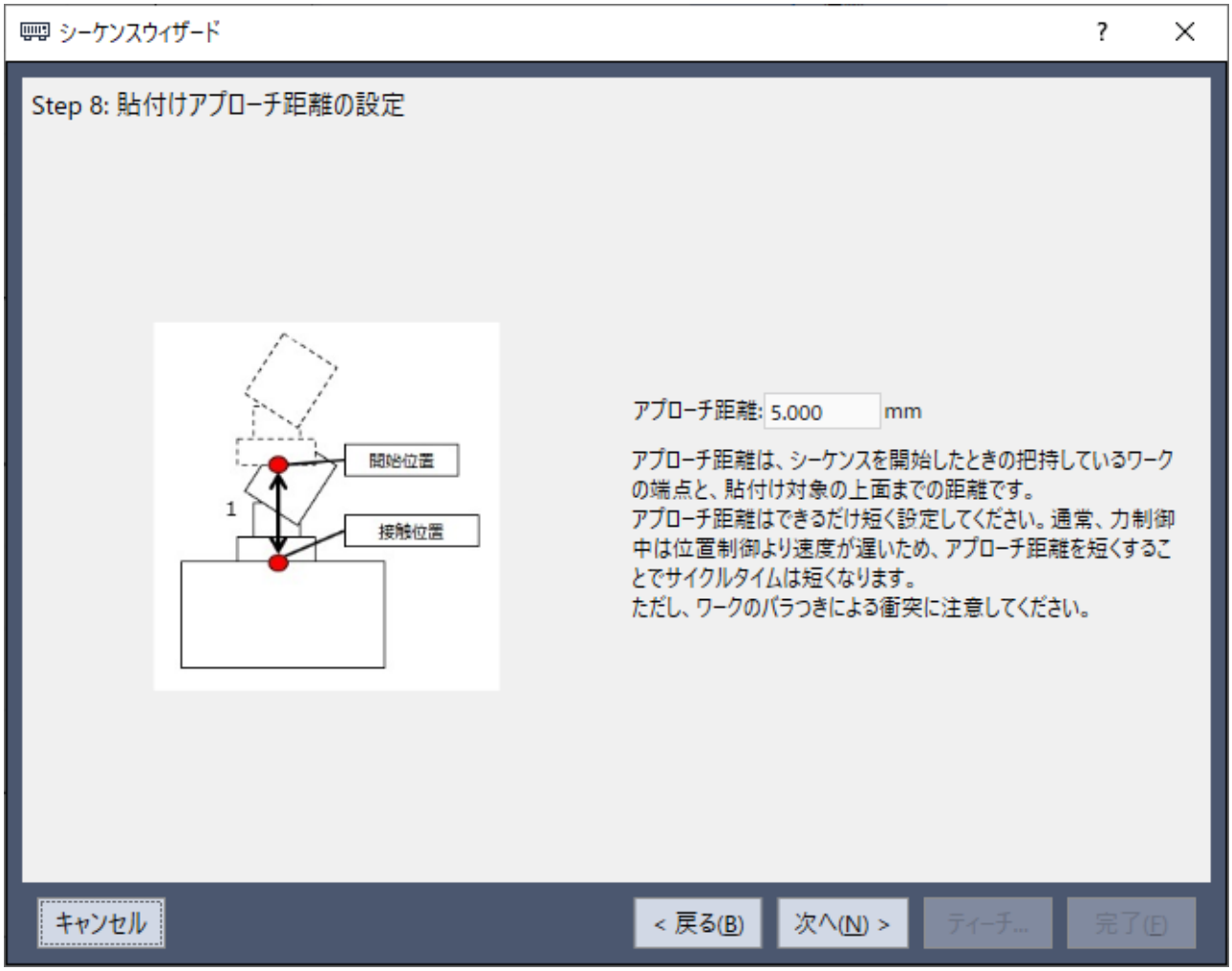



7. [Step 7: 面合わせ動作の設定]ダイアログが表示されます。
   面合わせ動作を有効にするかどうか設定します。

面合わせを行うので、初期値のまま変更の必要はありません。
[次へ]ボタンをクリックします。



8. [Step 8: 貼付けアプローチ距離の設定]ダイアログが表示されます。
   下表のプロパティーを変更します。[次へ]ボタンをクリックします。



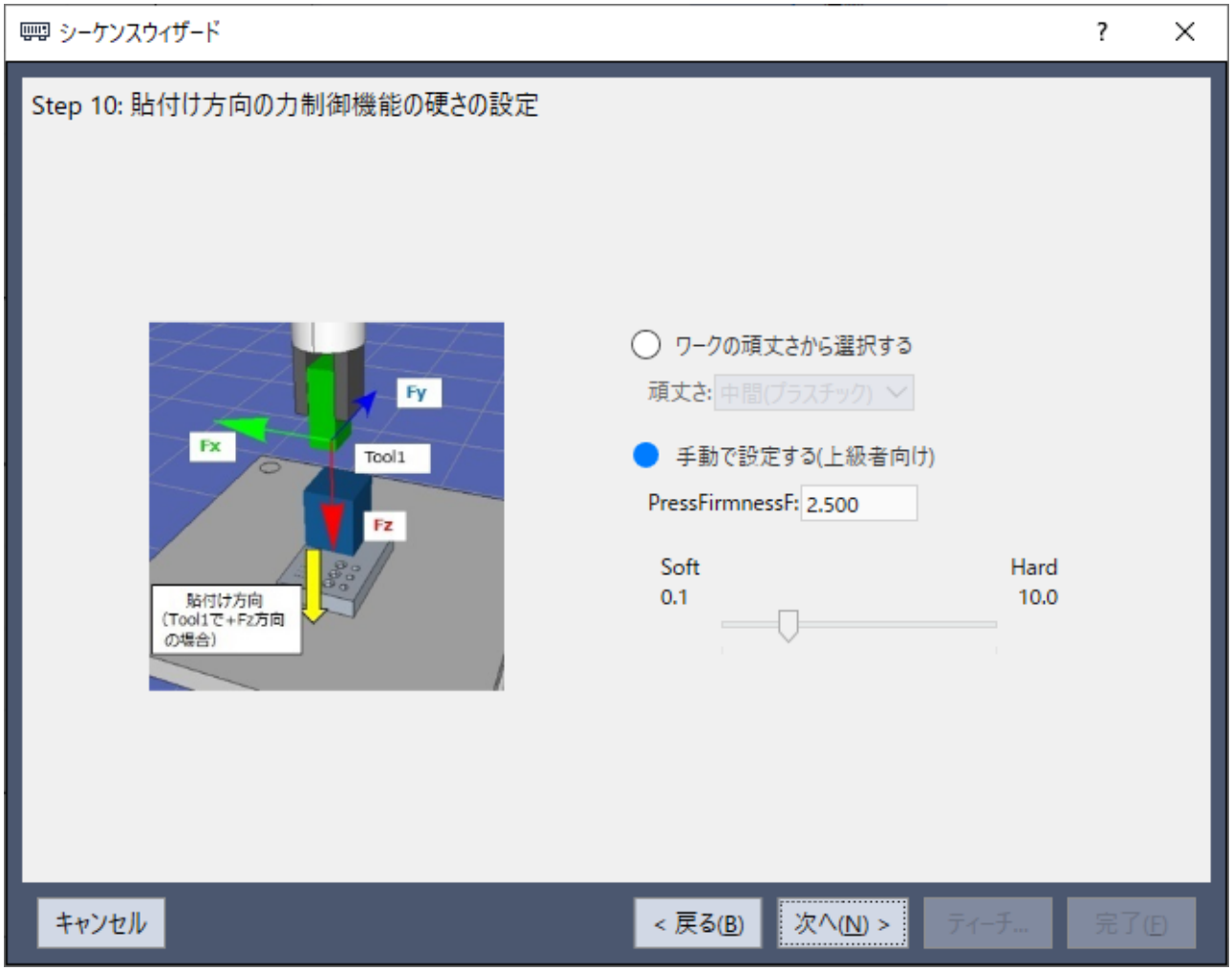

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| アプローチ距離 | 5 | 把持しているワークの先端から貼付け対象の上面までの距離を設定します。<br>5mmとします。 |

9. [Step 9: 貼付け力の設定]ダイアログが表示されます。下表のプロパティーを変更します。[次へ]ボタンをクリックします。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| 貼付け力 | -10 | 貼付け力を設定します。<br>-10Nとします。<br>お客様のワークが許容する値を設定してください。 |

10. [Step 10: 貼付け方向の力制御機能の硬さの設定]ダイアログが表示されます。
[手動で設定する (上級者向け)]を選択します。

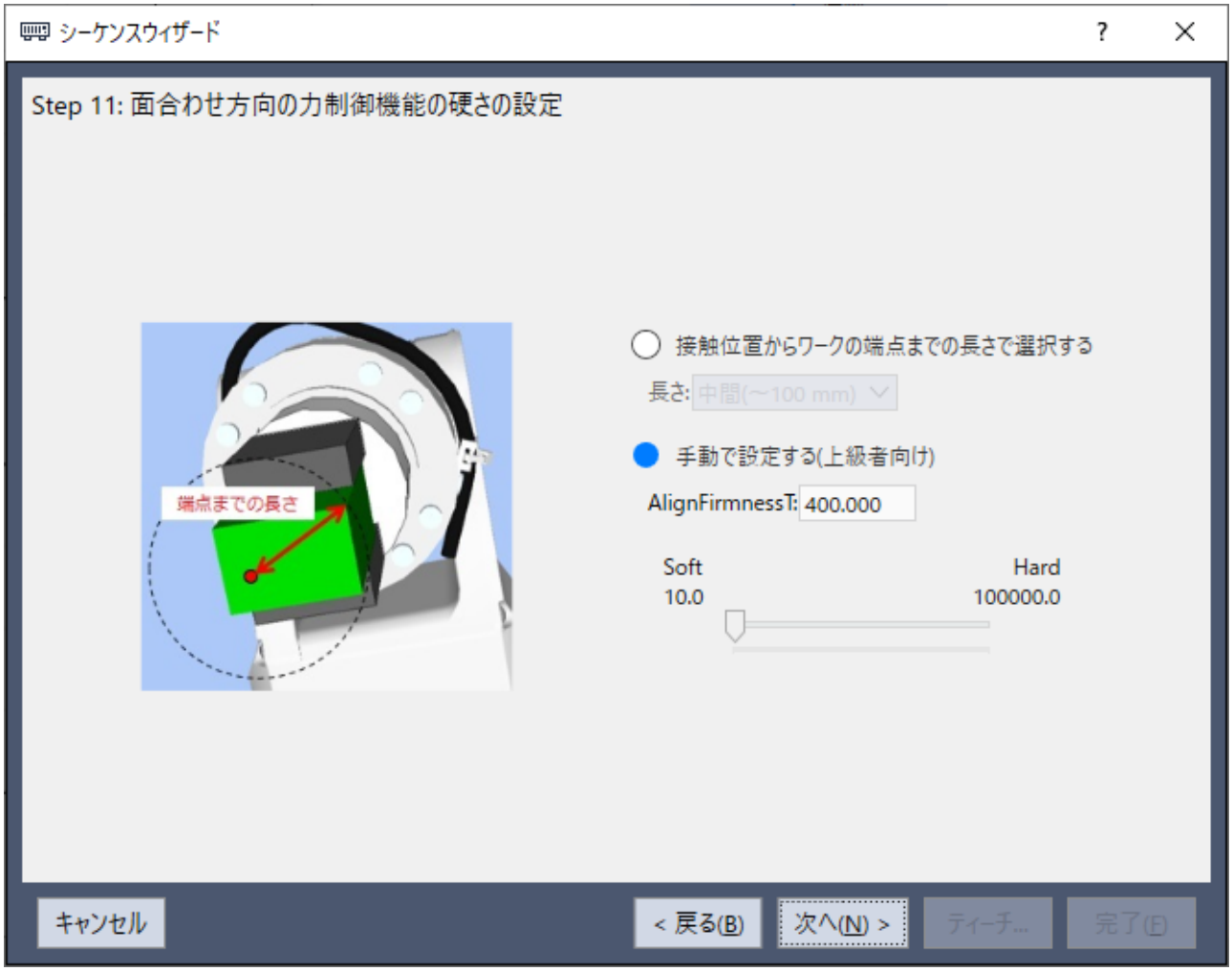
下表のプロパティーを変更します。
[次へ]ボタンをクリックします。




| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| PressFirmnessF | 2.5 | 貼付け方向の力制御機能の硬さを設定します。<br>2.5とします。 |

11. [Step 11: 面合わせ方向の力制御機能の硬さの設定]ダイアログが表示されます。
[手動で設定する (上級者向け)]を選択します。

下表のプロパティーを変更します。
[次へ]ボタンをクリックします。




| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| AlignFirmnessT | 400 | 面合わせ方向の力制御機能の硬さを設定します。<br>400とします。 |

12. [Step 12: 貼付け作業の完了条件の設定]ダイアログが表示されます。
    下表のプロパティーを変更します。
    [次へ]ボタンをクリックします。

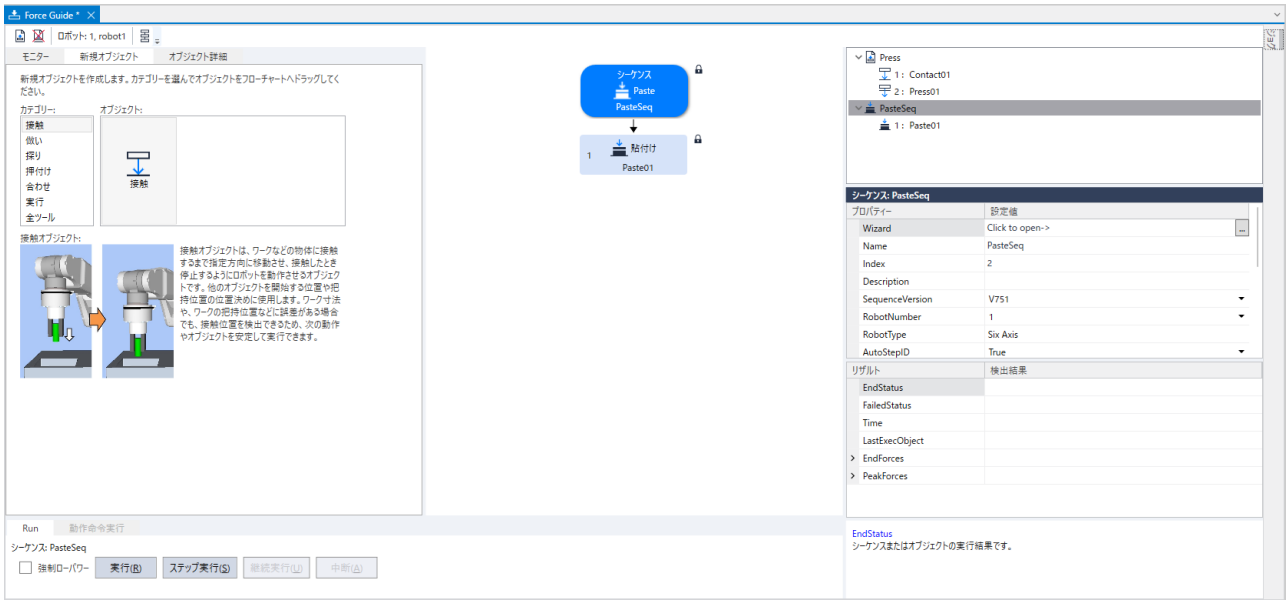
| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| 力の許容誤差 | 1 | 力に関する終了条件の範囲を設定します。<br>1Nとします。 |
| トルクの許容誤差 | 50 | トルクに関する終了条件の範囲を設定します。<br>50Nmmとします。 |
| 必要継続時間 | 0.5 | 終了条件を満たしたと判断する継続時間を設定します。<br>0.5secとします。 |

13. [Step 13: 作業のタイムアウト時間の設定]ダイアログが表示されます。
    下表のプロパティーを変更します。[次へ]ボタンをクリックします。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| タイムアウト時間 | 15 | タイムアウト時間を設定します。<br>15secとします。 |

14. [完了]ダイアログが表示されます。
    [完了]ボタンをクリックします。

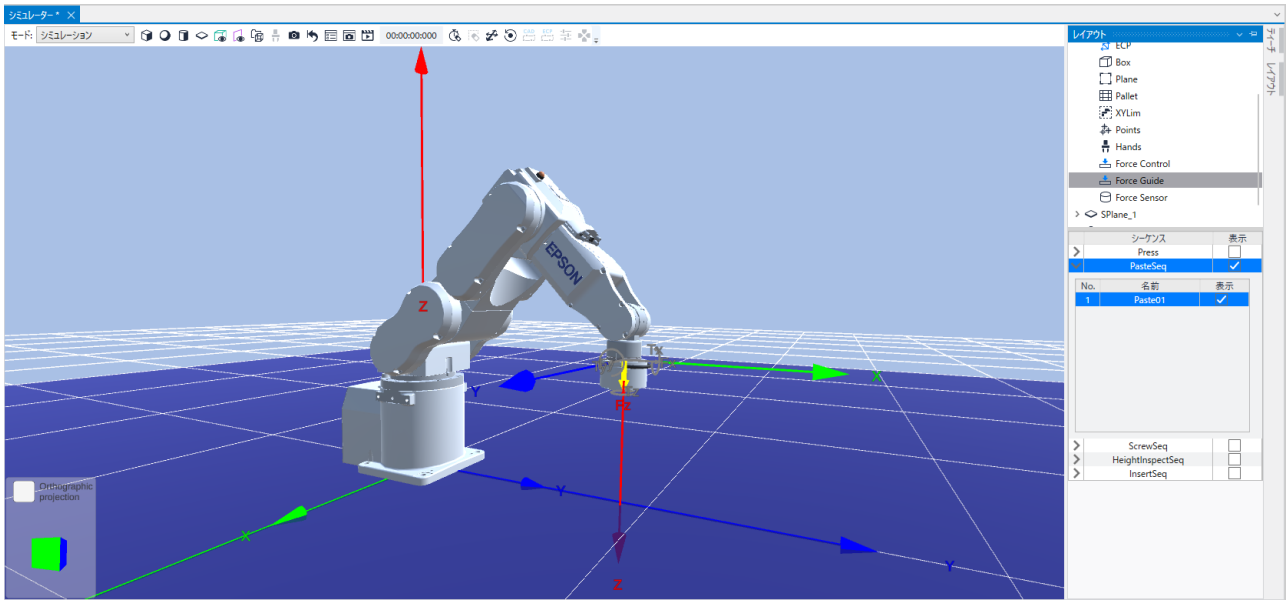
15. [PasteSeq]シーケンスが作成されていることを確認します。




## 4.6.3.1.4 設定の確認

シミュレーターを使用して、貼付け方向などの設定が正しいか確認する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[Simulator]をクリックします。
   [シミュレーター]ウィンドウが表示されます。
2. オブジェクトツリー-[Tool]をクリックします。
   “No.1”-[表示]チェックボックスをチェックします。“ツール1”の矢印が表示されます。
3. オブジェクトツリー-[Force]-[Force Guide]-[PasteSeq]をクリックします。
   “Paste01”-[表示]チェックボックスをチェックします。



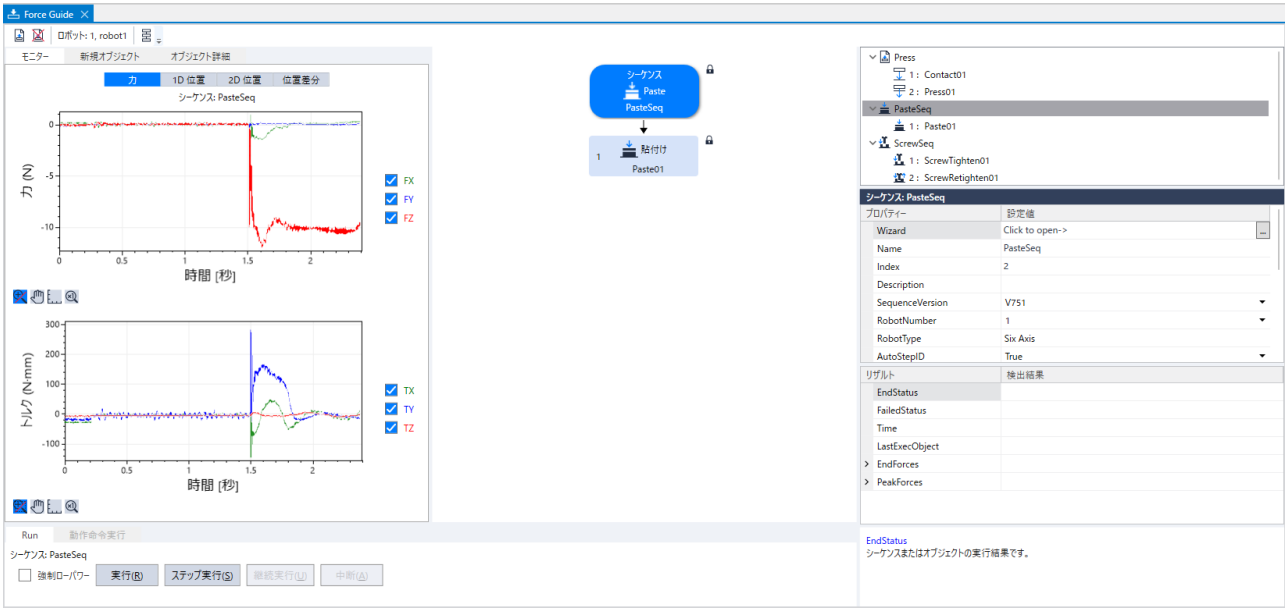

黄色い矢印が表示されている方向が、貼付け方向であることを確認してください。

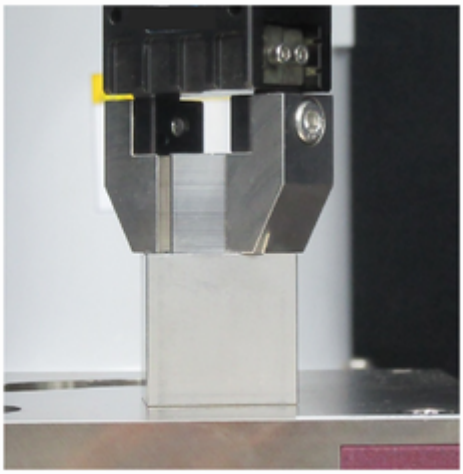
### 4.6.3.1.5 フォースガイダンス機能による実行

作成した、貼付けシーケンスを、Epson RC+で実行する方法を説明します。

1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [ジョグ]タブを選択します。
3. [POWER HIGH]ボタンをクリックします。
   ワークを破損する可能性がある場合は、ローパワーモードで動作させてください。
4. [実行]ボタンをクリックします。
   コンパイルが実行され、ロボットコントローラーにプログラムが送信されます。
   設定に誤りがある場合、エラーが発生します。
   これまでの設定内容を再確認し、エラーメッセージにしたがってパラメーターを修正してください。

5. 作業が正しく終了すると、フローチャート左上に “ ”が表示され、貼付けが完了した状態となります。



## 4.6.3.1.6 非接触状態に戻る

貼付けシーケンス完了後、ロボットとワークとの間にかかる力は継続しています。
ロボットやエンドエフェクターなどの故障や破損を防ぐため、作業後は、速やかに力が掛らない状態にする必要があります。
対象物に力が加わっていないことが明らかな場合は、この手順を省略できます。

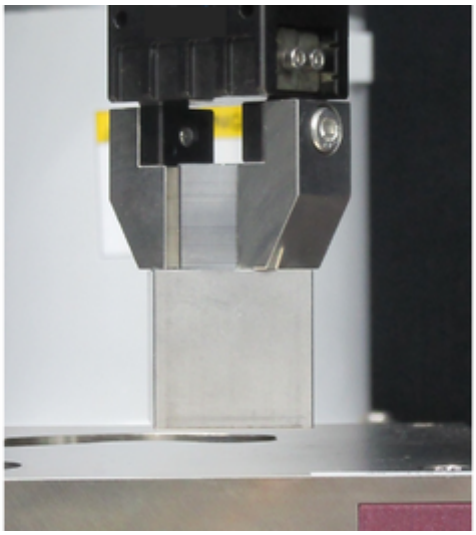
非接触状態にする手順は、以下の方法があります。

- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[ジョグ]グループで、ジョグ動作を手動で行い、ロボットを対象物から離す
- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[動作命令実行]タブを操作して、ロボットを対象物から離す
- Move命令を[コマンドウィンドウ]で実行して、ロボットを対象物から離す
- SPEL関数オブジェクトを、Pressオブジェクトの後に追加し、フォースガイドシーケンスの最後で自動的にロボットを対象物から離す

本項では、[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]-[動作命令実行]タブの操作で、非接触状態にする方法を説明します。

1. [ロボットマネージャー]を表示します。
2. [ジョグ&ティーチ]タブを選択します。

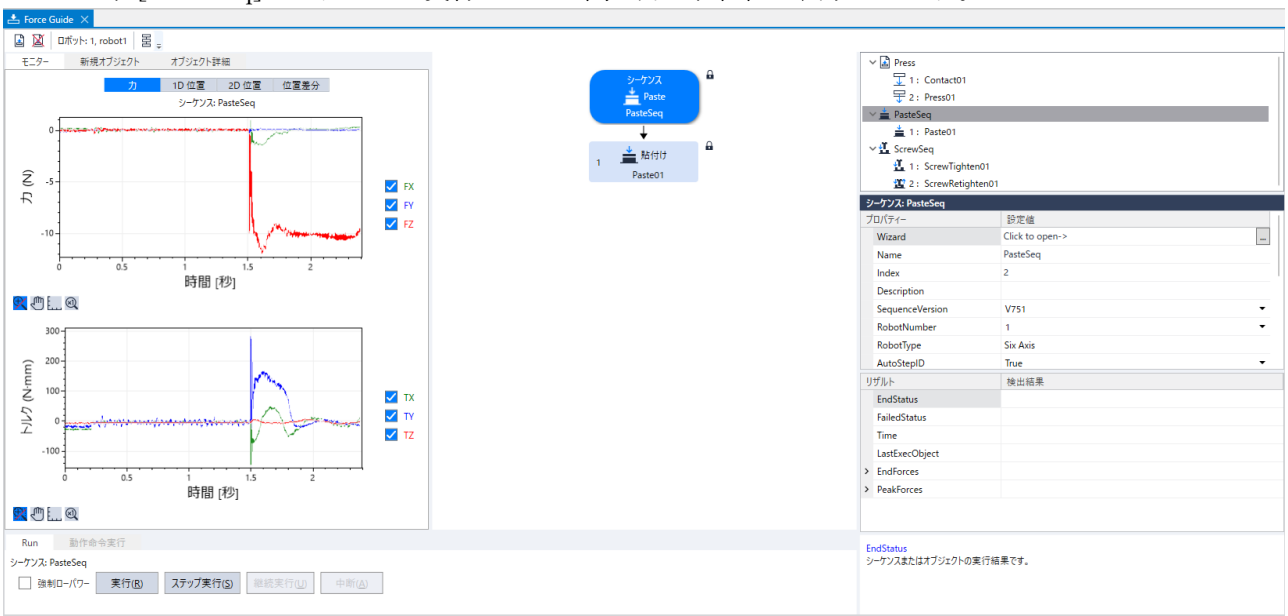
3. [動作命令実行]タブを選択します。
4. [動作コマンド]で“Move”を選択します。
5. [目標位置]で“P1”を選択します。
6. [実行]ボタンをクリックします。
   ロボットは、開始位置 “P1” に移動します。これで、非接触状態となりました。



### 4.6.3.1.7 モニターによる動作分析

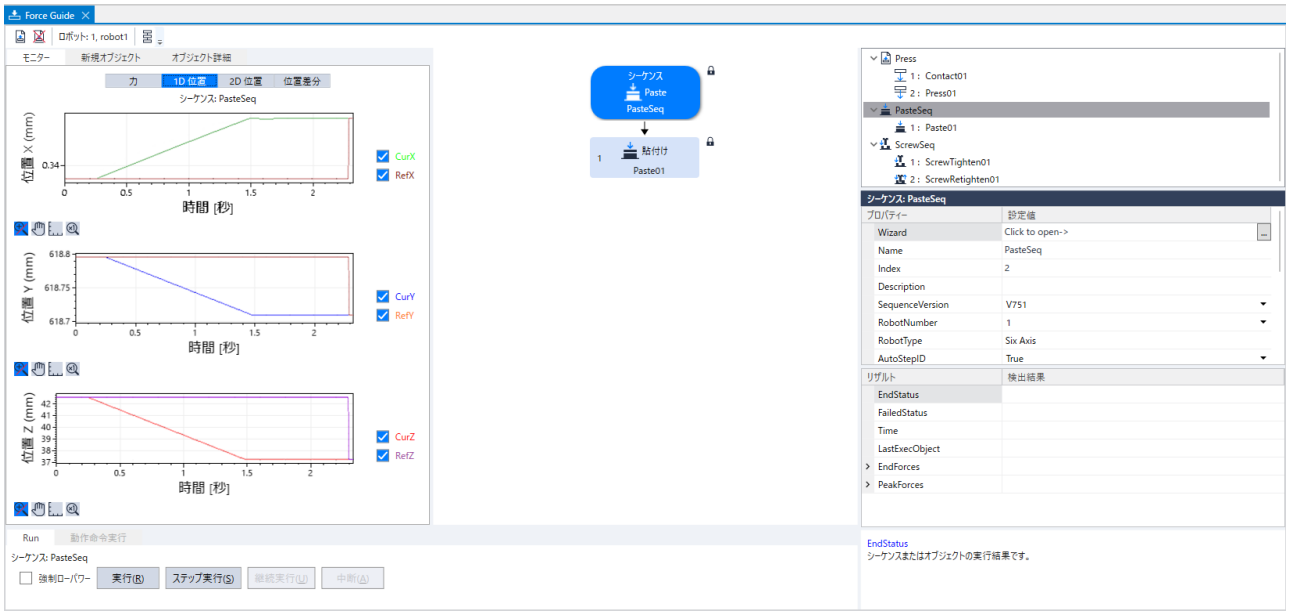
フォースガイドシーケンスの動作結果を、Epson RC+で確認する方法を説明します。

1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [PasteSeq]のシーケンスフローをクリックします。
3. [モニター]タブを選択します。[力]タブを選択します。
   グラフに、[PasteSeq]シーケンスを実行している間の力や、位置が表示されます。

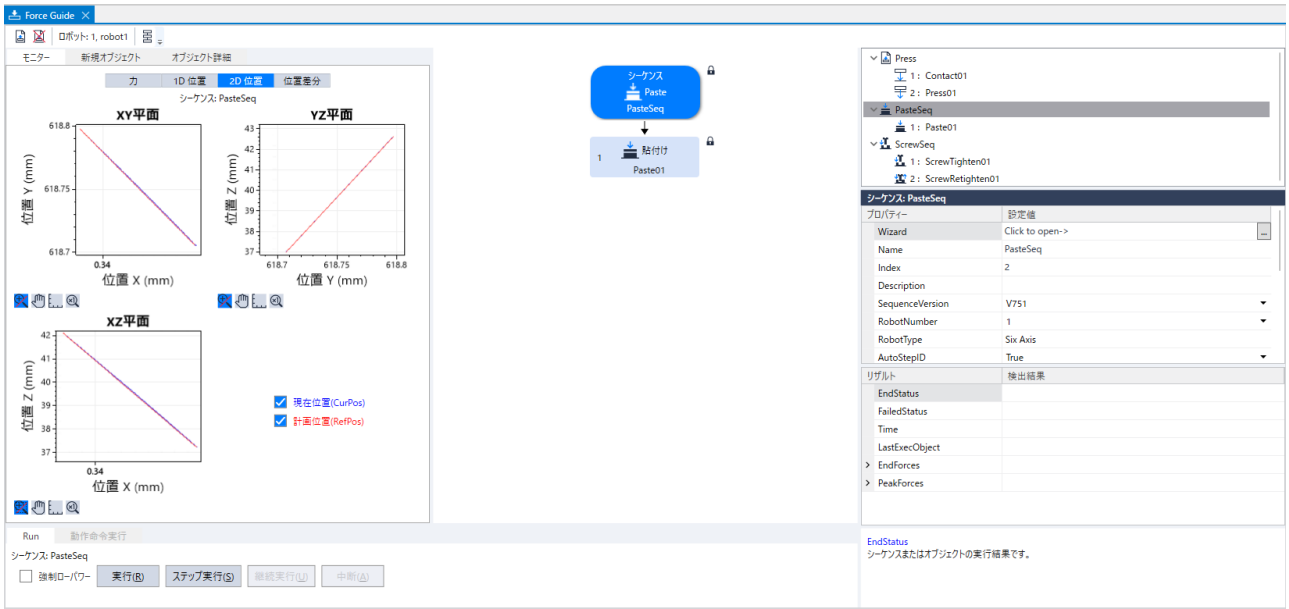



4. [1D位置]タブを選択します。
   解析用のグラフが表示されます。(横軸: 時間, 縦軸: 位置)

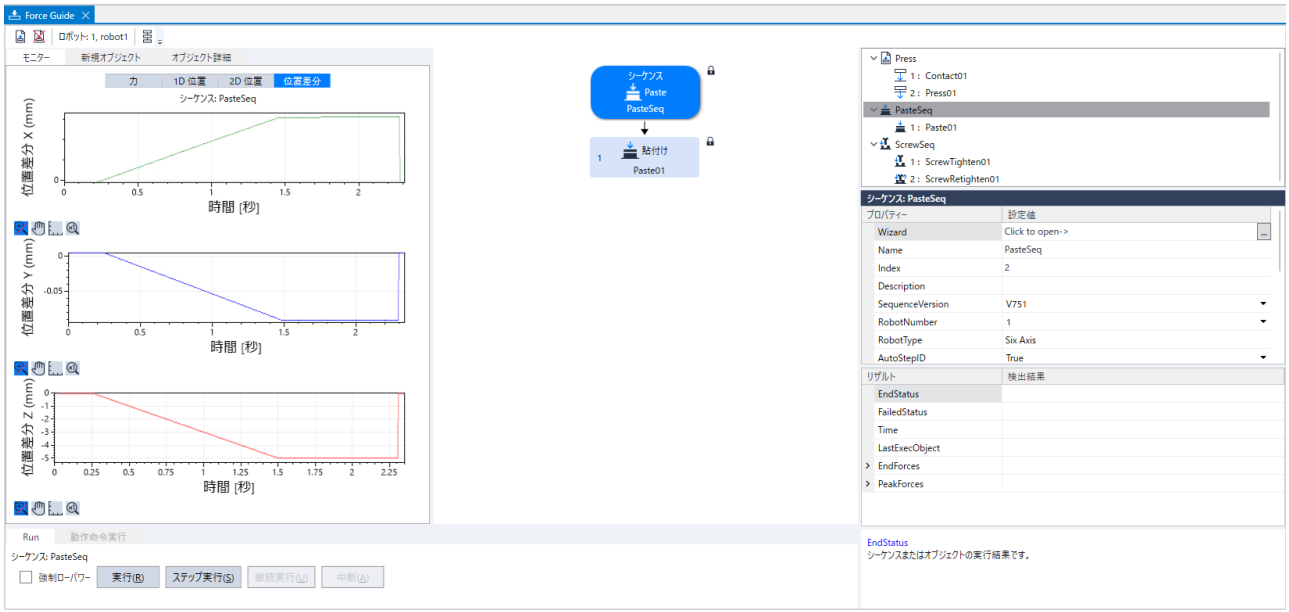
位置Zのグラフを見ると、CurZ (現在の位置)が、約5mm下がっています。これは、アプローチ距離5mm分貼付け方向に進んでいることを示しています。




5. [2D位置]タブを選択します。
解析用のグラフが表示されます。(縦軸, 横軸: 位置)
[1D位置]タブで確認したことを、各平面に投影したグラフとして確認できます。
縦軸と横軸のスケールの違いに注意して確認してください。



6. [位置差分]タブを選択します。
   力制御によるシフト分を相対的な位置変化として記録しています。
   [1D位置]タブのグラフとは、異なります。




7. グラフの表示単位などを変更し、力や位置の変化の状態を確認してみましょう。

正しく貼付けされなかった場合、設定が間違っている可能性があります。
下記を参考に、本チュートリアルの手順を再度確認してください。

- 押付力の向きは正しいか
- アプローチ距離の設定が正しいか
- Tool設定が正しいか

## 4.6.3.1.8 発展課題

次の操作を実際に行ってみましょう。
貼付けシーケンスの位置の終了条件は、貼付けオブジェクト開始からの位置が「アプローチ距離±1mm」の内にいるか、がデフォルト設定です。
位置の終了条件を変更することで、ワークの寸法異常などを検出できる可能性があります。
位置の終了条件を達成できなかった場合、シーケンスは失敗と判定され、動作が終了します。

失敗となる条件を設定してみましょう。

1. 下記のように[Paste01]プロパティーを変更します。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| DistCheckTol | 0.1 | 動作開始位置から移動した距離の成功条件となる範囲を指定します。<br>成功条件の範囲を「アプローチ距離±0.1mm」とします。 |

2. [ジョグ]タブで開始位置 “P1” に移動します。

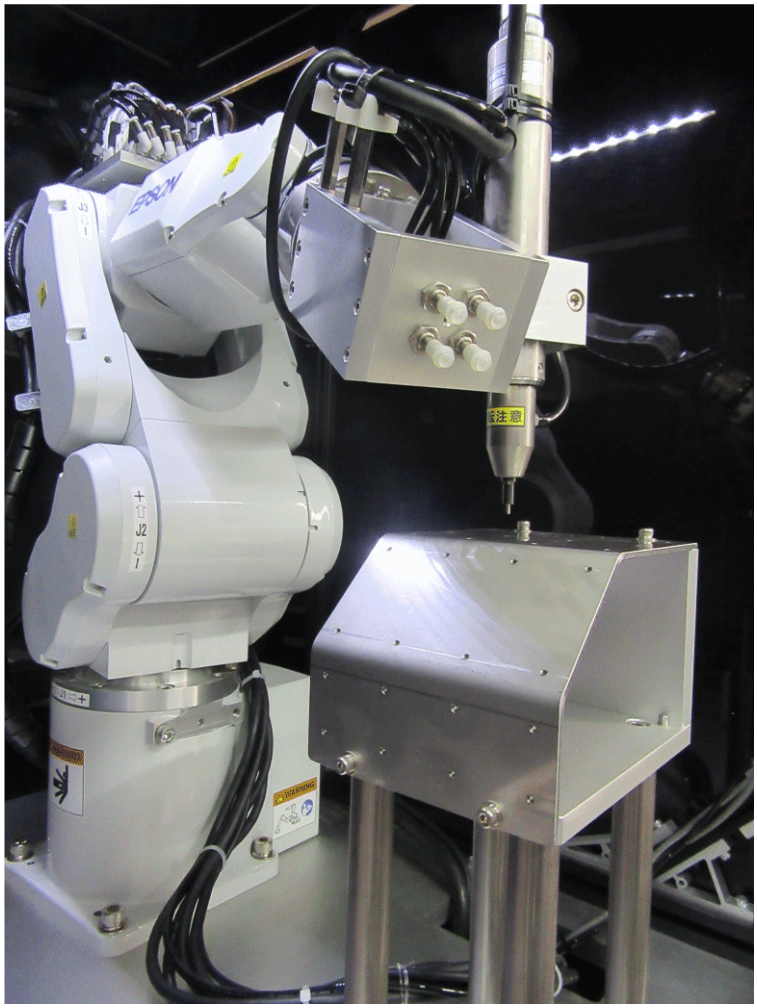
3. 把持しているワークの高さ寸法が0.5mm小さい状態を模擬するために、[ジョグ&ティーチ]タブで開始位置 “P1”から +Z方向に0.5mmロボットを動かします。

4. シーケンスを実行してみましょう。

これで、貼付けシーケンスのチュートリアルを終わります。

### 4.6.3.2 ネジ締めシーケンス

専用フォースガイドシーケンスのネジ締めシーケンスを使って、ネジ締め作業を行う方法を説明します。
電動ドライバー, ネジ, ネジを固定するワークは、お客様が準備してください。誤った設定により、ワークなどが破損する場合があります。破損しても問題がないワークなどを準備し、本チュートリアルを進めてください。
本チュートリアルでは、M2、ネジ長 5mm、リード長0.4mmのネジを使ったネジ締めを例に進めていきます。
チュートリアルを進める上では、お客様が準備した電動ドライバーとネジに合わせて、パラメーターを変更していただく必要があります。ワークの配置やネジ締め方向は、以下の写真と同様としてください。



⚠ 注意

本チュートリアルで説明するパラメーターは参考値です。

比較的安定的なパラメーターを使用していますが、動作環境によっては作業が成功しない場合や、振動的な動作をする場合があります。また、パラメーターの調整が必要な場合があります。注意してください。

説明のため、低速で安定的なパラメーターを使用しています。より高速な動作をする場合も、パラメーターの調整が必要になります。

#### 4.6.3.2.1 ツールとハンド設定の確認

ツール設定の方法を説明します。
ネジ締めシーケンスでは、実際のネジ締めの方向と、現在のツール設定の対応を意識する必要があります。

1. ノギスなどを使用して、J6フランジ面から、電動ドライバーの先端までのX, Y, Zの距離を測定します。

2. [コマンドウィンドウ]で下記を実行します。
   “LengthX, LengthY, LengthZ”は、手順(1) で測定した値を入力してください。

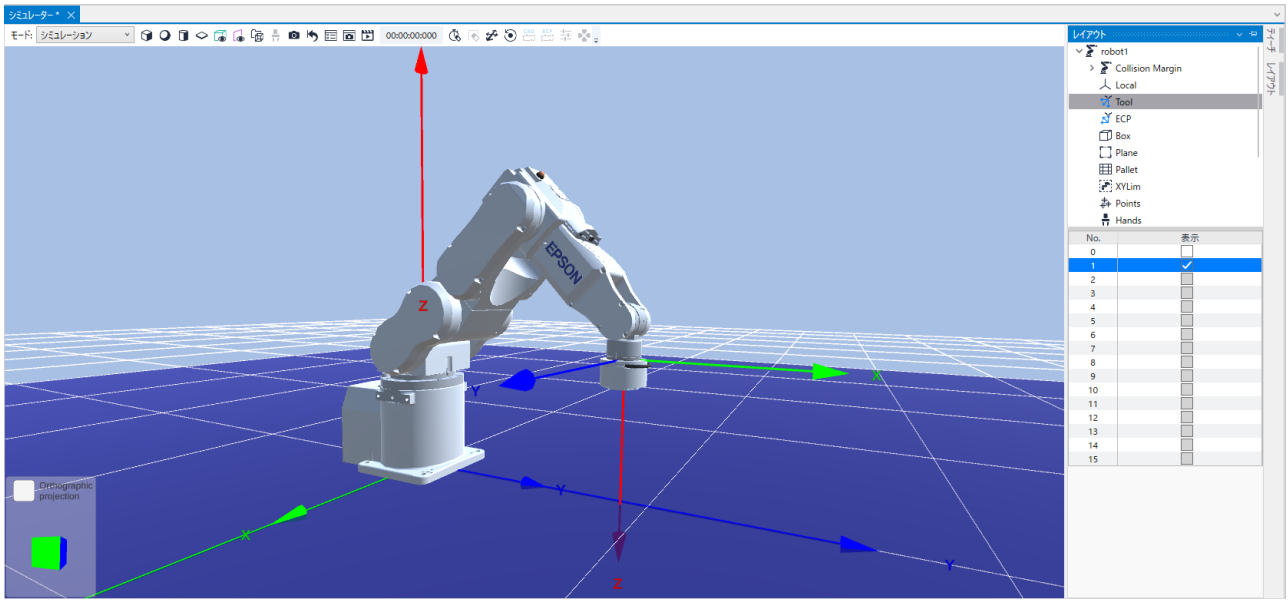
```
> Tlset 1,XY(LengthX,LengthY,LengthZ,0,0,0)
```

3. Epson RC+ メニュー-[ツール]-[Simulator]を選択します。
   [シミュレーター]ウィンドウが表示されます。

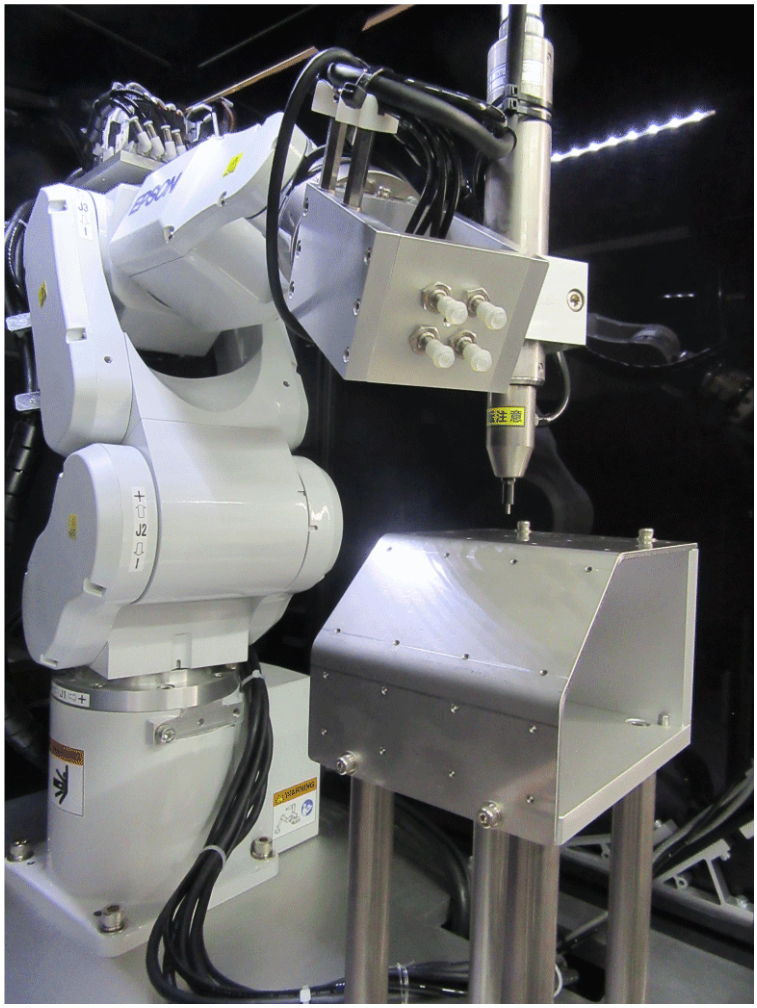
4. オブジェクトツリー-[マニピュレーター名]-[Tool]を選択します。

5. “No.1”-[表示]チェックボックスをチェックします。

6. [シミュレーター]ウィンドウの表示と、実際のロボットと比較し、ツール設定が合っていることを確認します。



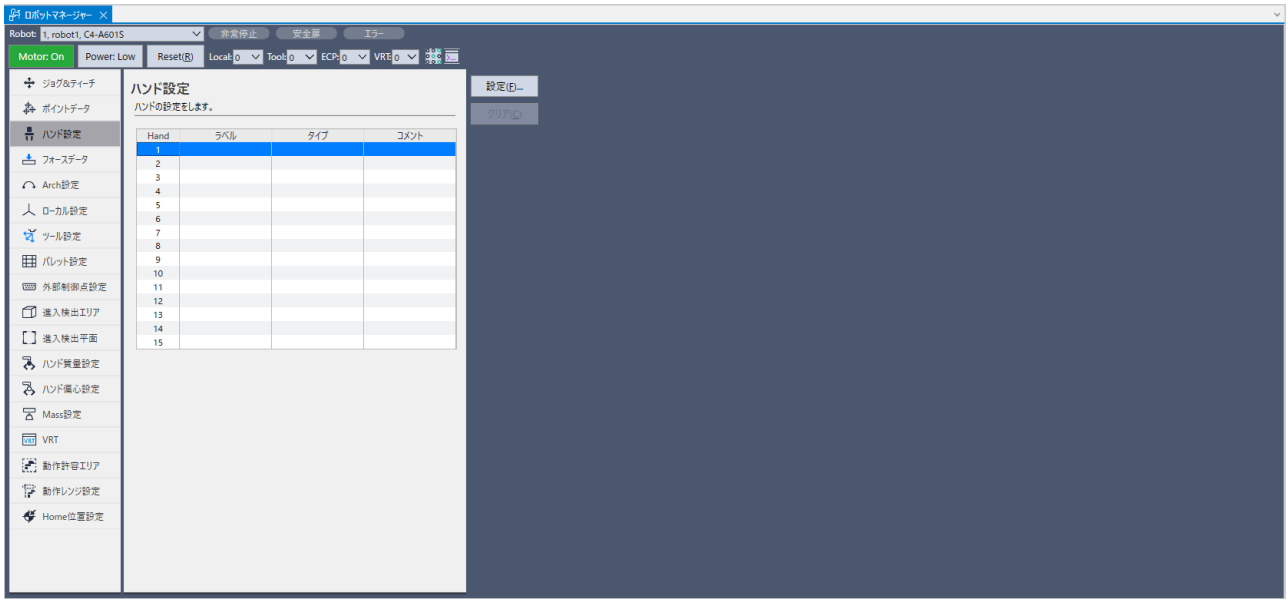

[シミュレーター]ウィンドウの表示から、ツールの+Z方向に対してネジ締めすることが分かりました。




ハンド設定の方法を説明します。
実際に使用する電動ドライバーの、ドライバー正回転と逆回転をコントローラーI/Oの出力ビットに、ネジ締め完了信号をコントローラーI/Oの入力ビットに割り当ててください。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。

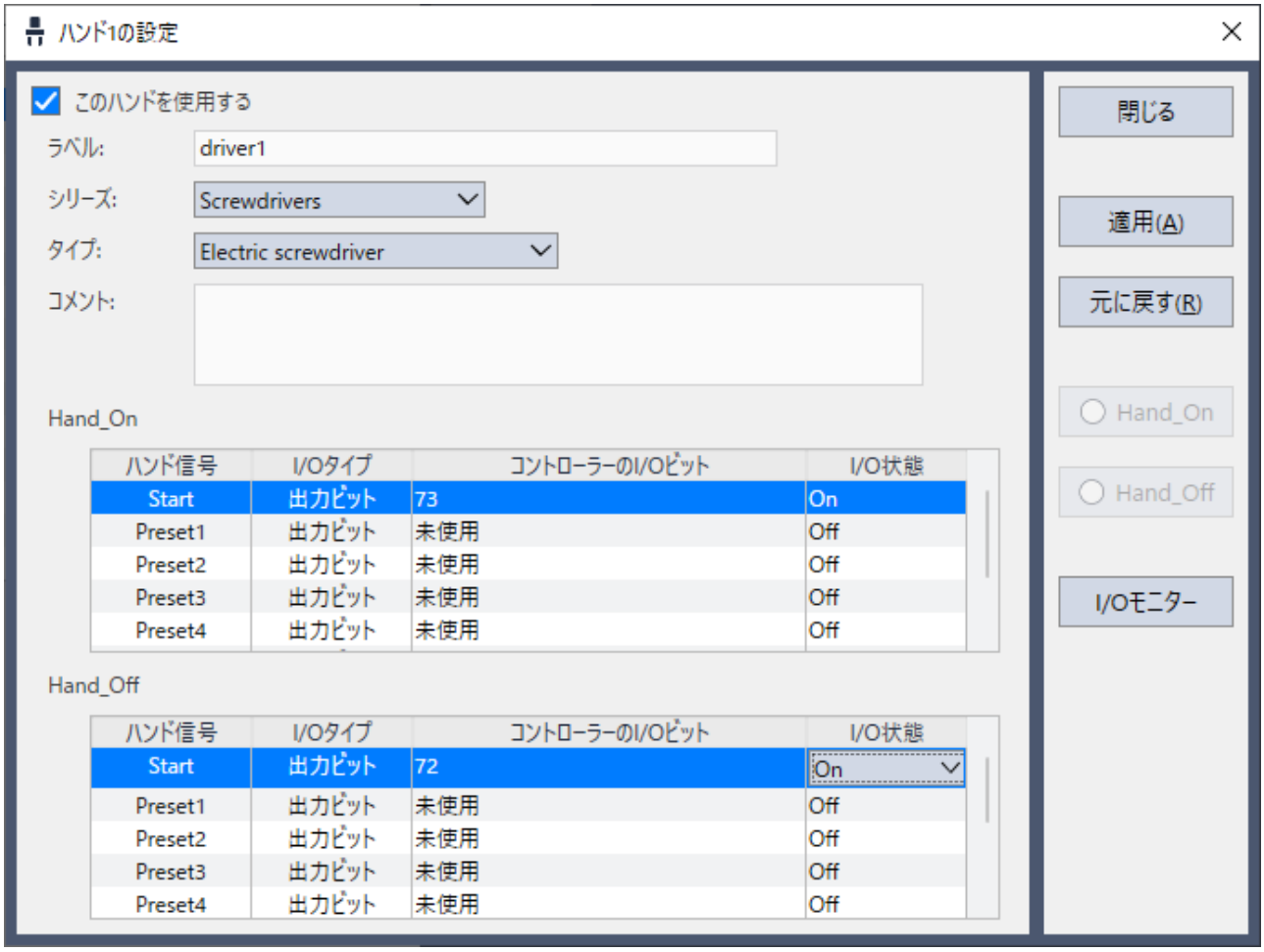
2. [ハンド設定]を選択し、パネルを表示します。




3. “Hand 1”をチェックし、[設定]ボタンをクリックします。
ハンド1の設定画面が開きます。

4. [このハンドを使用する]のチェックボックスをチェックし、以下の項目を変更します。

| 項目 | | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|---|
| ラベル | | driver1 | 任意のラベル名を入力してください。 |
| シリーズ | | Screwdrivers | 使用するハンドの種類は電動ドライバーを選択してください。 |
| Hand_On | Start_コントローラーのI/Oビット | ドライバー正回転ビット | ドライバー正回転用に割り当てた出力ビットを指定してください。 |
| | Start_I/O状態 | On | ドライバーが正回転するときの、ドライバー正回転ビットの状態です。 |
| | Complete_コントローラーのI/Oビット | ネジ締め完了ビット | ネジ締め完了信号用に割り当てた入力ビットを指定してください。 |
| | Complete_I/O状態 | On | ドライバーがトルクアップするときの、ネジ締め完了ビットの状態です。 |
| Hand_Off | Start_コントローラーのI/Oビット | ドライバー逆回転ビット | ドライバー逆回転用に割り当てた出力ビットを指定してください。 |
| | Start_I/O状態 | On | ドライバーが逆回転するときの、ドライバー逆回転ビットの状態です。 |

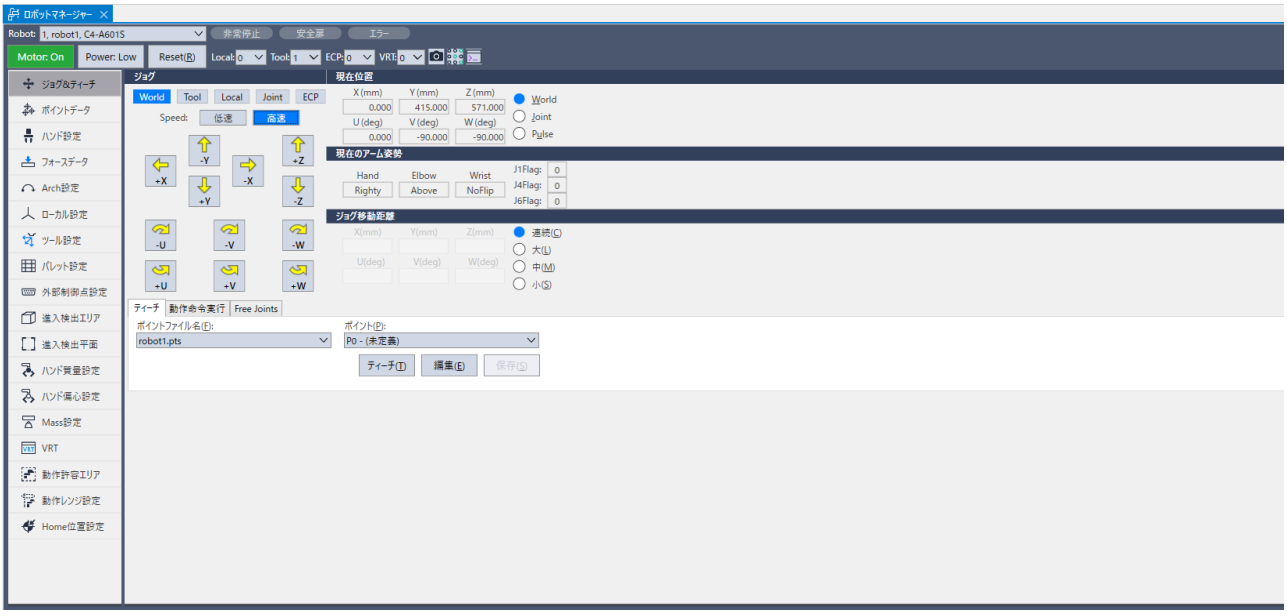



5. [適用]ボタンをクリックして設定を保存し、[閉じる]ボタンをクリックしてハンド1の設定画面を閉じます。

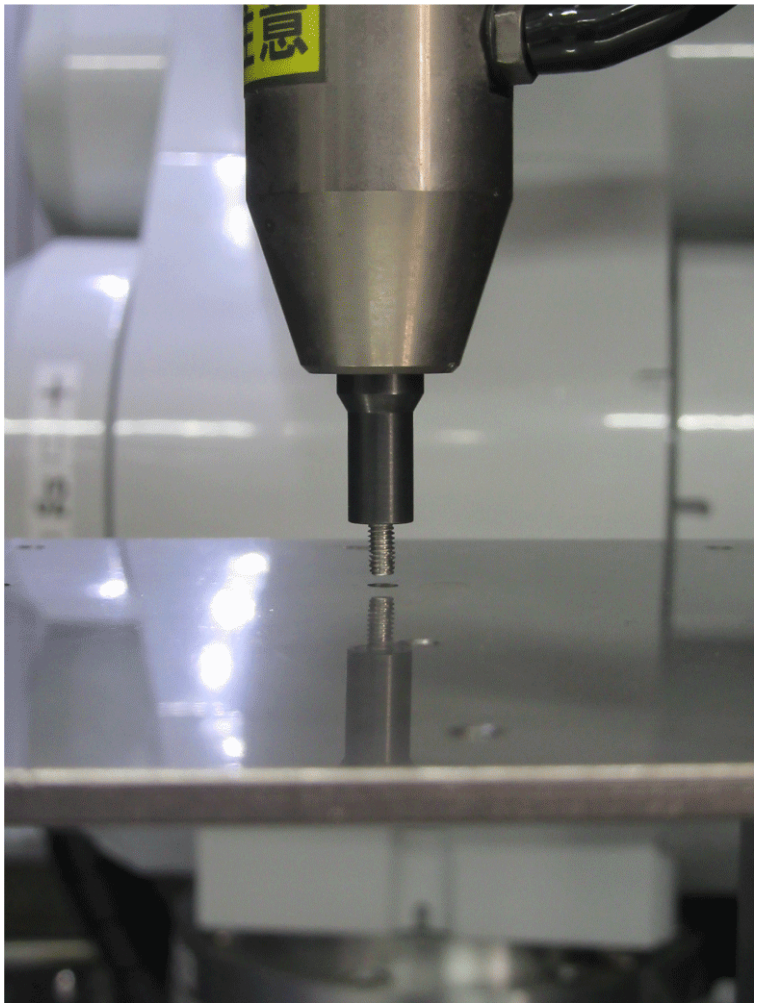
### 4.6.3.2.2 位置の教示

ネジ締めシーケンスの、シーケンス開始位置を教示する方法を説明します。

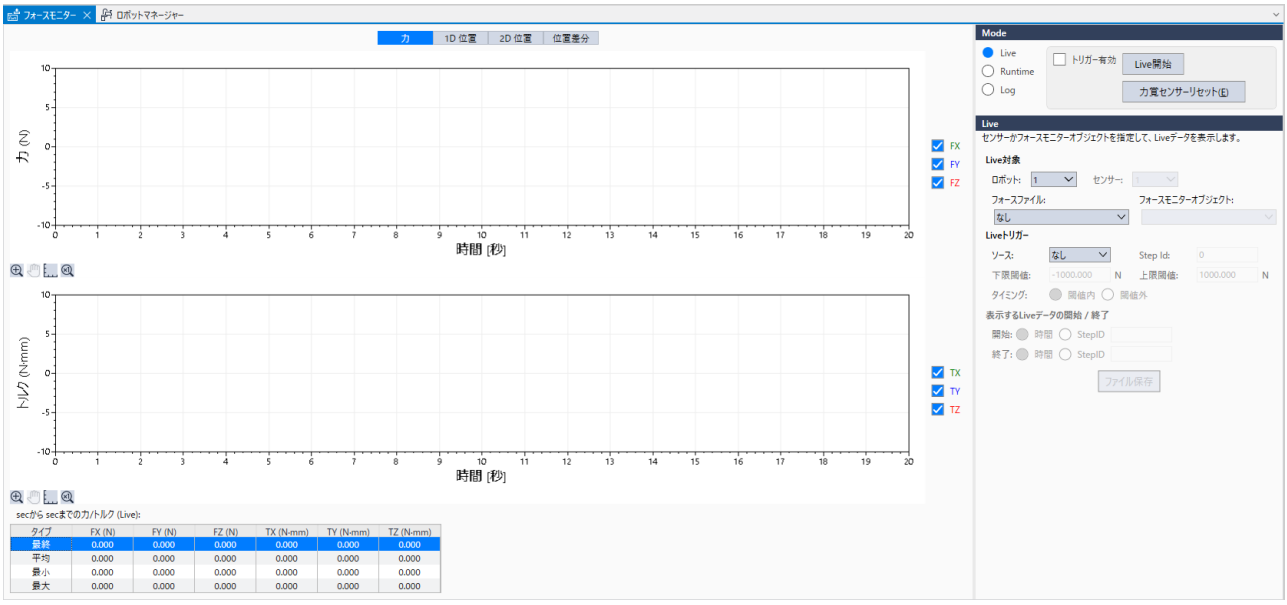
1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。
   [ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。
2. [ジョグ&ティーチ]を選択し、パネルを表示します。
3. [Tool]で“1”を選択します。



4. 電動ドライバーに、ネジを吸着します。
5. ジョグボタンを使用して、下記の位置にロボットを移動させます。
   - XY方向 : ネジの先端がネジ穴のテーパー部分より内側
   - Z方向 : ネジの先端がネジ穴の1mm程度上空

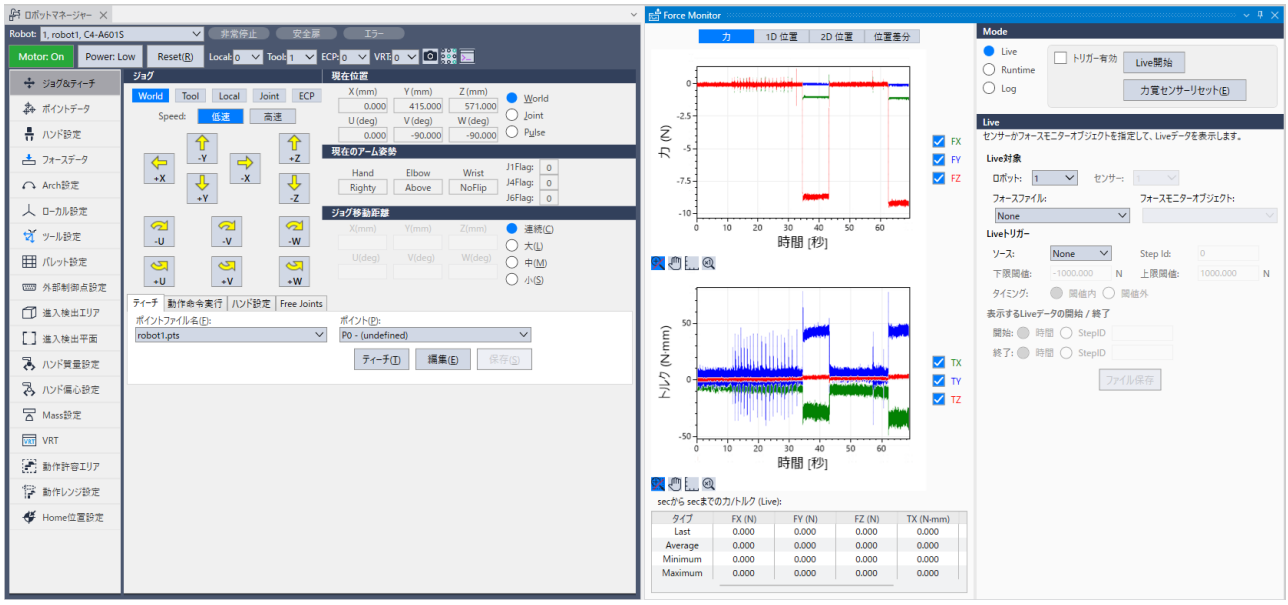


6. Epson RC+メニュー-[ツール]-[フォースモニター]をクリックします。[フォースモニター]ダイアログが表示されます。

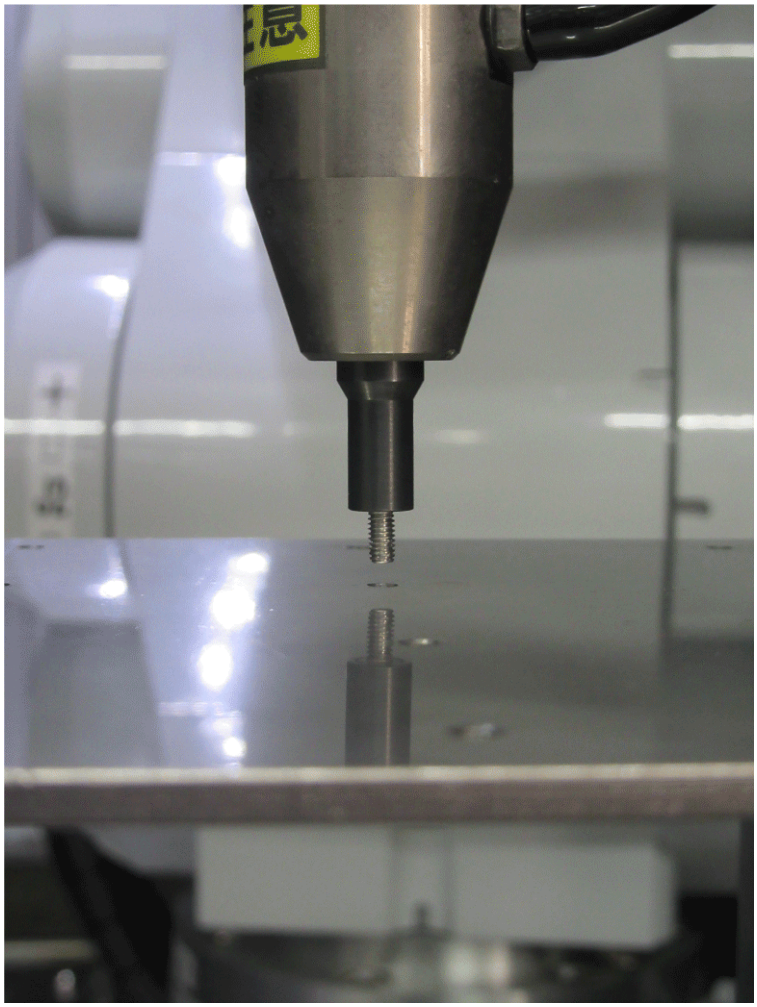



7. [ジョグ移動距離]-[小(S)]ボタンを選択します。
   何回かジョグボタンをクリックし、ロボットを -Z方向に動かし、ネジの先端がネジ穴に接触するまで移動

します。
対象物に接触したとき、力センサーの出力値が変化します。ジョグ移動のタイミングに合わせたモニター値の変動を確認してください。




8. [ジョグ移動距離]-[中(M)]ボタンを選択します。
ネジが非接触状態となるよう、ジョグボタンを2回クリックして、+Z方向に2mmロボットを動かします。



この位置が、シーケンス開始位置、かつ力覚センサーのリセットを行う位置となります。

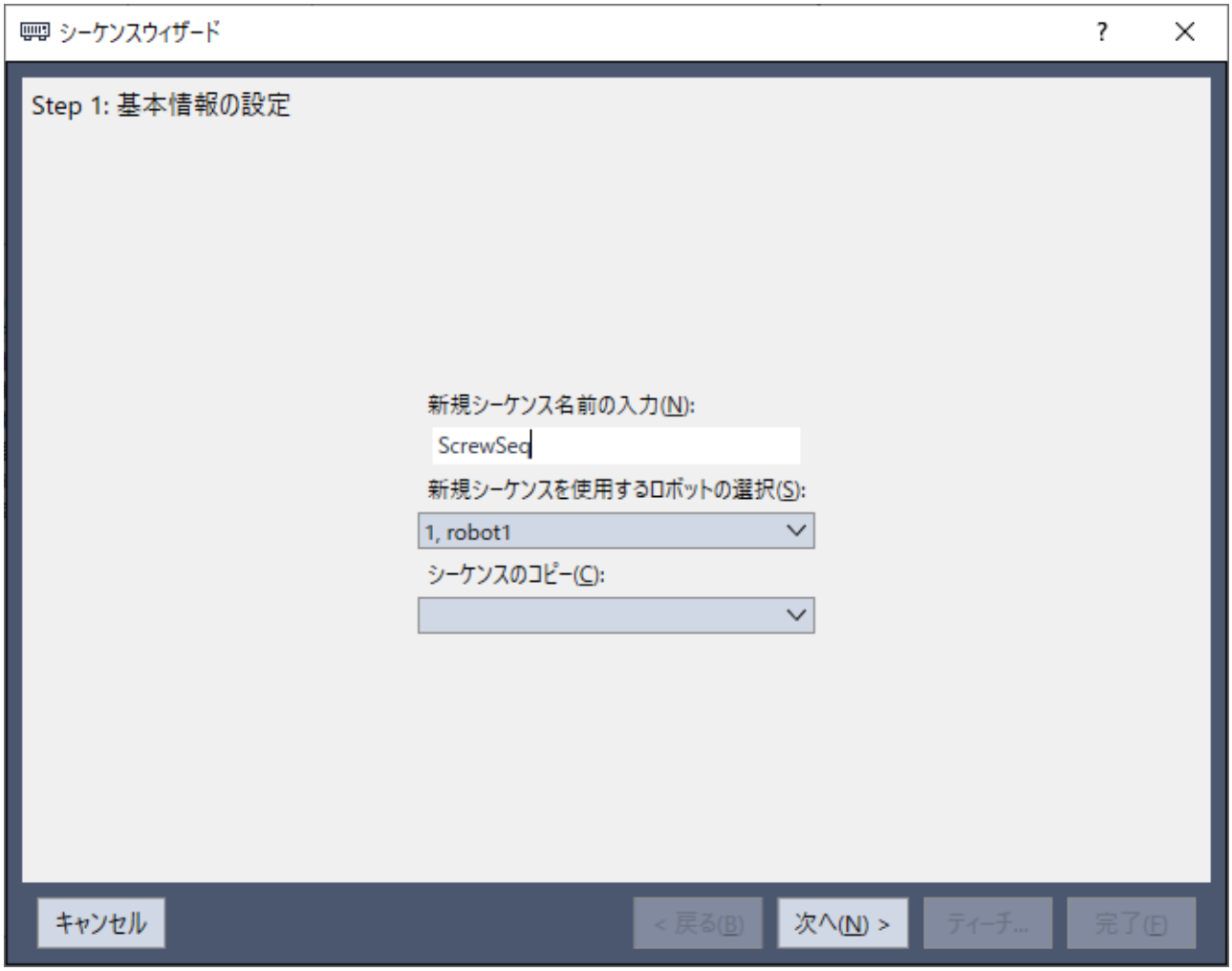
9. [ポイント]で“P1”を選択します。

10. [ポイントラベル]に、“ScrewStart”を入力します。[OK]ボタンをクリックします。
    Epson RC+メニュー-[ファイル]-[全てのファイルを保存]をクリックします。ファイルが保存されます。

### 4.6.3.2.3 シーケンスウィザード

専用フォースガイドシーケンスのネジ締めシーケンスを作成する方法を説明します。

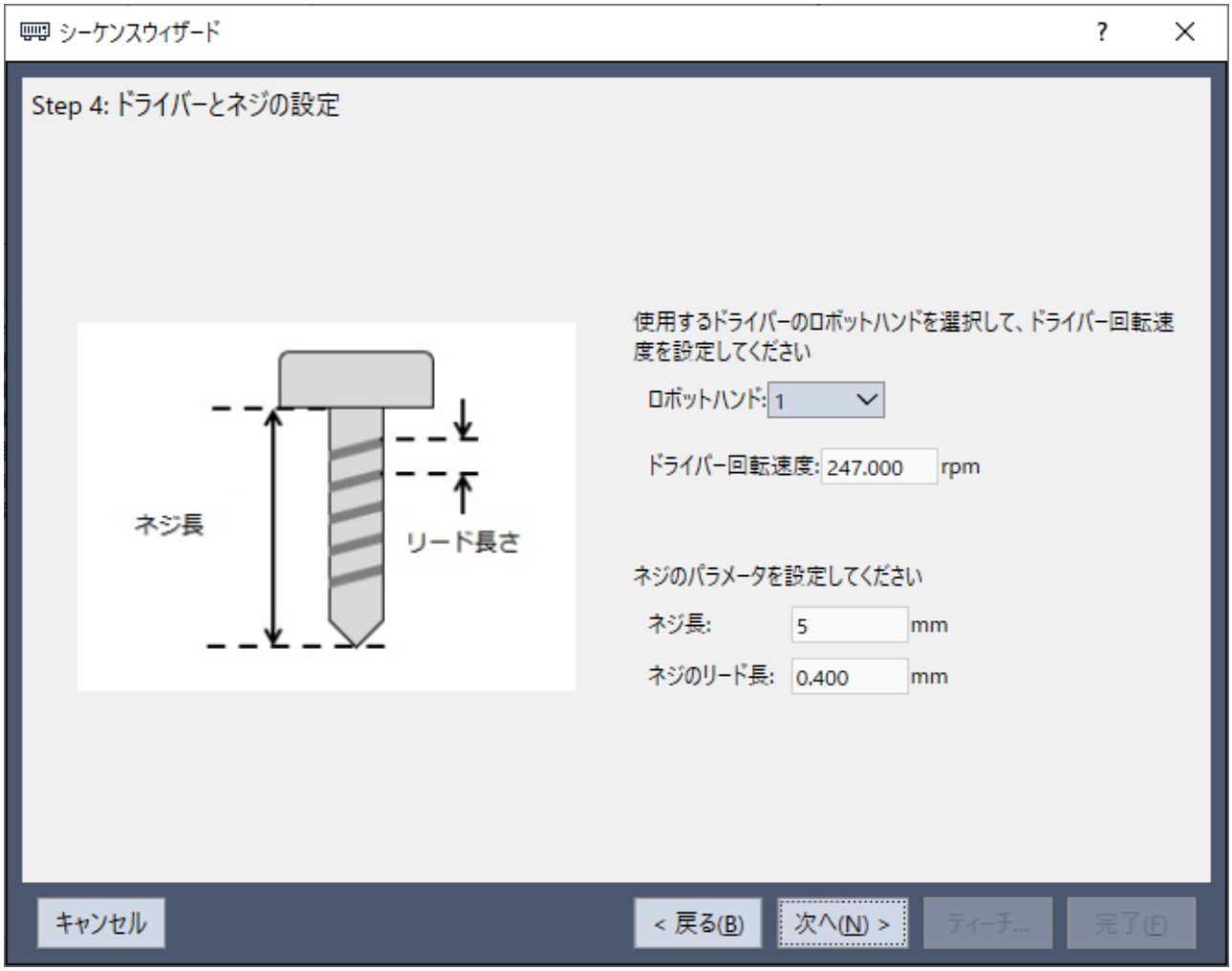
1. [新規シーケンス名前の入力]に、“ScrewSeq”と入力します。[次へ]ボタンをクリックします。



2. [Step 2: シーケンスタイプの選択]ダイアログが表示されます。
   [専用シーケンス]を選択します。
   [次へ]ボタンをクリックします。

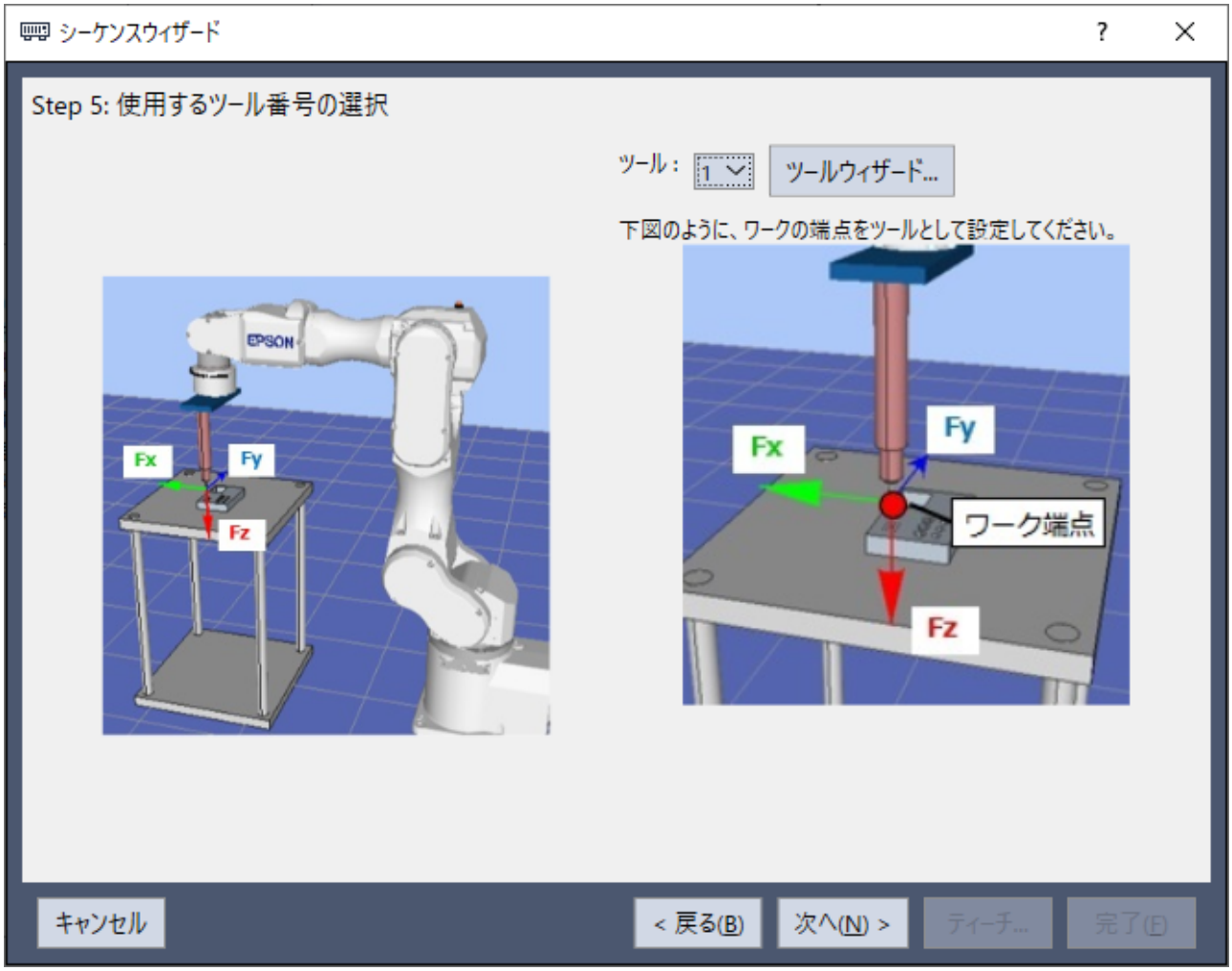
3. [Step 3: 専用シーケンスの選択]ダイアログが表示されます。
   [ネジ締め]を選択します。
   [次へ]ボタンをクリックします。

4. [Step 4: ドライバーとネジの設定]ダイアログが表示されます。下表のプロパティーを変更します。[次へ]ボタンをクリックします。



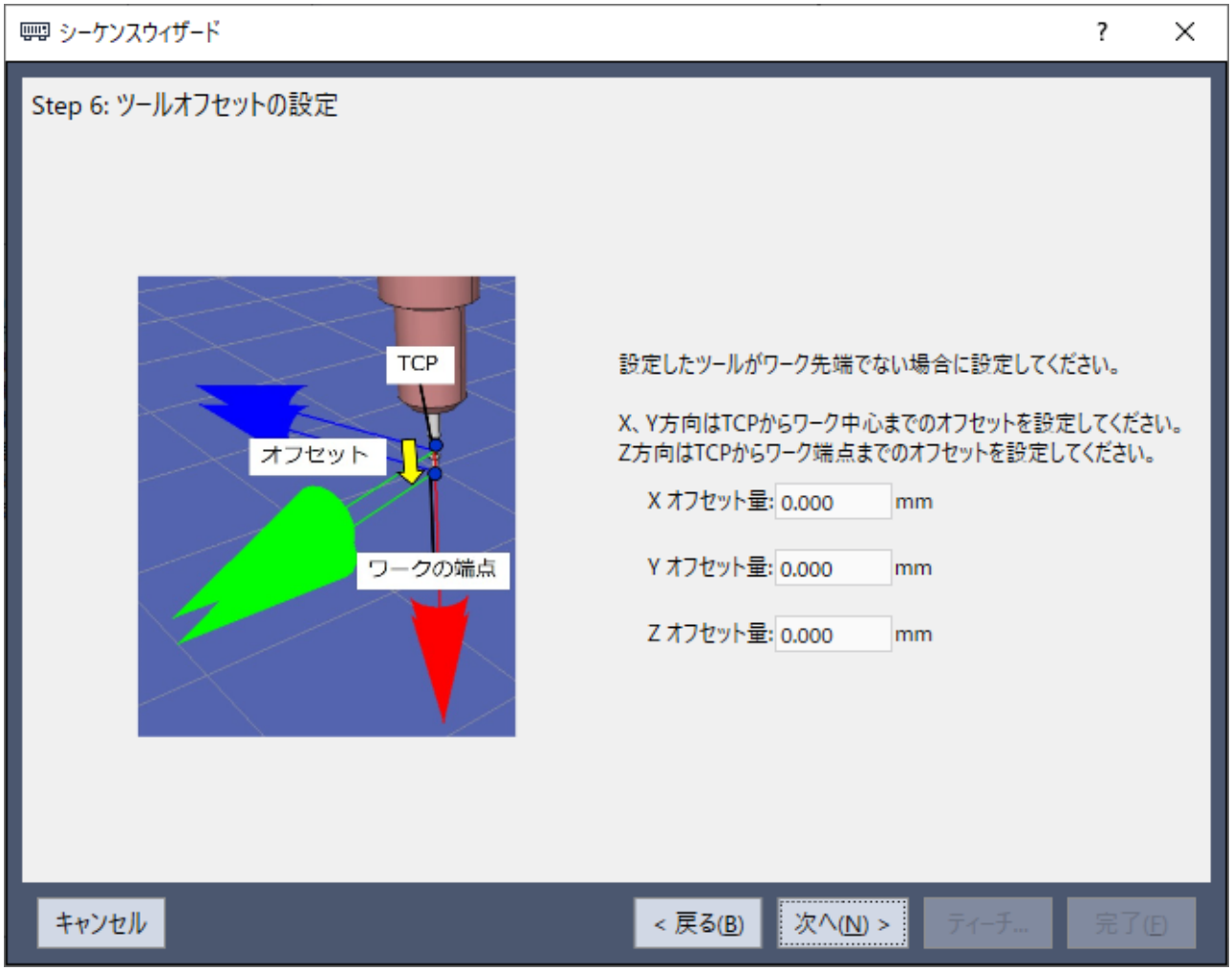

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| ロボットハンド | 1 | このシーケンスで使用するハンド設定番号を指定します。<br>ハンド設定を行った番号には、ハンド番号の後にラベル名が表示されます。 |
| ドライバー回転速度 | 247 | 電動ドライバーの回転速度を設定します。<br>お客様が用意した電動ドライバーの回転速度を設定してください。 |
| ネジ長 | 5 | ネジの長さを設定します。<br>お客様が用意したネジのネジ長を設定してください。 |
| ネジのリード長 | 0.4 | ネジのリード長を設定します。<br>お客様が用意したネジのリード長を設定してください。 |

5. [Step 5: 使用するツール番号の選択]ダイアログが表示されます。下表のプロパティーを変更します。[次へ]ボタンをクリックします。

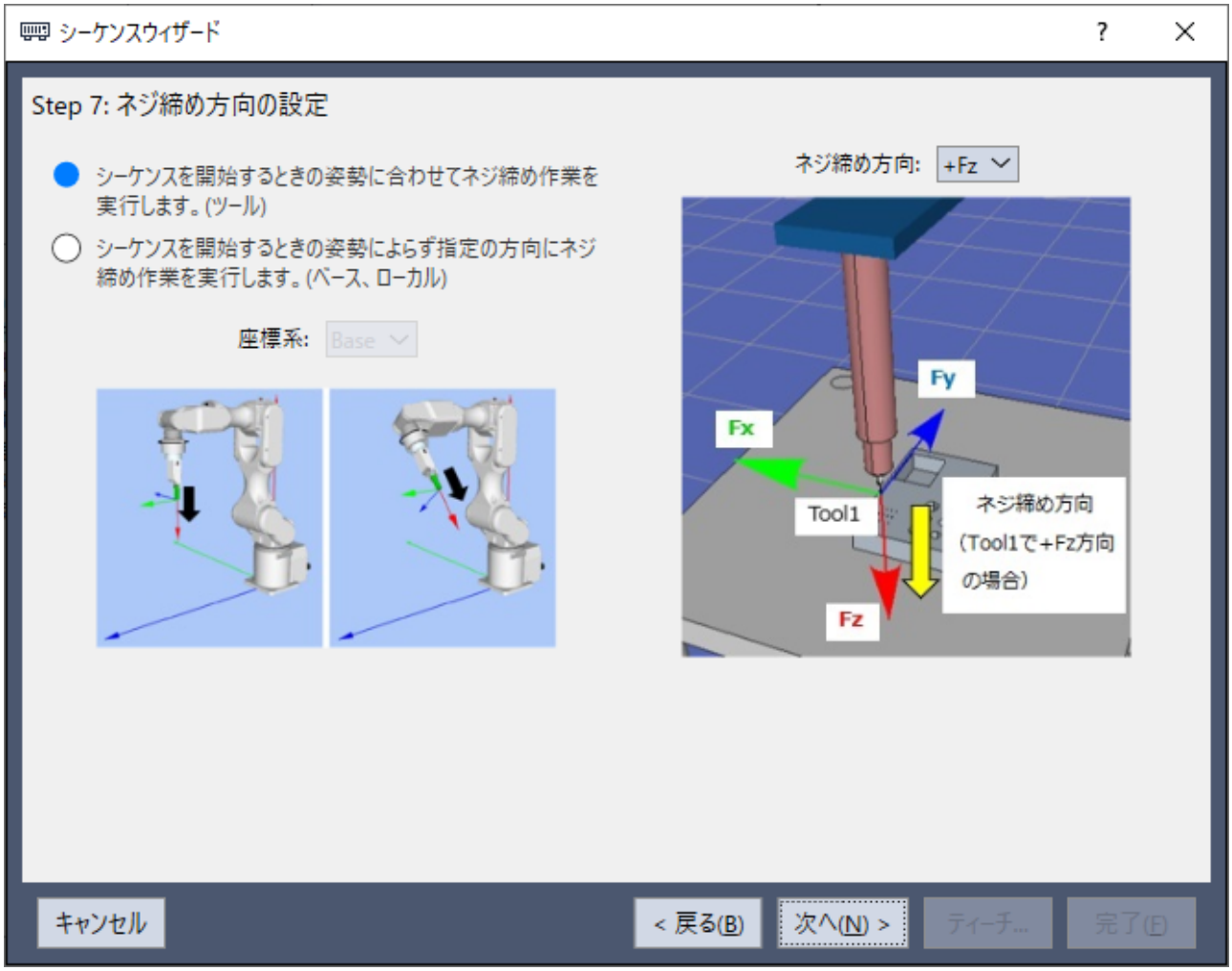



| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| Tool | 1 | このシーケンスで使用するツール番号を指定します。 |

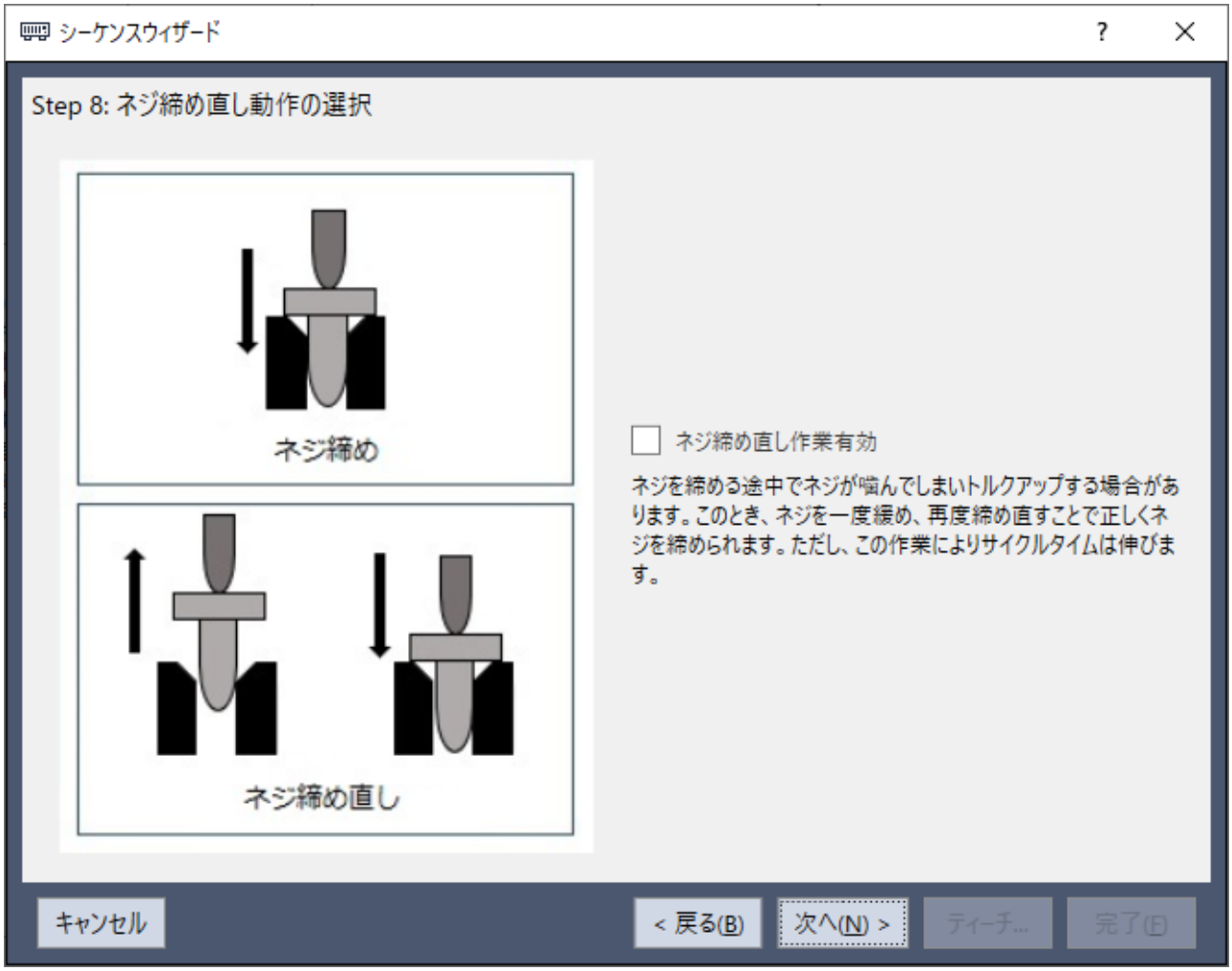
6. [Step 6: ツールオフセットの設定]ダイアログが表示されます。
   ツールオフセットを設定します、初期値のまま変更の必要はありません。
   [次へ]ボタンをクリックします。



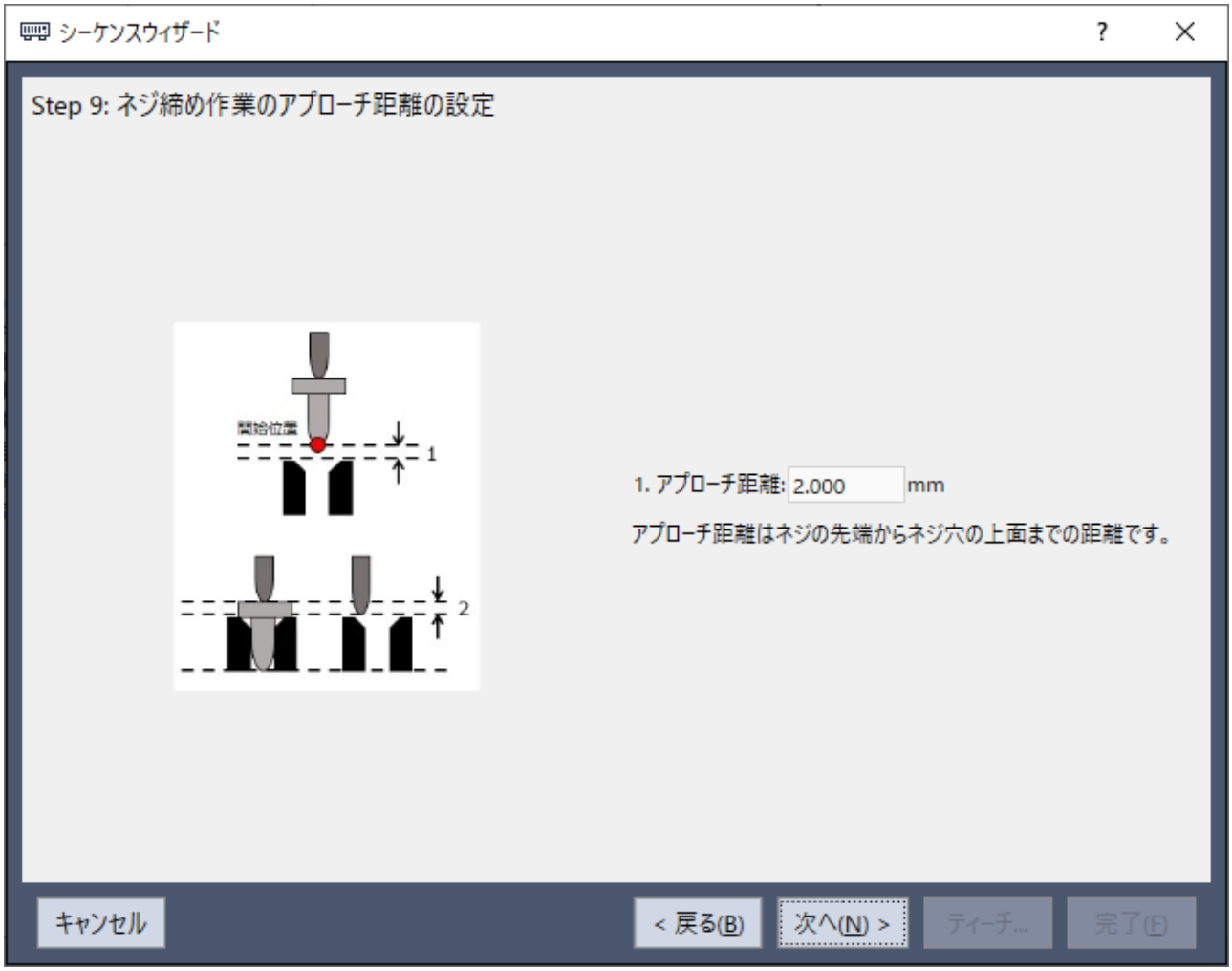
7. [Step 7: ネジ締め方向の設定]ダイアログが表示されます。
   ネジ締め方向はツール座標系で+Fz方向なので、初期値のまま変更の必要はありません。
   [次へ]ボタンをクリックします。



8. [ネジ締め直し動作の選択]ダイアログが表示されます。
   ネジ締め直し動作を有効にするかどうか設定します。ネジ締め直し動作を行わないので、初期値のまま変更の必要はありません。[次へ]ボタンをクリックします。



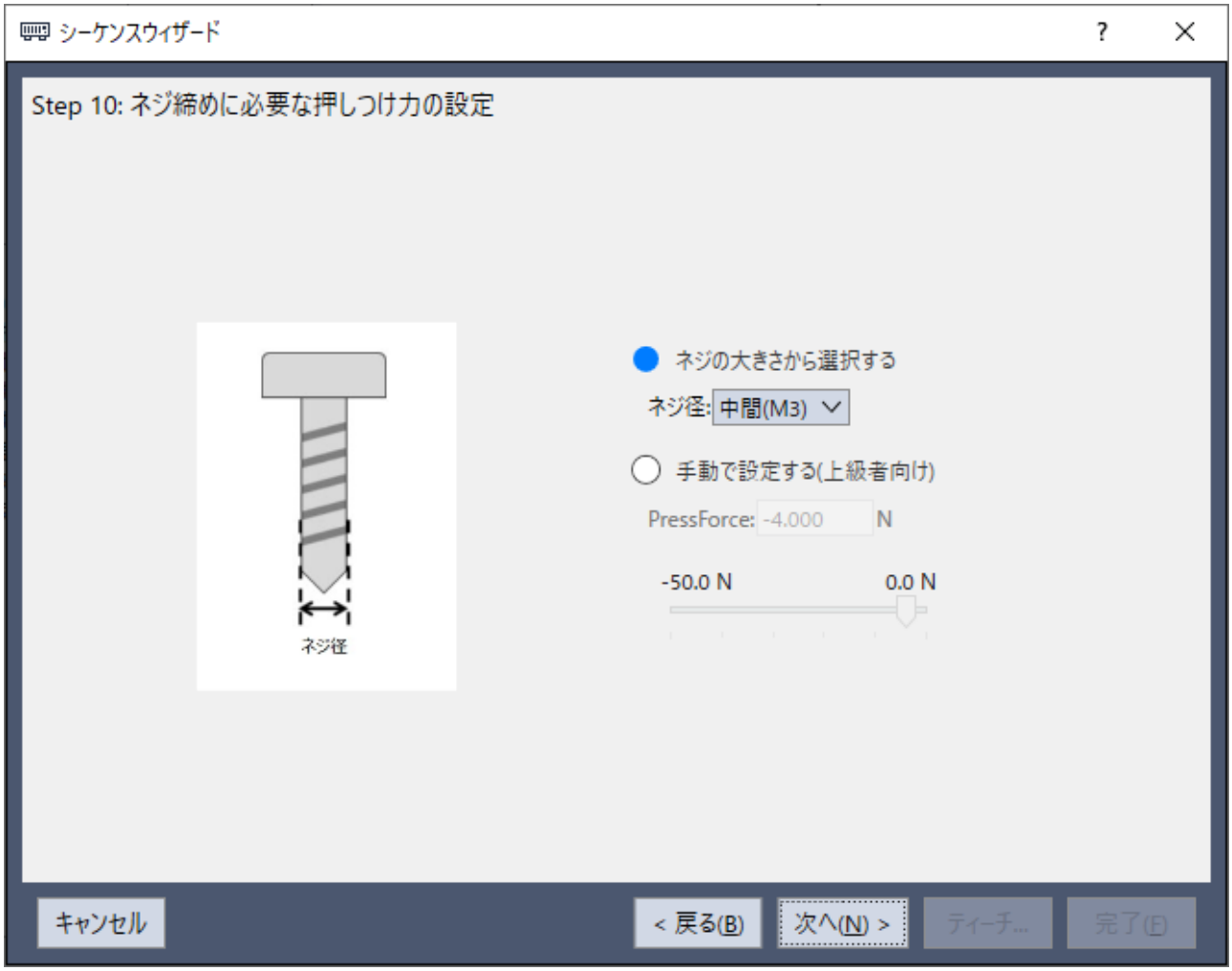
9. [Step 9: ネジ締め作業のアプローチ距離の設定]ダイアログが表示されます。
   下表のプロパティーを変更します。
   [次へ]ボタンをクリックします。




| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| アプローチ距離 | 2 | ネジの先端からネジ穴上面までの距離を設定します。<br>2mmとします。 |

10. [Step 10: ネジ締めに必要な押付け力の設定]ダイアログが表示されます。
    [ネジの大きさから選択する]を選択します。

下表のプロパティーを変更します。
[次へ]ボタンをクリックします。



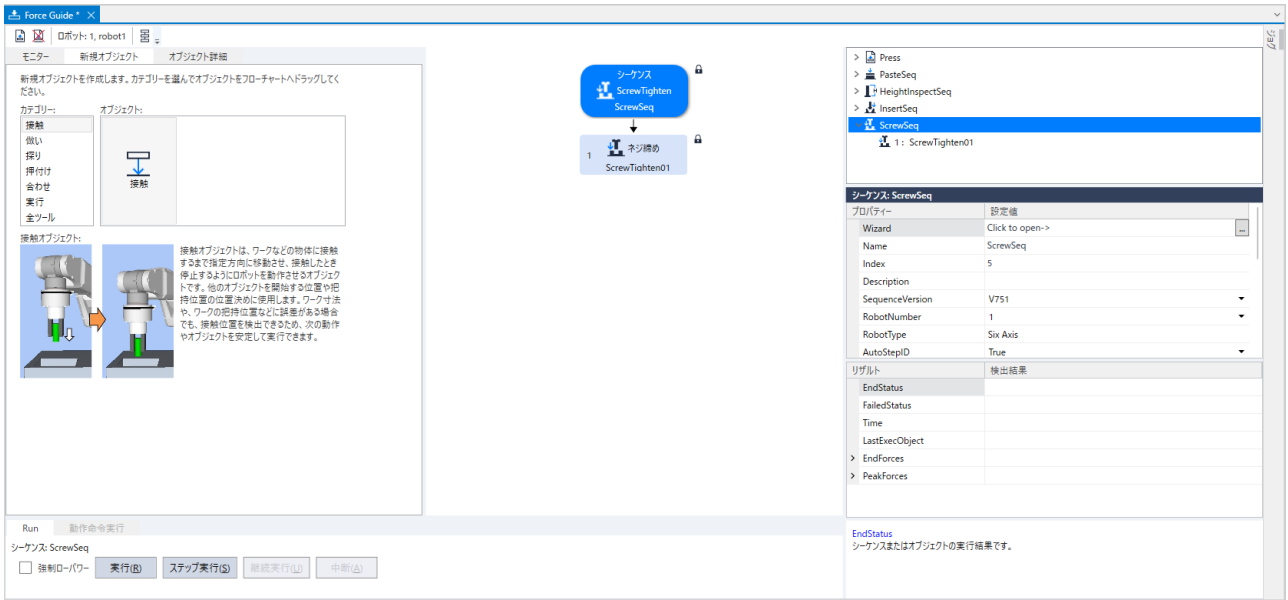

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| ネジの大きさ | 中間(M3) | ネジの大きさから、押付け力を設定します。<br>中間 (M3)を選択した場合の押付け力は<br>-4Nになります。 |

11. [Step 11: ネジの衝撃検知力の設定]ダイアログが表示されます。
    下表のプロパティーを変更します。
    [次へ]ボタンをクリックします。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| ネジ衝突検知力 | -20 | ネジがネジ穴以外に接触して、衝突したと判定する力を設定します。ネジの押付け力より十分大きく設定してください。<br>-20Nとします。<br>お客様のワークが許容する値を設定してください。 |

12. [完了]ダイアログが表示されます。
    [完了]ボタンをクリックします。

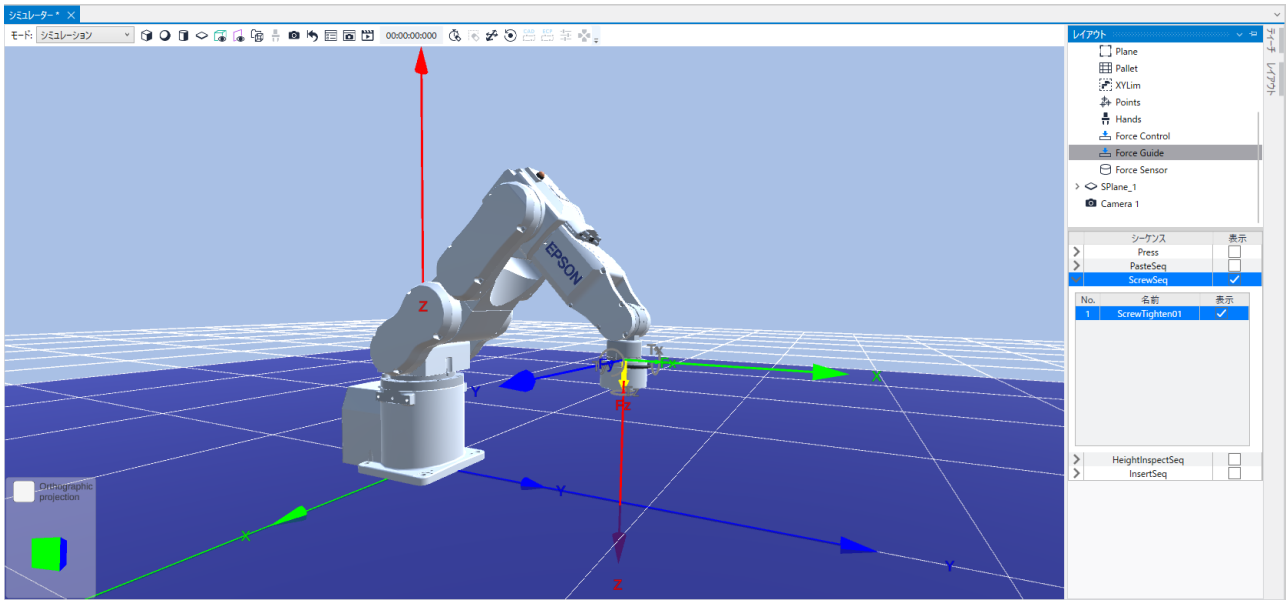
13. [ScrewSeq]シーケンスが作成されていることを確認します。




## 4.6.3.2.4 設定の確認

シミュレーターを使用して、ネジ締め方向などの設定が正しいか確認する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[Simulator]をクリックします。
   [シミュレーター]ウィンドウが表示されます。
2. オブジェクトツリー-[Tool]をクリックします。
   “No.1”-[表示]チェックボックスをチェックします。“ツール1”の矢印が表示されます。
3. オブジェクトツリー-[Force]-[Force Guide]-[ScrewSeq]をクリックします。
   “ScrewTighten01”-[表示]チェックボックスをチェックします。



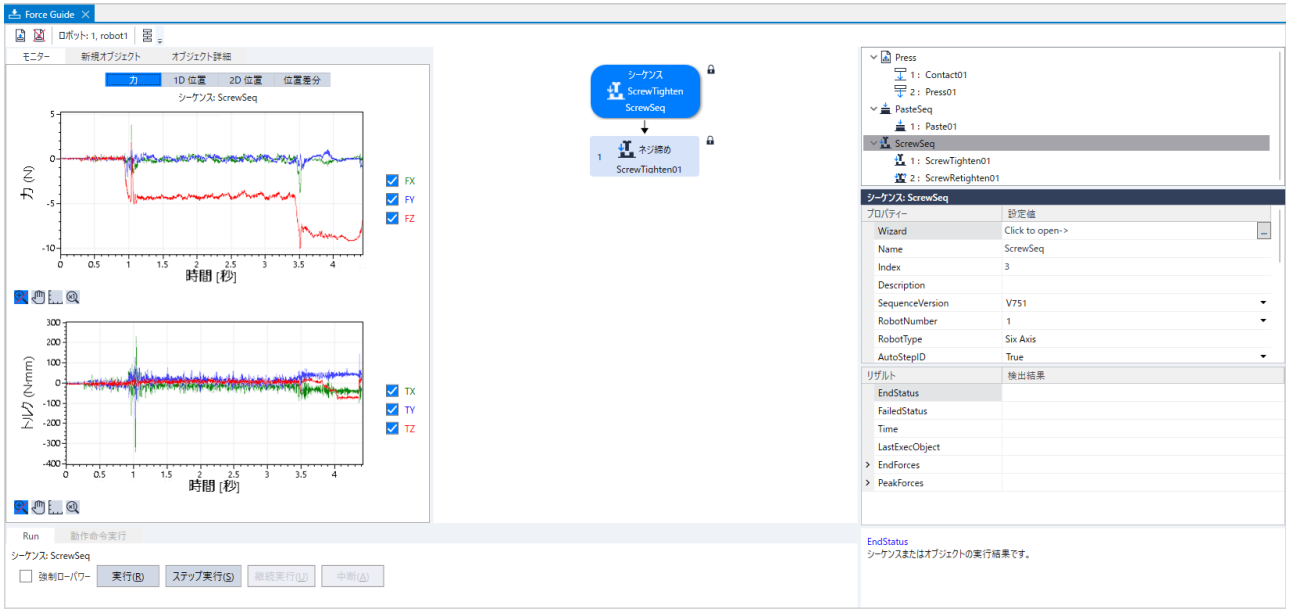

4. 黄色い矢印が表示されている方向が、ネジ締め方向であることを確認してください。

### 4.6.3.2.5 フォースガイダンス機能による実行

作成したネジ締めシーケンスを、Epson RC+で実行する方法を説明します。

1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [ジョグ]タブを選択します。
3. [POWER HIGH]ボタンをクリックします。
   ワークを破損する可能性がある場合は、ローパワーモードで動作させてください。
4. [実行]ボタンをクリックします。
   コンパイルが実行され、ロボットコントローラーにプログラムが送信されます。
   設定に誤りがある場合、エラーが発生します。これまでの設定内容を再確認し、エラーメッセージにしたがってパラメーターを修正してください。

5. 作業が正しく終了すると、フローチャート左上に “ ”が表示され、ネジ締めが完了した状態となります。



## 4.6.3.2.6 非接触状態に戻る

ネジ締めシーケンス完了後、ロボットとワークとの間にかかる力は継続しています。ロボットやエンドエフェクターなどの故障や破損を防ぐため、作業後は、速やかに力が掛らない状態にする必要があります。対象物に力が加わっていないことが明らかな場合は、この手順を省略できます。

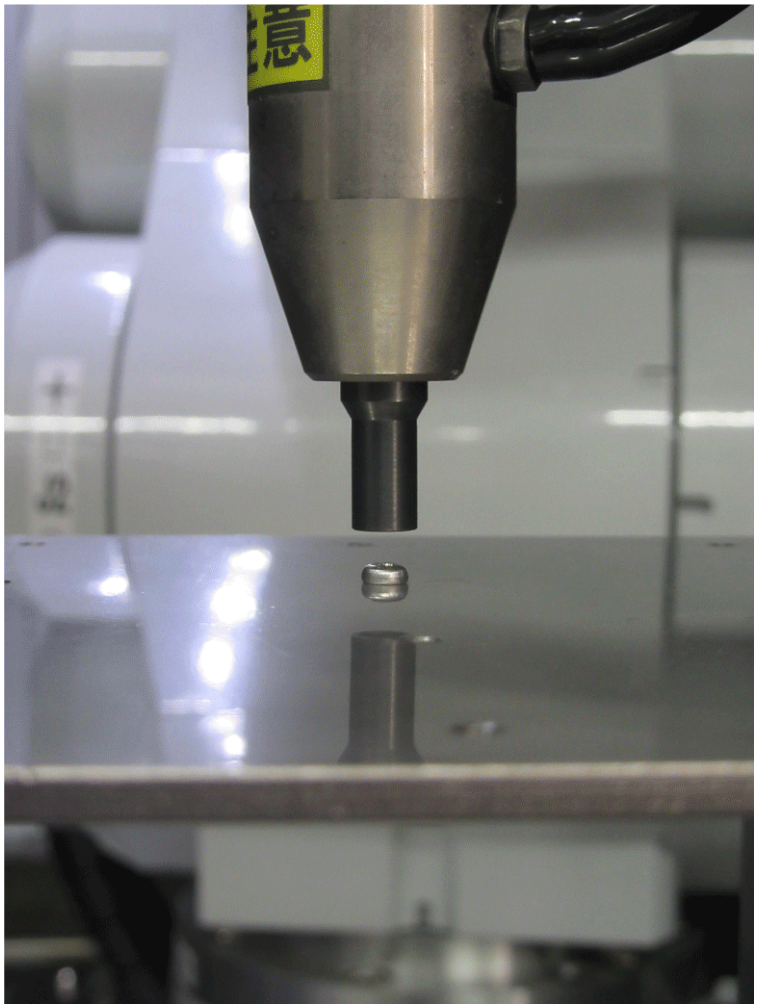
非接触状態にする手順は、以下の方法があります。

- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[ジョグ]グループで、ジョグ動作を手動で行い、ロボットを対象物から離す
- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[動作命令実行]タブを操作して、ロボットを対象物から離す

- Move命令を[コマンドウィンドウ]で実行して、ロボットを対象物から離す
- SPEL関数オブジェクトを、ネジ締めオブジェクトの後に追加し、フォースガイドシーケンスの最後で自動的にロボットを対象物から離す

本項では、[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]-[動作命令実行]タブの操作で、非接触状態にする方法を説明します。

1. [ロボットマネージャー]を表示します。
2. [ジョグ&ティーチ]タブを選択します。
3. [動作命令実行]タブを選択します。
4. [動作コマンド]で“Move”を選択します。
5. [目標位置]で“P1”を選択します。
6. [実行]ボタンをクリックします。
   ロボットは、開始位置 “P1” に移動します。これで、非接触状態となりました。

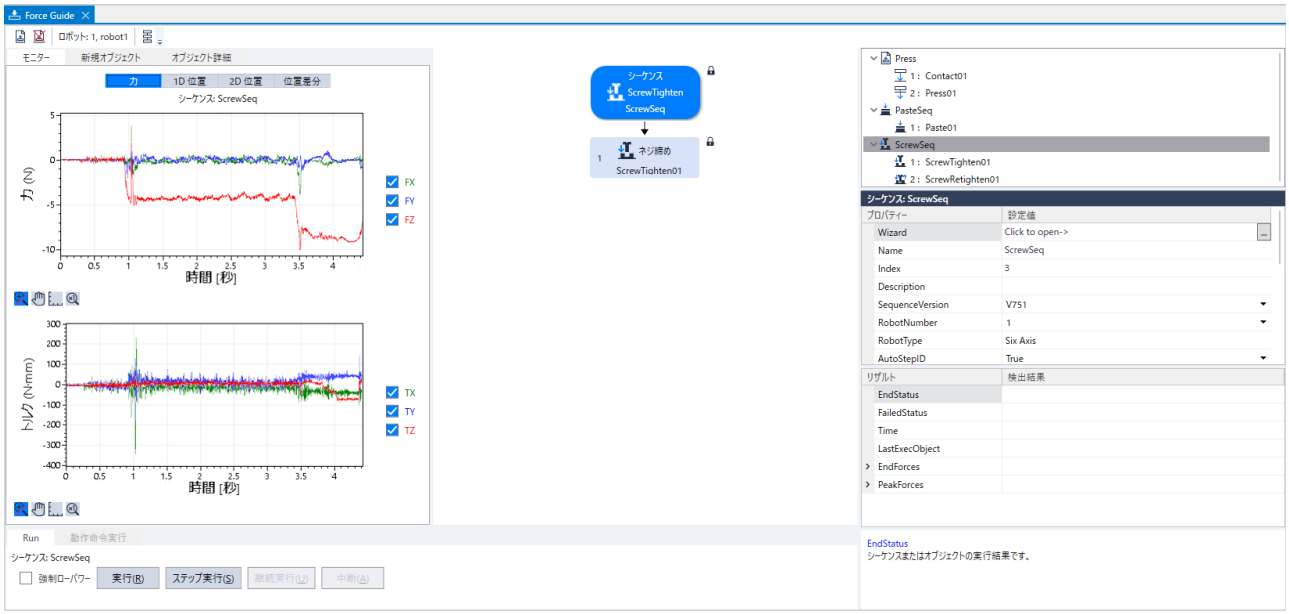


### 4.6.3.2.7 モニターによる動作分析

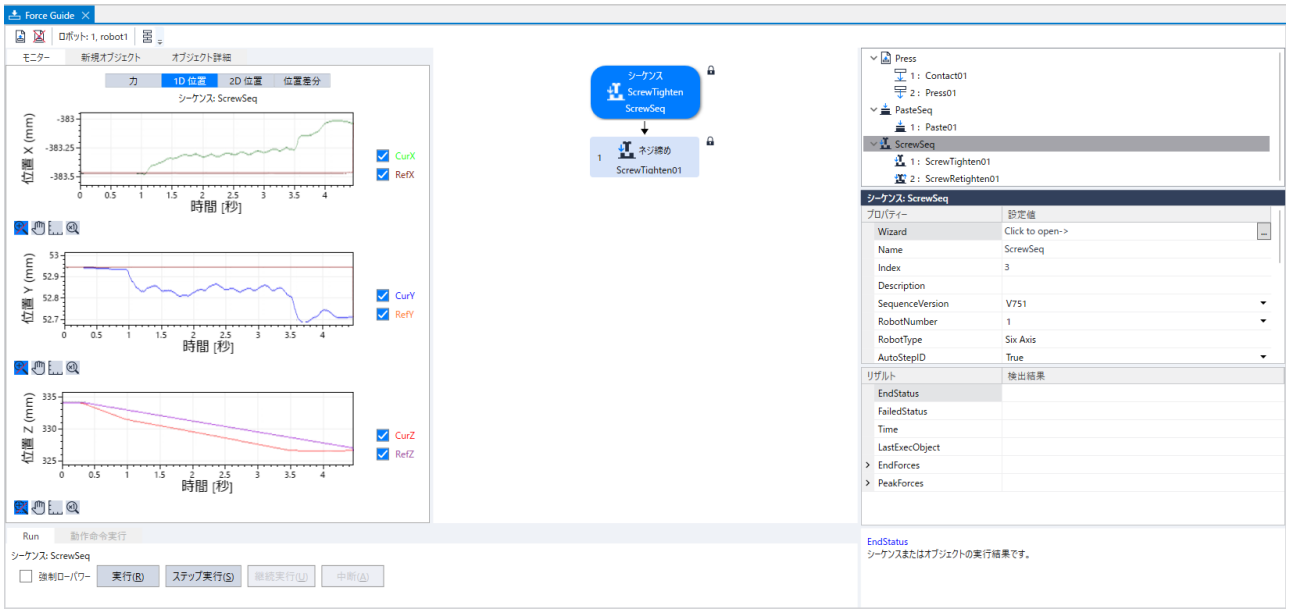
フォースガイドシーケンスの動作結果をEpson RC+で確認する方法を説明します。

1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [ScrewSeq]のシーケンスフローをクリックします。

3. [モニター]タブを選択します。[力]タブを選択します。
   グラフに、[ScrewSeq]シーケンスを実行している間の力や、位置が表示されます。

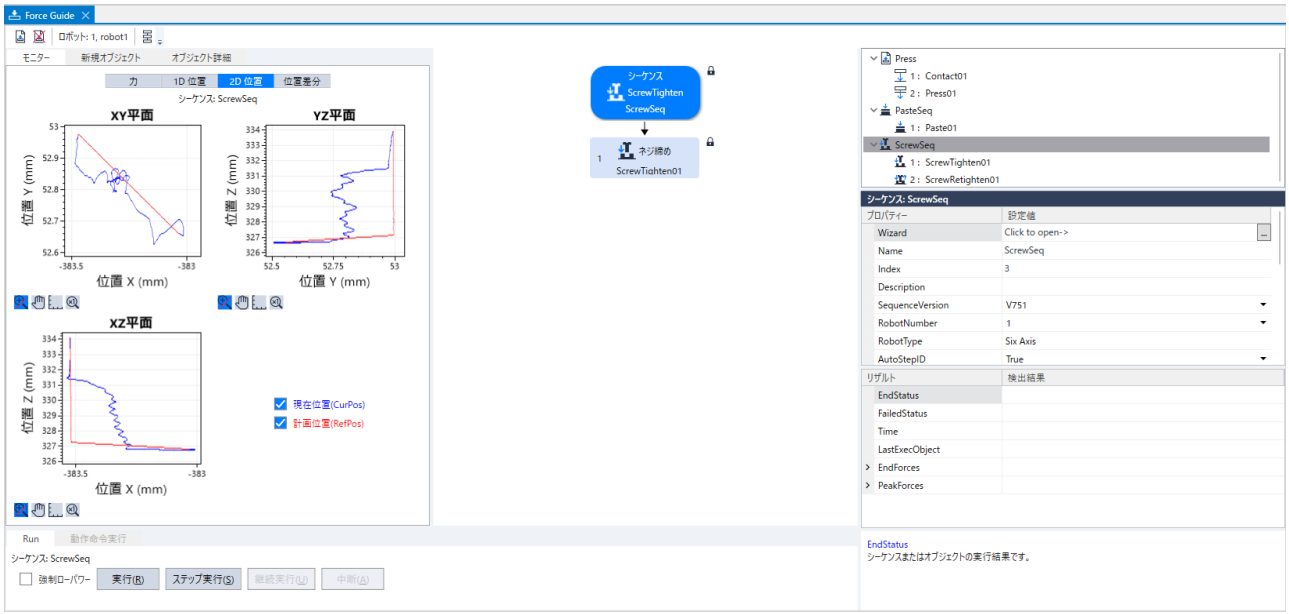



4. [1D位置]タブを選択します。
   解析用のグラフが表示されます。(横軸: 時間, 縦軸: 位置)
   位置Zのグラフを見ると、CurZ (現在の位置)が、約7mm下がっています。これは、アプローチ距離2mmとねじ長5mm分、ねじの挿入方向に進んでいることを示しています。

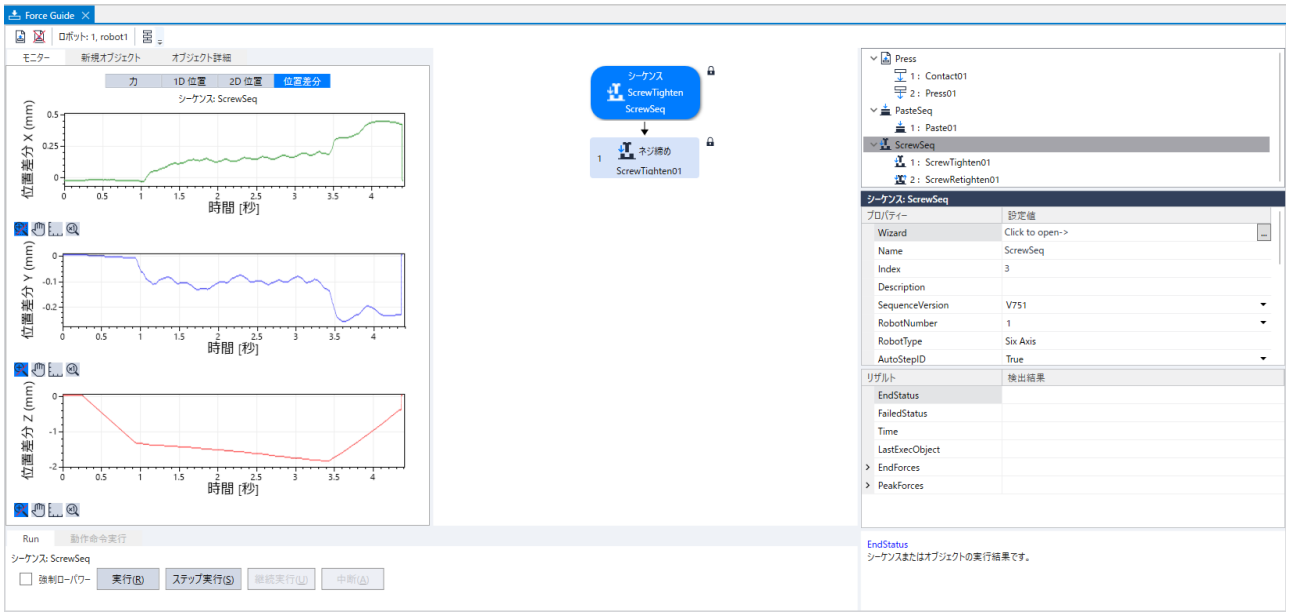



5. [2D位置]タブを選択します。
   解析用のグラフが表示されます。(縦軸, 横軸: 位置)

[1D位置]タブで確認したことを、各平面に投影したグラフとして確認できます。
縦軸と横軸のスケールの違いに注意して確認してください。




6. [位置差分]タブを選択します。
力制御によるシフト分を相対的な位置変化として記録しています。
[1D位置]タブのグラフとは、異なります。




7. グラフの表示単位などを変更し、力や位置の変化の状態を確認してみましょう。

正しくネジ締めされなかった場合、設定が間違っている可能性があります。下記を参考に、本チュートリアルの手順を再度確認してください。

- 押付力の向きは正しいか
- 開始位置が穴から大きくずれていないか
- アプローチ距離の設定が正しいか
- ドライバー回転速度と、ネジ長とリード長の設定が正しいか

### 4.6.3.2.8 発展課題

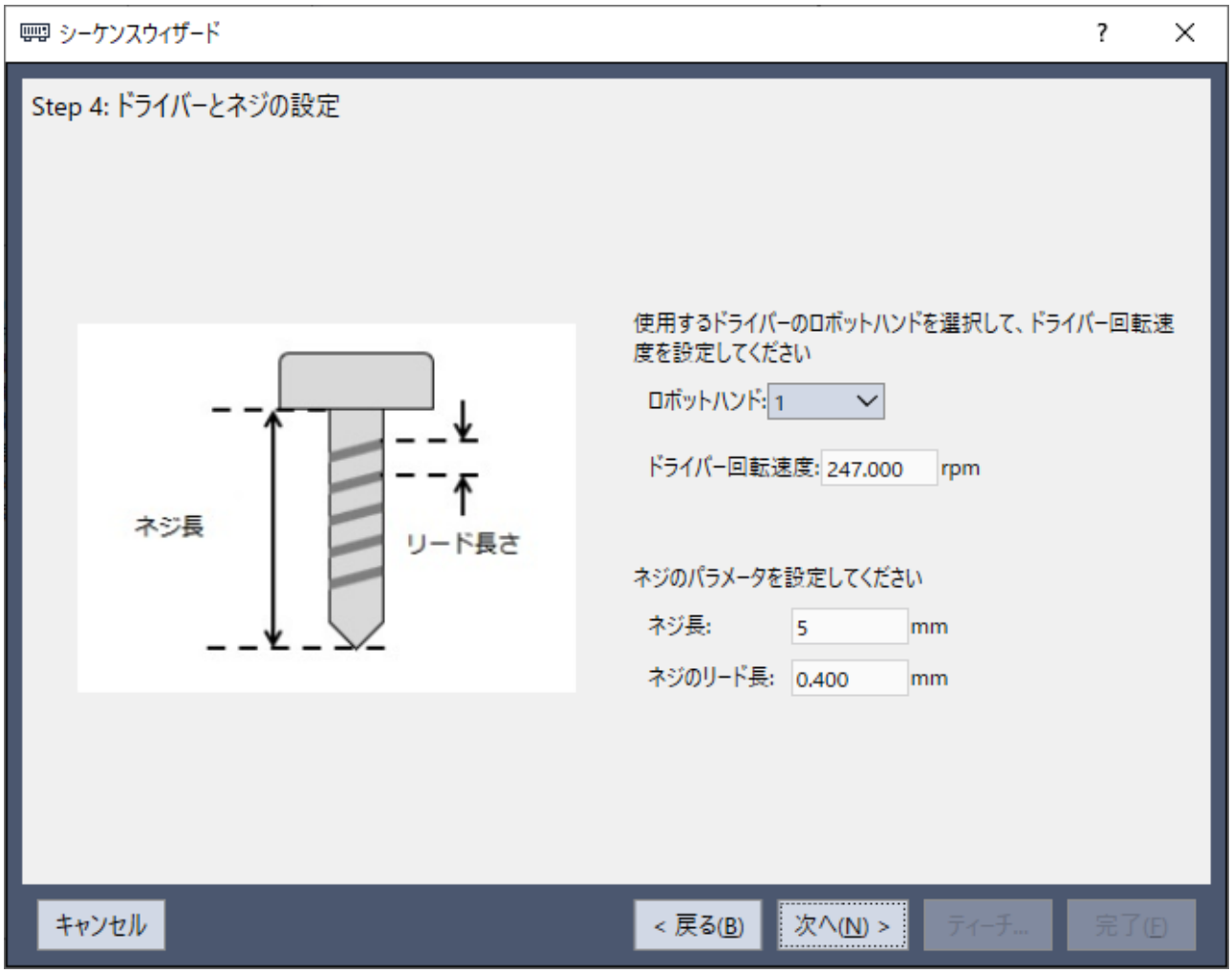
次の操作を実際に行ってみましょう。
ネジ締めシーケンスの位置の終了条件は、“ネジ締めオブジェクト開始からの位置が「アプローチ距離+ネジ長±1mm」の内にいるか” がデフォルト設定です。

この条件ではネジ締め途中でネジが噛んでしまい、正しくネジ締めされていないにもかかわらず、ネジ締めが成功したと判定されてしまう可能性があります。
対策として、位置の終了条件をきつくして、終了条件を満たさなかった場合にネジを一度緩めて再度締める動作を追加します。

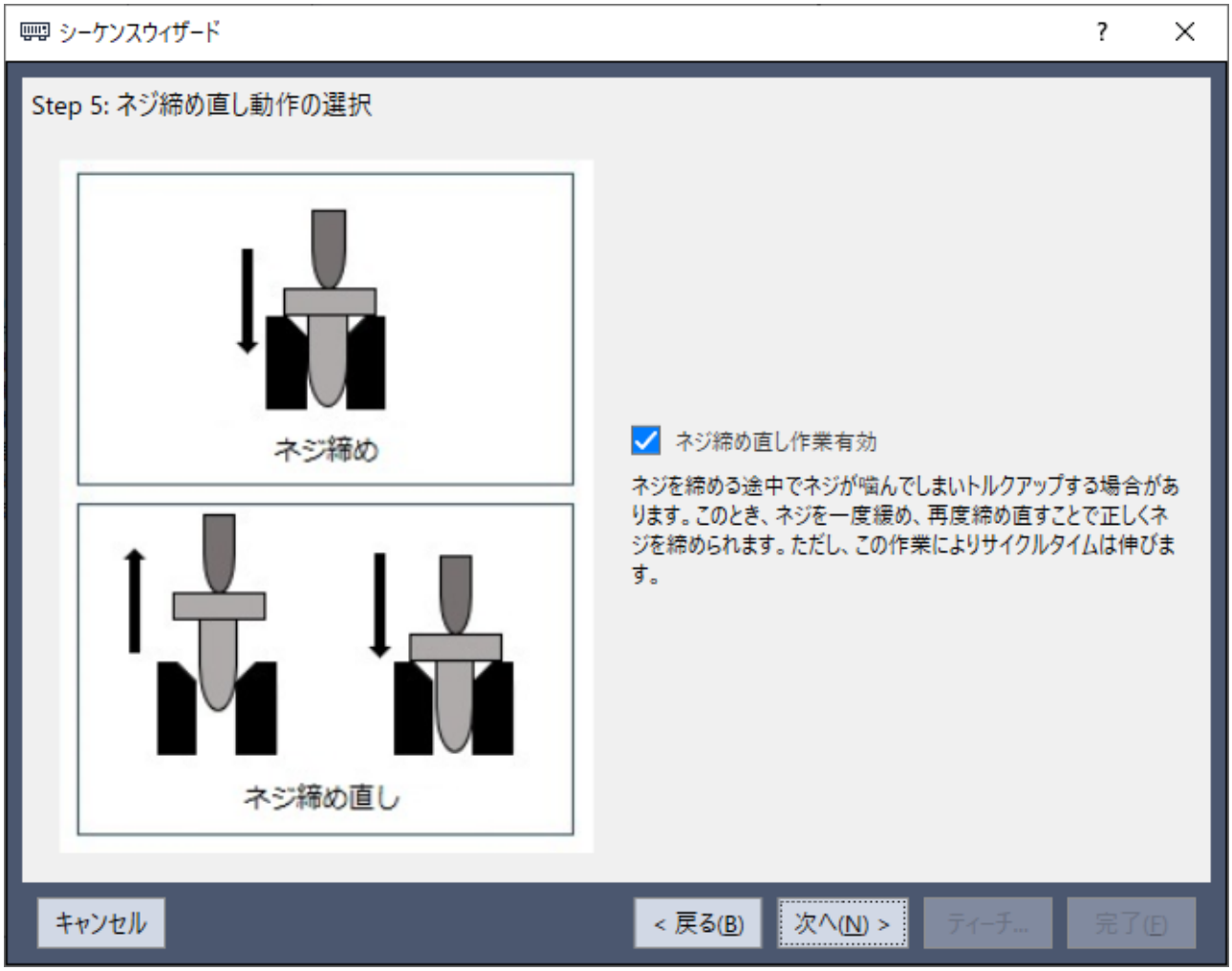
1. 下記のように[ScrewTighten01]プロパティーを変更します。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| DistCheckTol | 0.1 | 動作開始位置から移動した距離の成功条件となる範囲を指定します。<br>成功条件の範囲を“アプローチ距離+ネジ長±0.1mm”とします。 |

2. フローチャートの[シーケンスScrewTighten]を右クリックし、[シーケンスウィザード]をクリックします。
ネジ締めシーケンスウィザードが表示されます。



3. 設定を変更せずに、[ネジ締め直し動作の選択]ダイアログが表示されるまで[次へ]ボタンをクリックします。[ネジ締め直し作業有効]チェックボックスをチェックします。

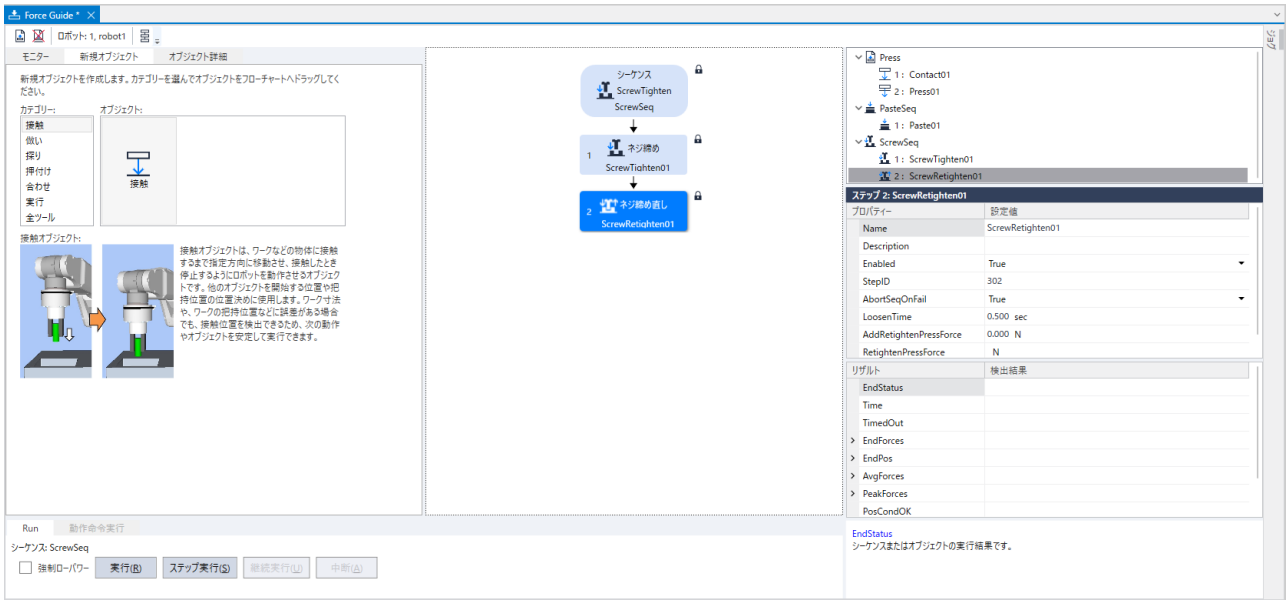


4. [ネジ締め直し作業の設定]ダイアログが表示されるまで[次へ]ボタンをクリックします。
   下表のプロパティーを変更します。
   [次へ]ボタンをクリックします。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| ネジを緩める時間 | 0.5 | ネジを緩める時間を設定します。<br>0.5secとします。 |
| ネジ締め直し追加力 | 0 | ネジを締め直すときに追加する押付け力を設定します。<br>0 Nとします。 |

5. [Step10: 変更一覧]ダイアログが表示されます。
   [完了]ボタンをクリックします。

6. [ScrewRetighten01]オブジェクトが追加されていることを確認します。




7. 作成したシーケンスを実行してみましょう。

これで、ネジ締めシーケンスのチュートリアルを終わります。

### 4.6.3.3 高さ検査シーケンス

専用フォースガイドシーケンスの高さ検査シーケンスを使って、高さ検査を行う方法を説明します。
本チュートリアルでは、ロボットが検査対象物に接触したときの位置を検査する場合の検査方法を説明します。
ワークは、お客様が準備してください。誤った設定により、ワークなどが破損する場合があります。破損しても問題がないワークなどを準備し、本チュートリアルを進めてください。
ワークの配置や検査方向は、下記の写真と同様としてください。

⚠ 注意

本チュートリアルで説明するパラメーターは参考値です。

比較的安定的なパラメーターを使用していますが、動作環境によっては作業が成功しない場合や、振動的な動作をする場合があります。また、パラメーターの調整が必要な場合があります。注意してください。

説明のため、低速で安定的なパラメーターを使用しています。より高速な動作をする場合も、パラメーターの調整が必要になります。

#### 4.6.3.3.1 ツール設定の確認

ツール設定の方法を説明します。
高さ検査シーケンスでは、実際の検査方向と、現在のツール設定の対応を意識する必要があります。

1. ノギスなどを使用して、J6フランジ面から、高さ検査を行う際の取り付けられたワークの接触位置までの距離を測定します。

[コマンドウィンドウ]で下記を実行します。
“Length”は、手順(1) で測定した値を入力してください。

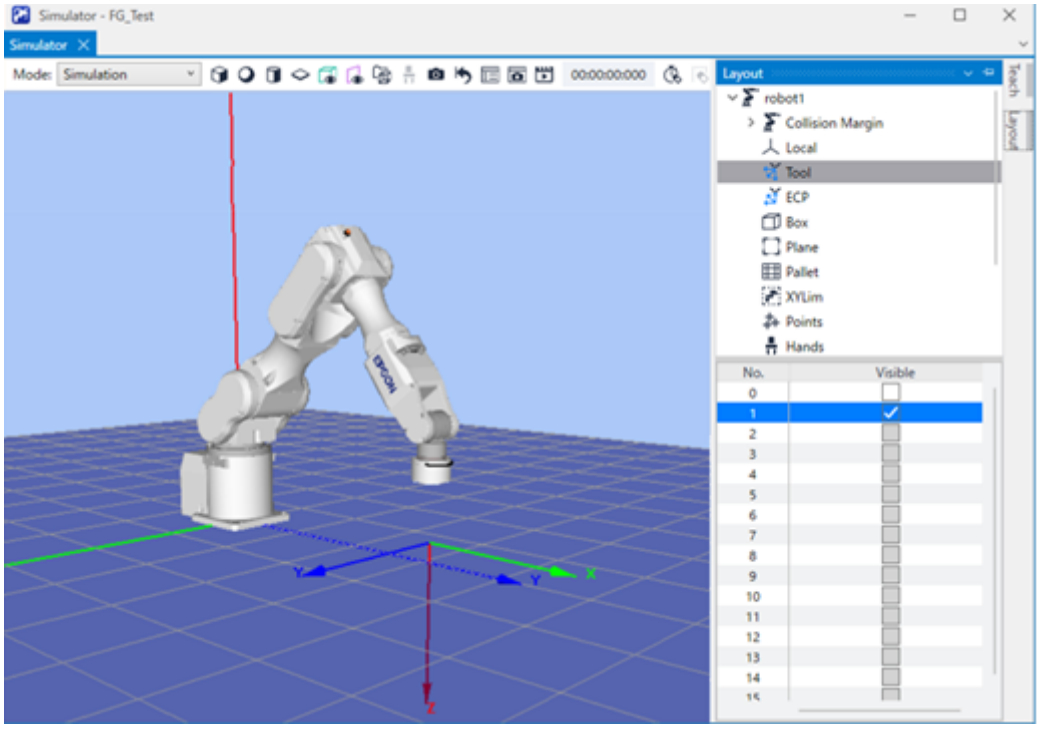
```
> Tlset 1,XY(0,0,Length,0,0,0)
```

2. Epson RC+ メニュー-[ツール]-[Simulator]を選択します。[シミュレーター]ウィンドウが表示されます。

3. オブジェクトツリー-[マニピュレーター名]-[Tool]を選択します。

4. “No.1”-[表示]チェックボックスをチェックします。

5. [シミュレーター]ウィンドウの表示と、実際のロボットと比較し、ツール設定が合っていることを確認します。




[シミュレーター]ウィンドウの表示から、ツールの+Z方向に対して高さ検査することが分かりました。

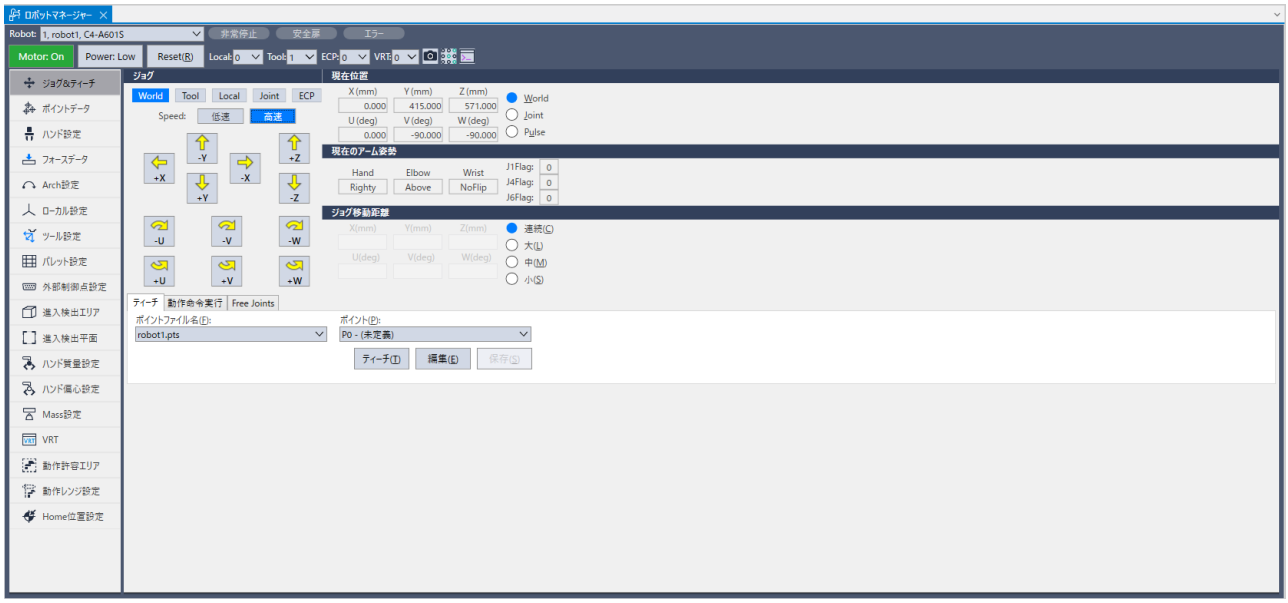
### 4.6.3.3.2 位置の教示

高さ検査シーケンスのシーケンス開始位置を教示する方法を説明します。

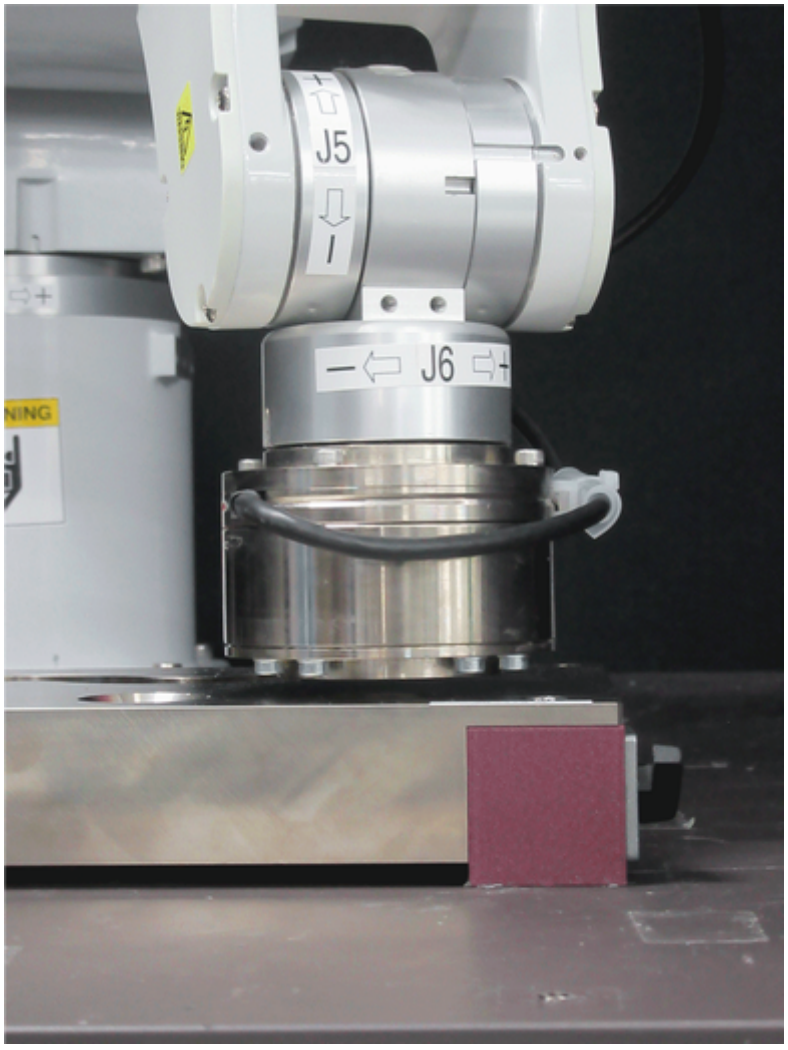
1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。
[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。

2. [ジョグ&ティーチ]を選択し、パネルを表示します。

3. [Tool]で“1”を選択します。




4. ジョグボタンをクリックし、検査対象物との接触位置から3mm程度上空にロボットを移動させます。

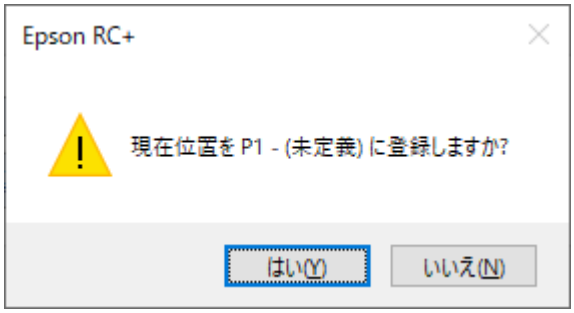



必要に応じて、コマンドウィンドウで下記コマンドを実行します。

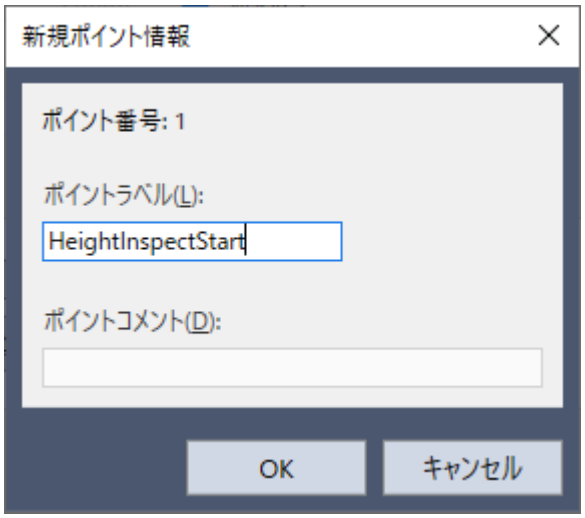
```
> Go Align(Here)
```

現在位置を基準にBase座標系に対して平行な姿勢になります。向かい合わせた状態に移動することが簡単になります。
詳細は、下記マニュアルを参照してください。Epson RC+ SPEL+ ランゲージリファレンス Align関数

5. [ポイント]で“P1”を選択します。
6. [ティーチ]ボタンをクリックします。
   次のメッセージが表示されます。
   メッセージを確認し、[はい]ボタンをクリックします。




7. [新規ポイント情報]ダイアログが表示されます。
   [ポイントラベル]に、“HeightInspectStart”を入力し、[OK]ボタンをクリックします。

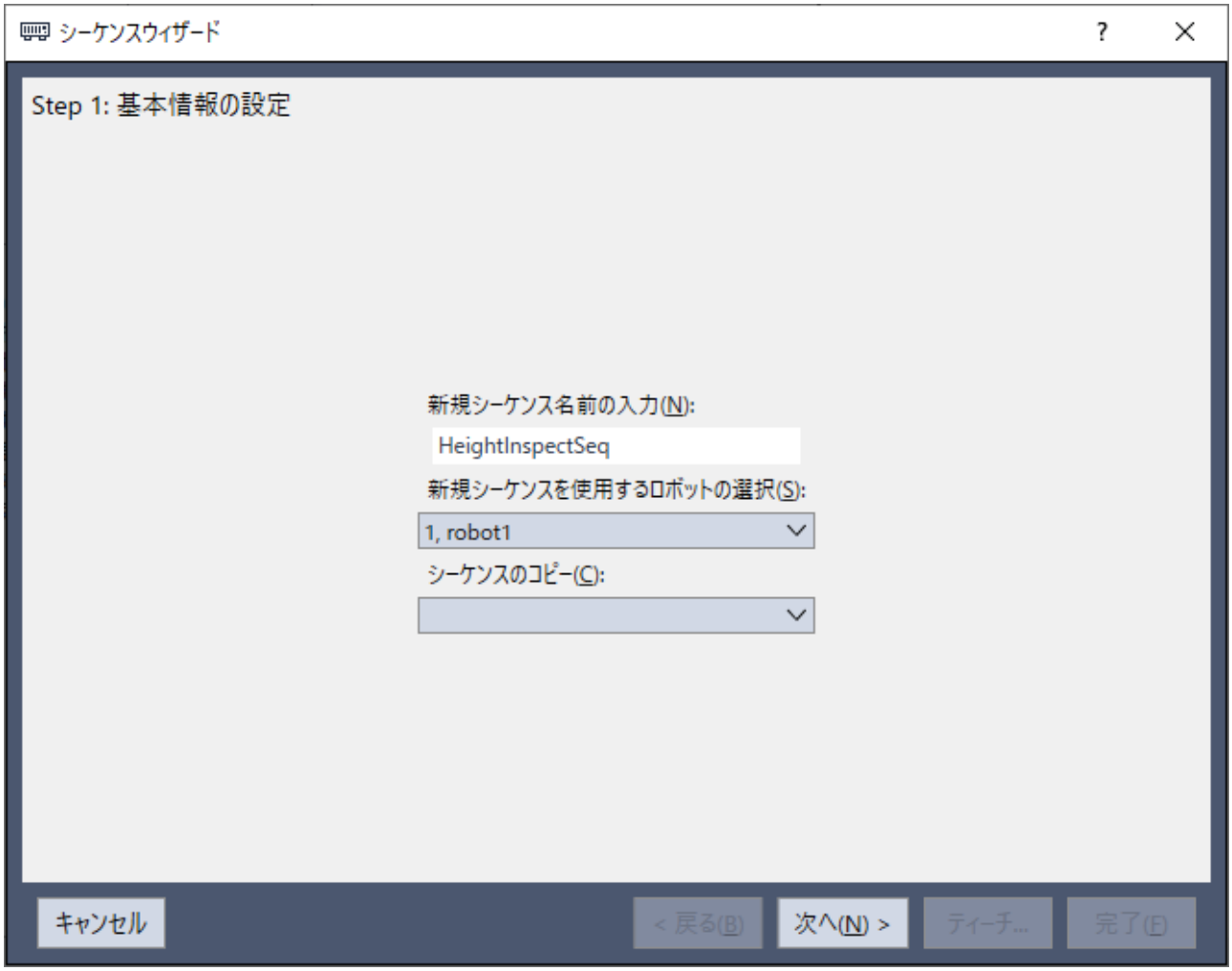



8. Epson RC+メニュー-[ファイル]-[全てのファイルを保存]をクリックします。
   設定した内容が、ファイルに保存されます。

### 4.6.3.3.3 シーケンスウィザード

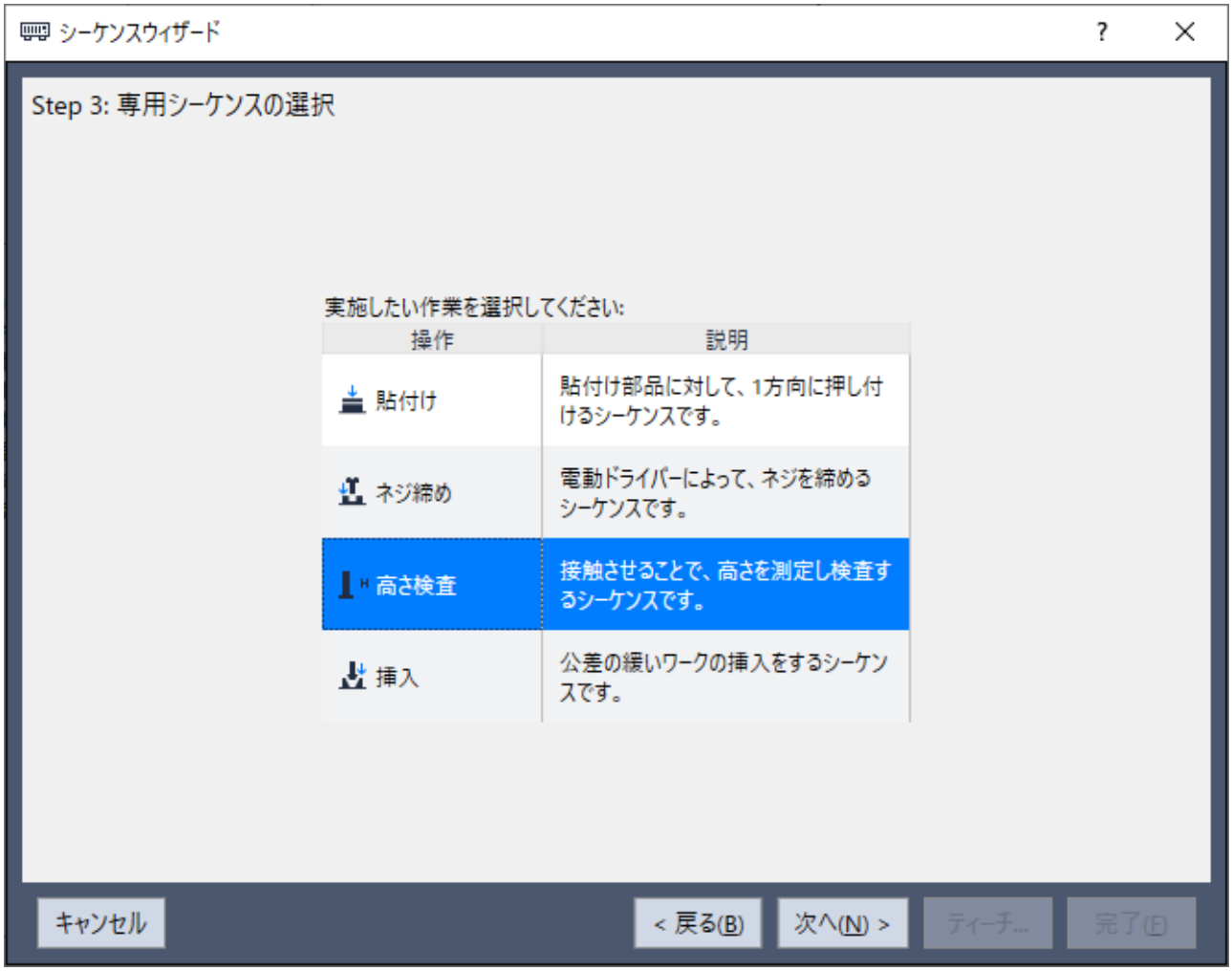
専用フォースガイドシーケンスの高さ検査シーケンスを作成する方法を説明します。

1. [新規シーケンス名前の入力]に、“HeightInspectSeq”と入力します。
   [次へ]ボタンをクリックします。



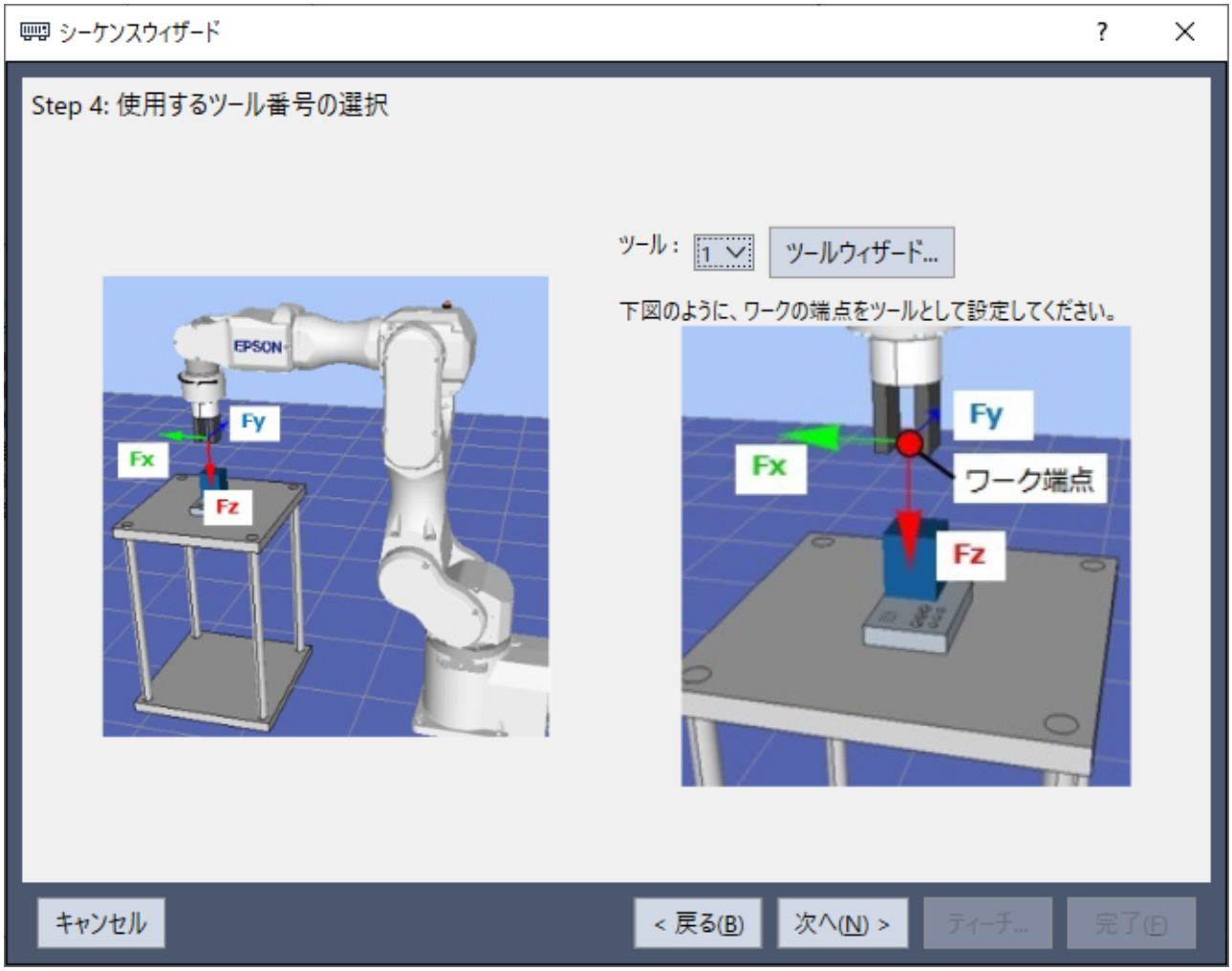
2. [Step 2: シーケンスタイプの選択]ダイアログが表示されます。
   [専用シーケンス]を選択します。[次へ]ボタンをクリックします。

3. [Step 3: 専用シーケンスの選択]ダイアログが表示されます。
   [高さ検査]を選択します。
   [次へ]ボタンをクリックします。



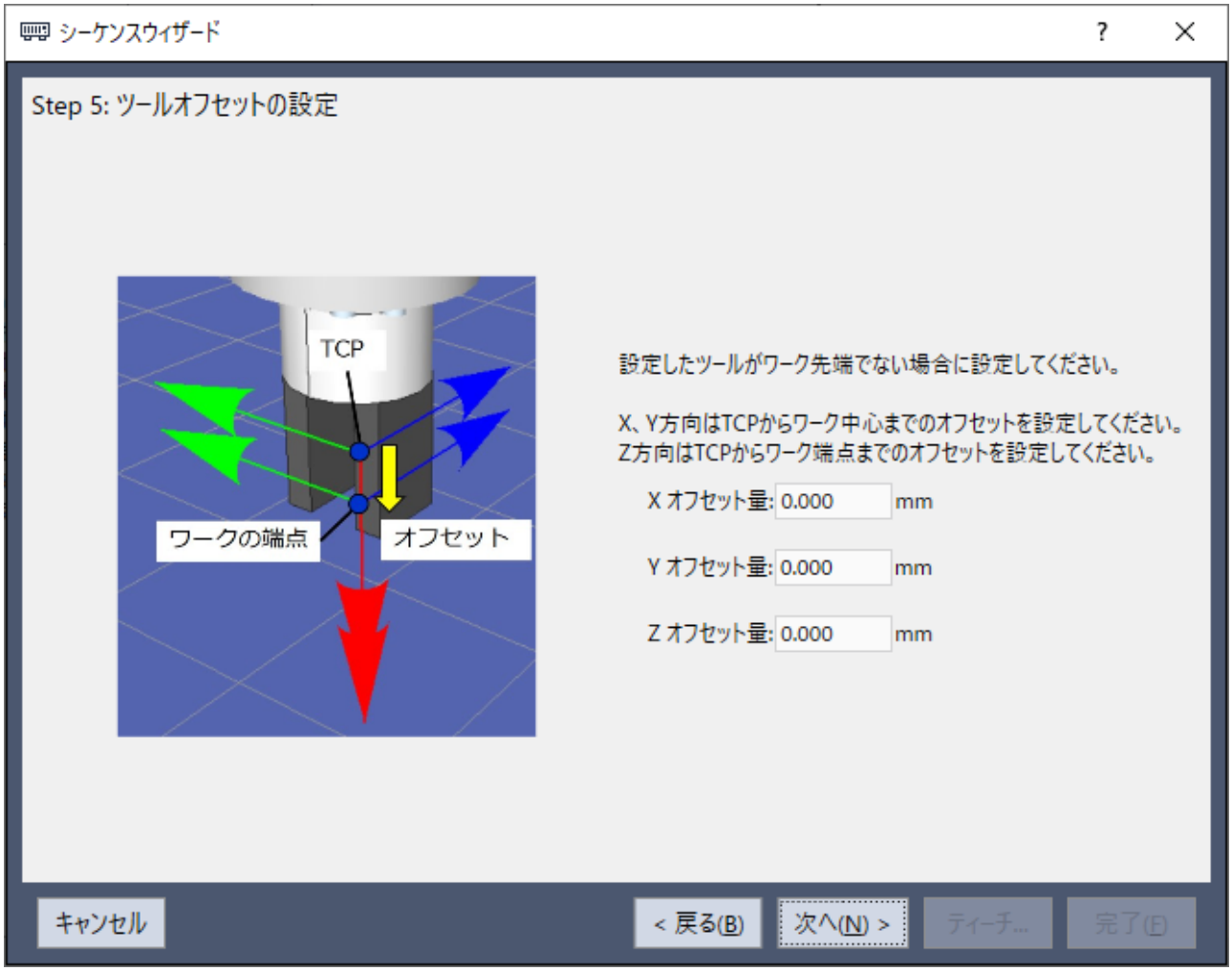

4. [Step 4: 使用するツール番号の選択]ダイアログが表示されます。
   下表のプロパティーを変更します。

[次へ]ボタンをクリックします。



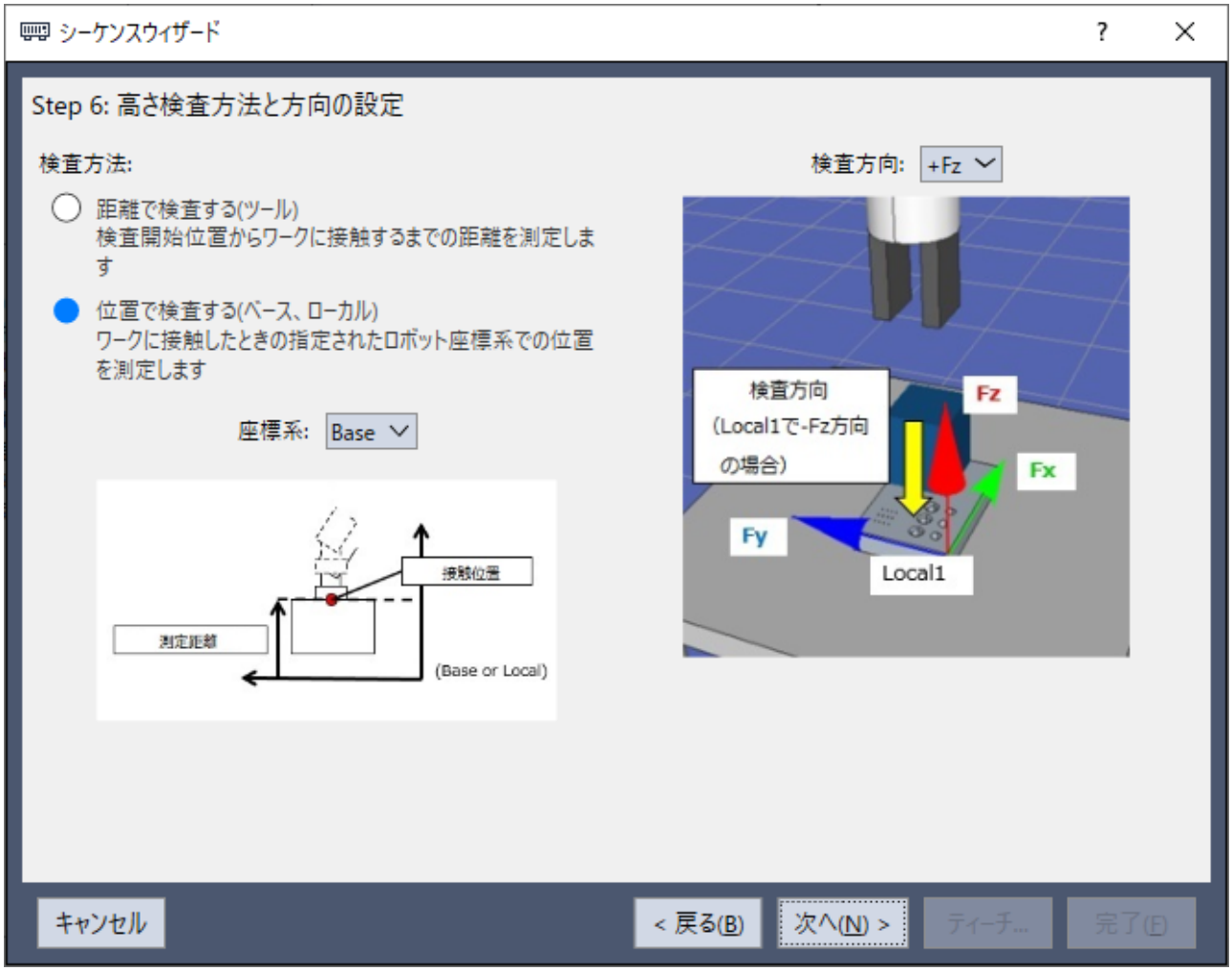

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| Tool | 1 | このシーケンスで使用するツール番号を指定します。 |

5. [Step 5: ツールオフセットの設定]ダイアログが表示されます。
   ツールオフセットを設定します。初期値のまま、変更の必要はありません。
   [次へ]ボタンをクリックします。



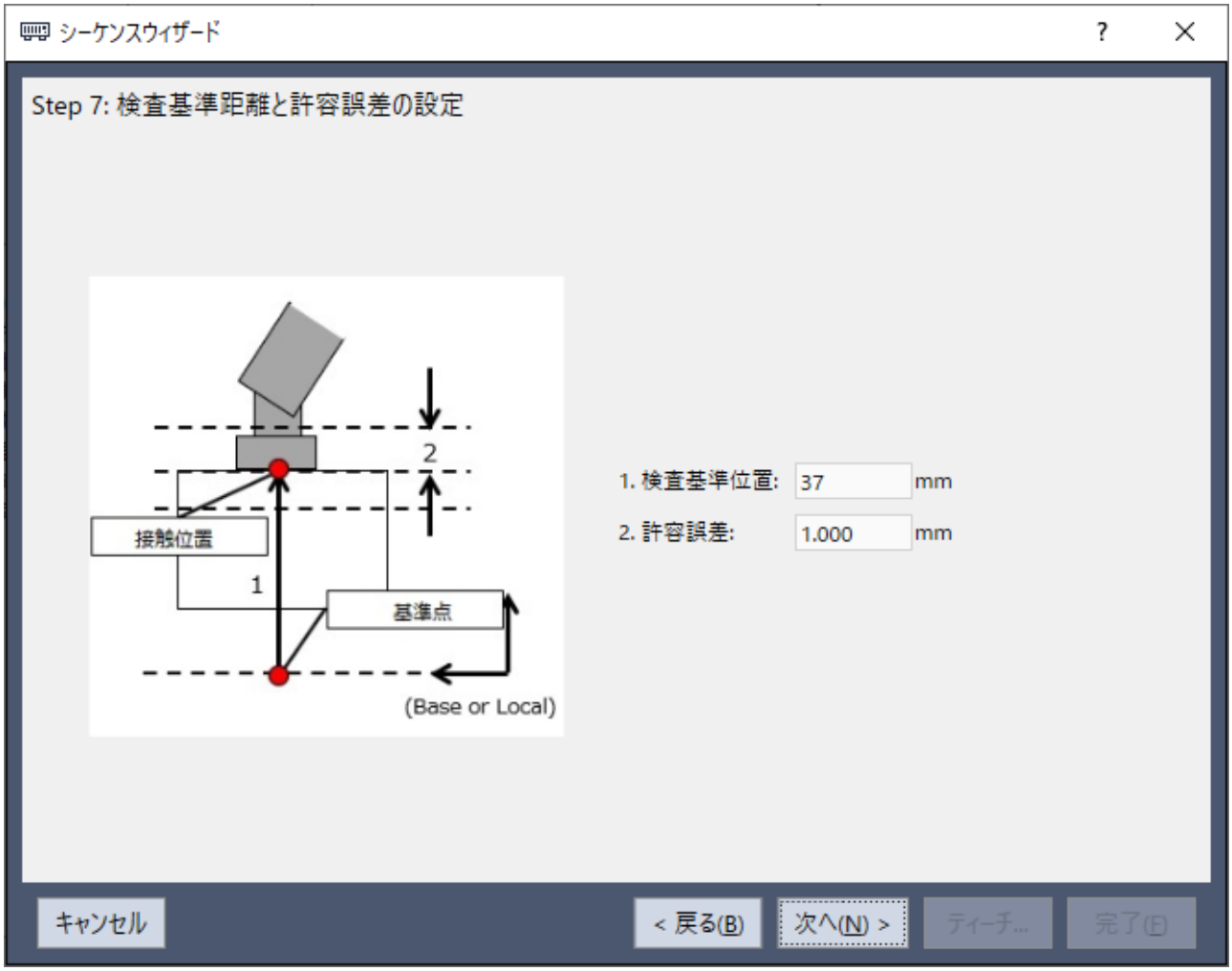

6. [Step 6: 高さ検査方法と方向の設定]ダイアログが表示されます。
   検査方法に[位置で検査する]を選択し、座標系にBaseを選択します。
   本チュートリアルはツールの+Z方向に対して高さ検査します。
   ツール座標系のZ軸が鉛直下方向である際は、ベース座標系のZ軸と平行かつ逆向きとなるため、検査方向

はベース座標系で-Fz方向を選択します。
[次へ]ボタンをクリックします。




7. [Step 7: 検査基準位置と許容誤差の設定]ダイアログが表示されます。
下表のプロパティーを変更します。

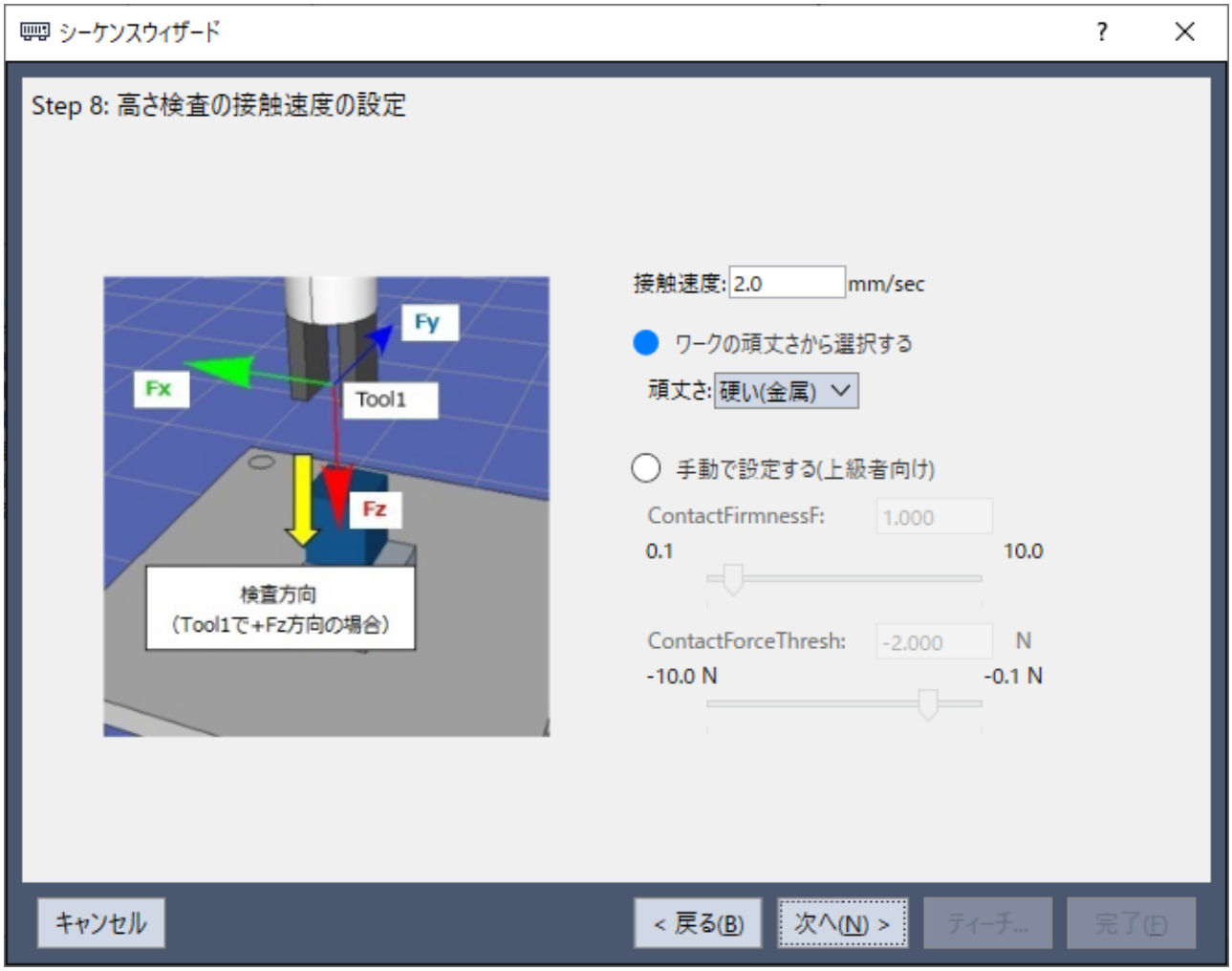
[次へ]ボタンをクリックします。




| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| 検査基準位置 | 37 | ツール座標系を1に設定した際のベース座標系における、高さ検査が成功したと判定するZ座標位置を設定します。<br>お客様の使用環境に合わせてZ座標位置を設定してください。<br>チュートリアルでは37mmとします。 |
| 許容誤差 | 1 | 高さ検査が成功となる、位置の許容誤差を設定します。<br>1mmとします |

8. [Step 8:高さ検査の接触速度の設定]ダイアログが表示されます。
   [ワークの頑丈さから選択する]を選択します。
   下表のプロパティーを変更します。

[次へ]ボタンをクリックします。




| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| 頑丈さ | 硬い(金属) | ワークの頑丈さから接触速度を設定します。<br>硬い(金属)を選択した場合の接触速度は2mm/secになります。 |

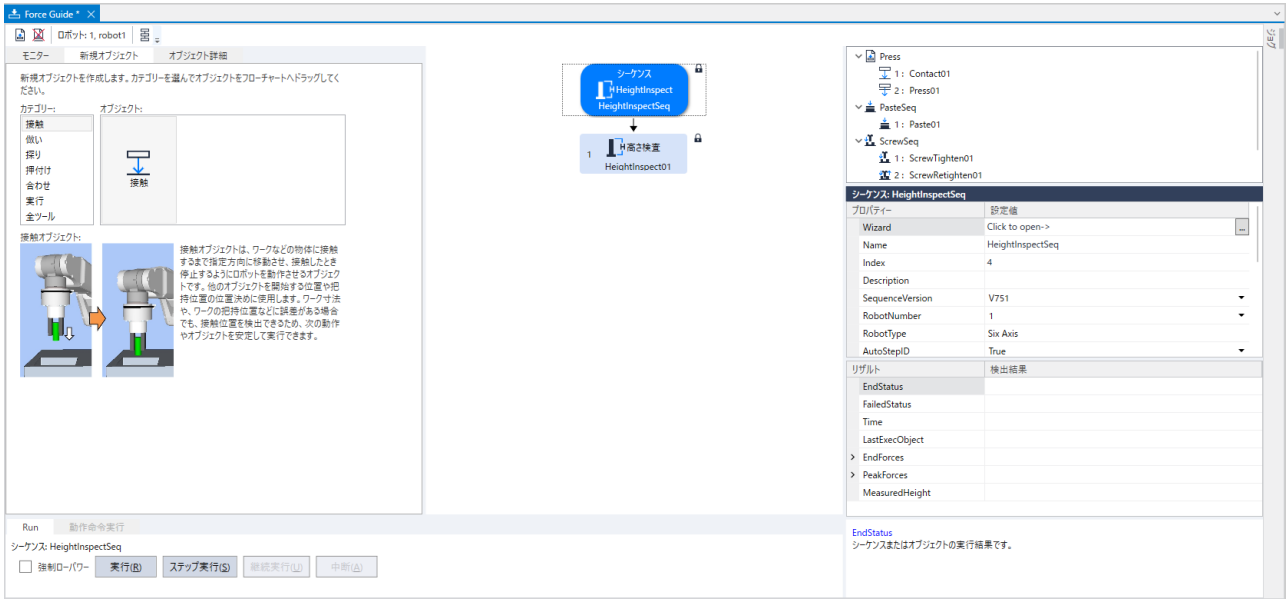
9. [Step 9: 作業のタイムアウト時間の設定]ダイアログが表示されます。
   下表のプロパティーを変更します。

[次へ]ボタンをクリックします。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| タイムアウト時間 | 10 | タイムアウト時間を設定します。<br>10secとします。 |

10. [完了]ダイアログが表示されます。[完了]ボタンをクリックします。

[HeightInspectSeq]シーケンスが作成されていることを確認します。

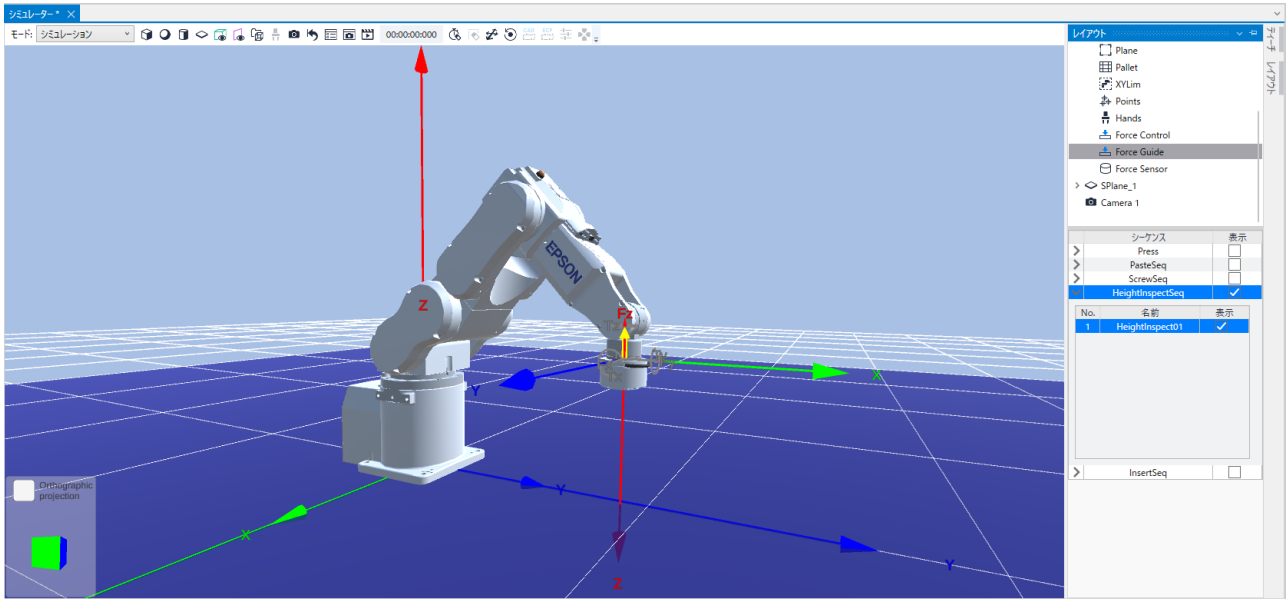



## 4.6.3.3.4 設定の確認

シミュレーターを使用して、検査方向などの設定が正しいか確認する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[Simulator]をクリックします。
   [シミュレーター]ウィンドウが表示されます。

2. オブジェクトツリー-[Tool]をクリックします。
   “No.1”-[表示]チェックボックスをチェックします。“ツール1”の矢印が表示されます。
3. オブジェクトツリー-[Force]-[Force Guide]-[HeightInspectSeq]をクリックします。
   “HeightInspect01”-[表示]チェックボックスをチェックします。

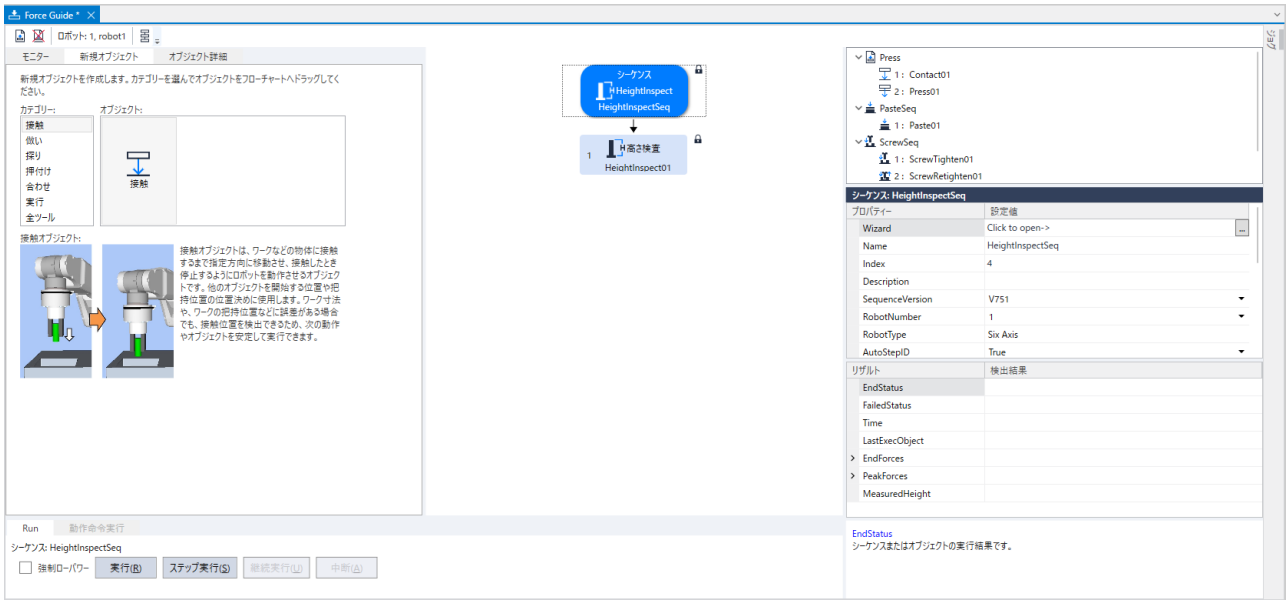



黄色い矢印が表示されている方向が、検査方向であることを確認してください。

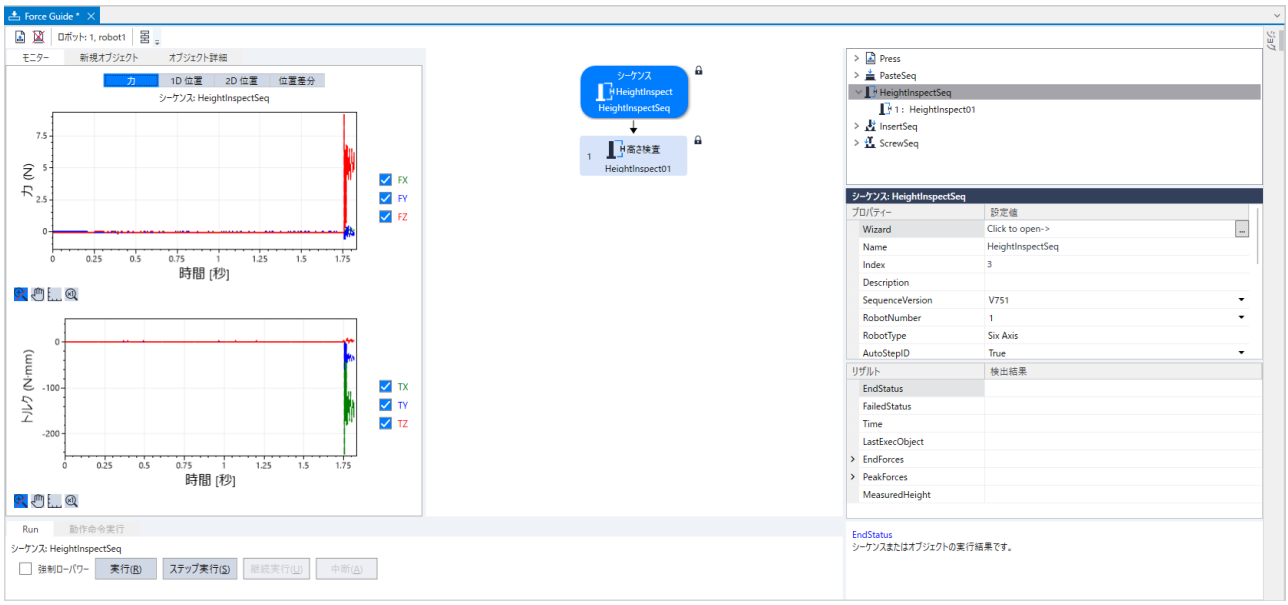
## 4.6.3.3.5 フォースガイダンス機能による実行

作成した高さ検査シーケンスを、Epson RC+で実行する方法を説明します。

1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [ジョグ]タブを選択します。
3. [POWER HIGH]ボタンをクリックします。
   ワークを破損する可能性がある場合は、ローパワーモードで動作させてください。
4. [実行]ボタンをクリックします。
   コンパイルが実行され、ロボットコントローラーにプログラムが送信されます。
   設定に誤りがある場合、エラーが発生します。これまでの設定内容を再確認し、エラーメッセージにしたがってパラメーターを修正してください。



5. 作業が正しく終了すると、フローチャート左上に “ ”が表示され、高さ検査が完了した状態となります。




## 4.6.3.3.6 非接触状態に戻る

高さ検査シーケンス完了後、ロボットとワークとの間にかかる力は継続しています。
ロボットやエンドエフェクターなどの故障や破損を防ぐため、作業後は、速やかに力が掛らない状態にする必要があります。
対象物に力が加わっていないことが明らかな場合は、この手順を省略できます。

非接触状態にする手順は、以下の方法があります。

- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[ジョグ]グループで、ジョグ動作を手動で行い、ロボットを対象物から離す
- Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]パネル-[動作命令実行]タブを操作して、ロボットを対象物から離す
- Move命令を[コマンドウィンドウ]で実行して、ロボットを対象物から離す
- SPEL関数オブジェクトを、HeightInspectオブジェクトの後に追加し、フォースガイドシーケンスの最後で自動的にロボットを対象物から離す

本項では、[ロボットマネージャー]-[ジョグ&ティーチ]-[動作命令実行]タブの操作で、非接触状態にする方法を説明します。

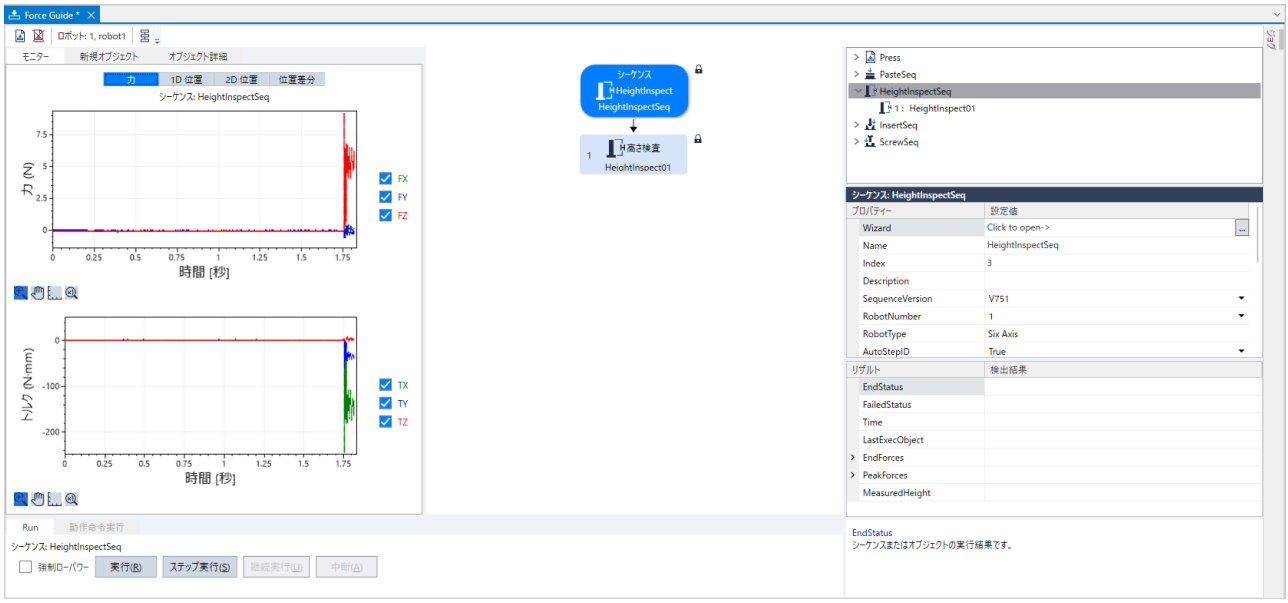
1. [ロボットマネージャー]を表示します。
2. [ジョグ&ティーチ]タブを選択します。
3. [動作命令実行]タブを選択します。
4. [動作コマンド]で“Move”を選択します。
5. [目標位置]で“P1”を選択します。
6. [実行]ボタンをクリックします。
   ロボットは、開始位置 “P1” に移動します。これで、非接触状態となりました。

## 4.6.3.3.7 モニターによる動作分析

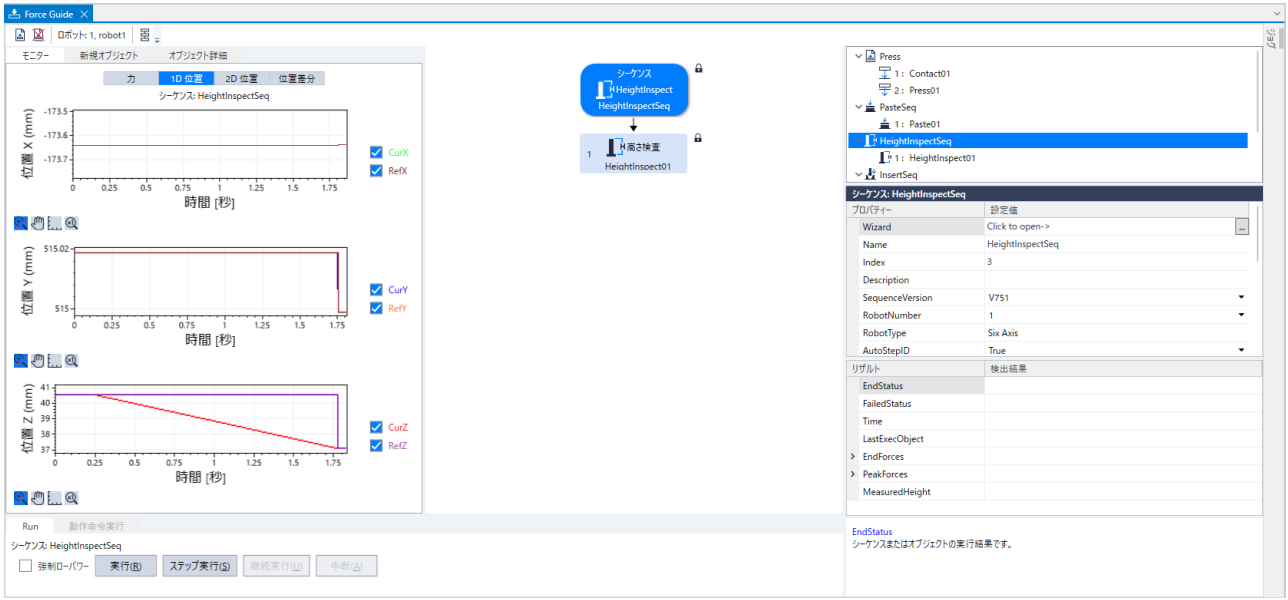
フォースガイドシーケンスの動作結果をEpson RC+で確認する方法を説明します。

1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [HeightInspect]のシーケンスフローをクリックします。
3. [リザルト]に、作業結果(Passed / Failed)や、終了時点での検出した力の値、所要時間などが表示されます。

4. [モニター] に [HeightInspect]シーケンスを実行している間の力や、位置のグラフが表示されます。

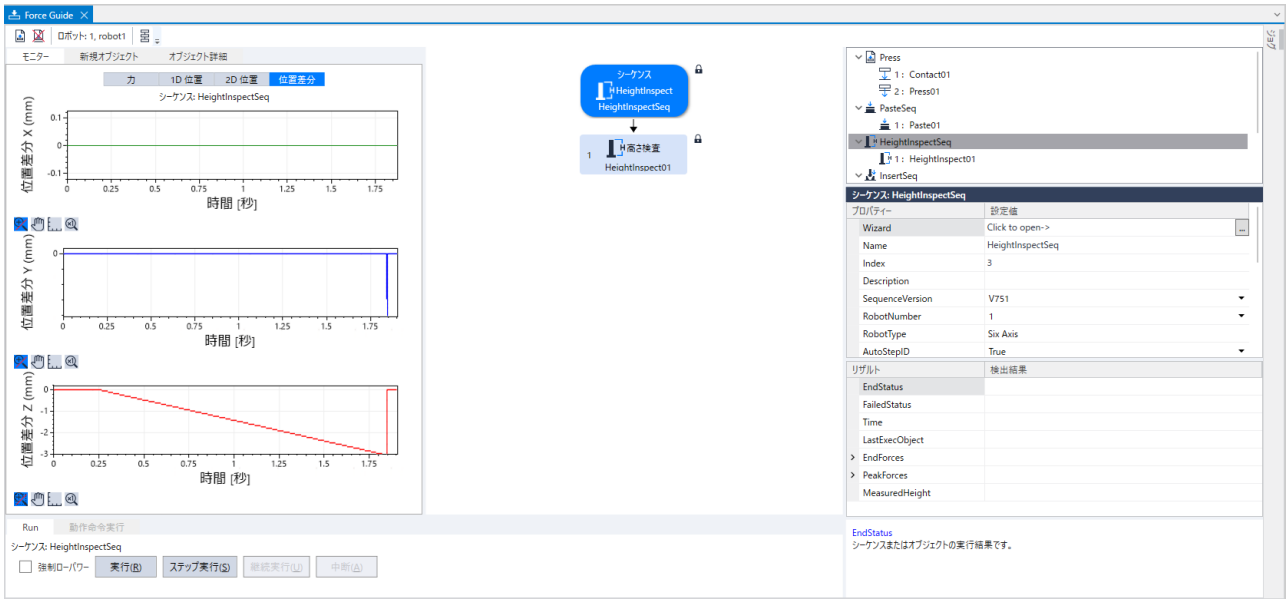



- [1D位置]タブ
  解析用のグラフです。(横軸: 時間, 縦軸: 位置)
  位置ZチャートのCurZが低くなる (小さくなる)方向に動いています。
  1.7秒付近で “Step 1”が終了し、力制御が一旦完了しているため、RefZ (基準位置)の値が、CurZ (現在位置)に向かって真っすぐ降りている (ジャンプしている)ことがわかります。




- [2D位置]タブ
  解析用のグラフです。(縦軸, 横軸: 位置)
  本チュートリアルの高さ検査では、X-Y方向に動かないため、特に必要はありません。

- [位置差分]タブ
  力制御による、相対的な位置変化を表示しています。




グラフの表示単位などを変更し、力や位置の変化の状態を確認してみましょう。

正しく検査されなかった場合、設定が間違っている可能性があります。
下記を参考に、本チュートリアルの手順を再度確認してください。

- 接触方向は正しいか
- 設定した検査基準位置が、ロボットと検査対象物の接触位置から大きくずれていないか

これで、高さ検査シーケンスのチュートリアルを終わります。

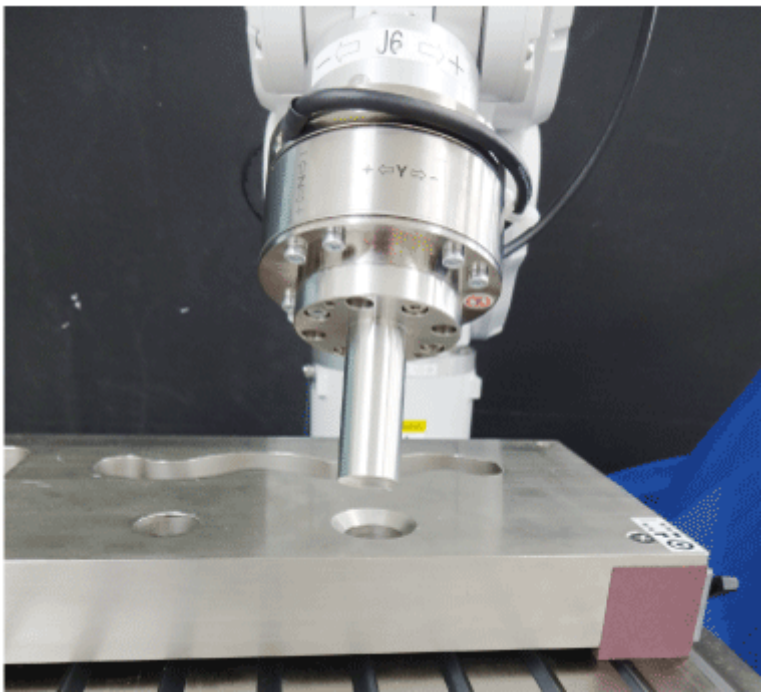
## 4.6.3.4 挿入シーケンス

専用フォースガイドシーケンスの挿入シーケンスを使って、円柱嵌合を行う方法を説明します。
ワークは、お客様が準備してください。誤った設定により、ワークなどが破損する場合があります。破損しても問題がないワークなどを準備し、本チュートリアルを進めてください。
写真で使用している部材は、トレーニングキットです。図面は、販売元までお問い合わせください。

仕様は以下の通りです。

- エンドエフェクター側円柱
  直径20mm, 長さ40mm

- 穴側 直径
  約20mm, C面 約7mm



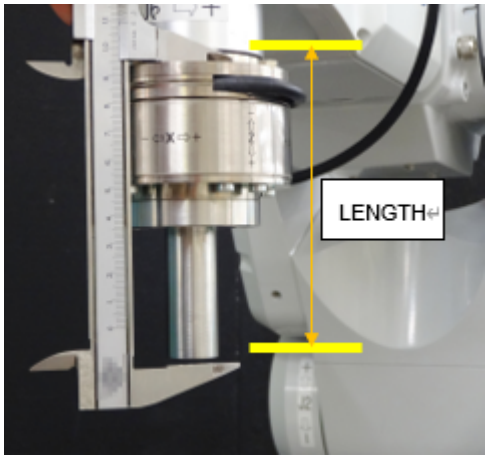

上記のようなワークや、ツールがなくても、円柱形木材, コルク, ペットボトルなどを使用して、簡易的に試すこともできます。ただし、ガラスなど、割れた場合に危険のあるワークは避けてください。周囲に破片が飛び、怪我をする恐れがあります。また、周囲の状況に注意してチュートリアルを進めてください。

> ⚠ 注意
>
> 本チュートリアルで説明するパラメーターは参考値です。
>
> 比較的安定的なパラメーターを使用していますが、動作環境によっては作業が成功しない場合や、振動的な動作をする場合があります。また、パラメーターの調整が必要な場合があります。注意してください。
>
> 説明のため、低速で安定的なパラメーターを使用しています。より高速な動作をする場合も、パラメーターの調整が必要になります。

#### 4.6.3.4.1 ツール設定の確認

“円柱嵌合”作業では、X, Y, Zの進む方向だけではなく、それぞれの回転方向も倣いながら作業する場合がほとんどです。
“円柱嵌合”作業では、ツール設定を必ず行ってください。

1. ノギスなどを使用して、J6フランジ面から、円柱の先端までの距離を測定します。
   下図の場合は、109mmです。(力覚センサー: 49mm, エンドエフェクター: 60mm)




2. [コマンドウィンドウ]で、以下のコマンドを実行します。“LENGTH”には、手順(1)で測定した値を入力してください。(単位: ミリ)ツール1を設定, 選択しています。

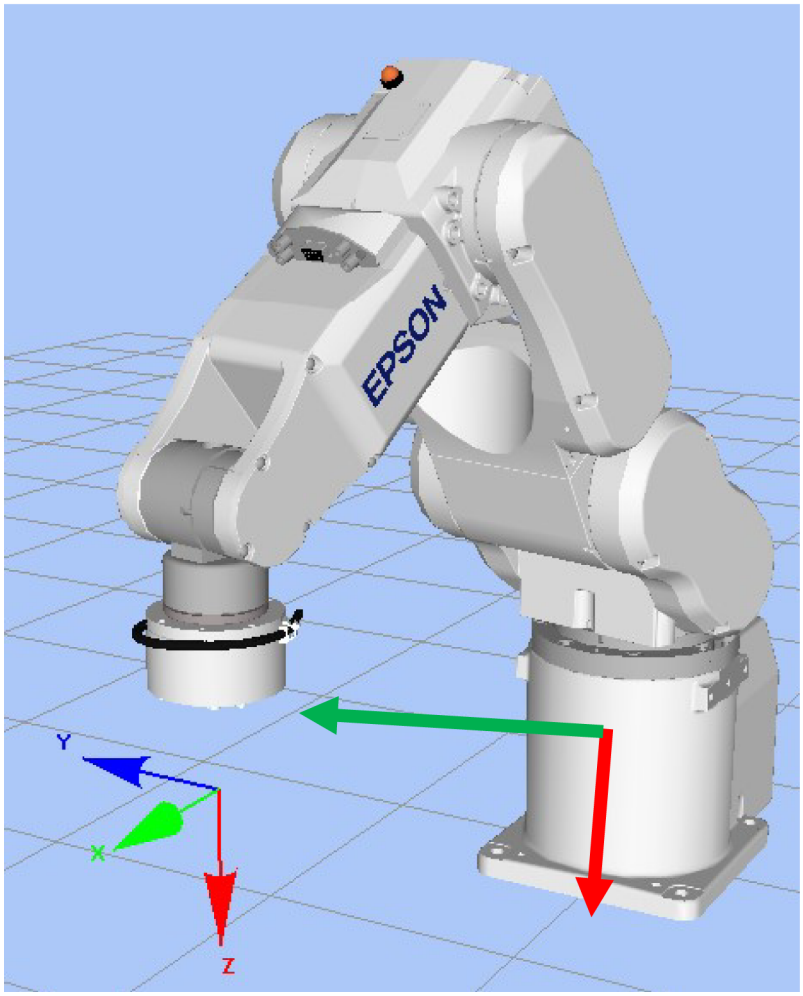
```
> TLSet 1, XY( 0, 0, LENGTH, 0, 0, 0)
> Tool 1
```

3. Epson RC+メニュー-[ツール]-[Simulator]をクリックします。
   [シミュレーター]ウィンドウが表示されます。

4. オブジェクトツリー-[マニピュレーター名]-[Tool]をクリックします。

5. “No.1”-[表示]チェックボックスをチェックします。

6. ツール1の位置, 姿勢 (方向)を、画面上と実機とを合わせて確認します。
   異なっている場合は、正しく設定をやり直してください。

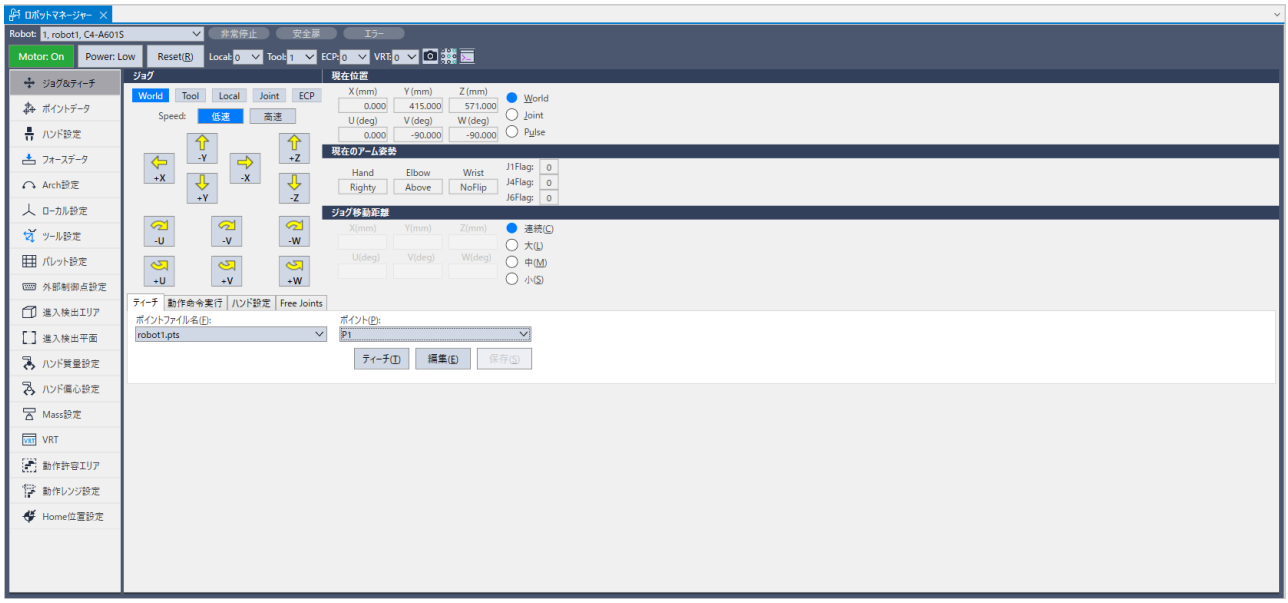



### 4.6.3.4.2 位置の教示

“円柱嵌合”作業の開始位置を教示する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。
   [ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。

2. [ジョグ&ティーチ]を選択し、パネルを表示します。




3. Epson RC+メニュー-[ツール]-[フォースモニター]をクリックします。[フォースモニター]ダイアログが表示されます。

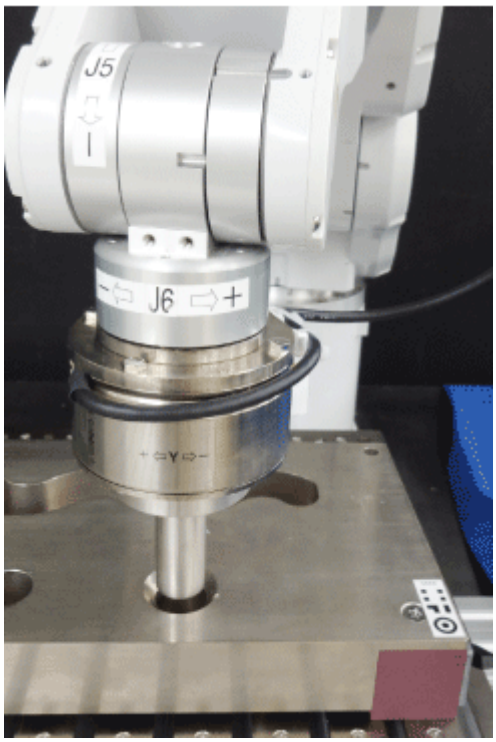
4. [フォースモニター]ダイアログの[Live開始]ボタンをクリックします。現在の力覚センサーからの出力値の表示が開始されます。

5. [ジョグ&ティーチ]ウィンドウのジョグボタンをクリックして、円柱と穴が向かい合う位置に、ロボットを動かします。
必要に応じて、コマンドウィンドウで下記コマンドを実行します。

```
> Go Align(Here)
```

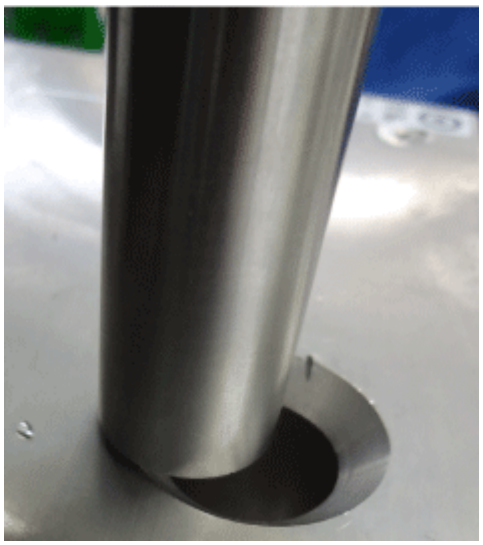
現在位置を基準にBase座標系に対して平行な姿勢になります。向かい合わせた状態に移動することが簡単になります。

詳細は、下記マニュアルを参照してください。
"Epson RC+ SPEL+ ランゲージリファレンス" Align関数

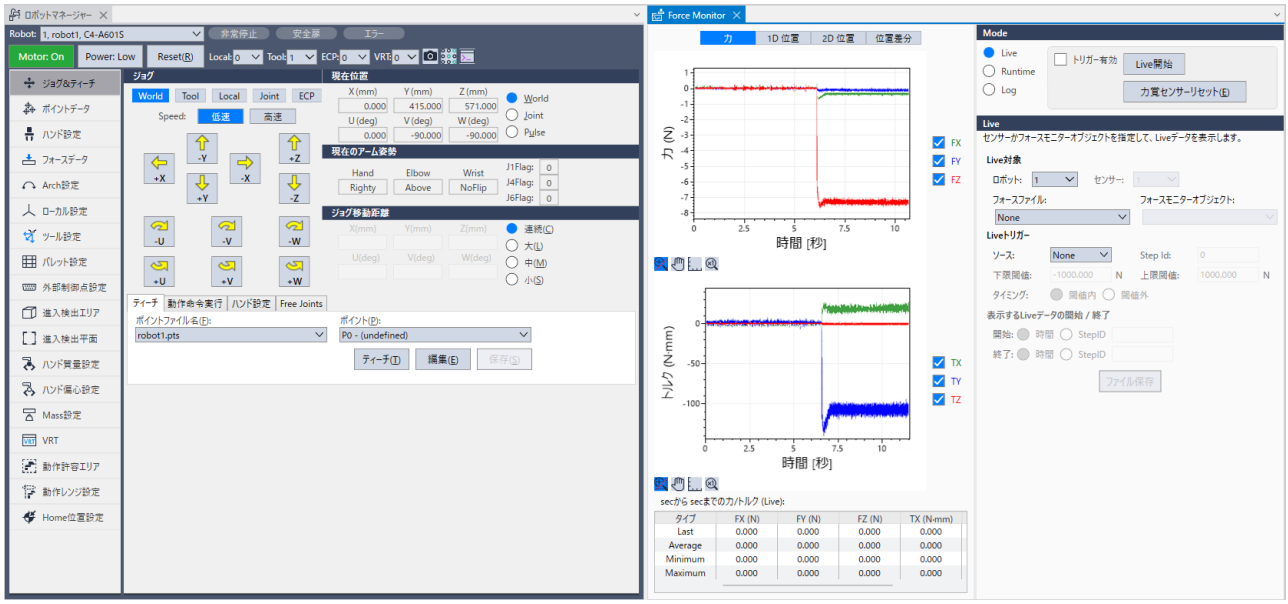



6. [フォースモニター]ダイアログ-[力覚センサーリセット]ボタンをクリックします。重力と、センサー値のドリフトの影響をなくし、現在値をゼロとします。

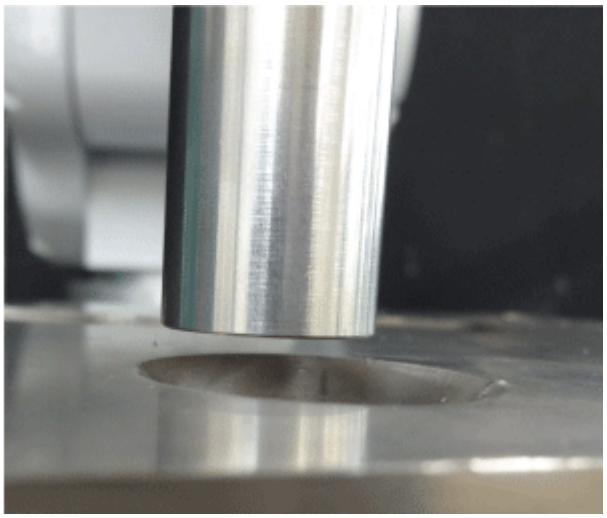
7. [ジョグ&ティーチ]ウィンドウのジョグボタンを使用して、挿入中心から少しずれた位置にロボットを動かします。動作開始位置から穴の上面までの距離を決めるため、テーパー (C面)の少し外側の位置へ移動させます。



8. [ジョグ移動距離]-[小(S)]ボタンを選択します。何回かジョグボタンをクリックし、ロボットを -Z方向に動かし、対象物に接触するまで移動します。対象物に接触したとき、力センサーの出力値が変化します。ジョグ移動のタイミングに合わせたモニター値の変動を確認してください。




9. [ジョグ移動距離]-[中 (M)]ボタンを選択します。
円柱が非接触状態となるよう、ジョグボタンを3回クリックして、+Z方向に3mmロボットを動かします。
さらに、XY方向に対してもジョグボタンを数回クリックして、+Z方向に挿入したとき円柱がテーパーに接触する位置にロボットを動かします。



この位置は、挿入開始位置、かつ力覚センサーのリセットを行う位置となります。

10. [ポイント]で“P8”を選択します。

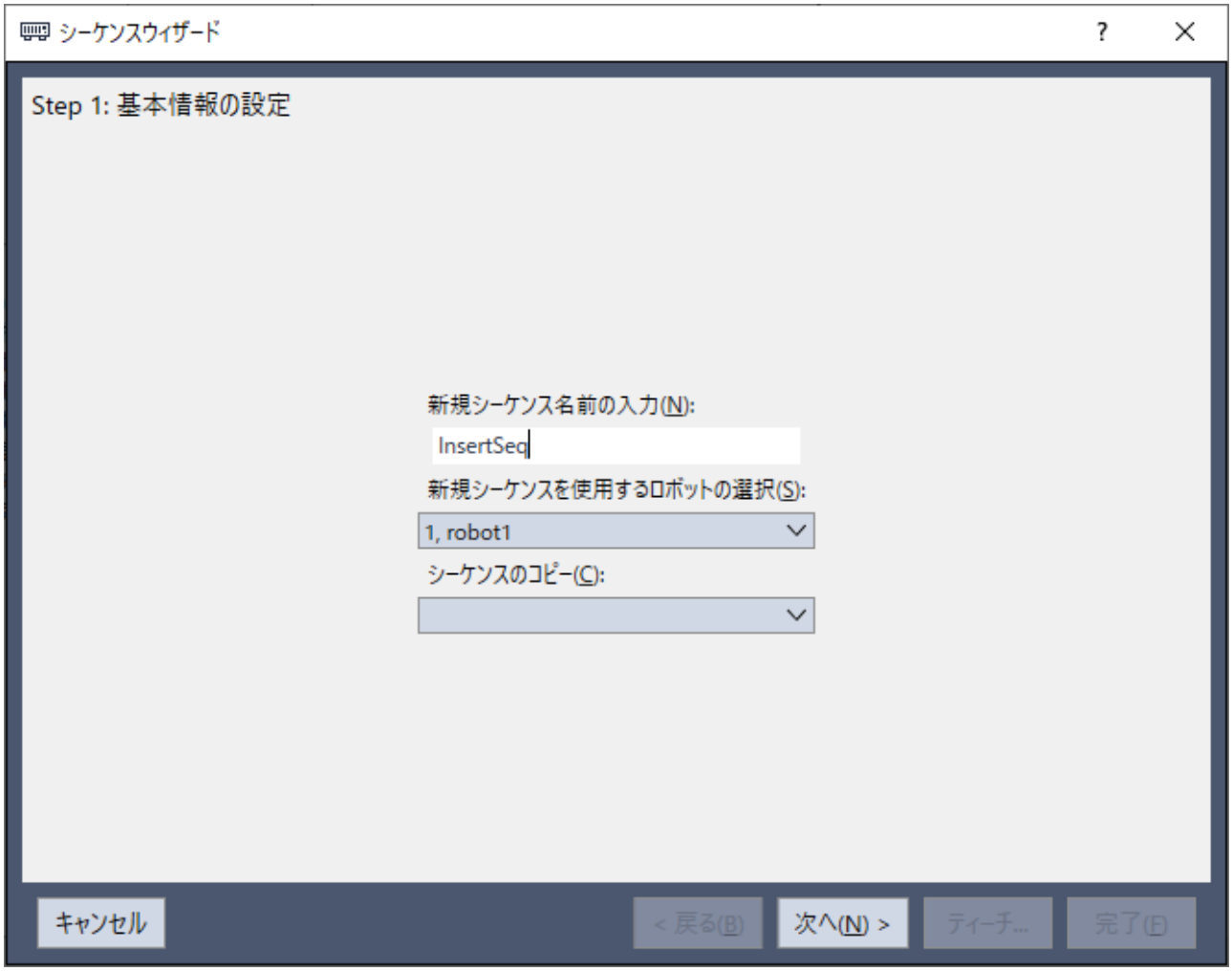
11. [ポイントラベル]に、“InsertStart”を入力します。
[OK]ボタンをクリックします。

12. Epson RC+メニュー-[ファイル]-[全てのファイルを保存]をクリックします。
ファイルが保存されます。

## 4.6.3.4.3 シーケンスウィザード

専用フォースガイドシーケンスの挿入シーケンスを作成する方法を説明します。

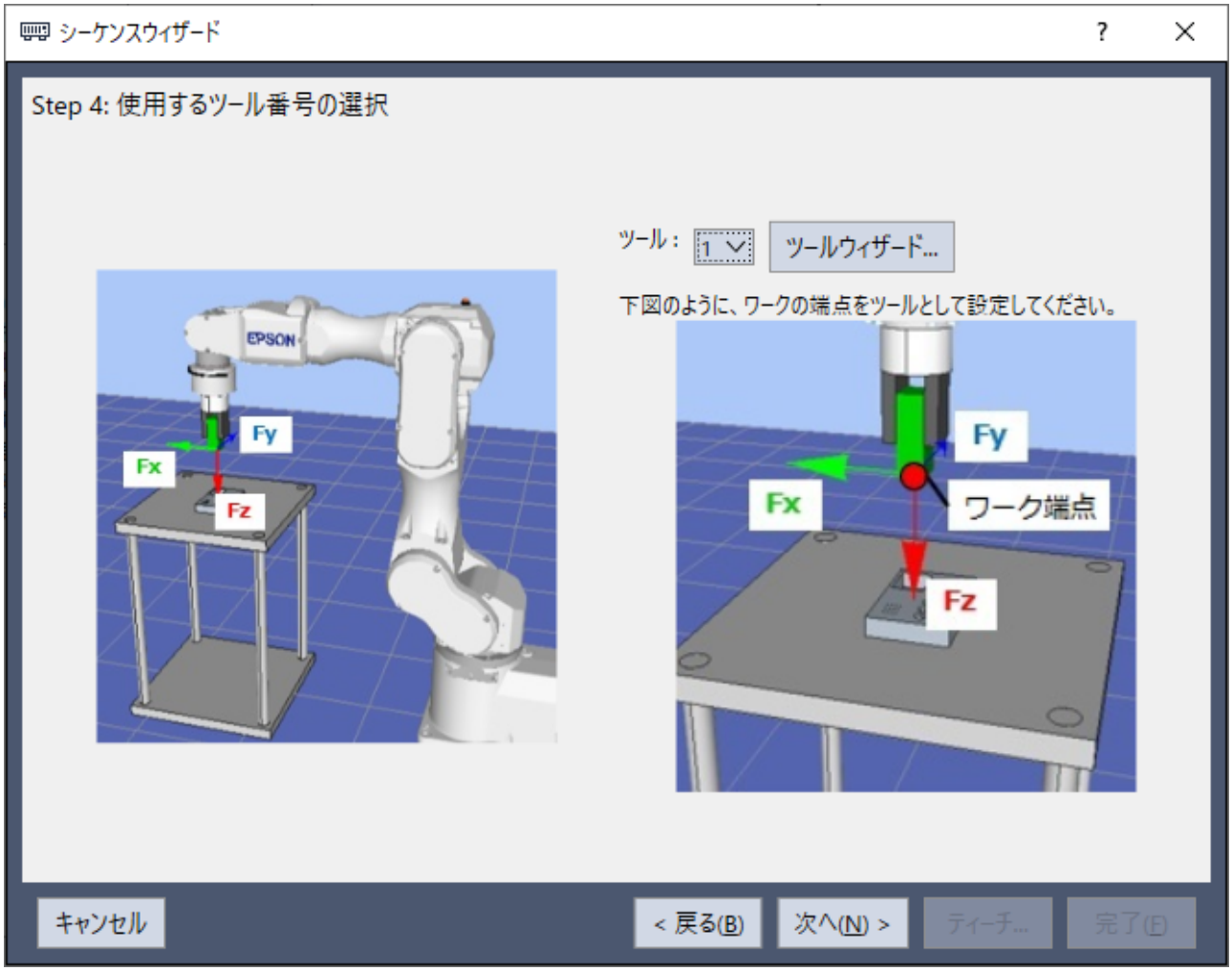
1. [新規シーケンス名前の入力]に、“InsertSeq”と入力します。[次へ]ボタンをクリックします。



2. [Step 2: シーケンスタイプの選択]ダイアログが表示されます。
   [専用シーケンス]を選択します。[次へ]ボタンをクリックします。

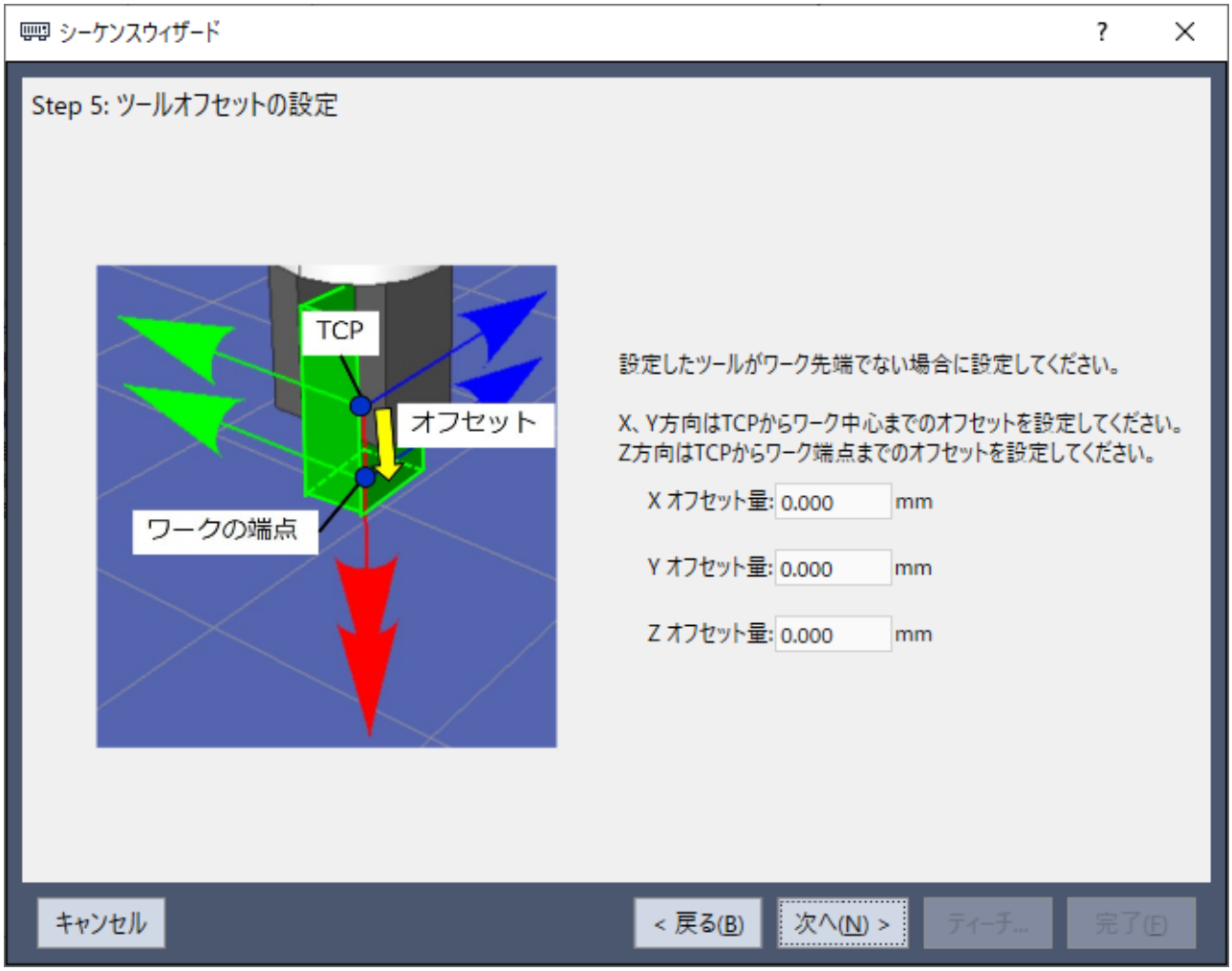
3. [Step 3: 専用シーケンスの選択]ダイアログが表示されます。[挿入]を選択します。[次へ]ボタンをクリックします。

4. [Step 4: 使用するツール番号の選択]ダイアログが表示されます。
   下表のプロパティーを変更します。
   [次へ]ボタンをクリックします。

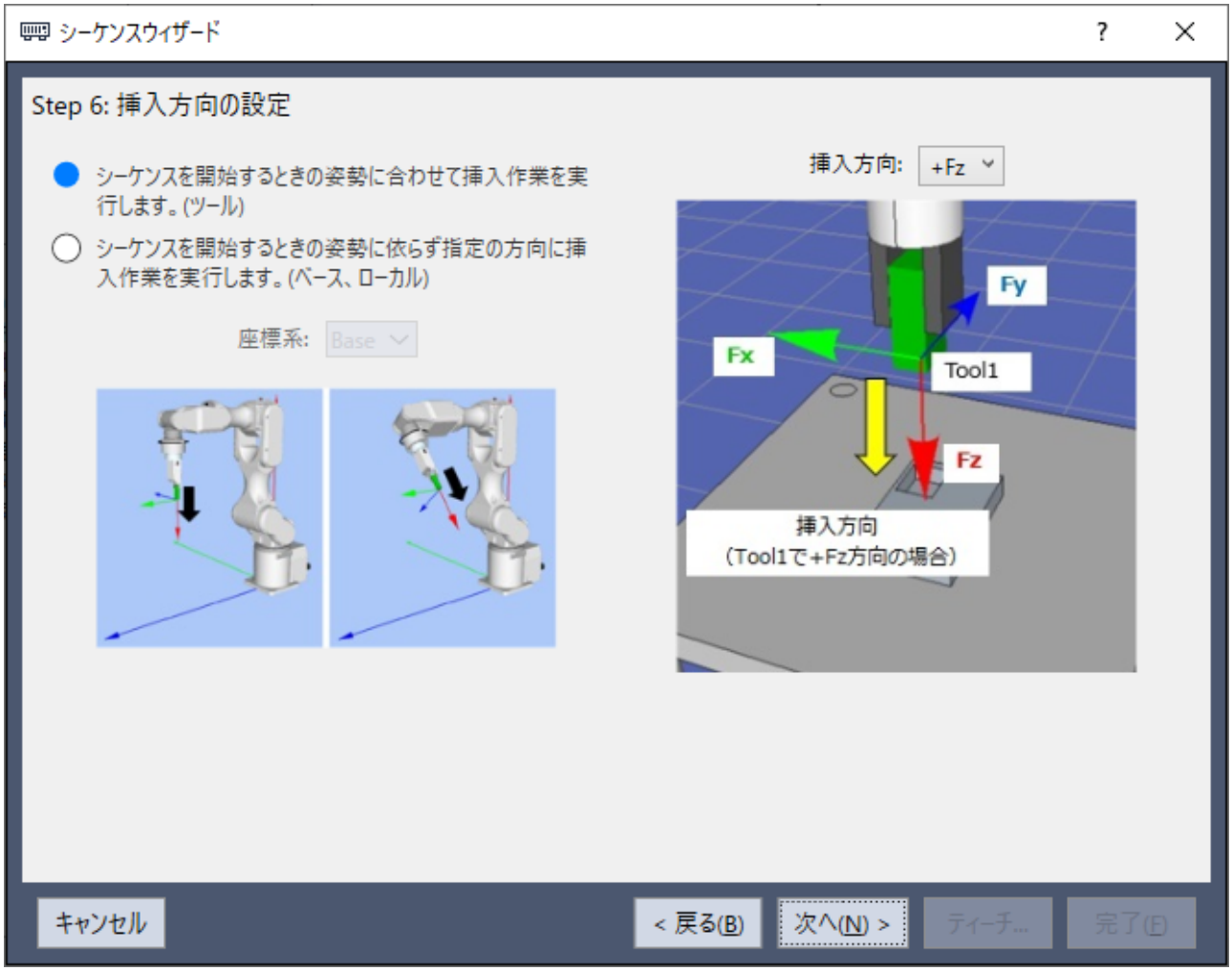



| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| Tool | 1 | このシーケンスで使用するツール番号を指定します。 |

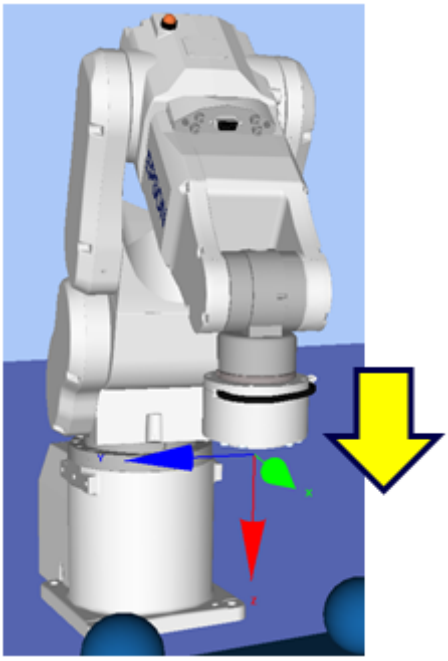
5. [Step 5: ツールオフセットの設定]ダイアログが表示されます。
   ツールオフセットを設定します、初期値のまま変更の必要はありません。
   [次へ]ボタンをクリックします。




6. [Step 6:挿入方向の設定]ダイアログが表示されます。
   本チュートリアルは、ツール座標系の+Fz方向へ挿入を行います。
   (*1)初期値として座標系がツール、挿入方向が+Fzで設定されているので、変更の必要はありません。
   [次へ]ボタンをクリックします。

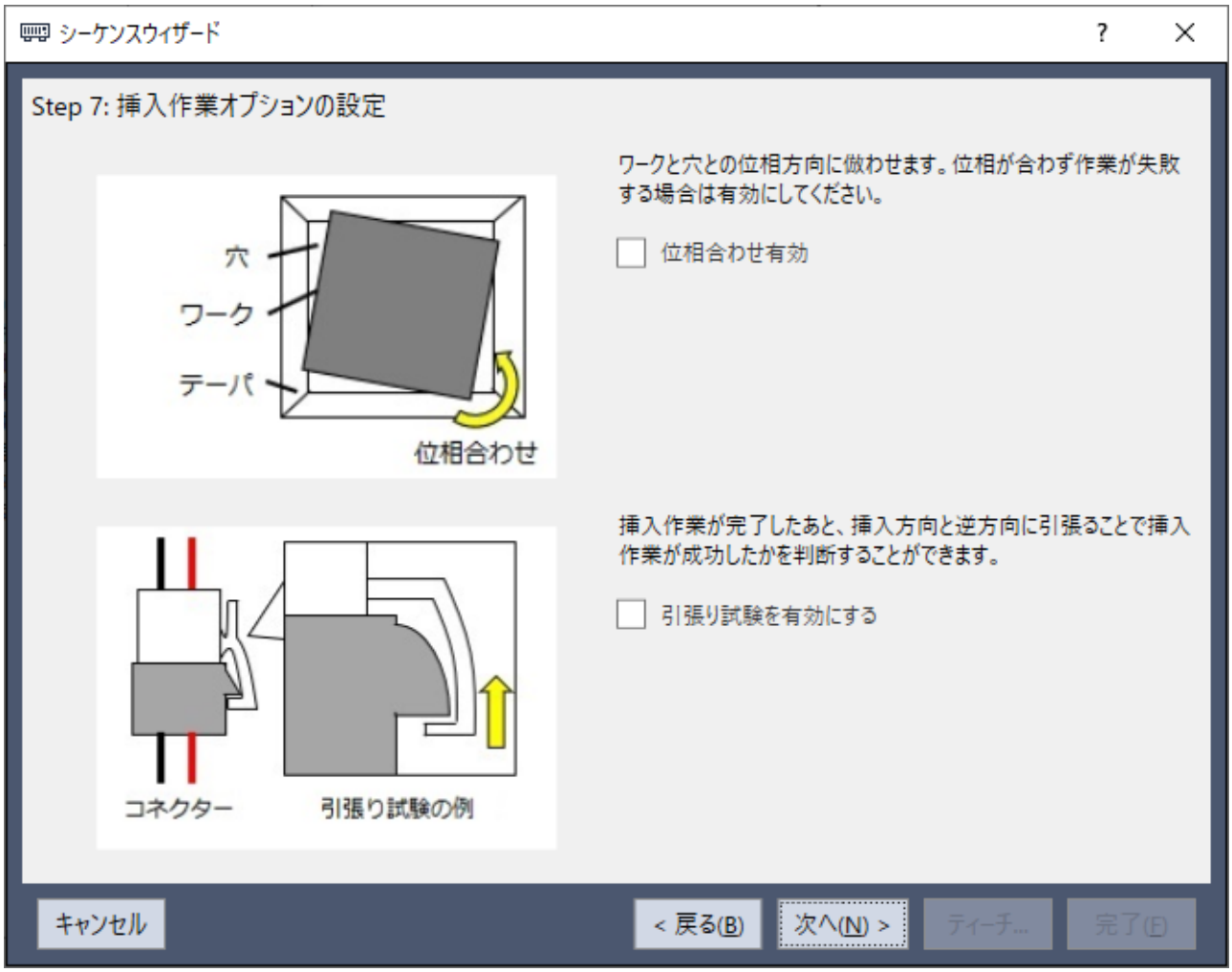



*1【参考】

| | 6軸ロボット | スカラ型ロボット |
|---|---|---|
| ロボットの動作イメージ [挿入] |  | |
| (Press/Contact) Orient | +Fz | -Fz |

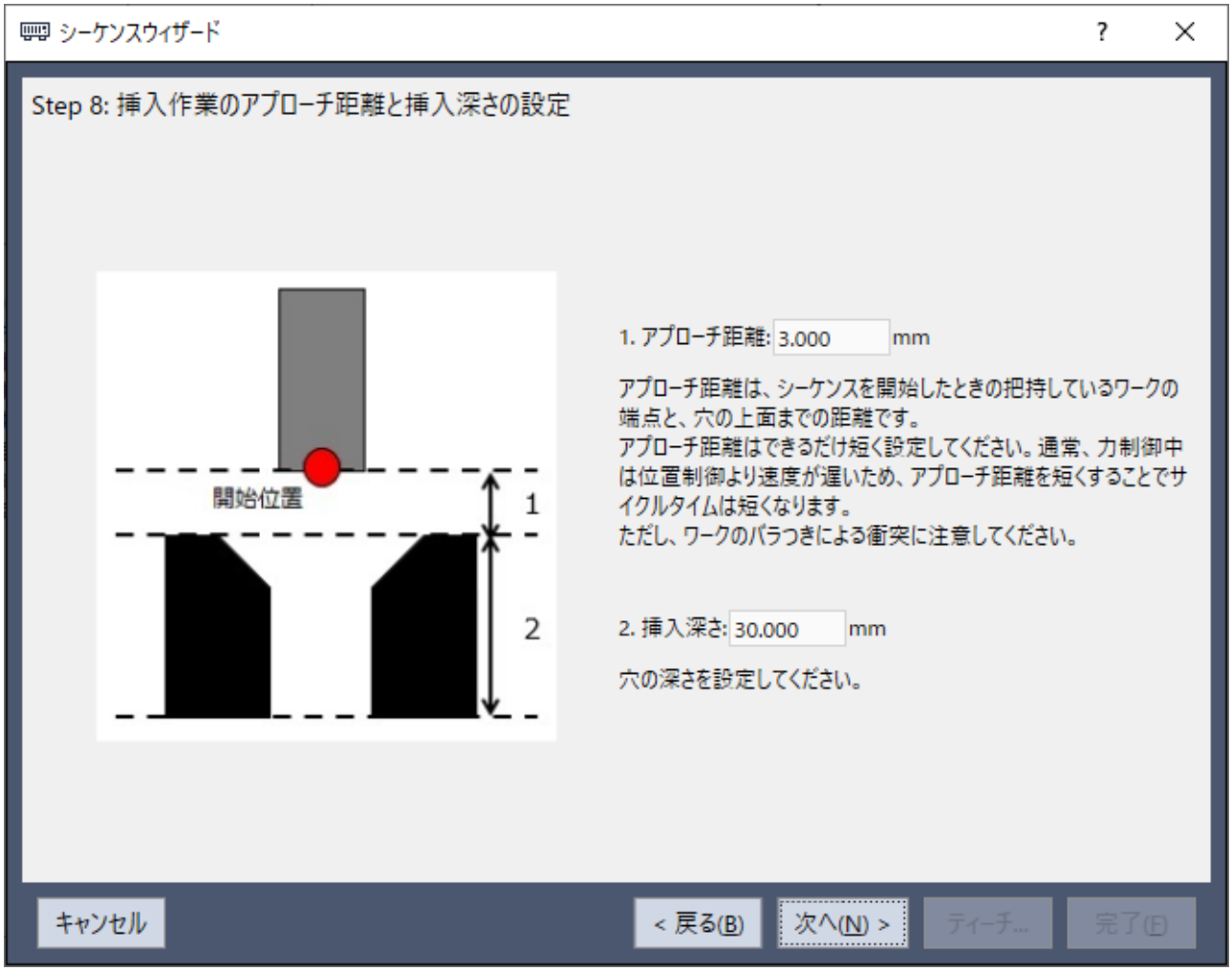
| | 6軸ロボット | スカラ型ロボット |
|---|---|---|
| Forceの符号<br>(含モニター表示) | - | + |

7. [Step7: 挿入作業オプションの設定]ダイアログが表示されます。
   下表のプロパティーを変更します。
   [次へ]ボタンをクリックします。



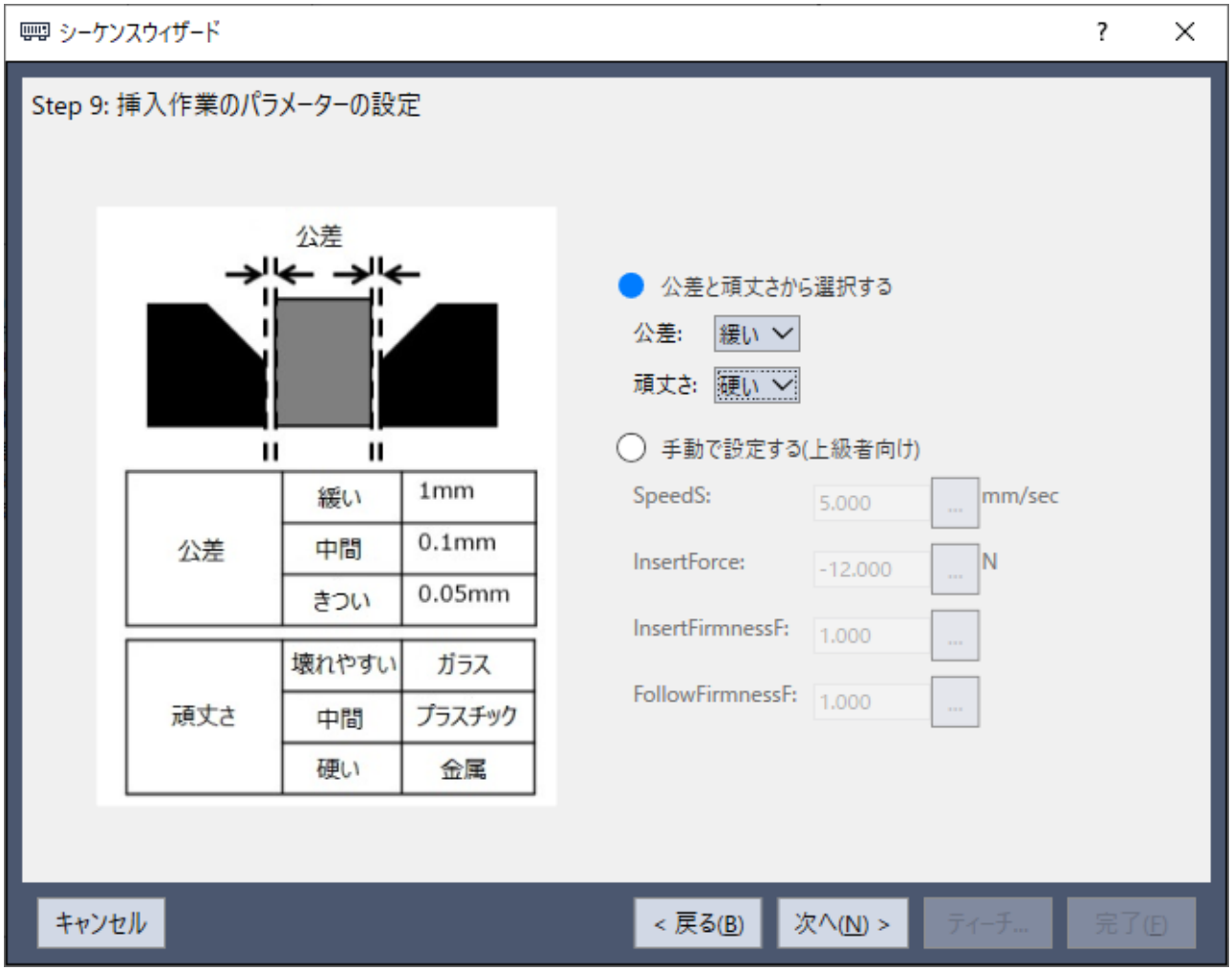

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| 位相合わせ有効 | 無効 | 位相合わせを無効にします。<br>本チュートリアルでは円柱ワークのため、位相合わせを行う必要はありません。 |

8. [Step8: 挿入作業のアプローチ距離と挿入深さの設定]ダイアログが表示されます。
   下表のプロパティーを変更します。
   [次へ]ボタンをクリックします。




| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| アプローチ距離 | 3 | 円柱の先端から穴上面までの距離を設定します。<br>3mmとします。 |
| 挿入深さ | 30 | 穴の深さを設定します。<br>30mmとします。 |

9. [Step9: 挿入作業のパラメーターの設定]ダイアログが表示されます。
   下表のプロパティーを変更します。
   [次へ]ボタンをクリックします。

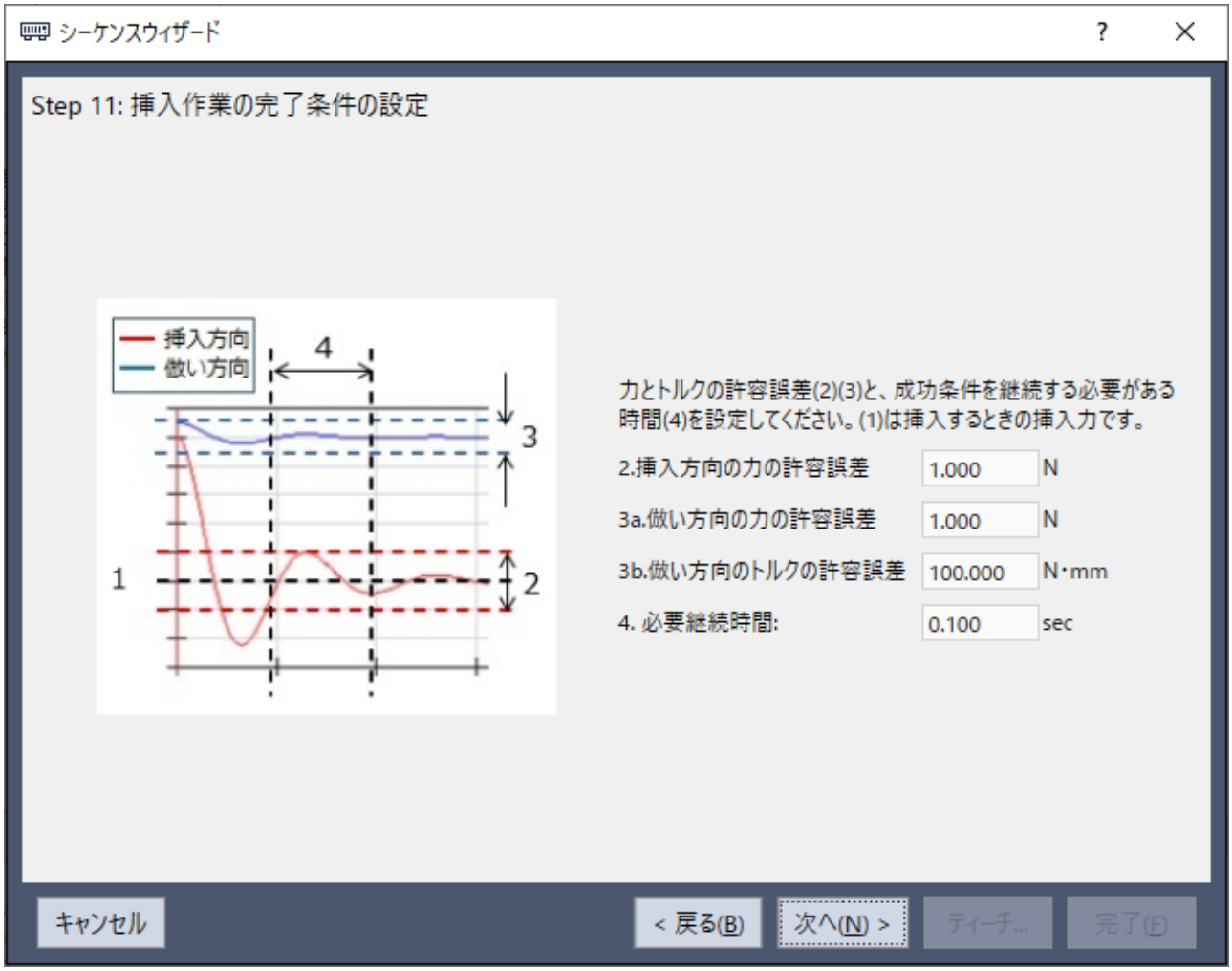



| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| 公差 | 緩い | 円柱と穴との公差から、挿入速度と挿入力を設定します。<br>お客様の使うワークの公差に合わせて選択してください。<br>緩いを選択した場合の挿入速度は5mm/secになります。<br>緩いを選択して、頑丈さを硬いに選択した場合の挿入力は-12Nになります。 |
| 頑丈さ | 硬い | 円柱と穴の頑丈さから、挿入力と挿入方向の力制御機能の硬さを設定します。<br>お客様の使うワークの材質に合わせて選択してください。<br>硬いを選択した場合の挿入方向の力制御機能の硬さは1になります。 |

10. [Step10: 倣い方向の力制御の硬さの設定]ダイアログが表示されます。
    下表のプロパティーを変更します。
    [次へ]ボタンをクリックします。

| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| 長さ | 短い(~60 mm) | TCPからワークの端点までの長さから、倣い方向の力制御機能の硬さを設定します。<br>お客様の使うワークの公差に合わせて選択してください。<br>短い(~60mm)を選択した場合の倣い方向の力制御機能の硬さは300になります。 |

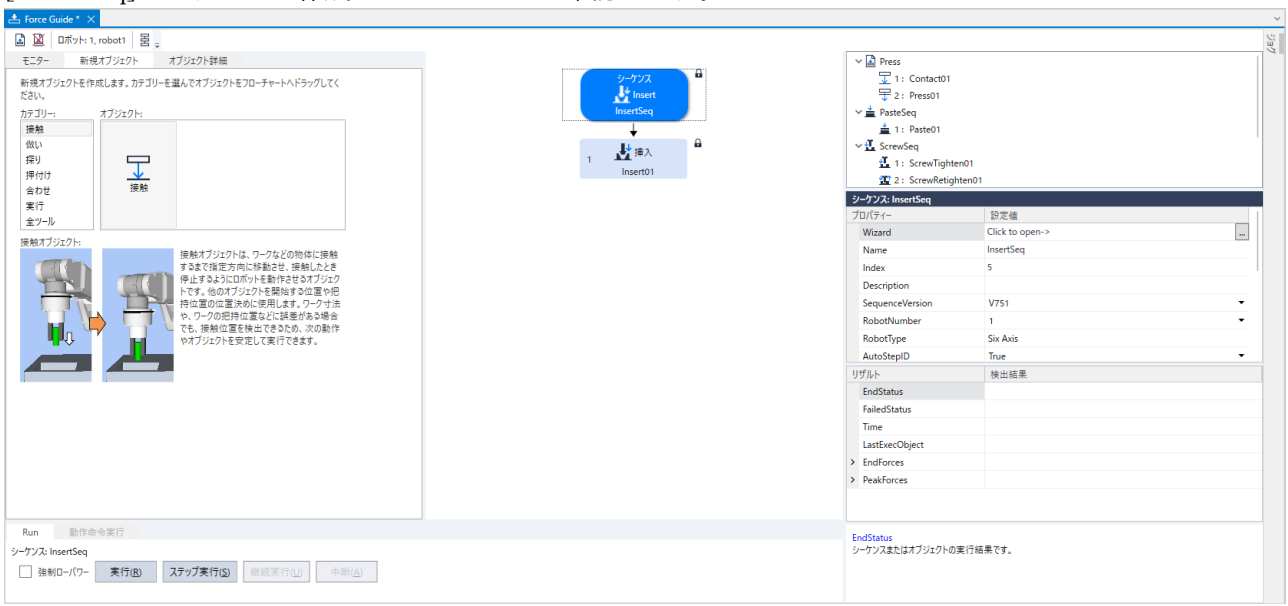
11. [Step11: 挿入作業の完了条件の設定]ダイアログが表示されます。各プロパティーを変更すると挿入作業の完了条件が変更されますが、本チュートリアルでは初期値から変更する必要はありません。[次へ]ボタンをクリックします。



12. [Step12: 作業のタイムアウト時間の設定]ダイアログが表示されます。初期値から変更する必要はありません。[次へ]ボタンをクリックします。

13. [完了]ダイアログが表示されます。[完了]ボタンをクリックします。

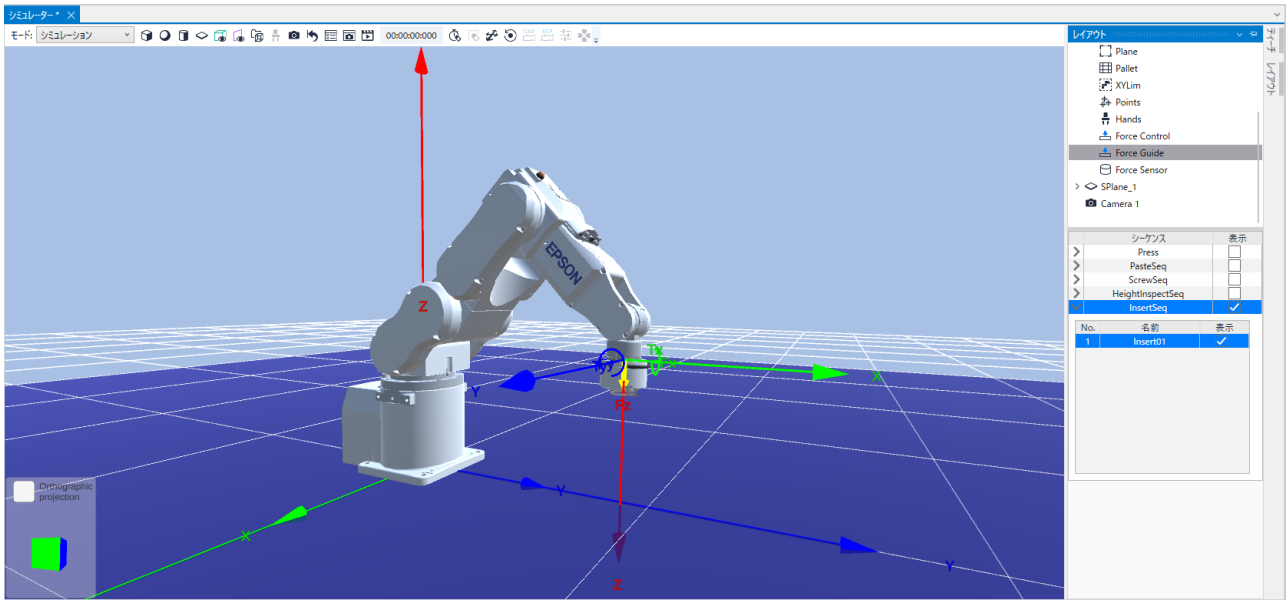
14. [InsertSeq]シーケンスが作成されていることを確認します。




## 4.6.3.4.4 設定の確認

シミュレーターを使用して、挿入方向などの設定が正しいか確認する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[Simulator]をクリックします。
   [シミュレーター]ウィンドウが表示されます。
2. オブジェクトツリー-[Force]-[Force Guide]-[InsertSeq]を選択します。
3. 次のチェックボックスをチェックします。
   [Insert01]-[表示]



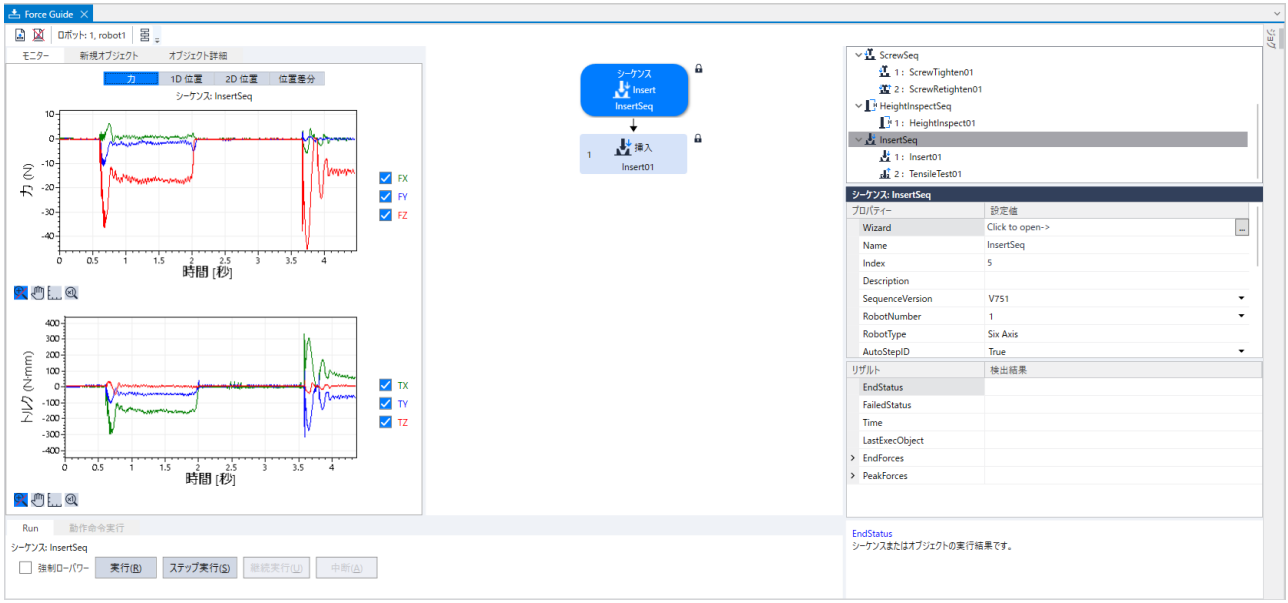

4. 黄色い矢印が表示されている方向が、円柱を差し込む方向であることを確認してください。
   方向が異なる場合は下記を参照し、設定を確認してください。
   ソフトウェア編 プロパティーの設定

## 4.6.3.4.5 フォースガイダンス機能による実行

“円柱嵌合”を行うシーケンスを、[Force Guide]ウィンドウで実行する方法を説明します。

1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [実行]ボタンをクリックします。
   コンパイルが実行され、ロボットコントローラーにプログラムが送信されます。
   設定に、間違いがある場合、エラーが発生します。これまでの設定内容を再確認し、エラーメッセージにしたがってパラメーターを修正してください。

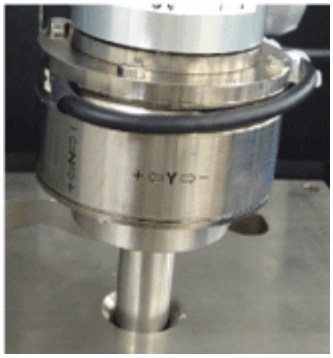
プロパティーに設定した条件を満たし、最後まで実行できた場合、フローチャート左上に“ ”が表示され、動作を停止します。




## 4.6.3.4.6 非接触状態に戻る

非接触状態に戻る方法を説明します。

作業完了後も、円柱嵌合を行うための力は、継続しています。
間隙が数十ミクロンとなるような精密な円柱嵌合を行っていた場合、作業が終了状態でも大きな力が加わっている可能性があります。
ロボットやエンドエフェクターなどの故障や破損を防ぐため、作業後は、速やかにロボットを対象物から離し、力がからない状態にする必要があります。対象物に力が加わっていないことが明らかな場合は、この手順を省略できます。



- 0.1mm程度の小さい間隔でジョグ動作を行い、非嵌合状態にする。
- 円柱を非把持状態とする。
- “引抜き”を行うフォースガイドシーケンス(挿入方向の逆向きに押付ける)を別に作成し、棒材を引き出す。
  嵌合作業後、5分程度経過すると、力覚センサーの検出値がドリフトの影響によりシフトし、取り出しができない可能性があります。
  詳細は、下記を参照してください。
  ソフトウェア編 発展課題 - 2

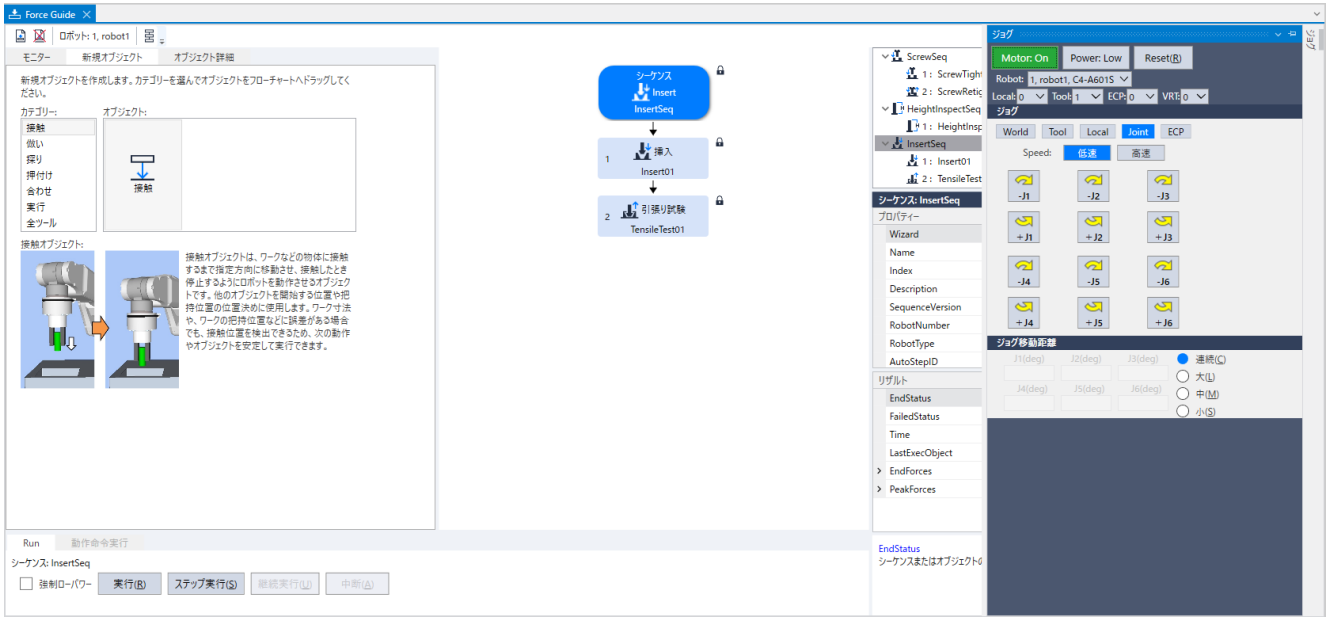
本チュートリアルでは、フォースモニターを確認しながら、ジョグ動作により棒材を引き出します。

1. Epson RC+ メニュー-[ツール]-[フォースモニター]をクリックします。
   [フォースモニター]ダイアログが表示されます。

2. [Live開始]ボタンをクリックします。
   現在選択されている、フォースモニターオブジェクトのグラフが表示されます。
3. [ロボットマネージャー]を表示します。
4. [ジョグ&ティーチ]パネルを選択します。
5. [ジョグ]-[モード]で、“Tool” を選択します。
   傾きのある穴に対して倣いながら嵌合をしたときに、穴に対して垂直に引き出すために最適な設定です。
6. [ジョグ移動距離]-[小(S)]ボタンを選択します。
7. -Z方向に0.1ミリずつ移動させます。
   力覚センサーのドリフト特性によって、出力値は、時間経過に応じて “0”の値から離れていきます。
   力の値の相対的な変化は、正しく接触状態の変化を反映しています。
   表示されるグラフ値を確認しながら、ジョグボタンをクリックしてロボットをX, Y方向に動かし、非接触状態にします。
   参考: ソフトウェア編 力覚センサーのリセット

**[参考]**

[Force Guide]ウィンドウに、[ジョグ]タブがあります。このタブを選択すると、[ジョグ]ウィンドウが表示されます。ジョグボタンをクリックし、ロボットを動かし非接触状態にできます。

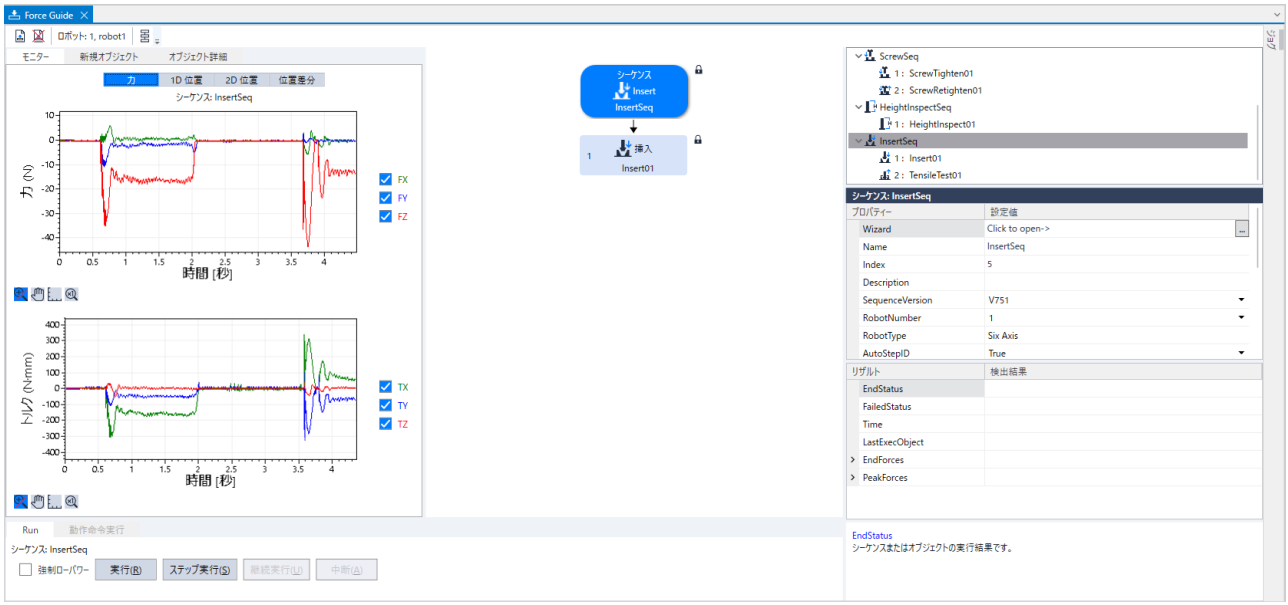



## 4.6.3.4.7 モニターによる動作分析

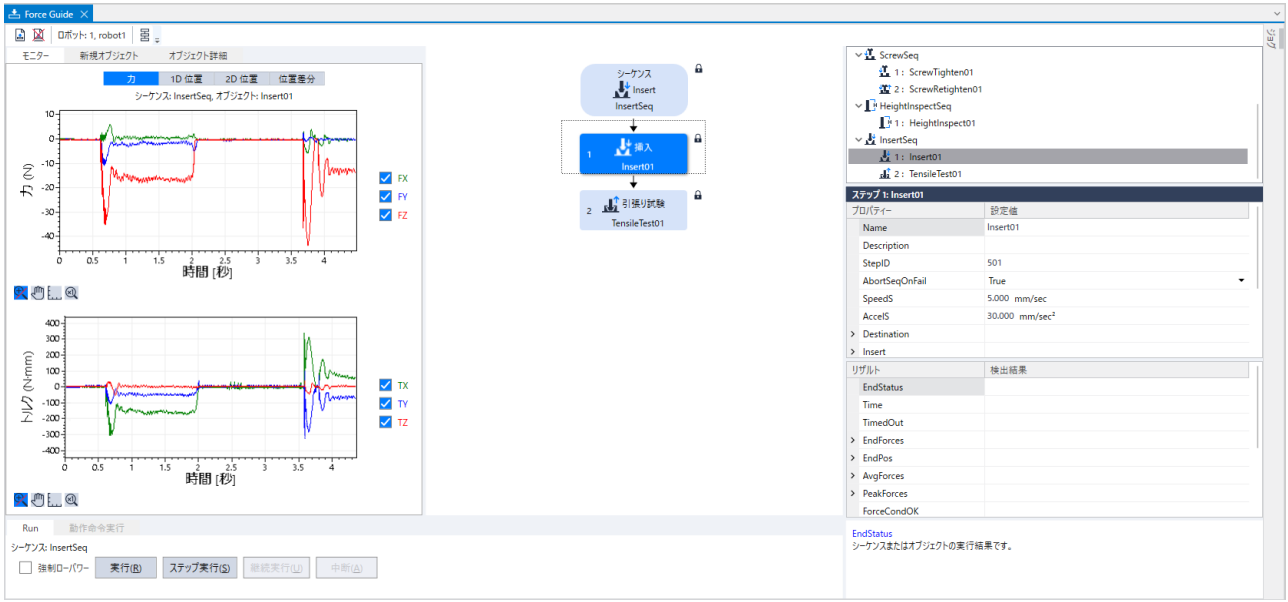
フォースガイドシーケンスの動作結果をEpson RC+で確認する方法を説明します。

1. [Force Guide]ウィンドウを表示します。
2. [InsertSeq]のシーケンスフローをクリックします。

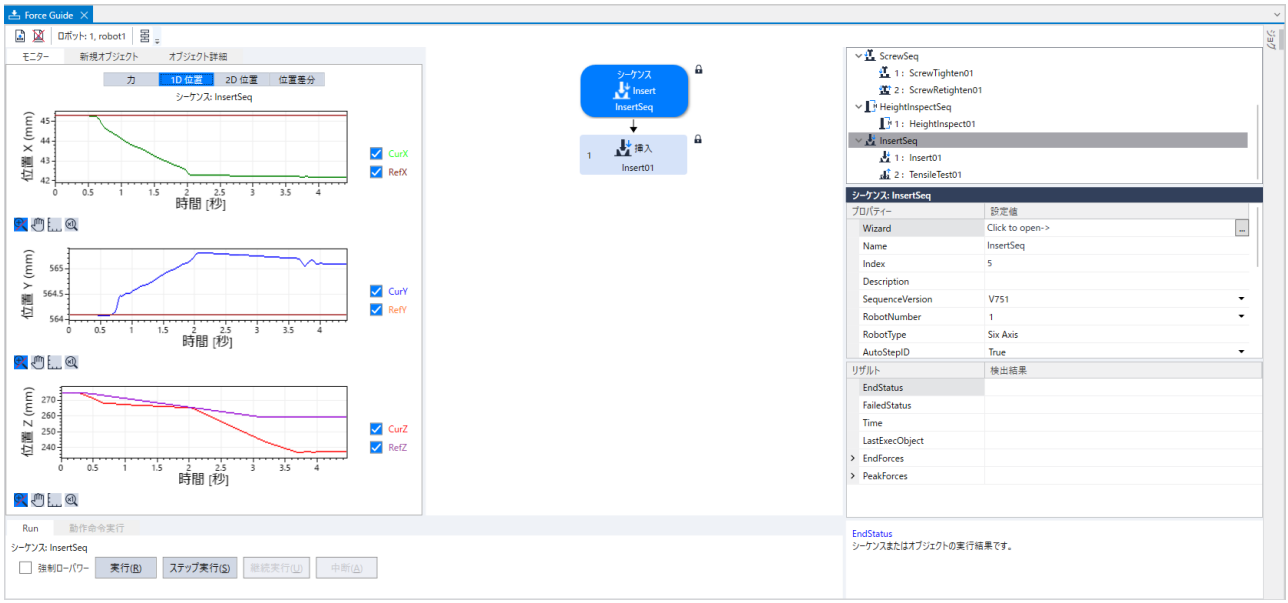
3. [モニター]タブを選択します。
   [力]タブを選択します。グラフに、[InsertSeq]シーケンスを実行している間の力や、位置が表示されます。



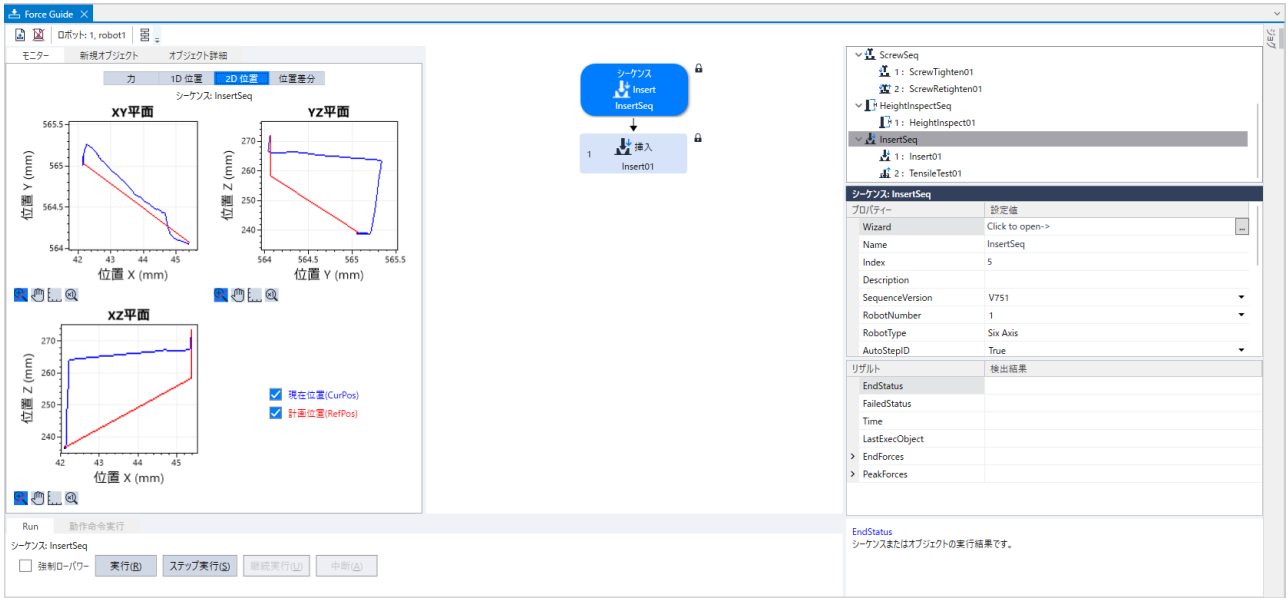

4. [Step1]のオブジェクトフローをクリックすると、グラフに、選択したフォースガイドオブジェクトを実行している間の力や、位置が表示されます。



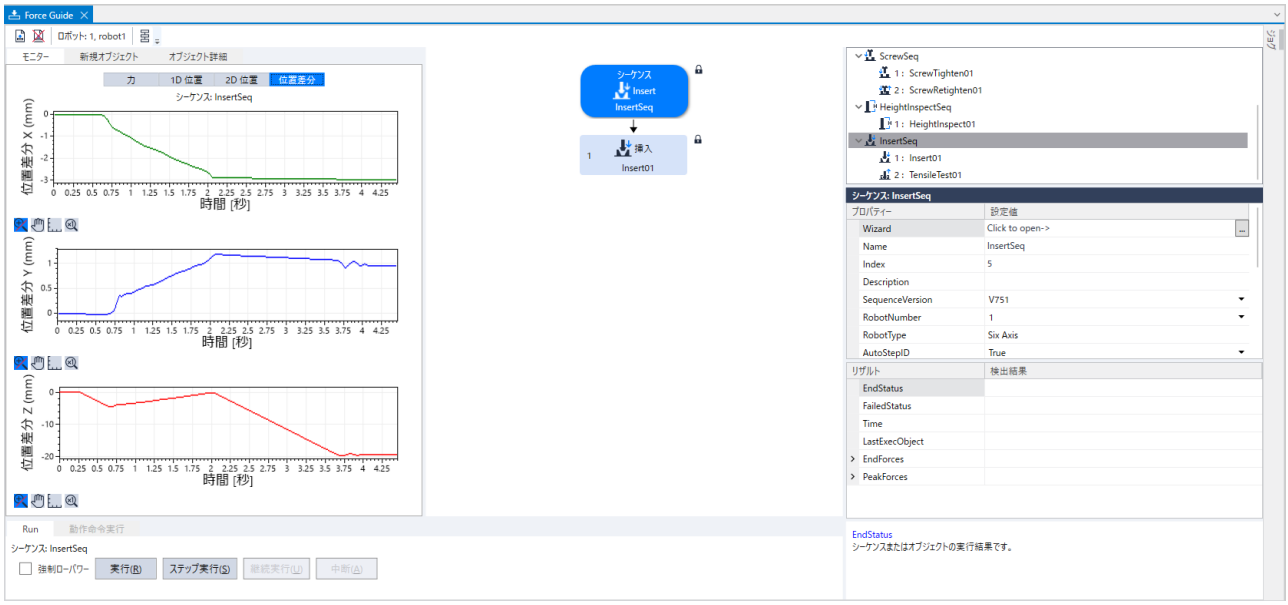
5. [InsertSeq]のシーケンスフローをクリックします。
   [モニター]タブを選択します。[1D位置]タブを選択します。
   解析用のグラフが表示されます。(横軸: 時間, 縦軸:位置)



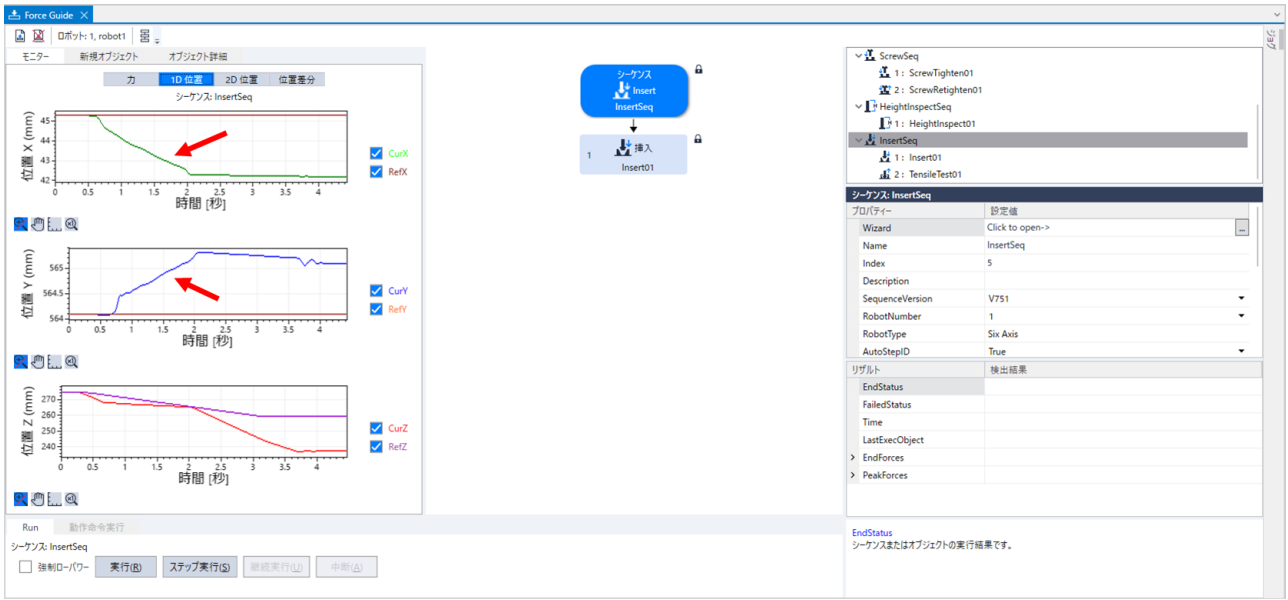

6. [2D位置]タブを選択します。
   解析用のグラフが表示されます。(縦軸, 横軸: 位置)



7. [位置差分]タブを選択します。
   力制御によるシフトを相対的な位置変化として記録しています。[1D位置]タブのグラフとは、異なります。




8. グラフの表示単位などを変更し、力や位置の変化の状態を確認してみましょう。
9. 本チュートリアルで示したモニターを見ながら、動作結果を確認してみましょう。
   赤矢印で示すように、挿入方向以外の方向に対して倣いながら移動し、挿入ができていることが分かります。




正しく挿入がされなかった場合、設定が間違っている可能性があります。
下記を参考に、本チュートリアルの手順を再度確認してください。

- 挿入方向は正しいか
- 開始位置が穴から大きくずれていないか
- アプローチ距離と挿入長の設定が正しいか

## 4.6.3.4.8 発展課題

次の操作を実際に行ってみましょう。

1. 「ソフトウェア編 非接触状態に戻る」のような、ジョグを用いた数十ミリの距離の移動は、大変手間がかかります。
   円柱の嵌合の直後に、力制御機能を用いて抜き出す方法を試してみましょう。

このとき、[シーケンス]-[プロパティー]で、力覚センサーのリセットを行わないようにする必要があります。

> ⚠ 注意
>
> 嵌合後、5分程度経過すると、力覚センサーのドリフト特性によって、正しい値を検出できず、引き抜きに失敗する可能性があります。また、その時、ワークに過大な力がかかり、ワークを破壊する可能性があります。フォースガイドシーケンスを実行した直後に実行してください。
>
> 接触状態で、力覚センサーをリセットすると、その時の力とトルクが “0”となります。この状態では、正しく力制御機能を実行できず、引き抜きに失敗したり、ワークを破損する可能性があります。必ず、[ResetSensor]プロパティーを“False”にしてください。また、フォースモニターで[力覚センサーリセット]ボタンをクリックしたり、コントローラーを再起動するなど、力覚センサーをリセットした場合は、力制御機能を実行せずに、ジョグを用いて移動したり、非把持状態にして、非嵌合状態にしてください。

i. [InsertSeq]とは別の、空のフォースガイドシーケンスを新規作成します。
例: PullFromHole

ii. 押付けオブジェクトのみを追加してプロパティーを設定します。
6軸ロボットの場合は、下記の設定を基準とし、[Firmness]などのプロパティーを調整してください。

- [Fz_ControlMode]で “Press- ” 方向を設定する
- [Fx_ControlMode], [Fy_ControlMode]は、“Follow”とする
- [Fz_ControlMode]は、10N以下の力を設定する
(強すぎると引っかかる可能性があります。)
- [Timeout]を60secなど大きな値にする
(引き抜きができてもその時間動き続けます。[中断]ボタンをクリックして、ロボットを停止してください。)
- [FZ_Firmness]は、[InsertSeq]の[Insert01]のInsertFirmnessFと同じ値に設定する
- [Fx_Firmness], [Fy_Firmness]は、[InsertSeq]の[Insert01]のFollowFirmnessFと同じ値に設定する

iii. フローチャートのシーケンスフローをクリックして選択します。

iv. [ResetSensor]プロパティーを、“False”にします。

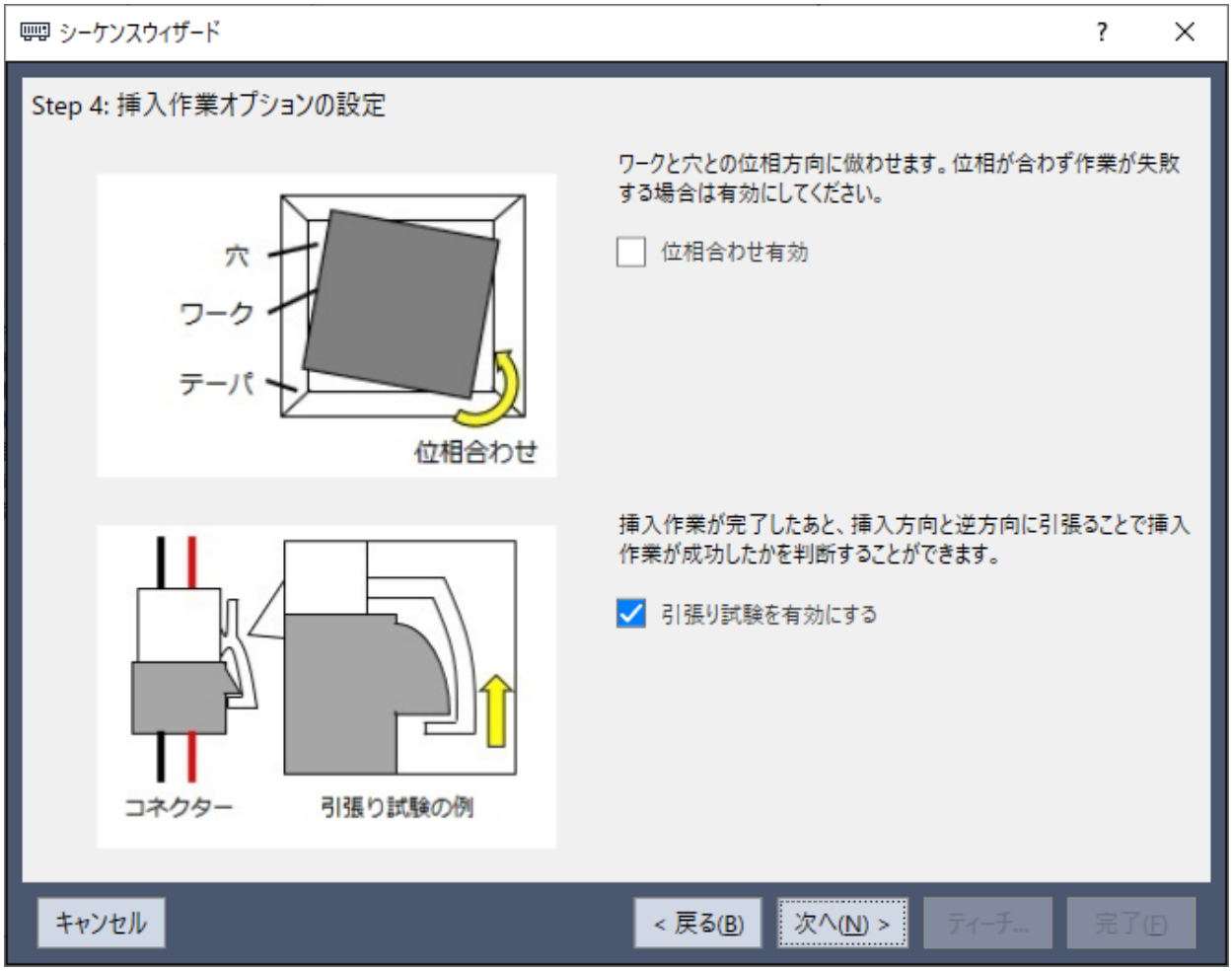
v. 下記を参照し、力制御機能を実行します。
フォースガイダンス機能による実行

2. 本チュートリアルでは円柱嵌合を行いましたが、コネクターのような嵌合後に引っ張っても抜けない形状のワークを使って、嵌合後に嵌合方向と逆方向に引っ張って抜けないことを確認する機能もあります。
下記に従って実際に試してみましょう。

i. [ForceGuide]ウィンドウを表示します。

ii. [InsertSeq]のシーケンスフローを右クリックしてシーケンスウィザードをクリックします。
シーケンスウィザードが表示されます。

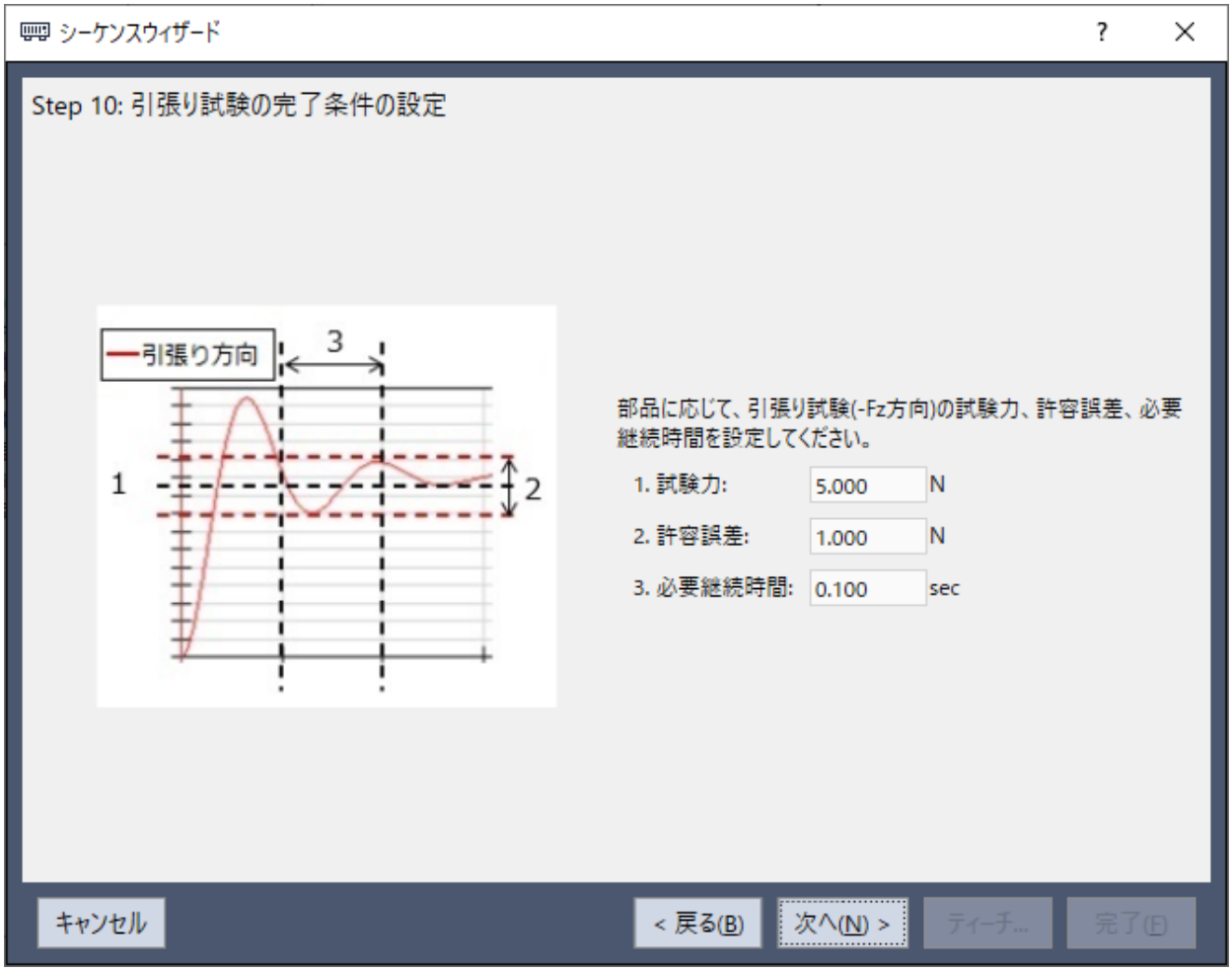
iii. [次へ]ボタンを3回クリックし、[Step 4: 挿入作業オプションの設定]ダイアログを表示します。
下表のプロパティーを変更します。[次へ]ボタンを6回クリックします。




| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| 引張り試験を有効にする | 有効 | 挿入作業が完了したあと、挿入方向と逆向きに力をかけて抜けないことを確認します。 |

iv. [Step 10: 引張り試験の完了条件の設定]ダイアログが表示されます。
お客様のワークに合わせて下表のプロパティーを変更します。
初期値のままでよければ、変更の必要はありません。

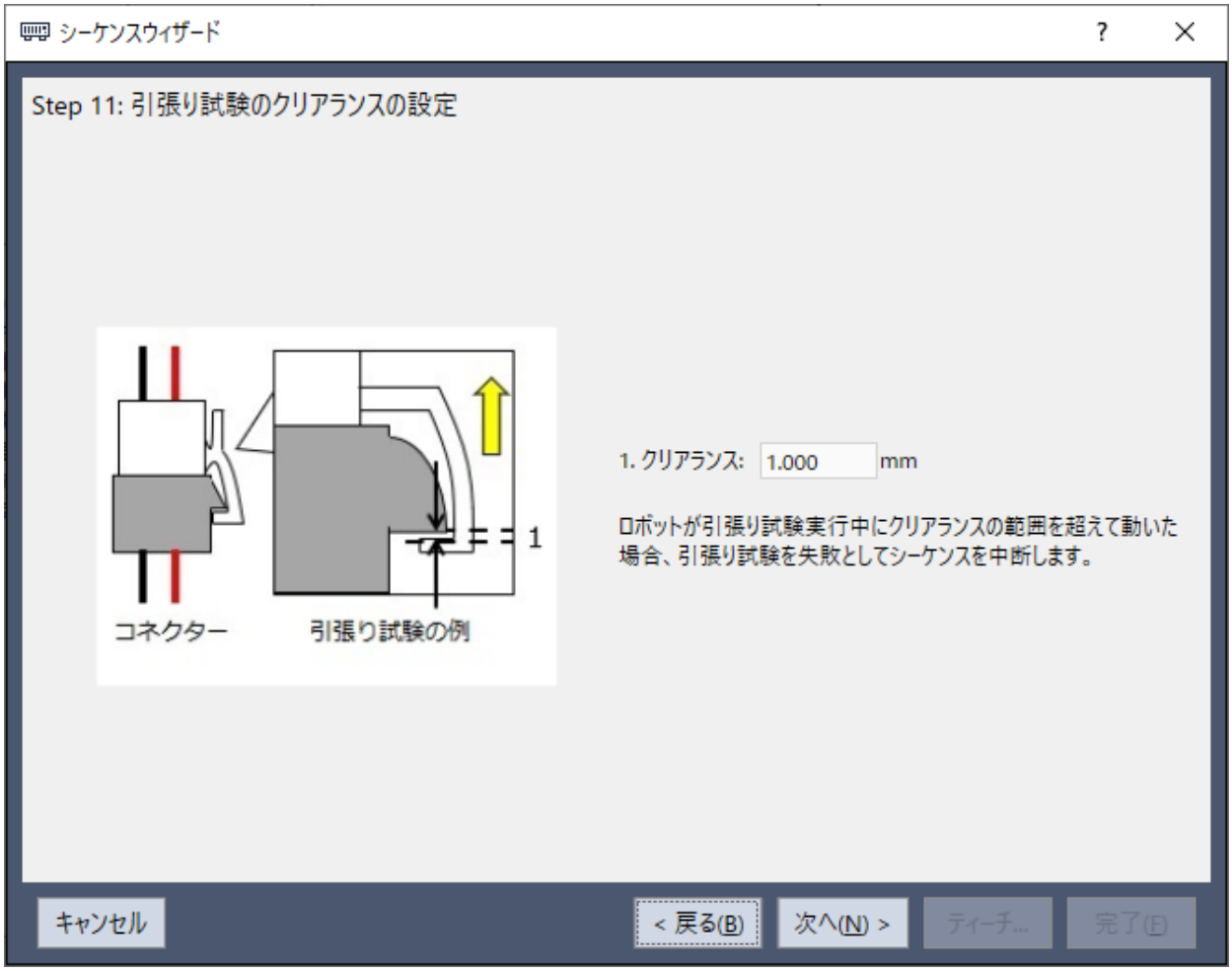
[次へ]ボタンをクリックします。




| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| 試験力 | 5 | 引張り試験で引っ張る試験力を設定します。<br>お客様の使うワークに合わせて設定してください。<br>5Nと設定します。 |
| 許容誤差 | 1 | 試験力に関する完了条件の許容誤差です。<br>引張り試験の完了条件とする許容誤差を設定します。<br>Z軸: 5±1Nに力の値が入った状態が継続 |
| 必要継続時間 | 0.1 | 完了条件を満たしたと判定する継続時間を設定します。<br>0.1secと設定します。 |

v. [Step 11: 引張り試験のクリアランスの設定]ダイアログが表示されます。
お客様のワークに合わせて下表のプロパティーを変更します。
初期値のままでよければ、変更の必要はありません。

[次へ]ボタンをクリックします。

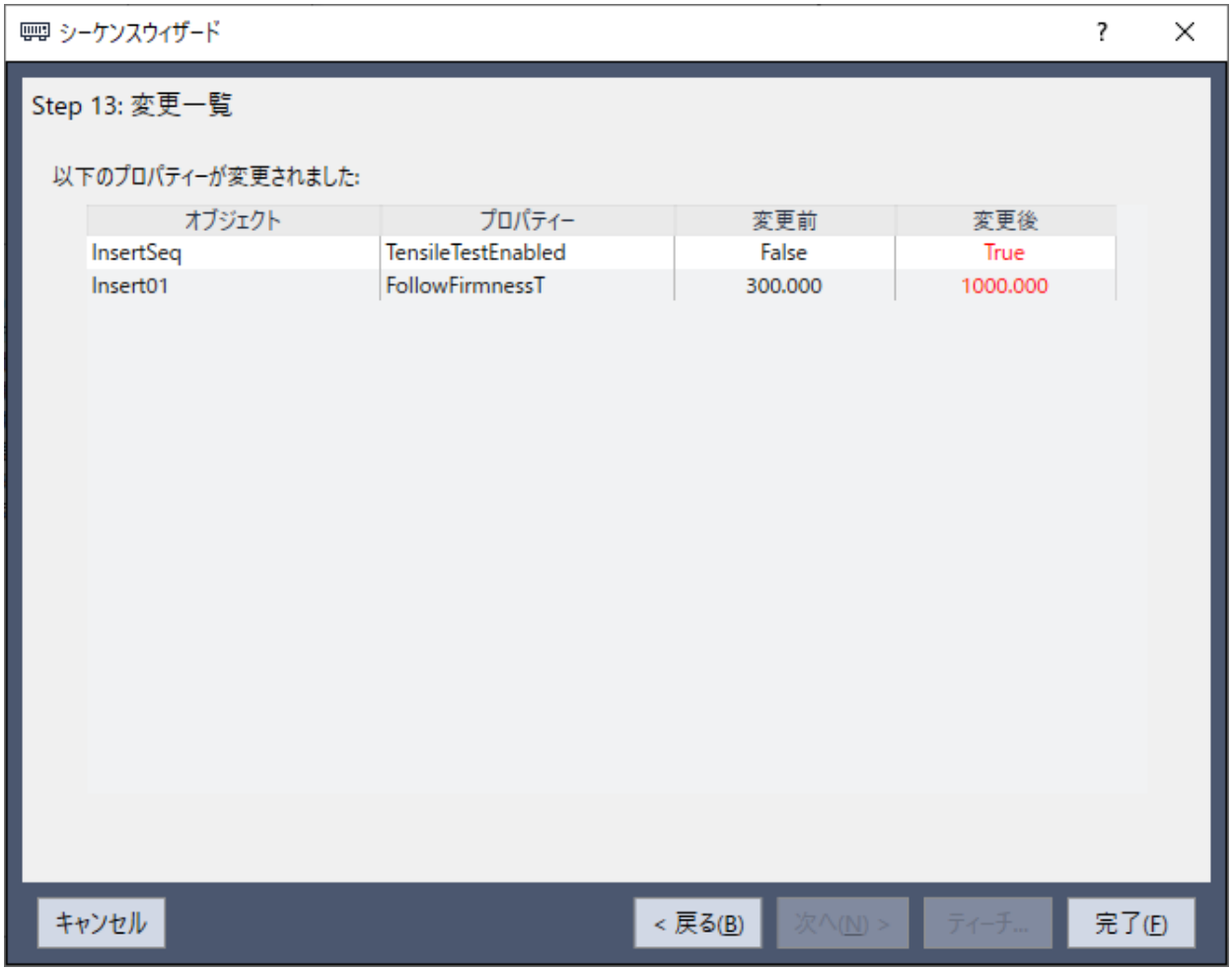



| 項目 | 設定値 | 説明 |
|---|---|---|
| クリアランス | 1 | 引張り試験で失敗したと判定するクリアランスの範囲です。<br>お客様の使うワークに合わせて設定してください。<br>1mmと設定します。 |

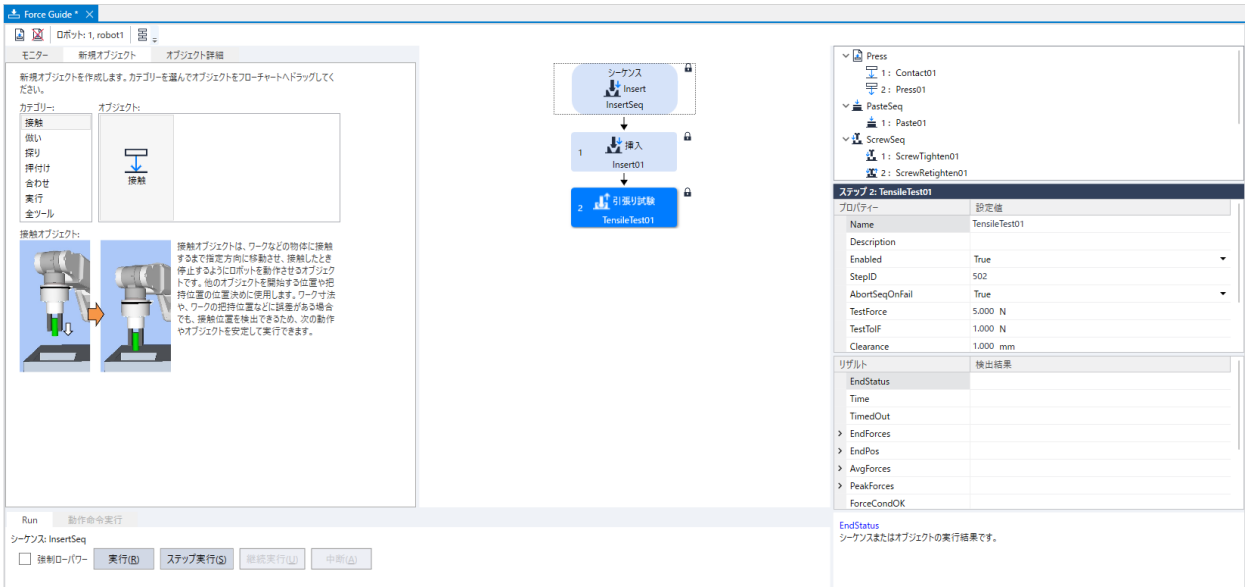
vi. [Step 12: 作業のタイムアウト時間の設定]ダイアログが表示されます。
初期値から変更する必要はありません。
[次へ]ボタンをクリックします。

vii. [Step 13: 変更一覧]ダイアログが表示されます。
変更したプロパティーがあるオブジェクト, プロパティー名, 変更前後の値が表示されます。
下図は、引張り試験を有効に変更した場合のダイアログです。

Step10, 11で値を変更している場合は、そのプロパティーについても表示されます。
[完了]ボタンをクリックします。




viii. [InsertSeq]シーケンスに、[TensileTest01]オブジェクトがあることを確認します。




ix. 下記を参照し、力制御機能を実行します。
フォースガイダンス機能による実行

これで、挿入シーケンスのチュートリアルを終了します。

## 4.6.4 コマンド版 (単純押付)

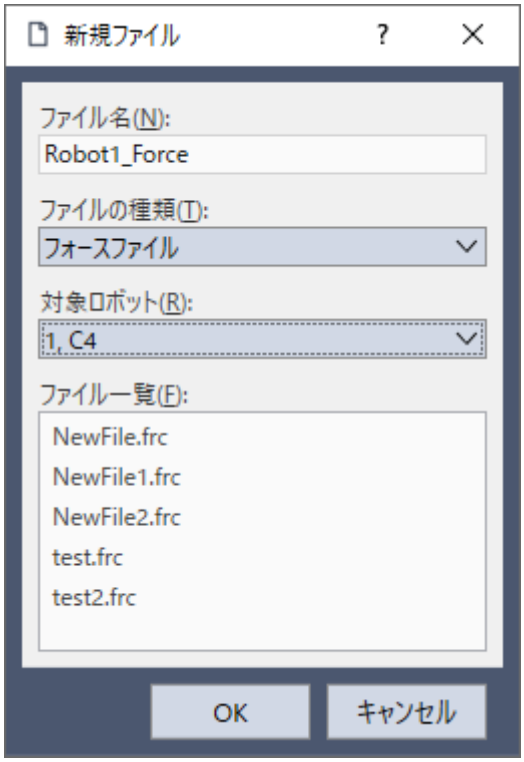
コマンド版で、単純押付を行う方法を説明します。
本チュートリアルの押し付け動作は、ツール0座標系Z(TLZ)の正方向に、ロボットのハンド先端が移動し、20[N]で約10秒間押し付けるものです。
押し付ける対象は、架台に固定され、押し付ける面が平坦な金属ブロックを想定しています。
またエンドエフェクターを取りつけて実施する場合は、エンドエフェクターが20[N]のTLZの負方向負荷に耐えられることを確認してください。

> ⚠ 注意
>
> 本チュートリアルで説明するパラメーターは参考値です。
>
> 比較的安定的なパラメーターを使用していますが、動作環境によっては作業が成功しない場合や、振動的な動作をする場合があります。また、パラメーターの調整が必要な場合があります。注意してください。
>
> 説明のため、低速で安定的なパラメーターを使用しています。より高速な動作をする場合も、パラメーターの調整が必要になります。

### 4.6.4.1 フォースファイルの作成

フォースファイルを作成し、プロジェクトに登録する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ファイル]-[新規ファイル]をクリックします。[新規ファイル]ダイアログが表示されます。

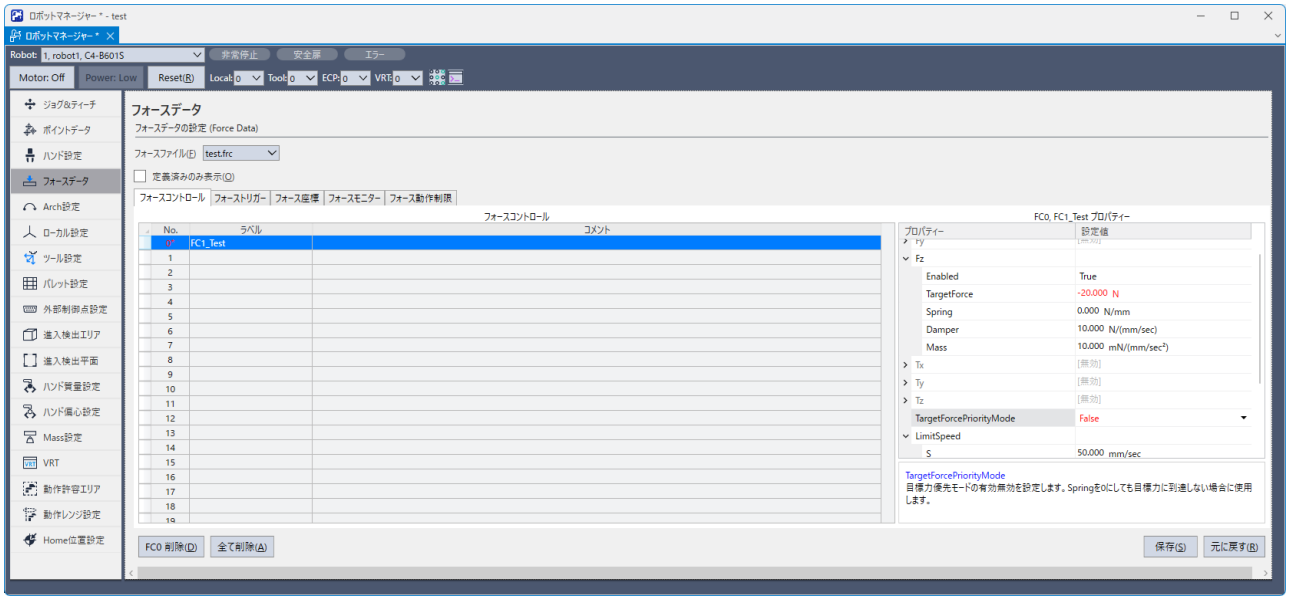



2. [ファイルの種類]で、“フォースファイル”を選択します。
3. [ロボット]が、“1”であることを確認します。
4. [ファイル名]に、“Robot1_Force”と入力します。
5. [OK]ボタンをクリックします。

## 4.6.4.2 フォースコントロールオブジェクトの設定

フォースコントロールオブジェクトを設定する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。
2. [フォースデータ]タブを選択します。
3. [フォースコントロール]タブを選択します。次の画面が表示されます。




4. フォースコントロールオブジェクト“FC1”に、以下のデータを設定します。

| 項目 | 設定値 |
|---|---|
| ラベル | FC1_Test |
| CoordinateSystem | 0 |
| Fx_Enabled | False |
| Fy_Enabled | False |
| Tx_Enabled | False |
| Ty_Enabled | False |
| Tz_Enabled | False |
| Fz_Enabled | True |
| Fz_TargetForce | -20 |
| Fz_Spring | 0 |
| Fz_Damper | 10 |
| Fz_Mass | 10 |
| TargetForcePriorityMode | False |
| LimitSpeedS | 50 |
| LimitSpeedR | 25 |

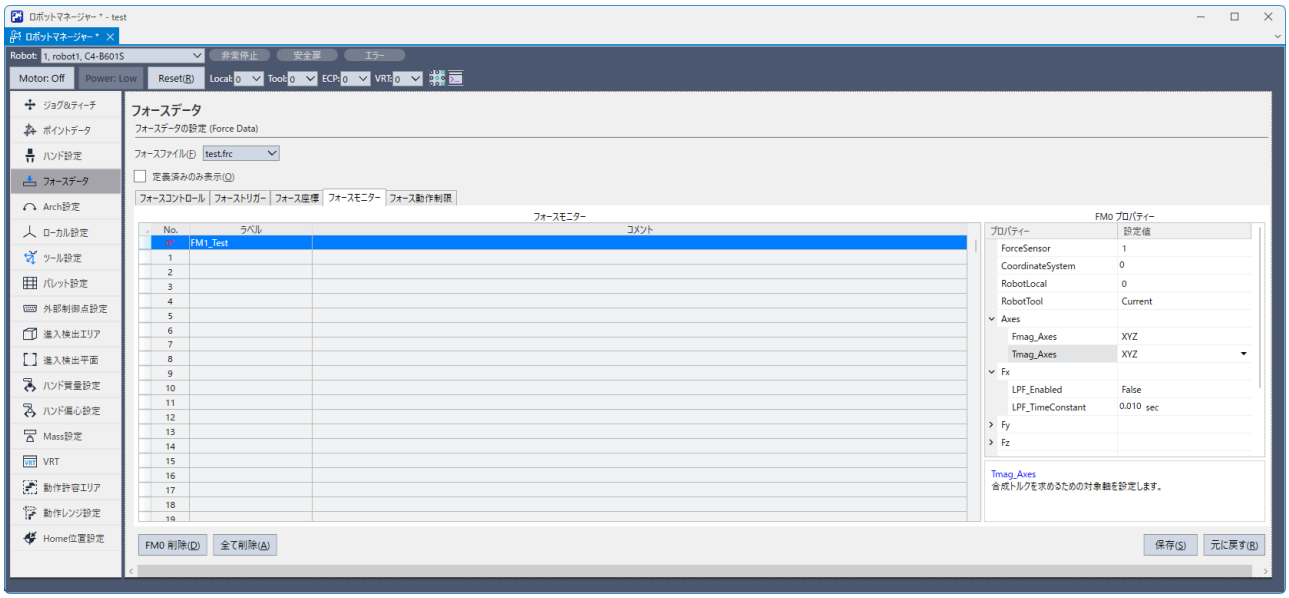
| 項目 | 設定値 |
|---|---|
| LimitSpeedJ | 50 |
| LimitAccelS | 200 |
| LimitAccelR | 100 |
| LimitAccelJ | 100 |

5. [保存]ボタンをクリックします。

### 4.6.4.3 フォースモニターオブジェクトの設定

フォースモニターオブジェクトを設定する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。
2. [フォースデータ]タブを選択します。
3. [フォースモニター]タブを選択します。次の画面が表示されます。




4. フォースモニターオブジェクト“FM1”に、以下のデータを設定します。

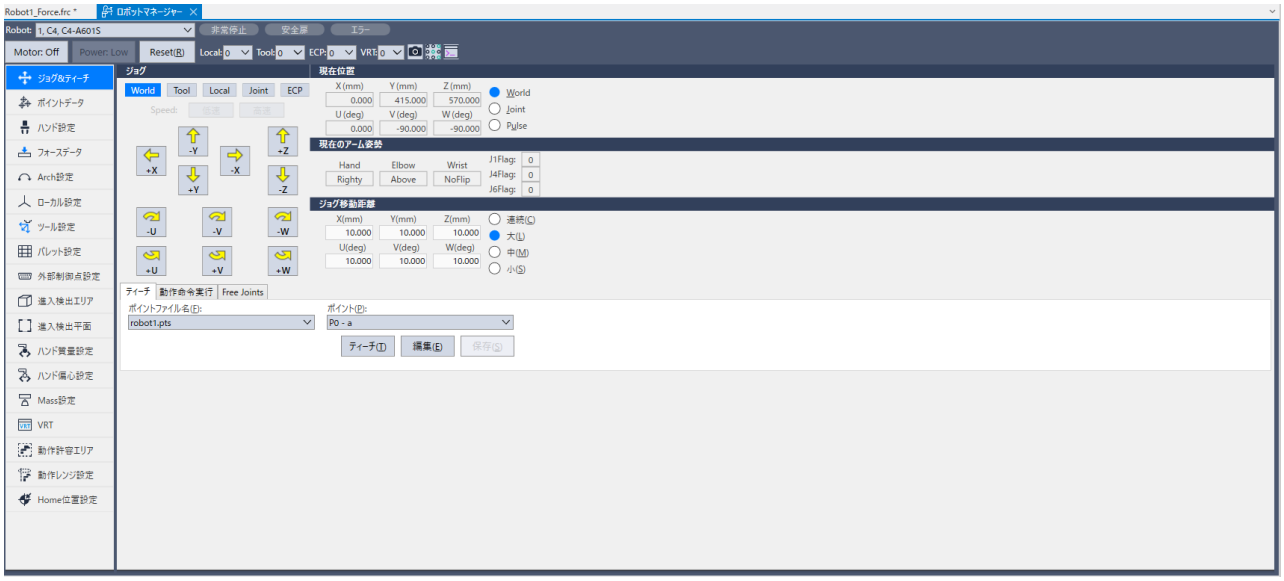
| 項目 | 設定値 |
|---|---|
| ラベル | FM1_Test |
| ForceSensor | 1 |
| CoordinateSystem | 0 |
| Fmag_Axes | XYZ |
| Tmag_Axes | XYZ |
| Fx-Tmag_LPF_Enabled | False |
| Fx-Tmag_LPF_TimeConstant | 0.01 |

5. [保存]ボタンをクリックします。

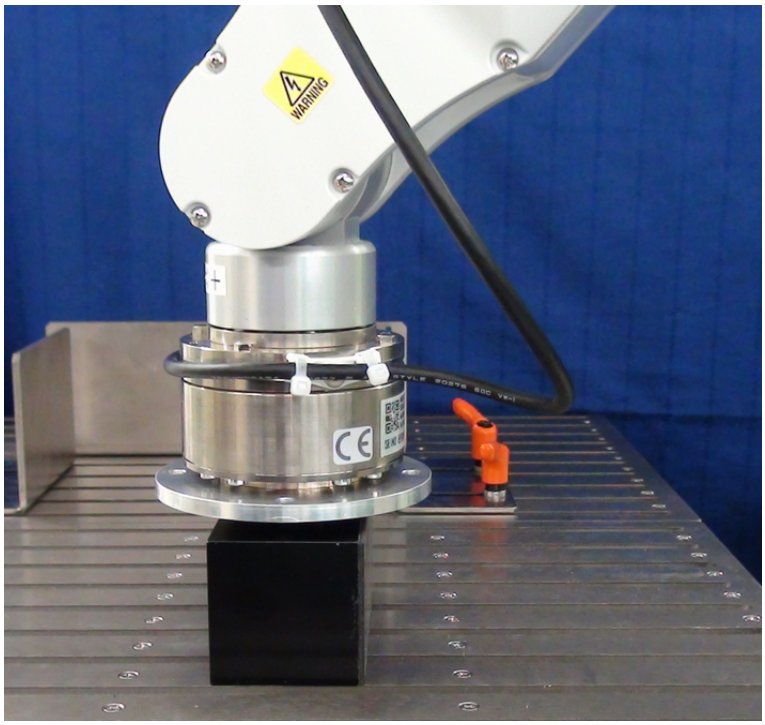
### 4.6.4.4 開始位置の教示

“押し付け”動作の開始位置を教示する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[ロボットマネージャー]をクリックします。[ロボットマネージャー]ダイアログが表示されます。
2. [ジョグ&ティーチ]タブを選択します。

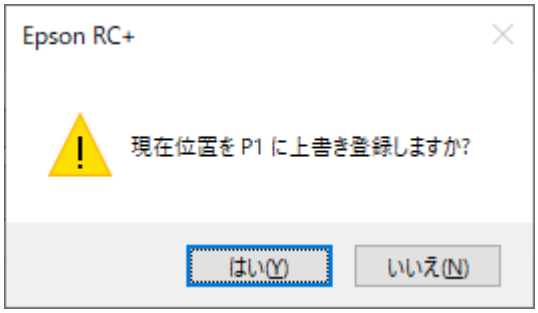



3. ジョグボタンを使用して、力覚センサー、またはエンドエフェクターが、押し付け対象物の3mm程度上空に来るように、ロボットを移動させます。

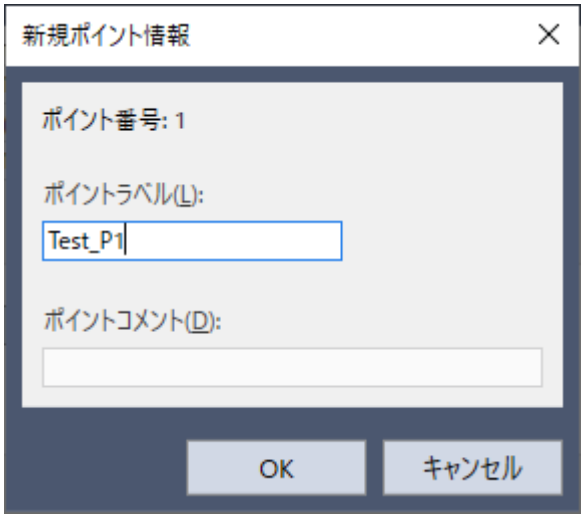



4. [ポイント]で“P1”を選択します。

5. [ティーチ]ボタンをクリックします。次のメッセージが表示されます。
   メッセージを確認し、[はい]ボタンをクリックします。




6. [新規ポイント情報]ダイアログが表示されます。[ポイントラベル]に、“Test_P1”を入力し、[OK]ボタンをクリックします。

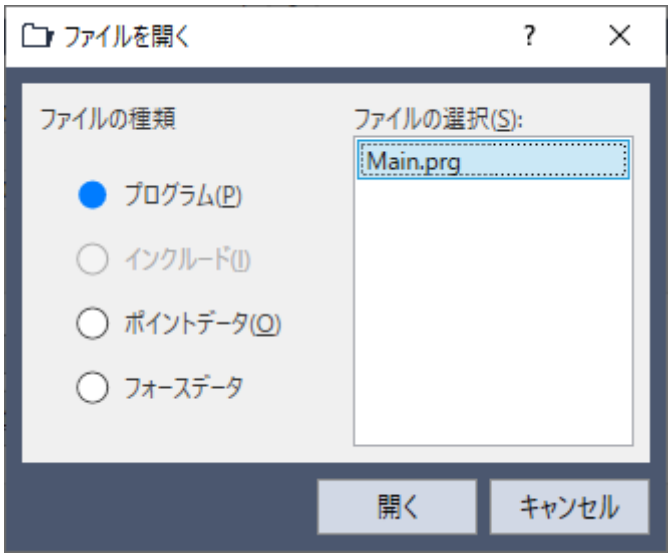



7. Epson RC+メニュー-[ファイル]-[全てのファイルを保存]をクリックし、ファイルを保存します。

### 4.6.4.5 SPEL+プログラムの作成

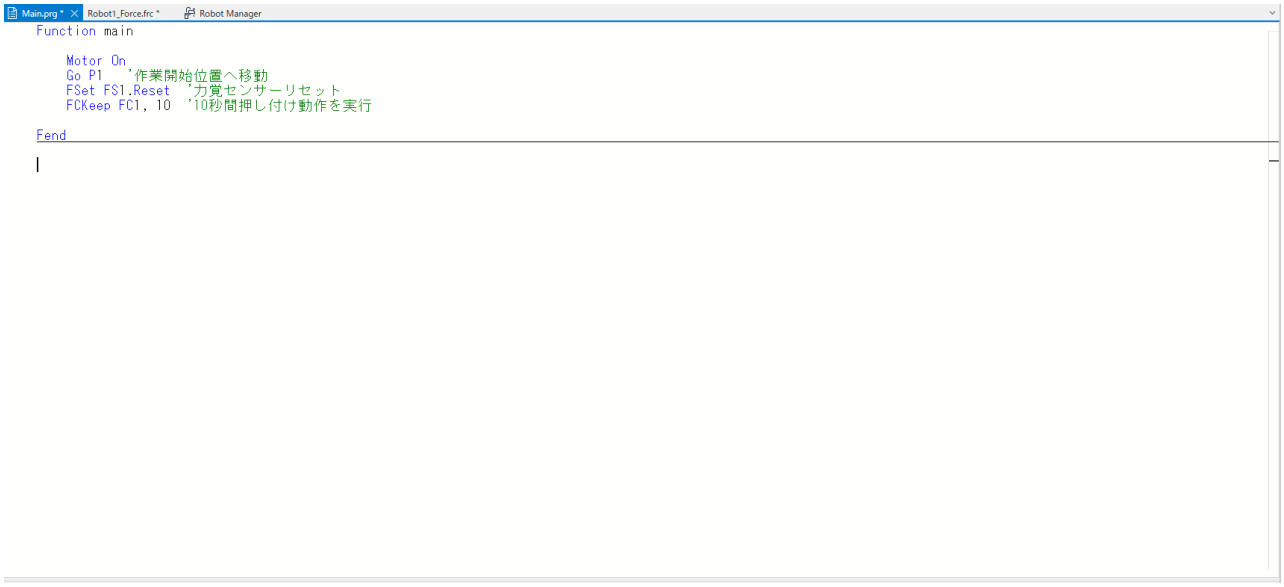
“押し付け”動作を行うSPEL+プログラムを作成する方法を説明します。

1. Epson RCメニュー-[ファイル]-[ファイルを開く]をクリックします。
   [ファイルを開く]ダイアログが表示されます。




2. [ファイルの種類]で、[プログラム]を選択します。

3. [ファイルの選択]で、“Main.prg”を選択します。
   [開く]ボタンをクリックします。Main.prgの画面が表示されます。



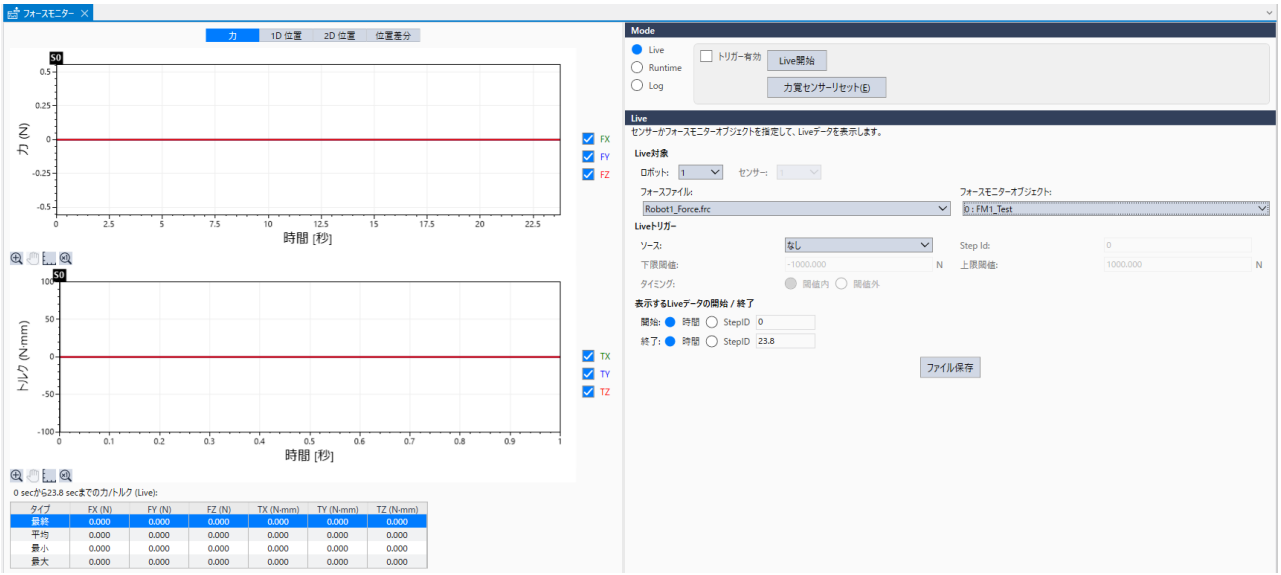

4. mainファンクションに、次のサンプルプログラムを入力します。

```
Function main
  Motor On
  Go P1             '作業開始位置へ移動
  FSet FS1.Reset    '力覚センサーリセット
  FCKeep FC1, 10    '10秒間押し付け動作を実行
Fend
```

## 4.6.4.6 フォースモニターの実行

“押し付け”動作の力をグラフ表示するために、フォースモニターを実行する方法を説明します。

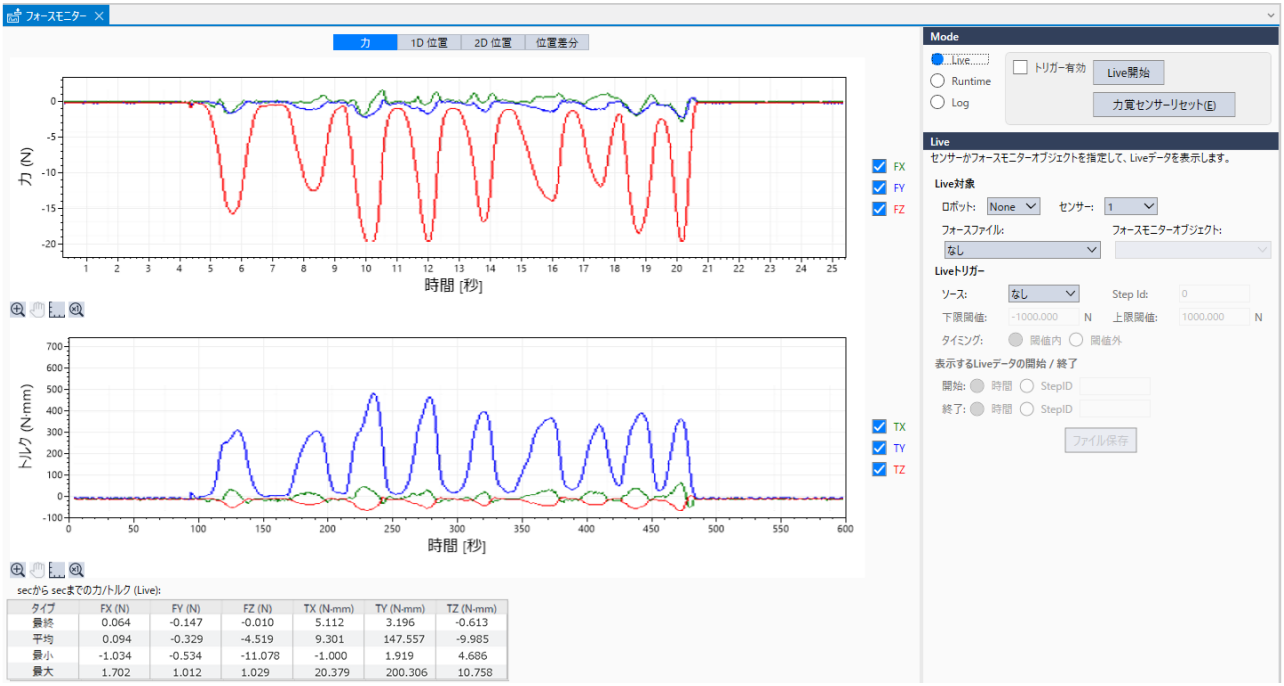
1. Epson RC+メニュー-[ツール]-[フォースモニター]をクリックします。[フォースモニター]ダイアログが表示されます。



2. [Live]で、次の項目を設定します。

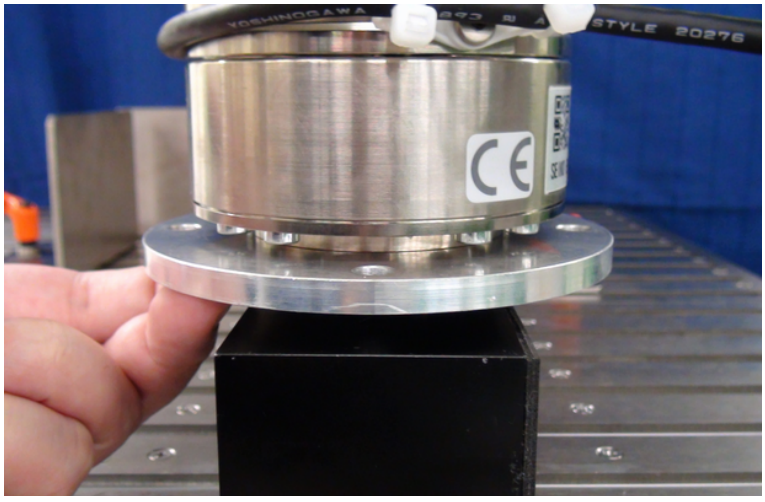
| 項目 | 設定値 |
|---|---|
| ロボット | 1 |
| フォースファイル | Robot1_Force.frc |
| フォースモニターオブジェクト | FM1_Test |

3. [Live開始]ボタンをクリックします。力覚センサーの値がグラフに表示されます。




押し付けを行う方向へ力を加えた時に、Fzの値が変化することを確認してください。Fzの値が変化せず、他の軸が変化する場合は、次の項を参照し、フォース座標系の設定を確認してください。

ソフトウェア編 力覚センサーの補正



⚠ 注意

力覚センサーに力を加えるために安全扉内に入る時は、ロボットのパワー状態を動作禁止状態にするなど、安全を確保した状態にしてください。

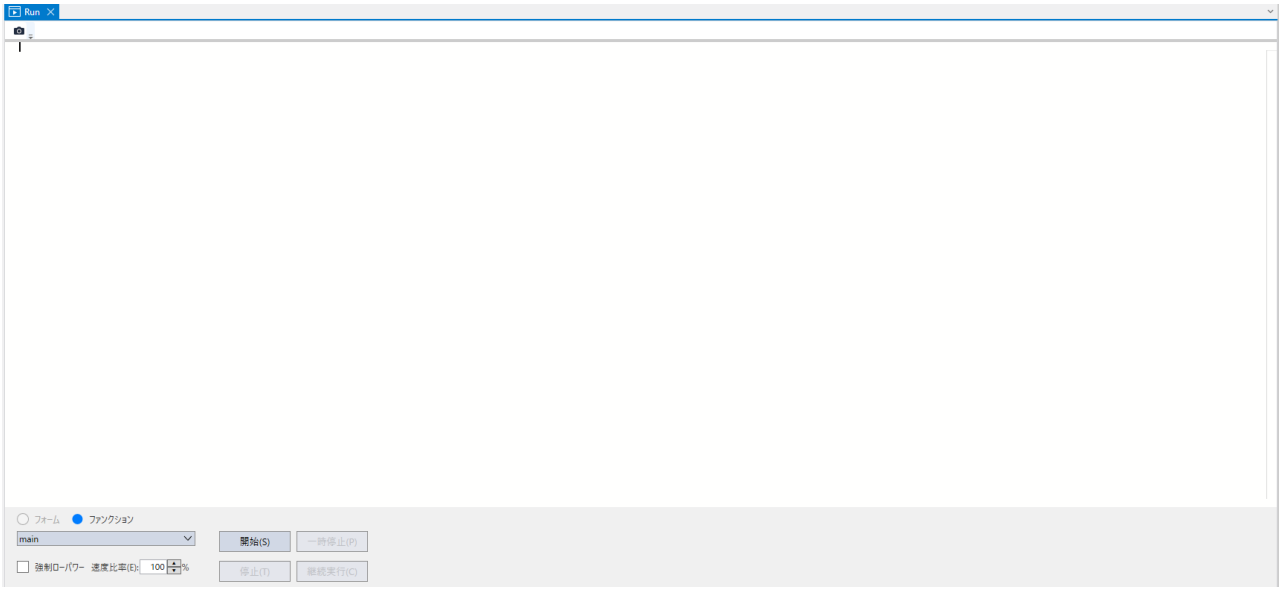
安全についての詳細は、次のマニュアルを参照してください。

"Epson RC+ 8.0 ユーザーズガイド"

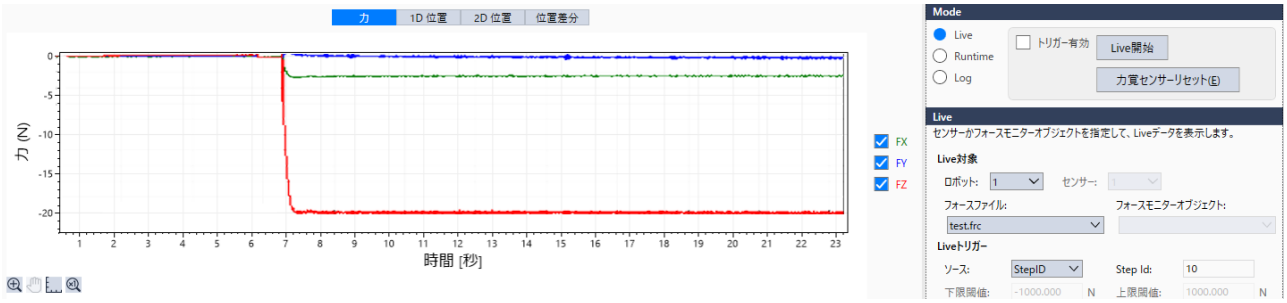
## 4.6.4.7 SPEL+プログラムの実行

“押し付け”動作を行うSPEL+プログラムを実行する方法を説明します。

1. Epson RC+メニュー-[実行]-[Runウィンドウ]をクリックします。[Run]ウィンドウが表示されます。プロジェクトのビルドが実行され、プログラムとプロジェクトファイルはコントローラーに送信されます。ビルド中にエラーが発生しなければ、[Run]ウィンドウが表示されます。




2. [開始]ボタンをクリックすると、プログラムが実行されます。プログラムを実行すると、ロボットは押し付け動作を開始し、[フォースモニター]ダイアログのグラフで20Nの力に整定していることが確認できます。



# 4.7 トラブルシューティング

## 4.7.1 力覚センサーを認識しない

次の項を参照し、配線を確認してください。
ハードウェア編 接続例

特に次の項目について、注意してください。

- 力覚センサーケーブル
- 力覚センサーM/I接続ケーブル
  ハードウェアの接続確認後、次の項を参照し、力覚センサーを有効にしてください。
  ソフトウェア編 接続確認

## 4.7.2 力覚センサーの出力値と実際の力の方向が異なる

次の項を参照し、フォース座標系を確認してください。
導入編 座標系

フォース座標系には、次の項目がすべて影響します。

- Base, Local, Tool座標の設定
- FlangeOffsetの設定
- フォース座標オブジェクト(FCS#)の設定

## 4.7.3 力覚センサーの出力値と実際の力の大きさが異なる

力覚センサーは、リセットしたときの力、およびトルクの出力を “0”として設定します。そのため、リセットしたときに外力がかかっていると、外力がなくなったとき、実際には力が加わっていなくても力覚センサーは力を検出してしまいます。このことを避けるために、力覚センサーのリセットは外力のかかっていない状態で行ってください。また、検出位置が力覚センサー構造中心にあるため、姿勢により力覚センサー本体の重量が加算されます。

また、力覚センサーをリセットした姿勢から、力覚センサーの姿勢が変化すると、重力の影響で力覚センサーの出力値も変化します。フォース機能(力制御機能, フォーストリガー機能, フォースモニター機能)を利用している動作の中で姿勢が変化しない場合には、フォース機能を利用する直前にリセットを行ってください。

フォース機能を行う最中に姿勢が変化する場合には、重力補償を利用することで重力の影響を低減することができます。詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 重力補償

## 4.7.4 力覚センサーの出力値が時間経過によって変化する

弊社の力覚センサーは、ドリフト特性を持っています。次の項に記載されている時間ドリフトの範囲内の変動であれば正常です。
ハードウェア編 仕様
時間ドリフトの影響を避けるために、フォース機能を利用する直前にリセットを行ってください。力覚センサーのリセット後10分以内に使用してください。

## 4.7.5 力覚センサーに異常が発生した

力覚センサーに関わるエラーが発生した場合は、次のマニュアルを参照し、各エラーに対応してください。
"Epson RC+ 8.0 SPEL+ランゲージリファレンス" - SPEL+ エラーメッセージ

力覚センサーをリセットせず、長時間使用した場合、ドリフトによって誤差が蓄積されます。これにより力覚センサーの素子エラーが発生することがあります。エラーが発生した場合は、フォースセンサーオブジェクトのRebootプロパティーを実行してください。

また、力覚センサーをぶつけたときや、力覚センサーからエラーが出たときなどに、力覚センサーの精度に異常が発生する場合があります。力覚センサーが正常に動作していることを確認します。詳細は、次の項を参照してください。
ソフトウェア編 **力覚センサーの精度確認**

## 4.7.6 フォースガイドオブジェクトで意図した動作ができない

フォースガイドオブジェクトによる動作について、想定以上の力がかかるなど、意図した動作にならない場合は、次の項を参照しプロパティーを調整してください。

- ソフトウェア編 **汎用フォースガイドオブジェクト**
  上記に記載されている各汎用フォースガイドオブジェクトの調整ガイドライン
- ソフトウェア編 **貼付けシーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン**
- ソフトウェア編 **ネジ締めシーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン**
- ソフトウェア編 **高さ検査シーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン**
- ソフトウェア編 **挿入シーケンスとオブジェクトのプロパティー調整ガイドライン**

## 4.7.7 5546エラーが発生する

力覚センサーに、外部の装置などからの振動が加わっている状態で、Resetプロパティーを実行したとき、5546エラーが発生することがあります。振動が断続的な場合は、Resetプロパティーに、“FG_RESET_WAIT_VIBRATION”を指定することで回避できることがあります。
継続的に振動が加わる環境では、5546エラーになる以外にも、力制御機能の精度が劣化するなどの影響をうけることがあります。装置の脚部にゴムシートを配置するなど、ロボットに加わる外部振動を除去するようにしてください。

## 4.7.8 ロボットが意図した方向と逆方向に動く

弊社の力覚センサーは、受けた力を感じるセンサーです。ロボットの動作する方向と、設定する押付け力、および検出する力は、常に反対方向になることに注意してください。
例えば、押付けオブジェクトのFx_ControlModeでPress+(正方向への押付け)を指定した場合、Fx_PressForceは負の値を設定しなければなりません。その動作結果として記録される力も負の値となります。
またForceControlオブジェクトを用いた力制御機能の場合も同様です。ロボットを+Fx方向に向けて動かして押付ける動作を行う場合は、Fx_TargetForceに負の値を設定しなければなりません。

## 4.7.9 接触に時間がかかる

接触したときに、あるオーバーシュート以下に抑えるようにしたい場合、移動速度を低速にする必要があります。これによりサイクルタイムが悪化する場合があります。
この場合には、接触動作を開始するアプローチポイントをできるだけ接触位置に近い位置に設定すると接触動作の時間を短くできます。ただし、ワークなどのバラつきを考慮して、アプローチポイントに移動したときに衝突することがないような位置を設定してください。
また接触動作をTill FTを用いて実現する場合、TillStopModeにFG_SOFT_STOPを設定すると改善できます。

## 4.7.10 目標位置に到達しない

ある方向のみの力制御機能を有効にしてMoveなどの動作命令を実行した場合に、力制御機能が無効である軸が目標位置に到達しないことがあります。これは、フォースコントロールオブジェクトのLimitSpeedSRJプロパティーやLimitAccelSRJプロパティーによって、移動に必要な速度や加速度が制限された場合に起こります。

制限されたかどうかをMotionLimitedステータスで確認することができます。
制限されている場合、LimitSpeedSRJプロパティーやLimitAccelSRJプロパティーを大きくすることで制限されずに動作でき、目標位置に到達できます。ただし、力制御機能は加わる力に比例して速度や加速度が大きくなります。許容可能な範囲で調整してください。
LimitSpeedSRJプロパティーやLimitAccelSRJプロパティーでは調整できない場合、Moveなどの動作命令に指定しているSpeedSやAccelSを小さくすることで制限されずに動作でき、目標位置に到達できます。

またローパワーモードでは、LimitSpeedSRJプロパティーやLimitAccelSRJプロパティーは自動的にローパワーの範囲に制限されます。LimitSpeedSRJプロパティーやLimitAccelSRJプロパティーを大きくしても効果がない場合はローパワーモードになっていないか確認してください。

## 4.7.11 押付けたときに大きくバウンドする

LimitSpeedSRJプロパティーやLimitAccelSRJプロパティーの値が小さい場合、加わる力に反応するために必要な速度や加速度が制限され、大きくバウンドするようにロボットが動くことがあります。
この場合はLimitSpeedSRJプロパティーやLimitAccelSRJプロパティーの値を大きくしてください。
またローパワーモードでは、LimitSpeedSRJプロパティーやLimitAccelSRJプロパティーは自動的にローパワーの範囲に制限されます。LimitSpeedSRJプロパティーやLimitAccelSRJプロパティーを大きくしても効果がない場合はローパワーモードになっていないか確認してください。

## 4.7.12 特定のプロパティーが表示されない

コントローラーのファームウェアバージョンがサポートできないプロパティーは表示されません。コントローラーのファームウェアをアップデートしてください。