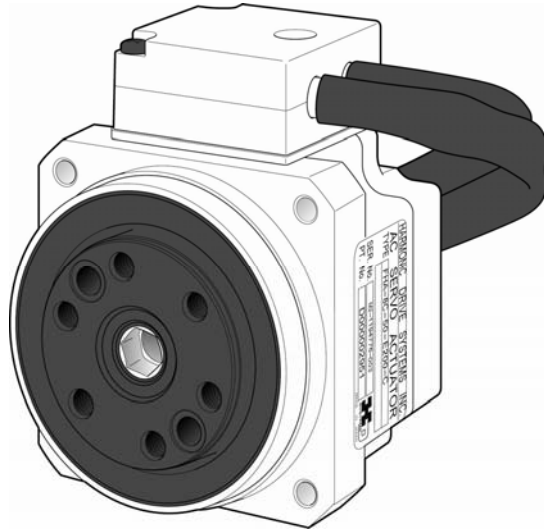


Harmonic Drive[®]

AC サーボアクチュエータ FHA-Cmini シリーズ 技術資料



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



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/s²以下
- ・ 衝撃：294m/s²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。

● ご使用上の注意



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ドライバ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、アームをぶつくと出力軸が制御不能になることがあります。

ドライバ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。
 ドライバは熱を発生します。放熱に十分注意して、次の条件でご使用ください

- ・ 取り付け方向は垂直にし、十分空間を設ける
- ・ 0~50℃、95%RH 以下(結露のないこと)
- ・ 振動、衝撃のないこと
- ・ チリ、ほこり、腐食性、爆発性ガスのないこと

ノイズ処理、接地処理を確実に行ってください。
 信号線にノイズが乗ると振動や動作不良が起こります。次の条件をお守りください。

- ・ 強電線と弱電線は分離してください。
- ・ 配線は極力短くしてください。
- ・ アクチュエータ、ドライバの設置は1点接地でD種接地（接地抵抗 100Ω以下）以上としてください。
- ・ モータ回路に電源入力用フィルタを使用しないでください。


負荷側から回す運転には十分ご注意ください。

- ・ アクチュエータが負荷側から回されながら運転を行うとドライバが壊れるおそれがあります。
- ・ このような使用にあたっては弊社にご相談ください。

漏電ブレーカはインバータ用を使用してください。
 漏電ブレーカを使用する場合はインバータ用を使用してください。時延形の使用はできません。

本製品を、人命にかかわるような設備およ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。

● ご使用上の注意



警告

通電中は配線変更をしないでください。
 配線の取り外し、コネクタの抜き差しは必ず電源を切ってから行ってください。感電や暴走の危険があります。

電源オフ後 15 分間は、端子部に触れないでください。

- ・ 電源を切っても内部に電気がたまっています。感電防止のため、点検作業は電源オフ後、15分以上経過後、CHARGE ランプの消灯を確認してから実施してください。
- ・ 設置にあたっては、内部の電気部品に簡単にさわれない構造としてください。



耐電圧試験は行わないでください。

- ・ メガーテストおよび耐圧試験は行わないでください。ドライバの制御回路を破壊します。
- ・ このような使用にあたっては弊社にご相談ください。

電源のオン/オフでの運転はできません。

- ・ 電源のオン/オフを頻繁に行うと内部回路素子の劣化を招きます。
- ・ アクチュエータの運転/停止は、指令信号で行ってください。

廃棄について



産集廃棄物として処理してください。

ドライバには、ケースおよび筐体に材質表示がしてありますので分別して廃棄をお願いします。

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。
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	5
目次	6

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 ドライバとの組合せ	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／インクリメンタルエンコーダ仕様）	1-6
ケーブル後方向引出し（オプション仕様／インクリメンタルエンコーダ仕様）	1-7
ケーブル横方向引出し（標準仕様／アブソリュートエンコーダ仕様）	1-8
1-6 機械的精度	1-9
1-7 一方向位置決め精度	1-10
水平割出時角度補正機能	1-10
1-8 検出器分解能	1-11
1-9 剛性	1-12
モーメント剛性	1-12
回転方向ねじり剛性	1-13
1-10 回転方向	1-14
1-11 耐衝撃	1-15
1-12 耐振動	1-16
1-13 使用可能領域	1-17
1-14 結線仕様	1-24

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.....	3-3
3-3	設置場所と設置工事.....	3-4
	設置場所の環境条件.....	3-4
	設置作業.....	3-4

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
	円柱の慣性モーメント.....	付-5

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	ドライバとの組合せ	1-3
1-4	仕様	1-4
1-5	外形寸法	1-6
1-6	機械的精度	1-9
1-7	一方向位置決め精度	1-10
1-8	検出器分解能	1-11
1-9	剛性	1-12
1-10	回転方向	1-14
1-11	耐衝撃	1-15
1-12	耐振動	1-16
1-13	使用可能領域	1-17
1-14	結線仕様	1-24

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。(*1)

HA-800 および HA-680 ドライバは、FHA-C mini シリーズ駆動用に専用に開発した、位置・速度制御のサーボ駆動装置です。小型で多機能なドライバは 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 (*1)

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

検出器分解能で 800,000/rev (インクリメンタルエンコーダ)、13,107,200/rev (アブソリュートエンコーダ)、実際の一方向位置決め精度で 90 秒以下 (FHA-14C-100) と高精度です。

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。

アブソリュートエンコーダ

従来品のインクリメンタルエンコーダに加え、アブソリュートエンコーダを追加しました。バリエーションの充実により、幅広いご要望にお応え致します。

(*1) : アブソリュートエンコーダ仕様は中空構造ではありません。

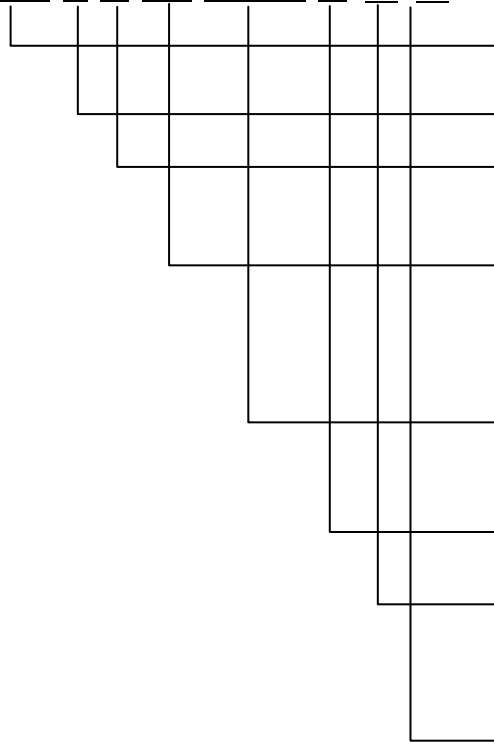
1-2 型式

1

概要

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-E200-C □ □



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

E200	インクリメンタル エンコーダ	2000p/rev
12S17b	アブソリュート エンコーダ	131,072p/rev (17bit)

コネクタ付き(標準仕様)

入力電源電圧 無し : AC100V,200V 仕様
E : DC24V 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/
インクリメンタルエンコーダのみ対応)

1-3 ドライバとの組合せ

FHA-C mini シリーズアクチュエータは、HA-800 または HA-680 ドライバと組合せて使用します。ドライバは、電源電圧に応じた機種を用意しています。組合せは次の通りです。

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	組合せドライバ		
				汎用 I/O 指令タイプ	MECHATROLINK-II 対応	CC-Link 対応
FHA-C mini シリーズ	8	AC200	4本省線インクリメンタル	HA-800A-1C-200	HA-800B-1C-200	HA-800C-1C-200
	11	AC200				
	14	AC200				
	8	AC100		HA-800A-1C-100	HA-800B-1C-100	HA-800C-1C-100
	11	AC100				
	14	AC100				
FHA-C mini シリーズ	8	AC200	17bit アブソリュート	HA-800A-1D-200	HA-800B-1D-200	HA-800C-1D-200
	11	AC200				
	14	AC200				
	8	AC100		HA-800A-1D-100	HA-800B-1D-100	HA-800C-1D-100
	11	AC100				
	14	AC100				
FHA-C mini シリーズ	8	DC24	4本省線インクリメンタル	HA-680-4-24	HA-680ML-4-24	HA-680CL-4-24
	11	DC24				
	14	DC24		HA-680-6-24	HA-680ML-6-24	HA-680CL-6-24
	8	DC24				
	11	DC24		HA-680-4-24	HA-680ML-4-24	HA-680CL-4-24
	14	DC24				
8	DC24	HA-680-6-24	HA-680ML-6-24	HA-680CL-6-24		
11	DC24					

1-4 仕様

1

概要

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3	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
最高回転速度	r/min		200	120	60	200	120	60	200	120	60
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3	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3	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 (ドライバ)	V		AC200、AC100								
誘起電圧定数 (相間)	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°C)		14			3.7			1.4		
相インダクタンス	mH		5.8			3.4			1.8		
慣性モーメント	INC (GD ² /4) (J)	kg・m ²	0.0026	0.0074	0.029	0.0060	0.017	0.067	0.018	0.050	0.20
		kgf・cm・s ²	0.0270	0.0750	0.30	0.0610	0.170	0.680	0.180	0.510	2.00
	ABS (GD ² /4) (J)	kg・m ²	0.0026	0.0073	0.029	0.0062	0.017	0.069	0.019	0.054	0.215
		kgf・cm・s ²	0.0270	0.0747	0.298	0.0630	0.176	0.705	0.197	0.547	2.189
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		
モータ位置検出器	INC		インクリメンタルエンコーダ：2000パルス/回転								
	ABS		アブソリュートエンコーダ：多回転16bit (65536回転)、 1回転17bit (131072パルス/回転)								
検出器分解能 注5	INC(4 通信時)	パルス/回転	240,000	400,000	800,000	240,000	400,000	800,000	240,000	400,000	800,000
	ABS (出力軸換算)	パルス/回転	3,932,160	6,553,600	13,107,200	3,932,160	6,553,600	13,107,200	3,932,160	6,553,600	13,107,200
一方向位置決め精度		秒 (角度)	150	120	120	120	90	90	120	90	90
		角度補正時	HA-800ドライバの角度補正機能により、無外乱時に上記値より30%向上 注6								
質量	INC	kg	0.40			0.62			1.2		
	ABS	kg	0.50			0.75			1.3		
保護構造			全閉自冷型(IP44相当)								
周囲環境条件			使用温度：0~40°C/保存温度：-20~60°C 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 海拔1000m以下 耐磁気ノイズ：0.01テスラ (ABS)								
モータ絶縁			絶縁抵抗：100M Ω 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 (アブソリュートエンコーダは取得予定です。)								
取り付け方向			全方向取り付け可能								

注1：(INC)はインクリメンタルエンコーダ、(ABS)はアブソリュートエンコーダを示します。

注 2：上表の値は、出力軸における値を示しています。

注 3：HA-800 ドライバと組み合わせたときの値です。

注 4：各値は、代表値です。

注 5：検出器分解能は以下の値になります。

インクリメンタルエンコーダ：(モータ軸エンコーダ 4 通倍時分解能)×(減速比)。

アブソリュートエンコーダ：(モータ軸エンコーダ分解能)×(減速比)

注 6：詳細内容については、HA-800 ドライバの技術資料を参照してください。

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			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
最高回転速度	r/min	200	120	60	200	120	60	200	120	60
トルク定数	N·m/A	0.8	1.3	2.7	0.8	1.3	2.6	0.8	1.4	2.9
	kgf·m/A	0.08	0.13	0.28	0.08	0.13	0.27	0.08	0.14	0.30
最大電流 注 2	A	3.0	3.3	2.4	7.8	8.2	5.6	14.8	16.4	12.3
許容連続電流 注 2	A	1.6	1.7	1.3	3.7	3.5	2.8	6	5.4	4.4
入力電源電圧 (ドライバ)	V	DC24								
誘起電圧定数 (相間)	V/(r/min)	0.10	0.16	0.32	0.09	0.15	0.31	0.10	0.17	0.34
相抵抗	Ω (20°C)	0.54			0.19			0.07		
相インダクタンス	mH	0.22			0.11			0.06		
慣性モーメント (GD ² /4) INC (J)	kg·m ²	0.0026	0.0074	0.029	0.0060	0.017	0.067	0.018	0.050	0.20
	kgf·cm·s ²	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		
モータ位置検出器		インクリメンタルエンコーダ：2000 パルス/回転								
検出器分解能(4 通倍時) 注 4	パルス/回転	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
	角度補正時	HA-680 ドライバの角度補正機能により、無外乱時に上記値より 30%向上 注 5								
質量	kg	0.40			0.62			1.2		
保護構造		全閉自冷型(IP44 相当)								
周囲環境条件		使用温度：0~40°C / 保存温度：-20~60°C 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 海拔 1000m 以下								
モータ絶縁		絶縁抵抗：100M Ω 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：HA-680 ドライバ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：検出器分解能は(モータ軸エンコーダ 4 通倍時分解能)×(減速比)の値です。

注 5：詳細内容については、HA-680 ドライバの技術資料を参照してください。

注 6：電源電圧 24V 仕様は、アブソリュートエンコーダに対応していません。インクリメンタルエンコーダとの組み合わせとなります。

1-5 外形寸法

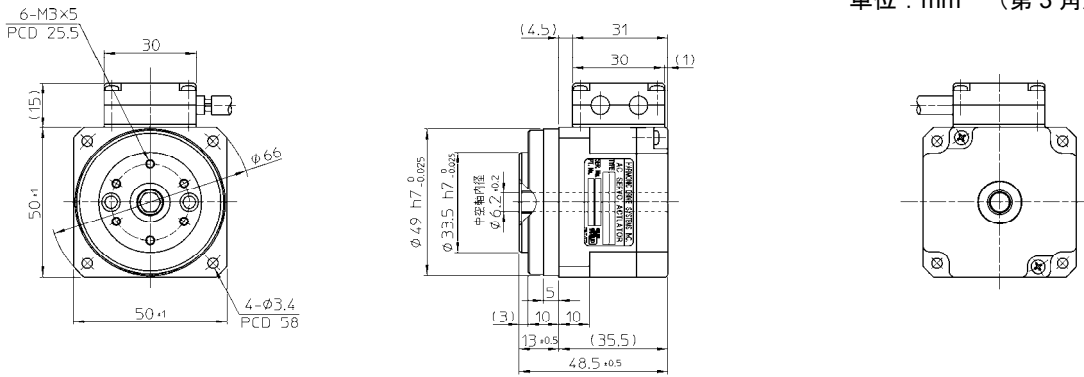
1 概要

下図は FHA-C mini シリーズアクチュエータの外形寸法です。

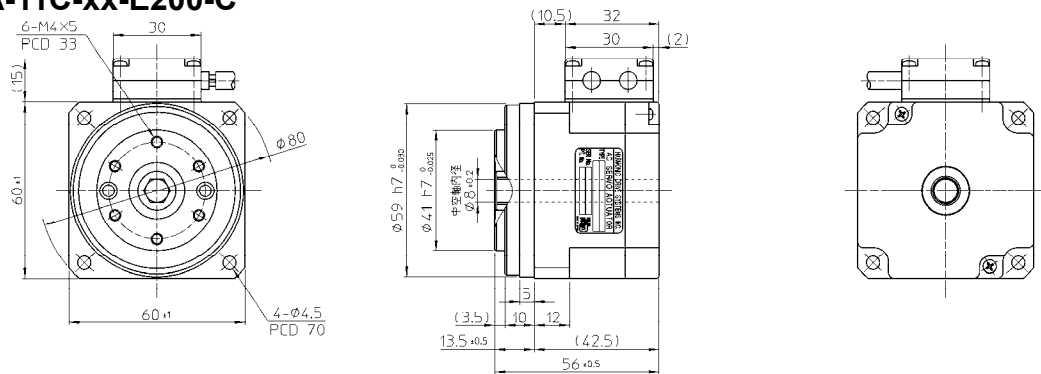
ケーブル横方向引出し（標準仕様／インクリメンタルエンコーダ仕様）

FHA-8C-xx-E200-C

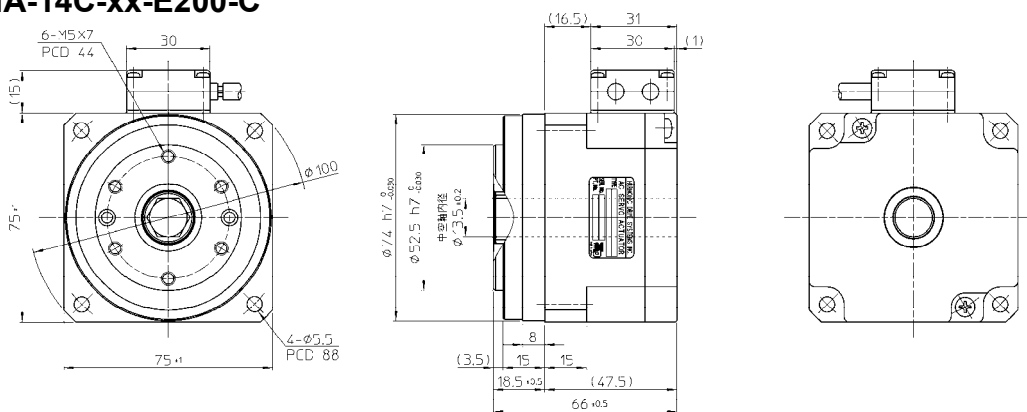
単位：mm（第3角法）



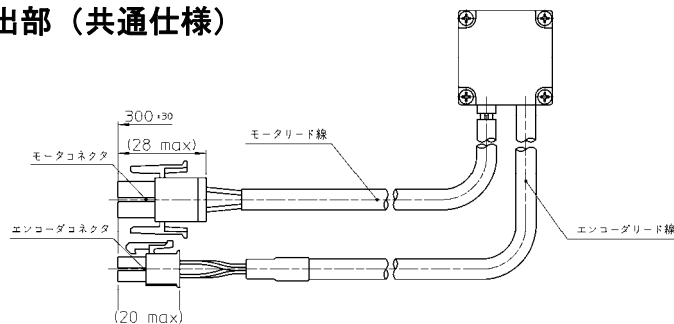
FHA-11C-xx-E200-C



FHA-14C-xx-E200-C



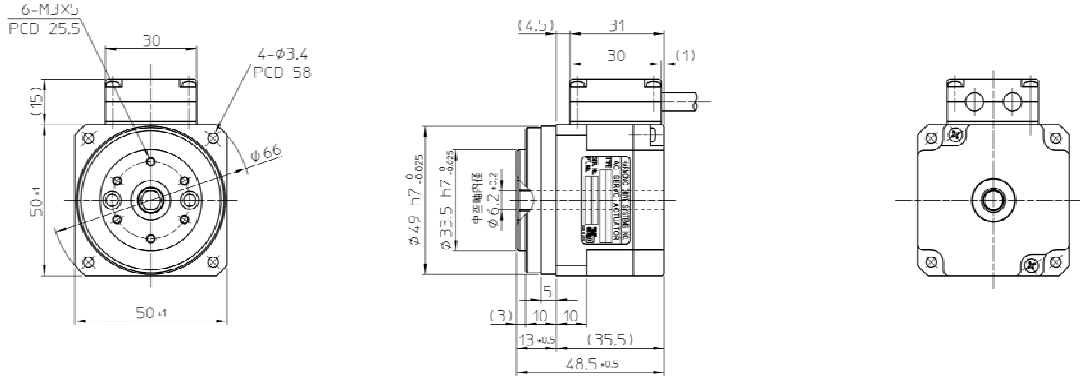
ケーブル引出部（共通仕様）



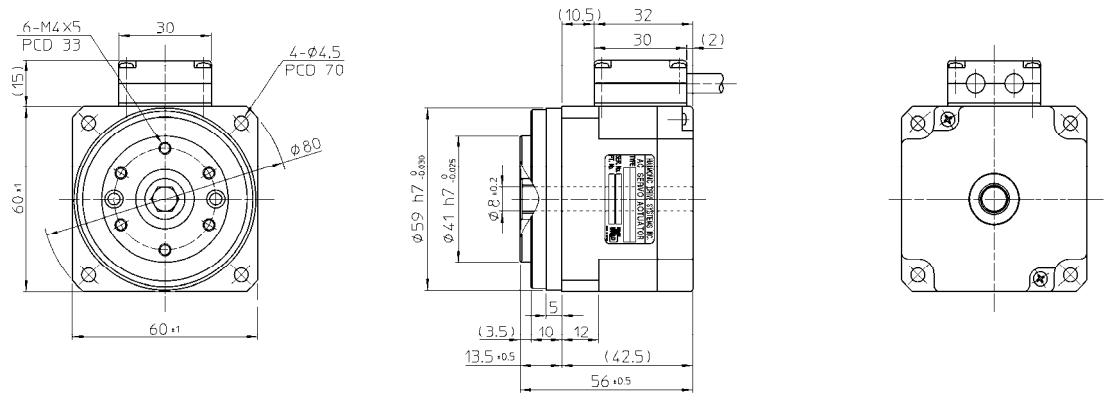
ケーブル後方向引出し (オプション仕様/インクリメンタルエンコーダ仕様)

FHA-8C-xx-E200-CK

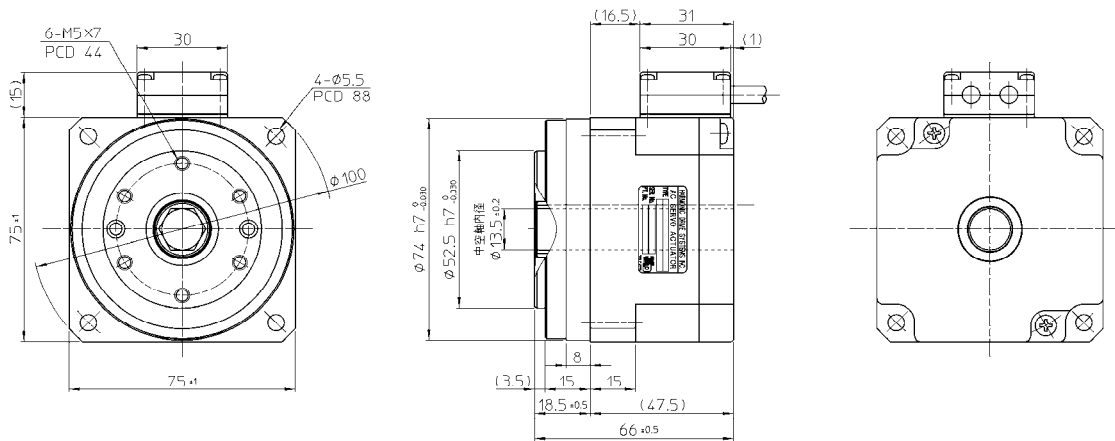
単位 : mm (第3角法)



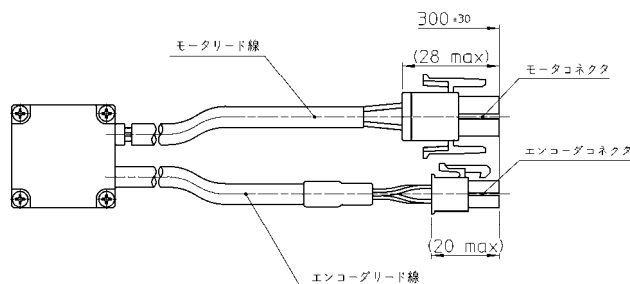
FHA-11C-xx-E200-CK



FHA-14C-xx-E200-CK



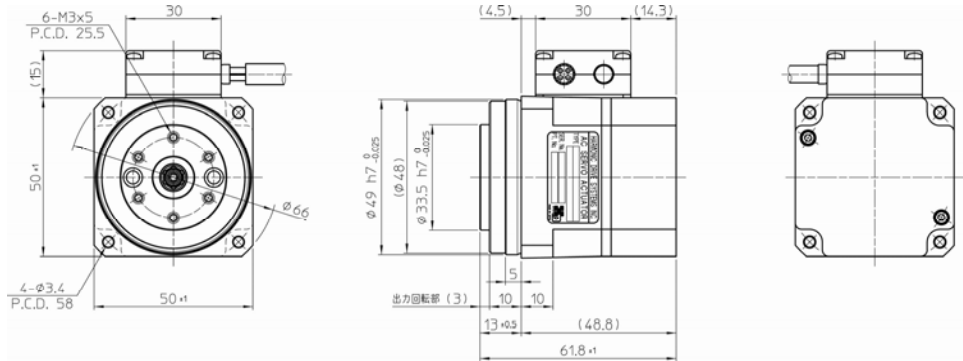
ケーブル引出部 (共通仕様)



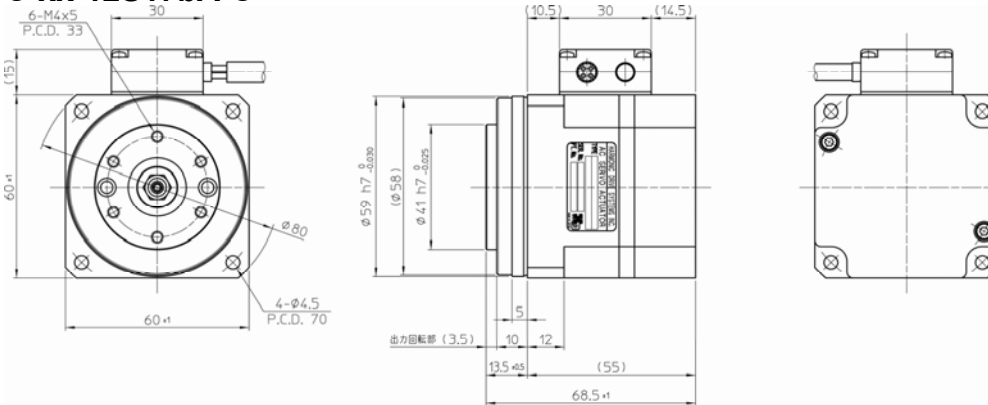
ケーブル横方向引出し（標準仕様／アブソリュートエンコーダ仕様）

FHA-8C-xx-12S17bA-C

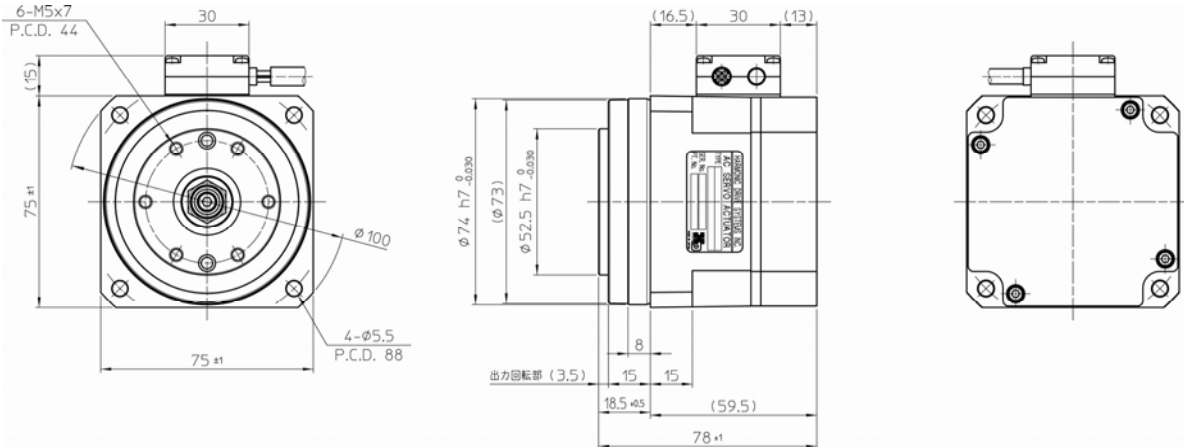
単位：mm（第3角法）



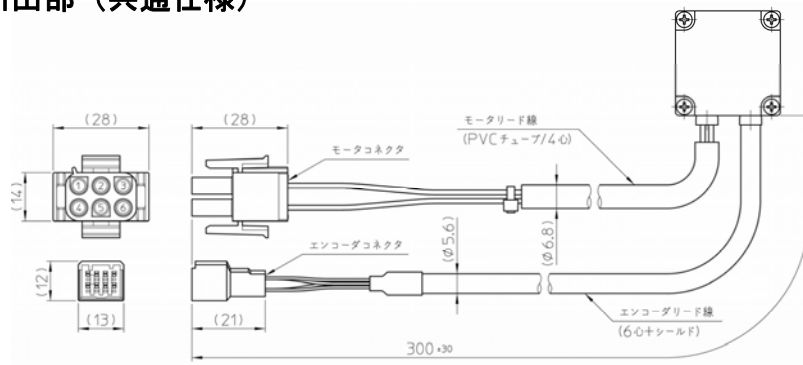
FHA-11C-xx-12S17bA-C



FHA-14C-xx-12S17bA-C



ケーブル引出部（共通仕様）



1-6 機械的精度

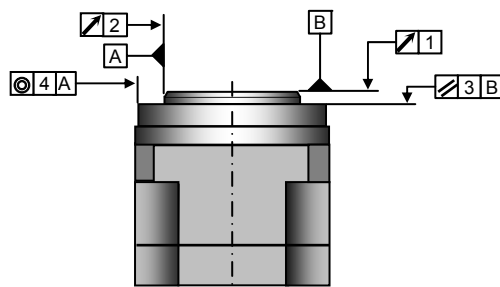
FHA-C mini シリーズアクチュエータの出力軸および取り付けフランジの機械的精度は次の通りです。

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	

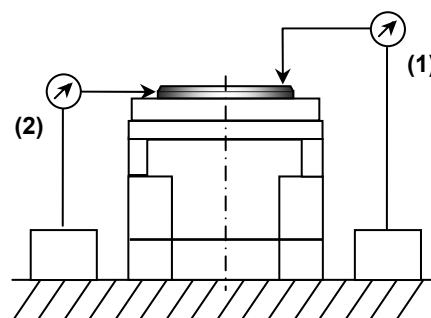
注) T.I.R(Total Indicator Reading)での値です



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。

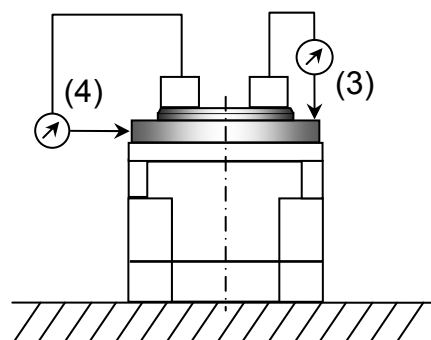


2 出力軸軸振れ

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。

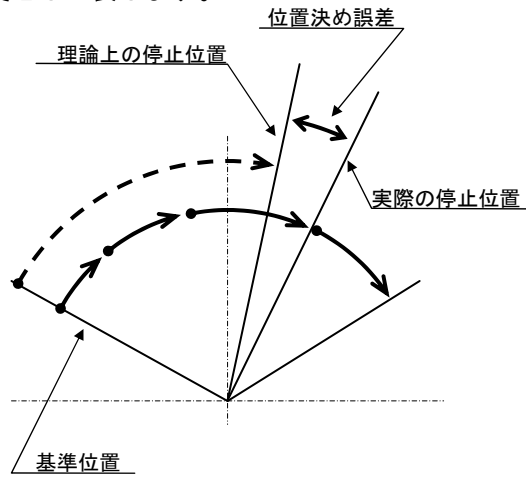
1-7 一方向位置決め精度

1 概要

「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

水平割出時角度補正機能

FHA-C mini シリーズ用のドライバは、角度補正機能を持っています。この機能はハーモニックドライブ[®]の角度伝達誤差を予め解析し、その誤差を補正して一方向位置決め精度を向上する機能です。この機能によって、一方向位置決め精度が上記値より 30%程度向上します。負荷変動が大きな場合は、当機能の効果を確認してから、ご利用ください。(この機能の使用方法については、ドライバの技術資料をご参照してください。)

1-8 検出器分解能

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もしくは、一回転あたりの 131072 パルスのアブソリュート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 に減速しているため、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、インクリメンタルエンコーダ信号は電氣的に 4 通倍されます。

以上を総合すると下表のように高分解能が得られます。

インクリメンタルエンコーダ

項目	型式	FHA-8C FHA-11C FHA-14C		
		-30	-50	-100
エンコーダ分解能		2,000 (8,000 パルス/回転 : 4 通倍時)		
減速比		30	50	100
検出器分解能(4 通倍時)	パルス/回転	240,000	400,000	800,000
1 パルスあたり角度	秒	5.40	3.24	1.62

アブソリュートエンコーダ

項目	型式	FHA-8C FHA-11C FHA-14C		
		-30	-50	-100
エンコーダ分解能		2 ¹⁷ (131,072 パルス/回転)		
減速比		30	50	100
検出器分解能(4 通倍時)	パルス/回転	3,932,160	6,553,600	13,107,200
1 パルスあたり角度	秒	約 0.33	約 0.2	約 0.1

1-9 剛性

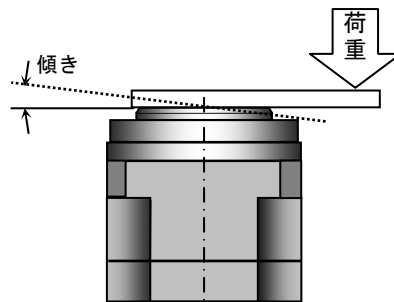
1

概要

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。

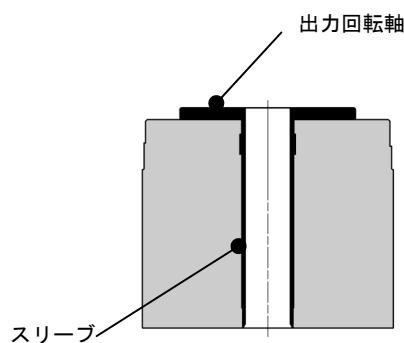


項目 \ 型式		FHA-8C	FHA-11C	FHA-14C
モーメント剛性	N·m/rad	2×10^4	4×10^4	8×10^4
	kgf·m/rad	0.2×10^4	0.4×10^4	0.8×10^4
	kgf·m/arc min	0.59	1.2	2.4

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とご使用はしないでください。

* 中空軸形状は、インクリメンタルエンコーダ仕様のみに対応となります。

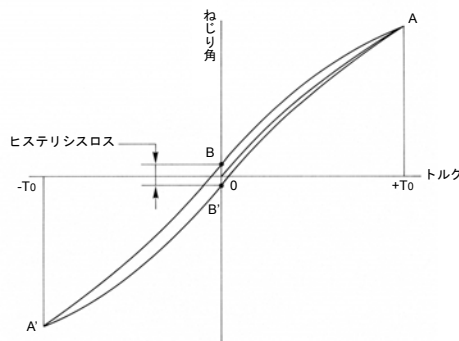


1
概要

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+T₀・-T₀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-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-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）。

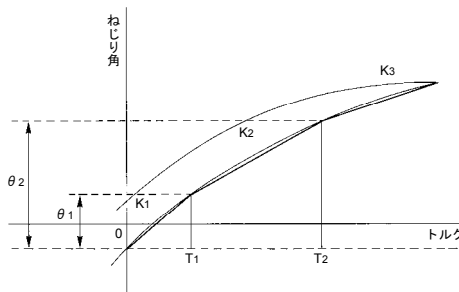


右下図に示すように、この「トルク-ねじり角線図」を3区分し、それぞれの領域でのばね定数をK₁・K₂・K₃として表します。

K₁：トルクが「ゼロ」から「T₁」までの領域のばね定数

K₂：トルクが「T₁」から「T₂」までの領域のばね定数

K₃：トルクが「T₂」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： $\phi = \frac{T}{K_1}$
- トルク「T」が「T₁」から「T₂」の範囲： $\phi = \theta_1 + \frac{T - T_1}{K_2}$
- トルク「T」が「T₂」以上の範囲： $\phi = \theta_2 + \frac{T - T_2}{K_3}$

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

1

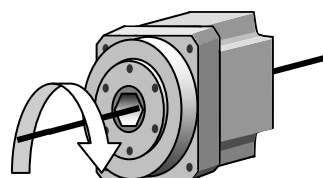
概要

FHA-C mini シリーズアクチュエータにドライバから正回転方向の指令を与えたときのアクチュエータの正回転方向は、出力軸側から見て時計方向回転（CW）です。

この回転方向は、ドライバの「パラメータ設定」で切り換えることができます。設定の詳細は、各ドライバの技術資料を参照ください。

ドライバの「パラメータ：回転方向指定」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	工場設定値
1	負回転	正回転	



正回転：時計回転方向

1-11 耐衝撃

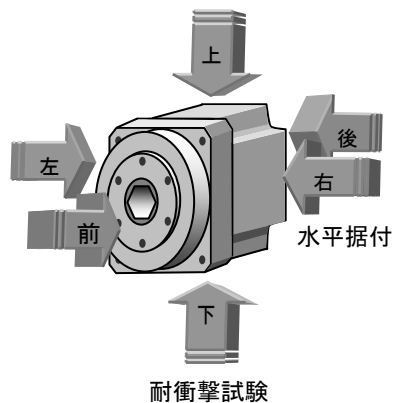
アクチュエータの中心軸を水平として据付け、上下・左右方向から衝撃を加えたときの衝撃加速度は、次の通りです。

衝撃加速度：294 m/s²

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。



1-12 耐振動

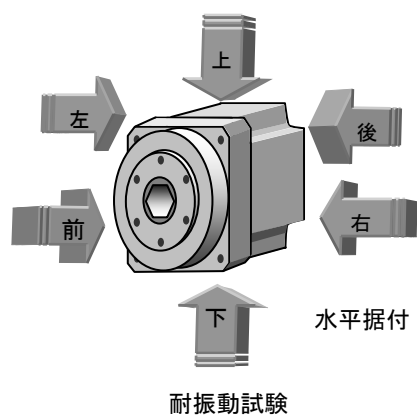
1

概要

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。



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HA-800 およびHA-680 ドライバの組合せを概算で選定する場合の使用可能領域を表わします。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。

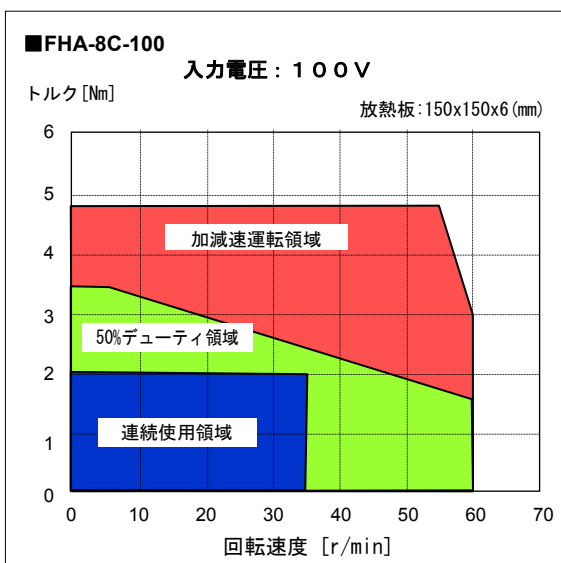
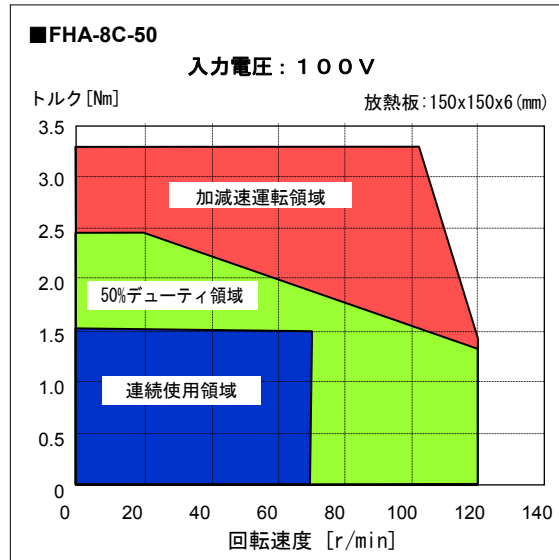
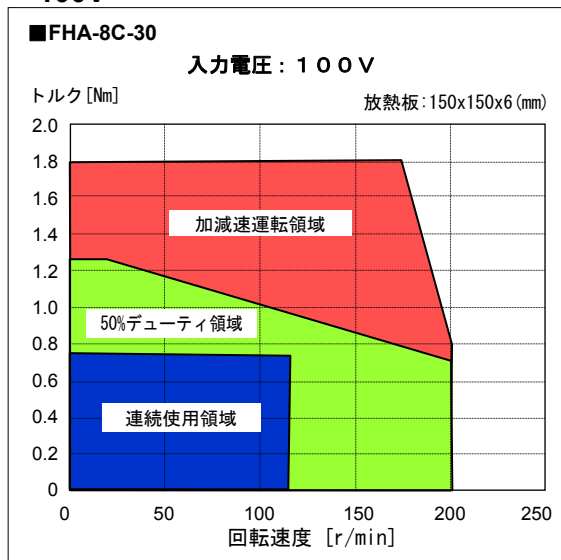
③ 加減速運転領域

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。

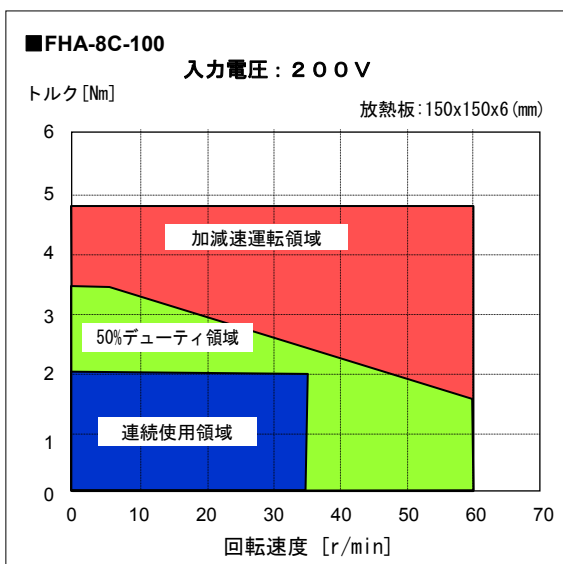
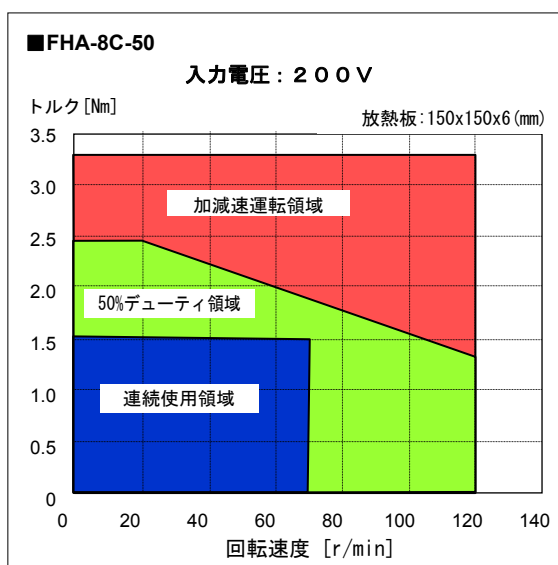
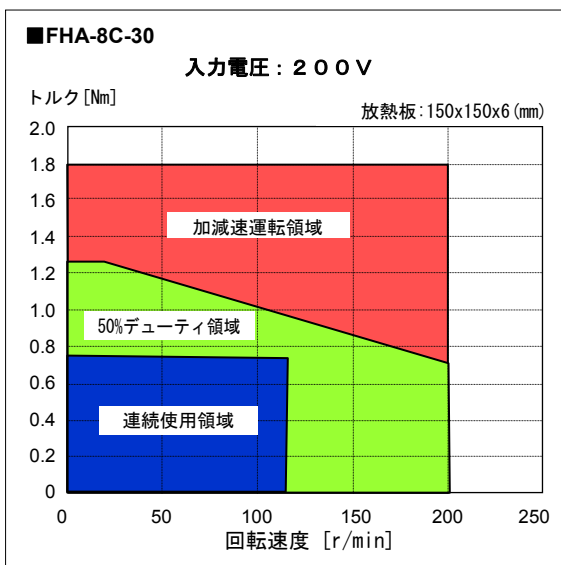
FHA-8C

● 100V

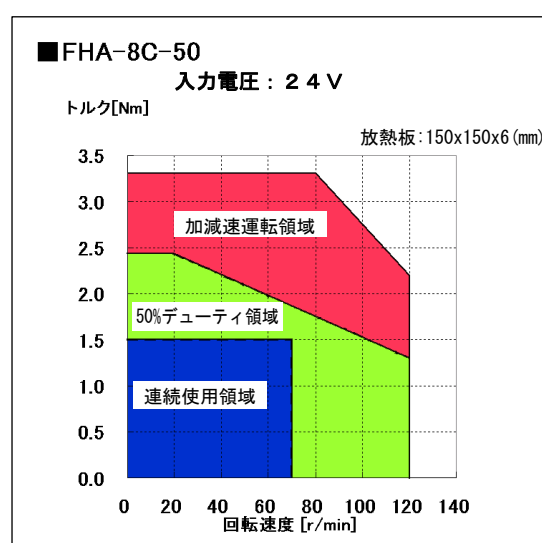
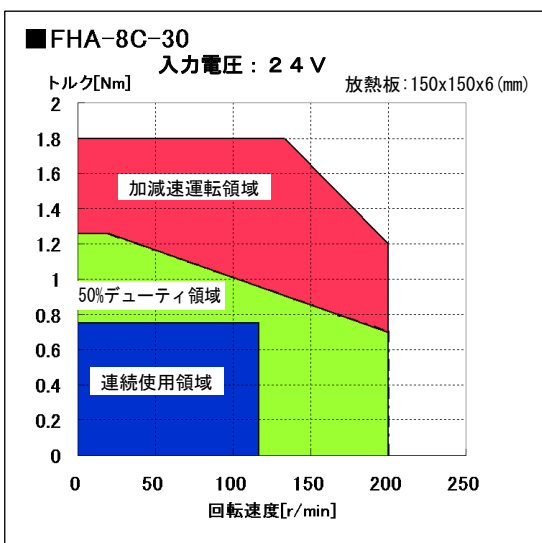


注) 連続使用領域において一方向連続使用の場合は、弊社にご相談ください。

● 200V

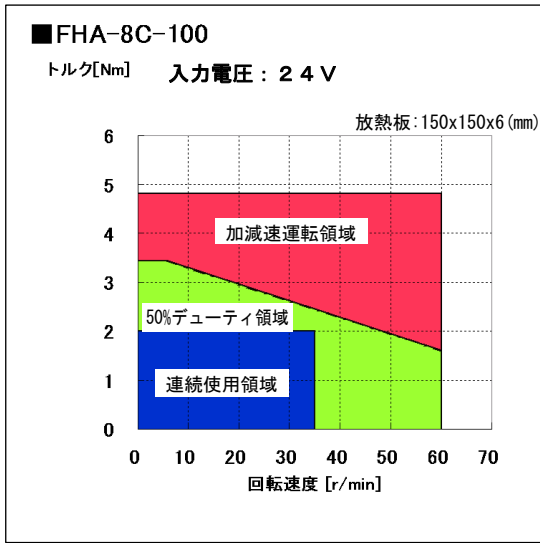


● 24V



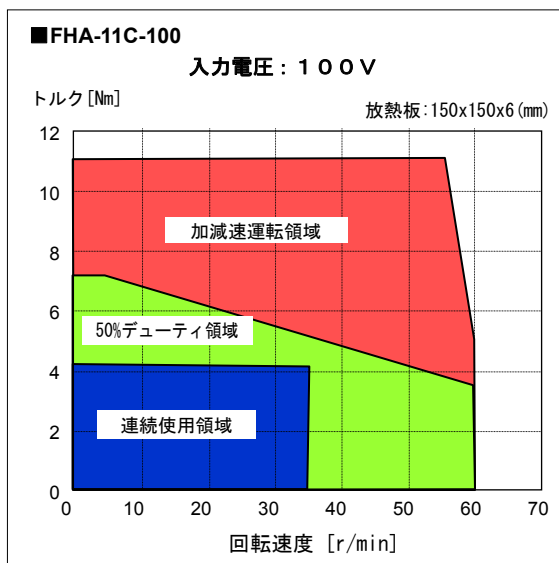
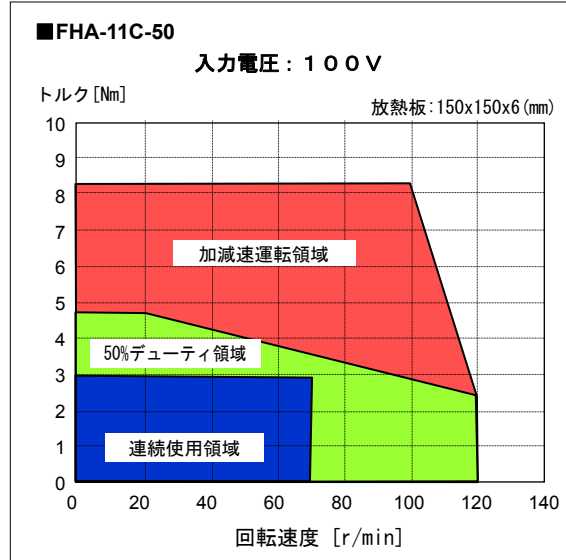
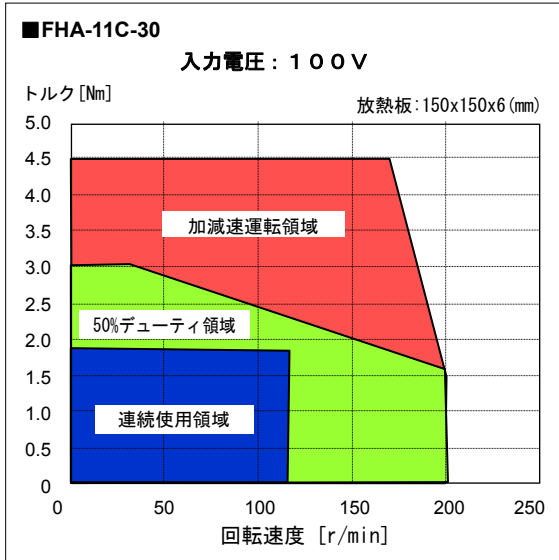
注) 連続使用領域において一方向連続使用の場合は、弊社にご相談ください。

1
概要



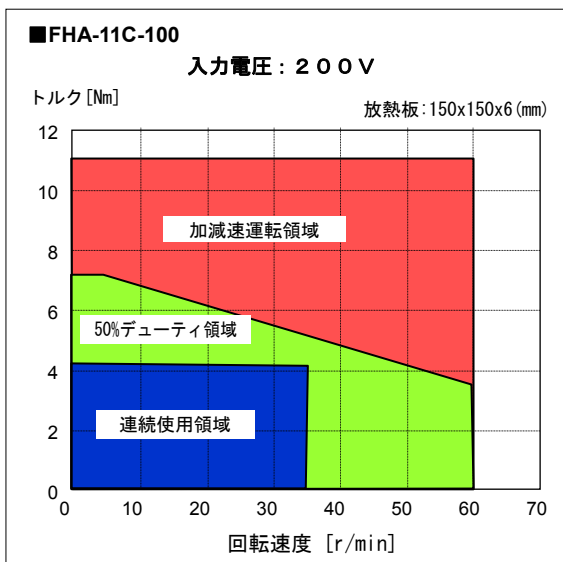
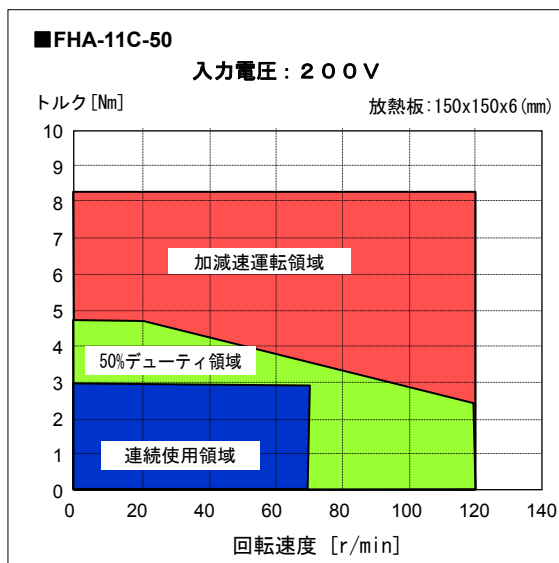
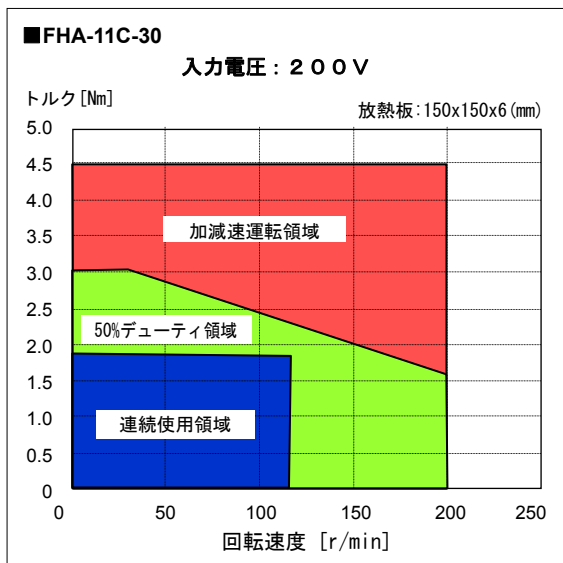
FHA-11C

● 100V

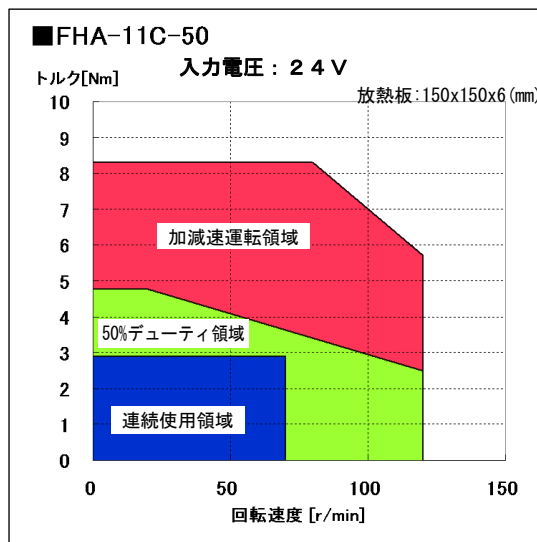
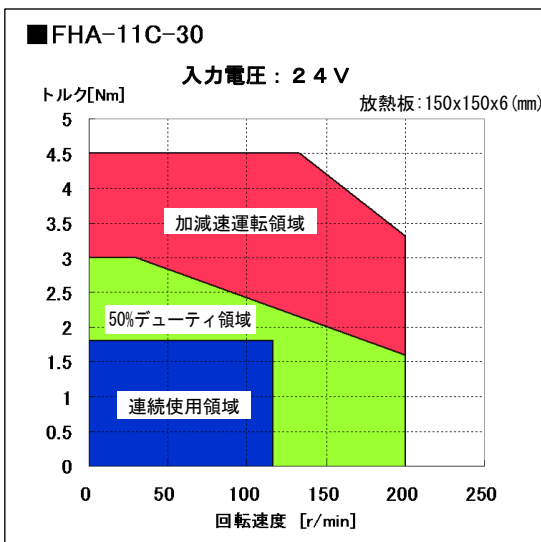


注) 連続使用領域において一方向連続使用の場合は、弊社にご相談ください。

● 200V

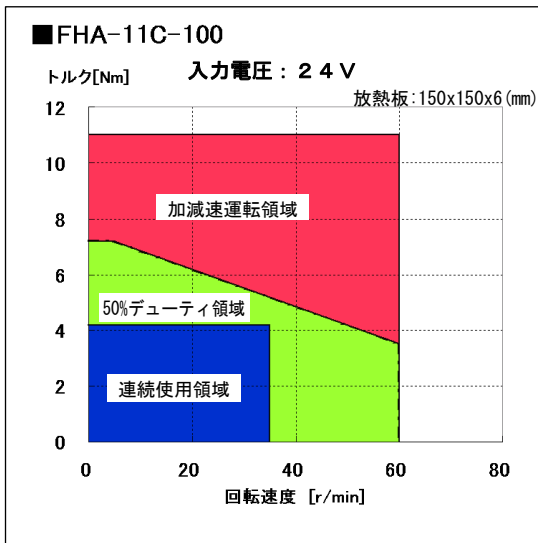


● 24V



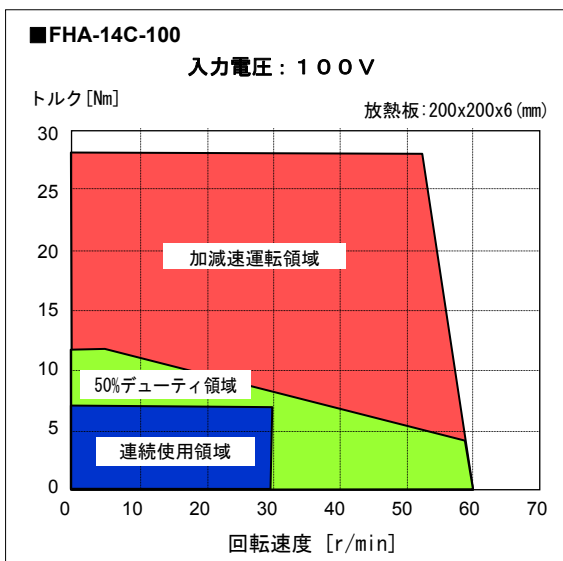
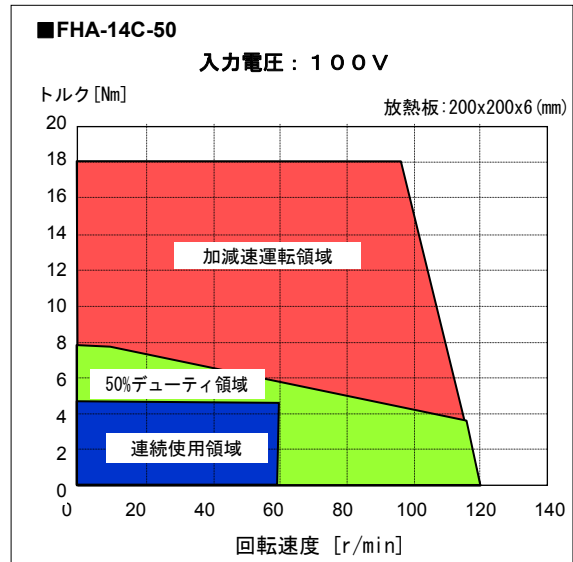
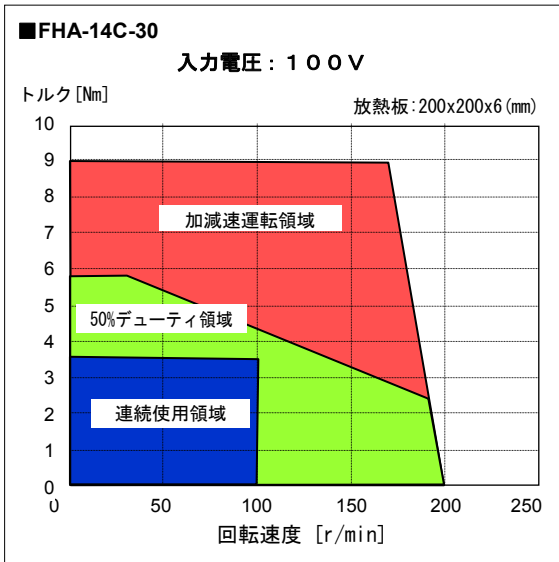
注) 連続使用領域において一方向連続使用の場合は、弊社にご相談ください。

1
概要



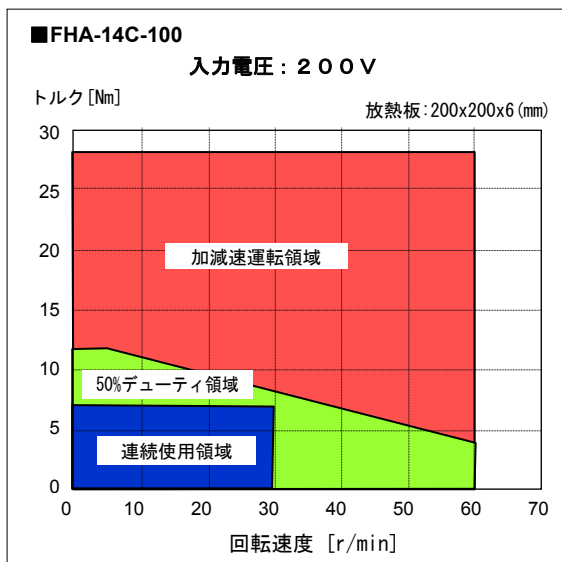
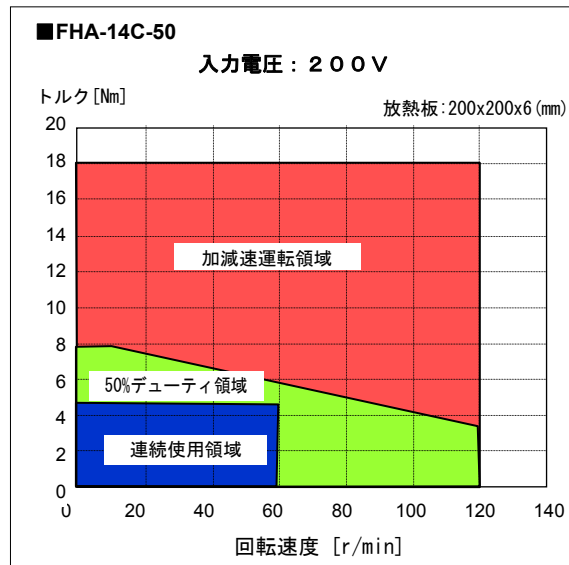
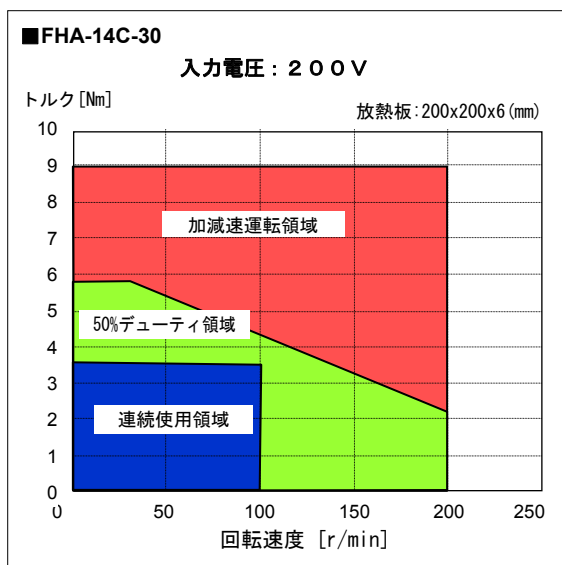
FHA-14C

● 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。

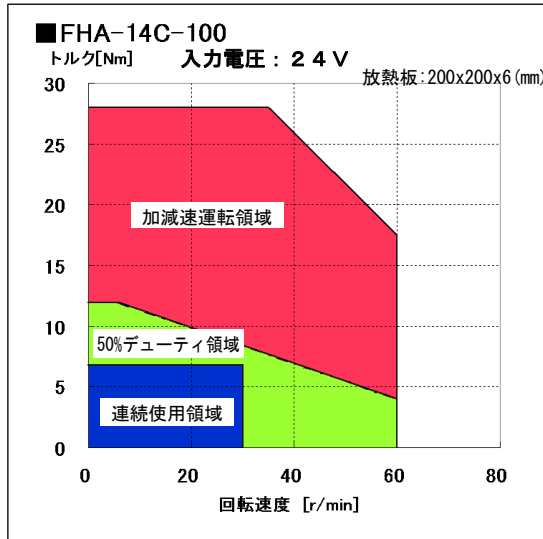
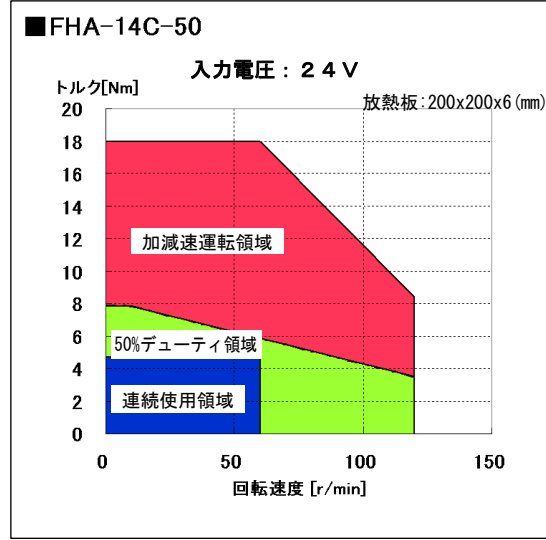
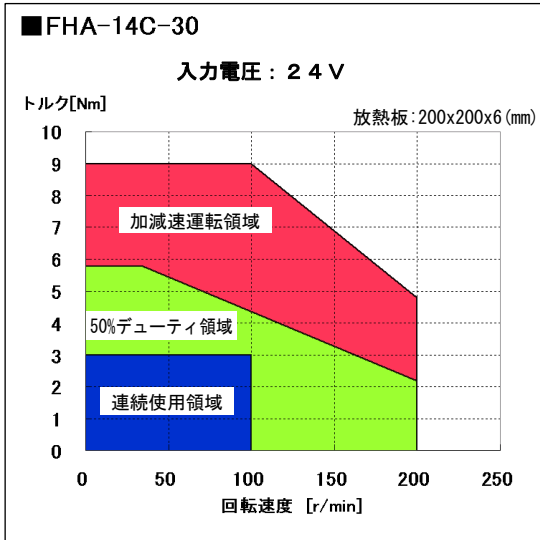
● 200V



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。

1
概要

● 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。

1-14 結線仕様

1

概要

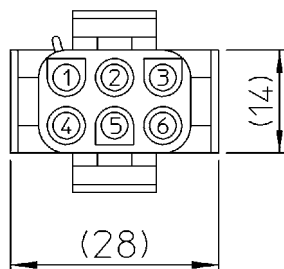
FHA-C mini シリーズアクチュエータのモータリード線およびエンコーダリード線の仕様を次表に示します。

モータ用動力ケーブル

● ピン配列

ピン番号	線色	モータリード線
1	赤	モータU相
2	白	モータV相
3	黒	モータW相
4	緑／黄	PE
5	—	—
6	—	—

● ピン位置



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

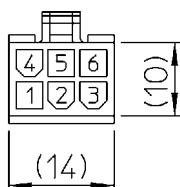
エンコーダケーブル

● インクリメンタルエンコーダ

ピン配列

ピン番号	線色	信号名	備考
1	赤	+5V	電源入力
2	黒	0V	
3	黄	SD	シリアル信号
4	青	SD	差動出力
5	—	—	
6	シールド	FG	

ピン位置



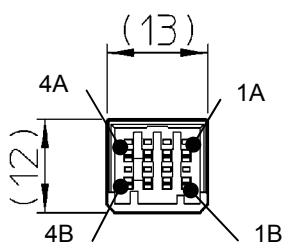
コネクタ型式 : リセプタクル : 5557-06R
 ターミナル : 5556
 日本モレックス(株)製

● アブソリュートエンコーダ

ピン配列

ピン番号	線色	信号名	備考
1A	白	Vcc	電源入力 +5V
1B	黒	GND(Vcc)	電源入力 0V (GND)
2A	青	SD+	シリアル信号差動出力(+)
2B	紫	SD-	シリアル信号差動出力(-)
3A	—	未接続	—
3B	シールド	FG	
4A	橙	Vbat	バッテリー +
4B	茶	GND(bat)	バッテリー-(GND)

ピン位置



コネクタ型式 : 1-1903130-4

ピン型式 : 1903117-2

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

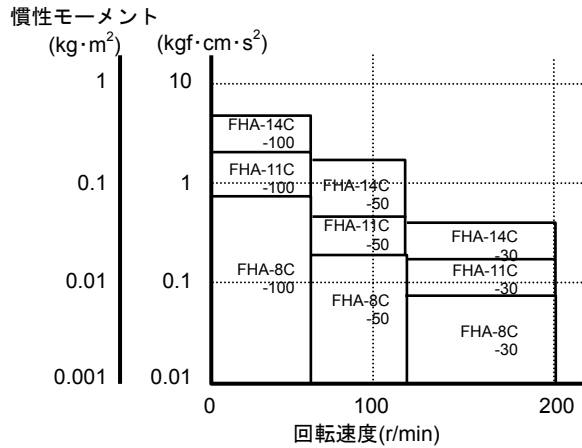
2-1 電源の接続

2

選定

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 1」（★★）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			200	120	60	200	120	60	
慣性モーメント	INC	(GD ² /4)	kg·m ²	0.0026	0.0074	0.029	0.0060	0.017	0.067	0.018	0.050	0.20
		(J)	kgf·cm·s ²	0.027	0.075	0.30	0.061	0.17	0.68	0.18	0.51	2.0
	ABS	(GD ² /4)	kg·m ²	0.0026	0.0073	0.029	0.0062	0.017	0.069	0.019	0.054	0.215
		(J)	kgf·cm·s ²	0.027	0.0747	0.298	0.063	0.176	0.705	0.197	0.547	2.189
許容負荷慣性モーメント			kg·m ²	0.0078	0.022	0.087	0.018	0.051	0.20	0.054	0.15	0.60
			kgf·cm·s ²	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

2

選
定

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

$$\text{変化前 : } J_s = J_M(1+L) \quad \text{変化後 : } J_s' = J_M(1+NL) \quad \text{変化率 : } J_s'/J_s = \frac{1+NL}{1+L}$$

- FHA-C mini シリーズ駆動の場合

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

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、「 $J_s'/J_s \approx 1$ 」となり、負荷変化の影響がほとんどないことがわかります。したがって、FHA-C mini シリーズでは、負荷慣性モーメントの変化を、型番選定・HA-800/HA-680 ドライバの初期設定時に配慮する必要はありません。

2-3 負荷荷重の確認と検討

2

選
定

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(M_c, 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(P_o)を求める
 ↓
 静的安全係数(f_s)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

型式	項目	口のピッチ 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)
		mm	mm	N	N	N	N·m
FHA-8C		35	12.9	5800	8000	200	15
FHA-11C		42.5	14	6500	9900	300	40
FHA-14C		54	14	7400	12800	500	75

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)		
$M_{max} = Fr_{max}(L_r + R) + Fa_{max} \cdot L_a$		
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
L_r, L_a		mm 図 1 参照
R	オフセット量	mm 図 1、表 1 参照

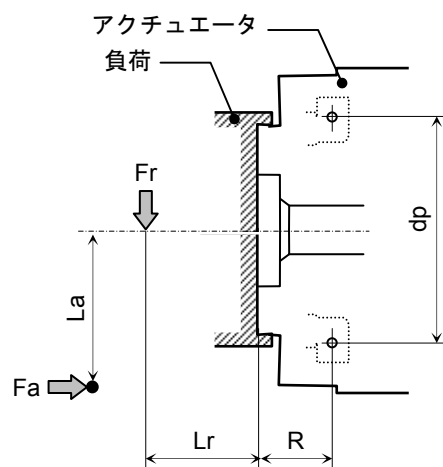


図 1 外部負荷作用図

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(F_{rav})

$$F_{rav} = \sqrt[10/3]{\frac{n_1 t_1 |F_{r1}|^{10/3} + n_2 t_2 |F_{r2}|^{10/3} + \dots + n_n t_n |F_{rn}|^{10/3}}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}}$$

ただし、 t_1 区間内での最大ラジアル荷重を F_{r1} 、 t_3 区間内での最大ラジアル荷重を F_{r3} とします。

◆ 計算式（3）：平均アキシャル荷重(F_{aav})

$$F_{aav} = \sqrt[10/3]{\frac{n_1 t_1 |F_{a1}|^{10/3} + n_2 t_2 |F_{a2}|^{10/3} + \dots + n_n t_n |F_{an}|^{10/3}}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}}$$

ただし、 t_1 区間内での最大アキシャル荷重を F_{a1} 、 t_3 区間内での最大アキシャル荷重を F_{a3} とします。

◆ 計算式（4）：平均出力回転速度(N_{av})

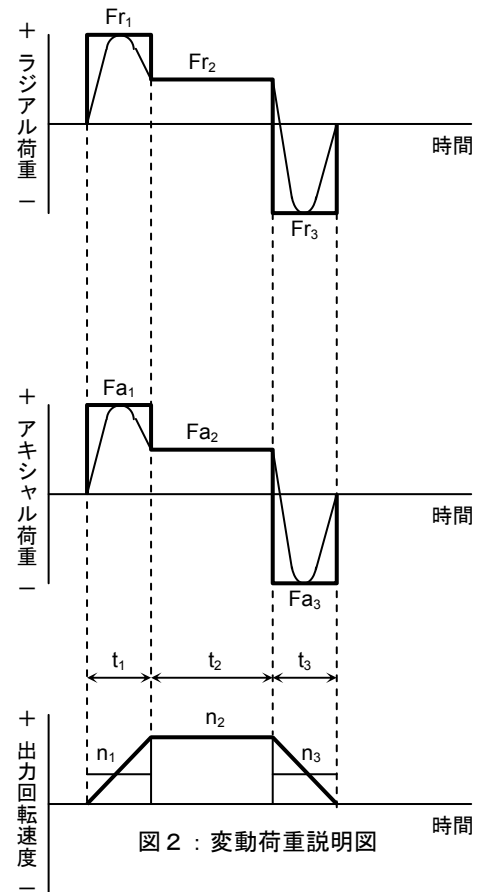
$$N_{av} = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$


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
$\frac{F_{aav}}{F_{rav} + 2(F_{rav}(L_r + R) + F_{aav} \cdot L_a)/dp} \leq 1.5$	1	0.45
$\frac{F_{aav}}{F_{rav} + 2(F_{rav}(L_r + R) + F_{aav} \cdot L_a)/dp} > 1.5$	0.67	0.67

計算式の記号

F_{rav}	平均ラジアル荷重	N(kgf)	平均荷重参照
F_{aav}	平均アキシャル荷重	N(kgf)	平均荷重参照
L_r, L_a	—————	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

$$P_c = X \cdot \left(F_{rav} + \frac{2(F_{rav}(L_r + R) + F_{aav} \cdot L_a)}{d_p} \right) + Y \cdot F_{aav}$$

計算式の記号

P _c	動等価ラジアル荷重	N(kgf)	
F _{rav}	平均ラジアル荷重	N(kgf)	計算式(2) 参照
F _{aav}	平均アキシャル荷重	N(kgf)	計算式(3) 参照
d _p	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
L _r , L _a	—	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

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

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
P _c	動等価ラジアル荷重	N(kgf)	計算式(6) 参照
f _w	荷重係数	—	表3 参照

表3 荷重係数

荷重状態	f _w
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)

$$L_{oc} = \frac{10^6}{60 \times n_1} \times \frac{90}{\theta} \times \left(\frac{C}{f_w \cdot P_c} \right)^{10/3}$$

計算式の記号

L _{oc}	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
P _c	動等価ラジアル荷重	N(kgf)	計算式(6) 参照
f _w	荷重係数	—	表3 参照
θ	揺動角/2	—	図3 参照

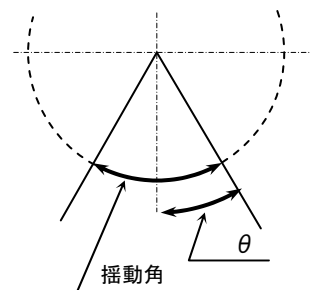


図3 : 揺動運動

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

$$P_o = F_{rmax} + \frac{2M_{max}}{d_p} + 0.44F_{amax}$$

計算式の記号

F_{rmax}	最大ラジアル荷重	N(kgf)	図 1 参照
F_{amax}	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
d_p	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(C_o)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(f_s)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(P_o)は、計算式(9)より求めてください。

◆ 計算式(10)：静的安全係数

$$f_s = \frac{C_o}{P_o}$$

計算式の記号

f_s	静的安全係数	—	表 4 参照
C_o	基本静定格荷重	N(kgf)	表 1 参照
P_o	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	f_s
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

2

選
定

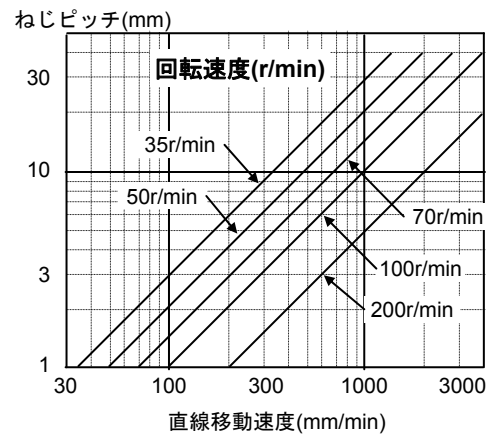
始動・停止を繰り返す運転状況（デューティサイクル）の場合、始動電流・制動電流が高頻度にモータに流れ、アクチュエータは発熱します。したがって、このデューティサイクルの検討が必要です。以下の順序で検討してください。

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「2-1 許容負荷慣性モーメント」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。

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

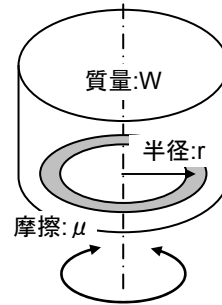
T : 回転トルク (N・m)

μ : 摩擦係数

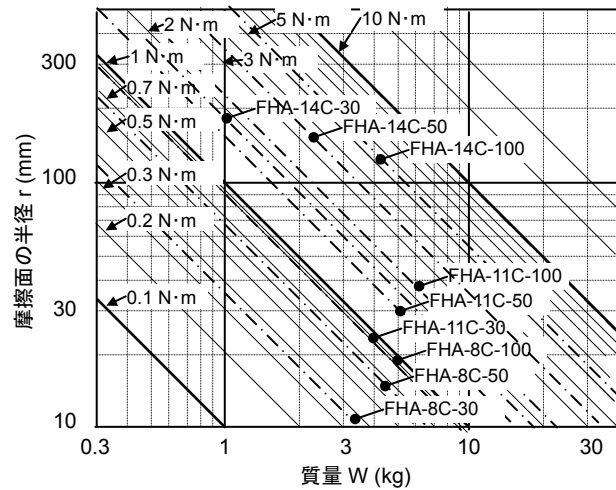
W : 質量 (kg)

r : 摩擦面の平均半径 (m)

また、右図は、摩擦係数 $\mu = 0.1$ 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。

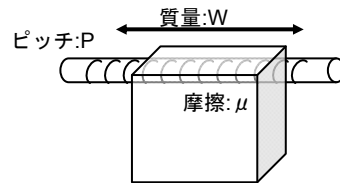
$$T = 9.8 \times \mu \times W \times \frac{P}{2 \times \pi}$$

T : 回転トルク (N・m)

μ : 摩擦係数

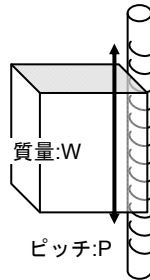
W : 質量 (kg)

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。

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

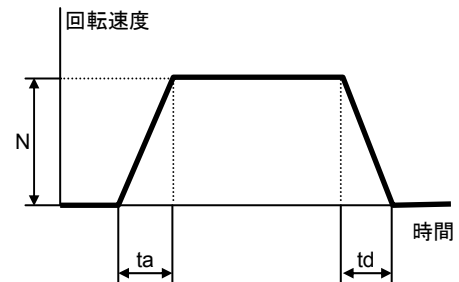
$$\text{減速時間: } t_d = (J_A + J_L) \times \frac{2 \times \pi}{60} \times \frac{N}{T_M + 2 \times T_F + T_L}$$

ta : 加速時間	(s)
td : 減速時間	(s)
JA : アクチュエータ慣性モーメント	(kg・m ²)
JL : 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)
TM : アクチュエータ最大トルク	(N・m)
TF : アクチュエータの摩擦トルク	(N・m)

$$T_F = K_T \times I_M - T_M$$

KT : トルク定数	(N・m/A)
IM : 最大電流	(A)

TL : 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・m²
- ・ 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 JA=0.017 kg・m², TM =8.3 N・m, KT=6.6 N・m/A, IM =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 $T_F = 6.6 \times 1.6 - 8.3 = 2.3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 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。

$$t_a = (0.017 + 0.04) \times 2 \times \pi / 60 \times 100 / 8.3 = 0.072 \text{ s}$$

$$t_d = (0.017 + 0.04) \times 2 \times \pi / 60 \times 100 / (8.3 + 2 \times 2.3) = 0.046 \text{ s}$$

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り返し運転する場合の「デューティ：%ED」を次式で計算します。

$$\%ED = \frac{KLa \times t_a + KLr \times t_r + KLd \times t_d}{t} \times 100$$

t_a : 速度 0 から N までの加速時間 (s)

t_d : 速度 N から 0 までの減速時間 (s)

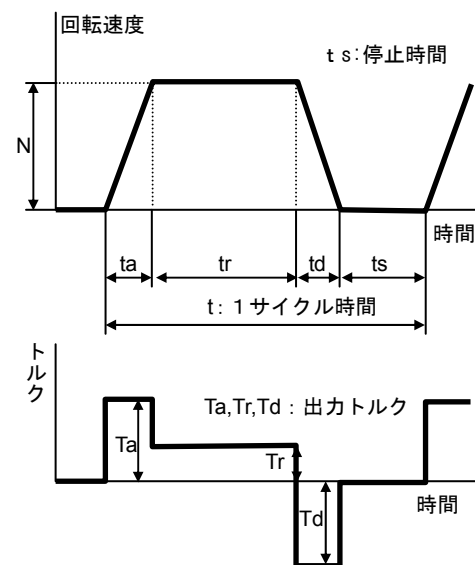
t_r : 速度 N での一定速度運転時間 (s)

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



KLa, KLr, KLd 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 $KLa = KLd \doteq 1.7$ を得ます。

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

3 移動角度は、上図「回転速度-時間」線図の面積で得られます。

即ち、移動角度は、

$$\theta = (N / 60) \times \{t_r + (t_a + t_d) / 2\} \times 360$$

即ち、 $t_r = \theta / (6 \times N) - (t_a + t_d) / 2$

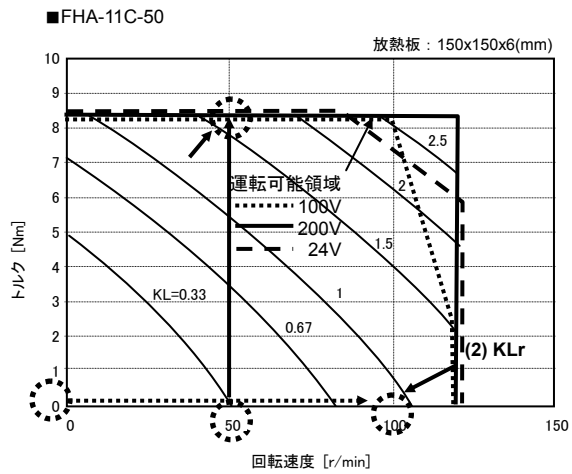
この式に、 $\theta = 120^\circ$ 、計算例 1 の $t_a = 0.072(\text{s})$ 、 $t_d = 0.046(\text{s})$ 、 $N = 100\text{r/min}$ を代入すると、 $t_r = 0.14(\text{s})$ となります。

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

$$\%ED = (1.7 \times 0.072 + 0.9 \times 0.14 + 1.7 \times 0.046) / 0.8 \times 100 = 41.2\%$$

得られた値は、100 以下なので、このサイクルの連続繰り返し運転は可能です。

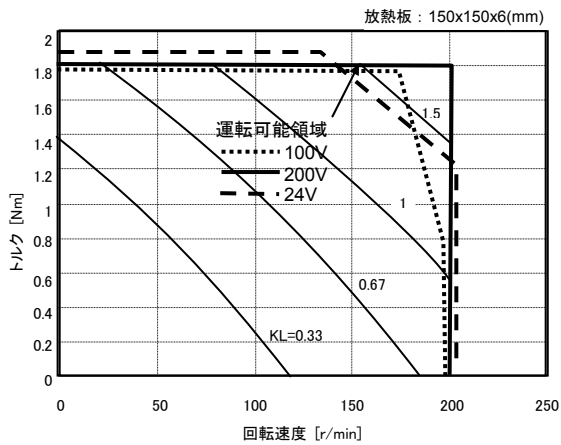
- もし、100 以上の場合には
- 運転パターン
 - 負荷の軽減
 - アクチュエータ型番等の再検討が必要です。



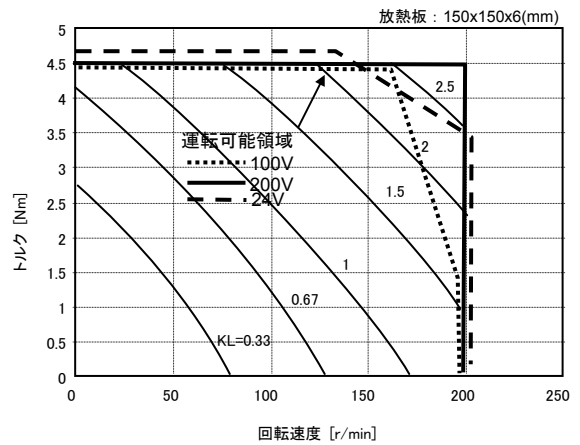
デューティ係数グラフ

FHA-8C

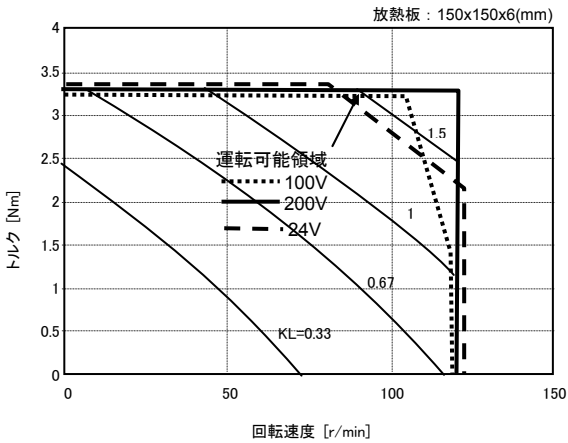
■FHA-8C-30



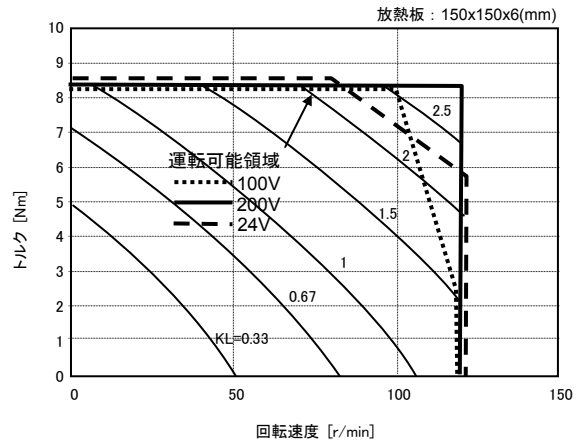
■FHA-11C-30

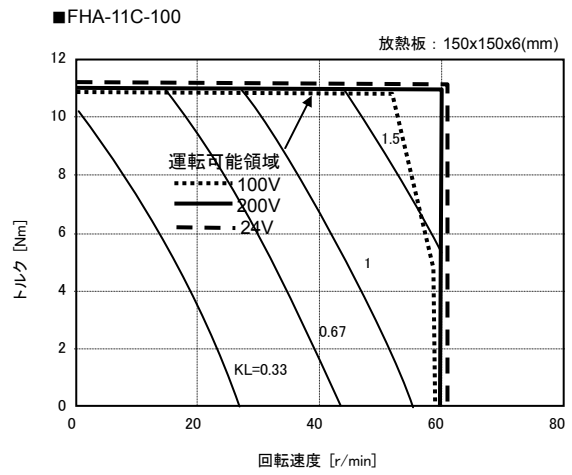
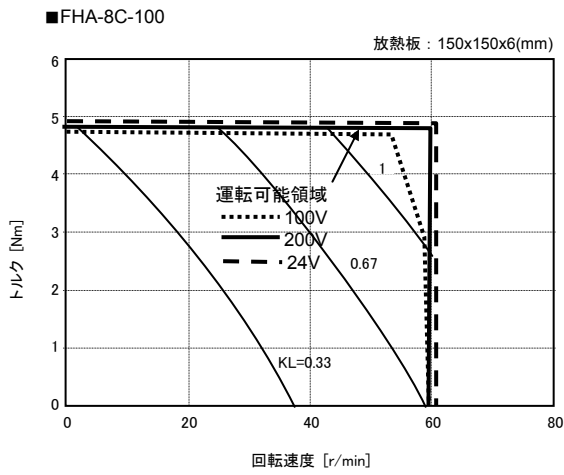


■FHA-8C-50

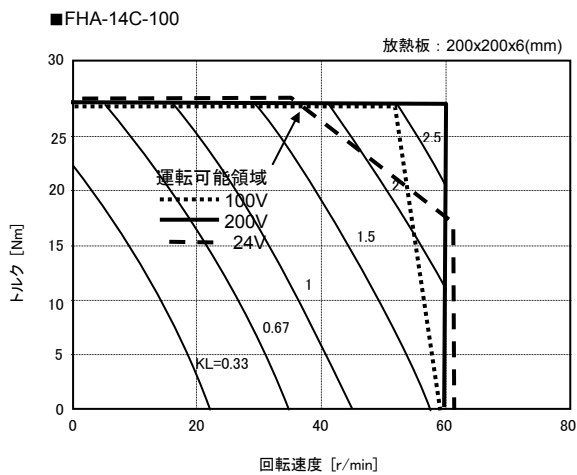
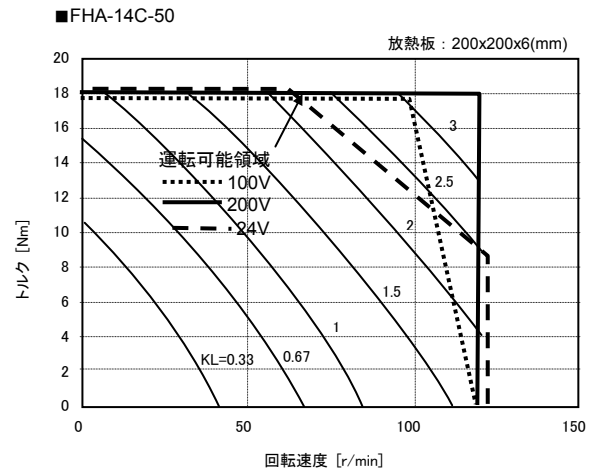
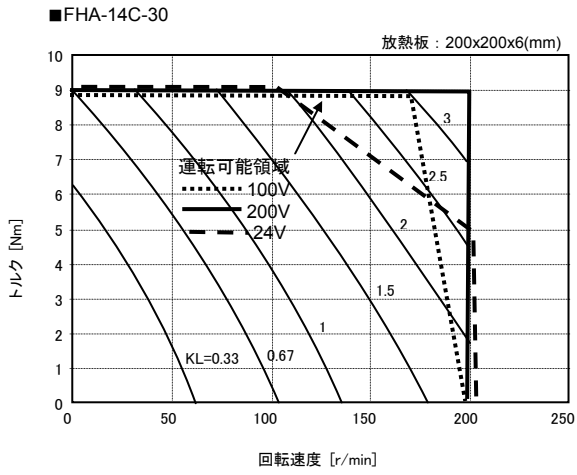


■FHA-11C-50





FHA-14C



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 T_m および平均回転速度 N_{av} を、次式で計算します。

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

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

T_m : 実効トルク (N・m)

T_a : 最大トルク (N・m)

T_r : 負荷トルク (N・m)

t_a : 加速時間(s), t_d : 減速時間(s)

t_r : 一定速運転時間(s), t : 1サイクルの時間(s)

N_{av} : 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(3.0)	4.7	6.8
許容連続回転速度	r/min	117	70	35	117	70	35	100	60	30

注) 許容連続トルクの () の値は、入力電源 DC24V 仕様の場合の値です。

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

$T_a = 8.3 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $T_d = 8.3 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $T_r = 0 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $t_a = 0.072 \text{ s}$ 、 $t_r = 0.14 \text{ s}$ 、 $t_d = 0.046 \text{ s}$ 、 $t = 0.8 \text{ s}$ を上式に代入する。

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

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。

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

$T_a = 8.3 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $T_d = 8.3 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $T_r = 0 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $T_m = 3.03 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $t_a = 0.072 \text{ s}$ 、 $t_r = 0.14 \text{ s}$ 、 $t_d = 0.046 \text{ s}$ 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0.97s以上に設定すると、 $T_m = 2.9 \text{ N}\cdot\text{m}$ 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

$N = 100 \text{ r/min}$ 、 $t_a = 0.072 \text{ s}$ 、 $t_r = 0.14 \text{ s}$ 、 $t_d = 0.046 \text{ s}$ 、 $t = 0.97 \text{ s}$ を代入して平均速度を求める。

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

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。

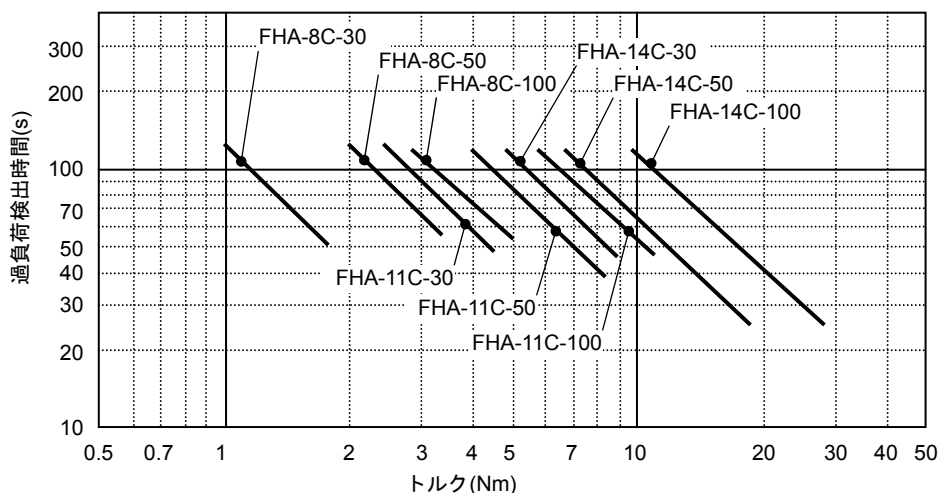
過負荷検出時間

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ドライバ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。

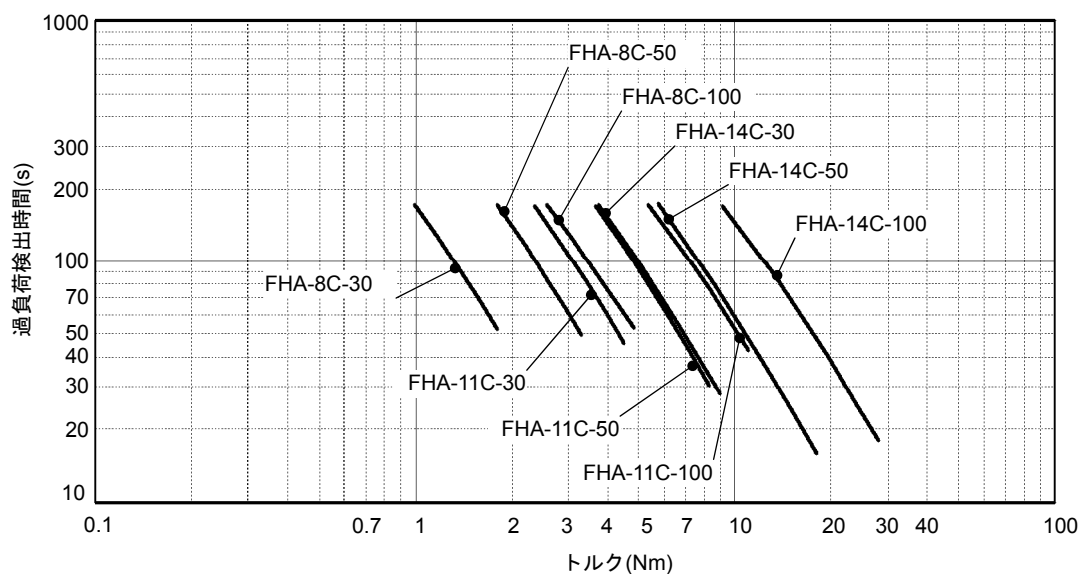
2

選定

電源電圧 AC100V/200V 仕様



電源電圧 DC24V 仕様 (インクリメンタルエンコーダ仕様のみの対応となります)



2

選
定

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	3-3
3-3	設置場所と設置工事	3-4

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。
型式記号には、次の意味を持っています。

FHA-8 C-30-E200-C □ □

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

E200	インクリメンタル エンコーダ	2000p/rev
12S17b	アブソリュート エンコーダ	131,072p/rev (17bit)

コネクタ付き(標準仕様)

入力電源電圧 無し：AC100V,200V 仕様
E：DC24V 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/
インクリメンタルエンコーダのみ対応)

- 3 HA-800 または HA-680 ドライバの銘板の「ADJUSTED FOR USE WITH」欄に組合せて適用する FHA-C mini シリーズアクチュエータの型式を記載しています。

組合せるドライバを間違えないように準備してください。



ドライバの銘板記載と異なるアクチュエータを組合せないでください。
ドライバの特性は、アクチュエータと併せて調整してあります。異なる「ドライバ」と「アクチュエータ」の組合せは、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。

4 ドライバの銘板の「TYPE」欄にドライバの型式記号が記載してあります。この型式記号の末尾の数字は、入力する電源電圧の値を示します。

200 : 三相／单相 200V 電源です。

100 : AC100V 電源です。

24 : DC24V 電源です。

接続予定の電源電圧と異なる場合は、直ちに購入先にご連絡ください。



警告

ドライバの銘板記載と異なる電圧の電源に接続しないでください。
銘板記載の電圧と異なる電源に接続すると、ドライバを破損させ、けがや火災を起こすおそれがあります。

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いに際し、以下の注意事項を守って丁寧に取扱ってください。

3

設置



警告

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。



注意

- (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°C ～ $+60^{\circ}\text{C}$ 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場合があります。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/s² (2.5G) (10Hz～400Hz)以下
- 衝撃：294 m/s² (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。
4：1mm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
- 海拔：1000m以下

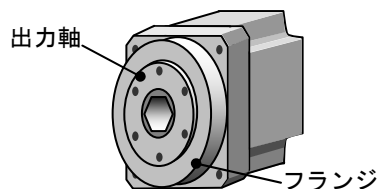
設置作業

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。

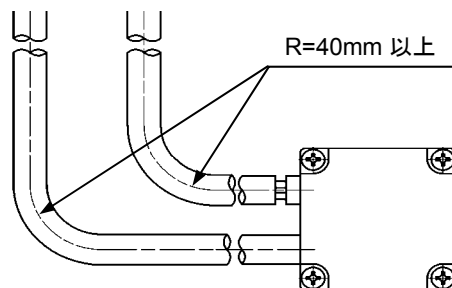
2 平座金と高張力ボルトを使って、負荷機械にアクチュエータフランジを固定してください。

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、HA-800 または HA-680 ドライバの「技術資料」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、十分な曲げ半径（ $R=40\text{mm}$ 以上）を持たせてください。

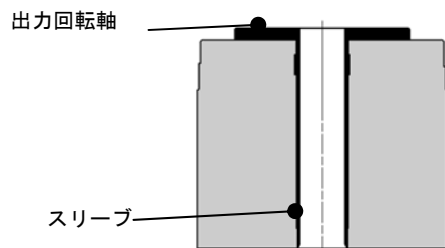


注意

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とご使用はしないでください。

* 中空軸形状は、インクリメンタルエンコーダ仕様のみに対応となります。



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。

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S I 単位系を採用しています。S I 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	3.44x10 ³

単位	度/s ²	度/min ²
係数	0.01755	2.93x10 ⁻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	7.06x10 ⁻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	3.42x10 ³	8.85	5.47x10 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	2.93x10 ⁻⁴	0.113	1.829x10 ⁻⁵	7.06x10 ⁻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 x10 ⁻⁵	1.78x10 ⁻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 x10 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

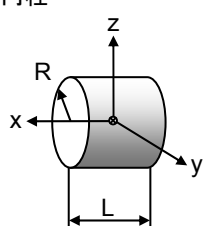
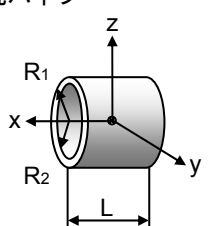
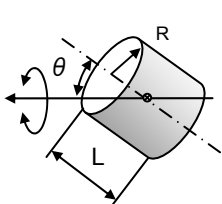
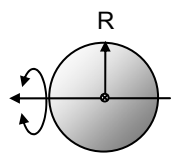
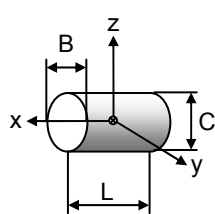
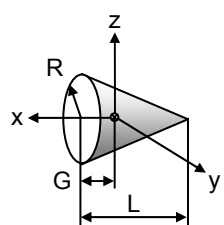
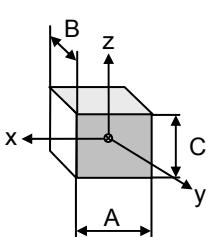
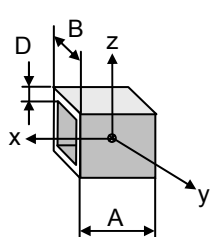
次表は、質量・慣性モーメントの計算式です。

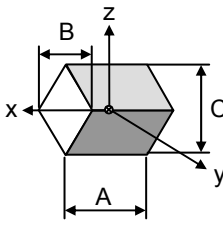
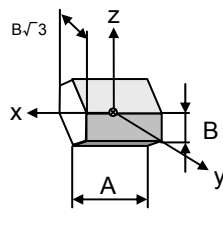
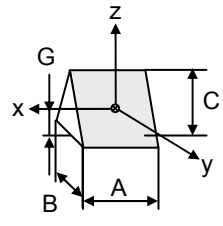
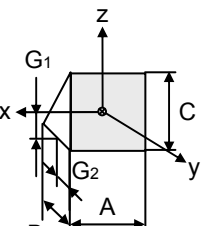
m : 質量 (kg)、 I_x, I_y, I_z : x, y, z 軸を回転中心とする慣性モーメント ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

G : 重心の端面からの距離

ρ : 比重

単位 長さ : m、質量 : kg、慣性モーメント : $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

物体形状	質量・慣性・重心位置	物体形状	質量・慣性・重心位置
円柱 	$m = \pi R^2 L \rho$ $I_x = \frac{1}{2} m R^2$ $I_y = \frac{1}{4} m \left(R^2 + \frac{L^2}{3} \right)$ $I_z = \frac{1}{4} m \left(R^2 + \frac{L^2}{3} \right)$	丸パイプ 	$m = \pi (R_1^2 - R_2^2) L \rho$ $I_x = \frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2)$ $I_y = \frac{1}{4} m \left\{ (R_1^2 + R_2^2) + \frac{L^2}{3} \right\}$ $I_z = \frac{1}{4} m \left\{ (R_1^2 + R_2^2) + \frac{L^2}{3} \right\}$ R ₁ : 外径, R ₂ : 内径
傾いた円柱 	$m = \pi R^2 L \rho$ $I_\theta = \frac{1}{12} m \times \left\{ 3R^2(1 + \cos^2\theta) + L^2 \sin^2\theta \right\}$	球 	$m = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$ $I = \frac{2}{5} m R^2$
楕円柱 	$m = \frac{1}{4} B C L \rho$ $I_x = \frac{1}{16} m (B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{C^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right)$ $I_z = \frac{1}{4} m \left(\frac{B^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right)$	円錐 	$m = \frac{1}{3} \pi R^2 L \rho$ $I_x = \frac{3}{10} m R^2$ $I_y = \frac{3}{80} m (4R^2 + L^2)$ $I_z = \frac{3}{80} m (4R^2 + L^2)$ $G = \frac{L}{4}$
角柱 	$m = A B C \rho$ $I_x = \frac{1}{12} m (B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{12} m (C^2 + A^2)$ $I_z = \frac{1}{12} m (A^2 + B^2)$	正四角パイプ 	$m = 4AD(B - D)\rho$ $I_x = \frac{1}{3} m \left\{ (B - D)^2 + D^2 \right\}$ $I_y = \frac{1}{6} m \left\{ \frac{A^2}{2} + (B - D)^2 + D^2 \right\}$ $I_z = \frac{1}{6} m \left\{ \frac{A^2}{2} + (B - D)^2 + D^2 \right\}$

物体形状	質量・慣性・重心位置	物体形状	質量・慣性・重心位置
菱形柱 	$m = \frac{1}{2}ABC\rho$ $I_x = \frac{1}{24}m(B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{24}m(C^2 + 2A^2)$ $I_z = \frac{1}{24}m(B^2 + 2A^2)$	正六角柱 	$m = \frac{3\sqrt{3}}{2}AB^2\rho$ $I_x = \frac{5}{12}mB^2$ $I_y = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{5}{2}B^2\right)$ $I_z = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{5}{2}B^2\right)$
等辺三角柱 	$m = \frac{1}{2}ABC\rho$ $I_x = \frac{1}{12}m\left(\frac{B^2}{2} + \frac{2}{3}C^2\right)$ $I_y = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{2}{3}C^2\right)$ $I_z = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{B^2}{2}\right)$ $G = \frac{C}{3}$	直角三角柱 	$m = \frac{1}{2}ABC\rho$ $I_x = \frac{1}{36}m(B^2 + C^2)$ $I_y = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{2}{3}C^2\right)$ $I_z = \frac{1}{12}m\left(A^2 + \frac{2}{3}B^2\right)$ $G_1 = \frac{C}{3} \quad G_2 = \frac{B}{3}$

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。

$$I = I_g + mF^2$$

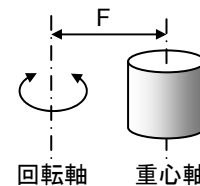
I: 重心軸と回転軸が不一致時の慣性モーメント (kg・m²)

I_g: 重心軸と回転軸が一致時の慣性モーメント (kg・m²)

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。

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

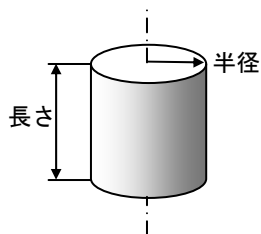
I: 直線運動物体のアクチュエータ軸換算慣性モーメント (kg・m²)

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)

円柱の慣性モーメント

右グラフにより、円柱の慣性モーメントの概算値を求めることができます。



上のグラフをアルミニウム（比重：2.7）に、下のグラフを鉄鋼材料（比重：7.85）に適用します。図中のFHA-Cシリーズの各アクチュエータ線は、許容最大慣性モーメント（目安値）を表します。

（例）

材質：アルミニウム

外径：100mm

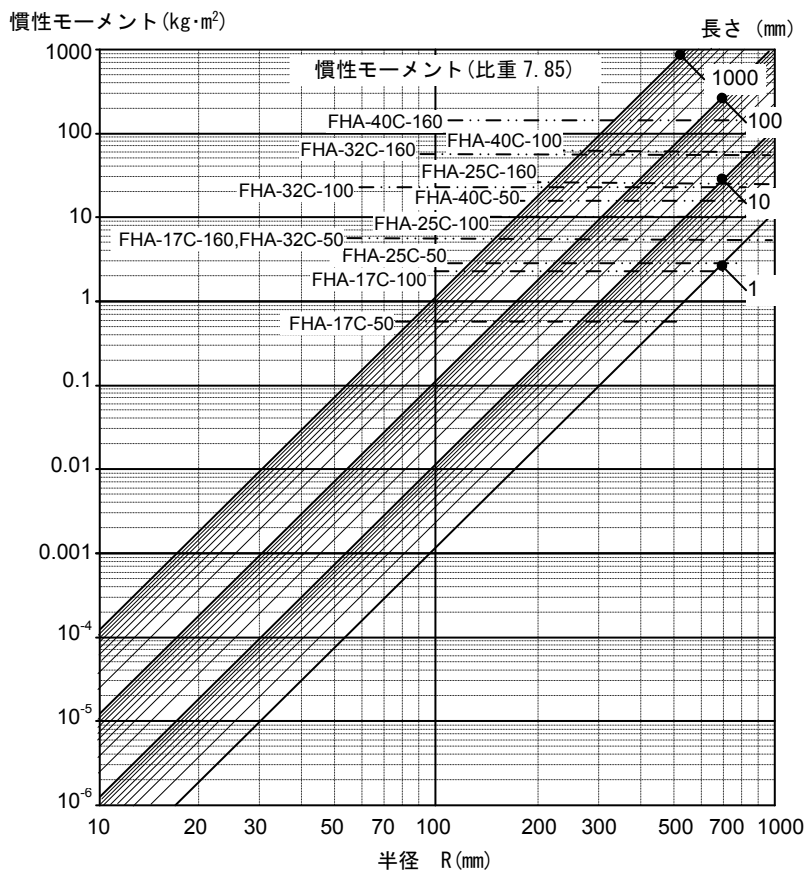
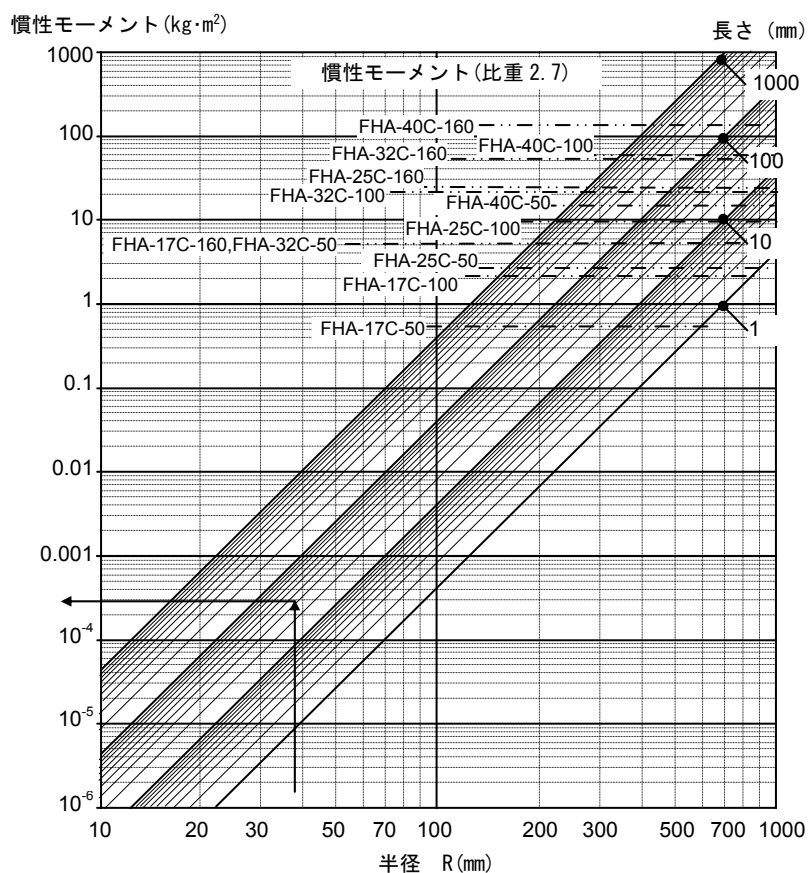
長さ：7mm

形状：円柱

外径：100mm であるから、半径は50mm です。したがって上図より慣性モーメントは、

約 $1.9 \times 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$ です。

（計算値： $0.000186 \text{kg} \cdot \text{m}^2$ ）



付

録

索引

あ		仕様	1-4
安全係数	2-6	使用回転速度	2-7
え		せ	
円柱の慣性モーメント	付-5	精度	1-10
か		た	
外形寸法	1-7	単位	付-1
概要	1-1	て	
型式	1-2	デューティ	2-10
環境	3-4	電源	2-1
慣性モーメント	2-2, 3	ね	
く		ねじり剛性	1-14
組合せ	1-3	ふ	
け		負荷	2-3
結線	1-25	負荷トルク	2-8
こ		分解能	1-12
剛性	1-13	へ	
さ		ベアリング	2-5
最大負荷	2-3	ら	
し		ラジアル荷重	2-6
実効トルク	2-13		

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お客様の不適切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。



■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 (穂高工場) / 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、2010年10月現在のものです。

<http://www.hds.co.jp/>

	<p>本 社 / 東京都品川区南大井 6-25-3 ビリーヴ大森 7 F 〒140-0013 TEL. 03 (5471) 7800(代) FAX. 03 (5471) 7811 営業統括部 / 長野県安曇野市穂高牧 1856-1 〒399-8305 TEL. 0263 (83) 6910(代) FAX. 0263 (83) 6911 第1営業部 / 東京都品川区南大井 6-25-3 ビリーヴ大森 7 F 〒140-0013 TEL. 03 (5471) 7830(代) FAX. 03 (5471) 7836 第2営業部 / 埼玉県さいたま市大宮区桜木町 4-263 Y. S. T. ビル 3 F 〒330-0854 TEL. 048 (647) 8891(代) FAX. 048 (647) 8893 第3営業部 / 愛知県名古屋市名東区本郷 2-173-4 名古屋インタービル 6 F 〒465-0024 TEL. 052 (773) 7451(代) FAX. 052 (773) 7462 第4営業部 / 大阪府大阪市淀川区西中島 7-4-17 新大阪上野東洋ビル 3 F 〒532-0011 TEL. 06 (6885) 5720(代) FAX. 06 (6885) 5725 第5営業部 / 福岡県福岡市博多区博多駅前 1-15-20 NOF 博多駅前ビル 7 F 〒812-0011 TEL. 092 (451) 7208(代) FAX. 092 (481) 2493 穂高工場 / 長野県安曇野市穂高牧 1856-1 〒399-8305 TEL. 0263 (83) 6800(代) FAX. 0263 (83) 6901</p>
--	---

「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。
 韓国・台湾・中華人民共和国においても、商標権を取得しています。