

HIWIN® MIKROSYSTEM



トルクモーター

ユーザーマニュアル

認證

Motor Model	Approvals		
	EU Directives		UL Approvals
	EMC Directive: 2014/30/EU reference standard EN 61000-6-2:2005 EN 61000-6-4:2007+A1:2011	LVD Directive: 2014/35/EU reference standard EN 60034-1:2010	Rotating Electrical Machines reference standard UL 1004-1 UL 1446
TMRW□□			

Motor Model	Approvals		
	EU Directives		UL Approvals
	EMC Directive: 2014/30/EU reference standard EN 61000-6-2:2019 EN 61000-6-4:2019	LVD Directive: 2014/35/EU reference standard EN 60034-1:2010	Rotating Electrical Machines reference standard UL 1004-1 UL 1446
TM-5-□□	 		

Note:

EN: Europäischen Normen = European standard

CE refers to European standards.

(Publication of harmonised standards under Union harmonisation legislation)

IEC: International Electrotechnical Commission

UKCA: UK Conformity Assessed The Certificate and the Declaration of Conformity can be downloaded from the HIWIN MIKROSYSTEM CORP. website. (<https://www.hiwinmikro.tw/en/download>)

Motor Model	Approvals		
	EU Directives		UL Approvals
	EMC Directive: 2014/30/EU reference standard EN 61000-6-2:2005 EN 61000-6-4:2007+A1:2011	LVD Directive: 2014/35/EU reference standard EN 60034-1:2017	Rotating Electrical Machines reference standard UL 1004-1 UL 1446
IM-2-□□	 		

Note:

EN: Europäischen Normen = European standard

CE refers to European standards.

(Publication of harmonised standards under Union harmonisation legislation)

IEC: International Electrotechnical Commission

UKCA: UK Conformity Assessed The Certificate and the Declaration of Conformity can be downloaded from the HIWIN MIKROSYSTEM CORP. website. (<https://www.hiwinmikro.tw/en/download>)

目次

1.	概要	1-1
1.1	改訂履歴	1-2
1.2	このマニュアルについて	1-4
1.3	一般的な注意事項	1-5
1.4	安全上の注意	1-6
1.5	要件	1-13
1.6	著作権	1-13
1.7	メーカー情報	1-14
1.8	製品の監視	1-14
2.	安全に関する基本情報	2-1
2.1	概要	2-2
2.2	基本的な安全上の注意事項	2-3
2.3	合理的に予測可能な誤用	2-4
2.4	変換および変更	2-5
2.5	残存リスク	2-6
2.6	要員要件	2-7
2.7	保護具	2-8
2.7.1	強力な磁場の危険性	2-9
2.8	トルクモーターのラベル	2-11
3.	製品の説明	3-1
3.1	トルクモーターの説明	3-2
3.2	トルクモーターの主要部品	3-3
3.3	注文コード	3-5
3.3.1	TMRW シリーズの型番	3-5
3.3.2	TM-5 シリーズの型番	3-6
3.3.3	IM-2 シリーズの型番	3-7
3.3.4	TM-5(J0)シリーズの型番	3-9
3.4	モーターのサイズと選定	3-11
3.4.1	基本的なトルクモーターの選定	3-11
3.4.2	熱計算	3-15
3.4.3	冷却関連	3-22
3.5	ドライバ関連	3-28
3.5.1	電源とコントローラーの選択	3-28
3.5.2	ケーブルの電圧反射	3-30
3.5.3	中性点発振現象	3-33
3.5.4	中性点電圧測定	3-36

4.	輸送とセットアップ.....	4-1
4.1	納品.....	4-2
4.2	設置場所への輸送.....	4-5
4.3	設置場所での要件.....	4-8
4.4	保管.....	4-10
4.5	開梱とセットアップ.....	4-12
5.	組み立てと接続.....	5-1
5.1	機械的設置.....	5-2
5.1.1	水冷設計.....	5-4
5.1.2	ローターインターフェースの設計.....	5-18
5.1.3	ステーターインターフェースの設計(冷却ジャケットなし).....	5-21
5.1.4	エアギャップとアセンブリの同心度.....	5-22
5.1.5	ステーターとローター間の力.....	5-24
5.1.6	ネジの締め付けトルク.....	5-26
5.1.7	回転方向.....	5-27
5.1.8	機械的設置.....	5-28
5.2	電気接続.....	5-32
5.2.1	配線上の注意.....	5-32
5.2.2	ケーブル.....	5-32
5.2.3	並列運転の設定.....	5-42
5.2.4	温度センサー.....	5-56
6.	試運転.....	6-1
6.1	試運転.....	6-2
7.	メンテナンスとクリーニング.....	7-1
7.1	メンテナンス.....	7-2
7.2	クリーニング.....	7-5
7.3	テストラン.....	7-6
8.	廃棄.....	8-1
8.1	廃棄物処理.....	8-2
8.1.1	廃止措置.....	8-2
8.1.2	廃棄.....	8-3
9.	トラブルシューティング.....	9-1
9.1	トラブルシューティング.....	9-2
9.1.1	トラブルシューティングフォーム.....	9-4
10.	適合宣言.....	10-1
10.1	適合宣言書.....	10-2
11.	付録.....	11-1
11.1	用語集.....	11-2
11.2	単位換算.....	11-7
11.3	許容範囲と仮説.....	11-10
11.3.1	公差.....	11-10

11.3.2	伝熱の仮説	11-10
11.3.3	環境の仮定	11-10
11.4	オプションのアクセサリ	11-11
11.4.1	熱保護装置	11-11
11.4.2	機能	11-11
11.4.3	温度モジュールの配線	11-12
11.5	顧客要求フォーム	11-13

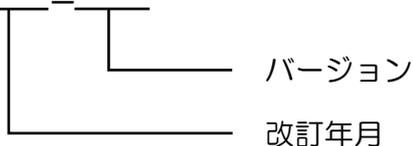
1. 概要

1.1	改訂履歴	1-2
1.2	このマニュアルについて	1-4
1.3	一般的な注意事項	1-5
1.4	安全上の注意	1-6
1.5	要件	1-13
1.6	著作権	1-13
1.7	メーカー情報	1-14
1.8	製品の監視	1-14

1.1 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。

MW99UJ01-2602_V1.6



日付	バージョン	適用機種	改訂内容
2026年2月	1.6	トルクモーター	<ol style="list-style-type: none"> 1. TM-5(J)の変更 2. 安全情報を変更 3. ケーブルの曲げ半径を編集
2025年6月17日	1.5	トルクモーター	<ol style="list-style-type: none"> 1. TM-5 を追加 2. TM-2 を削除
2023年3月14日	1.4	トルクモーター	<ol style="list-style-type: none"> 1. 構成の更新 2. EN 60721-3-1~3-3 の分類を更新 3. 長期保管説明書を修正 4. ケーブル説明に電圧反射を追加 5. 中性点振動説明文追加. 6. プリードアウト気泡の説明を追加. 7. ストールの説明を追加. 8. TMRW のエアギャップ値を変更します 9. TM-2(J0)を追加
2021年4月10日	1.3	トルクモーター	<ol style="list-style-type: none"> 10. TM-2/IM-2 を追加 11. 使用目的を追加 12. 製品コードと物流コンテンツを追加 13. 軸力の編集 14. 電源とコントローラーのサイジングを追加 15. 記号を編集 16. 許容範囲と仮説を追加する 17. 専門用語の追加 18. メンテナンスとトラブルシューティングのフォームを追加 19. 廃止措置と廃棄を追加
2019年4月15日	1.2	トルクモーター	<ol style="list-style-type: none"> 20. 安全上の注意事項を最初の章に移動 21. 冷却内容の編集 22. モーターインターフェース設計内容の編集

日付	バージョン	適用機種	改訂内容
2017年5月10日	1.1	トルクモーター	1. モーターサイジングコンフィギュレーターを追加 2. インターフェースデザインコンテンツを追加 3. 熱保護装置の追加 4. 専門用語の追加
2014年3月1日	1.0	トルクモーター	初版

1.2 このマニュアルについて

このマニュアルは、主に HIWIN の標準トルクモーターシリーズ(マニュアルでは「モーター」とも呼ばれます)、TMRW/TM-5/IM-2 について説明しています。このマニュアルは、完全に安全な状態でモーターを取り扱い、組み立て、操作する方法に関する情報をユーザーに提供します。特に記載のない限り、このマニュアルはカスタム製品にも適用されます。

HIWIN の責任は、いかなる場合でもトルクモーターの機能に限定され、お客様のシステムまたは機械全体をカバーするものではありません。故障または技術的な問題が発生し、この製品で解決できない場合は、HIWIN に技術サポートを依頼してください。このドキュメントに誤りや必要な修正が見つかった場合は、遠慮なくお知らせください。モーターの交換を除き、システム全体のすべての安全性と互換性の問題を評価するのは、顧客またはシステムを所有または操作する人です。HIWIN は、考えられる原因によるモーターの故障やシステムの機能不全について知ることはできず、責任を負いません。

1.3 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 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ことに起因する損害、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。
- ◆ 配線に損傷がなく、正常に接続できることを確認してください。
- ◆ 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、および実際のテスト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。
- ◆ 子供が製品に近づかないようにしてください。
- ◆ 心身症の方、経験の浅い方は単独で使用しないでください。マネージャーまたは製品の指導者の監督が絶対に必要です。
- ◆ このマニュアルに記載されている警告および安全に関する指示に従わなかった場合、死亡、人身傷害、または機器や財産の損害が発生する可能性があります。

納入製品が注文と一致しない場合は、HIWIN または地域の代理店にお問い合わせください。

HIWIN MIKROSYSTEM 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。

1.4 安全上の注意

この装置は、ユーザーがこの組み立てマニュアルの指示に厳密に従い、指定されたすべての技術的パラメーターと許容誤差を厳守しながら、電源および冷却システムを正しく組み立てて設置することを条件として、安全で信頼性の高い操作を保証するように細心の注意を払って設計されています。

この組立マニュアルの内容は最善を尽くして編集されていますが、安全な操作に必要なすべての情報や操作者が遵守しなければならないすべての詳細が網羅されているとは限りません。

ご不明な点がございましたら、HIWIN までお問い合わせください。

■ このユーザーマニュアルで使用されている図：

■ 手順：

指示は ◆ で示されます。

例：

- ◆ ユーザーに影響を与えないように永久磁石から少なくとも 300mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU によれば、静磁場のトリガー閾値は 0.5 mT です。

■ リスト：

リストは ■ で示されます。

例：

- 警告通知システム
- 基本的な安全上の注意事項

■ 情報：

情報は、一般的な情報と推奨事項を説明するものです。

例：

- 磁場内での作業要件を規定するドイツ社会傷害保険の DGUV 規則 103-013 を参照してください。
- 時計や磁気を帯びる可能性のあるデータ記憶媒体をダイレクトドライブシステムの近くに置かないでください (<300mm)！

■ 警告通知システム

安全に関する注意事項は、常にシグナルワードで示され、場合によっては特定のリスクを示すシンボルも表示されます。異なる安全警告シンボルは、異なる種類の危険を示しています。警告ラベルの付いた製品を取り扱う際は、個人の安全に十分ご注意ください。

 **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。

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！



手のつぶれに注意！



電気の警告！



高温面に注意！



磁場の警告！

必須標識



頭部保護具を着用してください！



ユーザーマニュアルを参照してください！



保護手袋を着用してください！



メンテナンスや修理を行う前に、接続を外してください。



安全靴を履いてください！



リフトポイント

■ 基本的な安全に関する注意事項

 **DANGER**



強力な磁場により死亡の危険があります！

トルクモーターシステムの周囲には強力な磁場が存在し、モーターに近づく医療用インプラントを装着している人にとっては危険です。これはモーターの電源がオフになっている場合も同様です。

- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から最低 300 mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU に基づく 0.5 mT の静磁場に対するトリガー閾値

国や地域のガイドラインや要件も考慮してください。

- ▶ 参考までに、ドイツ社会傷害保険の DGUV 規則 103-013 では、磁場を扱う際の要件を規定しています。

⚠ CAUTION



時計や磁気記憶媒体に物理的な損傷が発生するリスクがあります。

強力な磁力により、トルク モーター システムの近くにある時計や磁化可能なデータ ストレージ メディアが破壊される可能性があります！

- ▶ 時計や磁化可能なデータ記憶媒体をトルクモーターシステムの近く (<300 mm) に持ち込まないでください！

⚠ CAUTION



ローターまでの安全距離

- ▶ ローターの磁場は永久磁界です。ローターに身体が直接接触しても、静磁束密度は 2T を超えません。

■ 設置場所への輸送

⚠ DANGER



強力な磁場により死亡の危険があります！

トルクモーターシステムの周囲には強力な磁場が存在し、モーターに近づく医療用インプラントを装着している人にとっては危険です。これはモーターの電源がオフになっている場合も同様です。

- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から最低 300 mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU に基づく 0.5 mT の静磁場に対するトリガー閾値

国や地域のガイドラインや要件も考慮してください。

- ▶ 参考までに、ドイツ社会傷害保険の DGUV 規則 103-013 では、磁場を扱う際の要件を規定しています。

⚠ WARNING!



重い荷物は危険です！

重い荷物を持ち上げると、捻挫やねんざを起こす可能性があります。

- ◆ 20kg を超える重い荷物を配置する場合は、適切なサイズのホイストを使用してください！
- ◆ 吊り荷を取り扱う際は、適用される労働安全衛生規則を遵守してください！

- ◆ ステーターとローターの輸送用固定具（ブリッジ）を備えたモーターは、吊り下げ穴を使用して吊り下げることができます。吊り下げる際は、いかなる状況においても部品の強度にご注意ください。
- ▶ DIN 580 または JISB1168 の要件を満たすアイボルトを使用してください。

⚠ CAUTION



時計や磁気記憶媒体に物理的な損傷が発生するリスクがあります。

強力な磁力により、トルク モーター システムの近くにある時計や磁化可能なデータ ストレージ メディアが破壊される可能性があります！

- ▶ 時計や磁化可能なデータ記憶媒体をトルクモーターシステムの近く (<300 mm) に持ち込まないでください！

⚠ CAUTION



トルクモーターシステムの損傷！

トルクモーターは物理的な操作によって損傷を受ける可能性があります。

- ◆ ケーブルを直接引っ張らないでください。
- ◆ モーターに重い荷物や鋭利な物が乗っていないこと。

■ 組み立てと接続

⚠ DANGER



電圧による危険！

組み立て、分解、修理作業の前および作業中には、危険な電流が流れることがあります。

- ◆ 作業は必ず資格のある電気技師が、電源を切った状態で行ってください！
- ◆ ダイレクトドライブモーターシステムで作業を行う前に、電源を切り、再び電源が入らないようにしてください！

⚠ DANGER



強力な磁場により死亡の危険があります！

トルクモーターシステムの周囲には強力な磁場が存在し、モーターに近づく医療用インプラントを装着している人にとっては危険です。これはモーターの電源がオフになっている場合も同様です。

- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から最低 300 mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU に基づく 0.5 mT の静磁場に対するトリガー閾値

国や地域のガイドラインや要件も考慮してください。

- ▶ 参考までに、ドイツ社会傷害保険の DGUV 規則 103-013 では、磁場を扱う際の要件を規定しています。

DANGER!

強い引力により押しつぶされる危険があります!

- ◆ ローターとステーターを慎重に組み立ててください。
- ◆ ローターとステーターの間に指や物を置かないでください!
- ◆ ローターと磁化可能な物体が誤って引き合い衝突する可能性があります!
- ◆ 2つのローターが誤って引き合い衝突する可能性があります!
- ◆ 物体に作用するローターの磁力は数 kN にも達し、物体の特定の部分が挟まれる可能性があります。
- ◆ 吸引力を過小評価せず、慎重に操作してください。
- ◆ 必要に応じて安全手袋を着用してください。
- ◆ 操作時には少なくとも 2 人が協力する必要があります。
- ◆ 組み立て手順がまだローターの取り付けに達していない場合は、まずローターを安全で適切な場所に置いてください。
- ◆ 一度に複数のローターを持ち出さないでください。
- ◆ 保護なしで 2 つのローターを直接一緒に配置しないでください。
- ◆ 磁化しやすい物質をローターに近づけないでください。工具を磁化する必要がある場合は、両手でしっかりと持ち、ゆっくりとローターに近づけてください!
- ◆ 開梱後すぐにローターを取り付けることをお勧めします!
- ◆ ステーターとローターを取り付ける際は、ステーターとローターを個別に組み立てるための設置補助具が必要です。正しい方法に従ってください。
- ◆ 磁力で挟まれた体の一部（手、指、足など）を解放するために、以下のツールを常に手元に置いてください。
 - 非磁性固体材料で作られたハンマー（約 3kg）
- ◆ 非磁性材料で構成された 2 つのくさびブロック（くさび形の鋭角 10°~15°、最小高さ 50mm）。



WARNING!

重い荷物は危険です!

重い荷物を持ち上げると、ねんざを起こす可能性があります。

- ◆ 20kg を超える重い荷物を配置する場合は、適切なサイズのホイストを使用してください!
- ◆ 吊り荷を取り扱う際は、適用される労働安全衛生規則を遵守してください!
- ◆ ステーターとローターの輸送用固定具（ブリッジ）を備えたモーターは、吊り下げ穴を使用して吊り下げることができます。吊り下げの際は、いかなる状況においても部品の強度にご注意ください。
- ▶ DIN 580 または JISB1168 の要件を満たすアイボルトを使用してください。



⚠ CAUTION**トルクモーターシステムの損傷！**

トルクモーターは物理的な操作によって損傷を受ける可能性があります。

- ◆ ケーブルを直接引っ張らないでください。
- ◆ モーターに重い荷物や鋭利な物が乗っていないこと。

■ 電気設備

⚠ DANGER**電圧による危険！**

モーターが動いていなくても電流が流れることがあります。

- ◆ モーターから電気接続を外す前に、ダイレクトドライブモーターシステムが電源から切断されていることを確認してください。
- ◆ ドライバーアンプを電源から取り外した後、通電中の部品に触れたり接続を解除する前に少なくとも 5 分間待ってください。

⚠ DANGER**電圧による危険！**

モーターの接地が不適切だと感電の危険があります。

- ◆ 電源を接続する前に、モーターシステムが正しく接地されていることを確認してください。

■ メンテナンスと清掃

⚠ DANGER**電圧による危険！**

モーターが動いていなくても電流が流れることがあります。

- ◆ モーターから電気接続を外す前に、ダイレクトドライブモーターシステムが電源から切断されていることを確認してください。
- ◆ ドライバーアンプを電源から取り外した後、通電中の部品に触れたり接続を解除する前に少なくとも 5 分間待ってください。

⚠ DANGER!**強い引力により押しつぶされる危険があります！**

- ◆ ローターとステーターを慎重に組み立ててください！
- ◆ ローターとステーターの間に指や物を置かないでください！
- ◆ ローターと磁化可能な物体が誤って引き合い衝突する可能性があります！
- ◆ 2つのローターが偶然に引き合い衝突する可能性があります！

- ◆ 物体に作用するローターの磁力は数 kN にも達し、物体の特定の部分が挟まれる可能性があります。
- ◆ 吸引力を過小評価せず、慎重に操作してください。
- ◆ 必要に応じて安全手袋を着用してください。
- ◆ 操作時には少なくとも 2 人が協力する必要があります。
- ◆ 組み立て手順がまだローターの取り付けに達していない場合は、まずローターを安全で適切な場所に置いてください。
- ◆ 一度に複数のローターを持ち出さないでください。
- ◆ 保護なしで 2 つのローターを直接一緒に配置しないでください。
- ◆ 磁化しやすい物質をローターに近づけないでください。工具を磁化する必要がある場合は、両手でしっかりと持ち、ゆっくりとローターに近づけてください！
- ◆ 開梱後すぐにローターを取り付けることをお勧めします！
- ◆ スターターとローターを取り付ける際は、スターターとローターを個別に組み立てるための設置補助具が必要です。正しい方法に従ってください。
- ◆ 磁力で挟まれた体の一部（手、指、足など）を解放するために、以下のツールを常に手元に置いてください。
 - 非磁性固体材料で作られたハンマー（約 3kg）
- ◆ 非磁性材料で構成された 2 つのくさびブロック（くさび形の鋭角 10°~15°、最小高さ 50mm）。

WARNING!

可動部品による圧迫の危険！



- ◆ オペレーターは、機械の危険領域に手が届かないようにするための装置を用意する必要があります！

WARNING

火傷の危険があります！



モーターは作動中に熱くなるため、モーターに触れると火傷する可能性があります！

- ◆ ドライバーアンプを電源から外した後、カバーを外してモーターに触れる前に少なくとも 5 分間待ってください。

WARNING

システムの無許可の修理



モーターは作動中に熱くなるため、モーターに触れると火傷する可能性があります！

- ◆ システムに対して許可されていない作業を行うと、怪我をするリスクが生じ、保証が無効になる場合があります！
- ◆ システムのメンテナンスは専門の担当者のみが行う必要があります！

1.5 要件

資格を有する技術者とは、本製品の設置、組み立て、試運転、および操作手順に精通し、以下の必要な資格と専門知識を有する個人と定義されます。

- オペレータはトルクモーターの操作手順に関するトレーニングを受けており、このユーザーマニュアルを完全に読んで理解しているものとします。
- 保守担当者は、人、財産、または環境への危険を防ぐためにトルクモーターの保守と修理を実行するものとします。
- 関連するすべての規格、規制、事故防止規則、および操作条件に関する知識を有するものとします。
- 潜在的な危険を識別し、軽減する能力を有しているものとします。
- 適切な個人用保護具の使用をしているものとします。
- 基礎的な応急処置コースの修了をしているものとします。

1.6 著作権

このユーザーマニュアルは著作権によって保護されています。全体または一部の複製、出版、修正、または要約には、HIWIN MIKROSYSTEM の書面による承認が必要です。

注：

HIWIN MIKROSYSTEM は、このマニュアルの内容または製品仕様を予告なしに変更する権利を有します。

1.7 メーカー情報

表 1.7.1 メーカー詳細

Corp.	HIWIN MIKROSYSTEM CORP.
Address	No.6, Jingke Central Rd., Taichung Precision Machinery Park, Taichung 40852, Taiwan
Tel.	+886-4-23550110
Fax	+886-4-23550123
Sales E-mail	business@hiwinmikro.tw
Customer Service E-mail	service@hiwinmikro.tw
Website	http://www.hiwinmikro.tw

1.8 製品の監視

トルクモーターのメーカー、HIWIN MIKROSYSTEM までご連絡ください。

- 予期せぬ出来事があった時
- トルクモーターの潜在的な危険がある時
- 分かりにくい本書の内容がある時

2. 安全に関する基本情報

2.1	概要	2-2
2.2	基本的な安全上の注意事項	2-3
2.3	合理的に予測可能な誤用	2-4
2.4	変換および変更	2-5
2.5	残存リスク	2-6
2.6	要員要件	2-7
2.7	保護具	2-8
2.7.1	強力な磁場の危険性	2-9
2.8	トルクモーターのラベル	2-11

2.1 概要

トルクモーターは、自動化されたシステム内のシステムコンポーネントである固定搭載負荷の時間と位置を正確に位置決めするためのロータリッドライブシステムのコンポーネントです。

トルクモーターは、任意の位置での取り付けと操作ができるように設計されています。移動する負荷は、ローターにしっかりと取り付けられている必要があります。

トルクモーターコンポーネントは、屋外または爆発の可能性のある環境では使用しないでください。

トルクモーターコンポーネントは、記載されている意図された目的にのみ使用することができます。

- ◆ トルクモーターは、指定された性能制限内で操作する必要があります。
- ◆ トルクモーターを安全に操作するには、過負荷からモーターを保護するための適切な安全対策を講じる必要があります。
- ◆ トルクモーターの適切な使用には、組み立て説明書の遵守、メンテナンスおよび修理の仕様に従うことが含まれます。
- ◆ トルクモーターコンポーネントを他の目的に使用することは、不適切な使用とみなされます。
- ◆ HIWIN の純正スペアパーツのみを使用してください。

2.2 基本的な安全上の注意事項

DANGER

強力な磁場による死亡の危険！



トルクモーターシステムの周囲の強い磁場は、アクティブな医療用インプラントを装着した人がモーターに近づくと危険です。これは、モーターがオフになっている場合にも当てはまります。

- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から最低 300 mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU に基づく 0.5 mT の静磁場に対するトリガー閾値

また、国および地域のガイドラインまたは要件も考慮してください。

- ◆ 参考までに、ドイツの社会事故保険の DGUV 規則 103-013 は、磁場を扱う際の要件を指定しています。

CAUTION



時計や磁気記憶媒体に物理的な損傷を与える危険性があります。

強力な磁力により、トルクモーターシステムの近くにある時計や磁化可能なデータストレージメディアが破壊される可能性があります。

- ▶ トルクモーターシステムの近く(<300 mm)に時計や磁気データ記憶媒体を持ち込まないでください。

CAUTION



ローターまでの安全距離

- ▶ ローターの磁場は永続的です。ロータに身体が直接接触しても、2T の静磁束密度を超えることはありません。

- ◆ 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。
- ◆ 定格負荷でご使用ください。
- ◆ IEC 60034-5 規格によると、すべての HIWIN トルクモーターは次の保護クラスを備えています：固定子は IP20、回転子は IP00。
- ◆ HIWIN トルクモーターには、IEC 60085 規格による絶縁クラス F (TM-5 / IM-2 シリーズ)およびクラス B (TMRW シリーズ)があります。

2.3 合理的に予測可能な誤用

次のような誤った使用や条件は避けてください：

操作および保守エラー：

- ◆ このマニュアルに記載されている安全に関する情報および指示を守らないこと。
- ◆ トルクモーターをライン電源（主電源）に直接接続して使用すること。
- ◆ 温度センサーをコンバータに直接接続して使用すること。
- ◆ 訓練を受けていない、または許可されていない人がモーターを操作またはメンテナンスすること。
- ◆ モーターが適切に固定されていない状態で作業すること。
- ◆ モーターを不注意に、または故意に不注意に取り扱うこと。
- ◆ 永久磁石の磁力の吸引力を過小評価すること。
- ◆ ペースメーカー、植込み型除細動器、金属インプラントなどを装着している人に対して必要な安全クリアランスを無視すること。
- ◆ 誘導によってケーブル接続部の電圧が過小評価されること。
- ◆ エンコーダーの取り付けまたは交換時の整流設定が正しくされないこと。
- ◆ 高温の表面との接触がされること。
- ◆ 個人用保護具 (PPE) を使用せずにモーターを取り扱うこと。
- ◆ 機器の損傷は無視して使用すること。

使用環境および条件エラー：

- ◆ モーターを非産業用または商業用用途（家庭用など）に使用すること。
- ◆ 許容されない環境条件で動作させること（指定された温度または湿度の範囲外など）。
- ◆ 危険区域（爆発の危険性がある環境など）で使用すること。
- ◆ 汚れた状態（ほこりや油が付着しているなど）で動作させること。
- ◆ 攻撃的な物質（酸、アルカリ、腐食性化学物質など）との接触を許容すること。
- ◆ 冷却が不十分な状態で動作させること。

廃棄および変更エラー：

- ◆ 定格プレート上のデータや仕様を無視すること。
- ◆ 不適切な梱包、保管、または輸送。
- ◆ モーターハウジングを分解（開ける）すること。
- ◆ 廃棄モーターの不適切な処分。

2.4 変換および変更

- 許可なく製品を改造、分解、損傷しないでください。ご要望がございましたら、弊社営業部までご連絡いただき、ご要望をお聞かせください。
- 製品ラベルや付属のマーキングカードを勝手に剥がさないでください。
- 当社ロゴ入りのダンボールは、他の商品の販売・転送には使用しないでください。

2.5 残存リスク

ユーザーが製品を正常に操作し、ユーザーマニュアルの指示と注意事項に従うと、事故のリスクを効果的に制御および軽減できます。マニュアルの関連するセクションでは、製品の使用に関連する保守および潜在的なリスクと警告に関する情報を提供します。

この製品の使用に関連する残留リスクが依然として存在する可能性があります。たとえば、顧客やオペレーターにユーザーマニュアルを読むように伝えることは重要ですが、製品の指示を完全に理解しているかどうかは定かではありません。取扱説明書についてご不明な点がございましたら、弊社営業部までお問い合わせください。専門的な指導で対応いたします。

2.6 要員要件

本装置のすべての操作および組み立ては、本組立説明書を読み、理解した、資格を有し十分な訓練を受けた技術者のみが行う必要があります。トルクモーター部品の作業は、資格を有し、能力のある者のみが行うことができます。作業開始前に、安全装置および安全規則を熟知している必要があります。(表 2.6.1 参照)

表 2.6.1 人事要件

活動	資格
試運転	オペレーターまたはメーカーの訓練を受けた専門スタッフ
機械設備	資格と経験を備えた人員
電気接続	電気システムに関する作業は、資格を有する電気技術者のみが行うことができます。また、すべての技術仕様に従い、資格を有する電気技師の直接指導と監督の下、訓練を受けた技術者が作業を行うこともできます。
クリーニング	資格と経験を備えた人員
メンテナンス	オペレーターまたはメーカーの訓練を受けた専門スタッフ
修理	オペレーターまたはメーカーの訓練を受けた専門スタッフ

- ◆ デバイスの組み立てと操作は、ユーザーマニュアルに従ってのみ行ってください。
- ◆ 作中は、安全、事故防止、環境保護に関するすべての関連法律、指令、規則を遵守する必要があります。
- ◆ 作業エリアには、必要なすべての構造上の安全機能と適切な警告標識を設置して利用できるようにする必要があります。
- ◆ すべての操作は、十分な資格を持ち、十分に訓練された技術者のみが実行できるように制限されています。
- ◆ オペレーターがトルクモーターの実践的な安全トレーニングを受けており、このユーザーマニュアル全体を読んで理解していることを確認します。
- ◆ 従業員は、すべての労働安全保護指令に準拠した適切な個人用保護具 (PPE) を使用する必要があります。
- ◆ 許可なく設備の構造を変更してはいけません。
- ◆ 指定されたメンテナンス間隔と関連するメンテナンス作業を遵守する必要があります。

2.7 保護具

■ 個人用保護具

表 2.7.1 個人用保護具

運用段階	必須標識	個人用保護具
輸送		製品を移動する際は、不意の落下や怪我の危険を避けるため、安全靴を着用してください。
通常動作		ローターを組み立てる際は、吸引力が強いため、吊り下げ方式を採用し、保護のために安全ヘルメットを着用する必要があります。
クリーニングとメンテナンス		製品表面を潤滑し、アルコールで拭くときは、ラテックス手袋を着用してください。
試運転		騒音がある場合は、騒音に長時間さらされないようにし、保護耳栓を着用してください。

■ 安全装備

この製品には、さまざまなサイズと仕様があります。人力で運べない場合は、クレーンで吊り上げてください。持ち上げるときは、頭を保護するために安全ヘルメットを必ず着用してください。

表 2.7.2 安全装置の要件

運用段階	必須標識	安全装置
吊り下げ		リフティングリングがしっかりと固定され、負荷が指定された制限内であることを確認します。

2.7.1 強力な磁場の危険性

ダイレクトドライブモーターのローター内の永久磁石は非常に強い磁場を持っています。入力電流がない場合、モーターの強力な磁気はローター上の永久磁石から発生し、磁場の強さは距離に反比例します（図 2.7.1）。また、動作中に追加の電磁場が発生します。

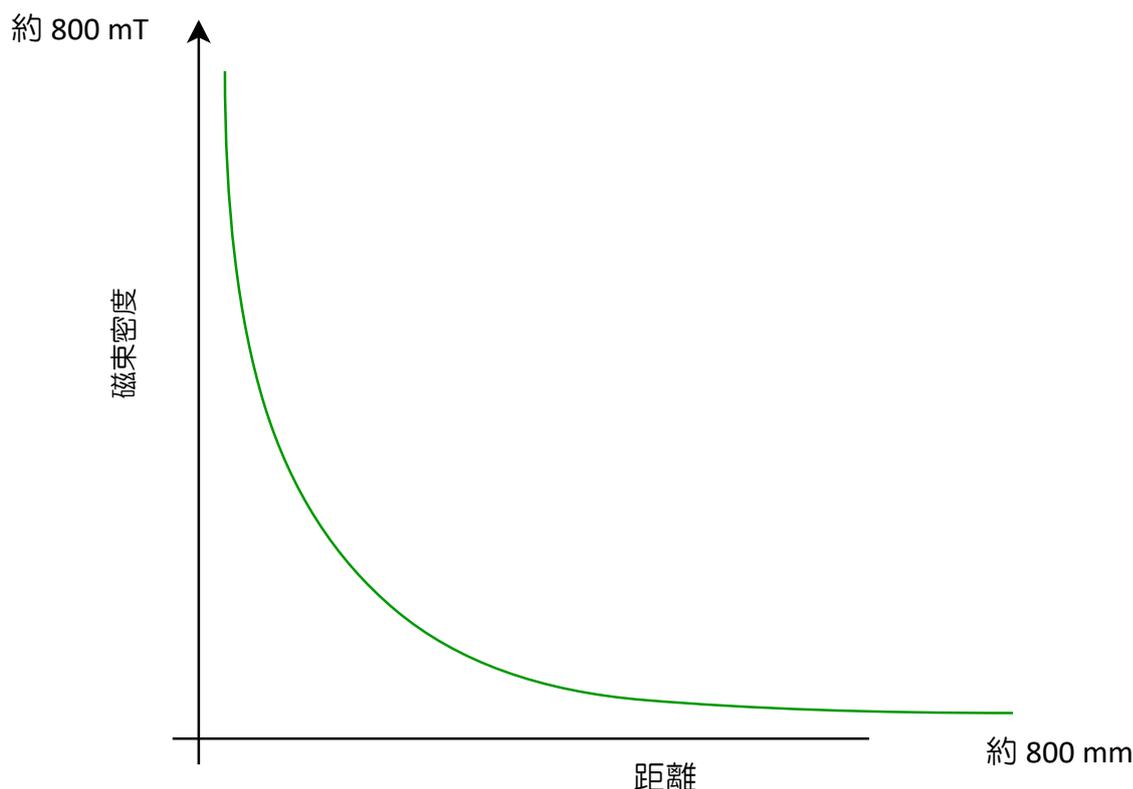


図 2.7.1 回転子の静磁場の模式図

DANGER

強力な磁場により死亡の危険があります！

トルクモーターシステムの周囲には強力な磁場が存在し、モーターに近づく医療用インプラントを装着している人にとっては危険です。これはモーターの電源がオフになっている場合も同様です。



- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から最低 300 mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU に基づく 0.5 mT の静磁場に対するトリガー閾値

国や地域のガイドラインや要件も考慮してください。

- ▶ 参考までに、ドイツ社会傷害保険の DGUV 規則 103-013 では、磁場を扱う際の要件を規定しています。

 **DANGER!**

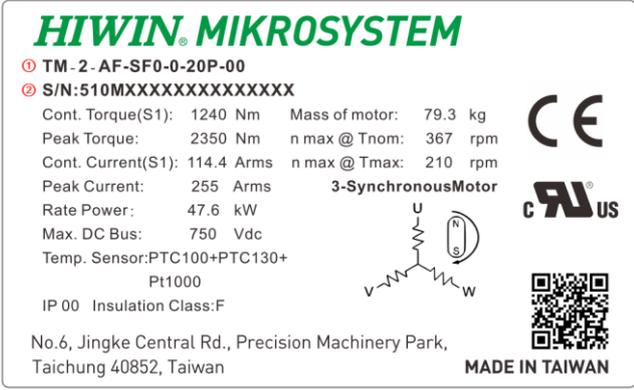
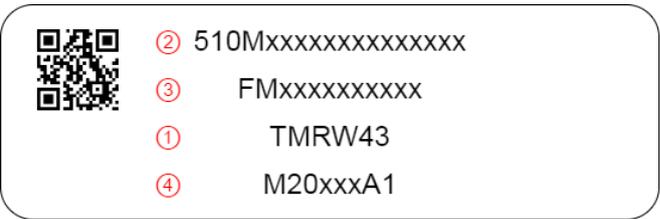
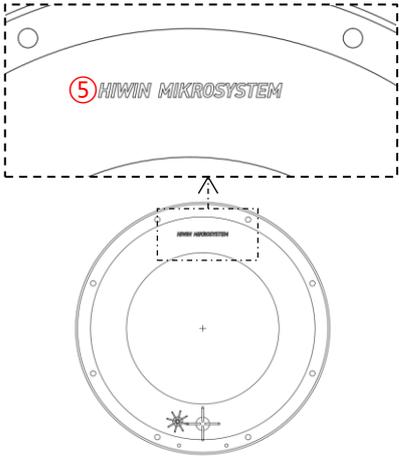
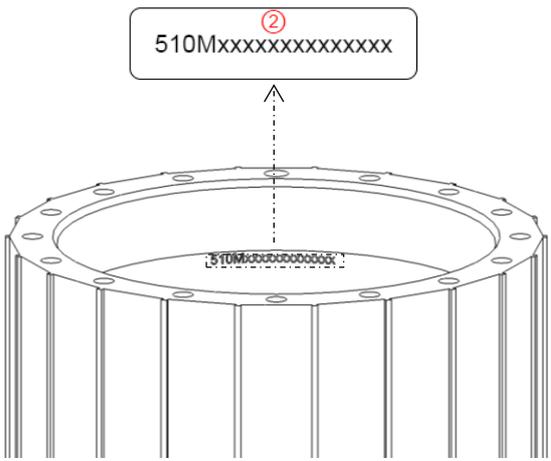
強い引力により押しつぶされる危険があります！

- ◆ ローターとステーターを慎重に組み立てます！
- ◆ ローターとステーターの間に指や物を置かないでください！
- ◆ ローターと磁化可能な物体が誤って引き合い衝突する可能性があります！
- ◆ 2つのローターが誤って引き合い衝突する可能性があります！
- ◆ 物体に作用するローターの磁力は数 kN にも達し、物体の特定の部分が挟まれる可能性があります。
- ◆ 吸引力を過小評価せず、慎重に操作してください。
- ◆ 必要に応じて安全手袋を着用してください。
- ◆ 操作時には少なくとも 2 人が協力する必要があります。
- ◆ 組み立て手順がまだローターの取り付けに達していない場合は、まずローターを安全で適切な場所に置いてください。
- ◆ 一度に複数のローターを持ち出さないでください。
- ◆ 保護なしで 2 つのローターを直接一緒に配置しないでください。
- ◆ 磁化しやすい物質をローターに近づけないでください。工具を磁化する必要がある場合は、両手でしっかりと持ち、ゆっくりとローターに近づけてください！
- ◆ 開梱後すぐにローターを取り付けることをお勧めします！
- ◆ ステーターとローターを取り付ける際は、ステーターとローターを個別に組み立てるための設置補助具が必要です。正しい方法に従ってください。
- ◆ 磁力で挟まれた体の一部（手、指、足など）を解放するために、以下のツールを常に手元に置いてください。
 - 非磁性固体材料で作られたハンマー（約 3kg）
- ◆ 非磁性材料で構成された 2 つのくさびブロック（くさび形の鋭角 10°~15°、最小高さ 50mm）。



2.8 トルクモーターのラベル

各ローターとステーターには特定のマークが付いています。ネームラベル2枚、簡易ラベル3枚、Oリング2個を同梱してお届けします。また、ローターに磁気警告サインが1つあります。これらのラベルの例を次に示します

ネームラベル	シンプルラベル
 <p>HIWIN MIKROSYSTEM</p> <p>① TM-2-AF-SF0-0-20P-00 ② S/N:510MXXXXXXXXXXXXXX</p> <p>Cont. Torque(S1): 1240 Nm Mass of motor: 79.3 kg Peak Torque: 2350 Nm n max @ Tnom: 367 rpm Cont. Current(S1): 114.4 Arms n max @ Tmax: 210 rpm Peak Current: 255 Arms 3-SynchronousMotor Rate Power: 47.6 kW Max. DC Bus: 750 Vdc Temp. Sensor:PTC100+PTC130+ Pt1000 IP 00 Insulation Class:F</p> <p>No.6, Jingke Central Rd., Precision Machinery Park, Taichung 40852, Taiwan MADE IN TAIWAN</p>	 <p>② 510MXXXXXXXXXXXXXX ③ FMXXXXXXXXXX ① TMRW43 ④ M20xxxA1</p>
ステーターマーク	ロータマーク
 <p>⑤ HIWIN MIKROSYSTEM</p>	 <p>② 510MXXXXXXXXXXXXXX</p>
<p>① : モーターの種類 ② : シリアルナンバー ③ : 品番 ④ : 図面番号 ⑤ : レーザー彫刻商標</p>	
磁気の警告標識	
 <p>WARNING MAGNETIC FIELD. Can be harmful to pacemaker wearers. Pacemaker wearers stay back 30cm (12in)</p>	

(このページはブランクになっています)

3. 製品の説明

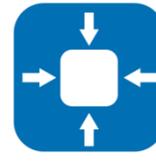
3.1	トルクモーターの説明	3-2
3.2	トルクモーターの主要部品	3-3
3.3	注文コード	3-5
3.3.1	TMRW シリーズの型番	3-5
3.3.2	TM-5 シリーズの型番	3-6
3.3.3	IM-2 シリーズの型番	3-7
3.3.4	TM-5(J0)シリーズの型番	3-9
3.4	モーターのサイズと選定	3-11
3.4.1	基本的なトルクモーターの選定	3-11
3.4.2	熱計算	3-15
3.4.3	冷却関連	3-22
3.5	ドライバー関連	3-28
3.5.1	電源とコントローラーの選択	3-28
3.5.2	ケーブルの電圧反射	3-30
3.5.3	中性点発振現象	3-33
3.5.4	中性点電圧測定	3-36

3.1 トルクモーターの説明

トルクモーターは永久磁石同期モーター(PMSM)設計を採用し、効率を高め、大きなトルク出力を生成します。トルクモーターは、減速機付サーボモーターとは異なり、負荷に直結してトルクを出力できません。利点は次のとおりです。

▶ 設計が容易

- 大きな中空シャフト - 大きな中空シャフトローターにより、設計の難しさが軽減されます。ケーブルの処理がしやすく、さまざまなパーツを収納できます。
- 少ない部品点数 - 負荷に直接接続することで、移行部品の数を減らし、信頼性をさらに向上させることができます。
- コンパクト - 大きな中空シャフトと直結の特性により、機構設計がよりコンパクトになります。



▶ コストを低減

- 減速機なし - インストールの難しさとメンテナンスコストを削減します。
- 摩耗部品なし - ダウンタイムとメンテナンス時間を大幅に短縮します。連続生産が可能です。
- 長寿命 - 摩耗や減速機がないため、機械の寿命が大幅に向上します。



▶ パフォーマンスを向上させる

- 高い動特性 - 弾性結合、バックラッシュ、摩擦などの伝達遅延がなく、最高の運動特性を提供します。
- 低コギングトルク - HIWIN の最適化されたモーター設計による複数の極性により、動作中のコギングトルクが減少します。
- 低慣性モーメント - 大きな中空シャフトローターが負荷を軽減します。
- 高精度 - 負荷に直接接続すると、位置フィードバックがより正確になります。



3.2 トルクモーターの主要部品

HIWIN トルクモーターは、水冷によって最高のパフォーマンスを得ることができます。ベアリング、フィードバックシステム、およびその他の関連部品は出荷対象外です。モーターの基本構造を図 3.2.1 に示します。

■ スターター

TMRW/TM-5/IM-2 シリーズのスターターには冷却チャンネルが含まれています。固定子ハウジングはアルミニウム合金または鋼でできており、内部はエポキシで覆われた鉄心、コイルで構成されています。モーター電源ケーブルと温度センサーケーブルの片側に 2 つのケーブルアウトレットがあります。スターターは、お客様の機械の固定部分に取り付ける必要があります。J口タイプは、図 3.2.2 に示すように、固定子の外側に冷却ジャケットが取り付けられています。

■ ローター

主な構造は、磁石が均等に取り付けられたスチールリングです。ローターはお客様の機械の回転部に取り付けてください。磁力が強いため、組み立てや取り扱いの際には十分な保護が必要です。危険を避けるため、磁気導体(鉄製の物体など)から離してください。

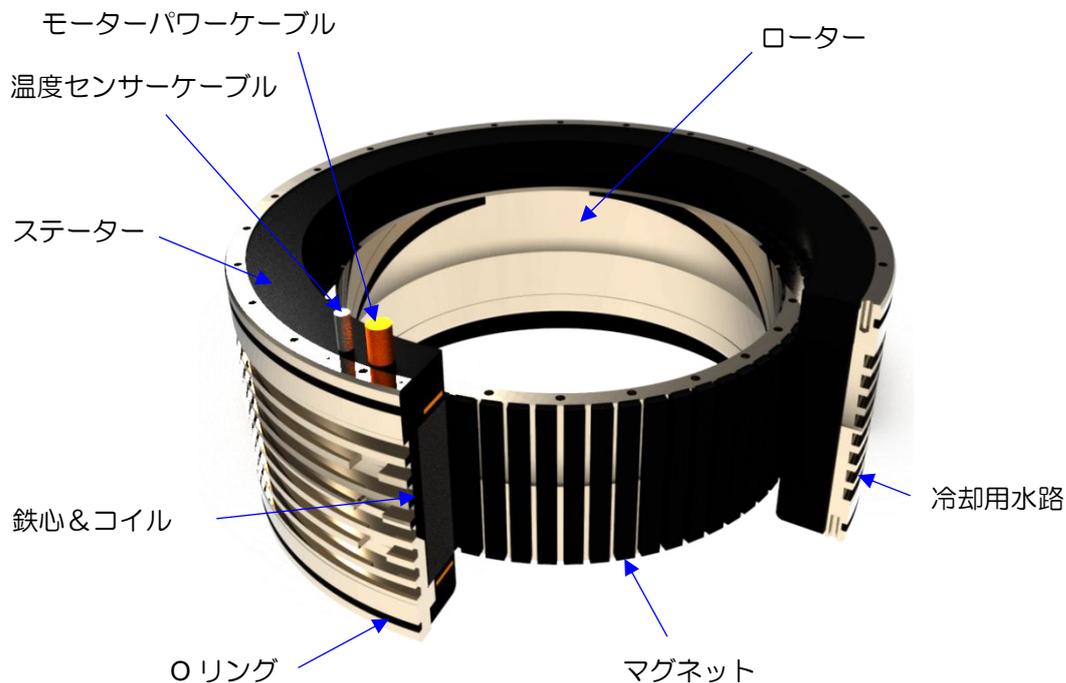


図 3.2.1 トルクモーター TMRW/TM-5 の基本構造

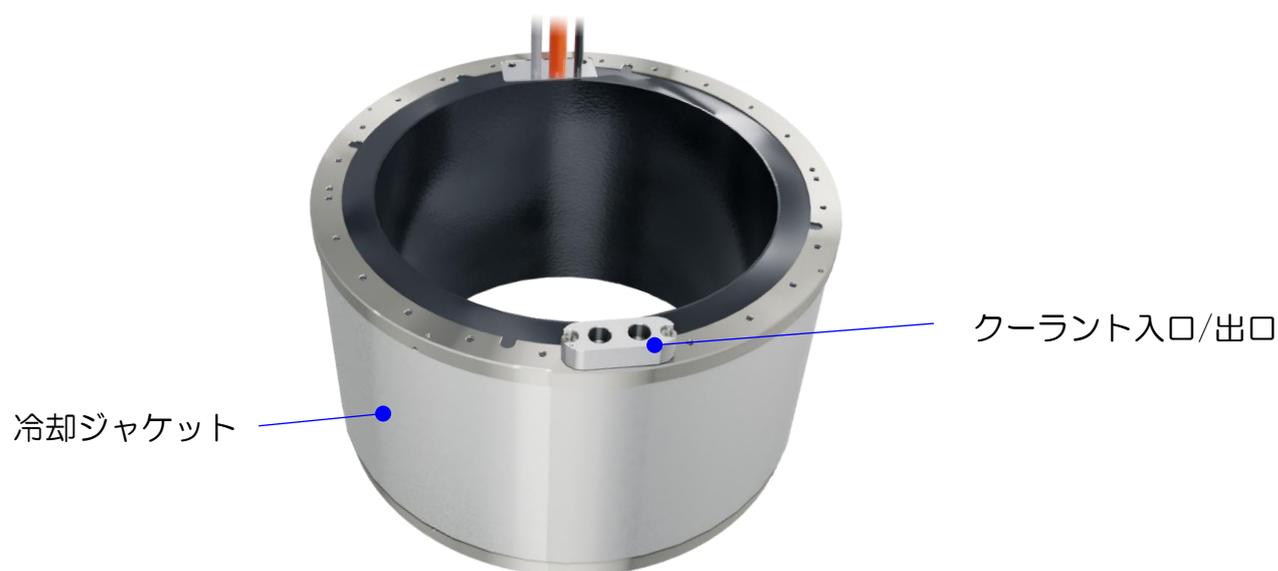


図 3.2.2 トルクモーター TM-5(J□)の基本構造

3.3 注文コード

3.3.1 TMRW シリーズの型番

	モーター仕様			機能		特性	
	TMRW	4	7	L	C	X	X
タイプ :							
TMRW : トルクモーター							
固定子の外径寸法 :							
1 : Ø160mm							
2 : Ø198mm							
4 : Ø230mm							
7 : Ø310mm							
A : Ø385mm							
D : Ø485mm							
G : Ø565mm							
ローター (マグネット) の高さ :							
3 : 30mm							
5 : 50mm							
7 : 70mm							
A : 100mm							
F : 150mm							
巻線コード :							
: 標準							
L : 低逆起電力型							
オプション :							
: 標準							
C : カスタム仕様							
予約 :							
: 標準							
XX : 特性コード							
モーターのデータシートを参照							

3.3.2 TM-5 シリーズの型番

	モーター仕様						温度センサー	ケーブル仕様		予約			
	TM	5	7	5	P	B	6	0	20	V	X	X	
タイプ :	TM-5: トルクモーター												
ステーター外径寸法													
1	: Ø160mm												
2	: Ø198mm												
4	: Ø230mm												
7	: Ø310mm												
A	: Ø385mm												
D	: Ø485mm												
G	: Ø565mm												
ローター (マグネット) 高さ:													
3	: 30mm												
5	: 50mm												
7	: 70mm												
A	: 100mm												
F	: 150mm												
モーター特性コード													
トルクや速度などの詳細なパフォーマンスデータはデータシートに記載。													
温度センサー構成:													
0	: PTC100+PTC130+Pt1000 (標準)												
1	: PTC100+PTC130+Pt1000x3												
:													
電源ケーブルと温度センサーケーブルの長さ:													
20	: 2.0m (標準)												
05	: 0.5m												
10	: 1.0m												
注: ケーブル長 ≤ 10m													
:													
ケーブル出力スタイル: ケーブル出力スタイルの回路図は図 3.3.1 を参照													
S	: ストレート出力 (TM-5-1x / TM-5-2x 標準仕様)												
V	: ケーブルクランプ付きストレート出力 (TM-5-4x / TM-5-7x / TM-5-Ax / TM-5-Dx / TM-5-Gx 標準仕様)												
H	: ケーブルクランプによる接線方向 90°出力 (温度ケーブルストレート出力)												
P	: すべてのケーブル (U/V/W/G) はケーブルクランプで分離可能 (ストレート出力)												
:													
予約:													
00	: ステーターとローターは別々に出荷されます (標準仕様)												
03	: ステーターとローターの組み立てと最終出荷 (ケーブル側のブリッジ)												
注: 高さ 101mm 未満のローター (マグネット) にのみ適用されます。													
T0	: 低流量バージョン、ステーターとローターは別々に出荷されます												
T3	: 低流量バージョン、ステーターとローターのアセンブリおよび最終出荷 (ケーブル側のブリッジ)												
注: 高さ 101mm 未満のローター (マグネット) にのみ適用されます。													
:													

3.3.3 IM-2 シリーズの型番

	モーター仕様						温度センサー	ケーブル仕様		予約									
	IM	-	2	-	7	5	-	S	D	0	-	0	-	20	V	-	X	X	
タイプ :																			
IM-2 : IM モーター																			
ステーター外径寸法 :																			
1 : Ø160mm																			
2 : Ø198mm																			
4 : Ø230mm																			
7 : Ø310mm																			
A : Ø385mm																			
D : Ø485mm																			
G : Ø565mm																			
ローター (マグネット) 高さ :																			
3 : 30mm																			
5 : 50mm																			
7 : 70mm																			
A : 100mm																			
F : 150mm																			
モータ特性コード																			
トルクや速度などの詳細なパフォーマンスデータはデータシートに記載。																			
温度センサー構成																			
0 : PTC100+PTC130+Pt1000 (標準)																			
1 : PTC100+PTC130+Pt1000x3																			
:																			
電源ケーブルと温度センサーケーブルの長さ:																			
20 : 2.0m (標準)																			
05 : 0.5m																			
10 : 1.0m																			
注: ケーブル長≤10m																			
:																			
ケーブル出力スタイル: ケーブル出力スタイルの回路図は図 3.3.1 を参照																			
S : ストレート出力																			
V : ケーブルクランプ付きストレート出力																			
H : ケーブルクランプによる接続方向 90°出力 (温度ケーブルストレート出力)																			
P : すべてのケーブル (U/V/W/G) はケーブルクランプで分離可能 (ストレート出力)																			
:																			
予約:																			
00 : ステーターとローターは別々に出荷されます (標準仕様)																			
03 : ステーターとローターの組み立てと最終出荷 (ケーブル側のブリッジ)																			
注: 高さ 101mm 未満のローター (マグネット) にのみ適用されます。																			
:																			

<p>S: ストレート出力</p>	<p>V: ケーブルクランプ付きストレート出力</p>
	
<p>H: ケーブルクランプによる接続方向 90°出力 (温度ケーブルストレート出力)</p>	<p>P: すべてのケーブルはケーブルクランプで分離可能 (ストレート出力)</p>
	
<p>注：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ケーブル出力のみ 2. 上記のスタイルは概略図であり、正確な寸法については承認図を参照してください。 	

図 3.3.1 冷却ジャケットなしのモーターのケーブル出カスタイル

3.3.4 TM-5(J0)シリーズの型番

モーター仕様				温度センサー	ケーブル仕様		予約										
TM	-	5	-	7	5	-	S	D	0	-	0	-	20	V	-	J	0
タイプ :																	
TM-5: トルクモーター																	
ステーター外径寸法																	
7 : Ø329mm																	
A : Ø399mm																	
D : Ø498mm																	
G : Ø572mm																	
ローター (マグネット) 高さ:																	
3 : 30mm																	
5 : 50mm																	
7 : 70mm																	
A : 100mm																	
F : 150mm																	
モーター特性コード																	
トルクや速度などの詳細なパフォーマンスデータはデータシートに記載。																	
温度センサー構成:																	
0 : PTC100+PTC130+Pt1000 (標準)																	
1 : PTC100+PTC130+Pt1000x3																	
:																	
電源ケーブルと温度センサーケーブルの長さ:																	
20 : 2.0m (標準)																	
05 : 0.5m																	
10 : 1.0m																	
注: ケーブル長≤10m																	
:																	
ケーブル出力スタイル: ケーブル出力スタイルの回路図は図 3.3.2 を参照																	
S : ストレート出力 (TM-5-1x / TM-5-2x 標準仕様)																	
V : ケーブルクランプ付きストレート出力 (TM-5-4x / TM-5-7x / TM-5-Ax / TM-5-Dx / TM-5-Gx 標準仕様)																	
H : ケーブルクランプによる接線方向 90°出力 (温度ケーブルストレート出力)																	
P : すべてのケーブル (U/V/W/G) はケーブルクランプで分離可能 (ストレート出力)																	
:																	
予約:																	
J5 : 冷却ジャケット付き、ステーターとローターは別々に出荷されます (標準仕様)																	
J5t : 冷却ジャケット付きの低流量バージョン。ステーターとローターは別々に出荷されます。																	
:																	

<p>S: ストレート出力</p>	<p>V: ケーブルクランプ付きストレート出力</p>
	
<p>H: ケーブルクランプによる接続方向 90°出力 (温度ケーブルストレート出力)</p>	<p>P: すべてのケーブルはケーブルクランプで分離可能 (ストレート出力)</p>
	
<p>注：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ケーブル出力のみ 2. 上記のスタイルは概略図であり、正確な寸法については承認図を参照してください。 	

図 3.3.2 冷却ジャケット付きモータのケーブル出カスタイル

3.4 モーターのサイズと選定

3.4.1 基本的なトルクモーターの選定

速度、移動距離、負荷イナーシャから適切なモーターを選択する方法を以下の内容で説明します。モーターのサイジングの基本的なプロセスは次のとおりです。

要求

- 動作環境
- 設置（水平または垂直）
- 駆動方法
- 負荷条件（負荷慣性、摩擦、切削抵抗）
- 速度条件（最大加速度・最大速度）
- デューティサイクル



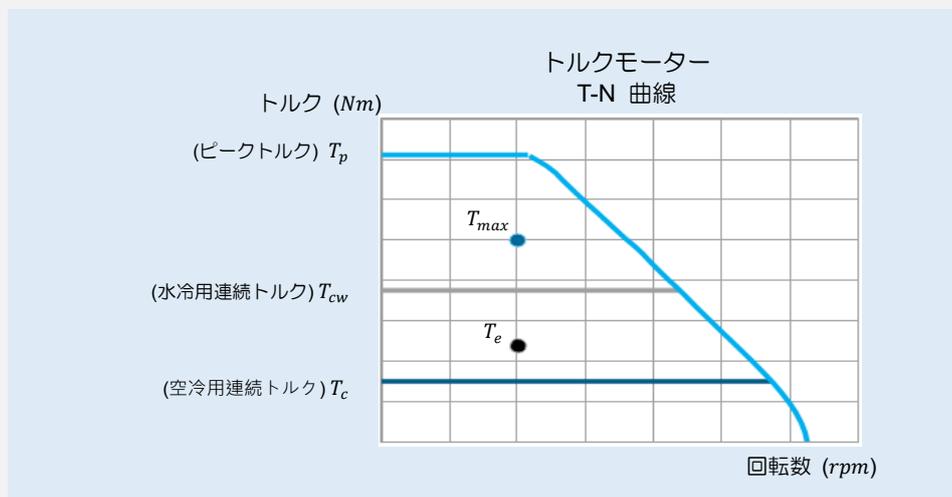
トルク計算

- 各運転条件で速度に応じたトルクを算出
- 等価トルクの計算



モーターのサイジングと T-N 曲線の確認

- 計算された最大トルク、等価トルク、回転数から、HIWIN のカタログから適切なモーターを選択してください。
- すべての動作条件下での速度とそれに対応するトルクが、モーターのトルク-速度曲線の範囲内にあることを確認してください。
- 等価トルクがモーターの連続トルク以内であることを確認してください。



■ 記号

φ	角変位(rad)	I_p	ピーク電流(A_{rms})
t	移動時間(sec)	I_e	等価電流(A_{rms})
α	角加速度(rad/s^2)	I_c	連続電流(A_{rms})
ω	角速度(rad/s)	ω_0	初期角速度(rad/s)
J_L	負荷慣性モーメント(kgm^2)	m	積載質量(kg)
J	ローターイナーシャ (kgm^2)	R_L	積載質量の外径(m)
T_p	ピークトルク (Nm)	r_L	積載質量の内径(m)
T_c	連続トルク(Nm)	$a_L \cdot b_L$	積載質量の辺の長さ(m)
T_j	慣性トルク(Nm)	S	重心から回転中心までの距離(m)
K_t	トルク定数(Nm/A_{rms})		

STEP 1 要件

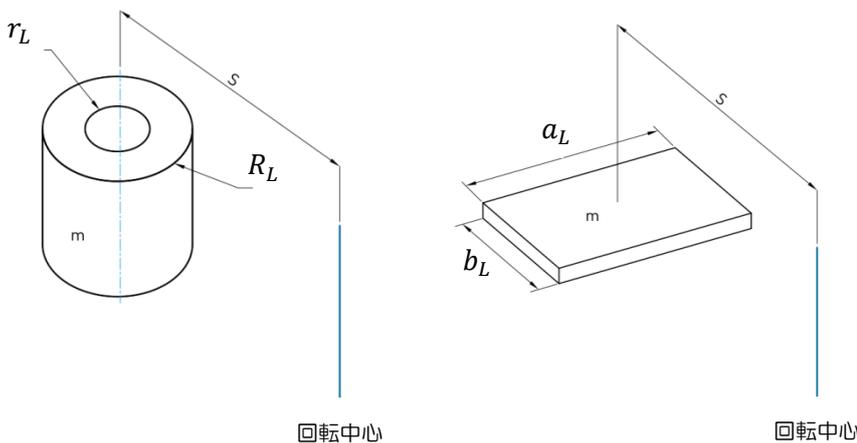
適切なモーターのサイズを決定するには、サイズを決定する前に、次の負荷慣性とモーシヨンの式を理解する必要があります。

負荷イナーシャの計算

負荷イナーシャは、3D 作図ソフトまたは計算式で求めることができます。基本式は以下の通り。

中空円柱の慣性モーメント： $J_L = m \left(\frac{R_L + r_L}{2} + S^2 \right)$

長方形の慣性モーメント： $J_L = m \left(\frac{a_L + b_L}{12} + S^2 \right)$



モーシヨン速度とパラメーターを決定する

基本的な運動学方程式は次のように記述されます。

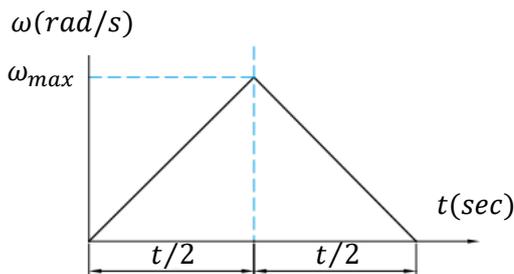
$$\omega = \omega_0 + at \quad \varphi = \omega_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

ここで、 ω_0 は初期角速度です。

ユーザーは、設計パラメーターとして4つのパラメーター (ω 、 α 、 t 、および φ)の2つを選択できます。左の2つのパラメーターは、上記の式で計算できます。

※運動速度プロファイル

トルクモーターのモーションプロファイルは、「台形プロファイル」と「三角形プロファイル」に分類できます。台形プロファイルは通常、スキャンアプリケーションで使用されます。そのモーションプロファイルは、加速、等速、および減速に分けることができます。最大角加速度は、上記の基本的な運動方程式によって決定できます。三角形プロファイルは通常、ポイントツーポイントアプリケーションで使用されます。その運動プロファイルは加速と減速に分けることができ、その運動プロファイルと式は次のように簡略化できます。



$$\omega_{max} = 2 \times \frac{\varphi}{t} \text{ or } \omega_{max} = \sqrt{\alpha \times \varphi}, \alpha_{max} = \frac{4\varphi}{t^2}$$

「s-curve」、「full-jerk」、「sine」、「modified sine」などの他の軌道プロファイルについては、マニュアルでは説明しません。

- ◆ 「S-curve」、「sine」、「modified sine」も HIWIN で計算できます。
- アプリケーションの要件に応じて長所と短所を提供できるさまざまなタイプの軌道プロファイル。

「三角プロファイル」「台形プロファイル」のジャークは±∞となります。

STEP 2 トルク計算

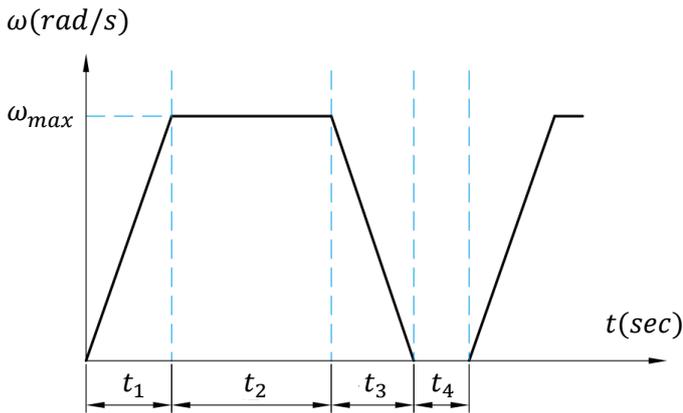
最大トルクは次式で算出できます。

$$T_{max} = (J + J_L) \times \alpha_{max} + T_f = T_j + T_f$$

ここで、 T_j は慣性トルク、 T_f は摩擦トルク、切削力、または外力によって生じるトルクです。

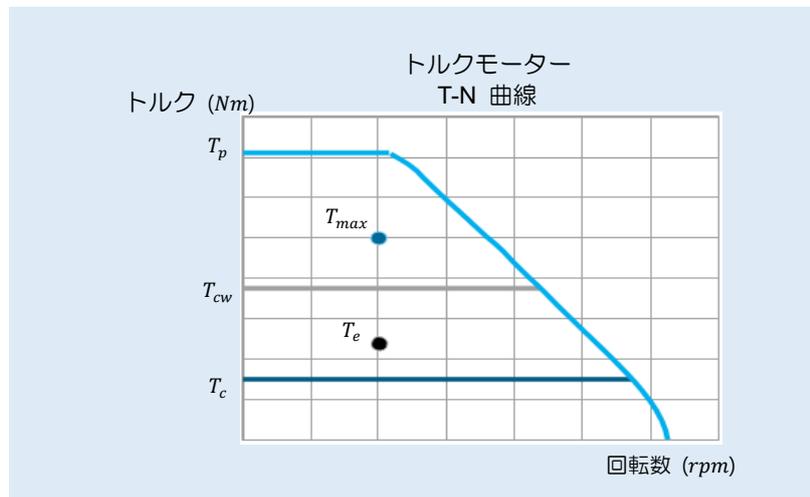
ほとんどの場合、モーションは点から点への周期的な動きです。滞留時間が t_4 秒の周期運動の等価トルクは、次のように計算できます。

$$T_e = \sqrt{\frac{(T_j+T_f)^2 \times t_1 + T_f^2 \times t_2 + (T_j-T_f)^2 \times t_3}{t_1+t_2+t_3+t_4}}$$



STEP 3 モーターのサイジングと T-N 曲線の確認

HIWIN のモーター仕様を利用して、ユーザーはピークトルクと等価トルクから適切なモーターを選択し、すべての動作条件下での速度とトルクがモーターの T-N 曲線の範囲内にあることを確認できます。



モーターのサイズは次のように決定されます。

$$T_{max} < T_p$$

$$T_e < T_c$$

ユーザーは、等価トルクと連続トルクの比率を考慮する必要があります。一般に、比率 (T_e/T_c) は 0.7 以内をすることをお勧めします。TMRW/TM-5 シリーズの連続トルクは、空冷式と水冷式に分けられます。水冷で運転する場合は、水冷連続トルクを目安として比較してください。

熱計算の詳細については、セクション 3.3.5 も参照してください。

注：

仕様に記載されているトルク-速度曲線は、ベアリングの速度制限と位置フィードバックシステムに関係なく、特定の電圧に対するものです。ベアリングの寿命や位置フィードバックシステムの故障を回避するためのサイジングにより、異常な動作やモーターの損傷が発生する場合は、メカニズム全体の最高速度制限も設定する必要があります。

3.4.2 熱計算

3.4.2.1 熱損失

モーターが電気エネルギーを運動エネルギーに変換する際には、銅損、鉄損、機械損が避けられません。銅損とは、モーターの固定子コイルに電流を流した際の抵抗による損失です。ヒステリシス損と渦電流損に分類される鉄損は、固定子鉄心と回転子磁石の間の磁界の変換によって発生します。機械的損失に関しては、一般に銅損や鉄損よりもはるかに小さくなります。したがって、無視できます。連続トルク時の銅損は以下のように計算されます。

$$P_c = \frac{3}{2} R_{25} \{1 + [\alpha(\theta_c - 25)]\} I_c^2$$

P_c = コイル温度における銅損 θ_c [W]

R_{25} = コイル温度(25°C)での線間抵抗 [Ω]

α_{25} : クーパーの温度係数 @ 25°C ($\alpha_{25} \doteq 0.003844$)

I_c = コイル温度での連続電流 θ_c [A_{rms}]

θ_c = コイル温度 [°C] (TMRW シリーズは 120°C、TM-5/IM-2 シリーズは 130°C)

鉄損は主に動作中の磁束の変化によって発生し、周波数の影響を大きく受けます。回転速度は周波数に正比例するため、高速では鉄損が大きくなります。ただし、HIWIN トルクモーターは回転数が低いため、鉄損は銅損に比べて相対的に少なくなります。HIWIN の図面および仕様で示される回転速度の値は、モーターが到達できる最大のピーク速度です。高速連続運転下では、鉄損は回転子に与える余分な熱を計算する必要があります。このとき、モーター損失が急激に増加します。過熱を避けるために、ユーザーは動作条件を適切に調整するか、ローターに放熱を適用する必要があります。

鉄損は主に渦電流と周波数によって発生します。速度が速いほど鉄損は大きくなります。

$$P_{Fe} \propto f^2$$

P_{Fe} = 鉄損 [W]

f = 周波数 [Hz]

周波数の定義:

$$f = n \cdot p$$

n = 回転数 [rpm]

p = 極対

熱損失は主にコイルと鉄心の損失を熱伝導によってモーター外装ケースに伝えます。自然空冷を例に挙げると、損失熱源は空気と接触する外装ケース表面から熱対流によって外部環境に伝達され、また熱放射と熱伝導によってお客様の設置面から伝達されます。水冷に関しては、損失熱源は熱伝導によって熱源中心から冷却水に伝達されます。冷却水の熱伝導率は空気の熱伝導率よりもはるかに高いため、熱源が対流によって空気に伝達する影響は無視できます。TMRW シリーズは水冷または空冷のどちらにも使用できますが、TM-5 および IM-2 シリーズは主に水冷に使用できます。使用するパラメーターが仕様に合っていることを確認し、コイル温度が 130°C を超えないようにしてください。(TMRW の場合は 120°C)。その他の用途については、HIWIN にお問い合わせください。

3.4.2.2 連続運転温度

モーターコイルの定常温度は、銅損と鉄損の割合で決まります。回転数が低い場合、鉄損を考慮しない場合があります。全損失、定格連続電流 (T_c) はコイル温度 120°C 時の値です。(TM-5 および IM-2 は 130°C)。等価トルク (T_e) が定格連続トルク (T_c) より小さい場合、さまざまな運転条件下でのモーターコイルの定常温度は、次の式で知ることができます。

$$\theta_e = \theta_{surr} + \left(\frac{I_e}{I_c}\right)^2 (\theta_{cont.} - 25)$$

= 定格条件下でのコイルの定常温度 (TMRW: 120 / TM-5 と IM-2: 130) [°C]

θ_e = 等価トルク下でのコイルの定常温度 [°C]

θ_{surr} = 周囲温度 [°C] (空冷の周囲温度 / 水冷の水温)

I_e = 実動作時等価電流 [A_{rms}] (コイル温度 θ_e の場合)

I_c = 定格連続電流 [A_{rms}] (コイル温度が $\theta_{cont.}$ の場合は放熱条件に関係します。空冷で使用する場合は空冷連続電流、水冷で使用する場合は水冷連続電流を意味します)

I_p = ピーク電流 [A_{rms}]

T_e = 実使用時等価トルク [Nm] (コイル温度 θ_e の場合)

T_c = 連続定格トルク [Nm] (コイル温度 $\theta_{cont.}$ の場合)

T_p = ピークトルク [Nm]

モーター使用時、電流に対する出力トルクの比率は、電流の増加に伴い鉄心が飽和します。線形関係は非線形になり、電流の推定が困難になります。この関係は、方程式で直接記述することはできません。ただし、図 3.3.2 の次の条件に従って、電流を見積もることができます：

ケース A: ($T_e < T_c$) に等しい ($I_e < I_c$) 場合

$$I_i = I_{cw} \times \frac{T_i}{T_{cw}}$$

ケース B: ($T_c < T_e < T_p$) に等しい ($I_c < I_e < I_p$) 場合

$$I_i = I_{cw} + \frac{(T_i - T_{cw})(I_p - I_{cw})}{T_p - T_{cw}}$$

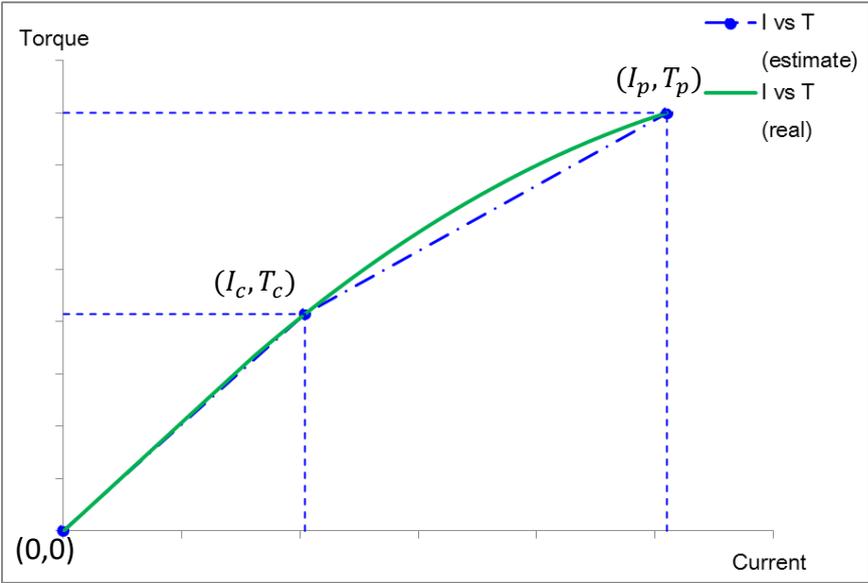


図 3.4 電流-トルク曲線

3.4.2.3 熱時定数

モーターのコイルの温度は、動作中の熱時定数に関連しています。熱時定数は、温度差が定常温度と初期温度の差の 63.2% に達するのに必要な時間として定義されます(図 3.4)。熱定常状態に達するまでの時間は、熱時定数の約 5 倍です。

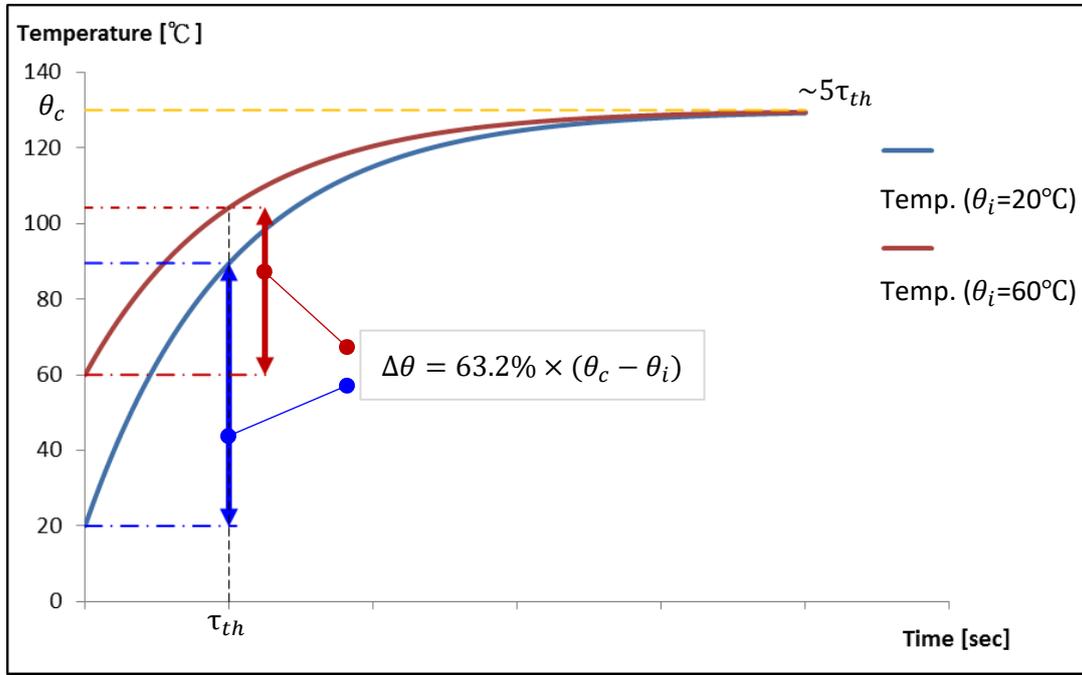


図 3.4 昇温曲線

熱時定数と温度の関係は

$$\theta(t) = \theta_i + (\theta_c - \theta_i) \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{t}{\tau_{th}}\right)}\right)$$

$\theta(t)$ = コイル温度 [°C] (動作時間 t)

θ_i = 初期コイル温度 [°C]

t = 動作時間 [sec]

τ_{th} = 熱時定数 [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に電源オフ時間を設定する必要があります。上記の熱時定数は、負荷サイクルの時間を計算するために適用できます。セクション 3.3.6.2 を参照して、実際の動作 (T_e) での等価トルクから等価トルク (θ_e) でのコイルの定常状態温度を取得します。次の式で相対的な最大稼働時間を求めます。

等価トルク時のコイル定常温度 (θ_e) と最大動作時間の関係は、

$$t_0 = -\tau_{th} \cdot \ln\left(1 - \frac{\theta_c - \theta_i}{\theta_e - \theta_i}\right)$$

t_0 = 最大動作時間 [sec]

注: ここでのコイル温度 (θ_c) は、仕様の上限を超えることはできません。

(TMRW シリーズは 120°C、TM-5/IM-2 は 130°C)

コイル温度と電源オフ時間の関係は

$$t_b = -\tau_{th} \cdot \ln \left(1 - \frac{\theta(t_b) - \theta_c}{\theta_{surr} - \theta_c} \right)$$

$\theta(t_b)$ = 冷却するコイル温度 [°C] (電源オフ時間 t_b 後)

t_b = 電源オフ時間 [sec]

モーター動作中の負荷サイクルの時間配分は、上記の2つの式によって決定できます。

3.4.2.4 ストール条件

モーター速度が非常に遅い場合(停止時を含む)、モーター内部の電流転流速度は非常に遅く、電流はモーター内部のコイルの特定のセットに蓄積されます。このとき連続電流を使用すると、最終的に放熱が不十分となり、モーターが過熱してしまいます。

コンセプトは以下の通りです。図 3.4 :

- a. 矢印は放熱用のモーター周りの水流のようなもので、単位時間あたりに流出できる水量は決まっています。
- b. ストール状態では、モーターの温度がモーターの特定の 2 相または特定の相に集中します。
- c. モーター周辺の水流は増加していないため、モーターの熱が一部のコイルに蓄積し続けます。

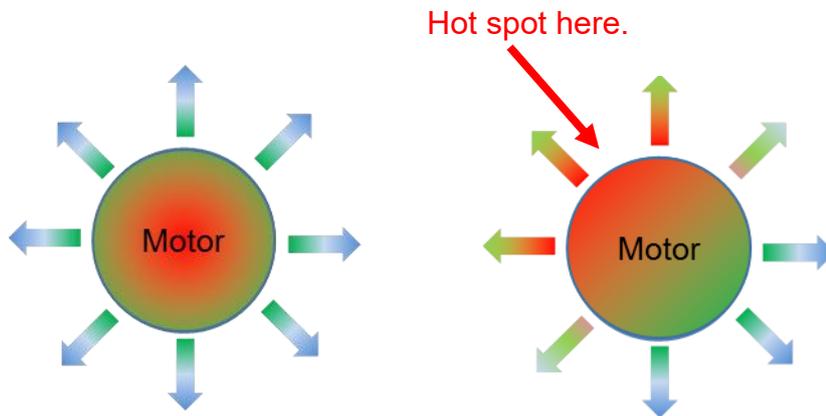


図 3.4 通常動作 (左)、ストール状態 (右)

モーターが 1 Hz 未満のモーター周波数で動作する場合、ストール状態と見なされます。モーター周波数、モーター速度、および極数の関係は次のとおりです :

$$n = \frac{f}{p} [1/s]$$

n= 回転数 [1/s]

f= 電気周波数 [1/s]

p= 極対

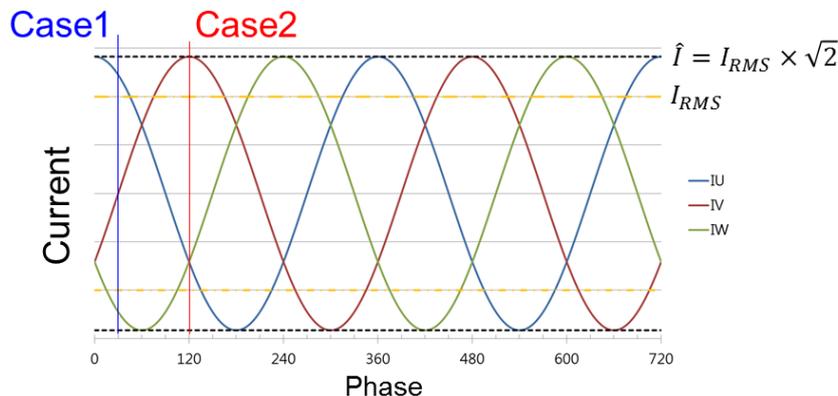


図 3.4 モーターの電流 @異相

前述のように、モーターの速度が非常に低く、モーターがストール状態で動作している場合、図 3.3.5 に示すように、2 相または単相で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電流を適切に減らす必要があります。ストール状態には 2 つの境界があります。任意の電気角で、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 両相過電流。(U、W 相の例)

→ 連続電流 ($\frac{1}{\sqrt{1.5}}$) の 81%までの電流

→ 現在の電流： $I_{phase_U} = I_{phase_W} = \frac{1}{\sqrt{1.5}} I_{c(w)}$

ケース 2 単相過電流。(V 相の例)

連続電流の 70%までの電流 ($\frac{1}{\sqrt{2}}$)

→ 現在の電流： $I_{phase_V} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{c(w)}$

ストール電流は、TMRW=70%、IM-2 および TM-5=80%です。

ストール状態は、アプリケーションおよび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 3.4.1 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。これは、過熱によるモーターの損傷を防ぐためです。

表 3.4.1 HIWIN トルクモーターの失速速度

TMRW	TM-5	IM-2	回転数 [rpm]
TMRW1x, TMRW2x, TMRW4x	TM-5-1x, TM-5-2x	IM-2-2x	5.45
-	-	IM-2-4x	3
TMRW7x	TM-5-4x, TM-5-7x	-	2.73
-	TM-5-A, TM-5-Dx	-	2
TMRWAx	-	IM-2-Ax	1.82
-	TM-5-Gx	-	1.71
TMRWDx, TMRWGx	-	IM-2-Gx	1.36

3.4.3 冷却関連

3.4.3.1 水冷システムの計算

HIWIN トルクモーターの図面と仕様書に示されているモーターの特性は水冷条件に適しており、冷却水の温度は 20°C です。油を冷媒として使用することもできます。冷媒の特性に基づいてモーターの性能を適切に調整してください。仕様書に示されている冷却条件：モータースターが連続トルクで連続運転する場合、コイル温度は 120°C（TM-5 / IM-2 の場合は 130°C）未満である必要があります。実際の運転時の等価トルクが仕様書に示されている連続トルクよりも低い場合は、ポンプの過剰な消費を避けるために冷却水流量を減らしてください。冷却条件は、次の式に基づいて適切に調整できます。

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します。

等価トルクが連続トルクより低い場合 ($T_e < T_c$)、次の式から対応する冷却水流量を求めます。

$$P_e = \frac{p_c}{\left(\frac{T_c}{T_e}\right)^2}$$

$$P_e = 69.7 \cdot q_e \cdot \Delta\theta$$

P_e = 等価トルク下でのモーターの全損失 [W]

$\Delta\theta$ = モーター入口と出口の温度差 [°C]

q_e = 冷却水の流れ [l/min] (等価トルク下)

入口と出口の圧力差 (ΔP_{eff}) は、冷却剤の流量 (q) と関係があります。

$$\Delta P_{eff} = \Delta P \cdot \frac{q_e}{q}$$

ΔP_{eff} = 入口と出口の圧力差 [bar] (等価トルク下)

ΔP = 入口と出口の圧力差 [bar] (データシート内)

q = 冷却水の流れ [l/min] (データシート内)

⚠ CAUTION

モーターの冷却が不十分な場合のモーターの過熱

冷却水流量が少ないと、モーターが損傷したり、モーターの部品または分離システムが損傷する可能性があります。



- ▶ データシートに記載されている必要なモーター値に水流量を設定する
- ▶ モーターの冷却水流量を表示されている最小流量の 70% 未満に減らす場合は、HIWIN に問い合わせを確認してください。

■ 例

TMRWAF 型モデルの仕様では、水冷条件における連続トルク (T_c) は 1290 Nm、電力損失 (P_c) は 8262 W、冷却水流量 (q) は 23.7 l/min、入口と出口の圧力差 (ΔP) は 3 bar です。連続トルクが 600 Nm で、入口と出口の温度差が 6°C の場合、冷却水システムにおける冷却水流量 (q_e) と入口と出口の圧力差 (ΔP_{eff}) はいくらでしょうか？ [$v_{water} = 10^{-3}(m^3/kg)$]

$$P_e = \frac{p_c}{\left(\frac{T_c}{T_e}\right)^2} = \frac{8262}{\left(\frac{1290}{600}\right)^2} = 1787(W)$$

$$1787 = 69.7 \times q_e \times 6$$

$$q_e = 4.27(l/min)$$

$$\Delta P_{eff} = \Delta P \cdot \frac{q_e}{q} = 3 \times \frac{4.27}{23.7} = 0.54(bar)$$

データシートパラメーターとユーザパラメーターの違いは、次の表 3.4.2 に示されています。

表 3.4.2 データシートパラメーターとユーザパラメーターの違い

パラメーター (水冷条件下)	データシート	ユーザー
トルク (T)	1290 Nm	600 Nm
電力損失 (P)	8262 W	1787 W
入口と出口の温度差 ($\Delta\theta$)	5°C	6°C
冷却水の流れ (q)	22 l/min	4.27 l/min
入口と出口の圧力差 (ΔP)	3 bar	0.54 bar

3.4.3.2 冷却剤の選択

クーラントはお客様ご自身でご用意ください。HIWIN トルクモーターには、耐腐食性クーラントをご使用ください。HIWIN トルクモーターの設計および性能試験は純水で実施しています。油をクーラントとして使用される場合、同じ流量で奪える熱量が減少し、モーター出力も低下します。そうでない場合は、モーター出力を維持するために流量を増やす必要があります。関連情報については、HIWIN までお問い合わせください。

冷却水は、冷却経路の閉塞を防ぐため、事前に処理およびろ過する必要があります。冷却水に含まれる粒子の最大許容サイズは 100 ミクロンで、凍結してはなりません。未処理の水を使用すると、堆積、藻類の繁殖、スライムの形成、腐食などにより、熱伝導率の低下、断面積の減少による圧力損失、各種部品の閉塞など、故障や損傷を引き起こす可能性があります。また、水質については、少なくとも以下の要件を満たす必要があります。

1. 塩化物と硫酸塩は 100ppm 未満でなければなりません。
2. ミネラル塩の溶質は 2000ppm 未満でなければなりません。
3. $6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$
4. Oリング材質との互換性（表 5.1.7 参照）

防錆剤（基本原料はエチレングリコールモノエチルエーテル）を添加する場合は、水と反応せず、凝固点が -5°C 以上である必要があります。防錆剤は、コネクタやモーターの Oリングを含む冷却システム内の材料との適合性が必要です。防錆剤の供給元にご確認ください。一般的に、濃度は 50%を超えないことが推奨されます。

油以外にも、様々な溶剤を水に添加すると、比熱容量 (c_p) が低下します（詳細はサプライヤーにご確認ください）。それに応じてモーター出力を下げる必要があります。例えば、添加剤としてグリコールを使用する場合は、以下の表 3.4.3 を参照してください。

表 3.4.3 エチレングリコール水溶液の様々な温度における比熱容量

エチレングリコールの濃度 (重さ %)	比熱容量 c_p (KJ/kg K)			
	温度			
	0°C	10°C	20°C	30°C
0	4.203	4.195	4.189	4.185
10	4.071	4.079	4.087	4.096
20	3.918	3.935	3.951	3.968
30	3.764	3.807	3.807	3.828
40	3.595	3.647	3.647	3.674
50	3.412	3.473	3.473	3.504

注意: グリコールの代わりに適切なイオン中和剤を水に混ぜると、腐食や詰まりのリスクが軽減されるという追加の利点があります。

■ 例

ここでは、上記の例で示したモーター条件に基づいて計算を行うことができます。お客様が冷媒としてグリコール 20%を含む水のみを使用すると仮定すると、熱容量の減少の影響を考慮する必要があります。単位時間あたりの熱除去を維持するためには流量を増やす必要があります。

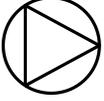
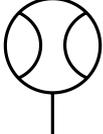
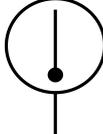
表から、20°C以下の純水の熱容量は 4.189 (KJ/kg K)、グリコール 20%を含む水の熱容量は 3.951 (KJ/kg K) であることがわかります。

$$q_e = \frac{4.189}{3.951} \times 22 = 23.3 \text{ (l/min)}$$

表 3.4.4 データシートパラメーターとユーザパラメーターの違い

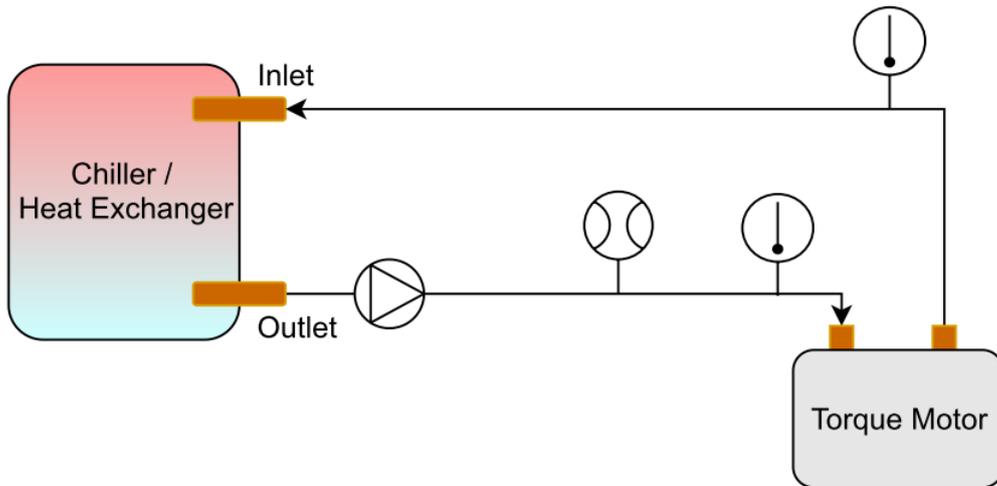
パラメーター (水冷条件下で)	データシート	ユーザー
トルク (T)	1290 Nm	1290 Nm
電力損失 (P)	8262 W	8262 W
入口と出口の温度差 (Δθ)	5°C	5°C
冷却水の流れ (q)	22 l/min	23.3 l/min
入口と出口の圧力差 (ΔP)	0%純水	グリコール 20%水

3.4.3.3 冷却水図

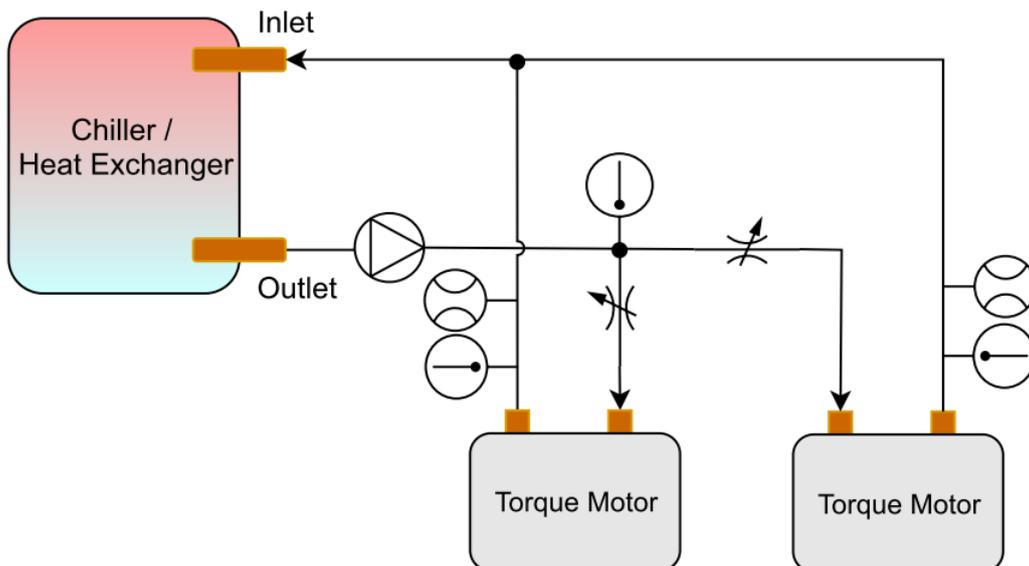
	ポンプ		フローインジケーター		温度計		フロー制御 (調整可能)
---	-----	---	------------	---	-----	---	-----------------

このセクションでは、簡単な概略的な冷却図を示します：

a. シングルトルクモーター

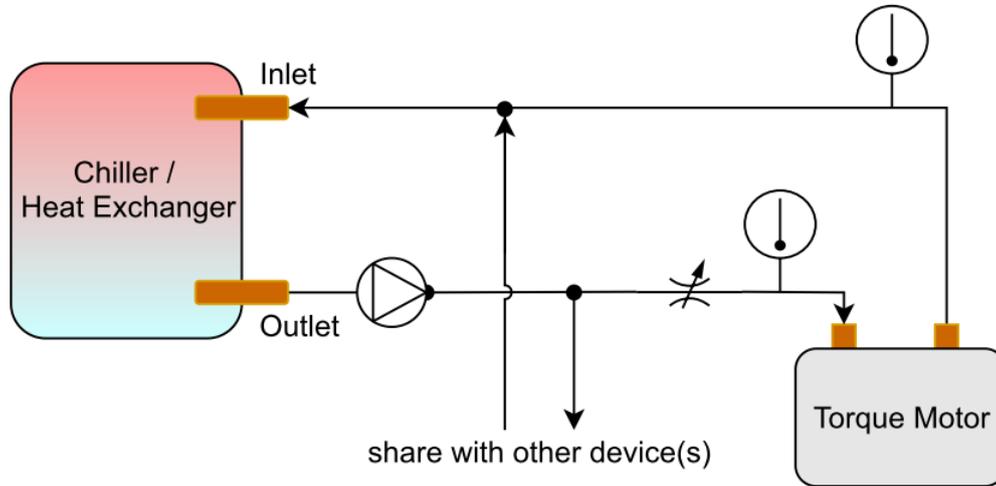


b. 並列操作



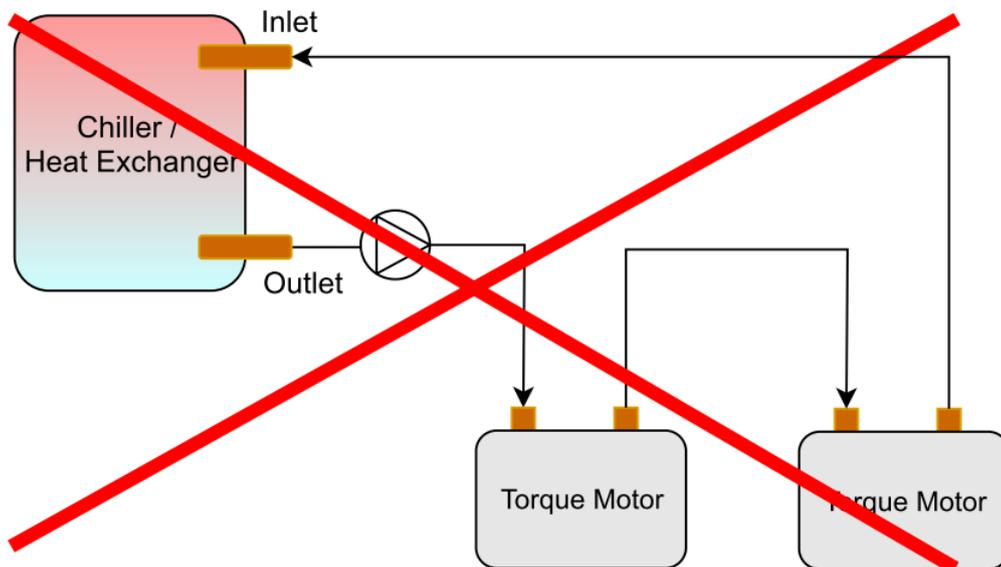
c. 他のデバイスと共有する

いずれにしても、他のデバイスとフローを共有するには、フローを監視して制御する必要があります。



d. 直列回路

直列回路は絶対にしないでください！



3.5 ドライバー関連

3.5.1 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 変調周波数)に加えられると、モーターの中性点はアースに対して非常に高い振幅で振動する可能性があり、絶縁はこれらの振動の結果として損傷を受けます。この現象は、極数の多いモーター（トルクモーターなど）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 $600V_{DC}$ バス電圧は、アースに対して $\pm 300V_{DC}$ 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。バスとアース間の発振電圧は、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 変調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 変調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 変調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 変調周波数の 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：

- $300 V_{DC}$ コントローラー: $750 V_p$ (PWM 周波数での位相対接地)、電圧勾配: $8 kV/\mu s$ 。
- 600 または $750 V_{DC}$ コントローラー: 最大 $800 V_p$ (PWM 周波数での位相対接地) および電圧勾配:

図 3.5.1 および表 3.5.1 に示すように、 $11 kV/\mu s$

コントローラーとモーター間のケーブルは、ケーブルとモーター間のインピーダンス不整合により反射

波が発生し、その反射電圧がその後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。コントローラーとモーター間のケーブル長が 10 m を超える場合は、モーター端子の電圧を測定して、上記の値よりも低いことを確認する必要があります。測定値がそれより大きい場合は、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。

この電圧発振の詳細については、セクション 3.5.2 および 3.5.3 を参照してください。

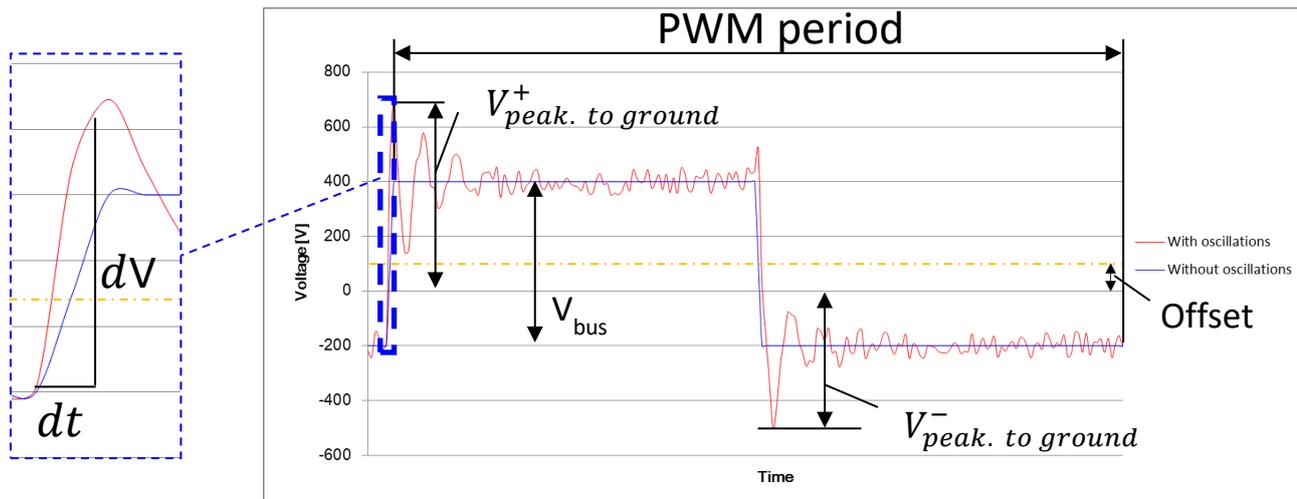


図 3.5.1 電圧発振回路図 (600/750 V_{DC} コントローラー)

表 3.5.1 電源と中性点の電圧制限 (TMRW/TM-5/IM-2)

Item	600/750 V_{DC} コントローラー
V_{bus}	Max. 750
$ V_{peak. to ground}^+ $	< 1050 V_p (位相対接地) @ PWM 周波数
$ V_{peak. to ground}^- $	< 1050 V_p (位相対接地) @ 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のが難しい場合は、次の式で推定できます (図 3.5.2) : $ dV/dt = (90\%V_{pp} - 10\%V_p)/t_r $

3.5.2 ケーブルの電圧反射

電磁波がケーブル内を伝送されると、ケーブルに沿って電圧と電流が変化します。ケーブル長が波長に対して比較的短い場合、この現象は無視でき、電圧はケーブル全体で同じと見なされます。しかし、電磁波の周波数が十分に高い場合、波長は非常に短くなります。この場合、明らかな電圧分布がケーブルに見られます。ケーブル内の電圧分布は、伝送線路理論で計算する必要があります。送電線理論では、電気は次のように見なされます

ケーブルを伝わる電磁波。伝送中のインピーダンス不整合により、入射反射が発生します。この現象は、モーターを使用した場合に発生しやすくなります。これは、モーターのインピーダンスがケーブルのインピーダンスよりも相対的に大きいためです。このため、反射電圧が発生し、入射電圧波形に重畳します。

この現象は、電圧信号の立ち上がり時間の影響を受けます。IEC61800-8によると、一般的な立ち上がり時間 t_r は 50ns ~ 1μs です(図 3.5.2 で定義)。ケーブルの特性インダクタンスと特性キャパシタンスに基づいて伝送波速度 v が計算された後、臨界長 l_{cr} は、発生する最大反射電圧を見積もることができます：

$$v = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}} \text{ (typical } 50 \sim 300 \text{ m}/\mu\text{s)}$$

$$l_{cr} = \frac{v t_r}{2}$$

v = パルスはモーターケーブルに沿って伝播速度で移動します

L_0 = ケーブル特性インダクタンス

C_0 = ケーブルの特性容量

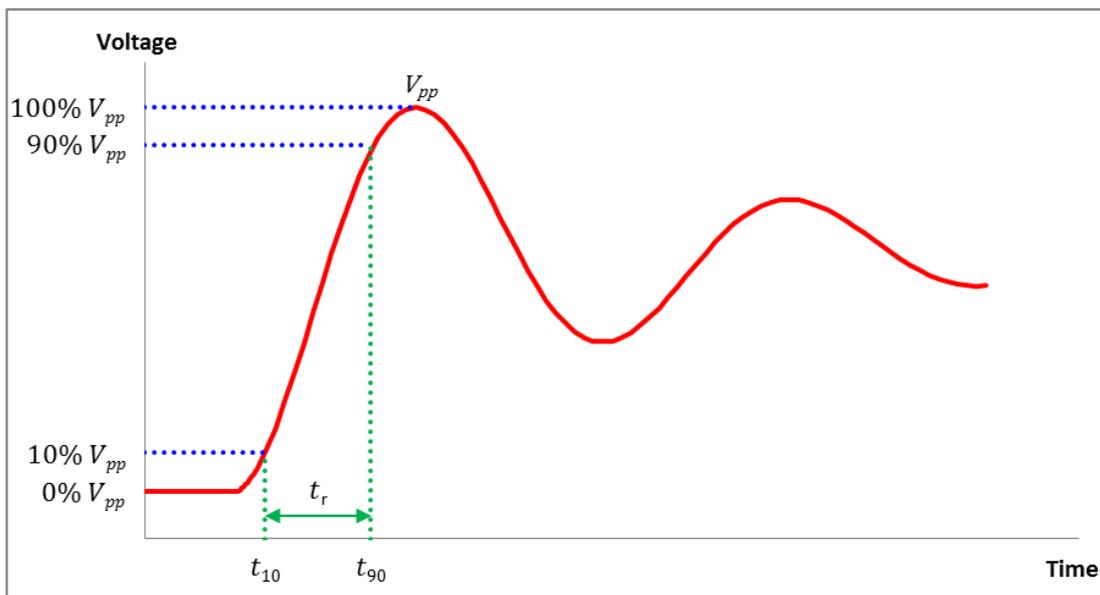


図 3.5.2 立ち上がり時間 t_r

最初に l_{cr} を取得します。モーター Z_m とケーブル Z_0 の特性インピーダンスが既知の場合、以下の
3-30 HIWIN MIKROSYSTEM CORP.

条件下のモーターで生成される最大電圧を見積もることができます。

1. 限界長さ l_{cr} を超えるモーター ケーブル長 l_c の場合：

$$V_{mot} = (1 + \Gamma)V_{inv}$$

2. 限界長さ l_{cr} 未満のモーター ケーブル長 l_c の場合：

$$V_{mot} = \left(1 + \frac{l_c}{l_{cr}}\Gamma\right)V_{inv}$$

V_{mot} = モーター端子のピーク電圧

V_{inv} = 電力変換器の出力電圧

Γ = モーターケーブルとモーター間のインピーダンスミスマッチによる反射係数：

$$\Gamma = \frac{Z_m - Z_0}{Z_m + Z_0}$$

ケーブルの特性インピーダンス Z_0 は明確に定義されており L_0 、 C_0 特性インピーダンス R_0 、特性アドミタンス G_0 などのケーブルのパラメーターに関連しています。ケーブルが無損失ケーブルであると仮定すると、 Z_0 は次のように示すことができます：

$$Z_0 \sim \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$$

しかし、モーターインピーダンス Z_m を求めるのは容易ではありません。モーター出力が増加するにつれて、インピーダンス Z_m が低くなり、反射係数も低くなることだけが知られています。

電圧反射が発生し、電圧が大きすぎると、図 3.5.3、図 3.5.4 に示すように、ワーストケースはほぼ全反射 ($\Gamma \approx 1$) になり、 $V_{mot} \approx 2V_{inv}$ になります。

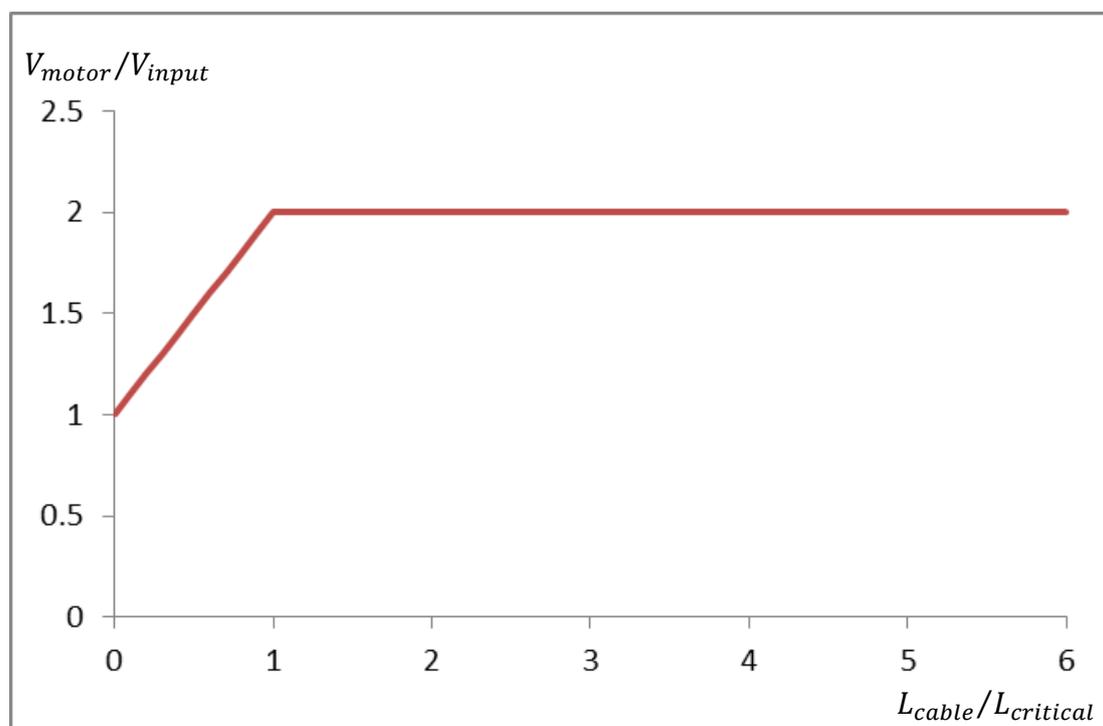


図 3.5.3 ケーブル長比の関数としての電圧比 (イラスト)

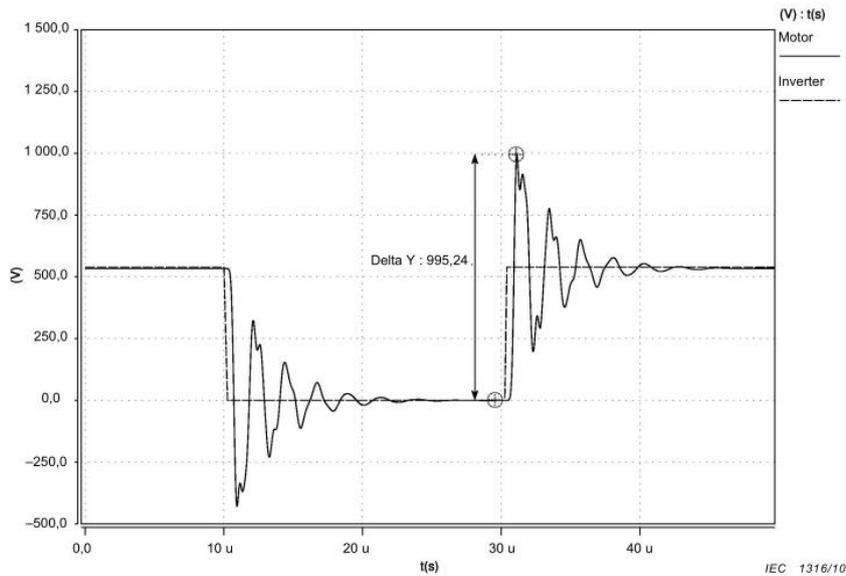


図 3.5.4 モーターケーブル 200m 時のコンバータ出力電圧とモーター端子電圧の例 (IEC61800-8:2010)

入力電圧の立ち上がり時間を長くし、モーターケーブルを極力短くするほか、モーターとコントローラーの間にフィルター (dV/dt、正弦波、リアクトルなど) を設置することで、電圧勾配を緩和し、過度の電圧ストレスによって引き起こされるモーターの絶縁不良のリスクを低減します (図 3.5.5、図 3.5.6 に示すように)。一般に、フィルターのサプライヤーはフィルターをコントローラーの近くに設置することを要求しますが、近いほど良いでしょう。

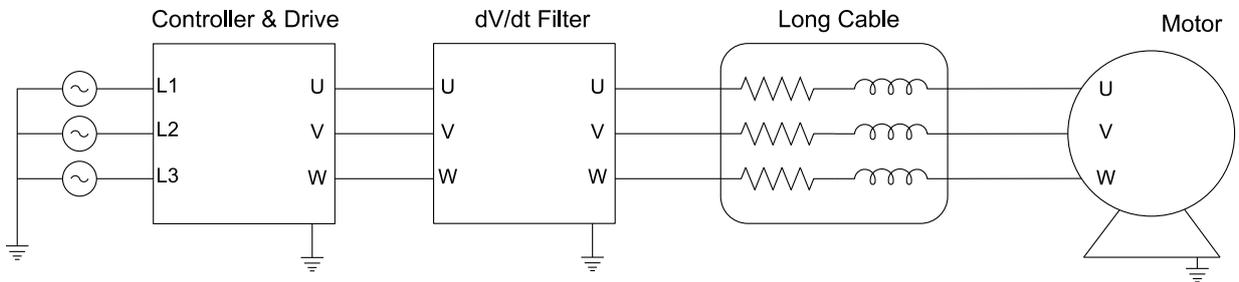
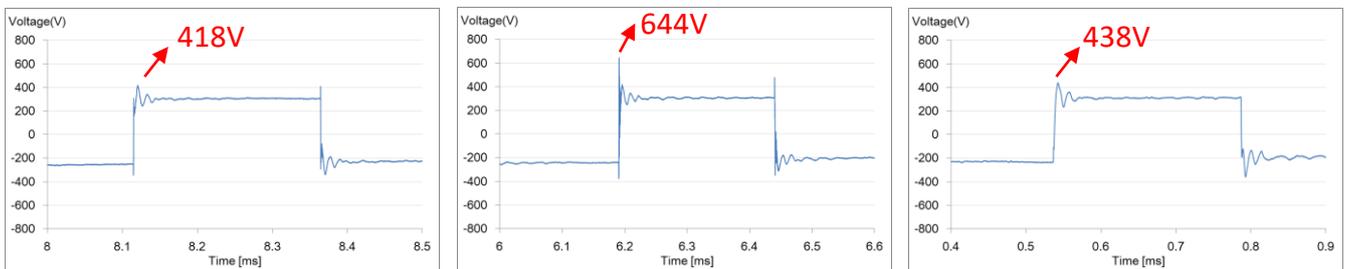


図 3.5.5 dV/dt フィルター構成図



(a). ケーブル長 2m

(b). ケーブル長 23 m

(c). ケーブル長 23 m
+ dV/dt フィルター

図 3.5.6 モーター端子電圧 (対地間) の関係例

3.5.3 中性点発振現象

スイッチング周波数の高い電圧がモーターに入力されると、モーターは抵抗、インダクタンス、浮遊容量で構成される RLC 回路と見なすことができます。下の図 3.5.7 に示すように、中性点は回路の端にあります。このとき、モーター対地間電圧は回路内で振動し、図 3.5.8 に示すように中性点に最大値が発生します。入力電圧周波数が共振周波数に近い場合、連続的に発生する高い対地電圧により、中性点付近のコイル絶縁が破壊されます。

注: この現象は、モーターが停止している場合により顕著になります。

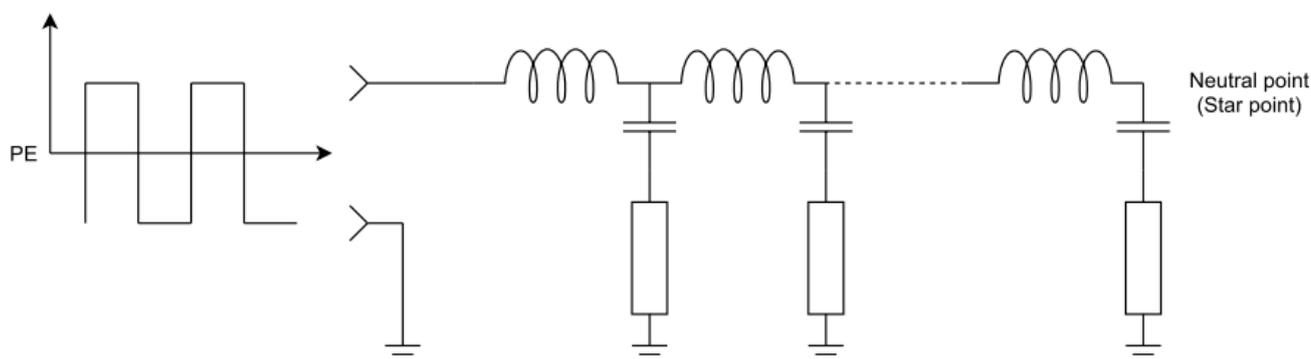


図 3.5.7 等価簡略回路 (格子網)

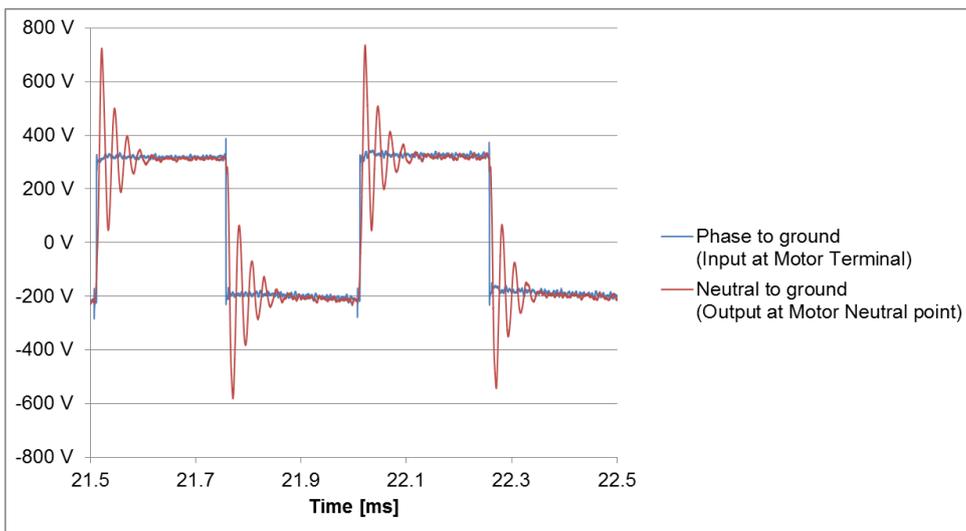
図 3.4.7 に示すように、単純にモーターの入力点から中性点までのローパスフィルターと見なすことができます。その特性は、モーターの種類と配線設計によって決まります。そのローパス機能と、一般的にカットオフ周波数が 20kHz~200kHz に収まるため、電圧が 1~2MHz 程度のケーブル反射の影響を受けることはありません。したがって、中性点付近の絶縁損傷は、ケーブルの反射や電圧勾配によって引き起こされるべきではありません。

振動が発生すると、十分なダンピングがあれば、共振周波数の近くでも電圧振幅が大きくなりすぎません。ただし、通常、モーター内部の自然減衰は、過度の電圧ピークの生成を回避するには十分ではありません。この場合、ニュートラルは、絶縁が破壊されるまで、PWM 変調周波数の電圧の影響を受け続けます。一般に、同じサイズのモーターに異なるバージョンの配線を適用しようとする、通常、トルク定数が高い設計の方が、共振周波数が発生する可能性が高くなります。減衰が減少し、中性点共振電圧のピーク値が増加します。

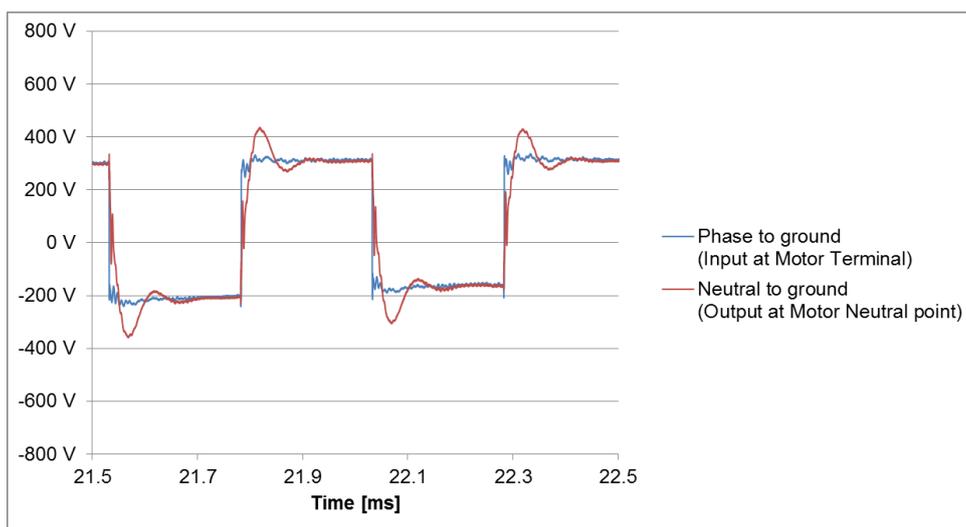
この共振がモーターを含むシステム全体で発生するかどうかを予測することは非常に困難です。モーターに入る前の対地電圧が 0 の要件を満たしている場合でも、場合によっては、中性点で高い対地電圧差が発生することがあります。したがって、最初のデバイスに中性線を備えたモーターを使用し、モーターの有効化中に中性点で対地電圧を測定することをお勧めします (3.5 など)。電圧測定結果がモーターの絶縁損傷の危険性を示さない場合、モーターの中性線は絶縁後に無視するか、引き抜かないことができます。

ただし、状況が危険と思われる場合は、モーターから中性線を引き出し、この電圧を抑えるために「snubber」を取り付けることが一般的な解決策です(図 3.5.8 にその効果を示します)。「snubber」の使用方法については、さまざまなサプライヤーによって開発された動作原理に応じて構成が異なります (図 3.5.9)。このマニュアルではすべての詳細を説明することはできません。

注：測定後の電圧リスク判定と対応策については、HIWINにご相談ください。

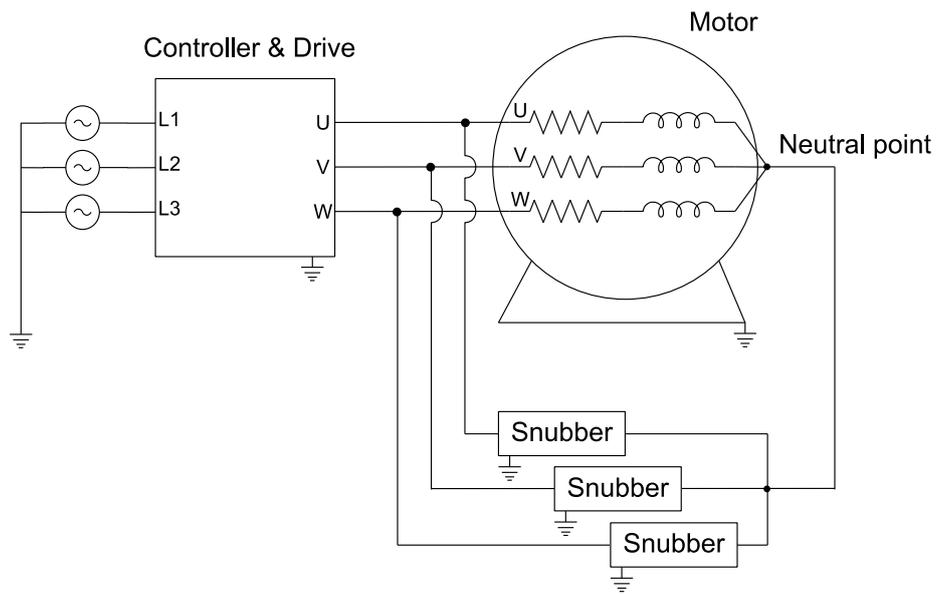


(a). snubber なし

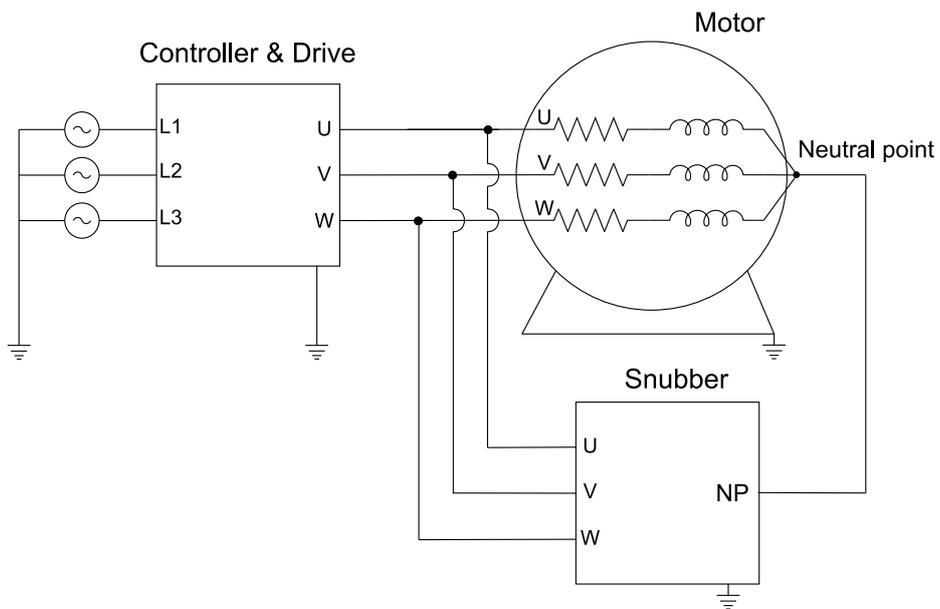


(b). snubber あり

図 3.5.8 中性点から接地電圧 (a). snubber なし (b). snubber あり



(a). 回路図 A



(b). 回路図 B

図 3.5.9 snubber 配線

3.5.4 中性点電圧測定

DANGER!

電圧による危険！



接続作業や測定作業の前後は、危険な電流が流れることがあります。

- ◆ 接続作業は、有資格の電気技師のみが、電源を切断した状態で行うことができます！
- ◆ モーターシステムの接続と測定を行う前に、電源を切断し、電源が再びオンにならないように保護してください！

DANGER!

電圧による危険！



プローブ接続点で感電の危険があります。

- ◆ プローブの重ね合わせ部分は、絶縁紙、電気テープなどの絶縁材で覆う必要があります。

■ 必要な機器

- (1) ドライバー
- (2) モーター（中立点出し）
- (3) オシロスコープ（帯域幅 >150MHz）
- (4) 高電圧差動プローブ（最大電圧：Vpk-pk±1500V、帯域幅 > 5MHz）

■ 電圧測定手順

- (1) 電源を切断し、電源が再投入されないように保護します。
- (2) 配線図（図 3.5.11）に従って配線し、高電圧差動プローブを使用して次の2点に接続します：
 1. ドライバーの出力で、対地電圧（CH1として定義）を測定します。
 2. 中性点から接地電圧（CH2として定義）を測定します。

※ 地上計測点は同一位置である必要があります。
- (3) 安全上の理由から、プローブのラップジョイントは、絶縁紙、電気テープなどの絶縁材料で覆う必要があります。
- (4) 接続が完了したら、電源を入れてモーターを有効にします（回転する必要はありません）。
- (5) オシロスコープで電圧波形を観察します。電圧波形の例を次に示します（図 3.5.10 を参照）。
- (6) 出力電圧波形のスクリーンショット。ピーク電圧差を捕捉し、少なくとも5つの完全な波形を含める必要があります（図 3.5.10 を参照）。
- (7) 電圧波形データを CSV ファイルとして保存します。このファイルには、2つの測定ポイントの同期に基づく時間と電圧値のデータが含まれている必要があります。
- (8) ドライバーモーターの PWM 変調周波数が異なる場合は、ドライバーの PWM 変調周波数を変更する必要があります。使用される可能性のある変調周波数はすべて、個別に測定および記録する必要があります。

(9) 上記の手順を繰り返して、中性点对地間電圧を順次測定します。

※電圧波形をキャプチャする場合、電圧が周期的に変化する場合があることに注意してください(図 3.5.10 のように)。ピーク電圧を取得してください。

※モーターはストール状態のため発熱します。測定中はチラーの電源を入れてください。

※イネーブル電流は制限する必要があり、ストール電流を超えることはできません。

■ データの解釈

- (1) ドライバー出力の測定点からモーターインターフェース (モーター取り付け面の近く) までのケーブル長を記録します。
- (2) 電圧波形のスクリーンショットとデータ CSV ファイルを HIWIN に提供してください。HIWIN はリスクの判断と解決策を提供します。

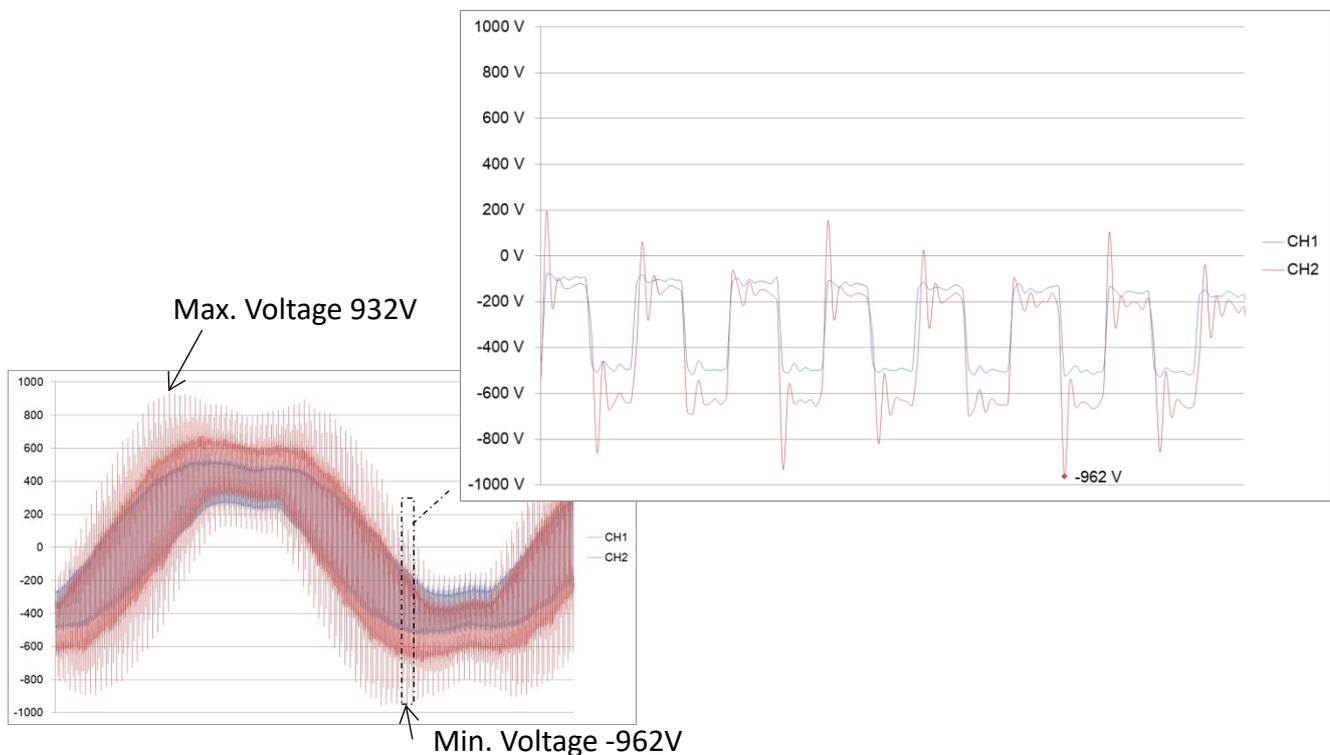


図 3.5.10 電圧波形のキャプチャ図

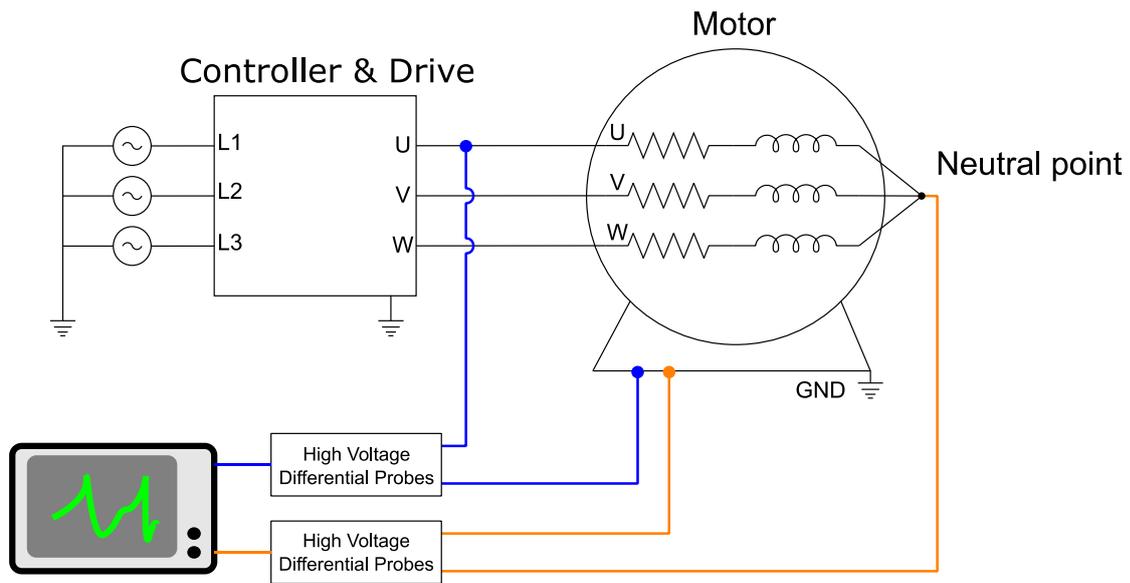


図 3.5.11 中性点測定の配線図

4. 輸送とセットアップ

4.1	納品	4-2
4.2	設置場所への輸送.....	4-5
4.3	設置場所での要件.....	4-8
4.4	保管	4-10
4.5	開梱とセットアップ.....	4-12

4.1 納品

DANGER

強力な磁場により死亡の危険があります！

トルクモーターシステムの周囲には強力な磁場が存在し、モーターに近づく医療用インプラントを装着している人にとっては危険です。これはモーターの電源がオフになっている場合も同様です。



- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から最低 300 mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU に基づく 0.5 mT の静磁場に対するトリガー閾値

国や地域のガイドラインや要件も考慮してください。

- ▶ 参考までに、ドイツ社会傷害保険の DGUV 規則 103-013 では、磁場を扱う際の要件を規定しています。

WARNING!

重い荷物による危険！

重い荷物を持ち上げると、捻挫やねんざを起こす可能性があります。



- ◆ 20kg を超える重量物を運搬する場合は、適切なサイズのホイストを使用してください！
- ◆ 吊り荷を取り扱う際は、適用される労働安全衛生規則を遵守してください！
- ◆ スターターとローターの輸送用固定具（ブリッジ）を備えたモーターは、吊り下げ穴を使用して吊り下げることができます。吊り下げの際は、いかなる状況においても部品の強度を考慮する必要があります。
- ▶ DIN 580 または JISB1168 の要件を満たすアイボルトを使用してください。

CAUTION

時計や磁気記憶媒体に物理的な損傷が発生するリスクがあります。

強力な磁力により、トルクモーターシステムの近くにある時計や磁化可能なデータストレージメディアが破壊される可能性があります！



- ▶ 時計や磁化可能なデータ記憶媒体をトルクモーターシステムの近く (<300 mm) に持ち込まないでください！

CAUTION

トルクモーターシステムの損傷！

トルクモーターは物理的な操作によって損傷を受ける可能性があります。



- ◆ ケーブルを直接引っ張らないでください。
- ◆ モーターに重い荷物や鋭利な物が乗っていないこと。

■ 輸送上の注意

⚠ DANGER

強力な磁場により死亡の危険があります！



トルクモーターシステムの周囲には強力な磁場が存在し、モーターに近づく医療用インプラントを装着している人にとっては危険です。これはモーターの電源がオフになっている場合も同様です。

- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から最低 300 mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU に基づく 0.5 mT の静磁場に対するトリガー閾値

国や地域のガイドラインや要件も考慮してください。

- ▶ 参考までに、ドイツ社会傷害保険の DGUV 規則 103-013 では、磁場を扱う際の要件を規定しています。

⚠ WARNING!

重い荷物は危険です！



重い荷物を持ち上げると、捻挫やねんざを起こす可能性があります。

- ◆ 20kg を超える重い荷物を配置する場合は、適切なサイズのホイストを使用してください！
- ◆ 吊り荷を取り扱う際は、適用される労働安全衛生規則を遵守してください！
- ◆ スターターとローターの輸送用固定具（ブリッジ）を備えたモーターは、吊り下げ穴を使用して吊り下げることができます。吊り下げの際は、いかなる状況においても部品の強度にご注意ください。
- ▶ DIN 580 または JISB1168 の要件を満たすアイボルトを使用してください。

⚠ CAUTION

時計や磁気記憶媒体に物理的な損傷が発生するリスクがあります。

強力な磁力により、トルク モーター システムの近くにある時計や磁化可能なデータ ストレージ メディアが破壊される可能性があります！

- ▶ 時計や磁化可能なデータ記憶媒体をトルクモーターシステムの近く (<300 mm) に持ち込まないでください！

⚠ CAUTION

トルクモーターシステムの損傷！

トルクモーターは物理的な操作によって損傷を受ける可能性があります。

- ◆ ケーブルを直接引っ張らないでください。
- ◆ モーターに重い荷物や鋭利な物が乗っていないこと。

■ 輸送上の注意

1. 永久磁石は、国際航空運送協会によると、危険物（磁化された物質: UN2807）としてリストされています。（IATA）。
2. 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抵抗するために、梱包に追加の措置を講じる必要はありません。
3. 永久磁石を含む製品を空輸する場合、適切な IATA 包装基準で指定された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）。
 - i、製品から 4.6 m の距離で測定した最高電界強度が 0.418 A/m ($0.525 \mu\text{T}$) またはコンパス偏差の 2° を超える製品は、製品の発送元の国の責任ある国家機関からの出荷許可が必要です。出荷された国（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。
 - ii、製品から 2.1 m の距離で測定した最大電界強度が 0.418 A/m ($0.525 \mu\text{T}$) またはコンパス偏差 2° 以上である製品を出荷する場合、危険物輸送の規制に従って出荷が行われます。
 - iii、製品から 2.1 m の距離で測定した最高電界強度が 0.418 A/m ($0.525 \mu\text{T}$) 未満の製品を出荷する場合、関係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。
4. 最初に梱包されたモーター部品の出荷は、開示もマークも必要ありません。
5. 輸送条件は、EN 60721-3-2:2018 に準拠する必要があります（表 4.1.1 を参照）。

表 4.1.1 輸送条件

環境パラメーター	単位	値
大気温	(°C)	-5~40
相対湿度	(%)	5~85
温度変化率	(°C/min)	0.5
結露		禁じられている
氷の形成		禁じられている
輸送条件		Class 2K11
耐候性に優れた環境（屋内/工場）でモーターを輸送します。		
生物学的条件		Class 2B1
化学活性物質		Class 2C1
機械的に活性な物質		Class 2S5
機械的条件		Class 2M4

4.2 設置場所への輸送

DANGER

強力な磁場により死亡の危険があります！

トルクモーターシステムの周囲には強力な磁場が存在し、モーターに近づく医療用インプラントを装着している人にとっては危険です。これはモーターの電源がオフになっている場合も同様です。



- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から最低 300 mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU に基づく 0.5 mT の静磁場に対するトリガー閾値

国や地域のガイドラインや要件も考慮してください。

- ▶ 参考までに、ドイツ社会傷害保険の DGUV 規則 103-013 では、磁場を扱う際の要件を規定しています。

WARNING!

重い荷物は危険です！

重い荷物を持ち上げると、捻挫やねんざを起こす可能性があります。



- ◆ 0kg を超える重い荷物を配置する場合は、適切なサイズのホイストを使用してください！
- ◆ 吊り荷を取り扱う際は、適用される労働安全衛生規則を遵守してください！
- ◆ スターターとローターの輸送用固定具（ブリッジ）を備えたモーターは、吊り下げ穴を使用して吊り下げることができます。吊り下げる際は、いかなる状況においても部品の強度にご注意ください。
- ▶ DIN 580 または JISB1168 の要件を満たすアイボルトを使用してください。

CAUTION

時計や磁気記憶媒体に物理的な損傷が発生するリスクがあります。

強力な磁力により、トルクモーターシステムの近くにある時計や磁化可能なデータストレージメディアが破壊される可能性があります！



- ▶ 時計や磁化可能なデータ記憶媒体をトルクモーターシステムの近く (<300 mm) に持ち込まないでください！

CAUTION

トルクモーターシステムの損傷！

トルクモーターは物理的な操作によって損傷を受ける可能性があります。



- ◆ ケーブルを直接引っ張らないでください。
- ◆ モーターに重い荷物や鋭利な物が乗っていないこと。

- モーター、ステーター、ローターを直接取り扱う際は必ずリフティングリングを使用してください。
 - ◆ 3 つ以上のリングを使用する場合は、リング間の間隔を等しくする必要があります。モーター吊り上げポイント間のロープの長さはすべて同じである必要があります。

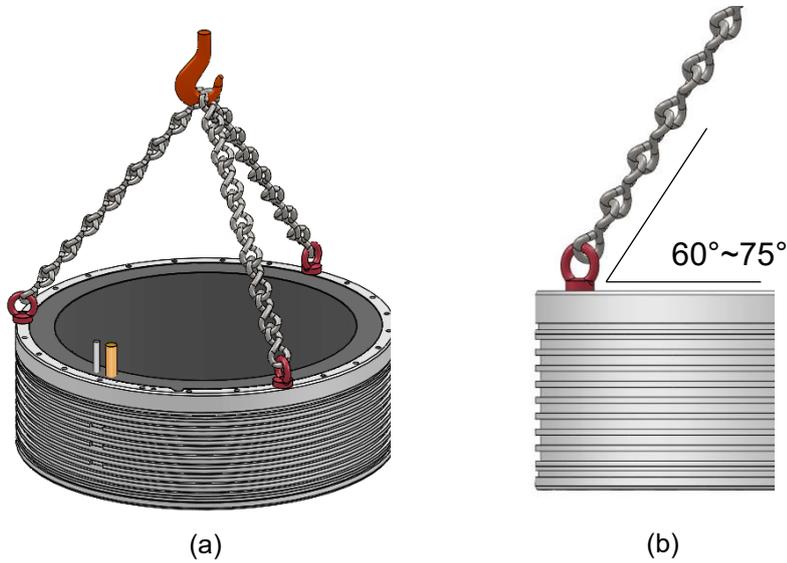


図 4.2.1 吊り輪を使って直接モーターを取り扱う
(a). 3 つ以上のリングを使用する (b). リングの内角

- ◆ 30kg 以上のモーターや D シリーズ以上のフレームサイズのモーターの吊り下げは避けてください。これにより、過度のストレスによるモーターの損傷を防ぐことができます。

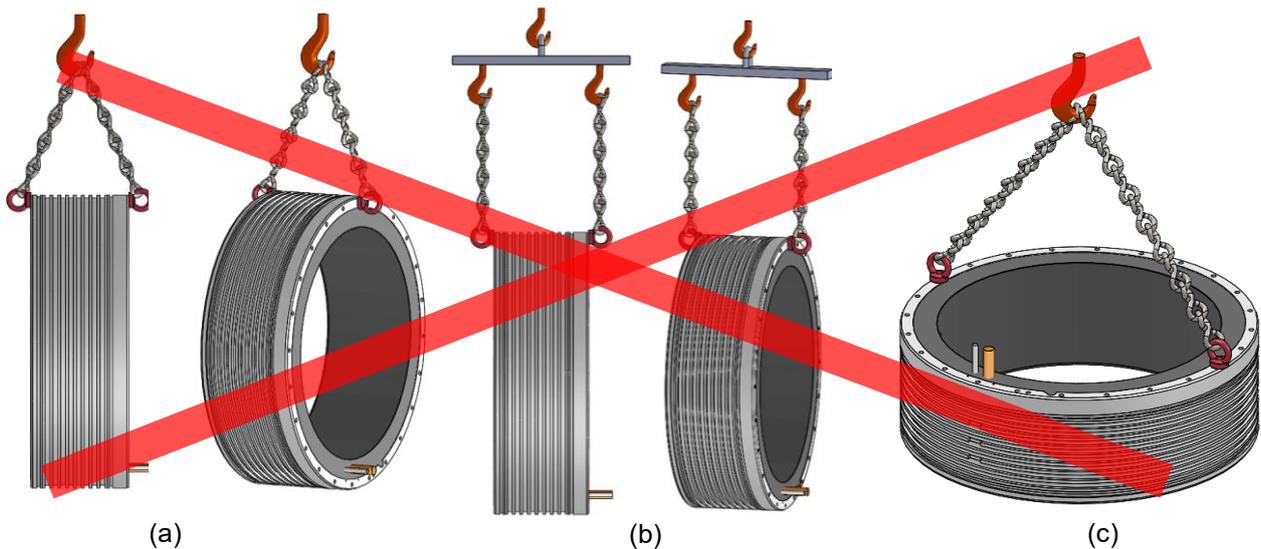


図 4.2.2 重すぎるものや大きすぎるものと一緒に吊るさないでください

- ◆ モーターを垂直に移動する必要がある場合（応力を見積もる必要がある場合）、または転倒する場合（できれば地上で行うことが望ましい場合）、次の方法を使用してください。

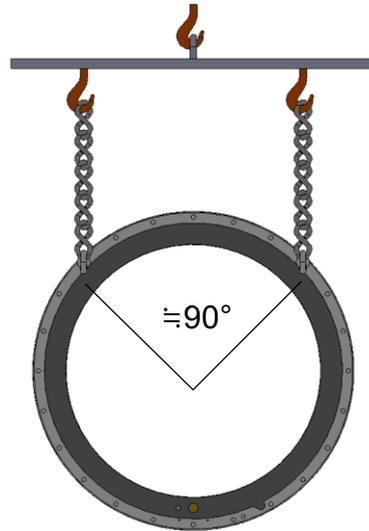


図 4.2.3 垂直または転倒モーター吊り下げ方法

- モーター、ステーター、ローターを直接取り扱う場合は、必ず吊り上げリングと輸送用固定具（ブリッジ）を使用してください。
- ◆ 輸送用固定具（ブリッジ）には吊り輪用の取り付け穴があります。吊り輪は等間隔にセットできるものをご使用ください。モーター吊り上げ点間のロープの長さはすべて同じにしてください。

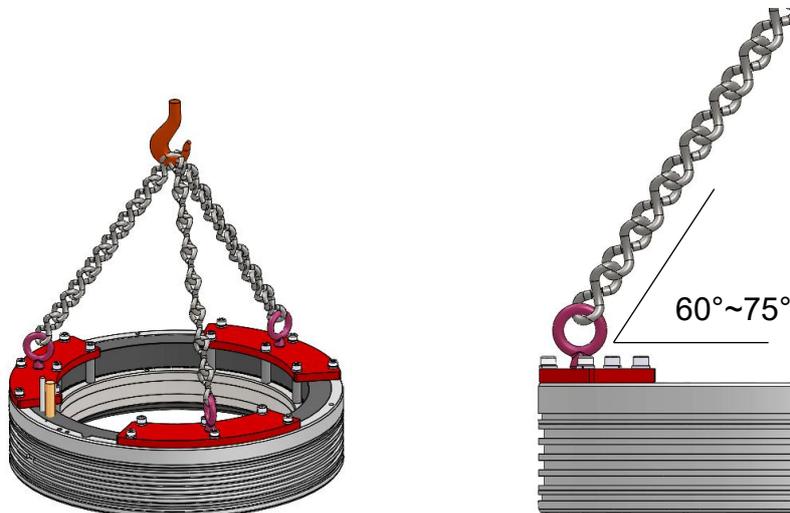


図 4.2.4 リフティングリングとブリッジを備えたハンドリングモーター

注：モーターの重量と設計上の考慮事項に基づいて、ブリッジの数量は場合によって異なります。正確なブリッジ数量については、承認図面を参照してください。

4.3 設置場所での要件

DANGER!



電圧による危険！

組立、分解、修理作業の前後は、危険な電流が流れる場合があります。

- ◆ 資格のある電気技師のみが、電源を切断して作業を行うことができます。
- ◆ リニアモーターシステムで作業を行う前に、電源を切断し、電源が再びオンにならないように保護してください！

DANGER!



強力な磁場による死亡の危険性！

トルクモーターシステム周辺の強力な磁場は、モーターに近づく能動型医療用インプラントを装着している人にとって危険です。これは、モーターの電源がオフになっている場合も同様です。

- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から 300mm 以上離れてください。
- ◆ 令 2013/35/EU に基づき、静磁場のトリガー閾値は 0.5mT です。

国や地域のガイドラインや要件も考慮に入れること。

- ◆ 参考までに、ドイツの社会事故保険の DGUV 規則 103-013 は、磁場を扱う際の要件を指定しています。

WARNING!



重い荷物は危険です！

重い荷物を持ち上げると、捻挫やねんざを起こす可能性があります。

- ◆ 0kg を超える重い荷物を配置する場合は、適切なサイズのホイストを使用してください！
- ◆ 吊り荷を取り扱う際は、適用される労働安全衛生規則を遵守してください！
- ◆ スターターとローターの輸送用固定具（ブリッジ）を備えたモーターは、吊り下げ穴を使用して吊り下げることができます。吊り下げる際は、いかなる状況においても部品の強度にご注意ください。
- ▶ DIN 580 または JISB1168 の要件を満たすアイボルトを使用してください。

CAUTION



時計や磁気記憶媒体に物理的な損傷が発生するリスクがあります。

強力な磁力により、トルクモーターシステムの近くにある時計や磁化可能なデータストレージメディアが破壊される可能性があります！

- ▶ 時計や磁化可能なデータ記憶媒体をトルクモーターシステムの近く (<300 mm) に持ち込まないでください！

⚠ CAUTION**トルクモーターシステムの損傷！**

トルクモーターは物理的な操作によって損傷を受ける可能性があります。

- ◆ ケーブルを直接引っ張らないでください。
- ◆ モーターに重い荷物や鋭利な物が乗っていないこと。

⚠ DANGER!**強力な引力により押しつぶされる危険があります！**

- ◆ ローターとステーターを慎重に組み立ててください！
- ◆ ローターとステーターの間に指や物を入れないでください！
- ◆ ローターと磁化可能なオブジェクトが誤って引き合い、衝突する可能性があります！
- ◆ 2つのローターが誤って引き合い、衝突する可能性があります！
- ◆ ローターの磁力が対象物に作用する場合、数 kN もの大きな磁力が作用する場合があります、本体の一部をクランプする場合があります。
- ◆ 吸引力を過小評価せず、慎重に操作してください。
- ◆ 必要に応じて安全手袋を着用してください。
- ◆ 操作には2名以上の協力が必要です。
- ◆ 組み立て手順がまだローターの取り付けに達していない場合は、最初にローターを安全で適切な場所に置いてください。
- ◆ 一度に複数のローターを取り扱わないでください。
- ◆ 保護なしで2つのローターを直接一緒に配置しないでください。
- ◆ 磁性体をローターに近づけないでください。ツールを磁化する必要がある場合は、両手でしっかりと保持し、ゆっくりとローターに近づけてください！
- ◆ 開梱後すぐにローターを取り付けることをお勧めします！
- ◆ 固定子と回転子を取り付ける場合、固定子と回転子を個別に組み立てるための取り付け補助装置が必要です。正しい方法をお願いします。
- ◆ 磁力でクランプされた身体の部位（手、指、足など）を解放するために、次の工具を常に手元に置いてください。
 - 磁化されていない固体材料で作られたハンマー（約 3Kg）
- ◆ 非磁化材料で構成された2つのくさびブロック（くさび形の鋭角 10°~15°、最小高さ 50mm）。

4.4 保管

DANGER

強力な磁場により死亡の危険があります！

トルクモーターシステムの周囲には強力な磁場が存在し、モーターに近づく医療用インプラントを装着している人にとっては危険です。これはモーターの電源がオフになっている場合も同様です。



- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から最低 300 mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU に基づく 0.5 mT の静磁場に対するトリガー閾値

国や地域のガイドラインや要件も考慮してください。

- ▶ 参考までに、ドイツ社会傷害保険の DGUV 規則 103-013 では、磁場を扱う際の要件を規定しています。

■ メンテナンスと保管上の注意

1. 可燃性の環境や化学薬品と一緒に保管しないでください。
2. 湿気、ほこり、有害なガスや液体のない場所に保管してください。
3. 振動の少ない場所に設置してください。
4. 製品のお手入れ方法：アルコール（70%）で拭きます
5. 破損した製品の廃棄方法：地域の法律および規則に従ってリサイクルしてください。
6. 保管条件は、EN 60721-3-1:2018 に準拠する必要があります（表 4.4.1 を参照）。
7. モーターは、次の条件で最長 2 年間屋内に保管できます：
 - i、 乾燥していること
 - ii、 ダストフリー
 - iii、 振動ないこと
 - iv、 風通しの良いこと
 - v、 異常気象への耐性があること
 - vi、 室内空気に腐食性ガスがないこと
 - vii、 モーターの振動と湿気の防止
8. 乾燥した保管環境が利用できない場合は、次の対策を講じる必要があります：
 - i、 モーターを吸湿材で包み、密閉する。
 - ii、 密封されたパッケージに乾燥剤を入れます。乾燥剤をチェックし、必要に応じて交換する必要があります。
 - iii、 定期的にモーターを点検してください。
9. モーターは元のパッケージに入れ、平らにして保管してください。十分なサポートと保護が提供されている場合は、パッケージの外に一時的に保管できます。また、ストレージ環境も要件を満たす必要があります。下の図 4.4.1 に示すように、ケーブルが挟まれた場合に備えて、ケーブルが上を向いていることを確認してください。

10. モーターを長期保管・撤去した場合、湿気により絶縁抵抗値が低下する場合があります。機械を設置する前に、モーターの絶縁抵抗状態を確認してください。EN61557 に適合した検査器を使用してください。テストは、1000V_{DC}で 60 秒後に 100 MΩに到達する必要があります。仕様を満たしていない場合は、モーターが湿っている可能性があります。直接使用すると絶縁破壊の原因となります。HIWIN にお問い合わせください。

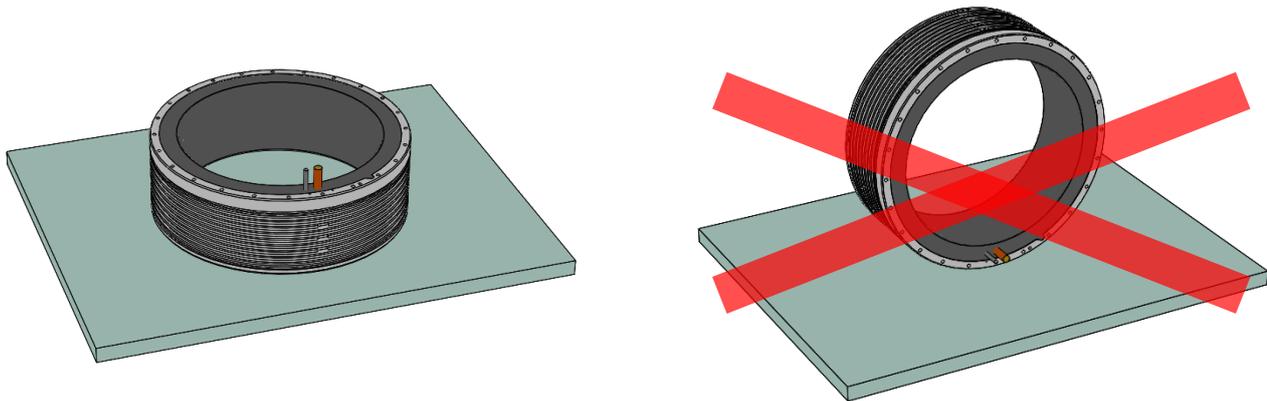


図 4.4.1 パッケージ外収納の模式図

表 4.4.1 保管条件

環境パラメーター	単位	値
大気温	(°C)	-5~40
相対湿度	(%)	5~85
絶対湿度	(g/m ³)	1~25
温度変化率	(°C/min)	0.5
空気圧	(kPa)	70~106
日射	(w/m ²)	700
結露		許容しない
氷の形成		許容しない
長期保管条件		クラス 1K21 を参照
モーターは、耐候性に優れた環境に保管してください。（屋内・工場）		
生物学的条件	Class 1B1	
化学活性物質	Class 1C1	
機械的に活性な物質	Class 1S11	
機械的条件	Class 1M11	

4.5 開梱とセットアップ

WARNING!

重い荷物による危険！



重い荷物を持ち上げると、健康を害する可能性があります。

- ◆ 20 kg を超える重い荷物を配置する場合は、適切なサイズのホイストを使用してください！
- ◆ つり荷を取り扱う際は、該当する労働安全衛生規則を遵守してください！
- ◆ DIN 580 または JISB1168 の要件を満たすアイボルトを使用してください。

- 本製品の分解・組立は屋内で行ってください。製品パッケージを分解する際の注意事項は次のとおりです：
 1. ラベルの数量と仕様が正しいことを確認してください。
 2. カートンを慎重に分解してください。ローターには磁石が含まれていることに注意してください。
 3. 分解したカートンは保管し、後で問題が発生した場合は返送してください。問題がなければ、環境に配慮した方法でパッケージを廃棄してください。
 4. 製品を慎重に取り出し、外観に損傷がないこと、および内部製品が正しいことを確認し、写真を撮って保管してください。
 5. 組み立てる前に、慎重に製品を設置場所に移動してください。ローターには磁石が内蔵されているため、周囲に磁気伝導体を避ける必要があります。
 6. 組み立てる前に、製品を設置場所まで慎重に移動してください。ローターには磁石が含まれているため、周囲に磁気を伝導する物体がないようにしてください。

5. 組み立てと接続

5.1	機械的設置	5-2
5.1.1	水冷設計	5-4
5.1.2	ローターインターフェースの設計	5-18
5.1.3	ステーターインターフェースの設計(冷却ジャケットなし)	5-21
5.1.4	エアギャップとアセンブリの同心度	5-22
5.1.5	ステーターとローター間の力	5-24
5.1.6	ネジの締め付けトルク	5-26
5.1.7	回転方向	5-27
5.1.8	機械的設置	5-28
5.2	電気接続	5-32
5.2.1	配線上の注意	5-32
5.2.2	ケーブル	5-32
5.2.3	並列運転の設定	5-42
5.2.4	温度センサー	5-56

5.1 機械的設置

DANGER



電圧による危険！

組み立て、分解、修理作業の前および作業中には、危険な電流が流れることがあります。

- ◆ 作業は必ず資格のある電気技師が、電源を切った状態で行ってください！
- ◆ ダイレクトドライブモーターシステムで作業を行う前に、電源を切り、再び電源が入らないようにしてください！

DANGER



強力な磁場により死亡の危険があります！

トルクモーターシステムの周囲には強力な磁場が存在し、モーターに近づく医療用インプラントを装着している人にとっては危険です。これはモーターの電源がオフになっている場合も同様です。

- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から最低 300 mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU に基づく 0.5 mT の静磁場に対するトリガー閾値

国や地域のガイドラインや要件も考慮してください。

- ▶ 参考までに、ドイツ社会傷害保険の DGUV 規則 103-013 では、磁場を扱う際の要件を規定しています。

DANGER!



強い引力により押しつぶされる危険があります！

- ◆ ローターとステーターを慎重に組み立てます！
- ◆ ローターとステーターの間に指や物を置かないでください！
- ◆ ローターと磁化可能な物体が誤って引き合い衝突する可能性があります！
- ◆ 2 つのローターが誤って引き合い衝突する可能性があります！
- ◆ 物体に作用するローターの磁力は数 kN にも達し、物体の特定の部分が挟まれる可能性があります。
- ◆ 吸引力を過小評価せず、慎重に操作してください。
- ◆ 必要に応じて安全手袋を着用してください。
- ◆ 操作時には少なくとも 2 人が協力する必要があります。
- ◆ 組み立て手順がまだローターの取り付けに達していない場合は、まずローターを安全で適切な場所に置いてください。
- ◆ 一度に複数のローターを持ち出さないでください。
- ◆ 保護なしで 2 つのローターを直接一緒に配置しないでください。
- ◆ 磁化しやすい物質をローターに近づけないでください！ 工具を磁化する必要がある場合は、両手でしっかりと持ち、ゆっくりとローターに近づけてください！

- ◆ 開梱後すぐにローターを取り付けることをお勧めします！
- ◆ スターターとローターを取り付ける際は、スターターとローターを個別に組み立てるための設置補助具が必要です。正しい方法に従ってください。
- ◆ 磁力で挟まれた体の一部（手、指、足など）を解放するために、以下のツールを常に手元に置いてください。
 - 非磁性固体材料で作られたハンマー（約 3kg）
- ◆ 非磁性材料で構成された 2 つのくさびブロック（くさび形の鋭角 10°~15°、最小高さ 50mm）。

WARNING!

重い荷物は危険です！

重い荷物を持ち上げると、捻挫やねんざを起こす可能性があります。



- ◆ 20kg を超える重い荷物を配置するときは、適切なサイズのホイストを使用してください！
- ◆ 吊り荷を取り扱う際は、適用される労働安全衛生規則を遵守してください！
- ◆ スターターとローターの輸送用固定具（ブリッジ）を備えたモーターは、吊り下げ穴を使用して吊り下げることができます。吊り下げる際は、いかなる状況においても部品の強度にご注意ください。
- ▶ DIN 580 または JISB1168 の要件を満たすアイボルトを使用してください。

CAUTION

トルクモーターシステムの損傷！



トルクモーターは物理的な操作によって損傷を受ける可能性があります。

- ◆ ケーブルを直接引っ張らないでください。
- ◆ モーターに重い荷物や鋭利な物が乗っていないこと。

5.1.1 水冷設計

HIWIN トルクモーターは、水または空気で冷却できます。(TM-5 と IM-2 はデフォルトで水冷式です) 冷却チャンネルはステーターの外側ケースに設計されています。O リングは、漏れ防止装置として冷却チャンネルの外側に取り付けられています。冷却用クーラントの良好な循環を確保するには、設計クーラントの入口/出口を承認された図面の位置に合わせる必要があります。

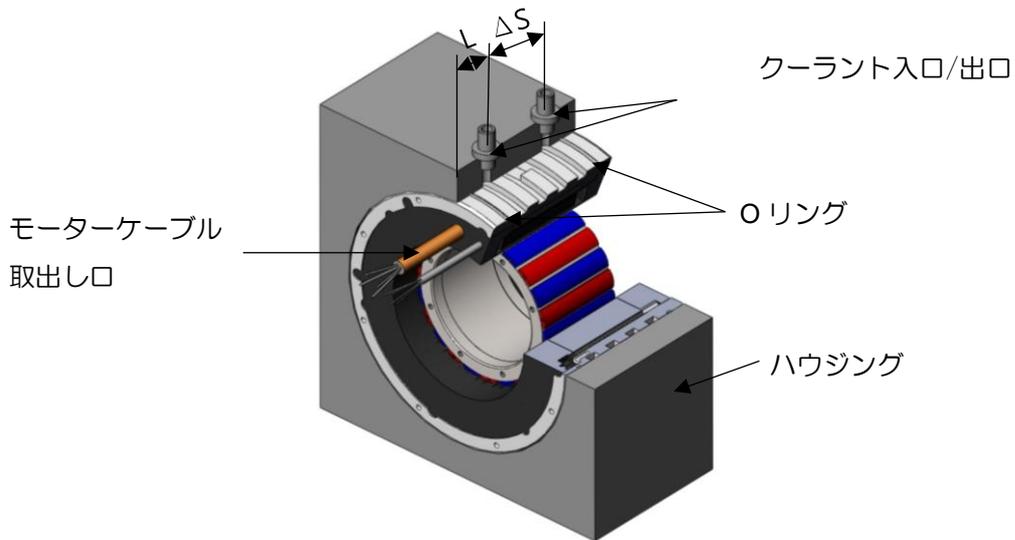


図 5.1.1 HIWIN トルクモーターの基本構造

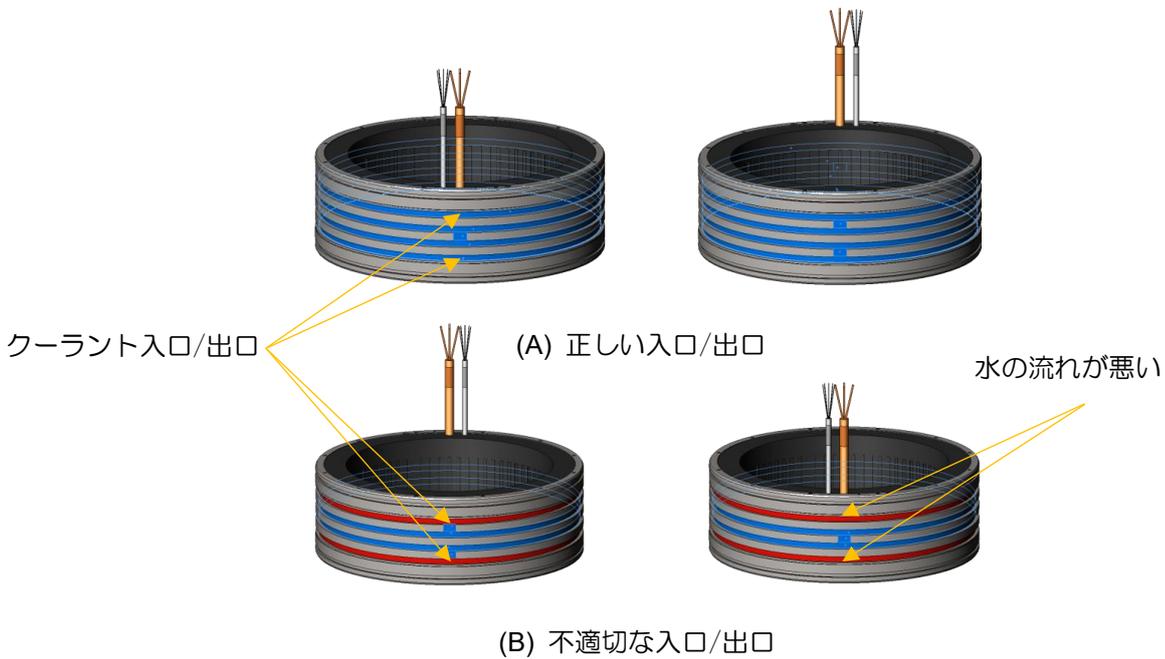


図 5.1.2 冷媒入口/出口の設置場所の影響

5.1.1.1 冷却チャンネルの位置

表 5.1.1 および表 5.1.2 を参照してください。これは、各シリーズの推奨クーラント入口/出口位置です。（L、ΔS は図 5.1.1 参照）【冷却ジャケット付トルクモーターは含みません（予約コード：J口）】

表 5.1.1 TMRW シリーズのクーラント出入口位置

L (mm)	ΔS (mm)				
	20	40	60	90	140
25	TMRW13(L)	TMRW15(L)	TMRW17(L)	TMRW1A(L)	TMRW1F(L)
	TMRW43(L)	TMRW45(L)	TMRW47(L)	TMRW4A(L)	TMRW4F(L)
30	TMRW23(L)	TMRW25(L)	TMRW27(L)	TMRW2A(L)	TMRW2F(L)
35	TMRW73(L)	TMRW75(L)	TMRW77(L)	TMRW7A(L)	TMRW7F(L)
	TMRWA3(L)	TMRWA5(L)	TMRWA7(L)	TMRWAA(L)	TMRWAF(L)
43	TMRWD3(L)	TMRWD5(L)	TMRWD7(L)	TMRWDA(L)	TMRWDF(L)
35	TMRWG3(L)	TMRWG5(L)	TMRWG7(L)	TMRWGA(L)	TMRWGF(L)

表 5.1.2 TM-5 シリーズのクーラント出入口位置

L (mm)	ΔS (mm)				
	20	40	60	90	140
25	TM-5-13	TM-5-15	TM-5-17	TM-5-1A	TM-5-1F
	TM-5-43	TM-5-45	TM-5-47	TM-5-4A	TM-5-4F
30	TM-5-23	TM-5-25	TM-5-27	TM-5-2A	TM-5-2F
35	TM-5-73	TM-5-75	TM-5-77	TM-5-7A	TM-5-7F
	TM-5-A3	TM-5-A5	TM-5-A7	TM-5-AA	TM-5-AF
43	TM-5-D3	TM-5-D5	TM-5-D7	TM-5-DA	TM-5-DF
35	TM-5-G3	TM-5-G5	TM-5-G7	TM-5-GA	TM-5-GF

表 5.1.3 IM-2 シリーズのクーラント入口/出口位置

L (mm)	ΔS (mm)				
	20	40	60	90	140
25	IM-2-43	IM-2-45	IM-2-47	IM-2-4A	IM-2-4F
30	IM-2-23	IM-2-25	IM-2-27	IM-2-2A	IM-2-2F
35	IM-2-73	IM-2-75	IM-2-77	IM-2-7A	IM-2-7F
	IM-2-A3	IM-2-A5	IM-2-A7	IM-2-AA	IM-2-AF
35	IM-2-G3	IM-2-G5	IM-2-G7	IM-2-GA	IM-2-GF

5.1.1.2 冷却チャンネルの寸法

各シリーズの冷却管寸法は、表 5.1.4、表 5.1.5、表 5.1.6 に示されています。【冷却ジャケット付きトルクモーターは含まれません(予約コード: J□)】

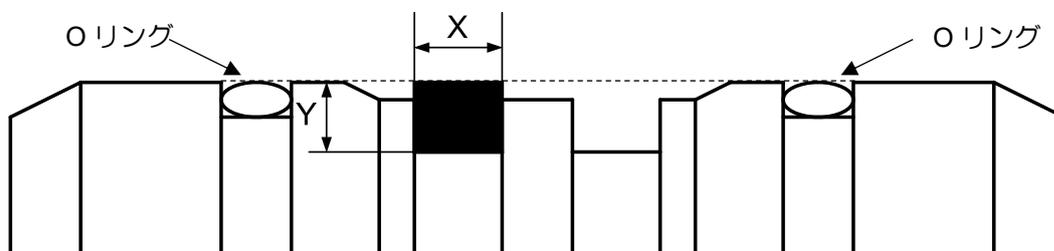


図 5.1.3 冷却チャンネルの寸法図

表 5.1.4 TMRW シリーズの冷却水路寸法

タイプ	X (mm)	Y (mm)	入口/出口内径 (mm)	タイプ	X (mm)	Y (mm)	入口/出口内径 (mm)
TMRW13(L)	8	5	8	TMRWA3(L)	8	5	8
TMRW15(L)	8	5	8	TMRWA5(L)	8	5	8
TMRW17(L)	9	5	8	TMRWA7(L)	9	5	8
TMRW1A(L)	8	5	8	TMRWAA(L)	8	5	8
TMRW1F(L)	9	5	8	TMRWAF(L)	9	5	8
TMRW23(L)	8	5	8	TMRWD3(L)	8	5	8
TMRW25(L)	8	5	8	TMRWD5(L)	8	5	8
TMRW27(L)	9	5	8	TMRWD7(L)	9	5	8
TMRW2A(L)	8	5	8	TMRWDA(L)	8	5	8
TMRW2F(L)	9	5	8	TMRWDF(L)	9	5	8
TMRW43(L)	8	5	8	TMRWG3(L)	8	5	10
TMRW45(L)	8	5	8	TMRWG5(L)	8	5	10
TMRW47(L)	9	5	8	TMRWG7(L)	9	5	10
TMRW4A(L)	8	5	8	TMRWGA(L)	8	5	10
TMRW4F(L)	9	5	8	TMRWGF(L)	9	5	10
TMRW73(L)	8	4	8	/			
TMRW75(L)	8	4	8				
TMRW77(L)	9	4	8				
TMRW7A(L)	8	4	8				
TMRW7F(L)	9	4	8				

注：データシートに記載されている最小水流量を確保するために、上記の冷却水入口/出口は最小の内径にする必要があります。

HIWIN トルクモーターが耐えられる最大圧力は 10 bar です。

表 5.1.5 TM-5 シリーズ冷却チャンネル寸法

タイプ	X (mm)	Y (mm)	入口/出口内径 (mm)	タイプ	X (mm)	Y (mm)	入口/出口内径 (mm)
TM-5-13	8	5	8	TM-5-A3	8	6	8
TM-5-15	8	5	8	TM-5-A5	8	6	8
TM-5-17	9	5	8	TM-5-A7	9	6	8
TM-5-1A	8	5	8	TM-5-AA	8	6	8
TM-5-1F	9	5	8	TM-5-AF	9	6	8
TM-5-23	8	5	8	TM-5-D3	8	5	8
TM-5-25	8	5	8	TM-5-D5	8	5	8
TM-5-27	9	5	8	TM-5-D7	9	5	8
TM-5-2A	8	5	8	TM-5-DA	8	5	8
TM-5-2F	9	5	8	TM-5-DF	9	5	8
TM-5-43	8	5	8	TM-5-G3	8	5	10
TM-5-45	8	5	8	TM-5-G5	8	5	10
TM-5-47	9	5	8	TM-5-G7	9	5	10
TM-5-4A	8	5	8	TM-5-GA	8	5	10
TM-5-4F	9	5	8	TM-5-GF	9	5	10
TM-5-73	8	4	8				
TM-5-75	8	4	8				
TM-5-77	9	4	8				
TM-5-7A	8	4	8				
TM-5-7F	9	4	8				

注：上記の冷却水入口/出口は、データシートに記載されている最小の水流を確保するために、最小の内径を持つ必要があります。

HIWIN トルクモーターが耐えられる最大圧力は 10 bar です。

冷却ジャケット付（予約コード：J口）のトルクモーターは 5 barまで耐えられます。

表 5.1.6 IM-2 シリーズ冷却チャネル寸法

タイプ	X (mm)	Y (mm)	入口/出口内径 (mm)	タイプ	X (mm)	Y (mm)	入口/出口内径 (mm)
IM-2-23	8	5	8	IM-2-A3	8	6	8
IM-2-25	8	5	8	IM-2-A5	8	6	8
IM-2-27	9	5	8	IM-2-A7	9	6	8
IM-2-2A	8	5	8	IM-2-AA	8	6	8
IM-2-2F	9	5	8	IM-2-AF	9	6	8
IM-2-43	8	5	8	IM-2-G3	8	5	10
IM-2-45	8	5	8	IM-2-G5	8	5	10
IM-2-47	9	5	8	IM-2-G7	9	5	10
IM-2-4A	8	5	8	IM-2-GA	8	5	10
IM-2-4F	9	5	8	IM-2-GF	9	5	10
IM-2-73	8	4	8				
IM-2-75	8	4	8				
IM-2-77	9	4	8				
IM-2-7A	8	4	8				
IM-2-7F	9	4	8				

注意: データシートに記載されている最小の水流を確保するために、上記の冷却水入口/出口は内径が最小である必要があります。

HIWIN トルクモーターが耐えられる最大圧力は 10 bar です。

5.1.1.3 冷却チャンネルの構成

次に、冷却管の2つの一般的な構成について説明します。使用する構成に関係なく、入口/出口が承認された図の位置に一致していることを確認し、取り付け後に冷却ループから空気を取り除くことが不可欠です。

- モーターシャフトは垂直に取り付けられています
 モーターケーブルの出口が上向きか下向きかに関係なく、冷却剤の出口は上に、冷却剤の入口は下にある必要があります。(重力の方向によって定義されます)。さらに、クーラントの入口と出口は、モーターケーブルの出口と一直線に並べる必要があります (モーターケーブルの出口の位置については、HIWIN 承認の図面を参照してください)。冷却ジャケット付トルクモータ (予約コード J□) の冷却水入口・出口は、モーター出口側端面にあります。クーラントの入口と出口とクーリングチャンネルの接続関係については、セクション 5.1.1.6 を参照してください。下部の冷却管 (重力の方向によって定義) を冷媒の入口として選択し、上部の冷却管を冷媒の出口として選択する必要があります。

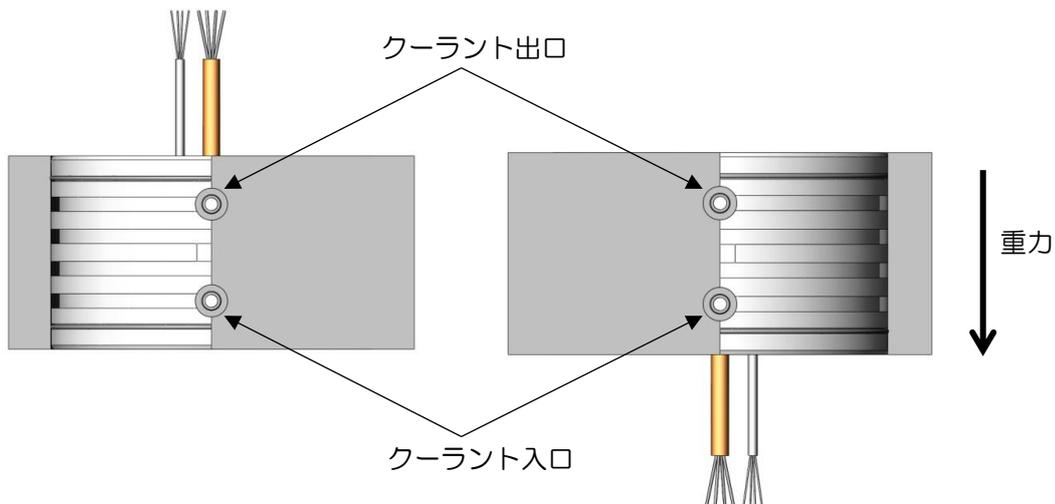


図 5.1.4 モーター軸垂直取付時のクーラント出入口位置

- モーターシャフトは水平に取り付けられています
 クーラントの入口/出口方向はお客様が決定できます。クーラントの入口/出口は、モーターケーブルの出口と一直線に並べる必要があります (モーターケーブルの出口の位置については、HIWIN 承認の図面を参照してください)。冷媒の入口/出口が最も高い位置 (重力の方向で定義) がない場合、冷却チャンネル内の気泡が排出されない可能性があることに注意してください。排気孔と排気スクリューは最高点に設計することをお勧めします。冷却ジャケット付きトルクモータ (予約コード J□) の場合、クーラントの出入口を最も高い位置に取り付けることをお勧めします。

⚠ CAUTION

流量がモーターの最小水流量を満たさない場合は、図 5.1.5 に示すように、冷却剤の入口と出口は最も高い位置にのみ設置できます。

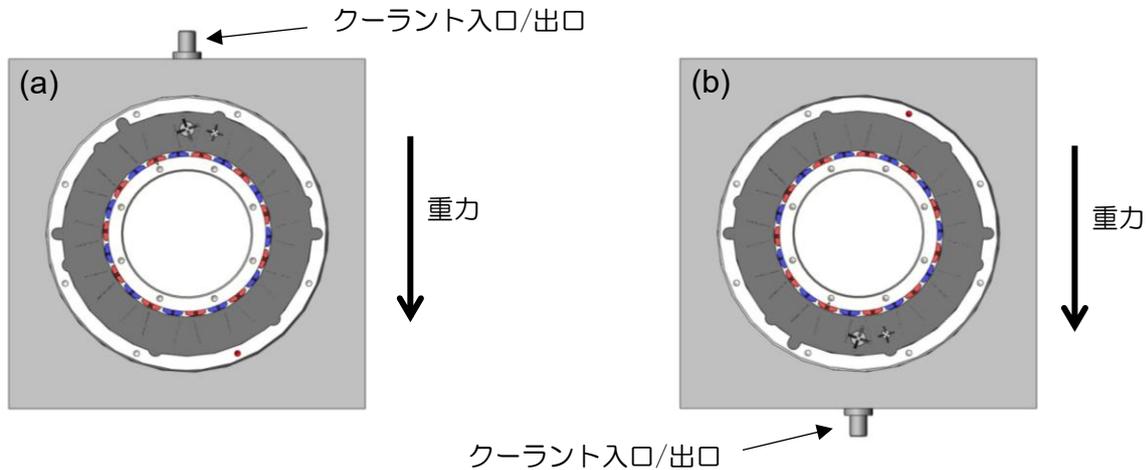


図 5.1.5 垂直に取り付けた場合の冷媒入口/出口の位置 (a) 最高点の入口と出口 (b) 最低地点の入口と出口

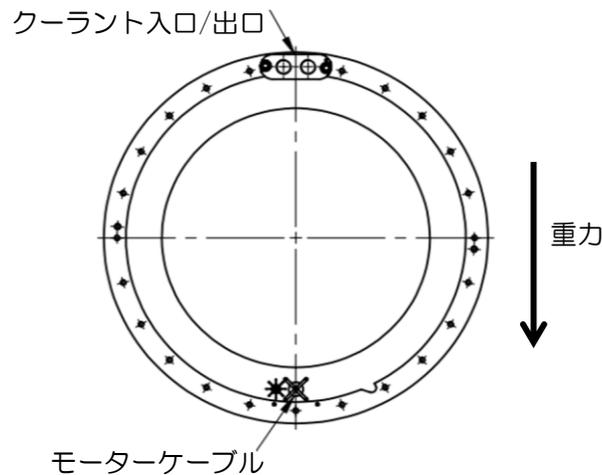


図 5.1.6 垂直に取り付けた場合の冷却剤入口/出口の位置 (冷却ジャケット付きトルクモーターの場合)

■ 取り付け完了後、冷却回路内の気泡を排出します

冷却回路内の気泡やポケットは冷却能力を低下させます。ユニットが局所的に高温になったり、過熱したりする可能性があります。そのため、冷却システムを取り付けて接続した後は、冷却回路のエア抜きを行う必要があります。

冷却回路は、気泡を排出するための通気ネジを備えて設計する必要があります。

1. 通気口ネジが可能な限り高い位置（重力に対して）になるようにユニットを配置します。
2. 通気口ネジを緩めて冷却システムを作動させます。
3. 液体が漏れた場合は、できるだけ早く通気ネジを締めてください。
4. 拭き取り後、漏れがないか目視で点検してください。冷却剤が垂れたり、漏れたりしていないことを確認してください。

5.1.1.4 Oリングの特長

各シリーズのOリング特性は、次の表 5.1.7 に示されています。【冷却ジャケット付きトルクモーターは含まれていません（予約コード：J□）】

表 5.1.7 Oリングの特長

タイプ	材質	Shore A	O-リングの厚さ (mm)	O-リングの内径 (mm)
TMRW1□ / TM-5-1□	VITON	70°	2.62	152.07
TMRW2□ / TM-5-2□ / IM-2-2□	VITON	70°	2.62	190.17
TMRW4□ / TM-5-4□ / IM-2-4□	VITON	70°	2.62	221.92
TMRW7□ / TM-5-7□ / IM-2-7□	VITON	70°	2.5	296
TMRWA□ / TM-5-A□ / IM-2-A□	VITON	70°	4	370
TMRWD□ / TM-5-D□	VITON	70°	4	465
TMRWG□ / TM-5-G□ / IM-2-G□	VITON	70°	4	550

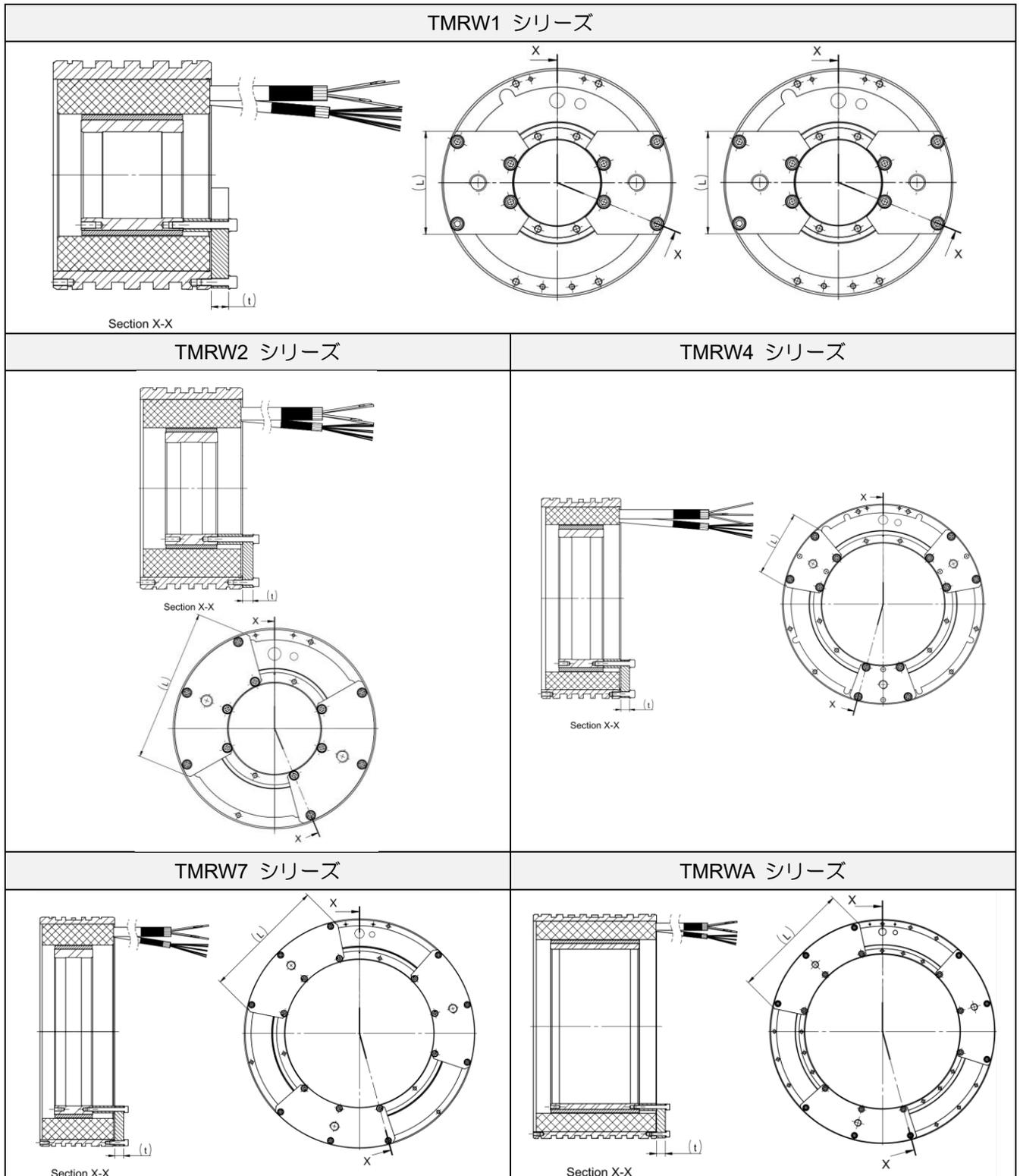
注：Oリングに通常の潤滑剤を塗布すると、気密性が向上します。

HIWIN が出荷する Oリングの品質は ISO3601 規格(シリーズ G およびグレード N)に従って定義されています。フッ素エラストマーのブランドが異なると製品名も異なり、FKM および FPM としても知られています。それは、米国の DuPont™ と提携した Viton®、米国の 3M と提携した Dyneon™、そして日本の Daikin® と提携した DAI-EL です。お客様が Oリングを自分で交換する必要がある場合は、HIWIN から直接購入する以外に、地元のサプライヤーに連絡してバイトンと同等の材料を入手することもできます。硬度はショア A の 70°以上である必要があることに注意してください。冷却ジャケット付きトルクモーターの Oリングは内部に取り付けられています。お客様は、Oリングを交換するために冷却ジャケットを分解することはできません。

5.1.1.5 輸送用固定具（ブリッジ）の寸法

各シリーズの輸送用固定具（ブリッジ）の寸法は、以下の表 5.1.8 と図 5.1.7 に示されています。

（TM-5/IM-2 の出荷時のデフォルト設定は、ステーターとローターを別々に出荷することです。モーターを組み立てた状態での出荷が必要な場合は、HIWIN にお問い合わせください。）



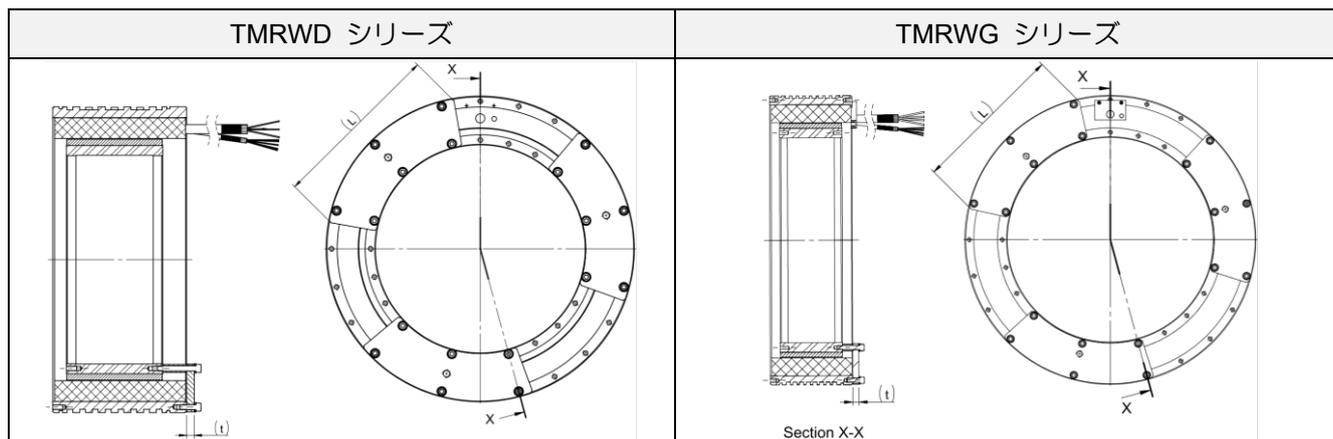


図 5.1.7 輸送用固定具（ブリッジ）図

表 5.1.8 輸送用固定具（ブリッジ）の寸法

モータータイプ	治具の最大長さ：L (mm)	治具の厚さ：t (mm)
TMRW1□	72	12
TMRW2□	151	10
TMRW4□	76	10
TMRW7□	166	12
TMRWA□	205	15
TMRWD□	274	12
TMRWG□	312	12

備考：上記寸法は設計上の都合により変更される場合があります。正しい情報は依然として承認図に基づいています

5.1.1.6 冷却ジャケット付きトルクモーター用冷却インターフェースアダプタ(予約コード:J□)

図 5.1.8 に示すように、ステーターの端面には冷却インターフェースアダプタがあります。出荷時、このアダプタの冷却剤入口/出口はカバーされているか、プラグが差し込まれています。冷却パイプラインをモーターに接続する前に、異物が入って冷却チャンネルを塞がないように、冷却インターフェースアダプタのカバーやプラグを取り外さないでください。アダプタは出荷前にモーターに取り付けられています。お客様ご自身で削除する必要がある場合は、以下の手順に従ってください。冷却インターフェースアダプタを含む密閉性能は、品質を保証するために出荷前にテストされています。お客様が冷却インターフェースアダプタを分解した場合、HIWIN は漏れの問題に対して責任を負いません。

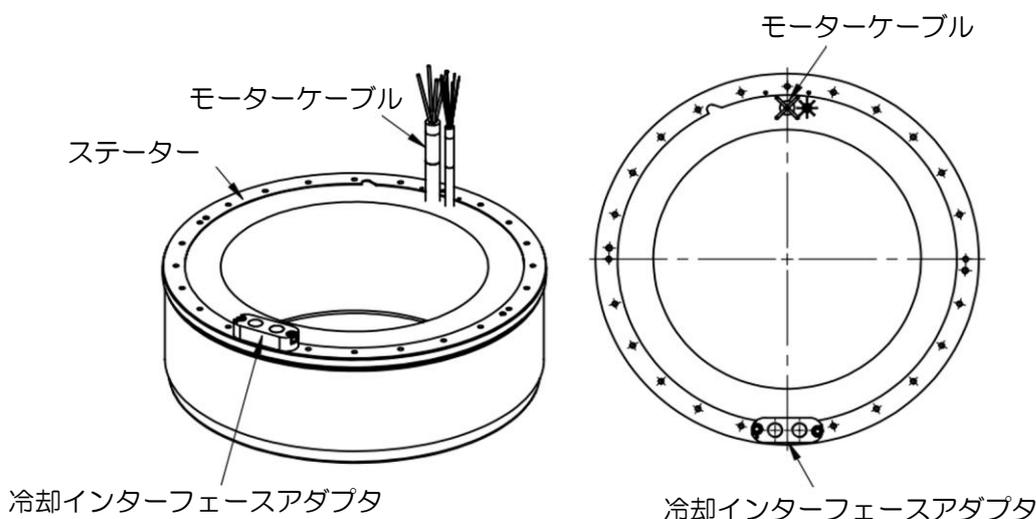


図 5.1.8 冷却インターフェースアダプタ

冷却インターフェースアダプタの端面にはマークされた穴があります。このマークされた穴に近い方の冷媒入口/出口は、モーターケーブルから離れた冷却チャンネルに接続されます。もう一方の冷媒入口/出口は、モーターケーブルに近い冷却チャンネルに接続されます。冷媒入口/出口の方向は、このマークされた穴によって判別できます。(セクション 5.1.1.3 を参照)。

冷却インターフェースアダプタのサイズと冷媒入口/出口の仕様を図 5.1.9、図 5.1.10、および表 5.1.9 に示します。

Oリングは、冷却インターフェースアダプタとステーターの端面の間をシールするために使用されます。各シリーズのOリングの特性を表 5.1.10 に示します。

表 5.1.9 冷却インターフェースアダプタのサイズ (A、B、C、E は図 5.1.9 と図 5.1.10 を参照)

タイプ	A	B	C	E	クーラント入口/出口仕様
	単位 : mm				
TM-5-7□-....-J□	26	---	10.5	140.5	G1/4 x 9DP
TM-5-A□-....-J□	31.5	15	16	173.5	G3/8 x 9DP
TM-5-D□-....-J□	31.5	14	16	219	G3/8 x 9DP
TM-5-G□-....-J□	31.5	10	16	260	G3/8 x 9DP

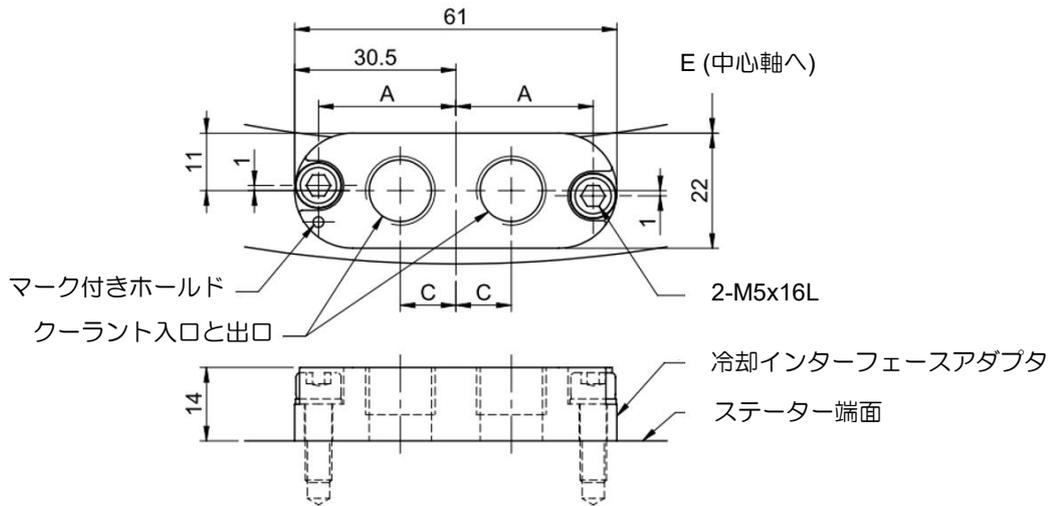


図 5.1.9 TM-5-7□-....-J□ 冷却インターフェースアダプタ

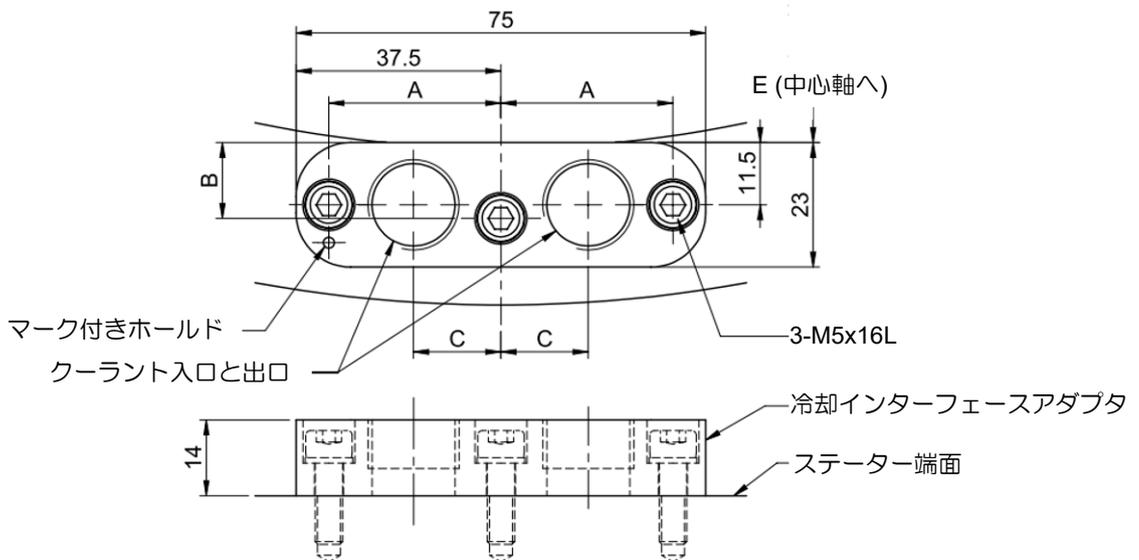


図 5.1.10 TM-5-A□/D□/G□-....-J□ 冷却インターフェースアダプタ

表 5.1.10 Oリングの特長

タイプ	材質	Shore A	Oリングの厚さ (mm)	Oリング内径 (mm)
TM-5-7□-....-J□	VITON	70°	1.78	12.42
TM-5-A□-....-J□	VITON	70°	1.78	15.6
TM-5-D□-....-J□	VITON	70°	1.78	15.6
TM-5-G□-....-J□	VITON	70°	1.78	15.6

注：Oリングに通常の潤滑剤を塗布すると、シール性能が向上します。

冷却インターフェースアダプタを取り付ける際の部品構成は図 5.1.11 を参照してください。各取り付け面およびステーター端面の O リング溝を洗浄し、乾燥させてください。強度グレード 12.9 の SEMS ネジまたは M5x16L Nylok Blue Patch ネジを使用して、冷却インターフェースアダプタを固定します。ネジは部分的に均等に徐々に締めてください。締め付けトルクは 65 ~ 80 kgf-cm です（すべてのネジを同じトルクで締め付けてください）。液体ねじ混合剤は、O リングへのねじゆるみ止め剤のオーバーフローを避けるため、O リングのシール性能に影響を与える可能性がありますので使用しないでください。

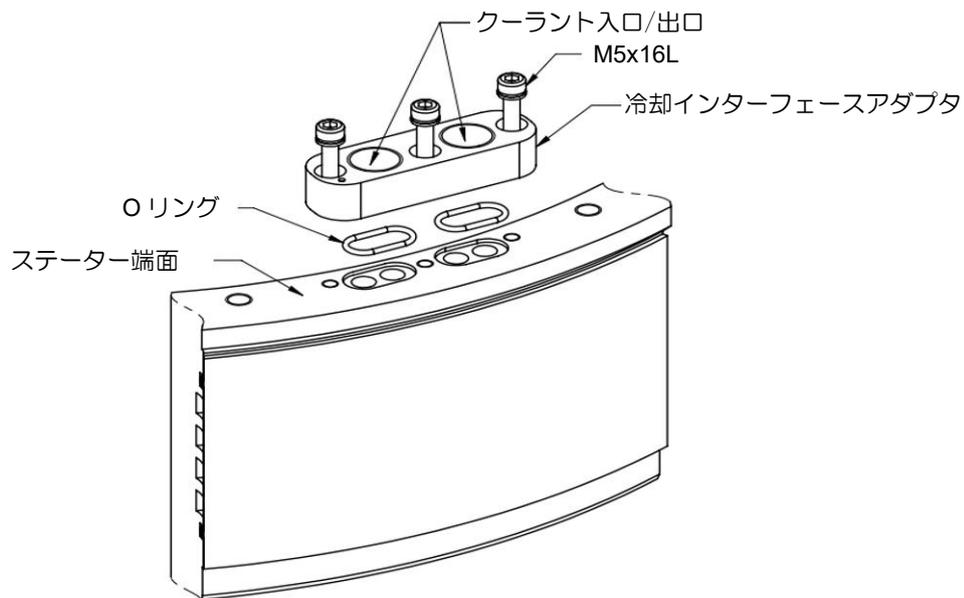


図 5.1.11 冷却インターフェースアダプタの部品構成

5.1.1.7 冷却ジャケット付トルクモーター用冷却コネクタの取付け（予約コード：J□）

モーターには冷却インターフェースアダプタが付属していますが、冷却コネクタは付属していません。冷却インターフェースアダプタの冷媒入口/出口の仕様を表 5.1.9 およびセクション 5.1.1.6 に示します。アダプタ面との接触位置にシール材を施した専用のストレートジョイントをお客様にてご用意いただく必要があります。使用方法と締め付けトルクはメーカーの要求に従ってください。シーラントが冷却インターフェースアダプタの下の O リングに溢れてシーリング性能に影響を与えるのを防ぐため、シーラントは使用しないでください。また、テープシールがシール材とアダプタ面の間に挟まり、シール不良が発生するのを防ぐため、タイプシールを使用しないことをお勧めします。

5.1.2 ローターインターフェースの設計

磁石の干渉によるモーターの性能への影響を防ぐため、お客様のシャフトとローターの磁石の間にある程度のスペースを確保する必要があります。外径 (ϕD)、内径 (ϕd)、ローター取付面の平面度仕様 (平面度 A) の推奨寸法を表 5.1.11、表 5.1.12 に示します。

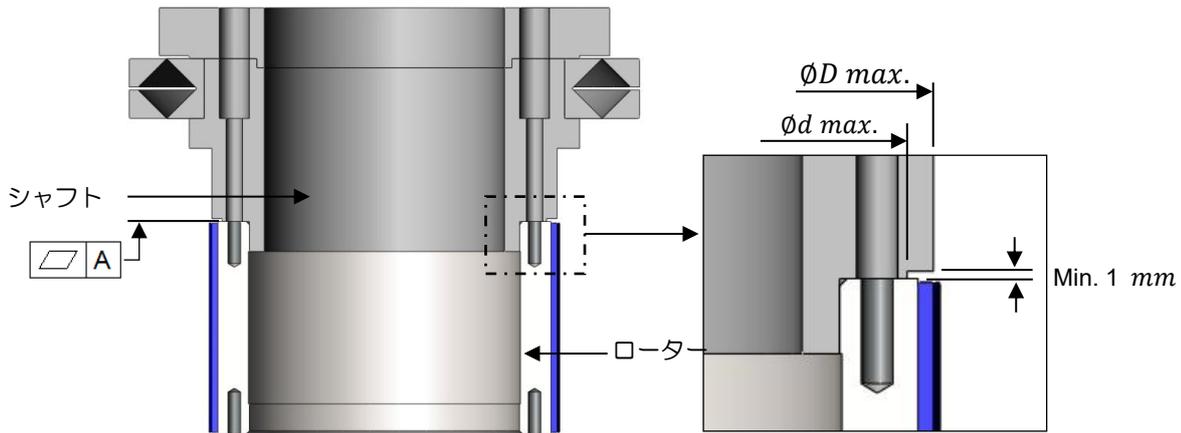


図 5.1.12 ローター取付面 (TMRW/TM-5)

表 5.1.11 実装インターフェースの提案 (TMRW/TM-5)

タイプ	ϕD (mm)	ϕd (mm)	平面度 A (mm)	平面度 B (mm)
TMRW1□	84	76.5	0.05	0.05
TM-5-1□	88	78	0.05	0.05
TMRW2□	117.5	110.4	0.05	0.05
TM-5-2□	118	108	0.05	0.05
TMRW4□	168	158.5	0.1	0.1
TM-5-4□	168	158.5	0.1	0.1
TMRW7□	233	222.5	0.1	0.1
TM-5-7□	228	218.3	0.1	0.1
TMRWA□	296.5	284.5	0.1	0.1
TM-5-A□	298.5	289/288	0.1	0.1
TMRWD□	382	370	0.15	0.15
TM-5-D□	382.5/385.5	373/372	0.15	0.15
TMRWG□	457	447	0.15	0.15
TM-5-G□	457.5	448/445	0.15	0.15

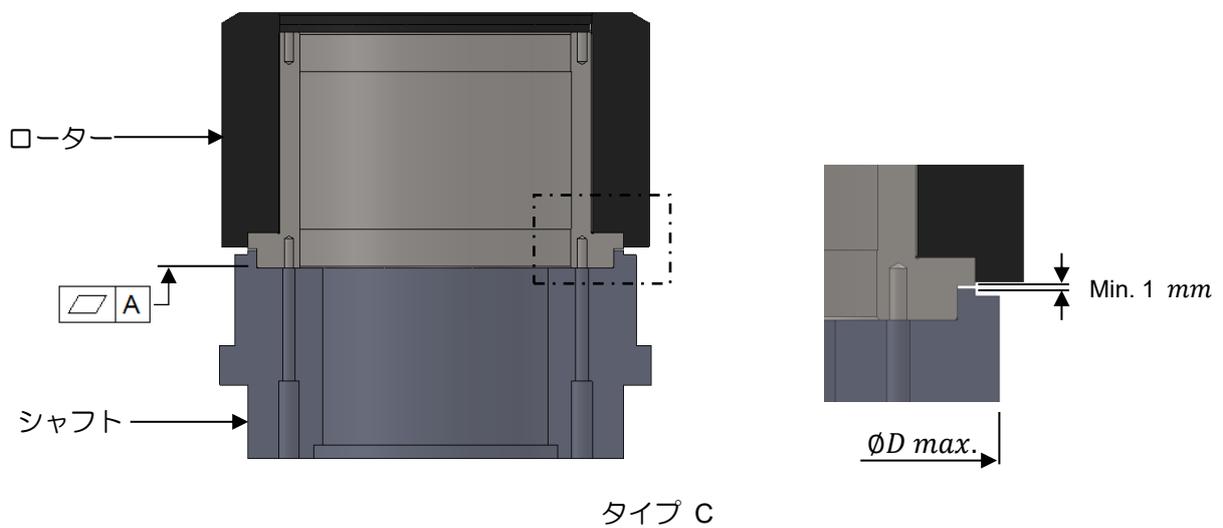
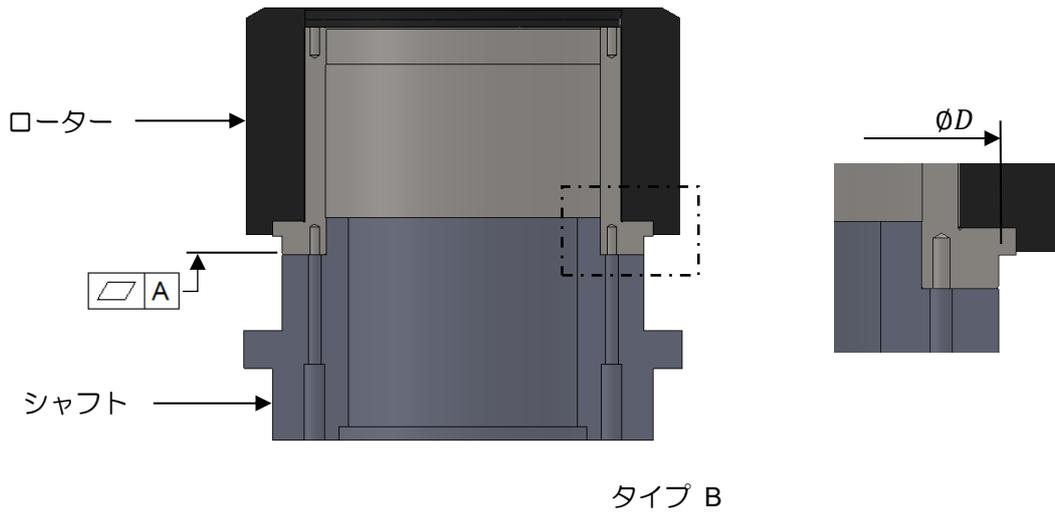
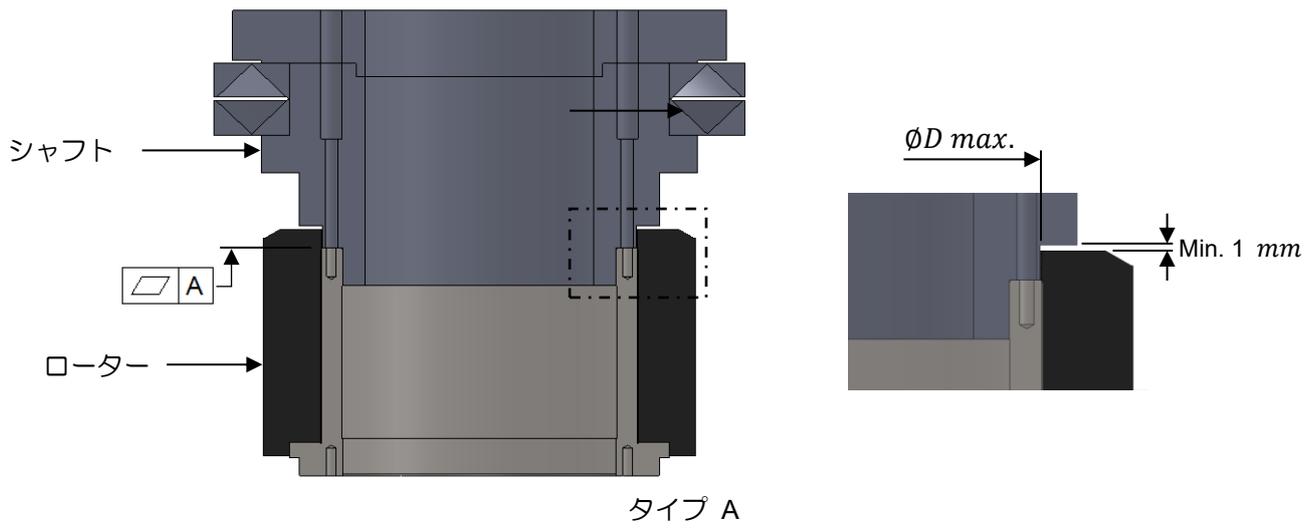


図 5.1.13 ローター取付面 (IM-2)

表 5.1.12 実装インターフェースの提案 (IM-2)

タイプ	ØD (mm)			平面度 A (mm)	平面度 B (mm)
	タイプ A	タイプ B	タイプ C		
IM-2-2□	61.5	86	118	0.05	0.05
IM-2-4□	140	N/A	168	0.1	0.1
IM-2-7□	164.5	190	228	0.1	0.1
IM-2-A□	236.5	264	298	0.1	0.1
IM-2-G□	N/A	420	458	0.15	0.15

5.1.3 スターインターフェースの設計(冷却ジャケットなし)

ハウジング内径およびスター取付穴の推奨公差は H7 または H8、スター取付面の推奨平面度仕様（平面度 B）を表 5.1.11 に示します。O リングの傷や液漏れを防ぐため、ハウジングの面取り、バリ取り、丸み付けを行うことをお勧めします（推奨寸法は図 5.1.14 に示します）。

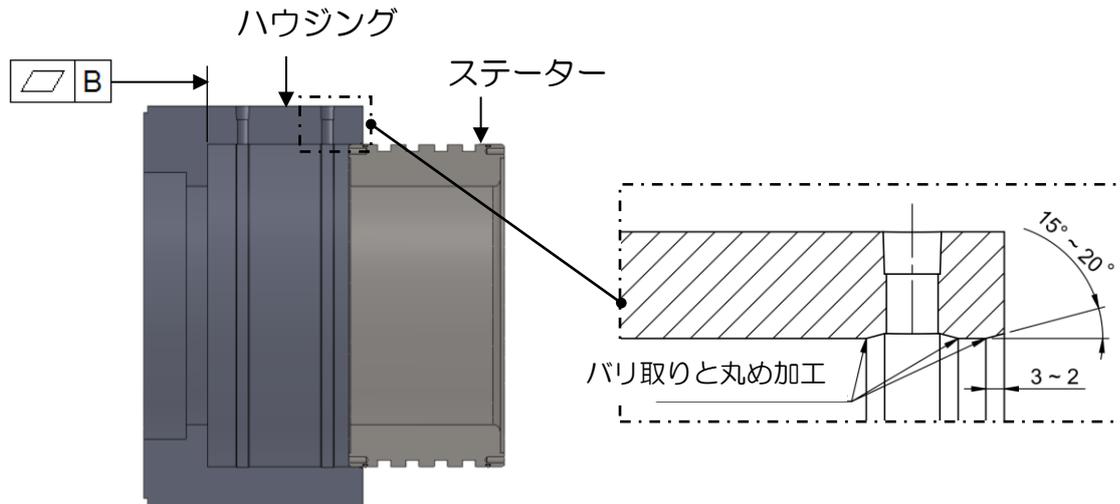


図 5.1.14 スター取付面

5.1.4 エアギャップとアセンブリの同心度

ステーターとローターの間には存在するエアギャップは、回転中のモーターの損傷を防ぎます。図 5.1.15 および表 5.1.13 ~ 表 5.1.15 に定められたエアギャップの標準値および組立ての同心度の条件を守っていれば、モーターの回転に支障はありません。

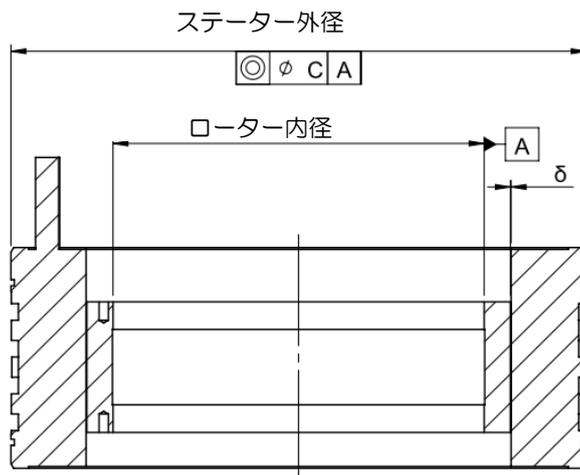


図 5.1.15 エアギャップとアセンブリの同心度図

表 5.1.13 TMRW シリーズの
エアギャップとアセンブリの同心度寸法

モーター タイプ	エアギャップ: δ (mm)	アセンブリの同心度: C (mm)
TMRW1□	0.4	0.2
TMRW2□	0.4	0.2
TMRW4□	0.4	0.2
TMRW7□	0.4	0.2
TMRWA□	0.5	0.3
TMRWD□	0.5	0.3
TMRWG□	0.5	0.5

表 5.1.14 TM-5 シリーズのエアギャップとアセンブリの同心度寸法

タイプ	エアギャップ: δ (mm)	アセンブリの同心度: C (mm)
TM-5-1□	0.25	0.1
TM-5-2□	0.25	0.1
TM-5-4□	0.35	0.1
TM-5-7□	0.45	0.1
TM-5-A□	0.45	0.2
TM-5-D□	0.65	0.3
TM-5-G□	0.65	0.3

表 5.1.15 IM-2 シリーズのエアギャップとアセンブリの同心度寸法

タイプ	エアギャップ : δ (mm)	アセンブリの同心度: C (mm)
IM-2-2□	0.55	0.1
IM-2-4□	0.45	0.1
IM-2-7□	0.70	0.1
IM-2-A□	0.65	0.2
IM-2-G□	0.75	0.3

5.1.5 スターターとローター間の力

5.1.5.1 ラジアル力

スターターとローターの同心度がずれていると、スターターとローターの間にはラジアル力が発生します。
 (図 5.1.16 参照) 各シリーズのラジアル力の値を表 5.1.16 に示します。

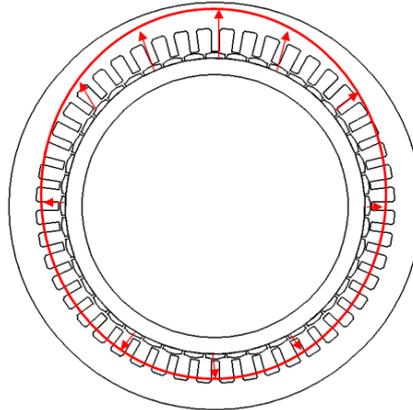


図 5.1.16 スターターとローターの同心度がオフセットしている場合

表 5.1.16 ラジアル力の値

タイプ	ラジアル力: F (N/mm)	タイプ	ラジアル力: F (N/mm)	タイプ	ラジアル力: F (N/mm)
TMRW1A	2184	TM-5-1A	2378	IM-2-2A	6684
TMRW2A	2590	TM-5-2A	2651	IM-2-4A	3783
TMRW4A	2946	TM-5-4A	4476	IM-2-7A	9700
TMRW7A	2899	TM-5-7A	4319	IM-2-AA	16390
TMRWAA	3574	TM-5-AA	6052	IM-2-GA	20648
TMRWDA	4350	TM-5-DA	7064	-	-
TMRWGA	5158	TM-5-GA	8001	-	-

ラジアル力は鉄心の長さによって変化します。

$$Force = \text{Radial force } F \times \frac{L}{100}$$

L は鉄心の長さを表します。各シリーズの鉄心長さは表 5.1.17 とおりです。

表 5.1.17 鉄心の長さ

タイプ	L (mm)
TMRW□3 / IM-2-□3 / TM-5-□3	30
TMRW□5 / IM-2-□5 / TM-5-□5	50
TMRW□7 / IM-2-□7 / TM-5-□7	70
TMRW□A / IM-2-□A / TM-5-□A	100
TMRW□F / IM-2-□F / TM-5-□F	150
TMRW□J / IM-2-□J / TM-5-□J	190
TMRW□K / IM-2-□K / TM-5-□K	200
TMRW□L / IM-2-□L / TM-5-□L	210

■ 例

TMRW7F のラジアル力:

$$Force = TMRW7F's f \times \frac{150}{100} = 2899 \times \frac{150}{100} = 4348.5 N/mm$$

5.1.5.2 軸力

ローターがステーターに向かって移動すると、ステーターとローターの間には軸方向の力が発生します。(図 5.1.17 参照) 各シリーズの軸力の値を表 5.1.18 に示します。図 5.1.17 の「X」は移動方向を表します。

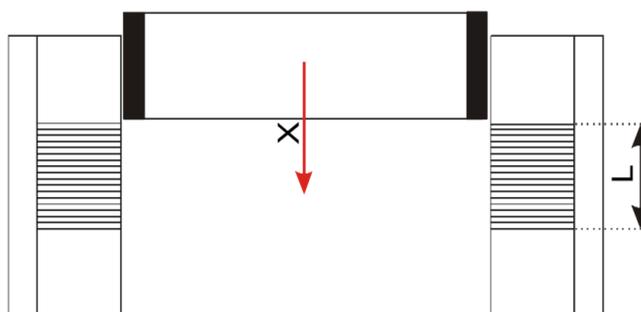


図 5.1.17 ステーターとローターの軸方向のオフセット

表 5.1.18 軸力の最大値

タイプ	軸力: F(N)	タイプ	軸力: F(N)	タイプ	軸力: F(N)
TMRW1□	118	TM-5-1□	118	IM-2-2□	185
TMRW2□	176	TM-5-2□	192	IM-2-4□	216
TMRW4□	300	TM-5-4□	242	IM-2-7□	268
TMRW7□	375	TM-5-7□	369	IM-2-A□	384
TMRWA□	528	TM-5-A□	398	IM-2-G□	480
TMRWD□	944	TM-5-D□	639	-	-
TMRWG□	1335	TM-5-G□	740	-	-

5.1.6 ネジの締め付けトルク

ステーターとローターの固定ネジには強度クラス 12.9 のネジが必要です。各シリーズのねじ穴仕様、ねじ穴数、ねじ締め付トルクを表 5.1.19、表 5.1.20 に示します。

表 5.1.19 TMRW/TM-5 のネジ締め付けトルク

TMRW シリーズ	TM-5 シリーズ	ねじ穴の仕様	ネジ締めトルク (kgf - cm)	ネジ締めトルク (Nm)
TMRW1 シリーズ TMRW2 シリーズ TMRW4 シリーズ TMRW7 シリーズ	TM-5-1 シリーズ TM-5-2 シリーズ TM-5-4 シリーズ TM-5-7 シリーズ	M5 x 0.8P x 10DP	81	7.95
TMRWA シリーズ	TM-5-A シリーズ	M6 x 1P x 12DP	138	13.54
TMRWD シリーズ TMRWG シリーズ	TM-5-D シリーズ TM-5-G シリーズ	M8 x 1.25P x 12DP	334	32.76

表 5.1.20 IM-2 ネジの締め付けトルク

IM-2 シリーズ	部品	ねじ穴の仕様	ネジ締めトルク (kgf - cm)	ネジ締めトルク (Nm)
IM-2-2 シリーズ	ステーター	M5 x 0.8P x 10DP	81	7.95
IM-2-4 シリーズ IM-2-7 シリーズ	ローター	M6 x 1.0P x 12DP	138	13.54
	ローター	M6 x 1.0P x 12DP	138	13.54
IM-2-A シリーズ	ステーター /ローター	M6 x 1P x 12DP	138	13.54
IM-2-G シリーズ	ステーター /ローター	M8 x 1.25P x 12DP	334	32.76

5.1.7 回転方向

モーターケーブルが表 5.2.3 に従って接続されている場合。ローターは時計回りに回転します（ケーブル出口のないローター側を見た図、図 5.1.18）。



図 5.1.18 ローターの回転方向の説明図

5.1.8 機械的設置

モーターの取り付けには 2 つの方法があります。

■ スターターとローターを一緒に取り付ける

トルクモーターに付属の輸送用固定具（ブリッジ）を使用して取り付けます。輸送用固定具（ブリッジ）の位置は、出口側または反対側のどちらでも構いません。ご注文前に、輸送用固定具（ブリッジ）の位置の定義について、HIWIN の営業担当者またはエンジニアにご相談ください。HIWIN は、お客様にご確認いただけるよう図面をご提供いたします。

■ スターターとローターを別々に取り付ける

お客様の機構に基づいて、スターターとローターを取り付けるためのガイドツールを設計します。

推奨されるインストール手順は以下のとおりです

5.1.8.1 スターターとローターを一緒に取り付ける

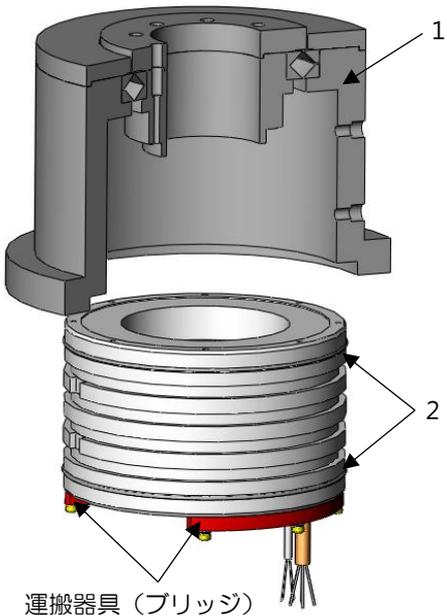
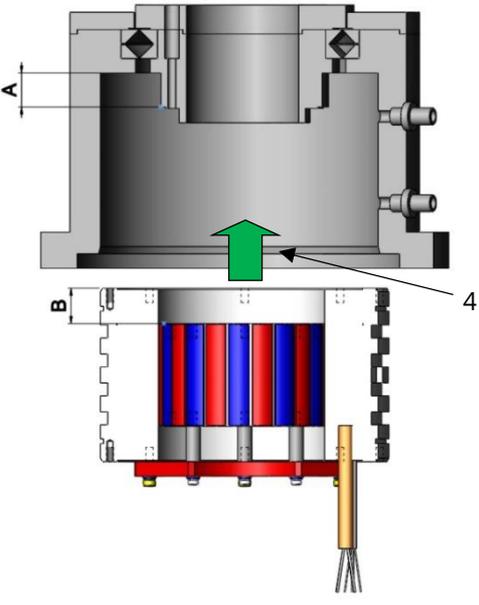
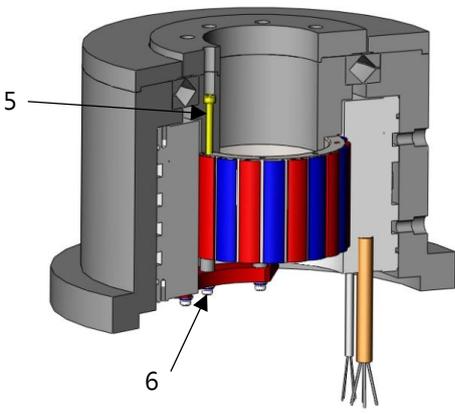
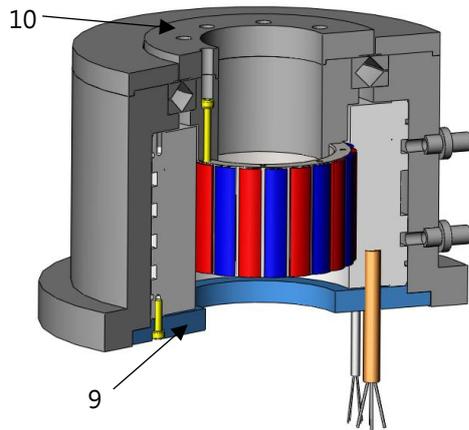
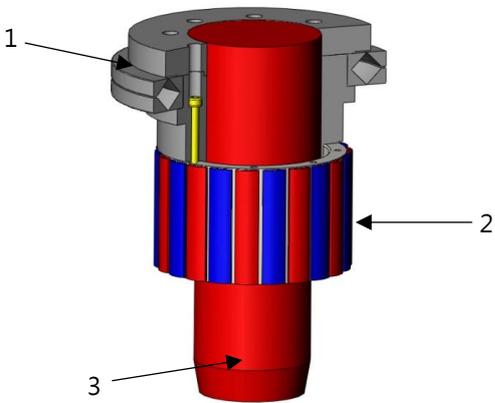
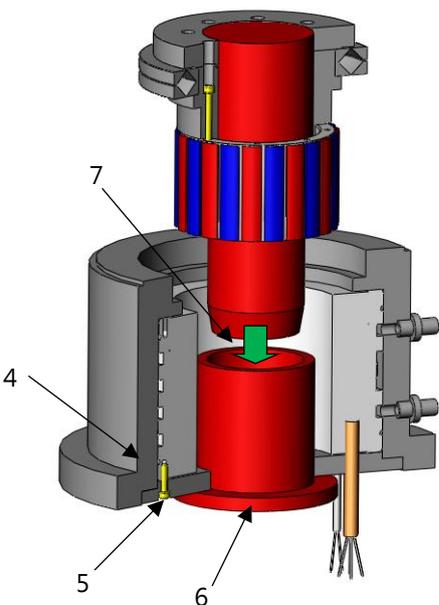
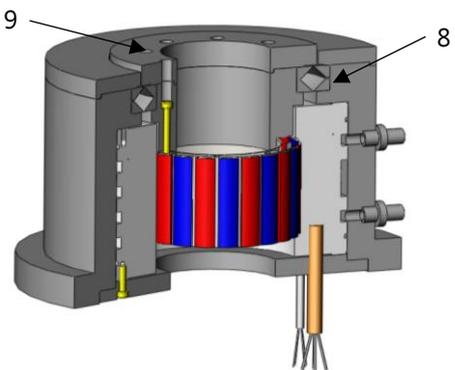
図	手順
 <p>運搬器具（ブリッジ）</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ハウジング、シャフト、ベアリングを取り付けます。 2. スターターに O リングを取り付けます。 <p>注：O リングはねじることはできません。</p>

図	手順
	<ol style="list-style-type: none"> 3. 組み立て工程中に輸送用固定具（ブリッジ）と嵌合部品によって発生する引張力がモーターに影響を与えないように、シャフトのスペース（図 A）とステーターおよびローターの高さ（図 B）を測定します。 4. ステーターとローターのセット（輸送用固定具（ブリッジ）付き）をハウジングに挿入します。モーターケーブルの出口は、冷却水の入口/出口と一直線になるようにしてください。水漏れを防ぐため、Oリングを損傷しないようにしてください（ハウジングの設計については、セクション 5.1.3 を参照してください）。ローターの強力な磁気吸引力に注意してください。危険を避けるため、磁気伝導体（例：鉄片）から遠ざけてください。 <p>注：モーターケーブル出口の位置については、HIWIN 承認の図面を参照してください。</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 5. ローターをシャフトに固定します。このときのネジの締め付けトルクは仕様の 80%です(5.1.6 ネジの締め付けトルクを参照)。 6. 輸送固定具（ブリッジ）のすべてのネジを約 1/8 回転緩めます。間隔 $A > B$ の場合は、ローターの固定ネジを先に緩めます。間隔 $A < B$ の場合は、ステーターの固定ネジを先に緩めます。 7. ローターの固定ネジを規定通りに締め、輸送用固定具（ブリッジ）のネジを完全に緩めて、輸送用固定具（ブリッジ）を取り外します。 8. ネジが仕様どおりに締められていることを確認します。



9. 底板を取り付け、ステーターの固定ネジを締めます（ネジの締め付けトルクについては 5.1.6 項を参照）。
10. 回転部分を回転させます。スムーズに回転し干渉が無いことを確認してください。
11. 冷却水入口/出口のコネクター、下部支持ベアリング、エンコーダーなどの残りの部品を取り付けます。

5.1.8.2 ステーターとローターを別々に取り付ける

図	手順
	<ol style="list-style-type: none"> 1. シャフトとベアリングを取り付けます。 2. ローターをシャフトに取り付けます (ネジの締め付けトルクについては、セクション 5.1.6 を参照してください)。 3. シャフトにガイドツールを取り付けます。
	<ol style="list-style-type: none"> 4. ステーターに O リングを取り付けます。 注：O リングはねじることではできません。 5. ステーター一式をハウジングに入れ、ステーターの固定ネジを締めます (ネジの締め付けトルクは 5.1.6 項を参照)。モーターケーブルの出口は、冷却剤の入口/出口と位置合わせする必要があります。水漏れを防ぐため、O リングが損傷しないようにしてください (ハウジングの設計についてはセクション 5.1.3 を参照)。 注：モーターケーブル出口の位置については、HIWIN 承認の図面を参照してください。 6. 必要に応じて、下部ガイドツールをシャフトに取り付けます。 7. 回転モジュールを固定部に取り付けます。ステーターとローターとの強力な磁気吸引によって引き起こされる危険を回避するため、取り付け前にガイドツールを接触させて組み合わせる必要があります。
	<ol style="list-style-type: none"> 8. ベアリングを固定し、ガイドツールを取り外します。 9. セクション 5.1.4 を参照して、エアギャップとアセンブリの同心度を確認します。 10. 回転部分を回転させます。スムーズに回転し干渉が無いことを確認してください。 11. 冷却水入口/出口のコネクター、下部支持ベアリング、エンコーダーなどの残りの部品を取り付けます。

5.2 電気接続

DANGER

電圧による危険！

モーターが動いていなくても電流が流れることがあります。



- ◆ モーターから電気接続を外す前に、ダイレクトドライブモーターシステムが電源から切断されていることを確認してください。
- ◆ ドライバーアンプを電源から取り外した後、通電中の部品に触れたり接続を解除する前に少なくとも 5 分間待ってください。

DANGER

電圧による危険！

モーターの接地が不適切だと感電の危険があります。



- ◆ 電源を接続する前に、モーターシステムが正しく接地されていることを確認してください。

5.2.1 配線上の注意

1. 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、製品要件に指定されている電源で製品を使用していることを確認してください。
2. 配線が正しいか確認してください。配線が正しくないと、モーターが異常な動作をしたり、モーターに永久的な損傷を与える可能性があります。
3. シールド付き延長コードを選択します。シールドは必ず接地してください。
4. 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。
5. 電源ケーブル、温度センサーケーブルにはシールドが入っています。シールドは接地する必要があります。

5.2.2 ケーブル

電源ケーブル、温度センサーケーブルの標準長さは 2000mm±50mm（図 5.2.1 参照）で、金属コネクタは付属していません。他の長さのケーブルも 500 mm 単位で最大 10000 mm まで選択できます（延長ケーブルを含む全長が 10m を超える場合は、セクション 3.5 を参照してください）。

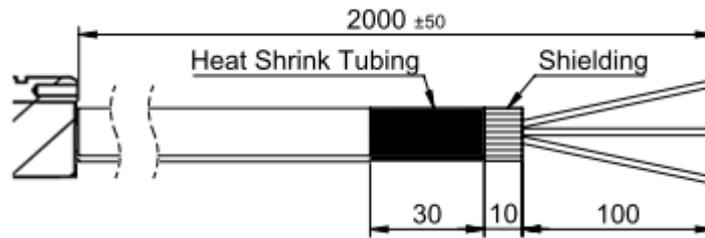


図 5.2.1 ケーブル仕様

5.2.2.1 電源ケーブル仕様

電源ケーブルには、UL および CE 認証を取得した IGUS の Chainflex®(CF27)、Chainflex®(CF270)、Chainflex®(CF310)および LAPP®の Olflex® Servo FD 796CP が使用されています。ワイヤ断面積は水冷条件での連続電流値により決まります。ワイヤ断面積とモーター種類の関係を表 5.2.1 および表 5.2.2 に示します。

注: 電源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 (5.2.2.3 を参照)。

表 5.2.1 ワイヤ断面積とモーター種類の関係

断面積 (mm ²)	タイプ				
1.5	TMRW13(L)	TMRW15(L)	TMRW17(L)	TMRW1A(L)	TMRW1F
	TMRW23(L)	TMRW25(L)	TMRW27(L)	TMRW2A(L)	TMRW2F
	TMRW43	TMRW45	TMRW47	TM-5-13-LA6	TM-5-15-LA6
	TM-5-17-LA6	TM-5-1A-LA6	TM-5-23-SA6	IM-2-23-PA	IM-2-25-PA
	IM-2-27-PA	IM-2-43-LA	IM-2-45-LA		
2.5	TMRW43L	TMRW45L	TMRW47L	TMRW4A	TMRW4F
	TMRW73	TMRW75	TMRW77	TMRW7A	TMRW7F
	TMRWA3	TMRWA5	TM-5-13-SA6	TM-5-15-SA6	TM-5-17-SA6
	TM-5-1A-SA6	TM-5-1F-PA6	TM-5-1F-SA6	TM-5-23-PB6	TM-5-25-SA6
	TM-5-25-PB6	TM-5-27-SA6	TM-5-27-PB6	TM-5-2A-SA6	TM-5-2A-PB6
	TM-5-2F-PB6	TM-5-43-PA6	TM-5-43-SA6	TM-5-45-PA6	TM-5-45-SA6
	TM-5-47-SA6	TM-5-4A-SA6	TM-5-4F-SA6	TM-5-73-PB6	TM-5-75-PB6
	TM-5-77-PB6	TM-5-G3-WA6	IM-2-23-PB	IM-2-25-PB	IM-2-27-PB
	IM-2-2A-PB	IM-2-2F-PB	IM-2-73-SA	IM-2-A3-PB	
	4.0	TMRW1FL	TMRW2FL	TMRW4AL	TMRW4FL
TMRW75L		TMRW77L	TMRW7AL	TMRW7FL	TMRWA3L
TMRWA5L		TMRWA7	TMRWAA	TMRWD3	TMRWD5
TMRWD7		TMRWDA	TMRWG3	TMRWG5	TMRWG7
TM-5-2F-SB6		TM-5-47-PB6	TM-5-4A-PB6	TM-5-73-SB6	TM-5-75-SB6
TM-5-77-SB6		TM-5-7A-SB6	TM-5-7F-SB6	TM-5-A3-PC6	TM-5-A5-PC6
TM-5-A7-PC6		TM-5-AA-PC6	TM-5-AF-PC6	TM-5-D3-WA6	TM-5-D5-WA6
TM-5-D7-WA6		TM-5-DA-WA6	TM-5-DF-WA6	TM-5-G5-WA6	TM-5-G7-WA6
TM-5-GA-WA6		IM-2-43-SA	IM-2-45-SA	IM-2-47-SA	IM-2-4A-SA
IM-2-4F-SA		IM-2-73-SB	IM-2-75-SB	IM-2-77-SB	IM-2-7A-SB
IM-2-A3-PC		IM-2-A5-PC	IM-2-A7-PC	IM-2-AA-PC	IM-2-G5-SB
IM-2-G7-SB		IM-2-GA-SB			
6.0		TMRWA7L	TMRWAAL	TMRWAF	TM-5-4F-SB6
	TM-5-A5-SC6	TM-5-G3-WB6	IM-2-2A-PD	IM-2-2F-PD	IM-2-47-SB
	IM-2-4A-SB	IM-2-4F-SB			

10.0	TMRWAFL	TMRWD3L	TMRWD5L	TMRWD7L	TMRWDAL
	TMRWDF	TMRWG3L	TMRWG5L	TMRWG7L	TMRWGA
	TMRWGF	TM-5-7A-SD6	TM-5-7F-SD6	TM-5-A7-PF6	TM-5-AA-PF6
	TM-5-AF-PF6	TM-5-D3-WB6	TM-5-D5-WB6	TM-5-D7-WB6	TM-5-DA-WB6
	TM-5-DF-WB6	TM-5-G5-WB6	TM-5-G7-WB6	TM-5-GA-WB6	TM-5-GF-WB6
	IM-2-75-SD	IM-2-77-SD	IM-2-7A-SD	IM-2-7F-SD	IM-2-A5-PF
	IM-2-A7-PF	IM-2-AA-PF	IM-2-AF-PF	IM-2-G5-SD	IM-2-G7-SD
	IM-2-GA-SD	IM-2-GF-SD			
25.0	TMRWDFL	TMRWGAL	TMRWGFL	IM-2-AF-SF	IM-2-GF-SH
	IM-2-7F-WD				
35.0	TM-5-GF-WE6				

表 5.2.2 電線と電力ケーブルの断面積の関係

断面積 (mm ²)	電源ケーブルの種類		
	ケーブル出力形式: S、V、A、H		ケーブル出カスタイル: P
1.5	CF27.15.04.D	796CP-0027950	
2.5	CF27.25.04.D	796CP-0027951	CF310.UL.25.01
4.0	CF270.UL.40.04.D	796CP-0027952	CF310.UL.40.01
6.0	CF270.UL.60.04.D	796CP-0027953	CF310.UL.60.01
10.0	CF270.UL.100.04.D	796CP-0027954	CF310.UL.100.01
16.0	CF270.UL.160.04.D	796CP-0027955	CF310.UL.160.01
25.0	CF270.UL.250.04.D	796CP-0027956	CF310.UL.250.01
35.0			CF310.UL.350.01

電源ケーブルの色と信号の関係は表 5.2.3 に示します。

表 5.2.3 電源ケーブルの色と信号の関係

色と番号	信号	Diagram
黒, No. L1/U	U	
黒, No. L2/V	V	
黒, No. L3/W	W	
黄色と緑	グラウンド	

5.2.2.2 温度センサーケーブル仕様

温度センサーケーブルには、IGUS®の Chainflex® (CF240) を使用しています。標準仕様 (タイプ B) の温度センサーは 3 個で、PTC100 と PTC120(130) が各相巻線に 1 セットずつ、そして U 相には Pt1000 が標準で取り付けられています。各タイプで使用される温度センサーは表 5.2.4 に示されています。温度センサーケーブルの断面積は 0.25 mm² で、各タイプの温度センサーケーブルのピン配置は図 5.2.2 から図 5.2.5 に示されています。

注：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 (5.2.2.3 を参照)。

⚠ CAUTION

温度制御ケーブルを必ず接続してください。温度センサーが監視されずにモーターが損傷した場合、HIWIN は産業事故および物的損害について一切の責任を負いません。

表 5.2.3 各タイプに使用される温度センサー

タイプ	温度センサー	備考
タイプ A	PTC120(130) + Pt1000	-
タイプ B	PTC100 + PTC120(130) + Pt1000	標準
タイプ C	PTC120(130) + 3x Pt1000	-
タイプ D	PTC100 + PTC120(130) + 3x Pt1000	

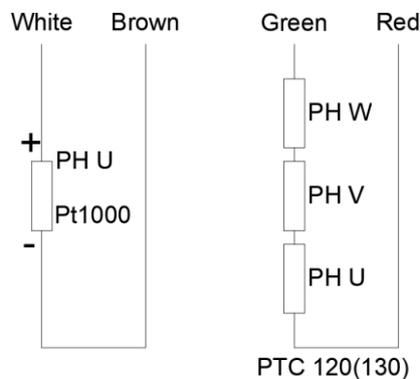


図 5.2.2 タイプ A

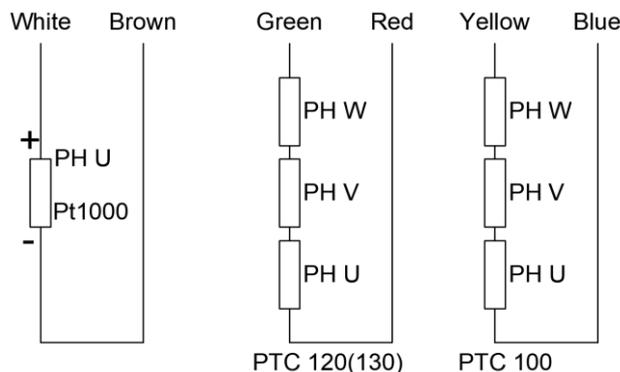


図 5.2.3 タイプ B

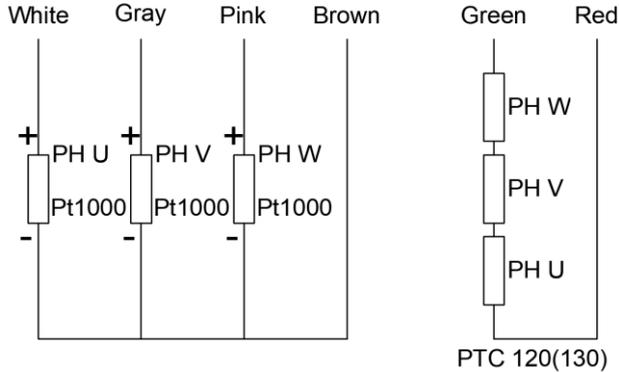


図 5.2.4 タイプ C

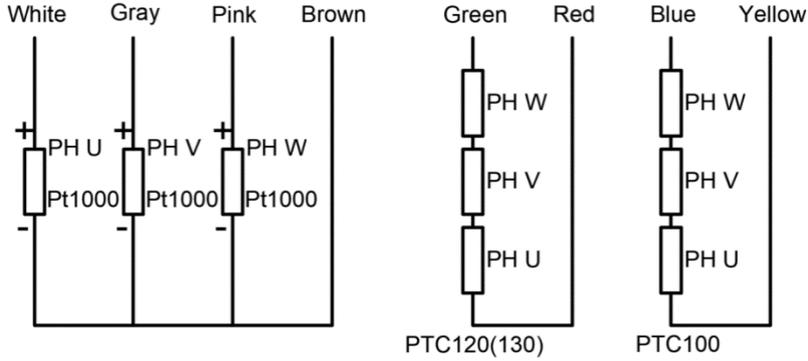


図 5.2.5 タイプ D

5.2.2.3 電磁適合性(EMC)

導体を保護するために、ケーブルシールドを適切に設置・接続する必要があります。正しい設置は、人体安全の確保だけでなく、ノイズの低減にも役立ちます。モーターコントローラーの電源モジュールはすべて、PWM 電圧スイッチングを用いてモーターを制御します。PWM スwitchingは EMI 放射を引き起こし、センサー信号に悪影響を及ぼします。したがって、EMC 環境を構築するには、以下のケーブルにシールドを使用する必要があります：

- (1) パワーモジュール上のすべてのケーブル（フィルターやリアクトルなどのモジュールに接続されているアダプタワイヤを含む）。
- (2) すべてのモーターケーブル（モーター電源ケーブル、温度センサーケーブル、エンコーダーケーブルを含む）
- (3) センサーケーブル
- (4) フィードバック信号ケーブル

干渉を軽減するには、次の方法とテストをお勧めします：

- (1) モーター電源ケーブルと温度センサーケーブルには独立したシールドを使用する必要があります。ケーブルが 1 メートルを超える場合は、ケーブルの両端のシールドを接地する必要があります。
- (2) センサーケーブルに近い長いケーブルおよびモーター電源ケーブルはシールドで接地してください。
- (3) システムに対するすべての接地位置の接地抵抗は 1Ω 未満である必要があります（標準 IEEE 80 による）。
- (4) 異なる機械の接地を相互に接続する場合は、接地ストラップまたは面接触を使用することをお勧めします。断面積の小さなアース線の使用は避けてください。
- (5) 機器を接地する場合は、断面積 10 mm^2 以上の同等の銅線の接地線を使用することを推奨します。
- (6) 内部のシールドが損傷したり、機能しなくなる可能性があるため、ステーターの円形コネクタまたはケーブル グランドを開いたり、取り外したりしないでください。
- (7) 自作延長ケーブルを使用する場合は、EMC 規格に準拠した設計および施工を行ってください。

シールドの接地には 2 種類があります。1 つは、IP66 以上の丸型コネクタを使用することです。接続方法については丸型コネクタの取付説明書を参照してください。図 5.2.6 に示すように、シールドは丸型コネクタに導電接続されている必要があります。もう 1 つはシングルシールド取り付けです。モーターケーブルのシールドは、ケーブルクランプによって金属構造物（フレーム、コントロールボックス、機械など）に接続できます。設置時には、図 5.2.7 および図 5.2.8 に示すように、接地位置をコントローラーおよびモーターの近くにする必要があります。

各接地方法には長所と短所があります。最も重要なことは、機器にバランスのとれた電位を提供するために、すべての機器の接地抵抗をできる限り低くする必要があります。

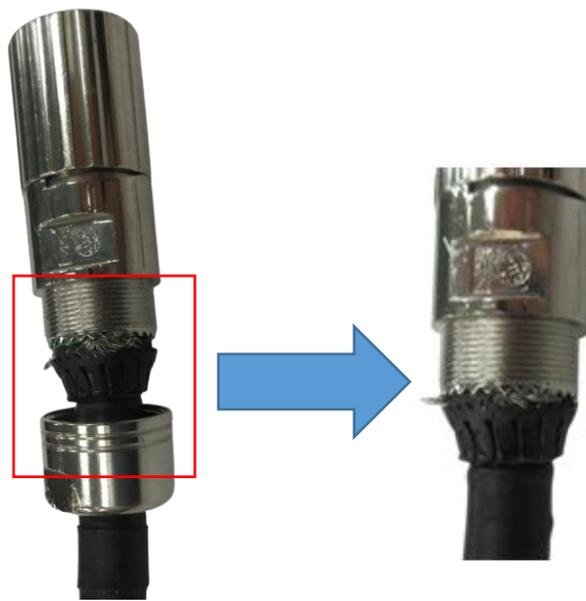


図 5.2.6 シールドは円型コネクタへの導電接続が必要です

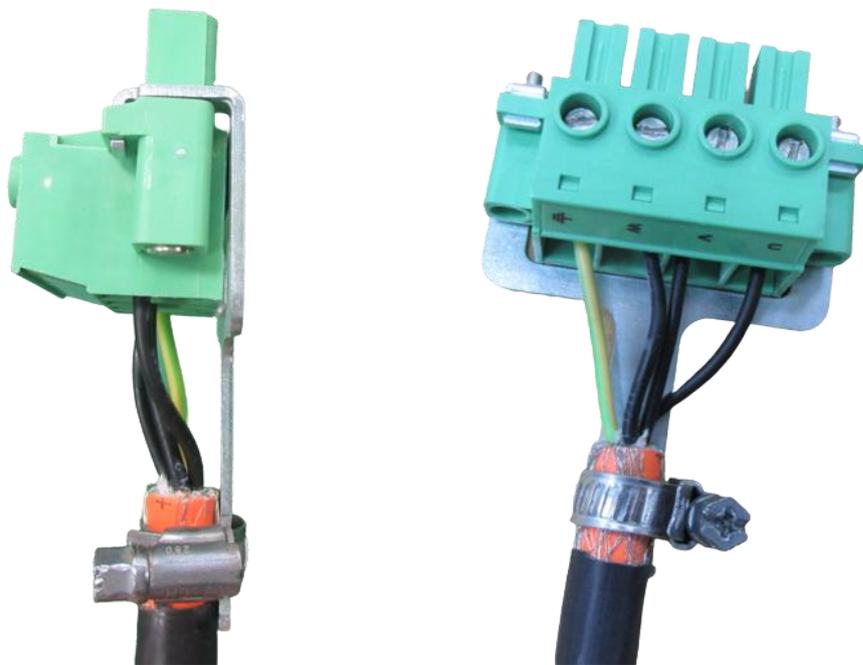


図 5.2.7 チュープリングを使用してシールドをシールド接続プレートに固定する

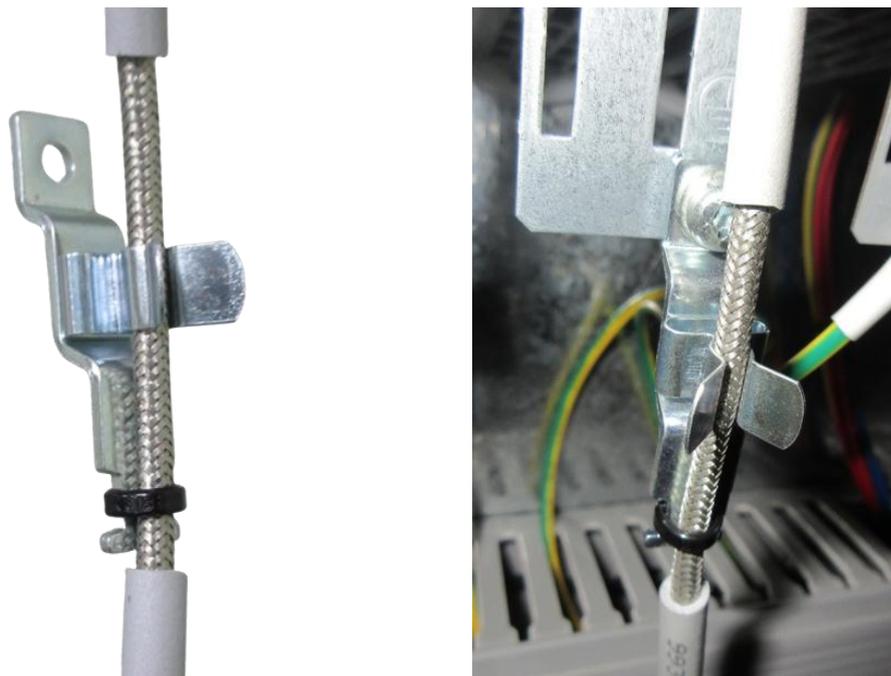


図 5.2.8 固定接地クランプを使用してシールドを接地する

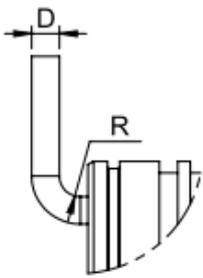
5.2.2.4 ケーブルの曲げ半径

⚠ CAUTION

絶縁不良や製品寿命の低下を防ぐため、電源コードの最小曲げ半径要件を厳守してください。

トルクモーター用電源ケーブルおよび温度センサーケーブルの最小曲げ半径は表 5.2.5 のとおりです。

表 5.2.5 ケーブルの曲げ半径

図	ケーブルタイプ	製品型式	固定設置の 最小曲げ半径	可動接地の 最小曲げ半径
	電源ケーブル	Offlex® servo FD 796 CP	R= 4 x D	R= 7.5 x D
		Chainflex® CF27	R= 4 x D	R= 7.5 x D
		Chainflex® CF270	R= 5 x D	R= 10 x D
		Chainflex® CF310	R= 4 x D	R= 7.5 x D
		Chainflex® CFPE	R= 4 x D	R= 7.5 x D
	温度センサー ケーブル	Chainflex® CF240.PUR	R= 5 x D	R= 10 x D

ケーブルサプライヤーのバージョン更新により、曲げ半径が上記の表に記載されている情報と異なる場合があります。その場合、仕様が文書化されていない、またはサプライヤーの最新バージョンと一致していないことが判明した場合は、ケーブルサプライヤーから提供されたデータを厳守してください。

5.2.3 並列運転の設定

⚠ CAUTION

並列運転の設定や設計については、HIWIN までお問い合わせください。これは、ドライバーの故障やチューニング中の誤動作のリスクを防ぐために必要です。

トルクモーターは同軸で並列運転が可能です。表 5.2.6 に従って電源ケーブルを正しく接続してください。デザイン 1、デザイン 2 の配線詳細を図 5.2.11～図 5.2.26 に示します。

表 5.2.6 並列運転時の電源ケーブルの接続

			デザイン 1				デザイン 2	
シリーズ	Drive	Master	Slave	Master	Slave	Master	Slave	
1	TMRW シリーズ 1 A 2 D 7 G	U	U	U	U	U	V	
		W	W	W	W	W	W	
		V	V	V	V	V	U	
2	TMRW4 シリーズ	U	U	U	U	U	W	
		W	W	W	W	W	U	
		V	V	V	V	V	V	
3	TM-5 シリーズ	U	U	U	U	U	U	
		W	W	W	W	W	V	
		V	V	V	V	V	W	

複数のモーターを並列駆動する場合は以下の点に注意してください。

1. モーターを並列に駆動するには、並列モーターのパラメーターについて HIWIN にお問い合わせください。
2. 並列運転するモーターは同じ種類である必要があります。
3. 並列運転するモーターの逆起電力の相順序は同じである必要があります。
4. 並列接続を行う場合は、ステーターとローターの相対位置を表 5.2.7 および表 5.2.8 に従って設定する必要があります。TMRW におけるステーター基準点は出力側の反対側の位置、TM-5 はピンホールです。TMRW におけるローター基準点はマークポイント、TM-5 はピンホールです。モーターを定格負荷で運転しているにもかかわらず、ホームポジションマークが出力側の位置と一致していない場合、並列運転中のモーターの 1 つが過負荷状態になり、過熱する可能性があります。
5. 電源ケーブル、温度センサーケーブルにはシールドが入っています。シールドは接地する必要があります。

6. 組み立て後、すぐにモーター電源ケーブルをドライバーに接続しないでください。まず、ユーザーはモーターのマニュアルを理解する必要があります。近いマスターとスレーブのピーク値（等速動作）をスコープで捕捉します。波形が重なっているかどうかを確認します（マスターとスレーブ間の位相角誤差は $\pm 5^\circ$ 以内、他の相も同様）。ユーザーは、確認後にのみモーター電源ケーブルをドライバーに接続し、電力を送信できます。（図 5.2.9、図 5.2.10 参照）

並列設計のパラメーターについては、HIWIN エンジニアリング部門にお問い合わせください。

X は、位置決めピンを備えたステーターと出力ケーブルの間の角度です。

A は、マスターおよびスレーブモーターのステーターのピン穴の相対角度位置です。ピン穴のないモーターの場合は引き出しケーブルの相対角度位置となります。

B は、マスターモーターローターとスレーブモーターローターのピン穴の相対的な角度位置です。ピン穴のないモーターの場合はマーク点の相対角度位置となります。

表 5.2.6 デザイン 1 の位置

デザイン 1					
シリーズ	p (極対)	X [deg] (Pin)	A [deg]	B [deg]	位置誤差許容範囲 [deg]
TMRW1	11	0	$Z \times \frac{360}{p}$		±0.454
TMRW2	11	0			±0.454
TMRW4	11	0			±0.454
TMRW7	22	0			±0.227
TMRWA	33	0			±0.151
TMRWD	44	0			±0.113
TMRWG	44	0			±0.113
TM-5-1	11	30			±0.454
TM-5-2	11	30			±0.454
TM-5-4	22	22.5			±0.227
TM-5-7	22	22.5			±0.227
TM-5-A	30	20			±0.166
TM-5-D	30	18.75			±0.166
TM-5-G	35	18.75			±0.142

ここで、Zinteger、(0、±1、±2)、要件に基づいて最も近い整数を入力します。

表 5.2.8 デザイン 2 の位置

デザイン 2					
シリーズ	p (極対)	X [deg] (Pin)	A [deg]	B [deg]	位置誤差許容範囲 [deg]
TMRW1	11	0	$Z \times \frac{360}{p} + 2X$	$Z \times \frac{360}{p}$	±0.454
TMRW2	11	0			±0.454
TMRW4	11	0			±0.454
TMRW7	22	0			±0.227
TMRWA	33	0			±0.151
TMRWD	44	0			±0.113
TMRWG	44	0			±0.113
TM-5-1	11	30			±0.454
TM-5-2	11	30			±0.454
TM-5-4	22	22.5			±0.227
TM-5-7	22	22.5			±0.227
TM-5-A	30	20			±0.166
TM-5-D	30	18.75			±0.166
TM-5-G	35	18.75			±0.142

ここで、Z ∈ 整数、(0、±1、±2)、要件に基づいて最も近い整数を入力します。

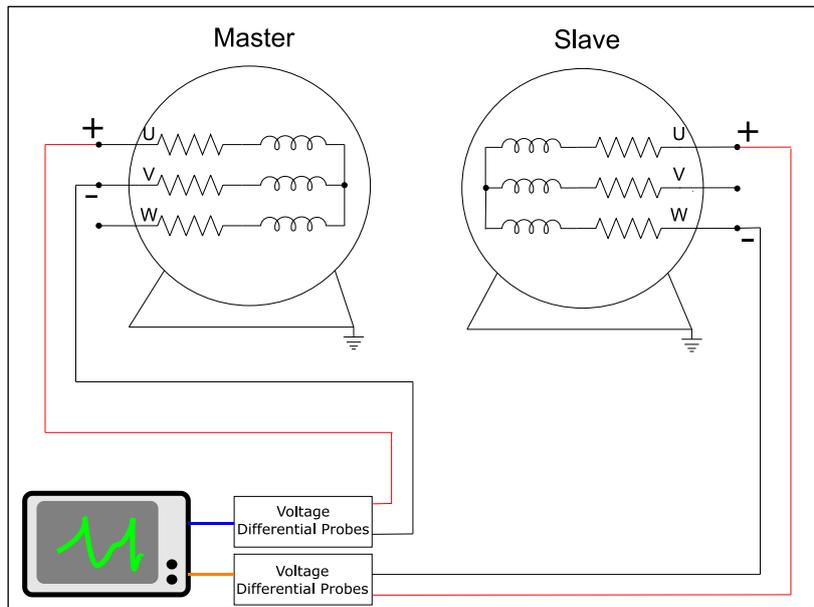


図 5.2.9 並列運転テスト接続図 (例: デザイン 2、シリーズ 3、測定@Drive U-V)

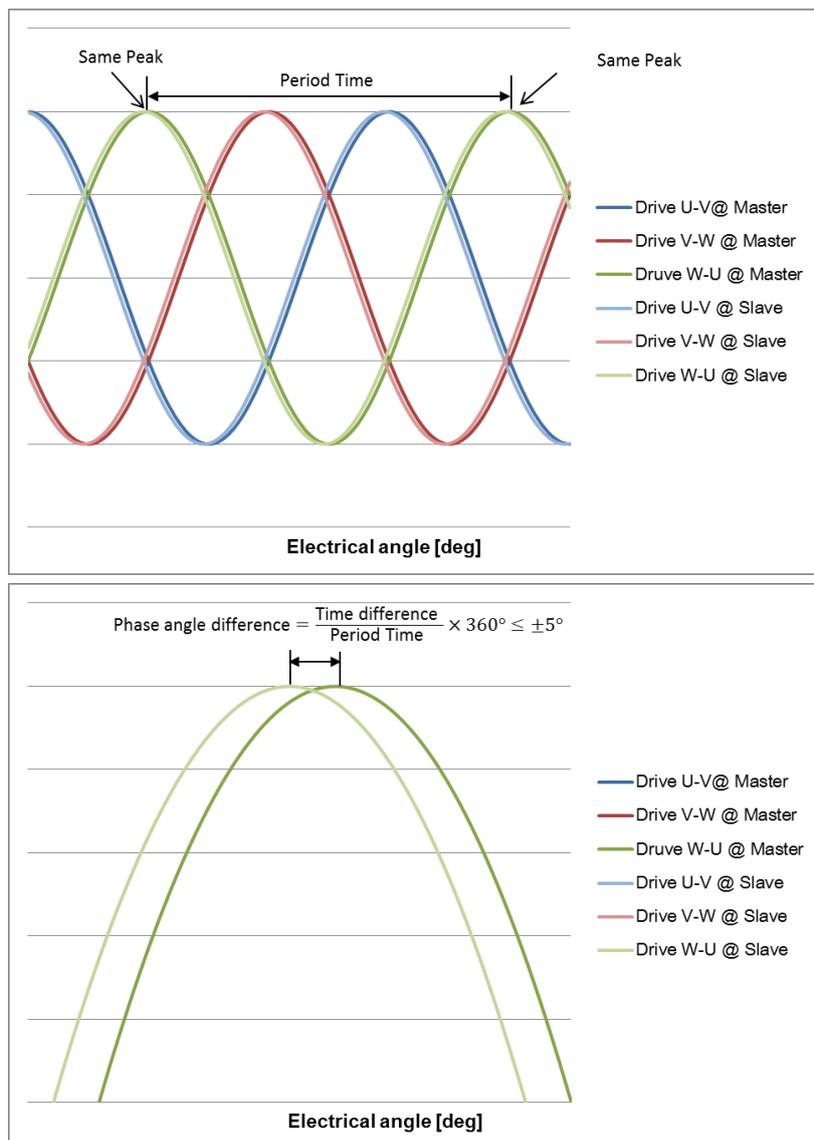


図 5.2.10 はマスターモーターとスレーブモーター間の許容電気角差です。

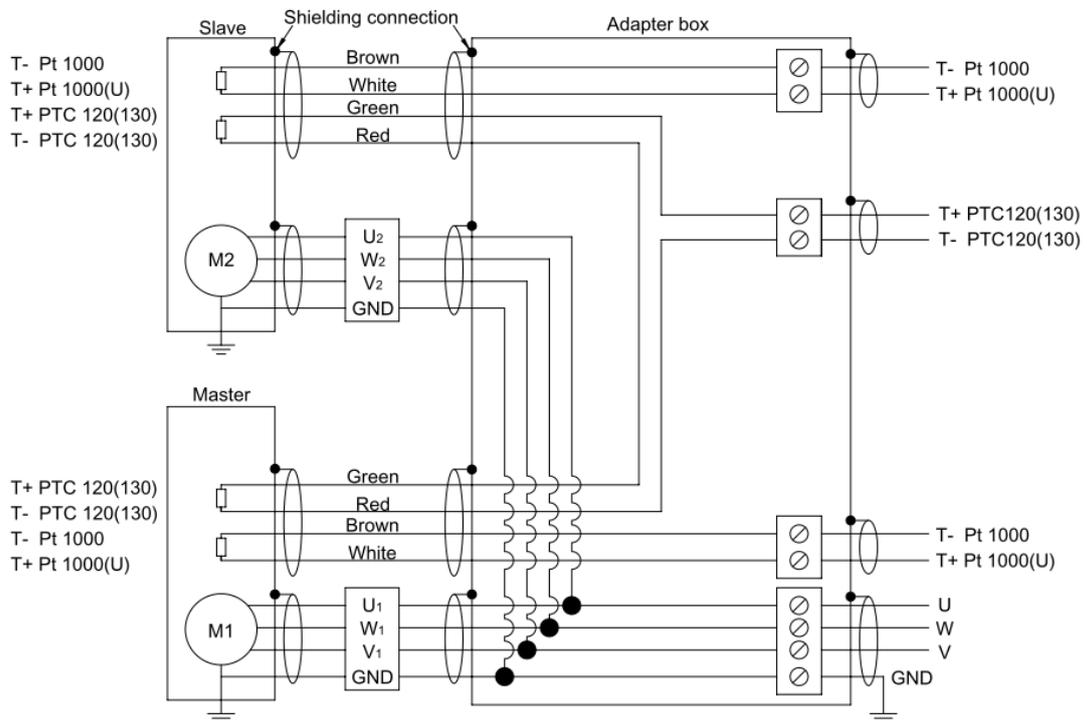


図 5.2.11 タイプ A、デザイン 1、シリーズ 1~3

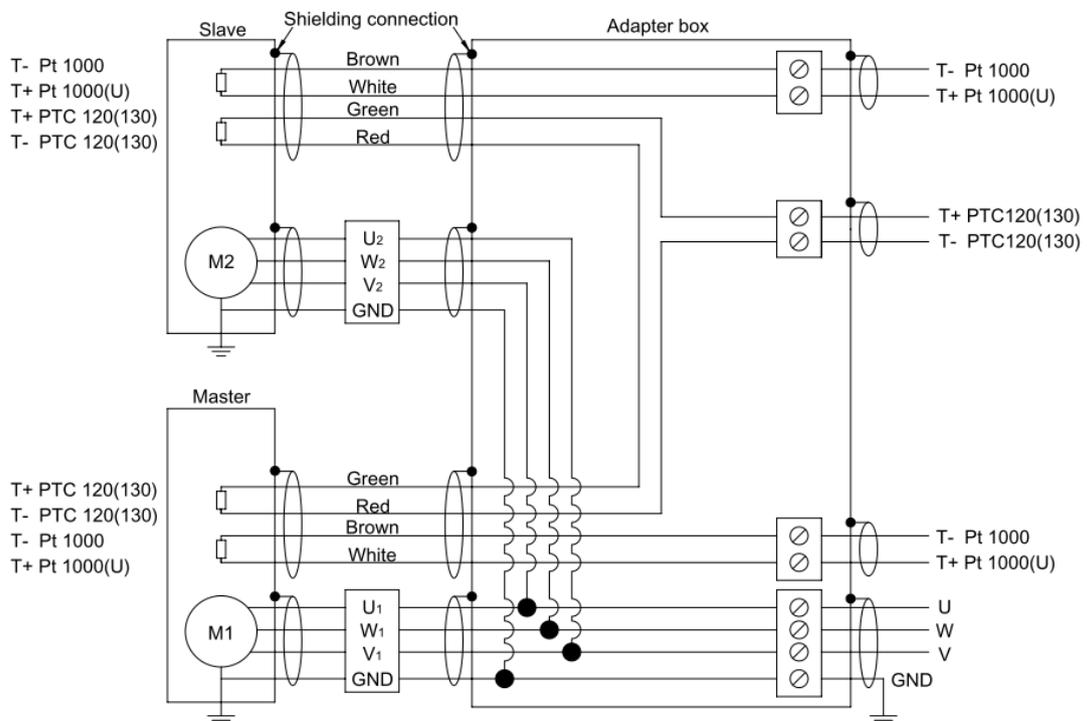


図 5.2.12 タイプ A、デザイン 2、シリーズ 1

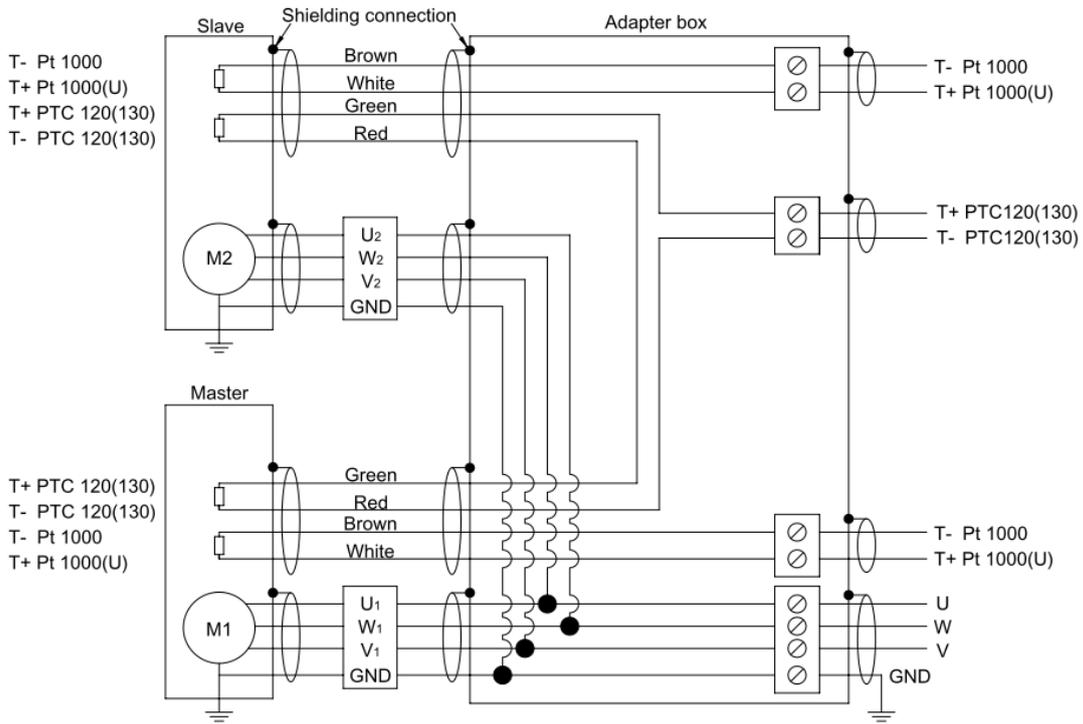


図 5.2.13 タイプ A、デザイン 2、シリーズ 2

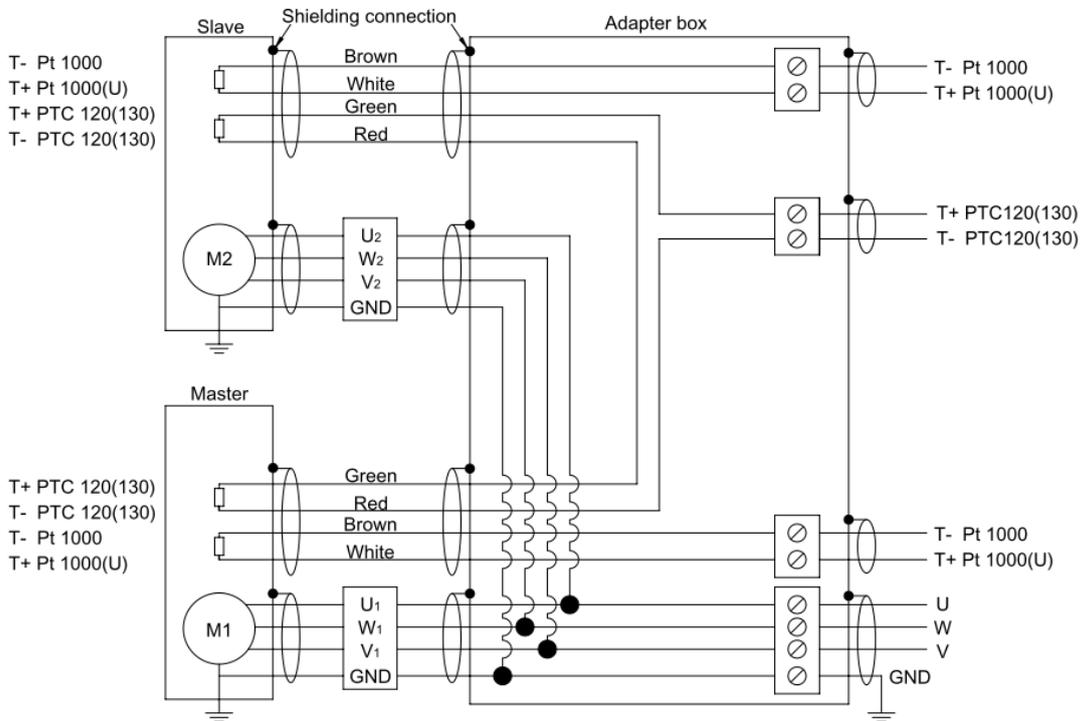


図 5.2.14 タイプ A、デザイン 2、シリーズ 3

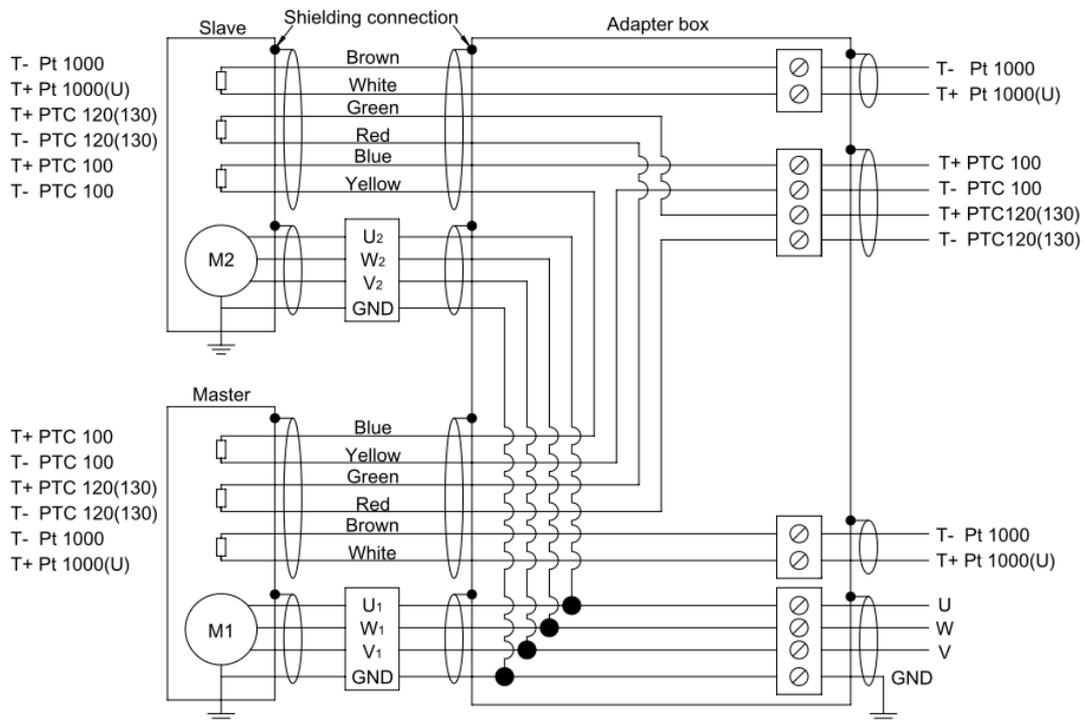


図 5.2.15 タイプ B、デザイン 1、シリーズ 1~3

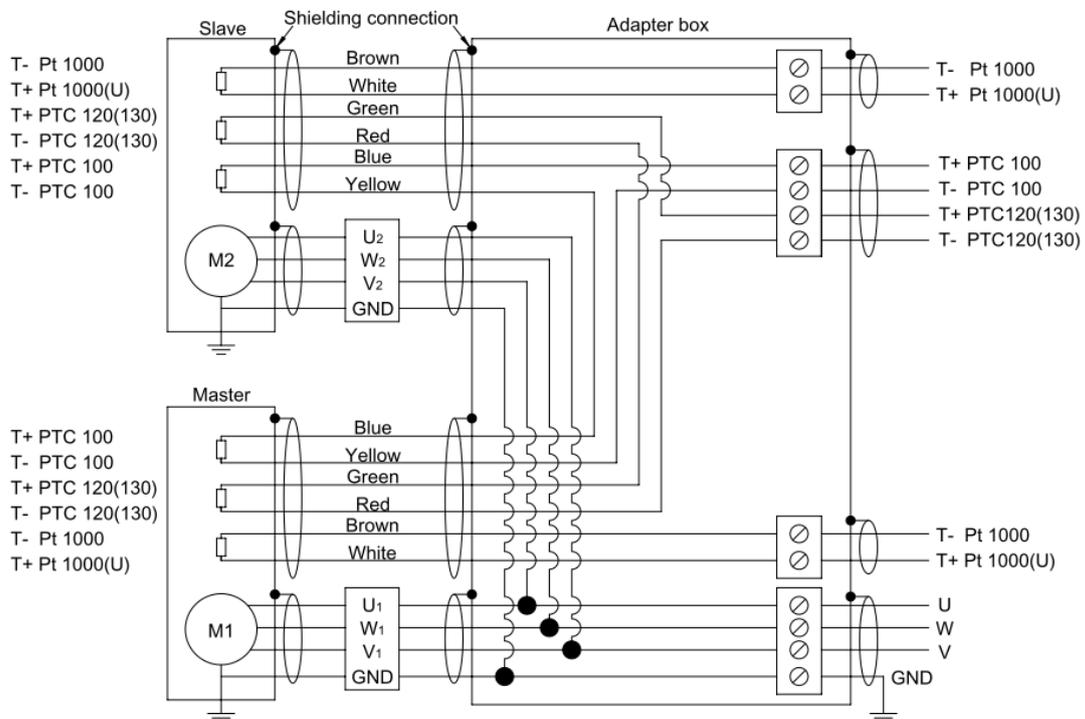


図 5.2.16 タイプ B、デザイン 2、シリーズ 1

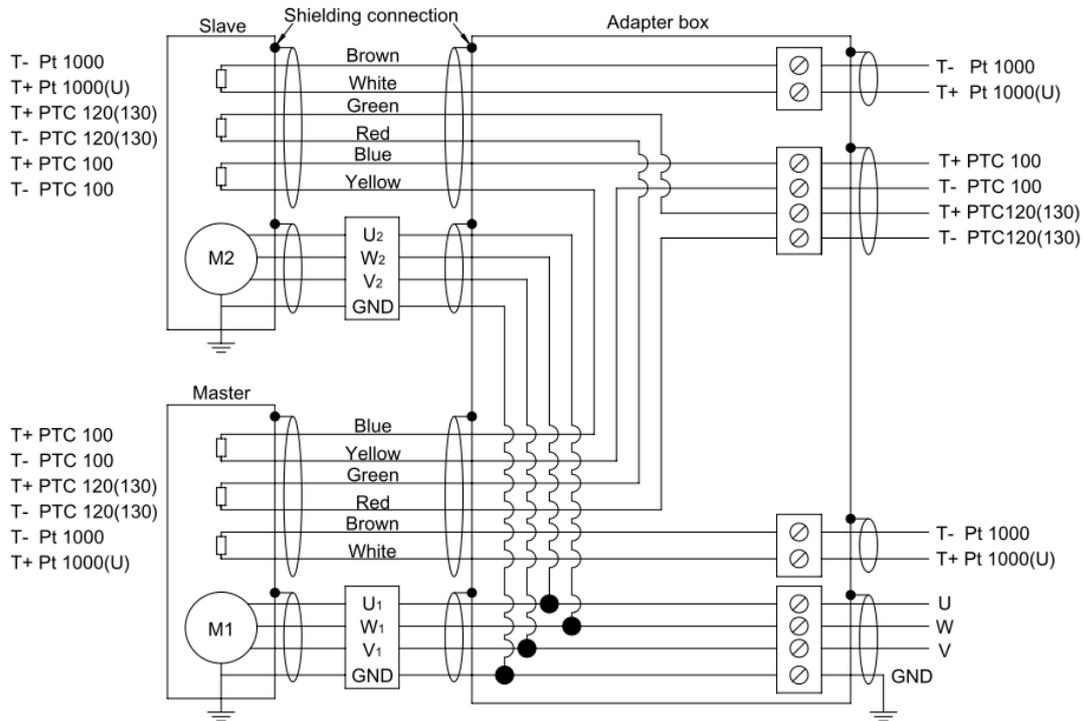


図 5.2.17 タイプ B、デザイン 2、シリーズ 2

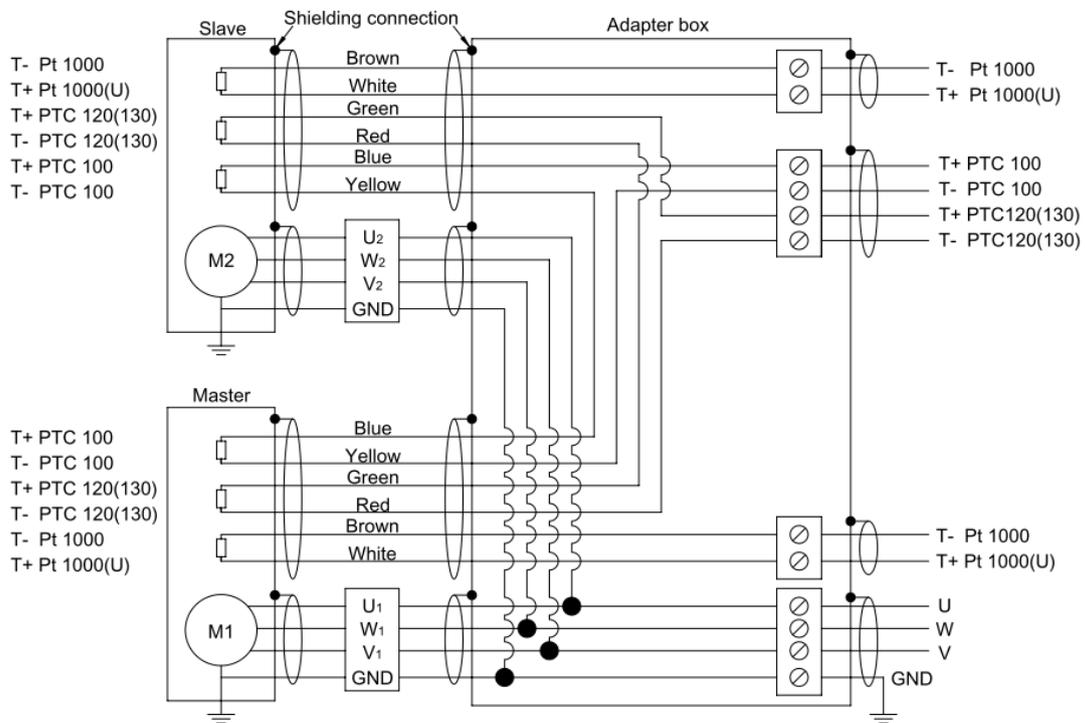


図 5.2.18 タイプ B、デザイン 2、シリーズ 3

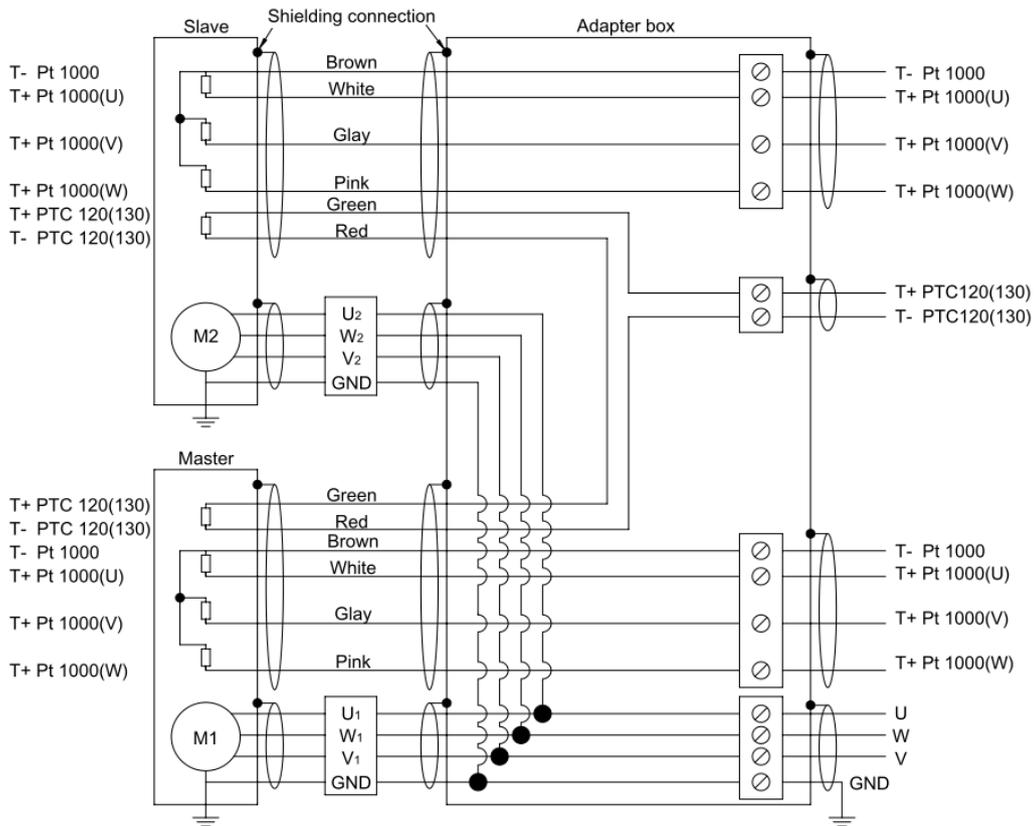


図 5.2.19 タイプ C、デザイン 1、シリーズ 1~3

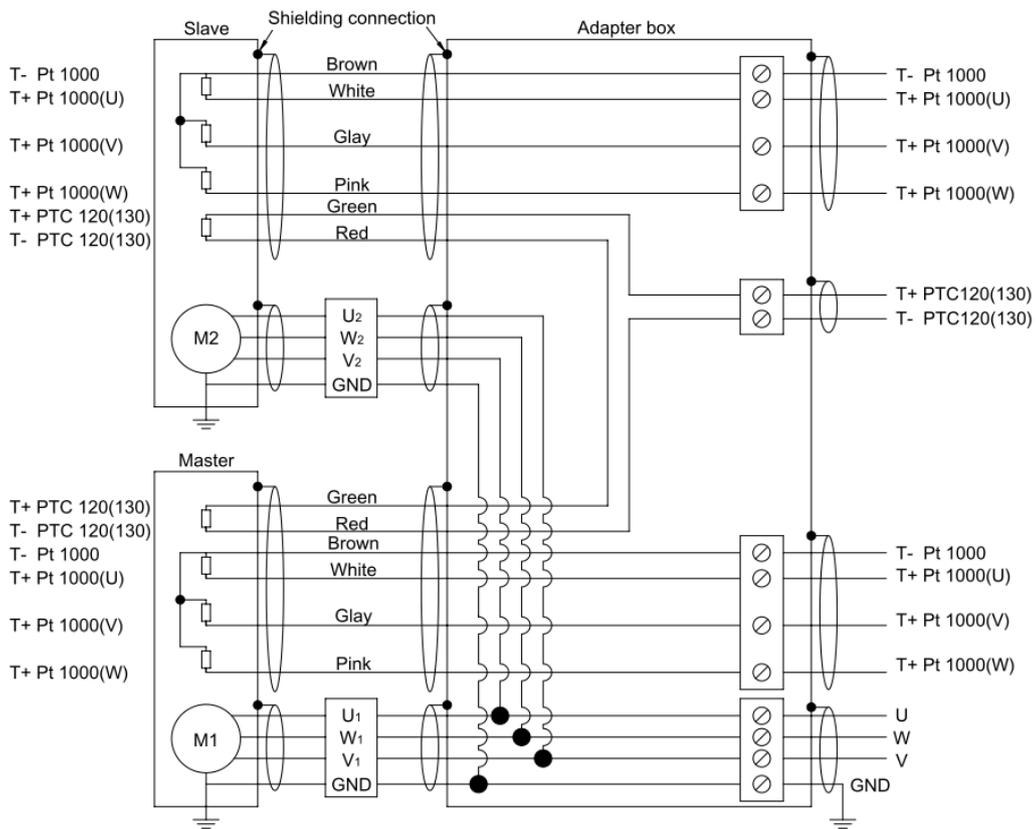


図 5.2.20 タイプ C、デザイン 2、シリーズ

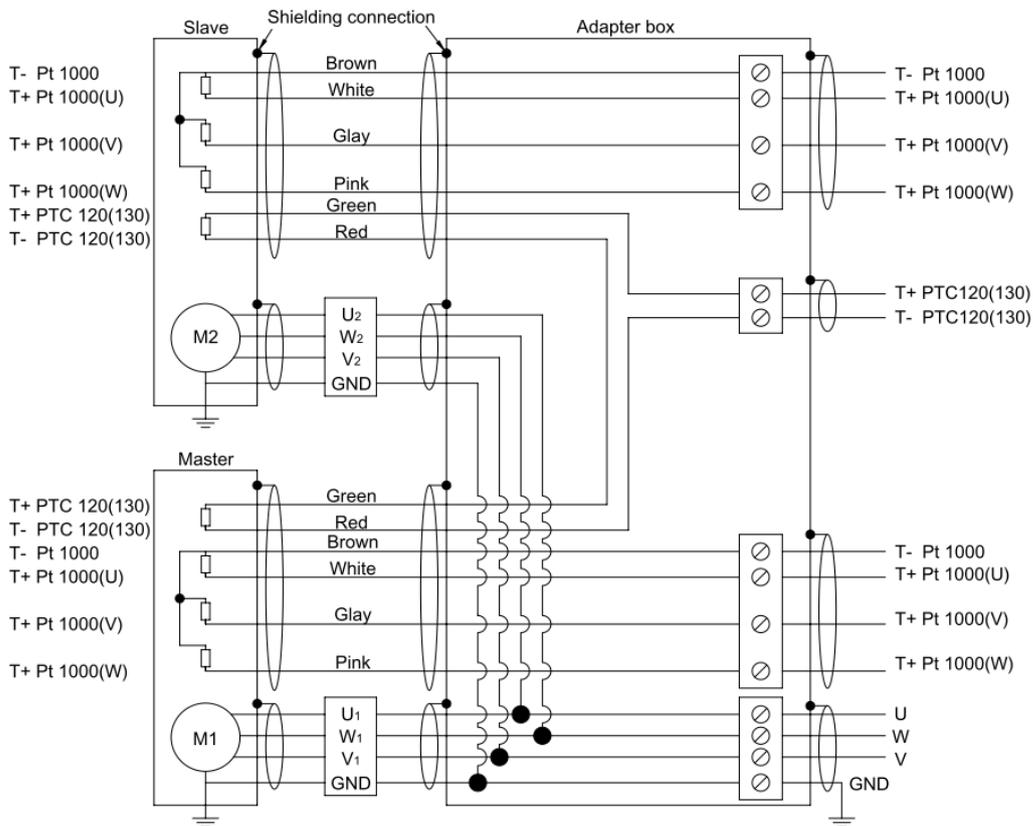


図 5.2.21 タイプ C、デザイン 2、シリーズ 2

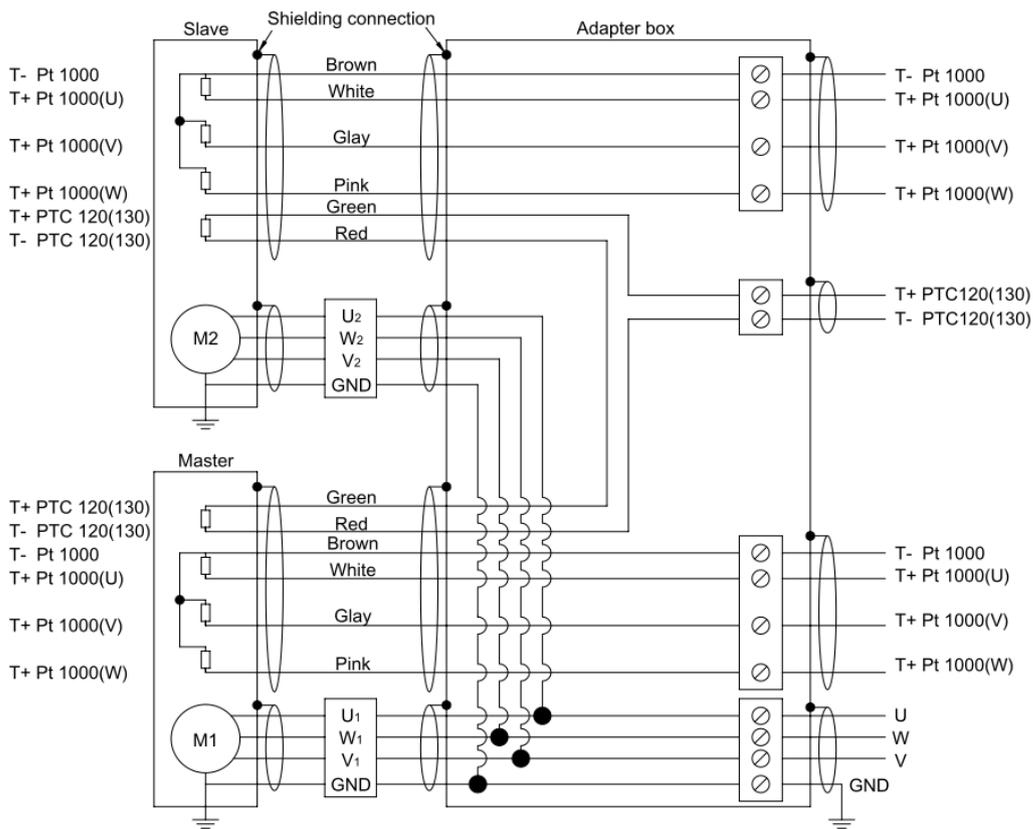


図 5.2.22 タイプ C、デザイン 2、シリーズ 3

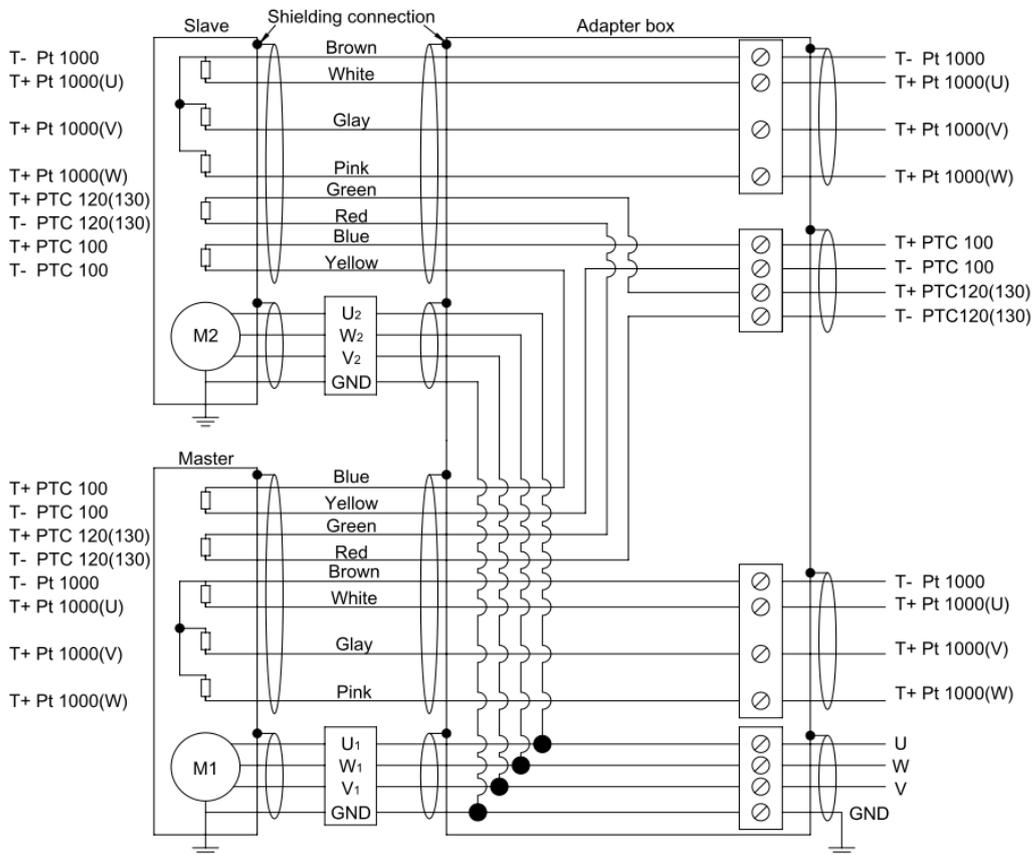


図 5.2.23 タイプ D、デザイン 1、シリーズ 1~3

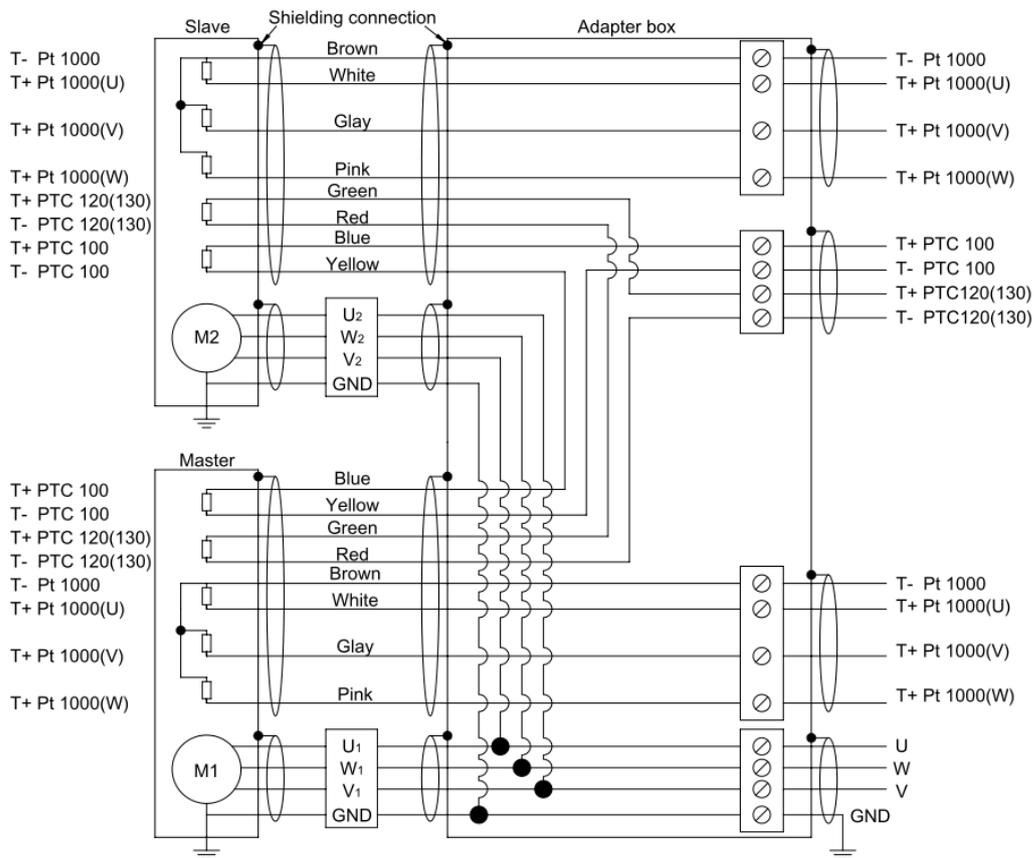


図 5.2.24 タイプD、デザイン2、シリーズ1

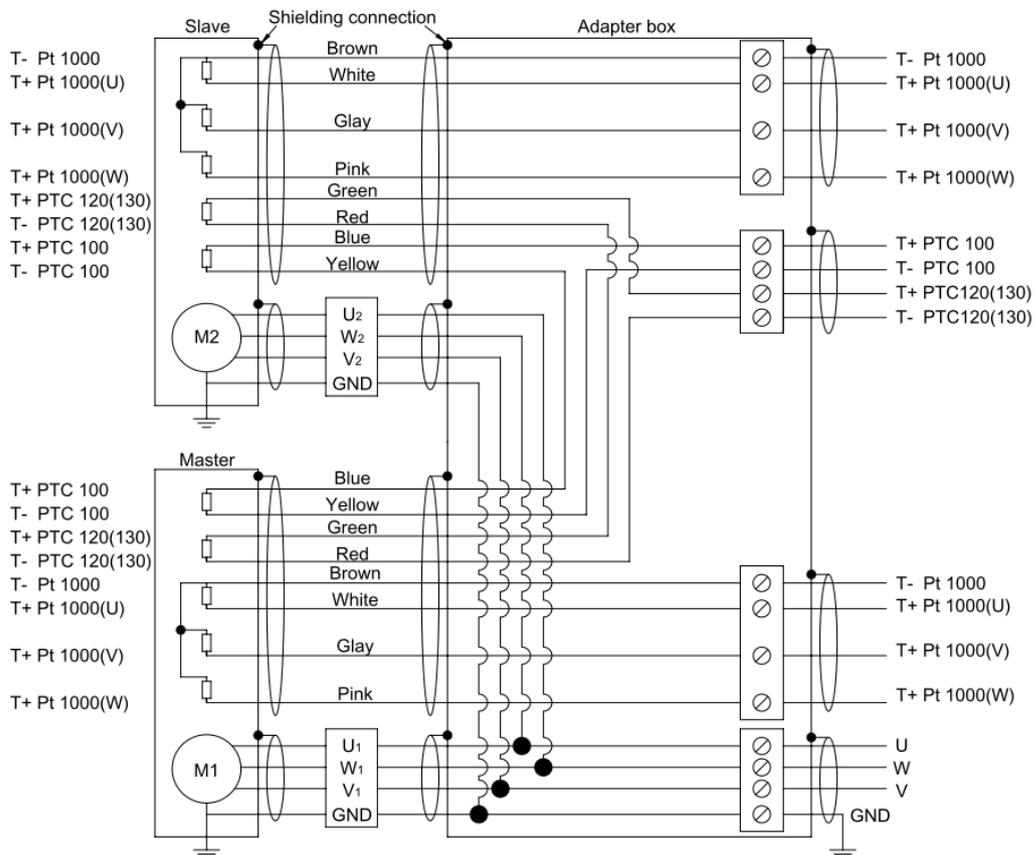


図 5.2.25 タイプD、デザイン2、シリーズ2

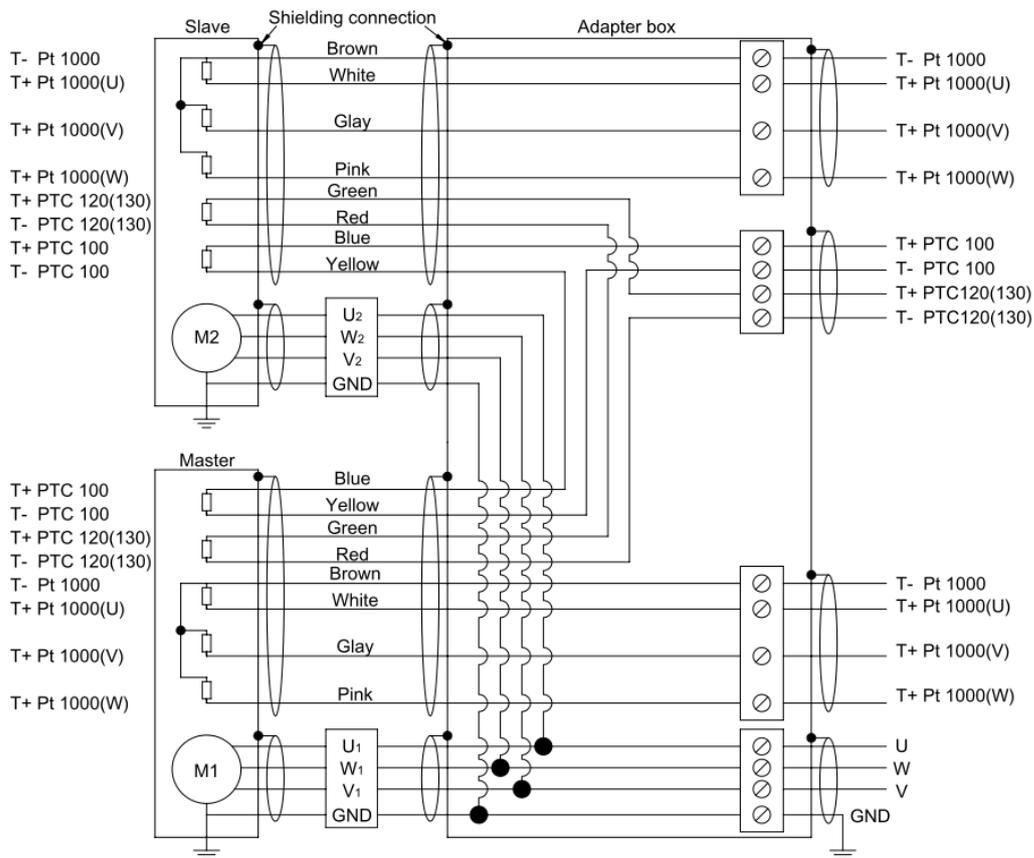


図 5.2.26 タイプD、デザイン2、シリーズ3

5.2.4 温度センサー

⚠ CAUTION

温度ケーブルが正しく接続されていることを確認してください。HIWIN は、温度センサーの監視不良によるモーターの焼損に起因する産業事故または物的損害について、一切責任を負いません。

Pt1000 は白金抵抗温度センサ（RTD）で、0°Cにおける抵抗値は 1000Ω、許容差は B 級です。出力抵抗値を測定することで、対応する温度に換算できます。抵抗と温度の関係は図 5.2.27 に示されています。動作温度範囲は-55°C~190°Cです。

抵抗と温度の標準的な関係は次のとおりです：

温度範囲： -55°C ~ 0°C

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

温度範囲内: 0°C ~ 190°C

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

$$R_0 = 1000 [\Omega]$$

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

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

$$\theta = \text{温度 } [^{\circ}\text{C}]$$

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

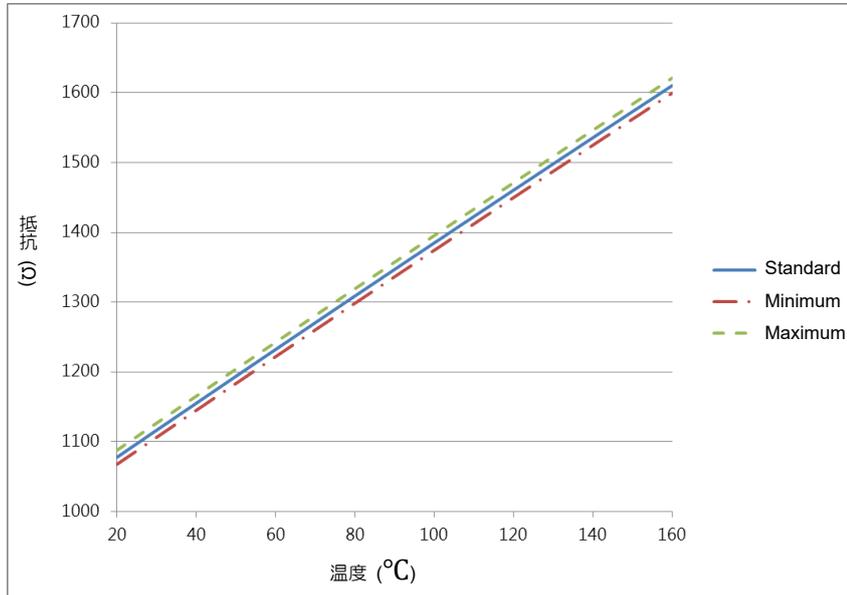


図 5.2.27 抵抗と温度の関係 (Pt1000)

PTC100 および PTC120(130)はサーミスタです。コイル温度に応じて出力抵抗が変化します。PTC100 は TREF=100°Cで抵抗値が大幅に上昇し、PTC120(130)は TREF=120(130)°Cで抵抗値が大幅に上昇します。それらの特徴を表 5.2.9 および図 5.2.28 に示します。

※PTC は 3 個直列になっており、周囲温度で与えられた抵抗値よりも低い値でコントローラーをトリガしないでください。(表 5.2.9 を参照)

表 5.2.9 PTC の特長

特長	抵抗	直列抵抗の 3 PTC
$20^{\circ}\text{C} < T < T_{\text{REF}} - 20\text{K}$	$20\Omega \sim 250\Omega$	$60\Omega \sim 750\Omega$
$T = T_{\text{REF}} - 5\text{K}$	$\leq 550\Omega$	$\leq 1,650\Omega$
$T = T_{\text{REF}} + 5\text{K}$	$\geq 1,330\Omega$	$\geq 3,990\Omega$
$T = T_{\text{REF}} + 15\text{K}$	$\geq 4,000\Omega$	$\geq 12,000\Omega$

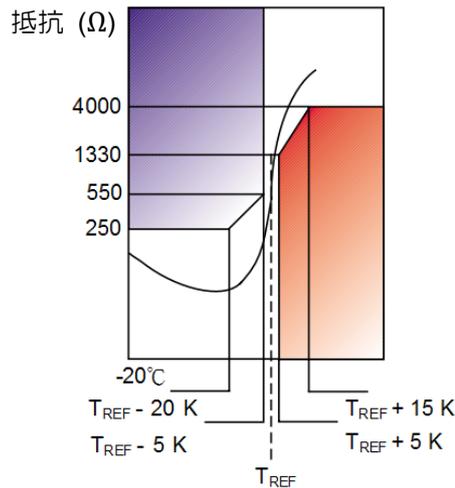


図 5.2.28 PTC 温度と抵抗値の関係

5.2.4.1 温度モニタリングとモーター保護

モーター巻線を熱損傷から保護するために、すべてのモーターにはトリプルポジティブ温度係数 (PTC) センサー、タイプ SNM120/130 (DIN 44082-M180 準拠)が装備されています。モーターの各相の加熱の程度は大きく異なる可能性があるため、各相巻線 (U、V、W)に PTC センサーが取り付けられています。各 PTC 素子には「擬似スイッチング」特性があります。つまり、定格温度に近づくと抵抗が突然増加します (スイッチングしきい値、図 5.2.28)。PTC は、熱容量が低く、モーター巻線との良好な熱接触により、温度上昇に非常に迅速に反応し、制御側の追加の保護機構と組み合わせて、過負荷に対する信頼性の高いモーター保護を保証します。HIWIN モーターの各相巻線にある PTC 素子は直列に配線されています。2本のワイヤを介して接続されます。

TMRW/TM-5/IM-2 には、冗長使用または警告温度と危険温度を区別するために、正の温度係数 (PTC) タイプ PTC 100 を備えた追加の温度回路があります。

注：

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す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お勧めします。また、最大値の計算も可能です。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 3.4.2.3 を参照してください。

5.2.4.2 ドライバーアンプへの接続

温度監視回路は通常、駆動制御装置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、センサーはドライバーの製造元が提供するカップリングモジュールに接続する必要があります。

6. 試運転

6.1	試運転.....	6-2
-----	----------	-----

6.1 試運転

パラメーターについては弊社技術部までお問い合わせください。コントローラーとドライバーの要件に従って対応するデータを入力し、コントローラーとドライバーのマニュアルに従って調整します。

■ 操作上の注意事項

1. モーターの運転中は過度の摩擦を避けてください。
2. システムの動作範囲内に物体がないことを確認します。
3. モーターを始動する前に、冷却システムが正常に動作しており、データシートに指定されている最小流量要件を満たしていることを確認してください。
4. モーターを始動する前に、メインスイッチがオンになっていることを確認してください。
5. 送電する前に、すべての電気製品に少なくとも1本のアース線が接続されていることを確認してください。
6. モーター組立後はモーター部品に直接触れないでください。
7. 電流が規定の最大電流を超えると、モーター内の磁気部品が減磁する可能性があります。このような場合は、HIWIN または最寄りの代理店にご連絡ください。
8. 定格負荷を超える環境では使用しないでください。
9. モーターの動作中は、モーターの温度が仕様範囲内になければなりません。
10. 異臭、異音、発煙、温度上昇、振動等の異常を感じた場合は、直ちにモーターを停止し、電源を切ってください。
11. 巻線が急速に劣化するモーター上の結露を防ぐため、モーターまたはその部品を室温以下に冷却しないでください。
12. 冷却ジャケット付トルクモーター（予約記号：J□）、ステーターの取付時および使用中にケーシングに衝撃や圧縮が加わると、冷却液が漏れる可能性があります。したがって、これを防ぐためにステーターの設置スペースと冷却ケースの間に隙間を設けることをお勧めします。
13. 冷却ジャケット付きトルクモーター（予約コード：J□）。いかなる状況においても、ステーターに電力を供給する前に、冷却システムが正常に動作していることを確認する必要があります。冷却されていない状態で温度が短時間上昇しただけでも、ステーターに回復不能な損傷を与える可能性があります。
14. 冷却ジャケット付きトルクモーター（予約コード：J□）、冷却ケースを固定している金具（スプリングピン）は、上端、下端、固定穴に差し込んでも取り外さないでください。冷却ケースの様子。固定金具（スプリングピン）のいずれかが外れて特許侵害、モーターの損傷、冷却液の漏れが発生した場合、HIWIN は責任を負いません。
15. 固定動作環境条件は EN 60721-3-3:2019 に準拠する必要があります（表 6.1.1 を参照）
16. 試運転時に補助ブレーキまたはブレーキ装置を使用する場合は、モーターの過負荷を防ぐためにクランプタイミングの同期を確保してください。
17. 試運転プロセス中に、温度センサーが接続され、モーターを監視し、指定された動作温度範囲内に留まっていることを確認します。

表 6.1.1 動作環境条件

環境パラメーター	単位	数値
大気温	(°C)	+5~+40
相対湿度	(%)	5~85
絶対湿度	(g/m ³)	1~25
温度変化率 ¹⁾	(°C/min)	0.5
空気圧 ²⁾	(kPa)	78.4~106
日射	(w/m ²)	700
周囲の空気の動き ³⁾	(m/s)	1
結露	-	許可されません
氷の発生	-	許可されません
¹⁾ 5 分間の平均 ²⁾ 鉱山内の状況は考慮されていません。重大度の値がクラス 3K22 とは異なります。(最大 78.4 kPa) (標高 2000 m まで)。 ³⁾ 制御できない空気の流れは、自然対流に基づく冷却システムに影響を与える可能性があります。		
機械的に活性な物質	Class 3S5	
機械的条件	Class 3M11	

(このページはブランクになっています)

7. メンテナンスとクリーニング

7.1	メンテナンス.....	7-2
7.2	クリーニング.....	7-5
7.3	テストラン.....	7-6

7.1 メンテナンス

DANGER



電圧による危険！

モーターが動いていなくても電流が流れることがあります。

- ◆ モーターから電気接続を外す前に、トルクモーターシステムが電源から切断されていることを確認してください。
- ◆ ドライバーアンプを電源から取り外した後、通電中の部品に触れたり接続を解除する前に少なくとも 5 分間待ってください。

DANGER



強力な磁場により死亡の危険があります！

トルクモーターシステムの周囲には強力な磁場が存在し、モーターに近づく医療用インプラントを装着している人にとっては危険です。これはモーターの電源がオフになっている場合も同様です。

- ◆ 影響を受ける場合は、永久磁石から最低 300 mm の距離を保ってください。
- ◆ 指令 2013/35/EU に基づく 0.5 mT の静磁場に対するトリガー閾値

国や地域のガイドラインや要件も考慮してください。

- ▶ 参考までに、ドイツ社会傷害保険の DGUV 規則 103-013 では、磁場を扱う際の要件を規定しています。

DANGER!



強い引力により押しつぶされる危険があります！

- ◆ ローターとステーターを慎重に組み立てます！
- ◆ ローターとステーターの間に指や物を置かないでください！
- ◆ ローターと磁化可能な物体が誤って引き合い衝突する可能性があります！
- ◆ 2 つのローターが誤って引き合い衝突する可能性があります！
- ◆ 物体に作用するローターの磁力は数 kN にも達し、物体の特定の部分が挟まれる可能性があります。
- ◆ 吸引力を過小評価せず、慎重に操作してください。
- ◆ 必要に応じて安全手袋を着用してください。
- ◆ 操作時には少なくとも 2 人が協力する必要があります。
- ◆ 組み立て手順がまだローターの取り付けに達していない場合は、まずローターを安全で適切な場所に置いてください。
- ◆ 一度に複数のローターを持ち出さないでください。
- ◆ 保護なしで 2 つのローターを直接一緒に配置しないでください。

- ◆ 磁化しやすい物質をローターに近づけないでください。工具を磁化する必要がある場合は、両手でしっかりと持ち、ゆっくりとローターに近づけてください！
- ◆ 開梱後すぐにローターを取り付けることをお勧めします！
- ◆ ステーターとローターを取り付ける際は、ステーターとローターを個別に組み立てるための設置補助具が必要です。正しい方法に従ってください。
- ◆ 磁力で挟まれた体の一部（手、指、足など）を解放するために、以下のツールを常に手元に置いてください。
 - 非磁性固体材料で作られたハンマー（約 3kg）
- ◆ 非磁性材料で構成された 2 つのくさびブロック（くさび形の鋭角 10°~15°、最小高さ 50mm）。

⚠ CAUTION

時計や磁気記憶媒体に物理的な損傷が発生するリスクがあります。



強力な磁力により、トルク モーター システムの近くにある時計や磁化可能なデータ ストレージ メディアが破壊される可能性があります！

- ▶ 時計や磁化可能なデータ記憶媒体をトルクモーターシステムの近く (<300 mm) に持ち込まないでください！

⚠ CAUTION

トルクモーターシステムの損傷！



トルクモーターは物理的な操作によって損傷を受ける可能性があります。

- ◆ ケーブルを直接引っ張らないでください。
- ◆ モーターに重い荷物や鋭利な物を乗せないでください。

モーターのメンテナンスを行う前に、安全上の注意事項をすべてお読みください。

安全上の注意事項



1. 障害物の除去とメンテナンスは、HIWIN の技術者または認定ディーラーのみが、適切な保護具を着用して実行できます。
2. モーターの動作中はメンテナンス作業を行わないでください。コントローラーは最初にモーターを停止する必要があります。
3. 機械の電源とメインスイッチを切ってください（操作については機械メーカーの説明書を参照してください）。
4. 電源をオフにした後、システム内には残留電圧が存在します。

HIWIN トルクモーターはダイレクトドライブシステムであるため、運転中に摩耗は発生しません。しかし、不適切な操作や不適切な使用環境はモーターの寿命を縮め、損傷につながる可能性があります。HIWIN または正規販売店がモーターのメンテナンスが必要であると判断した場合は、メンテナンスまたは取り外しの手順について、ポイント 1 の安全に関する指示を参照してください。本製品は、四半期ごとまたは半年ごとの定期的な測定とメンテナンスが必要です。

1. 検出機構や電気接続が緩んではいけません。
2. ケーブルの摩耗や経年劣化がないか確認をしてください。
3. スターターとローター間のエアギャップを確認し、異物、ゴミ、粉塵の侵入の原因となる漏れがないことを確認してください。
4. モーターの三相の絶縁抵抗をテストします。1000VDC 60 秒、100MΩ 以上@25°Cの要件を満たす必要があります。以前の数回の測定と比較して、同じ温度で絶縁抵抗が徐々に低下している場合は、モーターの劣化が始まっている可能性があるため、特別な注意を払う必要があります。

7.2 クリーニング

本製品を機械に組み込む際に想定される汚染物質としては、通常、油汚れや、補助部品との摩擦によって発生する金属・非金属の破片などが挙げられます。モーター洗浄を行う前に、すべての安全に関する注意事項をお読みください。

安全上の注意事項



1. 障害物を撤去する際は、適切な個人用保護具（PPE）を着用してください。例えば、洗浄剤を扱う前には、耐薬品性手袋（ラテックスなど）を着用してください。
2. モーターの動作中はメンテナンス作業を行わないでください。コントローラーは最初にモーターを停止する必要があります。
3. 機械の電源とメインスイッチを切ってください（操作については機械メーカーの説明書を参照してください）。
4. 電源をオフにした後、システム内には残留電圧が存在します。すべての電源接続を切断する前に、十分な放電時間を待ってください。
5. 冷却システムをオフにし、圧力を解放して冷却液を排出し、冷却接続を取り外します（冷却機の説明書を参照してください）。
6. モーターを順番に分解していきます。

四半期ごとに測定とメンテナンスを実施することをお勧めします：

1. モーターの金属片を定期的に清掃します。
2. 冷却水の量と品質を定期的に点検します。
3. 冷却システムの流量を確認し、不純物や粒子を除去します。
4. 冷却システムの部分的な詰まりを測定し、解消します。

7.3 テストラン

ブレーキ、冷却装置、動力装置が取り付けられていることを確認した後、コントローラーおよびドライバーマニュアルに従って試運転を行い、調整してください。

8. 廃棄

8.1	廃棄物処理	8-2
8.1.1	廃止措置	8-2
8.1.2	廃棄	8-3

8.1 廃棄物処理

8.1.1 廃止措置

モーターを分解または停止する場合は、以下の指示に従ってください：



怪我や物的損害の危険があります！

モーターの分解または停止の指示に従わない場合、人身傷害、死亡、または物的損害を引き起こす可能性があります。

◆ 以下の順序に従ってモーターを分解または停止してください。

1. モーター電源を切断し、DC 電源が完全に放電するまで待ちます。
2. モーターが冷えるまで (少なくとも 30 分) 待ってから、すべての冷却システムを停止し、圧力を 0 bar まで排気します。
3. すべての電源ケーブル、信号ケーブル、冷却チューブを取り外します。
4. 分解中に回転モーターによって生成される電圧や短絡による制動トルクによる感電の危険を避けるために、必要に応じてすべての電源接続を絶縁してください。
5. 内部クーラントをすべて排出し、適切に廃棄します。
6. モーター上の異物、ゴミ、ほこりを取り除きます。
7. ステーターとローターの隙間にスペーサーを挿入します。
8. ステーターとローターの固定プレートや自作のステーターとローターの固定治具がある場合は、それらのプレート/治具を使用してステーターとローターを固定してください。
- 8-1 ガイド治具方式を使用する場合、関連する治具および構成が設置されていることを確認する必要があります。
9. 機械側の固定具をすべて取り外します。ステーターとローターが固定されている場合は、同時に機械から分離できます。ガイド方式を使用する場合は、組み立て時にステーターとローターを逆の順序で取り外してください。取り外す際は O リングに傷が付く可能性がありますのでご注意ください。
10. O リングを取り外す際は、O リングを引き伸ばしすぎないように注意してください。10%を超えて伸ばすと永久的な損傷が生じる可能性があります。また、ねじったり鋭利な道具を使用したりすることも禁止されています。
11. 元の梱包材を使用するか、安全な方法で正しく梱包し保管してください。

注: 新しいトルクモーターを交換する場合は、新しい O リングを使用することをお勧めします。O リングを交換する必要がある場合は、セクション 5.1.1.4 を参照してください。適切な O リングを購入するか、HIWIN から購入してください。

8.1.2 廃棄

製品は、法律および規制に従って通常のリサイクルプロセスに従って廃棄する必要があります。



正しく処分しないと傷害や物的損害が発生する可能性があります

トルク モーターまたは関連コンポーネント（特に強力な磁石を備えたローター）を正しく取り扱わないと、人身傷害、死亡、または物的損害が発生する可能性があります。

◆ トルクモーターおよび関連コンポーネントが正しく廃棄されていることを確認してください。

適切な廃棄プロセス:

- ローターアセンブリ内の永久磁石は完全に消磁する必要があります。
- リサイクルするコンポーネントは分解する必要があります：
 - 電子廃棄物（例: エンコーダーコンポーネント、温度制御モジュールなど）
 - 電気廃棄物（例: スターター、ケーブルなど）
 - 合金スクラップ（金属別）
 - 絶縁材
- 溶剤、冷たい洗浄剤、塗料の残留物と混合しないでください。

8.1.2.1 ローターの廃棄

永久磁石を備えたローターは、その後の廃棄の危険を避けるために、特定の消磁処理を行った後に廃棄する必要があります。専門のリサイクル業者に処分することをお勧めします。

モーターを分解した後、ローターを安全なパッケージに個別に入れる必要があります。

ローターの消磁手順:

ベーキングには専用の非磁性オープンに入れる必要があります、ローターには強力で耐熱性の負荷がかかります。消磁プロセス全体を通じて、オープン内の温度は少なくとも 310°C（キュリー点）で 1 時間ベーキングする必要があります、環境汚染を避けるためにベーキング中に発生する排気ガスを処理する必要があります。

注: 消磁して通常の温度に戻した後、ゲージの残量は 10 ガウス近くになるはずですが、そうでない場合は、上記のプロセスを続行することをお勧めします。

8.1.2.2 梱包材の廃棄

HIWIN が使用する包装材および包装副資材は問題のある素材ではありません。木材以外はリサイクルして再利用できます。木材は燃やす必要があります。

(このページは空白になっています)

9. トラブルシューティング

9.1	トラブルシューティング.....	9-2
9.1.1	トラブルシューティングフォーム.....	9-4

9.1 トラブルシューティング

表 9.1.1 トラブルシューティング

症状	原因	対策
コントローラーを接続しないとモーターを手動で回転させることはできない	機械的干渉がある	干渉を取り除く
	モーター三相のどこかが短絡している	三相の短絡箇所を修正する
モーターが全く回転しない	ケーブルの配線が間違っている	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。
	過電流	干渉物がないか確認し、取り除いてください。ブレーキのクランプ不良を修正してください。
	過熱保護が働いている	コントローラーの過熱設定を確認してください
	絶縁抵抗異常	冷却後の絶縁抵抗を測定 固定子の三相から接地までの絶縁抵抗測定 (U/V/W から PE): DC 1000V 60 秒、100MΩ以上@25°C 100MΩ に達しない場合は HIWIN までお問い合わせください。
回転方向が間違っている	エンコーダーの設定が間違っている	エンコーダーの設定を確認してください。
	モーター電源ケーブルの配線が間違っている	コントローラーに接続されている二相電源ケーブルを入れ替えます。
焦げる匂いがする	冷却システムの異常動作	冷却システムをチェックしてください。
	コントローラーの設定が間違っている	コントローラーの設定を確認してください。
	モーターパラメーターの設定が間違っている	モーターパラメーターの設定を確認してください。
モーター外筒温度異常	速度が遅すぎる	電気周波数が 1 Hz 未満の場合はストール状態を使用します。
	冷却システムの異常動作	冷却システムをチェックしてください。
	コントローラーの設定が間違っている	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
	ベアリングの異常動作	取り付けを確認してください。

症状	原因	対策
回転が不安定（振動）	絶縁不良	相間・接地間の抵抗値が 50MΩ 以上であることを確認してください。
	エンコーダーの取り付けが間違っている	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。
	コントローラーの設定が間違っている	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。
回転しにくい、摩擦異音が発生	ローターの取り付け異常	取り付けを確認してください。
	アンバランスシステム	ダイナミックバランスをチェックする
	緩いシステム	もう一度しっかりと固定してください
	エアギャップに異物が存在します。	異物を取り除きます。
モーターが局部的に高熱（ムラ）を発生	冷却回路内で気泡が詰まっている	気泡を除去するか、流量を上げて気泡を除去してください。（セクション 3.4.3 を参照）
	冷却回路の入口と出口の位置が間違っている	冷却回路の入口/出口が承認された図面に従って適合していることを確認してください
しばらく使用すると、回転せずにモーターを有効にすると、ノイズの周波数が $n \times \text{PWM}$ 変調周波数と同じになります。（ $n=1, 2, 3\dots$ ）	絶縁不良	相間・接地間の抵抗値が 50MΩ 以上であることを確認してください。

9.1.1 トラブルシューティングフォーム

トルクモーターに故障やエラーが発生した場合、このフォームは、ユーザーが最も重要な詳細を HIWIN に提供して、ユニットのトラブルシューティングと修理を効率的かつ効果的に行えるように設計されています。起こり得る不必要なダウンタイムを回避します。フォームに完全に記入されていることを確認してください。

注意! モーターを機械に取り付けた状態で必要なすべての測定を実行する前に、モーターを取り外さないでください

9.1.1.1 モーターと機械の識別

コード体系: TMRW{A|A|L}{S|A}/TM-5-{A|A}{P|C|6}{0}{2|0|V}{0|0}

IM-2-{A|A}{P|C|0}{0}{2|0|P}{0|0}

3.3 を参照

ステーターのシリアル番号 (ラベルを参照): _____

ローターのシリアル番号 (ラベルを参照): _____

マシンの指定: _____

軸数: _____

モーター稼働期間(yyyy-mm-dd): _____

工場の所在地 (国、都市): _____

9.1.1.2 条件

モーター冷却液: No / Yes,

クーラントの種類: Water + ___% 添加剤 _____, 油 / その他 ___ J/(kg·K) ___ kg/m³

モーター入力時の流量: _____ (l/min)

機械の作動に使用される流体: No / Yes, タイプ:

ベアリングの種類:

内部のクランプシステム: No / Yes, タイプ: 磁気式, 油圧式, その他 _____

9.1.1.3 障害状況

障害の説明:

モーターが故障したときはどのような状態でしたか?

試運転段階でのコメント:

通常の動作段階 (旋削、フライス加工、停止など) の場合は、以下を指定してください:

その他の操作：

故障した軸（スイベル、回転テーブル、ブラシなど）：_____

コントローラーからの障害メッセージ： No / Yes, メッセージ：_____

突然の停止、コメント：_____

性能劣化（振動、リップル、ノイズ）、コメント：_____

その他、コメント：_____

以前にも同じ障害が発生しましたか？

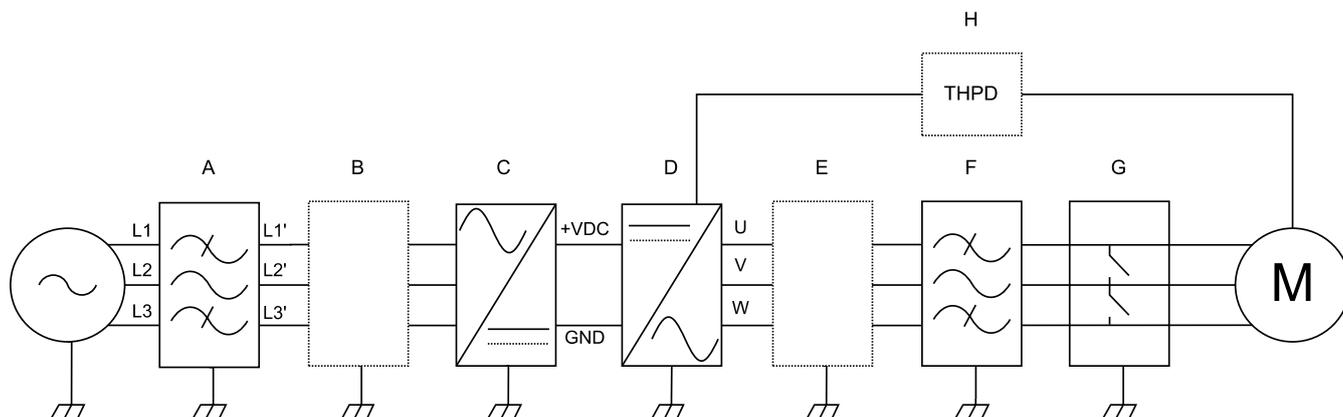
No / Yes, 正確にいつ (yyyy-mm-dd)：_____, 故障したモーターの種類：_____

9.1.1.4 NC パラメーター

NC(数値制御) 型式：_____

その他のコメント：_____

モーターに関するすべてのパラメーターをリストするか、対応するファイルを HIWIN に送信します (HIWIN がモーターのパラメーターデータシートを提供した場合は、このパラメーターファイルを HIWIN に送信してください)。 _____



A. フィルタの種類： 高調波フィルタ 回生フィルタ EMC フィルタ その他の種類 _____ No

B. チョーク&リアクトル： ラインリアクトル 整流チョーク その他のタイプ _____ No

C. 電源の種類： _____

D. アンプの種類： _____

E. チョークとリアクトル： dv/dt リアクトル モーターチョーク その他のタイプ _____ No

F. フィルタータイプ： dv/dt フィルター 正弦波フィルター その他のタイプ _____ No

G. 短絡リレータイプ： _____, No

H. THPD（熱保護装置）を使用していますか？ No / Yes

9.1.1.5 電気のトラブルシューティング

以下の測定を開始する前に、電源を切り、各相を切断し、モーターが周囲温度 (25±5°C) に冷却されるまで待ちます。(注意事項はセクション 9.1 を参照)

配線全体を確認してください。断線や接続の緩みが観察されましたか？

No / Yes, 正確にはどこで: _____

相間の抵抗を測定する: R_{U-V} : _____, R_{V-W} : _____, R_{U-W} : _____

接地抵抗を測定する: R_{U-G} : _____, R_{V-G} : _____, R_{W-G} : _____

温度センサーの抵抗を測定します:

R_{PT1000} : 1) _____ 2) _____ 3) _____, $R_{PTC100/120/130}$: 1) _____ 2) _____ 3) _____

9.1.1.6 目視検査

以下の目視検査は、取り外したモーターに関するものです。(機械上のすべての測定は、モーターを取り外す前に必ず行ってください。そうしないと、故障現場が混乱する可能性があります) (注意事項は、セクション 9.1 を参照してください)

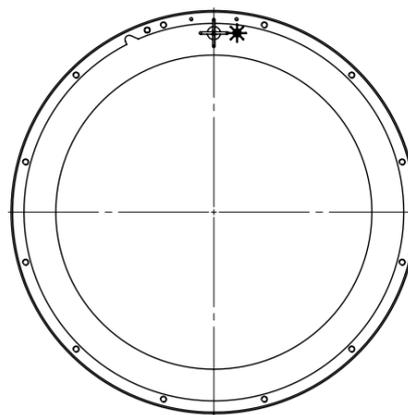
● スターターの検査:

スターター (内側) の異常痕跡: No / Yes

スターターに異臭がある場合: No / Yes

次の図の問題の箇所に記入してください。

- ◆ 水疱 (○を描く)
- ◆ 焼損箇所 (△を描く)
- ◆ 擦り傷 (≡を描く)
- ◆ フランジのシワ (~を描く)



ケーブルと接続の検査:

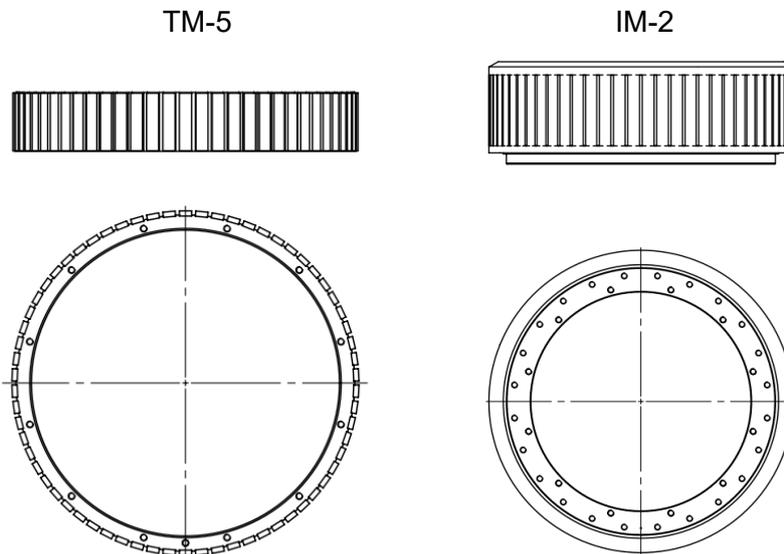
ケーブル/ケーブルグラウンド/ケーブルコネクターの損傷: No / Yes

● ローターの検査:

ローター（外側）の異常痕跡: No / Yes

次の図の問題の箇所に記入してください:

- ◆ 磁石の飛散 (○ を描く)
- ◆ 焼損箇所 (△ を描く)
- ◆ 金属の削りくず (× を描く)
- ◆ 擦り傷 (≡ を描く)
- ◆ フランジのシワ (~ を描く)



モーターに油や油が付着していませんか? No / Yes, コメント: _____

磁石に金属片が付着していませんか: No / Yes, 他のもの _____

9.1.1.7 付録

問題をより深く理解するために、すべての情報を HIWIN と共有してください (写真、NC 記録、破損した部品)。HIWIN に送信されたすべてのファイルとパーツをリストアップしてください:

9.1.1.8 連絡先情報

会社/研究所/部署: _____

連絡窓口: _____

Email: _____

Phone: _____

Address: _____

(このページは空白になっています)

10. 適合宣言

10.1 適合宣言書	10-2
------------------	------

10.1 適合宣言書

Declaration of Conformity

according to Low Voltage EC directive 2014/35/EU

Name and address of the manufacturer:

HIWIN MIKROSYSTEM CORP., No.6, Jingke Central Rd., Taichung Precision Machinery Park, Taichung 408226, Taiwan

Description and identification of the product:

Product Torque motor
 Identification Series: TMRW, IM-2, TM-5, TM-5(J0)

The object of the declaration described above is in conformity with the relevant Union harmonization legislation Directive.

2014/30/EU EMC directive

2011/65/EU RoHS directive

References to the relevant harmonized standards used or references to the other technical specifications in relation to which conformity is declared

EN 60204-1:2018 Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements

EN 61000-6-2:2005 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments

EN 61000-6-2:2019
EN 61000-6-4:2007 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environmentsEN 61000-6-4:2019
EN 61000-6-4:2007+A1:2011

EN 60034-1:2010 Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance

EN 60034-1:2010/AC:2010

EN 60034-5:2001/A1:2007 Rotating electrical machines - Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) - Classification

This declaration of conformity is issued under the sole responsibility of the manufacturer.

Taichung 408226, Taiwan

03.26.2025

(Place, Date)

SZU, KOU I, President

(Surname, first name, and function of signatory)



(Signature)

11. 付録

11.1	用語集.....	11-2
11.2	単位換算.....	11-7
11.3	許容範囲と仮説.....	11-10
11.3.1	公差.....	11-10
11.3.2	伝熱の仮説.....	11-10
11.3.3	環境の仮定.....	11-10
11.4	オプションのアクセサリー.....	11-11
11.4.1	熱保護装置.....	11-11
11.4.2	機能.....	11-11
11.4.3	温度モジュールの配線.....	11-12
11.5	顧客要求フォーム.....	11-13

11.1 用語集

- 逆起電力定数（線間）： $K_v \left(\frac{V_{rms}}{rad/s} \right)$

逆起電力定数 K_v は、磁石が 25 °C のときの逆起電力電圧 (V_{rms}) とモーター回転速度 rad/s の比です。永久磁石の磁界内でのコイルの移動によって生成されます。

- 連続電流: $I_c/I_{cw} (A_{rms})$

連続電流 I_c は、周囲温度 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であり、コイルの最終温度は 120°C を超えません (TM-5/IM-2 シリーズの場合は 130°C)。この条件下では、モーターは定格連続 I_c トルク T_c に達します。連続電流とコイル温度の関係において、モーターのトルクは空冷の場合は I_{cw} 、水冷の場合は I_{cw} となります。

- 連続トルク: $T_c/T_{cw} (Nm)$

連続トルク T_c は、周囲温度 25°C、コイルの最終温度が 120°C (TM-5/IM-2 シリーズは 130°C) を超えない条件下で、モーターが連続的に発生できる最大トルクです。この連続トルクは、モーターに供給される電流 I_c/I_{cw} に相当します。連続電流とコイル温度の関係において、モーターのトルクは空冷の場合は T_c 、水冷の場合は T_{cw} に応答します。

- インダクタンス（線間）： $L (mH)$

インダクタンスは、コイル温度 25°C でモーターを動作させたときの線間で測定したインダクタンスとして定義されます。

- 25°C における抵抗（線間）： $R_{25} (\Omega)$

抵抗値はコイル温度 25°C でモーターを動作させたときの線間で測定した抵抗値と定義されます。

- モーター定数: $K_m \left(\frac{Nm}{\sqrt{W}} \right)$

モーター定数 K_m は、コイルおよび磁石が 25°C のときのモーター出力トルクの平方根と消費電力の比として定義されます。モーター定数が大きいほど、モーターが特定のトルクで出力するときの電力損失が少なくなります。

- 極数: 2p

2p はローターの極数を表し、p は極のペアの数です。

- ピーク電流: I_p (A_{rms})

ピーク電流 I_p はモーターのトルク出力に対応する電流であり、電流が到達するモーター温度では磁石は減磁されることはありません。一般的に、モーターが正常に動作し、入力電流の位相がバランスしている場合、ピーク電流は 1 秒間供給できます。そして、ピーク電流を供給するために、モーターが常温に達した後、少なくとも 6 秒間休止する必要があります。(より正確な時間については、HIWIN にお問い合わせください)
- ピークトルク: T_p (Nm)

ピーク トルク T_p は、モーターが 1 秒以内に出力する最大トルクです。トルクに応じたピーク電流では磁石は減磁させることはできません。
- ローターイナーシャ: J (kgm^2)

ローター慣性 J は、回転コンポーネントが速度や方向の変化など、運動状態の変化に抵抗する値です。それは形状と質量に関係します。
- ストール電流: I_s/I_{sw} (A_{rms})

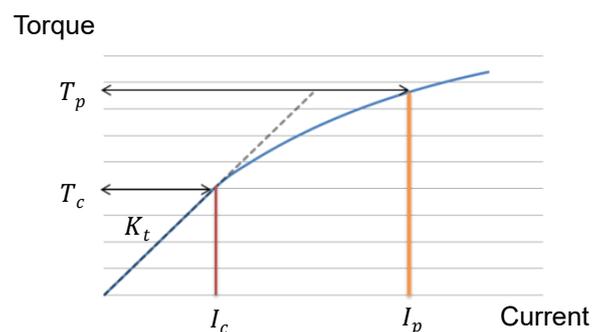
ストール電流 I_s は、モーターが 25°C でストール状態にあるときの電流の上限です。トルクモーターは放熱量に応じて空冷の場合は I_s 、水冷の場合は I_{sw} に相当します。
- ストールトルク: T_s/T_{sw} (Nm)

ストールトルク T_s は、モーターが 25°C でストール状態にあるときのトルクの上限です。トルクモーターは放熱量に応じて空冷の場合は T_s 、水冷の場合は T_{sw} に相当します。
- 熱抵抗: R_{th} (K/W)

熱抵抗 R_{th} は、モーターコイルが周囲環境から熱を放散するために受ける抵抗として定義されます (周囲温度が 25°C の場合、空冷の場合は自然対流と輻射、水冷の場合は水温が 25°C の場合の強制水冷を考慮)。熱抵抗が大きいほど、同じ熱源下でもコイルと周囲環境間の温度差が大きいことを示します。
- トルク定数: K_t (Nm/A_{rms}) (磁石温度 25°C)

トルク定数 K_t は、モーターの出力トルクと実効電流値の比です。出力トルクと入力電流は、低電流時には線形関係を示します。非線形関係は、鉄心の飽和によるものです。
- 最大速度

最大速度は、特定のトルク (通常は連続トルク) 下で提供される最大速度として定義されます。トルクモーターの最大速度には、空冷連続トルク時の最大速度、水冷連続トルク時の最大速度、ピークトルク時の最大速度の 3 つの条件があります。

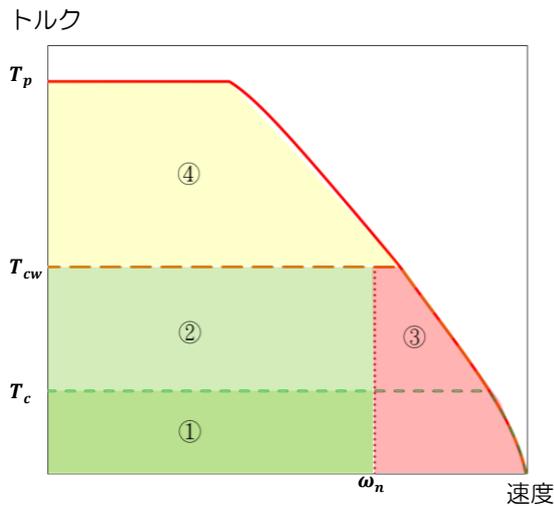


■ 定格速度: ω_n (rpm)

定格回転速度 ω_n は、モーターを休まず連続運転した場合に、鉄損によるローターの高温(>80°C)によりローターが損傷しない速度として定義されます。この速度を超える場合は、作動サイクルを減らすか、ローターの追加の放熱設計を行う必要があります。モーターの動作範囲の説明については、T-N カーブを参照してください。

■ T-N カーブ (TMRW/TM-5)

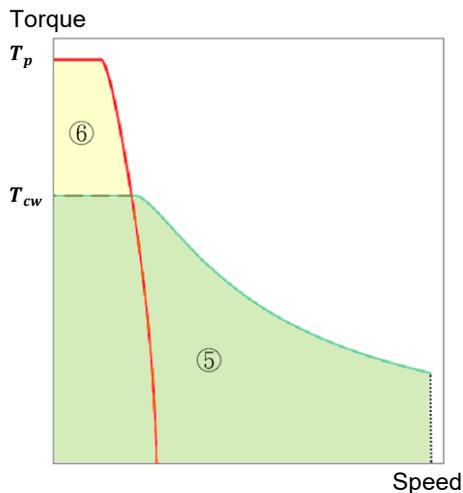
T-N カーブは、モーターの一定の入力電圧下で出力できるトルクと速度の比較表として定義されます。モーターの温度上昇を考慮すると、この図は次の4つの動作範囲に分けることができます。



- ① : モーターが空冷でトルクが T_c 未満の場合、 ω_n 以下で中断することなく連続運転できます。
- ① +②: モーターが水冷でトルクが T_{cw} 未満の場合、 ω_n 以下で中断することなく連続運転できます。
- ③: モーターが空冷式でトルクが T_c 未満の場合、または水冷式でトルクが T_{cw} 未満の場合、速度が ω_n より大きいときは、ローターの過熱を避けるために、デューティサイクルを減らすか、ローターの放熱に関する追加設計を行う必要があります。
- ④: モーターが空冷でトルクが T_c より大きい場合、またはモーターが水冷でトルクが T_{cw} より大きい場合は、デューティサイクルを下げる必要があります。 T_p に達すると、ステーターの過熱を避けるために1秒間の出力のみが許可されます。

■ T-N カーブ (IM-2)

T-N カーブは、モーターの一定の入力電圧下で出力できるトルクと速度の比較表として定義されます。モーターの温度上昇を考慮すると、図は次のページに示すように2つの動作範囲に分けることができます。



- ⑤ : モーターが水冷でトルクが T_{cw} 未満の場合、弱め界磁で最高速度以下で中断することなく連続運転できます。
- ⑥ : 水冷でトルクが T_{cw} より大きい場合は、デューティサイクルを下げる必要があります。 T_p に達すると、ステーターの過熱を避けるために 1 秒間の出力のみが許可されます。

■ 最大入力電圧 (V_{DC})

最大入力電圧は、通常環境で動作するモーターの最大電圧です。

■ 最大連続電力損失: P_c (W)

最大連続電力損失とは、モーターが連続電流で連続運転し、コイル温度が 120°C (TM-5/IM-2 の場合は 130°C) に達したときに失われるエネルギーです。この損失は主に熱に変換されます。水冷システムでは、この損失は冷媒によってほぼ排除されます

■ 最大圧力差: Δp (bar)

最大圧力差は、純水による水冷システムにおける入口と出口間の圧力差が許容される最大値です。最小水量 q に相当します。使用環境が異なる場合は差圧を計算により修正する必要があります(3.4.3 項参照)。

■ 最小水流量: q (l/min)

最小水流量は、純水による水冷システムにおいて通常の冷却に必要な最小流量です。使用環境が異なる場合は、水流量を計算により変更する必要があります(3.4.3 項参照)。

■ 最大電力損失時の温度差: $\Delta\theta$ ($^{\circ}\text{C}$)

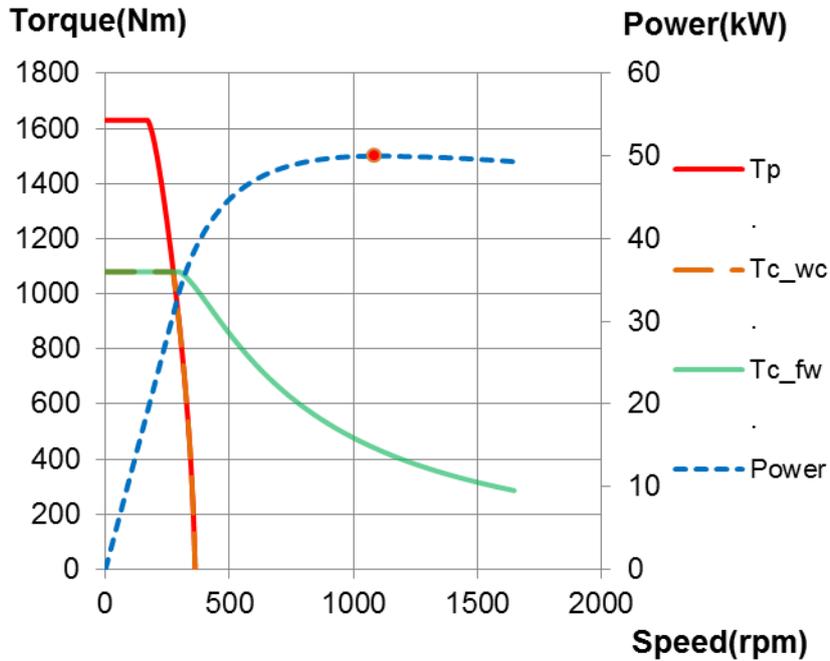
最大電力損失時の温度差は、純水による水冷システムにおける入口と出口の温度差です。一般的には 5°C と定義されています。動作環境が異なる場合は、最大電力損失時の温度差を計算により修正する必要があります(3.4.3 項を参照)。

■ 定格出力 (kW)

定格電力は、モーターの銘板に指定されている最大連続定格電力です。

IM-2 シリーズでは弱め界磁運転時の定格電力が通常運転よりも大きくなりますので、IM-2 シリーズの定格電力の定義は弱め界磁運転時の最大連続定格電力となります。

下図の赤い点は弱め界磁運転時の最大連続定格出力です。



11.2 単位換算

列 A の単位を列 B の単位に変換するには、表内の対応する数値を掛けます。

■ 質量

		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

		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

■ 角速度

		B			
		deg/s	rad/s	rpm	rps
A	deg/s	1	1.745×10^{-2}	0.167	2.777×10^{-3}
	rad/s	57.29	1	9.549	0.159
	rpm	6	0.105	1	1.667×10^{-2}
	rps	360	6.283	60	1

■ カ

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

■ イナーシャ

		B			
		kg-m ²	lb-in ²	lb-ft ²	oz-in ²
A	kg-m ²	1	3417.63	23.73	54644.81
	lb-in ²	2.926×10^{-4}	1	6.943×10^{-3}	15.99
	lb-ft ²	4.214×10^{-2}	144.02	1	2302.73
	oz-in ²	1.83×10^{-5}	6.254×10^{-2}	4.34×10^{-4}	1

■ 長さ

		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

■ トルク

		B			
		N-m	lb-in	lb-ft	oz-in
A	N-m	1	8.851	0.7375	140.84
	lb-in	0.113	1	8.333×10^{-2}	16
	lb-ft	1.355	11.99	1	191.94
	oz-in	7.1×10^{-3}	6.25×10^{-2}	5.21×10^{-3}	1

■ 温度

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

11.3 許容範囲と仮説

11.3.1 公差

モーター仕様書に記載されている寸法仕様値を除き、すべての仕様値に対して±10%の公差があります。公差の記載がない寸法はねじ有効深さ、位置決めピン穴を除き一般公差となります。公差表は承認図に示されています。

11.3.2 伝熱の仮説

すべての仕様の前提は、水冷および自然空冷に基づいています。その他の放熱条件については、個別に試験を行って確認する必要があります。

空冷条件の仮説：ステーター/ローター周囲の周囲温度：20℃；

水冷条件の仮説：

- □ローター周囲の周囲温度：20℃
- □入水温：20℃
- □入口水と出口水の温度差：5℃
- □ステーター外部温度：平均 22.5℃

□ ステーターの熱交換特性は、水冷システムの数とインターフェースの設計に従って表 5.1.1 から表 5.1.6 に定義されます。

11.3.3 環境の仮定

連続電流は、モーターの周囲温度最大 30℃で、選択された電源ケーブルの規格 IEC60204-1 に準拠するかどうかテストされます。前述の基準への準拠を維持するには、周囲温度が高くなると定格を下げる必要がある場合があります。

11.4 オプションのアクセサリ

11.4.1 熱保護装置

THPD（熱保護装置）の仕様、配線および関連説明については、取扱説明書 MT99UA02 を参照してください。



図 11.4.1 熱保護装置

11.4.2 機能

- THPD は HIWIN トルクモーターでのみ使用されます。
- Pt1000 のセットも使用できます。
- モーターの 3 つの温度センサー入力を 1 つのアナログ出力と 2 つのデジタル出力に変換し、コントローラーに送信します。
- ソフトウェアの遅延補正により、リアルタイムの温度監視が実現されます。過酷な使用条件下でもモーターの過熱を防止します。
- コントローラーは以下の方法でモーター温度の完全な情報を取得できます。
アナログ温度出力：Pt1000
デジタル警報出力：警報
デジタルエラー出力：エラー

11.4.3 温度モジュールの配線

モーターの温度センサーが Pt1000 の場合は THPD-1000-□□□と併用してください。配線構造図を以下に示します。

□□□：TMRW の場合は 120、TM-5/IM-2 の場合は 130。

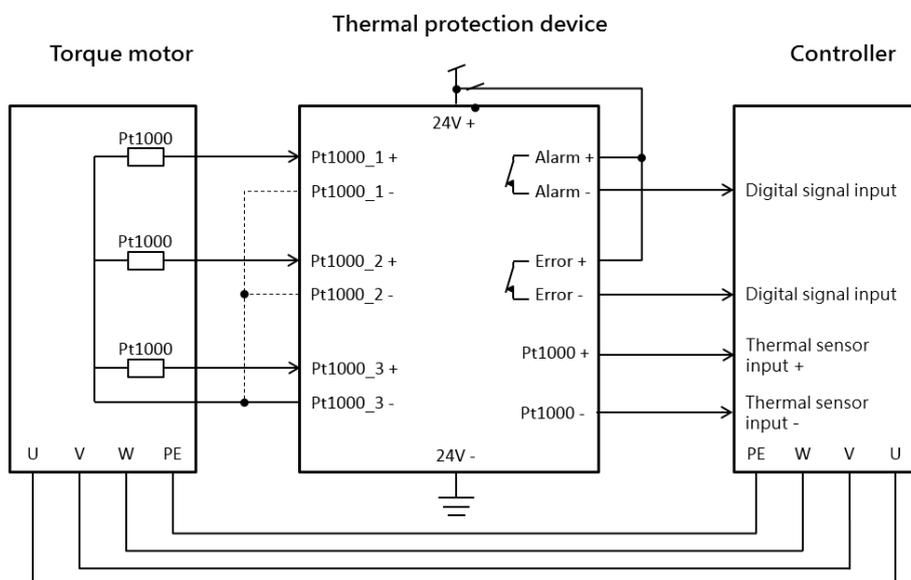
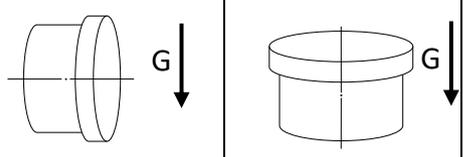
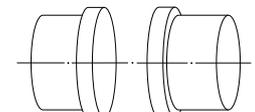
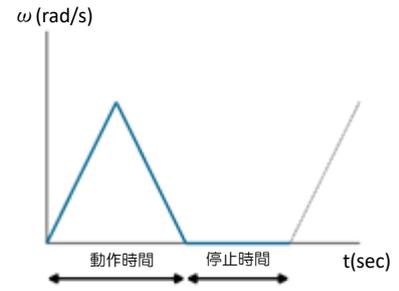
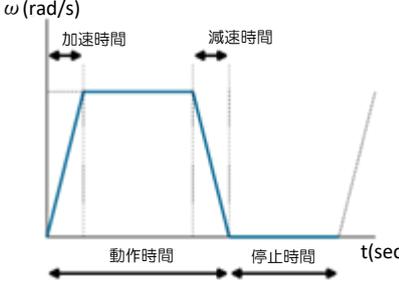


図 11.4.2 Pt1000 配線図

11.5 顧客要求フォーム

会社名:

日付

Email :		担当者 :	
Tel. :		Title :	
Fax. :		11.設置方法	
産業		<input type="checkbox"/> 一軸	
1.使用環境	<input type="checkbox"/> 一般的な環境 (25°C) <input type="checkbox"/> その他: _____	<input type="checkbox"/> 横設置	<input type="checkbox"/> 垂直設置
2.負荷形式	<input type="checkbox"/> 水冷: ___%(グリコール) <input type="checkbox"/> オイル冷却: オイルタイプ _____ 比重: ___ g/cm ³ 比熱容量: ___ cal/g°C <input type="checkbox"/> 自然空冷: 環境温度: ___ °C		
3.負荷条件	<input type="checkbox"/> 全体の慣性モーメント: _____ kgm ² <input type="checkbox"/> 負荷 1, 数量 _____ 質量: ___ kg or 材質: _____ 寸法: _____ mm 重心のずれ: _____ mm <input type="checkbox"/> 負荷 2, 数量 _____ 質量: ___ kg or 材質: _____ 寸法: _____ mm 重心のずれ: _____ mm <input type="checkbox"/> 負荷 3, 数量 _____ 質量: ___ kg or 材質: _____ 寸法: _____ mm 重心のずれ: _____ mm	<input type="checkbox"/> 並列操作 (コントローラー1台のみ) 	
4. 摩擦トルク	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり: ___ Nm	12.動作条件:	
5.切削力 (外部トルク)	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり: ___ Nm	a. <input type="checkbox"/> 三角駆動 (通常は point to point) 動作角度 (Φ): 動作時間 (tm): 停止時間 (td):	
6.コントローラー	<input type="checkbox"/> Heidenhain <input type="checkbox"/> Mitsubishi <input type="checkbox"/> Siemens <input type="checkbox"/> Fanuc <input type="checkbox"/> その他__		
7.ドライバー電圧 (いずれかを選択)	出力電圧: <input type="checkbox"/> DC BUS ___ V or ___ V 動作電圧: <input type="checkbox"/> 200V <input type="checkbox"/> 380V <input type="checkbox"/> 400V <input type="checkbox"/> 565V <input type="checkbox"/> その他 ___ V	b. <input type="checkbox"/> 台形駆動 (通常は、"スキャン" または "機械加工") 最大速度 (ω _{max}): 加減速時間 (ta): 合計動作時間 (tm) または動作角度 (Φ): 停止時間 (td):	
8.ドライバー電流	定格 ___ Arms 最大 ___ Arms		
9.ケーブル長さ	<input type="checkbox"/> 標準 2 m <input type="checkbox"/> その他: ___ m (最大長さ≤10m)		
10. 温度センサーの設定: PTC: 最大 2 個; Pt1000: 最大 3 個 <input type="checkbox"/> PTC100: 個 <input type="checkbox"/> PTC120: 個 <input type="checkbox"/> PTC130: 個 <input type="checkbox"/> PT1000: 個 <input type="checkbox"/> 顧客提供: _____			
その他ご要望:			

1. モーターはすべて水冷式で設計・検証されています。油冷式または自然空冷式の場合は、運転中に機械の実際の状態を監視する必要があります。
2. 動作条件を1つ選択して記入してください。複数のアプリケーション動作プロファイルがある場合は、最も厳しい条件を記入するか、HIWIN に評価のサポートを依頼してください。

(このページは空白になっています)

トルクモーターユーザーマニュアル
バージョン：V1.6 2026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。
-