



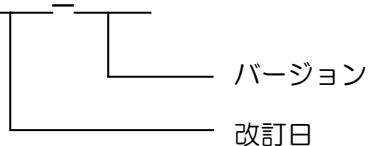
リニアモーター

ユーザーマニュアル

改訂履歴

マニュアルのバージョンは、フロントカバーの下部にも表示されています。

MP99UJ01-2402_V1.4



改訂日	バージョン	対象製品	改訂内容
2024 年 2 月	1.4	リニアモーター	1. セクション 3.2.1 の LMSA0 シリーズにおける力とエアギャップの増加。 2. セクション 3.2.1 項の LMSA0 シリーズの吸着力対エアギャップの増加。 3. セクション 3.3.3 の LMSA-Z シリーズのホール センサーの改訂手順。 4. モデルの説明 1.3 章にラベルの説明を追加。 5. セクション 2.1.2.4 ストール条件を追加。 6. セクション 4.1.1.1 および 4.1.1.2 のプレスステータの組立説明を追加。
2024 年 2 月	1.3	リニアモーター	1. 延長ケーブルの取り付け手順を増やす 2. 電圧制限を上げる命令
2022 年 10 月	1.2	リニアモーター	構成改定
2022 年 3 月	1.1	リニアモーター	1. モーターアセンブリの平面度公差を修正 2. ホールのエアギャップの説明を追加 3. 延長ケーブルの取り付け説明に LMSA-Z シリーズを追加 4. コネクター付きモーター用の銅ピラーの選択を追加 5. 信号のピンを修正
2021 年 10 月	1.0	リニアモーター	初版

一般的な注意事項

製品をご使用になる前に、このマニュアルをよくお読みください。HIWIN Mikrosystem (HIWIN) は、このマニュアルに記載されているインストール手順および操作手順に従わなかったために発生した損害、事故、または傷害について責任を負いません。

- 製品を設置または使用する前に、外観に損傷がないことを確認してください。点検後に損傷が見つかった場合は、HIWIN または最寄りの代理店までご連絡ください。
- 製品を分解、改造しないでください。製品の設計は、構造計算、コンピュータシミュレーション、および実機試験によって検証されています。HIWIN は、ユーザーが行った分解または改造によって生じた損害、事故、または傷害について、一切の責任を負いません。
- 子供を製品に近づけないでください。
- ペースメーカーやA.I.C.Dを使用している方の使用は禁止されています。
- 製品の操作は、経験と技術的知識を持った担当者のみが行ってください。

生産中止のお知らせ：LMS、LMFシリーズは2016年4月をもって生産中止となりました。初代LMSシリーズはLMSAシリーズに、初代LMFシリーズはLMFAシリーズに置き換わっています。

HIWIN は、製品に対して 1年間の保証を提供します。保証は、不適切な使用 (このマニュアルに記載されている注意事項と指示を参照してください) または自然災害に起因する損傷には適用されません。

安全上のご注意

- 製品を正しくお使いいただくために、製品の設置、運搬、保守、点検の前に、この取扱説明書をよくお読みください。
- 製品を使用する前に、モーター情報、安全情報、および関連する注意事項をよくお読みください。
- このマニュアルの安全上の注意事項は、DANGER（危険）、WARNING（警告）、CAUTION（注意）の3つのカテゴリに分類されています。

DANGER

差し迫った危険！

適切な予防措置を講じないと、死亡または重傷を負う可能性があることを示します。

WARNING

潜在的に危険な状況！

適切な予防措置を講じないと、死亡または重傷を負う可能性があることを示します。

CAUTION

潜在的に危険な状況！

適切な予防措置を講じないと、物的損害または環境汚染が発生する可能性があることを示します。

認証

モーターモデル	認証			
	EU 指令		UL 認証	
LMSA	CE	RoHS	UL	cUL
LMSA-Z		RoHS		
LMFA	CE	RoHS	UL	cUL
LMFP	CE	RoHS	UL	cUL
LMSS	CE	RoHS	UL	cUL
LMC	CE	RoHS		
LMT	CE	RoHS		

各章の概要

章	タイトル	内容
1	はじめに	この章では、リニアモーターの構造、仕様、型式説明など、リニアモーターの基本情報を紹介します。
2	構成	この章では、リニアモーターの選定方法について紹介します。
3	インターフェース設計	この章では、リニアモーターのインターフェース設計について紹介します。
4	設置	この章では、リニアモーターの設置条件と注意事項を紹介します。
5	トラブルシューティング	この章では、リニアモーターが故障したときの対処法を紹介します。
6	廃棄物処理	この章では、リニアモーターの廃棄の方法を紹介します。
7	付録	この章では、リニアモーターの用語解説、単位換算、その他補足内容を紹介します。

目次

1.	はじめに	1-1
1.1	概要	1-2
1.1.1	安全上の注意事項と安全記号の説明	1-2
1.1.2	安全上の注意事項	1-3
1.1.3	使用目的	1-6
1.1.4	配線上の注意	1-6
1.1.5	メンテナンスと保管上の注意	1-7
1.1.6	輸送上の注意	1-9
1.2	特長	1-10
1.2.1	リニアモーターの紹介	1-10
1.3	機種説明	1-11
1.3.1	銘板	1-11
1.3.2	モーターの IP 保護クラス	1-12
2.	構成	2-1
2.1	モーター関連	2-2
2.1.1	リニアモーターの選定	2-2
2.1.1.1	コア付きリニアモーター（LMSA/LMSA-Z/LMSS）の構造	2-3
2.1.1.2	水冷リニアモーター（LMFA/LMFP）の構造	2-5
2.1.1.3	コア付きリニアモーター（LMSC）の構造	2-6
2.1.1.4	コアレスリニアモーター（LMC）の構造	2-7
2.1.1.5	円筒型リニアモーター（LMT）の構造	2-9
2.1.1.6	水冷式リニアモーター冷却システム	2-11
2.1.1.7	LMFC フォーサー精密水冷	2-12
2.1.1.8	LMFC スターター精密水冷	2-12
2.1.2	モーターの熱計算	2-12
2.1.2.1	モーターの熱損失	2-12
2.1.2.2	連続運転温度	2-13
2.1.2.3	熱時定数	2-14
2.1.2.4	環境温度と連続推力	2-16
2.1.2.5	温度センサー	2-19
2.1.2.6	ドライバースタンプへの接続	2-22
2.1.2.7	過熱保護の構成	2-23
2.2	サーボドライバ関連	2-24
2.2.1	電源とコントローラーの選択	2-24
2.3	冷却関連	2-28
2.3.1	冷却システムの計算	2-28
2.3.2	冷却機の選定	2-30

2.3.3	冷却能力の選定	2-31
2.3.4	流量の選択	2-33
3.	インターフェース設計	3-1
3.1	インターフェース設計	3-3
3.1.1	水冷設計	3-3
3.1.1.1	LMFA/LMFP 水冷モーター冷却管の設計	3-3
3.1.1.2	LMFC 精密水冷チャンネル設計の LMFA/LMFP 水冷モーター	3-4
3.1.1.3	水冷チャンネルに使用される材料	3-8
3.1.1.4	水冷リニアモータの冷却剤	3-9
3.1.2	コア付きリニアモーターアセンブリインターフェース	3-10
3.1.2.1	LMSA コア付きリニアモーターシリーズ	3-11
3.1.2.2	LMFA 水冷リニアモーターシリーズ	3-12
3.1.2.3	LMSC ダブルスラストリニアモーターシリーズ	3-15
3.1.2.4	LMSS コア付きリニアモーターシリーズ	3-16
3.1.3	コアレスリニアモーター (LMC)の機械的設置インターフェース	3-17
3.1.4	円筒型リニアモーター (LMT)の機械的取り付けインターフェース	3-18
3.2	取り付け	3-22
3.2.1	推力とエアギャップ	3-22
3.2.1.1	LMSA シリーズ	3-23
3.2.1.2	LMFA シリーズ	3-25
3.2.1.3	LMFP シリーズ	3-31
3.2.1.4	LMSC シリーズ	3-37
3.2.2	ねじの選択規則と指示	3-38
3.2.2.1	力とステーターネジ取付穴仕様表	3-39
3.2.2.2	フォーサー推奨ネジ締め深さ表	3-42
3.2.2.3	ステーター推奨ネジ締め最小深さ表	3-43
3.2.2.4	フォーサーとステーターの推奨ネジトルク表	3-43
3.3	電気接続	3-44
3.3.1	ケーブル	3-44
3.3.1.1	電源ケーブルの標準仕様	3-44
3.3.1.2	接地保護の推奨工法	3-44
3.3.1.3	コアレスリニアモーターの接地保護の推奨工法	3-45
3.3.1.4	LMSA-Z シリーズ用延長ケーブルの推奨設置方法	3-47
3.3.1.5	コネクタ付モーターシリーズ	3-54
3.3.1.6	コネクタの選択とピン割り当て	3-56
3.3.2	フォーサー並列設計	3-61
3.3.2.1	リニアモーターの移動方向	3-62
3.3.2.2	LMSA リニアモーターシリーズ	3-63
3.3.2.3	LMFA 水冷リニアモーターシリーズ	3-65
3.3.2.4	LMSC 磁気ブレーキリニアモーターシリーズ	3-66
3.3.2.5	LMSS リニアモーターシリーズ	3-67

3.3.2.6	LMC コアレスリニアモーターシリーズ	3-68
3.3.2.7	LMT 円筒型リニアモーターシリーズ	3-71
3.3.3	ホール付属品	3-74
3.3.3.1	ホールセンサー	3-74
3.3.3.2	ホールセンサーの取り付け手順	3-79
3.3.3.3	ホールセンサーネジの選択	3-80
3.3.3.4	ホールエンコーダー	3-81
3.3.3.5	ホールエンコーダーのコーディング手順	3-82
3.3.3.6	ホールエンコーダー特性仕様	3-83
3.3.3.7	ホールエンコーダー寸法	3-84
4.	設置	4-1
4.1	機械的設置	4-2
4.1.1	コア付きリニアモーターの取り付け	4-2
4.1.1.1	ステーターの取り扱い上の注意	4-2
4.1.1.2	フォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項	4-8
4.1.1.3	LMSC フォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項	4-14
4.1.2	コアレスリニアモーターの取り付け	4-20
4.1.2.1	LMC フォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項	4-20
4.1.2.2	LMT フォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項	4-25
4.1.3	水冷式リニアモーター冷却システムの設置	4-30
4.1.3.1	フォーサーとステーターの精密水冷の設置	4-30
4.1.3.2	水冷モータークイックコネクタの取り付け	4-32
4.1.3.3	精密水冷モーターのクイックコネクタの取り付け	4-33
5.	トラブルシューティング	5-1
5.1	トラブルシューティング	5-2
6.	廃棄物処理	6-1
6.1	廃棄物処理	6-2
7.	付録	7-1
7.1	用語集	7-2
7.2	単位換算	7-6
7.3	ユーザー要求フォーム	7-8

1. はじめに

1.1	概要	1-2
1.1.1	安全上の注意事項と安全記号の説明	1-2
1.1.2	安全上の注意事項.....	1-3
1.1.3	使用目的	1-6
1.1.4	配線上の注意	1-6
1.1.5	メンテナンスと保管上の注意	1-7
1.1.6	輸送上の注意	1-9
1.2	特長	1-10
1.2.1	リニアモーターの紹介.....	1-10
1.3	機種説明	1-11
1.3.1	銘板	1-11
1.3.2	モーターの IP 保護クラス	1-12

1.1 概要

1.1.1 安全上の注意事項と安全記号の説明

安全上の注意事項は常に注意喚起語を使用して示され、場合によっては特定のリスクの記号も使用されます。

次の注意喚起語とリスクレベルが使用されます：

DANGER

差し迫った危険！

適切な予防措置を講じないと、死亡または重傷を負う可能性があることを示します。

WARNING

潜在的に危険な状況！

適切な予防措置を講じないと、死亡または重傷を負う可能性があることを示します。

CAUTION

潜在的に危険な状況！

適切な予防措置を講じないと、物的損害または環境汚染が発生する可能性があることを示します。

このユーザーマニュアルでは、次の記号が使用されています：

警告表示



アクティブな埋め込み型心臓デバイスを使用している人はアクセスできません。



環境に有害な物質！



警告！



手の挟み込みに注意！



電気の警告！



高温面に注意！



磁場の警告！

1.1.2 安全上の注意事項

DANGER

永久磁石による死の危険。

モーターがオフになっている場合でも、永久磁石により、アクティブな医療用インプラントを装着している人がモーターの近くにいと危険にさらされる可能性があります。

ステーターアセンブリには強力な磁場があります。ユーザーは注意して取り扱う必要があります。けがやステーター破損のおそれがあります。



- ◆ ステーターをシステム構造に組み立てる際は、磁性材料を離して手を負傷する危険性を防止してください。
- ◆ 運転中はフォーサー、ステーターに触れないでください。
- ◆ 影響を受ける場合は、モーターから 500mm 以上離れてください (指令 2013/35/EU によると、0.5mT の静磁場のトリガーしきい値)。

WARNING

リニアモーターの組み立ての危険。

ステーターの永久磁石による挟み込みの危険。

ステーターの吸引力は、磁化可能な材料に作用します。引力は、ステーターに近づくとは大幅に増加します。

ステーターに近づくとは、挟み込まれる危険性が非常に高くなります。

ステーターの近くでは、吸引力が数 kN になる場合があります。例: 磁気吸引力は 100kg の力に相当し、身体の一部を損傷するのに十分です。



- ◆ 製品の設置および操作は、専門の担当者が行う必要があります。
- ◆ 組み立ての際、磁石の工具やネジの使用は避けてください。
- ◆ ステーターを固定する前に、人身事故防止のため、強磁界のラベルを見やすい位置に貼り付けてください。
- ◆ ステーターを分解するときは、ステーターをカバーの端で直接扱わないでください。けがやステーター破損の恐れがあります。
- ◆ 複数のステーターを同時に開梱しないでください。
- ◆ 適切な予防策を講じずに、ステーターを隣り合わせに配置しないでください。

 WARNING

リニアモーター作動の危険性

誤った操作や故障の場合、モーターが過熱し、発火や発煙の原因となることがあります。これにより、重傷または死亡に至る可能性があります。



過度の高温はモーター部品を破壊し、故障やモーターの耐用年数の短縮につながります。

- ◆ 関連する仕様に従ってモーターを操作します。
- ◆ やけどをしないように、製品の周りで作業する前に、フォーサーが十分に冷めるのを待ちます(室温 25℃の場合)。
- ◆ 異臭、異音、発煙、振動等が発生した場合は、直ちに電源を切ってください。

 WARNING

高温の表面による火傷。

動作中、モーターは高温に達する可能性があり、触れると火傷を引き起こす可能性があります。



- ◆ 関連する仕様に従ってモーターを操作します。
- ◆ 作業を開始する前に、モーターが冷えるのを待ってください。
- ◆ 適切な人員保護具を使用してください。例えば手袋など。

 CAUTION

組み立てによる損傷。

電界または静電放電は、個々のコンポーネント、集積回路、モジュール、またはデバイスの損傷によって誤動作を引き起こす可能性があります。



- ◆ 磁気記憶媒体または精密機器を製品から遠ざけて、損傷によるフィールドを回避してください。(例: 磁気スケール、時計、クレジットカード、磁気応答デバイス)。
- ◆ 手袋や靴などを着用するなど、ESD (静電放電) に対する予防策を講じる必要があります。
- ◆ フォーサーおよびステーターユニットを移動または配置する際に、ケーブルを引きずらないでください。
- ◆ 感電を避けるため、ケーブルを傷つけたり、曲げたりしないでください。
- ◆ 操作上、他の部品と干渉しないことを必ず確認してください。ケーブルの曲げ半径が、ケーブルの寿命を縮めないように十分に大きいことを確認してください。

 CAUTION

製品の注意事項

製品の外観を説明し、不適切な分解による損傷を避けてください。



- ◆ 使い捨ての綿布とイソプロパノールアルコール(95% Vol.)などの洗浄液を使用して、ステーターの表面をきれいにします。PCB マシンやボール盤などのマシンを使用して、ヒューム発生率の高い施設では、3 か月に 1 回または 2 週間に 1 回、表面をクリーニングすることをお勧めします。
- ◆ エポキシを使用した製品は、表面に斑点がありますが、これは自然現象です。
- ◆ HIWIN の技術者のみが製品を修理できます。異常があった場合は HIWIN までご返送ください。
- ◆ 自分で部品を交換したり、分解したりしないでください。これによるフォーサー、ステーターの事故、破損等につきましては、HIWIN は一切の責任を負いかねます。
- ◆ 納品日から 1 年間の保証を提供します。HIWIN は、誤った取り扱い(このマニュアルの注意事項と指示を参照してください)または自然災害による損傷を受けた製品の交換または保守について責任を負いません。

- 製品を持ち上げたり、置いたりするときは、ケーブルを引っ張って引きずらないでください。
- 製品に衝撃を与えないでください。
- 製品は定格負荷で使用してください。
- IEC60034-5規格によると、HIWINリニアモーターには保護クラスがあります(セクション1.3.2を参照)。
- HIWINリニアモーターは、IEC60085規格に準拠した耐熱クラスFを備えています。
- HIWINリニアモーター認定試験は、以下の基準を満たしています。

表 1.1.2.1

CE	LVD Safety: 2014/35/EU reference standard	EN60034-1:2010
	EMC: 2014/30/EU reference standard	EN61000-6-4:2007/A1:2011
		EN61000-6-2:2005
UL	Linear motor reference standard 1004-1	

1.1.3 使用目的

- 工業用システムにはモーターのみを使用してください。
- モーターは汚れや腐食性物質との接触を避ける必要があります。
- モーターにラベルと説明がない場合、モーターを危険区域に設置しないでください。
- 設置条件が仕様に適合していることを確認してください。
- リニアモーターシステムを下記環境で操作してはなりません。

(1) 屋外

(2) 爆発の可能性がある雰囲気

1.1.4 配線上の注意

- 製品を使用する前に、製品ラベルに記載されている仕様をよく読み、製品要件で指定された電源で製品が使用されていることを確認してください。
- 配線が正しいか確認してください。配線を誤ると、モーターが異常に動作したり、モーターに恒久的な損傷を与えたりする可能性があります。
- シールド付きの延長コードを選択します。シールドは接地する必要があります。
- 電源ケーブルと温度センサーケーブルを同じ延長コードに接続しないでください。
- 電源ケーブルと温度センサーケーブルにはシールドが含まれています。シールドは接地する必要があります。

1.1.5 メンテナンスと保管上の注意

WARNING

製品の注意事項

ステーターなどのコンポーネント(特に永久磁石を備えたコンポーネント)を正しく廃棄しないと、死亡、重傷、または物的損害につながる可能性があります。



損傷

- ◆ 破損した製品の廃棄方法：現地の法律および規制に従ってリサイクルしてください。
- ◆ 関連する廃棄方法については、第 6 章を参照してください。

HIWIN リニアモーターの保管については、以下の指示に従ってください：

- 保管する前に、使用済みのリニアモーターを清掃して保護してください。
- リニアモーターコンポーネントは輸送用梱包材に収納し、縦置きや積み重ねはせず、横置きにしてください。
- モーターケーブルをモーターの下に置かないでください。
- 爆発性雰囲気や化学物質にさらされる環境にリニアモーターコンポーネントを保管しないでください。
- リニアモーターコンポーネントは、乾燥した霜のない、腐食のない雰囲気の場合にのみ保管してください。保管中にモーターに振動や衝撃が加わらないようにしてください。
- ステーターを分離し、厚さ 40 mm 以上の非磁性の保護装置(発泡スチロールなど)で包む必要があります。コンポーネントを保管する場合は、磁気に関する警告標識を取り付けてください。
- 長期保管または熱帯の国では、この製品に防錆包装を使用することをお勧めします。
- 製品の損傷を避けるため、金属製の物体を製品の近くに置かないでください。

表 1.1.5.1

動作環境	温度	0～40℃
	湿度	5～85%
保管環境	温度	-5℃～40℃
	湿度	5～85%
高度		1000M 以下
温度変化速度		最大 0.5K/min
結露		不可
氷結		不可

1.1.6 輸送上の注意

- 永久磁石は、国際航空運送協会(IATA)により、危険物(磁化された物質：UN2807)としてリストされています。
- 永久磁石を含む製品の場合、海上輸送および内陸輸送の磁場による影響を対策するために、梱包に追加の措置を講じる必要はありません。
- 永久磁石を含む製品を空輸する場合、適切なIATA梱包指示書で指定されている最大許容磁場強度を超えてはなりません。これらの製品を出荷するには、特別な措置が必要になる場合があります。特定の磁場強度を超える場合、そのような貨物にはIATAの梱包指示953に従ってラベルを付ける必要があります(下記またはIATAの最新の規制を参照してください)。
 - (1) 最大電界強度が $0.418Am(0.525\mu T)$ またはコンパス偏差の 2° を超える製品(製品から4.6mの距離で測定)は、製品が所在する国の責任ある国家機関からの出荷承認が必要です。製品が出荷されている国(原産国)と航空貨物会社の本拠地の国。製品を出荷できるようにするために、特別な措置を講じる必要があります。
 - (2) 製品から2.1mの距離で測定した最大電界強度が $0.418Am(0.525\mu T)$ またはコンパス偏差 2° 以上である製品を出荷する場合、発送は危険物運送法規に則って行っております。
 - (3) 製品から2.1mの距離で決定される最高電界強度が $0.418Am(0.525\mu T)$ 未満の製品を出荷する場合、関連当局に通知する必要はなく、製品にラベルを付ける必要もありません。
- 元々梱包されていたモーターコンポーネントの出荷は、開示もマークも必要ありません。
- 輸送条件は、EN60721-3-2に準拠する必要があります(次のページの表1.1.6.1を参照してください)。

表 1.1.6.1 輸送条件

環境パラメーター	単位	数値
大気温	(°C)	-5～40
相対湿度	(%)	5～85
温度変化率	(°C/min)	0.5
結露		不可
氷結		不可
輸送条件		Class 2K2
耐候性に優れた環境 (屋内/工場)でモーターを輸送してください		
生物学的条件		Class2B1
化学活性物質		Class2C1
機械的に活性な物質		Class2S2
機械的条件		Class2M2

1.2 特長

1.2.1 リニアモーターの紹介

リニアモーターは、コア付きリニアモーターとコアレスリニアモーターに分けることができます。コア付きリニアモーターは比較的推力が大きく、コアレスリニアモーターは比較的コンパクトで動特性が大きい。モーターと負荷の間に伝達機構がないため、負荷を直接駆動できます。したがって、機構は比較的単純であり、顕著な動的応答を達成することができる。さらに、リニアモーターは非接触設計を採用しているため、摩耗がなく、より高い精度を提供でき、メンテナンスやケアの必要性も軽減できます。リニアモーターのステーターはモジュール組立方式を採用しており、ストロークの長さに制限がないため、組立数に制限はありません。

1.3 機種説明

1.3.1 銘板

- さまざまなモータータイプの銘板に関する情報。（銘板例）
- LMFA(P)の連続力および連続電流値は水冷時です。 その他のモーター（LMSA/LMC/LMT/LMSS）仕様は自然空冷仕様となります。

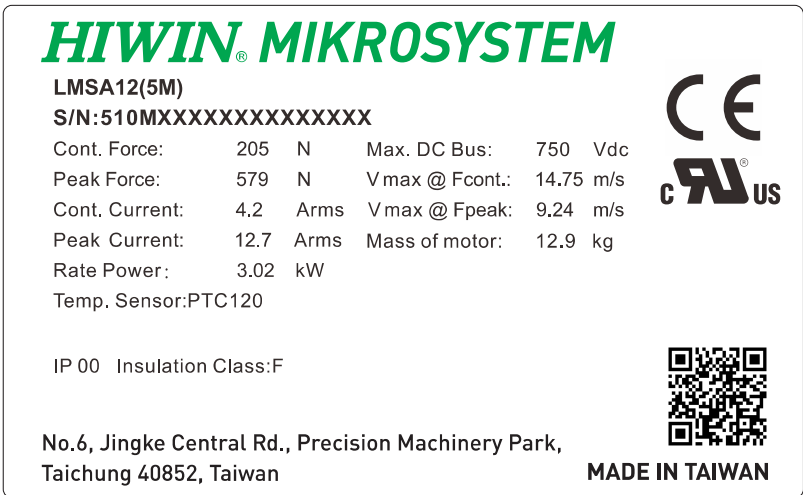


図 1.3.1.1 銘板例

1.3.2 モーターのIP保護クラス

リニアモーターは、保護クラスを定義するためにIECを適用します。IP□□の最初の数字は、粉塵の侵入に対する保護等級を意味します。クラス6は、ほこりの侵入に対する完全な保護を指します。2つ目は、水の浸入に対する保護クラスを意味します。クラス0は、保護がないことを意味します。クラス5は、あらゆる方向からの低圧ウォータージェットに対する保護を意味します。クラス6は、あらゆる方向からの高圧ウォータージェットに対する保護を意味します。

■ さまざまなモータータイプのIP保護クラス

表 1.3.2.1

リニアモーター	保護クラス
LMSA	IP60
LMFA	IP60
LMFP	IP65
LMSC	IP60
LMC	IP60
LMSS	IP60
LMT	IP66

ステーターは、その機械的設計により腐食から主に保護されています。ただし、強磁性粒子 (鉄片など) がステーター上に蓄積するのを防ぐために、適切な建設的措置を講じる必要があります。液体との接触や腐食性媒体との一般的な接触は、適切な保護手段 (カプセル化、ベローズ、保護ラッカー) によって回避する必要があります。

2. 構成

2.1	モーター関連	2-2
2.1.1	リニアモーターの選定	2-2
2.1.1.1	コア付きリニアモーター（LMSA/LMSA-Z/LMSS）の構造	2-3
2.1.1.2	水冷リニアモーター（LMFA/LMFP）の構造	2-5
2.1.1.3	コア付きリニアモーター（LMSC）の構造	2-6
2.1.1.4	コアレスリニアモーター（LMC）の構造	2-7
2.1.1.5	円筒型リニアモーター（LMT）の構造	2-9
2.1.1.6	水冷式リニアモーター冷却システム	2-11
2.1.1.7	LMFC フォーサー精密水冷	2-12
2.1.1.8	LMFC ステーター精密水冷	2-12
2.1.2	モーターの熱計算	2-12
2.1.2.1	モーターの熱損失	2-12
2.1.2.2	連続運転温度	2-13
2.1.2.3	熱時定数	2-14
2.1.2.4	環境温度と連続推力	2-16
2.1.2.5	温度センサー	2-19
2.1.2.6	ドライバースンプへの接続	2-22
2.1.2.7	過熱保護の構成	2-23
2.2	サーボドライバ関連	2-24
2.2.1	電源とコントローラーの選択	2-24
2.3	冷却関連	2-28
2.3.1	冷却システムの計算	2-28
2.3.2	冷却機の選定	2-30
2.3.3	冷却能力の選定	2-31
2.3.4	流量の選択	2-33

2.1 モーター関連

2.1.1 リニアモーターの選定

産業用アプリケーションによると、それらは主にポイントツーポイント移動とスキャンアプリケーションに分けることができます。図2.1.1.1に示すように、コア付きリニアモーターはポイントツーポイント移動のアプリケーションに適しており、コアレスリニアモーターはスキャンアプリケーションに適しています。



図 2.1.1.1 リニアモーターの応用イラスト画像

2.1.1.1 コア付きリニアモーター（LMSA/LMSA-Z/LMSS）の構造

LMSA/LMSA-Z/LMSS製品はコア付きモーターで、フォーサーは鉄心、コイル、エポキシを組み合わせたものです。鉄心は磁石と相互作用するため、この一連のモーターはコギング力とフォーサーとステーターの間の吸引力の影響を受けます。したがって、フォーサー設置ベースの設計時には、これらの要因を考慮する必要があります。この製品は、コンベア/輸送機器、デジタル印刷、3D印刷、PCB穴あけ機、軽加工機などの高加速および減速用途に使用するのに適しています。

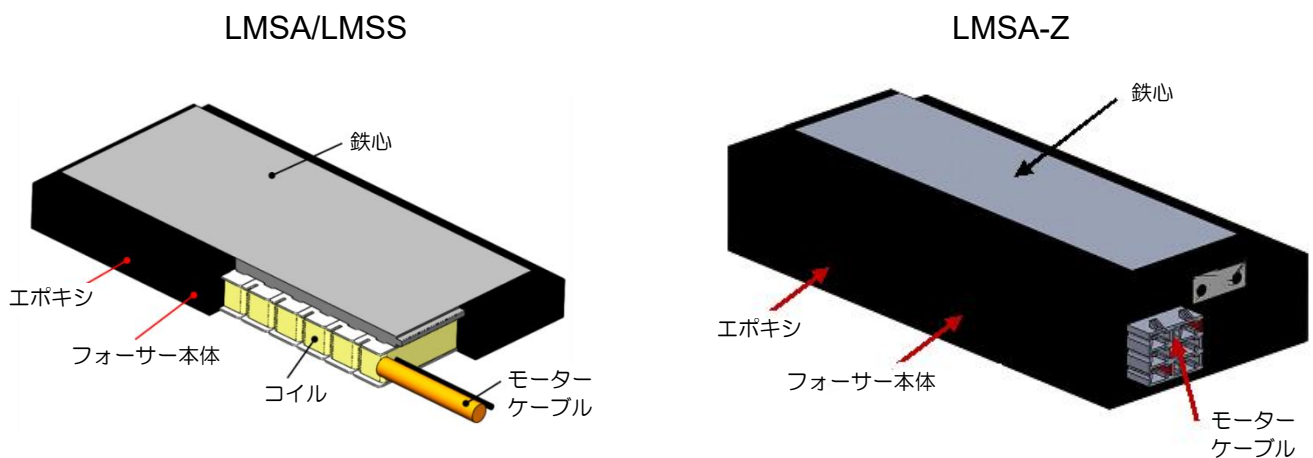


図 2.1.1.1.1 フォーサー構造

LMSA/LMSA-Z/LMSSのステーターは上から見ると長方形の構造になっています。ユーザーは、産業用途に応じて、ステーターのカバーまたはエポキシバージョンを選択できます。また、ステーターは可動部としても使用できます。

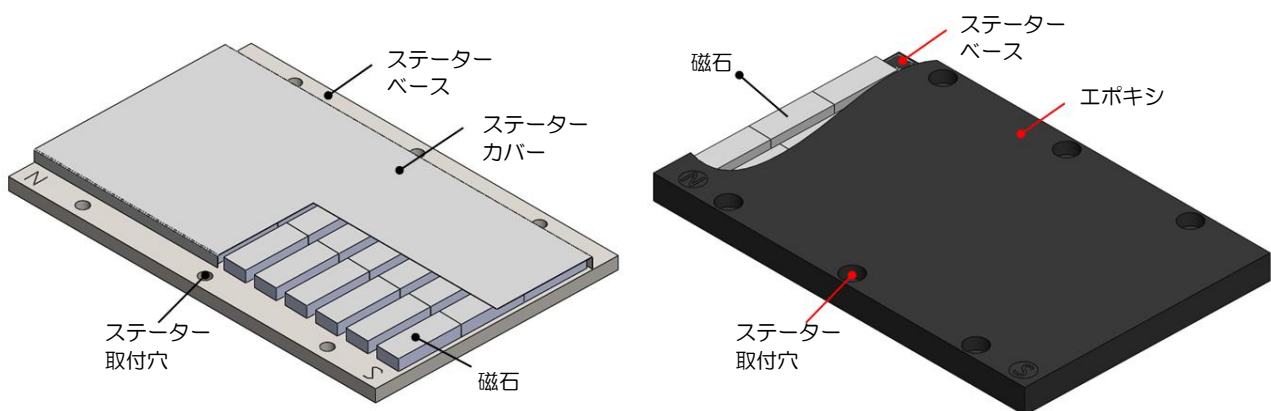


図 2.1.1.1.2 ステーター構造

モーターの取り付けは、フォーサーとステーターの間エアギャップに注意してください。コア付きリニアモーターのエアギャップとモーター性能の関係については、マニュアルのセクション3.2.1を参照してください。

モーターのフォーサーとステーターの取り付けガイドラインについては、マニュアルのセクション4.1.1を参照してください。フォーサーとステーターの間には強い吸引力が存在します。危険防止のため、ステーターを勝手に外したり、磁性体を使用して装置に近づけたりしないでください。さらに、ステーターアセンブリの長さは、フォーサーの長さより長くなければなりません。予期しないリスクが発生する可能性があります。

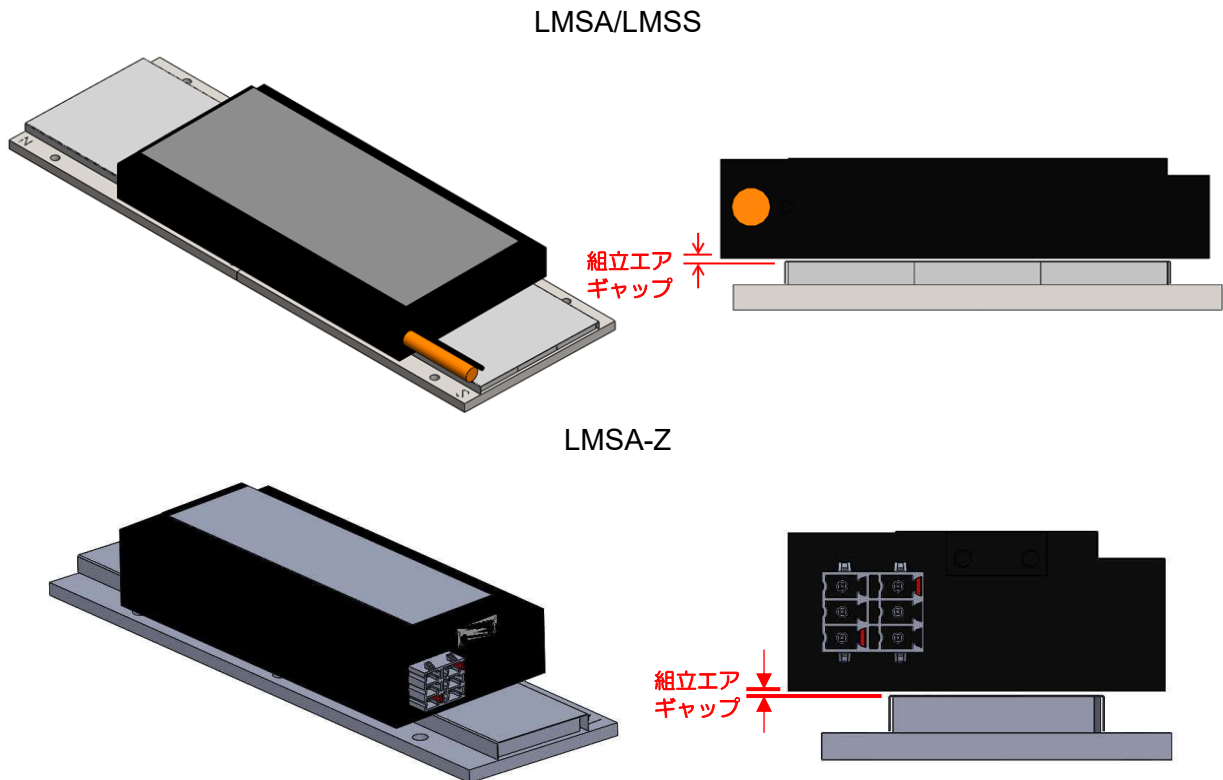


図 2.1.1.1.3 フォーサーとステーターの構造

2.1.1.2 水冷リニアモーター（LMFA/LMFP）の構造

LMFA/LMFP製品はコア付きの水冷モーターで、フォーサーは鉄心、フォーサーベース、コイル、冷却銅管、エポキシを組み合わせたものです。鉄心は磁石と相互作用するため、この一連のモーターはコギング力とフォーサーとステーターの間の吸引力の影響を受けます。したがって、フォーサー設置ベースの設計時には、これらの要因を考慮する必要があります。この製品は、冷却システムを利用してモーターの性能を高め、コンベア/搬送装置、PCBボール盤、研削盤などの重負荷用途に適しています。

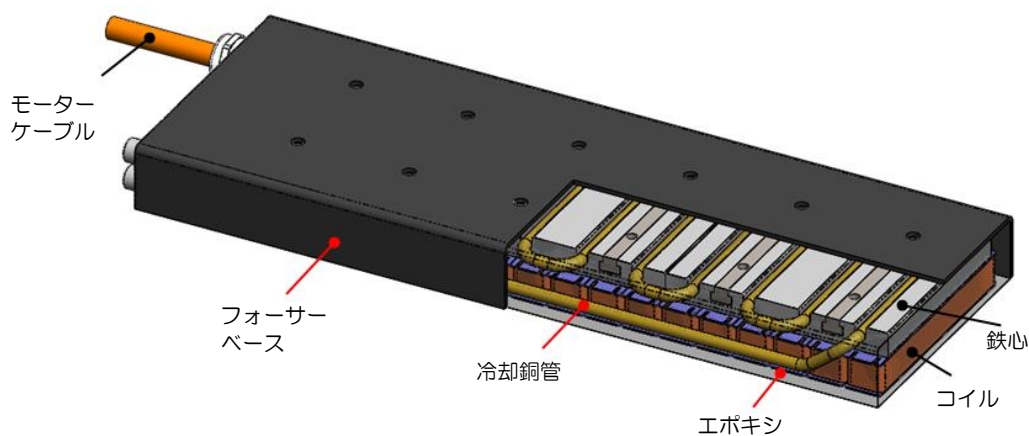


図 2.1.1.2.1 フォーサー構造

LMFA/LMFPのステーターは上から見ると長方形の構造になっています。ユーザーは、産業用途に応じて、ステーターのカバーバージョンまたはエポキシバージョンを選択できます。

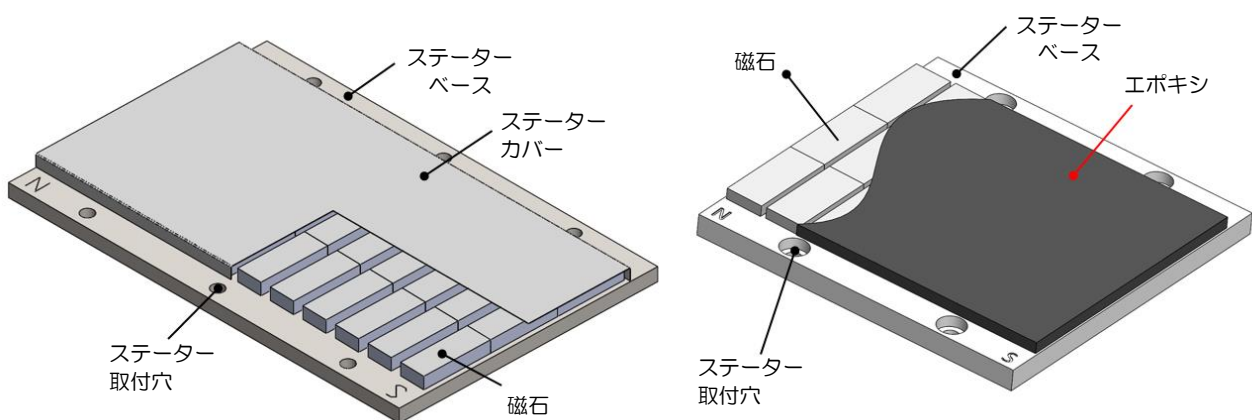


図 2.1.1.2.2 ステーター構造

モーターの取り付け中は、フォーサーとステーターの間エアギャップに注意してください。コア付きリニアモーターのエアギャップとモーター性能の関係については、マニュアルのセクション 3.2.1 を参照してください。

モーターのフォーサーとステーターの取り付けガイドラインについては、マニュアルのセクション4.1.1を参照してください。フォーサーとステーターの間には強力な磁気吸引力が存在するため、危険防止のため、ステーターを勝手に取り外したり、磁性体をデバイスに近づけたりしないでください。さらに、ステーターアセンブリの長さは、フォーサーの長さより長くなければなりません。予期しないリスクが発生する可能性があります。

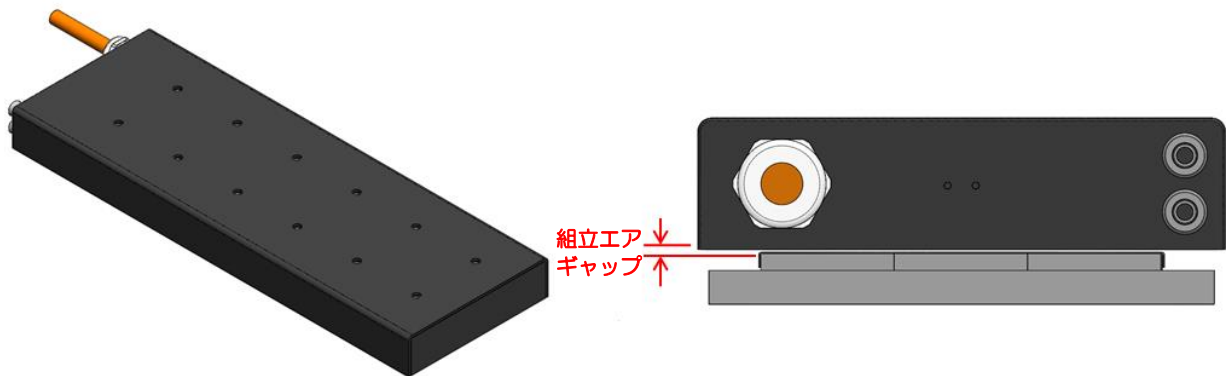


図 2.1.1.2.3 フォーサーとステーターの構造

2.1.1.3 コア付きリニアモーター（LMSC）の構造

LMSC製品は、鉄心、フォーサーベース、コイル、エポキシで組み立てられたコア付きモーターです。鉄心が背中合わせに配置されているため、フォーサーとステーターの間の吸引力が相殺され、ガイドウェイの負荷が大幅に軽減され、ガイドウェイの寿命が長くなります。

搬送装置、自動化生産ライン、軽量化加工装置などの高加速度用途に適しています。

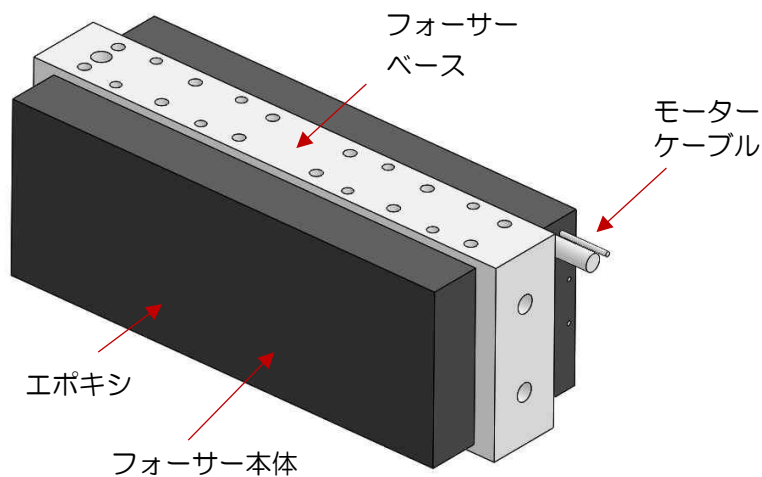


図 2.1.1.3.1 フォーサー構造

2.1.1.4 コアレスリニアモーター（LMC）の構造

LMC製品はコアレスモーターです。図2.1.1.4.1のフォーサーアセンブリ図から、フォーサーの内部は鉄心ではなくコイルのみで構成され、フォースーベースとエポキシと一緒に組み立てられて形成されていることがわかります。コアレス構造のため、コギング力がなく、フォーサーとステーター間の吸引力がなく、低慣性という特長があります。光学式検査装置、走査型電子顕微鏡装置など、高速・軽負荷の用途や極低速リップル、低磁界損失が要求される用途に適しています。

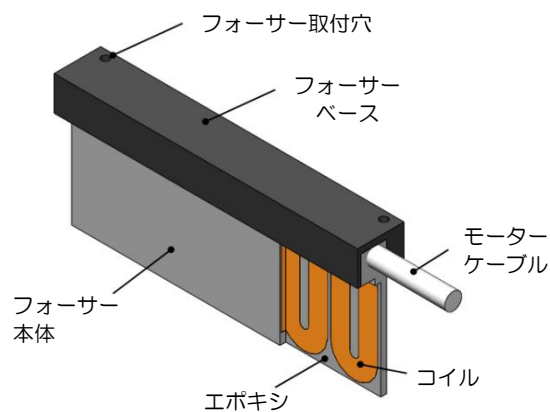


図 2.1.1.4.1 フォーサー構造

LMCのステーターは横から見るとコの字型の構造になっており、図2.1.1.4.2に示すようにベースと2列の磁石を組み合わせた構造になっています。磁石の量がコア付きリニアモーターよりも多いため、全体の重量はフォーサーよりも重くなっています。したがって、ユーザーはステーターを可動部として使用する必要はありません。

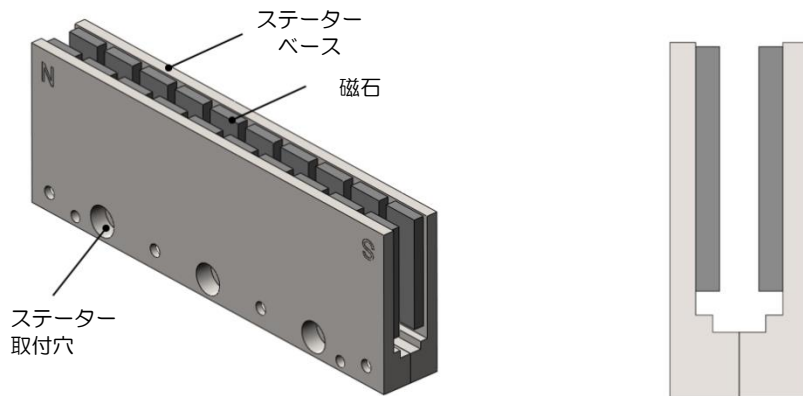


図 2.1.1.4.2 ステーター構造

LMCステーターのU字型構造の切り欠き部分は、フォーサーがステーター間を移動できるようにするためのものです。モーターを取り付ける際は、図2.1.1.4.3に示すように、ステーター間の組み立てギャップに注意してください。モーターフォーサーとステーターの取り付けガイドラインについては、マニュアルのセクション4.1.2を参照してください。ステーターに使用しているマグネットは磁気吸引力が強いため、勝手にステーターを外したり、磁性体を使ってステーターに近づけたりしないでください。危険防止のためです。

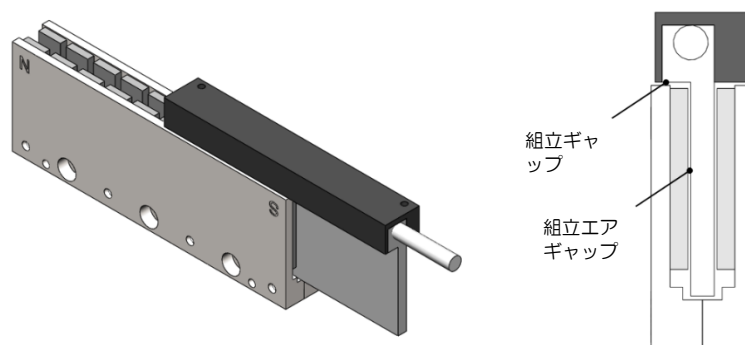


図 2.1.1.4.3 フォーサーとステーターの構造

2.1.1.5 円筒型リニアモーター（LMT）の構造

同社のLMTシリーズ製品は、鉄のない円筒型モーターです。コアレス構造のため、モータ特性はLMCシリーズの特性と一致しており、コギング力、吸引力がなく、低慣性という特性を持っています。フォーサーアセンブリは図2.1.1.5.1に示すとおりで、その内部構造はコアレスです。LMTとLMCの違いは、LMTは比較的コンパクトで単純な構造であり、外観がネジ管状の直線機構に似ているため、メンテナンスが容易で、機構スペースの利用率を高めることができることにあります。ねじ筒式リニア機構から直動式リニア機構に変更されるユーザーに最適なソリューションです。その一般的なアプリケーションには、光学検査装置、工作機械のワイヤー切断装置、走査型電子顕微鏡装置、食品自動化装置、医療自動化産業などが含まれます。

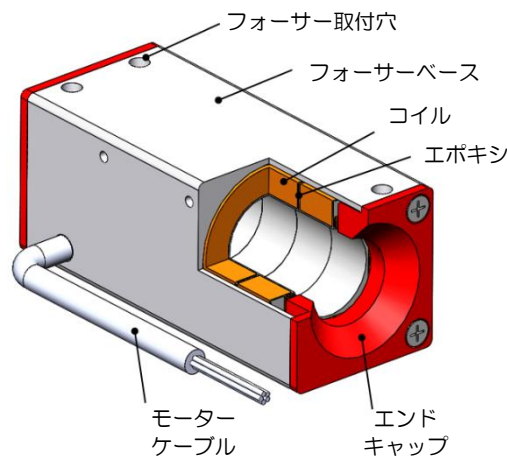


図 2.1.1.5.1 フォーサー構造

LMTステーターの外観は、図2.1.1.5.2に示すように、密閉された円形の棒であり、ステーターの外管と磁石によって形成されます。モーターを取り付ける際は、図 2.1.1.5.3 に示すように、フォーサーとステーターの間の組み立てギャップに注意してください。モーターフォーサーとステーターの取り付けガイドラインについては、マニュアルのセクション4.1.2を参照してください。ステーターに使用しているマグネットは磁気吸引力が強いです。危険防止のため、勝手にステーターを外したり、磁性体を使ってステーターに近づけたりしないでください。

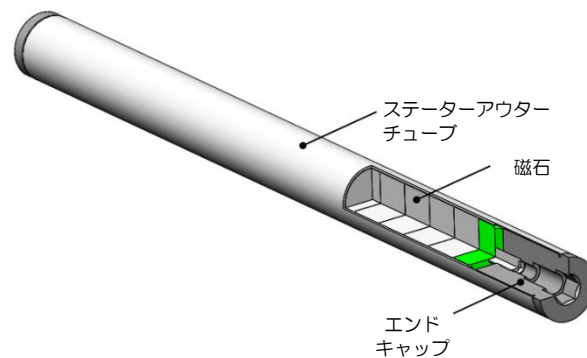


図 2.1.1.5.2 ステーター構造

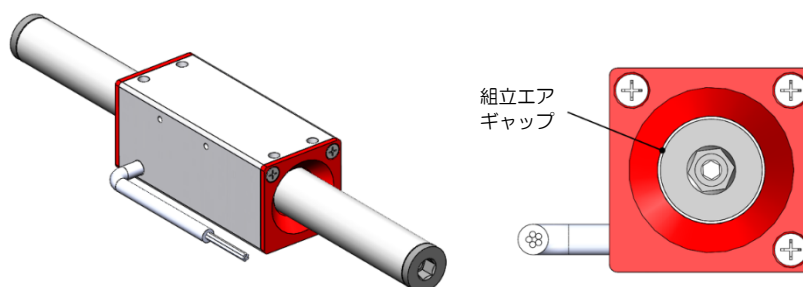


図 2.1.1.5.3 フォーサーとステーターの構造

2.1.1.6 水冷式リニアモーター冷却システム

HIWIN LMFA/LMFPシリーズモーターは、最適なモーター性能を実現するために内部水冷方式を採用しています。内部水冷に加えて、LMFA/LMFPシリーズモーターには、温度を大幅に下げするために、熱交換面積を増やし、モーターからの熱伝達を分離できるLMFC精密水冷アクセサリのオプションも装備されています。温度分布の比較は図2.1.1.6.1のようであり、それによって高精度のアプリケーション要求を満たします。構造は図2.1.1.6.2のとおりです。

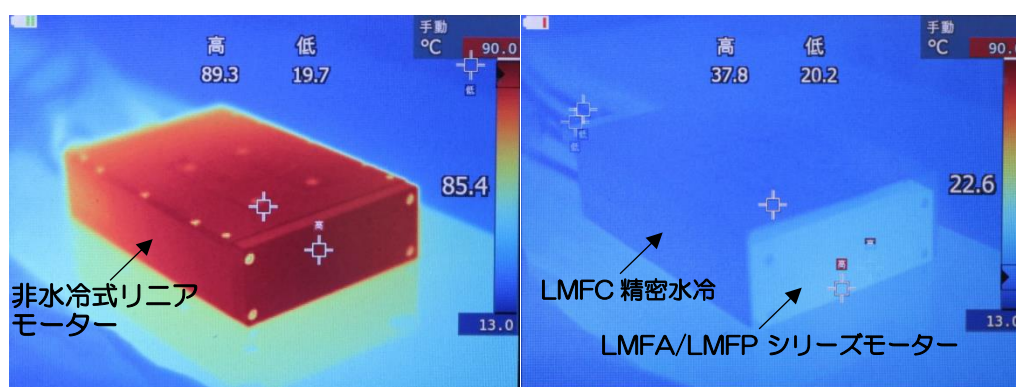


図 2.1.1.6.1 温度分布比較イメージ

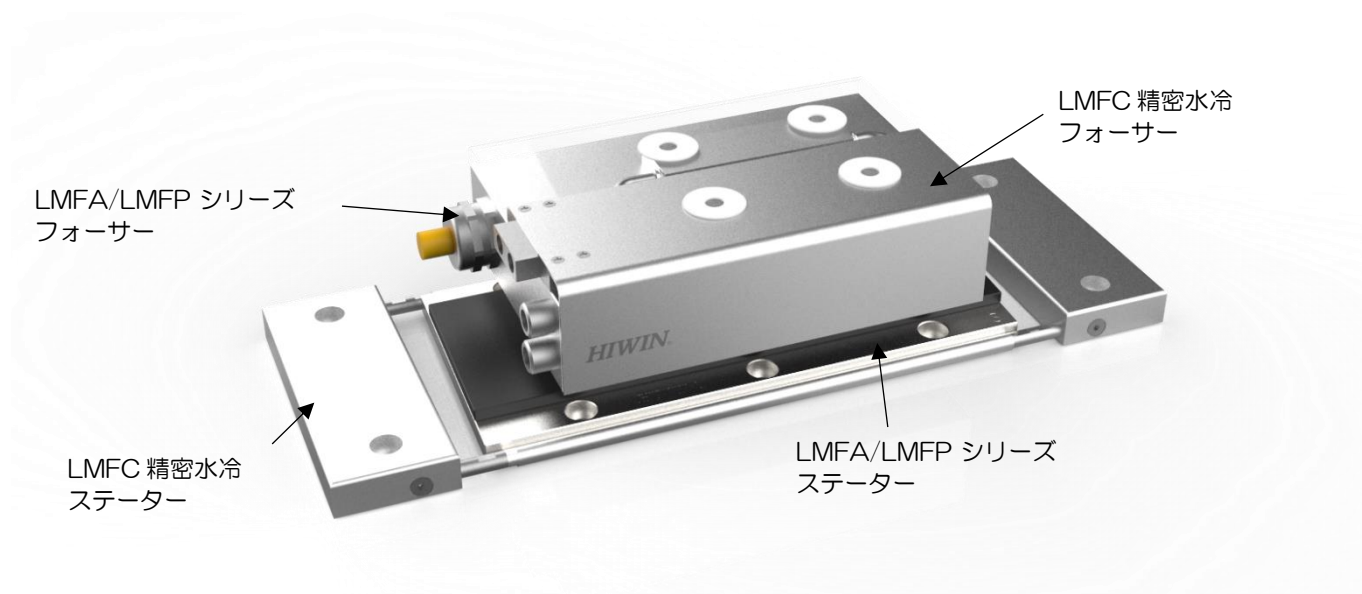


図 2.1.1.6.2 LMFC精密水冷モーター基本構造のLMFA/LMFPシリーズ

2.1.1.7 LMFCフォースー精密水冷

LMFA/LMFPシリーズのモーター内部には冷却水路が装備されており、水冷コネクタ入口からモーター内部に冷却水が入り冷却を行います。熱放散のために密閉されたチャンネルを通過した後、クーラントは水冷コネクタの出口を介して水冷機に戻ります。LMFCフォースー精密水冷を搭載したモーターの場合、LMFC精密水冷アクセサリは、オリジナルのLMFA/LMFPフォースーの上に取り付けられます。精密水冷用に提供された断熱材は、熱伝達を隔離するために使用されます。冷却液は、水冷コネクタの入口からモーターに入り、冷却を行い、密閉されたチャンネルを通過して放熱した後、水冷コネクタの出口から水冷機に戻ります。

2.1.1.8 LMFCステーター精密水冷

ステーターの放熱のための冷却設計は、LMFC精密水冷シリーズにのみ提供されます。LMFCステーター精密水冷は、LMFA/LMFPステーターの下に取り付けられています。クーラントはモーターに入り、水冷コネクタの入口を介して冷却を行い、熱を放散するために密閉されたチャンネルを通過した後、水冷コネクタの出口を介して水冷機に戻り、迅速な放熱効果を実現します。

2.1.2 モーターの熱計算

2.1.2.1 モーターの熱損失

電気エネルギーをモーターの運動エネルギーに変換する過程で、銅損、鉄損、機械損が発生することは避けられません。ここで、銅損とは、電流がモーターの強制コイルを通過する際の抵抗によって生じる損失を指します。鉄損は、フォースー磁石とステーター磁石の間の磁場変換によって発生します。一般に、機械損失は銅損や鉄損よりはるかに小さいため、省略できます。

連続推力での銅損の計算方法は次のとおりです：

$$P_C = \frac{3}{2} \times R_{25} \times \{1 + [0.00393 \times (T_{max} - 25)]\} \times I_C^2$$

P_C : コイル温度が T_{max} のときの銅損[W]

R_{25} : コイル温度25℃時の線間抵抗[Ω]

I_C : コイル温度 T_{max} の時の連続電流[A_{rms}]

T_{max} : 最大巻線温度[℃](各シリーズモーターのカタログをご参照ください)

熱損失は、主に熱伝導方式を利用してコイルの損失をモーター表面に伝達します。自然空冷の例では、熱損失源はモーターの空気と接する面から熱対流により外部環境に伝達され、さらにユーザーの設置面から放熱と熱伝導により熱が奪われます。水冷の例では、熱損失源は熱伝導を利用して熱源中心から冷却水に熱を伝えますが、冷却水は空気よりもはるかに高い熱対流係数を持っているため、対流による空気への熱源を省略することができます。LMFAシリーズのモーターの冷却方式は、水冷式と空冷式が選べます。使用されるパラメーターが仕様を示されているものと同じであることを確認してください。また、最大巻線温度が 120℃を超えないことにも注意してください。

2.1.2.2 連続運転温度

モーターコイルの定常温度は、銅損と鉄損の比率に基づいて定義されます。リニアモーターを使用すると鉄損を省略できます。モーターの総損失と定格連続推力 F_c は、カタログで指定されている最大巻線温度に従って定義されます。等価推力 F_e が定格連続推力 F_c よりも小さい場合、各運転条件におけるモーターコイルの定常温度は次式で求められます。

運転電流が定格電流以下（ $I_e \leq I_c$ ）の場合、温度と推力の関係は次のようになります。

$$T_e = T_{amb} + \left(\frac{F_e}{F_c} \right)^2 \times (T_{max} - 25)$$

T_e : 等価推力下でのコイル定常温度 [°C]

T_{amb} : 環境温度 [°C]

F_e : 実機相当推力 [N] (コイル温度が T_e の場合)

F_c : 定格連続推力 [N] (コイル温度が T_{max} のとき)

2.1.2.3 熱時定数

モーターの動作中、コイル温度は熱時定数に関係しています。熱時定数は、コイル初期温度 T_0 と最大巻線温度 T_{max} の温度差が63%に達する時間(図2.1.2.3.1に示すように)として定義されます。モーターが定常状態になるまでの時間は、熱時定数 t_{TH} の約5倍です。

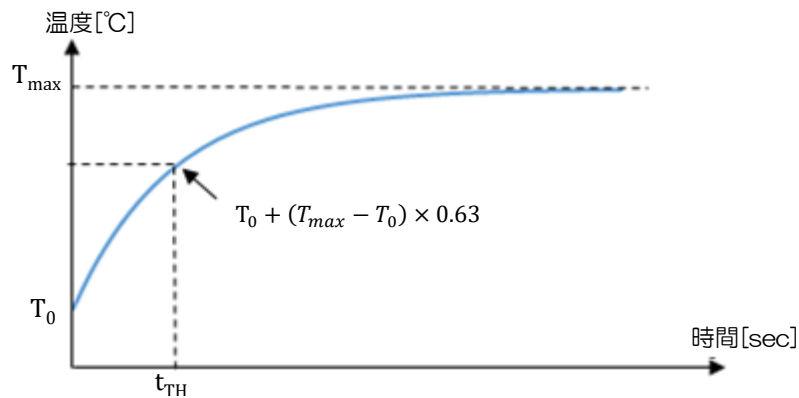


図 2.1.2.3.1 モーター温度上昇曲線グラフ

熱時定数と温度の式は次のとおりです。

$$T(t) = T_0 + (T_{max} - T_0) \times \left(1 - e^{-\left(\frac{t}{t_{TH}}\right)}\right)$$

$T(t)$: コイル温度 [°C] (動作時間 t)

T_0 : コイル初期温度 [°C]

T_{max} : 最大巻線温度 [°C]

t_{TH} : 熱時定数 [sec] (各シリーズモーターのカタログを参照してください)

t : 稼働時間 [sec]

運転電流が定格電流とピーク電流の間にある場合($I_c < I_e < I_p$)、モーターを冷却するための電源オフのアイドル時間を設定する必要があります。また、前述の熱時定数は、負荷サイクルに必要な時間を計算するために使用できます。まず、2.1.2.2項に従い、実運転時の等価推力(F_e)から等価推力下でのコイル定常温度(T_e)値を求め、これに続いて、次の式を使用して相対的な最大動作時間を取得します。

等価推力と最大稼働時間でのコイル定常温度(T_e)の式は、

$$t = -t_{TH} \times \ln\left(1 - \frac{T_e - T_0}{T_{max} - T_0}\right)$$

t : 最大稼働時間 [sec]

注：ここに記載されている等価電流のコイル温度 (T_e) は、カタログに記載されている最大巻線温度 (T_{max}) を超えてはなりません。

2.1.2.4 ストール条件

モーター速度が非常に遅い場合 (停止を含む)、モーター内部の電流の転流速度が非常に遅い場合、電流はモーター内部の特定のコイルのセットに蓄積されます。このとき連続電流を流すと放熱が不十分になり、モーターが過熱してしまいます。

概念は次のとおりです (図 2.1.2.4.1) :

- 矢印は放熱のためにモーターの周りを流れる水の流れのようなもので、単位時間あたりに流出できる水の量は決まっています。
- ストール状態では、モーターの温度はモーターの特定の 2 相または特定の相に集中します。
- ストール状態では、モーターの温度はモーターの特定の 2 相または特定の相に集中します。

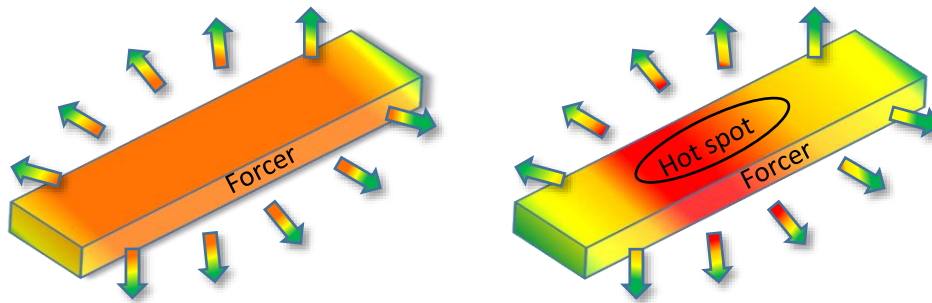


図 2.1.2.4.1 通常動作(左)。失速状態 (右)

モーターが 1 Hz より低いモーター周波数で動作する場合、ストール状態とみなされます。

モーター周波数、モーター速度、極数の関係は次のとおりです :

$$v = 2\tau f$$

v = 速度 (m/s)

f = 電気周波数 (Hz)

2τ = 極対ピッチ (m)

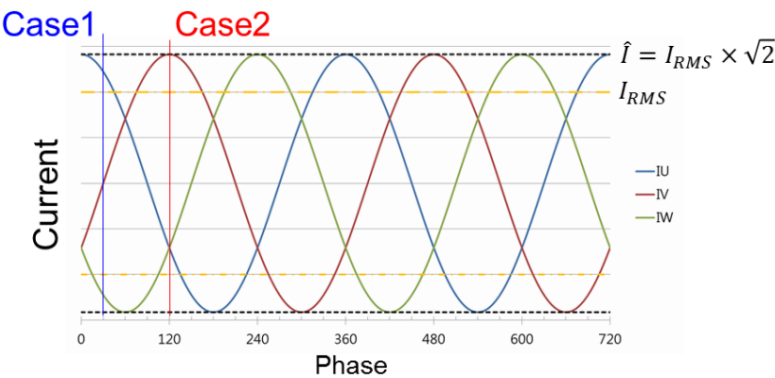


図 2.1.2.4.2 モーターの各相電流

前述したように、モーター回転数が極度に低く、モーターがストール状態で運転している場合には、図 2.1.2.4.2 に示すように、二相または単相の各相が耐えられる連続電流を超える電流が流れます。過熱を避けるために、動作電流を適切に減らす必要があります。失速状態には 2 つの境界があります。どの電気角においても、電流は次の 2 つのケースの間にある必要があります：

ケース 1 両相に過電流が流れる。(U、W 相の例)

- ➔ 連続電流の 81% までの電流 ($\frac{1}{\sqrt{1.5}}$)
- ➔ 電流の変更: $I_{phase_U} = I_{phase_W} = \frac{1}{\sqrt{1.5}} I_c(w)$

ケース 2 単相の過電流。(V 相の例)

- ➔ 連続電流の 70% までの電流 ($\frac{1}{\sqrt{2}}$)
- ➔ 電流の変更: $I_{phase_U} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_c(w)$

ストール状態は、アプリケーションや計算においてユーザーによって簡単に無視されます。モーター速度が表 2.1.2.4.1 に示す速度よりも低い場合は、ストール状態と見なす必要があります。動作条件は慎重に見積もる必要があります。電流と温度を監視する必要があります。過熱によるモーターの損傷を防ぐためです。

表 2.1.2.4.1 HIWIN リニアモーターのストール速度

LM シリーズ	LMSA	LMFA0□~2□, LMFP2□	LMFA3□~6□, LMFP3□~6□
速度 (m/s)	0.03	0.03	0.046
LM シリーズ	LMSS	LMCA, LMCB, LMCC	LMCD, LMCE, LMCF, LMC-EFC, LMC-EFE, LMC-EFF
速度 (m/s)	0.02	0.032	0.06
LM シリーズ	LMC-HUB	LMT2	LMT6
速度 (m/s)	0.024	0.048	0.06
LM シリーズ	LMTA	LMTB	LMT6
Velocity (m/s)	0.072	0.09	0.12

2.1.2.5 環境温度と連続推力

HIWINリニアモーター連続出力は、環境温度25℃下で到達するシリーズモーターの最大巻線温度に基づいて定義されます。使用環境温度が25℃を超えると、モーターの連続推力が低下します。さまざまな環境温度下で、モーターがさまざまな環境温度下で最大巻線温度を超えずに達成できる連続推力は、次の式から計算できます。

$$\frac{T_{max} - T_{amb}}{T_{max} - T_0} = \frac{F_x^2}{F_C^2}$$

T_{max} : 最大巻線温度(カタログ値)[℃]

T_{amb} : 環境温度[℃]

T_0 : モーター初期温度[℃], 水冷 $T_0=20^\circ\text{C}$, 自然冷却 $T_0=25^\circ\text{C}$

F_C : 連続推力(カタログ値)[N]

F_x : 異なる環境温度下で達成可能な連続推力[N]

異なる環境温度と達成可能な連続推力の関係は、図2.1.2.4.1および図2.1.2.4.2に示すとおりです。

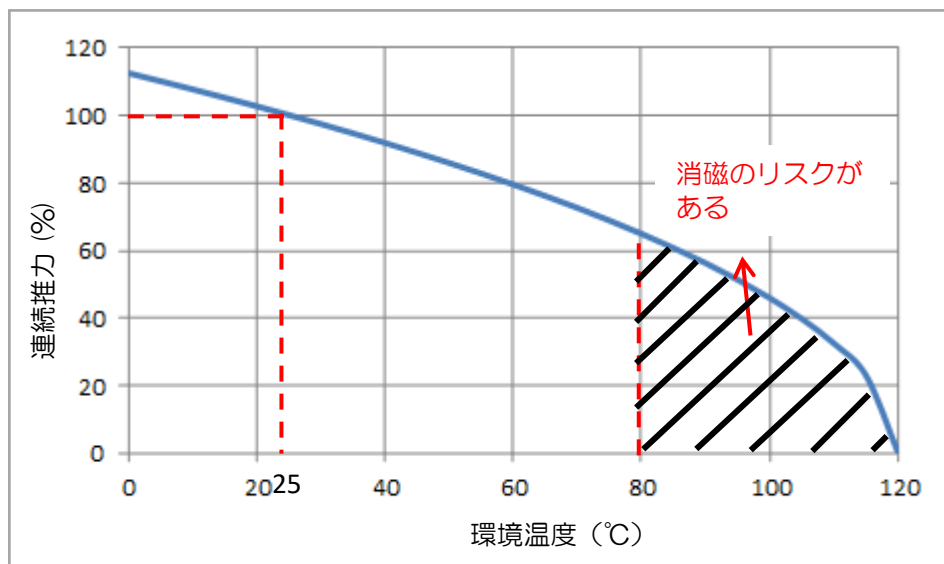


図 2.1.2.4.1 環境温度 v.s.自然冷却モーターによる連続推力関係グラフ

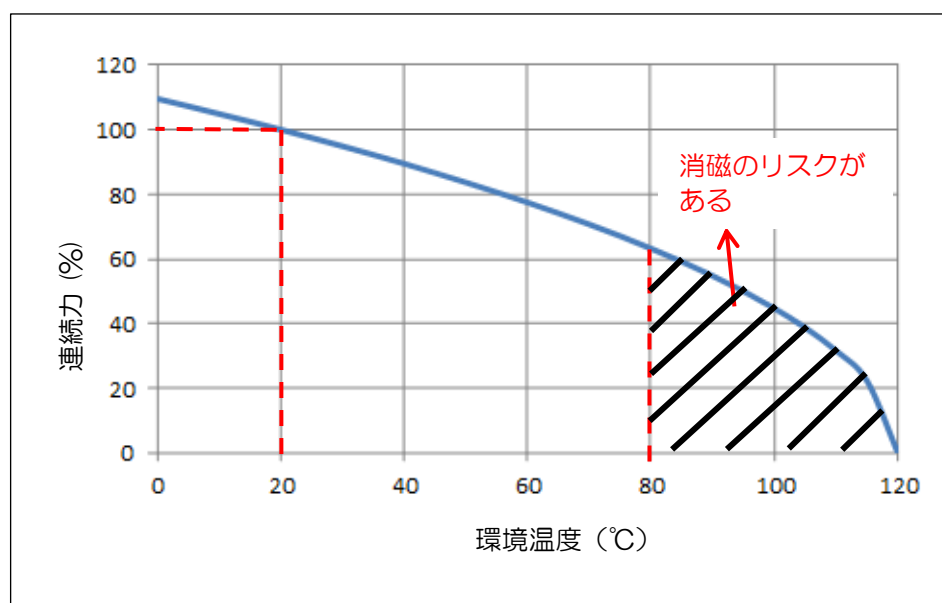


図 2.1.2.4.2 環境温度 v.s.水冷モーターによる連続推力関係グラフ

2.1.2.6 温度センサー

リニアモーターには温度センサーが組み込まれており、必要なモーター過熱保護を実現するために制御システムに信号を提供します。

PTC素子を使用した温度監視だけでは、モーター保護が不十分な場合があります。これは、たとえば、モーターが連続電流を超える電流で動作している場合に当てはまります。HIWINは、制御側で追加の保護アルゴリズムを使用することを推奨しています。連続電流を超える電流での動作時間については、セクション2.1.2.3を参照してください。

一般的な温度センサーには、PTC、Pt1000などがあります。モーターに搭載されている温度センサーの種類については、カタログまたは承認図を参照してください。温度センサーの性能は、それぞれ次のように説明されています：

PTC100とPTC120はそれぞれサーミスタで、コイルの温度によって出力抵抗が変化します。PTC100 の抵抗は $T_{REF} = 100^{\circ}\text{C}$ で大幅に増加し、PTC 120の抵抗は $T_{REF} = 120^{\circ}\text{C}$ で大幅に増加します。その特長は以下の通りです。

表 2.1.2.5.1 PTC 温度センサーの特性

温度	抵抗器
$20^{\circ}\text{C} < T < T_{\text{REF}} - 20\text{K}$	$20\Omega \sim 250\Omega$
$T = T_{\text{REF}} - 20\text{K}$	$\leq 550\Omega$
$T = T_{\text{REF}} + 5\text{K}$	$\geq 1330\Omega$
$T = T_{\text{REF}} + 15\text{K}$	$\geq 4000\Omega$

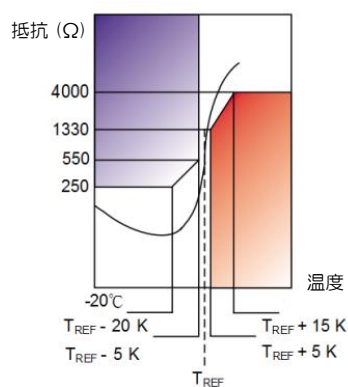


図 2.1.2.5.1 PTC 温度と抵抗の関係グラフ

Pt1000は白金抵抗温度センサー(RTD)で、温度が0℃の時の抵抗値が1000Ωという特長があります。実際の温度は、出力抵抗を測定することで取得できます。抵抗と温度の関係は図2.1.2.5.2のようになり、抵抗と温度の標準的な式は次のようになります：

温度範囲が-200～0℃の場合

$$R_{\theta} = R_0[1 + A\theta + B\theta^2 + C(\theta - 100)\theta^3]$$

温度範囲が0～850℃の場合

$$R_{\theta} = R_0(1 + A\theta + B\theta^2)$$

$$R_0 = 1000[\Omega]$$

$$\theta = \text{動作温度}[\text{℃}]$$

$$A = 3.9083 \times 10^{-3}[\text{℃}^{-1}]$$

$$B = -5.7750 \times 10^{-7}[\text{℃}^{-2}]$$

$$C = -4.1830 \times 10^{-12}[\text{℃}^{-4}]$$

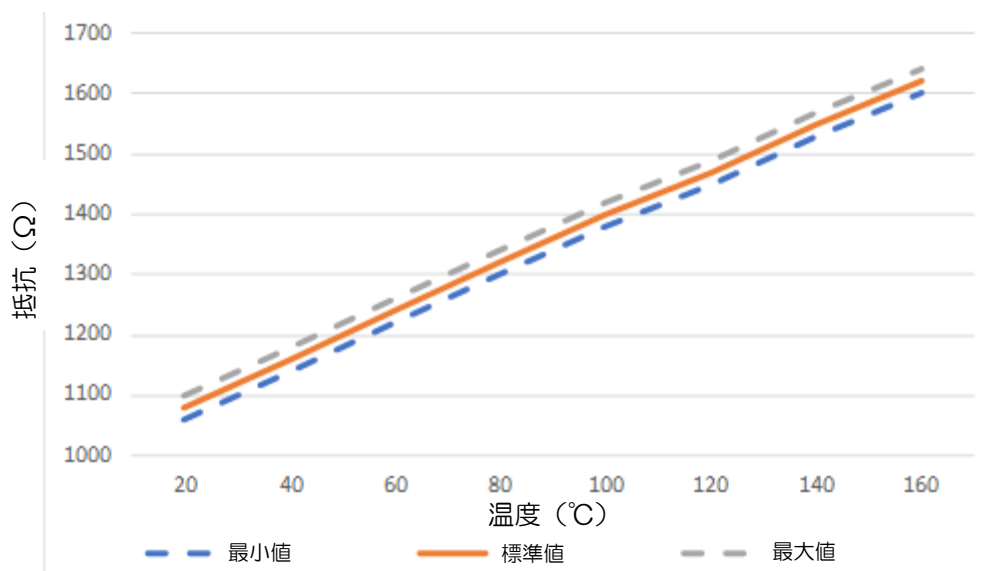


図 2.1.2.5.2 Pt1000 の抵抗と温度の関係グラフ

KTY84-130 はシリコン温度センサーで、出力抵抗を測定することで実際の温度が得られます。その特性は表2.1.2.5.2のとおりであり、抵抗と温度の関係は図2.1.2.5.3のとおりです。

表 2.1.2.5.2 KTY84-130 温度センサーの特性

記号	パラメーター	基準	最小値	標準値	最大値	単位
R_{100}	温度が 100℃以下の場合の抵抗	$I_{(out)} = 2mA$	970	-	1030	Ω
R_{250} / R_{100}	抵抗比	T = 250℃ と 100℃	2.111	2.166	2.221	Ω
R_{25} / R_{100}	抵抗比	T = 25℃ と 100℃	0.595	0.603	0.611	Ω

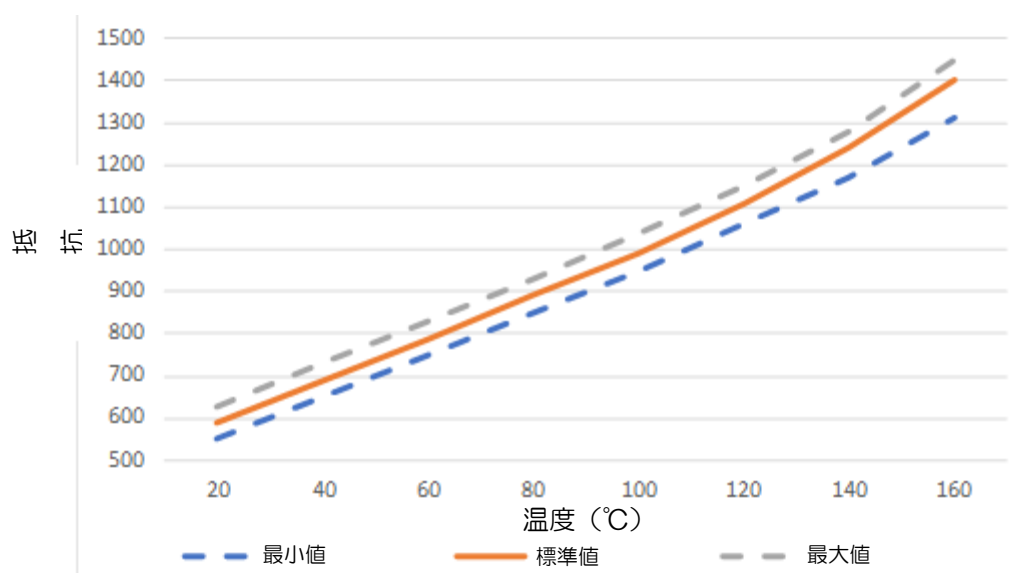


図 2.1.2.5.3 KTY84-130の抵抗と温度の関係グラフ

2.1.2.7 ドライバーアンプへの接続

温度監視回路は通常、ドライバー制御に直接接続できます。EN61800-5-1に準拠した保護分離要件を満たす必要がある場合は、ドライバーメーカーが提供する接続モジュールにセンサーを接続する必要があります。

2.1.2.8 過熱保護の構成

表 2.1.2.7.1 過熱保護構成表

	構成図
PTC SNM120	T1 – (yellow)T1 + (red) Phase 1 Phase 2 Phase 3
PT1000	T2 + (black)T2 – (white)
SKM120	T – (blue)T + (brown) Phase 1 Phase 2 Phase 3

2.2 サーボドライバ関連

2.2.1 電源とコントローラーの選択

電源を選択する際には、連続電流、ピーク電流、およびバス電圧を考慮する必要があります。さらに、一部の駆動システムによってモーターに誘発される可能性のある共振効果を考慮に入れる必要があります。モーターは、直列に接続されたいくつかの個別のコイルで組み立てられます。これらのコイルのそれぞれには、直列のインダクタンスとアースへの浮遊容量があります。得られたLCネットワークは共振周波数を持っているため、電気振動が位相入力(特に PWM 周波数)に適用されると、モーターの中性点がアースに対して非常に高い振幅で振動し、絶縁が可能になります。これらの振動の結果として損傷します。この現象は、極数の多いモーター（リニアモーターなど）でより顕著になります。

理想的な条件下では、電源によって生成される600VDCバス電圧は、アースに対して±300VDCである必要があります。ただし、一部の構成では、バスとアース間の電圧に振動電圧があり、高電圧のピークがモーターに伝達されます。電圧とアース間の振動は、システムの特性に依存します。経験上、バス電圧に接続された軸が少ないシステムでは、バス上で妨害振動が発生する可能性は低くなりますが、たとえば、多くの軸と複数のスピンドルを備えた大型の工作機械では、振動が大きな振幅に達する可能性があります。これらの振動の周波数がモーターの共振周波数に近い場合、中性点で過電圧障害が発生する可能性があります。

コントローラーのPWM周波数がたまたまモーターの共振周波数に一致する場合。この場合、PWM周波数の基本波がモーターの共振周波数を直接励起するため、中性点で非常に高い電圧が得られます。また、PWM電圧は方形波であるため、モーターの共振を励起する奇数次高調波(1、3、5、7など)が含まれています。幸いなことに、これらの高調波は基本波よりも振幅が小さくなっています。

別のケースでは、過電圧障害につながる可能性もあります。この場合、PWM周波数の基本波がモーターの共振周波数を直接励起するため、中性点で非常に高い電圧が得られます。さらに、PWM電圧は方形波であるため、モーターの共振を励起する奇数次高調波(1、3、5、7など)が含まれています。結論として、障害の発生を防ぐには、バス電圧とアース間の振動とPWM周波数の2つの要素を考慮する必要があります。上記の両方の要素がモーターと共振しない場合、モーターに危険はありません。

電源を選定する際は、以下の条件をご確認ください：

電源によって生成されるピーク電圧と dv/dt 勾配は、以下の値を超えてはなりません。

- 300 VDC コントローラー: 750 (相間、相から接地、中性点から接地)、電圧勾配: 8kv/us。
- 600 または 750 VDC コントローラ: 最大 800 VP (PWM 周波数での相間、相からグランド、中性点からグランド) および電圧勾配: 11kv/us。

LM シリーズの電源および中性点電圧の説明: 表 2.2.1.1、表 2.2.1.2、図 2.2.1.2、図 2.2.1.3 に示します。

表 2.2.1.1 LMS、LMSA、LMF、LMFA、LMFP シリーズの電源および中性点の電圧制限

項目	LMSA, LMF, LMFA, LMFP	LMS
V_{bus}	最大 750	最大 600
$ V_{peak. to ground}^+ $	< 1000 V_p (位相から接地まで) @ PWM 周波数	
$ V_{peak. to ground}^- $	< 1000 V_p (位相から接地まで) @ PWM 周波数	
電圧勾配 $ dV/dt $	< 11kV/ μ s (瞬時) 瞬時の電圧勾配を求めることが難しい場合は、次の式で推定できます(図 2.2.1.1)： $ dV/dt = (90\%V_{pp} - 10\%V_p)/t_r $	

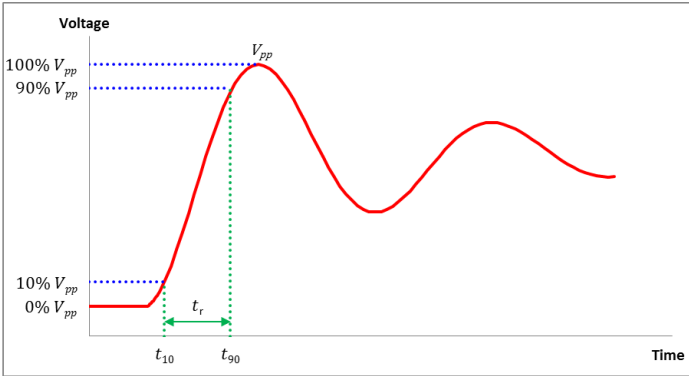


図 2.2.1.1 立ち上がり時間 t_r の定義

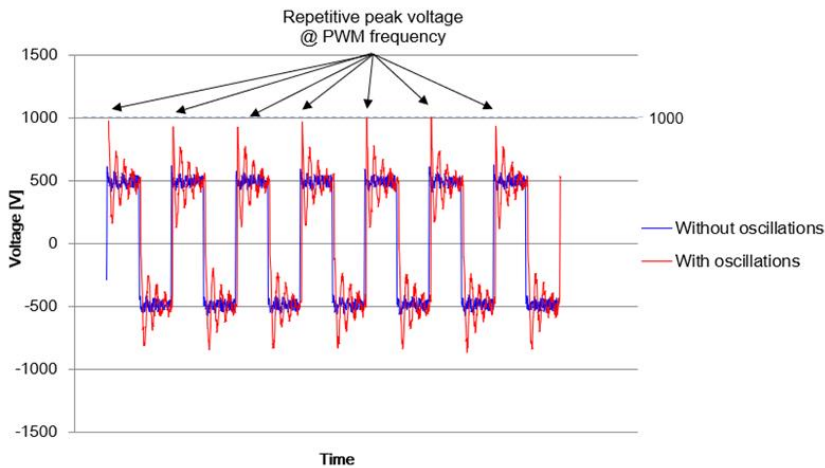


図 2.2.1.2 電圧発振回路図(600/750V_DC コントローラー)

表 2.2.1.2 LMC、LMT シリーズの電源と中性点の電圧制限

項目	330 V_{DC} コントローラー
V_{bus}	最大 330
$ V_{peak. to ground}^+ $	$< 750 V_p$ (位相から接地まで) @ PWM 周波数
$ V_{peak. to ground}^- $	$< 750 V_p$ (位相から接地まで) @ PWM 周波数
電圧勾配 $ dV/dt $	$< 8kV/\mu s$ (瞬時) 瞬時の電圧勾配を求めることが難しい場合は、次の式で推定できます(図 2.2.1.1) : $ dV/dt = (90\%V_{pp} - 10\%V_p)/t_r $

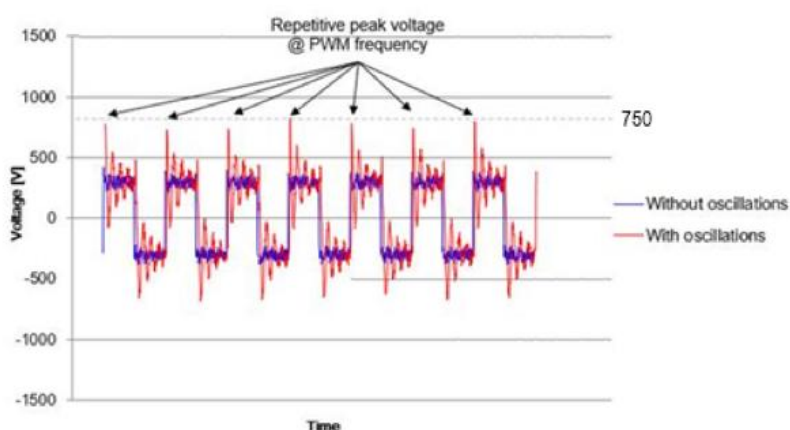


図2.2.1.3 電圧発振回路図 (300 V_DC コントローラ)、
相対接地電圧発振回路図 (600/750 コントローラ)

コントローラーとモーター間のケーブルでは、ケーブルとモーターのインピーダンス不整合により反射波が発生し、その反射電圧が後続の入力電圧に重畳され電圧が上昇します。この現象はモーターケーブルが長いほど顕著になります。モーター端子の電圧を測定し、電圧が上記の指定よりも低いことを確認する必要があります。測定値が大きい場合は、保護のためにコントローラーとモーターの間に dV/dt フィルターを挿入する必要があります。

2.3 冷却関連

2.3.1 冷却システムの計算

WARNING

作業温度のリスク

誤った操作や故障の場合、モーターが過熱し、発火や発煙の原因となることがあります。これにより、重傷または死亡に至る可能性があります。さらに、過度の高温はモーター部品を破壊し、故障の増加とモーターの耐用年数の短縮につながります。



- ◆ 関連する仕様に従ってモーターを操作します
- ◆ やけどをしないように、製品の周りで作業する前に、フォーサーが十分に冷めるのを待ちます(室温 25℃の場合)
- ◆ モーターコイルは最高使用温度 120℃に達します
- ◆ 異臭、異音、発煙、振動等が発生した場合は、直ちに電源を切ってください

モーター冷却システムは、主にモーターの最大放熱量、冷却剤の最小流量、冷却剤入口と出口間の圧力差、および冷却剤入口と出口間の温度差を計算に利用します。運転時には、カタログ値に従って冷却システムの設計と選択を行うことで、モーターが最適な性能を発揮することができます。モーターがより高い温度（ただし、最大巻線温度120℃を超えない）で動作することが許可されている状態で、モーターの実動作の等価推力がカタログに示されている連続推力よりも低い場合、そのポンピング作業の過度の消費を防ぐために、クーラントの流量を下げるすることができます。冷却条件は、以下の式に従って適宜調整することができます。

次の式を使用して、さまざまなモーターの電力損失に応じて水冷システムの境界条件を調整できます。等価スラスト力が連続推力よりも小さい($F_e < F_c$)ユーザーの動作条件の下で、冷却剤の流量を決定します。ユーザー側で調整する必要がある場合、次の式を使用して、等価スラスト力に対応するクーラント流量を解くことができます。

$$Q_{P,H,e} = \frac{Q_{P,H,MAX}}{(F_c/F_e)^2}$$

$$Q_{P,H,e} = 69.7 \times q_e \times \Delta T$$

$Q_{P,H,e}$: 等価推力下でのモーター全損失 [W]

$Q_{P,H,MAX}$: 最大放散熱出力 [W]

ΔT : 入口と出口の温度差 [°C]

q_e : 等価推力時のクーラント流量 [L/min]

F_c : 連続推力（カタログ値） [N]

F_e : 実機相当推力 [N]

冷却水流量と入口と出口温度差の関係は図2.3.1.1に、入口と出口圧力差と流量の関係は図2.3.1.2のようになります。

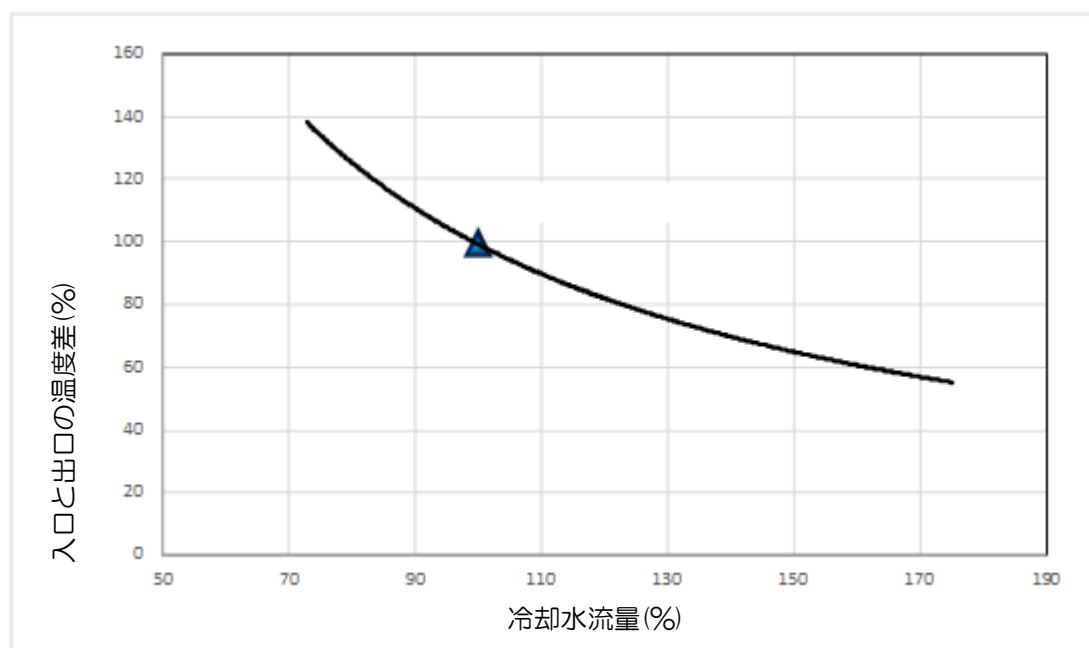


図 2.3.1.1 冷却水流量と入口と出口温度差の関係グラフ

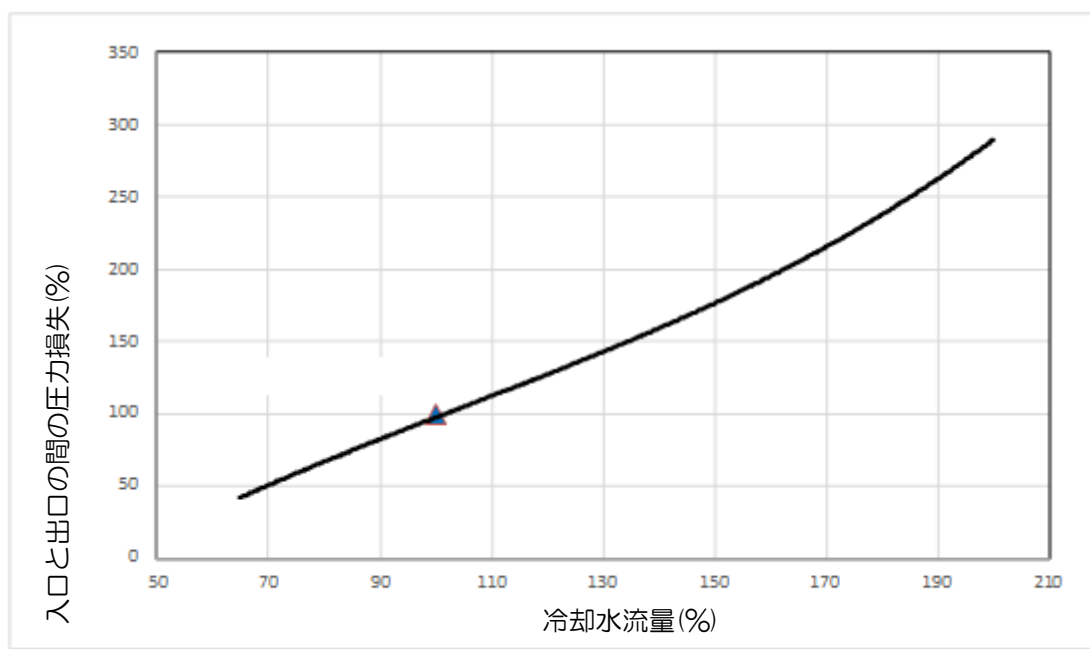


図 2.3.1.2 入口と出口の圧力差と流量関係グラフ

2.3.2 冷却機の選定

冷却機の選定にあたっては、電源や冷却水の使用範囲の検討に加えて、主に冷却力や流量の選定を参考にしています。モーターの性能を最大限に発揮できるカタログ値、または2.3.1項に記載の冷却システムの計算値を参考に選定することをお勧めします。

2.3.3 冷却能力の選定

以下に例を示します。LMFA31のリニアモーターを2台使用し、カタログ仕様書の最大放熱量が324(W)の場合、2台のモーターの最大放熱量の合計は $2 \times 324 = 648$ (W)となります。モーターの最大放熱出力648(W)以上の冷却機を例にとると、50Hzで冷却能力は980(W)と大きくなります。

表 2.3.3.1 LMFA31シリーズ仕様

LMFA3 シリーズ仕様	記号	単位	LMFA31	LMFA31L
連続推力	F_c	N	380	380
連続電流	I_c	A(rms)	3.1	4.6
連続推力 (WC)	$F_c(wc)$	N	759	759
連続電流 (WC)	$I_c(wc)$	A(rms)	6.2	9.1
ピーク推力 (1 秒)	F_p	N	1750	1750
ピーク電流 (1 秒)	I_p	A(rms)	19.2	28.3
推力定数	K_f	N/A(rms)	122.7	83.1
吸引力	F_a	N	3430	3430
最大巻線温度	T_{max}	°C	120°C	
電気時定数	K_e	ms	11.3	11.4
抵抗値 (線間、25°C)	R_{25}	Ω	4.3	1.9
抵抗値 (線間、120°C)	R_{120}	Ω	5.6	2.6
インダクタンス (ライン間)	L	mH	48.3	22.2
ポール間距離	2τ	mm	46	
逆起電力定数 (ライン間)	K_v	Vrms(m/s)	70.9	48.0
モーター定数 (25°C)	K_m	N/√W	48.4	48.7
熱抵抗	R_{th}	°C/W	1.17	1.19
熱抵抗 (WC)	$R_{th}(wc)$	°C/W	0.29	0.30
最小流量	-	L/min	4.0	4.0
冷却水の温度	-	°C	20	
熱センサースイッチ	-		1xKTY84-130+1x(3PTC SNM120 In シリーズ)	
ピーク推力の最高速度	V_{max}, F_{max}	m/s	4.08	6.19
最大出力電力	PEL, MAX	W	10255	13910
最大放散熱出力	$Q_{P,H,MAX}$	W	324	320
ローター拘束トルク (水冷)	F_e	N	531	531
ストール電流 (水冷)	I_0	A(rms)	4.3	6.4

表 2.3.3.2 冷却機の電力選択

項目/型式		HWK-50PTS	HWK-250PTS	HWK-400PTS	HWK-600PTS	HWK-750PTS	HWK-900PTS
冷却能力	KCAL/H 50/60Hz	450/500	840/1000	1400/1500	1700/2100	2600/3000	3200/3800
	W 50/60Hz	525/580	980/1170	1630/1750	1980/2450	2900/3500	3700/4400
	BTU/H 50/60Hz	1800/2000	3360/4000	5600/6000	6800/8400	10000/12000	12800/15200
温度管理	A	固定式（設定範囲 10～40℃）					
	B	温度差式（室温/機体温度追従式、設定範囲-10～+10℃）					
使用範囲	室温	10 ～ 40℃					
	湯温	10 ～ 30℃					
電源		3 相 200～230V 50/60Hz					
モーター (W)	コンプレッサー	460			740	1135	1450
	ファン	56	50	95		180	
	ポンプ	120	750				
ポンプ流量 (L/min)	50Hz	2	40				
	60Hz	3.5	50				

2.3.4 流量の選択

冷却機が選択した周波数(50/60Hz)未満の場合、ポンプの流量はモーターの最小流量の合計よりも大きく、ポンプの流量によって生成される圧力は圧力の合計よりも大きくなります。モーター内部冷却ループの低下。大型機器の冷却ループが長い場合は、ループ配管抵抗による圧力降下を考慮する必要があります。

以下に例を示します。LMFA31のリニアモーターを2台使用し、カタログ仕様の最小流量が4.0(L/min)の場合、2台のモーターの最小流量の合計は $2 \times 4.0 = 8.0$ (L/min)となります。表2.3.4.2の冷却機を例にとると、50Hzでのポンプ流量は40(L/min)で、モーターの最小流量8.0(L/min)よりも大きくなっています。

表 2.3.4.1 LMFA31 シリーズ仕様

LMFA3 シリーズ仕様	記号	単位	LMFA31	LMFA31L
連続推力	Fc	N	380	380
連続電流	Ic	A(rms)	3.1	4.6
連続推力 (WC)	Fc(wc)	N	759	759
連続電流 (WC)	Ic(wc)	A(rms)	6.2	9.1
ピーク推力 (1 秒)	Fp	N	1750	1750
ピーク電流 (1 秒)	Ip	A(rms)	19.2	28.3
推力定数	Kf	N/A(rms)	122.7	83.1
吸引力	Fa	N	3430	3430
最大巻線温度	Tmax	℃	120℃	
電気時定数	Ke	ms	11.3	11.4
抵抗値 (線間, 25℃)	R ₂₅	Ω	4.3	1.9
抵抗値 (線間, 120℃)	R ₁₂₀	Ω	5.6	2.6
インダクタンス (線間)	L	mH	48.3	22.2
ポール間距離	2τ	mm	46	
逆起電力定数 (線間)	Kv	Vrms(m/s)	70.9	48.0
モーター定数 (25℃)	Km	N/√W	48.4	48.7
熱抵抗	Rth	℃/W	1.17	1.19
熱抵抗 (WC)	Rth(wc)	℃/W	0.29	0.30
最小流量	-	L/min	4.0	4.0
冷却水の温度	-	℃	20	
熱センサースイッチ	-		1xKTY84-130+1x(3PTC SNM120 In シリーズ)	
ピーク推力の最高速度	Vmax,Fmax	m/s	4.08	6.19
最大出力電力	PEL,MAX	W	10255	13910
最大放散熱出力	Q _{P,H,MAX}	W	324	320
ローター拘束トルク (水冷)	Fe	N	531	531
ストール電流 (水冷)	I0	A(rms)	4.3	6.4

表 2.3.4.2 冷却機流量選択

項目/型式		HWK-50PTS	HWK-250PTS	HWK-400PTS	HWK-600PTS	HWK-750PTS	HWK-900PTS
冷却能力	KCAL/H 50/60Hz	450/500	840/1000	1400/1500	1700/2100	2600/3000	3200/3800
	W 50/60Hz	525/580	980/1170	1630/1750	1980/2450	2900/3500	3700/4400
	BTU/H 50/60Hz	1800/2000	3360/4000	5600/6000	6800/8400	10000/12000	12800/15200
温度管理	A	固定式（設定範囲 10～40℃）					
	B	温度差式（室温/機体温度追従式、設定範囲-10～+10℃）					
利用範囲	室温	10 ～ 40℃					
	湯温	10 ～ 30℃					
電源		3 相 200～230V 50/60Hz					
モーター (W)	コンプレッ サー	460			740	1135	1450
	ファン	56	50	95		180	
	ポンプ	120	750				
ポンプ流量 (L/min)	50Hz	2	40				
	60Hz	3.5	50				

以上、冷却機の選定について簡単に説明しました。冷却機の選択に関する質問については、上記の情報を冷却機メーカーに提供して、さらに検討することをお勧めします。

(このページはブランクになっています)

3. インターフェース設計

3.1	インターフェース設計	3-3
3.1.1	水冷設計	3-3
3.1.1.1	LMFA/LMFP 水冷モーター冷却管の設計.....	3-3
3.1.1.2	LMFC 精密水冷チャンネル設計の LMFA/LMFP 水冷モーター	3-4
3.1.1.3	水冷チャンネルに使用される材料.....	3-8
3.1.1.4	水冷リニアモーターの冷却剤	3-9
3.1.2	コア付きリニアモーターアセンブリインターフェース.....	3-10
3.1.2.1	LMSA コア付きリニアモーターシリーズ	3-11
3.1.2.2	LMFA 水冷リニアモーターシリーズ.....	3-12
3.1.2.3	LMSC ダブルスラストリニアモーターシリーズ.....	3-15
3.1.2.4	LMSS コア付きリニアモーターシリーズ	3-16
3.1.3	コアレスリニアモーター (LMC)の機械的設置インターフェース	3-17
3.1.4	円筒型リニアモーター (LMT)の機械的取り付けインターフェース	3-18
3.2	取り付け	3-22
3.2.1	推力とエアギャップ	3-22
3.2.1.1	LMSA シリーズ	3-23
3.2.1.2	LMFA シリーズ.....	3-25
3.2.1.3	LMFP シリーズ.....	3-31
3.2.1.4	LMSC シリーズ	3-37
3.2.2	ねじの選択規則と指示.....	3-38
3.2.2.1	力とステーターネジ取付穴仕様表.....	3-39
3.2.2.2	フォーサー推奨ネジ締め深さ表	3-42
3.2.2.3	ステーター推奨ネジ締め最小深さ表	3-43
3.2.2.4	フォーサーとステーターの推奨ネジトルク表	3-43
3.3	電気接続	3-44
3.3.1	ケーブル	3-44
3.3.1.1	電源ケーブルの標準仕様.....	3-44
3.3.1.2	接地保護の推奨工法	3-44
3.3.1.3	コアレスリニアモーターの接地保護の推奨工法	3-45
3.3.1.4	LMSA-Z シリーズ用延長ケーブルの推奨設置方法	3-47
3.3.1.5	コネクタ付モーターシリーズ	3-54
3.3.1.6	コネクタの選択とピン割り当て.....	3-56
3.3.2	フォーサー並列設計	3-61
3.3.2.1	リニアモーターの移動方向	3-62
3.3.2.2	LMSA リニアモーターシリーズ	3-63
3.3.2.3	LMFA 水冷リニアモーターシリーズ.....	3-65

3.3.2.4	LMSC 磁気ブレーキリニアモーターシリーズ.....	3-66
3.3.2.5	LMSS リニアモーターシリーズ.....	3-67
3.3.2.6	LMC コアレスリニアモーターシリーズ.....	3-68
3.3.2.7	LMT 円筒型リニアモーターシリーズ.....	3-71
3.3.3	ホール付属品.....	3-74
3.3.3.1	ホールセンサー.....	3-74
3.3.3.2	ホールセンサーの取り付け手順.....	3-79
3.3.3.3	ホールセンサーネジの選択.....	3-80
3.3.3.4	ホールエンコーダー.....	3-81
3.3.3.5	ホールエンコーダーのコーディング手順.....	3-82
3.3.3.6	ホールエンコーダー特性仕様.....	3-83
3.3.3.7	ホールエンコーダー寸法.....	3-84

3.1 インターフェース設計

3.1.1 水冷設計

3.1.1.1 LMFA/LMFP 水冷モーター冷却管の設計

リニアモーターを複数台使用する場合は、図3.1.1.1.1に示すように、モーターの冷却管を並列方式で設置する必要があります（モーターの左側の入口は、右側の入口に接続されます）。モーターの右側、およびアウトレットも同じ方法で接続されています）。精密水冷の場合、流路は図3.1.1.1.2のようになります。複数の精密水冷チャンネルについては、図3.1.1.1.3を参照してください。

推奨事項：フォーサー精密水冷とステーター精密水冷のチャンネルを分離して操作すると、より大きな効果が得られます。

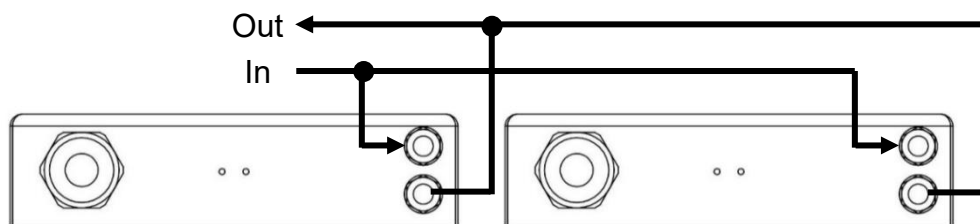


図 3.1.1.1.1 モーター冷却管の取り付け図

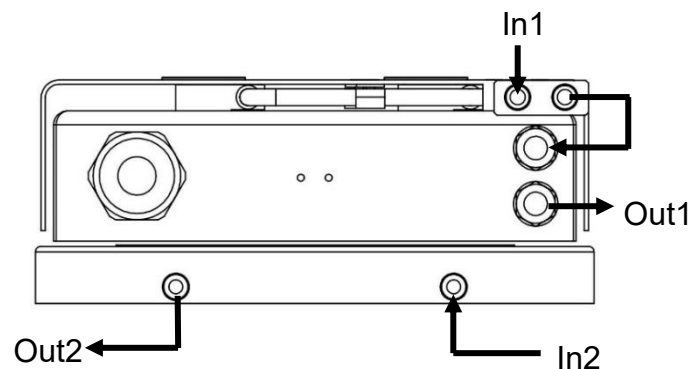


図 3.1.1.1.2 精密水冷チャンネル図

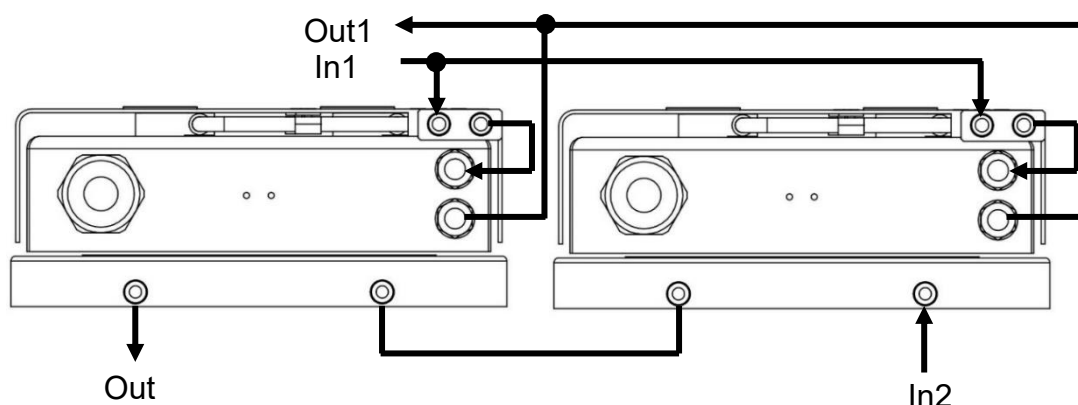


図 3.1.1.1.3 複数の精密水冷チャンネルの図

3.1.1.2 LMFC 精密水冷チャンネル設計の LMFA/LMFP 水冷モーター

水冷リニアモーター LMFA/LMFP を精密水冷シリーズLMFCとともに使用する場合、HIWIN水冷モーターの図面および仕様書に記載されているモーター特性は水冷状態での値であり、冷却水温度は20℃。水冷モーターは油冷も使用でき、このとき、モーター性能は冷却剤の特性に応じて適切に調整することができます。モーターの仕様に示されている冷却条件は、モーターのステーターが連続的な力の基準の下にある場合の連続運転状態を指し、コイル温度が120℃未満の最小基準の下に制御されることを保証します。LMFC精密水冷の性能は、精密水冷面温度が冷却機出口設定温度より4℃以上高くないことと定義されています。LMFC ステーター精密水冷には、次の 2つのタイプがあり、LMFC3～6シリーズは、図3.1.1.2.1に示すように、標準タイプの水路設計を採用しています。LMFC3～4シリーズは、図 3.1.1.2.2に示すように、リターンフロー型の水路設計を採用しています。

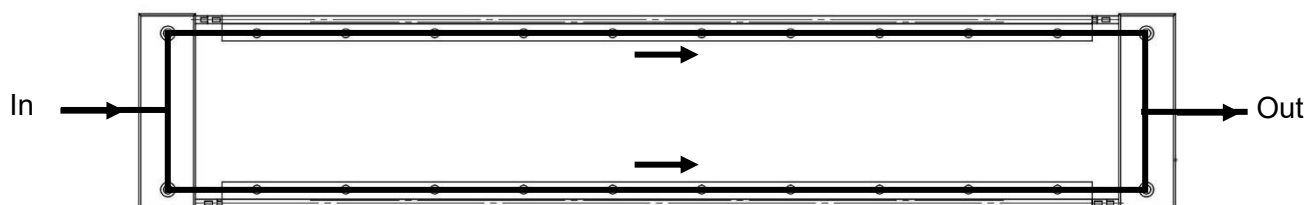


図 3.1.1.2.1 スタンダードタイプの水路図

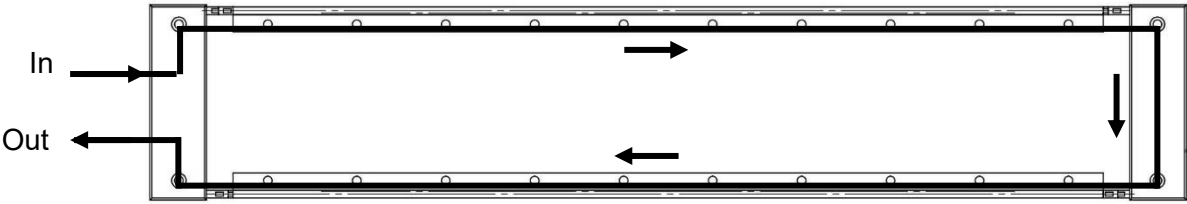


図 3.1.1.2.2 還流式水冷流路図

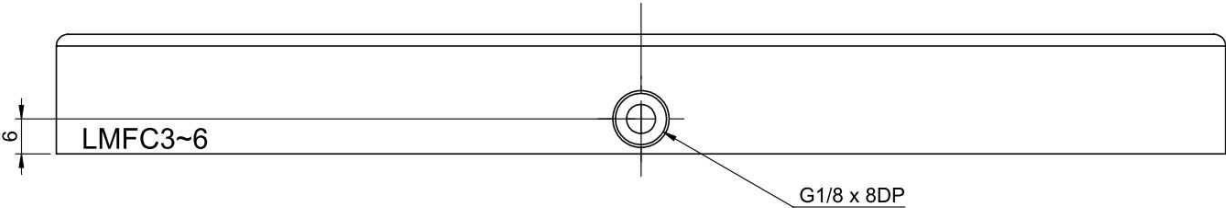


図 3.1.1.2.3 標準タイプの設置インターフェース

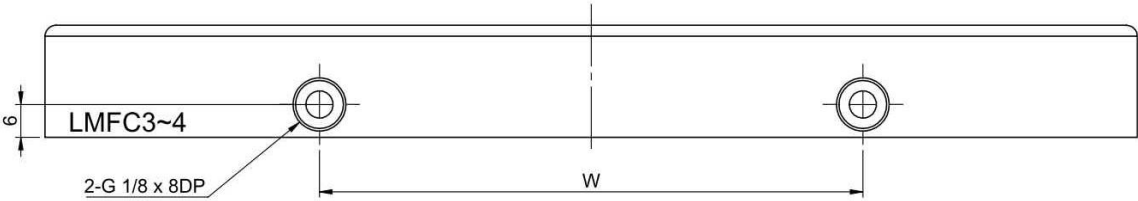


図 3.1.1.2.4 還流式設置インターフェース

表 3.1.1.2.1 リターンフロータイプ 取付寸法表

型式	寸法 (mm)
	W
LMFC3□	50
LMFC4□	100

LMFC 精密水冷式リニアモーターの組立図は下図の通りです。

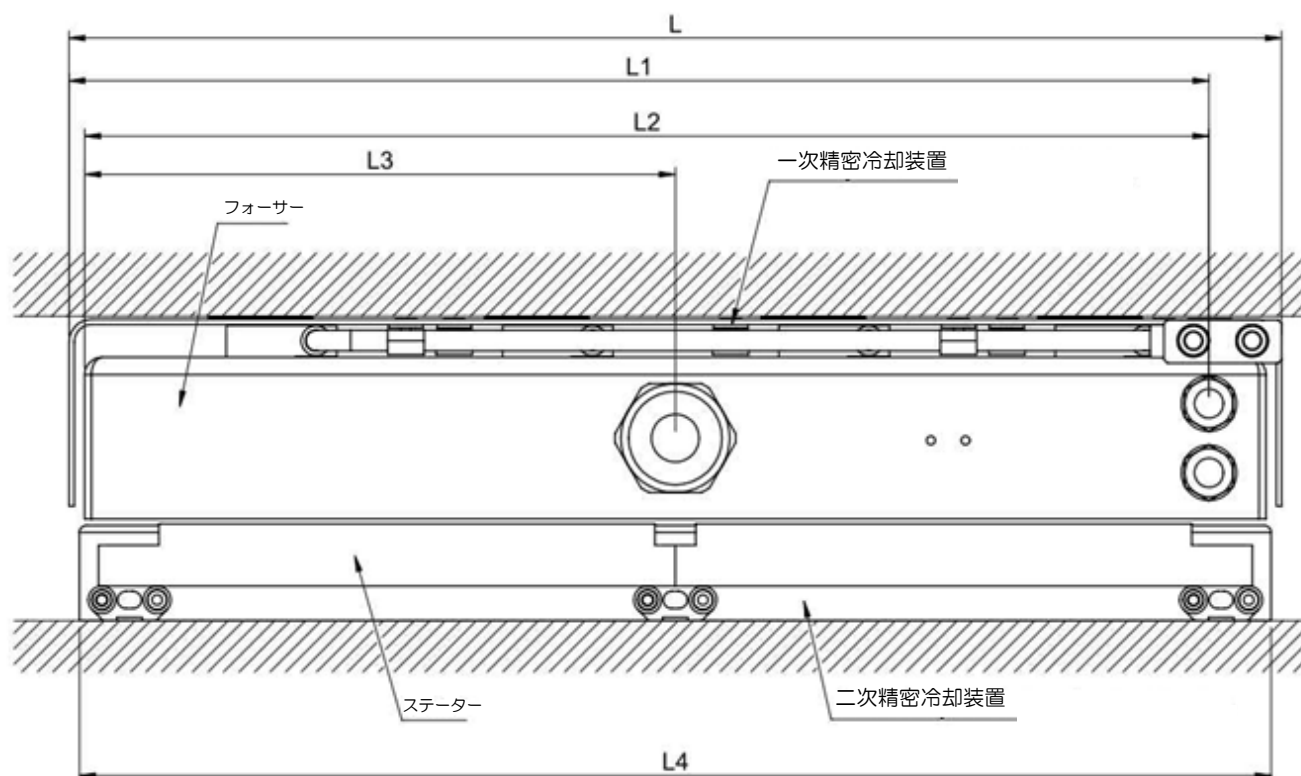


図 3.1.1.2.5 LMFA 精密水冷式リニアモーターの組立図

表 3.1.1.2.2 LMFA精密水冷の取付寸法

型式	寸法 (mm)				
	L	L1	L2	L3	L4
LMFC0□					
LMFC1□					
LMFC2□					
LMFC3□	150	131	126.5	30	155
LMFC4□	197	178	173.5	30	201
LMFC5□	257	236	231.5	124	251
LMFC6□	351	330	325.5	171	345

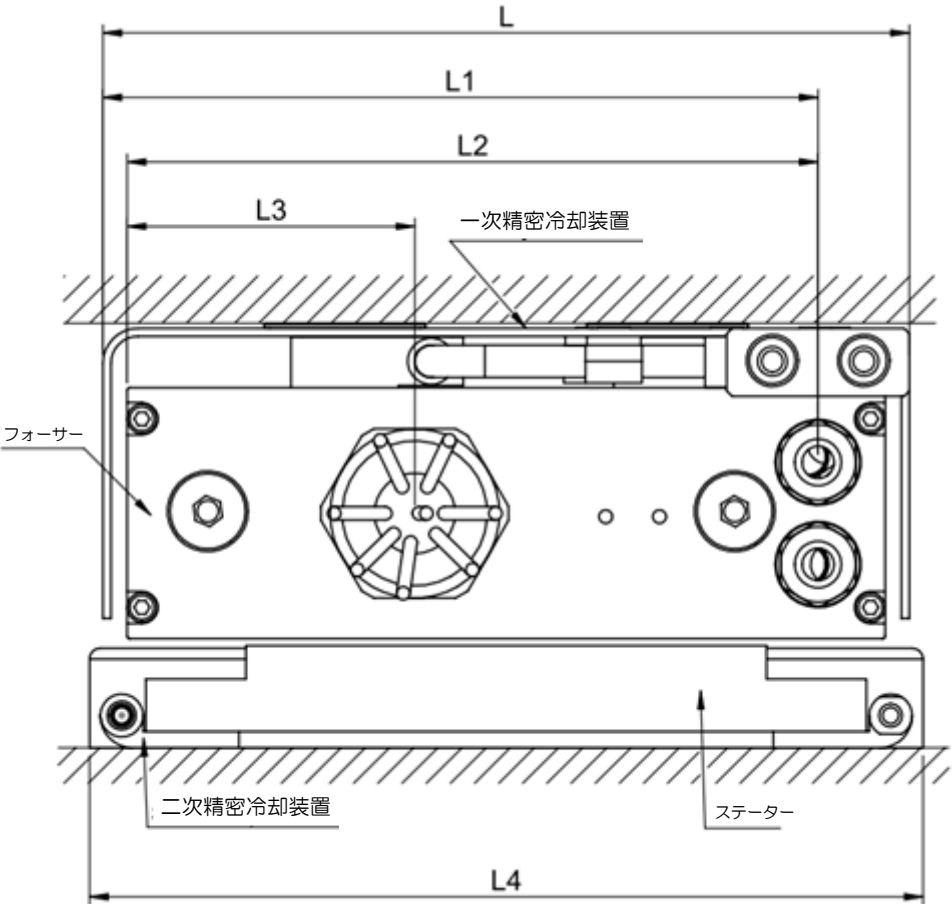


図 3.1.1.2.6 LMFP 精密水冷式リニアモーターの組立図

表 3.1.1.2.3 LMFP精密水冷の取付寸法

型式	寸法 (mm)				
	L	L1	L2	L3	L4
LMFC0□					
LMFC1□					
LMFC2□					
LMFC3□	150	133	128.5	53.5	155
LMFC4□	197	180	175.5	53.5	201
LMFC5□	257	240	235.5	53.5	251
LMFC6□	351	334	329.5	53.5	345

3.1.1.3 水冷チャンネルに使用される材料

表 3.1.1.3.1 水冷チャンネル材質表

項目	材料
LMFA 水冷リニアモーター	Cu(SF-Cu)、SUS303(1.4305)、バイトン
LMFC フォーサー精密水冷	A6061(AlMgSi0.5)、SUS304(1.4301)、バイトン
LMFC ステーター精密水冷	A6061(AlMgSi0.5)、SUS303(1.4305)、バイトン

3.1.1.4 水冷リニアモータの冷却剤

CAUTION



作業温度のリスク

損傷を避けるために、冷却システムの動作環境に注意してください。

- ◆ 冷ややかなまたは氷のような環境で冷却システムを使用しないでください。
- ◆ 未処理の水は使用しないでください。重大な損傷や故障の原因となります。

ユーザーは、以下の要件で使用する冷却システムとクーラントを決定できます。

- クーラントには防食水を使用することをお勧めします。
- 冷却媒体は、冷却回路の閉塞を防ぐために、事前に洗浄またはろ過する必要があります。
- 冷却媒体中の粒子の最大許容サイズは100µmです。
- クーラントは、汚染を避けるために、Oリングの材質と互換性がある必要があります。
- 含む推奨添加剤
 - (1) エチレングリコール（感熱性）
 - (2) 20%～30%の軟水を含むエチレングリコール
 - (3) パノリン3%入り水
 - (4) Tyfocor 10%～20%の水
 - (5) 粘度7cstのオイル
 - (6) クリサンチン30%水

クーラントのベースとして使用される水は、少なくとも次の要件に準拠する必要があります。

- (1) 塩化物濃度: $c < 100 \text{ mg/l}$
- (2) 硫酸塩濃度: $c < 100 \text{ mg/l}$
- (3) $6.5 \leq \text{PH値} \leq 9.5$

追加の要件については、防食剤の製造元にお問い合わせください！

3.1.2 コア付きリニアモーターアセンブリインターフェース

組み立て後、フォーサーとステーターの間のギャップの寸法を観察します。リニアモーターの性能と信頼性に影響を与えます。適切に設計された位置決めステージと適切な公差値は、製品の安定性を向上させます。代表的なリニアモーターステージベースの断面図と推奨公差値を以下に示します。ステーターとの取り付け面の平面度は、500mmあたり0.1mmである必要があります (図 3.1.2.1 参照)。

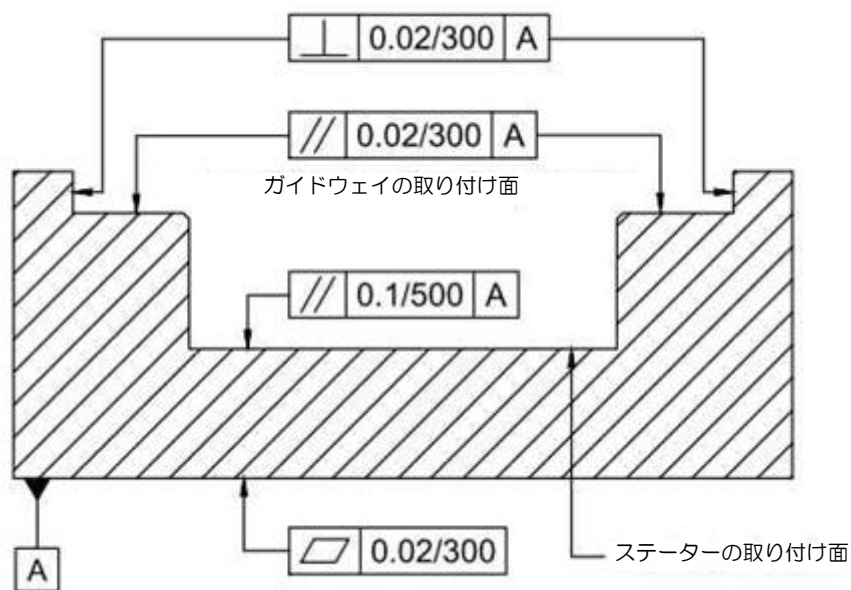


図 3.1.2.1 ベースデザインの断面図

組み立て後、アセンブリの全高Hと、フォーサーとステーターGの間のエアギャップ寸法を観察してください。これらは、リニアモーターの性能と信頼性に影響を与えます(各直列モーターのエアギャップ仕様を参照してください)。ステーターには、ステンレスカバーバージョンとエポキシバージョンの2種類があります。

コア付きリニアモーターのフォーサーとステーターは相互に大きな磁気吸引力を持っています（吸引力値は各シリーズのリニアモーターカタログFaを参照）。したがって、フォーサーとステーターの両方の取り付けインターフェースを設計するときは、引力による変形を考慮して計算し、全体の高さHとフォーサーとステーターGの間エアギャップを確保する必要があります。構造の変形、またはフォーサーとステーターの干渉による損傷に起因するエアギャップGの不良の状況が発生した場合、HIWINは無償で修理または調整の責任を負わないものとします。

3.1.2.1 LMSAコア付きリニアモーターシリーズ

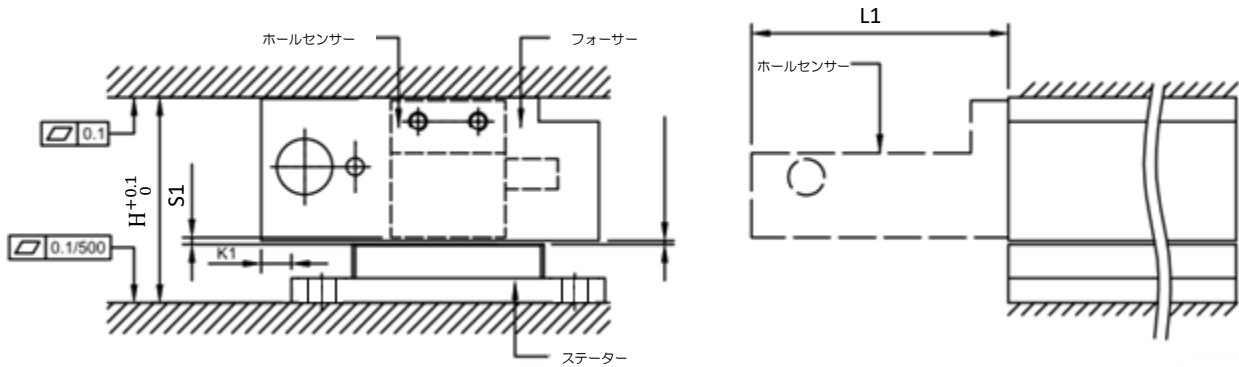


図 3.1.2.1.1 LMSAコア付きリニアモーターASSY

表 3.1.2.1.1 LMSA/LMSA-Z コア付きリニアモーターAss'y寸法

型式	寸法 (mm)						
	H1	K	L1		G1		S1
			デジタル	アナログ	ステンレス カバー	エポキシ	ステンレス カバー/エポキシ
LMSA0□ LMSA0□-Z	34	3.5			0.6 +0.35/ -0.25	0.6 ±0.25	1 ±0.2
LMSA1□ LMSA1□-Z	34	5	28	42.6			
LMSA2□ LMSA2□-Z	34	3	28	42.6			
LMSA3□ LMSA3□-Z	36	3	28	42.6			
LMSAC□	36	1.75	28	42.6			

注: S1は、モーターを組み立てた後のホールセンサーとステーターの間のギャップです。

3.1.2.2 LMFA 水冷リニアモーターシリーズ

注：

- (1) 精密水冷の取付寸法は含みません。
- (2) フォーサーの取付面の幅は、エポキシが膨張したり温度変化で収縮する可能性があるので注意してください。

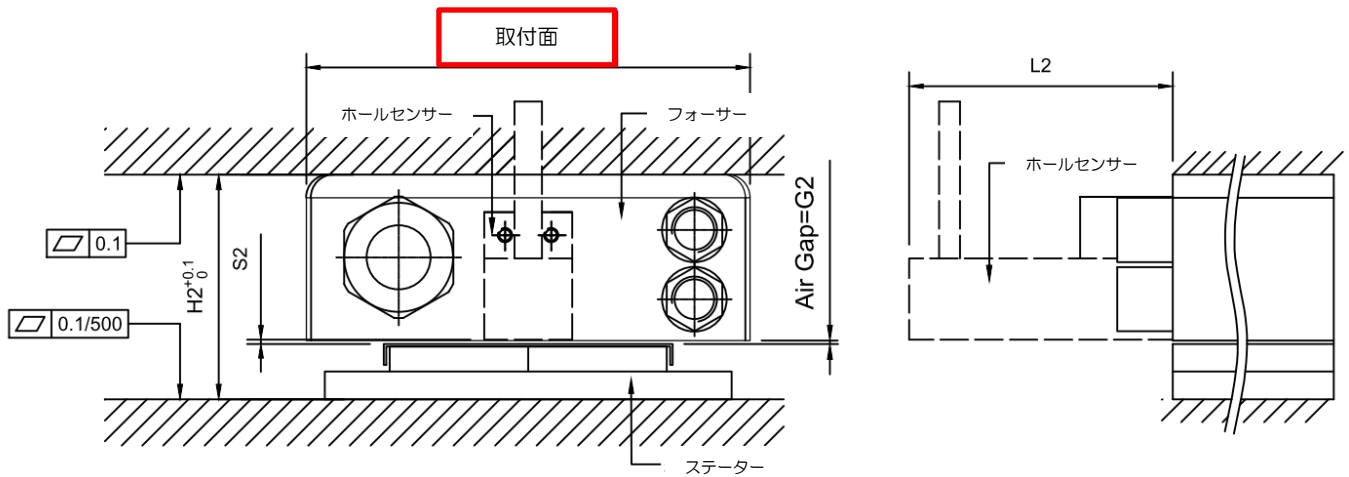


図 3.1.2.2.1 LMFA水冷リニアモーターASSY

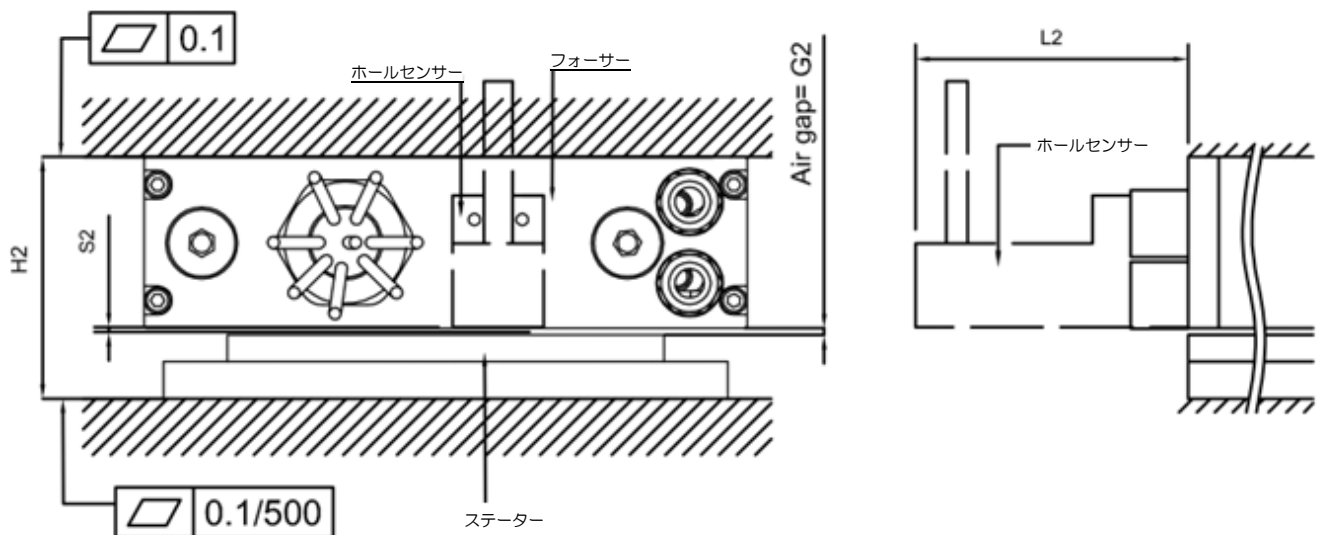


図 3.1.2.2.2 LMFP 水冷式リニアモーターASSY

表 3.1.2.2.1 LMFA/LMFP 水冷式リニアモーター Ass'y寸法

型式	寸法 (mm)						
	H2	L2		G2		S2	
		デジタル	アナログ	ステンレスカバー	エポキシ	ステンレスカバー	エポキシ
LMFA0□	48.5	26.4	57	0.9±0.2	1.4±0.2	1.1±0.2	1.4±0.2
LMFA1□	48.5	26.4	57				
LMFA2□/LMFP24	50.5	26.4	57				
LMFA3□/LMFP3□	64.1	33	34.9				
LMFA4□/LMFP4□	66.1	33	34.9				
LMFA5□/LMFP5□	64.1	33	34.9				
LMFA6□/LMFP6□	66.1	33	34.9				

注: S2は、モーターを組み立てた後のホールセンサーとステーターの間のギャップです。

注: LMFC精密水冷の取り付け寸法が含一次精密冷却装置まれています。

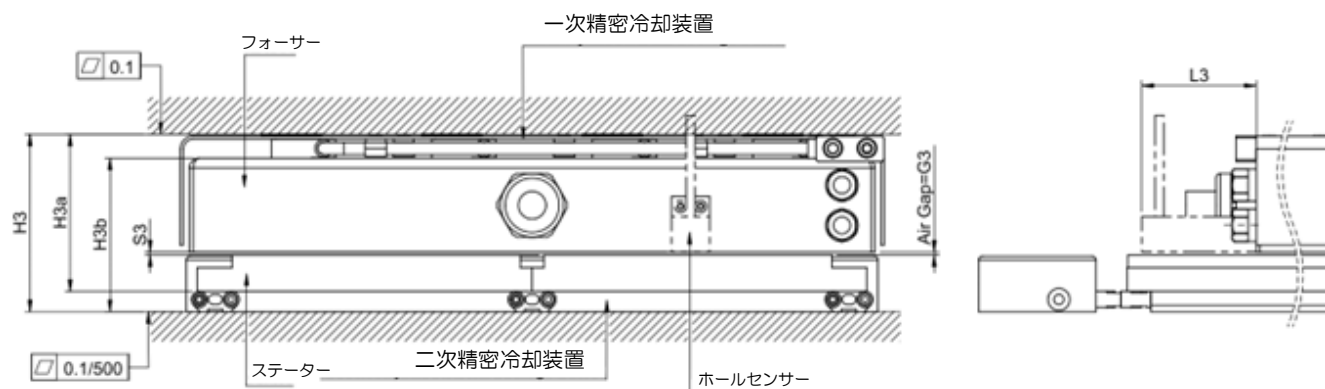


図 3.1.2.2.3 LMFA精密水冷式リニアモーターアセンブリ

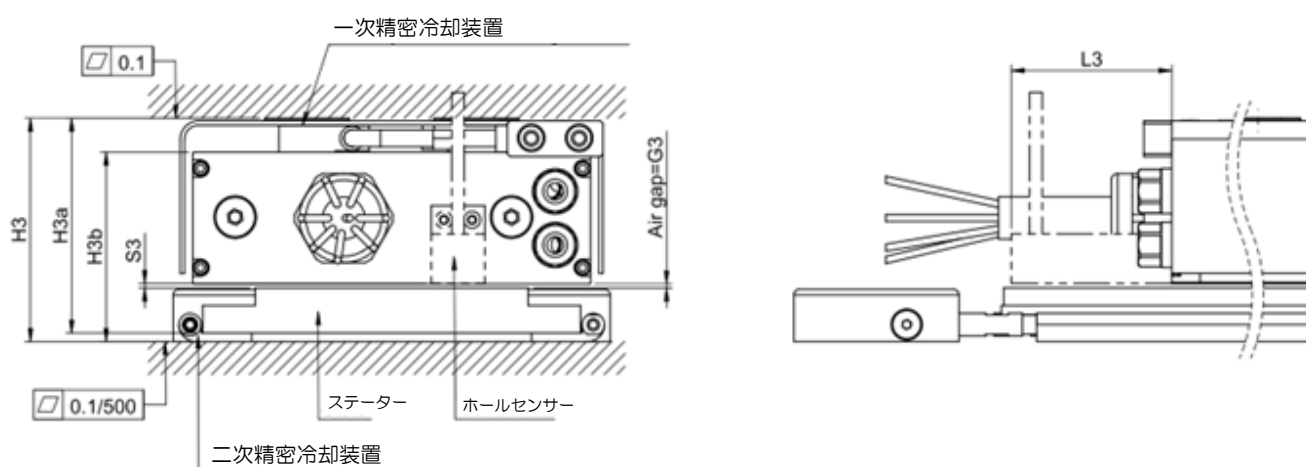


図 3.1.2.2.4 LMFP精密水冷式リニアモーターアセンブリ

表 3.1.2.2.2 LMFA/LMFP 精密水冷式リニアモーターアセンブリ寸法

型式	寸法 (mm)								
	H3	H3a	H3b	L3		G3		S3	
				デジ タル	アナ ログ	ステン レ スカバー	エポキシ	ステン レ スカバー	エポキシ
LMFA0□				26.4	57			1.1±0.2	1.4±0.2
LMFA1□				26.4	57				
LMFA2□/LMFP24				26.4	57				
LMFA3□/LMFP3□	79.0	76	67.1	33	34.9	0.9±0.5	1.4±0.5		
LMFA4□/LMFP4□	81.0	78	69.1	33	34.9				
LMFA5□/LMFP5□	86.0	76	74.1	33	34.9				
LMFA6□/LMFP6□	88.0	78	76.1	33	34.9				

注：

- (1) H3：フォーサー、ステーター、フォーサーおよびステーター用の精密冷却装置システムを含みます。
- (2) H3a：フォーサー、ステーターおよびフォーサー用精密冷却装置システムを含みます。
- (3) H3b：フォーサー、ステーターおよびステーター用精密冷却装置システムを含みます。
- (4) S3はモータ組立後のホールセンサとステーター間のギャップです。

3.1.2.3 LMSC ダブルスラストリニアモーターシリーズ

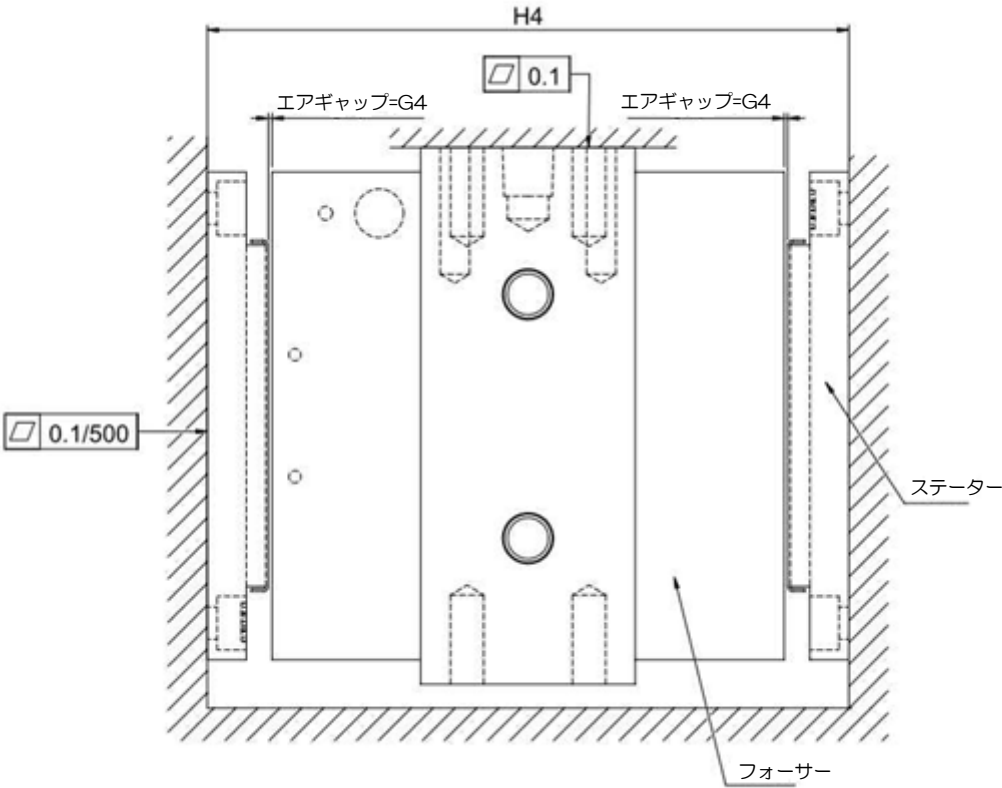


図 3.1.2.3.1 LMSCダブルスラストリニアモーターアセンブリ

表 3.1.2.3.1 LMSCダブルスラストリニアモーターアセンブリの寸法

型式	寸法 (mm)	
	H4	G4
LMSC7	131.5	0.75 +0.35/-0.2

3.1.2.4 LMSSコア付きリニアモーターシリーズ

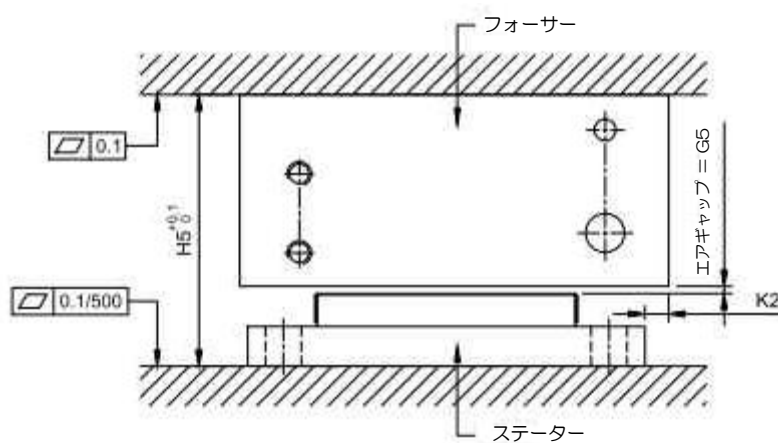


図 3.1.2.4.1 LMSSコア付きリニアモーターASSY

表 3.1.2.4.1 LMSSコア付きリニアモーター組立寸法

型式	寸法 (mm)		
	H5	K2	G5
LMSS11	34.3	3	0.9 +0.3/-0.35

3.1.3 コアレスリニアモーター (LMC)の機械的設置インターフェース

ステーターアセンブリで固定されたコアレスリニアモーターの設置面 (基準面 A) の場合、推奨される平面精度は0.02mm/300mmです。フォーサーAss'yによる取付面締結の推奨面精度は0.02mm/300mmで、基準面Aと平行で、平行精度は0.02mm/300mmです。

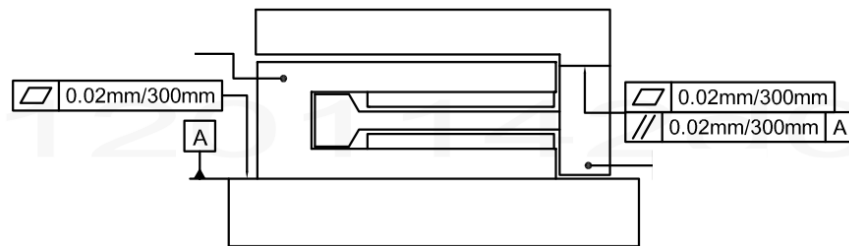


図 3.1.3.1 コアレスリニアモーターの取り付けインターフェースのアセンブリ精度

コアレスリニアモーターをフォーサーおよびステーターアセンブリと共に取り付ける場合は、フォーサーとステーターの間の寸法(H&G1&G2&G3)に特に注意してください。このような寸法は、リニアモーターの性能と信頼性に影響を与える可能性があります。(値H&G1&G2&G3については、表3.1.3.1を参照してください)

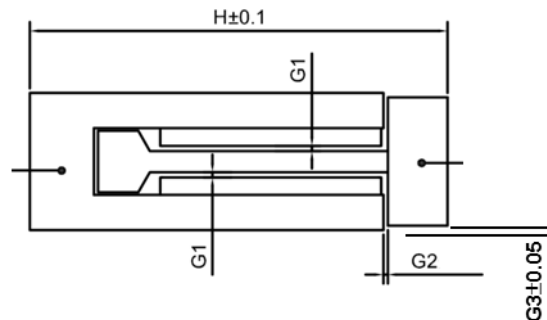


図 3.1.3.2 コアレスリニアモーター取付寸法

表 3.1.3.1 コアレスリニアモーター取付寸法表

型式	寸法 (mm)			
	H	G1	G2	G3
LMCA	74.5	≥ 0.4	1	1
LMCB	94.5	≥ 0.4	1	1
LMCC	117.5	≥ 0.4	1	3
LMCD	105	≥ 0.4	1.2	1
LMCE	125	≥ 0.4	1.2	1
LMCF	172	≥ 0.4	1.2	2.3
LMC-EFC	68.5	≥ 0.4	1.3	0.35
LMC-EFE	93	≥ 0.4	1.3	0.35
LMC-EFF	122	≥ 0.4	1.4	0.5
LMC-HUB	53	≥ 0.4	0.5	0.65

3.1.4 円筒型リニアモーター (LMT)の機械的取り付けインターフェース

ステーターAss'y下に固定する固定台取付面（基準面A）の推奨面精度は0.02mm/300mmです。フォーサーAss'yを固定する取付面の推奨平面精度は0.02mm/300mmで、基準面Aと平行で、平行精度は0.02mm/300mmです。

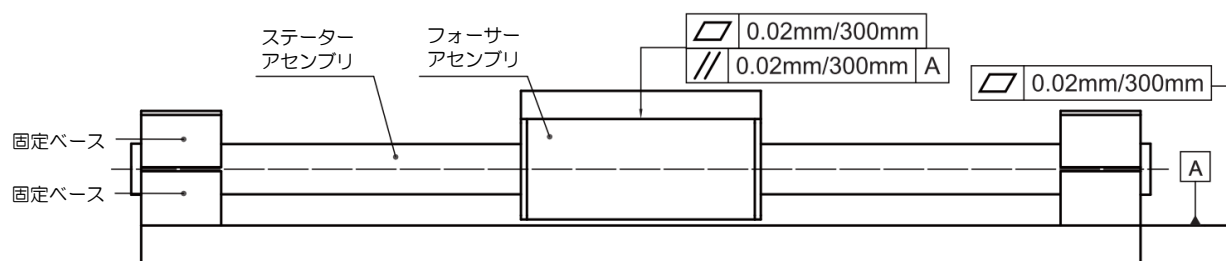


図 3.1.4.1 円筒型リニアモーター取り付けインターフェースの幾何学的精度

ステーター固定ベースの推奨設計は、V型ブロックの形状を使用することです。

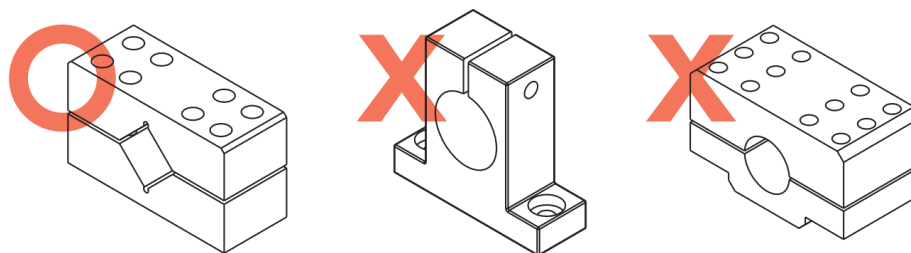


図 3.1.4.2 固定ベースの設計

ステーターを固定するための固定台の長さ（L1）は、ストロークごとに変更できます。

表 3.1.4.1 固定台の固定長

型式	LMT2D/LMT2T/LMT2Q		
ストローク S (mm)	50～350	400～800	850～1050
L1 (mm)	25	40	60
型式	LMT6D/LMT6T/LMT6Q		
ストローク S (mm)	100～350	400～800	850～1050
L1 (mm)	25	40	60
Model	LMTA2/LMTA3/LMTA4		
ストローク S (mm)	100～300	350～700	750～1550
L1 (mm)	25	40	60
型式	LMTB2/LMTB3/LMTB4		
ストローク S (mm)	100～700	750～1300	1350～1550
L1 (mm)	50	70	100
型式	LMTC2/LMTC3/LMTC4		
ストローク S (mm)	100～750	800～1500	1550～2000
L1 (mm)	50	70	100

H1とH2は両方とも、データム平面Aからステーターアセンブリの中心までの高さの寸法を表します。ステーターアセンブリの取り付け後、高さの差が0.2mmを超えないようにすることをお勧めします。W1とW2は両方とも、データム平面Bからステーターアセンブリの中心までの高さの寸法を表します。ステーターアセンブリの取り付け後、高さの差が0.2mmを超えないようにすることをお勧めします。 $|H1-H2| \leq 0.2\text{mm}$; $|W1-W2| \leq 0.2\text{mm}$ 。(図 3.1.4.3 参照)

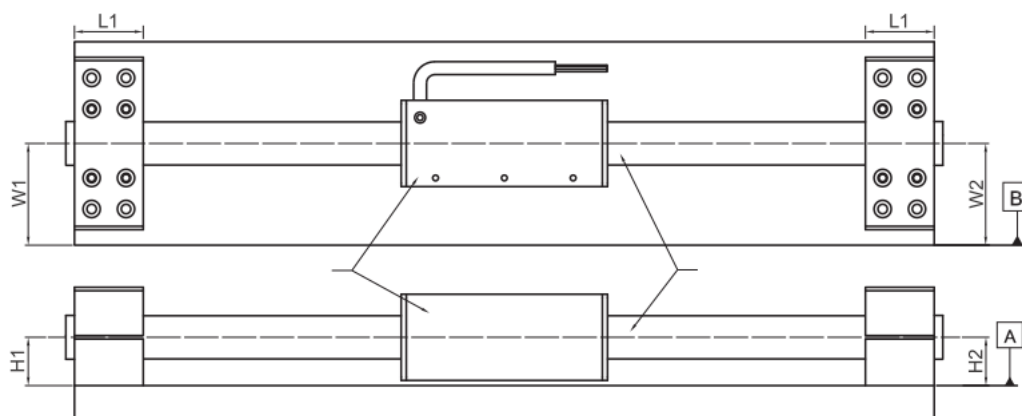


図 3.1.4.3 スターAss'y取付寸法

データムCはスターアセンブリの中心を指し、データムDはフォーサーアセンブリの基準軸を指します。フォーサーとスターアセンブリの取り付け後、データムCとデータムDの同心度が0.2mmを超えないようにすることをお勧めします。(図 3.1.4.4 参照)

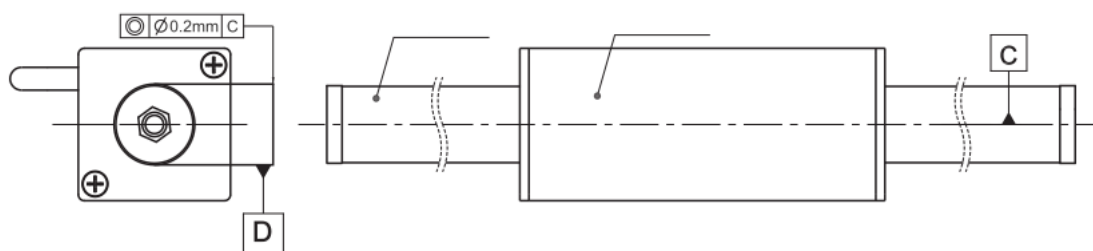


図 3.1.4.4 フォーサーとスターアセンブリの取り付け高さの幾何公差

フォーサーとスターアセンブリの取り付け中は、フォーサーとスターの間の寸法 (G) に特に注意してください。このような寸法は、リニアモーターの性能と信頼性に影響を与える可能性があります(図 3.1.4.5 を参照)。(G、 $\phi D1$ の値は、表3.1.4.2のとおりです)。

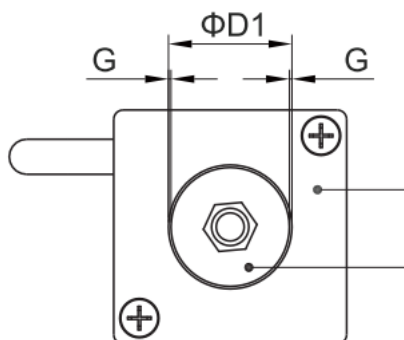


図 3.1.4.5 フォーサーとスターの取付寸法精度

表 3.1.4.2 設置寸法

型式	寸法 (mm)	
	øD1	G
LMT2	13	0.25 ~ 0.50
LMT6	16	0.25 ~ 0.50
LMTA	21.5	0.375 ~ 0.75
LMTB	26.5	0.375 ~ 0.75
LMTC	37	0.50 ~ 1.00

ガイドウェイはステーターとの吸引力を発生しやすい磁性体です。吸引力によるステーターの変形や取付時のトラブルを避けるため、図3.1.4.6および表3.1.4.3に示す取付距離(c)を確保してください。

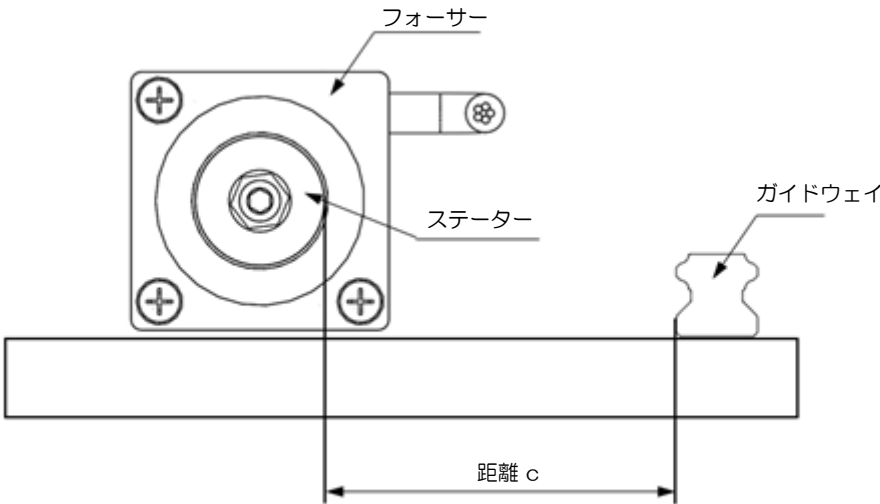


図 3.1.4.6 ガイドウェイ設置時の設置距離

表 3.1.4.3 設置距離

シリーズ	LMT2	LMT6	LMTA	LMTB	LMTC
c(mm)	≥ 30	≥ 30	≥ 40	≥ 50	≥ 80

磁気スケールを取り付ける際は、図3.1.4.7および表3.1.4.4に示す取り付け距離 (d) を維持する必要があります。磁気スケールが近すぎると、位置決めに干渉しやすくなります。

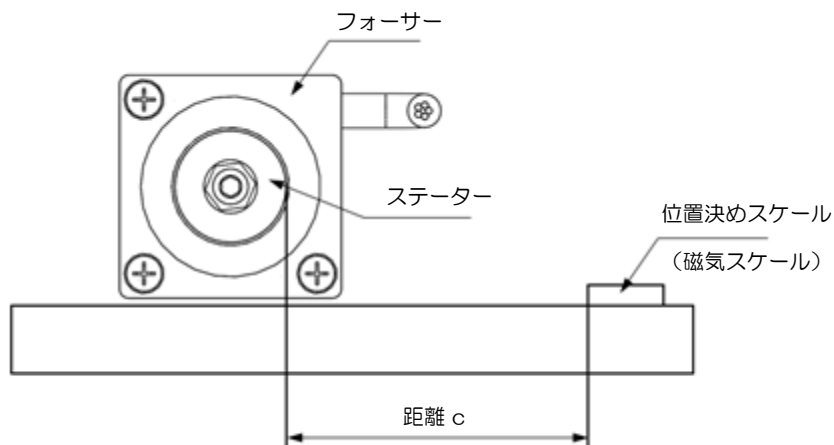


図 3.1.4.7 磁気スケール設置時の設置距離

表 3.1.4.4 設置距離

シリーズ	LMT2	LMT6	LMTA	LMTB	LMTC
d(mm)	≥40	≥50	≥60	≥70	≥100

3.2 取り付け

3.2.1 推力とエアギャップ

リニアモーターの連続推力/ピーク推力、およびフォーサーとステーター間の吸引力は、フォーサーとステーター間のアセンブリエアギャップと共に変化します。この章では、各シリーズモータの連続推力・最大推力、吸引力、組付エアギャップの関係を記載し、モータ選定や機械設計の参考とさせていただきます。

3.2.1.1 LMSAシリーズ

■ 連続推力/ピーク推力とエアギャップ

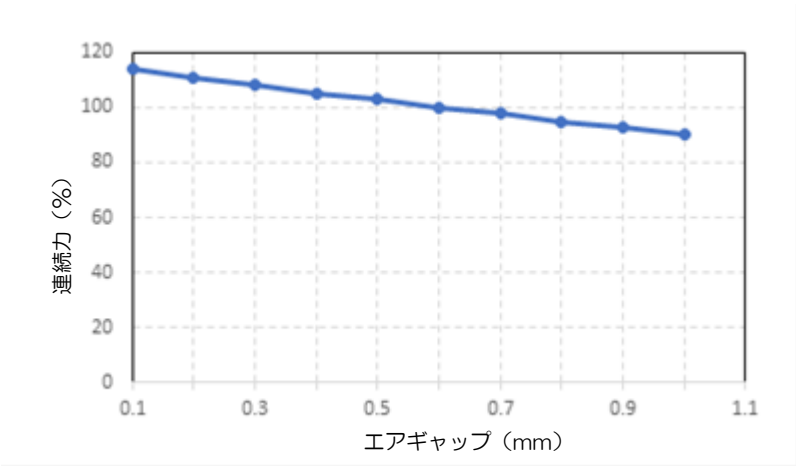


図 3.2.1.1.1 LMSA 連続推力/ピーク推力ーエアギャップ関係グラフ

表 3.2.1.1.1 LMSA 連続推力/ピーク推力ーエアギャップ比較表

シリーズ	LMSA□□/ LMSA□□-Z									
エアギャップ (mm)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
推力 (%)	114	111	108	105	103	100	98	95	93	90

■ 吸引力とエアギャップ

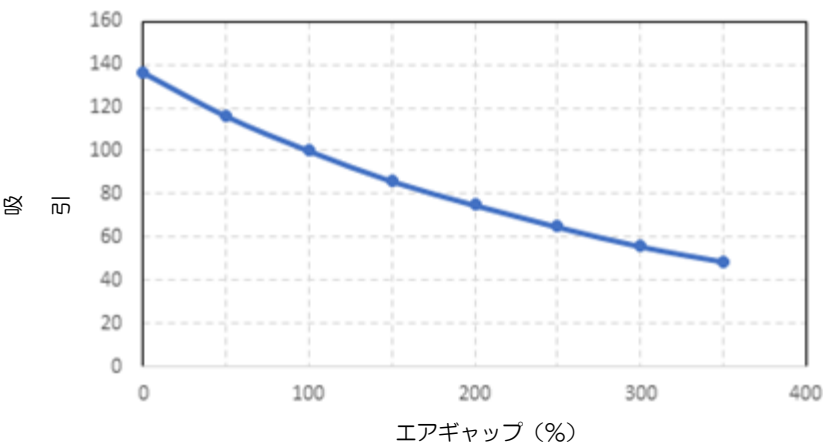


図 3.2.1.1.2 LMSA吸引カーエアギャップ関係グラフ

表 3.2.1.1.2 LMSA吸引カーエアギャップ比較表

LMSA0□~LMSA2□ / LMSA0□-Z ~LMSA2□-Z シリーズの吸引力 単位: N									
エアギャップ (mm)	LMSA01 LMSA01-Z	LMSA02 LMSA02-Z	LMSA11 LMSA11-Z	LMSA12 LMSA12-Z	LMSA13 LMSA13-Z	LMSA21 LMSA21-Z	LMSA22 LMSA22-Z	LMSA23 LMSA23-Z	LMSA24 LMSA24-Z
0	327	653	653	1306	1959	1306	2612	3918	5224
0.3	280	560	560	1120	1680	1120	2240	3360	4480
0.6	241	481	481	963	1444	963	1926	2888	3851
0.9	208	415	415	830	1245	830	1660	2490	3320
1.2	180	359	359	718	1077	718	1436	2154	2872
1.5	156	312	312	624	936	624	1248	1872	2496
1.8	136	271	271	542	813	542	1084	1626	2168
2.1	118	236	236	472	708	472	944	1416	1888
5	33	66	66	132	198	132	264	396	528
10	4	8	8	16	24	16	32	48	64
15	0.5	1	1	2	3	2	4	6	8
LMSA3□ ~LMSAC□/ LMSA3□-Z シリーズの吸引力 単位: N									
Air gap (mm)	LMSA31 LMSA31-Z	LMSA32 LMSA32-Z	LMSA33 LMSA33-Z	LMSA34 LMSA34-Z	LMSAC3	LMSAC5			
0	1959	3918	5877	7836	6367	10611			
0.3	1680	3360	5040	6720	5460	9100			
0.6	1444	2888	4333	5777	4694	7823			
0.9	1245	2490	3735	4980	4046	6744			
1.2	1077	2154	3231	4308	3500	5834			
1.5	936	1872	2808	3744	3042	5070			
1.8	813	1626	2439	3252	2642	4404			
2.1	708	1416	2124	2832	2301	3835			
5	198	396	594	792	644	1073			
10	24	48	72	96	78	130			
15	3	6	9	12	10	16			

3.2.1.2 LMFAシリーズ

■ 連続推力/ピーク推力とエアギャップ：カバータイプ

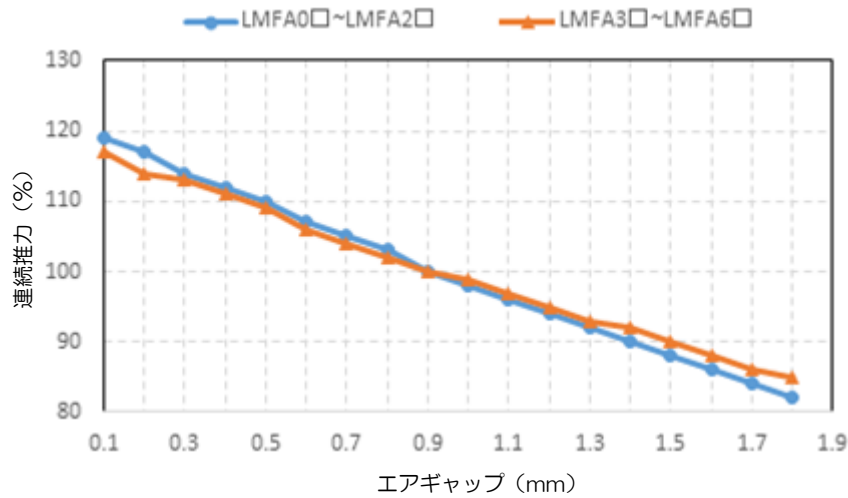


図 3.2.1.2.1 カバー付LMFA 連続推力/最大推力ーエアギャップ関係グラフ

表 3.2.1.2.1 カバー付LMFA 連続推力/最大推力ーエアギャップ比較表

LMFA シリーズの連続推力/最大推力（カバータイプ） 単位： %		
エアギャップ (mm)	LMFA0□~LMFA2□	LMFA3□~LMFA6□
0.1	119	117
0.2	117	114
0.3	114	113
0.4	112	111
0.5	110	109
0.6	107	106
0.7	105	104
0.8	103	102
0.9	100	100
1	98	99
1.1	96	97
1.2	94	95
1.3	92	93
1.4	90	92
1.5	88	90
1.6	86	88
1.7	84	86
1.8	82	85

■ 連続推力/最大推力ーエアギャップ：エポキシ系

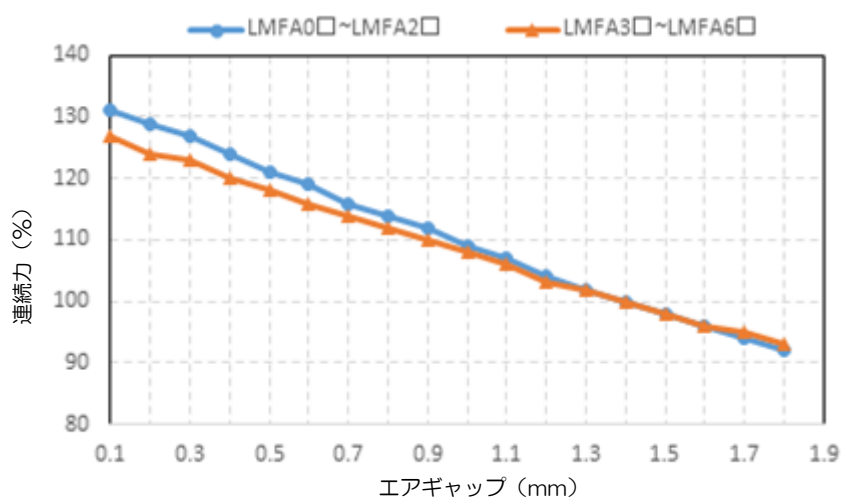


図 3.2.1.2.2 エポキシ系LMFA 連続推力/ピーク推力-エアギャップ関係グラフ

表 3.2.1.2.2 エポキシ系LMFA 連続推力/ピーク推力-エアギャップ比較表

LMFA シリーズ 連続推力/最大推力(エポキシ系) 単位：%		
エアギャップ (mm)	LMFA0□~LMFA2□	LMFA3□~LMFA6□
0.1	131	127
0.2	129	124
0.3	127	123
0.4	124	120
0.5	121	118
0.6	119	116
0.7	116	114
0.8	114	112
0.9	112	110
1	109	108
1.1	107	106
1.2	104	103
1.3	102	102
1.4	100	100
1.5	98	98
1.6	96	96
1.7	94	95
1.8	92	93

■ 吸引力とエアギャップ：カバータイプ

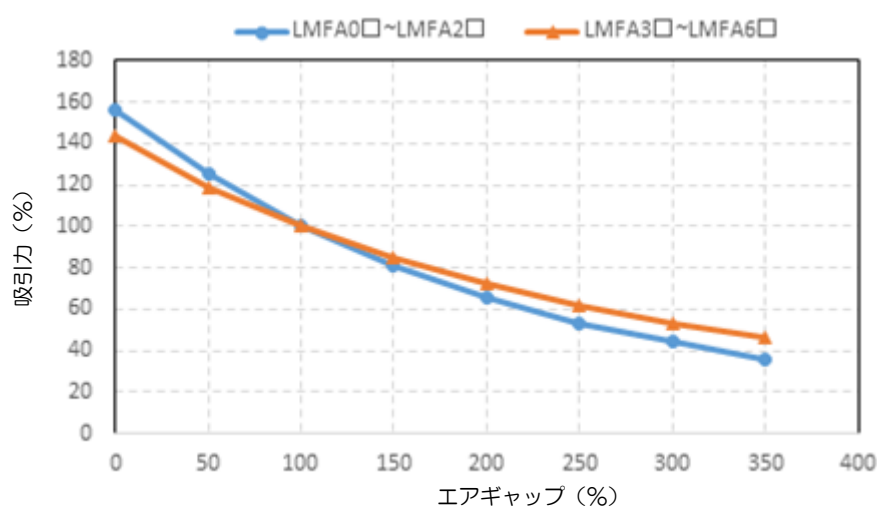


図 3.2.1.2.3 カバー付LMFA 吸引力-エアギャップ関係グラフ

表 3.2.1.2.3 LMFA0~2 カバー付タイプ 吸引力-エアギャップ比較表

LMFA0□~LMFA2□シリーズの吸引力（カバータイプ） 単位：N											
エアギャップ (mm)	LMFA01	LMFA02	LMFA03	LMFA11	LMFA12	LMFA13	LMFA14	LMFA21	LMFA22	LMFA23	LMFA24
0	713	1426	2141	1306	2612	3919	5225	1965	3930	5894	7859
0.45	569	1138	1709	1042	2085	3127	4169	1568	3136	4704	6271
0.9	457	914	1372	837	1674	2511	3348	1259	2518	3777	5036
1.35	369	738	1108	676	1352	2029	2705	1017	2034	3051	4068
1.8	299	599	899	548	1097	1645	2194	825	1650	2475	3299
2.25	244	487	731	446	892	1338	1785	671	1342	2013	2684
2.7	199	398	597	364	729	1093	1458	548	1097	1645	2193
3.15	163	325	488	298	595	893	1191	448	896	1343	1791
5	72	145	218	133	266	398	531	200	399	599	799
10	9	17	26	16	32	48	64	24	48	72	96
15	1	3	4	2	5	7	10	4	7	11	15
20	0	0	1	0	1	1	2	1	1	2	2

表 3.2.1.2.4 LMFA3～6 カバー付タイプの吸引カーエアギャップ比較表

LMFA3□～LMFA4□シリーズの吸引力（カバータイプ） 単位：N								
エアギャップ (mm)	LMFA31	LMFA32	LMFA33	LMFA34	LMFA41	LMFA42	LMFA43	LMFA44
0	4926	9851	14777	19703	7388	14777	22165	29554
0.45	4089	8179	12268	16357	6134	12268	18402	24536
0.9	3430	6860	10290	13720	5145	10290	15435	20580
1.35	2902	5805	8707	11609	4354	8707	13061	17414
1.8	2471	4942	7413	9884	3707	7413	11120	14826
2.25	2117	4234	6351	8468	3176	6351	9527	12703
2.7	1821	3642	5462	7283	2731	5462	8193	10925
3.15	1572	3144	4717	6289	2358	4717	7075	9433
5	885	1770	2655	3539	1327	2655	3982	5309
10	208	417	625	833	312	625	937	1250
15	52	104	156	207	78	156	233	311
20	13	26	40	53	20	40	59	79
LMFA5□～LMFA6□シリーズの吸引力（カバータイプ） 単位：N								
エアギャップ (mm)	LMFA52	LMFA53	LMFA54	LMFA62	LMFA63	LMFA64		
0	19674	29511	39348	29554	44331	59108		
0.45	16333	24500	32667	24536	36804	49072		
0.9	13700	20550	27400	20580	30870	41160		
1.35	11593	17389	23185	17414	26121	34828		
1.8	9870	14805	19740	14826	22239	29653		
2.25	8456	12684	16912	12703	19054	25405		
2.7	7272	10909	14545	10925	16387	21849		
3.15	6280	9419	12559	9433	14150	18866		
5	3534	5301	7069	5309	7964	10618		
10	832	1248	1664	1250	1874	2499		
15	207	311	414	311	467	622		
20	53	79	105	79	119	158		

■ 吸引力とエアギャップ：エポキシ系

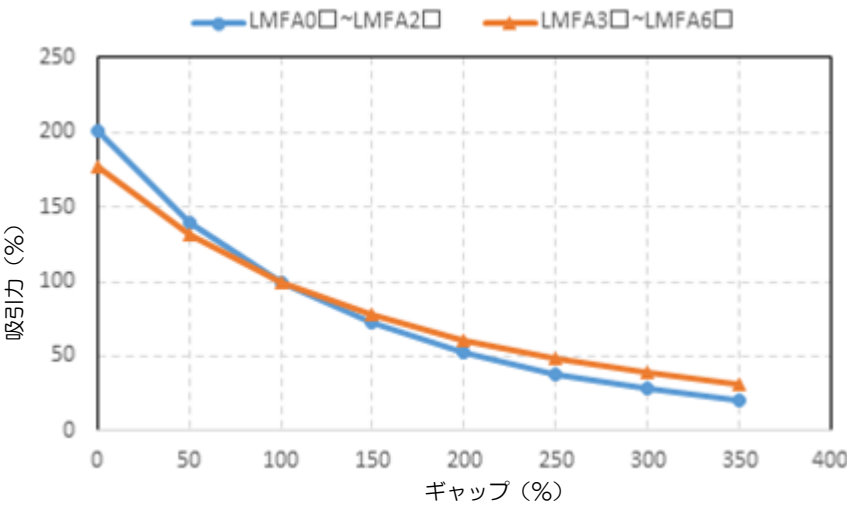


図 3.2.1.2.4 エポキシ系LMFAの吸引力カーエアギャップ関係グラフ

表 3.2.1.2.5 エポキシ系LMFA0～2の吸引力カーエアギャップ比較表

LMFA0□～LMFA2□シリーズの吸引力（エポキシタイプ） 単位：N											
エアギャップ (mm)	LMFA01	LMFA02	LMFA03	LMFA11	LMFA12	LMFA13	LMFA14	LMFA21	LMFA22	LMFA23	LMFA24
0	919	1839	2760	1684	3368	5052	6736	2533	5066	7599	10132
0.7	641	1282	1925	1174	2349	3523	4697	1766	3533	5299	7066
1.4	457	914	1372	837	1674	2511	3348	1259	2518	3777	5036
2.1	329	659	988	603	1206	1809	2412	907	1814	2721	3628
2.8	239	478	718	438	876	1314	1752	659	1318	1976	2635
3.5	175	350	525	320	640	960	1280	482	963	1445	1926
4.2	129	257	386	236	472	707	943	355	709	1064	1419
4.9	95	189	284	173	346	520	693	261	521	782	1042
10	11	22	33	20	40	60	79	30	60	90	119
15	1	3	4	3	5	8	11	4	8	12	16
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 3.2.1.2.6 エポキシ系LMFA3～6の吸引力-エアギャップ比較表

LMFA3□～LMFA4□シリーズの吸引力（エポキシ系） 単位：N								
エアギャップ (mm)	LMFA31	LMFA32	LMFA33	LMFA34	LMFA41	LMFA42	LMFA43	LMFA44
0	6069	12138	18206	24275	9103	18206	27310	36413
0.7	4494	8989	13483	17978	6742	13483	20225	26966
1.4	3430	6860	10290	13720	5145	10290	15435	20580
2.1	2663	5326	7988	10651	3994	7988	11982	15977
2.8	2098	4195	6293	8391	3147	6293	9440	12586
3.5	1665	3330	4995	6660	2497	4995	7492	9989
4.2	1335	2670	4005	5340	2002	4005	6007	8010
4.9	1076	2152	3228	4304	1614	3228	4842	6456
10	245	490	734	979	367	734	1102	1469
15	61	122	184	245	92	184	275	367
20	15	31	46	62	23	46	69	93
30	0	0	0	0	0	0	0	0
LMFA5□～LMFA6□シリーズの吸引力（エポキシタイプ） 単位：N								
エアギャップ (mm)	LMFA52	LMFA53	LMFA54	LMFA62	LMFA63	LMFA64		
0	24240	36360	48480	36413	54619	72826		
0.7	17951	26927	35903	26966	40450	53933		
1.4	13700	20550	27400	20580	30870	41160		
2.1	10635	15953	21271	15977	23965	31953		
2.8	8379	12568	16757	12586	18880	25173		
3.5	6650	9975	13300	9989	14984	19979		
4.2	5332	7998	10664	8010	12014	16019		
4.9	4297	6446	8595	6456	9683	12911		
10	978	1467	1956	1469	2203	2938		
15	244	367	489	367	551	734		
20	62	92	123	93	139	185		
30	0	0	0	0	0	0		

3.2.1.3 LMFPシリーズ

■ 連続推力/ピーク推カーエアギャップ：カバータイプ

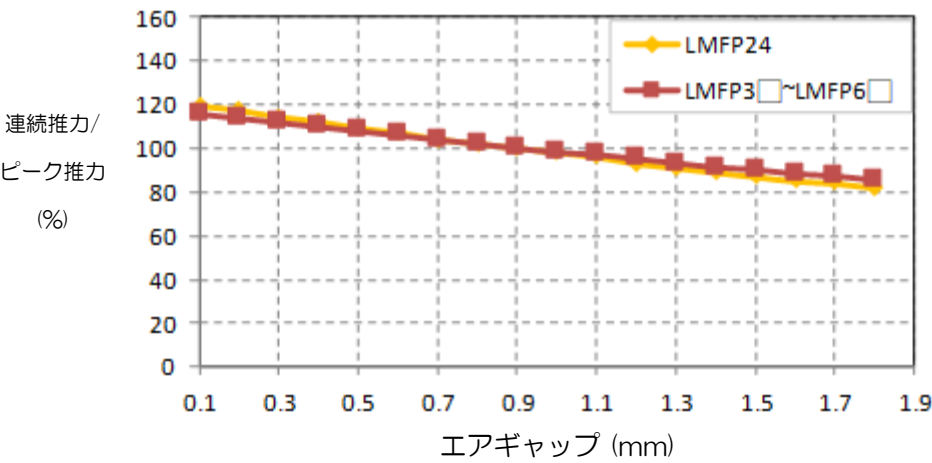


図 3.2.1.3.1 LMFPカバー付タイプ 連続推力/最大推カーエアギャップ関係グラフ

表 3.2.1.3.1 LMFPカバー付タイプ 連続推力/最大推カーエアギャップ比較表

LMFP シリーズ 連続推力/最大推力（カバータイプ） 単位： %		
エアギャップ (mm)	LMFP24	LMFP3□~LMFP6□
0.1	119	116
0.2	117	114
0.3	114	112
0.4	112	110
0.5	109	108
0.6	107	106
0.7	104	104
0.8	102	102
0.9	100	100
1	98	98
1.1	96	97
1.2	93	95
1.3	91	93
1.4	89	91
1.5	87	90
1.6	85	88
1.7	84	87
1.8	82	85

■ 連続推力/最大カーエアギャップ：エポキシ系

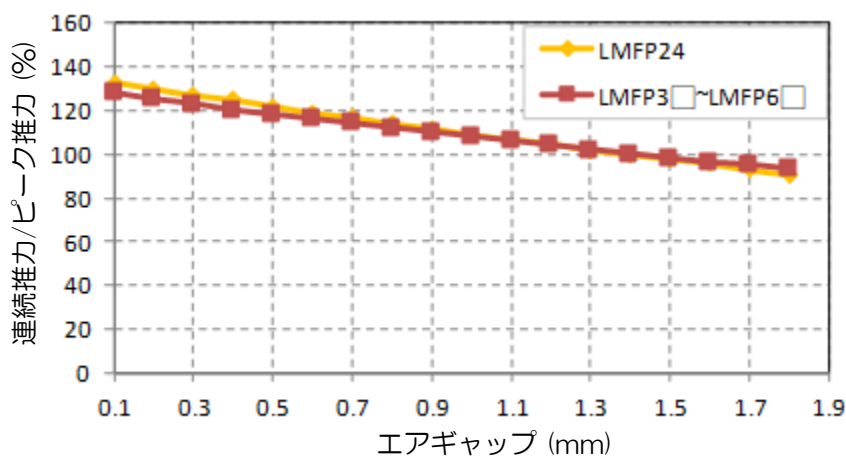


図 3.2.1.3.2 エポキシ系 LMFP 連続推力/ピーク推力カーエアギャップ関係グラフ

表 3.2.1.3.2 エポキシ系 LMFP 連続推力/最大カーエアギャップ比較表

LMFP シリーズ 連続推力/最大推力（エポキシ系） 単位： %		
エアギャップ (mm)	LMFP24	LMFP3□~LMFP6□
0.1	133	128
0.2	130	125
0.3	127	123
0.4	125	120
0.5	122	118
0.6	119	116
0.7	117	114
0.8	114	112
0.9	112	110
1	109	108
1.1	107	106
1.2	105	104
1.3	102	102
1.4	100	100
1.5	98	98
1.6	96	96
1.7	93	95
1.8	91	93

■ 吸引力とエアギャップ：カバータイプ

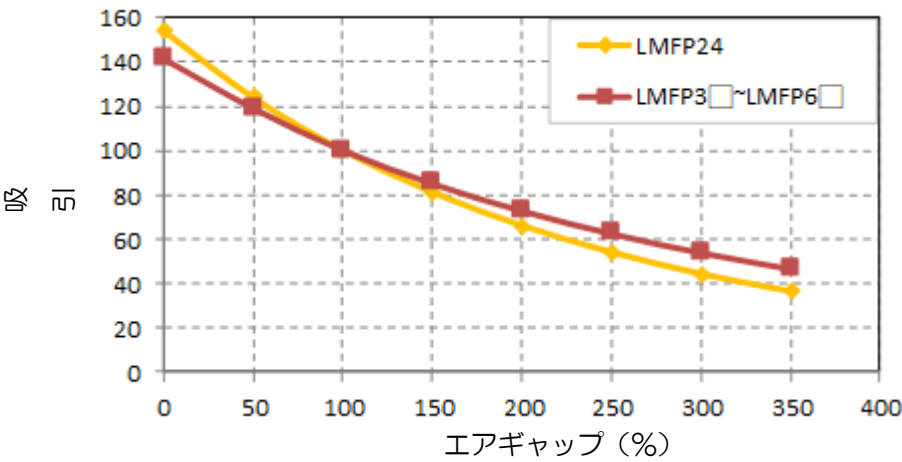


図 3.2.1.3.3 カバー付LMFPの吸引力-エアギャップ関係グラフ

表 3.2.1.3.3 LMFP24~4□ カバー付タイプ 吸引力・エアギャップ比較表

LMFP24~LMFP4□シリーズの吸引力（カバータイプ） 単位：N									
エアギャップ (mm)	LMFP24	LMFP31	LMFP32	LMFP33	LMFP34	LMFP41	LMFP42	LMFP43	LMFP44
0	7065	4404	8808	13213	17617	6606	13213	19819	26425
0.45	5674	3710	7419	11129	14839	5565	11129	16694	22258
0.9	4583	3121	6243	9364	12485	4682	9364	14046	18728
1.35	3710	2656	5313	7969	10625	3984	7969	11953	15938
1.8	3017	2273	4546	6819	9092	3409	6819	10228	13638
2.25	2466	1955	3910	5864	7819	2932	5864	8797	11729
2.7	2013	1687	3374	5061	6748	2531	5061	7592	10123
3.15	1653	1461	2922	4383	5845	2192	4383	6575	8767
5	737	828	1657	2485	3313	1243	2485	3728	4970
10	87	196	393	589	786	295	589	884	1179
15	11	50	99	149	198	74	149	223	297
20	0	12	24	37	49	18	37	55	73

表 3.2.1.3.4 LMFP5□～6□ カバー付タイプ 吸引カーエアギャップ比較表

LMFP5□～LMFP6□シリーズの吸引力（カバータイプ） 単位：N						
エアギャップ (mm)	LMFP52	LMFP53	LMFP54	LMFP62	LMFP63	LMFP64
0	17591	26387	35183	26425	39638	52851
0.45	14814	22226	29635	22258	33388	44517
0.9	12467	18701	24934	18728	28092	37456
1.35	10610	15914	21219	15938	23906	31875
1.8	9079	13618	18157	13638	20457	27276
2.25	7808	11712	15616	11729	17593	23458
2.7	6739	10108	13477	10123	15184	20245
3.15	5836	8754	11672	8767	13150	17534
5	3309	4963	6617	4970	7455	9940
10	785	1177	1569	1179	1768	2357
15	198	297	396	297	446	595
20	49	73	97	73	110	146

■ 吸引力とエアギャップ：エポキシ系

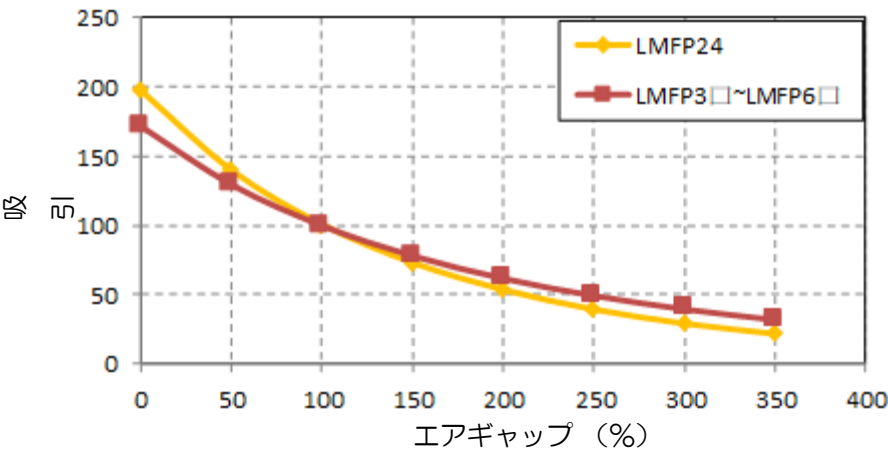


図 3.2.1.3.4 エポキシ系LMFPの吸引力ーエアギャップ関係グラフ

表 3.2.1.3.5 LMFP24~4□のエポキシ系吸引力ーエアギャップ比較表

LMFP24~LMFP4□シリーズの吸引力（エポキシタイプ） 単位：N									
エアギャップ (mm)	LMFP24	LMFP31	LMFP32	LMFP33	LMFP34	LMFP41	LMFP42	LMFP43	LMFP44
0	9016	5355	10713	16068	21424	8034	16068	24102	32136
0.7	6380	4044	8089	12133	16177	6067	12133	18200	24266
1.4	4583	3121	6243	9364	12485	4682	9364	14046	18728
2.1	3319	2444	4888	7332	9776	3666	7332	10998	14664
2.8	2420	1936	3872	5807	7743	2904	5807	8711	11615
3.5	1773	1545	3091	4636	6181	2318	4636	6954	9272
4.2	1306	1241	2483	3725	4966	1862	3725	5587	7450
4.9	965	1004	2009	3013	4017	1506	3013	4519	6026
10	114	974	1949	2923	3898	1462	2923	4385	5847
15	18	230	460	689	919	345	689	1034	1379
20	0	57	114	171	228	85	171	256	342
30	-	15	30	45	60	22	45	67	90

表 3.2.1.3.6 エポキシ系LMFP5□～6□の吸引カーエアギャップ比較表

LMFP5□～LMFP6□シリーズの吸引力（エポキシタイプ） 単位：N						
エアギャップ (mm)	LMFP52	LMFP53	LMFP54	LMFP62	LMFP63	LMFP64
0	21393	32090	42786	32136	448205	64273
0.7	16154	24231	32307	24266	36399	48532
1.4	12467	18701	24934	18728	28092	37456
2.1	9762	14643	19523	14664	21996	29328
2.8	7732	11598	15463	11615	17422	23229
3.5	6172	9258	12344	9272	13907	18543
4.2	4959	7439	9918	7450	11175	14899
4.9	4011	6017	8023	6026	9039	12052
10	3892	5838	7784	5847	8770	11693
15	918	1377	1836	1379	2068	2758
20	228	341	455	342	513	684
30	60	90	119	90	135	179

3.2.1.4 LMSCシリーズ

■ 吸引力とエアギャップ

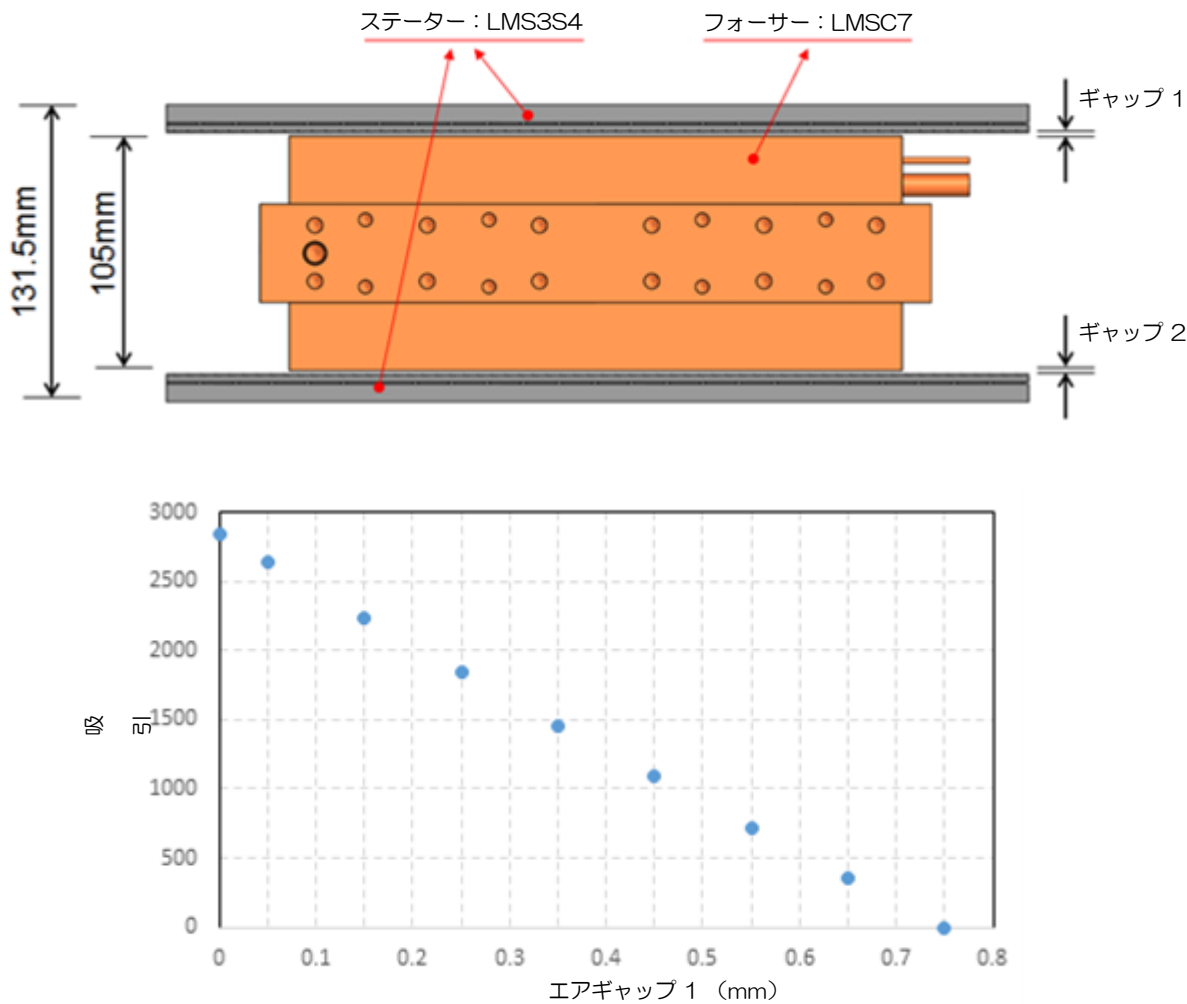


図 3.2.1.4.1 LMSC吸引力ーエアギャップ関係グラフ

表 3.2.1.4.1 LMSC吸引力ーエアギャップ比較表

シリーズ	LMSC7(L) (WC)								
エアギャップ 1 (mm)	0	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75
エアギャップ 2 (mm)	1.5	1.45	1.35	1.25	1.15	1.05	0.95	0.85	0.75
吸引力 (N)	2838	2633	2230	1840	1464	1090	724	361	0

3.2.2 ネジの選択規則と指示

- フォーサーとステーター部品を取り付ける前に、まず取り付け寸法を確認してください。
- フォーサーとステーター部品の取り付け面と機械の表面を清掃します。
- ネジは、DIN912規格に準拠し、強度10.9のネジを使用してください。
- 新しいネジを使用し、フォーサーとステーターの取り外しと取り付けをできるだけ繰り返さないようにしてください。
- フォーサー、ステーターのネジ穴寸法に合わせて適切なネジをお選びください。
- ステーターの取り付け中、ネジの頭がステーターの表面を超えてはなりません。
- ネジの締め付けはトルクレンチを使用し、下表の推奨締め付けトルク値を参考にしてください。
- 動く構造物や振動する構造物では、ネジの接着剤でネジを固定する必要があります。

3.2.2.1 カとステーターネジ取付穴仕様表

表 3.2.2.1.1 LMFAフォースー、ステーターネジ取付穴仕様表

LMFA シリーズフォースー		LMFA シリーズステーター	
LMFA0□(L)～ LMFA2□(L)	M5x0.8Px10DP	LMF0S□(E)	Ø4.5 通シ：Ø8x 深 2
		LMF1S□(E)	Ø5.5 通シ：Ø10x 深 1.5
LMFP24	M5x0.8Px9DP	LMF2S□(E)	Ø5.5 通シ：Ø10x 深 3.5
LMFA3□(L)～ LMFA6□(L)	M8x1.25Px14DP	LMF3S□(E)	Ø9 通シ：Ø15x 深 6
		LMF4S□(E)	Ø9 通シ：Ø15x 深 6
LMFP3□～6□	M8x1.25Px12.5DP	LMF5S□E	Ø9 通シ：Ø15x 深 6
		LMF6S□E	Ø6.5 通シ：Ø10.5x 深 6

表 3.2.2.1.2 LMSAフォーサー、ステーターネジ取付穴仕様表

LMSA シリーズフォーサー		LMSA シリーズステーター		
	取付穴		カバータイプ	エポキシタイプ
LMSA0□ LMSA0□-Z	M5x0.8Px 深 4	LMSA0S□(EA)	Ø4.5 通シ	Ø4.5 通シ, Ø8x 深 5.6
LMSA1□(L) ~LMSA3□(L) LMSA1□-Z ~LMSA3□-Z	M4x0.7Px 深 4	LMSA1S□(EA)	Ø4.5 通シ	Ø4.5 通シ, Ø8x 深 5.6
		LMSA2S□(EA)	Ø5.5 通シ	Ø5.5 通シ, Ø10x 深 5.6
		LMSA3S□(EA)	Ø5.5 通シ	Ø5.5 通シ, Ø10x 深 5.6
LMSAC□(L)		LMSACS□(EA)	Ø5.5 通シ	Ø5.5 通シ, Ø10x 深 5.6

表 3.2.2.1.3 LMSSフォーサー、ステーターネジ取付穴仕様表

LMSS シリーズフォーサー		LMSS シリーズステーター	
LMSS11	M3x0.5Px 深 5	LMSS1S□	Ø4.5 通シ

表 3.2.2.1.4 LMSCフォーサー、ステーターネジ取付穴仕様表

LMSC シリーズフォーサー		LMSC シリーズステーター	
LMSC7(L)	M8x1.25Px 深 12	LMS3S□	Ø6.5 通シ, Ø11x 深 4

表 3.2.2.1.5 LMCフォーサー、ステーターネジ取付穴仕様表

LMC シリーズフォーサー			LMC シリーズステーター	
	底面取付穴	側面取付穴		
LMCA	M3x0.5Px 深 4.5	M4x0.7Px 深 5	LMCAS□	Ø5.5 通シ, Ø9.5x 深 8
LMCB			LMCBS□	Ø5.5 通シ, Ø9.5x 深 8
LMCC			LMCCS□	Ø6.5 通シ, Ø11x 深 10
LMCD	M5x0.8Px 深 6	M4x0.7Px 深 8	LMCDS□	Ø6.5 通シ, Ø11x 深 8
LMCE			LMCES□	Ø6.5 通シ, Ø11x 深 8
LMCF		M5x0.8Px 深 9	LMCFS□	Ø6.5 通シ, Ø11x 深 8

表 3.2.2.1.6 LMC-EFフォーサー、ステーターネジ取付穴仕様表

LMC-EF シリーズフォーサー		LMC-EF シリーズステーター	
	底面取付穴		
LMC-EFC	M4x0.7Px 深 5 M4x0.7Px 深 12	LMC-EFCS□	Ø4.2 通シ, Ø7.5x 深 6.35
LMC-EFE	M4x0.7Px 深 5 M4x0.7Px 深 12	LMC-EFES□	Ø5.5 通シ, Ø9.5x 深 6.85
LMC-EFF	M5x0.8Px 深 10 M5x0.8Px 深 12	LMC-EFFS□	Ø5.5 通シ, Ø9.5x 深 8

表 3.2.2.1.7 LMC-HUBフォーサー、ステーターネジ取付穴仕様表

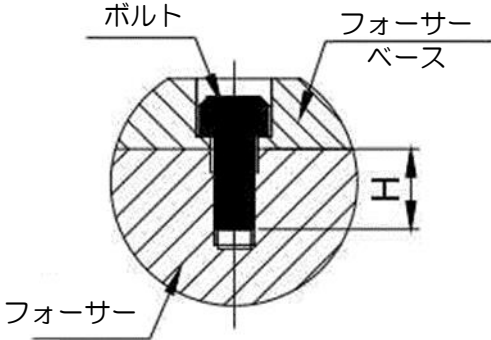
LMC-HUB シリーズフォーサー			LMC-HUB シリーズステーター	
	底面取付穴	側面取付穴		
LMC-HUB	M3x0.5P 通シ	M3x0.5Px 深 3	LMC-HUBS□	Ø4.5 通シ, Ø8x 深 4.5

表 3.2.2.1.8 LMTフォーサーネジ取付穴仕様表

LMT シリーズフォーサー	
LMT2	M3x0.5Px 深 5
LMT6	M3x0.5Px 深 5
LMTA	M4x0.7Px 深 6
LMTB	M6x1.0Px 深 9
LMTC	M8x1.25Px 深 12

3.2.2.2 フォーサー推奨ネジ締め深さ表

表 3.2.2.2.1 押えネジ締め深さ表

フォーサー仕様	ネジ仕様	ネジ締め深さ H(mm)	概略図
LMSS	M3	4.5 0/-1	
LMSA/LMSA□□-Z	M4	3.5 0/-1	
LMFA0□□~2□	M5	9 0/-2.5	
LMFP24	M5	8 0/-2	
LMFA3□□~6□	M8	12 0/-3.5	
LMFP3□□~6□	M8	11 0/-3	
LMSC7	M8	11 0/-3	
LMCA~C	M3(底面)	4 0/-1	
	M4(側面)		
LMCD~E	M5(底面)	5 0/-1	
	M4(側面)	6 0/-2	
LMCF	M5(底面)	5 0/-1	
	M5(側面)	8 0/-2	
LMC-EFC/EFE	M4	4 0/-1	
		8 0/-3	
LMC-EFF	M5	8 0/-2	
LMT2□	M3	4.5 0/-1	
LMT6□			
LMTA□	M4	5 0/-1	
LMTB□	M6	8 0/-2	
LMT□	M8	11 0/-3	

注：LMC-EFCシリーズのフォーサー底部ねじ穴には2種類の深さがあります。カタログの図面を参照してください。

表 3.2.2.2.2 精密水冷式フォーサー用ねじ締め深さ表

フォーサー仕様	ネジ仕様	ネジ締め深さ H(mm)	概略図
LMFA3□～6□	M8	24 _{0/-3.5}	
LMFP3□～6□	M8	23 _{0/-3}	

3.2.2.3 スターター推奨ネジ締め最小深さ表

表 3.2.2.3.1 スターターネジ締め深さ表

材料	炭素鋼	鋳鉄	アルミニウム合金
締め付け深さ	1.2 x d	1.6 x d	1.8 x d

注：最大締め付け深さは、ユーザーの機械のねじ穴により決定されます。

3.2.2.4 フォーサーとスターターの推奨ネジトルク表

表 3.2.2.4.1 ねじトルク仕様表

ネジ寸法	トルク (kgf-cm)	トルク (N-m)
M3x0.5P	15	1.5
M4x0.7P	34	3.3
M5x0.8P	69	6.8
M6x1.0P	118	11.6
M8x1.25P	286	28.1

3.3 電気接続

3.3.1 ケーブル

3.3.1.1 電源ケーブルの標準仕様

標準リニアモーターの電源ケーブル、温度ケーブルの長さは0.5m～1.2mです。ケーブルの長さの単位は100mmです。ケーブルアウトレットは、図3.3.1.1.1に示すように、コネクタ付きまたは開放端付き（棒型端子）にすることができます。

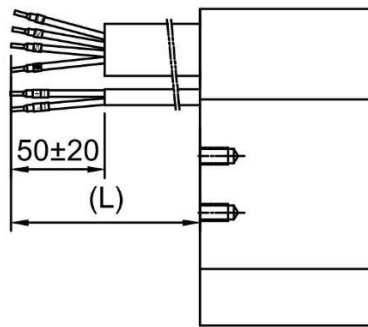


図 3.3.1.1.1 電源ケーブルのコンセント仕様

3.3.1.2 接地保護の推奨工法

- 電源ケーブルまたは温度ケーブルにシールドを装備する必要があります。また、シールドは接地する必要があります (図3.3.1.2.1に示すように)。
- シールドを剥がした後、シールド全体を適切な長さに切断して、より便利な操作を行うことができます。シールドの一部を切断しないでください。そうしないと、シールドが壊れやすくなり、接地効率に影響を与える可能性があります。

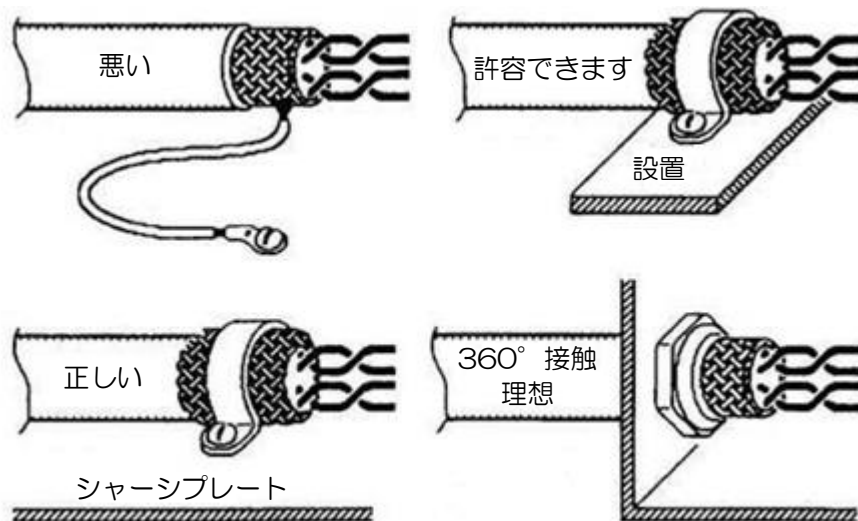
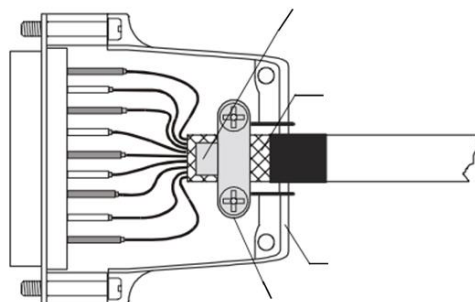


図 3.3.1.2.1 推奨接地方法

3.3.1.3 コアレスリニアモーターの接地保護の推奨工法

コアレスリニアモーター電源ケーブルの場合、接地保護のために絶縁ネットを使用することをお勧めします。図3.3.1.3.1に示すように、絶縁ネットは2つの部分に分かれており、1つは接地用で、もう1つは金属ケースに接続するために銅箔で包まれています。



絶縁ネットを 2 つに分割し、一方はアース用、もう一方は銅箔を巻いて金属ケースに接続します。

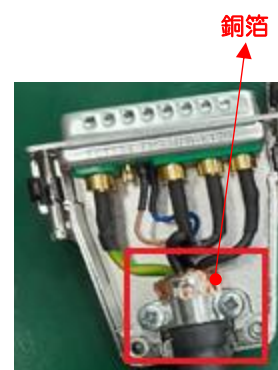
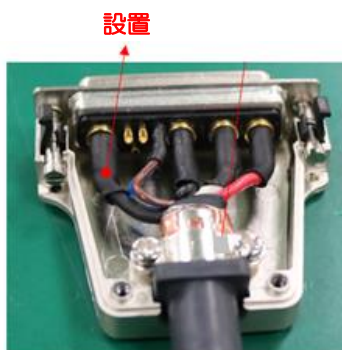
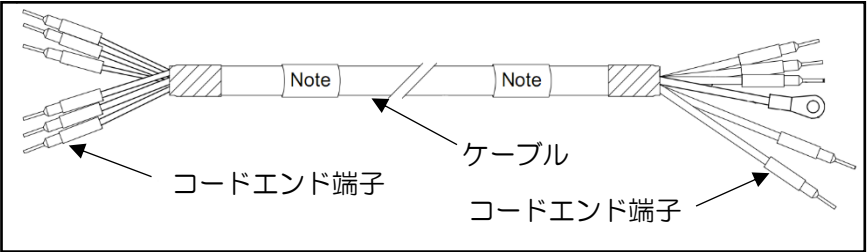


図 3.3.1.3.1 コアレスリニアモーターの接地保護

3.3.1.4 LMSA-Zシリーズ用延長ケーブルの推奨設置方法

■ 延長ケーブルの製造



- (1) コード先端端子の長さの仕様は表 3.3.1.4.1 をご参照ください。
- (2) ケーブルの銅線断面積の仕様は表 3.3.1.4.1 をご参照ください。
- (3) コネクターのピンは図 3.3.1.4.1 を参照してください。

表 3.3.1.4.1 仕様

コード先端端子長さ (L)(mm)	銅線の断面積	
	AWG	DIN (mm ²)
10	22	0.5
10	20	0.75
10	18	1.0

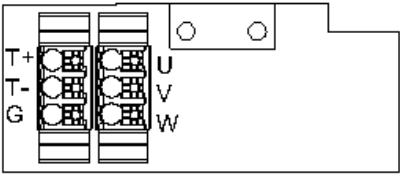


図3.3.1.4.1 コネクターピン

■ コネクタの取り付け

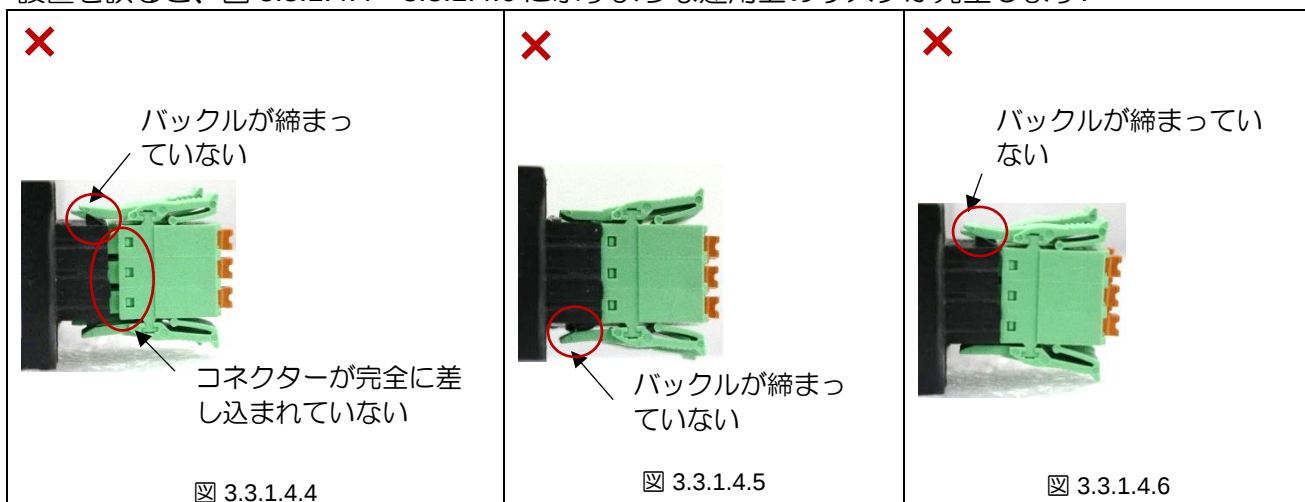
モーターがコネクタに接続します。

コネクタを抜き差しするときは、コネクタを奥まで差し込み、4つのバックルをすべて完全に締める必要があることに注意してください。

バックルの位置を図 3.3.1.4.2 に示します。正しい取り付けを図 3.3.1.4.3 に示します。



設置を誤ると、図 3.3.1.4.4～3.3.1.4.6 に示すような運用上のリスクが発生します:



■ モーターと延長ケーブルの取り付け

モーターはコネクタに接続されており、コネクタを取り外して延長ケーブルとしても使用可能です。図 3.3.1.4.7 を参照してください。



図 3.3.1.4.7 モーターと延長ケーブルの接続

粉塵の多い環境で使用する場合は、機械に防塵カバーを取り付けることをお勧めします。

熱収縮チューブの詳しい取り付け方法は以下の通りです：

■ インストールに関する注意事項

- (1) モーターをパッケージから取り出します(図 3.3.1.4.8) (緑色のコネクタは抜かず、コネクタが奥まで差し込まれていること、4つのバックルがしっかりと締まっていることを確認してください)。熱収縮チューブはご自身でご用意ください。(図 3.3.1.4.9)
- (2) 熱収縮チューブΦ=22mm。熱収縮チューブ小の長さ：9mm、熱収縮チューブ大の長さ：70mm。
- (3) モーターコネクタのバックル（下図赤丸部分）にφ1の小さな熱収縮チューブをかぶせてヒートガンで締め付けます。(図 3.3.1.4.10)
- (4) ③の延長ケーブルに②の太い熱収縮チューブを入れます。

手順 3 の延長ケーブルを接続します。④ モーターのコネクタに差し込みます。(図 3.3.1.4.12)

※モータコネクタに接続する延長ケーブル側のコード終端端子の仕様は表 3.3.1.4.1 をご参照ください。

※モーターコネクタのピンについては図 3.3.1.4.1 をご参照ください。

- (5) ①が冷めたことを確認します。モーターのコネクタ④に②を差し込みます。(図 3.3.1.4.13)
- (6) ⑤ヒートガンを使用して②を締め付けます。大きな熱収縮チューブです。締め付け方向は図の通りです(図 3.3.1.4.14)。
- (7) 熱収縮チューブのコーティングを完了します。(図 3.3.1.4.15)
- (8) 最後に、(7)の延長ケーブルを含むモーターを機械に取り付けます。



図3.3.1.4.8 モーターのパッケージ

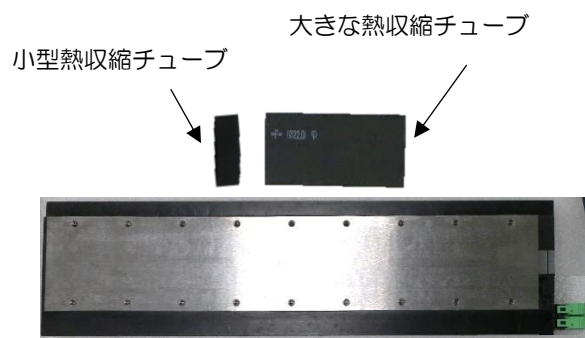


図3.3.1.4.9 モーター、熱収縮チューブ



図 3.3.1.4.10 小さな熱収縮材の位置



図 3.3.1.4.11 延長ケーブル内の大きな熱収縮チューブ

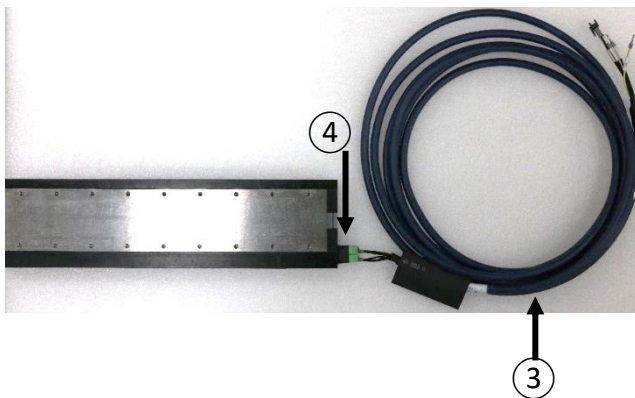


図 3.3.1.4.12 延長ケーブルとモーターコネクタの接続

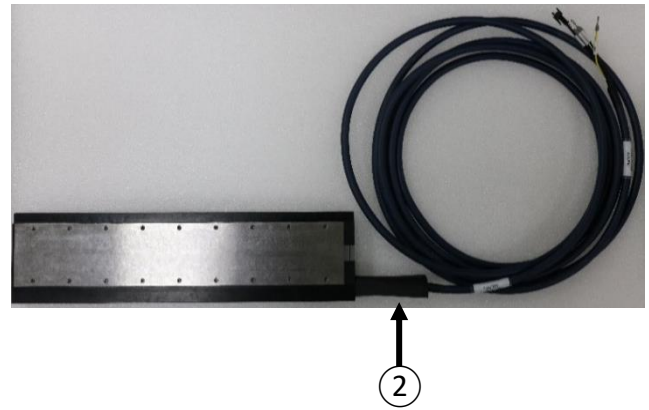


図 3.3.1.4.13 大きな熱収縮チューブをモーターコネクタに移動

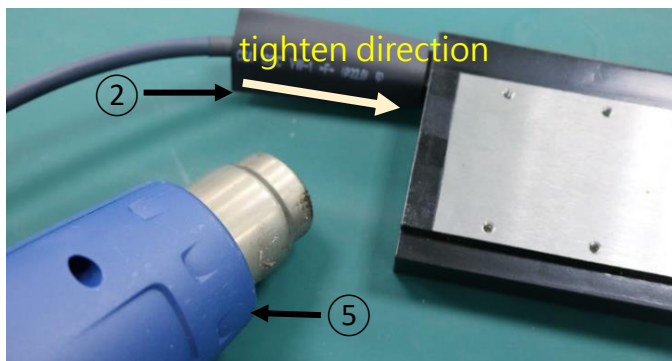


図 3.3.1.4.14 ヒートガンで締め付ける



図 3.3.1.4.15 完了

フォーサーをフォーサープレートに組み付けた後、モーターケーブルを結束バンドとケーブルトレイで固定してください。また、図 3.3.1.4.16 および図 3.3.1.4.17 に示すように、延長ケーブルはケーブルタイで固定し、ケーブルチェーンに入れて正常に動作することを確認する必要があります。

図 3.3.1.4.18、図 3.3.1.4.19 のようにケーブルが正しく取り付けられていないと、ぐらつきや磨耗などの故障が発生し、異常事態を引き起こす可能性があります。

■ 推奨設置方法

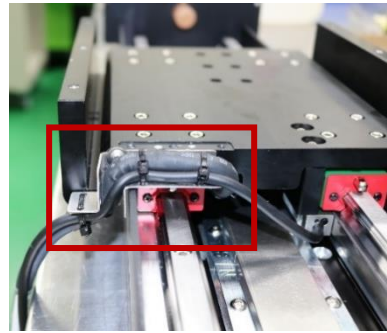


図 3.3.1.4.5 ケーブルタイとケーブルトレイでモーターケーブルを固定します

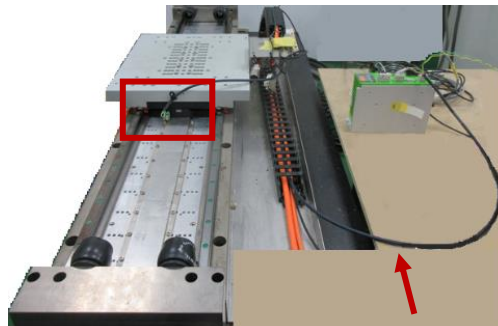
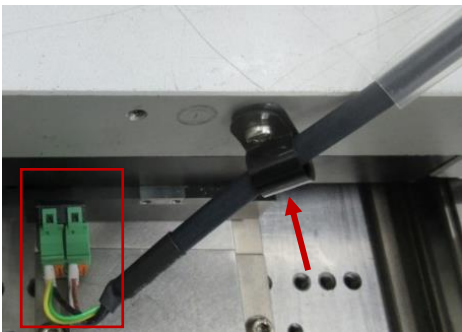


図 3.3.1.4.6 延長ケーブルをケーブルタイで固定し、ケーブルに挿入

■ 不適切なインストール方法

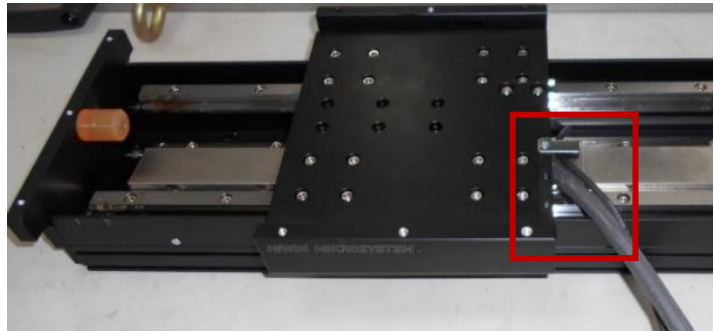
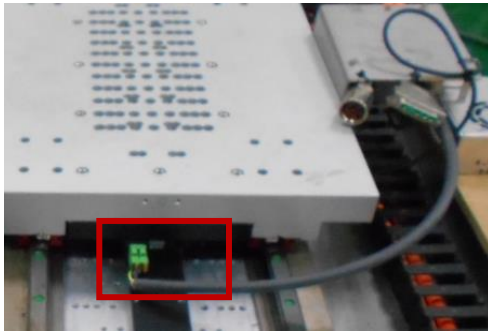


図 3.3.1.4.7 延長ケーブルが固定されていない

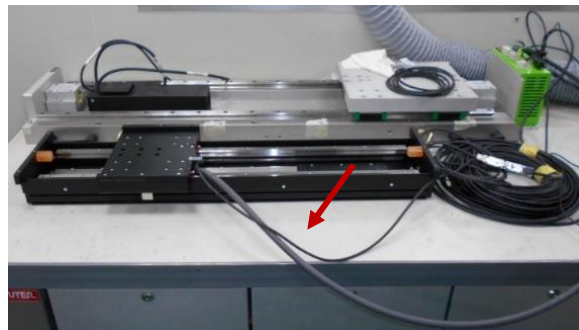


図 3.3.1.4.8 延長ケーブルがケーブルチェーンに入っていない

3.3.1.5 コネクター付モーターシリーズ

標準コネクター付モーターの場合、標準延長ケーブルの推奨取付方法を以下に示します。

- 銅柱アクセサリは、標準出荷用のモーター延長ケーブルに取り付けられています。
- 銅柱デザインなしの選択: ユーザーは、ネジを固定するための4つのめねじを備えた独自のアダプターボード取り付けブラケットを入手します。使用例を図3.3.1.5.2(左)に示します。
- 銅柱設計で選択: ユーザーが独自のアダプターボード取り付けブラケットにスルーホールを採用し、ネジを通すことができます。(図3.3.1.5.1の赤丸で示した部分)コネクターを固定します。使用例を図3.3.1.5.2(右)に示します。

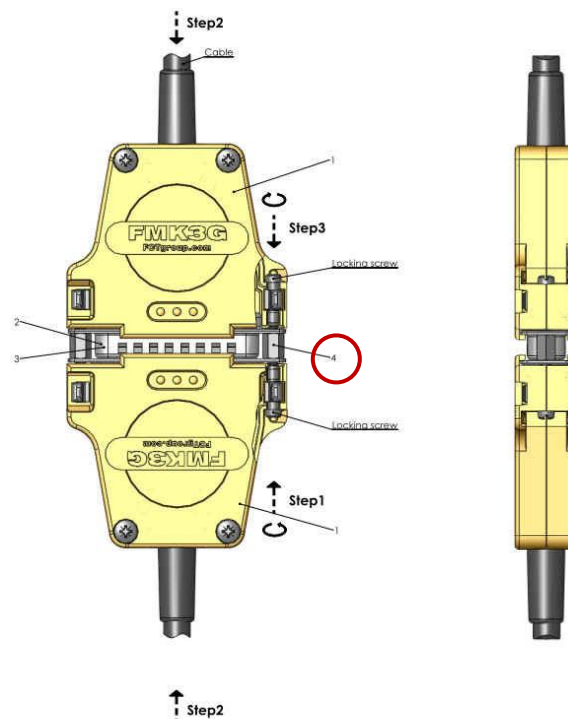


図 3.3.1.5.1 接続図

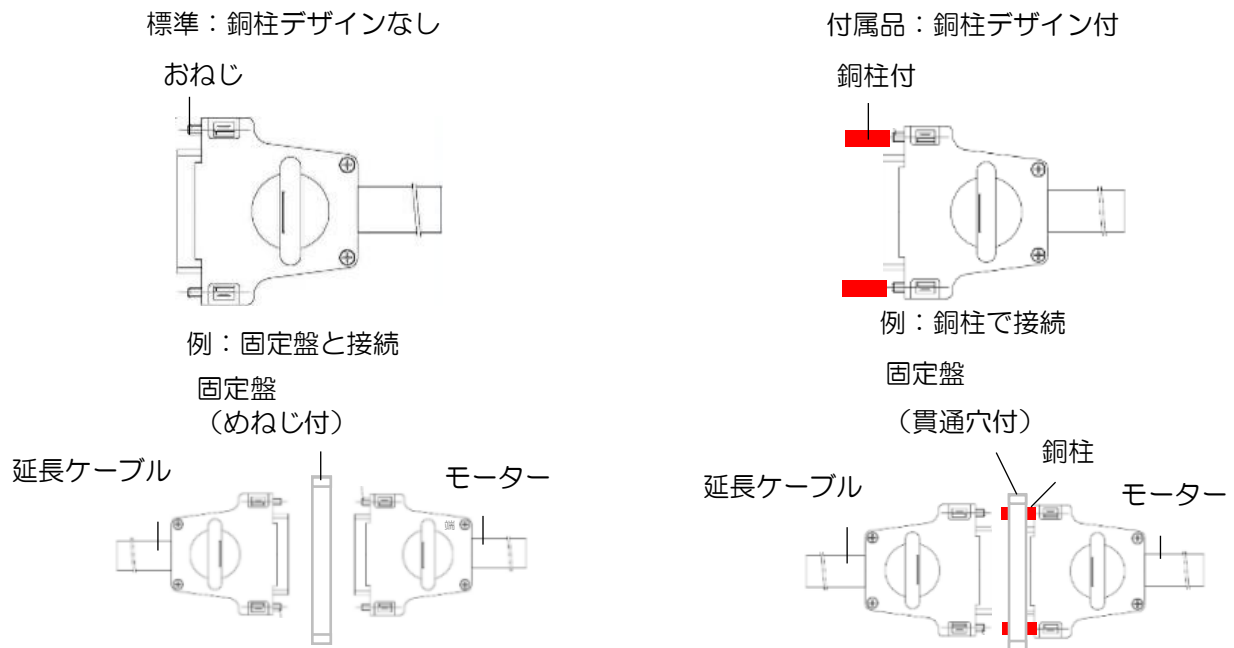
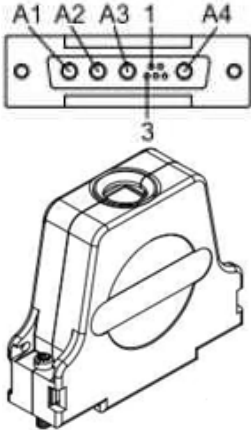
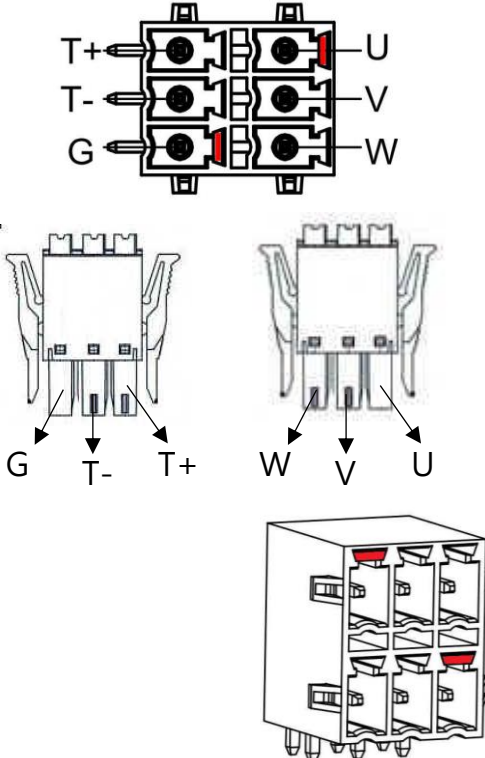
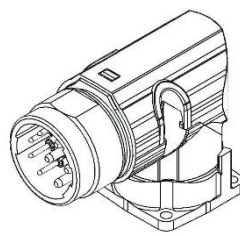
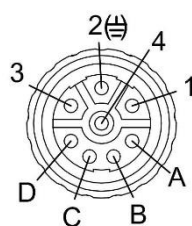
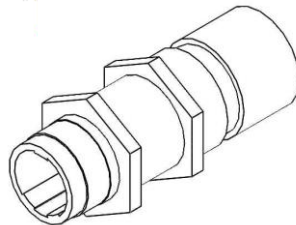
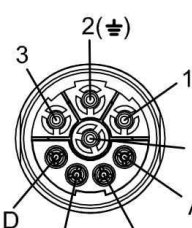
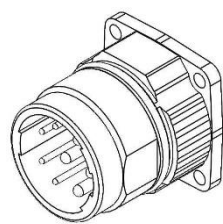
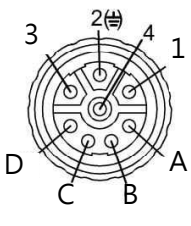


図 3.3.1.5.2 接続図

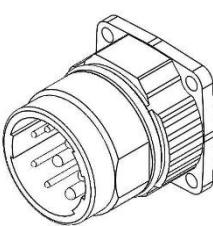
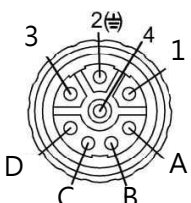
3.3.1.6 コネクターの選択とピン割り当て

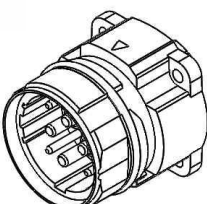
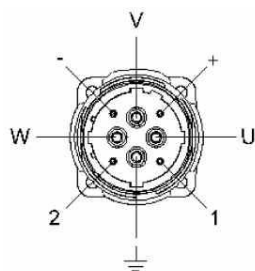
表 3.3.1.6.1 接続選択配線図

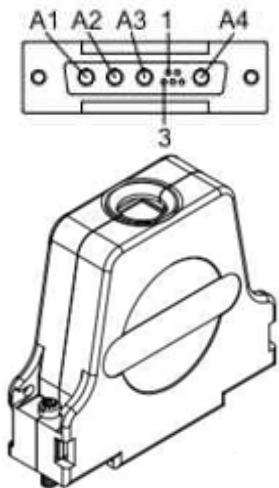
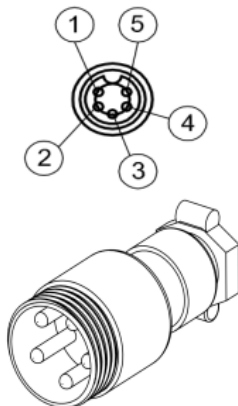
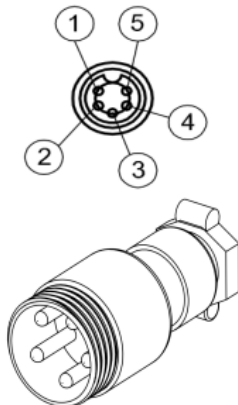
型式	コネクター	ピン																		
LMSA シリーズ	 D-Sub 9-Pin コネクター	<table><tr><th colspan="2">配線</th></tr><tr><th>D-Sub (オス)</th><th>信号</th></tr><tr><td>A1</td><td>V</td></tr><tr><td>A2</td><td>U</td></tr><tr><td>A3</td><td>W</td></tr><tr><td>A4</td><td>GND</td></tr><tr><td>1</td><td>T+</td></tr><tr><td>3</td><td>T-</td></tr><tr><td>CASE</td><td></td></tr></table>	配線		D-Sub (オス)	信号	A1	V	A2	U	A3	W	A4	GND	1	T+	3	T-	CASE	
	配線																			
D-Sub (オス)	信号																			
A1	V																			
A2	U																			
A3	W																			
A4	GND																			
1	T+																			
3	T-																			
CASE																				
LMSA-Z シリーズ	 プラグابل端子台	<table><tr><th colspan="2">配線</th></tr><tr><th>プラグابل端子台</th><th>信号</th></tr><tr><td>U</td><td>U</td></tr><tr><td>V</td><td>V</td></tr><tr><td>W</td><td>W</td></tr><tr><td>T+</td><td>T+</td></tr><tr><td>T-</td><td>T-</td></tr><tr><td>G</td><td>G</td></tr></table>	配線		プラグابل端子台	信号	U	U	V	V	W	W	T+	T+	T-	T-	G	G		
	配線																			
プラグابل端子台	信号																			
U	U																			
V	V																			
W	W																			
T+	T+																			
T-	T-																			
G	G																			

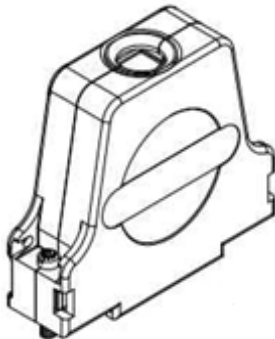
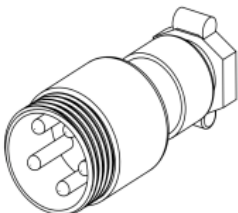
LMFA シリーズ (M23)	 メタルコネクタ (角度付き回転可能) (オス)	<table><tr><th colspan="2">配線</th></tr><tr><th>メタルコネクタ ー (オス)</th><th>信号</th></tr><tr><td>1</td><td>U</td></tr><tr><td>4</td><td>V</td></tr><tr><td>3</td><td>W</td></tr><tr><td>(2) </td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>Case</td></tr><tr><td>A</td><td>T1+(灰)</td></tr><tr><td>B</td><td>T1-(灰)</td></tr><tr><td>C</td><td>T2+(赤)</td></tr><tr><td>D</td><td>T2-(白)</td></tr></table> PTC SNM120 Pt1000	配線		メタルコネクタ ー (オス)	信号	1	U	4	V	3	W	(2) 		Case	A	T1+(灰)	B	T1-(灰)	C	T2+(赤)	D	T2-(白)
	配線																						
	メタルコネクタ ー (オス)	信号																					
1	U																						
4	V																						
3	W																						
(2) 																							
Case																							
A	T1+(灰)																						
B	T1-(灰)																						
C	T2+(赤)																						
D	T2-(白)																						
	 メタルコネクタ (オス)	<table><tr><th colspan="2">配線</th></tr><tr><th>メタルコネクタ ー (オス)</th><th>信号</th></tr><tr><td>1</td><td>U</td></tr><tr><td>4</td><td>V</td></tr><tr><td>3</td><td>W</td></tr><tr><td>(2) </td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>Case</td></tr><tr><td>A</td><td>T1+(灰)</td></tr><tr><td>B</td><td>T1-(灰)</td></tr><tr><td>C</td><td>T2+(赤)</td></tr><tr><td>D</td><td>T2-(白)</td></tr></table> PTC SNM120 Pt1000	配線		メタルコネクタ ー (オス)	信号	1	U	4	V	3	W	(2) 		Case	A	T1+(灰)	B	T1-(灰)	C	T2+(赤)	D	T2-(白)
配線																							
メタルコネクタ ー (オス)	信号																						
1	U																						
4	V																						
3	W																						
(2) 																							
Case																							
A	T1+(灰)																						
B	T1-(灰)																						
C	T2+(赤)																						
D	T2-(白)																						
	 メタルコネクタ (Male)																						

		配線		PTC SNM120 Pt1000
		メタルコネクタ ー (オス)	信号	
		1	U	
		4	V	
		3	W	
		2()		
		Case		
		A	T1+	
		B	T1-	
		C	T2+	
D	T2-			

LMFP シリーズ	 メタルコネクタ (M23)	配線		PTC SNM120 Pt1000
		メタルコネクタ (オス)	信号	
		1	U	
		4	V	
		3	W	
		2()		
		Case		
		A	T1+	
		B	T1-	
		C	T2+	
D	T2-			

	 メタルコネクタ (M40)	配線		PTC SNM120 Pt1000
		メタルコネクタ (オス)	信号	
		U	U	
		V	V	
		W	W	
				
		Case		
		1	T1+	
		2	T1-	
		+	T2+	
-	T2-			

LMSC7	 D-Sub 9-Pin コネクター	<table><tr><th colspan="2">配線</th></tr><tr><th>D-Sub (オス)</th><th>信号</th></tr><tr><td>A1</td><td>V</td></tr><tr><td>A2</td><td>U</td></tr><tr><td>A3</td><td>W</td></tr><tr><td>A4</td><td>GND</td></tr><tr><td>1</td><td>T+</td></tr><tr><td>3</td><td>T-</td></tr><tr><td>CASE</td><td></td></tr></table>	配線		D-Sub (オス)	信号	A1	V	A2	U	A3	W	A4	GND	1	T+	3	T-	CASE	
配線																				
D-Sub (オス)	信号																			
A1	V																			
A2	U																			
A3	W																			
A4	GND																			
1	T+																			
3	T-																			
CASE																				
LMSS11	 M16-P5P (オス)	<table><tr><th colspan="2">配線</th></tr><tr><th>M16-P5P (オス)</th><th>信号</th></tr><tr><td>1</td><td>V</td></tr><tr><td>2</td><td>U</td></tr><tr><td>3</td><td>W</td></tr><tr><td>Case</td><td>GND</td></tr><tr><td>4</td><td>T+</td></tr><tr><td>5</td><td>T-</td></tr></table>	配線		M16-P5P (オス)	信号	1	V	2	U	3	W	Case	GND	4	T+	5	T-		
配線																				
M16-P5P (オス)	信号																			
1	V																			
2	U																			
3	W																			
Case	GND																			
4	T+																			
5	T-																			
LMC A/B/C/D/E/ EFC/HUB	 M16-P5P (オス)	<table><tr><th colspan="2">配線</th></tr><tr><th>M16-P5P (オス)</th><th>信号</th></tr><tr><td>1</td><td>V</td></tr><tr><td>2</td><td>U</td></tr><tr><td>3</td><td>W</td></tr><tr><td>Case</td><td>GND</td></tr><tr><td>4</td><td>T+</td></tr><tr><td>5</td><td>T-</td></tr></table>	配線		M16-P5P (オス)	信号	1	V	2	U	3	W	Case	GND	4	T+	5	T-		
配線																				
M16-P5P (オス)	信号																			
1	V																			
2	U																			
3	W																			
Case	GND																			
4	T+																			
5	T-																			

LMC F/EFE/EFF	A1 A2 A3 1 A4 3  D-Sub 9-Pin コネクター	<table><tr><th colspan="2">配線</th></tr><tr><th>D-Sub (オス)</th><th>信号</th></tr><tr><td>A1</td><td>V</td></tr><tr><td>A2</td><td>U</td></tr><tr><td>A3</td><td>W</td></tr><tr><td>A4</td><td>GND</td></tr><tr><td>1</td><td>T+</td></tr><tr><td>3</td><td>T-</td></tr><tr><td>CASE</td><td></td></tr></table>	配線		D-Sub (オス)	信号	A1	V	A2	U	A3	W	A4	GND	1	T+	3	T-	CASE	
配線																				
D-Sub (オス)	信号																			
A1	V																			
A2	U																			
A3	W																			
A4	GND																			
1	T+																			
3	T-																			
CASE																				
LMT 2/6/A/B/C	1 5 2 3 4  M16-P5P (オス)	<table><tr><th colspan="2">配線</th></tr><tr><th>M16-P5P (オス)</th><th>信号</th></tr><tr><td>1</td><td>V</td></tr><tr><td>2</td><td>U</td></tr><tr><td>3</td><td>W</td></tr><tr><td>Case</td><td>GND</td></tr><tr><td>4</td><td>T+</td></tr><tr><td>5</td><td>T-</td></tr></table>	配線		M16-P5P (オス)	信号	1	V	2	U	3	W	Case	GND	4	T+	5	T-		
配線																				
M16-P5P (オス)	信号																			
1	V																			
2	U																			
3	W																			
Case	GND																			
4	T+																			
5	T-																			

3.3.2 フォーサー並列設計

リニアモーターは、複数セットのフォーサーを並列に使用して同軸上にグループ化できます。複数組のフォーサーを並列に設置する場合、モーターの型式が同一であることを確認する必要があります。さらに、アセンブリは、作動前にリニアモーターの位相が同じであることを確認するために、出口方向と平行スパン(ΔX)設計に従って実行する必要があります。各直列モーターの並列スパンと設置アウトレットの関係については、後の章で詳しく説明します。モーターの並列パラメーターの計算については、表 3.3.2.1を参照してください。

表 3.3.2.1 モーター並列パラメーター計算

	単体	2 台並列	3 台並列	4 台並列
抵抗 (Ω)	A	A/2	A/3	A/4
インダクタンス (mH)	B	B/2	B/3	B/4
力定数 (N/Arms)	C	C	C	C
逆起電力定数 (Vrms/(m/s))	D	D	D	D
連続電流 (Arms)	E	E*2	E*3	E*4
ピーク電流 (Arms)	F	F*2	F*3	F*4
連続推力 (N)	G	G*2	G*3	G*4
ピークフォース (N)	H	H*2	H*3	H*4

3.3.2.1 リニアモーターの移動方向

リニアモーターの正方向の定義は以下のとおりです。U/V/Wの順に入力すると、最初の移動方向が正方向になります。

リニアモーターの動きの正方向は次のとおりです：

■ コア付き：

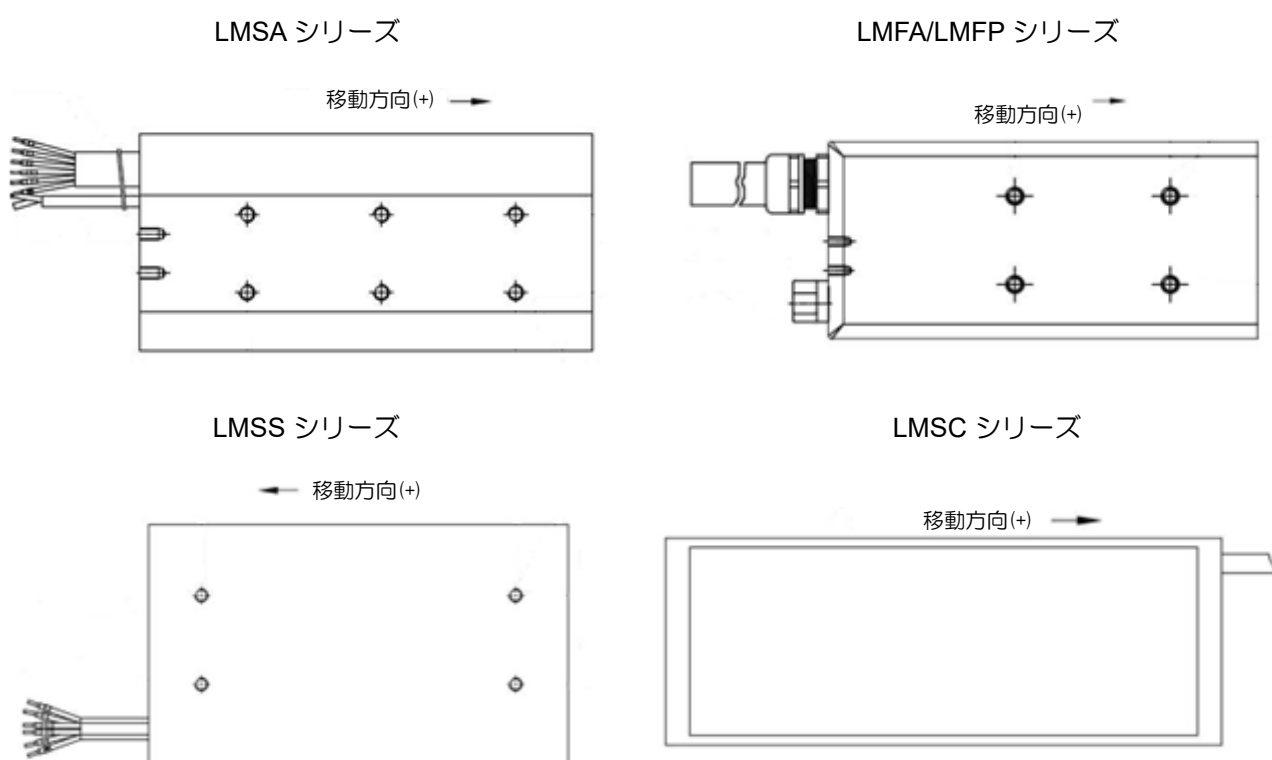
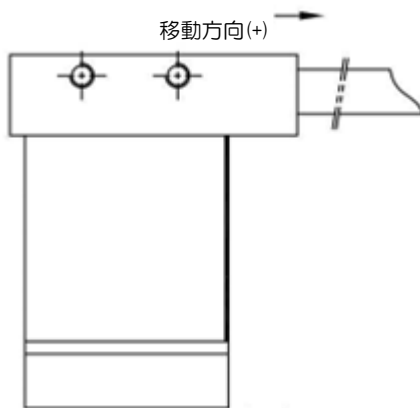


図 3.3.2.1.1 接続図

■ コアレス：

LMC シリーズ



LMT シリーズ

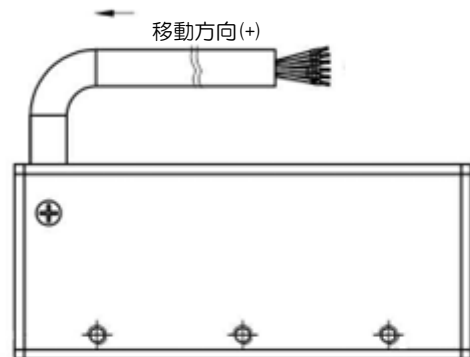
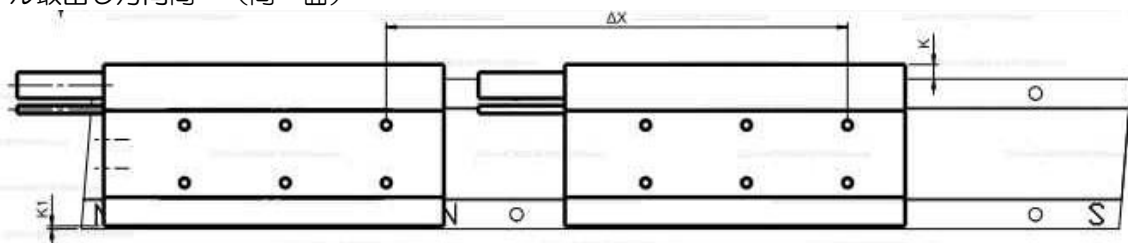


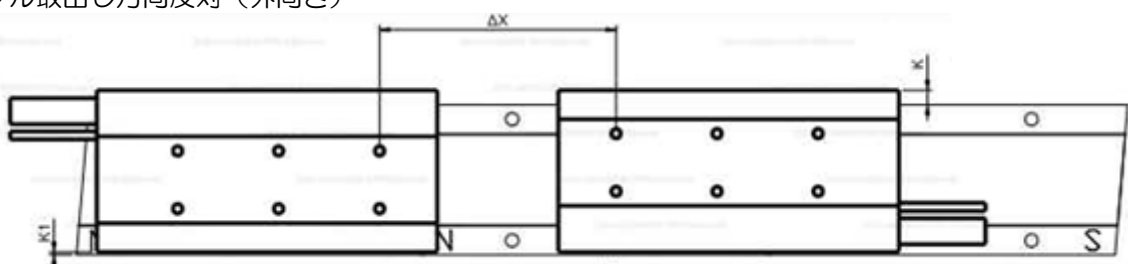
図 3.3.2.1.2 接続図

3.3.2.2 LMSA リニアモーターシリーズ

ケーブル取出し方向同一（同一面）



ケーブル取出し方向反対（外向き）



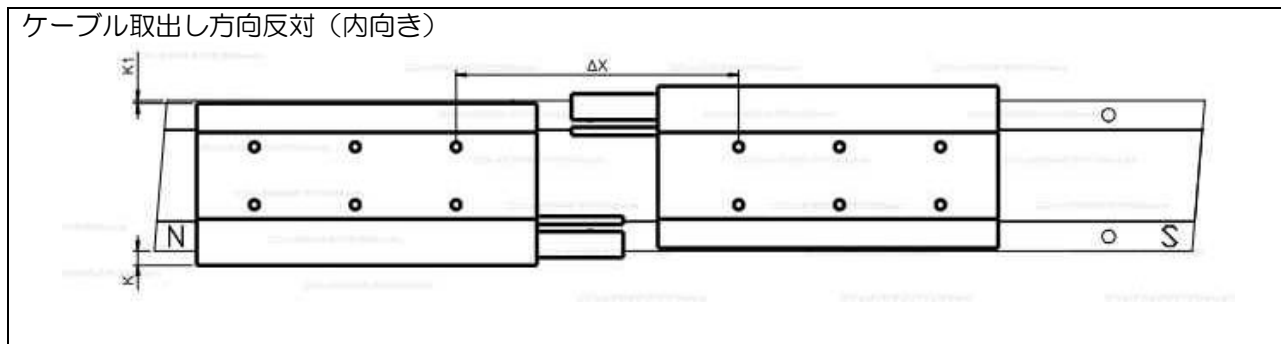


図 3.3.2.2.1 LMSA/LMSA-Z リニアモーター並列接続図

表 3.3.2.2.1 LMSA/LMSA- 並列配線図

LMSA/LMSA-Z	同じ側			外向き			内向き		
モーター 1	U	V	W	U	V	W	U	V	W
モーター 2	U	V	W	W	V	U	W	V	U
ΔX (2P=30mm)	n*2P (n は整数です)			65+n*2P (n=0,1,2...etc)			65+n*2P (n=0,1,2...etc)		

3.3.2.3 LMFA 水冷リニアモーターシリーズ

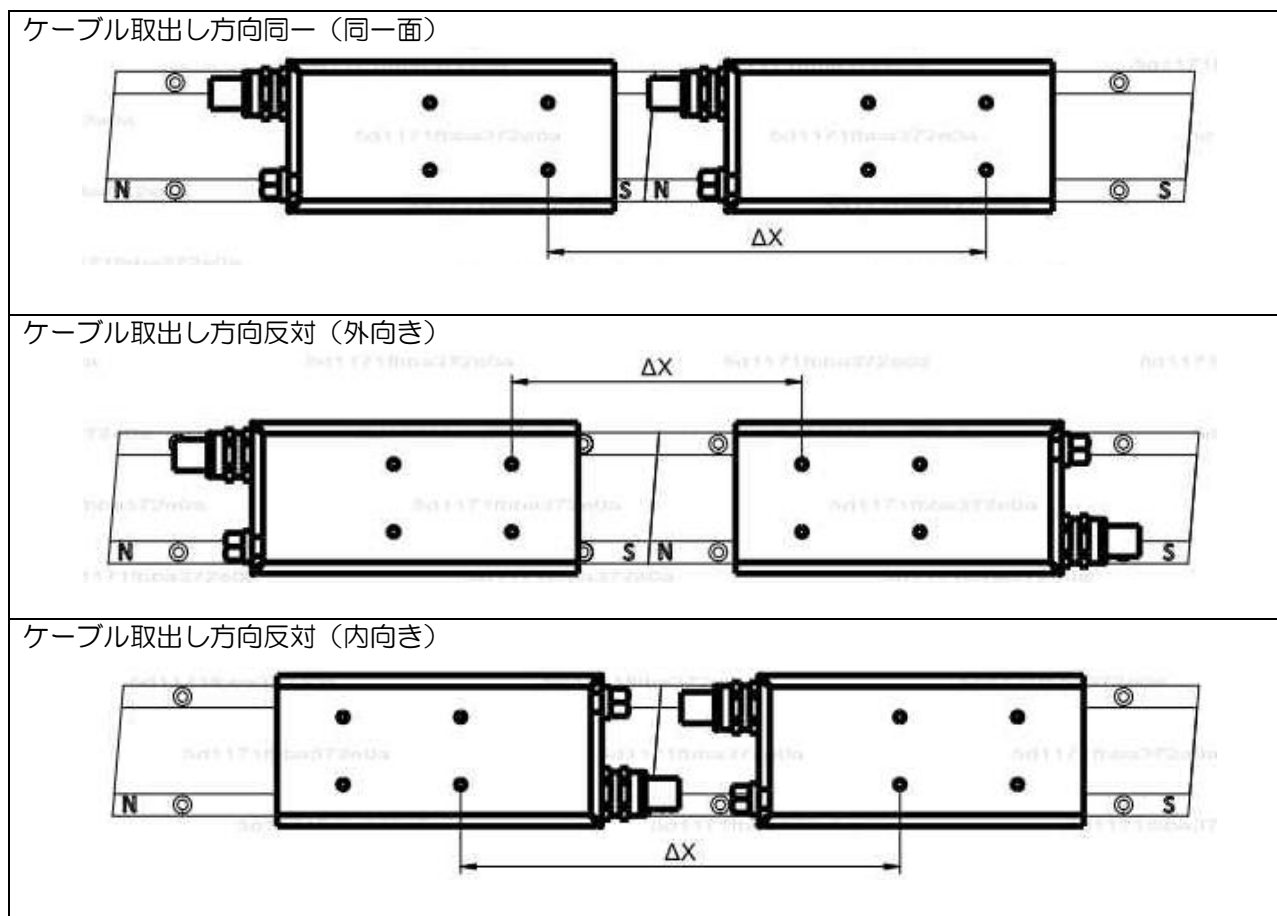


図 3.3.2.3.1 LMFA/LMFP リニアモーター並列接続図

表 3.3.2.3.1 LMFA/LMFP 並列配線図

LMFA/LMFP	同じ側			外向き			内向き			型式
モーター 1	U	V	W	U	V	W	U	V	W	
モーター 2	U	V	W	W	V	U	W	V	U	
ΔX (2P=30mm)	n*2P (n は整数です)			82.5+n*2P (n=0,1,2...etc)			322.5+n*2P (n=0,1,2...etc)			LMFA0～2 シリーズ LMFP24 シリーズ
ΔX (2P=46mm)	n*2P (n は整数です)			127+n*2P (n=0,1,2...etc)			402+n*2P (n=0,1,2...etc)			LMFA3～6 シリーズ LMFP3～6 シリーズ

3.3.2.4 LMSC 磁気ブレーキリニアモーターシリーズ

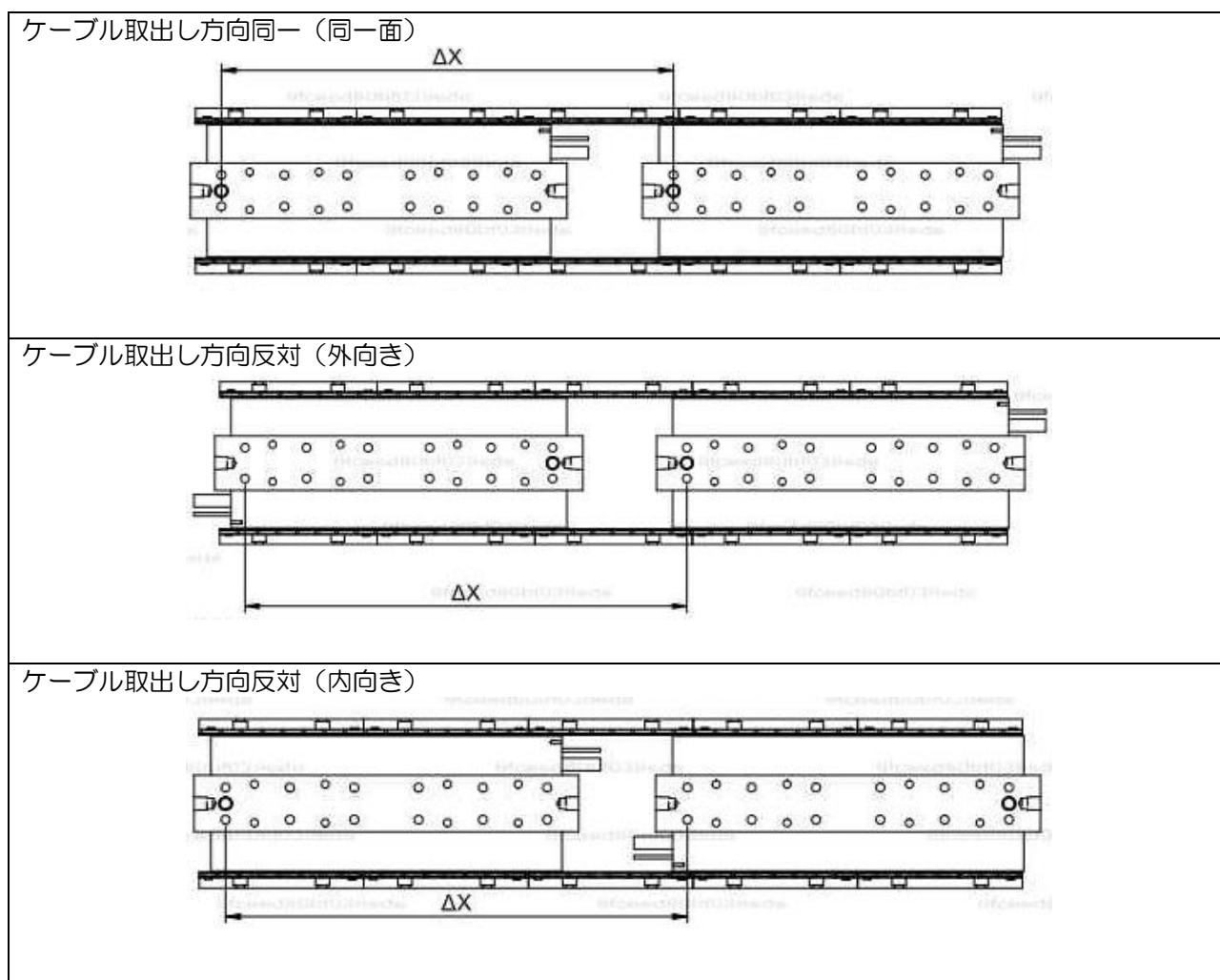


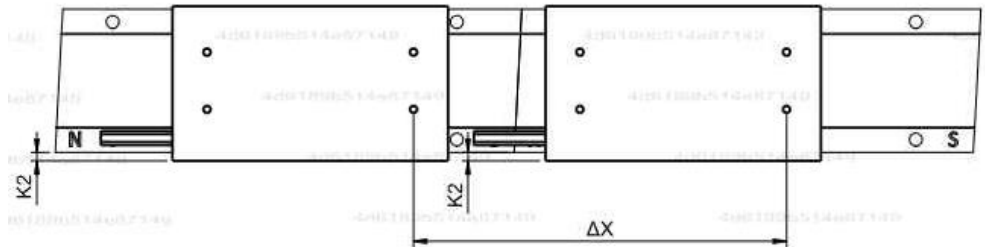
図 3.3.2.4.1 LMSCリニアモーター並列接続図

表 3.3.2.4.1 LMSC 並列配線図

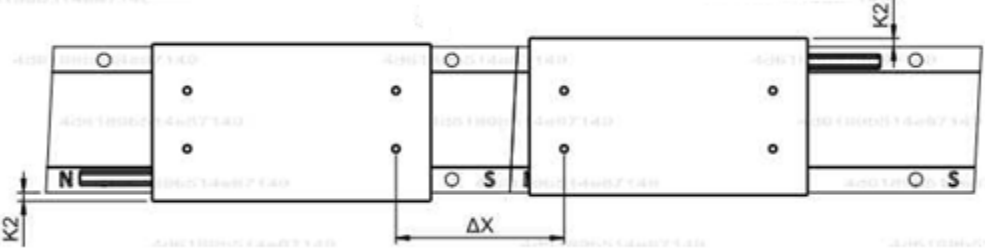
LMSC	同じ側			外向き			内向き		
モーター 1	U	V	W	U	V	W	U	V	W
モーター 2	U	V	W	W	V	U	W	V	U
ΔX (2P=32mm)	320+n*2P (n=1,2,3...etc)								

3.3.2.5 LMSS リニアモーターシリーズ

ケーブル取出し方向同一（同一面）



ケーブル取出し方向反対（外向き）



ケーブル取出し方向反対（内向き）

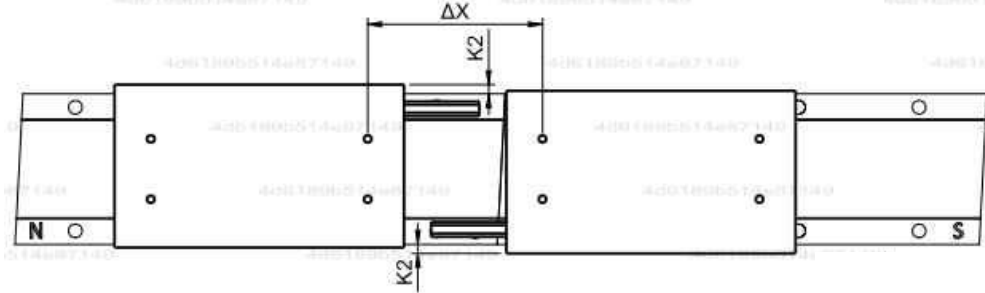


図 3.3.2.5.1 LMSSリニアモーター並列接続図

表 3.3.2.5.1 LMSS並列配線図

LMSS	同じ側			外向き			内向き		
モーター 1	U	V	W	U	V	W	U	V	W
モーター 2	U	V	W	W	V	U	W	V	U
ΔX (2P=20mm)	n*2P (n は整数です)			35+n*2P (n=0,1,2...etc)			81+n*2P (n=0,1,2...etc)		

3.3.2.6 LMC コアレスリニアモーターシリーズ

■ LMC A/B/C/D/E/F シリーズ

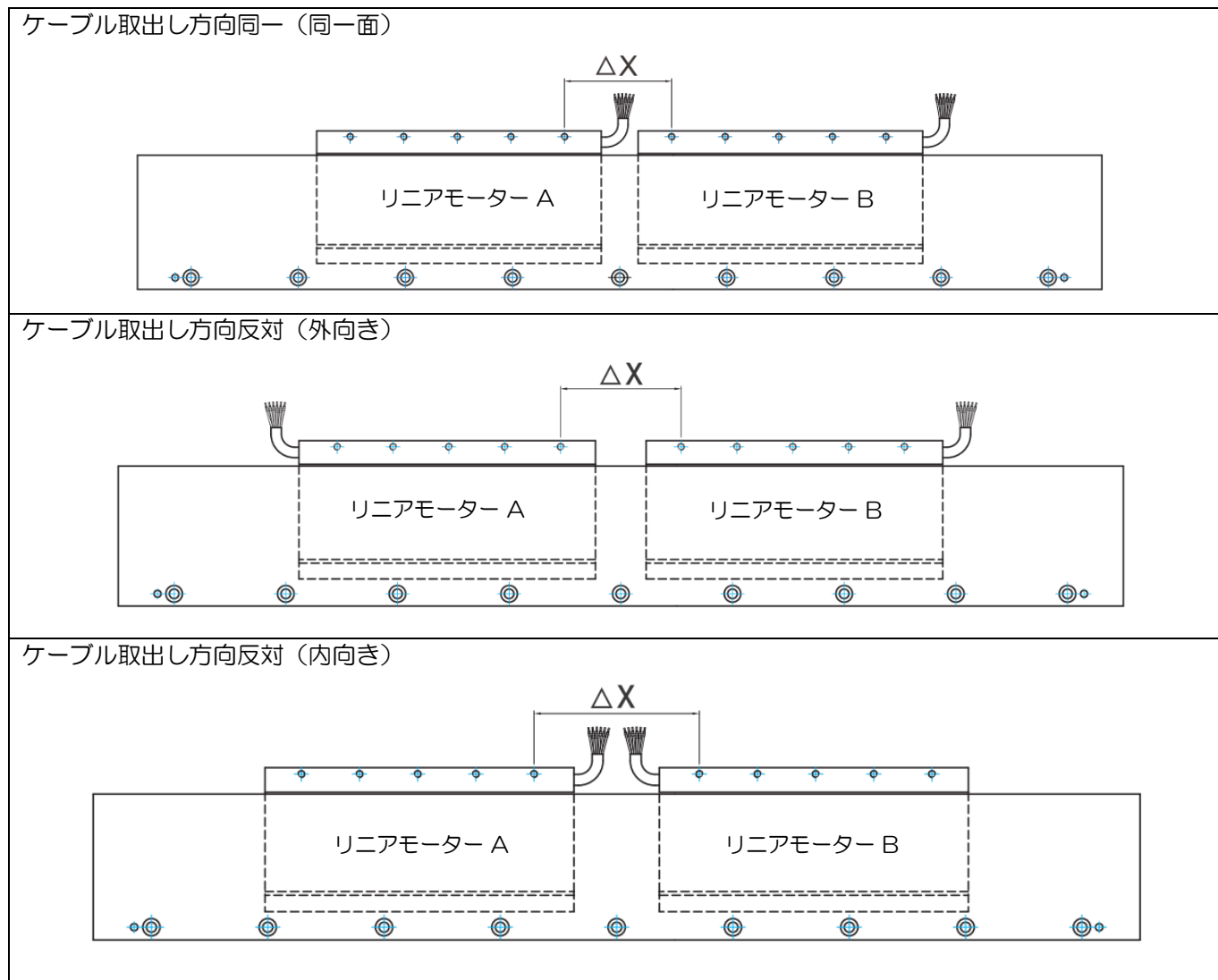


図 3.3.2.6.1 LMC A/B/C/D/E/F リニアモーター並列接続図

表 3.3.2.6.1 LMCA/B/C 並列配線図

LMCA/B/C	同じ側			外向き			内向き		
リニアモーター A	U	V	W	U	V	W	U	V	W
リニアモーター B	U	V	W	W	V	U	W	V	U
ΔX (2P=32mm)	$32+n*2P$ (n=1,2...)			$18+n*2P$ (n=1,2...)			$46+n*2P$ (n=1,2...)		

表 3.3.2.6.2 LMCD/E/F 並列配線図

LMCD/E/F	同じ側			外向き			内向き		
リニアモーター A	U	V	W	U	V	W	U	V	W
リニアモーター B	U	V	W	U	W	V	V	U	W
ΔX (2P=60mm)	$60+n*2P$ (n=1,2...)			$50+n*2P$ (n=0,1,2...)			$50+n*2P$ (n=0,1,2...)		

■ LMC-EF シリーズ

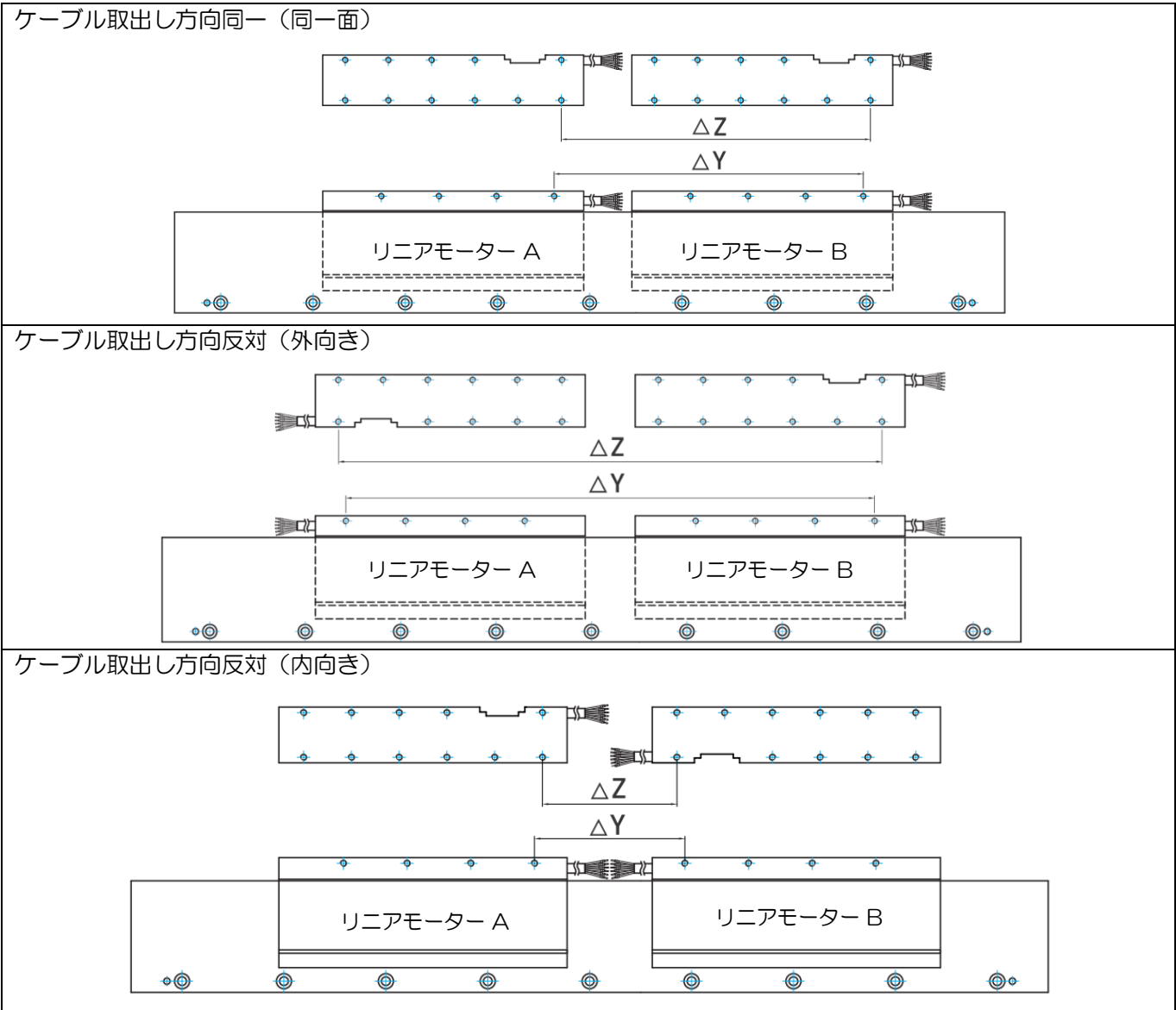


図 3.3.2.6.2 LMC-EF リニアモーター並列接続図

表 3.3.2.6.3 LMC-EF 並列配線図

LMC-EFC	同じ側			外向き			外側へ		
リニアモーター A	U	V	W	U	V	W	U	V	W
リニアモーター B	U	V	W	U	W	V	V	U	W
ΔY (2P=60mm)	$n*2P$			$90+n*2P$			$10+n*2P$		
ΔZ	$n*2P$			$100+n*2P$			$n*2P$		
n	LMC-EFC1 : $n=2,3,4\dots$ LMC-EFC2 : $n=3,4,5\dots$ LMC-EFC3 : $n=4,5,6\dots$ LMC-EFC4 : $n=5,6,7\dots$			LMC-EFC1 : $n=0,1,2\dots$ LMC-EFC2 : $n=2,3,4\dots$ LMC-EFC3 : $n=4,5,6\dots$ LMC-EFC4 : $n=6,7,8\dots$			$n=2,3,4\dots$		
LMC-EFE	同じ側			外向き			外側へ		
リニアモーター A	U	V	W	U	V	W	U	V	W
リニアモーター B	U	V	W	U	W	V	V	U	W
ΔY (2P=60mm)	$n*2P$			$90+n*2P$			$10+n*2P$		
ΔZ	$n*2P$			$99+n*2P$			$1+n*2P$		
n	LMC-EFE1 : $n=2,3,4\dots$ LMC-EFE2 : $n=3,4,5\dots$ LMC-EFE3 : $n=4,5,6\dots$ LMC-EFE4 : $n=5,6,7\dots$ LMC-EFE5 : $n=6,7,8\dots$ LMC-EFE6 : $n=7,8,9\dots$			LMC-EFE1 : $n=0,1,2\dots$ LMC-EFE2 : $n=2,3,4\dots$ LMC-EFE3 : $n=4,5,6\dots$ LMC-EFE4 : $n=6,7,8\dots$ LMC-EFE5 : $n=8,9,10\dots$ LMC-EFE6 : $n=10,11,12\dots$			$n=2,3,4\dots$		

3.3.2.7 LMT 円筒型リニアモーターシリーズ

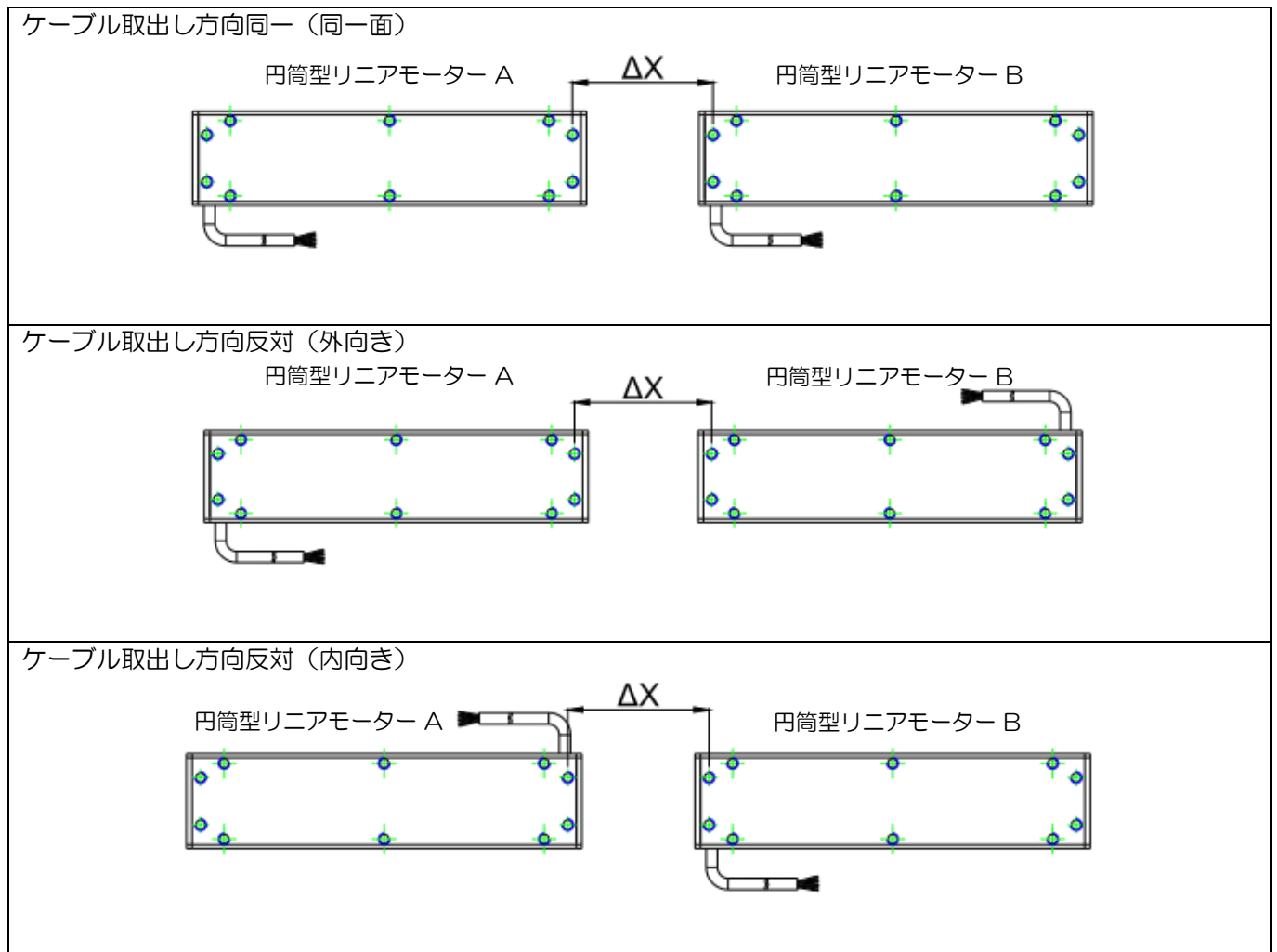


図 3.3.2.7.1 LMT 円筒型リニアモーター並列接続図

表 3.3.2.7.1 LMT同ケーブル取出し方向平行配線図

LMT 2D/2Q	同じ側			LMT 2T	同じ側		
リニアモーター A	U	V	W	リニアモーター A	U	V	W
リニアモーター B	U	V	W	リニアモーター B	U	V	W
ΔX (2P=48mm)	n*2P-8.2 (n=1,2,3...)			ΔX (P=24mm)	(2n-1)*P-8.2 (n=1,2,3...)		
LMT 6D/6Q	同じ側			LMT 6T	同じ側		
リニアモーター A	U	V	W	リニアモーター A	U	V	W
リニアモーター B	U	V	W	リニアモーター B	U	V	W
ΔX (2P=60mm)	n*2P-10.5 (n=1,2,3...)			ΔX (P=30mm)	(2n-1)*P-10.5 (n=1,2,3...)		
LMT A2/A4	同じ側			LMT A3	同じ側		
リニアモーター A	U	V	W	リニアモーター A	U	V	W
リニアモーター B	U	V	W	リニアモーター B	U	V	W
ΔX (2P=72mm)	n*2P-12 (n=1,2,3...)			ΔX (P=36mm)	(2n-1)*P-12 (n=1,2,3...)		
LMT B2/B4	同じ側			LMT B3	同じ側		
リニアモーター A	U	V	W	リニアモーター A	U	V	W
リニアモーター B	U	V	W	リニアモーター B	U	V	W
ΔX (2P=90mm)	n*2P-15 (n=1,2,3...)			ΔX (P=45mm)	(2n-1)*P-15 (n=1,2,3...)		
LMT C2/C4/C6	同じ側			LMT C3/C5	同じ側		
リニアモーター A	U	V	W	リニアモーター A	U	V	W
リニアモーター B	U	V	W	リニアモーター B	U	V	W
ΔX (2P=120mm)	n*2P-20 (n=1,2,3...)			ΔX (P=60mm)	(2n-1)*P-20 (n=1,2,3...)		

表 3.3.2.7.2 LMT 異形ケーブル取出し方向平行配線図

LMT 2 シリーズ	外向き			内向き		
リニアモーター A	U	V	W	V	U	W
リニアモーター B	V	U	W	U	V	W
ΔX (2P=48mm)	n*2P-8.2 (n=1,2,3...)					
LMT 6 シリーズ	外向き			内向き		
リニアモーター A	U	V	W	V	U	W
リニアモーター B	V	U	W	U	V	W
ΔX (2P=60mm)	n*2P-10.5 (n=1,2,3...)					
LMT A シリーズ	外向き			内向き		
リニアモーター A	U	V	W	V	U	W
リニアモーター B	V	U	W	U	V	W
ΔX (2P=72mm)	n*2P-12 (n=1,2,3...)					
LMT B シリーズ	外向き			内向き		
リニアモーター A	U	V	W	V	U	W
リニアモーター B	V	U	W	U	V	W
ΔX (2P=90mm)	n*2P-15 (n=1,2,3...)					
LMT C シリーズ	外向き			内向き		
リニアモーター A	U	V	W	V	U	W
リニアモーター B	V	U	W	U	V	W
ΔX (2P=120mm)	n*2P-20 (n=1,2,3...)					

3.3.3 ホール付属品

3.3.3.1 ホールセンサー

⚠ WARNING

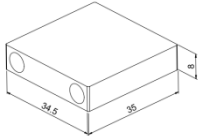
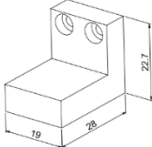
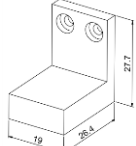
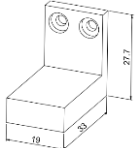
制御されていないモーターの動きによる怪我の危険！



- ◆ ホールセンサーが正しく取り付けられていない、または接続されていると、制御不能なモーターの動きが発生し、怪我や機械の損傷につながる可能性があります。
- ◆ ホールセンサーは、専門の担当者のみが接続できます。

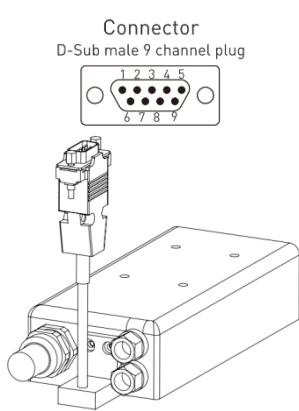
リニアモーターの駆動制御に最適な電気角を求めるホールセンサーを選定・購入することができます。ホールセンサーは、信号の出力方式によってデジタルセンサーとアナログセンサーに分けられます。デジタルホールセンサーは、比較的優れた干渉防止機能を備えています。ただし、最大電気角誤差は 30°です。アナログホールセンサーは、干渉の影響を受けやすい傾向があります。それでも電気角誤差はありません。以下に、それぞれ鉄心および鉄心のないリニアモーター用のホールセンサーについてさらに説明します。

表 3.3.3.1.1 コア付きリニアモーターのデジタル信号によるホールセンサー仕様比較表

ホールセンサー仕様	出力信号	出力モード	ホールセンサー 寸法図	適用リニアモーターシリーズ
LMAHS	デジタル	コネクター		LMS シリーズ
LMAHS-W	デジタル	裸線		
LMAHSA	デジタル	コネクター		LMSA1~C シリーズ LMSA1□-Z~3□-Z シリーズ
LMAHSA-W	デジタル	裸線		
LMAHF1	デジタル	コネクター		LMFA0~2 シリーズ
LMAHF1-W	デジタル	裸線		
LMAHF2	デジタル	コネクター		LMFA3~6 シリーズ
LMAHF2-W	デジタル	裸線		

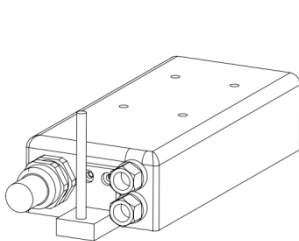
コンセントモードと信号ピンのイラスト

例 1: コネクターアウトレットモードと信号ケーブルのピン図



信号ケーブル	
信号	ピン
Vcc	1
Hall A(out)	2
Hall B(out)	3
Hall C(out)	4
GND	5
	Casing

例 2: ベアケーブルコンセントモードと信号ケーブルピンの図



信号ケーブル	
信号	色
Vcc	茶
Hall A(out)	白
Hall B(out)	灰
Hall C(out)	黄
GND	緑
	シールド線

注：

- (1) 例 2 では、信号ケーブルのシールド線は含まれていません。
- (2) LMAHF2 および LMAHF2-W の信号ケーブルピンは次のとおりです。

信号ケーブル		
信号	色	ピン
Vcc	茶	1
Hall B(out)	白	2
Hall C(out)	灰	3
Hall A(out)	黄	4
GND	緑	5
	シールド	Casing

表 3.3.3.1.2コア付きリニアモーターのアナログ信号によるホールセンサー仕様比較表

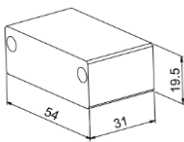
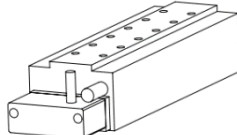
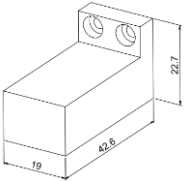
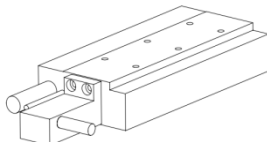
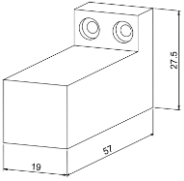
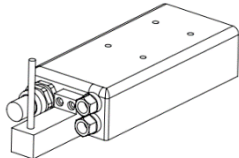
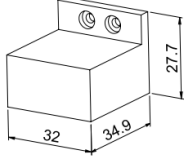
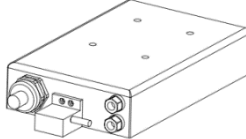
ホールセンサー仕様	出力信号	コンセントモード	ホールセンサー寸法図	適用リニアモーターシリーズ	コンセントモードと信号ピンのイラスト																		
LMAHSA-D	アナログ	裸線		LMSシリーズ	例：アナログ出力信号ベアケーブルモードと信号ケーブルのピン図 																		
LMAHSAA-D	アナログ	裸線		LMSA1~Cシリーズ LMSA1□-Z~3□-Zシリーズ	 <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">信号ケーブル</th></tr><tr><th>信号</th><th>色</th></tr></thead><tbody><tr><td>Vcc</td><td>茶</td></tr><tr><td>A+</td><td>赤</td></tr><tr><td>A-</td><td>青</td></tr><tr><td>B+</td><td>黄</td></tr><tr><td>B-</td><td>緑</td></tr><tr><td>GND</td><td>白</td></tr><tr><td></td><td>シールド線</td></tr></tbody></table>	信号ケーブル		信号	色	Vcc	茶	A+	赤	A-	青	B+	黄	B-	緑	GND	白		シールド線
信号ケーブル																							
信号	色																						
Vcc	茶																						
A+	赤																						
A-	青																						
B+	黄																						
B-	緑																						
GND	白																						
	シールド線																						
LMAHFA1-D	アナログ	裸線		LMFA0~2シリーズ																			
LMAHFA2-D	アナログ	裸線		LMFA3~6シリーズ																			

表 3.3.3.1.3 LMC用デジタル信号によるホールセンサー仕様比較表

ホールセンサー仕様	出力信号	コンセントモード	ホールセンサー寸法図	適用リニアモーターシリーズ	コンセントモードと信号ピンの図																
LMAHC	デジタル	コネクター		LMCA/LMCB/LMCC シリーズ	例 1: コネクターアウトレットモードと信号ケーブルのピン図 Connector D-Sub male 9 channel plug <table border="1"><thead><tr><th></th><th></th></tr></thead><tbody><tr><td>Vcc</td><td>1</td></tr><tr><td>Hall A(out)</td><td>2</td></tr><tr><td>Hall B(out)</td><td>3</td></tr><tr><td>Hall C(out)</td><td>4</td></tr><tr><td>GND</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td></td></tr></tbody></table>			Vcc	1	Hall A(out)	2	Hall B(out)	3	Hall C(out)	4	GND	5				
Vcc	1																				
Hall A(out)	2																				
Hall B(out)	3																				
Hall C(out)	4																				
GND	5																				
LMAHC-W	デジタル	裸線																			
LMAHC2	デジタル	コネクター		LMCD/LMCE シリーズ	例 2: ベアケーブルコンセントモードと信号ケーブルピンの図 <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">信号ケーブル</th></tr><tr><th>信号</th><th>色</th></tr></thead><tbody><tr><td>Vcc</td><td>茶</td></tr><tr><td>Hall A(out)</td><td>白</td></tr><tr><td>Hall B(out)</td><td>灰</td></tr><tr><td>Hall C(out)</td><td>黄</td></tr><tr><td>GND</td><td>緑</td></tr><tr><td></td><td>シールド線</td></tr></tbody></table>	信号ケーブル		信号	色	Vcc	茶	Hall A(out)	白	Hall B(out)	灰	Hall C(out)	黄	GND	緑		シールド線
信号ケーブル																					
信号	色																				
Vcc	茶																				
Hall A(out)	白																				
Hall B(out)	灰																				
Hall C(out)	黄																				
GND	緑																				
	シールド線																				
LMAHC2-W	デジタル	裸線																			
LMAHC3	デジタル	コネクター		LMCF シリーズ	例: ベアケーブルアウトレットモードと信号ケーブルピンイラスト <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">信号ケーブル</th></tr><tr><th>信号</th><th>色</th></tr></thead><tbody><tr><td>Vcc</td><td>茶</td></tr><tr><td>Hall A(out)</td><td>白</td></tr><tr><td>Hall B(out)</td><td>灰</td></tr><tr><td>Hall C(out)</td><td>黄</td></tr><tr><td>GND</td><td>緑</td></tr><tr><td></td><td>シールド線</td></tr></tbody></table>	信号ケーブル		信号	色	Vcc	茶	Hall A(out)	白	Hall B(out)	灰	Hall C(out)	黄	GND	緑		シールド線
信号ケーブル																					
信号	色																				
Vcc	茶																				
Hall A(out)	白																				
Hall B(out)	灰																				
Hall C(out)	黄																				
GND	緑																				
	シールド線																				
LMAHC3-W	デジタル	裸線																			
LMAHEF3-W	デジタル	裸線		LMC-EFC/ LMC-EFE/ LMC-EFF シリーズ	例: ベアケーブルアウトレットモードと信号ケーブルピンイラスト <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">信号ケーブル</th></tr><tr><th>信号</th><th>色</th></tr></thead><tbody><tr><td>Vcc</td><td>茶</td></tr><tr><td>Hall A(out)</td><td>白</td></tr><tr><td>Hall B(out)</td><td>灰</td></tr><tr><td>Hall C(out)</td><td>黄</td></tr><tr><td>GND</td><td>緑</td></tr><tr><td></td><td>シールド線</td></tr></tbody></table>	信号ケーブル		信号	色	Vcc	茶	Hall A(out)	白	Hall B(out)	灰	Hall C(out)	黄	GND	緑		シールド線
信号ケーブル																					
信号	色																				
Vcc	茶																				
Hall A(out)	白																				
Hall B(out)	灰																				
Hall C(out)	黄																				
GND	緑																				
	シールド線																				

注：LMAHEF3-Wは単品販売はしておりませんので、対応するフォーサーシリーズと合わせてご注文いただく必要があります。このホールセンサーは、フォーサーに固定された状態で出荷されます。

表 3.3.3.1.4 LMC用アナログ信号によるホールセンサー仕様比較表

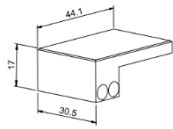
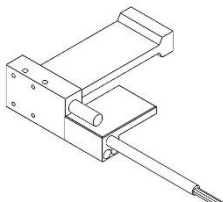
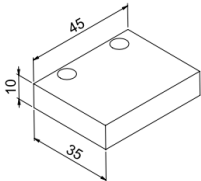
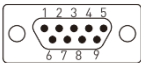
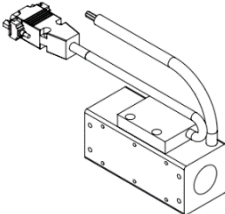
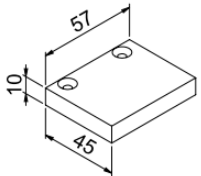
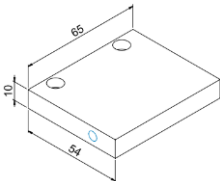
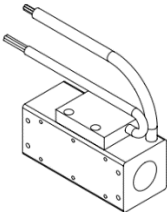
ホールセンサー仕様	出力信号	コンセントモード	ホールセンサー寸法図	適用リニアモーターシリーズ	コンセントモードと信号ピンのイラスト																		
LMAHCA-D	アナログ	裸線		LMCA/ LMCB/ LMCC シリーズ	例：ヘアケーブルアウトレットモードと信号ケーブルピンイラスト  <table><tr><th colspan="2">信号ケーブル</th></tr><tr><th>信号</th><th>色</th></tr><tr><td>Vcc</td><td>茶</td></tr><tr><td>A+</td><td>赤</td></tr><tr><td>A-</td><td>青</td></tr><tr><td>B+</td><td>黄</td></tr><tr><td>B-</td><td>緑</td></tr><tr><td>GND</td><td>白</td></tr><tr><td></td><td>シールド線</td></tr></table>	信号ケーブル		信号	色	Vcc	茶	A+	赤	A-	青	B+	黄	B-	緑	GND	白		シールド線
信号ケーブル																							
信号	色																						
Vcc	茶																						
A+	赤																						
A-	青																						
B+	黄																						
B-	緑																						
GND	白																						
	シールド線																						

表 3.3.3.1.5 LMT用デジタル信号によるホールセンサー仕様比較表

ホールセンサー仕様	出力信号	コンセントモード	ホールセンサー寸法図	適用リニアモーターシリーズ	コンセントモードと信号ピンのイラスト																
LMDHTA	デジタル	コネクタ		LMTA シリーズ	例 1：コネクタアウトレットモードと信号ケーブルのピン図 Connector D-Sub male 9 channel plug   <table><tr><th colspan="2">信号ケーブル</th></tr><tr><th>信号</th><th>ピン</th></tr><tr><td>Vcc</td><td>1</td></tr><tr><td>Hall A(out)</td><td>2</td></tr><tr><td>Hall B(out)</td><td>3</td></tr><tr><td>Hall C(out)</td><td>4</td></tr><tr><td>GND</td><td>5</td></tr><tr><td>⏏</td><td>Casing</td></tr></table>	信号ケーブル		信号	ピン	Vcc	1	Hall A(out)	2	Hall B(out)	3	Hall C(out)	4	GND	5	⏏	Casing
信号ケーブル																					
信号	ピン																				
Vcc	1																				
Hall A(out)	2																				
Hall B(out)	3																				
Hall C(out)	4																				
GND	5																				
⏏	Casing																				
LMDHTA-W	デジタル	裸線																			
LMDHTB	デジタル	コネクタ		LMTB シリーズ																	
LMDHTB-W	デジタル	裸線																			
LMDHTC	デジタル	コネクタ		LMTC シリーズ	例 2：ペアケーブルコンセントモードと信号ケーブルピンの図  <table><tr><th colspan="2">信号ケーブル</th></tr><tr><th>信号</th><th>色</th></tr><tr><td>Vcc</td><td>茶</td></tr><tr><td>Hall A(out)</td><td>白</td></tr><tr><td>Hall B(out)</td><td>灰</td></tr><tr><td>Hall C(out)</td><td>黄</td></tr><tr><td>GND</td><td>緑</td></tr><tr><td>⏏</td><td>シールド線</td></tr></table>	信号ケーブル		信号	色	Vcc	茶	Hall A(out)	白	Hall B(out)	灰	Hall C(out)	黄	GND	緑	⏏	シールド線
信号ケーブル																					
信号	色																				
Vcc	茶																				
Hall A(out)	白																				
Hall B(out)	灰																				
Hall C(out)	黄																				
GND	緑																				
⏏	シールド線																				
LMDHTC-W	デジタル	裸線																			

3.3.3.2 ホールセンサーの取り付け手順

 DANGER

ホールセンサーのストロークに注意！



- ◆ ホールセンサーの取り付けを評価するには、ステーターのフルストロークを超えないことを確認する必要があります。ステーターを超えると、ドライバー制御でエラーアラームが発生する場合があります。

ホールセンサーをフォーサーに固定する場合、ホールセンサーの底面は基準面Aと同一平面上にある必要があるか、基準面Aを超えてはなりません。

LMSA/LMSA-Zシリーズの取付ギャップは、3.1.2.1項のS1を参照してください。

LMFA/LMFPシリーズの取付ギャップは、3.1.2.2項のS2を参照してください。

LMFA/LMFP 精密水冷シリーズの取付ギャップは、3.1.2.2項のS3を参照してください。

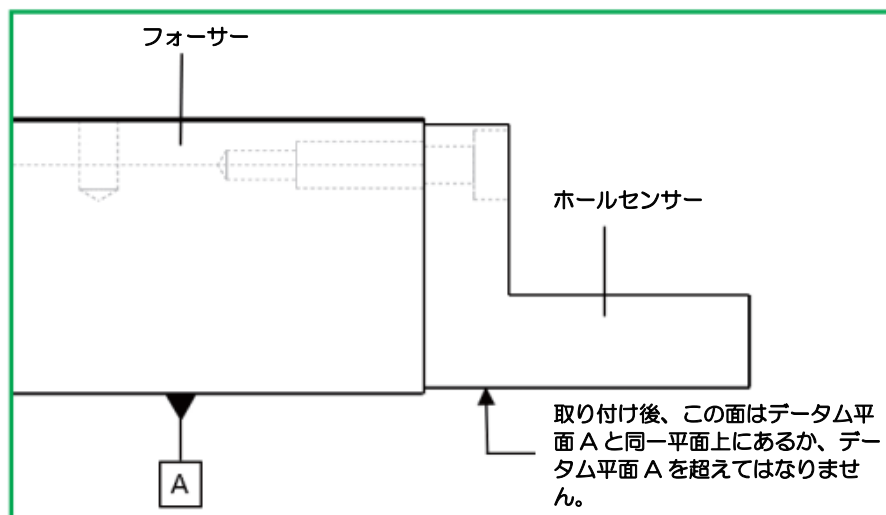


図 3.3.3.2.1 ホールセンサーの取り付け図

3.3.3.3 ホールセンサーネジの選択

コア付きリニアモーターのホールセンサーはM3ネジを使用します。コアレスリニアモーターのホールセンサーは型番によりバリエーションがあります。

表 3.3.3.3.1 ホールセンサーネジ選定表

ネジ仕様	適用ホールセンサーシリーズ
M2	LMAHEF3, LMAHEF3-W
M3	LMAHS, LMAHS-W, LMAHSA, LMAHSA-W LMAHF1, LMAHF1-W, LMAHF2, LMAHF2-W LMAHSA-D, LMAHSAA-D, LMAHFA1-D, LMAHFA2-D LMAHC, LMAHC-W, LMAHC2, LMAHC2-W LMAHC3, LMAHC3-W, LMAHCA-D, LMDHTA, LMDHTA-W
M4	LMDHTB, LMDHTB-W, LMDHTC, LMDHTC-W

3.3.3.4 ホールエンコーダー

アナログホールエンコーダーは、リニアモーターの位置決めプラットフォームで使用されます。市場で入手可能なインクリメンタルリニアスケールと磁気スケールとは別に、選択のためのエンコーダーの追加オプションを顧客に提供します。ホールセンサー読み取りヘッドを取り付けるだけで、エンコーダー位置スケールを省略でき、リニアモーターの既存のステーター部品で動作する場合に優れた位置決め能力を実現できます。

■ 特長

- (1) コア付きリニアモーターと組み合わせてご使用ください。
- (2) リニアスケール、磁気スケールエンコーダーから置き換えできます。
- (3) 取付けが簡単です。
- (4) 2点間ロングストロークの一般的な精度が要求される用途に適しています。
- (5) 防塵、耐油、耐水に優れています。

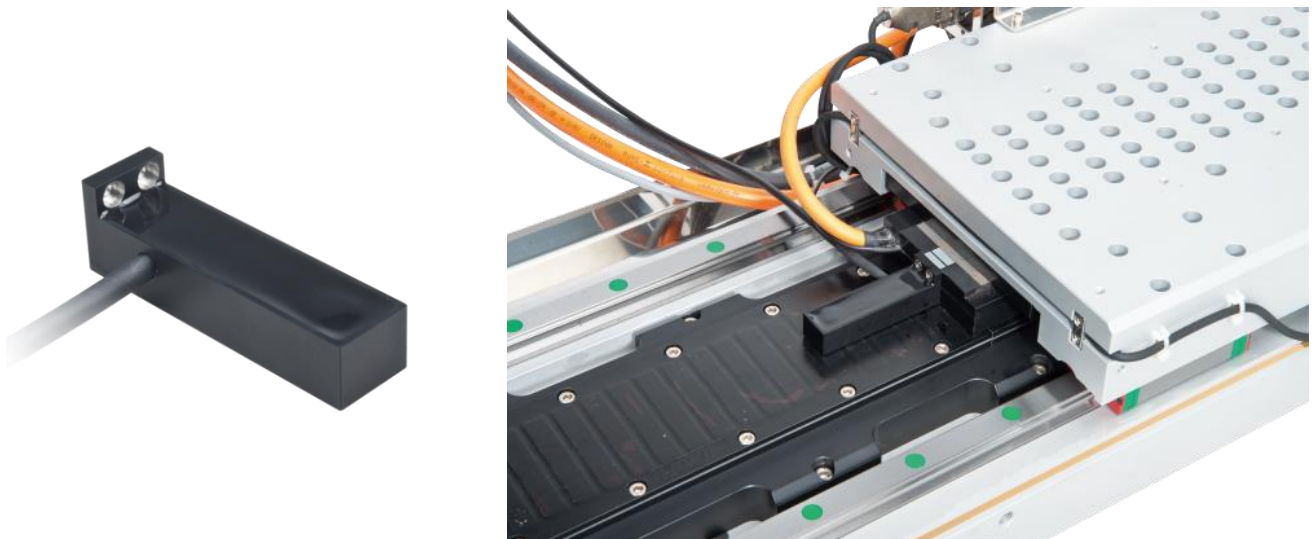
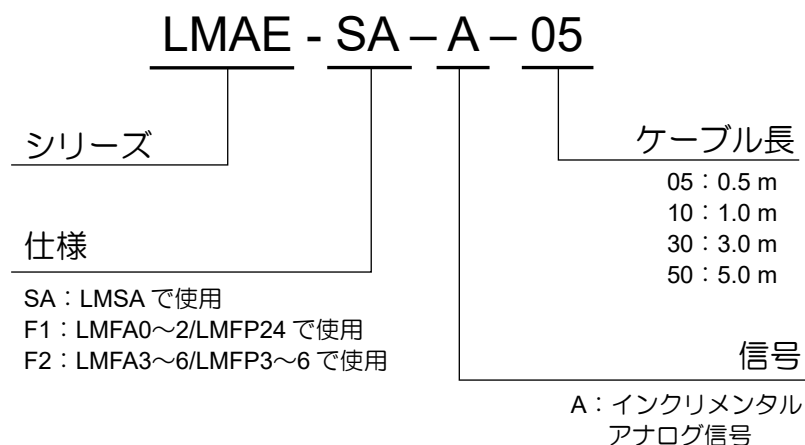


図 3.3.3.4.1 ホールエンコーダーの実際の画像

3.3.3.5 ホールエンコーダーのコーディング手順

■ 製品型番のコード体系



■ 信号ピン配列

表 3.3.3.5.1 ホールエンコーダー信号ピン配列

機能	信号	色
電源	+5V	茶
	GND	白
出力信号	SIN+	緑
	SIN-	黄
	COS+	青
	COS-	赤

3.3.3.6 ホールエンコーダー特性仕様

表 3.3.3.6.1ホールエンコーダー特性図

	LMAESA	LMAEF1	LMAEF2
電源	5V±5%	5V±5%	5V±5%
極対ピッチ	30mm	30mm	46mm
分解能 ⁽¹⁾	7.5μm	7.5μm	11.5μm
繰返し精度 ⁽¹⁾	±15μm	±15μm	±23μm
位置決め精度 ⁽¹⁾⁽²⁾	±45μm	±45μm	±69μm
出力信号	SIN/COS 1Vp-p	SIN/COS 1Vp-p	SIN/COS 1Vp-p
動作温度（結露不可）	0～50℃	0～50℃	0～50℃
保存温度（結露不可）	-5～60℃	-5～60℃	-5～60℃

注：

- （1） HIWINドライバー、細分数4000で動作。
- （2） 精度は補正後の誤差です（HIWINドライバーで動作）
- （3） LMAESAはSSA単軸位置決めプラットフォームと一緒に出荷でき、再現性は ±5μmになります。

3.3.3.7 ホールエンコーダー寸法

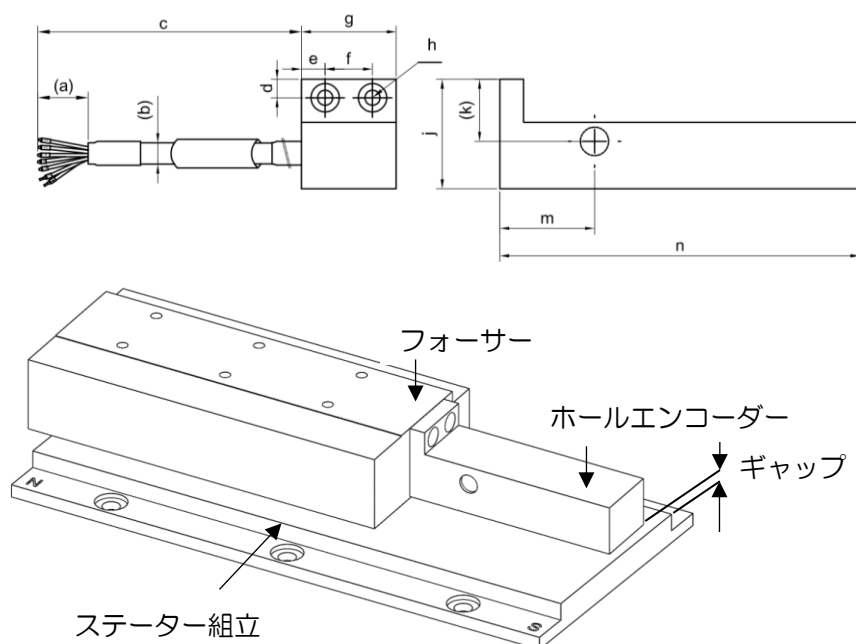


図 3.3.3.7.1 ホールエンコーダーの寸法図

表 3.3.3.7.1 ホールエンコーダー仕様寸法表

寸法	LMAESA-A	LMAEF1-A	LMAEF2-A
a(mm)	50	50	50
b(mm)	5 曲げ半径 R=25	5 曲げ半径 R=25	5 曲げ半径 R=25
c(mm)	500~5000	500~5000	500~5000
d(mm)	3.9	4.4	4.4
e(mm)	5	5	5
f(mm)	10	10	10
g(mm)	20	20	20
h(mm)	2- $\varnothing$ 3.5 通シ, $\varnothing$ 6x 深 3	2- $\varnothing$ 3.5 通シ, $\varnothing$ 6x 深 3	2- $\varnothing$ 3.5 通シ, $\varnothing$ 6x 深 3
j(mm)	23.1	26.6	26.6
k(mm)	13.1	16.6	15.6
m(mm)	24.3	24.3	24.3
n(mm)	72.3	72.3	98.5
ギャップ(mm)	1.1	1.4(カバータイプ)/ 1.9(エポキシタイプ)	1.4(カバータイプ)/ 1.9(エポキシタイプ)

4. 設置

4.1	機械的設置.....	4-2
4.1.1	コア付きリニアモーターの取り付け	4-2
4.1.1.1	ステーターの取り扱い上の注意	4-2
4.1.1.2	フォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項	4-8
4.1.1.3	LMSC フォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項.....	4-14
4.1.2	コアレスリニアモーターの取り付け	4-20
4.1.2.1	LMC フォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項	4-20
4.1.2.2	LMT フォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項	4-25
4.1.3	水冷式リニアモーター冷却システムの設置	4-30
4.1.3.1	フォーサーとステーターの精密水冷の設置	4-30
4.1.3.2	水冷モータークイックコネクターの取り付け.....	4-32
4.1.3.3	精密水冷モーターのクイックコネクターの取り付け	4-33

4.1 機械的设置

4.1.1 コア付きリニアモーターの取り付け

ステーターユニット警告ラベル



注意！強力磁場！

心臓ペースメーカーや金属製のインプラントを使用している人に近づけないでください！

取り扱いの際は、手を怪我する恐れがありますので十分ご注意ください。

鉄製の工具で取り扱わないでください。

クレジットカード、ATM カード、磁気データ キャリア、

腕時計などを近づけすぎると破損する恐れがあります。

4.1.1.1 ステーターの取り扱い上の注意

⚠ WARNING

ステータークセスのリスク。

製品の損傷や労働者への危害を避けるために、ステーターを正しい方法で持ってください。

- ◆ 人身事故を防止するため、磁石警告ラベルを目に見える場所に貼付する必要があります。
- ◆ 人身事故やステーターの損傷を防ぐため、ステーターの取扱いは適切な方法で行ってください。
- ◆ 人員の怪我やステーターの損傷を防ぐために、ステーターを正しく持ってください。(図 4.1.1.1.3 を参照)。
- ◆ どのような方法を使用しても、カバーの端を持ってステーターを直接取り出さないでください(図 4.1.1.1.4 を参照)。



⚠ WARNING

強力な吸引力により押しつぶされる危険があります。

ステーターセグメントが直列に接続されている場合、ステーターの永久磁石は強い引力と反発力を引き起こします。

- ◆ ステーターは、取り付ける直前までパッケージから取り出さないでください。
- ◆ 複数のステーターを同時に開梱しないでください。
- ◆ 固定されていないステーターを隣り合わせに配置しないでください。
- ◆ 開梱したステーターをすぐに取り付けます。
- ◆ ケーブル付きのコンポーネントを取り付ける場合は、挟み込みの危険性にも注意する必要があります。



 WARNING

怪我や物的損害の危険。



- ◆ ステーターセグメントの位置合わせが正しくないと、モーターの誤動作や制御不能な動きにつながる可能性があります。
- ◆ ステーターセグメントを正しい順序で並べます。(図 4.1.1.1.5 参照)

 WARNING

永久磁石による死亡の危険性。

モーターがオフになっている場合でも、永久磁石は、モーターに近づくアクティブな医療用インプラントを持つ人々を危険にさらす可能性があります。



- ◆ 永久磁石から 50mm 以上離してください。
- ◆ 心臓調律装置または金属インプラントを使用している人は、永久磁石から 500mm 以上の距離を維持してください(指令 2013/35/EU によると、0.5 mT の静磁場のトリガーしきい値)。

 WARNING

永久磁石による損傷の危険。

永久磁石を備えたコンポーネントの 100mm の距離内で作業する場合、磁場は磁化可能な材料に強い磁気吸引力を生成します。



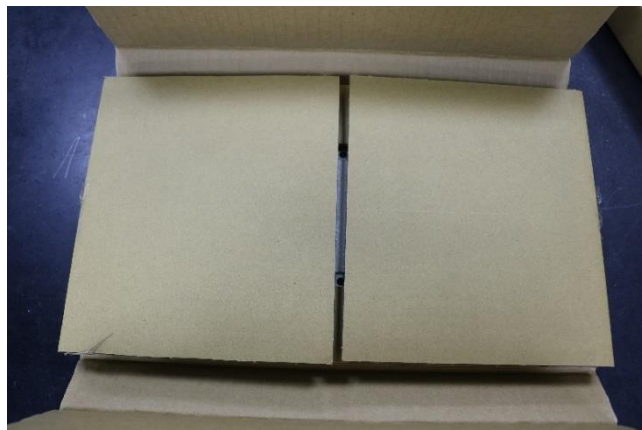
- ◆ 磁力の強さを過小評価しないでください。
- ◆ 誘導ゾーンでは、磁性体を運ばないでください。
- ◆ 非磁性材料のツールを使用してください。
- ◆ 導電性材料に対する永久磁石アセンブリの移動、および永久磁石アセンブリに対する導電性材料の移動は避けてください。
- ◆ モーターアセンブリのパッケージは、取り付ける必要がある場合にのみ開封してください。
- ◆ パッケージを開けたら、すぐに永久磁石を含む部品を取り付けてください。
- ◆ 誤操作を防止する必要があるリニアモーターの取り扱いには注意してください。

■ 梱包材の説明(ステーター)

(1) 外箱



(2) 外箱を開ける



(3) 外箱の二層目を開けます

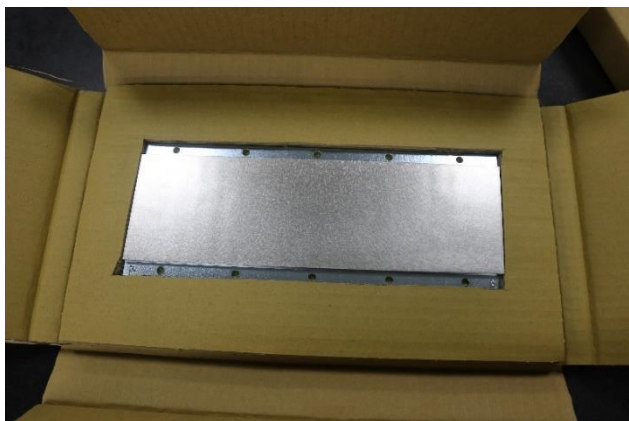
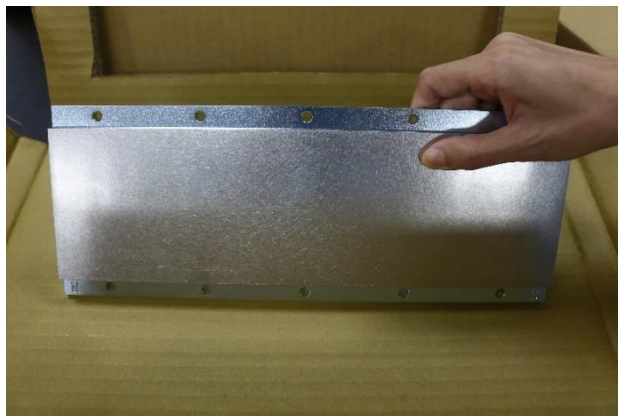
(4) 内箱を取り出し、ステーターを取り出します。
(同時に複数のステーターを開梱しないでください。)

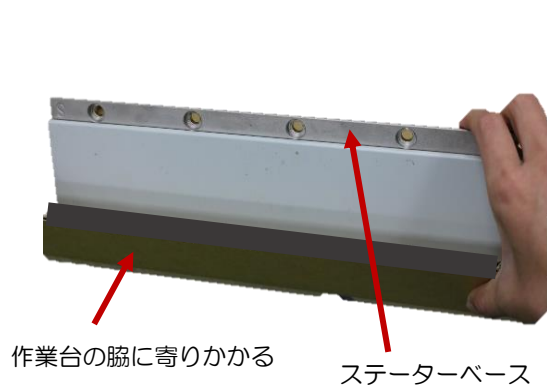
図4.1.1.1.1 鉄心ステーターの梱包材

■ 梱包材の説明（フォーサー）

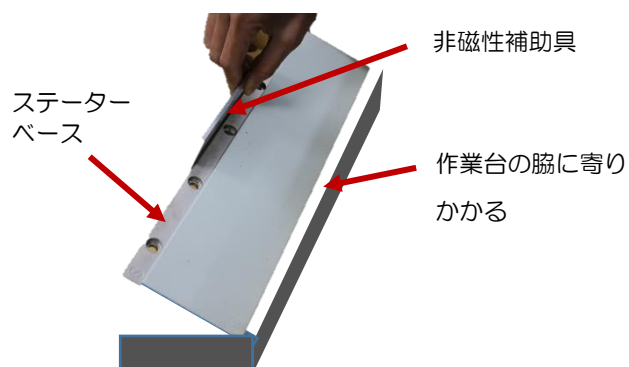


図 4.1.1.1.2 コア付きフォーサー包装材

■ 正しい



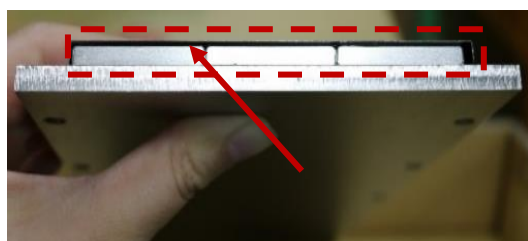
固定子作業台の片側に傾けます。
ステーターのベースを持って固定します。



非磁性体で片側に固定子を傾けます
補助ツール。ステーターのベースを持って固定します。

図 4.1.1.1.3 ステーターの正しい取り扱い方法

■ 正しくない



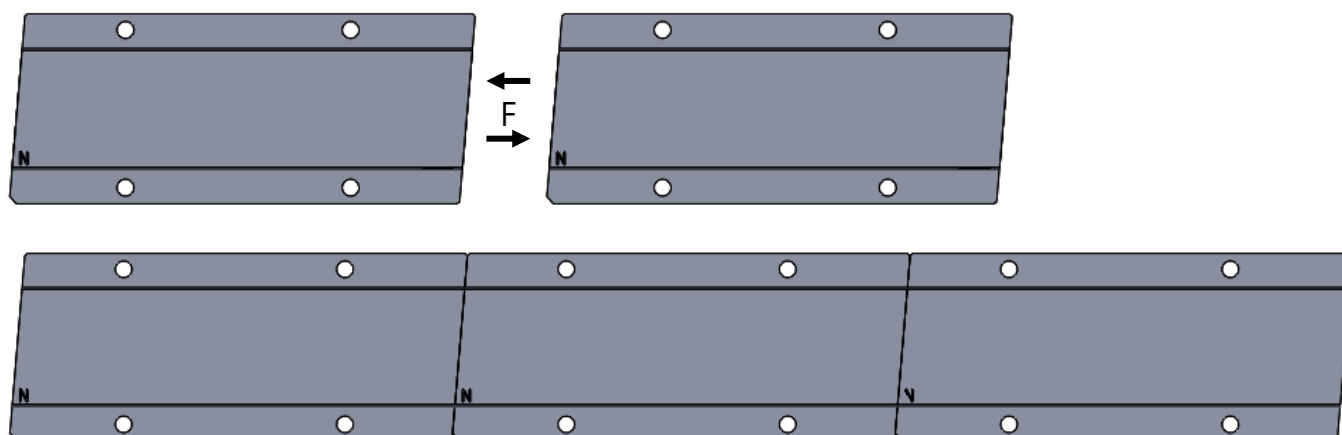
カバーの端を持ってステーターを持たないでください。



人を守るため、ステーターの破損を防ぐため、カバーの端の部分を持ってステーターを扱うことはしないでください。

図 4.1.1.1.4 ステーターの不適切な取り扱い方法

■ ステーターの正しい組み立て



■ ステーターの不適切な組み立て

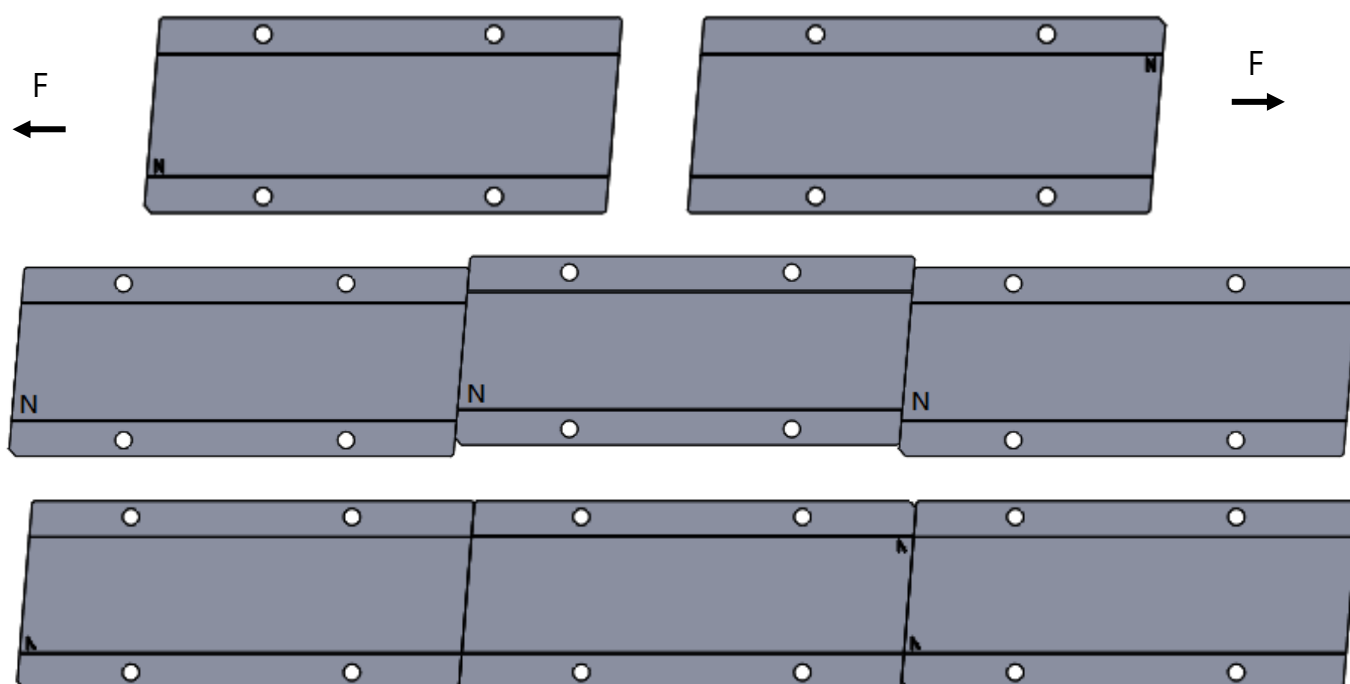


図 4.1.1.1.5 ステーターの正しい組み立てと間違った組み立て

4.1.1.2 フォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項

DANGER

強力な磁石による危険！



- ◆ フォーサーとステーターの間に強い磁気吸引力があります。作業への危害を避けるために、規則に従ってください。
- ◆ LMSA/LMFA のフォーサーとステーターの間には強力な吸引力（数百 kg）があります。取り付け担当者は、フォーサーとステーターによる吸着による事故・損傷を防ぐために、マニュアルに従って取り付けを行う必要があります。

WARNING

リニアモーターの組み立ての危険。

作業への危害を避けるため、規定に従ってフォーサーとステーターを取り付けてください。



- ◆ フォーサーを複数台並列に設置する場合、実効推力を確保するため、スパン仕様とモーター位相にご注意ください。
- ◆ フォーサーの取り付け中は、フォーサーとステーターの間の空隙に注意してください。正しく取り付けられていないと、コギング力が増大したり、モーター推力が低下する場合があります。
- ◆ 図 4.1.1.2.4 に示すように、フォーサーをプラットフォームに配置すると、フォーサーを取り付ける前に隙間が存在するのが正常です。フォーサーアセンブリの取り付けは、図 4.1.1.2.5 のように、中央部から左右両端に向かって順番にネジを締めていきます。締結が完了すると、図 4.1.1.2.6 に示すように、フォーサーとフォーサーベースの間に空隙がなくなります。
- ◆ 2つのステーター間の強い磁気吸引力に注意してください。人身事故を防止するために、2つのステーターの間に手を入れることは禁止されています (図 4.1.1.2.9 を参照) (磁性体や時計なども近づけないでください)。
- ◆ ステーターを複数セット取り付ける場合、ステーターの長さに公差が累積し、穴の位置にずれが生じる場合があります。このような発生は正常です。したがって、取り付けの際、2つのステーターの間に 0.1~0.2mm のスペーサーを配置して、ネジの位置を調整しやすくすることができます (図 4.1.1.2.10 を参照)。位置合わせが完了したら、固定を行います。締結完了後、スペーサーを取り外します。
- ◆ 図 4.1.1.2.11 に示すように、ステーターを一方向的にロックしないでください。変形する危険があります。
- ◆ ステーターの穴をロックするには、図 4.1.1.2.12 に示すように、変形の危険を避けるため、マークされた順序に従ってください。

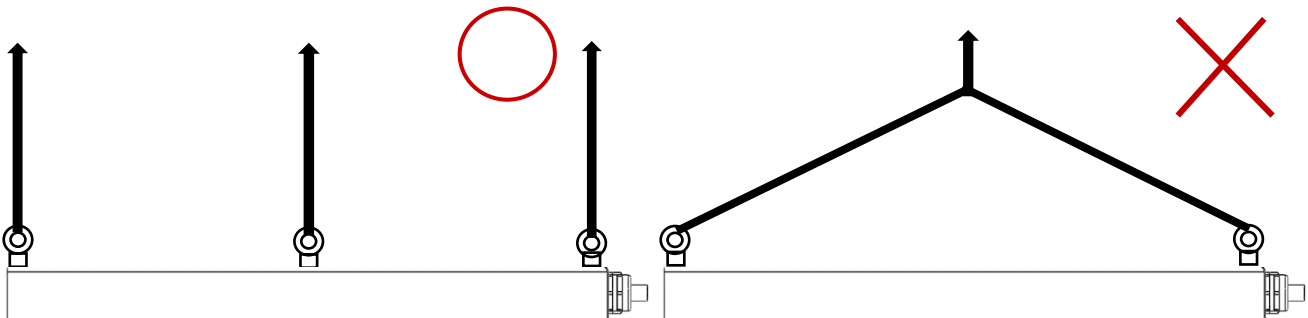
⚠ CAUTION

リニアモーターの危険性。



- ◆ フォーサーとステーターアセンブリを固定するためのネジのトルク強度については、セクション 3.2.2.2 を参照してください。
- ◆ ステーター用に選択されたネジの最大締め付け深さは、ユーザーのプラットフォームのネジ穴によって異なります。最小締め付け深さについては、セクション 3.2.2.2 を参照してください。
- ◆ フォーサーに選択されたネジの最大締め付け深さと最小締め付け深さについては、セクション 3.2.2.2 を参照してください。

大型のフォーサー（LMFA/LMFPなど）を運搬する場合は、吊り具を使用して両端を完全に対向させて運搬する必要があります。フォーサーの重量が20kgを超える場合は、危険を防ぐため、吊り上げ用に3本以上のロープを使用してください。



組み立て手順：

■ 最初のステーターの取り付け

まず、ステーターを1セット取り付けます。取り付けの際は、スライディングトラックとステーターの平行度に注意してください。その後、ネジを使用して①②ステーターをプラットフォーム③に取り付けます。(図4.1.1.2.1参照)

■ フォーサーベースとフォーサーの取り付け

ネジ④を使用して、⑤フォーサーベースをスライドブロック⑥に取り付けます。(図4.1.1.2.2参照)

⑧フォーサー⑦をフォーサーベースにネジで取り付けます。取り付け方法は、中央部から左右両端に向かって順にネジを締めていきます。(図4.1.1.2.3参照)

■ ステーターの取り付け

他のステーターの取り付けを容易にするために、プラットフォームの上にフォーサーベース⑨を移動します。(図4.1.1.2.7参照)

⑪ステーター⑩を架台にネジ止めし、フォーサーベースをスライドさせて干渉しないようにします。(図4.1.1.2.8参照)

組み立てるときは、ステータベースプレートを同じ直線に合わせてください。(図 4.1.1.1.5 を参照 - 正解)

ステータの組み立て中に位置ずれを避けてください。(図 4.1.1.1.5 を参照 - 不正解)

ステータ固定ボルトを固定する際は、1 本のボルトを直接固定することによるステータの歪みを避けるため、すべてのボルトを仮締めで仮締めし、必要な固定トルクで本締めしてください。(図4.1.1.2.11および図4.1.1.2.12を参照)

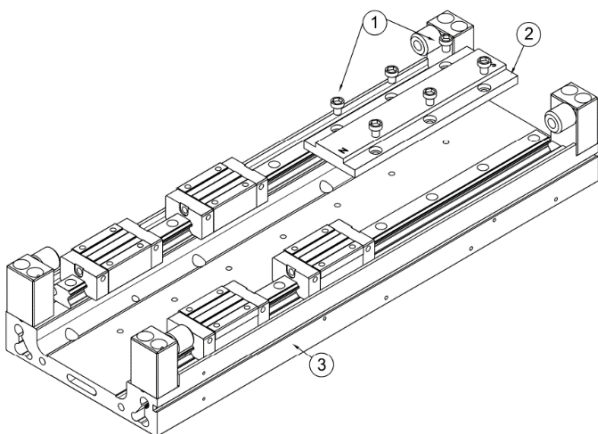


図 4.1.1.2.1 最初のステーターの取り付け

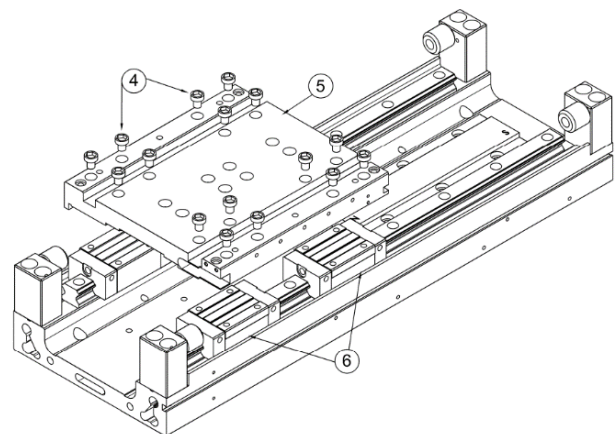


図 4.1.1.2.2 フォーサーベースの取り付け

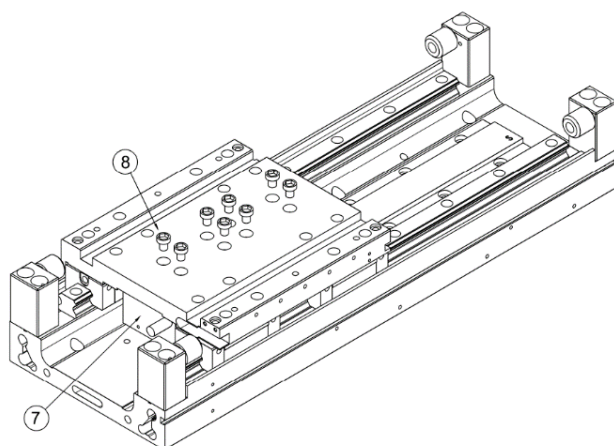


図 4.1.1.2.3 フォーサーの取り付け

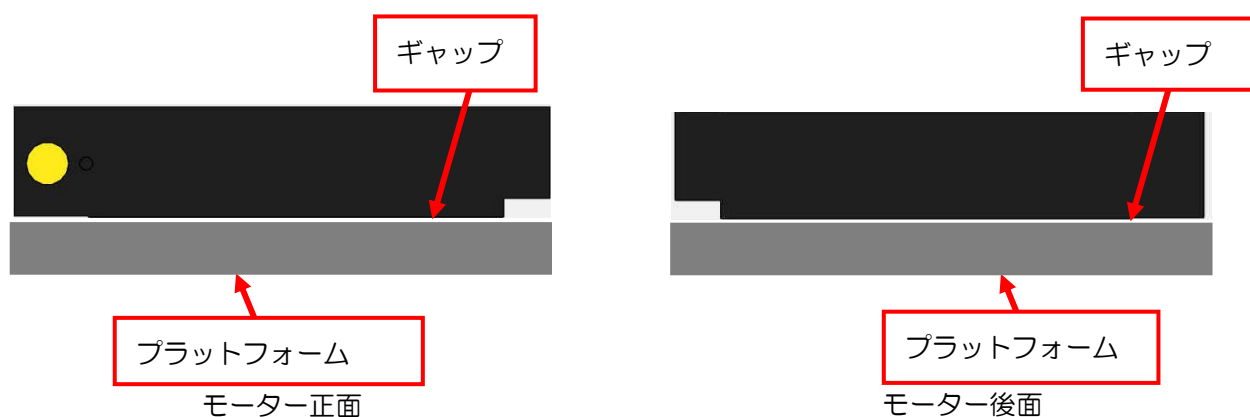


図 4.1.1.2.4 取付ズレ確認

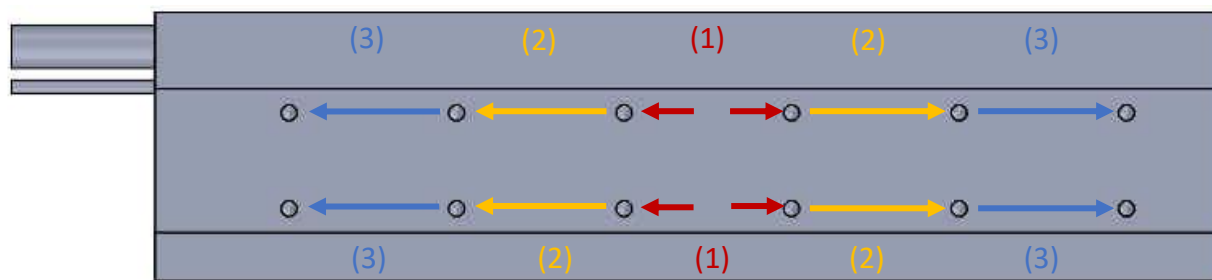


図 4.1.1.2.5 フォーサーの取り付けシーケンス図

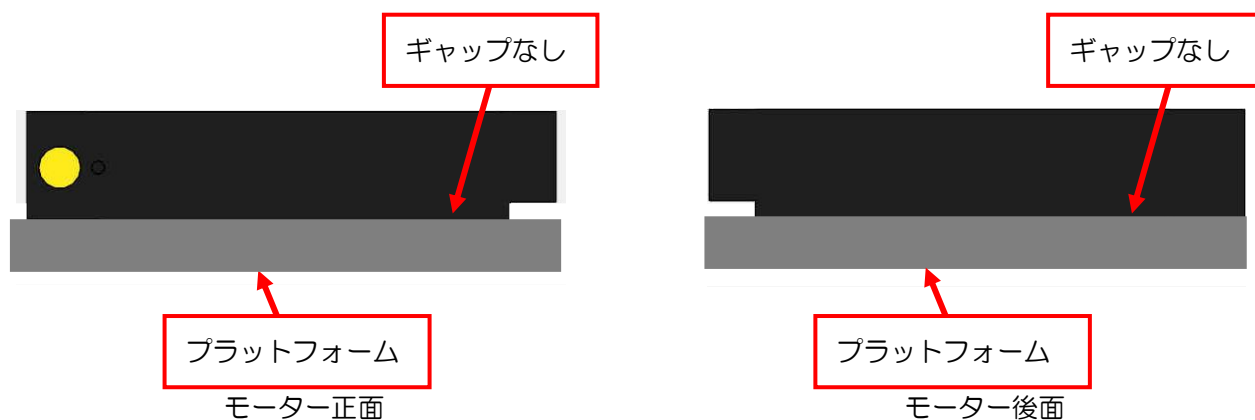


図 4.1.1.2.6 フォーサーギャップイラスト

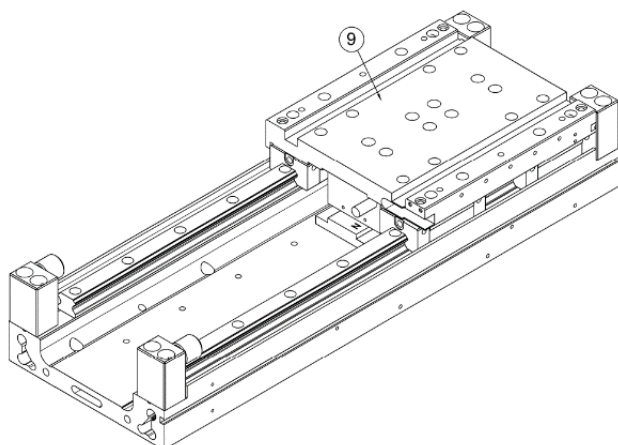


図 4.1.1.2.7 フォーサーベースの移動

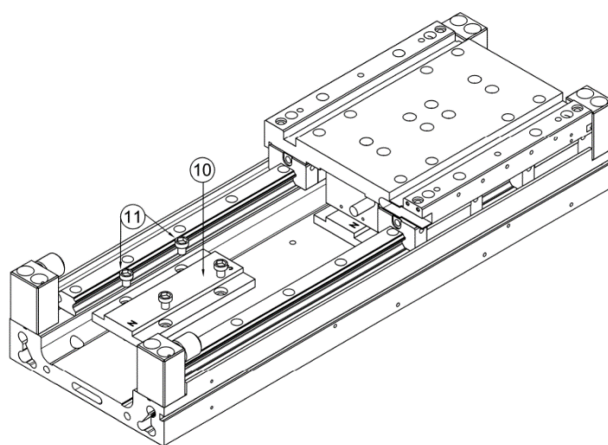


図 4.1.1.2.8 ステーターの取り付け

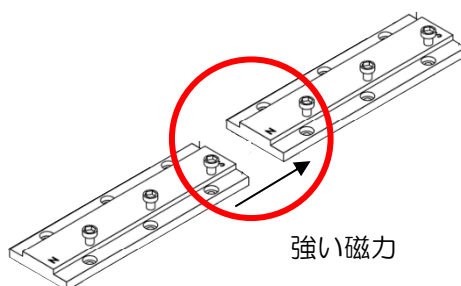
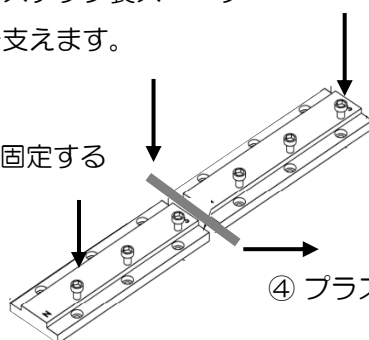


図 4.1.1.2.9 作業員の手による挟み込みによる怪我を防ぐため、ステーター間の強力な磁気吸引力に注意してください。

- ② 0.1～0.2mm のプラスチック製スペーサーを入れて位置決めを支えます。
- ③ 固定子の 2 番目のセットを修正します。

- ① 固定子一式を先に固定する



- ④ プラスチックスペーサーを取り外します。

図 4.1.1.2.10 複数セットのステーターを固定する際の位置決めを補助するためのスペーサーの推奨使用法

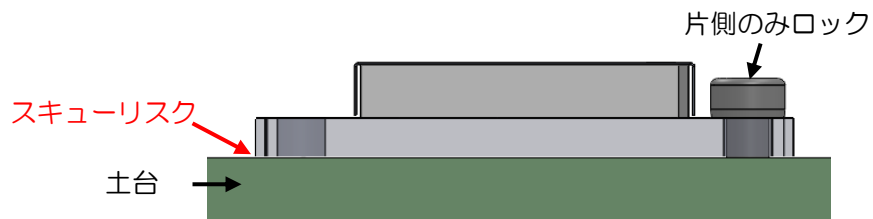


図 4.1.1.2.11 片側のネジを締めた後の歪みを避ける

下記の番号順にネジを締めてください

い: (1)→(2)→(3)→(4)→(5)→(6)→

(7)→(8)→(9)→(10)

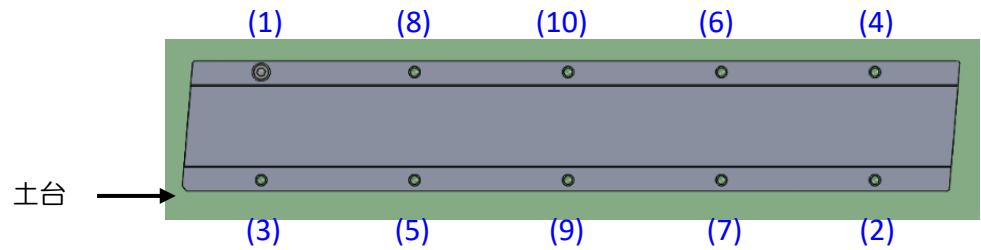


図 4.1.1.2.12 ネジの緩み止めシーケンス

4.1.1.3 LMSCフォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項

WARNING

モーターアセンブリが損傷する危険性があります。

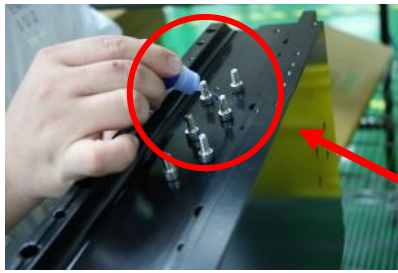
フォーサーとステーターの間に強い磁気吸引力があるため、設計された機器の構造強度に注意してください。不十分な構造強度は、構造の変形につながります。取り付け公差が大きすぎると、機器の調整性能に影響します。

- ◆ フォーサーとステーターの間には強力な磁気吸引力があり、吸引力の片側は少なくとも2850Nです。
- ◆ 強力な吸引力による構造の変形を防ぐために、ステーターの両側の取り付け構造強度を考慮する必要があります。
- ◆ フォーサーとステーターの間のギャップが4.5mm 以上の場合、吸引力はほぼ0になります。
- ◆ ステーターの両側にある極性ラベルは、互いに反対でなければなりません。
- ◆ LMSC 磁気ブレーキリニアモーターの不均一なエアギャップは、フォーサーとステーター間の吸引力に影響を与える可能性があります。(図 4.1.1.3.13 参照)



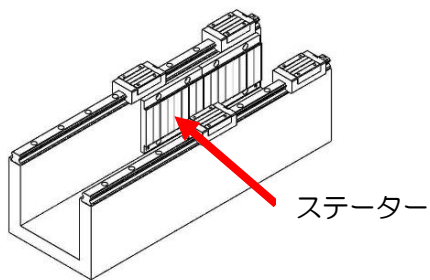
■ 組み立て手順（ステーター）：

- (1) まず、設置面をすべてきれいにしてください。
- (2) ステーターを固定する全てのネジにロックタイトを塗布します。(図4.1.1.3.1参照)
- (3) ステーター上面の間隔は非磁性体を使用してください。
- (4) ステーターを所定の位置に置きます。
- (5) 非磁性工具（図4.1.1.3.2参照）を使用して、ステーターの片側をストロークの半分だけ取り付けます。
- (6) ステーターの2辺の取り付け面の間に非磁性体を挟みます。(図4.1.1.3.3参照)
- (7) 非磁性工具を使用して、ステーターの反対側を半分のストロークで取り付けます。(図4.1.1.3.4参照)



ネジにロックタイトを塗布します。

図 4.1.1.3.1 ネジにロックタイトを塗布



非磁性工具

図 4.1.1.3.2 非磁性工具を使用してステーターを取り付けます

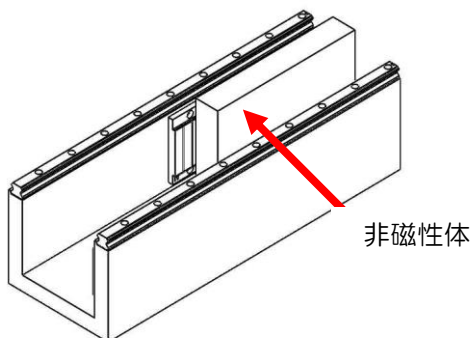
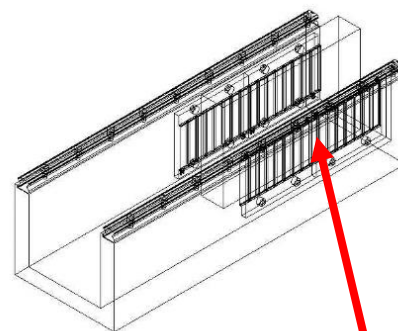


図 4.1.1.3.3 非磁性体を置く



ステーターの反対側を取り付けます

図 4.1.1.3.4 非磁性工具を使用してステーターを取り付けます

■ 組み立て手順（フォーサー）：

- (1) まず、フォーサーベースにフォーサーを取り付けます。(図4.1.1.3.5参照)
- (2) フォーサーベースをベーススライドブロックに取り付けます。(図4.1.1.3.6参照)
- (3) シックネスゲージを使用してエアギャップ (図4.1.1.3.7参照)を $0.75^{+0.25}_{-0.15}$ に調整します。

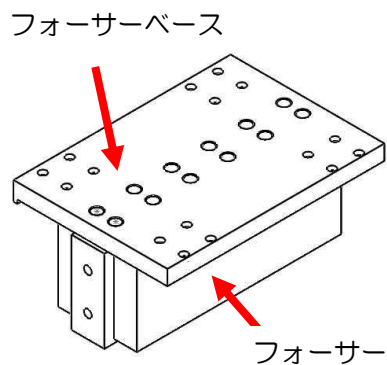


図 4.1.1.3.5 フォーサーの取り付け

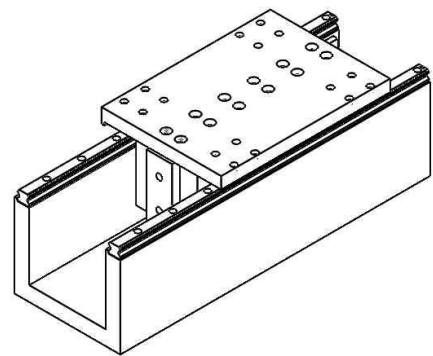


図 4.1.1.3.6 フォーサーベースの取り付け

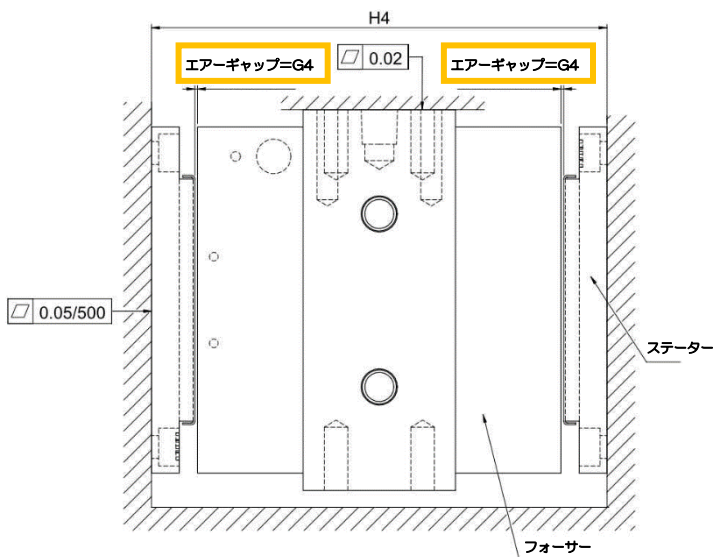


図 4.1.1.3.7 エアギャップの図

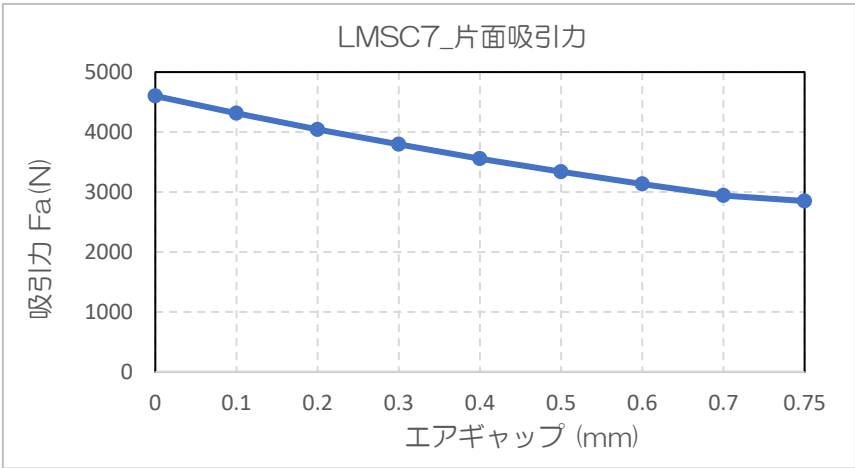


図 4.1.1.3.8 LMSCエアギャップ-吸引力関係グラフ

表 4.1.1.3.1 エアギャップと吸引力の関係図

エアギャップ (mm)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.75
片面吸引力 Fa (N)	4601	4313	4042	3796	3556	3338	3134	2942	2850

■ 組み立て手順（残りのステーター）：

- (1) フォーサーベースを動かして、残りのステーターを取り付けます。(図4.1.1.3.9参照)
- (2) 非磁性工具を使用して、ステーターの片側をストロークの半分だけ取り付けます。(図4.1.1.3.10参照)
- (3) ステーターの2辺の取り付け面の間に非磁性体を挟みます。(図4.1.1.3.11参照)
- (4) 非磁性工具を使用して、ステーターの反対側を半分のストロークで取り付けます。(図4.1.1.3.12参照)

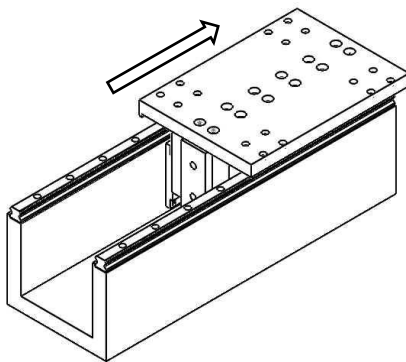


図 4.1.1.3.9 フォーサーベースの移動

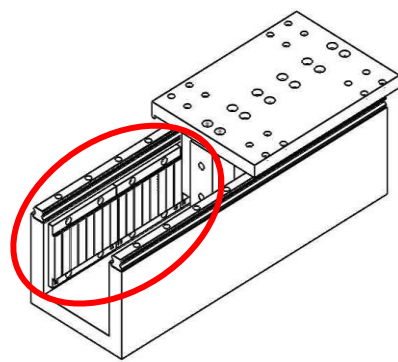


図 4.1.1.3.10 ステーターの片側を取り付ける

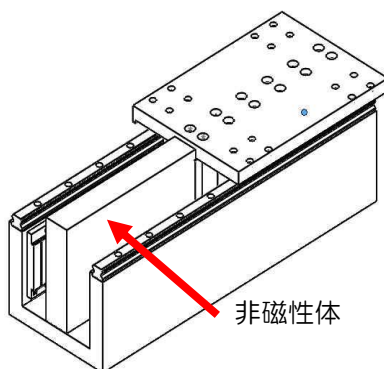


図 4.1.1.3.11 非磁性体を置く

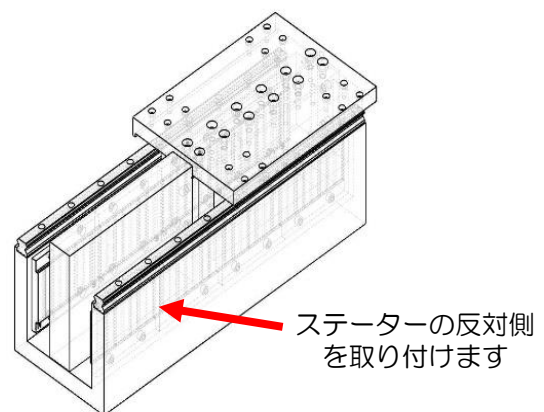


図 4.1.1.3.12 ステーターの反対側を取り付けます

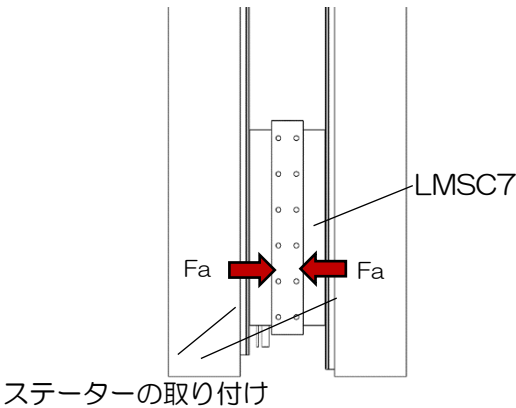


図 4.1.1.3.13 LMSCの力とステーターの取り付け図

表 4.1.1.3.2 LMSC不均一エアギャップ - 吸引力対応表

エアギャップ 1 (mm)	0	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75
エアギャップ 2 (mm)	1.5	1.45	1.35	1.25	1.15	1.05	0.95	0.85	0.75
吸引力 F_a (N)	2838	2633	2230	1840	1461	1090	724	361	0

4.1.2 コアレスリニアモーターの取り付け

4.1.2.1 LMC フォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項

WARNING

フォーサーとステーターの組み立てのリスク。

製品を装着する際は、手を挟んでけがをしないようにしてください。



- ◆ 手を挟んでけがをしないように、ステーターアセンブリの取り扱いには注意してください。

CAUTION



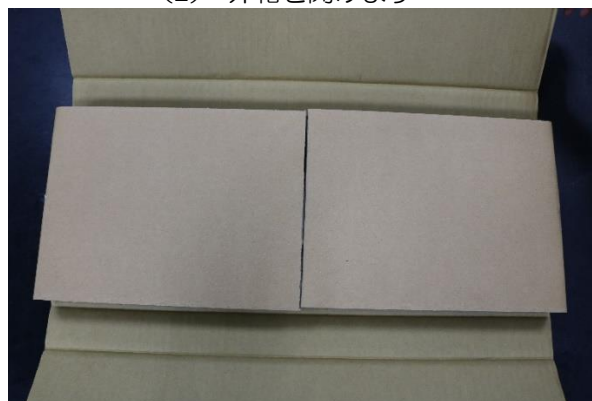
- ◆ ステーターの警告ラベルは上向きにします。
- ◆ セクション 3.1.3 に従ってステーターアセンブリを取り付けた後、ステーター間の隙間に特に注意してください。
- ◆ フォーサーとステーターアセンブリを固定するためのネジのトルクについては、セクション 3.2.2.2 を参照してください。
- ◆ ネジの長さやネジの深さの選択については、セクション 3.2.2.2 を参照してください。

■ 梱包材の説明(ステーター)

(1) 外箱



(2) 外箱を開けます



(3) 外箱の二層目を開けます



(4) 内箱を取り出し、ステーターを取ります。(同時に複数のステーターを開梱しないでください。)

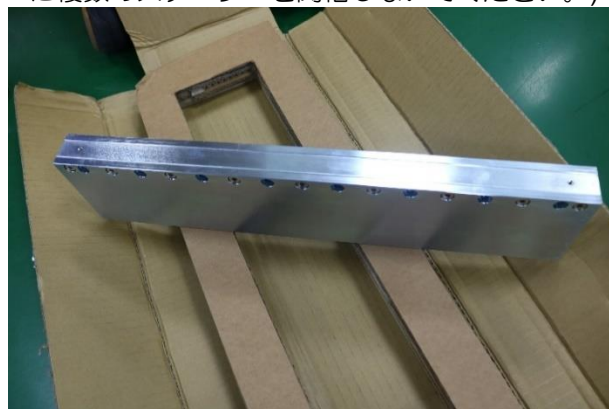


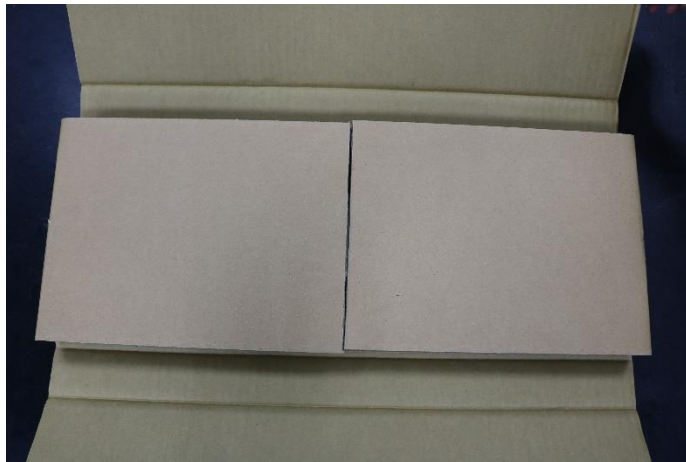
図4.1.2.1.1 コアレスステーターの梱包材

■ 梱包材の説明（フォーサー）

(1) 外箱



(2) 外箱を開けます



(3) 外箱の二層目を開けます



(4) 内箱を取り出し押えを取ります

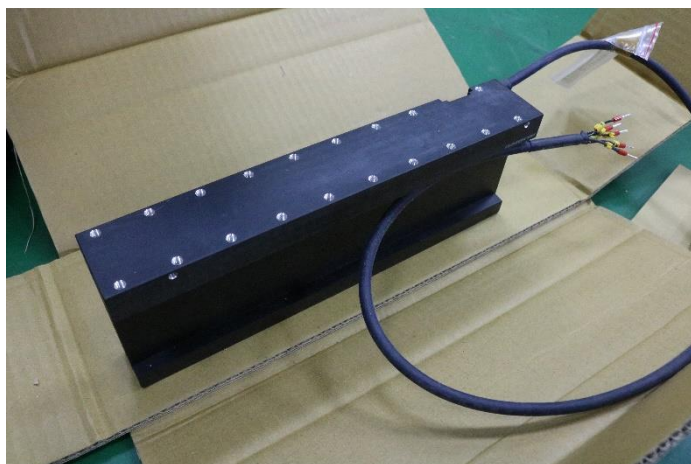


図4.1.2.1.2 内箱を取り出し、押えを取り外します

■ 組み立て手順：

- (1) 清潔なワイピングクロスにアルコール（95%工業用アルコール）を浸し、設置面を清掃してください。(図4.1.2.1.3参照)
- (2) ネジ①を使用して、一番右側のステーターアセンブリ②をベースプレート③に取り付けます（図4.1.2.1.4を参照）。
- (3) リニアスライドブロック⑥にフォーサーベース⑤をネジ④で取り付けます。(図4.1.2.1.5参照)
- (4) フォーサーベース⑦を一番左側に移動させ、フォーサーアセンブリ⑧を固定しやすくします。(図4.1.2.1.6参照)
- (5) 正しく取り付けられたフォーサーアセンブリ⑨を右側に移動させ、フォーサーとステーターアセンブリに干渉がないか確認し、次のステーターセットの取り付けに備えます。(図4.1.2.1.7参照)
- (6) 残りのステーター組⑩をベースプレート⑪に固定します。(図4.1.2.1.8参照)
- (7) 取付完了後、フォーサーベースを移動・スライドさせ、干渉がないことを確認してください。(図4.1.2.1.9参照)

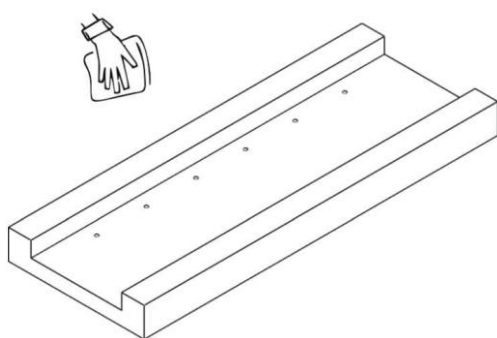


図 4.1.2.1.3 取付面をきれいに清掃する

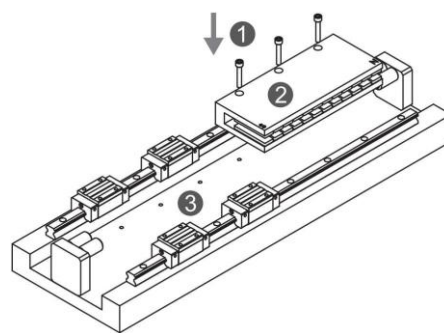


図 4.1.2.1.4 スターターを取り付け

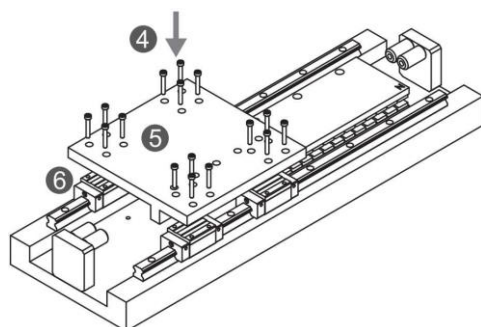


図 4.1.2.1.5 フォーサーベースの取り付け

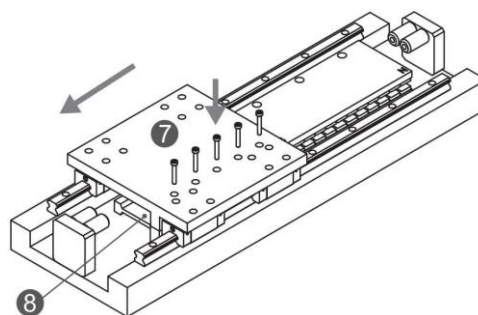


図 4.1.2.1.6 フォーサーベースを移動

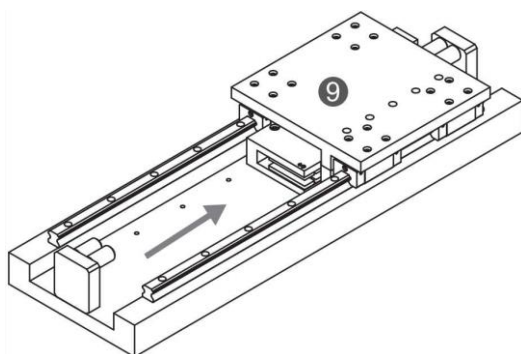


図 4.1.2.1.7 フォーサーの取り付け

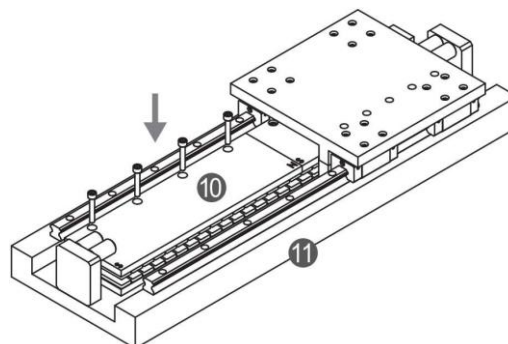


図 4.1.2.1.8 スターターの取り付け

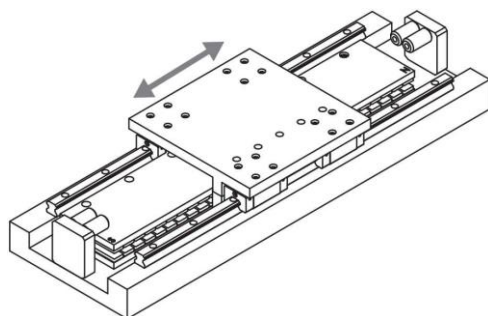


図 4.1.2.1.9 滑らかな動作の確認

4.1.2.2 LMT フォーサーとステーターの取り付けに関する注意事項

 WARNING

フォーサーとステーターの組み立てのリスク。

製品を装着する際は、手を挟んでけがをしないようにしてください。



- ◆ 手を挟んでけがをしないように、ステーターアセンブリの取り扱いには注意してください。

 CAUTION

フォーサーとステーターの組み立てのリスク。

ステーターとフォーサーの取り付けは、ユニット間の異常な隙間に注意してください。



- ◆ セクション 3.1.4 に従ってフォーサーアセンブリを取り付けた後、同心度は 0.2mm を超えてはなりません。
- ◆ セクション 3.1.4 に従って固定子アセンブリを取り付けた後、固定子間の隙間に特に注意してください。
- ◆ フォーサーとステーターアセンブリを固定するためのネジのトルクについては、セクション 3.2.2.2 を参照してください。
- ◆ ネジの長さやネジの深さの選択については、セクション 3.2.2.2 を参照してください。

■ 梱包材の説明(ステーター)

1. 外箱 	2. 外箱を開けます 
3. 緩衝材を取り出します 	4. ステーターを取る、同時に複数のステーターを取らない 

図4.1.2.2.1 円筒型モーターステーターの包装材料

■ 梱包材の説明（フォーサー）

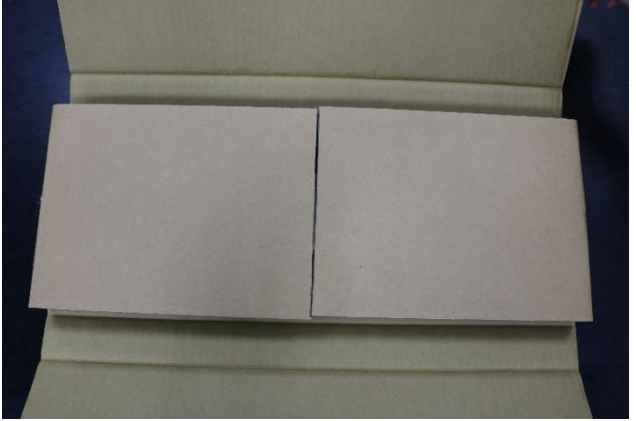
1. 外箱 	2. 外箱を開けます 
3. 箱の2層目を開きます。 	4. 内箱を取り出しフォーサーを取り出す 

図 4.1.2.2.2 円筒型モーターフォーサーの包装材料

■ 組み立て手順：

- (1) きれいなワイピングクロスにアルコール（工業用アルコール95%）を浸し、ステーターAss'yを清掃してください。(図4.1.2.2.3参照)
- (2) フォーサー組立①をステーター組立②の上に載せます。(図4.1.2.2.4参照)
- (3) 固定台⑤に固定台④をねじ③で取り付け、高低差と左右差を測定し、その差が0.2mm以下であること。(図4.1.2.2.5参照)
- (4) ネジ⑥でフォーサーベース⑦をスライドブロック⑧に取り付けます。(図4.1.2.2.6参照)
- (5) ネジ⑨を使用して、フォーサーアセンブリ⑩をフォーサーベース⑪に固定します（図4.1.2.2.7参照）。
- (6) 取付完了後、フォーサーベースを移動・スライドさせ、干渉がないことを確認してください。(図4.1.2.2.8参照)

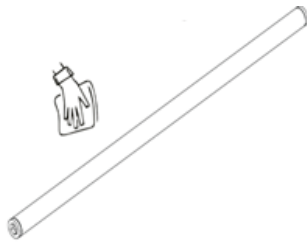


図 4.1.2.2.3 取付面をきれいにする

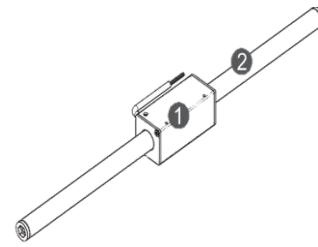


図 4.1.2.2.4 フォーサーとステーターを組み立てる

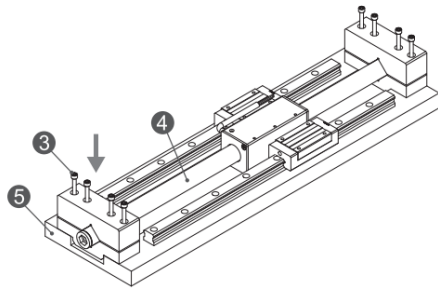


図 4.1.2.2.5 ステーターの取り付け

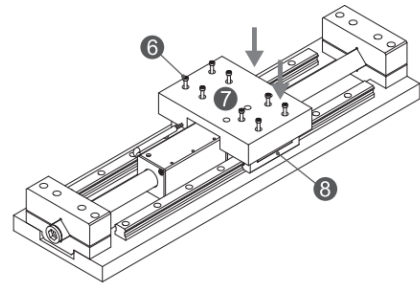


図 4.1.2.2.6 フォーサーベースの取り付け

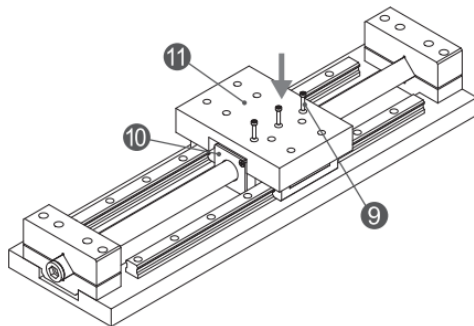


図 4.1.2.2.7 フォーサーの取り付け

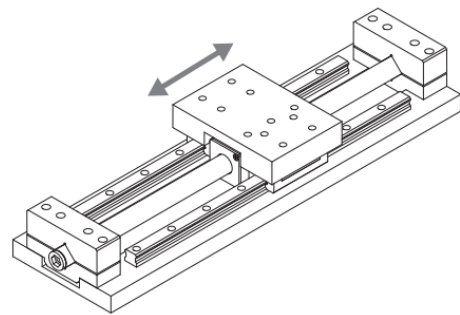


図 4.1.2.2.8 滑らかな動作の確認

4.1.3 水冷式リニアモーター冷却システムの設置

4.1.3.1 フォーサーとステーターの精密水冷の設置

■ 組立手順（フォーサー精密水冷）：（図4.1.3.1.1、図4.1.3.1.2参照）

- （1）フォーサー③の上に②のフォーサー精密水冷を載せ、2つの物の穴位置を合わせ、向きを揃えます。
- （2）フォーサーベース①とフォーサー精密水冷②の穴位置をフォーサー③に合わせてから取り付けてください。
- （3）締結が完了したら、作業台のスライドブロックに取り付けます。 セクション4.1.1.2の説明を参照してください。

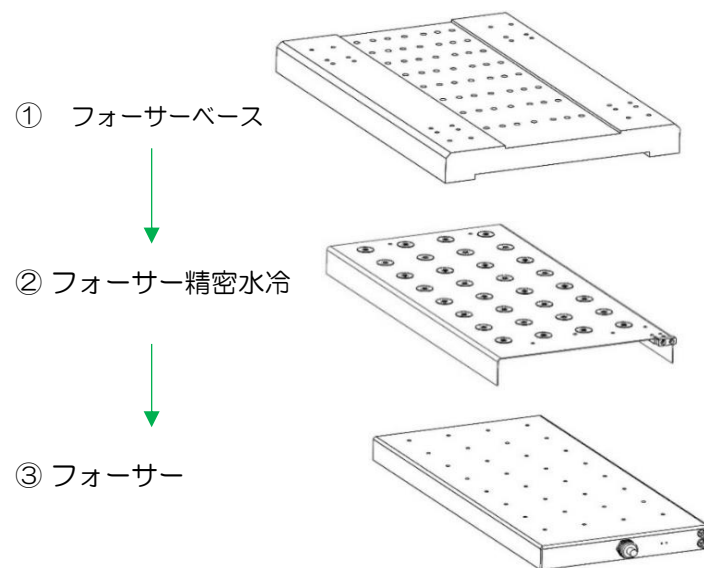


図 4.1.3.1.1 フォーサー精密水冷取付図

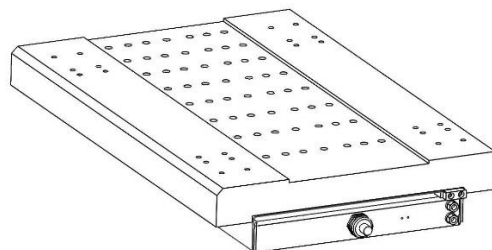


図 4.1.3.1.2 フォーサー精密水冷取付完成図

■ 組み立て手順（ステーター精密水冷）：（図4.1.3.1.3および図4.1.3.1.4参照）

- （1） 接続ベース ① の片側を作業台の作業位置に固定します。
- （2） 架台の接続台①に冷却パイプ②を差し込みます。
- （3） ステーター⑤の長さが長い場合は、ジョイント方式で冷却パイプ②を接続してください。
- （4） 冷却パイプ②をすべて取り付け終わったら、反対側の接続ベース⑥を使用して調整し、冷却パイプと固定します。
- （5） ステーター⑤を冷却パイプ②の対応する位置に置きます。
- （6） すべてのステーター⑤を固定します。複数セットのステーターの固定方法については、セクション4.1.1.2に記載されているステーターの取り付けを参照してください。

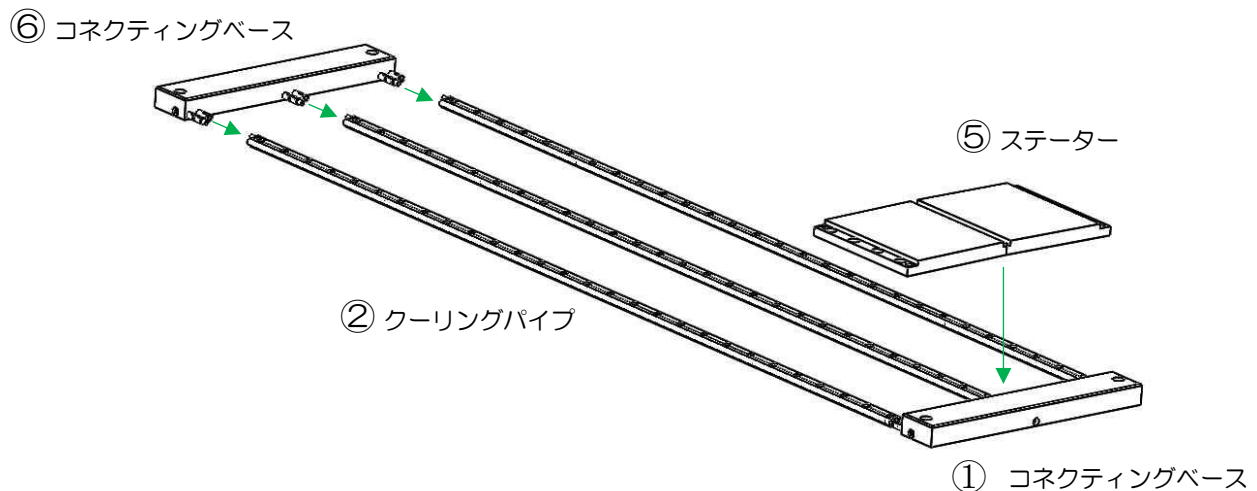


図 4.1.3.1.3 ステーター精密水冷取付図

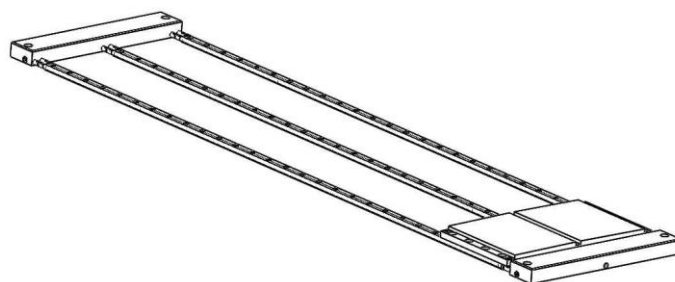


図 4.1.3.1.4 ステーター精密水冷取付完成図

4.1.3.2 水冷モータークイックコネクターの取り付け

⚠ CAUTION



- ◆ 1/8PT 径のクイックコネクターをインレットまたはアウトレットに固定する場合は、水漏れを防ぐために白いテープシールをコネクターに巻き付けます。
- ◆ G1/8 径のクイックコネクターが注入口または排出口に固定されている場合、漏れを防ぐために追加の O リングを使用します。
- ◆ ネジに PTFE コーティングを施したクイックコネクターをインレットまたはアウトレットに固定する場合、コネクターに白いテープシールを巻く必要はありません。
- ◆ 水冷ループの最大圧力は 10bar です。
- ◆ トルクレンチを使用します (最大トルクは 100 kgf-cm (9.8 Nm)を超えてはなりません)。
- ◆ 上記が正しく取り付けられていない場合、水冷コネクターの破損、水漏れ、破裂の原因となります。
- ◆ 工場出荷時の製品に付属している付属品はすべて、勝手に取り外してはなりません。製品の性能は保証されません。

LMFAシリーズのフォーサー仕様にはLMFAとLMFPがあり、使用する管用ねじは下表のとおりです：

表 4.1.3.2.1 強制水冷コネクターねじ

フォーサー仕様	パイプねじ
LMFA	1/8PT
LMFP	G1/8
LMSC	1/8PT

水冷コネクター⑫がインレット、水冷コネクター⑬がアウトレットです。

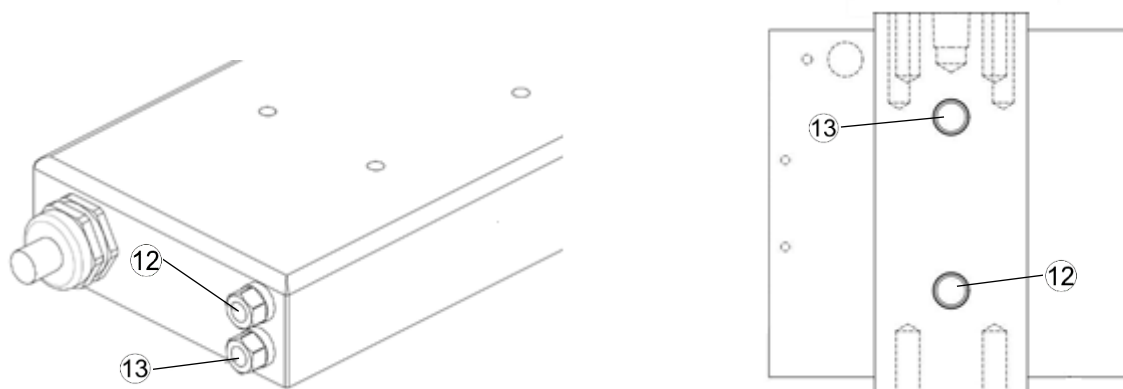


図 4.1.3.2.1 水冷コネクター取付位置

4.1.3.3 精密水冷モーターのクイックコネクターの取り付け

水冷コネクタ⑫がインレット、水冷コネクタ⑬がアウトレットで、どちらもG1/8です。

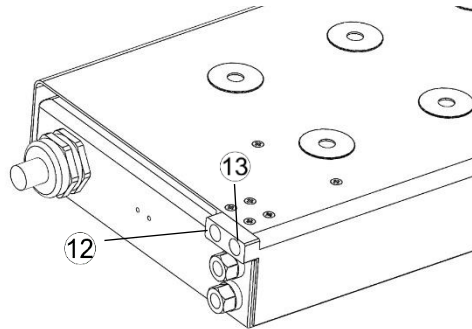


図 4.1.3.3.1 フォーサー精密水冷コネクタ取付位置

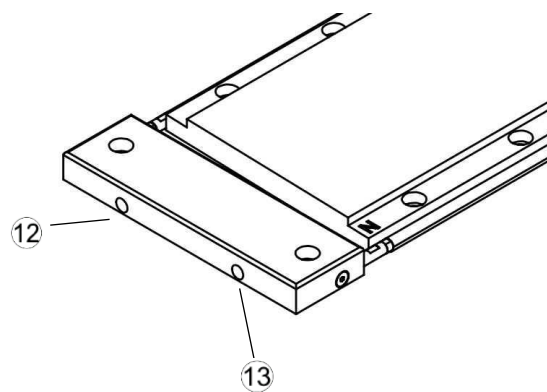


図 4.1.3.3.2 ステーター精密水冷コネクタ取付位置

(このページはblankになっています)

5. トラブルシューティング

5.1	トラブルシューティング	5-2
-----	-------------------	-----

5.1 トラブルシューティング

表 5.1.1 トラブルシューティング

症状	原因	Action
モーターがまったく回転しない	間違ったケーブル配線	コントローラーに接続されているケーブルを確認してください。
回転方向が違う	間違ったエンコーダー設定	エンコーダーの設定を確認してください。
	間違ったモーター電源ケーブルの配線	コントローラーに接続されている二相電源ケーブルを交換します。
焦げ臭い	冷却系の異常作動	冷却システムをチェックします。
	コントローラーの設定がおかしい	コントローラーの設定を確認してください。
	間違ったモーターパラメーター設定	モーターパラメーターの設定を確認してください。
モーターアウターケーシングの異常温度	冷却系の異常作動	冷却システムをチェックします。
	コントローラーの設定がおかしい	コントローラーの設定を確認してください。
	異常動作	組み立て方法を確認。
	温度調節表示異常	シールドの組立方法と接地を確認してください。
不安定な回転（振動）	絶縁不良	相/アースの抵抗値が 10MΩ より大きいことを確認します。
	間違ったエンコーダーの取り付け	エンコーダーの取り付け剛性を確認してください。
	間違ったエンコーダー信号	エンコーダーの接地と接続を確認してください。
	エンコーダー信号干渉	シールドの接地を確認してください。
	コントローラーの設定がおかしい	コントローラーの設定を確認してください。
回転が不安定（振動） 回転しにくい、摩擦音がする	ローターの取り付け異常	組み立て方法を確認。
	エアギャップには異物が存在する	異物を取り除きます。
	異常なエアギャップ	組み立て公差と構造剛性を確認してください。

6. 廃棄物処理



6.1 廃棄物処理.....6-2

6.1 廃棄物処理

DANGER



強力な磁石による危険！

- ◆ 永久磁石材料は、その後の処理を行う前に完全に消磁する必要があります。そうしないと、重大な損傷を引き起こす可能性があります。

CAUTION



環境有害物質による危険！

- ◆ 廃棄物処理は、現地の関連規制およびリサイクル可能な材料のリサイクル手順に従う必要があります。
- ◆ 廃棄物には、電子材料、鉄、アルミニウム、絶縁材料、永久磁石材料などがあります。リサイクルの手順に従ってください。
- ◆ 永久磁性体の消磁は、非磁性体でできた頑丈な耐熱容器に入れて炉内に入れるため、30分以上の保持時間で 300℃以上の熱が必要です。
- ◆ 製品に使用されている梱包材がリサイクル可能な場合は、リサイクルする必要があります。

使用期限を迎えたリニアモーター関連製品、特に永久磁石材料を適切に処理して廃棄する必要があります。前述の警告に従って消磁されていない場合、作業者が重傷を負う可能性があります。

上記の注意事項をお守りいただけないことによる損害、事故、怪我については、HIWINは一切の責任を負いません。

7. 付録

7.1	用語集.....	7-2
7.2	単位換算	7-6
7.3	ユーザー要求フォーム.....	7-8

7.1 用語集

- 連続推力 F_c [N]
環境温度 25°Cで停止せずに連続運転しているモーターの出力推力として定義され、この連続推力がモーターに流れる連続電流 I_c に相当します。
- 連続電流 I_c [A_{rms}]
環境温度 25°Cにおいて、モーターコイルに連続的に供給できる電流として定義され、連続推力の電流も発生します。
- 水冷連続推力 ($F_c(wc)$) [N]
水冷温度 20°Cで停止することなく連続運転しているモーターの出力推力として定義され、この水冷連続推力がモーターにかかる連続電流(wc) I_c に相当します。
- 連続電流(wc) $I_c(wc)$ [A_{rms}]
水冷温度 20°Cにおいて、モーターコイルに連続的に供給できる電流として定義され、水冷連続推力の電流も発生します。
- ピークフォース F_p [N]
1 秒を超えない時間内にモーターが出力できる最大の推力として定義されます。一般的には加減速の目的で使用されます。
- ピーク電流 I_p [A_{rms}]
モーターのピーク推力に対応する瞬間的な大電流と定義され、通常の動作範囲では、ピーク電流は 1 秒間許容されます。
- 究極の力 F_u [N]
到達推力に対応する到達電流 I_u として定義されます。通常の動作範囲では、0.5 秒間到達電流を供給できます。
- 究極の力 F_u [N]
モーターの到達電流 I_u に対応する出力推力として定義されます。
- 到達電流 I_u [A_{rms}]
これは、モーターの連続電流 I_c の 5 倍として定義されます。このような電流の下では、モーターによって出力される推力は飽和非線形ゾーン内にあり、力定数は減少します。このような電流の入力は、モーターの過熱のリスクを引き起こす可能性があり、動作時間は 0.5 秒未満にすることをお勧めします。
- 吸引力 F_a [N]
これは、定格エアギャップ下で鉄心リニアモーターのフォーサーとステーターの間に作用する力として定義され、このような力によってスライディングブロックに加えられるプリロードは、スライディングトラックによって支えられます。

■ 最大巻線温度 T_{max} [°C]

これは、モーターコイルの許容最大温度として定義されます。モーターの実際の平衡温度は、メカニズム、冷却方法、動作計画などの要因によって異なります。理論計算とは多少のずれがある場合があり、通常は実測結果が使用されます。

■ 電気時定数 K_e [ms]

モーターに供給される電流が目標値の 63%に達するまでの時間として定義され、この値が小さいほど応答時間が速いことを意味します。

■ 力定数 K_f [N/A_{rms}]

単位電流でのモーターの出力推力として定義され、LMFA 水冷モーターシリーズを除き、残りのシリーズが正常な動作範囲にある場合、出力推力と入力電流は線形関係であり、非線形部分は鉄心飽和の影響を受けます。

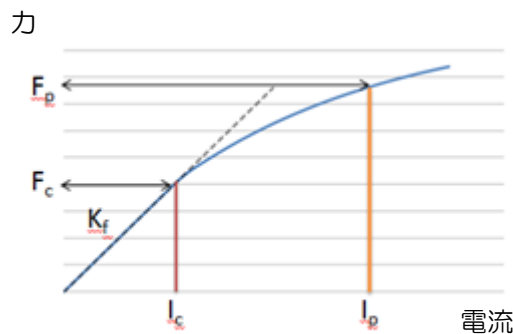


図 7.1.1

■ 抵抗 R_{25} [Ω]

コイル温度が 25°Cのときに測定されたモーターの線間抵抗として定義されます。抵抗は温度の上昇とともに増加します。

$$R_c = R_{25} \times (1 + 0.00393) \times (T_c - 25)$$

R_c : 任意の温度下での線間抵抗を指します

T_c : 任意の温度

■ インダクタンス L [mH]

これは、測定されたモーターの線間インダクタンス (ステーターを除く) として定義されます。

■ 極対ピッチ 2τ [mm]

これは、ステーター上の同じ極性の 2 つ極性間の距離、つまり N→N または S→S として定義されます。

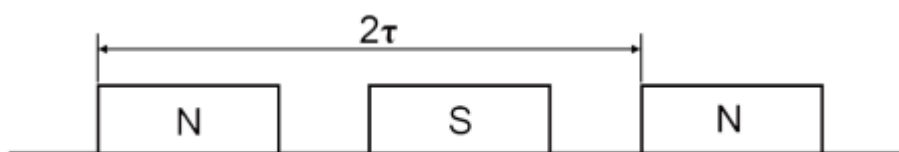


図 7.1.2

- 逆起電圧定数 K_v [$V_{rms}/(m/s)$]
磁石温度が 25°C のとき、モーターの単位速度によって生成される誘導 EMF として定義されます。コイルが磁場の変化を感知すると発生し、EMF は通過する電流に抵抗するために生成されます。
- モーター定数 K_m [$N/\sqrt{W}$]
コイル温度とマグネット温度が 25°C のときの消費電力の平方根に対するモーター出力推力の比で定義されます。モーター定数が大きいほど、モーターが特定の推力を出力したときの電力損失が少ないことを意味し、モーター効率を判断する指標の 1 つとして使用されます。
- 熱抵抗 R_{TH} [$^\circ\text{C}/W$]
これは、モーターコイルの内部から放熱環境までの熱抵抗として定義されます。熱抵抗が小さいほど、同じ入熱量でもコイルと放熱環境の温度差が小さい、つまり放熱効果が高いことを意味します。
- 熱時定数 t_{TH} [sec]
モーターに連続電流を流したとき、コイル初期温度 T_0 が最大巻線温度 T_{max} の 63% まで上昇するのに必要な時間として定義されます。

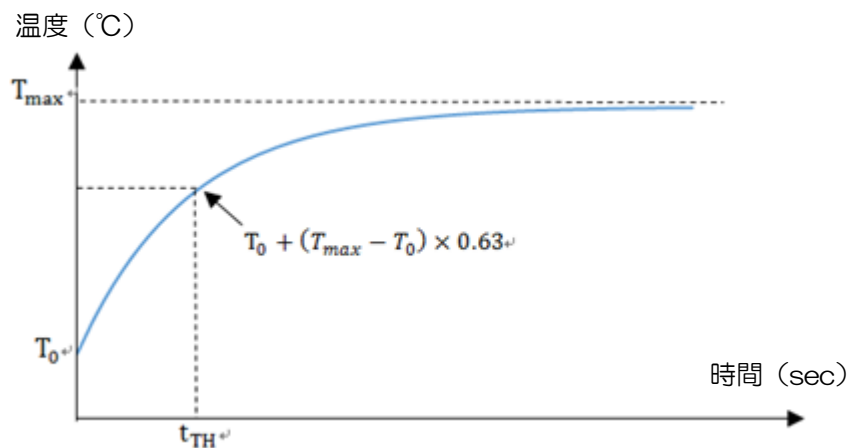


図 7.1.3

- 最小流量 (L/min)
これは、冷却水の定格温度 $F_c(wc)$ の下で、モーターが水冷連続推力に到達するために必要な冷却水の最小流量として定義されます。
- 冷却水の温度 [$^\circ\text{C}$]
これは、水冷連続推力 $F_c(wc)$ を達成するために、最小流量でモーター冷却剤が到達する必要がある温度として定義されます。
- 圧力損失 ΔP [bar]
冷媒が最小流量以下のときの入口と出口の間の圧力差として定義されます。

- 最大力最大速度 V_{max,F_p} [m/s]
これは、ピーク推力の下でモーターが達成できる最大速度として定義されます。このパラメーターは最大 DC バス電圧に依存します。
- 最大入力電力 $P_{EL,max}$ [W]
これは、モーターが最大速度 V_{max,F_p} および最大放散熱出力 $Q_{P,H,max}$ のピーク推力で動作している条件下に必要な入力電力として定義されます。
- 最大放散熱量 $Q_{P,H,max}$ [W]
これは、コイルが最高温度 T_{max} にあるときにモーターのコイルによって生成される熱として定義されます。
- ストール電流 I_0 [A_{rms}]
モーターの環境温度が 25°C 以下で、ローター拘束状態で供給できる電流の上限値として定義されており、この値は放熱の基準に関係しています。
- 失速力 F_0 [N]
モーターがショートストローク（極対ピッチ 2τ よりも小さいストローク）で、かつローター拘束状態で使用できる推力の上限値として定義され、ストール電流により制限されます。
- 最大 DC バス電圧 [V_{DC}]
これは、通常の作業環境でモーターが使用できる最大 DC バス電圧として定義されます。

7.2 単位換算

A 列の単位を B 列の単位に変換するには、表の対応する数値を掛けます。

■ 質量

表 7.2.1

		B			
		g	kg	lb	oz
A	g	1	0.001	0.0022	0.03527
	kg	1000	1	2.205	35.273
	lb	453.59	0.45359	1	16
	oz	28.35	0.02835	0.0625	1

■ 線速度

表 7.2.2

		B				
		m/s	cm/s	mm/s	ft/s	in/s
A	m/s	1	100	1000	3.281	39.37
	cm/s	0.01	1	10	3.281×10^{-2}	0.3937
	mm/s	0.001	0.1	1	3.281×10^{-3}	3.937×10^{-2}
	ft/s	0.3048	30.48	304.8	1	12
	in/s	0.0254	2.54	25.4	8.333×10^{-2}	1

■ 力

表 7.2.3

		B		
		N	lb	oz
A	N	1	0.2248	3.5969
	lb	4.4482	1	16
	oz	0.2780	0.0625	1

■ 長さ

表 7.2.4

		B				
		m	cm	mm	ft	in
A	m	1	100	1000	3.281	39.37
	cm	0.01	1	10	3.281×10^{-2}	0.3937
	mm	0.001	0.1	1	3.281×10^{-3}	3.937×10^{-2}
	ft	0.3048	30.48	304.8	1	12
	in	0.0254	2.54	25.4	8.333×10^{-2}	1

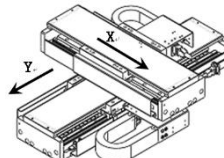
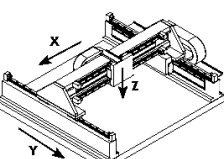
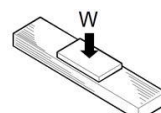
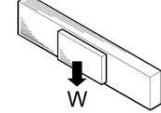
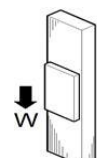
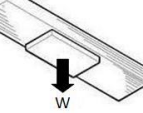
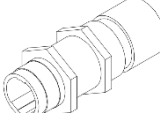
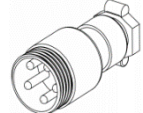
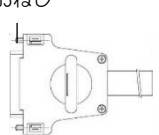
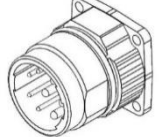
■ 温度

表 7.2.5

		B	
		°C	°F
A	°C	1	$(^{\circ}\text{F} - 32) \times 5 / 9$
	°F	$(^{\circ}\text{C} \times 9 / 5) + 32$	1

7.3 ユーザー要求フォーム

表 7.3.1

アスタリスク (*) が付いている項目は必須です。		日付: _____	
ユーザー名: _____		HIWIN 担当: _____	
Email: _____		問い合わせ番号: _____	
Tel: _____ Fax: _____		事業主: _____	
* 業種・用途	複数可動子 ☐ Yes, 数: _____ 個 ☐ No		
* 動作環境	* 動作 ☐ Point to point ☐ スキャニング		
	安全要求 ☐ CE ☐ UL ☐ その他		
* ステージタイプ	移動時間 _____ sec		
	休止時間 _____ sec		
* 負荷	ドライバー 入力電源 ☐ 110V ☐ 220V ☐ その他: _____ V		
外力 (N)	X-軸 Y-軸 Z-軸		
* 最大速度 (m/s)	X-軸 Y-軸 Z-軸		
* 最大加速度 (m/s ²)	X-軸 Y-軸 Z-軸		
* ストローク (m)	X-軸 Y-軸 Z-軸		
* ステージ設置	☐ 水平軸: _____ ☐ 垂直軸: _____ ☐ ケーブル+丸型コネクタ 適用タイプ: LMFx LMC、LMT ☐ ケーブル+D サブ 適用タイプ: LMSA、LMC-EFE、LMC-EFF、LMCF ☐ ケーブル+メタルコネクタ 適用タイプ: LMFA、LMFP		
 	 	 	  
動作パターン			
			
以下の情報は、HIWIN または認定代理店が記入いたします。 推奨仕様:			

リニアモーターユーザーマニュアル
バージョン：V1.4 2024 年 2 月改訂

-
1. HIWIN は HIWIN Mikrosystem Corp., HIWIN Technologies Corp., ハイウィン株式会社の登録商標です。ご自身の権利を保護するため、模倣品を購入することは避けてください。
 2. 実際の製品は、製品改良等に対応するため、このカタログの仕様や写真と異なる場合があります。
 3. HIWIN は「貿易法」および関連規制の下で制限された技術や製品を販売・輸出しません。制限された HIWIN 製品を輸出する際には、関連する法律に従って、所管当局によって承認を受けます。また、核・生物・化学兵器やミサイルの製造または開発に使用することは禁じます。
-