

デンソーロボット

垂直多関節型
V* -G-T シリーズ

水平多関節型
H* -G-T シリーズ

付加軸仕様ロボット (T03)
取扱説明書 追補版

Copyright © 2011 DENSO WAVE INCORPORATED
All rights reserved.

この取扱説明書の著作権は、株式会社デンソーウェーブにあります。

本書に掲載されている会社名や製品は、一般に各社の商標または登録商標です。

仕様は予告なく変更することがあります。

はじめに

デンソーロボットをお買い上げいただき、誠にありがとうございます。

本書は、ロボットコントローラを使って最大2軸の付加軸制御が可能な付加軸仕様ロボットについて説明しています。

なお、本書は次ページに記載の各取扱説明書の追補版として編集してありますので、併せてご活用ください。

本書が扱うロボットシリーズ／モデル

- ・ VM-G-T シリーズ
 - ・ VS-G-T シリーズ
 - ・ HM-G-T シリーズ
 - ・ HS-G-T シリーズ
-

お願い

ご使用前に、「安全にご使用いただくために」をお読みいただき、正しく安全にデンソーロボットをお使いください。

本製品はEMC指令適合の評価をしておりません。EU各国へ輸出する場合はお客様にて設備システムとしてEMC指令に適合させてください。

目次

第 1 章 概要

1.1 付加軸仕様ロボットの構成	1-1
1.2 付加軸関連の機能	1-2

第 2 章 付加軸仕様ロボット システムの構成部品

2.1 付加軸仕様ロボットシステムの構成	2-1
2.1.1 システム構成	2-1
2.1.2 ロボットシステムを安全に使用していただくためのご注意	2-2
2.2 付加軸仕様のロボットコントローラ	2-3
2.2.1 出荷時のコントローラ設定	2-3
2.2.2 付加軸コントローラのコネクタ名称	2-4
2.2.3 付加軸コントローラの外形寸法	2-5
2.2.4 コントローラの仕様	2-6
2.2.5 接続可能な付加軸モータのトータル容量	2-8
2.2.6 付加軸仕様ロボットコントローラ設置時の注意	2-9
2.2.7 ケーブルの接続	2-10
2.2.7.1 付加軸用ケーブル	2-11
2.2.7.2 エンコーダバックアップ電池の交換	2-11
2.2.8 付加軸仕様コントローラ対応統一ペンダント	2-11
2.3 AC サーボモータの選定	2-12
2.3.1 AC サーボモータの特性	2-12
2.3.2 トルク・回転速度特性	2-12
2.3.3 付加軸用モータを安全にご使用いただくためのご注意	2-14

第 3 章 付加軸関連の機能

3.1 付加軸機能	3-1
3.1.1 付加軸機能の操作方法	3-1
3.1.2 付加軸機能のコマンド	3-22
3.2 付加軸パラメータの設定	3-23
3.2.1 [軌道設定パラメータ][サーボ設定パラメータ]ウィンドウの表示	3-23
3.2.2 付加軸パラメータの設定詳細	3-29
3.2.3 付加軸ゲイン調整	3-35
3.2.3.1 オートゲインチューニング実施方法	3-36
3.2.3.2 マニュアルゲインチューニングの実施方法	3-40
3.2.4 付加軸専用操作	3-48
3.2.4.1 付加軸 CALSET 方法	3-48
3.2.4.2 付加軸ブレーキ解除とロック方法	3-49
3.2.4.3 付加軸エンコーダのリセット方法	3-50
3.2.4.4 アーム軸有効/無効設定方法	3-52
3.2.5 付加軸パラメータ設定関連のコマンド	3-53

第 4 章 付加軸立ち上げ手順 (ラック & ピニオン)

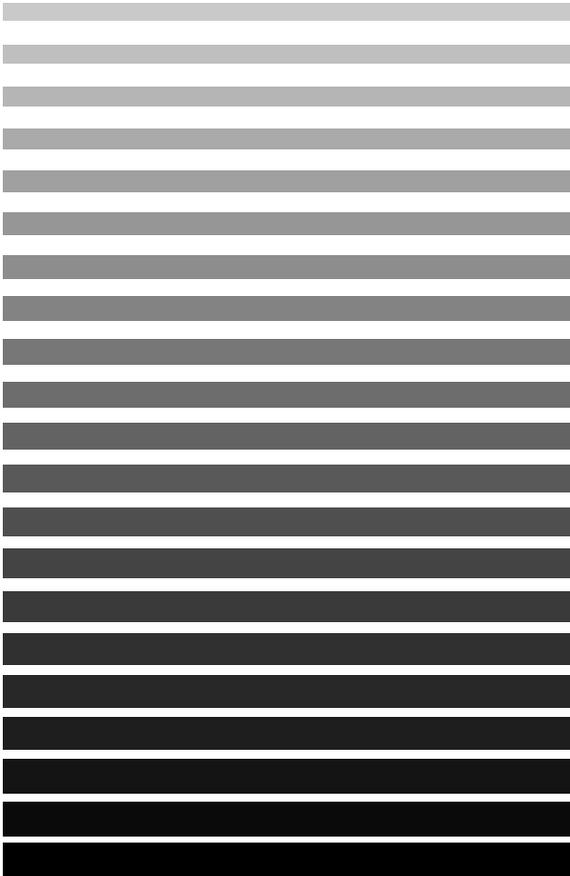
4.1	コントローラケーブルの接続確認	4-1
4.2	コントローラ電源投入	4-1
4.3	アーム軸の無効化設定	4-2
4.4	電源の再投入	4-2
4.5	付加軸サーボパラメータの設定	4-3
4.6	付加軸エンコーダのリセット	4-5
4.7	電源の再投入	4-6
4.8	付加軸エンコーダ情報の確認	4-6
4.9	付加軸パラメータの設定	4-7
4.10	電源の再投入	4-8
4.11	エンコーダフィードバックの確認	4-8
4.12	手動操作	4-9
4.13	CALSET 位置へ移動	4-9
4.14	その他の付加軸パラメータの設定	4-10
4.15	電源の再投入	4-11
4.16	付加軸 CALSET 実施	4-12
4.17	アームグループ設定	4-13
4.18	電源の再投入	4-14
4.19	動作確認	4-14
4.20	オートチューニング実施	4-14
4.21	慣らし動作確認	4-17
4.22	アーム軸の有効化設定	4-18

第 5 章 付録

5.1	モータの外形寸法	5-1
5.2	サーボ機構の設計方法	5-12
5.2.1	メカニズムの設計方法	5-12
5.2.1.1	メカニズムの例	5-12
5.2.1.2	駆動系の選定	5-12
5.2.1.3	設計例 (高速搬送装置)	5-13
5.2.1.4	設計上の注意事項	5-20
5.2.2	サーボモータの選定知識	5-22
5.3	付加軸モータのエンコーダ軸番号設定について	5-28
5.3.1	エンコーダ軸番号設定関連のオプション品	5-28
5.3.2	エンコーダ軸番号設定手順	5-30
5.3.3	エンコーダ軸番号設定時のモータおよびツールの接続	5-33
5.3.4	エンコーダ軸番号設定時のジャンパーピンの設定	5-35

第1章

概要



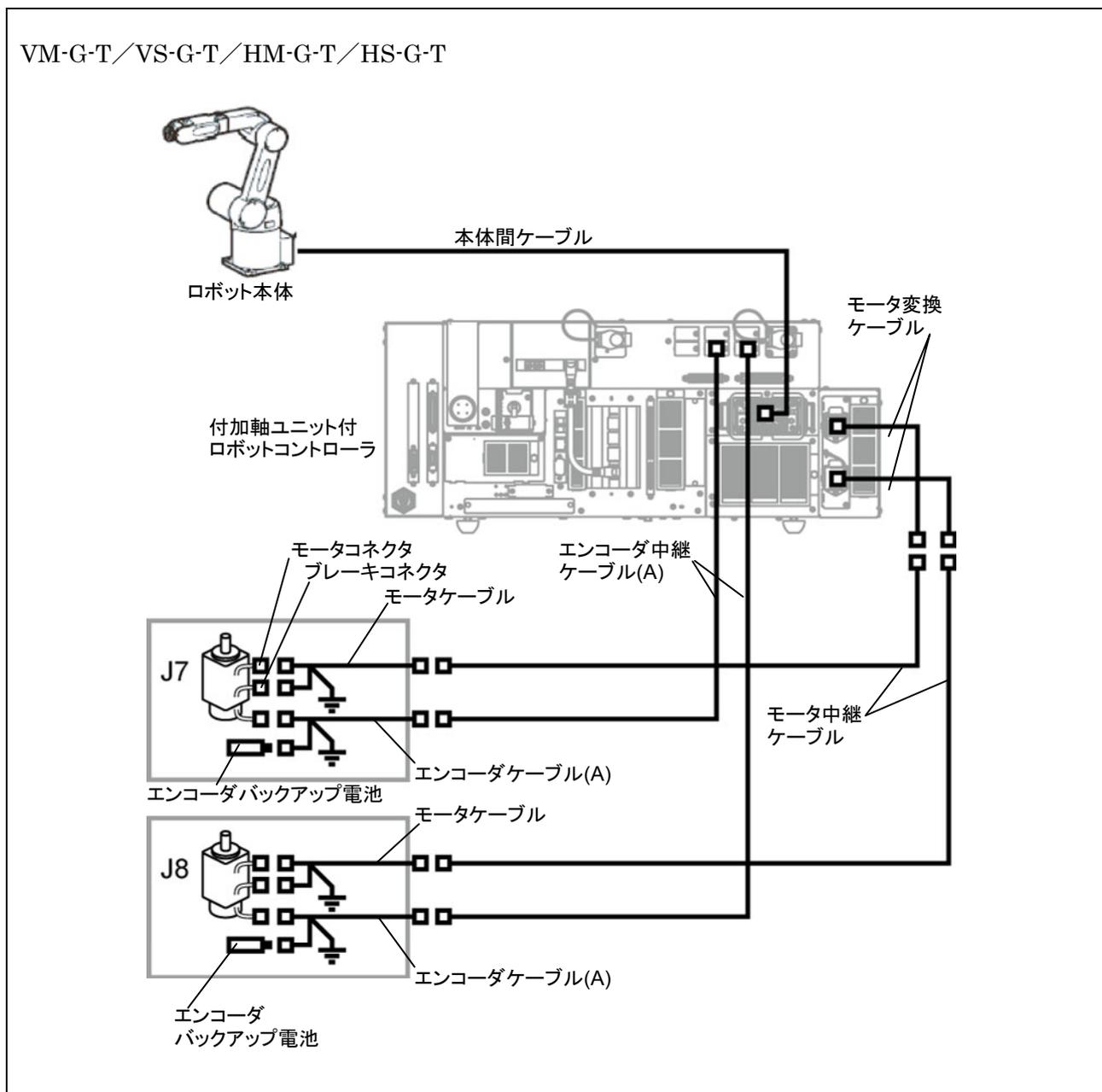
付加軸仕様ロボットの概要を説明します。

VM-G-T/VS-G-T/HM-G-T/HS-G-Tシリーズロボット用オプションとして用意された付加軸仕様ロボットは、ロボットコントローラで最大2軸の付加軸を制御できます。

1.1 付加軸仕様ロボットの構成

付加軸仕様ロボットは以下の点が標準ロボットセットと異なります。

- (1) ロボットコントローラは、使用する付加軸モータに対応するIPMボード（工場オプション）を搭載したものを使用
- (2) ロボットコントローラと付加軸モータ間は、付加軸モータケーブル、付加軸モータ変換ケーブル、付加軸エンコーダケーブルおよびエンコーダバックアップ電池（すべてオプション）を使用して接続
- (3) 付加軸用モータはバスラインエンコーダ付きのモータ（オプション）から最大2個を選択使用



1.2 付加軸関連の機能

(1) 付加軸機能

ロボットとは別の軸（付加軸）をロボットコントローラ (NetwoRC) の統一されたインタフェースで制御する機能です。

(2) 付加軸パラメータの設定機能

付加軸を使う場合、付加軸の動作条件（速度、加速度、可動範囲など）を設定する「軌道設定パラメータ」と付加軸サーボ系のゲインなどを設定する「サーボ設定パラメータ」を設定する必要があります。

(3) 付加軸のゲイン調整機能

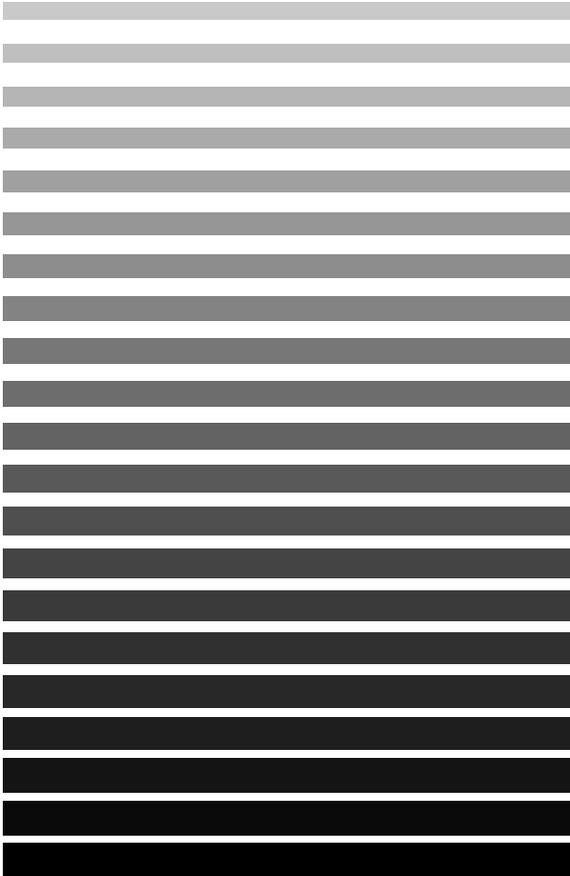
付加軸のゲイン調整には、オートゲインチューニングとマニュアルゲインチューニングの2種類があります。

- オートゲインチューニング コントローラ内部にてあらかじめ決められたパターンで加減速動作し、その時の動作から、負荷イナーシャを推定し、それに応じた適切なゲインを自動的に設定します。付加軸モータのゲイン調整が容易に行なえます。
- マニュアルゲインチューニング 「サーボ単軸データモニタ機能」にて、モータの速度指令値、速度、偏差、トルク指令値をモニタし、最良な動きになるように、ゲインやフィルタのパラメータを調整します。

第2章

付加軸仕様ロボット システムの構成部品

付加軸仕様ロボットシステムの構成部品とその仕様を説明します。



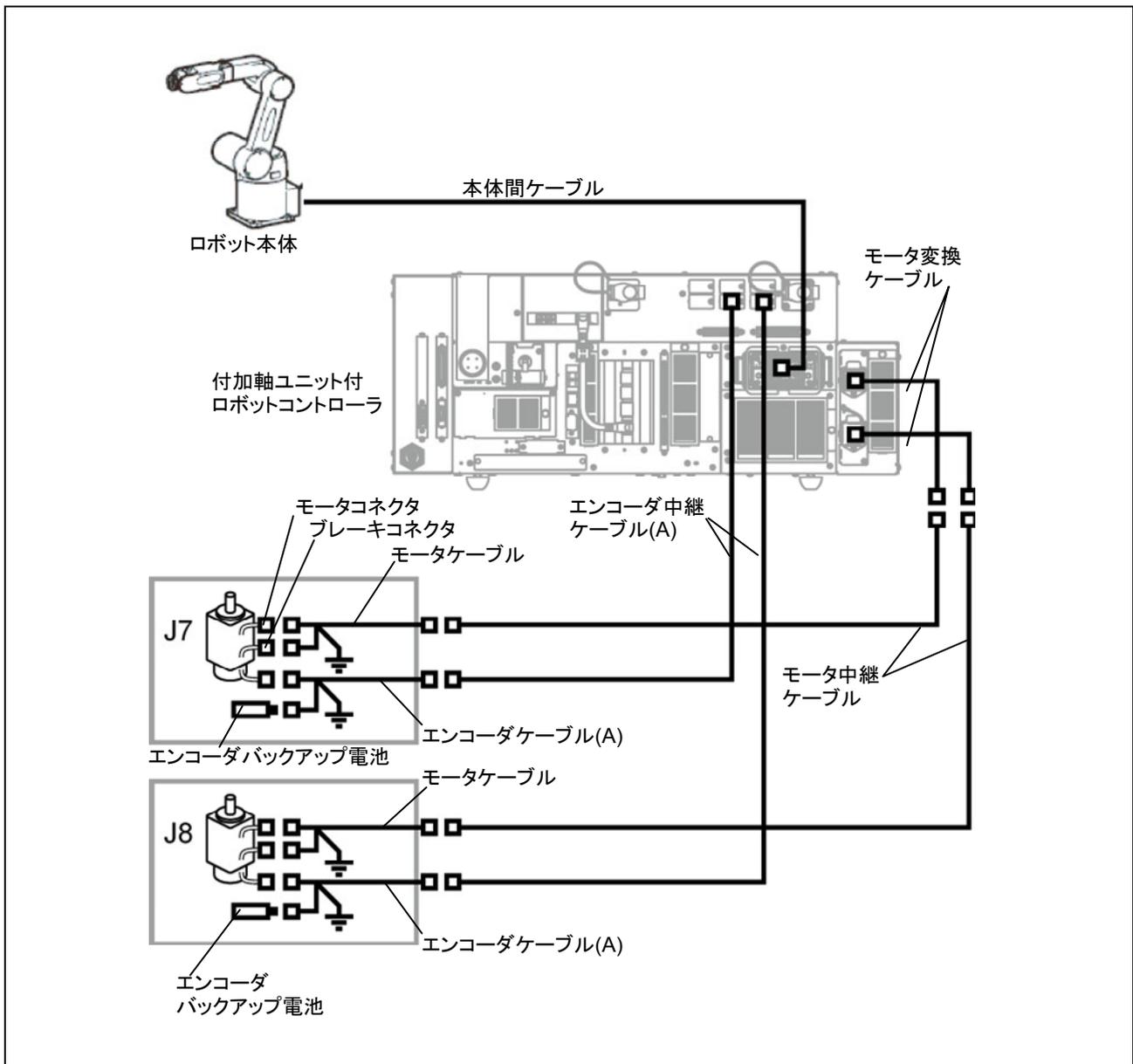
2.1 付加軸仕様ロボットシステムの構成

2.1.1 システム構成

付加軸仕様ロボットシステムの構成は、使用する付加軸モータを適合するロボットコントローラに接続します。

付加軸モータは最大2個接続できます。

接続例



2.1.2 ロボットシステムを安全に使用していただくためのご注意

注意：ここでは付加軸モータでシステムを構成する場合の注意点を記載してあります。詳細に関しては、ロボット国際安全規格 ISO 10218-1:2006 を参考にしてください。

[1] 付加軸モータで駆動する機構に関するご注意

- (1) 付加軸モータで駆動する機構が作業員等に危害をあたえる可能性がある場合は、ガード等を設置し、危険を防止するようにしてください。
- (2) 付加軸モータで駆動する機構が、ロボットの各軸を含め、最大移動範囲を持つ軸となる場合は、十分な能力のあるメカストップパを用意してください。
- (3) 付加軸モータで駆動する機構が、ロボットの各軸を含め、2,3番目に大きい移動範囲を持つ軸となる場合は、十分な能力のある軸制限装置を用意してください。
- (4) 付加軸モータで駆動する機構が、ブレーキ開放時に作業員等に危害をあたえる可能性がある場合は、警告ラベルにより危険の表示を行ってください。
- (5) 付加軸モータで駆動する機構が、容易に持ち運ぶことができない場合は、吊り上げの為の手段を用意してください。
- (6) 駆動する機構にラベルなど貼り、駆動する軸番号が確認できるようにしてください。

[2] 付加軸モータの接続に関するご注意

- (1) 付加軸モータを接続するケーブル接続時には、適切なノイズ対策を実施してください。

[3] 付加軸モータ設置に関するご注意

- (1) 使用条件によりモータの表面が高温となり、そこに作業員等が触れる恐れがある場合は、高温であることを警告するラベルを貼り付けてください。

[4] エンドユーザへのデータ提供に関するご注意

- (1) 付加軸モータで駆動する機構の移動範囲が、ロボットの各軸を含め、3番目以下になる場合は、該当軸の最大停止時間、距離を取扱説明書等により、エンドユーザに提示してください。

2.2 付加軸仕様のロボットコントローラ

2.2.1 出荷時のコントローラ設定

付加軸コントローラはお客様指定のモータに合わせたハードウェア、ソフトウェア設定を行って出荷されます。コントローラ軸毎のモータの組合せ設定は、コントローラ上面のコントローラ設定表の③その他変更点欄に記載されています。コントローラとモータ接続の際は、この③その他変更点欄にて軸毎のモータ組合せを確認の上、正しく接続してください。この設定とモータ配線を誤ると、モータ動作不良、モータ過熱、コントローラ過熱につながります。

注：IPM ボードは7軸・8軸までのご注文の仕様（モータ容量）に基づき、装着されて出荷されます。

モータ容量	50W	100W	200W	400W	750W
IPMボード型式	SS	SS	S	S	M

コントローラ設定表

コントローラ設定表 / THE SETPRM LIST

リボーターパラメータ
IPMボード型式
③その他変更点欄

更新交換日
DATE OF RENEWING BATT.

TYPE

サブアセンブリ / SUBASSEMBLY

IPM BOARD	SLOTS	SLOT5	SLOT6	SLOT7	SLOT8
BOARD	SLOT3	SLOT4	SLOT1	SLOT2	

③その他変更点欄 / OTHER MODIFICATIONS

Robot Controller

MODEL NO.
PART NO.
POWER
CAPACITY
TYP. OUTPUT
WEIGHT
CONDITION
SERIAL NO.
YEAR OF PRODUCTION

DENSO WAVE INCORPORATED
株式会社 トヨタ自動車株式会社
4-1-1 TORIYANOMI, MIYATAKI-KU, TOKYO, JAPAN

警告
安全防護内に人がいる場合に電源を入れると
アーク溶接の恐れあり。
稼働中は電源にロックアウト、タグアウトすること。

WARNING
Risk of injury.
Do not turn on power when someone is inside safety fence.
Lockout and tagout power before servicing.

WARNUNG
Bei Durchführungen von Instandsetzungs- und
Wartungsarbeiten sind die Stromzuführungen
geleert. Und pneumatic abschalten, der Hauptschalter ist in
OFFLAUS-Stellung zu sichern.

경고
안전 보호 구역 내에 사람이 있을 경우
전원을 반드시 먼저 차단 후 작업을
행하십시오. 안전 락아웃, 태그아웃 필수.

警告
如果在安全防護網內有人在的情況下接通電源，
會導致電弧溶接的危險。進行作業前請務必
必須鎖緊電源開關並加上警告標。

注意 / CAUTION
コントローラに100V電圧で
電源供給をしないこと（必ず）、
設置は必須です。

OFFER SERVICE CONSULTANCE
Do not turn on without
lock-out, tag-out, etc.

注意 / CAUTION
指先が怪我を及ぼす恐れあり。
必ず指先をガードしてください。
DO NOT insert fingers
into the fan cover. Inserting
opening, or personal
injury may occur.

設置上の注意事項
コントローラに100V電圧で電源供給をしないこと（必ず）、
設置は必須です。
コントローラに100V電圧で電源供給をしないこと（必ず）、
設置は必須です。

CAUTION IN INSTALLATION
This controller does not meet dust-proof,
anti-proof or explosion-proof specifications.
Please operation manual before installation.
Do not place anything on the controller,
and do not impact against the controller.

注意 / CAUTION
電源電圧を誤り入力する場合は、保護回路が機能しなくなり、
コントローラが故障の原因となります。
必ず正しい電源電圧を入力してください。
DO NOT input the wrong voltage when using the
external power source.
It may cause the controller failure.

Item	Specification
Min. I/O	DC21.6V-26.4V
Parallel I/O	DC21.6V-26.4V
DeviceNet	DC21.6V-26.4V
I/O Conversion BOX	DC21.6V-26.4V
S-LINK V	DC22.8V-26.4V

警告
感電の恐れあり。
通電中は蓋を開けるな。
電源停止時に電源ケーブルを抜いたら3分間は内部に触らぬ。

WARNING
Risk of electrical shock.
Do not open controller cover when power is on.
Do not touch inside within 3 minutes of turning off power and
disconnecting cable.

WARNUNG
Vorwerk Hochspannung!
Nicht den Controller unter Spannung öffnen. Nach dem Abschalten
und Ziehen des Netzsteckers ist eine Entladezeit von 3 Minuten
abzuwarten. Spannungsfreiheit prüfen!

경고
감전의 우려가 있음.
동작중에는 커버를 열지 말고, 전원을 고고 전원 케이블을
뽑 후 3 분간은 내부 부품을 만지지 말 것.

警告
有電危険。
電源接続中不要打開放制御装置。
電源切断中不要打開放制御装置。3分以内不要触網内。

装着 IPM ボードと接続モータが
記載されています。

AXIS	IPM	MOTOR	AXIS	IPM	MOTOR
7	5	200W (A) (B)	8	SS	50W (A)

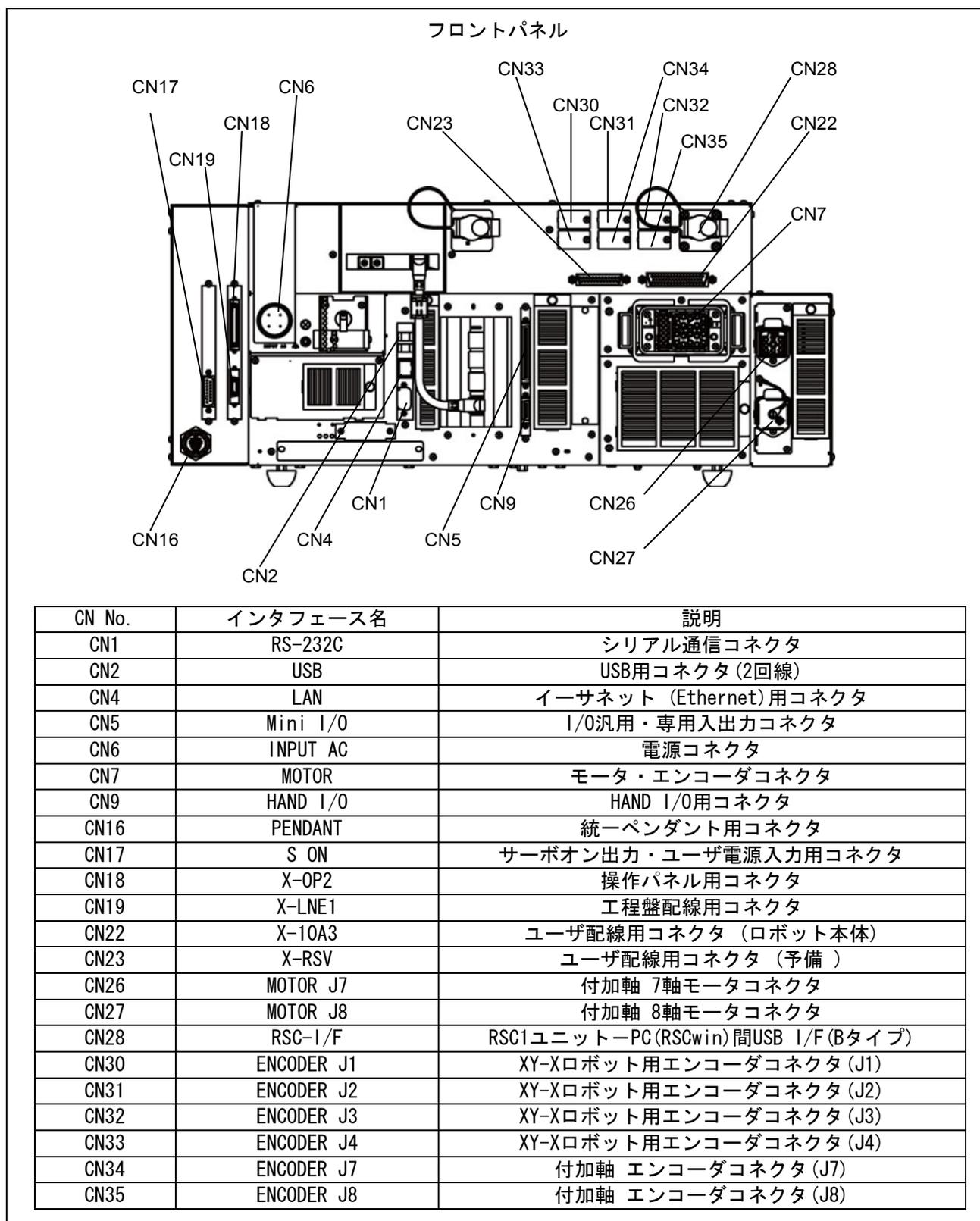
・ MOTOR の欄には下記の様式に従い、モータの種類を表記する。

**** W * *

ブレーキの有無 有 : (B) , 無 : 表記しない
モータの種類 標準 : (A)
モータの容量 750W, 400W, 200W, 100W, 50W

例) 標準 50W ブレーキ付
50W (A) (B)

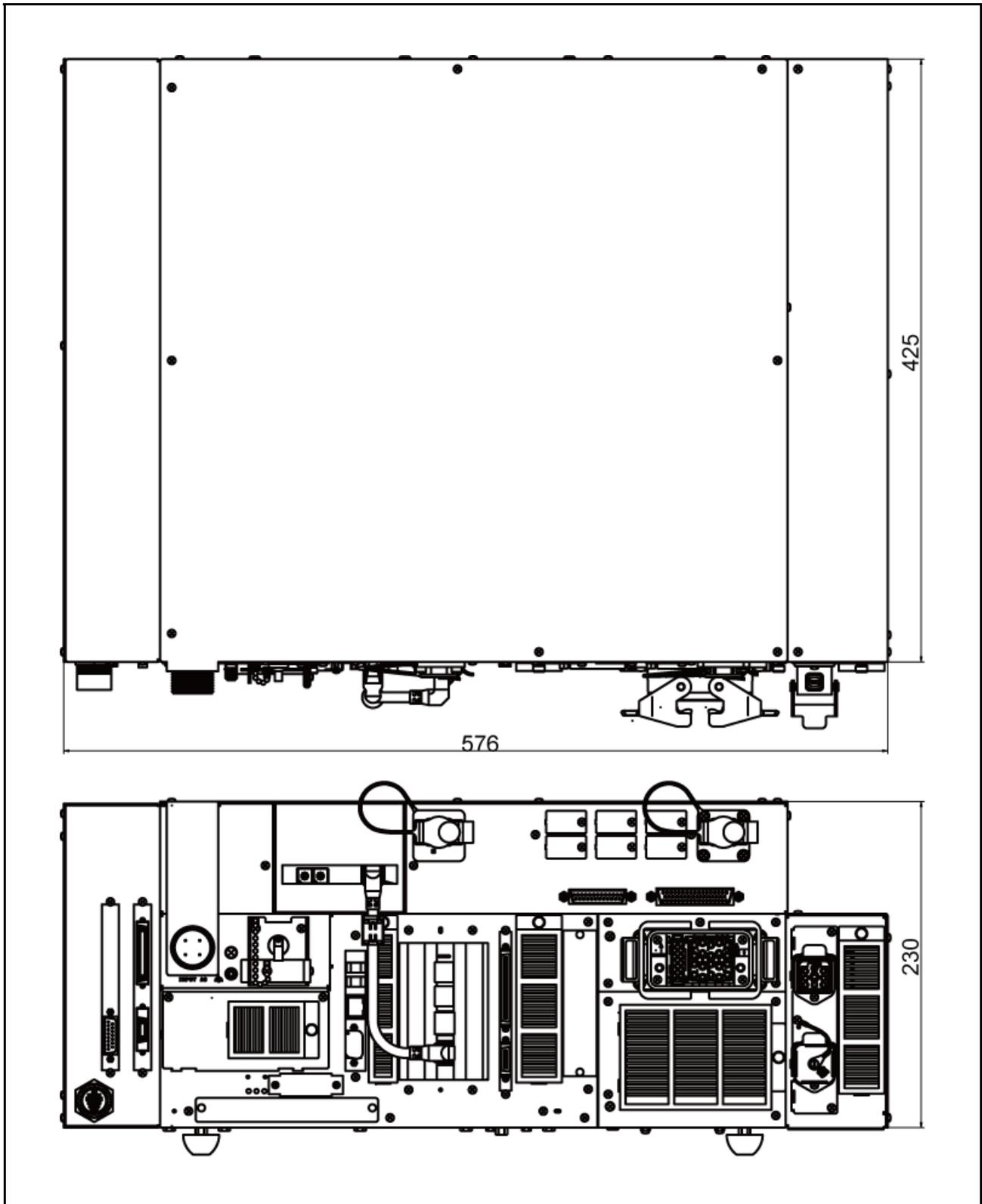
2.2.2 付加軸コントローラのコネクタ名称



⚠注意: コントローラのコネクタの着脱は、ロボットコントローラの電源スイッチを切ってから行ってください。ロボットコントローラの電源スイッチを入れたまま、コネクタの着脱をすると、ロボットコントローラの内部回路を破損させる恐れがあります。
エンコーダケーブルをコントローラに接続する際は、コネクタに応力が加わらないように、ケーブルを設備などに固定してください。

2.2.3 付加軸コントローラの外形寸法

付加軸コントローラの外形寸法を下図に示します。



付加軸コントローラの外形寸法

2.2.4 コントローラの仕様

付加軸コントローラの仕様を、下表に示します。

項 目		仕 様	
適用機種		RC7M + 付加軸オプション	
シリーズ		VM-G-T/VS-G-T/HM-G-T/HS-G-T	
制御軸数		VM-G-T/VS-G-T 最大 8 軸同時 (ロボット: 6 軸、付加軸: 2 軸) HM-G-T/HS-G-T 最大 6 軸同時 (ロボット: 4 軸、付加軸: 2 軸)	
制御方式		PTP、CP3 次元直線、3 次元円弧 (付加軸は PTP 制御のみ)	
駆動方式		全軸オールデジタル AC サーボ	
使用言語		トヨタ自動車殿統一仕様 デンソーロボット言語 (SLIM 準拠) (日本語、英語)	
メモリ容量		3.25MB (10,000 ステップ、30,000 ポイント相当)	
教示方式		1) リモートティーチング 2) 数値入力 (MDI)	
外部 信号 (I/O)	標準 I/O	Mini I/O	入力: ユーザ開放 8 点 出力: ユーザ開放 8 点
		HAND I/O	入力: ユーザ開放 8 点 出力: ユーザ開放 8 点
	SAFETY I/O (グローバル仕様のみ)		入力: システム固定 6 点 / 出力: システム固定 5 点
	PLC 部	PLC I/O	FL リモート I/O で対応
		DLNK-M 2	増設ユニットで対応
		FL-net	TOYOPUC PC10P 内蔵機能
		CMP-LN K	増設ユニットで対応
	外部通信		RS-232C:1 回線、イーサネット:1 回線、USB:2 回線 (フラッシュメモリ対応)
拡張スロット		1 (拡張スロット 3 個のうち 2 個を使用済)	
自己診断機能		オーバーラン・サーボ異常・メモリ異常・入力ミス など	
タイマ機能		0.02~10sec (1/60 sec きざみ)	
エラー表示		<ul style="list-style-type: none"> 外部エラー出力 統一ティーチングペンダントにエラーメッセージを表示 	

(次ページへ続く)

第2章 付加軸仕様ロボットシステムの構成部品

(前ページから続く)

項 目		仕 様
ケーブル長	本体間ケーブル VM-G-T, VS-G-T, HM-G-T, HS-G-T	防滴ケーブル 2m、4m、6m、12m (20mの本体間ケーブルは使用できません。)
	I/O ケーブル (オプション)	8m、15m (Mini I/O 用、HAND I/O 用、X-LNE1 用、S ON 用、X-10A3 用)
	電源ケーブル	5m
	付加軸用モータケーブル およびエンコーダケーブル (オプション)	「付加軸用ケーブル」参照
環境条件 (動作時)		温度 0~40℃、湿度 90%RH 以下 (結露なきこと)
電源 (最大構成時)		3相 AC200V-10%~AC230+10%, 50/60Hz, 3.3kVA 単相 AC200V-10%~AC230+10%, 50/60Hz, 3.3kVA
I/O 電源	外部電源を使用	外部から DC24V±10%を供給。
保護等級		IP20
質量(最大構成時)		約 33 kg / 72.8 lb

コントローラ取扱上の注意

⚠ 警告

- ・ フィンに触れないでください。やけどの恐れがあります。
- ・ 指や棒などを入れないでください。ケガのおそれがあります。
- ・ 保守点検等でフタを開けコントローラ内部に触れる場合は、電源スイッチを切り、電源ケーブルをはずして3分以上経過してから実施してください。感電の恐れがあります。
- ・ コントローラに AC 電源または I/O 用 DC24V 電源を印加中はコネクタの脱着をしないでください。感電及び故障の原因になります。

⚠ 設置上の注意事項

- ・ コントローラは防塵、防滴、防爆構造にはなっていません。
- ・ 設置の前には取扱説明書を必ずお読みください。
- ・ コントローラの上に物を乗せたり、衝撃を与えたりしないでください。
- ・ 過度の振動が加えられる環境での設置は避けてください。
- ・ 付加軸モータケーブル用のコネクタロック機構は、解除時に筐体を傷つける恐れがあります。

⚠ 注意

： ロボットコントローラのコネクタは、ビス止めまたはリング止めのロック機構になっていません。コネクタは、しっかりとロックしてください。ロックしないと接触不良を起こし、エラーが発生する原因になります。また、ロボットコントローラの電源スイッチを入れたまま電源コネクタ、モータコネクタを脱着すると、ロボットコントローラの内部回路が破損する恐れがあります。電源スイッチを切ってからコネクタの脱着を実施してください。

2.2.5 接続可能な付加軸モータのトータル容量

付加軸仕様コントローラに接続できるモータは最大2軸ですが、ロボットによって、接続可能なモータのトータル容量に制限がありますので、下表に示す注意が必要です。

また付加軸を接続するためには、専用ケーブルが必要です。

⚠注意 (1) 指定のモータのトータル容量以下で使用してください。

指定のモータのトータル容量を越えると、エラーが発生する原因となります。また最悪の場合、コントローラ内部回路が破損する恐れがあります。

(2) 指定のモータ容量内においても、付加軸の使用条件によって、電源異常・過電流・過電圧・過負荷などのエラーが発生する場合があります。

この場合は、付加軸の加速・減速時間、軸の最大速度、各軸のゲインなどを調整することにより解決できる場合があります。

(1) 3相200V電源を使用の場合：3kWまで許容

適用ロボット			ロボット同時動作時の付加軸トータルモータ容量(注1)	ロボット停止時の付加軸トータルモータ容量(注2)	
ロボット	モータ容量	対応コントローラ型式		反力を受ける場合(走行軸等)(注3)	反力を受けない場合
VM-G-T	3150W	RC7M-VMG6BA-FP-3AD-E	795W 以下	1065W 以下	2175W 以下
VS-G-T	1580W	RC7M-VSG6BA-FP-3AD-E	1894W 以下	2030W 以下	2585W 以下
HM-G-T	3100W	RC7M-HMG4BA-FP-3AD-E	830W 以下	1110W 以下	2600W 以下
HS-G-T	2200W	RC7M-HSG4BA-FP-3AD-E	1460W 以下	1646W 以下	2740W 以下
XY-X	(注4)	RC7M-SMT6BA-FP-3AD-E	(注4)	(注4)	(注4)

(注1) ロボットと同時動作とは、対象ロボットと同時に付加軸を動作させることです。

接続例：付加軸として接続可能な容量が800Wの場合、400W+400Wの最大2軸の接続が可能です。

(注2) ロボット停止時の付加軸動作とは、対象ロボットが停止している時のみ付加軸を動作させることです。

(注3) ロボット停止時の付加軸動作においても、付加軸をロボットの走行軸などに使用し、その動作により対象ロボットに反力を受ける場合は、接続可能なモータ容量に制限があります。

(注4) XY-X ロボットは軸構成によりモータ容量が異なり、付加軸で使用できるモータ容量も異なります。モータの選定は弊社営業にお問い合わせください。

注記：運転条件は、アーム折りたたみ時、ロボットの負荷率70%、付加軸の負荷率30%を想定。

(2) 単相 230V 電源を使用の場合：2kW まで許容

適用ロボット			ロボット同時 動作時の付加軸 トータルモータ 容量(注 1)	ロボット停止時の 付加軸トータルモータ容量(注 2)	
ロボット	モータ 容量	対応コントローラ型式		反力を受ける場合 (走行軸等)(注 3)	反力を 受けない場合
VM-G-T	3150W	RC7M-VMG6BA-FP-3AD-E	—	65W 以下	1175W 以下
VS-G-T	1580W	RC7M-VSG6BA-FP-3AD-E	894W 以下	1030W 以下	1585W 以下
HM-G-T	3100W	RC7M-HMG4BA-FP-3AD-E	—	110W 以下	1600W 以下
HS-G-T	2200W	RC7M-HSG4BA-FP-3AD-E	460W 以下	646W 以下	1740W 以下
XY-X	(注 4)	RC7M-SMT6BA-FP-3AD-E	(注 4)	(注 4)	(注 4)

(注 1) ロボットと同時動作とは、対象ロボットと同時に付加軸を動作させることです。
 接続例：付加軸として接続可能な容量が 800W の場合、400W+400W の最大 2 軸の接続が可能です。

(注 2) ロボット停止時の付加軸動作とは、対象ロボットが停止している時のみ付加軸を動作させることです。

(注 3) ロボット停止時の付加軸動作においても、付加軸をロボットの走行軸などに使用し、その動作により対象ロボットに反力を受ける場合は、接続可能なモータ容量に制限があります。

(注 4) XY-X ロボットは軸構成によりモータ容量が異なり、付加軸で使用できるモータ容量も異なります。モータの選定は弊社営業にお問い合わせください。

注記： 運転条件は、アーム折りたたみ時、ロボットの負荷率 70%、付加軸の負荷率 30%を想定。

2.2.6 付加軸仕様ロボットコントローラ設置時の注意

コントローラの設置方法はコントローラ説明書を参照してください。
 ただし、次の項目についてはコントローラ説明書の内容と異なるのでご注意ください。

設置方向

設置方法は自立据え置きのみ可能です。壁掛けにはしないでください。

FL-netケーブルの取り付け

コントローラの運搬時などはFL-netケーブルの破損を防ぐために、コントローラからFL-netケーブルを取外してください。

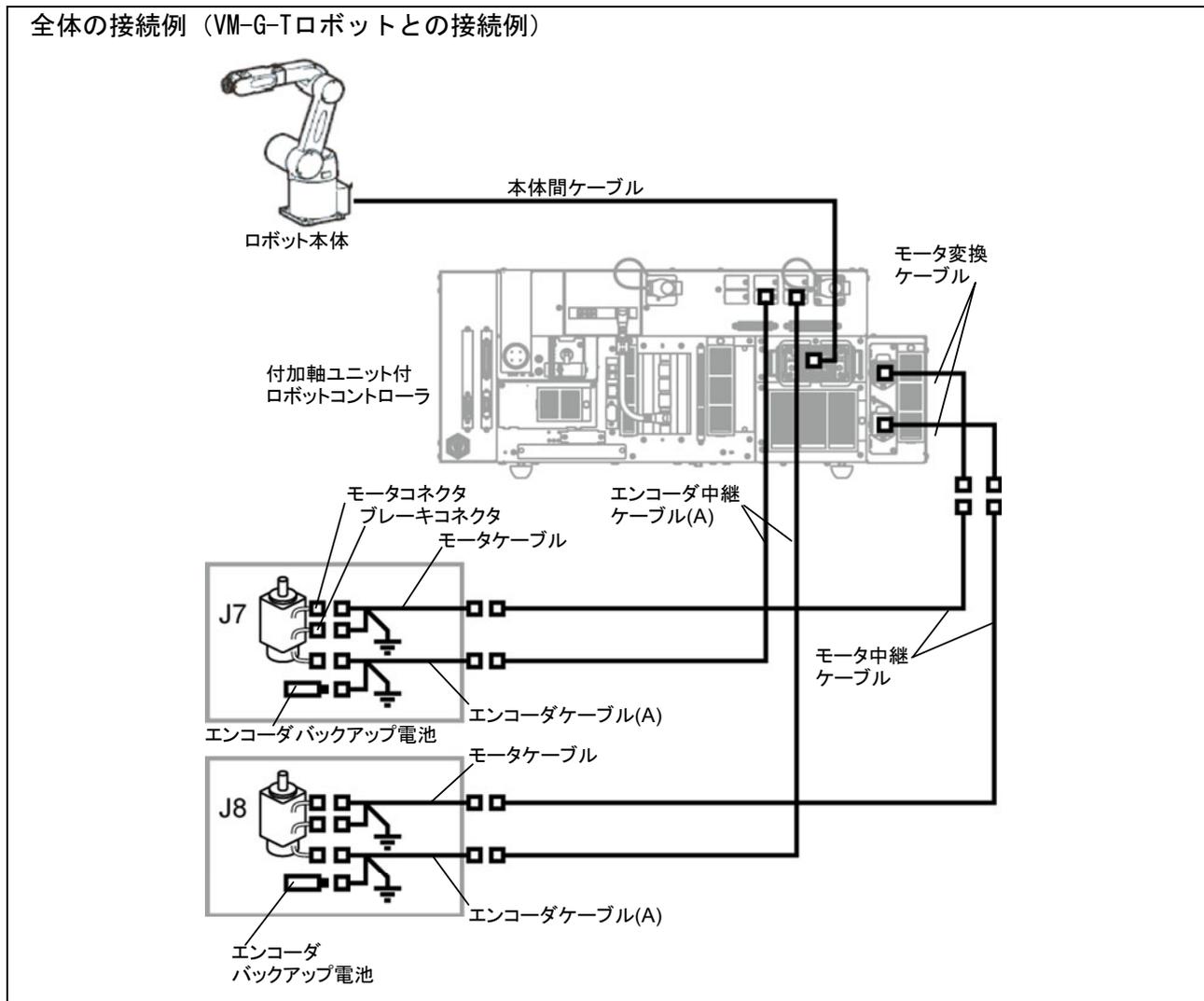
保護ボックスについて

保護ボックスを使用する場合は、旧品番のものは使用できません。新品番のものをご使用ください。

- ・ 旧品番
410181-0090
- ・ 新品番
410181-0091

2.2.7 ケーブルの接続

全体の接続例を下図に示します。



- ⚠注意** (1) 付加軸用ケーブルは当社指定のケーブルを使用してください。
お客様による改造や、当社指定以外のケーブルを使用してシステムを構成することはしないでください。
- (2) 付加軸モータ接続ケーブルを誤配線すると、モータが誤動作する恐れがあります。付加軸誤配線防止のために、ケーブルセットに同梱の付加軸誤配線防止ラベルを貼り付けてください。
- (3) ケーブルコネクタ部は使用環境により水分、埃が入りこむ恐れがありますので、コネクタ部について適切な保護処置を実施してください。
- (4) 付加軸仕様コントローラは8軸側のモータコネクタ、エンコーダコネクタにコネクタキャップを取り付けた状態で出荷しています。8軸にモータを接続する場合は、コネクタキャップを取り外して使用してください。
- (5) モータケーブル、エンコーダケーブルのシールド線およびモータのFG線は接地してください。

2.2.7.1 付加軸用ケーブル

付加軸に使用するケーブルは以下の表より選択してください。

NOTE : 本体間ケーブルと全軸のエンコーダ中継ケーブル(A)、全軸のエンコーダケーブル(A)の総計は48m以内にしてください。
 付加軸1軸の場合はエンコーダ中継ケーブル(A)とエンコーダケーブル(A)の合計は24m以内にしてください。
 付加軸2軸の場合はエンコーダ中継ケーブル(A)とエンコーダケーブル(A)の合計は付加軸1軸あたり12m以内にしてください。

品名	長さ	品番
モータ変換ケーブル		410149-0980
モータ中継ケーブル(750W以下)	4m	410141-4990
	6m	410141-5000
	8m	410141-5010
	12m	410141-5020
モータケーブル(750W以下)	1m	410141-4960
	2m	410141-4970
	3m	410141-4980
	4m	410414-4100
	6m	410141-4110
	8m	410141-4820
	12m	410141-4120
	20m	410141-4830
エンコーダ中継ケーブル(A)	4m	410141-4840
	6m	410141-4850
	8m	410141-4860
	12m	410141-4870
エンコーダケーブル(A)	1m	410141-5030
	2m	410141-5040
	3m	410141-5050
	4m	410141-5060
	6m	410141-5070
	8m	410141-5080
	12m	410141-5090
	20m	410141-5100
エンコーダバックアップ電池(1個)		410611-0030

2.2.7.2 エンコーダバックアップ電池の交換

エンコーダバックアップ電池を交換するときは、コントローラの電源を入れてモータをOFF状態で電池交換を行ってください。

⚠️注意 : コントローラの電源をOFFにしたまま、エンコーダバックアップ電池を交換すると、エンコーダの情報が失われます。

2.2.8 付加軸仕様コントローラ対応統一ペンダント

統一ペンダントは仕様にあったものを使用してください。
 付加軸機能は統一ペンダントソフトウェアバージョン1.1.0以降で有効です。

2.3 AC サーボモータの選定

付加軸に使用するモータは以下の表より選択してください。

定格出力	モータ型式	品番
50 W (ブレーキなし)	R2AA04005FXPAV	410627-0700
50 W (ブレーキ付)	R2AA04005FCPAV	410627-0750
100 W (ブレーキなし)	R2AA04010FXPAK	410627-0710
100 W (ブレーキ付)	R2AA04010FCPAK	410627-0760
200 W (ブレーキなし)	R2AA06020FXPAL	410627-0720
200 W (ブレーキ付)	R2AA06020FCPAL	410627-0770
400 W (ブレーキなし)	R2AA06040FXPAL	410627-0730
400 W (ブレーキ付)	R2AA06040FCPAL	410627-0780
750 W (ブレーキなし)	R2AA08075FXPAL	410627-0740
750 W (ブレーキ付)	R2AA08075FCPAL	410627-0790

2.3.1 AC サーボモータの特性

各モータの特性は以下のとおりです。

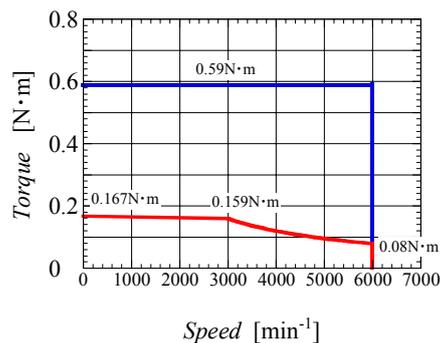
各モータの外形寸法は付録の「付加軸モータ外形寸法」を参照ください。

モータ型式	R2AA04005F	R2AA04010F	R2AA06020F	R2AA06040F	R2AA08075F
定格出力 (W)	50	100	200	400	750
定格回転速度 (r/min)	3000	3000	3000	3000	3000
最高回転速度 (r/min)	6000	6000	6000	6000	6000
定格トルク (Nm)	0.159	0.318	0.637	1.27	2.39
瞬時最大トルク (Nm)	0.59	1.18	2.2	4.8	8.5
ロータイナーシャ (10^{-4} Kgm ²)	0.0409	0.066	0.2223	0.4153	1.8233
許容負荷イナーシャ ロータイナーシャの(倍以下)	10倍以下	10倍以下	10倍以下	10倍以下	10倍以下
トルク定数 (*) (Nm/Arms)	0.246	0.424	0.476	0.524	0.559
質量 (ブレーキなし) (kg)	0.27	0.39	0.84	1.3	2.6
質量 (ブレーキ付) (kg)	0.5	0.62	1.07	1.65	3.45
ブレーキ 保持トルク (Nm)	0.32以上	0.32以上	1.37以上	1.37以上	2.55以上

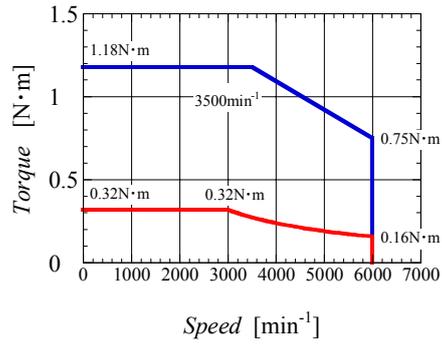
* トルク定数の単位は実行電流値 (Arms) で表す。

2.3.2 トルク-回転速度特性

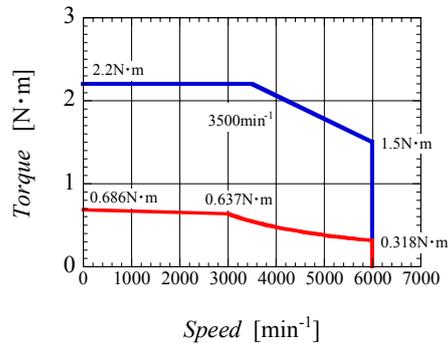
R2AA04005F



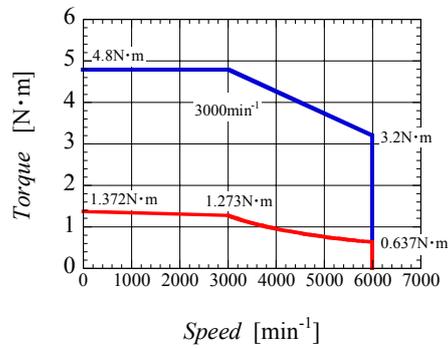
R2AA04010F



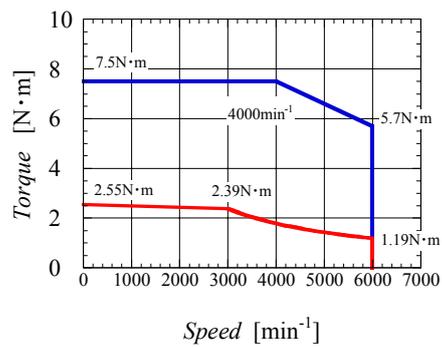
R2AA06020F



R2AA06040F



R2AA08075F



2.3.3 付加軸用モータを安全にご使用いただくためのご注意

注意：ここでは付加軸用モータに関する注意点のみ記載してあります。ロボットに関する取扱い上の注意点は、ロボットの各取扱説明書をご参照ください。

[1] モータの取扱い上のご注意

- (1) 移動・配線・点検時は必ず電源が遮断されていることを確認してください。
- (2) モータケーブルは傷つけたり、無理なストレスをかけたり、重いものを乗せたり、挟み込んだりしないでください。
- (3) 運転中、モータの回転部には絶対に触れないようにしてください。
- (4) モータおよび周辺機器は、通電中や電源遮断後の暫くの間は高温になっている場合がありますので、触れないでください。
- (5) モータを運搬するときは、ケーブルを持って運搬したり、モータの軸や検出器を支持して運搬したりしないでください。
- (6) モータに重いものを乗せたり、ぶらさげたりしないでください。
- (7) モータに強い衝撃を与えないでください。
- (8) 地震等が発生後に運転するときは、必ずモータの設置状態と機械の安全性を確認の上、行なってください。
- (9) モータの改造・分解修理は行なわないでください。

[2] モータ設置上のご注意

- (1) コントローラに同じ軸番号のモータを接続すると全ての接続されているモータが破損することがあります。接続前にエンコーダ軸番号を設定を確実に行ってください。付加軸用モータはエンコーダ軸番号"1"に設定されて出荷されます。エンコーダ軸番号の設定は付加軸モータに同梱されている説明書を参照して、設定してください。
- (2) 付加軸用モータは指定されていますので、指定以外のモータは使用しないでください。
- (3) ロボットコントローラと組み合わせて使用する付加軸用モータは、容量等が規定されていますのでモータの選定は適切に行なってください。
- (4) モータを付加軸仕様コントローラに接続するとき、モータの軸番号を間違えないように確実に設置してください。
- (5) 配線は正しく確実に、ケーブルにストレスが加わらないよう下記の点に注意してください。
 - ・ ケーブルの口出し部・接続部に屈曲や自重によるストレスが加わらないようにしてください。
 - ・ 付加軸用モータが移動するような使い方をする場合は、モータ付属のケーブルを固定し、その先に接続されるケーブルをケーブルベアに収納し、屈曲によるストレスができるだけ小さくなるようにしてください。
 - ・ ケーブルの屈曲半径はできるだけ大きくとってください。

- (6) 出力軸の許容荷重に関しては下記に注意してください。
- ・ 設置時・運転時にモータの軸に印加されるラジアル荷重・スラスト荷重が機種ごとに定められた許容値を満足するように、機械系を設計してください。
 - ・ 微小な芯ズレにより生じるラジアル荷重を許容値以下とするため、サーボモータ専用のできるだけ剛性の高い、フレキシブルカップリングを使用してください。
 - ・ リジットカップリング使用の際は、取り付けに十分ご注意ください。過大な曲げ荷重は、軸折損やベアリング寿命を短くする原因となります。
- (7) モータの軸端へのカップリング取り付け、取り外し時には、軸にハンマーなどで直接衝撃をかけないでください。反負荷側軸端に取り付けているエンコーダが損傷します。
- 芯だしは十分にしてください。不十分ですと、振動を起し、軸受けが損傷します。
- (8) モータは水のかかる場所や、腐食性の雰囲気、引火性のガスの雰囲気、可燃物の側では絶対に使用しないでください。（モータは防滴・防塵・防爆構造にはなっていません。）
- (9) 地震などの災害時にも火災および人身事故が起こらないよう、確実に設置・据え付けを行なってください。

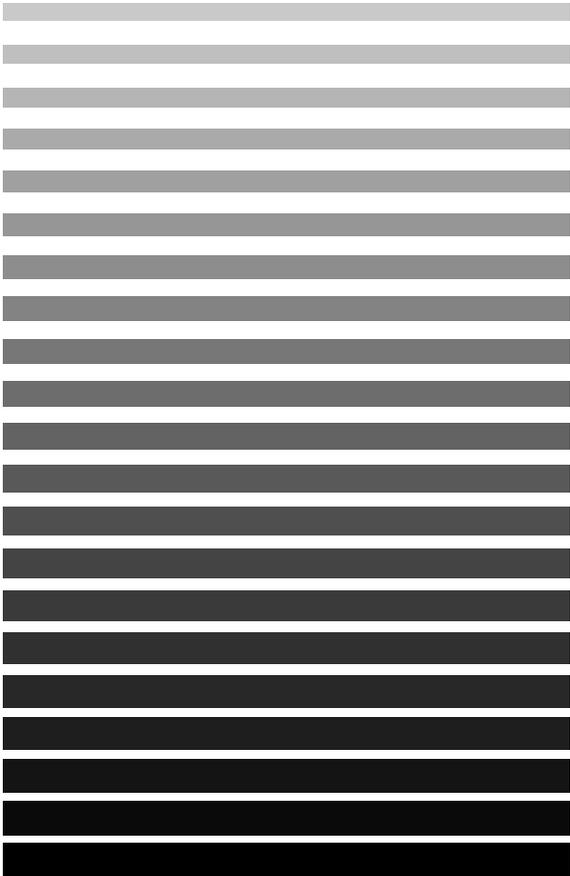
[3] モータ保管上のご注意

- (1) 雨や水滴のかかる場所、有害なガスや液体のある場所で保管しないでください。
- (2) 直射日光を避け、決められた温度・湿度範囲（ -20°C ～ 80°C 、90%RH以下で結露なきこと）で保管してください。

第3章

付加軸関連の機能

付加軸関連の主な機能について説明します。



3.1 付加軸機能

付加軸機能とは、ロボットとは別の軸（付加軸）をロボットコントローラ (NetwoRC) の統一されたインターフェースで制御する機能です。

付加軸関係としては下表に記載の機能があります。

- | |
|---------------------|
| [1] 付加軸の手動動作 |
| [2] 付加軸の位置取り込み |
| [3] 付加軸の変数移動方法 |
| [4] 付加軸のプログラムでの動作 |
| [5] 付加軸の無限回転 |
| [6] リンク情報設定 |
| [7] 回転半径の設定 |
| [8] 付加軸の原位置設定 |

注意：これらの機能を利用するためには、あらかじめ、付加軸の各種パラメータが正しく設定されている必要があります。

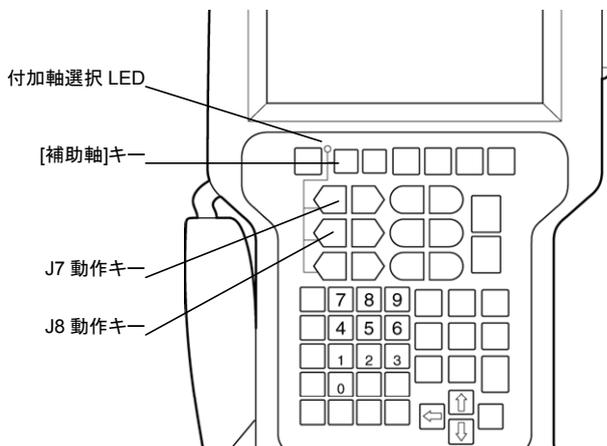
3.1.1 付加軸機能の操作方法

ここでは、上表の付加軸機能の操作方法について説明します。

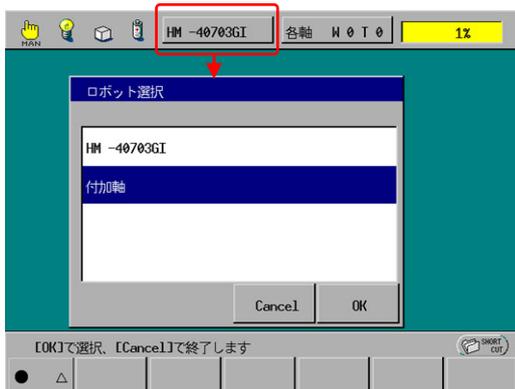
[1] 付加軸の手動動作

付加軸の操作をするときは、統一ペンダントの[補助軸]キーを押し、付加軸を選択します。

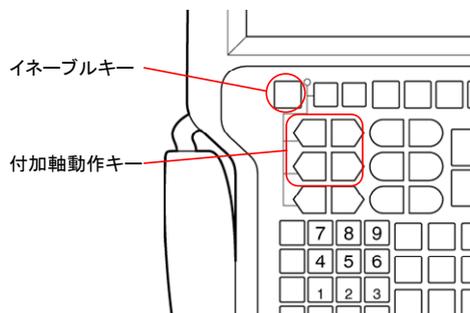
付加軸が選択されているときは[補助軸]キーの隣にあるLEDが点灯し、J7/J8の動作ボタンで付加軸を操作できます。



TIP : [補助軸]キー押下での付加軸の選択は、拡張画面のロボット選択画面で[付加軸]を選択することと同じです。



NOTE : 走行軸ではない付加軸の手動操作では安全のためボタンを2つ押さなければ操作できない軸があります。[イネーブル]キーを押しながら、操作したい軸の動作キーを押してください。両手を使って操作してください。



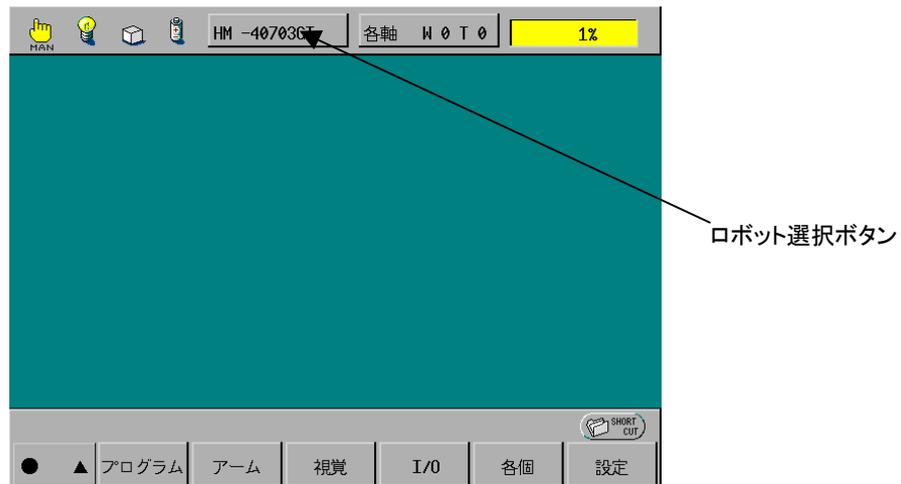
注 : 両手押し軸の設定は変更することができません。変更したい場合は、弊社サービスまで連絡ください。

[2] 付加軸の位置取り込み方法

統一プログラムでのステップの挿入では付加軸も含めた全ての有効な軸の現在位置が登録されます。

拡張画面での付加軸の位置取り込みは、F型（単精度実数型）変数に一軸ずつ取り込みます。拡張画面での位置取り込み方法は以下のとおりです。

ステップ1 [ロボット選択]ボタンを押します。



ステップ2 [ロボット選択]ウィンドウで「付加軸」を選択し、OKを押します。



注意：「付加軸」は、「軸有効無効設定」が有効になっている軸がある場合のみ表示されます。

表示されていない場合は、[サーボ設定パラメータ]ウィンドウで「軸有効無効設定」を「有効」に設定してください。

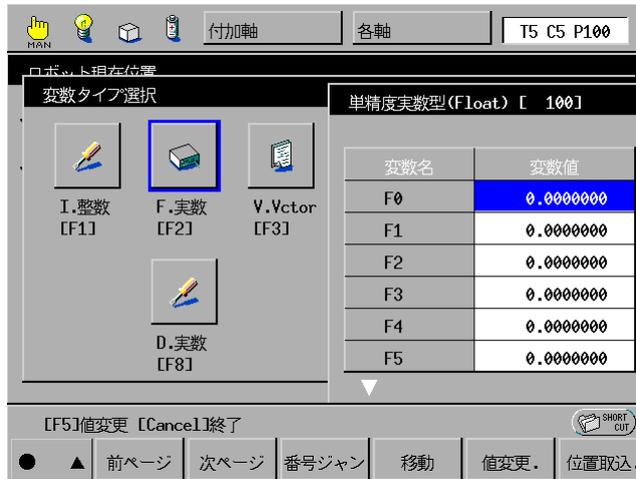
操作経路： 拡張画面-[アーム]-[保守.]-[軸設定]-[サーボ設定]

詳しい設定手順は、「付加軸パラメータの設定」を参照してください。

ステップ3

拡張画面から、[アーム]—[変数.]—[F.実数]を選択し、[単精度実数型]ウィンドウを開きます。

位置を取り込みたい変数を選択します。



この例ではF0に付加軸の位置を取り込みます。

注意：単精度実数型(Float)のファンクションボタン[移動]と[位置取込.]は[ロボット選択]ウィンドウで、「付加軸」が選ばれている場合にのみ表示されます。

ステップ4

[位置取込.]ボタンを押します。下記のウィンドウが表示されますので、位置を取り込みたい軸を選択し[OK]を押します。



この例では7軸の位置を取り込みます。

注意：F型で位置取り込みできる軸は、付加軸で「軸有効無効設定」が有効になっている軸のみです。(ロボット軸は取り込めません。)

以上の操作で付加軸の現在位置を取り込みます。

この例ではF0に7軸の位置を取り込んでいます。

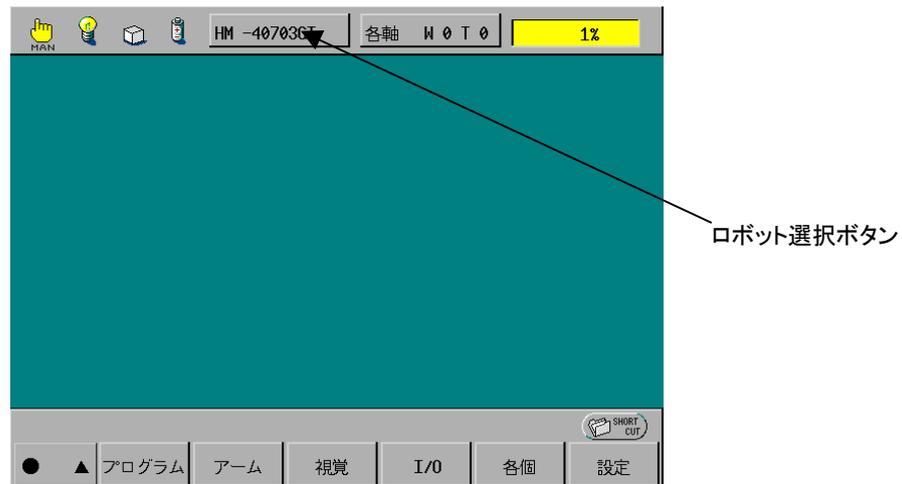
[3] 付加軸の変数移動方法

統一プログラムでは登録されたステップへの移動は付加軸を含めた有効な全ての軸が動作します。

拡張画面での変数移動は、F型で一軸ずつ行います。拡張画面での変数移動の方法は以下のとおりです。

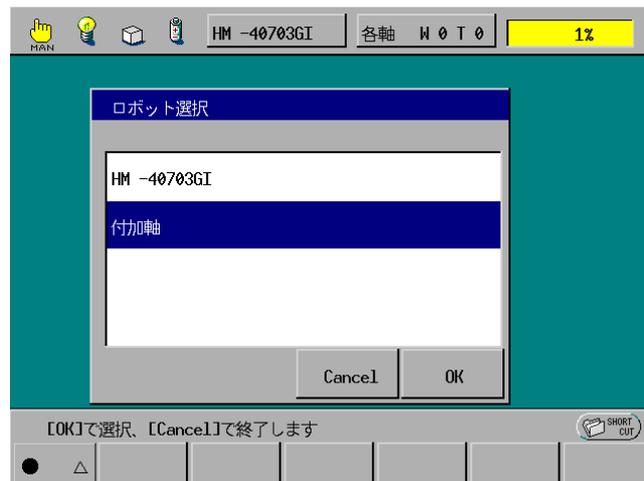
ステップ1

[ロボット選択]ボタンを押します。



ステップ2

[ロボット選択]ウィンドウで「付加軸」を選択し、OKを押します。



注意：「付加軸」は、「軸有効無効設定」が有効になっている軸がある場合のみ表示されます。

表示されていない場合は、「サーボ設定パラメータ」ウィンドウで「軸有効無効設定」を「有効」に設定してください。

操作経路： 拡張画面-[アーム]-[保守.]-[軸設定]-[サーボ設定]

ステップ3

拡張画面から、[アーム]—[変数.]—[実数]を選択し、[単精度実数型] ウィンドウを開きます。

移動させる値の入った変数を選択します。



この例ではF0の値92.30の位置に付加軸を移動させます。

注意：単精度実数型 (Float) のファンクションボタン[移動]と[位置取込.]は[ロボット選択]ウィンドウで、「付加軸」が選ばれている場合のみ表示されます。

ステップ4

[移動]ボタンを押します。下記のウィンドウが表示されますので、ステップ3で指定した変数による移動を行ないたい軸を選択します。

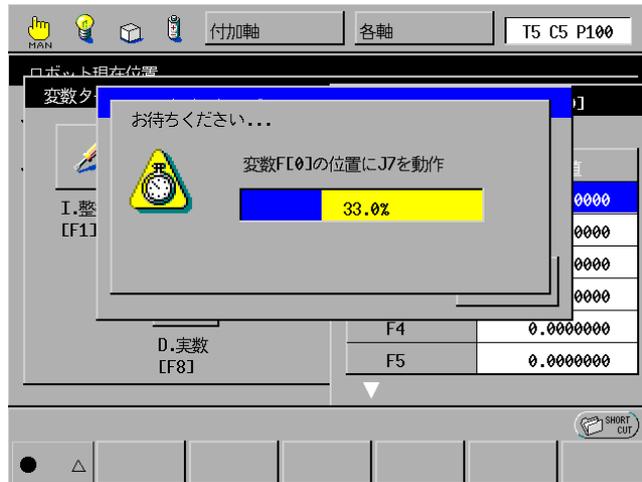


この例では7軸をF[0]の値92.30の位置へ移動させます。

注意：F型で変数移動できる軸は、付加軸で「軸有効無効設定」が有効になっている軸のみです。(ロボット軸はF型変数移動できません。)

ステップ5

デッドマンスイッチを押しながら、ペンダントの外枠の「登録」ボタンを、プログレスバーが100%になるまで押し続けます。



以上の操作で付加軸の変数移動を行ないます。

この例ではF0の92.30の位置へ7軸を変数移動させています。

注意： 変数移動させる軸を含むアームグループを取得中のタスクがある場合は、変数移動できません。

[4] 付加軸のプログラムでの動作

付加軸をプログラムで動作させるためには、アームグループを設定する必要があります。

■アームグループの概念

アームグループとは、動作させる軸の制御権のことです。

タスクは、制御権を取得することにより、動作命令を実行させることができます。

複数のタスクから同時に1つの軸に対して動作命令が実行されないように制御します。

アームグループの"Group 0"と"Group 1"はシステムが自動的に設定しますので、ユーザが設定変更することはできません。"Group 0"はロボット軸のみ、"Group 1"は付加軸を含めた有効な軸全てを選択します。

アームグループ (例：4軸ロボット)

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
Group 0	○	○	○	○	×	×	×	×
Group 1	○	○	○	○	×	×	○	○
Group 2	×	×	×	×	×	×	○	○
Group 3	×	×	×	×	×	×	×	×
Group 4	×	×	×	×	×	×	×	×

ロボット軸を表す囲み

例：

上のグループ設定で、Group 2を取得したタスクは、付加軸の7軸と8軸のみを動作させることができます。

■アームグループ取得方法

TAKEARMコマンドの引数に、取得するアームグループの番号を持たせることによってアームグループを取得します。

```
PROGRAM PR01  
TAKEARM 2  
:  
:  
END
```

この例では、PR01はTAKEARMコマンドでアームグループ2を取得しています。

■アームグループ取得条件

他のプログラムが取得しているアームグループ軸と重なりのあるアームグループは別のプログラムで取得できません。

軸に重なりのないアームグループをもつプログラムは、同時に実行させることができます。

例. 取得条件

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
Group 0	○	○	○	○	×	×	×	×
Group 1	○	○	○	○	×	×	○	○
Group 2	×	×	×	×	×	×	○	○
Group 3	×	×	×	×	×	×	×	×
Group 4	×	×	×	×	×	×	×	×

PROGRAM PRO0
TAKEARM 0
⋮
END

PROGRAM PRO1
TAKEARM 1
⋮
END

PROGRAM PRO2
TAKEARM 2
⋮
END

アームグループ0とアームグループ2は軸に重なりがないため、PRO0とPRO2は同時に実行可能です。(ロボットと付加軸を別のプログラムで同時に動作できます。)

アームグループ0とアームグループ1は軸(J1~J4)に重なりがあるため、PRO0とPRO1は同時に実行できません。TAKEARMコマンド実行時エラーとなります。

また、PRO1とPRO2も軸に重なりがあるため同時に実行できません。

■アームグループ解放方法

GIVEARMコマンドを実行することにより、現在取得しているアームグループを解放します。

エラーの発生またはプログラムの終了によりプログラムが停止状態になった場合も自動的に解放します。

注：一時停止やステップ停止の状態、アームグループは解放されません。

■アームグループ設定方法

ステップ 1

[アームグループ設定]ウィンドウを表示します。

操作経路： 拡張画面-[アーム]-[保守.]-[軸設定]-[アームグループ]



F5

ステップ 2

設定したいグループの軸にカーソルを合わせ[F5 設定変更]を押します。

ステップ 3

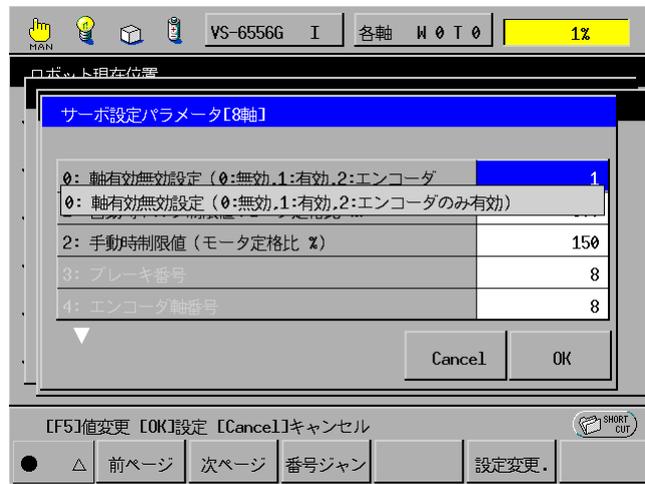
選択 (○) または未選択 (×) を設定し、OKを押します。

アームグループ設定上の注意事項

- (1) 変更した設定は、次回電源立ち上げ時に有効となります。
- (2) アームグループ0およびアームグループ1はユーザによる設定変更はできません。
- (3) ロボットはロボット軸の単位で設定されます。例えば4軸ロボットの場合、1軸から4軸はまとめて「有効」か「無効」に設定されます。
- (4) アームグループで選択する軸は、[サーボ設定パラメータ]ウィンドウで「軸有効無効設定」が「有効」になっている必要があります。

軸が「有効」になっていないと、設定時エラーが発生します。アームグループを設定する前に、次の経路であらかじめパラメータを「有効」に設定しておいてください。

操作経路： 拡張画面-[アーム]-[保守.]-[軸設定]-[サーボ設定]



[5] 付加軸の無限回転の設定

付加軸を同じ方向へ回転させ続けても、エラーを出させない機能です。付加軸の「無限回転設定」を「1:無限」にする必要があります。

付加軸無限回転設定上の注意事項

- (1) 回転軸として使用する場合、絶対動作命令(DRIVEA、MOVEのEXAオプション)が可能な範囲は±360度の範囲となります。直動軸では基準位置(CALSET位置)からモータ回転数で±32768回転となります。
- (2) 回転軸では±360度を越えた位置へ移動させた時、動作完了後に自動的に±360度以内の位置へリセットします。この時、基準位置(CALSET位置)が変更されません。ステップ戻し動作では、位置がクリアされた時点から前の動作を実行することができません。
- (3) 同じ方向へ回転させ続けた場合、突然現在値が大きく変化(オーバーフロー)することがあります。この状態で絶対動作を行うと、指定と異なる位置に動作します。
- (4) 無限回転動作命令の有効桁数は7桁です。大きな値を指定すると、実際の位置と異なる場合があります。

例

DRIVE (5, 11111115555) などの値を指定した場合、

11111115555は内部的に1.111111*E+10と表現されていて、5555は省略されます。

- (5) 無限回転で1度に指定する移動量が大きいと数値範囲外のエラーが出ます。この値は、ギア比によって異なります。
- (6) インデックステーブルのような位置決めを要する回転軸として使用する場合は、次の項目にご注意ください。
 - 減速比は整数倍のものを使用してください。減速比が整数倍でない場合、多回転により位置ずれが発生します。
 - 相対動作命令で指定する動作量が小数点以下を含む値の場合、数値表現上指定した位置からわずかにずれた位置へ動作する場合があります。このような相対動作命令を繰り返し使用すると多回転動作後に位置ずれが発生します。
そのような場合は、位置ずれを避けるため補正処理が必要になります。補正方法の例としては1回転終了時に絶対動作命令やMoveIndexHome(ライブラリ)を使用してホームポジションへ戻す方法があります。
- (7) コントローラ電源OFF中に基準位置(CALSET位置)に対してモータ回転数で±32768回転以上動作した場合、次回起動時にCALSETが必要になります。

■無限回転設定方法

操作経路： 拡張画面-[アーム]-[保守.]-[軸設定]-[軌道設定]

軌道設定パラメータの無限回転設定を「1:無限」にします。



[6] リンク情報設定

手動動作またはティーチチェック動作において、駆動しているロボット軸の動作速度を常時監視し、250mm/sec以下に制限します。

付加軸を手動動作またはティーチチェック動作で駆動するときも、同様に動作速度を制限します。

ロボット軸と付加軸のリンク状態を設定することにより、動作している軸の速度の和を常時監視し、250mm/sec以下に制限することができます。ただし、各軸の動作方向は考慮されませんので、実際の合成速度とは異なります。

■リンク情報の概念

リンク情報とは、ロボット各軸および付加軸（J7、J8）が動作する際に相互に影響するか、または影響しないかをあらわす各軸間の関係のことです。

リンク情報を「リンクする」と設定した場合、各軸の動作が相互に影響しあう状態になります。「リンクしない」と設定すると、各軸の動作が相互に影響しません。

ロボットの軸は全軸まとめて「リンクする」または「リンクしない」に設定されます。

以下にリンク情報の設定画面の例を示します。

リンク情報設定画面（例：4軸ロボット）※J5、J6は無効

リンク情報設定								
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
リンク情報 1	○	○	○	○	—	—	—	○
リンク情報 2	—	—	—	—	—	—	○	—
リンク情報 3	—	—	—	—	—	—	—	—
リンク情報 4	—	—	—	—	—	—	—	—
リンク情報 5	—	—	—	—	—	—	—	—

ロボット軸を表す囲み

「○」は「リンクする」と設定した状態、「—」は「リンクしない」と設定した状態をあらわします。

この画面設定例では、

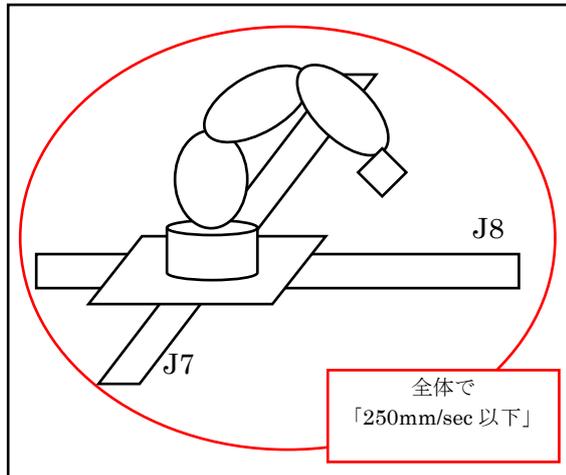
リンク情報 1：ロボット軸（J1～J4）と付加軸（J8）はリンクしますので、ロボット軸の動作と付加軸（J8）の動作は相互に影響します。

リンク情報 2：付加軸（7軸）は他のどの軸ともリンクしませんので、付加軸（J7）の動作はロボット軸の動作および付加軸（J8）の動作に対して影響しません。

■リンク情報の設定例

以下にロボットと付加軸の構成と、その場合のリンク情報の設定のしかたについて、例を示します。

〈例1〉 ロボット軸と付加軸(J7, J8)をリンクする場合



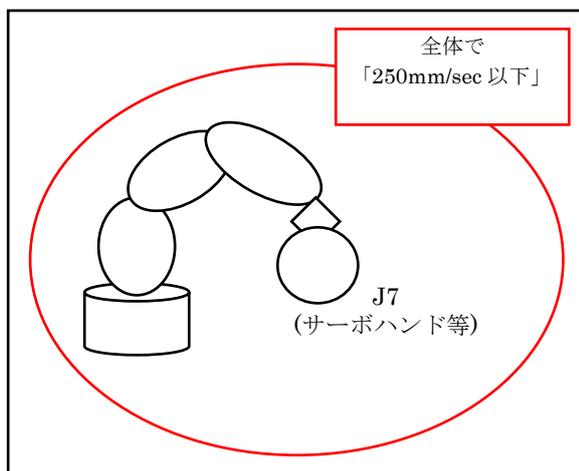
左図のような構成の場合、付加軸(J7, J8)の動作がロボット軸の動作に対して影響するため、**ロボット軸と付加軸(J7, J8)は「リンクする」**に設定します。

この場合は全体が動作速度の制限の対象になります。

リンク情報設定例 (4軸ロボット)

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
リンク情報 1	○	○	○	○	—	—	○	○

〈例2〉 ロボット軸と付加軸(J7)をリンクする場合



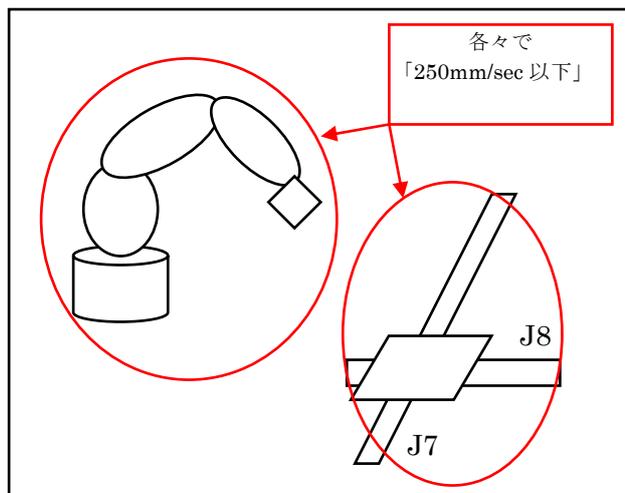
左図のような構成の場合、ロボット軸の動作が付加軸(J7)の動作に対して影響をするため、**ロボット軸と付加軸(J7)は「リンクする」**に設定します。

この場合は全体が動作速度の制限の対象になります。

リンク情報設定例 (4軸ロボット)

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
リンク情報 1	○	○	○	○	—	—	○	—

〈例3〉 ロボット軸と付加軸はリンクしないが、付加軸J7とJ8をリンクする場合



左図のような構成の場合、付加軸 (J7、J8)の動作はロボット軸の動作に対して影響をしないため、**ロボット軸と付加軸 (J7、J8)は「リンクしない」**に設定します。しかしJ7とJ8の動作は相互に影響するため、「**リンクする**」に設定します。

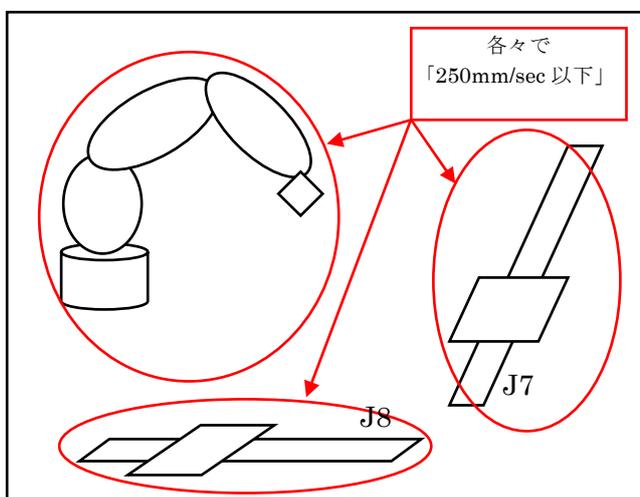
この場合はロボット軸動作、付加軸動作 (J7、J8)は別々に動作速度の制限の対象になります。

しかし、J7とJ8は全体で速度制限の対象になります。

リンク情報設定例 (4軸ロボット)

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
リンク情報 1	○	○	○	○	—	—	—	—
リンク情報 2	—	—	—	—	—	—	○	○

〈例4〉 ロボット軸と付加軸間も、付加軸J7とJ8間もいずれもリンクしない場合



左図のような構成の場合、付加軸 (J7、J8)の動作はロボット軸の動作に対して影響をしないため、**ロボット軸と付加軸 (J7、J8)は「リンクしない」**に設定します。また付加軸 (J7)と付加軸 (J8)についても相互の動作に影響をしないため**付加軸 (J7)と付加軸 (J8)も「リンクしない」**に設定します。

この場合はロボット軸動作、付加軸 (J7)および付加軸 (J8)動作の各々は別々に動作速度の制限の対象になります。

リンク情報設定例 (4軸ロボット)

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
リンク情報 1	○	○	○	○	—	—	—	—
リンク情報 2	—	—	—	—	—	—	○	—
リンク情報 3	—	—	—	—	—	—	—	○

■リンク情報設定方法

ステップ1

[リンク情報設定]ウィンドウを表示します。

操作経路： 拡張画面-[アーム]-[保守.]-[軸設定]-[リンク情報]

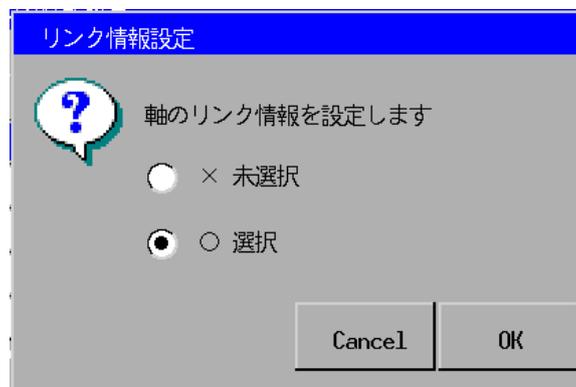


F5

ステップ2

設定したいリンク情報の軸にカーソルを合わせ[設定変更]を押します。

設定を選択するウィンドウが開きます



ステップ3

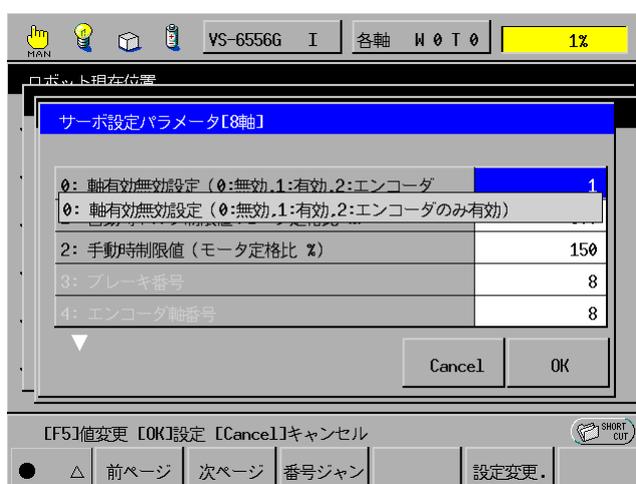
選択 (○) または未選択 (×) を設定し、OKを押します。

リンク情報設定上の注意事項

- (1) 変更した設定は、次回電源立ち上げ時に有効となります。
- (2) ロボットはロボット軸の単位で設定されます。例えば4軸ロボットの場合、1軸から4軸はまとめて「有効」か「無効」に設定されます。
- (3) リンク情報で選択する軸は、[サーボ設定パラメータ]ウィンドウで「軸有効無効設定」を「有効」になっている必要があります。

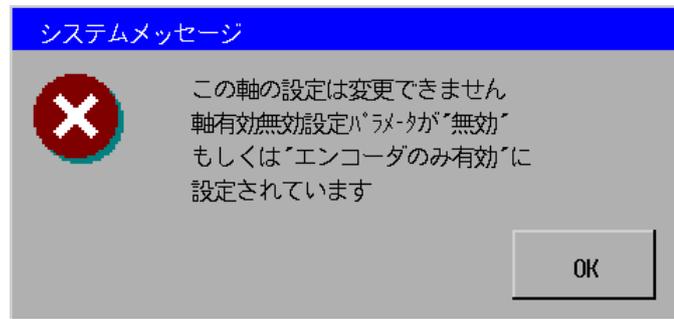
軸が「有効」になっていないと、設定時エラー（画面1）が発生します。リンク情報を設定する前に、次の経路であらかじめパラメータを「有効」に設定しておいてください。

操作経路： 拡張画面-[アーム]-[保守.]-[軸設定]-[サーボ設定]

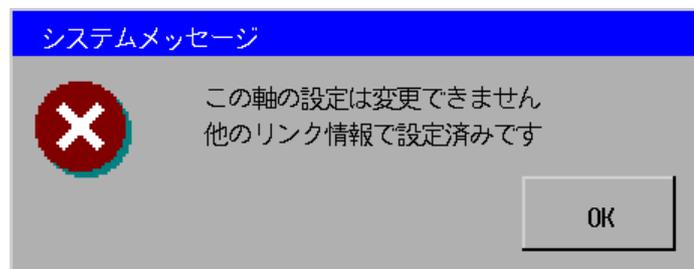


- (4) [リンク情報設定]ウィンドウで“-”で表示されている箇所は、(3)の設定が「有効」以外になっている場合または既に別のリンク情報でその軸が設定されている場合などです。“-”で表示されている箇所を設定変更を行うとエラー（画面2）が発生します。
- (5) リンク情報はロボット軸と「有効」になっている付加軸をあわせた全ての軸に対し必ず設定する必要があります。いずれかの軸が“×(未選択)”になった状態でOKを押すとエラー（画面3）が発生します。

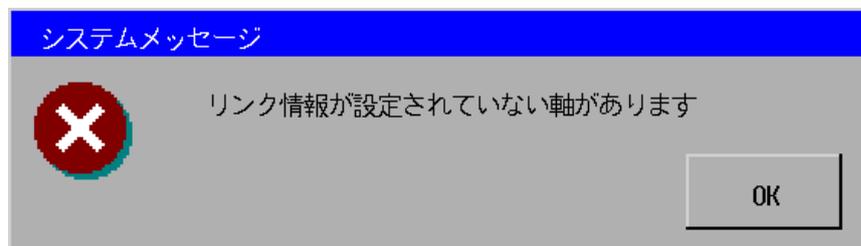
画面1 軸が「有効」以外になっている場合のエラー



画面2 設定済み軸に対して設定変更の場合のエラー



画面3 未設定軸が存在する場合のエラー



[7] 回転半径の設定（付加軸を回転軸に設定する場合）

ロボット軸および付加軸の動作速度は、手動動作またはティーチチェック動作において250mm/secを超えないように制御されます。付加軸を回転軸に設定した場合は、付加軸の回転半径をパラメータとして設定する必要があります。

回転半径パラメータ設定上の注意事項

- (1) <例1>のようにロボットが回転軸J7を持つツール（サーボハンド等）を実装している場合、その回転軸の回転半径をパラメータとして設定します。
- (2) <例2>のようにロボットが回転軸J8上（ターンテーブル等）に設置されている場合、その「回転軸の回転半径」と「ロボットのアーム最大長（表3.1）」と「実装するツールのZ方向最大長」を加算した値をパラメータとして設定する必要があります。
- (3) <例1>および<例2>をあわせ持つような、すなわちロボットが回転軸J8上（ターンテーブル等）に設置されており、かつ回転軸J7を持つツール（サーボハンド等）を実装している場合、それぞれの軸に該当する回転半径パラメータを設定する必要があります。

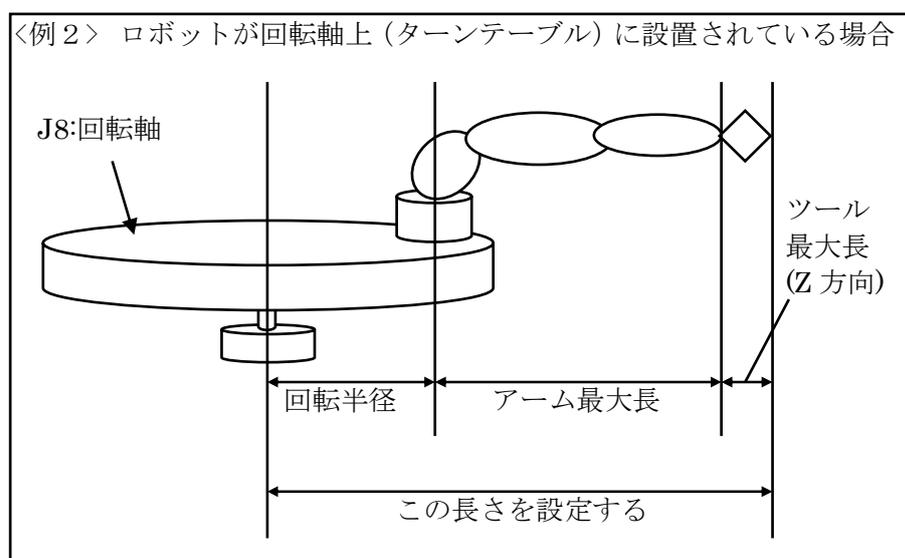
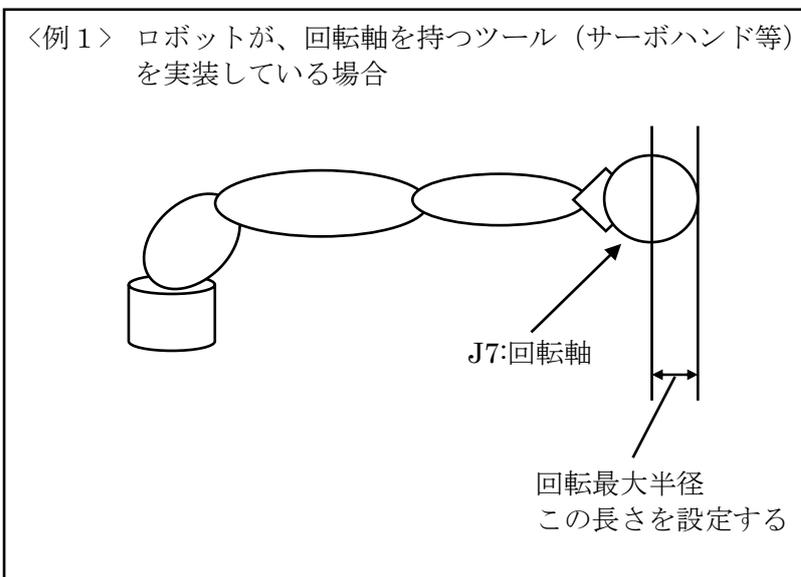


表 3.1 ロボットタイプ別アーム最大長

シリーズ	ロボットタイプ	アーム最大長(mm)
VS-G-T	VS-6556G	653.42
	VS-6577G	854.88
VM-G-T	VM-6083G	1021.09
	VM-60B1G	1298.41
HS-G-T	HS-4535*G	350
	HS-4545*G	450
	HS-4555*G	550
HM-G-T	HM-4060*G	600
	HM-4A60*G	600
	HM-4070*G	700
	HM-4A70*G	700
	HM-4085*G	850
	HM-4A85*G	850
	HM-40A0*G	1000
	HM-4AA0*G	1000

■回転半径設定方法

操作経路： [拡張画面]—[アーム]—[保守.]—[軸設定]—[軌道設定]

軌道設定パラメータの回転半径に数値を入力します。



[8] 付加軸の原位置設定

付加軸付コントローラの原位置設定では有効な付加軸にも原位置を設定できます。

付加軸の原位置設定は軸の範囲を設定します。

軸ごとに有効/無効を設定できます。

3.1.2 付加軸機能のコマンド

付加軸機能で使用するコマンドの一覧です。

コマンド名	機能	参照
TAKEARM	アームグループを取得します。取得時内部速度、加速度、減速度を 100 に設定します。取得するアームグループがロボット軸を含む場合は、ツール座標、ワーク座標を原点に戻します。	プログラミングマニュアル I
GIVEARM	現在取得しているアームグループを解放します。	プログラミングマニュアル I
DRIVE	各軸の相対動作を行ないます。	プログラミングマニュアル I
DRIVEA	各軸の絶対動作を行ないます。	プログラミングマニュアル I
MOVE	ロボットを指定座標へ移動します。	プログラミングマニュアル I
CUREXJ	付加軸の現在角度を F 型で取得します。	プログラミングマニュアル I
DESTEXJ	付加軸の、現在の動作命令で指定された目標位置を F 型で取得します。停止時は、現在の位置 (指令値) を取得します。	プログラミングマニュアル I
ARRIVE	動作命令の全移動距離に対する動作割合を設定することによって、ロボットが設定した動作割合に到達するまでプログラムを待機させます。	プログラミングマニュアル I
SPEED	現在取得しているアームグループ軸の内部移動速度を指定します。	プログラミングマニュアル I
JSPEED	現在取得しているアームグループ軸の内部軸速度を指定します。	プログラミングマニュアル I
ACCEL	現在取得しているアームグループ軸の内部加速度、内部減速度を指定します。	プログラミングマニュアル I
JACCEL	現在取得しているアームグループ軸の、内部軸加速度、内部軸減速度を指定します。	プログラミングマニュアル I
DECEL	現在取得しているアームグループ軸の内部減速度を指定します。	プログラミングマニュアル I
JDECEL	現在取得しているアームグループ軸の内部軸減速度を指定します。	プログラミングマニュアル I
CURSPD	現在取得しているアームグループ軸の、内部移動速度を取得します。	プログラミングマニュアル I
CURJSPD	現在取得しているアームグループ軸の、内部移動軸速度を取得します。	プログラミングマニュアル I
CURACC	現在取得しているアームグループ軸の、内部加速度を取得します。	プログラミングマニュアル I
CURJACC	現在取得しているアームグループ軸の、内部軸加速度を取得します。	プログラミングマニュアル I
CURDEC	現在取得しているアームグループ軸の、内部減速度を取得します。	プログラミングマニュアル I
CURJDEC	現在取得しているアームグループ軸の、内部軸減速度を取得します。	プログラミングマニュアル I
INTERRUPT ON/OFF	ロボットの動作を中断します。	プログラミングマニュアル I
POSCLR	軸の現在位置を強制的に 0mm または 0 度にします。	プログラミングマニュアル I
mvSetPulseWidthJnt	指定した付加軸の、停止時許容パルス幅を設定します。	プログラミングマニュアル II
mvResetPulseWidthJnt	指定した付加軸の、停止時許容パルス幅をデフォルト値に戻します。	プログラミングマニュアル II
SetCycloidJnt	付加軸のエンド動作時のオーバーシュート量および残留振動を抑えるサイクロイド動作モードに移行します。	プログラミングマニュアル II
ResetCycloidJnt	サイクロイド動作モードを解除し、通常モードに移行します。	プログラミングマニュアル II
ResetCurLmt	指定した軸のモータ電流制限を解除します。	プログラミングマニュアル II
ResetEralw	指定した軸の偏差許容値をデフォルト値に戻します。	プログラミングマニュアル II
MoveIndexHome	インデックステーブルを回転させて、ホームポジションに移動します。	プログラミングマニュアル II

3.2 付加軸パラメータの設定

付加軸を使用するには、付加軸のパラメータを設定しておく必要があります。付加軸パラメータには、以下の2種類があり、いずれもティーチングペンダントを使用して設定します。

(1) 軌道設定パラメータ

付加軸の動作条件（速度、加速度、可動範囲など）を設定するパラメータ

(2) サーボ設定パラメータ

付加軸サーボ系のゲインなどを設定するパラメータ

付加軸の各パラメータ（軌道設定・サーボ設定・アームグループ・リンク情報・アーム無効）の設定はWINCAPSⅢからも同様に行うことができます。

Programmerレベルでログインし、[プロジェクト(P)]—[軸設定表(J)] から各パラメータを設定してください。Operatorレベルでログインした場合は設定値の閲覧のみが可能です。

3.2.1 [軌道設定パラメータ][サーボ設定パラメータ]ウィンドウの表示

(1) [軸設定]ウィンドウの表示

操作経路： 拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]



[軸設定]ウィンドウ

(2) 軌道設定パラメータ変更方法



上の[軸設定]ウィンドウで[F7 軌道設定]を押すと、次の[軌道設定]ウィンドウが現れます。

カーソルキーまたはジョグダイヤルで該当軸(例では7軸)を選択してください。



[OK]を押すと[軌道設定パラメータ]ウィンドウが表示されます。ここで、軌道設定パラメータの値を変更し、[OK]を押してください。

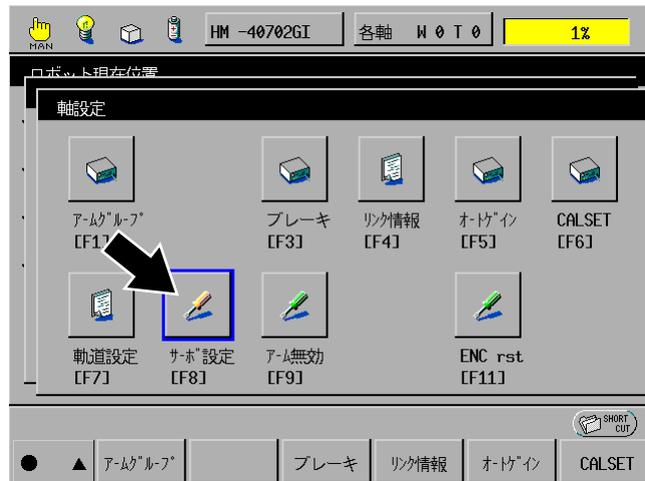


注意 : [OK]入力後、即時有効になるパラメータと、コントローラの電源を再投入しないと有効にならないパラメータがあります。

表 3.2 軌道設定パラメーター一覧

パラメータの名称	設定範囲	出荷 設定値	単位	内容	備考	電源再投入
無限回転設定 (0:有限、1:無限)	0または1	0		モータを一定方向に32768回転以上回転させる場合、1に設定してください。	無限:1に設定したときは、動作範囲チェックの設定を[0:無]にしてください。	要
直動、回転軸設定 (0:直動軸、1:回転軸)	0または1	1		モータを接続する機械が、直動軸の場合は0、回転軸の場合は1を設定してください。		要
モータ回転方向 (0:CCW、1:CW)	0または1	0		モータのCCW方向(負荷側から見て)を機械の+方向とする場合は0、-方向とする場合は1を設定してください。		要
モータ最高速度 設定(rpm)	1~6000	3000	rpm	モータの最高速度を設定してください。		要
最高速度加速 時間設定(ms)	1~	200	ms	モータが最高速度に達するまでの加速時間を設定してください。		要
減速比または リード(mm/r)	0.00001~	50	リード*時 mm/r	回転軸の場合は減速比(モータ回転量/軸回転量)を、直動軸の場合はモータ1回転あたりの移動量(リード)を、設定してください。	最大100,000まで設定できますが、大きな値を設定すると桁落ちが生じ、入力値と表示値に誤差が生じる場合があります。	要
動作範囲チェック (0:無、1:有)	0または1	1		動作範囲をチェックし、範囲外時にエラーとする場合は1を設定してください。	無限回転設定を[1:無限]に設定した場合はこの設定を[0:無]にしてください。	要
+側動作範囲設定 (度)(mm)		500	回転軸時:度 直動軸時:mm	+側の動作範囲を設定してください。		不要
-側動作範囲設定 (度)(mm)		0	回転軸時:度 直動軸時:mm	-側の動作範囲を設定してください。		不要
CALSET基準位置 設定(度)(mm)		0	回転軸時:度 直動軸時:mm	CALSET時の基準位置を設定してください。		不要
回転半径(mm)	0~100000	1000	mm	回転軸の場合は、最大の回転半径を設定してください。 直動軸の場合は、設定は不要です。		要

(3) サーボ設定パラメータ変更方法



上の[軸設定]ウィンドウで[F8 サーボ設定]を押すと、次の[サーボ設定]ウィンドウが現れます。カーソルキーまたはジョグダイヤルで該当軸（例では7軸）を選択してください。



[OK]を押すと[サーボ設定パラメータ]ウィンドウが表示されます。ここで、サーボ設定パラメータのパラメータ値を変更し、[OK]を押してください。



注意： [OK]入力後、即時有効になるパラメータとコントローラの電源再投入しないと有効にならないパラメータがあります。

表 3.3 サーボ設定パラメータ一覧

パラメータの名称	設定範囲	出荷 設定値	単位	内容	備考	電源再投入
軸有効無効設定 (0:無効、1:有効、2: エンコーダのみ 有効)	0~2			モータを接続し、駆動する場合は1、エンコーダのみ使用する場合は2に設定してください。	「エンコーダのみ有効:2」に設定した場合、モータON時にブレーキは解除されます。偏荷重が加わる場合は、偏荷重方向に動作しますので、ご注意ください。	要
自動時トルク制限値 (モータ定格比 %)	0~400	300	%	自動モード時のトルク制限値を設定してください。		不要
手動時トルク制限値 (モータ定格比 %)	0~400	150	%	手動モード時のトルク制限値を設定してください。		不要
ブレーキ番号	0~8			モータブレーキリレー番号表示	変更できません	
エンコーダ軸番号	1~8			エンコーダ軸番号表示	変更できません	
スロット番号	1~8			パワーモジュールスロット番号表示	変更できません	
位置ループゲイン	1~	64		位置制御系の応答性を設定します。値を大きくすると、位置決め時間が短くなります。	位置ループゲインは、式3.2.3-1により単位換算できます。(3.2.3項参照)	不要
位置ループフィード フォワードゲイン(%)	0~100	0	%	位置制御系の速度フィードフォワード量を設定します。値を大きくすると位置偏差が小さくなり応答性が上がりますが、オーバーシュートが生じやすくなります。		不要

パラメータの名称	設定範囲	出荷 設定値	単位	内容	備考	電源再投入
位置偏差許容値 (パルス)	1～	30000		位置偏差の許容値を設定します。設定値を超える位置偏差が生じた場合、エラーとなります。	位置偏差許容値は、式3.2.3-2を満たす様に設定してください。 (3.2.3項参照)	不要
速度ループ 比例ゲイン	1～	200 (400W 以下) 400 (750W 以上)		速度制御系の応答性を設定します。値を大きくすると位置ループゲインを大きく設定できるため、応答性が高くなります。	速度ループ比例ゲインは、式3.2.3-3により速度応答周波数(Hz)に換算できます。 (3.2.3項参照)	不要
速度ループ 積分ゲイン	0～	5		速度制御系の積分補償ゲインを設定します。値を大きくすると、停止後の速度偏差が早く収束します。	速度ループ積分ゲインは式3.2.3-4により、積分時定数に換算できます。 (3.2.3項参照)	不要
フィルタ設定	0～15	10		トルク指令部の一次遅れフィルタの帯域を設定します。値を大きくすると、ローパスフィルタの時定数が小さくなります。		不要
トルクオフセット設定 (モータ定格比 %)	0～100	0	%	トルク指令値のオフセット値を設定します。モータに偏荷重が加わる(重力方向動作)場合、オフセットにて偏荷重を補償します。	オートゲインチューニング時、「重力補償有り」に設定すると、トルクオフセット値が自動的に設定されます。	不要
モータ出力 50W:1、100W:2、 200W:3、400W:4、 750W:5	1～5			接続モータの出力表示	変更できません。	

3.2.2 付加軸パラメータの設定詳細

付加軸のモータを接続した状態で軌道設定パラメータとサーボ設定パラメータを設定する必要があります。パラメータ設定手順は以下のとおりです。

(1) エンコーダのリセット

出荷時エンコーダはバックアップ電池に接続されていないため、「J*エンコーダシステムダウン異常」、「J*エンコーダスピードオーバ」が発生します。この場合、エンコーダのリセットを実施し、コントローラを再投入してください。

注：エンコーダをリセットする際、ロボットのケーブルをはずし、リセットするモータのみ接続してください。誤ってロボットのモータをリセットしないようご注意ください。

(2) 軌道設定パラメータの設定

(2-1) 無限回転設定



モータを一定方向に32768回転以上回転させる場合は、無限回転設定を「1: 無限」に設定してください。

(2-2) 動作条件設定

直動／回転軸設定、モータ回転方向、モータ最高速度、最高速度加速時間、減速比またはリード、動作範囲チェック、+側動作範囲、-側動作範囲、CALSET基準位置を設定してください。

パラメータ番号	設定値
1: 直動、回転軸設定(0:直動軸, 1:回転軸)	0
2: モータ回転方向(0:CCW, 1:CW)	0
3: モータ最高速度設定(r/min)	3000.000
4: 最高速度加速時間設定(ms)	833.0000
5: 減速比またはリード(mm/r)	20.00000

5: 減速比またはリード(mm/r)	20.00000
6: 動作範囲チェック(0:無, 1:有)	1
7: +側動作範囲設定(度)(mm)	360.0000
8: -側動作範囲設定(度)(mm)	-360.0000
9: キャレット基準位置設定(度)(mm)	1.000000e-05

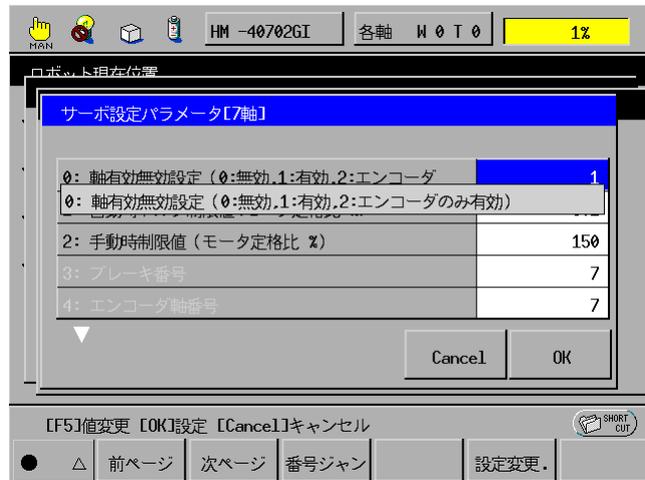
7: +側動作範囲設定(度)(mm)	360.0000
8: -側動作範囲設定(度)(mm)	-360.0000
9: キャレット基準位置設定(度)(mm)	1.000000e-05
10: *	0
11: 回転半径(mm)	1000

注: 「0: 無限回転設定」を「1: 無限」に設定し、付加軸を回転軸として使用する場合、整数倍の減速比を設定してください。非整数となる減速比を設定すると、多回転時に位置ずれが発生します。

(3) サーボ設定パラメータの設定

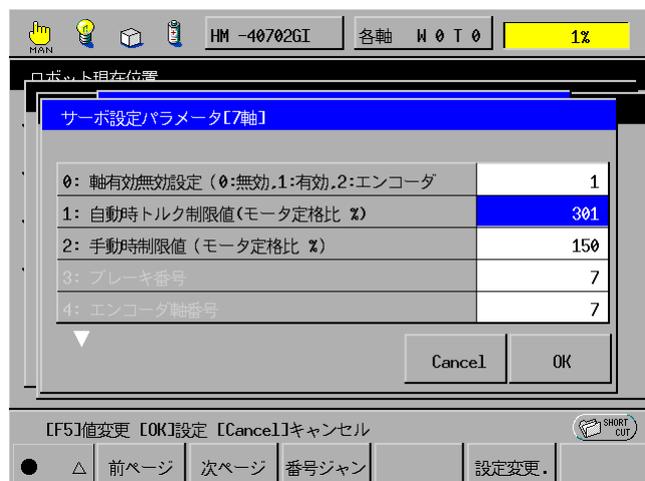
(3-1) 軸有効設定

サーボ設定パラメータの「軸有効無効設定」を「1: 有効」に設定してください。



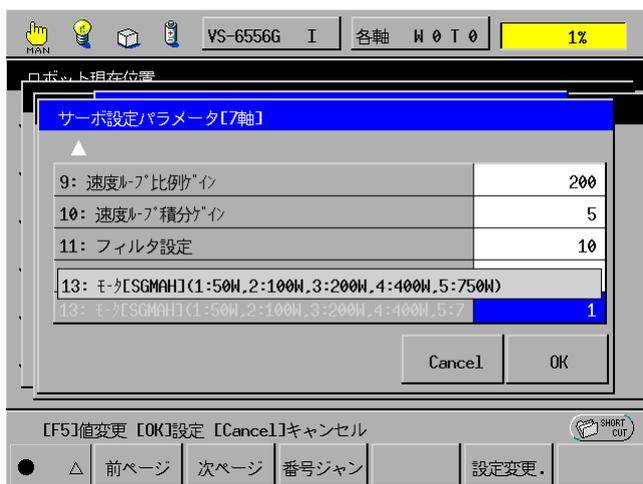
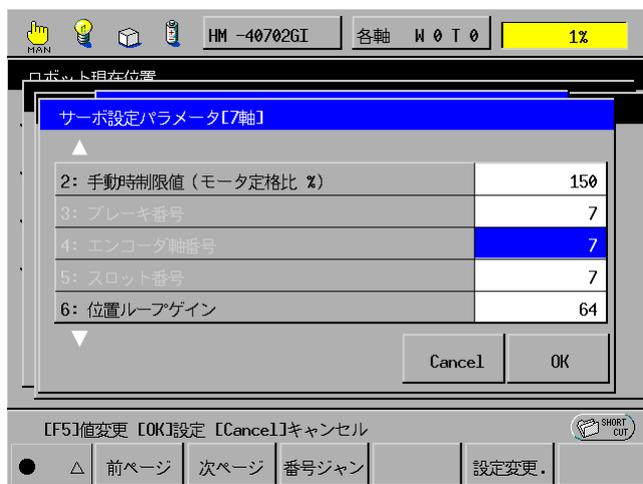
(3-2) トルク制限値の設定

「自動時トルク制限値」と「手動時制限値」を設定してください。



(3-3) エンコーダ軸番号、スロット番号、モータ出力確認

エンコーダ軸番号、スロット番号が軸番号と一致していることを確認してください。また、モータ出力が正しく設定されていることを確認ください。



(4) 付加軸のアームグループ登録

付加軸をアームグループに登録してください。



(1)～(4)実施後、コントローラの電源を再投入してください。

(5) 配線の確認

(5-1) ブレーキ配線確認

付加軸モータがブレーキ付きの場合は、ブレーキを解除し、指定した軸と同一の軸のブレーキが解除されることを確認してください。ブレーキ解除方法は「3.2.4.2 付加軸ブレーキ解除とロック方法」を参照してください。

注： ロボット軸のブレーキを解除すると、アームが落下する場合があります。誤ってロボット軸のブレーキを解除しないようご注意ください。

(5-2) エンコーダ配線確認

付加軸モータのブレーキを解除した状態で、モータに外力を加えて動かしてください。ティーチングペンダントの[ロボット現在位置]ウィンドウにて、設定中のモータの対応する軸が変化することを確認してください。

(5-3) モータ配線確認

モータ電源を投入し、速度設定をSP10程度に設定し、手動各軸モードで手動動作することを確認してください。

手動動作時にモータが発振したり、エラー停止する場合は、モータ線の配線を確認してください。配線に異常がない場合は、サーボ設定パラメータの位置ループゲイン、速度ループ比例ゲインを徐々に下げてください。

(6) CALSET実施

付加軸モータのブレーキを解除し、CALSET基準位置へ機械を移動してください。
CALSET基準位置にてCALSETを実行してください。

注：ロボット軸をCALSETすると、ロボットの基準角度が変化します。誤ってロボット軸をCALSETしないようにご注意ください。

(7) 動作確認

手動各軸モードで手動動作し、機械が、+側動作範囲、-側動作範囲を超えた時、エラーを検出することを確認してください。

また、ペンダントの各軸位置表示にて、動作変位量とペンダント表示の変化量が一致することをご確認してください。一致しない場合は、ギヤ比、リードに誤りがないか確認してください。

3.2.3 付加軸ゲイン調整

付加軸の動作条件を設定し、手動動作にて動作確認を完了した後、サーボ系のゲインを調整します。ゲイン調整は、オートゲインチューニングとマニュアルゲインチューニングの2種類があります。

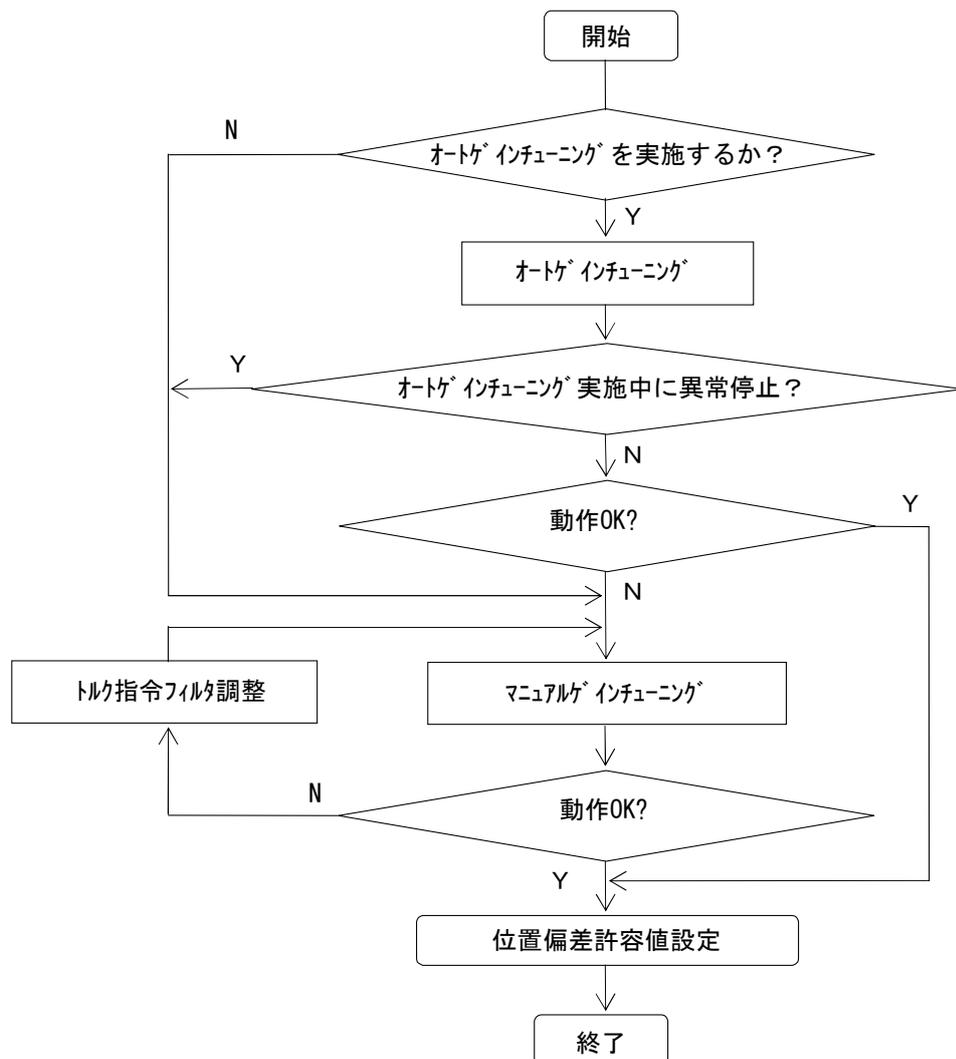
(1) オートゲインチューニング

コントローラ内部にてあらかじめ決められたパターンで加減速動作し、その時の動作から、負荷イナーシャを推定し、それに応じた適切なゲインを自動的に設定します。

(2) マニュアルゲインチューニング

モータの速度指令値、速度、偏差、トルク指令値をモニタし、最良な動きになるように、ゲインやフィルタのパラメータを調整します。

以下の手順でサーボ系のゲインを調整してください。



3.2.3.1 オートゲインチューニング実施方法

オートゲインチューニングは、以下[1]に示す条件を満たす機械にて実施してください。下記条件を満たさない場合、オートチューニング中にエラーが発生し、オートゲインチューニングが中断する場合があります。このような場合は、マニュアルゲインチューニングを実施してください。

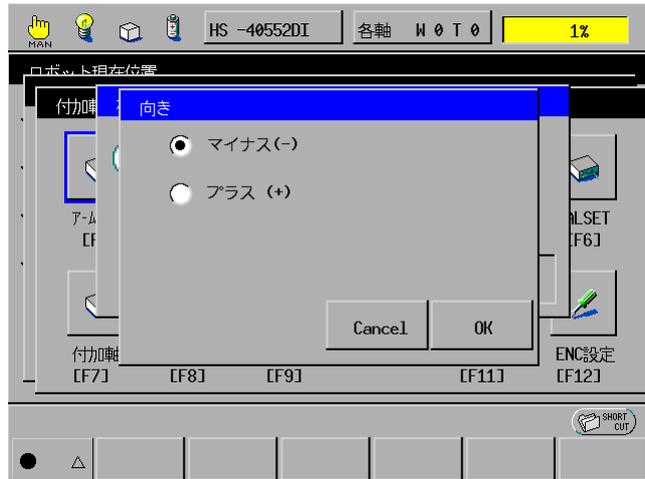
[1] オートゲインチューニング実施時の条件

- (1) 負荷イナーシャは、モータイナーシャの15倍以内で大きく変動しない。
- (2) モータ、カップリングも含め機械の機械剛性が高い。
- (3) ギヤなどのバックラッシュが小さい。
- (4) モータがCCW方向(反時計回り)に2回転、CW方向(時計回り)に2回転の正逆転回転しても問題ない。

[2] オートゲインチューニングの操作手順

- (1) モータ電源をONし、キャリブレーションを実行してください。
自動モード、ティーチチェックモードの場合は、手動モードに切り替えてください。
- (2) CCW(反時計回り)方向に2回転、CW(時計回り)方向に2回転の正逆転回転しても問題ない位置へ移動してください。
- (3) ティーチングペンダントで[軸設定]ウィンドウを表示してください。
操作経路： 拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]
- (4) [オートゲイン]を押して、[オートゲインチューニング]ウィンドウを表示します。
オートゲインチューニングを実行する軸番号、動作開始方向を選択してください。





(5) 機械剛性を選択します。機械剛性は、以下の基準を参考に選択してください。



駆動方式	機械剛性の値
ボールネジ直結	4～8
ボールネジ減速機付き	3～7
タイミングベルト	3～6
ギヤ、ラック&ピニオン	2～6
その他低剛性の機械	1～3

- (6) 重力補償を行なうかどうかを選択します。



モータに偏荷重が加わる場合、「重力補償有り」を選択してください。

注： 偏荷重が加わる状態で「重力補償無し」を選択すると、オートチューニング時に重力方向に落下し、エラーが発生します。モータ偏荷重が加わる状態でオートゲインチューニングを実行する際は、必ず「重力補償有り」を選択してください。

オートゲインチューニング時の「重力補償有り」を選択すると、サーボ設定パラメータのトルクオフセット値を自動的に計算します。[軸設定]ウィンドウで[F8 サーボ設定]を押し[サーボ設定パラメータ]ウィンドウを表示し、[OK]を押すと計算されたトルクオフセット値が保存されます。

注： 計算されたトルクオフセット値を保存しないと、コントローラ電源をOFFすることでトルクオフセット値は、元の値に戻ります。

- (7) デッドマンスイッチを押してください。オートゲインチューニング動作時は、デッドマンスイッチを押した状態で実行してください。オートゲインチューニング動作中にデッドマンスイッチをはなすと、オートゲインチューニング動作が中断します。

注： オートゲインチューニング動作中にペンダントのキーを押すと、オートゲインチューニング動作は中断されます。オートゲインチューニング動作中は、デッドマンスイッチ以外のキーを押さないようにご注意ください。

注： [サーボ設定パラメータ]ウィンドウで、軸有効無効設定を「2：エンコーダのみ有効」に設定した場合、オートゲインチューニング実行時に「実行できません」のエラーが発生します。

- (8) 実行確認メッセージにて[OK]を選択すると、オートゲインチューニング動作を開始します。モータCCW/CW方向2回転の往復動作を2回繰り返して、初期ゲインを計算した後、最大8往復の微調整動作をします。8往復以内でゲインが確定すれば、オートゲインチューニングは完了です。

注意： 無限回転軸にオートゲインチューニングを行うとCALSET値が失われます。再度CALSETを行ってください。



- (9) 8往復の微調整動作の後、以下の警告が発生する場合があります。

「オートチューニングゲイン微調整ワーニング1」：動作停止時、若干のオーバーシュートがある。

「オートチューニングゲイン微調整ワーニング2」：動作停止時、若干の整定遅れがある。

「オートチューニングゲイン微調整ワーニング3」：動作中に微発振現象がある。
ワーニングが発生しても、動作に問題がなければ、そのままゲイン調整を完了してください。異音や振動などがあり、動作に問題がある場合は、機械剛性を変更し、再度オートゲインチューニングを実施するかマニュアルゲインチューニングを実施してください。

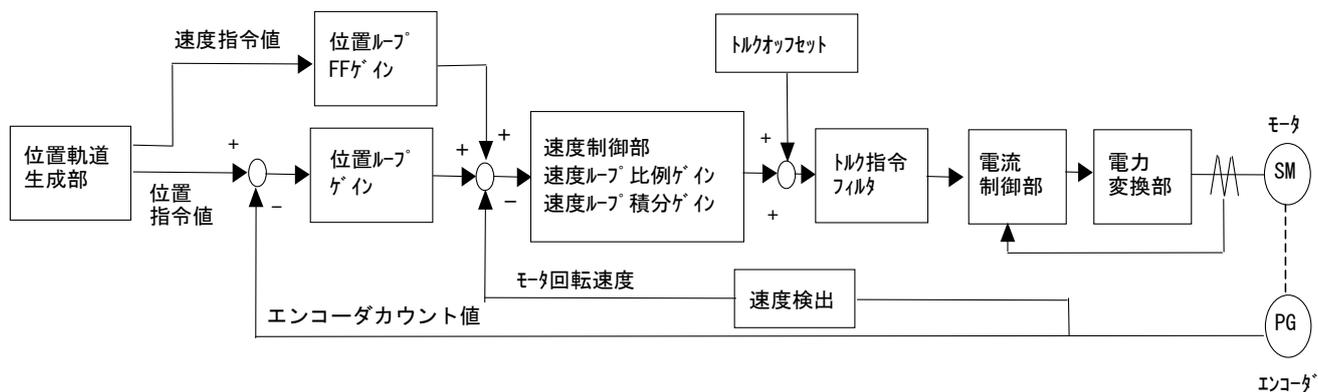
- (10) 剛性が低い機械に高剛性を選択したり、逆に剛性が高い機械に低剛性を選択すると、オートゲインチューニング中にエラーが発生する場合があります。この場合は、機械剛性を変更し、再度オートゲインチューニングを実施してください。

3.2.3.2 マニュアルゲインチューニングの実施方法

マニュアルゲインチューニングで調整可能なパラメータは、以下の通りです。

- | | |
|----------------|-----------------------|
| (1) 位置ループゲイン | (2) 位置ループフィードフォワードゲイン |
| (3) 位置偏差許容値 | (4) 速度ループ比例ゲイン |
| (5) 速度ループ積分ゲイン | (6) トルク指令フィルタ |
| (7) トルクオフセット | |

サーボ系の簡単なブロック線図は、下図のようになっています。



サーボ系は3つのフィードバック系（位置ループ、速度ループ、電流ループ）から成り、内側のループ程、応答性を高くする必要があります。内側のループが外側のループに対し十分高い応答性を確保しないと、応答性が劣化し振動的になります。

調整していただくのは、位置ループと速度ループのゲインです。電流ループに関しては十分な応答性を確保しています。

[1] パラメータ詳細説明

(1) 位置ループゲイン

位置制御系の応答性を設定します。設定する位置ループゲインは無次元量ですが、次式で[1/s]の単位に換算できます。

$$\text{位置ループゲイン} \times 125 / 256 \quad [1/s] \quad (\text{式 3.2.3-1})$$

例えば、位置ループゲイン32は、15.625 [1/s]に対応します。

位置ループゲインの値を大きくすると、位置決め時間が短くなります。ただし、機械系の固有振動数以上にゲインを上げると振動やオーバーシュートが生じやすくなります。例えば、固有振動数が20[Hz]の場合、位置ループゲインは、20[1/s]すなわち、41程度に設定ください。

(2) 位置ループフィードフォワードゲイン

位置制御系の速度フィードフォワード量を設定します。値を大きく設定すると位置偏差が小さくなり応答性が上がります。100に設定すると一定速度で動作中の位置偏差がほぼ0となります。ただし、値を大きく設定すると、振動やオーバーシュートが生じやすくなります。

(3) 位置偏差許容値

位置偏差の許容値を設定します。設定値を超える位置偏差が生じた場合、エラーとなります。位置偏差許容値は、次式を満たすように設定してください。

$$\begin{aligned} & [\text{位置偏差許容値}] > [\text{モータ最高速度設定値 (rpm)}] \times \\ & (1.0 - [\text{位置ループフィードフォワードゲイン}(\%)] \times 0.01) / [\text{位置ループゲイン}] \times 524288 / 1875 \end{aligned} \quad (\text{式 3.2.3-2})$$

(4) 速度ループ比例ゲイン

速度制御系の応答性を設定します。値を大きくすると位置ループゲインを大きく設定できるため、応答性が高くできます。設定する速度ループゲインは、次式にて速度応答周波数(Hz)に換算できます。

$$\begin{aligned} \text{速度応答周波数 (Hz)} = & [\text{速度ループ比例ゲイン}] / \\ & [\text{モータロータイナーシャ (kgm}^2\text{)} + \text{モータ軸換算負荷イナーシャ (kgm}^2\text{)}] \times \\ & [\text{電流制御系ゲイン}] / (2\pi) \end{aligned} \quad (\text{式 3.2.3-3})$$

電流制御系ゲインは、下表のようになります。

モータ型式	容量	電流制御系ゲイン
R2AA04005F	50W	1.650E-05
R2AA04010F	100W	2.804E-05
R2AA06020F	200W	5.001E-05
R2AA06040F	400W	7.894E-05
R2AA08075F	750W	1.141E-04

(5) 速度ループ積分ゲイン

速度制御系の積分補償ゲインを設定します。次式にて速度ループ積分ゲインより、速度ループ積分時定数(ms)が換算できます。

$$\text{速度ループ積分時定数 (ms)} = 0.25 \times [\text{速度ループ比例ゲイン}] / [\text{速度ループ積分ゲイン}] \quad (\text{式 3.2.3-4})$$

値を大きくすると、積分時定数が小さくなり、停止後の速度偏差が早く収束します。ただし、剛性の低い機械で値を大きくすると、残留振動の収束性が低下します。

(6) トルク指令フィルタ

トルク指令部の一次遅れフィルタの帯域を設定します。設定値と帯域の関係を下表に示します。

フィルタ値	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
帯域 (Hz)	2450	1080	843	682	559	460	377	305	241	184	133	85	41

(7) トルクオフセット

トルク指令値のオフセット値を設定します。重力などによりモータに偏荷重が加わる場合、トルクオフセットにて偏荷重を補償します。最大で定格トルク分のオフセットを設定できます。

一度に大きなトルクオフセットを設定すると、モータ電源投入直後に設定方向に機械が動作する場合があります。トルクオフセットは次項「[2]サーボ単軸データのモニタ機能」にてトルク指令値と偏差波形を確認の上、徐々に値を変化させてください。

オートゲインチューニング時に「重力補償有り」を選択した場合、トルクオフセット値が自動的に設定されます。

[2] サーボ単軸データのモニタ機能

指定した軸のサーボ内部データを取り出し、グラフ表示する機能です。

(1) モニタ条件

一度にモニタ可能なデータは、1250個です。サンプリング間隔を1msに設定した場合は、1.25秒、8msに設定した場合は、10秒分のデータをモニタできます。

モニタ可能なデータは、以下5種類です。一度に2種類のデータをモニタできません。

- 1) モータ速度指令値
モータ回転速度の指令値。単位は(rpm)
- 2) モータ速度現在値
モータ回転速度の実測値。単位は(rpm)
- 3) モータ角度偏差
モータ角度指令値とモータ角度実測値との偏差。単位は(Pulse)
- 4) トルク指令値
モータのトルク指令値からトルクオフセットを除いた値。単位は定格トルク比(%)
- 5) モータ電流値
モータ3相の電流検出値の絶対値のうち、最大となる値。単位は定格電流比(%)

(2) モニタ条件設定方法

ユーザプログラムにてサーボ単軸データモニタ条件設定ライブラリをCALLし、モニタ条件を設定してください。詳細は、「SetMonitorCond」を参照してください。

モニタ開始後は、終了するまでモニタ条件を変更できません。モニタ開始前にモニタ条件を設定してください。

(3) モニタ開始、終了方法

ユーザプログラムにてサーボ単軸データモニタ開始(StartSrvMonitor)、終了(StopSrvMonitor)、データクリア(ClearSrvMonitor)を実行し、データモニタのタイミングを設定します。詳細は、「StartSrvMonitor」、「StopSrvMonitor」、「ClearSrvMonitor」を参照してください。

データモニタ開始から終了までのデータ数が1250個未満の場合は、開始から終了までのデータをモニタします。1250個を超える場合は、終了以前1250個のデータをモニタします。

また、モニタ開始から終了までの間にエラーなどが発生しモータ電源がOFFした場合は、モータOFF後400サンプルとモータOFF前最大850サンプルのデータをモニタします。

(4) モニタデータのグラフ表示方法

WINCAPSⅢにてモニタデータをグラフ表示できます。

グラフのスケール、オフセットを調整し、データを確認してください。

(5) モニタデータのファイル保存方法

WINCAPSⅢにてモニタデータをCSVファイルに保存できます。

「ファイル(F)」-[エクスポート(E)]を選択すると[エクスポート]ウインドウが表示されます。

[ログ]-[単軸サーボログ]を選択し、[エクスポート]ボタンを押します。データがCSV形式で保存されます。

[3] マニュアルゲインチューニングの操作手順

(1) 位置ループゲインの初期値を設定

位置ループゲインを機械の固有振動数と同程度に設定します。

固有振動数が20(Hz)の場合、位置ループゲインは、 $20(1/s)$ すなわち、式3.2.3-1により $20 \times 256 / 125 = 41$ に設定ください。固有振動数が不明の場合は、出荷時の設定(64)にしてください。

(2) トルクオフセットを調整

モータにほぼ一定の偏荷重が加わる場合、トルクオフセットを調整し、偏荷重分のオフセットトルクを設定ください。

(3) 速度ループ比例ゲインの限界値を求める

速度ループ比例ゲインを徐々に上げ、異音や振動が発生する限界値を求めます。

(4) トルク指令値フィルタの効果の確認

トルク指令値フィルタを0に設定し、再度、速度ループ比例ゲインの限界値を求めます。速度ループ比例ゲインの限界値が下がる場合は、出荷時の設定(8)に戻してください。

(5) 速度ループ比例ゲインを設定

(3)、(4)で求めた速度ループ比例ゲインの限界値に対し0.8倍した値を速度ループ比例ゲインとします。

(6) 速度ループ積分ゲインを調整

速度ループ積分ゲインを徐々に上げ、整定時間、オーバシュート、アンダーシュートが小さくなる様に調整します。

(7) 位置ループゲインを調整

(6)調整後、振動が残る場合、位置ループゲインを低減してください。(3)～(6)で調整後、整定時間をさらに低減した場合は、異音や振動が生じない程度に位置ループゲインを徐々に上げてください。

(8) 位置ループフィードフォワードゲインを調整

整定時間をさらに低減した場合は、異音や振動が生じない程度に位置ループフィードフォワードゲインを徐々に上げてください。

(9) 全動作範囲、全速度域での動作確認

速度を徐々に変化させ、全動作範囲を動作させてください。特定場所で異音、振動が発生する場合は、機械の摺動にむらがないか確認してください。

また、特定速度で異音が発生する場合、トルク指令フィルタを調整し、異音低減できないか確認してください。機械の調整、トルクフィルタ調整にて異音がおさまらない場合は、速度ループ比例ゲイン、速度ループ積分ゲインを同一比率で低減してください。

特定速度で振動が発生する場合は、速度ループ積分ゲイン、位置ループゲイン、位置ループフィードフォワードゲインを低減してください。

[4] 速度制御系ゲインの簡易調整方法

式 3.2.3-4に示すように、速度ループ比例ゲインと速度ループ積分ゲインの比は、速度ループ積分時定数となるため、速度制御系ゲインの微調整時は、速度ループ比例ゲインと速度ループ積分ゲインを同一比率で変更します。同一比率で調整するこの機能が、速度制御系ゲイン簡易調整機能です。ティーチングペンダントを使って調整します。

(1) ティーチングペンダントにて[ゲイン簡易調整]画面を開く

操作経路： 拡張画面—[アーム]—[補助機能]—[使用条件]—[番号ジャンプ]にて59番指定

(2) 調整する軸に対応した「ゲイン減少割合(J*)」に設定値を入力

現在の速度ループ比例ゲイン、速度ループ積分ゲインが調整割合倍した値になります。

設定値と調整割合の関係を下表に示します。

設定値	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
調整割合	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5

3.2.4 付加軸専用操作

3.2.4.1 付加軸 CALSET 方法

(1) [軸設定]ウィンドウの表示

操作経路： 拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]



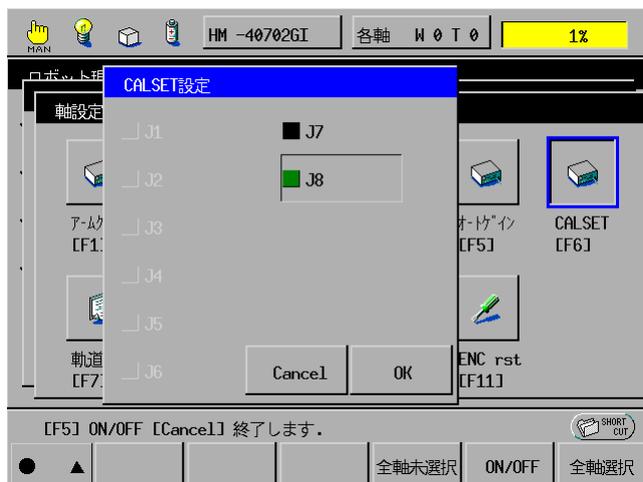
F6

(2) [CALSET設定]ウィンドウの表示

[軸設定]ウィンドウで[F6 CALSET]を押し、[CALSET設定]ウィンドウを表示します。

(3) 付加軸のCALSET

CALSETする軸を指定し[OK]を押すと、指定した軸のCALSETを実施します。



3.2.4.2 付加軸ブレーキ解除とロック方法

(1) [軸設定]ウィンドウの表示

操作経路： 拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]



(2) [ブレーキ解除設定]ウィンドウの表示

[軸設定]ウィンドウで[ブレーキ.]を押し、[ブレーキ解除設定]ウィンドウを表示します。ブレーキが解除された状態は緑色、ロックされた状態は黒色で表示されます。

(3) ブレーキ解除軸の選択

軸選択し[ON/OFF]を押すと表示色が変わります。ブレーキ解除する場合は緑色、ロックする場合は黒色にし、[OK]を押します。

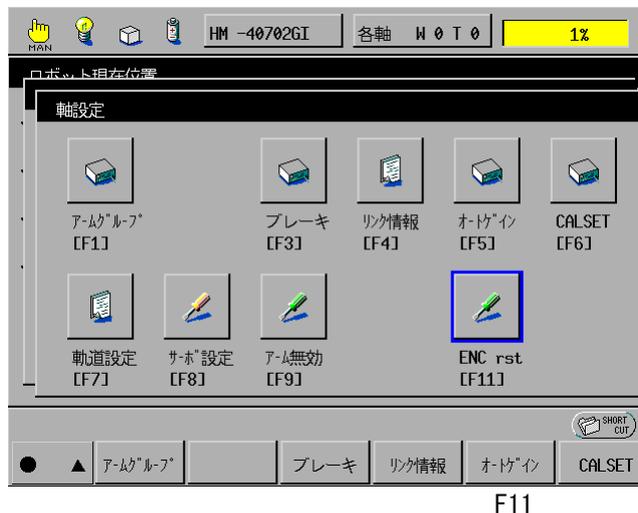


F5

3.2.4.3 付加軸エンコーダのリセット方法

(1) [軸設定]ウィンドウの表示

操作経路： 拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]



(2) リセットする軸番号の入力

[軸設定]ウィンドウで[ENC rst]を押して、[リセット軸番号を入力]用テンキーを表示します。リセットするエンコーダの軸番号を指定して[OK]を押します。誤ってロボットの軸番号を指定した場合はエラーが発生します。



(3) リセットする軸番号の確認

エンコーダリセット実行確認メッセージが表示されます。リセットする軸番号を確認し、誤りがなければ[OK]を押してください。



3.2.4.4 アーム軸有効／無効設定方法

付加軸調整時、ロボットアーム軸のモータ電源をオンせずに付加軸のみモータオンし動作確認する場合、アーム軸を無効に設定してください。

注1: アーム軸有効／無効設定を変更した場合、必ずコントローラを立ち上げ直してください。立ち上げ直さないと、エンコーダ関連のエラーが発生する場合があります。

注2: アーム軸を無効に設定した場合は、モータ電源をオンしてもロボットアーム軸のモータ電源はオンしません。

(1) [軸設定]ウィンドウの表示

操作経路： 拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]



(2) アーム有効／無効の設定

[アーム無効]を押すと、現在のアーム軸の状態が表示されます。設定を変更し、[OK]を押してください。



3.2.5 付加軸パラメータ設定関連のコマンド

注： 以下に説明するコマンドは標準ロボット用にも使用される共通のコマンドです。

[1] サーボ単軸データモニタ機能のコマンド

コマンド名	機能	参照
SetMonitorCond	サーボ単軸データモニタ機能のモニタ条件を設定します。	プログラミングマニュアルⅡ
StartSrvMonitor	サーボ単軸データモニタを開始します。	プログラミングマニュアルⅡ
StopSrvMonitor	サーボ単軸データモニタを終了します。	プログラミングマニュアルⅡ
ClearSrvMonitor	サーボ単軸データモニタの取得データのポインタを初期化します。	プログラミングマニュアルⅡ

[2] 動作中断機能のコマンド

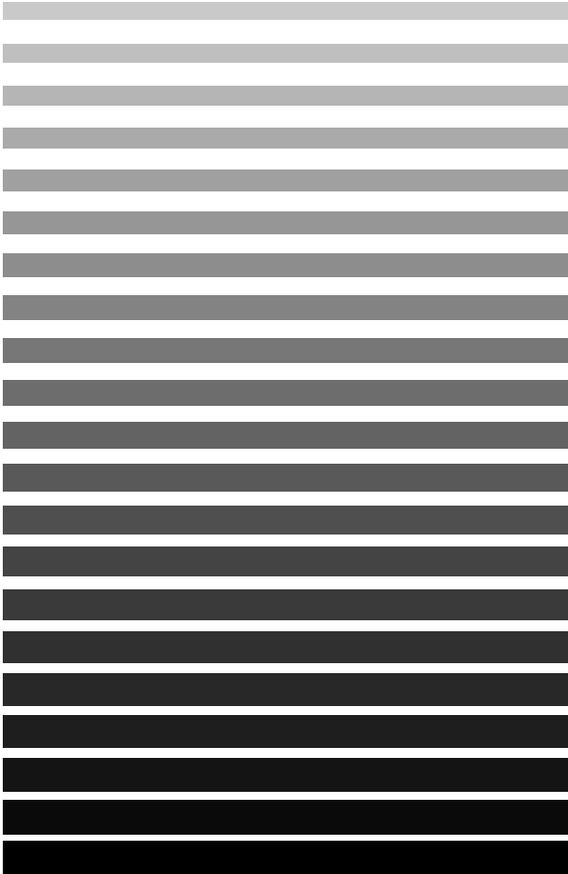
コマンド名	機能	参照
MotionSkip	実行中の動作命令を中断します。	プログラミングマニュアルⅡ
MotionComp	動作命令実行が完了したかどうかを判断します。	プログラミングマニュアルⅡ

[3] サーボ内部データ取得コマンド

コマンド名	機能	参照
GetSrvData	ロボット軸のサーボ内部データを取得します。	プログラミングマニュアルⅠ
GetJntData	指定軸のサーボ内部データを取得します。	プログラミングマニュアルⅠ

第4章

付加軸立ち上げ手順 (ラック&ピニオン)



ここでは、付加軸がラック&ピニオンの場合を例に付加軸の立ち上げ手順を説明します。

付加軸がラック&ピニオンの場合を例に、付加軸の立ち上げ手順概略を説明します。
4.1項～4.22項の順に実施してください。各ステップの詳細については、本書または関連する取扱説明書の該当項目を参照ください。

4.1 コントローラケーブルの接続確認

コントローラに下記のケーブルが接続されていることを確認します。

- ・電源ケーブル
- ・本体間ケーブル
- ・付加軸モータケーブルおよびモータ変換ケーブル
- ・付加軸エンコーダケーブル

4.2 コントローラ電源投入

コントローラの電源をONします。

注意：この時点ではモータONは絶対にしないでください。

「J7エンコーダシステムダウン異常」が表示されますので、ティーチングペンダントのCancelボタンを押してエラーをクリアしてください。

4.3 アーム軸の無効化設定

付加軸調整時は、アーム軸（ロボット本体の軸）のモータ電源をONせずに付加軸のみモータ電源をONし動作確認します。以下の手順でアーム軸を無効に設定してください。

- (1) [軸設定] ウィンドウを表示させます。

操作経路：拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]



- (2) [アーム無効] 押すと、下のように現在のアーム軸の状態が表示されます。[アーム無効] を選択し、[OK] を押します。



4.4 電源の再投入

コントローラの電源をいったんOFFし、再度ONします。

注意：この時点ではモータONは絶対にしないでください。

「J7エンコーダシステムダウン異常」が表示されますので、ティーチングペンダントのCancelボタンを押してエラーをクリアしてください。

4.5 付加軸サーボパラメータの設定

以下の手順で、使用する付加軸を選択します。

- (1) [軸設定]ウィンドウを表示させます。

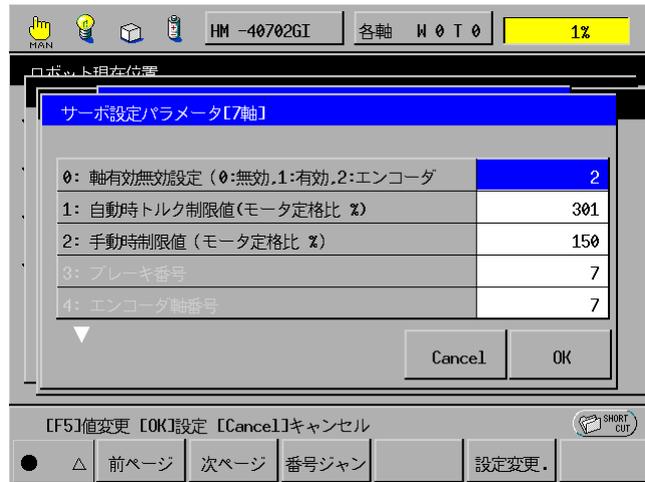
操作経路：拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]



- (2) [サーボ設定]を押します。下の[サーボ設定]ウィンドウが表示されます。



- (3) カーソルキーまたはジョグダイヤルで使用する軸を選択し [OK] を押します。
[サーボ設定パラメータ] ウィンドウが表示されます。



- (4) 「0: 軸有効無効設定」で「1: 有効」を選択し、[OK]を押します。
(1)の[軸設定]ウィンドウに戻ります。
- (5) 使用したい軸すべてについて(2)～(4)を繰り返します。

4.6 付加軸エンコーダのリセット

- (1) [軸設定]ウィンドウを表示させます。

操作経路：拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]



- (2) [ENC rst]を押し、[リセット軸番号を入力]ウィンドウを表示させます。リセットする軸の番号（7または8）を入力し[OK]を押します。



(3) リセットする軸番号の確認メッセージが表示されますので、[OK]を押します。



4.7 電源の再投入

コントローラの電源をいったんOFFし、再度ONします。

注意：この時点ではモータONは絶対にしないでください。

「J7エンコーダシステムダウン異常」が表示されますので、ティーチングペンダントのCancelボタンを押してエラーをクリアしてください。

4.8 付加軸エンコーダ情報の確認

付加軸のエンコーダが正常状態であることを確認します。

下記の操作で[エンコーダ情報]ウィンドウを表示させます。付加軸がグリーン色になっていれば正常です。

操作経路：拡張画面—[アーム]—[保守.]—[ENC情報.]



4.9 付加軸パラメータの設定

4.9項と4.14項では付加軸を手動操作で動かすために最低限必要なパラメータを入力します。設定する軸を選択してからパラメータ入力を行ないます。

- (1) 下の操作で「軌道設定」ウィンドウを表示させます。

操作経路： 拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]— [軌道設定]



- (2) 軸を選択し[OK]を押します。

「軌道設定パラメータ」ウィンドウが表示されます。



- (3) 下のパラメータを入力し[OK]を押します。

0：無限回転設定 (0：有限，1：無限) (注)通常は0でOK
 1：直動、回転軸設定 (0：直動軸、1：回転軸)
 5：減速比またはリード (mm／r)

4.10 電源の再投入

コントローラの電源をいったんOFFし、再度ONします。

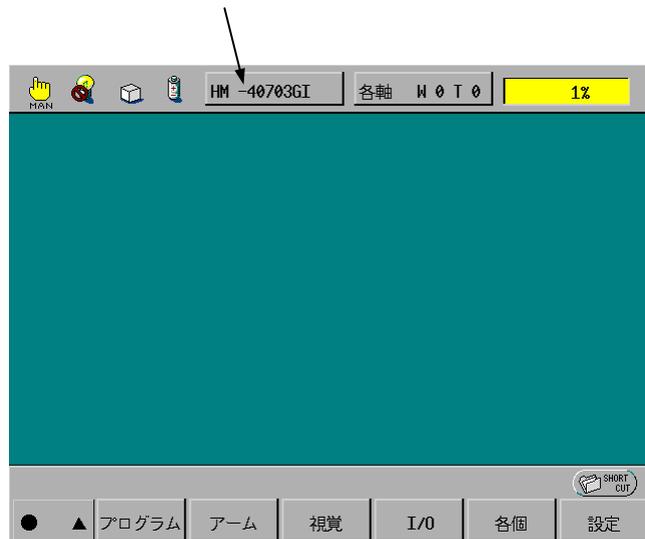
注意：この時点ではモータONは絶対にしないでください。

「J7エンコーダシステムダウン異常」が表示されますので、ティーチングペンダントのCancelボタンを押してエラーをクリアしてください。

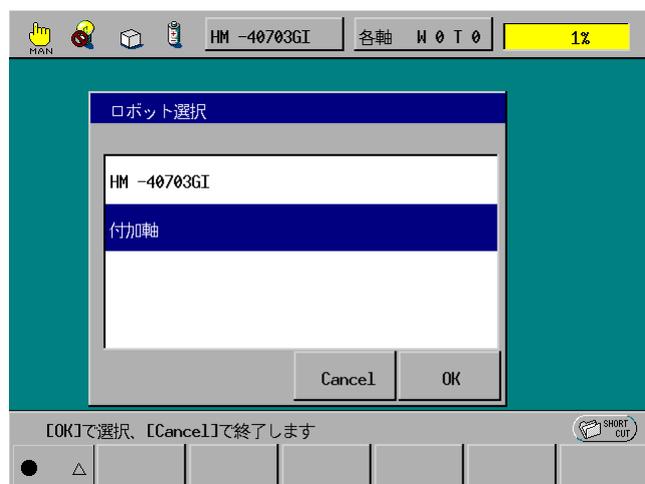
4.11 エンコーダフィードバックの確認

付加軸のエンコーダから正しい応答があるかを確認します。

(1) 拡張画面を表示した状態で[ロボット選択]ボタン(またはR-SELキー)を押します。



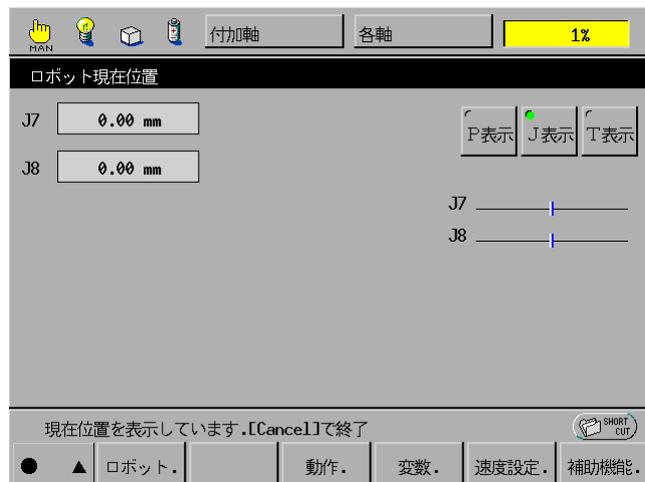
[ロボット選択]ウィンドウが表示されます。



(2) 付加軸を選択し[OK]を押します。

拡張画面に戻ります。

- (3) [アーム]を押し、[ロボット現在位置]画面を表示させます。



- (4) 手で押して付加軸を動かし、エンコーダが追従しているか確認します。

注意: 付加軸がブレーキ付きの場合は、下記操作でブレーキを解除してから確認を行なってください。

〈ブレーキの解除方法〉

- 1) 基本経路：拡張画面—[アーム]—[保守.]—[ブレーキ.]
- 2) 解除する軸を選択し、[OK]ボタンを押します。

必要な場合以外は、再度[OK]ボタンを押し、ブレーキロックします。

4.12 手動操作

- (1) モータをONします。
- (2) ティーチングペンダントの手動操作で±方向に動かし、異常なく動くか確認します。

注) この時点では、少し動かせばOKです。

注) 操作キーと付加軸の±動作方向が合っているかを確認しておきます。逆になっている場合は、「4.14 その他の付加軸パラメータの設定」で、「2: モータ回転方向」を逆の設定にします。

4.13 CALSET 位置へ移動

- (1) モータをOFFします。
- (2) 軸を手で持ち、CALSET位置へ移動させます。

4.14 その他の付加軸パラメータの設定

付加軸を動作させるために必要な残りのパラメータを入力します。

- (1) 下記の手順で[軌道設定]ウィンドウを表示します。

操作経路： 拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]— [軌道設定]



- (2) 軸を選択し、[OK]を押すと、[軌道設定パラメータ]ウィンドウが表示されますので、下記に示すパラメータを入力します。

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 2：モータ回転方向 (0:CCW,1:CW) | 7：+側動作範囲設定 (度) (mm) |
| 3：モータ最高速度設定 (r/min) | 8：-側動作範囲設定 (度) (mm) |
| 4：最高速度加速時間設定 (ms) | 9：キャルセット基準位置設定 (度) (mm) |
| | 11：回転半径 (mm) |





4.15 電源の再投入

コントローラの電源をいったんOFFし、再度ONします。

「J7エンコーダシステムダウン異常」が表示されますので、ティーチングペンダントのCancelボタンを押してエラーをクリアしてください。

4.16 付加軸 CALSET 実施

下記の手順で、付加軸のCALSETを実施します。

- (1) 下記手順で[軸設定]ウィンドウを表示させます。

操作経路：拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]



- (2) [CALSET]を押し、[CALSET設定]ウィンドウを表示させます。



- (3) CALSETする軸を指定し[OK]押します。

指定した軸のCALSETが実施されます。同様に使用する付加軸全てについてCALSETを実施します。

- (4) CALSET後、安全な位置へ付加軸を手で押しながら移動させます。

4.17 アームグループ設定

(1) 下記手順で[アームグループ設定]ウィンドウを表示させます。

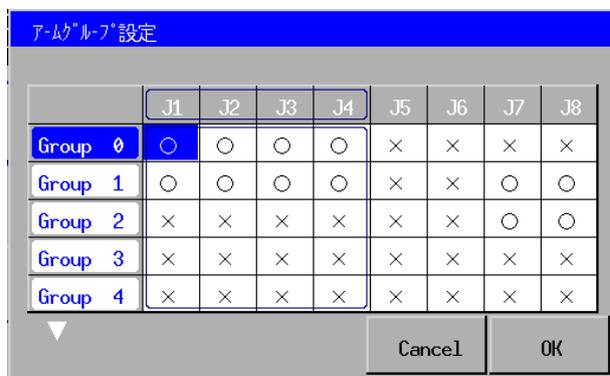
操作経路： 拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]— [アームグループ]



(2) 設定したいグループの軸にカーソルを合わせ[設定変更]を押します。

(3) 選択 (O) または未選択 (x) を設定し、[OK]を押します。

■ 設定例



この例では各グループは次のように設定されています。

- *Group 0 (ロボット軸) → TAKEARM 0
- *Group 1 (ロボット軸+付加軸J7, J8) → TAKEARM 1
- *Group 2 (付加軸J7, J8) → TAKEARM 2

プログラム中ではグループNOを指定します。

PROGRAM PR00	PROGRAM PR01	PROGRAM PR02
TAKEARM 0	TAKEARM 1	TAKEARM 2
⋮	⋮	⋮
END	END	END

4.18 電源の再投入

コントローラの電源をいったんOFFし、再度ONします。

注意：この時点ではモータONは絶対にしないでください。

「J7エンコーダシステムダウン異常」が表示されますので、ティーチングペンダントのCancelボタンを押してエラーをクリアしてください。

4.19 動作確認

動作確認用プログラムを作成し、付加軸の動きを確認します。

- (1) 下記の動作プログラムを作成します。

```
PROGRAM EX_TEST1
TAKEARM 1
DRIVEA @0(7, 100), S=100      '付加軸動作命令
DELAY 100                    'タイマ
DRIVEA @0(7, 6000), S=100    '付加軸動作命令
DELAY 100                    'タイマ
GIVEARM
END
```

- (2) 外部速度を10%程度にして、上記プログラム実行し、動作を確認します。
異常が発生した時は、付加軸の滑動抵抗など原因を調べます。

4.20 オートチューニング実施

以下の手順でオートゲインチューニングを実施します。

- (1) モータ電源をONし、キャリブレーションを実行してください。
自動モード、ティーチチェックモードの場合は、手動モードに切り替えてください。
- (2) CCW(時計回り)方向に2回転、CW(反時計回り)方向に2回転の正逆転回転しても問題ない位置へ移動してください。
- (3) ティーチングペンダントで[軸設定]ウィンドウを表示してください。
操作経路：拡張画面—[アーム]—[保守.]—[軸設定]

- (4) [オートゲイン]押して、[オートゲインチューニング]ウィンドウを表示します。
 オートゲインチューニングを実行する軸番号、動作開始方向を選択してください。



- (5) 以下の基準を参考に機械剛性を選択します。

駆動タイプ	機械剛性の値
ボールネジ直結	4～8
ボールネジ減速機付き	3～7
タイミングベルト	3～6
ギヤ、ラック&ピニオン	2～6
その他低剛性の機械	1～3

(6) 重力補償を行うかどうかを選択します。

付加軸に重力方向の力がかかるような機構の場合のみ、「重力補償有り」にします。



(7) デットマンスイッチを押した状態で、[OK]を押します。

オートゲインチューニング動作が開始されます。



(8) 正常に終了すれば付加軸の調整は終了です。

4.21 慣らし動作確認

下記の手順で、動作確認用プログラムによる運転を行い、外部速度を上げながら動作を確認します。

- (1) 動作確認用プログラムを作成します。以下にその例を示します。CALLプログラムは、ライブラリから読み込んでください。

```

'!TITLE "付加軸のトルク・電流絶対値等の読み込み"
PROGRAM EX_TEST2
TAKEARM 1

CALL SetMonitorCond(7,1,4,4)      'サーボ単軸データモニタ機能のモニタ条件設定
CALL StartSrvMonitor              'サーボ単軸データモニタを開始
DRIVEA @0(7,100),S=100            '付加軸動作命令
DELAY 100                          'タイマ
DRIVEA @0(7,6000),S=100           '付加軸動作命令
DELAY 100                          'タイマ
CALL StopSrvMonitor               'サーボ単軸データモニタ終了
END

```

- (2) 最初は外部速度を10%程度に設定し、動作確認用プログラムを動作させます。徐々に外部速度を上げていきます。最終的には100%で動作確認を実施します。但し、外部速度を上げていく途中に加速度エラー等が発生した場合は、軌道設定パラメータの「3: モータ最高速度設定 (r/min)」を500rpm下げ、再度「4.20 オートチューニング実施」から実施します。
- (3) 外部速度100%で動作させてエラーが出なければ、WINCAPSⅢでサーボ単軸データログからデータを吸い上げ、グラフ表示します。



(4) (3)のグラフから、オートチューニングの状態を再確認します。

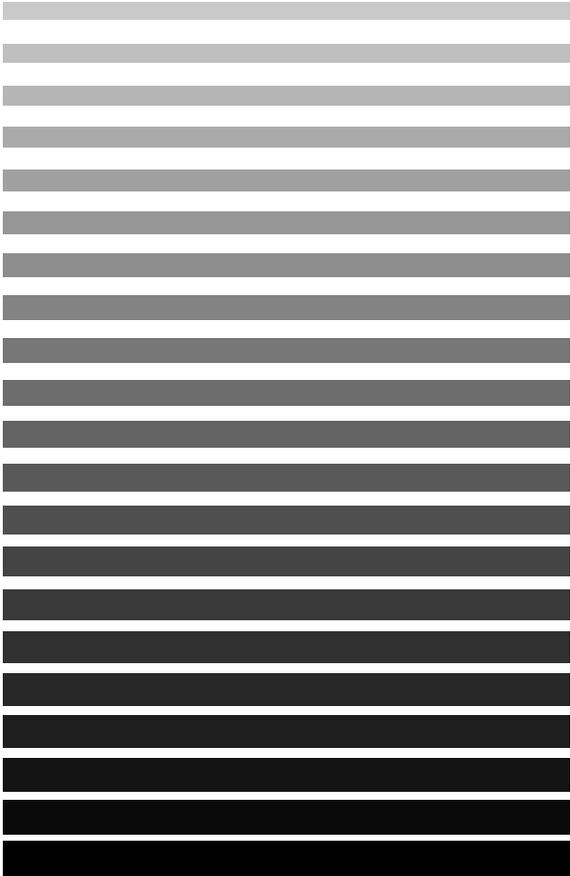
なお、このデータはWINCAPSⅢのエクスポート機能を使って、CSV形式で保存することができます。

4.22 アーム軸の有効化設定

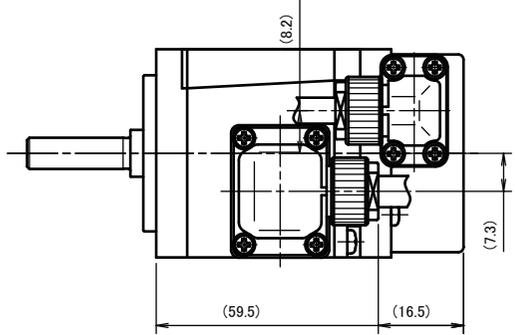
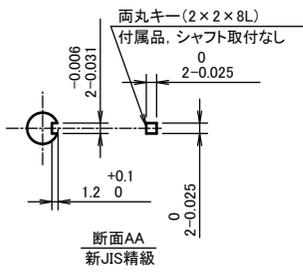
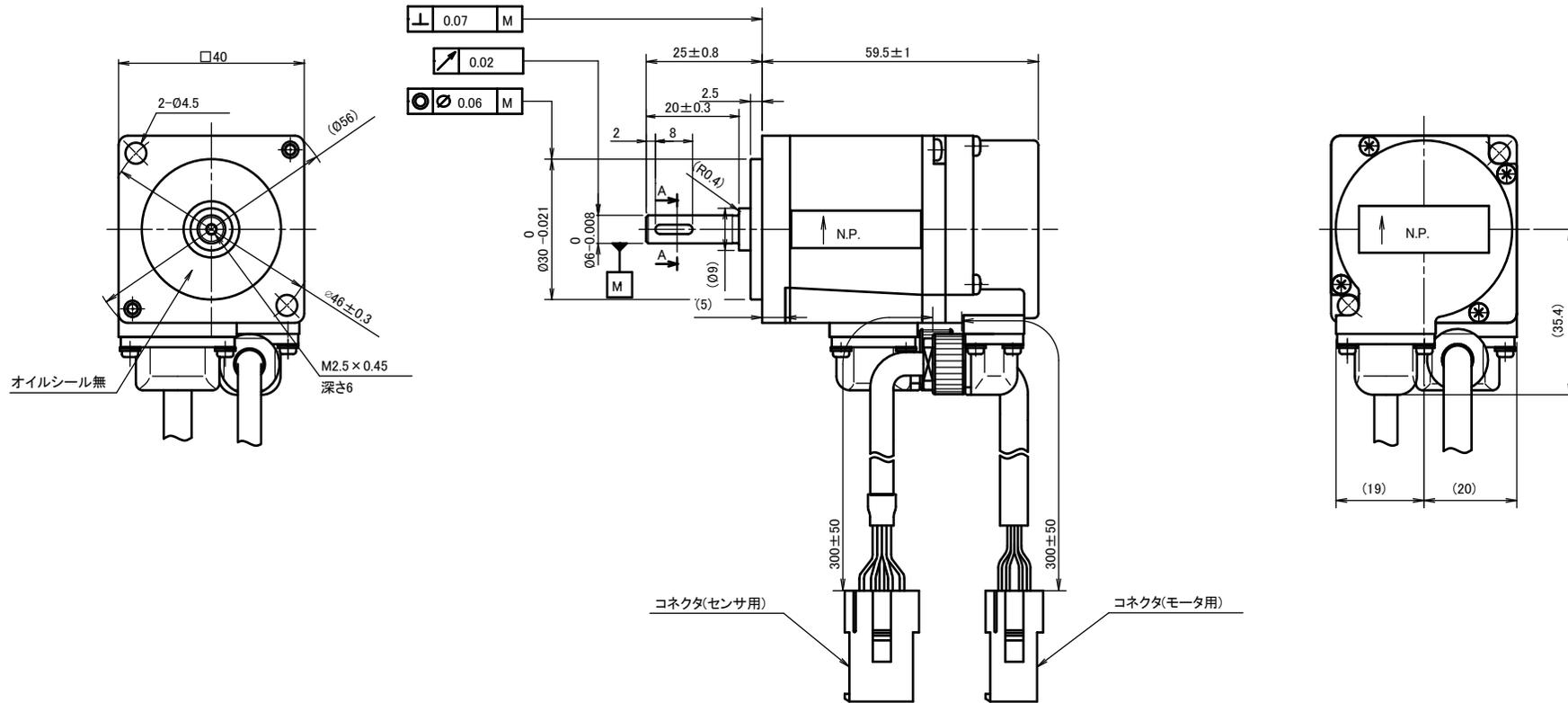
「4.3 アーム軸の無効化設定」で無効化したアーム軸を有効に戻します。

第5章

付録

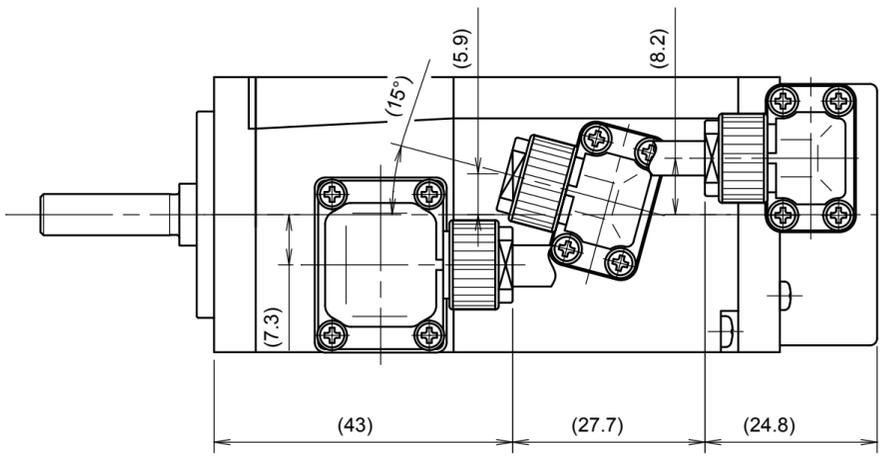
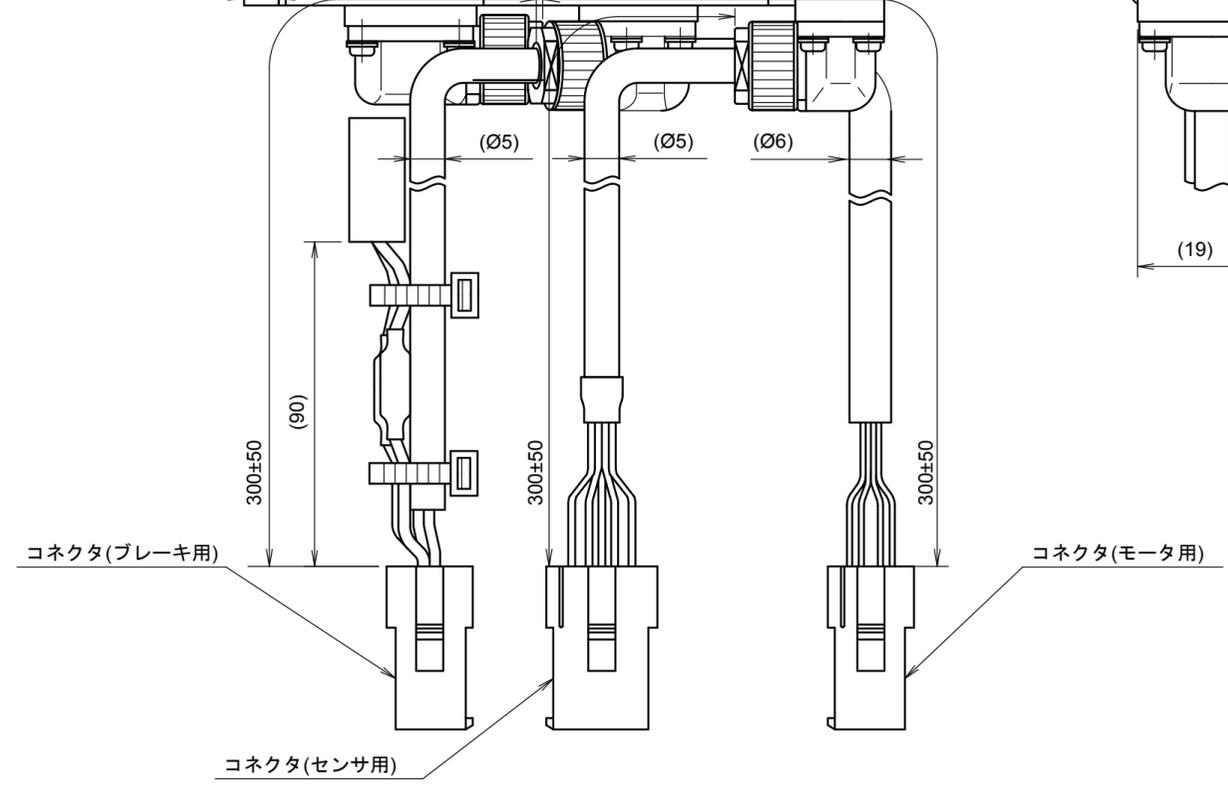
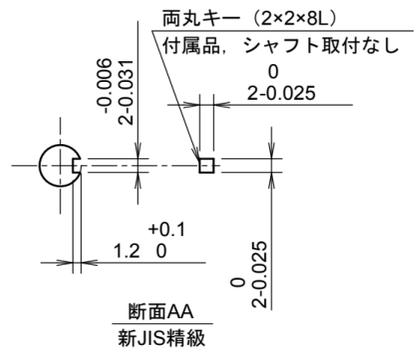
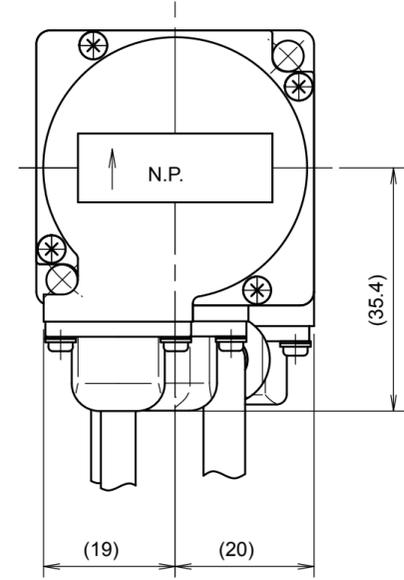
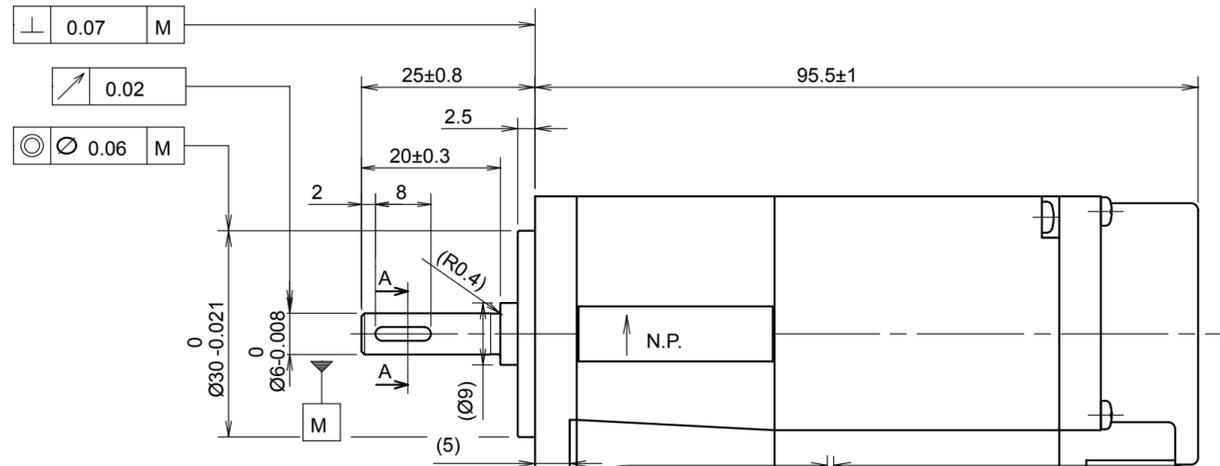
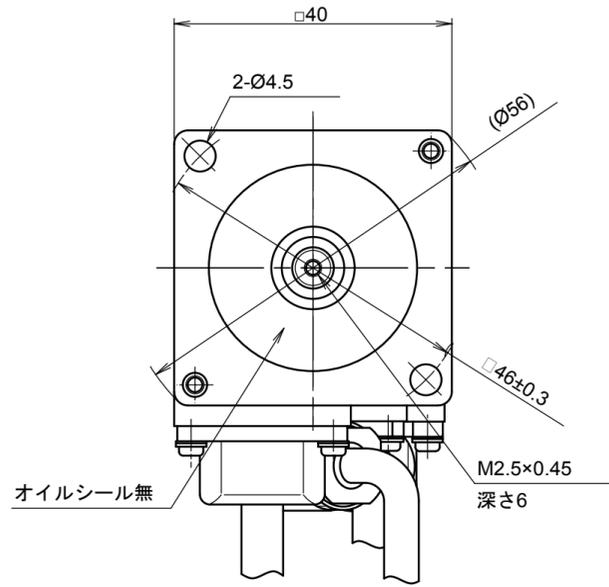


5.1 モータの外形寸法



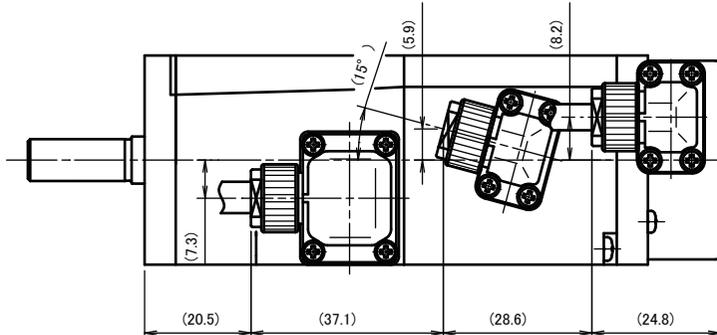
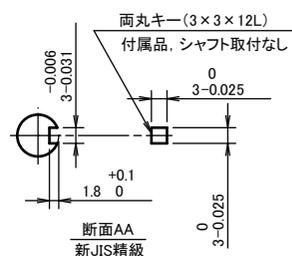
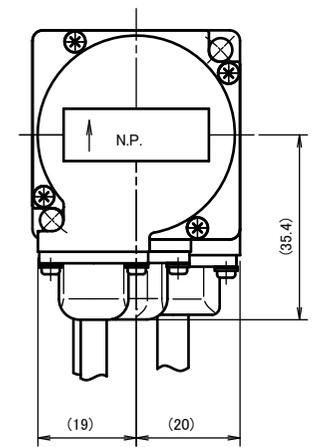
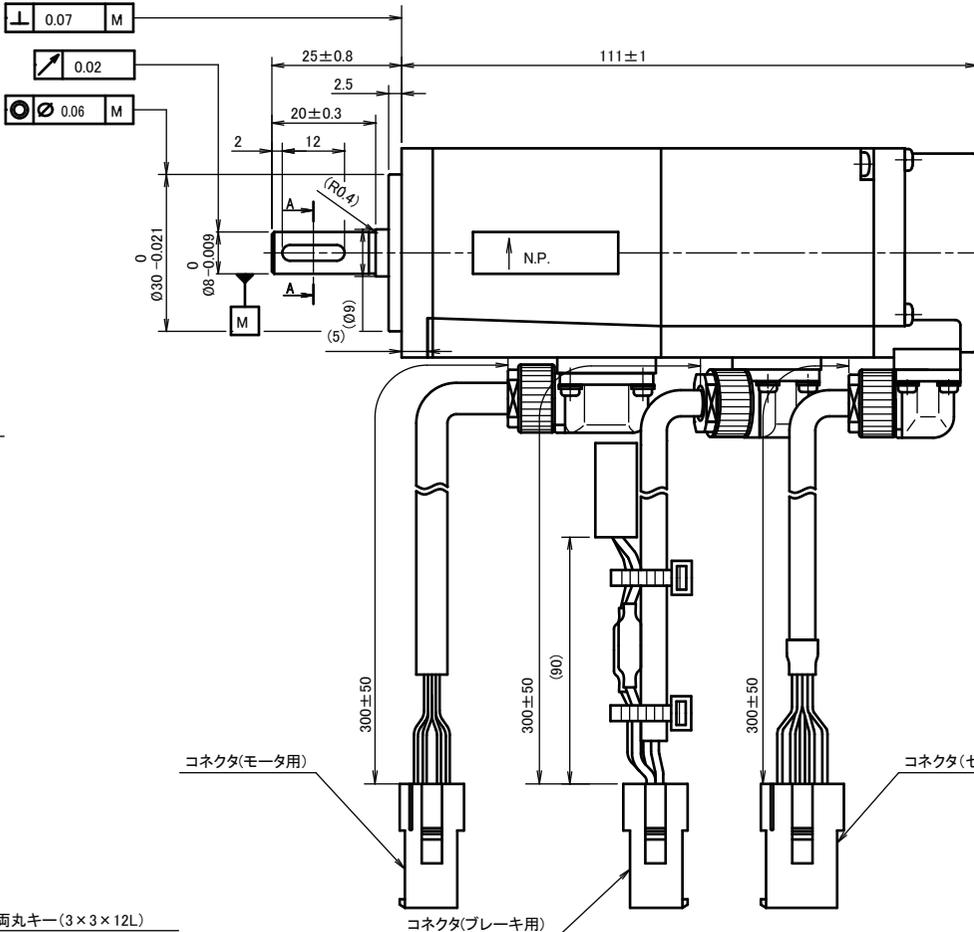
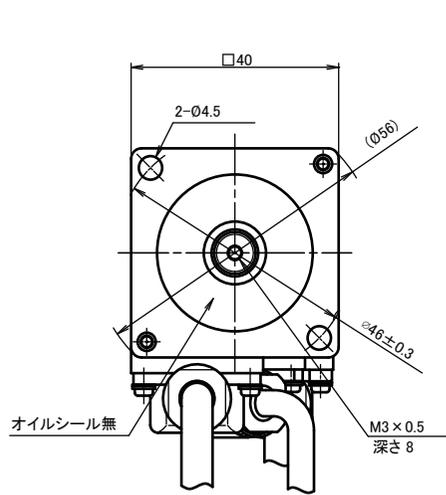
許容軸荷重

組立時		運転時		F →	F1 ←
ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)	ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)		
FR	F方向 98 F1方向 98	FR	F方向 29 F1方向 29		



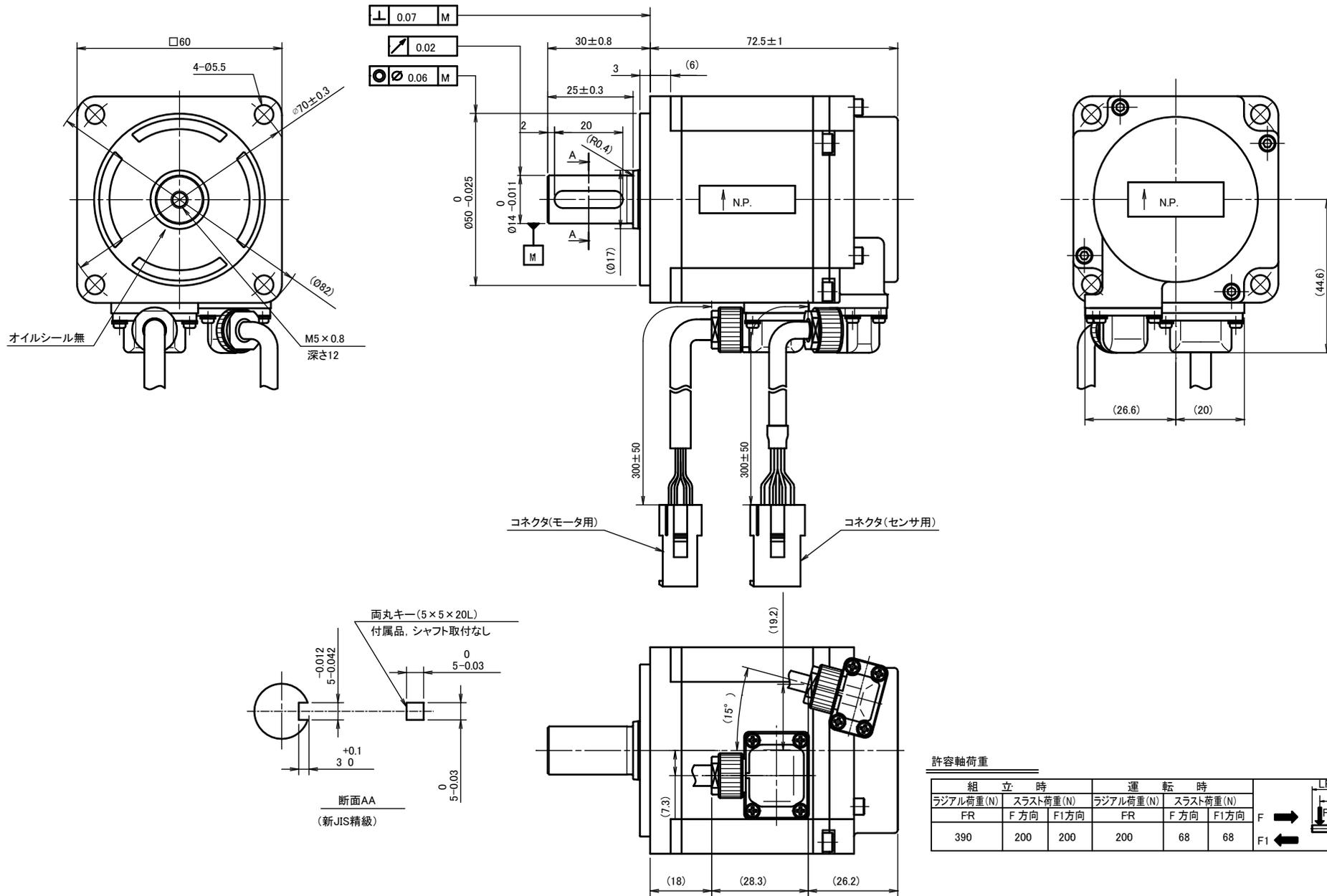
許容軸荷重

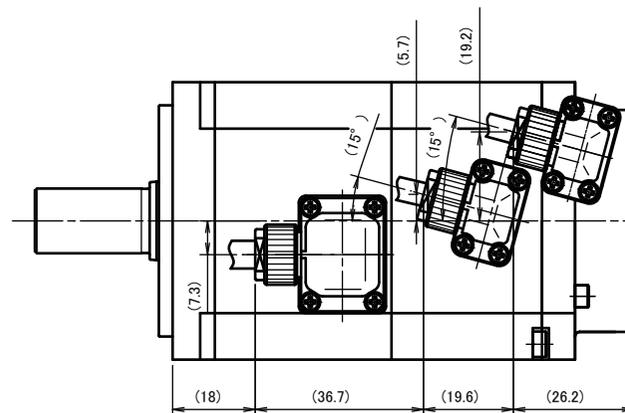
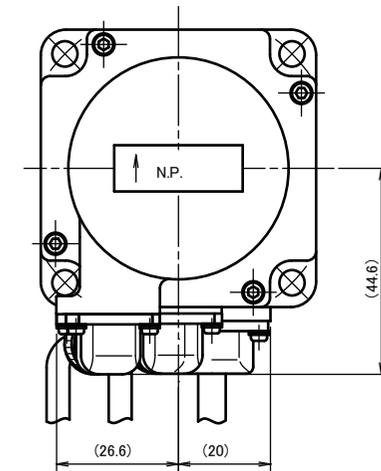
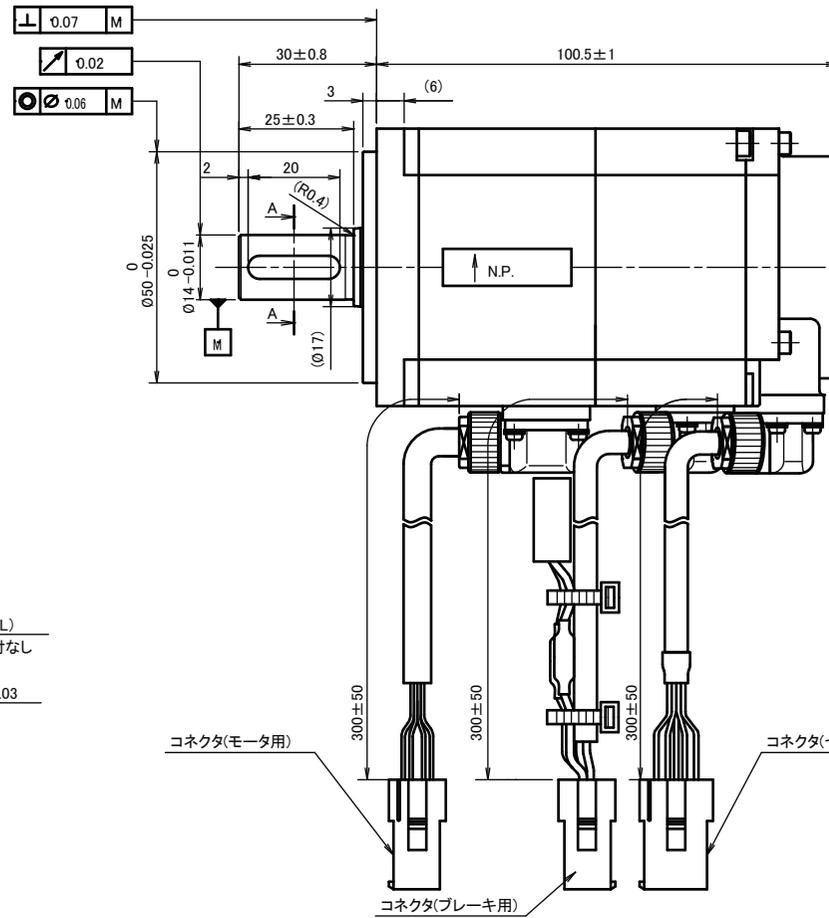
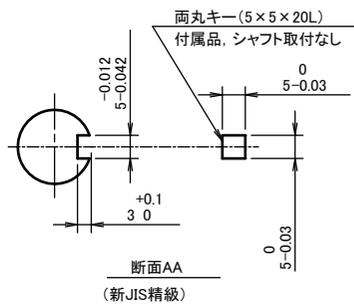
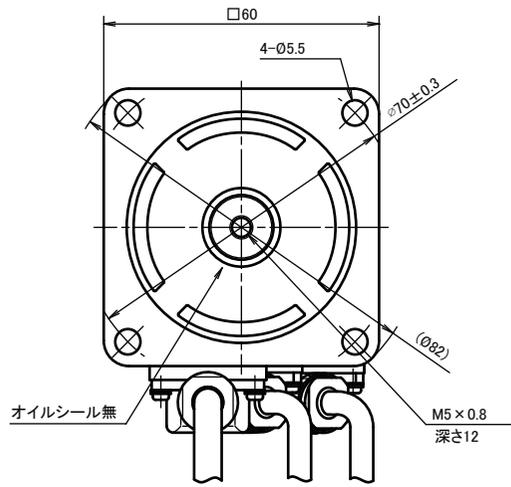
組立時		運転時			FR → LR 2LR/3
ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)	ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)		
FR	F方向	F1方向	FR	F方向	F1方向
150	98	98	80	29	29



許容軸荷重

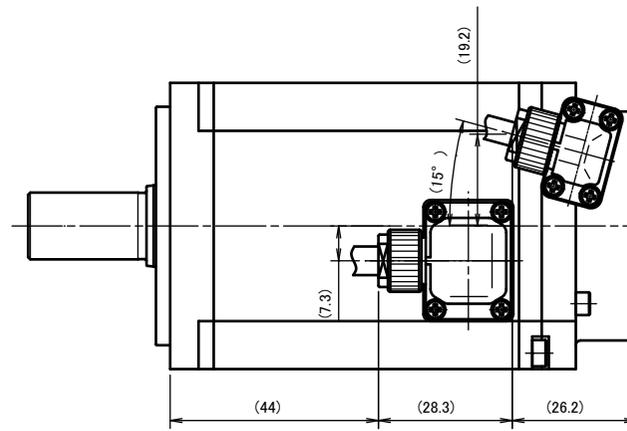
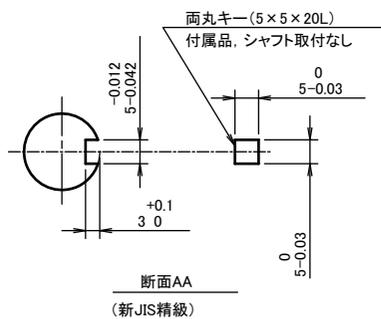
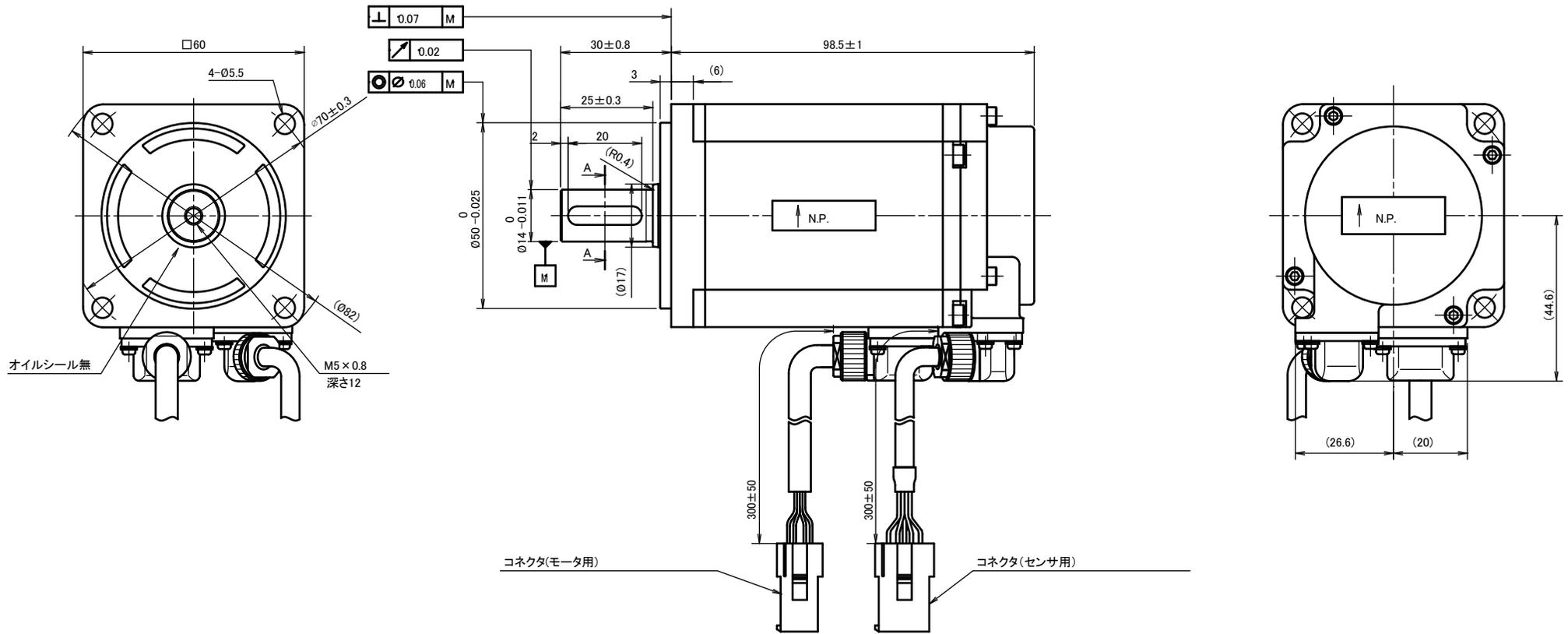
組立時		運転時		F → ← F1	
ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)	ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)		
FR	F方向 98	F1方向 98	FR	F方向 29	F1方向 29





許容軸荷重

組立時		運転時		F →	← F1	LR 2LR/3
ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)	ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)			
FR	F方向	FR	F方向			
390	200	200	68		68	

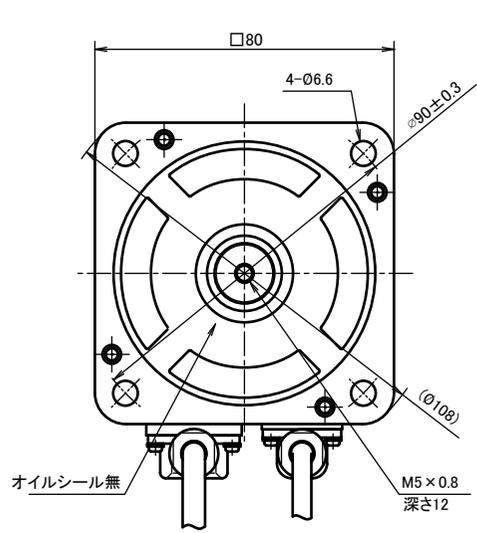


許容軸荷重 (Permissible Shaft Load)

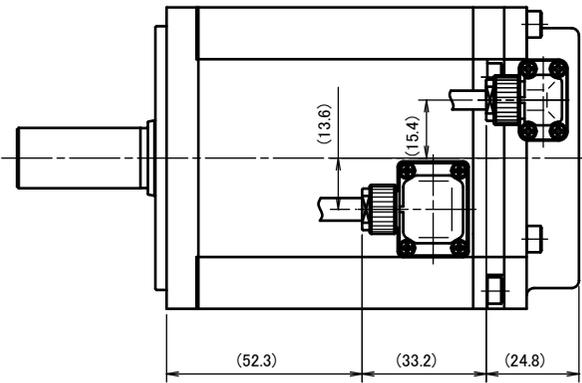
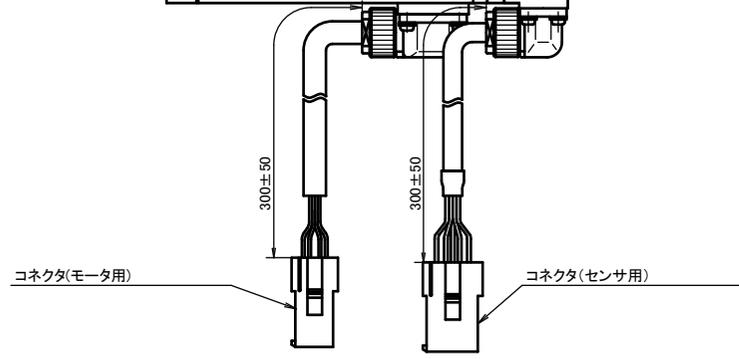
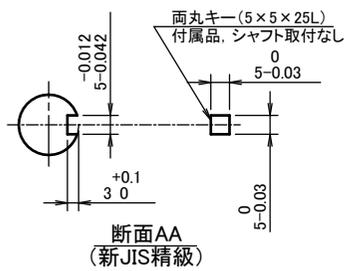
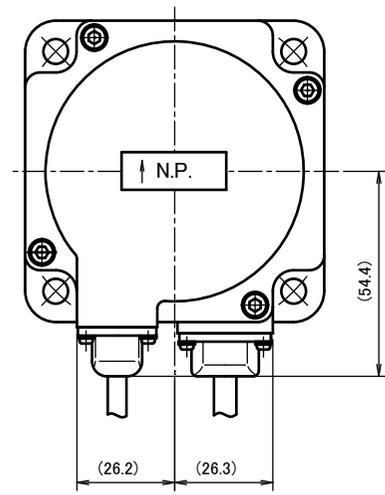
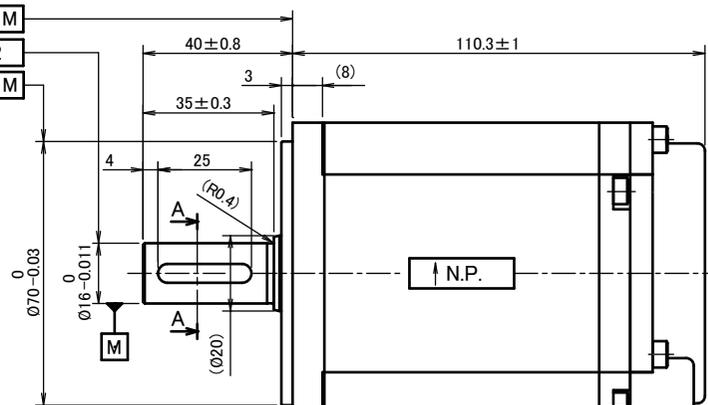
組立時 (Assembly)			運転時 (Operation)		
ラジアル荷重(N) (Radial Load)	スラスト荷重(N) (Thrust Load)		ラジアル荷重(N) (Radial Load)	スラスト荷重(N) (Thrust Load)	
FR	F方向 (F direction)	F1方向 (F1 direction)	FR	F方向 (F direction)	F1方向 (F1 direction)
390	200	200	250	68	68

Diagram showing the shaft load directions: F (Forward), F1 (Reverse), and LR (Left/Right). The diagram shows a shaft with a diameter of 2LR/3 and a length of 26.2 mm. The shaft is shown with a diameter of 26.2 mm and a length of 26.2 mm.

R2AA06040FXPAL

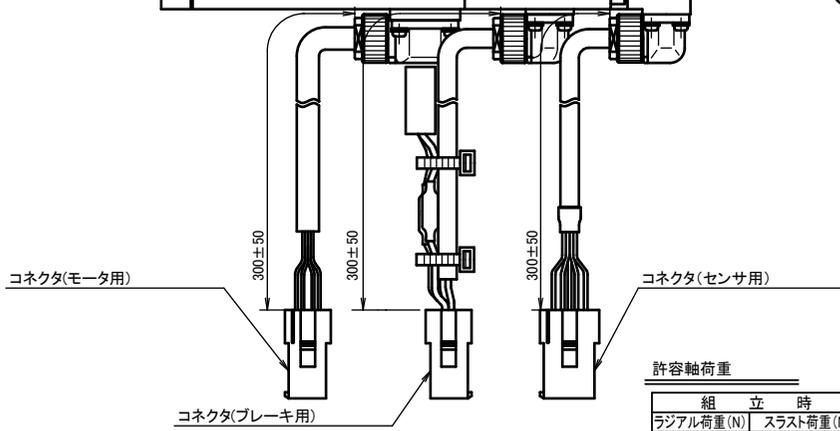
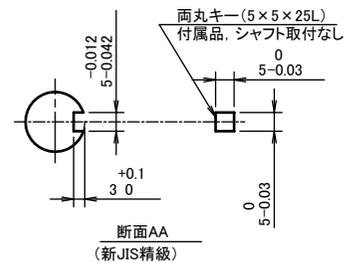
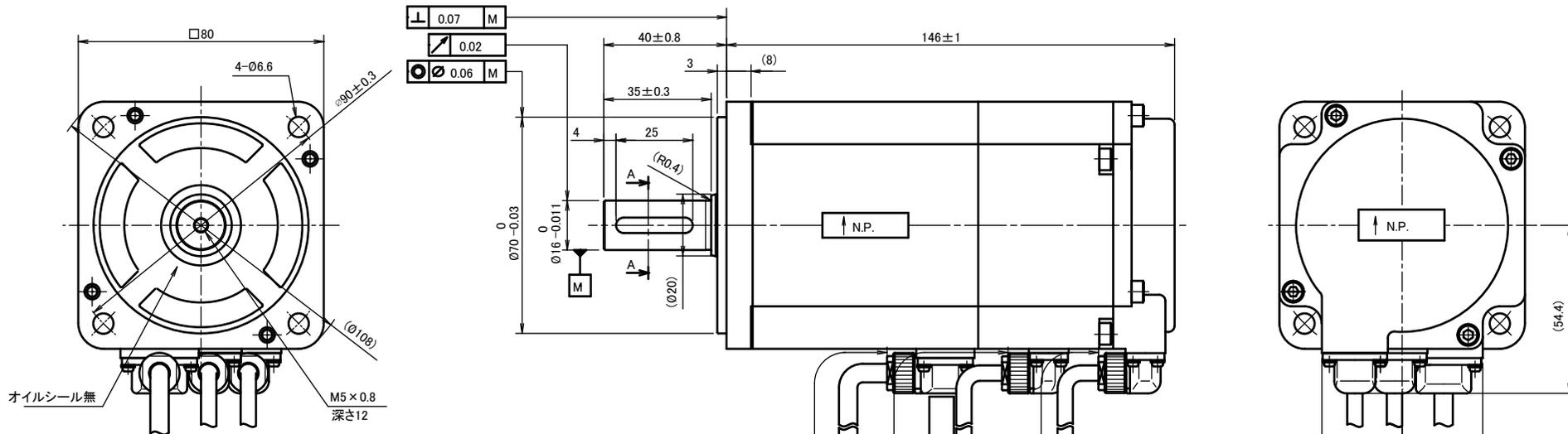


⊥	0.07	M
∕	0.02	
⊙	0.06	M



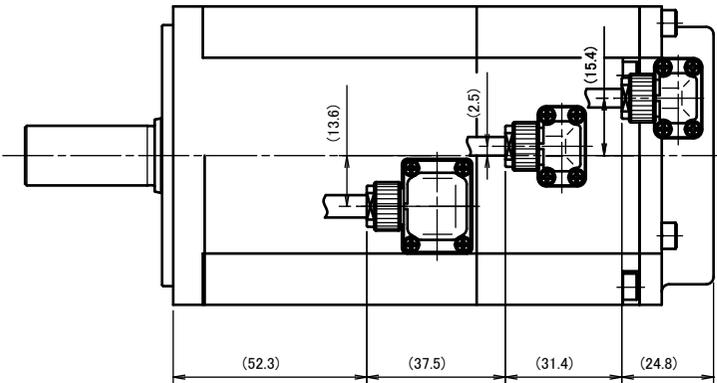
許容軸荷重

組立時		運転時			
ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)	ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)		
FR	F方向	F1方向	FR	F方向	F1方向
590	390	390	340	200	200



許容軸荷重

組立時		運転時			F	2LR/3
ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)	ラジアル荷重(N)	スラスト荷重(N)			
FR	F方向	F1方向	FR	F方向	F1方向	
590	390	390	340	200	200	

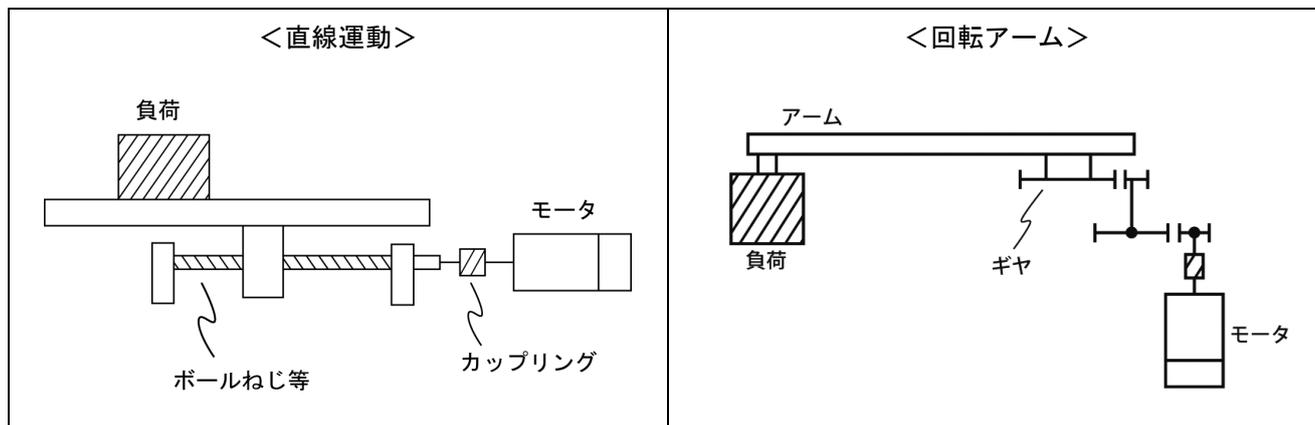


5.2 サーボ機構の設計方法

5.2.1 メカニズムの設計方法

5.2.1.1 メカニズムの例

メカニズムの機構は、下図のように直線運動と回転アームに分けられます。



メカニズムの例

5.2.1.2 駆動系の選定

スティック、スリップ等で急激なトルク変動がある場合、適切な制御を行なえません。下表に代表的な駆動系の適、不適な例を示します。

駆動系	条件	適、不適
ボールねじ	研削・・・ガタ小	○
	転造・・・ガタ大（制御的に不安定）	△
歯車	研削・・・精度1級以上・・・ガタ小	○
	切削・・・精度3級以上・・・ガタ中	△
	切削・・・精度4級以下・・・ガタ大	×
スクリー軸	摩擦大	×
ハーモニックドライブ	摩擦大（選定に注意）	△
スライド部軸受	リニアモーションベアリング	○
	LMガイド	○
	すべり軸受け・・・摩擦大	×
シール、パッキン	摩擦がモータ軸換算で定格トルクの20%以下	△
	摩擦がモータ軸換算で定格トルクの20%以上	×

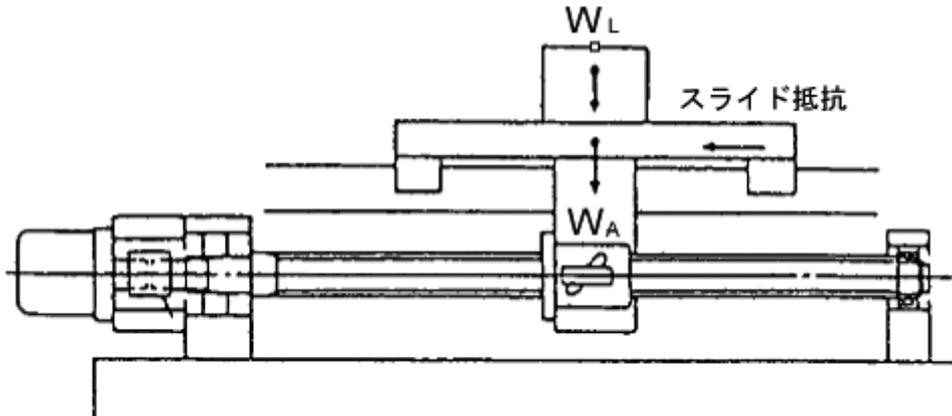
5.2.1.3 設計例（高速搬送装置）

下図の高速搬送装置を例にして、

- [1] ねじ軸径、リード、ナットの選定
- [2] 精度、隙間の選定

について説明します。

<高速搬送装置>

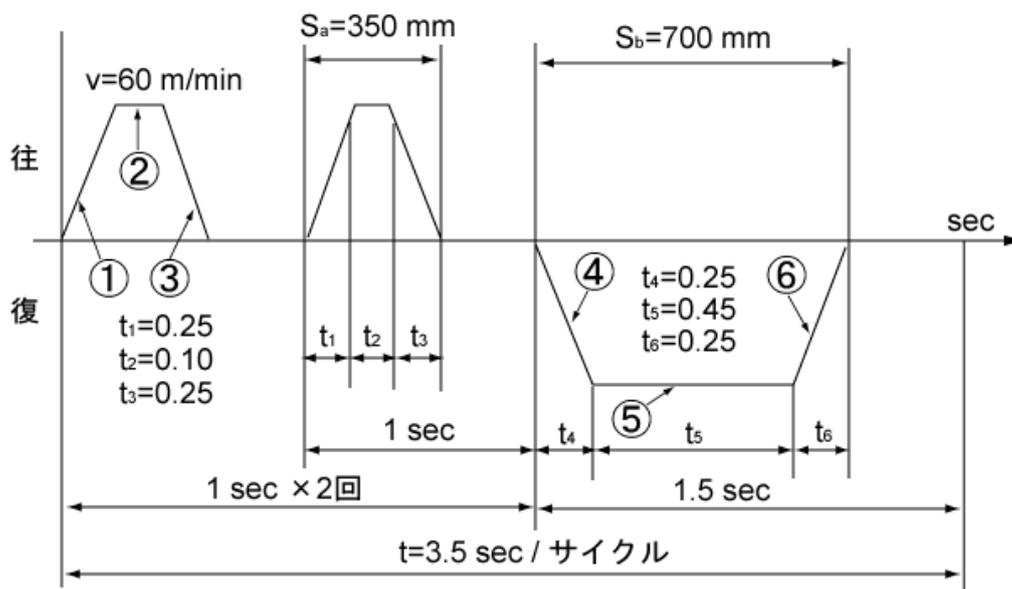


<設計条件>

(1) テーブル設計仕様

テーブル重量	:	$W_A = 40 \text{ kg}$
搬送物重量	:	$W_L = 20 \text{ kg}$ (最大)
最大ストローク	:	$S_{max} = 700 \text{ mm}$
早送り速度	:	$S_{max} = 1000 \text{ mm/sec}$ (60 m/min)
位置決め精度	:	$\pm 0.10/700 \text{ mm}$ (0.01 mm /パルス)
繰り返し精度	:	$\pm 0.010 \text{ mm}$
要求寿命	:	$L_t = 25000 \text{ hr}$ (5 年)
摺動面 (転がり)	:	$\mu = 0.01$ (摩擦係数)
駆動モータ	:	AC モータ ($N_{max} = 3000 \text{ rpm}$)

(2) 運転条件



高速搬送装置の設計例

[1] ねじ軸径、リード、ナットの選定

1) リード(1)の選定

DCモータの最高回転数より

$$l \geq \frac{V_{\max}}{N_{\max}} = \frac{1000 \times 60}{3000} = 20 \text{ (mm)}$$

リード20mm以上の精密大リード品より選定を行う。

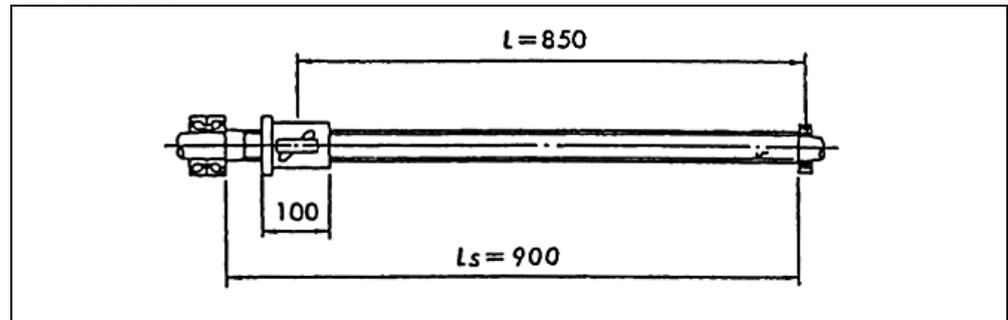
2) ねじ長さの仮選定

$$\begin{aligned} L_s &= \text{最大ストローク} + \text{ナット長} + \text{軸端余裕量} \\ &= 700 + 100 + 100 + 900 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

3) ねじ軸径の選定

高速送りであり、許容回転数のチェックにより軸径を選定する。軸受支持構造は最も一般的な固定-支持とする。

① 危険速度



ねじ長さの選定

ボールねじの回転数がねじ軸の持つ固有振動数と共振しないよう検討する必要がある。この危険速度の80%以下を許容回転数とする。

$$n = a \times \frac{60\lambda^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{EI}{\gamma A}} = f \frac{dr}{L^2} \times 10^7 \text{ (rpm)} \dots \dots \dots (1) \text{式}$$

ここで

a : 安全係数 ($a = 0.8$)

E : 縦弾性係数 ($E = 2.06 \times 10^4 \text{ kPa}$)

I : ねじ軸断面の最小2次モーメント

$$I = \frac{\pi}{64} dr^4 \text{ (mm}^4\text{)}$$

dr : ねじ軸谷径 (mm) <寸法表参照>

r : 材料の比重量 ($r = 7.8 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$)

A : ねじ軸断面積 ($A = \pi dr^2 / 4 \text{ mm}^2$)

L : 取付間距離 (mm)

f, λ : ボールねじの取付寸法により定まる係数

支持 - 支持 $f = 9.7$ ($\lambda = \pi$)

固定 - 支持 $f = 15.1$ ($\lambda = 3.927$)

固定 - 固定 $f = 21.9$ ($\lambda = 4.730$)

固定 - 自由 $f = 3.4$ ($\lambda = 1.875$)

よって(1)式より

$$dr \geq \frac{n \cdot L^2}{f} \times 10^{-7} (\text{mm})$$

ここで、L=最大ストローク + ナット長/2 + 軸端余裕量
 =700 + 50 + 100 = 850 (mm)

$$f = 15.1$$

$$dr = 14.4 (\text{mm})$$

② $dm \cdot n$ 値

許容回転数は周速を表す $dm \cdot n$ 値 (dm : 鋼球の中心円径mm、 n : 回転数rpm) からも規制される。

一般には

$$\left. \begin{array}{l} \text{精密用 (精度等級C7以上)} \quad dm \cdot n \leq 70,000 \\ \text{一般産業用 (精度等級C10)} \quad dm \cdot n \leq 50,000 \end{array} \right\} \text{----- (2)式}$$

よって

$$dm \leq 70000/n$$

$$= 23.3 (\text{mm})$$

第1次選定: 軸径	20 (mm)
リード	20 (mm)

4) 寿命予測

(加速時①④)

$$a_1 = \frac{V_{mas}}{t_1} = \frac{1}{0.25} = 4 (\text{m} / \text{sec}^2)$$

$$F_1 = \mu(W_A + W_L)g + (W_A + W_L)a_1$$

$$= 0.01 \times 60 \times 9.8 + 60 \times 4 = 245.9 (\text{N})$$

$$N_1 = \frac{n}{2} = \frac{3000}{2} = 1500 (\text{rpm})$$

$$t_a = 2 \times t_1 + t_4 = 0.75 (\text{sec})$$

(定速時②⑤)

$$F_2 = \mu(W_1 + W_2)g = 0.01 \times 60 \times 9.8 = 5.9 (\text{N})$$

$$N_2 = 3000 (\text{rpm})$$

$$t_b = 2 \times t_2 + t_5 = 0.65 (\text{sec})$$

(減速時③⑥)

$$F_3 = -\mu(W_1 + W_2)g + (W_1 + W_2)a_3 = 234 (\text{N})$$

$$N_3 = 1500 (\text{rpm})$$

$$t_c = 2 \times t_3 + t_5 = 0.75 (\text{sec})$$

4-1) 平均荷重 F_n 、平均回転数 N_n

軸方向荷重がいろいろ変動する場合、その変動する荷重条件における疲れ寿命と等しい寿命となるよう平均荷重を求め、寿命を計算すること。

(a) 荷重と回転数が段階的に分けられる場合

段階的な変動荷重	軸方向加重 (kgf)	回転数 (rpm)	使用時間または使用時間割合
	F_1	n_1	t_1
	F_2	n_2	t_2
	⋮	⋮	⋮
	F_n	n_n	t_n

平均荷重 F_m は次式により求められる。

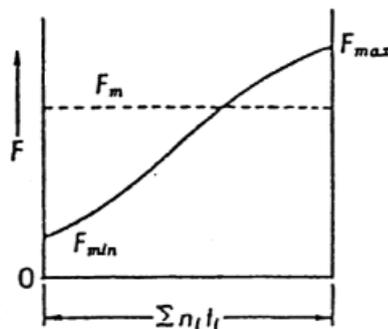
$$F_m = [(F_1^3 n_1 t_1 + F_2^3 n_2 t_2 + \dots + F_n^3 n_n t_n) / (n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n)]^{1/3} \dots (3)式$$

なお平均回転数は次式により求められる。

$$N_m = (n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n) / (t_1 + t_2 + \dots + t_n) \dots (4)式$$

(b) 荷重がほぼ直線的に変化する場合

単調な変動荷重



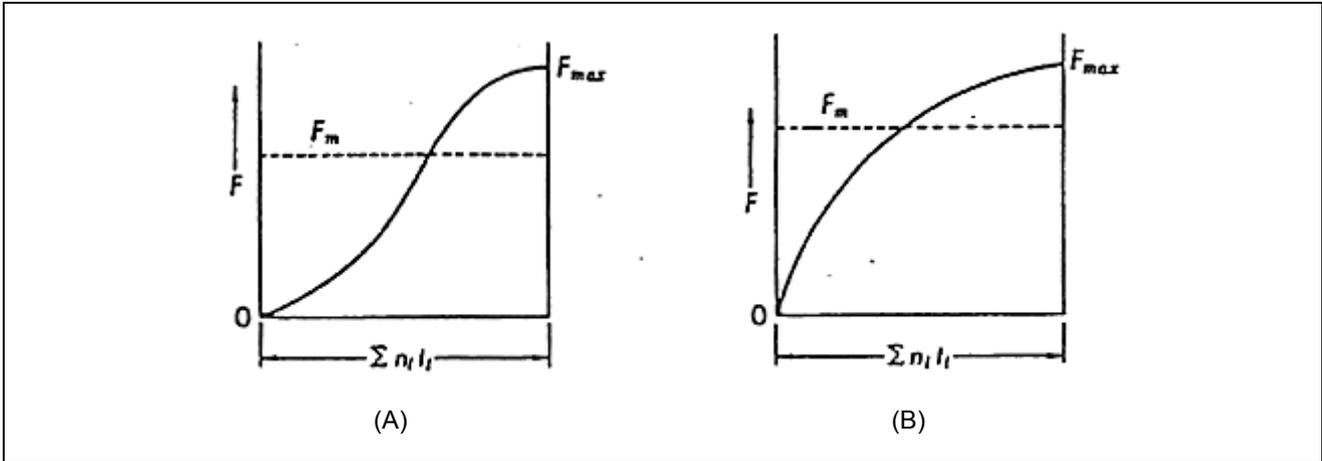
平均荷重 F_m は近似的に次式で求めることができる。

$$F_m = \frac{1}{3}(F_{min} + 2F_{max}) \dots (5)式$$

(c) 荷重が正弦曲線的に変化する場合

平均荷重 F_m は近似的に次式により求めることができる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{下図(A)のとき} \quad F_m \doteq 0.65F_{max} \\ \text{下図(B)のとき} \quad F_m \doteq 0.75F_{max} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (6) \text{式}$$



正弦曲線的に変動する荷重

よって(3)、(4)式より

$$F_m = [(F_1^3 n_1 t_a + F_2^3 n_2 t_b + F_3^3 n_3 t_c) / (n_1 t_a + n_2 t_b + n_3 t_c)]^{1/3} \times g = 195 \text{ (N)}$$

$$N_m = (N_1 t_a + N_2 t_b + N_3 t_c) / t = 1200 \text{ (rpm)}$$

4-2) 寿命計算

疲れ寿命は、一般に総回転数で表すが、総回転時間、あるいは総走行距離で表すこともある。疲れ寿命は次式により求められる。

$$L = (C_a / F_a f_w) \times 10^6 \dots\dots\dots (7) \text{式}$$

$$L_t = L / 60n \dots\dots\dots (8) \text{式}$$

$$L_s = (L l) / 10^6 \dots\dots\dots (9) \text{式}$$

- ここで
- L : 定格疲れ寿命 (rev)
 - L_t : 寿命時間 (hr)
 - L_s : 走行距離寿命 (km)
 - C_a : 基本動定格荷重 (N)
 - F_a : 軸方向加重 (N)
 - n : 回転数 (rpm)
 - l : リード (mm)
 - f_w : 荷重係数 (運転条件による係数)

衝撃のない円滑な運転のとき	1.0 - 1.2
普通の運転のとき	1.2 - 1.5
衝撃振動を伴う運転のとき	1.5 - 3.0

ボールねじの選定にあたって、疲れ寿命をいたずらに長くすることは、それだけボールねじが大きくなり、経済的でない。参考として、疲れ寿命の一般的な目標値を示す。

- 工作機械・・・・・・・・・・20,000 時間
- 産業機械・・・・・・・・・・10,000 時間
- 自動制御装置・・・・・・・・15,000 時間
- 計測装置・・・・・・・・・・15,000 時間

よって (7), (8) 式より (T すきま $Ca = 7056 \text{ kgf}$)

$$L_t = \left(\frac{Ca}{F_m \cdot f_w} \right)^3 \times \frac{1}{60N_m} \times 10^6$$

$$\cong 380000 \geq 25000 \text{ (hr)}$$

[2] 精度・すきまの選定

1) 精度等級

位置決め精度 $\pm 0.10/700 \text{ (mm)}$

下表から

精度等級 : C5
$E = \pm 0.040/1000 \text{ (mm)}$
$e = 0.027 \text{ (mm)}$

累積代表リード誤差 ($\pm E$) と変動 (e) の許容地

単位: μm

精度等級		C0		C1		C2		C3		C5	
ねじ部有効長さ (mm)	・・をこえ	$\pm E$	e								
	以下	3	3	3.5	5	5	7	8	8	18	18
	100	3.5	3	4.5	5	7	7	10	8	20	18
	200	4	3.5	6	5	8	7	12	8	23	18
	315	5	3.5	7	5	9	7	13	10	25	20
	400	6	4	8	5	10	7	15	10	27	20
	500	6	4	9	6	11	8	16	12	30	23
	630	7	5	10	7	13	9	18	13	35	25
	800	8	6	11	8	15	10	21	15	40	27
	1000	9	6	13	9	18	11	24	16	46	30
	1250	11	7	15	10	21	13	29	18	54	35
	1600	—	—	18	11	25	15	35	21	65	40
	2000	—	—	22	13	30	18	41	24	77	46
	2500	—	—	26	15	36	21	50	29	93	54
	3150	—	—	30	18	44	25	60	35	115	65
	4000	—	—	—	—	52	30	72	41	140	77
	5000	—	—	—	—	65	36	90	50	170	93
	6300	—	—	—	—	—	—	110	60	210	115
	8000	—	—	—	—	—	—	—	—	260	140
	10000	—	—	—	—	—	—	—	—	320	170

備考：日本精工(NSK) カタログより

2) 軸方向すきま

繰り返し位置決め制度 : ± 0.010 (mm)

最小分解能 : 0.01 mm/パルス

より

軸方向すきま : T すきま 0.005 (mm) 以下

精度等級と軸方向すきまの組合せ

軸方向すきま 精度等級	Z	T	S	N	L
	0 (予圧)	0.005 以下	0.020 以下	0.050 以下	0.3 以下
C0	C0Z	C0T	—	—	—
C1	C1Z	C1T	—	—	—
C2	C2Z	C2T	—	—	—
C3	C3Z	C3T	C3S	—	—
C5	C5Z	C5T	C5S	C5N	—
C7	—	—	C7S	C7N	C7L

単位 : mm

[3] 結果

次の仕様のボールネジを使用する。

軸径 : 20mm

リード : 20mm

ねじ長 (仮) : 800mm

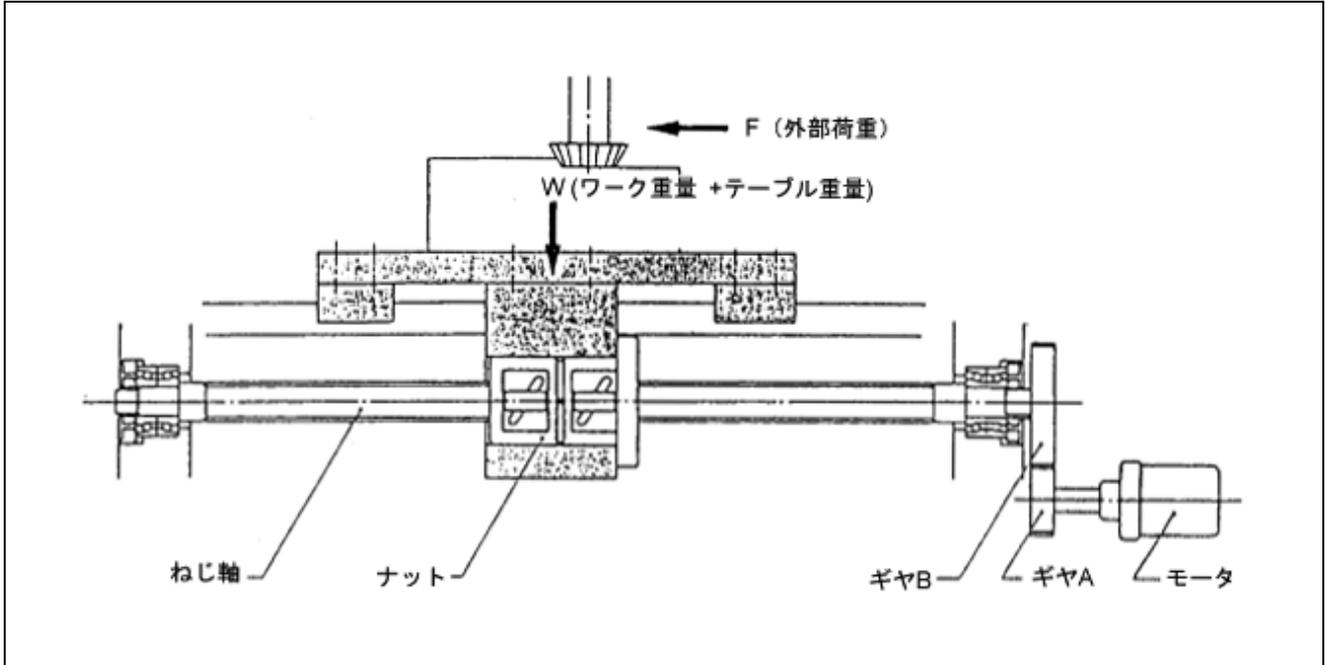
精度等級 : C5

軸方向すきま T : 0.005mm以下

5.2.1.4 設計上の注意事項

SMT7で制御するメカニズムの摺動抵抗は、
 摺動抵抗（トルク換算） $\leq 0.2 \times$ モータ定格トルク（T）
 とする。

[1] ボールねじの摺動抵抗



1) 外部荷重による摩擦トルク

$$T_p = \frac{Fa \cdot l}{2\pi \cdot \eta}$$

- T_p : 外部荷重による摩擦トルク (Nm)
 Fa : 軸方向加重 (N)
 $Fa = F + \mu W$
 F : 外部荷重 (N)
 W : ワーク重量 + テーブル重量 (N)
 μ : 振動面の摩擦係数 (0.003 - 0.004)
 l : リード (m)
 η : 効率 (0.9)...ボールネジ
 (1.0)...LMガイド

2) 予圧による摩擦トルク

$$T_D = k \times \frac{F_{a0} \cdot l}{2\pi}$$

- T_D : 予圧による摩擦トルク (Nm)
 F_{a0} : 予圧荷重 (Caの5%) (N)
 l : リード (N)
 k : 予圧ナットの内部摩擦係数 (0.1 - 0.3)
 Ca : 基本定格荷重 (N)

- 3) モータ定格トルク (T_R)
 モータのカタログを参照のこと。

- 4) 評価

$$(T_p + T_D) \times \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \leq 0.2 \times T_R$$

- T_p : 外部荷重による摩擦トルク (Nm)
 T_D : 予圧による摩擦トルク (Nm)
 T_R : モータの定格トルク (Nm)
 N_1 : ギヤA の歯数
 N_2 : ギヤB の歯数

- 5) その他

研削ボールねじを使用することを推奨する。転造ボールねじはガタが大きく、うまく動作しない場合がある。

[2] 歯車の摺動抵抗

下表に歯車の伝達効率を示します。

食い違い軸歯車以外の伝達効率98%以上の歯車を使用する。この場合、歯車の摺動抵抗（摩擦抵抗）は無視できる。

歯車の分類と種類

歯車の分類	歯車の種類	効率 (%)
平行軸	平歯車	98.0 - 99.5
	ラック	
	内歯車	
	はすば歯車	
	はすばラック	
	やまば歯車	
交差軸	すぐばかさ歯車	98.0 - 99.0
	まがりばかさ歯車	
	ゼロールかさ歯車	
食い違い軸	円筒ウオームギヤ	30.0 - 90.0
	ねじ歯車	70.0 - 95.0

5.2.2 サーボモータの選定知識

ロボット等のサーボ機構駆動設計において、最適なサーボモータ出力や減速比を選定する上で必要な知識について説明する。

① 負荷駆動トルク（ T ）の計算

駆動トルク = 慣性分 + 摩擦分 + 特殊分 $T(\text{Nm}) = (I \cdot \dot{\omega}) + (N \cdot Ki + T_{FM} + T_{FD}) + (Tg + Ts) \dots \dots \dots (1) \text{ 式}$

ただし	I = モータ軸換算の総慣性モーメント (Nms²) ④
	$\dot{\omega}$ = モータ軸角加速度 (rad/s²) ⑤
	N = モータ使用回転数 (rpm)
	Ki = 制動定数 (モータカタログ参照) (Nm/rpm)
	T_{FM} = モータ静摩擦トルク (モータカタログ参照) (Nm)
	T_{FD} = 伝達系等の摩擦トルク (モータ軸換算) (Nm) ⑥
	Tg = 動力保持トルク (モータ軸換算) (Nm) ⑦
	Ts = 干渉トルク、遠心力、コリオリの力等 (モータ軸換算) (Nm) ⑧

② モータ最大発生トルク（ T_M ）の計算（モータ軸換算）

$T_M(\text{kgcm}) = I_R \cdot Kt$

ただし	I_R = モータに流せる最大電流値 (Ao·p)
	Kt = トルク定数 (モータカタログ参照) (Nm/Ao·p)

} ……(2)式

または、モータカタログ記載の「瞬時最大トルク」で表す。

[注意]

$T_M > T$ のこと
 ただし、SMT7として駆動トルク T はモータ定格トルクの2.5倍以内で設計する。

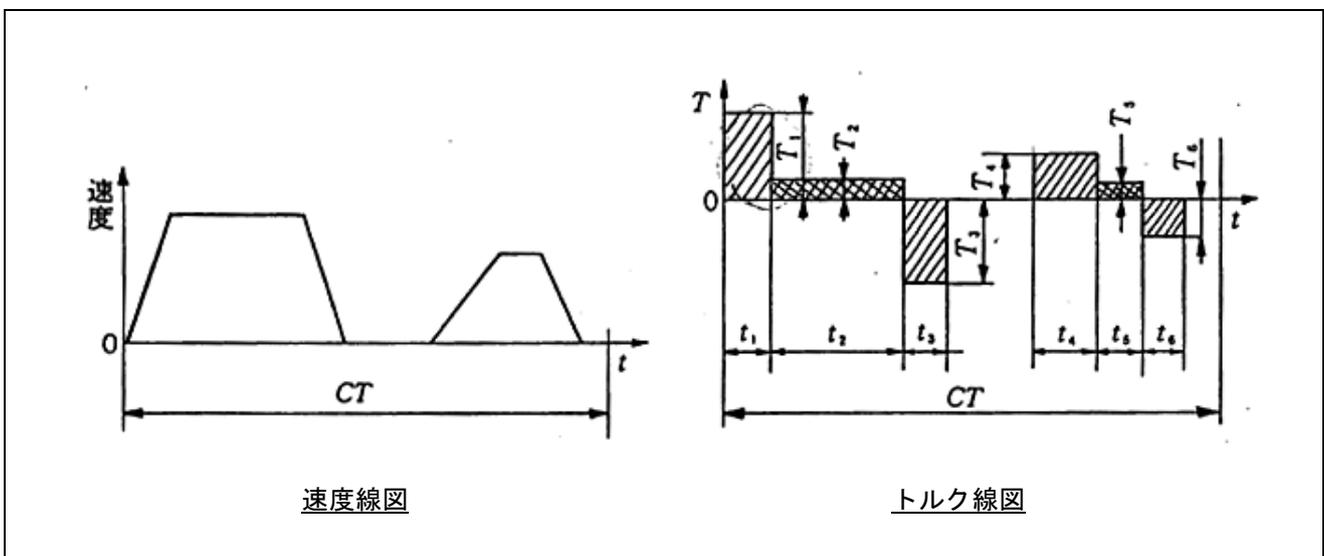
③ 実効トルクの計算と評価

下図のようなパターンで動作する場合、下式にて1サイクルの実効トルク(T_t)を求める。

$$T_t(\text{Nm}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (T_i^2 \times t_i)}{CT}} \dots \dots \dots (3)\text{式}$$

ただし、

- T_1, T_4 駆動トルク ((1)式のT) (Nm)
- T_3, T_6 減速トルク ((1)式のTから摩擦トルク分を減ずる) (Nm)
- T_2, T_5 摩擦トルク+ 特殊トルク (Nm)
- t_1 $T_1 \sim T_6$ の時間 (秒)
- CT サイクルタイム (秒)



実効トルクの評価

(a) モータ単体での評価

$T_t < T_R$ (モータカタログ記載の定格トルク) のこと

ただし、エンコーダ回路の熱的限界 (70℃) により、モータ定格トルクの80%以内で使用する。

モータ定格トルクの80%以上となる場合、エンコーダ回路の温度について測定し、確認する。

④ 総慣性モーメント (I) の計算 (モータ軸換算)

(a) 回転アームの場合 (下図)

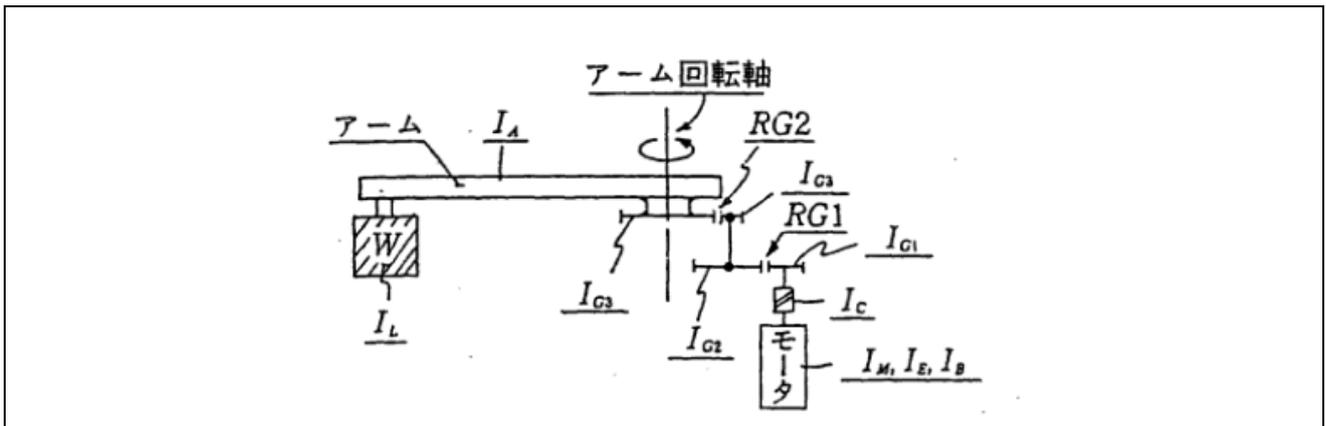
$$I(\text{Nms}^2) = (I_L + I_A + I_{G4}) \times (RG1 \times RG2)^2 \dots\dots (\text{減速 2 段階})$$

$$+ (I_{G3} + I_{G2}) \times (RG1)^2 \dots\dots\dots (\text{減速 1 段階})$$

$$+ (I_{G1} + I_C + I_M + I_E + I_B) \dots\dots\dots (\text{減速なし部}) \dots\dots\dots (4) \text{式}$$

ただし

I_L	: 負荷 W のアーム回転軸回りの慣性モーメント	(Nms ²)
I_A	: アームのアーム回転軸回りの慣性モーメント	(Nms ²)
I_{G1}	: 1 段目ピニオンの慣性モーメント	(Nms ²)
I_{G2}	: 1 段目ギヤの慣性モーメント	(Nms ²)
I_{G3}	: 2 段目ピニオンの慣性モーメント	(Nms ²)
I_{G4}	: 2 段目ギヤの慣性モーメント	(Nms ²)
I_C	: カップリングの慣性モーメント	(Nms ²)
I_M	: モータ電機子の慣性モーメント	(Nms ²)
I_E	: エンコーダの慣性モーメント	(Nms ²)
I_B	: 内蔵ブレーキの慣性モーメント	(Nms ²)
$RG1$: 1 段目ギヤ比	(1/n)
$RG2$: 2 段目ギヤ比	(1/n)



回転アーム

(b) 直動アームの場合 (下図)

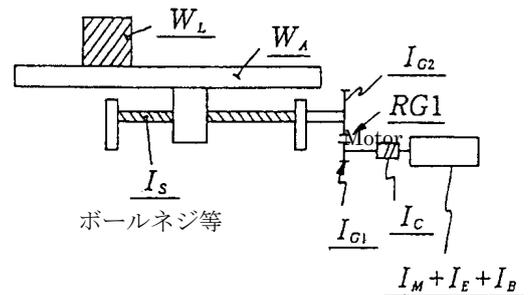
$$I(\text{Nms}^2) = W_L + W_A \times \left(\frac{l}{2\pi}\right)^2 \times (RG1)^2 \dots\dots\dots (\text{減速 2 段階})$$

$$+ (I_S + I_{G2}) \times (RG1)^2 \dots\dots\dots (\text{減速 1 段階})$$

$$+ I_{G1} + I_C + I_M + I_E + I_B \dots\dots\dots (\text{減速なし部}) \dots\dots\dots (5) \text{式}$$

ただし

W_L	: 負荷の重量	(kg)
W_A	: アームの重量	(kg)
I_S	: ボールネジの慣性モーメント	(Nms ²)
l	: ボールネジのリード	(m/rev.)



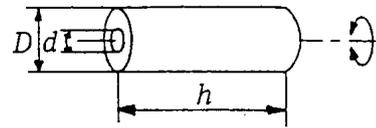
直動アーム

(c) 回転体の慣性モーメント (I_1) の計算

$$I_1(\text{Nms}^2) = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4) \times h \times \rho \times \frac{1}{9.8} \dots\dots\dots (6)\text{式}$$

ただし

- D : 外径 (m)
- d : 内径 (m)
- h : 厚み (m)
- ρ : 比重 (kg/m^3)



回転体

* 慣性が GD^2 で表現されている場合は $4 \times g$ で除すること。

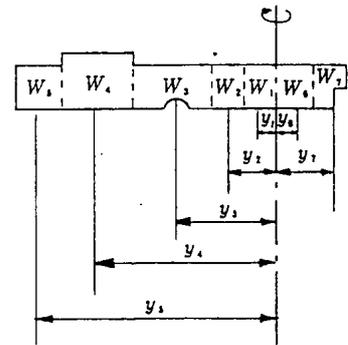
(d) 複雑形状体の慣性モーメント (I_2) の計算

複雑な形状の物体の慣性モーメントは定式化できないので、物体を分割して、各々の分割片毎に慣性モーメントを求め、その総和を物体の慣性モーメントとする。

$$I_2(\text{Nms}^2) = \sum_{i=1}^{i=n} (W_i \times y_i^2) \dots\dots\dots (7)\text{式}$$

ただし

- W_i = 分割片の重量 (kg)
- y_i = 回転中心から分割片中心までの距離 (m)



複雑形状体

⑤ モータ軸角速度 (ω) の計算

(a) 回転アームの場合

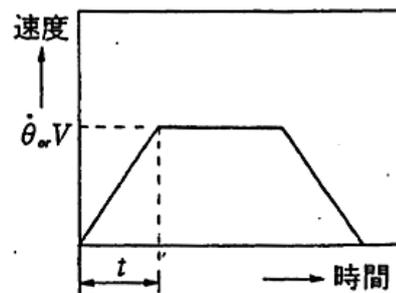
$$\omega (\text{rad/s}^2) = \theta \cdot 2\pi / 360 \cdot t \cdot RG \dots\dots\dots (8)\text{式}$$

(b) 直線運動の場合

$$\omega (\text{rad/s}^2) = V \cdot 2\pi / l \cdot t \cdot RG \dots\dots\dots (9)\text{式}$$

ただし

- t = 加速時間 (秒)
- θ = アーム回転速度 ($^\circ/\text{s}$)
- V = 直線速度 (m/s)
- RG = 総減速比 ($\frac{1}{n}$)
- L = ボールネジ、ラックピニオン
・・・リード (m/回転)



角加速度

⑥ 伝達系等の摩擦トルク (T_{FD})

摺動部やシール、減速機等の摩擦トルクを減速比で除してモータ軸換算の摩擦トルクとする。特に減速する前の伝達機構の摩擦トルクは直接モータに加わるので、充分注意すること。

⑦ 重力保持トルク (T_g)

重力保持が必要な場合、保持する物体の重量をギヤ比で除して、モータ軸換算の重力トルクとする。ただしエアシリンダやカウンタウェイトで重力バランスをとる場合は、重力保持トルクは“0”であるが、エアシリンダの摺動抵抗や、慣性モーメントの増加に注意すること。

⑧ 特殊な負荷トルク (T_s)

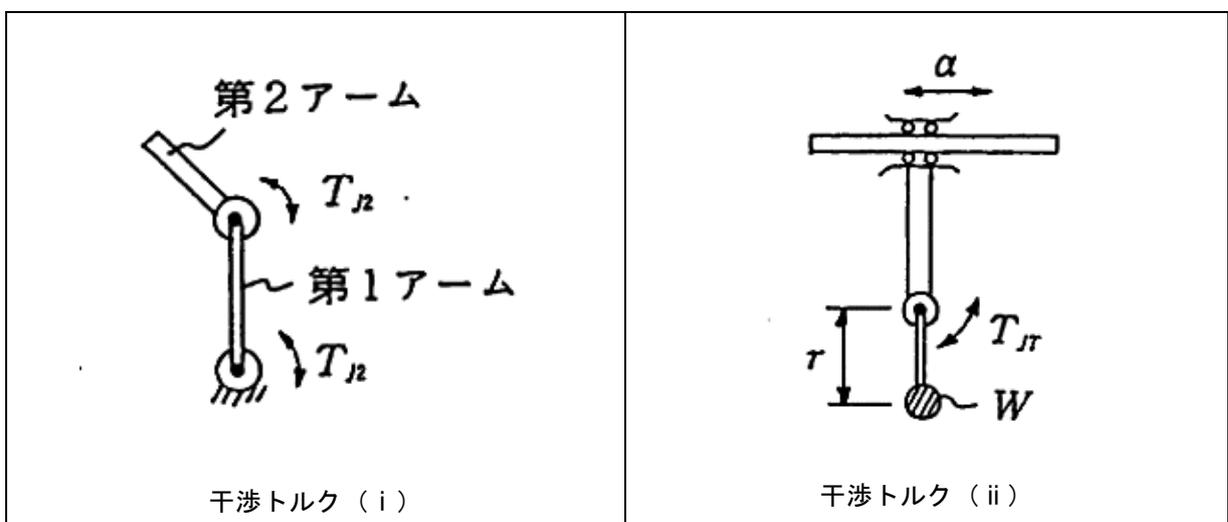
自由度が2以上ある場合、他の軸の動作にて、干渉トルクや遠心力やコリオリの力を受ける場合がある。メカの構成や動作速度からこれらの力を求め、ギヤ比で除してモータ軸換算のトルクとする。

(a) 干渉トルクの例

(i) 2関節アームで、第2アームの駆動トルク (T_{J2}) が第1アームに加わる。

(ii) 直線運動と回転軸の組合せでも直線軸の加速度 (α) が回転軸のオフセット荷重 (W) に加わり、オフセット距離 (r) に比例した回転軸回りのトルク (T_r) が発生する。

$$T_{Tr} = \frac{W \cdot \alpha \cdot r}{g} \quad (g: \text{重力加速度 } 9.8 \text{ m/s}^2)$$

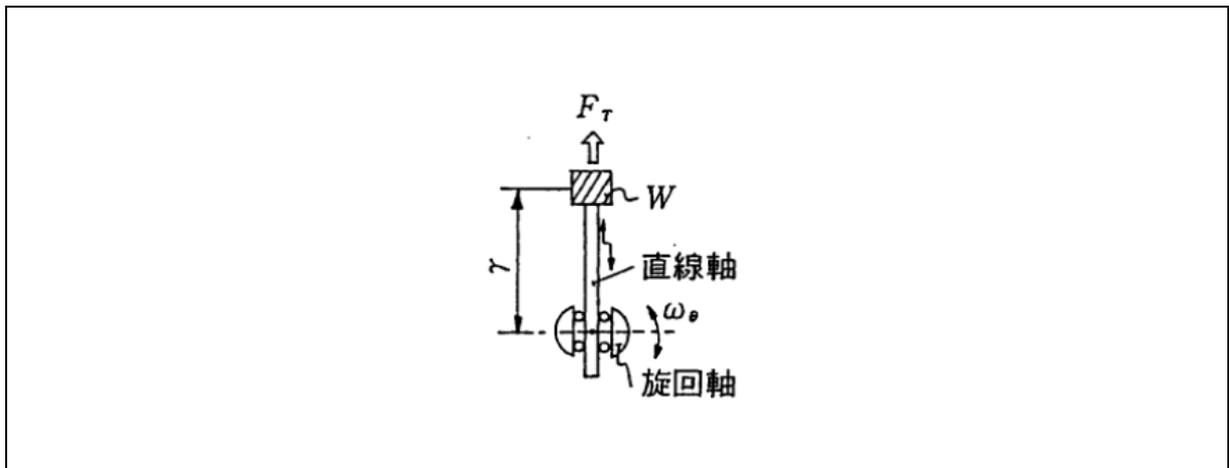


(b) 遠心力 (F_T) の例

旋回軸上の物体 (W) には、旋回軸角速度 (ω_θ) の2乗と回転半径 (r) に比例し、中心から外に向って遠心力 (F_T) が発生する。

$$F_T = \frac{W}{g} \cdot r \cdot \omega_\theta^2$$

下図では直線軸が遠心力を支える。



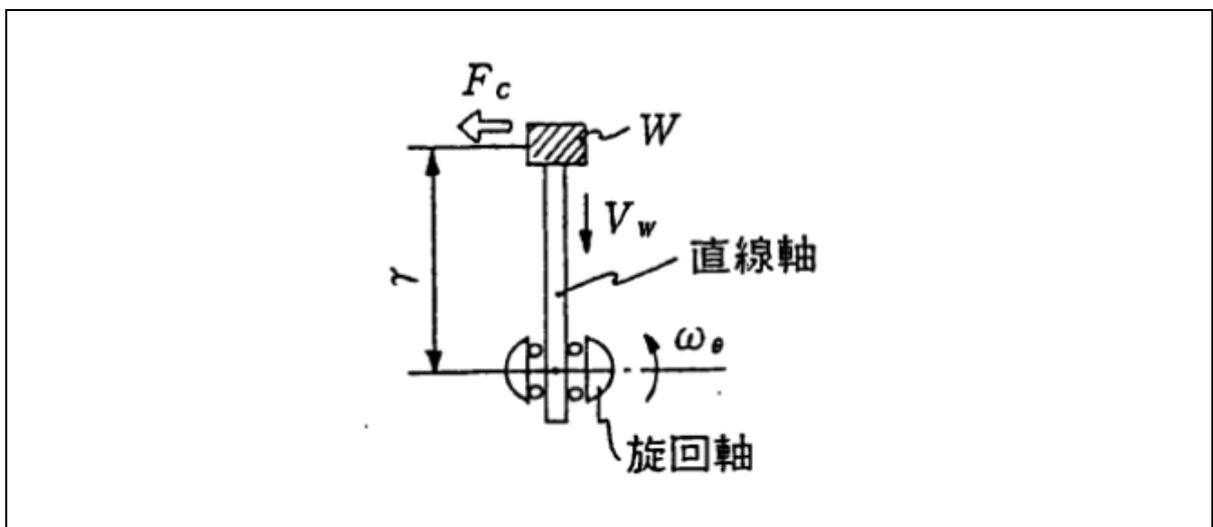
遠心力

(c) コリオリの力 (F_c) の例

旋回軸上の物体 (W) が V_w の速度で動作するとき、物体 (W) には、 W と、旋回軸角速度 (ω_θ) と速度 (V_w) の2倍に比例し、 V_w と直角の方向にコリオリの力 (F_c) が発生する。

$$F_c = 2 \cdot \frac{W}{g} \cdot V_w \cdot \omega_\theta$$

下図では旋回軸に、コリオリの力 (F_c) と半径 (r) を乗じたトルクが発生し、また直線軸には、コリオリの力 (F_c) と摺動部摩擦係数を乗じた摩擦抵抗が発生する。



コリオリの力

5.3 付加軸モータのエンコーダ軸番号設定について

付加軸モータはエンコーダ内に“軸番号”を記録しており、ロボットコントローラはこれをもとにモータを識別して制御します。

ロボットコントローラは付加軸を軸番号“7”もしくは“8”で認識するよう設定されています。付加軸モータは出荷時、軸番号“1”で出荷されますので、使用する前に付加軸モータ内の軸番号を正しく設定する必要があります。

⚠注意：エンコーダ軸番号はラベルを貼るなどして識別し、設定を間違えないでください。設定を間違えると予期しない軸が動作することがあり、危険です。
また、動作確認は必ず実施してください。その際には十分に安全を確保してください。
軸番号が同じモータを接続し、通電させますと接続しているモータ全てが破損する恐れがあります。モータを接続する前に必ずエンコーダ軸番号設定を行ってください。

5.3.1 エンコーダ軸番号設定関連のオプション品

エンコーダ軸番号設定をするときに、使用するオプション品です。

エンコーダ軸番号設定ツール(XY以外)

品番：410141-5110

XYロボット以外のロボットに使用します。

付加軸エンコーダ軸番号設定のときに、本体間ケーブルの代わりにロボットコントローラに接続します。



単軸エンコーダ軸番号設定ツール

品番：410141-5280

エンコーダ軸番号設定時に設定するモータ以外のエンコーダコネクタに接続します。

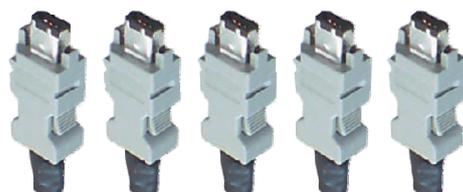


単軸エンコーダ軸番号設定ツール 5本セット

品番: 410141-5290

単軸エンコーダ軸番号設定ツールを5本セットにしたものです。

付加軸付きXYロボットにおいて、モータを交換する際に、エンコーダ軸番号設定するモータを接続するエンコーダコネクタ以外のコネクタにこのツールを接続します。



5.3.2 エンコーダ軸番号設定手順

以下の手順でエンコーダの軸番号を設定してください。

STEP 1

コントローラ上部のラベル“コントローラ設定表／THE SETPRM LIST”の“③その他変更点／OTHER MODIFICATIONS”欄で付加軸ユニットの内部IPMの構成を確認し、モータの軸番号を確認します。(XYロボットの場合はSLOT5 / SLOT6を確認してください。)

STEP 2

コントローラの電源がOFFであることを確認します。

STEP 3

設定するモータのみが接続されている状態にします。
ロボットの種類と付加軸数によって接続が異なりますので、“エンコーダ軸番号設定時のモータおよびツールの接続”を参照して接続してください。

STEP 4

コントローラの電源をONします。

STEP 5

コントローラ起動直後に「Jx エンコーダシステムダウン異常」エラーが発生する場合があります。その場合はエンコーダシステムダウン異常の発生している軸をエンコーダリセットして、コントローラ電源を再投入します。

エンコーダリセット手順： [補助画面]—[F2 アーム]—[F12 保守]—[F11 ENC rst]

TIP： 出荷時のモータは軸番号“1”に設定され出荷されますので「J1 エンコーダシステムダウン異常」が発生します。1軸のエンコーダリセットをしてください。

エラー「エンコーダシステムダウン異常」はモータにデータ保存保持のための電源が供給されず、CALSETデータなどが消失したために起こるエラーです。

STEP 6

コントローラ起動直後にエラー「Jx エンコーダデータ未受信エラー」が発生したら、[補助軸]+[リセット]+[下キー]を押し、マシンロックします。

STEP 7

ペンダントで補助画面に移動し、[F2 アーム]—[F12 保守]—[F12 ENC設定]を押します。

パスワード[1111]を入力します。

設定するモータの軸番号(“7”か“8”)を入力します。



STEP 8

コントローラ電源をOFFします。

STEP 9

エンコーダ軸番号の設定確認をします。

コントローラ電源をONします。

エラーが起こるのでマシンロック([補助軸]+[リセット]+[下キー])をします。ペンダントで補助画面に移動し、[F2 アーム]—[F12 保守]—[F10 ENC情報]を押します。

設定が正しいことを確認できたら、コントローラ電源をOFFします。



STEP 10

全ての付加軸モータをSTEP 1～STEP 8の手順でエンコーダ軸番号を設定します。

STEP 11

全てのモータのエンコーダ軸番号設定が終わったら、ロボットを含む全てのモータを接続し、コントローラの電源をONします。

STEP 12

エラーログを確認して、付加軸に「Jx エンコーダシステムダウン異常」エラーが発生している場合は、[補助画面]—[F2 アーム]—[F12 保守]—[F11 ENC rst]でエンコーダリセットをし、コントローラ電源を再投入します。

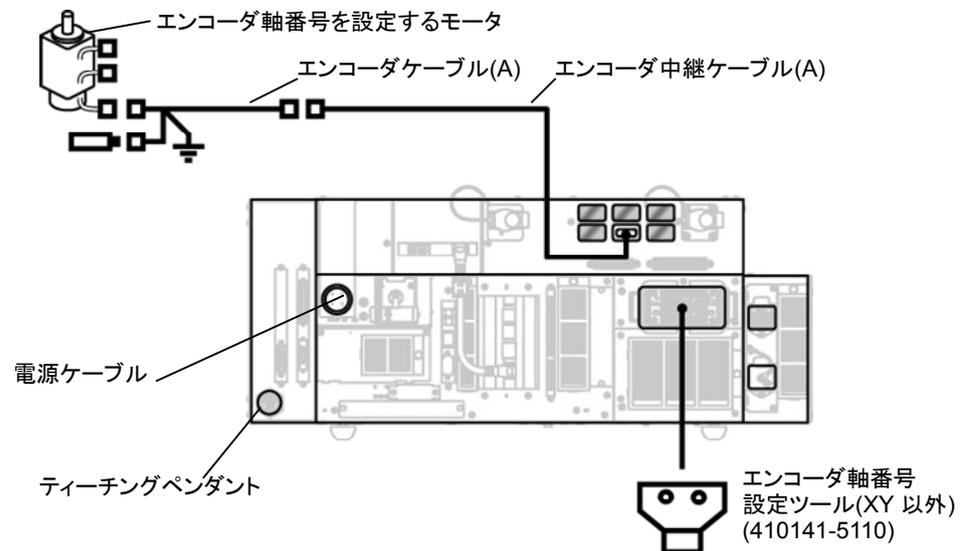
STEP 13

付加軸のCALSETなど軸の各種設定をします。

5.3.3 エンコーダ軸番号設定時のモータおよびツールの接続

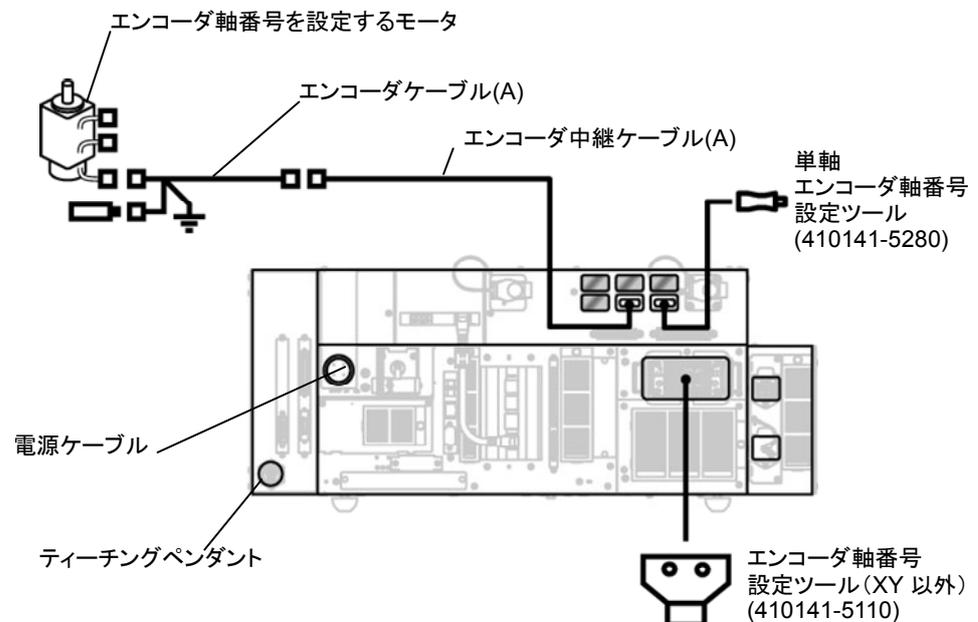
接続するロボットと付加軸の数にあわせてモータとエンコーダ軸番号設定ツールを接続してください。

XY ロボット以外のロボットに付加軸が1軸の場合



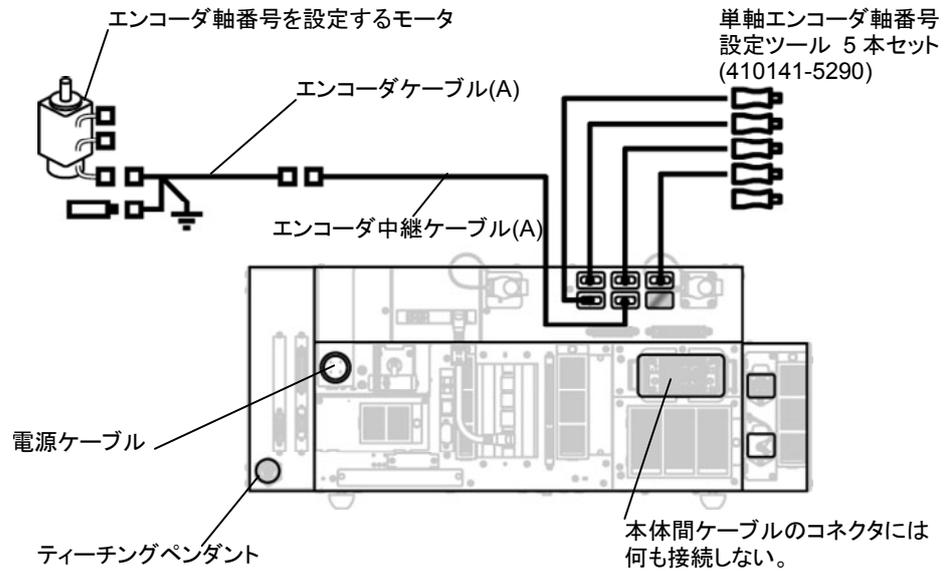
TIP : エンコーダ軸番号設定ツールがない場合は“エンコーダ軸番号設定時のジャンパーピンの設定”を参照してください。

XY ロボット以外のロボットに付加軸が2軸の場合

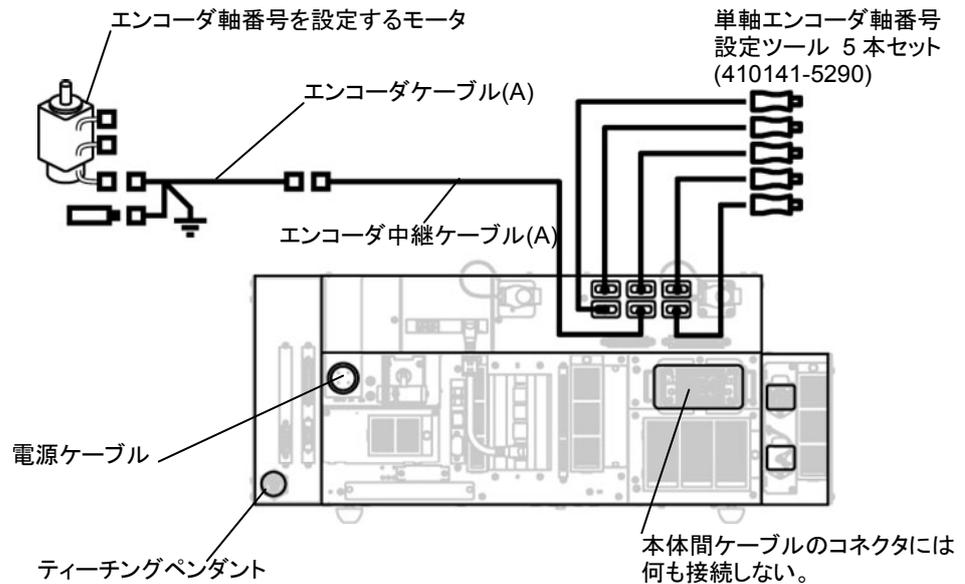


TIP : エンコーダ軸番号設定ツールがない場合は“エンコーダ軸番号設定時のジャンパーピンの設定”を参照してください。

XYロボットに付加軸が1軸の場合



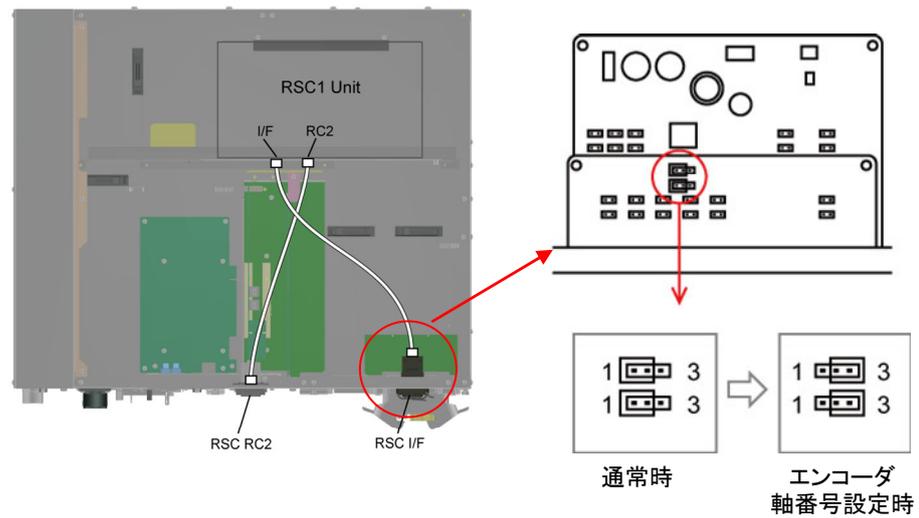
XYロボットに付加軸が2軸の場合



5.3.4 エンコーダ軸番号設定時のジャンパーピンの設定

エンコーダ軸番号設定ツールがない場合はコントローラ内のジャンパーピンの設定を変更して、エンコーダの軸番号を設定します。

ロボットコントローラの上部のふたを開け、以下のジャンパーピンを設定します。エンコーダ軸番号設定以外ではジャンパーピンは通常の状態に必ず戻してください。



NOTE : XYロボットではジャンパーピンの設定変更はしないでください。

デンソーロボット

V*-G-T/H*-G-T シリーズ

付加軸仕様ロボット (T03)

取扱説明書 追補版

初版 2011年3月

第2版 2011年8月

株式会社デンソーウェーブ

8N**C

- この取扱説明書の一部または全部を無断で複製・転載することはお断りします。
- この説明書の内容は将来予告なしに変更することがあります。
- 本書の内容については、万全を期して作成いたしました。万が一不審の点や誤り、記載もれなど、お気づきの点がありましたら、ご連絡ください。
- 運用した結果の影響については、上項にかかわらず責任を負いかねますのでご了承ください。

