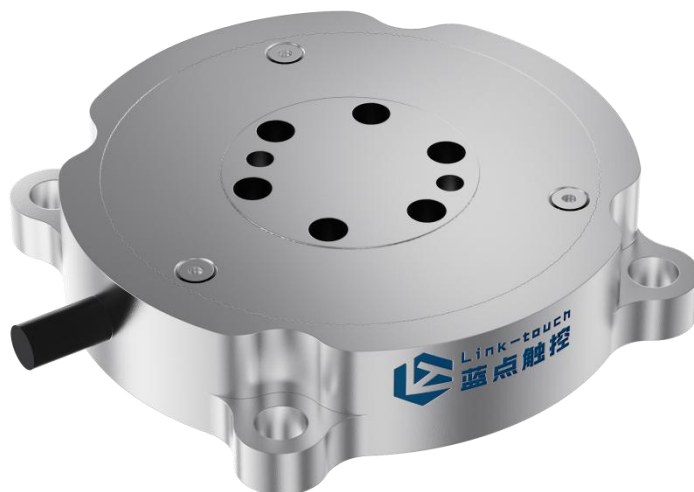




ロボット応用の専門家



# LA77 六軸力覚センサ

## 取扱説明書

Release Date: 2026/9/24

Version: V1.7.0

## はじめに

本文書の内容は藍点触控（北京）科技有限公司に帰属します。当社の事前の書面による同意なく、いかなる会社または個人も、本文書の一部または全部を使用または改変することはできません。（当社は、予告なく本文書を随時変更する権利を留保します。本声明は当社のいかなる義務を構成するものではありません。）

本マニュアルは製品機能の更新をいち早く反映するため定期的に改訂されます。本文書に含まれる誤りまたは記載漏れについて、当社は一切の責任を負いかねます。

本文書の著作権は藍点触控（北京）科技有限公司に帰属し、すべての権利を留保します。

当社 LA77 シリーズ製品はロボット工学または自動制御の分野で使用されることを考慮し、LA77 シリーズ製品の構成部品またはシステムに誤動作または故障が発生した場合、原因が除去されるまでの継続使用は推奨いたしません。運用者の負傷または生命に関わる事態を回避するためです。

LA77 シリーズ製品を生命に関わるおそれのあるシステムで使用または組み込む個人または組織は、事前に当社の書面による同意を得なければならず、かつ当該製品が直接的・間接的に人身傷害または死亡の脅威を与えないことを前提にのみ使用が許可されます。

**ご注意:**

カスタマーサービスにご連絡いただく前に、本製品マニュアルをよくお読みください。お電話の前に以下の情報をご用意ください:

1. センサ型式 (例: LA77-2000-C)
2. 問題の正確かつ完全な状況説明
3. コンピュータおよびソフトウェア情報: OS、PC 型式、ドライバ、アプリケーションソフト、およびお客様の構成に関連するその他の情報。



# 目次

|                        |    |
|------------------------|----|
| 用語集.....               | 1  |
| 1. 安全 .....            | 4  |
| 1.1 声明 .....           | 4  |
| 1.2 安全ガイドライン .....     | 4  |
| 1.3 安全上のご注意 .....      | 5  |
| 2. 製品概要 .....          | 6  |
| 2.1 製品紹介 .....         | 6  |
| 2.2 製品の基本原理と概念.....    | 6  |
| 2.3 製品仕様 .....         | 8  |
| 3. 据付 .....            | 9  |
| 3.1 開梱検査 .....         | 9  |
| 3.2 据付レイアウト .....      | 10 |
| 3.3 取付寸法 .....         | 13 |
| 3.4 センサの据付 .....       | 14 |
| 3.5 電氣的据付 .....        | 17 |
| 3.6 センサの取外し .....      | 20 |
| 3.7 精度検証 .....         | 21 |
| 4. 通信プロトコル .....       | 22 |
| 4.1 EtherCAT 通信 .....  | 22 |
| 4.2 CAN/CANFD 通信 ..... | 26 |
| 5. 操作説明 .....          | 30 |
| 5.1 使用環境の確認 .....      | 30 |
| 5.2 電源投入とセルフテスト .....  | 31 |
| 5.3 一般操作説明 .....       | 32 |
| 6. 保守およびお手入れ .....     | 33 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 6.1 定期点検 .....       | 33 |
| 6.2 定期校正 .....       | 33 |
| 6.3 長期保存時の保守 .....   | 33 |
| 7. トラブルシューティング ..... | 35 |
| 代表的な故障事例 .....       | 37 |



## 用語集

| 名称          | 日本語解説                                                                                                                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 六軸力覚センサ     | 六軸力覚センサ：直交右手直交座標系において、3つの直交軸方向の分力 $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ と、3つの座標軸まわりのモーメント $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$ を同時にかつ独立に測定し、空間六自由度の力学的負荷を連続的に標準化電気信号に変換する多成分力覚測定センサ。 |
| 座標系         | 座標系：座標原点および運動計算の参照基準を設定するもの。                                                                                                                          |
| 自由度         | 自由度：六つの自由度方向における入力。                                                                                                                                   |
| 力 / モーメント   | 力 / モーメント：物体に加えられる推力または引張力 / 物体を回転させる力と、作用軸または作用点まわりのモーメント。                                                                                           |
| 力覚・モーメントセンサ | 力覚・モーメントセンサ：力およびモーメント信号をデジタル信号に変換して出力する装置。                                                                                                            |
| 準度          | 準度：測定結果が真値にどれだけ近いかを表す量を準度といい、誤差の大きさに対応する。したがって、誤差の大きさに準度の高低を表すことができ、誤差が小さいほど準度は高く、誤差が大きいほど準度は低い。                                                      |
| 分解能         | 分解能：システムが測定できる負荷の最小変化量。これは通常、準度よりもはるかに小さい。                                                                                                            |
| 校正          | 校正：規定された条件下で、センサの機能的な正確さを確定するため、既知の質量の被測定物体を用いて校正を行うこと。                                                                                               |
| 複合荷重        | 複合荷重：多軸複合荷重。                                                                                                                                          |
| レンジ         | レンジ：センサを正常に使用する際に、力およびモーメントの測定を支持できる範囲。                                                                                                               |

|               |                                                                                                                          |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 全範囲測定誤差       | 全範囲測定誤差：例えばセンサの測定範囲が 100 ニュートンで、センサ精度が 1 ニュートン以内である場合、センサの全範囲誤差は 0.5% ( $0.5\% = 0.005 = 1\text{N} / 200\text{N}$ ) となる。 |
| ヒステリシス        | ヒステリシス：以前の荷重による残留効果に起因する測定誤差。                                                                                            |
| IP65 保護等級     | IP65 保護等級：電気機器の筐体における異物侵入に対する保護等級。6 は粉塵の完全な侵入防止、5 はあらゆる角度からの低圧噴流の影響がないことを示す。                                             |
| 製品認証書         | 製品認証書：機器が国家規格に従って試験され、応用分野における国家規格の要求に適合していることを宣言するもの。                                                                   |
| RS485 通信プロトコル | RS485 通信プロトコル：RS-485 におけるデータ伝送制御の取り決めの一つ。                                                                                |
| 過負荷           | 過負荷：測定範囲を超える荷重により、センサの負担がレンジを超えること。                                                                                      |
| 六軸入力          | 六軸入力：Fx、Fy、Fz、Mx、My、Mz。                                                                                                  |
| ツール側          | ツール側：センサにおいて、ユーザー定義のツールまたはツールアダプタを取り付ける側。                                                                                |
| 固定側           | 固定側：センサにおいて、センサ自体を固定する側。                                                                                                 |
| UDINT         | UDINT：32 ビット符号なし整数データ型。                                                                                                  |
| UINT          | UINT：16 ビット符号なし整数データ型。                                                                                                   |
| USINT         | USINT：8 ビット符号なし整数データ型。                                                                                                   |
| DINT          | DINT：32 ビット符号付き整数データ型。                                                                                                   |
| 右手座標系         | 右手座標系：空間における直交座標系を規定する方法の一つ。右手を原点の位置に置き、親指、人差し指、中指を互いに直角にし、親指を x 軸の正方向、人差し指を y 軸の正方向に向けたとき、中指が指す方向が z 軸の正方向となる。          |

|                  |                                                                                                     |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | る。                                                                                                  |
| 定格モーメント MR       | 定格モーメント MR: 定格モーメント。基準は 100% FS、すなわち長期連続運転の上限であり、精度保証区間。日常使用は $\leq 80\%$ MR を推奨。                   |
| 安全過負荷モーメント MSafe | 安全過負荷モーメント MSafe: 短時間の衝撃に耐えられることを表し、通常は 150%~200% MR。これを超えるとゼロ点ドリフトや精度の永久劣化を引き起こし、長期滞在は不可。          |
| 限界破壊モーメント MUlt   | 限界破壊モーメント MUlt: モーメントが限界破壊モーメントを超えると、弾性体の塑性変形 / ひずみゲージの断線を直接引き起こし、センサは廃棄となる。その数値範囲は通常 250%~300% MR。 |

## 1. 安全

本章では、本製品に関する一般的な安全操作上の注意および安全上の注意事項を示します。詳細な安全操作手順については、本マニュアルの該当章を参照してください。

### 1.1 声明

本章の警告声明は、本マニュアルに記載される藍点触控製品に適用されます。ユーザーは、ロボットシステム構成部品のすべての製造業者、および据付過程に関与するその他の部品製造業者の安全操作上の注意を遵守してください。



**危険：**安全操作上の注意に従わない場合、死亡または重傷を招きます。本表示は、危険の性質、回避しなかった場合の結果、および回避方法を示します。



**警告：**安全操作上の注意に従わない場合、死亡または重傷を招くおそれがあります。本表示は、危険の性質、回避しなかった場合の結果、および回避方法を示します。



**注意：**注意に従わない場合、中程度の傷害または装置の損傷を招くおそれがあります。本表示は、危険の性質、回避しなかった場合の結果、および回避方法を示します。

**注意：**製品の保守、操作、据付、または設定に関する具体的な指示に従わない場合、装置の破損を招くおそれがあります。具体的な指示には、良好な操作上の注意や保守技術が含まれますが、これらに限定されません。

### 1.2 安全ガイドライン

ユーザーは、選定したセンサの定格荷重および定格トルクが、運転中に発生し得る最大荷重および最大トルクに耐えられることを確認してください。ロボットの加減速に起因する動的荷重に特に注意してください。高速加減速時には、これらの力は静的力の数倍に達することがあります。

### 1.3 安全上のご注意



警告：電源、水、空気などの回路が活線状態でセンサの保守や修理を行うと、センサが重大な損傷を受けるおそれがあります。ユーザーは自身の安全操作手順に従い、すべての活線回路が非通電であることを確認してください。



注意：許可なき改造やセンサの分解は、センサ部品を損傷させ保証を無効にします。ユーザーは当社が提供する取付部品を使用し、取扱説明書に従って調整を行ってください。



注意：センサの損傷は内部機器の損傷を招くおそれがあります。ユーザーはセンサケーシングを損傷させないように注意してください。



注意：1 軸負荷または複合負荷におけるセンサの過負荷は、センサ自体に不可逆な損傷を与えます。



注意：IP65 シール部品をむやみに触らないでください。センサの動作不良を招くおそれがあります。



注意：ユーザーは静電気放電（ESD）によるセンサの損傷を回避してください。センサに接続された機器やケーブルを扱う際は、正しい接地を実施してください。実施しない場合、センサを損傷するおそれがあります。



注意：輸送時には、センサを許容範囲を超える衝撃や衝撃荷重から保護してください。衝撃はセンサ内部構造を破損させ、性能低下や破損を招くおそれがあります。



注意：取付方法と部品選定は適切でなければなりません。仕様を超える締結具の使用は、センサ本体を損傷させるだけでなく、内部電子部品を破損させ、センサの故障と保証無効を招きます。

## 2. 製品概要

### 2.1 製品紹介

LA77 シリーズは、人型ロボット向けに開発された先端的な 6 軸力・トルクセンサであり、極めて複雑な人型ロボットのアプリケーションに特化しています。その核心性能は、三次元空間における力とトルクのあらゆる方向の高精度計測にあります。計測空間の直交座標系において、3 軸の力成分 ( $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ ) および 3 軸まわりのトルク成分 ( $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$ ) をリアルタイムに同期収集し、標準電気信号としてユーザー機器へ伝送します。センサの動的な力覚フィードバックにより、ロボットは関節の運動状態および環境との相互作用力をリアルタイムに検知し、高精度な作業制御と安全な力制御を実現します。



図 2.1 LA77 シリーズ製品外観

### 2.2 製品の基本原理と概念

図 2.2 に示すように、6 軸力・トルクセンサは一般にツール側（ツール取付用）と固定側（ロボット接続用）に分かれます。外部からの荷重はツール側および固定側を通じてセンサ内部に伝達され、内部の検出素子が物理荷重を電気信号に変換します。信号は処理された後、ユーザーのホストコンピュータに送信され、演算およびモニタリングに供されます。

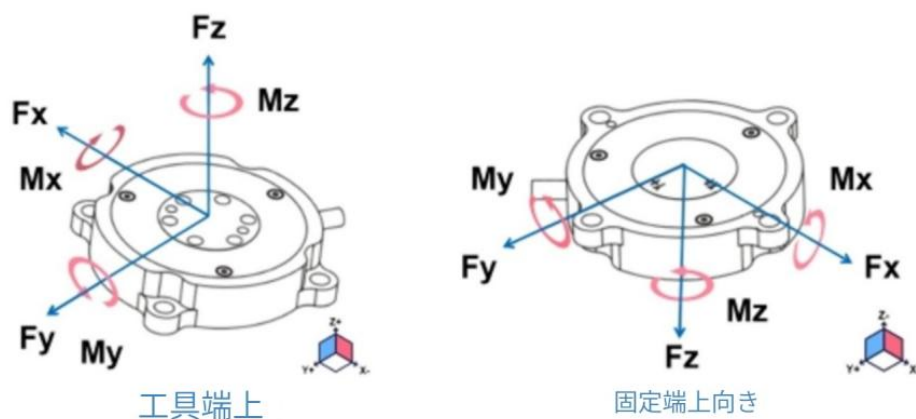


図 2.2 座標系の模式図

### 取付姿勢の異なる 6 軸力・トルクセンサに対応する座標系

図 2.2 は、2 種類の異なる取付姿勢におけるセンサの計測座標系（センサ本体座標系とも呼ぶ）を示しています。センサの計測座標系は、機械的校正中心（荷重基準点）を原点とし、Z 軸は取付フランジ面に垂直で、エンドエフェクタ側を向きます。X 軸および Y 軸はフランジ平面内にあり、X 軸と Y 軸の正方向はケーシング上に表示されます（図 2.3 参照。一部の型式ではセンサ側面に表示）。3 軸は右手直交座標系を構成し、センサに剛に固定されてセンサと共に回転します。

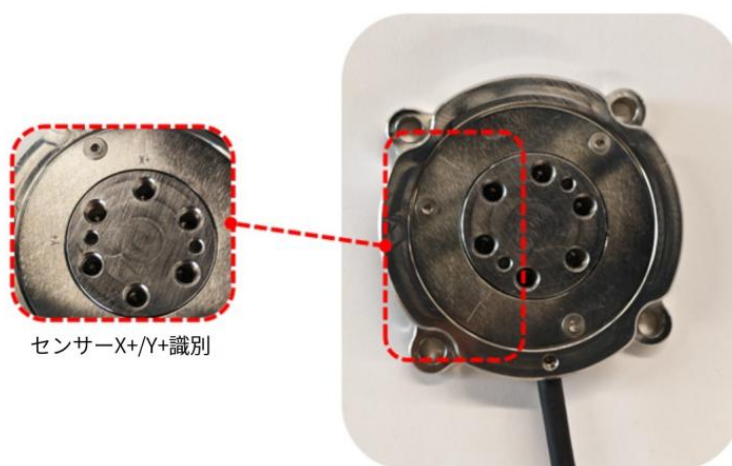


図 2.3 センサケーシング上の X 軸 / Y 軸正方向表示

## 2.3 製品仕様

表 2.1 製品仕様

| 項目         |          |     | 型式                                         |              |               |
|------------|----------|-----|--------------------------------------------|--------------|---------------|
|            |          |     | LA77-1000-60                               | LA77-1600-60 | LA77-2000-120 |
| 定格荷重       | Fx、Fy    | N   | 1000                                       | 1600         | 2000          |
|            | Fz       | N   | 2000                                       | 3200         | 4000          |
|            | Mx、My、Mz | Nm  | 60                                         | 60           | 120           |
| 定格荷重       | Fx、Fy    | N   | 0.5                                        | 0.5          | 0.5           |
|            | Fz       | N   | 0.8                                        | 0.8          | 0.8           |
|            | Mx、My、Mz | Nm  | 0.021                                      | 0.05         | 0.05          |
| 精度         |          | %FS | 0.3                                        | 0.3          | 0.3           |
| 過負荷定格      |          | -   | 5 倍                                        | 5 倍          | 5 倍           |
| サンプリング周波数  |          | Hz  | 1000                                       | 1000         | 1000          |
| 通信インターフェース |          | -   | EtherCAT / RS485 / CAN / CANFD / Ethernet  |              |               |
| 保護等級       |          | -   | IP64 / IP65                                |              |               |
| 電源         |          | V   | DC 24-60V                                  |              |               |
| 消費電力       |          | W   | ≤ 2                                        | ≤ 2          | ≤ 2           |
| 繰返し性       |          | %FS | 0.1                                        | 0.1          | 0.1           |
| 総合精度*)     |          | %FS | 0.2                                        | 0.2          | 0.2           |
| 外形寸法       |          | mm  | Φ77×H14                                    | Φ77×H14      | Φ77×H14       |
| 質量         |          | g   | 250                                        | 250          | 250           |
| 動作温度       |          | °C  | 0 ~ 60                                     |              |               |
| 保存条件       |          | -   | 温度条件: -20 ~ 85 °C<br>相対湿度: <95 % RH、結露なきこと |              |               |
| 材質         |          | -   | 高強度ステンレス鋼                                  |              |               |

\* 注: 総合精度には以下の影響因子を含みます  
ヒステリシス、リニアリティ、クロストーク、ゼロ点ドリフトなど。

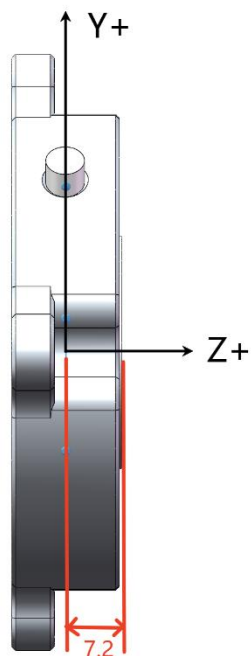


図 2.4 LA77 シリーズの重心位置

### 3. 据付

#### 3.1 開梱検査

- 開梱前に、外装に破損、水濡れ、変形がないか、完全な状態かを確認してください。
- 開梱後、まず荷札と内容物を照合し、下記と一致することを確認するとともに、輸送中に破損がないか点検し、銘板と製品を照合して、型式・仕様・パラメータがご注文内容と一致することを確認してください。

❖ 【同梱物\*】：① センサ本体 ② センサ用信号収録ボード ③ センサ通信ケーブル

\*注：一部の型式（カスタム版を含むがこれに限らない）には、追加回路基板、通信ケーブル、アダプタフランジなどのオプション付属品が同梱されます。

- センサの外観を点検してください：打痕、変形、腐食がないこと；ねじ山が完好であること；ケーブルに損傷がないこと；コネクタに緩みがないこと。
- 不足、破損、相違を発見した場合は、直ちに当社にご連絡ください。破損した装置の使用は固く禁止します。

## 3.2 据付レイアウト

### 3.2.1 機械的据付レイアウト



図 3.1 センサの機械的据付模式図

LA77 シリーズ 6 軸力・トルクセンサは主に人型ロボットの足首に用いられ、取付位置は図 3.1 の通りです。ロボット先端の機械構造インターフェースの要求に応じて、センサ接続用のアダプタフランジをオプションまたは特注で追加できます。据付時（標準据付の場合。インターフェースの要求により逆向き据付となる場合は説明が逆になります）、センサのツール側はロボットの足部に、固定側はロボットの脚部に接続します。センサの計測座標系は図 3.2 の通りです。センサのツール側取付面は、重心から Z 方向に 7.2 mm の位置にあります。

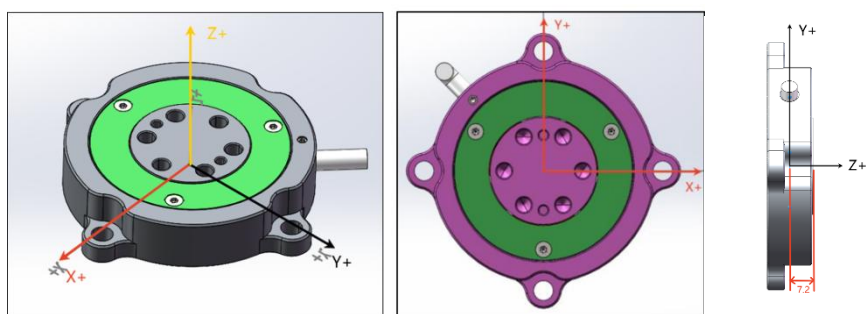


図 3.2 LA77 シリーズセンサの計測座標系

### 3.2.2 ケーブル配索計画

センサを据付ける前に、ケーブルの配索経路とケーブルの動きを適切に計画することは、データ通信の信頼性向上に資するとともに、ケーブルとコネクタの寿命を延ばします。

センサケーブルの配索経路と曲げ半径は、実際のアプリケーションに応じて決定する必要があります。一般に 2 つの使用条件があります：

**静的条件：**静的な据付においては、ケーブルは剛に固定され、単純な受力和形状拘束のみを受けます。

**動的条件：**動的なアプリケーションにおいては、ケーブルは外力による引き回しを受けて絶えず往復運動します。牽引による引張・ねじり荷重を受け続けるだけでなく、固定構造により圧迫されて多次元の複合変形を生じ、ケーブル外部の機械的損傷や内部絶縁層の損傷などを引き起こし、装置の長期安定運用に対する安全上の隐患となります。

したがって、センサの据付前には、実際の使用条件を総合的に考慮し、適切なケーブル配索計画を立てることが不可欠です。



注意：コネクタの出力ケーブルを繰り返し運動する機構部品に直接接続しないでください。ケーブルがコネクタを繰り返し引っ張ることになります。実際の運用では、コネクタ近くに追加の拘束／固定点を設け、機構部品の繰り返し運動をケーブルコネクタから絶縁してください。



注意：ケーブルは機構間の繰り返し運動に耐えて破損しない必要があります。ケーブル（特にセンサコネクタに接続されるもの）は適切に配索・拘

束し、繰り返し応力や急激な曲げによる断線を回避してください。不適切な配索は、重要回路の機能不全、人身傷害、または装置の損傷を招くおそれがあります。ケーブル配索の不備によるセンサの損傷は保証を無効にします。アプリケーション環境によりケーブルの摩耗が生じる場合は、柔らかいケーブル保護スリーブを使用してください。



注意：配索時、ケーブルの曲げ半径は下表に規定する最小曲げ半径以上としてください。曲げ半径が过小であると、ロボットの繰り返し運動によりケーブルが疲労破断します。



注意：センサがサポートする最大通信ケーブル長は **30 m** です。

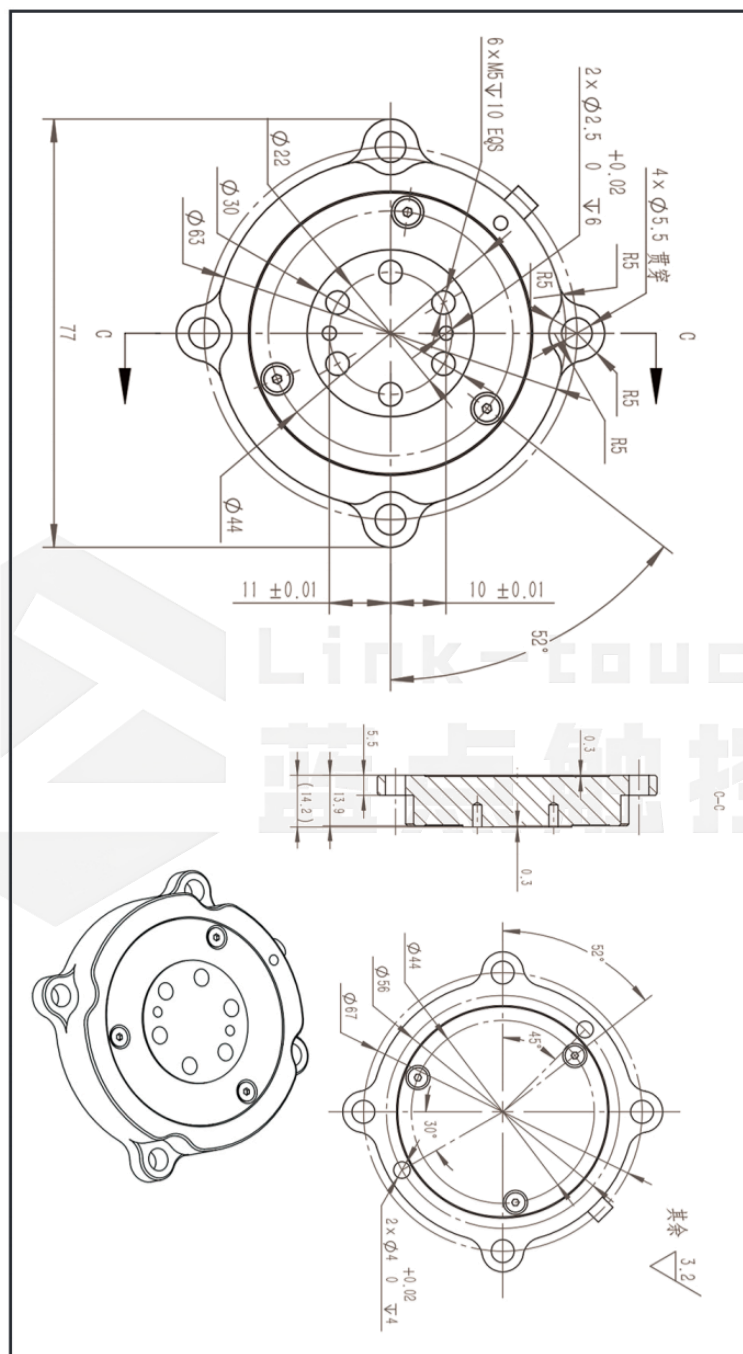


注意：温度はケーブルの柔軟性に影響します。低温で配索する場合は、ケーブルの最小動的曲げ半径を適切に大きくすることを推奨します。



注意：ケーブルを締め付けすぎないでください。ケーブル内部の導線を損傷するおそれがあります。センサインターフェース部のケーブルは、機構の全可動範囲にわたって応力、張力、より、切断、その他の損傷を受けない状態を維持してください。アプリケーションによりケーブル摩耗が生じる場合は、柔らかい保護スリーブでケーブル外被を覆ってください。

### 3.3 取付寸法



### 図 3.3 LA77 シリーズ“センサ”の取付寸法図

### 3.4 センサの据付

- 取付位置決め：図 3.3 を参照してください。
- 締結具仕様（ユーザー手配またはオプション）：M5 ねじ × 6、M5 ボルト × 4、Φ4 位置決めピン × 2、Φ2.5 位置決めピン × 2

備考：

- ◇ 六角穴付きボルト/ねじおよび六角レンチを推奨します。下記取付説明はデフォルトで六角穴付き締結具を使用する前提で記述しています；
- ◇ GB/T 70.1-2008 および GB/T 5356-2008 に準拠し、ねじ仕様と対応する六角レンチの対応関係を表 3.1 に示します：
  - ◇ 表 3.1 に示す通り：

表 3.1 ねじ呼び径と六角レンチ対辺寸法の対照表

| ねじ呼び径 | 六角レンチ対辺寸法 (mm) | ねじ呼び径 | 六角レンチ対辺寸法 (mm) |
|-------|----------------|-------|----------------|
| M1.6  | 1.5            | M7    | 6              |
| M2    | 2              | M8    | 6              |
| M2.5  | 2              | M9    | 7              |
| M3    | 2.5            | M10   | 8              |
| M4    | 3              | M12   | 10             |
| M5    | 4              | M14   | 12             |
| M6    | 5              | M16   | 14             |

- 追加要求：据付環境は清潔で整頓されていること。据付時にはロックタイト 242 をねじに塗布してください。
- 取付手順：
  - ① センサの取付面と機構の取付面が清浄で、汚染や異物がないことを確認します。
  - ② センサを取付面に安定して置き、取付面とセンサ取付面が完全に接触することを確認します。
  - ③ 固定側に位置決めピンを取り付けます：取付面の位置決めピン穴に合わせてまっすぐ挿入し、ゴムハンマーで叩き込んで所定の位置に収めます。位置決めピンが完全に着座し、緩みや傾きがないことを確認します。
  - ④ センサを位置決めピンに合わせてまっすぐスライド挿入します。取付面とセンサ取付面が完全に密着することを確認します。

⑤ 対応するサイズの六角レンチ（表 3.1 参照）を用い、締結具でセンサを固定側機構面に固定します（LA77 をロボット足首に取り付ける場合、固定側はロボット下腿となります）。取付位置は図 3.3 を参照してください。

**備考:**

- A. センサの据付は一般に固定側を先に、ツール側を後に行います。ただし特殊な場合（ユーザーが逆向き据付を要求する場合など）は順序が逆になることもあります。
- B. 締結ねじを締める際、1 本のねじを最初に完全に締めないでください。まず順番に各ねじを 3 mm 以上（通常 5 回転以上）ねじ込みます。回転中に突然軽い焼き付きや抵抗を感じたら、直ちにそのねじを回すのを止め、次のねじを回してください。その後で規定トルクまで締め付けます。
- C. センサを高振動環境で使用する場合は、ねじロック剤を塗布して補強できます。

⑥ 固定側の取付完了後、センサのツール側をユーザー定義ツールに接続・取付します。まず位置決めピンを取り付けます（該当しない場合はこの手順を省略）。

⑦ ツール側位置決めピンの取付：位置決めピンをセンサの位置決めピン穴に合わせてまっすぐ挿入し、ゴムハンマーで叩き込んで所定の位置に収めます。位置決めピンが完全に着座し、緩みや傾きがないことを確認します。

⑧ アダプタフランジを位置決めピンに合わせてまっすぐスライド挿入します。取付面とセンサ取付面が完全に密着することを確認します。

⑨ 対応するサイズの六角レンチ（表 3.1 参照）を用い、締結具でユーザー定義ツールをセンサのユーザー端に固定します。具体的な取付要求は上記と同様のため、ここでは繰り返しません。

⑩ 選択した型式と構成に応じて、センサ出力ケーブルをデータ収録ボード側またはユーザー側に接続します。データ収録ボードの取付説明は「3.5.1 センサ用データ収録ボードの取付」を参照してください。

取付完了後、センサの精度を校正します。校正合格後に正規使用可能となります。

表 3.2 メートル並六角穴付きボルトの標準締付トルク参考表

| ねじ呼び<br>径 | 4.8 級炭素<br>鋼    | 6.8 級炭素<br>鋼    | 8.8 級炭素<br>鋼    | 10.9 級炭素<br>鋼 | 12.9 級炭素<br>鋼 | A2-70 ステンレス<br>鋼 | A4-70 ステンレス<br>鋼 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|------------------|------------------|
| M1.6      | 0.2–0.3         | 0.3–0.4         | 0.4–0.5         | 0.5–0.7       | 0.6–0.8       | 0.3–0.4          | 0.3–0.4          |
| M2        | 0.4–0.6         | 0.6–0.8         | 0.8–1.0         | 1.0–1.4       | 1.2–1.6       | 0.6–0.8          | 0.6–0.8          |
| M2.5      | 0.7–1.0         | 1.0–1.4         | 1.4–1.8         | 1.8–2.5       | 2.2–2.9       | 1.2–1.5          | 1.2–1.5          |
| M3        | 1.2–1.6         | 1.6–2.1         | 2.1–2.8         | 2.8–3.9       | 3.4–4.6       | 1.8–2.3          | 1.8–2.3          |
| M4        | 3.5–4.5         | 4.5–6.0         | 4.8–6.0         | 6.0–8.4       | 7.2–9.8       | 4.1–5.1          | 4.1–5.1          |
| M5        | 5.0–7.0         | 7.5–9.5         | 9.5–12.0        | 12.0–16.8     | 14.4–19.6     | 8.1–10.2         | 8.1–10.2         |
| M6        | 8.0–11.0        | 11.0–15.0       | 15.0–19.0       | 19.0–26.6     | 22.8–31.4     | 12.8–16.2        | 12.8–16.2        |
| M8        | 20.0–26.0       | 26.0–35.0       | 35.0–45.0       | 45.0–63.0     | 54.0–75.6     | 29.8–37.8        | 29.8–37.8        |
| M10       | 38.0–50.0       | 50.0–67.0       | 67.0–87.0       | 87.0–122.0    | 104.0–146.0   | 57.8–73.4        | 57.8–73.4        |
| M12       | 75.0–98.0       | 98.0–131.0      | 110.0–<br>138.0 | 138.0–193.0   | 166.0–232.0   | 94.0–119.0       | 94.0–119.0       |
| M14       | 120.0–<br>156.0 | 156.0–<br>208.0 | 208.0–<br>268.0 | 268.0–375.0   | 322.0–450.0   | 178.0–226.0      | 178.0–226.0      |
| M16       | 180.0–<br>234.0 | 234.0–<br>312.0 | 312.0–<br>403.0 | 403.0–564.0   | 484.0–677.0   | 266.0–338.0      | 266.0–338.0      |

**備考:**

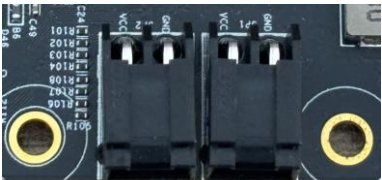
- 上表は GB/T 70.1 および ISO 4762 に準拠し、単位は N・m です。トルク値は推奨範囲であり、実際の使用条件に応じて調整してください。
- 表中の数値は一般参考値です。実際の締付トルクは摩擦係数（潤滑 / 非潤滑）、ねじ精度、表面処理などの影響を受けます。非潤滑条件では 10～20 % 程度高めに、潤滑条件では 10～20 % 程度低めに調整してください。
- 強度特性により、ステンレス鋼ねじ（A2-70、A4-70）のトルクは同呼び径の炭素鋼ねじよりやや低くなります。
- 重要な構造や高強度用途では、設計要求または計算によりトルクを決定し、トルクレンチを使用して作業することを推奨します。

## 3.5 電氣的据付

### 3.5.1 センサ用データ収録ボードの取付

センサ用データ収録ボードは締結具により機構面に取り付けることができます。取付後、確実に固定されていることを確認してください。収録ボードの配線方法は通信プロトコルの要求により異なる場合がありますが、全体の配線レイアウトはほぼ共通です。図 3.4 を参照してください（UDP プロトコルを使用する回路基板を例に示します。回路基板により電子部品の配置は異なる場合がありますが、ケーブル接続インターフェースの全体レイアウトは共通です）。

現在、すべての LA77 シリーズセンサは規定仕様の専用通信ケーブルでデータ収録ボードに接続します。収録ボードは 24～60 VDC の二重電源給電設計を採用し、統一仕様の電源ケーブルを使用します。ただし通信プロトコルごとに上位機接続ケーブルの仕様が異なります。具体的な仕様は次の各節を参照してください。

| 名称      | メスレセプタクル                                                                                                  | ケーブル長 (mm) |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 本体接続    | Molex 501189-0281<br> | 標準 500     |
| 収録ボード電源 | DF63M-2P-3.96DS<br>   | 標準 500     |



**注意：**配線は電源を遮断して行ってください。配線前にセンサ、上位機（PLC／計器）、電源がすべて非通電であることを確認してください。



**注意：**電源を配線する際は、作業電源の正極と負極が正しく接続されていることを確認してください。逆接続は固く禁止します。深刻な場合、センサを直接損傷させるおそれがあります。

通信インターフェース（プロトコルによって異なります）

電源供給

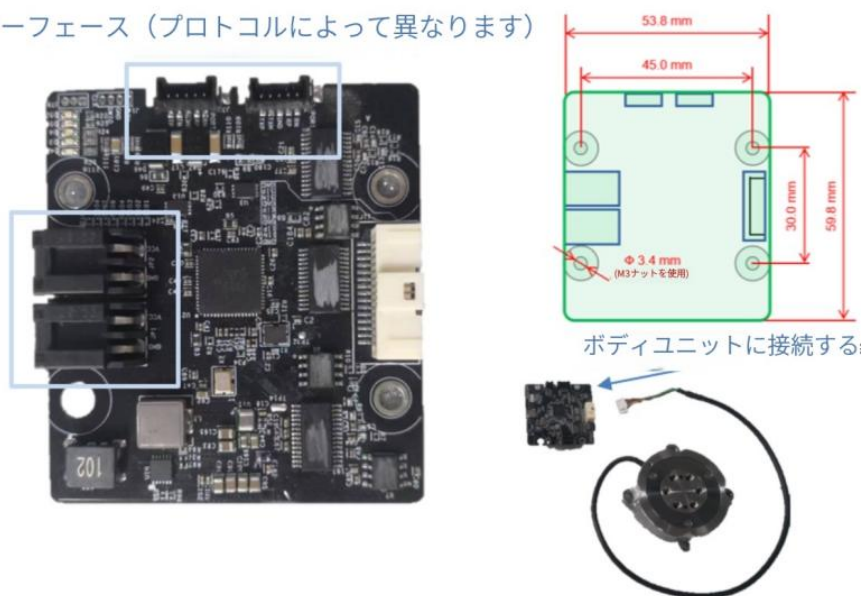
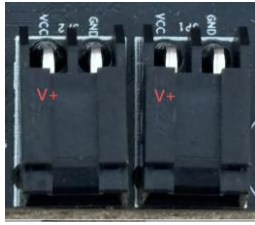


図 3.4 各通信プロトコルにおける収録ボード配線模式図

### 3.5.2 EtherCAT プロトコル ケーブル仕様

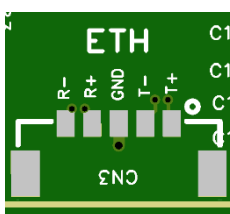
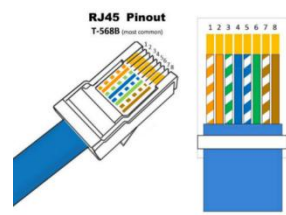


❖ 電源ケーブル（左）：

| ピン | 定義  | 色 | 説明                                                                                                |
|----|-----|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | VCC | 赤 | 二重電源並列給電<br> |
| 2  | GND | 黒 |                                                                                                   |

\* 標準 500 mm

❖ 通信ケーブル（右）：

| ピン | 定義   | 説明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | TXP  | <p>EtherCAT_IN と EtherCAT_OUT は同一</p>    <p>RJ45 Pinout<br/>T-568B (recommended)</p> <p>Pin order and Color</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 White-Orange</li> <li>2 Orange</li> <li>3 White-Green</li> <li>4 Blue</li> <li>5 White-Blue</li> <li>6 Green</li> <li>7 White-Brown</li> <li>8 Brown</li> </ul> |
| 2  | TXN  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 3  | DGND |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 4  | RXP  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5  | RXN  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

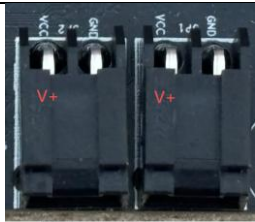
\* Molex 505565-0501 コネクタ → RJ45、標準 500 mm

### 3.5.3 CAN/CANFD プロトコル ケーブル仕様



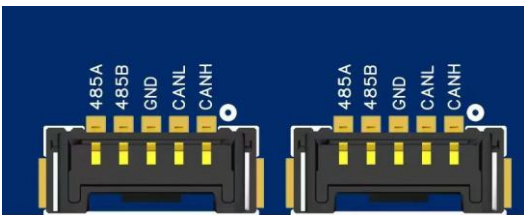
❖ 電源ケーブル（左）：

| ピン | 定義  | 色 | 説明       |
|----|-----|---|----------|
| 1  | VCC | 赤 | 二重電源並列給電 |

|   |     |   |                                                                                     |
|---|-----|---|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | GND | 黒 |  |
|---|-----|---|-------------------------------------------------------------------------------------|

\* 標準 500 mm

❖ 通信ケーブル（右）：

| ピン | 定義   | 色 | 説明                                                                                                      |
|----|------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 485A | 赤 | <p>2つのシリアルポートは同一</p>  |
| 2  | 485B | 白 |                                                                                                         |
| 3  | GND  | 黄 |                                                                                                         |
| 4  | CANL | 緑 |                                                                                                         |
| 5  | CANH | 黒 |                                                                                                         |

\* 裸線 → 505565-0501 コネクタ、500 mm

### 3.6 センサの取外し

- 工具要求：取付締結具の仕様を参照し、対応するサイズの六角レンチを選定してください（表 3.1 参照）。
- 取外し手順：
  - ① すべての電源を遮断し、センサが無通電であることを確認します。
  - ② センサ出力ケーブルをデータ収録ボード（ユーザー端）から切り離します。
  - ③ ユーザー定義ツール（例：ロボット足部）をセンサのツール側から取り外します。
  - ④ 手でセンサを支えながら、六角レンチで固定側のボルト/ねじを緩め、センサを取り外します。

注意：複数の締結ねじをねじ穴から外す際、1本のねじを最初に完全に抜かないでください。ま

ず順番に各ねじを 3 mm 以上（通常 5 回転以上）緩めます。回転中に突然軽い焼き付きや抵抗を感じたら、直ちにそのねじを回すのを止め、次のねじを回してください。すべてのねじを完全に取り外すのはその後です。

### 3.7 精度検証

センサの初回据付後および定期保守後には、センサの精度を点検してください。  
手順は以下の通りです：

① センサを水平な台の上に置き、無負荷状態でセンサに通電し、無負荷出力を測定します； $F_{z0}$

② 次に、質量  $m$  の標準分銅（標準荷重）をセンサの上に載せます。分銅の幾何中心とセンサの幾何中心が Z 軸方向にできるだけ一致するようにしてください。このときのセンサ出力を読み取ります； $F_{z1}$

③ 次式によりセンサの誤差を計算します： $\delta$

$$\delta = \frac{F_{z1} - F_{z0} - mg}{mg} \times 100\%$$

④ 誤差が 1 % 未満の場合、簡易点検上はセンサ精度が要求を満たし、センサに故障がないものとみなせます。 $\delta$

## 4. 通信プロトコル

### 4.1 EtherCAT 通信

#### 4.1.1 プロトコル概要

本 6 軸力・トルクセンサは、システムバスの通信プロトコルとして EtherCAT（Ethernet for Control Automation Technology）を採用しています。EtherCAT はイーサネットベースのリアルタイム産業用フィールドバスであり、同期精度が高くジッタが小さいという特長を持ち、ロボットの多軸協調運動制御に適しています。

#### 4.1.2 基本プロトコルパラメータ

| パラメータ     | 仕様                                                           |
|-----------|--------------------------------------------------------------|
| プロトコル規格   | IEC 61158 Type 12, IEC 61784-2                               |
| 物理層       | デフォルト 100BASE-TX（全二重）<br>T1 インターフェース（100BASE-T1）は必要に応じる      |
| トポロジー     | ライン、ツリー、スター                                                  |
| 周期        | 1 ms（デフォルト）                                                  |
| 同期        | 分散クロック（DC）                                                   |
| スレーブプロトコル | CoE（CANopen over EtherCAT）<br>SoE（Servo Drive over EtherCAT） |

#### 4.1.3 スレーブ構成

ロボットコントローラが EtherCAT マスタとなり、センサおよび各関節サーボドライバがスレーブとして、EtherCAT ネットワークによりダイジーチェーン接続されます。各スレーブには ESC（EtherCAT スレーブコントローラ）および SII EEPROM（スレーブ情報インターフェース）が搭載され、機器記述および設定データを格納します。

#### 4.1.4 通信メカニズム

##### プロセスデータ（PDO）

PDO マッピングはスレーブの機器記述ファイル（XML/ESI）で定義されます。RxPDO はマスタからの制御コマンド伝送に、TxPDO はスレーブからのリアルタイム状態データのアップロードに使用されます。

| タイプ   | 方向          | 機能（ロボット例）                |
|-------|-------------|--------------------------|
| RxPDO | マスター → スレーブ | 制御ワード、目標位置、目標速度          |
| TxPDO | スレーブ → マスター | 状態ワード、実位置、実速度、トルクフィードバック |

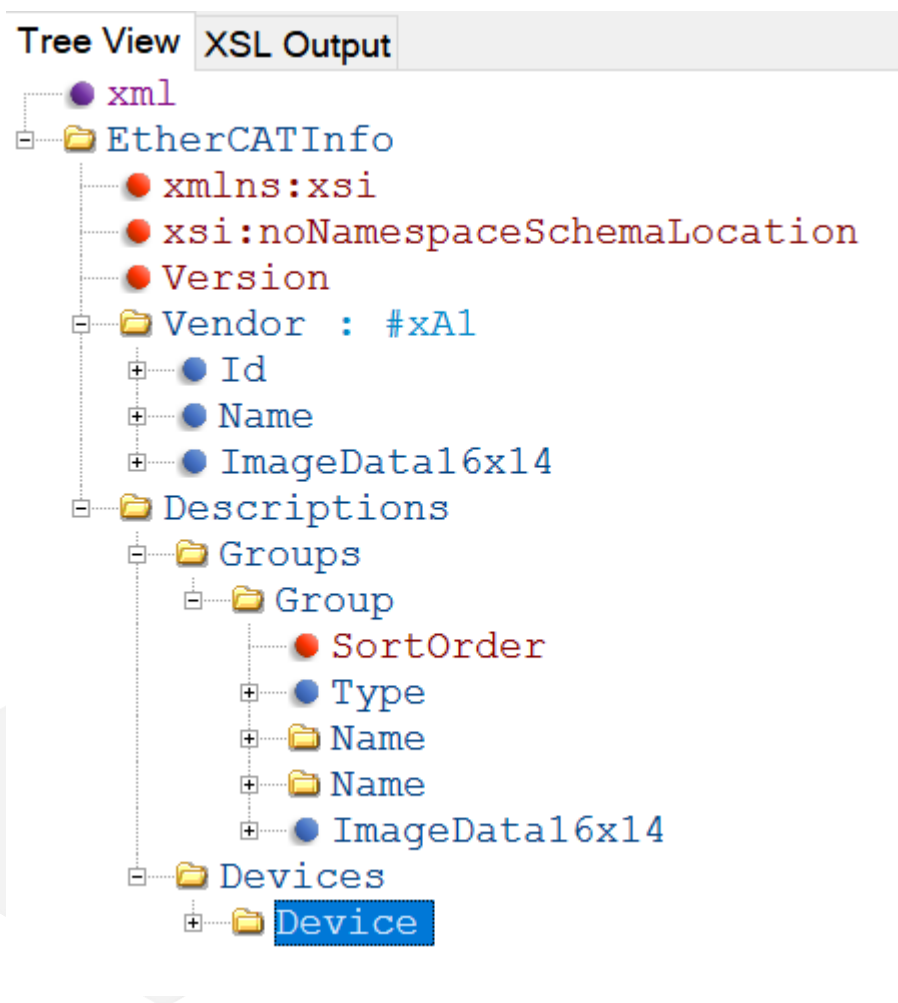
#### メールボックス通信

メールボックス通信は非周期データ伝送を用い、主にスレーブのパラメータ読出・書込および設定に使用され、プロセスデータ帯域を消費しません。

| プロトコル | 用途                                    |
|-------|---------------------------------------|
| CoE   | オブジェクトディクショナリアクセス、パラメータ設定、PDO マッピング設定 |
| SoE   | サーボドライバパラメータアクセス（オプション）               |
| FoE   | ファームウェア更新（オプション）                      |

#### 4.1.5 機器記述ファイル

各 EtherCAT スレーブには XML ベースの機器記述ファイル（ESI）が必要です。センサの当該ファイルには、ベンダ情報、機器名とバージョン、サポートするプロトコル種別、オブジェクトディクショナリ、PDO マッピング、および SyncManager 設定が含まれます。



|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| Devices            |                          |
| Device             |                          |
| Physics            | YY                       |
| Type               |                          |
| Name               |                          |
| LcId               | 1033                     |
| #text              | P140000100-2.0.0.0-ECXML |
| Name               |                          |
| Info               |                          |
| GroupType          | Microchip PIC32 Slaves   |
| Profile            |                          |
| Fmmu               | Outputs                  |
| Fmmu               | Inputs                   |
| Fmmu               | MBoxState                |
| Sm                 |                          |
| Sm                 |                          |
| Sm                 |                          |
| Sm                 |                          |
| RxPdo : RXPDO 1    |                          |
| TxPdo : TXPDO 1    |                          |
| Mandatory          | true                     |
| Fixed              | true                     |
| Sm                 | 3                        |
| Index              | #x1A00                   |
| Name               | TXPDO 1                  |
| Entry : Fx         |                          |
| Entry : Fy         |                          |
| Entry : Fz         |                          |
| Entry : Mx         |                          |
| Entry : My         |                          |
| Entry : Mz         |                          |
| Entry : StatusCode |                          |

図 4.16 軸力覚センサの XML ベース記述ファイル

|             |                          |
|-------------|--------------------------|
| Devices     |                          |
| Device      |                          |
| Physics     | YY                       |
| Type        |                          |
| ProductCode | #x00009252               |
| RevisionNo  | #x1                      |
| #text       | P140000100-2.0.0.0-ECXML |



図 4.2 Product ID の違い

注: ESI ファイルにより Product ID が異なる場合があります。必要に応じてエンジニアにご確認ください。

#### 4.1.6 アプリケーション層プロトコル

| TxPDO  |          |        |          |       |                                                              |
|--------|----------|--------|----------|-------|--------------------------------------------------------------|
| インデックス | サブインデックス | マッピング  | 名称       | タイプ   | 説明                                                           |
| 0x1A00 | 0x01     | 0x4000 | Fx       | DINT  | X 方向の力; 10000 は 1 N に相当                                      |
|        | 0x02     | 0x4001 | Fy       | DINT  | Y 方向の力; 10000 は 1 N に相当                                      |
|        | 0x03     | 0x4002 | Fz       | DINT  | Z 方向の力; 10000 は 1 N に相当                                      |
|        | 0x04     | 0x4003 | Mx       | DINT  | トルク Mx; 10000 は 1 N・m に相当                                    |
|        | 0x05     | 0x4004 | My       | DINT  | トルク My; 10000 は 1 N・m に相当                                    |
|        | 0x06     | 0x4005 | Mz       | DINT  | トルク Mz; 10000 は 1 N・m に相当                                    |
|        | 0x08     | 0x4007 | サンプルカウンタ | UDINT | 稼働時間; 1 は 1 ms に相当。この値を用いて、現在受信したデータが前回受信データと同一フレームかどうかを判定可能 |
|        | 0x09     | 0x4008 | Temper   | DINT  | 温度; 10 は 1 °C に相当                                            |

| RxPDO  |          |        |       |      |                            |
|--------|----------|--------|-------|------|----------------------------|
| インデックス | サブインデックス | マッピング  | 名称    | タイプ  | 説明                         |
| 0x1600 | 0x01     | 0x2000 | 制御ワード | DINT | bit 0 の立ち上がりエッジでセンサデータをクリア |

## 4.2 CAN/CANFD 通信

### 4.2.1 CAN 通信プロトコル

#### 設定情報

本プロトコルは CAN バスに基づく通信仕様を定義し、スタンダードフレーム（11 ビ

ット ID) 形式をサポートします。データ伝送はビッグエンディアン (上位バイト先頭) を使用します。デフォルトの通信パラメータは以下の通りです:

| パラメータ   | デフォルト値 | 説明                 |
|---------|--------|--------------------|
| 上位機 ID  | 0x10   | ファームウェアのデフォルト受信識別子 |
| ローカル ID | 0x15   | ファームウェアのデフォルト送信識別子 |
| ボーレート   | 1Mbps  |                    |

## プロトコル内容

プロトコルフレームフォーマットは以下の通り定義されます:

### ① [スタートフレーム]

- 用途: 通信フレーム間隔の設定;
- データフォーマット:

| バイト位置 | データ     | 説明      |
|-------|---------|---------|
| 0     | 0x8A    | コマンドヘッダ |
| 1-2   | msH msL | 間隔 (ms) |

#### ➤ 説明:

- ❖ 間隔設定範囲: 1 - 255 ms
- ❖ msH msL: 2 バイトの符号なし整数で、フレーム間隔 (ms) を示します
- ❖ バイト順: 上位バイト先頭 (ビッグエンディアン)
- ❖ 例 1: 00H 01H は 1 ms 間隔 (1000 Hz) を示します
- ❖ 例 2: 00H 00H はアップロード停止を示します

### ② [デフォルト ID 復帰コマンド]

- 用途: ファームウェア ID をデフォルト値 (0x15) に復帰;
- 送信 ID: 0x000
- データフォーマット:

| バイト位置 | データ            | 説明        |
|-------|----------------|-----------|
| 0-2   | 0xDE 0xDE 0xDE | コマンドヘッダ   |
| 3-4   | 0x0D 0x0A      | コマンド終端コード |

### ③ [新規 ID 設定コマンド]

- 用途: ファームウェアの新規送受信 ID を設定;

- 送信 ID: 元の ID;
- データフォーマット:

| バイト位置 | データ       | 説明                                            |
|-------|-----------|-----------------------------------------------|
| 0-1   | 0xDE 0xAA | コマンドヘッダ                                       |
| 2-3   | R0 R1     | 新ファームウェア受信 ID (ビッグエンディアン方式、R0 が最上位バイト)        |
| 4-5   | S0 S1     | 新ファームウェア送信 ID (ビッグエンディアン、S0 が最上位バイト)。これは開始 ID |
| 6-7   | 0x0D 0x0A | コマンド終端コード                                     |

#### ④ [データアップロードフレーム]

- 用途: 6 軸力覚センサデータをアップロード;
- データフォーマット: Fx、Fy、Fz、Mx、My、Mz。単精度浮動小数点を使用し、1 チャンネルは 4 バイト、3 フレームに分けて伝送され、異なる CAN ID で識別されます。

| CANID | 0-3B   | 4-7B   | フィールド説明                                   |
|-------|--------|--------|-------------------------------------------|
| 0x15  | Fx(N)  | Fy(N)  | float complies with the IEEE 754 standard |
| 0x16  | Fz(N)  | Mx(Nm) | float complies with the IEEE 754 standard |
| 0x17  | My(Nm) | Mz(Nm) | float complies with the IEEE 754 standard |

### 4.2.2 CANFD 通信プロトコル

#### 設定情報

本プロトコルは CAN FD (Flexible Data-rate) バスに基づく通信仕様を定義し、拡張フレーム (29-bit ID) 形式をサポートします。データはリトルエンディアン形式 (下位バイト先頭) で伝送されます。

| パラメータ           | デフォルト値     | 説明                 |
|-----------------|------------|--------------------|
| 上位機 ID          | 0x18000010 | ファームウェアのデフォルト受信識別子 |
| ローカル ID         | 0x18000015 | ファームウェアのデフォルト送信識別子 |
| アービトレーション部ボーレート | 1 Mbps     |                    |
| データ部ボーレート       | 5 Mbps     |                    |

## プロトコル内容

プロトコルフレームフォーマットは以下の通り定義されます:

### ① [スタートフレーム]

- 用途: 通信フレーム間隔の設定;
- データフォーマット:

| バイト位置 | データ     | 説明      |
|-------|---------|---------|
| 0     | 0x8A    | コマンドヘッダ |
| 1-2   | msH msL | 間隔 (ms) |

#### ➤ 説明:

- ❖ 間隔設定範囲: 1 - 255 ms
- ❖ msH msL: 2 バイトの符号なし整数で、フレーム間隔 (ms) を示します
- ❖ バイト順: 下位バイト先頭
- ❖ 例 1: 00H 01H は 1 ms 間隔 (1000 Hz) を示します
- ❖ 例 2: 00H 00H はアップロード停止を示します

### ② [デフォルト ID 復帰コマンド]

- 用途: ファームウェア側 ID をデフォルト値に復帰;
- 送信 ID: 現在の ID、または 0x1FFFFFFF (拡張 ID)、または 0x7FF (スタンダード ID)
- データフォーマット:

| バイト位置 | データ            | 説明             |
|-------|----------------|----------------|
| 0-2   | 0xDE 0xDE 0xDE | コマンドヘッダ        |
| 3     | 0x0D           | コマンド終端コード<br>1 |
| 4     | 0x0A           | コマンド終端コード<br>2 |

### ③ [新規 ID 設定コマンド]

- 用途: ファームウェアの新規送受信 ID を設定;
- 送信 ID: 現在の ID、または 0x1FFFFFFF (拡張 ID)、または 0x7FF (スタンダード ID)
- データフォーマット:

| バイトオフ<br>セット | データ | 説明 |
|--------------|-----|----|
|--------------|-----|----|

|     |             |                                       |
|-----|-------------|---------------------------------------|
| 0   | 0xDE        | コマンドヘッダ                               |
| 1   | 0xAA        | ID 設定コマンドコード                          |
| 2-5 | R0 R1 R2 R3 | 新ファームウェア側受信 ID (リトルエンディアン、R3 が最上位バイト) |
| 6-9 | S0 S1 S2 S3 | 新ファームウェア側送信 ID (リトルエンディアン、S3 が最上位バイト) |
| 10  | 0x0D        | コマンド終端コード 1                           |
| 11  | 0x0A        | コマンド終端コード 2                           |

#### ④ [データアップロードフレーム]

- 用途: 6 軸力覚センサデータをアップロード;
- データフォーマット:

| バイトオフセット | データ型     | 説明                        | 単位 |
|----------|----------|---------------------------|----|
| 0-3      | float    | Fx (X 軸方向の力、リトルエンディアン)    | N  |
| 4-7      | float    | Fy (Y 軸方向の力、リトルエンディアン)    | N  |
| 8-11     | float    | Fz (Z 軸方向の力、リトルエンディアン)    | N  |
| 12-15    | float    | Mx (X 軸まわりのトルク、リトルエンディアン) | Nm |
| 16-19    | float    | My (Y 軸まわりのトルク、リトルエンディアン) | Nm |
| 20-23    | float    | Mz (Z 軸まわりのトルク、リトルエンディアン) | Nm |
| 24-27    | uint32_t | タイムスタンプ (チップ内部時間)         | ms |

## 5. 操作説明

### 5.1 使用環境の確認

開梱後、センサを使用する前に使用環境を確認してください。まず、使用条件がセンサ仕様の使用条件 (温度範囲: 0~60 °C; 相対湿度 < 95 % RH、結露なきこ

と)を満たすことを確認し、次にセンサの保護要求が実際の使用条件と整合することを確認します。

本製品の標準保護等級は IP64/IP65 です。センサの寿命と精度を保証するため、使用環境はセンサの保護等級と整合していなければなりません。整合しない場合、センサの破損または動作不良を招くおそれがあります。

また、周辺機器がセンサの正常動作に及ぼす影響を事前に考慮してください（例：磁気共鳴画像診断装置の強い磁場）。

注意：センサケーシングの損傷により、湿気や水が密閉されたセンサ内部に浸入するおそれがあります。ケーブル外被が良好な状態であることを点検・確認し、装置の損傷を防止してください。

注意：強い磁場や交番磁場はセンサ性能に干渉します。例えば磁気共鳴画像（MRI）装置が発生する電磁場などです。

## 5.2 電源投入とセルフテスト

- ① 最初に上位機 / 計器の電源を投入し、次にセンサの電源を投入します。センサは通電後に起動します；
- ② センサは起動後に自動的にセルフテストを行い、起動から内部状態が安定するまで数秒間は応答しません。センサにコマンドを送信する前に 5 秒以上待機してください；
- ③ センサがセルフテストを完了し正常であれば、上位機は機器の接続状態、型式、レンジ、ゼロ点などのパラメータを表示できます；
- ④ センサ起動直後は内部温度変化により出力が変動することがあります。センサ出力を安定させるため、10～30 分ウォームアップし、出力が安定してから運用を開始してください。

ご注意：

- ✧ 一部のセンサ型式には表示灯が搭載されています。表示灯の信号は次の表の通りです：

| 表示灯の種類       | 説明                            |
|--------------|-------------------------------|
| ネットワークリンク表示灯 | イーサネット通信ケーブル接続時は緑色に速く点滅、切断時は消 |

|                       |                                                                                                                                                                       |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (L/A)                 | 灯します。                                                                                                                                                                 |
| スレーブ状態表示灯<br>(Status) | <p>EtherCAT 通信の場合、スレーブが Init/Bootstrap 状態ではインジケータは消灯のまま；</p> <p>Pre-Op 状態では黄色で高速点滅；</p> <p>Safe-Op 状態では黄色で低速点滅；</p> <p>Op 状態では黄色で点灯；</p> <p>その他の通信ではインジケータは消灯のまま；</p> |
| センサ状態表示灯 (P/E)        | センサ正常動作時は黄緑色に点灯、センサ電源オフ時は消灯します。                                                                                                                                       |

### 5.3 一般操作説明

- 無負荷起動：センサが無負荷であることを確認し、上位機の計測ソフトを起動して、ゼロ点が正常であることを確認します；
- 荷重はゆっくりと：荷重は安定して負荷し、衝撃や急激な負荷は固く禁止します。上位機の力値表示をリアルタイムに観察し、データが安定し異常な変動がないことを確認します；
- データ記録：必要に応じて力データを記録し、リアルタイム表示、履歴保存、波形描画をサポートします；
- 除荷と電源遮断：計測終了後はゆっくり除荷し、力値がゼロに戻ってから、まずセンサの電源を切り、次に上位機の電源を切ります；
- 非常停止：過負荷、異音、異臭、異常データが発生した場合は、直ちに電源を遮断して装置と人員の安全を保護します。

## 6. 保守およびお手入れ

### 6.1 定期点検

システムケーブルを頻繁に移動させる必要のある産業用途では、ユーザーは定期的にケーブル外被の摩耗の兆候を点検してください。LA77 シリーズの保護等級は IP64（IP65）です。製品は高圧水直接噴射や水没を避け、センサ表面や内部に切粉・粉塵が堆積しないようにしてください。環境により汚染された場合は、イソプロピルアルコールでセンサ表面を清掃できます。センサを規定レンジ内で使用し、適切なトルク仕様で締結具を着脱すれば、センサ自体に摩耗は生じないはずです。

### 6.2 定期校正

学校や研究機関など高精度が要求されるアプリケーションでは、ユーザーは定期的にセンサを工場へ返送して校正を受ける必要があります。使用環境が厳しい分野では、製品精度を保証するため、当社は年 1 回以上の校正を推奨します。

### 6.3 長期保存時の保守

表 6.1 製品保存条件

| タイプ        | 条件パラメータ       |
|------------|---------------|
| 保存温度 (°C)  | -20~85        |
| 動作温度 (°C)  | -10~60        |
| 相対湿度       | < 95 %、結露なきこと |
| 輸送振動       | 5g            |
| 動作振動       | 2g            |
| 腐食性液体 / ガス | デフォルト: 保護なし   |

開梱後にセンサを取り外して長期保存する必要がある場合は、以下の手順に従ってください:

- 保存前処理: センサ表面を清掃して油汚れや埃を除去し、すべての荷重を除荷して外力が加わっていないことを確認し、通電を遮断してケーブルを取り外し、コネクタに保護キャップを装着します;
- 保存環境: 乾燥剤を同梱した元の包装箱に密封して保存します。保存環境温度は -20~85 °C の範囲とし、湿度は 95 % RH 以下とします。保存環境全体は乾燥・換

気・低温で、腐食性ガス、強電磁場、爆発性物質から遠ざけてください；

- 定期点検：3 か月ごとに点検し、製品に湿気、錆、変形がないことを確認します。乾燥剤が失効した場合は速やかに交換します；
- 再使用前の準備：長期保存後に再使用する際は、まず外観と配線を清掃・点検し、通電ウォームアップを行い、ゼロ点とレンジを再校正して、検証合格後に使用します。



## 7. トラブルシューティング

ユーザーの利便性のため、本章では製品に起こりうる故障、原因、および解決方法を示します。本マニュアルに記載のない故障や問題については、当社テクニカルサポートまでお電話ください（連絡先は「はじめに」を参照）。

センサの最も一般的な故障症状は、力またはトルクの読み値異常であり、多くは外部環境からの外乱による読み値の偏差や変動の異常によるものです。表 7.1 に示す通り、センサデータが不正確になる一般的な原因は以下の通りです：

表 7.1 センサの代表的な故障症状、原因および処置

| 故障症状       | 考えられる原因                                                                                                                                                                                        | 処置                                                                                                                                                                                                                             |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 出力信号なし     | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 電源未接続／電圧異常；</li> <li>❖ 配線誤り／コネクタ緩み／短絡；</li> <li>❖ センサ破損；</li> <li>❖ ホスト PC ポート異常</li> </ul>                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 電源を確認し、電圧が正常であることを確認；</li> <li>❖ 配線を確認し、コネクタを締め直す；</li> <li>❖ センサを交換；</li> <li>❖ ホスト PC ポートを確認し、ソフトを再起動</li> </ul>                                                                    |
| 信号ヒステリシス   | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 機械的カップリングまたはセンサ内部特性による；</li> </ul>                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 小範囲のヒステリシスは正常；</li> </ul>                                                                                                                                                             |
| ゼロ点ドリフト*   | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ ウォームアップ不足／ウォームアップ時間不足；</li> <li>❖ 偏心取付荷重／緩み；</li> <li>❖ 周囲温度の大きな変化；</li> <li>❖ ゼロ点校正無効；</li> <li>❖ センサが湿気の影響を受けている；</li> <li>❖ 機械的連成の小レンジ；</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 通電後 15～30 分ウォームアップ；</li> <li>❖ 偏心荷重がないよう再取付し、ボルトを締める；</li> <li>❖ 周囲温度を安定化；</li> <li>❖ ゼロ点を再校正；</li> <li>❖ センサを乾燥させる；重度の場合は交換；</li> <li>❖ ユーザープログラムによるフィルタリングまたは不感帯設定により対処；</li> </ul> |
| 計測誤差大      | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 未校正／校正無効；</li> <li>❖ 偏心荷重／横力；</li> <li>❖ 過負荷破損；</li> <li>❖ 強い干渉信号；</li> <li>❖ ケーブル損傷</li> </ul>                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ ゼロ点とレンジを再校正；</li> <li>❖ 偏心荷重を避けるよう取付を修正；</li> <li>❖ センサを交換；</li> <li>❖ 干渉源を調査し、接地とシールドを適正化；</li> <li>❖ ケーブルを交換</li> </ul>                                                             |
| ノイズまたはデータ変 | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 周囲の機械的振動；</li> </ul>                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ センサの DC 供給電圧が安定しているこ</li> </ul>                                                                                                                                                       |

| 故障症状                                           | 考えられる原因                                                                                                                                                              | 処置                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 動が大きい<br>(無負荷時に力・トルク値が 0.1 % FS 以上変動する場合は異常です) | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 床または取付面の不陸；</li> <li>❖ 取付の緩み；</li> <li>❖ 干渉信号の外乱；</li> <li>❖ 電源の不安定；</li> <li>❖ センサの経年劣化；</li> <li>❖ システム内部品の故障；</li> </ul> | <p>とを確認；必要に応じて安定化電源を交換；</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 防振パッドを設置して環境を安定化；</li> <li>❖ 接地とシールドを最適化し、干渉源から遠ざける；</li> <li>❖ 取付ボルトを締める；</li> <li>❖ センサを校正または交換</li> </ul> |
| 赤ランプ点灯                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 電源逆接続／過電圧；</li> <li>❖ 過負荷によるセンサ破損；</li> <li>❖ 内部回路故障；</li> <li>❖ 配線短絡；</li> </ul>                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 電源の極性と電圧を確認；</li> <li>❖ センサを交換；</li> <li>❖ 修理のため連絡；</li> <li>❖ 配線を確認し、短絡を除去；</li> </ul>                                                  |

ご注意：

- ❖ ゼロ点ドリフト：除荷または再負荷時に、データのゼロ点が安定せず増加または減少し続ける状態です。この場合、偏差コマンドを用いて解析するとゼロ点の変化が観察しやすくなります。これは温度変化または機械的カップリングによるドリフトである可能性が高いです。小範囲の機械的カップリングによるオフセットは非常に一般的で、ユーザープログラムによるフィルタリングや不感帯の設定により解消できます。

## 代表的な故障事例

### ① 電源ケーブルの逆接続

【事例】：お客様 A が製品—データ収録ボード—電源の接続を完了した後（図 7.1 参照）、製品に通電（48 VDC）したところ、データ収録ボードの電源 LED が点灯しないことに気づきました。



図 7.1 本事例の配線模式図

【分析】：点検の結果、故障はデータ収録ボードから出るリード線の誤配線によるものでした。配線を修正することで解決できます。配線を修正しても LED が点灯しない場合は、回路基板が損傷している可能性があります。その場合は当社までご連絡いただき、工場返送による検査をご手配ください。



## 改訂履歴

| 日付        | バージョン  | 変更内容                                                                                                                                                                 | 編集者 |
|-----------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2026/7/17 | V2.2   | 全面的に再編集                                                                                                                                                              | 邬宝峰 |
| 2026/7/20 | V2.3.0 | 1. 「3.8 センサ定格トルク」節を削除；<br>2. 「3.7 精度確認」を書き直し；<br>3. 5.4 節 Force Sensor Assistant 操作説明を削除；<br>4. 製品仕様表を校閲・修正；<br>5. 図 2.2 の図を修正；<br>6. 「センサツール側取付面から重心までの Z 方向距離」を追加； | 邬宝峰 |
| 2026/9/24 | V1.7.0 | 1. CANFD 通信プロトコルを追加し、RS485 カスタム通信プロトコルを統合；<br>2. 一連の誤りを修正。                                                                                                           | 萧安  |
|           |        |                                                                                                                                                                      |     |
|           |        |                                                                                                                                                                      |     |