HarmonicDrive®

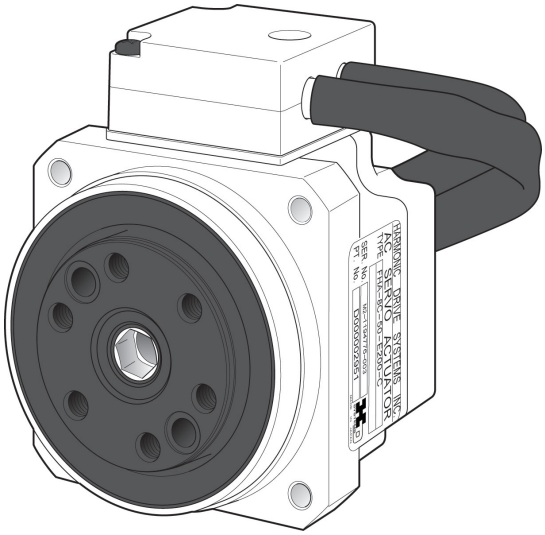
AC サーボアクチュエータ

FHA-Cmini シリーズ

＋

三菱電機株式会社製 AC サーボアンプ
「MELSERVO-J4」SSCNETⅢ / H 通信対応

技 術 資 料



ISO14001

ISO9001

はじめに

このたびは、AC サーボアクチュエータ FHA-Cmini シリーズをご採用いただき誠にありがとうございます。
本製品の取り扱いや使用方法を誤りますと、思わぬ事故を起こし、さらに製品の寿命を短くすることがあります。長期にわたり安全にご使用いただくために、本書をよくお読みの上、正しくご使用ください。
本書に記載されている内容は、予告なく変更することがありますので、ご了承ください。
本書は大切に保管してください。
本書は必ず最終ユーザー様へお渡しください。

安全にお使いいただくために

本製品を安全に正しくお使いいただくために、ご使用前に必ず「安全にお使いいただくために」と本文を熟読し、内容を十分理解してから使用してください。

表示の説明

ここに示した注意事項は、安全に関する重大な内容を記載しています。必ずお守りください。

警　告	取り扱いを誤った場合、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	取り扱いを誤った場合、傷害を負う可能性が想定される内容および物的損害の発生が予想される内容を示しています。
注 意	製品が動作不能、誤動作、または性能、機能への悪影響を予防するために、実施または回避すべきことを示しています。

用途の限定

本製品は、次の用途へのご使用には考慮されていません。

・宇宙用機器	・航空機用機器	・原子力用機器	・家庭内で使用する機器、機具
・真空用機器	・自動車用機器	・遊戯用機器	・人体に直接作用する機器
・人の輸送を目的とする機器		・特殊環境用機器	

このような用途でお使いになる場合は、あらかじめ弊社にご相談ください。

注　意

本製品を、人命にかかわるような設備及び重大な損失の発生が予測される設備への適用に際しては、破壊によって出力が制御不能になっても、事故にならないよう安全装置を設置してください。

安全上のご注意

アクチュエータをご使用の際に注意していただきたいこと

- **設計上の注意**

注　意

決められた環境でご使用ください。

アクチュエータは屋内使用を対象としています、次の条件を守ってください。

・ 周囲温度：0～40℃
・ 周囲湿度：20～80%RH（結露しないこと）
・ 振動：24.5m/s^2 以下
・ 衝撃：294m/s^2 以下
・ 水、油がかからないこと
・ 腐食性、爆発性ガスのないこと

取り付けは決められた方法で行ってください。

・ アクチュエータ軸と相手機械の心出しを技術資料に基づいて正確に行ってください。
・ 心ずれがあると振動や出力軸の破壊につながります。
・ 静電気がかかった場合、エンコーダ素子が破壊される可能性があるため、相対湿度の目安として 40%～70%RH の環境下で設置作業を行うことを推奨します。

- **ご使用上の注意**

警　告

コンセントに直接接続しないでください。

・ アクチュエータは専用のアンプに接続しないと運転できません。
・ 直接商用電源をつなぐことは絶対に避けてください。アクチュエータが壊れ、火災になることがあります。

アクチュエータをたたかないでください。

・ アクチュエータはエンコーダが直結されていますので木づちなどでたたかないでください。
・ エンコーダが破壊するとアクチュエータが暴走することがあります。

リード線は引っ張らないでください。

・ リード線を強く引っ張ると接続部が損傷し、アクチュエータが暴走することがあります。

注　意

許容トルクを越えないでください。

・ 最大トルク以上のトルクが加わらないようにしてください。
・ 出力軸にアームなどが直接付く場合、アームをぶつけると出力軸が制御不能になることがあります。

サーボアンプをご使用の際に注意していただきたいこと

- 「MR-J4-_B(1)-RJ920J」製品仕様書(No.BCN-B72000-230)及び、
  「MR-J4W2-0303B-MX940J」製品仕様書（No.BCN-B72000-227）をよくお読みのうえ、正しく安全にお使いください。

- ご使用前に、サーボアンプに同梱された「**MELSERVO-J4**シリーズ**AC**サーボを安全にお使いいただくために」を必ずお読みください。

- ご使用上の注意

警　告

運転前に各パラメータの設定及び確認を行ってください。

・本技術資料の第 3 章に記載されたパラメータは、確実に正しい値を設定して下さい。

・誤ったパラメータの設定値によっては、トルク不足や過電流によるアクチュエータの焼損を起こす可能性があり、怪我や火災を起こす恐れがあります。

本書の構成

第 1 章	概要	製品の型式、仕様、外形寸法等の概要を説明します。
第 2 章	選定	仕様の選定方法を説明します。
第 3 章	設置	設置方法について説明します。
第 4 章	別売品	オプション（中継ケーブル）について説明します。
付録		単位の換算、慣性モーメントの計算方法について説明します。

目次

安全にお使いいただくために 1
表示の説明 1
用途の限定 1
安全上のご注意 2
本書の構成 4
目次 5

第 1 章　概要

1-1 概要 1-1
主な特徴 1-1
1-2 型式 1-2
1-3 アンプとの組合せ 1-3
1-4 仕様 1-4
電源電圧 AC100V／AC200V 仕様 1-4
電源電圧 DC24V 仕様 1-5
1-5 外形寸法 1-6
ケーブル横方向引出し（標準仕様） 1-6
ケーブル後方向引出し（オプション仕様） 1-7
1-6 機械的精度 1-8
1-7 一方向位置決め精度 1-9
1-8 エンコーダ分解能 1-10
1-9 剛性 1-11
モーメント剛性 1-11
回転方向ねじり剛性 1-12
1-10 回転方向 1-13
1-11 耐衝撃 1-13
1-12 耐振動 1-13
1-13 使用可能領域 1-14
1-14 結線仕様 1-20

第 2 章　選定

2-1 電源の接続 2-1

2-2　負荷慣性モーメントの変化 2-2
2-3　負荷荷重の確認と検討 2-3
2-4　運転状況の検討 2-7
使用回転速度の検討 2-7
負荷慣性モーメントの計算と検討 2-7
負荷トルクの計算 2-8
加速時間・減速時間 2-9
デューティの検討 2-10
デューティ係数グラフ 2-11
実効トルク，平均回転速度の検討 2-13
過負荷検出時間 2-14

第 3 章　設置

3-1　品物の確認 3-1
3-2　取扱上の注意 3-2
3-3　設置場所と設置工事 3-3
設置場所の環境条件 3-3
設置作業 3-3
3-4　アンプの初期設定 3-5
3-5　PL09：磁極検出レベルの設定について 3-6

第 4 章　別売品

4-1　中継ケーブル 4-1

付録

付録-1 単位の換算 付-1
付録-2 慣性モーメントの計算 付-3
質量・慣性モーメントの計算式 付-3

第 1章

概要

ここでは、製品の型式、仕様、外形寸法等の概要を説明します。

1-1　概要……1-1
1-2　型式……1-2
1-3　アンプとの組合せ……1-3
1-4　仕様……1-4
1-5　外形寸法……1-6
1-6　機械的精度……1-8
1-7　一方向位置決め精度……1-9
1-8　検出器分解能……1-10
1-9　剛性……1-11
1-10　回転方向……1-13
1-11　耐衝撃……1-13
1-12　耐振動……1-13
1-13　使用可能領域……1-14
1-14　結線仕様……1-20

1-1 概要

FHA-C mini シリーズは、高トルクで精密な回転動作を提供する AC サーボアクチュエータです。型番 8 番から 14 番までの薄型・精密制御用減速装置ハーモニックドライブ®と超偏平 AC サーボモータを一体化した AC サーボアクチュエータです。
特徴の第 1 は、形状です。他には類の無い薄型でコンパクトです。特徴の第 2 は、中空構造です。
アクチュエータ中央の貫通穴に配線・配管・レーザ光などを通し、機械・装置の稼働部にエネルギーの供給・信号の授受を行うことができます。
組み合わせサーボアンプオプション記号 J 仕様は、組合せサーボアンプが、三菱電機製サーボアンプ MR-J4-B(1)-RJ920J 又は、MR-J4W2-0303B-MX940J シリーズになりますので、SSCNETⅢ/H ネットワークにより、FHA-C mini シリーズの動作を正確に、精密に制御します。
FHA-C mini シリーズは、ロボット関節の駆動、半導体・液晶板製造装置の位置決め機構、その他各種 FA 機器にお役立てください。

主な特徴

薄型形状

薄型・精密制御用減速装置ハーモニックドライブ®と、超偏平 AC サーボモータを開発し一体化して実現しました。取り付けフランジ面からアクチュエータ端部までの長さが当社従来品 AC サーボアクチュエータの 1/3 以下です。この薄さは、駆動する機械装置を飛躍的にダウンサイジングさせます。

中空構造

アクチュエータ中央の貫通穴に配線・配管・レーザ光などを通し、機械・装置の稼働部にエネルギーの供給・信号の授受を行うことができます。この特徴により機械装置の構造を簡略化できます。

高トルク

薄型・精密制御用減速装置ハーモニックドライブ®を組み込んでいるので、モータで直接駆動する方式と比べ、外形寸法に対する出力トルクは非常に高い値を持っています。

高位置決め精度

アクチュエータ分解能で 800,000p/rev、実際の一方向位置決め精度は 90 秒以下を保証しています（FHA-11C、14C、減速比 50、100 の場合）。

高いねじり剛性

高剛性のハーモニックドライブ®CSF シリーズを採用しています。

1-2 型式

FHA-C mini シリーズアクチュエータの型式名と記号の見方は次の通りです。

FHA-8 C-30-D200-C □ J □

- 機種：AC サーボアクチュエータ FHA-C mini シリーズ
- 型番：8、11、14
- バージョン記号
- ハーモニックドライブ®の減速比
  - 30: 1/30
  - 50: 1/50
  - 100: 1/100
- エンコーダの種類と分解能

D200	14 本線インクリメンタルエンコーダ	2000p/rev

- コネクタ付き（標準仕様） ※1
- 入力電源電圧 無し ：AC100V,200V 仕様
  - E ：DC24V 仕様 （※2）
- 組合せサーボアンプ
  - J ：三菱電機製サーボアンプ駆動仕様
- ケーブル引出方向
  - 無し ：横方向（標準仕様）
  - K ：後方向（オプション仕様）

※1： エンコーダ線のコネクタは、J オプション品専用コネクタになります。
※2： 入力電源電圧が、DC24V 仕様（E）の場合は、型番は 8 のみとなります。

1-3 アンプとの組合せ

接続アンプオプション：J は、三菱電機製サーボアンプと組合せて使用します。

アクチュエータシリーズ名	型番	電源電圧 (V)	エンコーダタイプ	組合せアンプ SSCNETⅢ/H 対応
FHA-C mini	8	AC200	インクリメンタル	MR-J4-10B-RJ920J
	11	AC200		
	14	AC200		MR-J4-20B-RJ920J
	8	AC100		MR-J4-10B1-RJ920J
	11	AC100		
	14	AC100		MR-J4-20B1-RJ920J
	8	DC24	インクリメンタル	MR-J4W2-0303B6-MX940J
	11	DC24		設定なし
	14	DC24		

初めてご使用になる場合は、サーボアンプに対して、組み合わせアクチュエータの設定が必要です。詳細は「3-4 アンプの初期設定」（P3-5）を参照ください。

1-4 仕様

電源電圧 AC100V／AC200V 仕様

電源電圧が AC100V／AC200V の場合の FHA-C mini シリーズアクチュエータの仕様を示します。

項目	型式	FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
		30	50	100	30	50	100	30	50	100
最大トルク 注 2	N･m	1.8	3.3	4.8	4.5	8.3	11	9.0	18	28
	kgf･m	0.18	0.34	0.49	0.46	0.85	1.1	0.92	1.8	2.9
許容連続トルク 注 2,注 5	N･m	0.75	1.5	2	1.8	2.9	4.2	3.5	4.7	6.8
	kgf･m	0.08	0.15	0.2	0.18	0.3	0.43	0.36	0.48	0.69
最高回転速度	r/min	193	116	58	193	116	58	193	116	58
トルク定数	N･m/A	3.9	6.7	14	3.8	6.6	13	4.2	7.2	15
	kgf･m/A	0.40	0.68	1.4	0.39	0.67	1.4	0.43	0.74	1.5
最大電流 注 2	A	0.61	0.64	0.48	1.5	1.6	1.1	2.9	3.2	2.4
許容連続電流 注 2	A	0.31	0.34	0.26	0.74	0.69	0.54	1.27	1.06	0.85
入力電源電圧（アンプ）	V	AC200（三相/単相）、AC100（単相）								
誘起電圧定数 注 6	V/(r/min)	0.48	0.80	1.6	0.48	0.80	1.6	0.52	0.86	1.70
相抵抗	Ω(20℃)	14			3.7			1.4		
相インダクタンス	mH	5.7			3.2			1.8		
慣性モーメント (GD²/4) (J)	kg･m²	0.0026	0.0074	0.029	0.0060	0.017	0.067	0.018	0.050	0.20
	kgf･cm･s²	0.0270	0.0750	0.30	0.0610	0.170	0.680	0.180	0.510	2.00
減速比		30	50	100	30	50	100	30	50	100
許容モーメント荷重	N･m	15			40			75		
	kgf･m	1.5			4.1			7.7		
モーメント剛性	N･m/rad	2×10^4			4×10^4			8×10^4		
	kgf･m/rad	0.2×10^4			0.4×10^4			0.8×10^4		
エンコーダ方式		インクリメンタルエンコーダ								
エンコーダ分解能 注 4	pls/rev	2,000［8,000］								
アクチュエータ分解能 注 4	pls/rev	［240,000］	［400,000］	［800,000］	［240,000］	［400,000］	［800,000］	［240,000］	［400,000］	［800,000］
一方向位置決め精度	秒(角度)	150	120	120	120	90	90	120	90	90
質量	kg	0.40			0.62			1.2		
保護構造		全閉自冷型								
周囲環境条件		使用温度：0～40℃／保存温度：-20～60℃ 使用湿度／保存湿度　：20～80%RH(結露しないこと) 耐振動：24.5m/s²（周波数：10～400Hz）／耐衝撃：294 m/s² 粉塵、金属粉、腐食性ガス、引火性のガス、オイルミスト等のないこと 屋内使用、直射日光が当たらないこと 海抜 1000m 以下								
モータ絶縁		絶縁抵抗：100MΩ以上(DC500V) 絶縁耐圧：AC1500V/1min 絶縁階級：B 種								
安全規格		CE マーキング								
取り付け方向		全方向取り付け可能								

注 1：上表の値は、出力軸における値を示しています。
注 2：サーボアンプ（MR-J4-**B-RJ920J）と組み合わせたときの値です。
注 3：各値は、代表値です。
注 4：［　］内は、サーボアンプと組み合わせて 4 逓倍した場合の分解能です。
注 5：FHA-8/11C：150×150×6【mm】　FHA-14C：　200×200×6【mm】のアルミ放熱板に取り付けた時の温度上昇飽和時の値です。
注 6：相誘起電圧定数を 3 倍にした値です。

電源電圧 DC24V 仕様

電源電圧が DC24V の場合の FHA-C mini シリーズアクチュエータの仕様を示します。

項目 ＼ 型式		FHA-8C		
		30	50	100
最大トルク 注 2	N･m	1.8	3.3	4.8
	kgf･m	0.18	0.34	0.49
許容連続トルク 注 2,注 5	N･m	0.75	1.5	2
	kgf･m	0.08	0.15	0.2
最高回転速度	r/min	193	116	58
トルク定数	N･m/A	0.8	1.3	2.7
	kgf･m/A	0.08	0.13	0.28
最大電流 注 2	A	3.0	3.3	2.4
許容連続電流 注 2	A	1.6	1.7	1.3
入力電源電圧（アンプ）	V	DC24V		
誘起電圧定数 注 6	V/(r/min)	0.10	0.16	0.32
相抵抗	Ω(20℃)	0.54		
相インダクタンス	mH	0.22		
慣性モーメント (GD^2/4) (J)	kg･m^2	0.0026	0.0074	0.029
	kgf･cm･s^2	0.0270	0.0750	0.30
減速比		30	50	100
許容モーメント荷重	N･m	15		
	kgf･m	1.5		
モーメント剛性	N･m/rad	2 x 10^4		
	kgf･m/rad	0.2 x 10^4		
エンコーダ方式		インクリメンタルエンコーダ		
エンコーダ分解能 注 4	pls/rev	2,000［8,000］		
アクチュエータ分解能 注 4	pls/rev	［240,000］	［400,000］	［800,000］
一方向位置決め精度	秒（角度）	150	120	120
質量	kg	0.40		
保護構造		全閉自冷型		
周囲環境条件		使用温度：0～40℃／保存温度：-20～60℃ 使用湿度／保存湿度 ：20～80%RH(結露しないこと) 耐振動：24.5m/s^2（周波数：10～400Hz）／耐衝撃：294 m/s^2 粉塵、金属粉、腐食性ガス、引火性のガス、オイルミスト等のないこと 屋内使用、直射日光が当たらないこと 海抜 1000m 以下		
モータ絶縁		絶縁抵抗：100MΩ 以上(DC500V) 絶縁耐圧：AC500V/1min 絶縁階級：B 種		
安全規格		CE マーキング		
取り付け方向		全方向取り付け可能		

注 1：上表の値は、出力軸における値を示しています。
注 2：サーボアンプ MR-J4W2-0303B-MX940J と組み合わせ（理想正弦波で駆動し）たときの値です。
注 3：各値は、代表値です。
注 4：アンプと組み合わせて 4 逓倍した場合の分解能です。
注 5：150×150×6【mm】 のアルミ放熱板に取り付けた時の温度上昇飽和時の値です。
注 6：相誘起電圧定数を 3 倍にした値です。

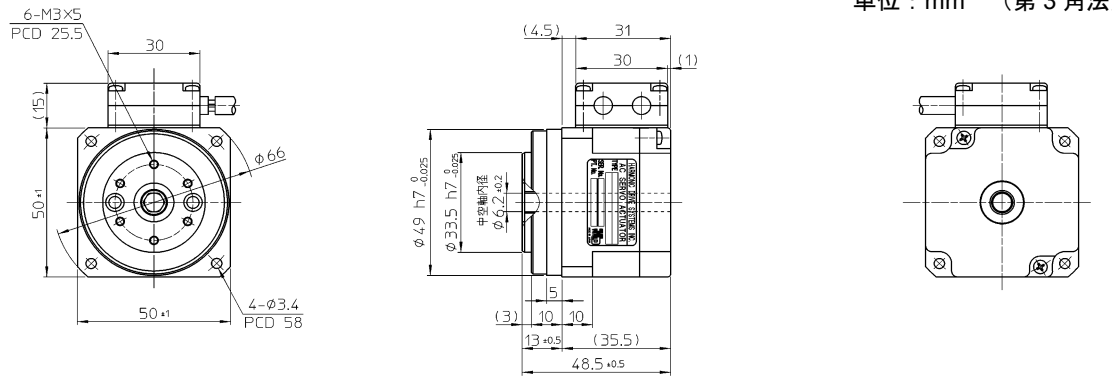
1-5 外形寸法

下図は FHA-C mini シリーズアクチュエータの外形寸法です。

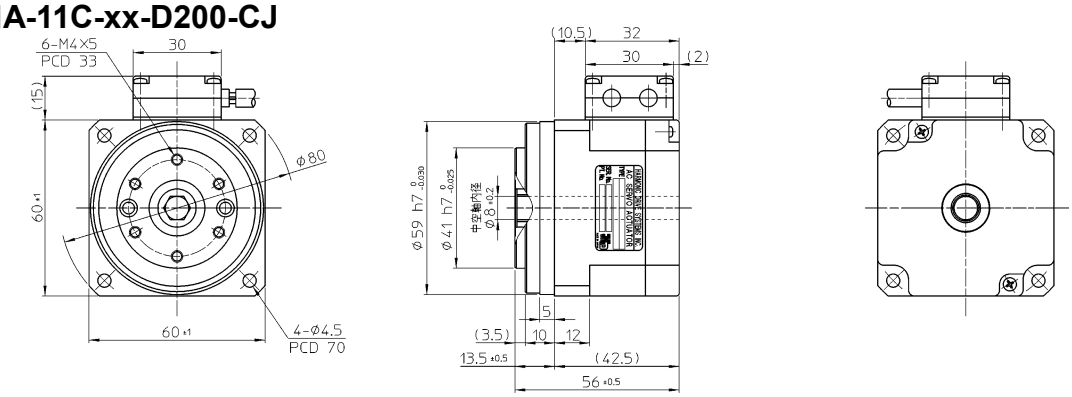
ケーブル横方向引出し（標準仕様）

FHA-8C-xx-D200-CJ／FHA-8C-xx-D200-CEJ

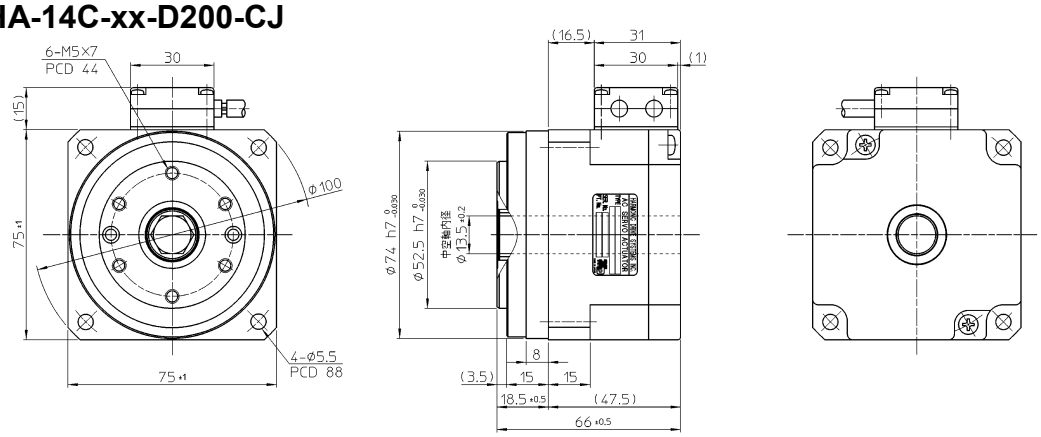
単位：mm （第 3 角法）



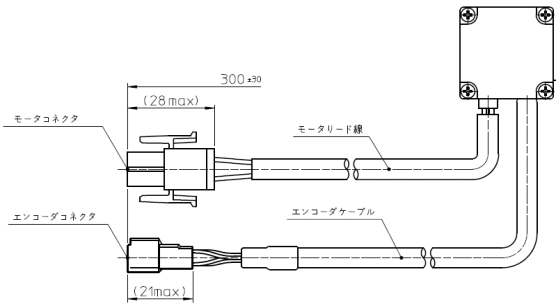
FHA-11C-xx-D200-CJ



FHA-14C-xx-D200-CJ



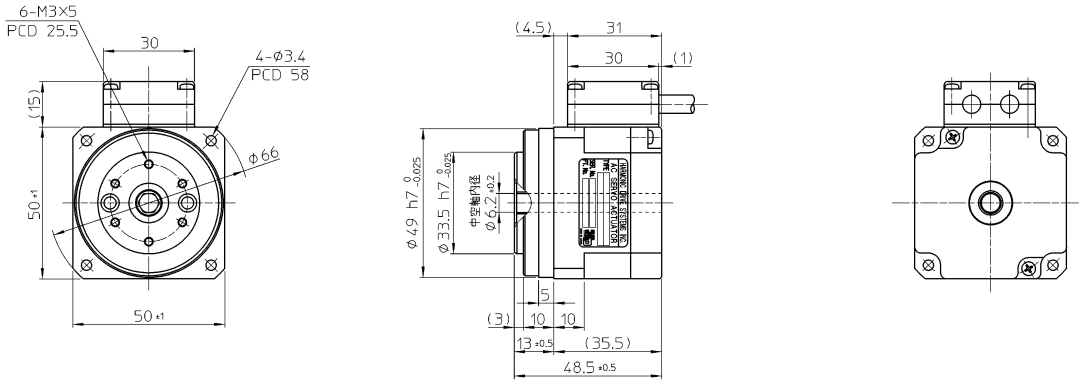
ケーブル引出部（共通仕様）



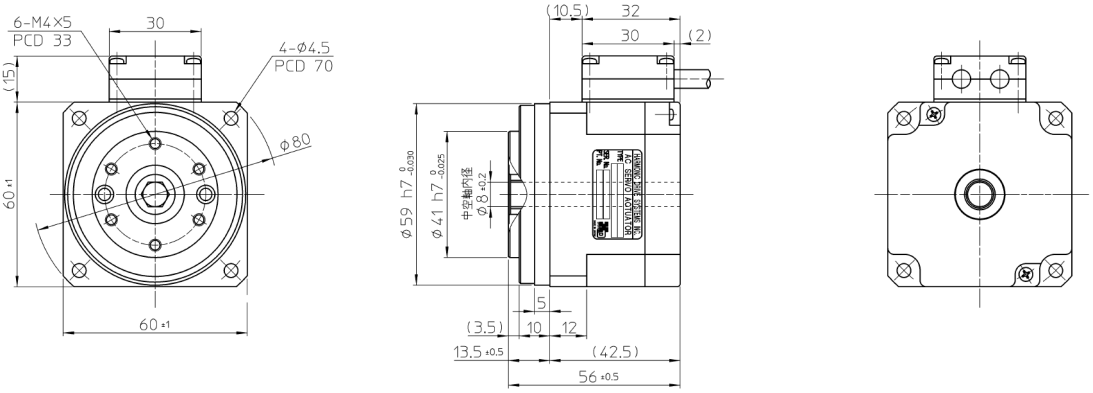
ケーブル後方向引出し（オプション仕様）

FHA-8C-xx-D200-CJK／FHA-8C-xx-D200-CEJK

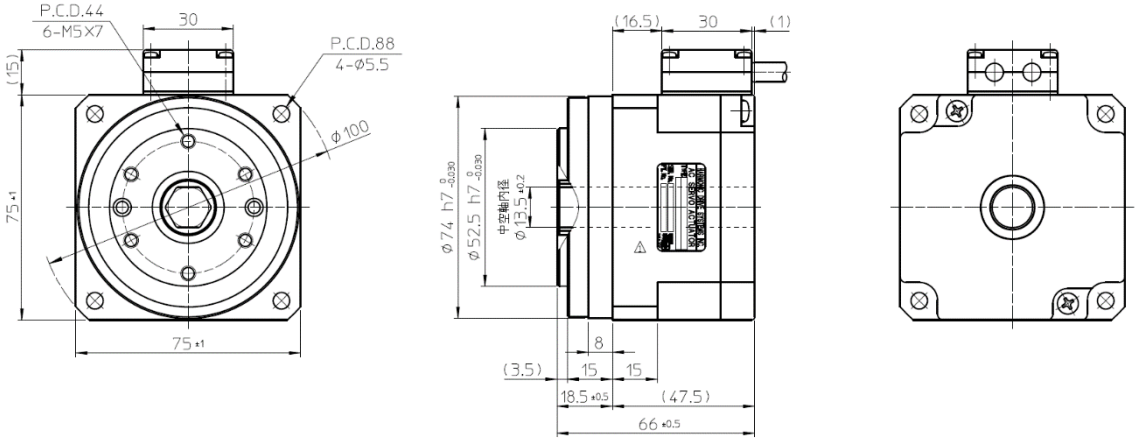
単位：mm　（第３角法）



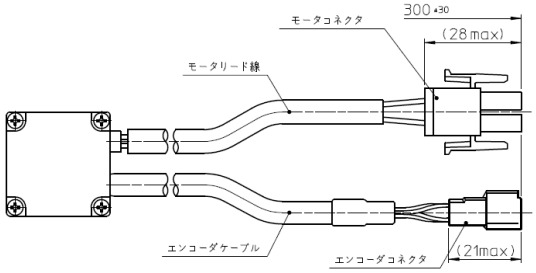
FHA-11C-xx-D200-CJK



FHA-14C-xx-D200-CJK



ケーブル引出部（共通仕様）



1-6 機械的精度

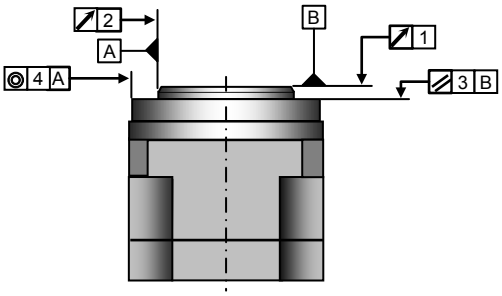
FHA-C mini シリーズアクチュエータの出力軸および取り付けフランジの機械的精度は次の通りです。

機械的精度

単位：mm

精度の項目	FHA-8C	FHA-11C	FHA-14C
1.出力軸面振れ	0.010		
2.出力軸軸振れ	0.010		
3.出力軸と取り付け面との平行度	0.040		
4.出力軸と取り付け嵌合部との同軸度	0.040		

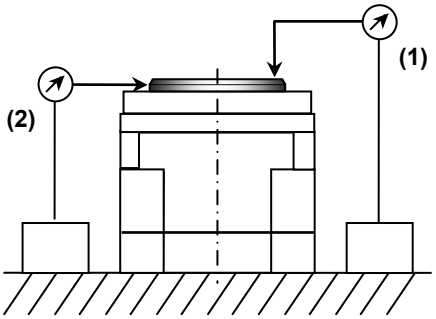
注）T.I.R(Total Indicator Reading)での値です



測定方法を次に示します。

1 出力軸面振れ

出力回転部を 1 回転させたときの出力軸最外周部のアキシャル振れ（最大振れ幅）を固定部に取り付けたダイヤルゲージにて測定する。

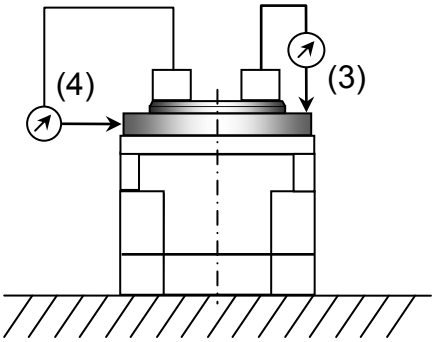


2 出力軸軸振れ

出力回転部を 1 回転させたときの出力軸のラジアル振れ（最大振れ幅）を固定部に取り付けたダイヤルゲージにて測定する。

3 出力軸と取り付け面との平行度

出力回転部を 1 回転させたときの取り付け面最外周部（出力軸側および反出力軸側）のアキシャル振れ（最大振れ幅）を出力回転部に取り付けたダイヤルゲージにて測定する。



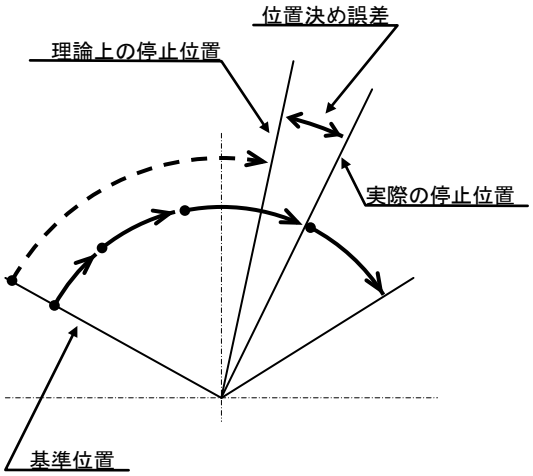
4 出力軸と取り付け嵌合部との同軸度

出力回転部を 1 回転させたときの取り付け嵌合部のラジアル振れ（最大振れ幅）を出力回転部に取り付けたダイヤルゲージにて測定する。

1-7 一方向位置決め精度

「一方向位置決め精度」とは、一定方向の回転方向で次々に位置決めを行い、それぞれの位置で、基準位置から実際に回転した角度と回転すべき角度との差を求め、これらの値の 1 回転中における最大値を表します。
（JIS B-6201-1987）

FHA-C mini シリーズは、内部に精密制御用減速機ハーモニックドライブ®を組み込んでいるため、モータ軸の位置決め誤差は、減速により 1/30、1/50 または 1/100 に圧縮され、実際には減速機の角度伝達誤差が一方向位置決め精度を決定します。したがって、減速機の角度伝達誤差の測定値を FHA-C mini シリーズの一方向位置決め精度として表します。



各型番の「一方向位置決め精度」を次に示します。

項目	型式	FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
		-30	-50	-100	-30	-50	-100	-30	-50	-100
一方向位置決め精度	秒（角度）	150	120	120	120	90	90	120	90	90

1-8 エンコーダ分解能

FHA-C mini シリーズアクチュエータのモータには、一回転あたり 2000 パルスのインクリメンタルエンコーダを搭載しています。次にモータの出力を精密制御用減速機ハーモニックドライブ®で 1/30、1/50 または 1/100 に減速しているので、一回転あたり分解能は 30 倍、50 倍または 100 倍になります。さらに、専用サーボアンプとの組み合わせにより電気的に 4 逓倍されます。
下表に各減速比での出力軸の分解能を示します。

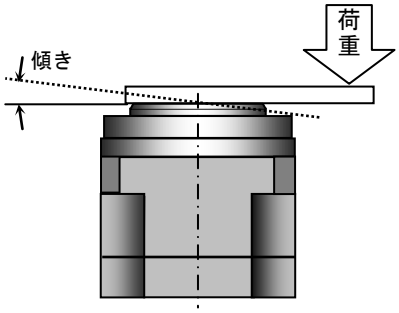
インクリメンタルエンコーダ（D200）

項目	型式	FHA-8C-**-D200 FHA-11C-**-D200 FHA-14C-**-D200		
		-30	-50	-100
減速比		30	50	100
アクチュエータ分解能 （専用サーボアンプ組み合わせ時）	pls/rev	240,000	400,000	800,000
1パルス当たり角度	秒	5.40	3.24	1.62

1-9 剛性

モーメント剛性

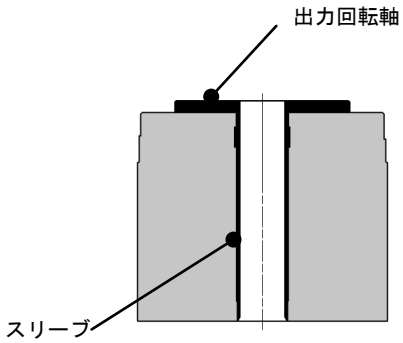
「モーメント剛性」とは、アクチュエータの出力軸の面に、図のようにモーメント荷重を加えたときの構造的な倒れ強さを示します。
例えば、下図のようにアクチュエータ出力軸面に剛体アームを取り付け、その先端に荷重を加えるとアクチュエータ出力軸面は荷重に比例して傾きます。この傾き角に対する荷重の比率が「モーメント剛性」です。



項目 ＼ 型式		FHA-8C	FHA-11C	FHA-14C
モーメント剛性	N･m/rad	2×10^4	4×10^4	8×10^4
	kgf･m/rad	0.2×10^4	0.4×10^4	0.8×10^4
	kgf･m/arc min	0.59	1.2	2.4

注　意

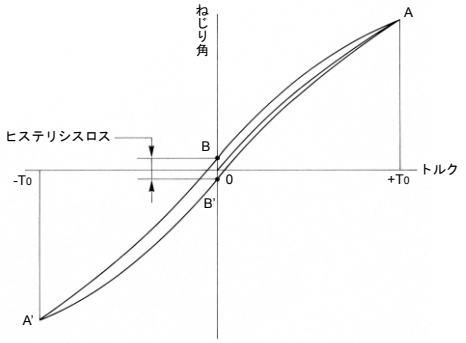
中空軸（スリーブ）にトルクおよび荷重を加えないでください。
中空軸（スリーブ）は出力回転軸に接着剤で固定されています。中空軸（スリーブ）に荷重を加えた場合、出力軸と中空軸（スリーブ）が剥離することがあります。
中空軸（スリーブ）にトルクやモーメント荷重およびスラスト荷重が加わるご使用はしないでください。



回転方向ねじり剛性

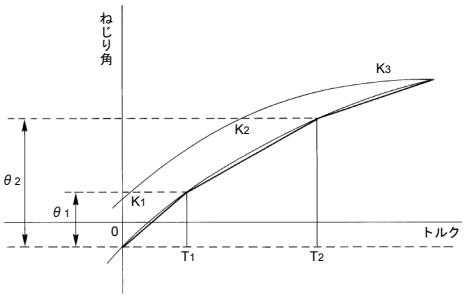
サーボロック状態でモータの回転を固定し、アクチュエータの出力軸にトルクを加えると、出力軸はトルクにほぼ比例したねじりを生じます。

右上図は､出力軸に加えるトルクをゼロからスタートさせ、プラス側およびマイナス側に、それぞれ+T_0・－T_0まで増減させたときの､出力側のねじり角量を図に描いたものです。これを「トルクーねじり角線図」と称し、通常 0→A→B→A'→B'→A のループを描きます｡FHA-C mini シリーズアクチュエータの剛性は､「トルクーねじり角線図」の傾きを、ばね定数として表します（単位：N･m/rad)。



右下図に示すように、この「トルクーねじり角線図」を３区分し、それぞれの領域でのばね定数を K_1・K_2・K_3 として表します。

K_1：トルクが「ゼロ」から「T_1」までの領域のばね定数
K_2：トルクが「T_1」から,「T_2」までの領域のばね定数
K_3：トルクが「T_2」以上の領域のばね定数



ねじり角は、次式から得られます。　※ φ：ねじり角

- トルク「T」が「T1」以下の範囲： $\varphi = \dfrac{T}{K_1}$
- トルク「T」が「T1」から「T2」の範囲： $\varphi = \theta_1 + \dfrac{T - T_1}{K_2}$
- トルク「T」が「T2」以上の範囲： $\varphi = \theta_2 + \dfrac{T - T_2}{K_3}$

次表にアクチュエータごとの各値の平均値を示します。

項目	型式	FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
		-30	-50	-100	-30	-50	-100	-30	-50	-100
T_1	N･m	0.29	0.29	0.29	0.80	0.80	0.80	2.0	2.0	2.0
	kgf･m	0.030	0.030	0.030	0.082	0.082	0.082	0.20	0.20	0.2
K_1	x10^4 N･m/rad	0.034	0.044	0.091	0.084	0.22	0.27	0.19	0.34	0.47
	kgf･m/arc min	0.010	0.013	0.027	0.025	0.066	0.080	0.056	0.10	0.14
θ_1	x10^{-4} rad	8.5	6.6	3.2	9.5	3.6	3.0	10.5	5.8	4.1
	arc min	3.0	2.3	1.1	3.3	1.2	1.0	3.6	2.0	1.4
T_2	N･m	0.75	0.75	0.75	2.0	2.0	2.0	6.9	6.9	6.9
	kgf･m	0.077	0.077	0.077	0.20	0.20	0.20	0.70	0.70	0.7
K_2	x10^4 N･m/rad	0.044	0.067	0.10	0.13	0.30	0.34	0.24	0.47	0.61
	kgf･m/arc min	0.013	0.020	0.031	0.037	0.090	0.10	0.07	0.14	0.18
θ_2	x10^{-4} rad	19	13	8	19	8	6	31	16	12
	arc min	6.6	4.7	2.6	6.5	2.6	2.2	10.7	5.6	4.2
K_3	x10^4 N･m/rad	0.054	0.084	0.12	0.16	0.32	0.44	0.34	0.57	0.71
	kgf･m/arc min	0.016	0.025	0.036	0.047	0.096	0.13	0.10	0.17	0.21

次表は、ねじり角に対するトルク値を計算した参考値です。　（単位：N･m）

ねじり角(arc min)	型式	FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
		-30	-50	-100	-30	-50	-100	-30	-50	-100
2		0.20	0.25	0.56	0.49	1.3	1.8	1.1	2.0	3.0
4		0.42	0.63	1.2	1.1	3.3	4.2	2.3	4.7	6.5
6		0.68	1.1	1.9	1.8	5.2	6.8	3.6	7.6	11

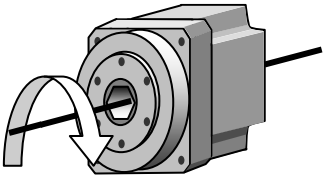
1-10 回転方向

FHA-C mini シリーズアクチュエータに三菱電機製サーボアンプから正転の指令を与えたときのアクチュエータの回転方向は、出力軸側から見て正回転（時計方向回転：CW）です。

三菱電機製サーボアンプの回転方向は、パラメータ 「PA14：回転方向選択/移動方向選択」の設定で切り換えることができます。

「PA14：回転方向選択/移動方向選択」の設定

設定値	正方向入力	負方向入力	設定
0	正回転	負回転	購入時設定値
1	負回転	正回転	



正回転：時計回転方向

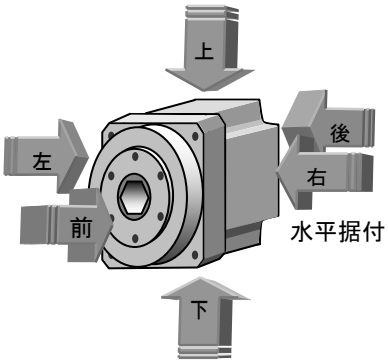
※サーボアンプ詳細は「MR-J4-_B(1)-RJ920J」製品仕様書（No. BCN-B72000-230）又は、「MR-J4W2-0303B-MX940J」製品仕様書（No. BCN-B72000-227）を参照してください。

1-11 耐衝撃

アクチュエータの中心軸を水平として据付け、上下・左右方向から衝撃を加えたときの衝撃加速度は、次の通りです。

衝撃加速度：294 m/s^2
方向：上下、左右、前後
回数：各３回

ただし、絶対に直接出力軸に衝撃を加えないでください。

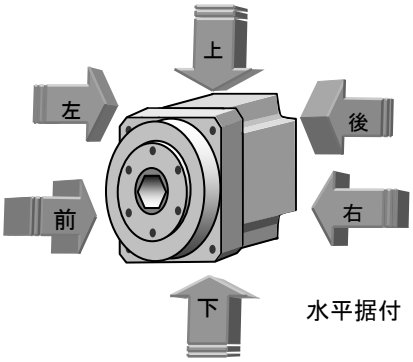


水平据付

耐衝撃試験

1-12 耐振動

アクチュエータの耐振動は、上下・左右・前後とも次の通りです。
振動加速度：24.5 m/s^2 (周波数：10～400Hz)
ただし、本仕様は微振動による機構部品のフレッチング摩耗を保証するものではありません。



水平据付

耐振動試験

1-13 使用可能領域

下のグラフは、FHA-C mini シリーズアクチュエータと三菱電機製サーボアンプ MR-J4-_B-RJ920J、MR-J4-_B1-RJ920J および MR-J4W2-0303B6-MX940J の組合せを概算で選定する場合の使用可能領域を表します。FHA-C mini シリーズアクチュエータの出力を最大限に使用するには、「第2章 選定」を参照してください。

① 連続使用領域

連続して運転可能なトルク－回転速度の領域を示します。

② 50%デューティ使用領域

50%デューティ（運転時間と休止時間の比が 50:50）で運転可能なトルク－回転速度の領域を示します。デューティについては、「デューティの検討」（P2-10）を参照してください。

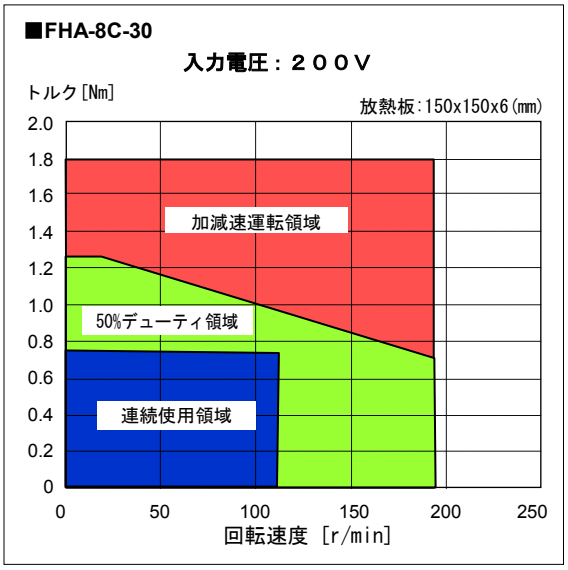
③ 加減速運転領域

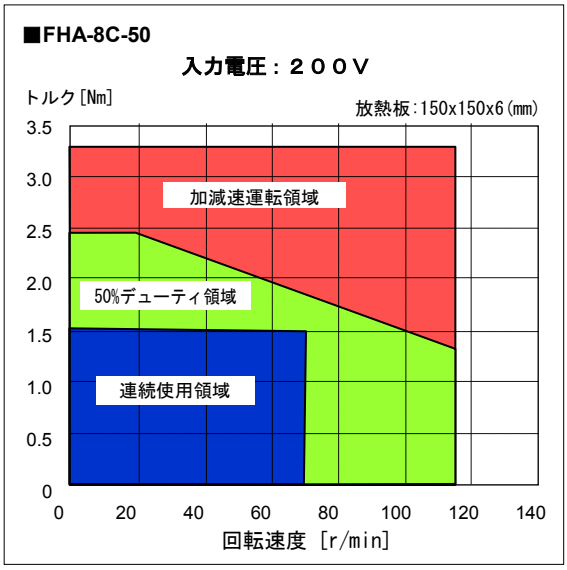
瞬時的に運転可能なトルク－回転速度の領域を示します。通常、加速・減速時にこの領域を使用します。

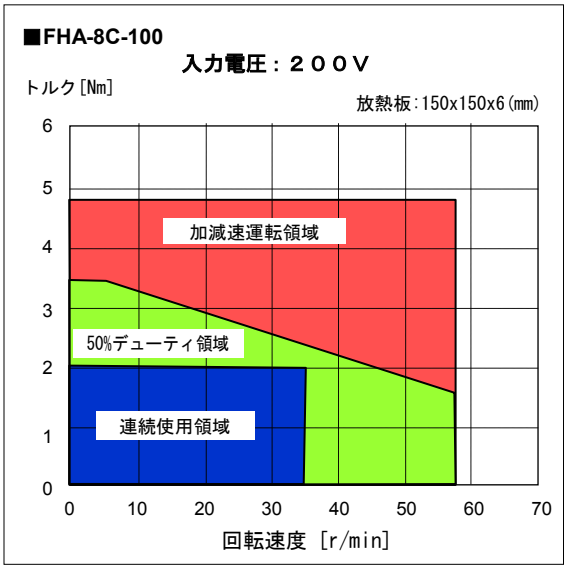
なお、連続使用領域および 50%デューティ使用領域は同図記載の放熱板を取り付けたときの値です。

FHA-8C

● **200V**

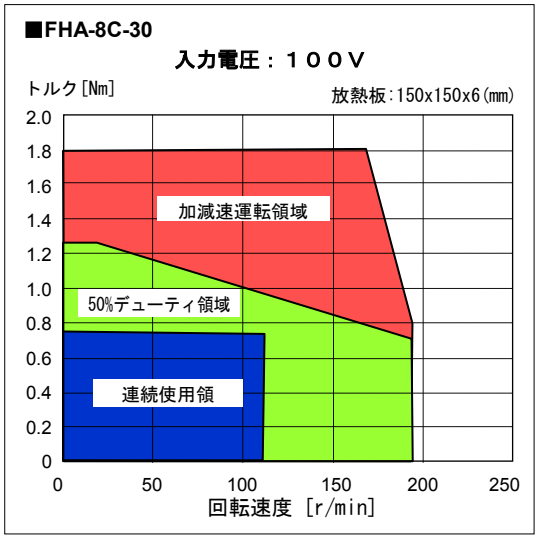


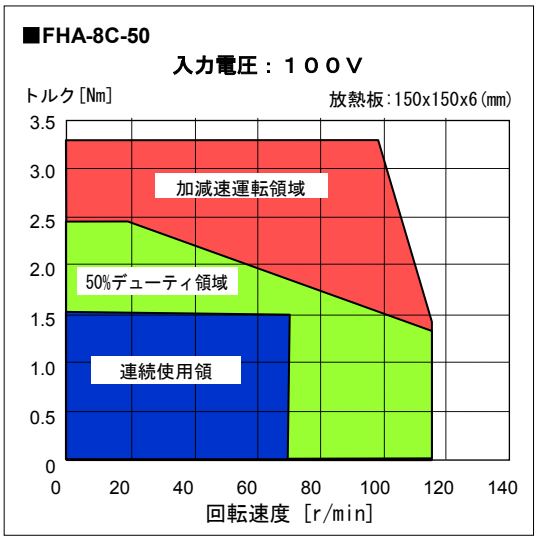


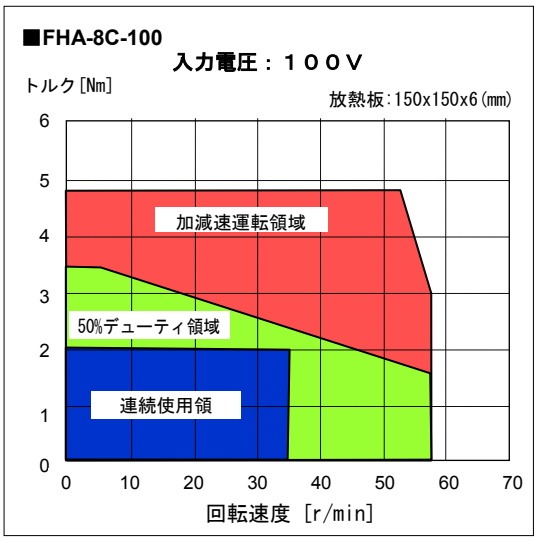


注）連続使用領域において一方向連続使用の場合は、弊社にご相談ください。

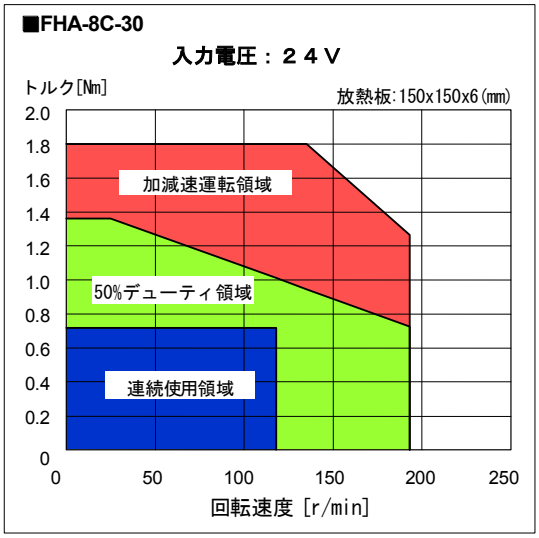
● 100V

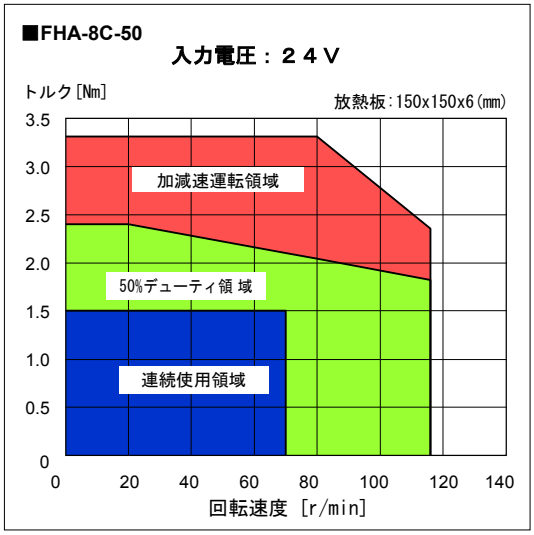




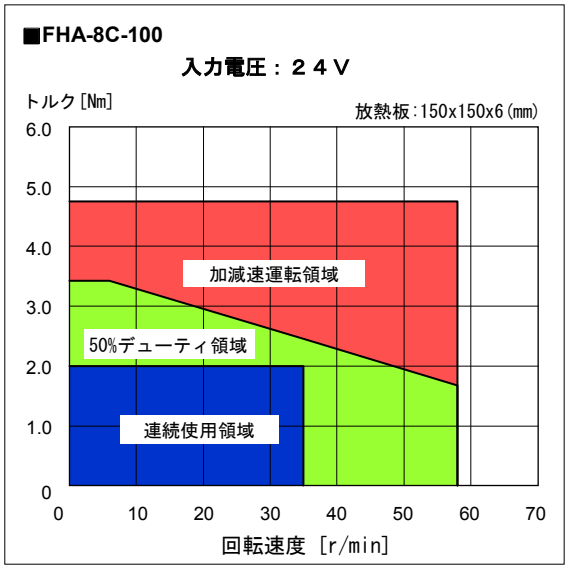


● 24V



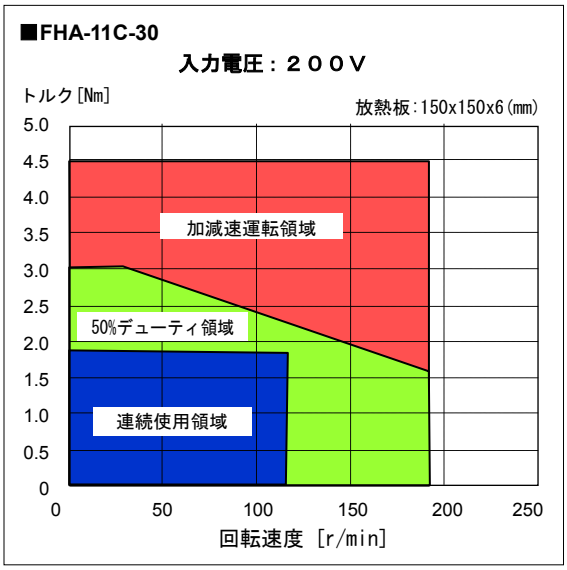


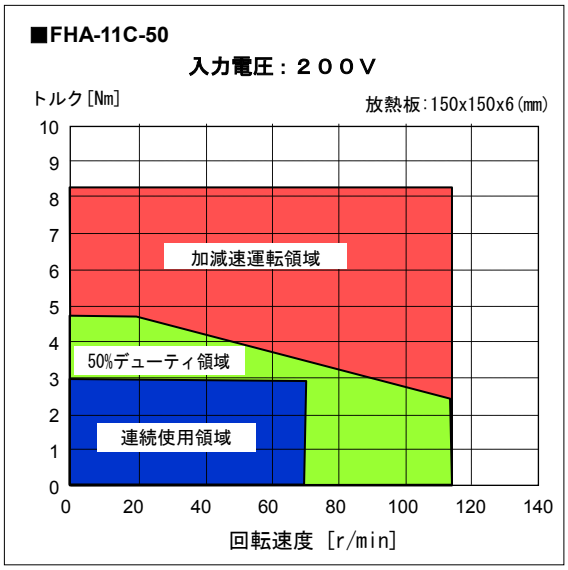
注）連続使用領域において一方向連続使用の場合は、弊社にご相談ください。

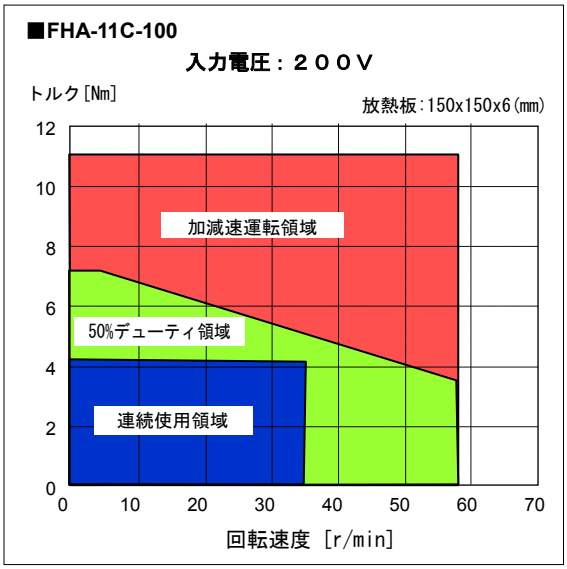


FHA-11C

● **200V**

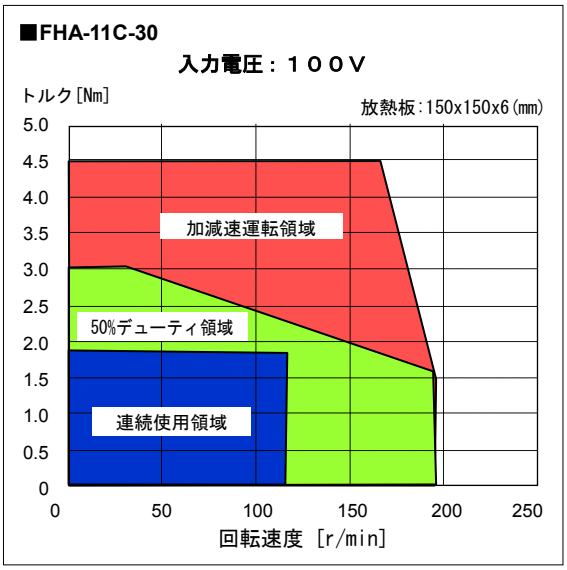


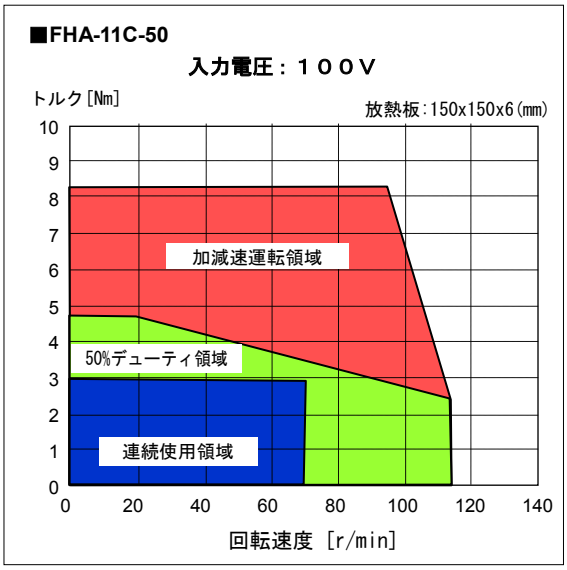


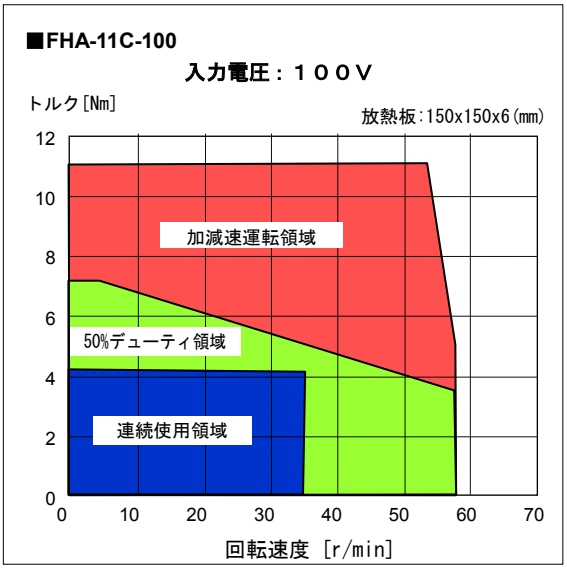


注）連続使用領域において一方向連続使用の場合は、弊社にご相談ください。

● **100V**



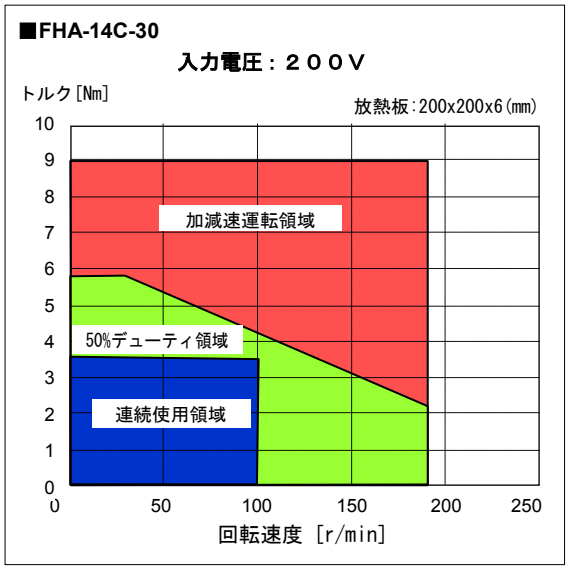


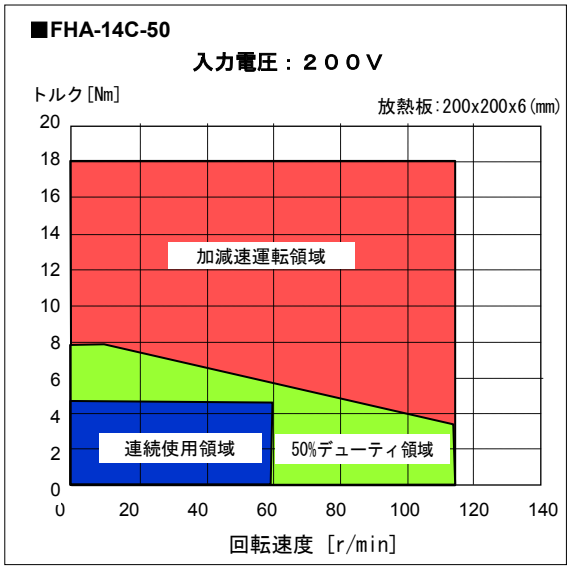


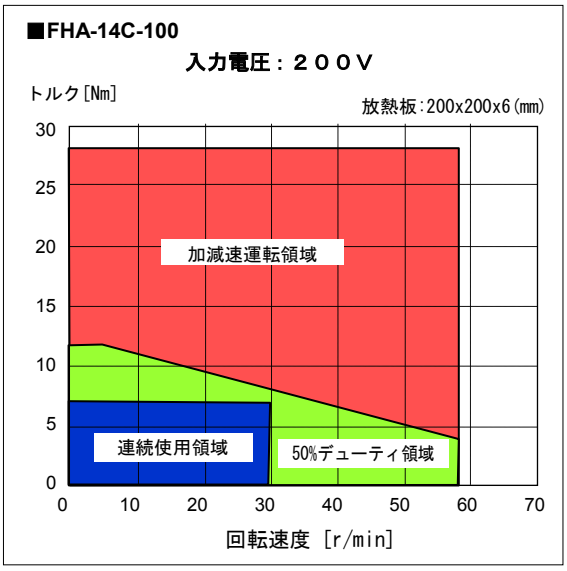
注）連続使用領域において一方向連続使用の場合は、弊社にご相談ください。

FHA-14C

● 200V

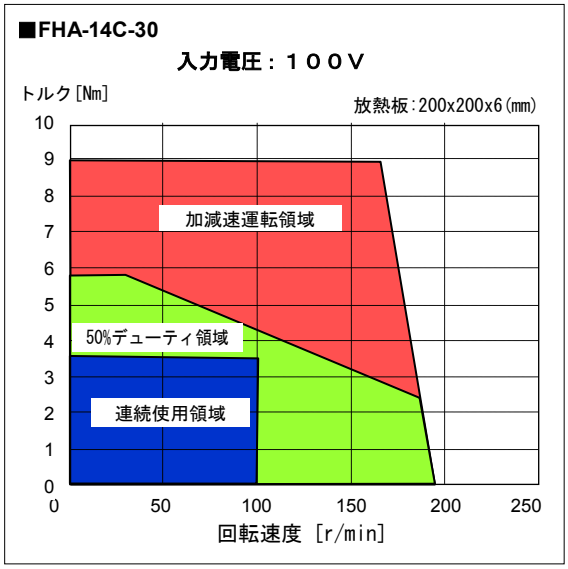


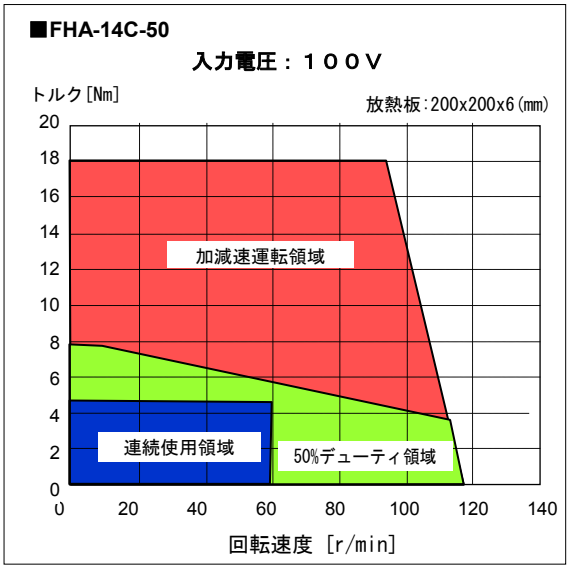


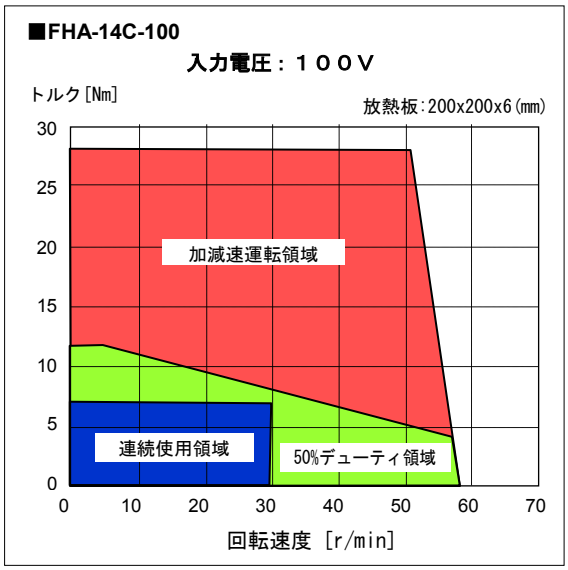


注）連続使用領域において一方向連続使用の場合は、弊社にご相談ください。

● **100V**







注）連続使用領域において一方向連続使用の場合は、弊社にご相談ください。

1-14 結線仕様

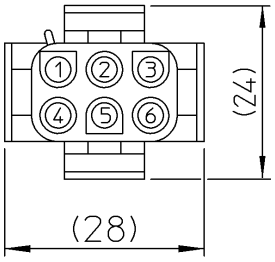
FHA-C mini シリーズアクチュエータのモータリード結線およびエンコーダリード結線の仕様を次表に示します。

モータリード結線

- **ピン配列**

ピン No.	線色	信号名	備考
1	赤 (RED)	U	モータ U 相
2	白 (WHT)	V	モータ V 相
3	黒 (BLK)	W	モータ W 相
4	緑／黄 (GRN/YEL)	PE	
5	―	―	
6	―	―	

- **ピン位置**



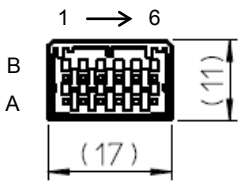
コネクタ型式：350715-1
ピン型式：3506901（PE：770210-1）
TE Connectivity (AMP) 製

エンコーダリード結線

- **ピン配列**

ピン番号	線色	信号名	備考
1A	緑	A 相	A 相出力
2A	灰	B 相	B 相出力
3A	黄	Z 相	Z 相出力
4A	赤	+5V	エンコーダ電源
5A	―	―	
6A	シールド	FG	
1B	深緑	$\overline{A}$ 相	$\overline{A}$ 相出力
2B	白	$\overline{B}$ 相	$\overline{B}$ 相出力
3B	透明	$\overline{Z}$ 相	$\overline{Z}$ 相出力
4B	黒	GND	エンコーダ電源 GND
5B	―	―	
6B	―	―	

- **ピン位置**



コネクタ型式：1-1903130-6
ピン型式　　：1903115-2
TE Connectivity (AMP) 製

第2章

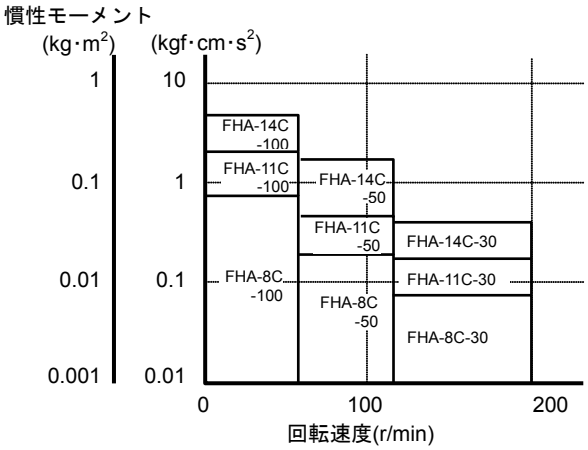
選定

ここでは、アクチュエータの選定方法について説明します。

2-1 電源の接続 …… 2-1
2-2 負荷慣性モーメントの変化 …… 2-2
2-3 負荷荷重の確認と検討 …… 2-3
2-4 運転状況の検討 …… 2-7

2-1 電源の接続

FHA-C mini シリーズアクチュエータの高精度・高性能を充分発揮するためには、型番ごとの負荷慣性モーメントの許容値（目安値）以下で使用してください。
慣性モーメントの計算方法は、「付録 2」（P 付-3）を参照してください。



慣性モーメントと回転速度が、下表の許容値以下となるように、アクチュエータを仮選定してください。

アクチュエータ型式			FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
			-30	-50	-100	-30	-50	-100	-30	-50	-100
減速比			30	50	100	30	50	100	30	50	100
最高回転速度		r/min	193	116	58	193	116	58	193	116	58
慣性モーメント	(GD²/4)	kg･m²	0.0026	0.0074	0.029	0.0060	0.017	0.067	0.018	0.050	0.20
	(J)	kgf･cm･s²	0.027	0.075	0.30	0.061	0.17	0.68	0.18	0.51	2.0
許容負荷慣性モーメント		kg･m²	0.0078	0.022	0.087	0.018	0.051	0.20	0.054	0.15	0.60
		kgf･cm･s²	0.081	0.23	0.90	0.18	0.51	2.0	0.54	1.5	6.0

2-2 負荷慣性モーメントの変化

FHA-C mini シリーズの内部には、高減速比のハーモニックドライブ®を組み込んでいます。そのため、負荷の慣性モーメントの変化がサーボ性能にほとんど影響を与えません。この性能により、直接駆動方式のサーボドライブ機構と比較して、サーボ性能の取扱が簡単です。

例えば、負荷の慣性モーメントが、「N倍」に増加するとします。そのとき、サーボ性能に影響を与える「モータ軸換算の全慣性モーメント」は、以下のようになります。

式中の記号は次の通りです。

J_S：モータ軸換算全慣性モーメント　　L：負荷慣性モーメントのモータ慣性モーメントに対する倍数
J_M：モータ慣性モーメント　　N：負荷慣性モーメントの変化率
R：FHA-C mini シリーズの減速比

● 直接駆動方式の場合

変化前：　$J_S = J_M(1+L)$　　変化後：　$J_S' = J_M(1+NL)$　　変化率：　$J_S'/J_S = \dfrac{1+NL}{1+L}$

● FHA-C mini シリーズ駆動の場合

変化前：　$J_S = J_M\left(1+\dfrac{L}{R^2}\right)$　　変化後：　$J_S' = J_M\left(1+\dfrac{NL}{R^2}\right)$　　変化率：　$J_S'/J_S = \dfrac{1+NL/R^2}{1+L/R^2}$

FHA-C mini シリーズの場合、「R=30」または「R=50」または「R=100」、すなわち「R^2＝900」または「R^2＝2500」または「R^2＝10000」と非常に大きな数となります。変化率は、「Js'/Js≒1」となり、負荷変化の影響はほとんどありません。

2-3 負荷荷重の確認と検討

FHA-C mini シリーズは、外部負荷（出力フランジ部）の直接支持に、精密クロスローラ・ベアリングを組み込んでいますので、FHA-C mini シリーズの性能を十分発揮させるために、最大負荷荷重の確認、クロスローラ・ベアリングの寿命確認および静的安全係数の確認を行ってください。

確認手順

- **最大負荷荷重(M*max*,Fr*max*,Fa*max*)の確認**
  最大負荷荷重(M*max*,Fr*max*,Fa*max*)を求める
  ↓
  最大負荷荷重(M*max*,Fr*max*,Fa*max*)≦許容荷重(Mc,Fr,Fa)の確認
- **寿命の確認**
  平均ラジアル荷重(Fr*av*)、平均アキシャル荷重(Fa*av*)を求める
  ↓
  ラジアル荷重係数(Ｘ)、アキシャル荷重係数(Ｙ)を求める
  ↓
  寿命を計算し確認
- **静的安全係数の確認**
  静等価ラジアル荷重(Po)を求める
  ↓
  静的安全係数(fs)の確認

主軸受けの仕様

主軸受けの仕様を次表に示します。

表１

項目 型式	ｺﾛのﾋﾟｯﾁ円径（dp）	ｵﾌｾｯﾄ量（R）	基本動定格荷重（C）	基本静定格荷重（Co）	許容アキシャル荷重（Fa）	許容モーメント容量（Mc）	モーメント剛性（Km）
	mm	mm	N	N	N	N･m	Nm/rad
FHA-8C	35	12.9	5800	8000	200	15	20000
FHA-11C	42.5	14	6500	9900	300	40	40000
FHA-14C	54	14	7400	12800	500	75	80000

最大負荷荷重

最大負荷荷重(M*max*･Fr*max*･Fa*max*)の求め方を次に示します。
各最大負荷荷重≦各許容荷重であることを確認してください。

◆ 計算式(1)

$$M_{max} = Fr_{max}(Lr+R) + Fa_{max} \cdot La$$

計算式の記号

M*max*	最大モーメント容量	N･m(kgf･m)	
Fr*max*	最大ラジアル荷重	N(kgf)	図１参照
Fa*max*	最大アキシャル荷重	N(kgf)	図１参照
Lr ,La	―――	mm	図１参照
R	オフセット量	mm	図１、表１参照

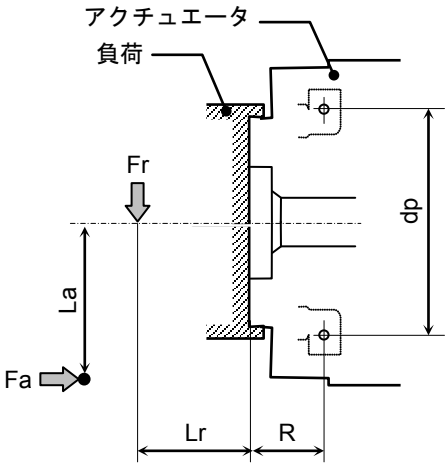


図１外部負荷作用図

平均負荷荷重（平均ラジアル荷重・平均アキシャル荷重・平均出力回転速度）

ラジアル荷重・アキシャル荷重が変動する場合には、それぞれの平均荷重を計算し、この平均荷重を使ってクロスローラ・ベアリングの寿命確認を行います。

◆ **計算式（２）：平均ラジアル荷重(Fr*av*)**

$$Fr_{av}=\sqrt[10/3]{\frac{n_1t_1|Fr_1|^{10/3}+n_2t_2|Fr_2|^{10/3}\cdots n_nt_n|Fr_n|^{10/3}}{n_1t_1+n_2t_2+\cdots+n_nt_n}}$$

ただし、t_1 区間内での最大ラジアル荷重を Fr_1、t_3 区間内での最大ラジアル荷重を Fr_3 とします。

◆ **計算式（３）：平均アキシャル荷重(Fa*av*)**

$$Fa_{av}=\sqrt[10/3]{\frac{n_1t_1|Fa_1|^{10/3}+n_2t_2|Fa_2|^{10/3}\cdots n_nt_n|Fa_n|^{10/3}}{n_1t_1+n_2t_2+\cdots+n_nt_n}}$$

ただし、t_1 区間内での最大アキシャル荷重を Fa_1、t_3 区間内での最大アキシャル荷重を Fa_3 とします。

◆ **計算式（４）：**平均出力回転速度(N*av*)

$$N_{av}=\frac{n_1t_1+n_2t_2+\cdots+n_nt_n}{t_1+t_2+\cdots+t_n}$$

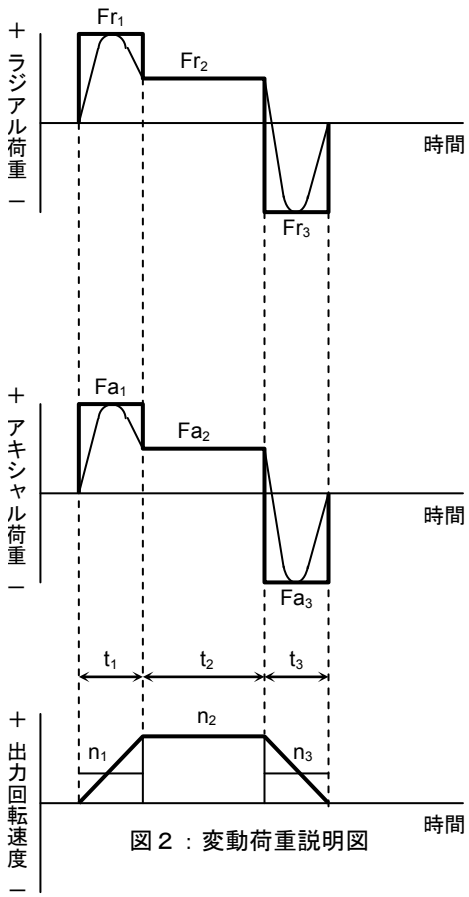


図２：変動荷重説明図

ラジアル荷重係数、アキシャル荷重係数

表２ ラジアル荷重係数(Ｘ)、アキシャル荷重係数(Ｙ)

◆ 計算式（５）	X	Y
$\frac{Fa_{av}}{Fr_{av}+2(Fr_{av}(Lr+R)+Fa_{av}\cdot La)/dp}\leq 1.5$	1	0.45
$\frac{Fa_{av}}{Fr_{av}+2(Fr_{av}(Lr+R)+Fa_{av}\cdot La)/dp}>1.5$	0.67	0.67

計算式の記号

Fr*av*	平均ラジアル荷重	N(kgf)	平均荷重参照
Fa*av*	平均アキシャル荷重	N(kgf)	平均荷重参照
Lr ,La	―――――	m	図１参照
R	オフセット量	mm	図１、表１参照
dp	コロのピッチ円径	mm	図１、表１参照

動等価ラジアル荷重

◆ **計算式（6）：動等価ラジアル荷重**

$$Pc = X \cdot \left(Fr_{av} + \frac{2(Fr_{av}(Lr + R) + Fa_{av} \cdot La)}{dp} \right) + Y \cdot Fa_{av}$$

計算式の記号

Pc	動等価ラジアル荷重	N(kgf)	
Fr_{av}	平均ラジアル荷重	N(kgf)	計算式（２）参照
Fa_{av}	平均アキシャル荷重	N(kgf)	計算式（３）参照
dp	コロのピッチ円径	mm	表１参照
X	ラジアル荷重係数	―	表２参照
Y	アキシャル荷重係数	―	表２参照
Lr，La	―	mm	図１参照
R	オフセット量	mm	図１、表１参照

クロスローラ・ベアリングの寿命

クロスローラ・ベアリングの寿命を計算式（７）より求めます。

◆ **計算式（7）：クロスローラ・ベアリングの寿命**

$$L_{B-10} = \frac{10^6}{60 \times N_{av}} \times \left(\frac{C}{fw \cdot Pc} \right)^{10/3}$$

計算式の記号

L_{B-10}	寿命	hour	―
N_{av}	平均出力回転速度	r/min	計算式（４）参照
C	基本動定格荷重	N(kgf)	表１参照
Pc	動等価ラジアル荷重	N(kgf)	計算式（６）参照
fw	荷重係数	―	表３参照

表３ 荷重係数

荷重状態	fw
衝撃・振動のない平滑運転時	1～1.2
普通の運転時	1.2～1.5
衝撃・振動をともなう運転時	1.5～3

揺動運動する場合のクロスローラ・ベアリングの寿命

揺動運動に対するクロスローラ・ベアリングの寿命を計算式（８）より求めます。

◆ **計算式（8）：クロスローラ・ベアリングの寿命（揺動）**

$$Loc = \frac{10^6}{60 \times n_1} \times \frac{90}{\theta} \times \left(\frac{C}{fw \cdot Pc} \right)^{10/3}$$

計算式の記号

Loc	寿命	hour	―
n_1	毎分の往復揺動回数	cpm	―
C	基本動定格荷重	N(kgf)	表１参照
Pc	動等価ラジアル荷重	N(kgf)	計算式（６）参照
fw	荷重係数	―	表３参照
θ	揺動角／2	―	図３参照

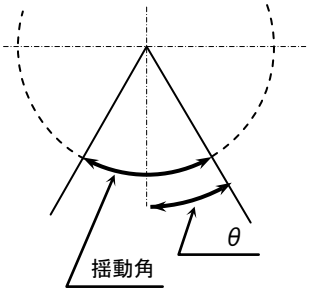


図３：揺動運動

揺動角が 5°以下の場合、クロスローラ・ベアリングの軌道輪と転動体の接触面に油膜が形成されにくく、フレッチングを生じることがあります。この場合には、当社にご相談ください。

静等価ラジアル荷重

◆ **計算式（９）：静等価ラジアル荷重**

$$Po = Fr_{max} + \frac{2M_{max}}{dp} + 0.44Fa_{max}$$

計算式の記号

Fr_{max}	最大ラジアル荷重	N(kgf)	図１参照
Fa_{max}	最大アキシャル荷重	N(kgf)	図１参照
M_{max}	最大モーメント荷重	N･m (kgf･m)	最大負荷荷重の求め方参照
dp	コロのピッチ円径	mm	表１参照

静的安全係数

一般には、基本静定格荷重(Co)を静等価荷重の許容限度と考えますが、使用条件や要求される条件によってその限度を決めます。この場合の静的安全係数(fs)は、計算式（１０）で求めます。

使用条件の一般的な値を表４に示します。静等価ラジアル荷重(Po)は、計算式（９）より求めてください。

◆ **計算式（１０）：静的安全係数**

$$fs = \frac{Co}{Po}$$

計算式の記号

fs	静的安全係数	—	表４参照
Co	基本静定格荷重	N(kgf)	表１参照
Po	静等価ラジアル荷重	N(kgf)	計算式（９）参照

表４ 静的安全係数

使用条件	fs
高い回転精度を必要とするな場合	≧3
衝撃・振動をともなう運転時	≧2
普通の運転時	≧1.5

2-4 運転状況の検討

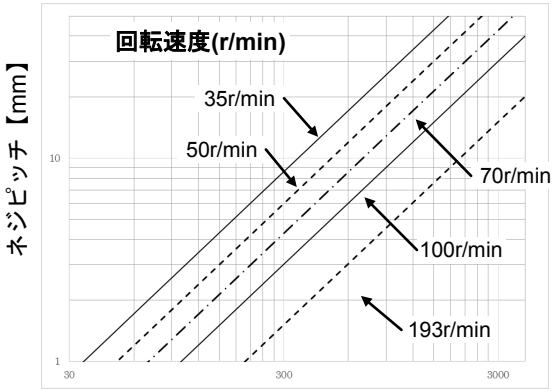
始動・停止を繰り返す運転状況（デューティサイクル）の場合、始動電流・制動電流が高頻度にモータに流れ、アクチュエータは発熱します。したがって、このデューティサイクルの検討が必要です。
以下の順序で検討してください。

使用回転速度の検討

FHA-C mini シリーズで駆動する負荷の必要回転速度(r/min)を求めます。
直線運動の場合は、次式で回転速度に換算します。

$$\text{回転速度(r/min)} = \frac{\text{直線移動速度(mm/min)}}{\text{ねじ送り機構のピッチ(mm)}}$$

この回転速度が、FHA-C mini シリーズアクチュエータの最高回転速度以下となるように、減速比「30」、「50」または「100」シリーズのいずれかを選定します。



負荷慣性モーメントの計算と検討

FHA-C mini シリーズアクチュエータで駆動する負荷の慣性モーメントを計算します。
計算方法について、「付録 2」（P 付-3）を参照してください。
計算結果の値により「許容負荷慣性モーメント」（P2-1）を参照して、FHA-C mini シリーズアクチュエータを仮選定します。

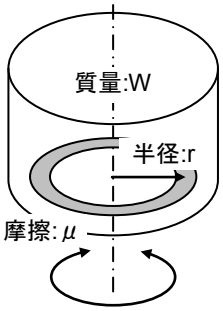
負荷トルクの計算

負荷トルクを次式で計算します。

回転運動

右図のように、回転中心から半径「r」のリング上を、質量「W」の物体が回転した時の回転トルクは次のとおりです。

$T = 9.8 \times \mu \times W \times r$

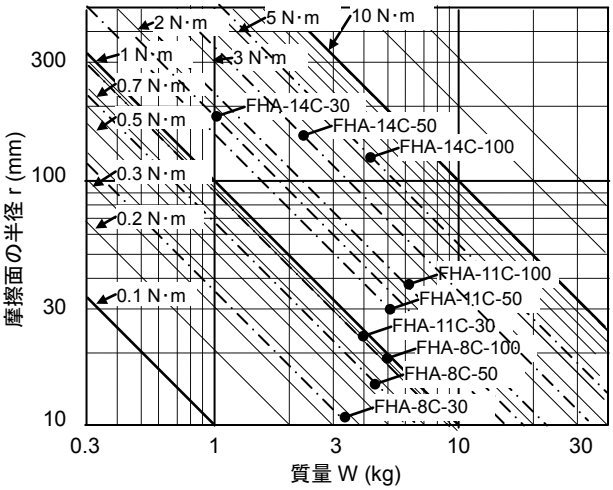


T：回転トルク（N·m）

μ：摩擦係数
W：質量　(kg)
r：摩擦面の平均半径　(m)

また、右図は、摩擦係数μ=0.1 と仮定し、質量を横軸、摩擦面の回転半径を縦軸としたときの計算例です。図中のアクチュエータのトルク値は、最大トルクの 20%を表しています。

回転トルク計算例(摩擦係数=0.1 として計算)
FHA：最大トルクの 20%トルク線を表示

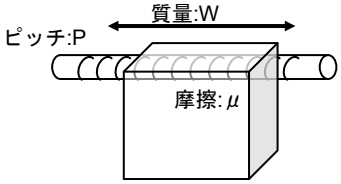


直線運動（水平運動）

右図のように、質量「W」がピッチ「P」のねじで水平移動する時の回転トルクは次のとおりです。

$$T = 9.8 \times \mu \times W \times \frac{P}{2 \times \pi}$$

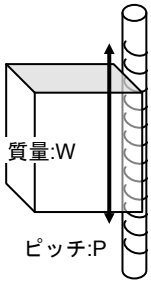
T：回転トルク（N·m）
μ：摩擦係数
W：質量　(kg)
P：ねじの送りピッチ　(m)



直線運動（垂直運動）

質量「W」がピッチ「P」のねじで垂直移動する時の回転トルクは次のとおりです。

$$T = 9.8 \times W \times \frac{P}{2 \times \pi}$$

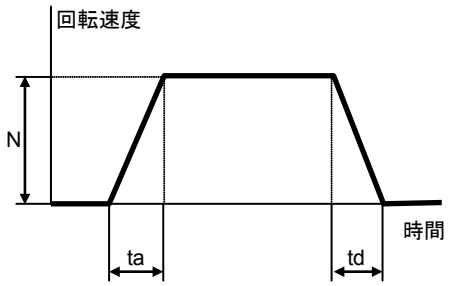


加速時間・減速時間

仮選定したアクチュエータでの加速時間・減速時間を次式で計算します。

加速時間： $t_a = (J_A + J_L) \times \frac{2 \times \pi}{60} \times \frac{N}{T_M - T_L}$

減速時間： $t_d = (J_A + J_L) \times \frac{2 \times \pi}{60} \times \frac{N}{T_M + 2 \times T_F + T_L}$



t_a	加速時間	(s)
t_d	減速時間	(s)
J_A	アクチュエータ慣性モーメント	(kg･m^2)
J_L	負荷慣性モーメント	(kg･m^2)
N	アクチュエータの回転速度	(r/min)
T_M	アクチュエータ最大トルク	(N･m)
T_F	アクチュエータの摩擦トルク	(N･m)

$T_F = K_T \times I_M - T_M$

K_T	トルク定数	(N･m/A)
I_M	最大電流	(A)

T_L：負荷トルク(N･m)；極性は、回転方向に働く場合を正(+)、逆方向に働く場合を負(-)とします。

計算例 1

次の運転条件に最適のアクチュエータを選定します。

- 回転速度：100r/min
- 負荷慣性モーメント：0.04 kg･m^2
- 負荷機構は、主として慣性のみであるので、負荷トルクは無視できるほど少ない。

1 **これらの条件を２－１節の図にあてはめて、FHA-11C-50 を仮選定します。**

2 **１－４節の定格表より J_A=0.017 kg･m^2, T_M =8.3 N･m, K_T=6.6 N･m/A, I_M =1.6A を読み取ります。**

3 **アクチュエータの摩擦トルクは上式により T_F = 6.6×1.6－8.3 = 2.3 N･m となります。**

4 **したがって、加速および減速時間は上記の式により、次のように求めることができます。**

t_a = (0.017+0.04)×2×π/60×100/8.3 = 0.072 s

t_d = (0.017+0.04)×2×π/60×100/(8.3+2×2.3) = 0.046 s

5 **加減速時間の計算結果が所望の時間以内に入らない場合、以下のように再検討します。**

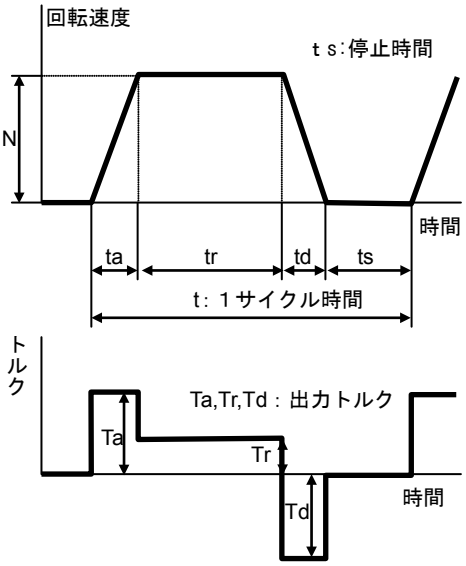
・負荷慣性モーメントの低減を計る。
・大きな型番のアクチュエータの採用を検討する。

デューティの検討

FHA-C mini シリーズの選定にあたり、トルクと回転速度の時間的変化を考慮しなければなりません。特に、加減速時には大きなトルクを発生するための大電流が流れ、発熱量も大きくなります。
右図の駆動パターンで繰返し運転する場合の「デューティ：%ED」を次式で計算します。

$$\%ED = \frac{K_{La} \times t_a + K_{Lr} \times t_r + K_{Ld} \times t_d}{t} \times 100$$

ta：　速度 0 から N までの加速時間　（s）
td：　速度 N から 0 までの減速時間　（s）
tr：　速度 N での一定速度運転時間　（s）
t：　１サイクルの時間　（s）
KLa：加速時間におけるデューティ係数
KLr：一定速運転時間におけるデューティ係数
KLd：減速時間におけるデューティ係数



K_{La},K_{Lr},K_{Ld} の求め方とデューティの計算例２

下図に示す FHA-11C-50 のデューティ係数グラフを例にして説明します。
運転条件：計算例 1 と同様で、慣性負荷をアクチュエータの最大トルクで加速し、一定速運転の後、最大トルクで減速します。１サイクルでの移動角度は 120゜、１サイクル時間は 0.8 s です。

1　KLa、KLd：回転速度変化が 0 から 100r/min 間の平均速度 50r/min より、下図で KLa=KLd≒1.7 を得ます。

2　KLr：慣性負荷のため Tr≒0 となり、下図から KLr≒0.9 と読み取ります。

3　移動角度は、上図「回転速度ー時間」線図の面積で得られます。

即ち、移動角度は、
θ = (N / 60) x {tr + (ta + td) / 2} x 360
即ち、tr = θ / (6 x N) – (ta + td) / 2
この式に、θ = 120 ゜、計算例 1 の　ta= 0.072 s、td= 0.046 s、N= 100r/min を代入すると、tr=0.14 s となります。

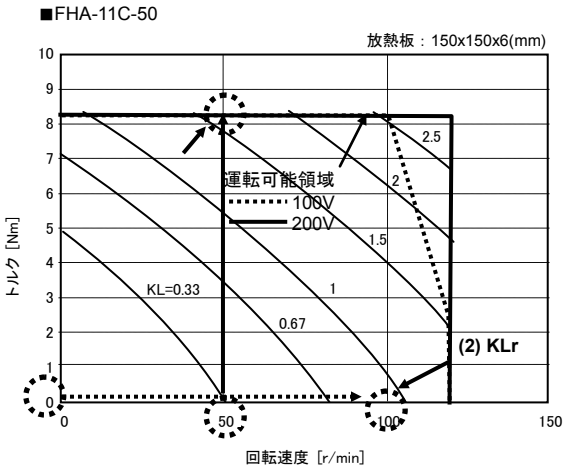
4　今、１サイクル時間 t =0.8 s を上記の%ED 計算式に代入して、デューティを計算します。

%ED = (1.7 x 0.072 + 0.9 x 0.14 + 1.7 x 0.048) / 0.8 x 100　= 41.2%

得られた値は、100 以下なので、このサイクルの連続繰返し運転は可能です。

もし、100 以上の場合には
- 運転パターン
- 負荷の軽減
- アクチュエータ型番

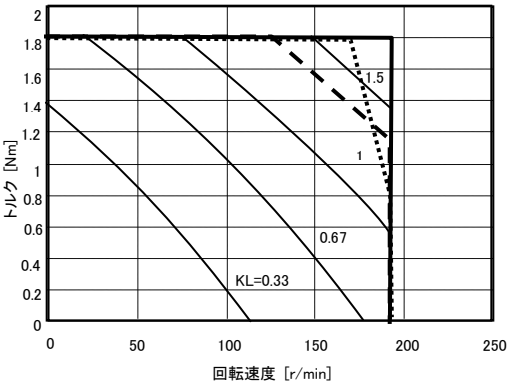
等の再検討が必要です。



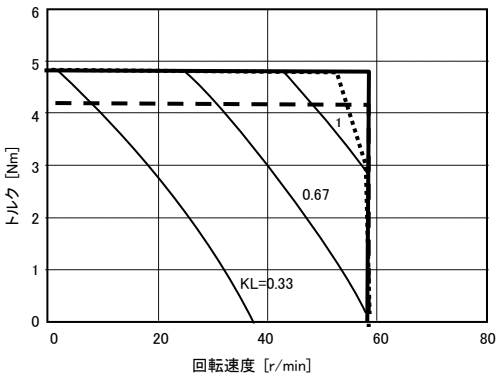
デューティ係数グラフ

FHA-8C

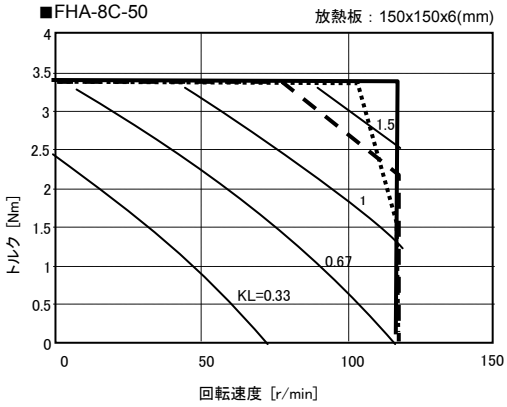
■FHA-8C-30　放熱板：150x150x6(mm)



■FHA-8C-100　放熱板：150x150x6(mm)



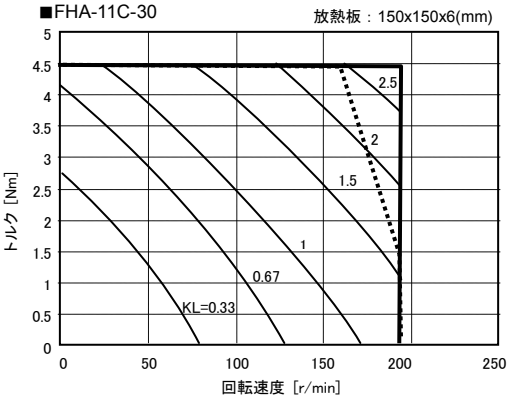
■FHA-8C-50　放熱板：150x150x6(mm)



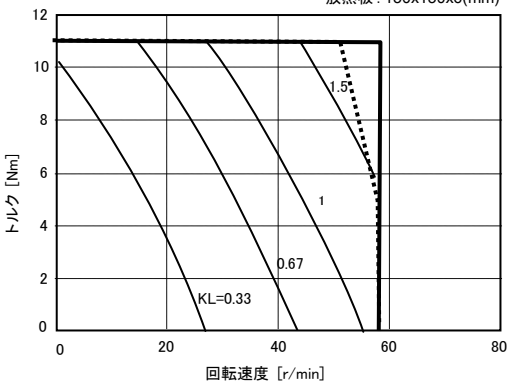
運転可能領域
- 100V
- 200V
- 24V

FHA-11C

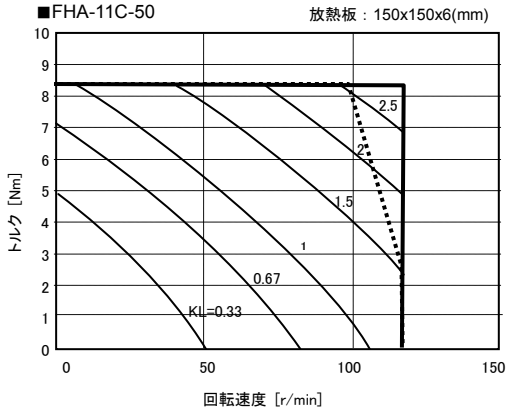
■FHA-11C-30　放熱板：150x150x6(mm)



■FHA-11C-100　放熱板：150x150x6(mm)



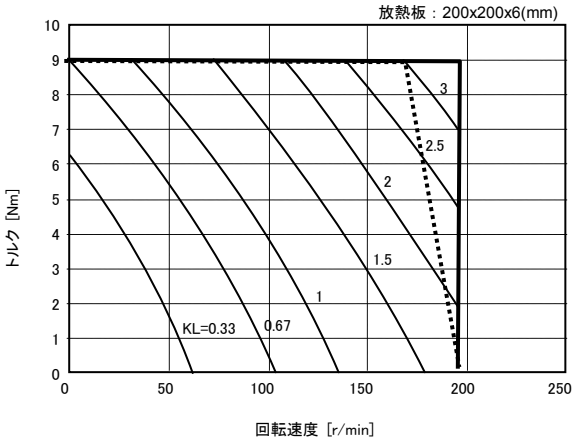
■FHA-11C-50　放熱板：150x150x6(mm)



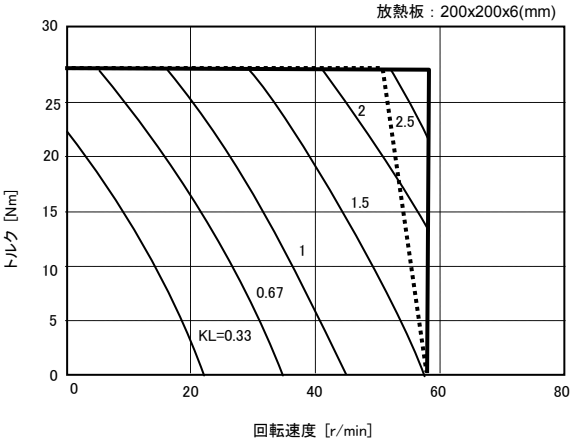
運転可能領域
- 100V
- 200V

FHA-14C

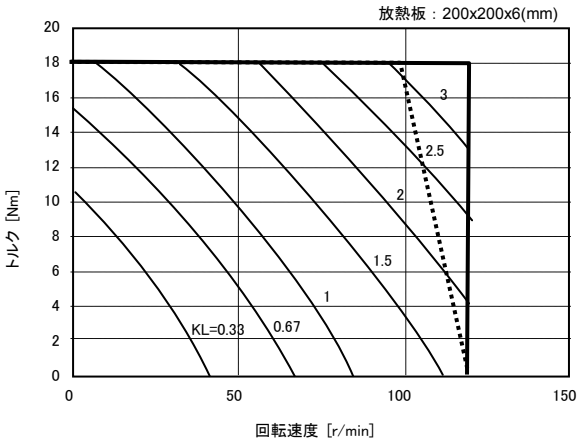
■FHA-14C-30



■FHA-14C-100



■FHA-14C-50



運転可能領域
100V
200V

実効トルク，平均回転速度の検討

実効トルクと平均回転速度について、次の２点を検討します。
実効トルクが、許容連続トルク以下か
平均回転速度が、許容連続回転速度以下か
「デューティの検討」（P2-10）に示すサイクルの繰返し運転時の実効トルク Tm および平均回転速度 Nav を、次式で計算します。

$$T_m = \sqrt{\frac{T_a^2 \times (t_a + t_d) + T_r^2 \times t_r}{t}}$$

$$N_{av} = \frac{N/2 \times t_a + N \times t_r + N/2 \times t_d}{t}$$

Tm：実効トルク　(N･m)
Ta：最大トルク　(N･m)
Tr：負荷トルク　(N･m)
ta：加速時間(s)，td：減速時間(s)
tr：一定速運転時間(s)，t：１サイクルの時間(s)
Nav：平均回転速度 (r/min)
N：一定速時回転速度 (r/min)

上記の式で実効トルクの計算結果が下表に示す許容連続トルクを越える場合、デューティの低減を図る対策を行ってください。

項目	型式	FHA-8C			FHA-11C			FHA-14C		
		-30	-50	-100	-30	-50	-100	-30	-50	-100
減速比		1:30	1:50	1:100	1:30	1:50	1:100	1:30	1:50	1:100
許容連続トルク	N･m	0.75	1.5	2	1.8	2.9	4.2	3.5	4.7	6.8
許容連続回転速度	r/min	117	70	35	117	70	35	100	60	30

計算例３：実効トルクと平均回転速度の検討

計算例１と計算例２の運転条件を使い、実効トルクと平均回転速度を検討します。

1）実効トルクの検討

Ta = 8.3 N･m 、Td = 8.3 N･m、Tr = 0 N･m、ta = 0.072 s、tr = 0.14 s、td = 0.046 s、 t = 0.8 s を上式に代入する。

$$T_m = \sqrt{\frac{8.3^2 \times (0.072 + 0.046)}{0.8}} = 3.19 \ \mathrm{N \cdot m}$$

この値は、計算例１で仮選定した FHA-11C-50 の許容連続トルクを超えており、計算例２でのサイクルでは連続運転できません。次式は、実効トルクの計算式を変形したものです。この式の T_m に許容連続トルクの値を代入すれば、１サイクル時間の許容値を得ることができます。

$$t = \frac{T_a^2 \times (t_a + t_d) + T_r^2 \times t_r}{T_m^2}$$

Ta = 8.3 N･m 、Td = 8.3 N･m、Tr = 0 N･m、T_m =3.03 N･m、ta = 0.072 s、tr = 0.14 s、td = 0.046 s を代入する。即ち、

$$t = \frac{8.3^2 \times (0.072 + 0.046)}{2.9^2} = 0.97$$

即ち、１サイクル時間を 0.97 s 以上に設定すると、Tm =2.9 N･m 以下となり許容連続トルク内で連続運転が可能となります。

2）平均回転速度の検討

N =100 r/min、ta=0.072 s、tr=0.14 s、td=0.046 s、t=0.97 s を代入して平均速度を求める。

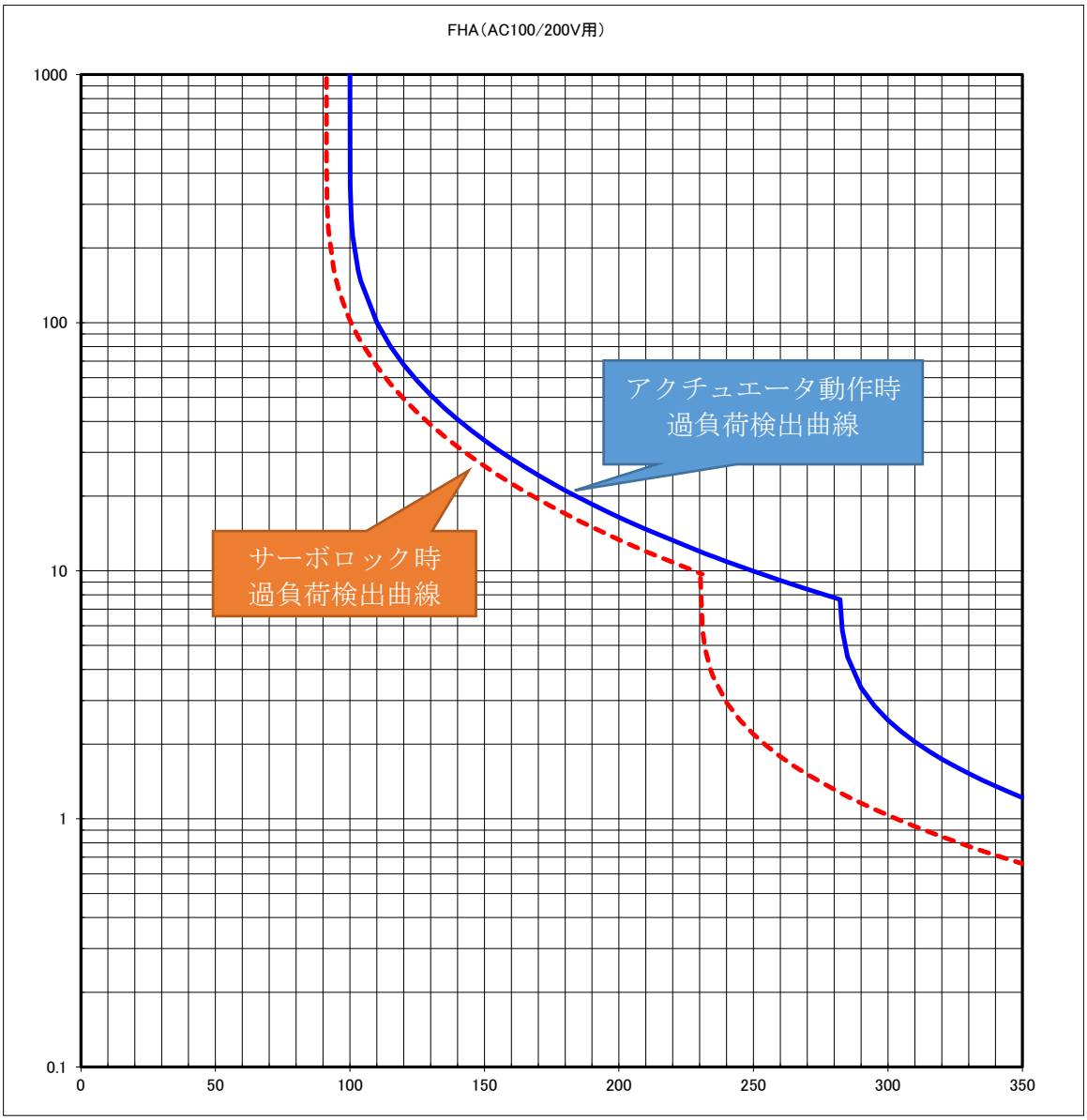
$$N_{av} = \frac{100 / 2 \times 0.072 + 100 \times 0.14 + 100/2 \times 0.046}{0.97} = 20.5 \ \mathrm{r/min}$$

この値は、上表に示す FHA-11C-50 の許容連続回転速度(70 r/min)以下であり、使用可能です。

過負荷検出時間

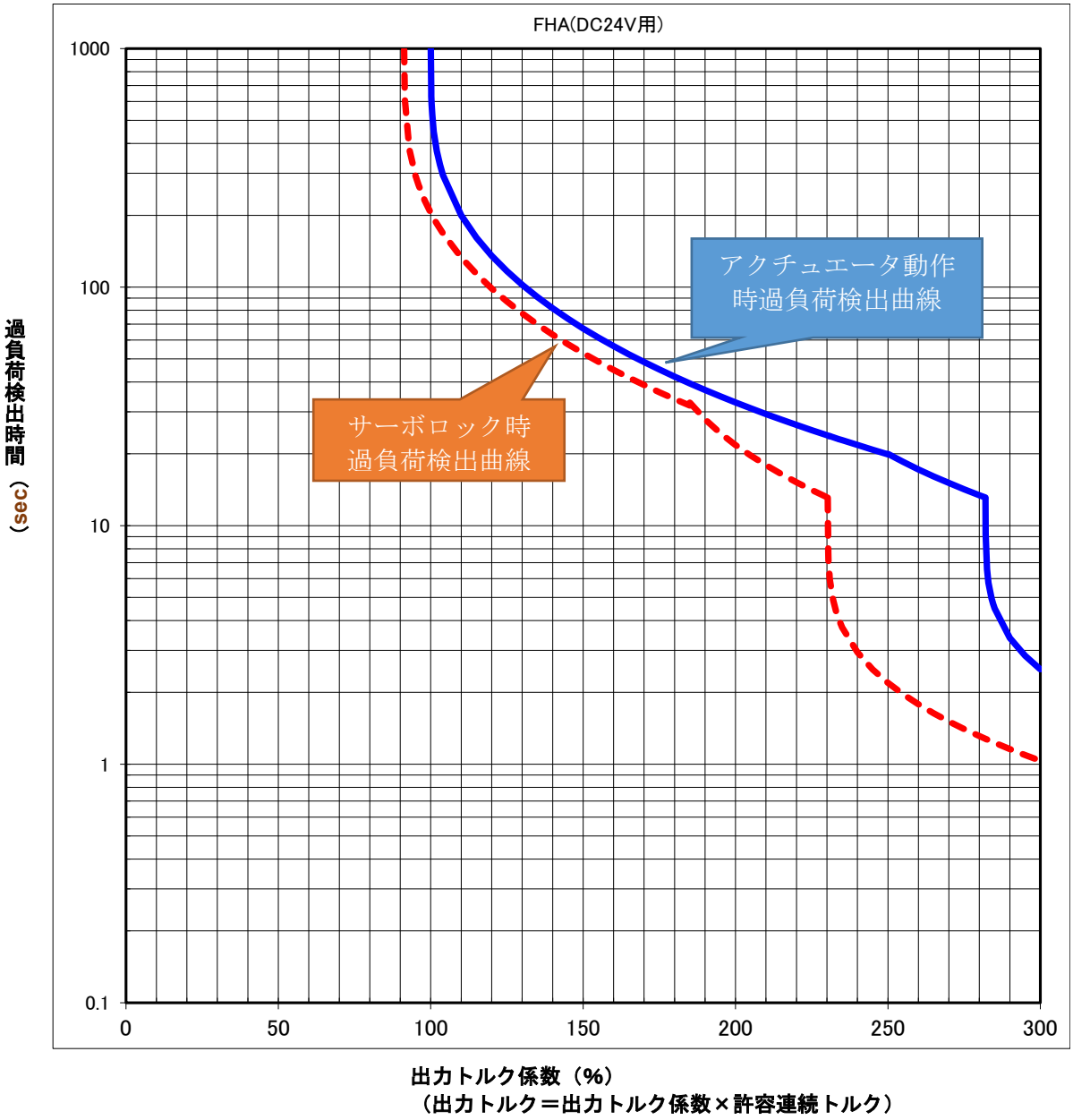
FHA-C mini シリーズを許容連続トルク以上で間欠運転する場合、許容デューティ内であってもアンプの過負荷検出機能によりトルクを連続して出力できる時間が制限されます。この過負荷検出時間を下図に示します。

電源電圧 AC100V／200V 仕様



出力トルク係数（%）
（出力トルク＝出力トルク係数×許容連続トルク）

電源電圧 DC24V 仕様（FHA-8C）



第 3章

設置

ここでは、設置方法について説明します。

3-1　品物の確認……3-1
3-2　取扱上の注意……3-2
3-3　設置場所と設置工事……3-3
3-4　アンプの初期設定……3-5
3-5　PL09：磁極検出レベルの設定について……3-6

3-1 品物の確認

品物の開梱後、次のことを確認してください。

確認の手順

1 輸送中の事故で品物が破損していないか、詳細にご確認ください。
万一、破損している場合は直ちに購入先にご連絡ください。

2 FHA-C mini シリーズアクチュエータの側面に銘板が貼り付けてあります。ご注文品かどうかをこの銘板の「TYPE」欄記載の型式でお確かめください。
万一、違う品の場合は直ちに購入先にご連絡ください。

FHA-8 C-30-D200-C □ J □

- FHA：機種：AC サーボアクチュエータ FHA-C mini シリーズ
- 8：型番：8、11、14
- C：バージョン記号
- 30：ハーモニックドライブ®の減速比
  - 30: 1/30
  - 50: 1/50
  - 100: 1/100
- D200：エンコーダの種類と分解能

D200	インクリメンタルエンコーダ	2000p/rev

- C：コネクタ付き（標準仕様） ※1
- □：入力電源電圧
  - 無し：AC100V,200V 仕様
  - E：DC24V 仕様 （※２）
- J：組合せサーボアンプ
  - J：三菱電機製サーボアンプ駆動仕様
- □：ケーブル引出方向
  - 無し：横方向（標準仕様）
  - K：後方向（オプション仕様）

※1： エンコーダ線のコネクタは、Ｊオプション品専用コネクタになります。
※2： 入力電源電圧が、DC24V 仕様（E）の場合は、型番は８のみとなります。

3-2 取扱上の注意

FHA-C mini シリーズアクチュエータの取扱に際し、以下の注意事項を守って丁寧に取扱ってください。

アクチュエータの端子を直接電源に接続しないでください。アクチュエータが焼損し、火災・感電の危険があります。

（1）特にアクチュエータの出力軸には、規定以上の力や衝撃を加えないよう注意してください。
（2）落下の危険性のある台、棚などに FHA-C mini シリーズアクチュエータを載せないでください。
（3）保存時の温度の限界は、－20℃～＋60℃です。直射日光に長時間あてたり、低温・高温の場所に保管しないでください。
（4）保存時の湿度の限界は、相対湿度 80%以下です。特に高湿な場所や、温度変化の激しい場所・昼夜の温度差のある場所に保管しないでください。
（5）腐食性のガス、粉塵のある場所では使用および保管をしないでください。

3-3 設置場所と設置工事

設置場所の環境条件

FHA-C mini シリーズアクチュエータの設置場所の環境条件は次の通りです。この条件を必ず守って設置場所を決めてください。

- 使用温度： 0℃～40℃
  ボックス内に収納される場合、ボックス内温度は内蔵される機器の電力損失およびボックスの大きさなどにより、外気温度より高くなることがあります。必ずアクチュエータ周辺の温度が 40℃以下になるようにボックスの大きさ、冷却および配置の考慮をしてください。
- 使用湿度：湿度 20～80%、ただし結露の無いこと
  昼夜の温度差が大きい場所や運転・停止がたびたび起こる使用状態では、結露の可能性が高いので注意をお願いします。

- 振動：24.5m/s^2（2.5G）(10Hz～400Hz)以下
- 衝撃：294 m/s^2 (30G)以下
- チリ、ほこり・結露・金属粉・腐食性ガス・水・水滴・オイルミスト等のないこと
- 保護等級： 標準品は、「ＩＰ－４ ４」の保護等級を満たす構造で設計しています。

  水の浸入に対する保護等級を示します。
  ４：全ての方向からの散水に対し保護する。

  接触および異物に対する保護等級を示します。
  ４：１㎜より大きな固形異物に対し保護する。

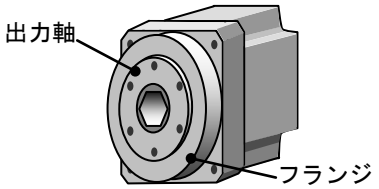
  但し、回転する摺動部（オイルシール部）およびコネクタ部には、適用されません。
- 屋内での使用、ただし直射日光があたらないこと
- 海　　抜：1000m 以下

設置作業

FHA-C mini シリーズアクチュエータは、負荷機械装置を高精度に駆動します。
設置作業にあたり、特に精度面に注意し、アクチュエータの出力部をハンマで叩く等の作業を行わないでください。アクチュエータにはエンコーダを内蔵していますので、大きな衝撃はエンコーダを破壊します。

設置の手順

1 アクチュエータ軸と負荷装置の芯出しを十分に行います。



注 意

- 特に剛体カップリングを使用するときには、充分注意して芯出しを行ってください。わずかな芯ずれでもアクチュエータの許容荷重を越え、出力軸の損傷を起こします。
- 取り付けの際には、衝撃を与えないでください。

2 **平座金と高張力ボルトを使って、負荷機械にアクチュエータフランジを固定してください。**

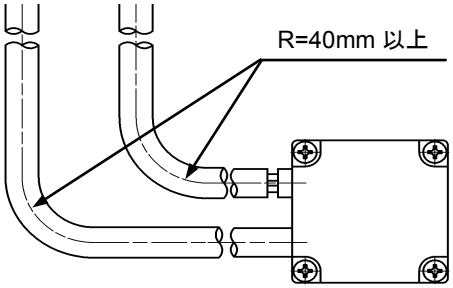
締め付け時には、トルクレンチを使って締め付けトルクを管理してください。
締め付けトルクは次表の通りです。

項目	型式	FHA-8C		FHA-11C		FHA-14C	
		出力軸	フランジ	出力軸	フランジ	出力軸	フランジ
締め付けトルク	ねじ,穴深さ	6-M3 深さ5	4-M3	6-M4 深さ5	4-M4	6-M5 深さ7	4-M5
	N･m	2	1.2	4.5	2.7	9.0	5.4
	kgf･cm	20	12	46	28	92	55

3 **配線作業については、三菱電機製サーボアンプ「MR-J4-_B(1)-RJ920J」製品仕様書（No. BCN-B72000-230）又は、「MR-J4W2-0303B-MX940J」製品仕様書（No. BCN-B72000-227）を参照してください。**

4 **モータケーブル・エンコーダケーブル**

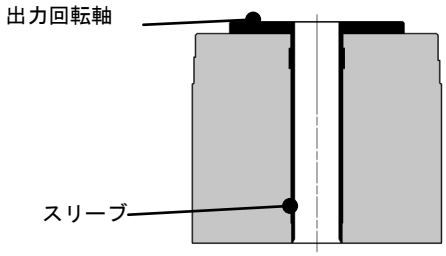
ケーブルは強い力で引っ張らないでください。接続部が損傷する恐れがあります。設置のとき、ケーブルの布線には必ず余裕を持たせ､アクチュエータとの間に張力がかからないようにしてください。特に、ケーブルが屈曲運動をするような使用方法の場合には、充分な曲げ半径（R＝４０mm 以上）を持たせてください。



注 意

中空軸（スリーブ）にトルクおよび荷重を加えないでください。

中空軸（スリーブ）は出力回転軸に接着剤で固定されています。中空軸（スリーブ）に荷重を加えた場合、出力軸と中空軸（スリーブ）が剥離することがあります。
中空軸（スリーブ）にトルクやモーメント荷重およびスラスト荷重が加わるご使用はしないでください。



注 意

アクチュエータの分解・組み立てをしないでください。

アクチュエータは、精密部品を多く使用しています。お客様での分解・組み立てによる精度および性能の低下は保証できません。

3-4 アンプの初期設定

ご購入いただきましたアクチュエータを、サーボアンプで制御するために、以下のパラメータの設定が必要です。

パラメータ	アクチュエータ	設定値	
		FHA-8C (DC24V)	FHA-8/11/14C (AC100/200V)
PA01	運転モード	1060	
PA17	サーボモータシリーズ設定	※1	
PA18	サーボモータタイプ設定		
PC05	電圧選択	0100	0000
PC27	回転方向選択	0000	
PL08	リニアサーボモータ/DD モータ機能選択 3	0010	
PL09	磁極検出レベル	※2	
PL25	分解能設定	1F40	
PL26	分解能設定	0000	

※1　PA17：サーボモータシリーズ設定、PA18：サーボモータタイプ設定 の設定

サーボアンプで制御するために、パラメータ PA17：サーボモータシリーズ設定、PA18：サーボモータタイプ設定を行う必要があります。下表をご覧いただき設定してください。（サーボアンプへの設定についての詳細は三菱電機様にご確認ください。）

アクチュエータ型式	設定値		サーボアンプ型番
	PA17	PA18	
FHA-8C-30-D200-CJ	00E7	191E	MR-J4-10B-RJ920J MR-J4-10B1-RJ920J
FHA-8C-50-D200-CJ		1932	
FHA-8C-100-D200-CJ		1964	
FHA-11C-30-D200-CJ		1A1E	
FHA-11C-50-D200-CJ		1A32	
FHA-11C-100-D200-CJ		1A64	
FHA-14C-30-D200-CJ		1B1E	MR-J4-20B-RJ920J MR-J4-20B1-RJ920J
FHA-14C-50-D200-CJ		1B32	
FHA-14C-100-D200-CJ		1B64	
FHA-8C-30-D200-CEJ		141E	MR-J4W2-0303B6-MX940J
FHA-8C-50-D200-CEJ		1432	
FHA-8C-100-D200-CEJ		1464	

警　告

組み合わせるアクチュエータと異なる設定は行わないでください。
異なる「アクチュエータ」の設定は、トルク不足や過電流によるアクチュエータの焼損を起こす可能性があり、けがや火災を起こすおそれがあります。

※2　「3-5　PL09：磁極検出レベルの設定について」（P3-6）を参照ください。

3-5 PL09：磁極検出レベルの設定について

当アクチュエータの適応サーボアンプは、アクチュエータの励磁動作時に、モータ動力線に直流電圧をかけ、磁極検出を行っています。
当方式を行うための注意点を以下に記載します。

◆　以下の場合は磁極検出を行うことができません。
　①　アクチュエータ出力軸が外部からロックされており、動かすことができない場合
　②　アクチュエータ出力軸が、外力により駆動されている場合

◆　以下の場合は、磁極検出ができない可能性があります。
　③　磁極検出時に、アクチュエータに対して以下のトルク以上の回転を阻害する力がかかっている場合

アクチュエータ型番	回転を阻害する力 [Nm]
FHA-8C-30-D200-CJ	1.1
FHA-8C-50-D200-CJ	2.2
FHA-8C-100-D200-CJ	2.7
FHA-11C-30-D200-CJ	2.8
FHA-11C-50-D200-CJ	5.4
FHA-11C-100-D200-CJ	6.0
FHA-14C-30-D200-CJ	8.4
FHA-14C-50-D200-CJ	12.4
FHA-14C-100-D200-CJ	19.2
FHA-8C-30-D200-CEJ	0.67
FHA-8C-50-D200-CEJ	1.44
FHA-8C-100-D200-CEJ	2.38

①、②に該当していないにも関わらず、サーボアンプが AL27.1：初期磁極検出異常を出力する場合は、上記以上の回転を阻害する力がかかっている可能性があります。
この場合、サーボアンプの、設定パラメータ PL09：磁極検出電圧レベルを変更することにより、磁極検出が行える場合があります。
しかしこの場合でも、以下に示すトルク以上の回転を阻害する力がかかっている場合は、磁極検出を行うことができませんので、阻害する力を軽減してください。

アクチュエータ型番	PL09 初期値	PL09 設定可能最大値	PL09 最大値設定時の励磁可能な回転を阻害する力 [Nm]
FHA-8C-30-D200	13	19	1.8
FHA-8C-50-D200	14	19	3.3
FHA-8C-100-D200	11	16	4.6
FHA-11C-30-D200	10	14	4.3
FHA-11C-50-D200	10	14	8.2
FHA-11C-100-D200	9	12	10.3
FHA-14C-30-D200	11	12	9.4
FHA-14C-50-D200	8	9	14.3
FHA-14C-100-D200	7	8	22.0
FHA-8C-30-D200-CEJ	3	5	1.47
FHA-8C-50-D200-CEJ	3	5	2.87
FHA-8C-100-D200-CEJ	3	4	3.67

第 4章

別売品

ここでは、必要に応じて、ご購入いただく別売品について説明します。

4-1 中継ケーブル …… 4-1

4-1 中継ケーブル

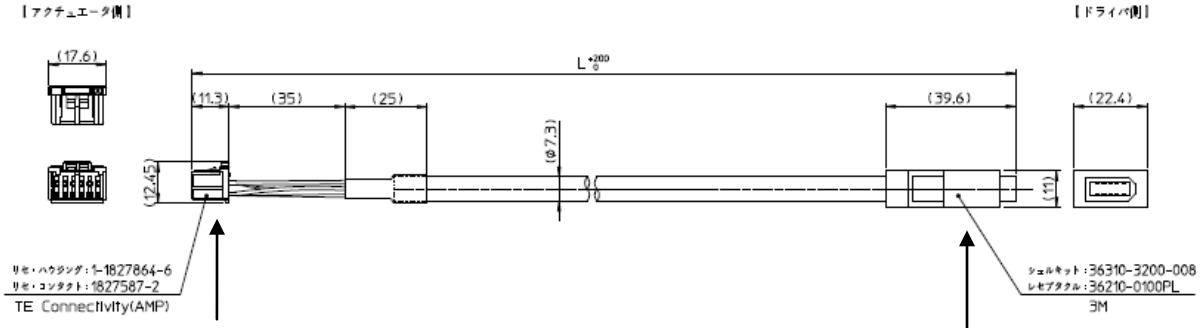
FHA-Cmini シリーズのアクチュエータと三菱電機製サーボアンプを接続する中継ケーブルです。
エンコーダ用、モータ用の 2 種類の中継ケーブルがあります。ご注文頂いたアクチュエータの型式に従って選択してください。

● **中継ケーブル型式** （xx はケーブル長さ「3m、5m、10m」を表します。）

① エンコーダ用

EWC-Exx-A12-3M10-M（AC100/200V 仕様）

ケーブル長さ（03＝3m、05＝5m、10＝10m）：L

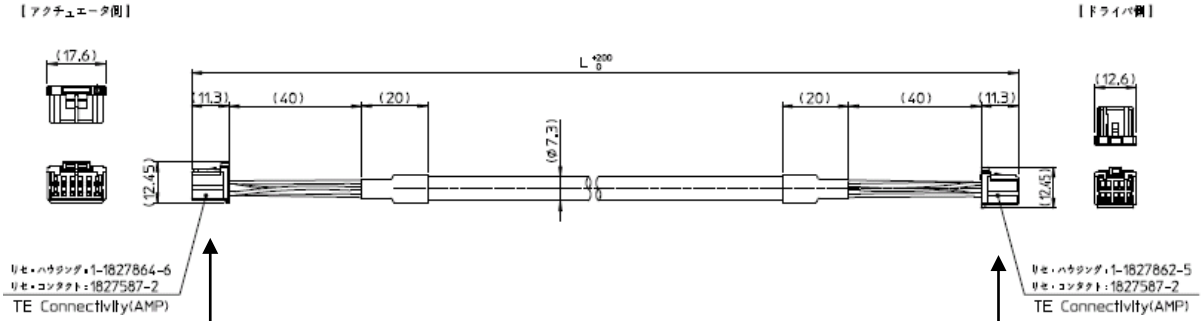


ピン番号	線色	信号名	ピン番号	線色	信号名
1A	青	A 相	1B	白	$\overline{A}$ 相
2A	黄	B 相	2B	茶	$\overline{B}$ 相
3A	緑	Z 相	3B	黒	$\overline{Z}$ 相
4A	赤	+5V	4B	灰	GND
5A	―	―	5B	―	―
6A	ｼｰﾙﾄﾞ	FG	6B	―	―

ピン番号	線色	信号名	ピン番号	線色	信号名
1	赤	+5V	6	茶	$\overline{B}$ 相
2	灰／紫	GND	7	緑	Z 相
3	青	A 相	8	黒	$\overline{Z}$ 相
4	白	$\overline{A}$ 相	9	―	―
5	黄	B 相	10	橙	PSEL

※シールドはコネクタ筐体に接続されています。
※2 番ピンと 10 番ピンはケーブル内で接続されています。

EWC-Exx-A12-A10-M（DC24V 仕様）



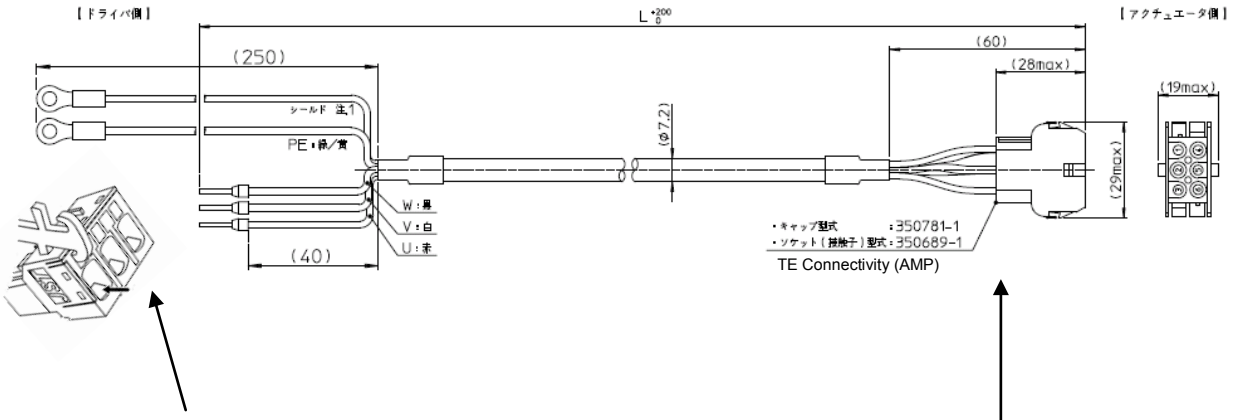
ピン番号	線色	信号名	ピン番号	線色	信号名
1A	青	A 相	1B	白	$\overline{A}$ 相
2A	黄	B 相	2B	茶	$\overline{B}$ 相
3A	緑	Z 相	3B	黒	$\overline{Z}$ 相
4A	赤	+5V	4B	灰	GND
5A	ー	ー	5B	ー	ー
6A	ｼｰﾙﾄﾞ	FG	6B	ー	ー

ピン番号	線色	信号名	ピン番号	線色	信号名
1A	青	A 相	1B	白	$\overline{A}$ 相
2A	黄	B 相	2B	茶	$\overline{B}$ 相
3A	緑	Z 相	3B	黒	$\overline{Z}$ 相
4A	赤	+5V	4B	灰	GND
5A	ｼｰﾙﾄﾞ	FG	5B	ー	ー

②モータ用

EWC-Mxx-A06-TMC-M（AC100/200V 仕様）

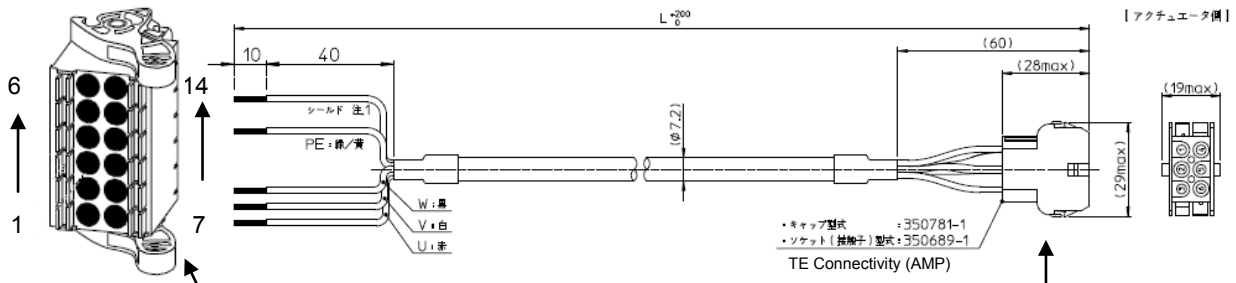
ケーブル長さ（03＝3m、05＝5m、10＝10m）：L



サーボアンプ付属のコネクタを取り付けてご使用ください。

ピン番号	線色	信号名
1	赤	U
2	白	V
3	黒	W
4	緑/黄色 シールド	PE
5	ー	
6	ー	

EWC-Mxx-A06-NC-M（DC24V 仕様）

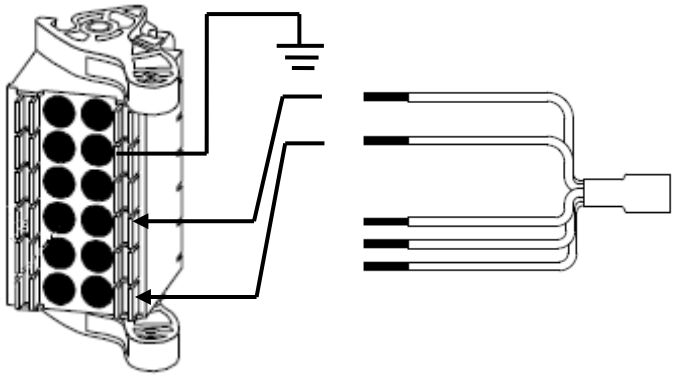


サーボアンプ付属のコネクタを取り付けてご使用ください。

ピン番号	線色	信号名
1	青	A 相
2	黄	B 相
3	緑	Z 相
4	緑/黄色 シールド	PE シールド
5		
6	ー	

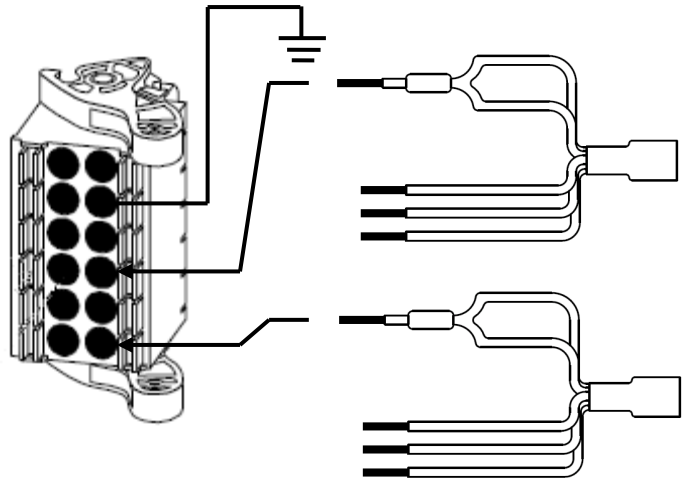
【コネクタ取付時のシールド／PE 線の処理について】
MR-J4W2-0303B6-MX940J アンプ付属のコネクタを取り付ける際、シールド線及び PE 線は以下のように接続ください。

◆MR-J4W2-0303B6-MX940J アンプに接続するアクチュエータが 1 軸の場合



シールド線と PE 線を、CNP1 コネクタの 7pin（E2）及び、9pin（E1）に接続して、11pin（接地）を、FG に設置してください。

◆MR-J4W2-0303B6-MX940J アンプに接続するアクチュエータが 2 軸の場合



シールド線と PE 線を左図のように加工し、それぞれを、CNP1 コネクタの 7pin（E2）及び、9pin（E1）に接続し、11pin（接地）を、FG に設置してください。

付録

ここでは、出荷時設定などについて説明します。

付録-1　単位の換算……付-1
付録-2　慣性モーメントの計算……付-3

付録-1 単位の換算

本技術マニュアルでは、基本的にＳＩ単位系を採用しています。ＳＩ単位系と他の単位系との換算係数は次の通りです。

（1）長さ

SI 単位	m	
単位	ft.	in.
係数	3.281	39.37

単位	ft.	in.
係数	0.3048	0.0254
SI 単位	m	

（2）直線速度

SI 単位	m/s			
単位	m/min	ft./min	ft./s	in/s
係数	60	196.9	3.281	39.37

単位	m/min	ft./min	ft./s	in/s
係数	0.0167	5.08×10^{-3}	0.3048	0.0254
SI 単位	m/s			

（3）直線加速度

SI 単位	m/s^2			
単位	m/min^2	$ft./min^2$	$ft./s^2$	in/s^2
係数	3600	1.18×10^4	3.281	39.37

単位	m/min^2	$ft./min^2$	$ft./s^2$	in/s^2
係数	2.78×10^{-4}	8.47×10^{-5}	0.3048	0.0254
SI 単位	m/s^2			

（4）力

SI 単位	N		
単位	kgf	lb(力)	oz(力)
係数	0.102	0.225	4.386

単位	kgf	lb(力)	oz(力)
係数	9.81	4.45	0.278
SI 単位	N		

（5）質量

SI 単位	kg	
単位	lb.	oz.
係数	2.205	35.27

単位	lb.	oz.
係数	0.4535	0.02835
SI 単位	kg	

（6）角度

SI 単位	rad		
単位	度	分	秒
係数	57.3	3.44×10^3	2.06×10^5

単位	度	分	秒
係数	0.01755	2.93×10^{-4}	4.88×10^{-6}
SI 単位	rad		

（7）角速度

SI 単位	rad/s			
単位	度/s	度/min	r/s	r/min
係数	57.3	3.44×10^3	0.1592	9.55

単位	度/s	度/min	r/s	r/min
係数	0.01755	2.93×10^{-4}	6.28	0.1047
SI 単位	rad/s			

（8）角加速度

SI 単位	rad/s^2	
単位	度/s^2	度/min^2
係数	57.3	3.44×10^3

単位	度/s^2	度/min^2
係数	0.01755	2.93×10^{-4}
SI 単位	rad/s^2	

（9）トルク

SI 単位	N･m			
単位	kgf･m	lb･ft	lb･in	oz･in
係数	0.102	0.738	8.85	141.6

単位	kgf･m	lb･ft	lb･in	oz･in
係数	9.81	1.356	0.1130	7.06×10^{-3}
SI 単位	N･m			

（10）慣性モーメント

SI 単位	kg･m^2							
単位	kgf･m･s^2	kgf･cm･s^2	lb･ft^2	lb･ft･s^2	lb･in^2	lb･in･s^2	oz･in^2	oz･in･s^2
係数	0.102	10.2	23.73	0.7376	3.42×10^3	8.85	5.47×10^4	141.6

単位	kgf･m･s^2	kgf･cm･s^2	lb･ft^2	lb･ft･s^2	lb･in^2	lb･in･s^2	oz･in^2	oz･in･s^2
係数	9.81	0.0981	0.0421	1.356	2.93×10^{-4}	0.113	1.829×10^{-5}	7.06×10^{-3}
SI 単位	kg･m^2							

（11）ねじりバネ定数・モーメント剛性

SI 単位	N･m/rad				
単位	kgf･m/rad	kgf･m/arc min	kgf･m/度	lb･ft/度	lb･in/度
係数	0.102	2.97×10^{-5}	1.78×10^{-3}	0.0129	0.1546

単位	kgf･m/rad	Kgf･m/arc min	kgf･m/度	lb･ft/度	lb･in/度
係数	9.81	3.37×10^4	562	77.6	6.47
SI 単位	N･m/rad				

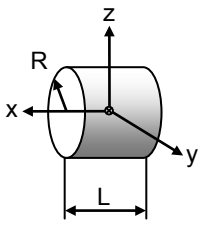
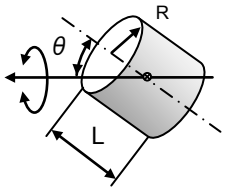
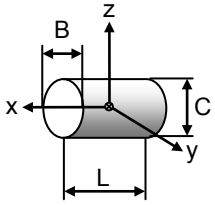
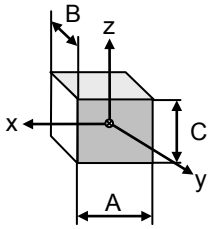
付録-2 慣性モーメントの計算

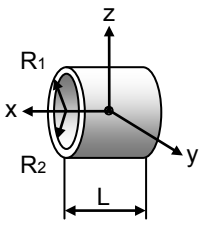
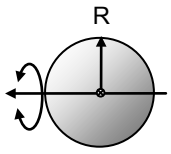
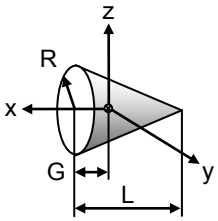
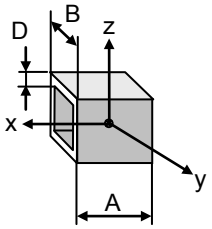
質量・慣性モーメントの計算式

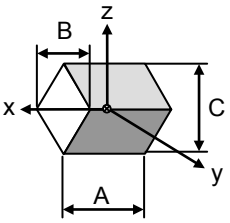
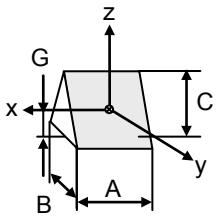
（1）回転中心が重心線と一致しているとき

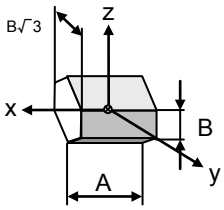
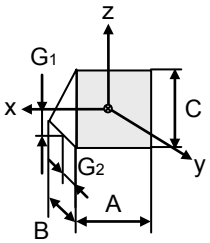
次表は、質量・慣性モーメントの計算式です。
m：質量（kg）、Ix,Iy,Iz：x,y,z 軸を回転中心とする慣性モーメント(kg･m^2)
G：重心の端面からの距離
ρ ：密度（kg/m^3）

単位　長さ：m、質量：kg、慣性モーメント：kg･m^2

物体形状	質量・慣性・重心位置
円柱 	$m=\pi R^2 L\rho$ $Ix=\frac{1}{2}mR^2$ $Iy=\frac{1}{4}m\left(R^2+\frac{L^2}{3}\right)$ $Iz=\frac{1}{4}m\left(R^2+\frac{L^2}{3}\right)$
傾いた円柱 	$m=\pi R^2 L\rho$ $I_\theta=\frac{1}{12}m$ $\times\left\{3R^2\left(1+\cos^2\theta\right)+L^2\sin^2\theta\right\}$
楕円柱 	$m=\frac{1}{4}BCL\rho$ $Ix=\frac{1}{16}m\left(B^2+C^2\right)$ $Iy=\frac{1}{4}m\left(\frac{C^2}{4}+\frac{L^2}{3}\right)$ $Iz=\frac{1}{4}m\left(\frac{B^2}{4}+\frac{L^2}{3}\right)$
角柱 	$m=ABC\rho$ $Ix=\frac{1}{12}m\left(B^2+C^2\right)$ $Iy=\frac{1}{12}m\left(C^2+A^2\right)$ $Iz=\frac{1}{12}m\left(A^2+B^2\right)$

物体形状	質量・慣性・重心位置
丸パイプ  R1：外径、R2：内径	$m=\pi\left(R_1{}^2-R_2{}^2\right)L\rho$ $Ix=\frac{1}{2}m\left(R_1{}^2+R_2{}^2\right)$ $Iy=\frac{1}{4}m\left\{\left(R_1{}^2+R_2{}^2\right)+\frac{L^2}{3}\right\}$ $Iz=\frac{1}{4}m\left\{\left(R_1{}^2+R_2{}^2\right)+\frac{L^2}{3}\right\}$
球 	$m=\frac{4}{3}\pi R^3\rho$ $I=\frac{2}{5}mR^2$
円錐 	$m=\frac{1}{3}\pi R^2 L\rho$ $Ix=\frac{3}{10}mR^2$ $Iy=\frac{3}{80}m\left(4R^2+L^2\right)$ $Iz=\frac{3}{80}m\left(4R^2+L^2\right)$ $G=\frac{L}{4}$
正四角パイプ 	$m=4AD(B-D)\rho$ $Ix=\frac{1}{3}m\left\{(B-D)^2+D^2\right\}$ $Iy=\frac{1}{6}m\left\{\frac{A^2}{2}+(B-D)^2+D^2\right\}$ $Iz=\frac{1}{6}m\left\{\frac{A^2}{2}+(B-D)^2+D^2\right\}$

物体形状	質量・慣性・重心位置
菱形柱 	$m=\frac{1}{2}ABC\rho$ $Ix=\frac{1}{24}m\left(B^2+C^2\right)$ $Iy=\frac{1}{24}m\left(C^2+2A^2\right)$ $Iz=\frac{1}{24}m\left(B^2+2A^2\right)$
等辺三角柱 	$m=\frac{1}{2}ABC\rho$ $Ix=\frac{1}{12}m\left(\frac{B^2}{2}+\frac{2}{3}C^2\right)$ $Iy=\frac{1}{12}m\left(A^2+\frac{2}{3}C^2\right)$ $Iz=\frac{1}{12}m\left(A^2+\frac{B^2}{2}\right)$ $G=\frac{C}{3}$

物体形状	質量・慣性・重心位置
正六角柱 	$m=\frac{3\sqrt{3}}{2}AB^2\rho$ $Ix=\frac{5}{12}mB^2$ $Iy=\frac{1}{12}m\left(A^2+\frac{5}{2}B^2\right)$ $Iz=\frac{1}{12}m\left(A^2+\frac{5}{2}B^2\right)$
直角三角柱 	$m=\frac{1}{2}ABC\rho$ $Ix=\frac{1}{36}m\left(B^2+C^2\right)$ $Iy=\frac{1}{12}m\left(A^2+\frac{2}{3}C^2\right)$ $Iz=\frac{1}{12}m\left(A^2+\frac{2}{3}B^2\right)$ $G_1=\frac{C}{3}$　　$G_2=\frac{B}{3}$

比重の例

次表は比重の参考値です。実際の材料の比重については、個々に確認してください。

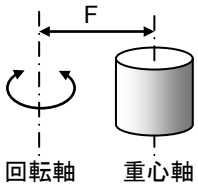
材料	比重	材料	比重	材料	比重
SUS304	7.93	アルミニュウム	2.70	エポキシ樹脂	1.90
S45C	7.86	ジュラルミン	2.80	ABS	1.10
SS400	7.85	シリコン	2.30	シリコン樹脂	1.80
鋳鉄	7.19	石英ガラス	2.20	ウレタンゴム	1.25
銅	8.92	テフロン	2.20		
真鍮	8.50	フッソ樹脂	2.20		

（２）回転中心が重心線と不一致のとき

慣性体の重心軸と回転軸が一致していないときの慣性モーメントは、次式で計算します。

$$I=Ig+mF^2$$

I：　重心軸と回転軸が不一致時の慣性モーメント　（kg･m^2）
I_g：　重心軸と回転軸が一致時の慣性モーメント　（kg･m^2）
形状に応じ（１）の式で計算します。
m：　質量　（kg）
F：　回転軸と重心軸の距離（m）



（３）直線運動物体の慣性モーメント

ネジなどで駆動される直線運動物体の FHA-C アクチュエータ軸換算慣性モーメントは、次式で計算します。

$$I=m\left(\frac{P}{2\pi}\right)^2$$

I：　直線運動物体のアクチュエータ軸換算慣性モーメント　（kg･m^2）
m：　質量　（kg）
P：　アクチュエーター回転当たりの直線移動量　（m/rev）

索引

あ

安全係数 2-6

う

運転状況の検討 2-7

か

外形寸法 1-6
概要 1-1
型式 1-2
環境 3-3
慣性モーメント 2-2, 付-3

く

組合せ 1-3

け

結線 1-20

こ

剛性 1-11

さ

最大負荷 2-3

し

実効トルク 2-13
仕様 1-4
使用回転速度 2-7
使用可能領域 1-14

せ

精度 1-8

た

単位 付-1

ち

中継ケーブル 4-1

て

デューティ 2-10
電源 2-1

ね

ねじり剛性 1-12

ふ

負荷 2-3
負荷トルク 2-8
分解能 1-10

へ

ベアリング 2-5

ら

ラジアル荷重 2-6

保証期間と保証範囲

本製品の保証期間および保証範囲は、次の通りとさせていただきます。

■保証期間

技術資料および取扱説明書に記載された、各項を遵守してご使用頂く事を条件に、納入後１年間、または当該品につき運転時間 2,000 時間のどちらか早い到達時期とさせていただきます。

■保証範囲

上記保証期間内において、弊社の製造上の不具合により故障した場合は、当該品の修理、または交換を弊社側の責任において行います。
ただし、次に該当する場合は、保証対象範囲から除外させていただきます。
①お客様の不適当な取り扱いまたは使用による場合
②弊社以外による改造、または修理による場合
③故障の原因が当該品以外の事由による場合
④その他、天災など弊社側に責任がない場合
なお、ここでいう保証とは、当該品についての保証を意味するものです。
当該品の故障により誘発される他の損害、実機よりの取り外しおよび取り付けに関する工数、費用等については弊社負担範囲外とさせていただきます。

株式会社 ハーモニックドライブシステムズ

HarmonicDrive® ハーモニックドライブ®　HarmonicPlanetary® ハーモニックプラネタリ®　HarmonicGrease® ハーモニックグリース®
HarmonicGearhead® ハーモニックギヤヘッド®　HarmonicLinear® ハーモニックリニア®　BEAM SERVO® ビームサーボ®　Harmonicsyn® ハーモニックシン®

Registered Trademark in Japan

■緊急時の修理・技術お問い合わせ窓口【緊急の修理依頼および技術的な相談窓口です】

Ｔ Ｅ Ｌ ：CS部　０２６３（８３）６８１２

受付時間　：　月～金曜日　９：００～１２：００　１３：００～１７：００（土曜、日曜、祝日、弊社指定休日を除く）

ISO14001／ISO9001 認証取得（TÜV SÜD Management Service GmbH）
本技術資料に記載されている仕様・寸法などは予告なく変更することがあります。
本技術資料は、2021 年 7 月現在のものです。

https://www.hds.co.jp/

本　　社／東京都品川区南大井 6-25-3 いちご大森ビル
〒140-0013　TEL. 03(5471)7800㈹　FAX. 03(5471)7811
東京営業所／東京都品川区南大井 6-25-3 いちご大森ビル
〒140-0013　TEL. 03(5471)7830㈹　FAX. 03(5471)7836
東京営業所北関東チーム／東京都品川区南大井 6-25-3 いちご大森ビル
〒140-0013　TEL. 03(6410)8485㈹　FAX. 03(6410)8486
甲信営業所／長野県安曇野市穂高有明 5103-1
〒399-8301　TEL. 0263(81)5940㈹　FAX. 0263(50)5010
中部営業所／愛知県名古屋市名東区照が丘 21 TM21-2F
〒465-0042　TEL. 052(773)7451㈹　FAX. 052(773)7462
関西営業所／大阪府大阪市淀川区西中島 7-4-17 新大阪上野東洋ビル 3F
〒532-0011　TEL. 06(6885)5720㈹　FAX. 06(6885)5725
九州営業所／福岡県福岡市博多区博多駅前 1-15-20 NMF 博多駅前ビル 7F
〒812-0011　TEL. 092(451)7208㈹　FAX. 092(481)2493
海外営業本部／長野県安曇野市穂高有明 5103-1
〒399-8301　TEL. 0263(81)5950㈹　FAX. 0263(50)5010
穂高工場／長野県安曇野市穂高牧 1856-1
〒399-8305　TEL. 0263(83)6800㈹　FAX. 0263(83)6901

「ハーモニックドライブ®」の学術的・一般名称は「波動歯車装置」であり、「ハーモニックドライブ®」は当社が製造販売する製品にのみ使用できる登録商標です。

No.2107-3R-TFHAmini2M