

AksIM-2 オフアクシスロータリ アブソリュートエンコーダ



AksIM-2 は、省スペース性に優れた、高性能の非接触式オフアクシスロータリアブソリュートエンコーダです。中空リングスケール、真の絶対機能、高速動作といった特徴を備えており、さまざまな場面に最適です。

システムは、リードヘッドと軸方向に磁化したリングから構成します。

対応する通信プロトコルは、BiSS、非同期シリアル (UART)、SPI、PWM および SSI で、バイナリ分解能は最高 20bit/回転です。

動作温度範囲は-40°C~+105°Cです。衝撃および振動への高い耐性も備えています。

AksIM-2 には高性能な自己診断機能が内蔵されており、複数の内部パラメータが常時チェックされます。エラー、警告などのステータス信号はすべての通信プロトコルで使用でき、また内蔵 LED でも確認できます。

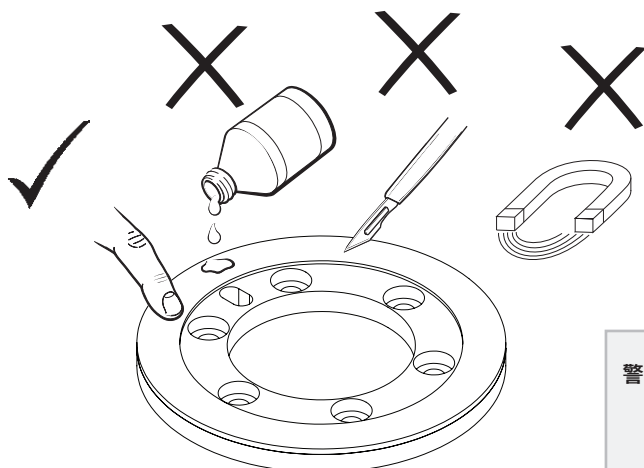
AksIM-2 は産業分野および医療分野での使用に適します。

使用例としては、リング内にケーブルを通したロボットアームの関節や、リングをメイントランスミッションシャフトに取り付けた高精度ギヤボックスがあります。

OEM での組み込み用のカスタム設計サービスにも、対応しています。

- 真の絶対システム
- 自社製磁気センサー ASIC
- 自己キャリブレーション機能
- ヒステリシスゼロ
- 最高分解能 20bit
- マルチターンカウンタを使用可能
- 高速動作
- 9kHz の帯域幅と 44kHz のリフレッシュレート
- 薄型、非接触式
- 自己診断機能内蔵
- ステータス LED 内蔵
- BiSS、非同期シリアル (UART)、SPI、PWM および SSI
- 耐腐食性磁気リング
- 最大圧 600bar

保管と取扱い



警告: 磁気リングの表面は、50mT を超える磁界にさらさないようにしてください。50mT を超える磁界は、リングを損傷する可能性があります。

化学物質耐性

化学物質	テストに使用した製品	リードヘッド	リングスケール	テスト内容
油圧オイル	Panolin Atlantis 15	-	×	60°Cで4週間 (ISO175)
	ISO VG 46 (SAE MS1004)	✓	×	60°Cで4週間 (ISO175) および 70°Cで4週間
	Castrol Hyspin AWS 32	-	× (25°Cでは✓)	65°C ×、25°C ✓
絶縁油	Nyro 10 XN	-	×	60°Cで4週間 (ISO175) および 70°Cで4週間
	MIDEL 7131	-	×	70°C
	Shell Diala S3 ZX-I	✓	×	70°Cおよび 85°C
モータオイル	SAE 15W-40	✓	✓	25°Cで4週間 (ISO175)
切削油	Rezilol SCM BCL	✓	✓	25°Cで4週間 (ISO175)
ブレーキ液	DOT-4	✓	✓	25°Cで4週間 (ISO175)
クーラント	Blasocut 2000 CF, 5%	-	✓	25°Cで4週間 (ISO175)
不凍液	Wolf VW G12 (100%)	×	✓	70°Cおよび 85°C
潤滑グリース	ISOFLEX TOPAS NB 52	✓	✓	25°Cで4週間 (ASTM D4289)
	HD Flexolub-A1 (ピンク)	✓	×	リードヘッド: 80°Cで1週間 (ASTM D4289)、 リング: 25°Cで数週間
	HD 4B No. 2 (黄)	✓	×	80°Cで1週間 (ASTM D4289)
	HD SK-2 (緑)	✓	×	80°Cで1週間 (ASTM D4289)
海水	Instant Ocean® Sea Salt, 3.5%	×**	✓	25°Cで4週間 (ISO175)
エタノール	工業用、≥95%	-	✓	25°Cで4週間 (ISO175)
イソプロピルアルコール	工業用、≥95%	○*	(短時間のクリーニングでは✓)	25°Cで12時間
アセトン	工業用、≥95%	×	×	25°Cで4週間 (ISO175)

✓ 耐性あり

× 耐性なし (弾塑性フェライトの膨らみ 0.5%超、接着部分の不具合、リードヘッドの不具合)

○ エンコーダの動作には影響ませんが、著しい影響あり

* (防塵防水の保護コーティングを施している場合は) 保護コーティングが損傷。それ以外の部品には影響なし

** むき出しの電子回路は、導電性の液体に接触しないようにしてください。

- テストせず

テストサンプルは、ISO 175:2010(E) および ASTM D4289 - 13 (2014) に準拠して、化学物質に浸漬しました。テストでは、リードヘッドの機能性だけでなく、CPE 弾塑性フェライト層の質量と厚みの変化についても注意して観察しました。金属製のハブは、腐食しませんでした。

AksIM-2 の寸法: エンコーダ選定表

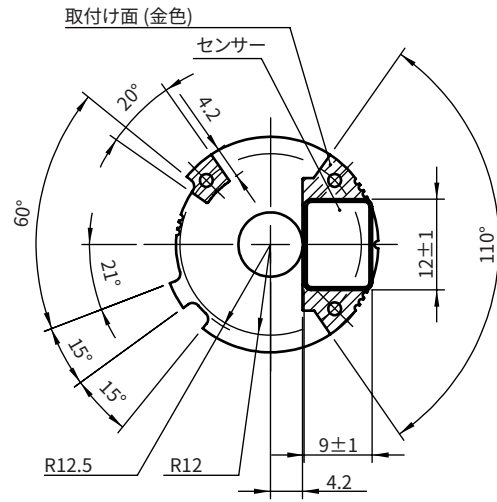
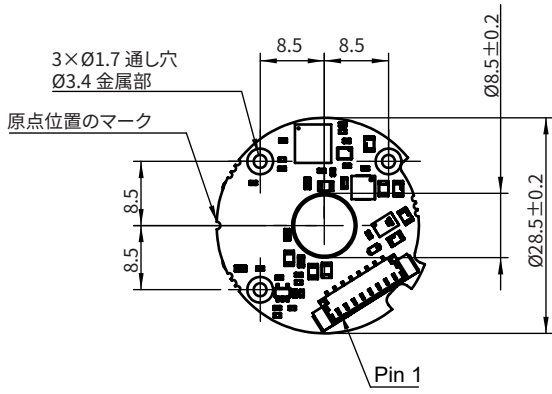
単位: mm

パーツ No.	リング					リードヘッド				最高分解能	システムの 厚さ (平均)	質量 (g)	ページ
	内径	固定通し穴	外径	厚さ	イナーシャ (kg×mm ²)	内径	固定通し穴	外径	円弧長				
MB022 リードヘッドと MRA022 リング													
MB022-G						8.5	24	28.5	360°	17bit		2.7	4
MRA022HP008DMN00	8	なし	21.5	5.4	0.36						12.4	7.0	5
MB029 リードヘッドと MRA029 リング													
MB029-F						14	35.4	38	360°	18bit		4.5	6
MRA029BC010DSE00	10	15	29	2.0	0.75						7.8	5.9	7
MRA029GP013DMN00	12.7	なし	29	7.0	1.0						12.8	9.0	
MB039 リードヘッドと MRA039 リング													
MB039-E						23	49	54	196°	19bit		4.8	8
MRA039BC020DSE00	20	25	39	2.0	2.3						7.8	9.2	9
MB049 リードヘッドと MRA049 リング													
MB049-D						34	54	59	190°	19bit		4.5	10
MB049-E						26	54	59	138°	19bit		4.2	11
MRA049BC025DSE00	25	31	49	2.0	5.5						7.8	15	12
MRA049AF025EMH00	25	31	49	3.9	13						9.7	32	
MRA049BG034DSN00	34	なし	49	2.0	4.8						7.8	11	
MB053 リードヘッドと MRA053 リング													
MB053-E						36	66	74	130°	20bit		5.3	13
MRA053BC030DSE00	30	36	53	2.0	7.4						7.8	16	14
MRA053BG040DSN00	40	なし	53	2.0	5.9						7.8	11	
MB064 リードヘッドと MRA064 リング													
MB064-D						48	69	74	140°	20bit		6.9	15
MRA064BC040DSE00	40	46	64	2.0	15						7.8	20	16
MB080 リードヘッドと MRA080 リング													
MB080-D						64.4	85	90	97°	20bit		4.0	17
MRA080BC055DSE00	55	61.5	80	2.0	32						7.8	26	18
MRA080AF055EMH00	55	61.5	80	3.9	74						9.7	64	
MRA080DF068DMH00	68	88	95	4.9	114						10.7	72	

寸法および取付け図

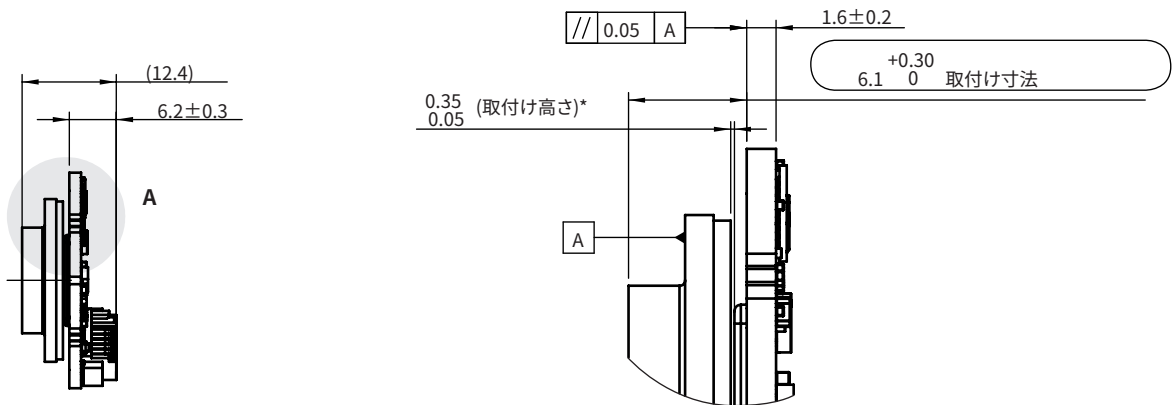
寸法と公差の単位: mm

MB022 リードヘッド



エンコーダアセンブリ

拡大図 A

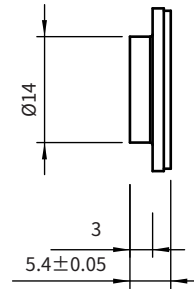
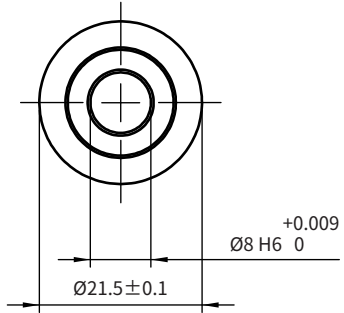


*注: 取付け高さは、出力にのるノイズに影響します。詳細については、20 ページを参照してください。

寸法および取付け図 (続き)

寸法と公差の単位: mm

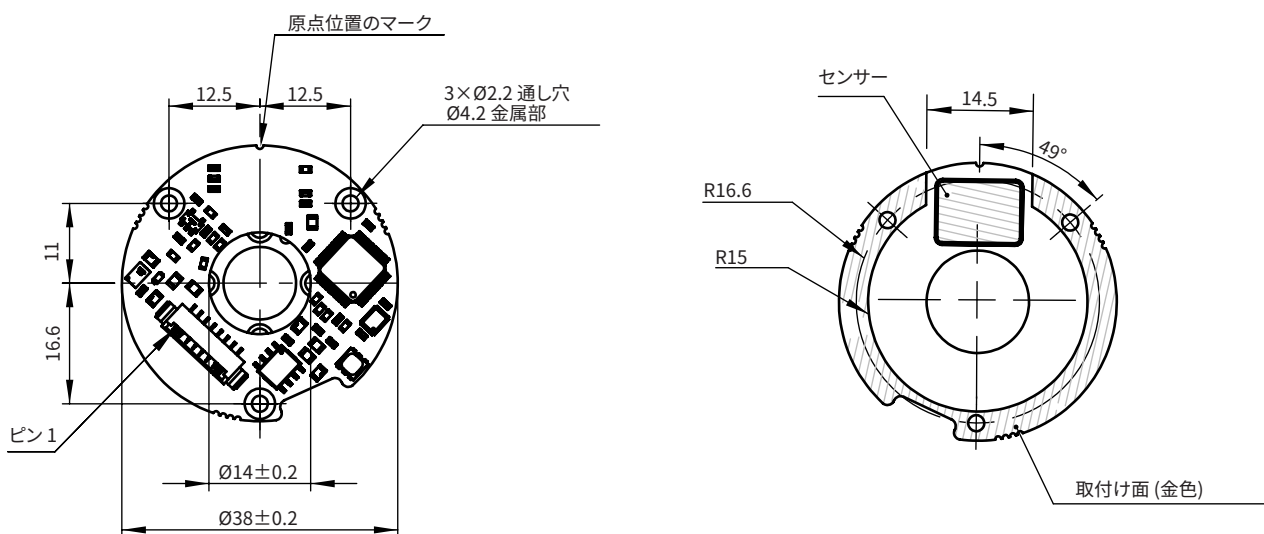
MRA022HP080DMN00 リング



寸法および取付け図 (続き)

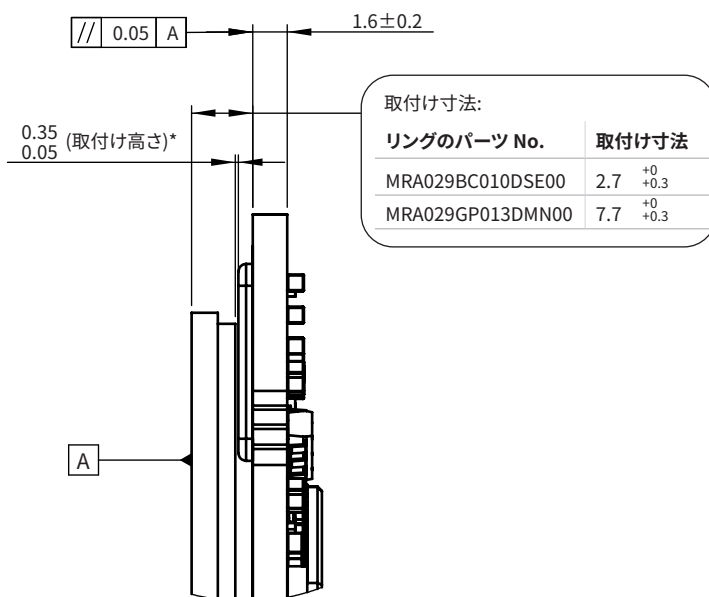
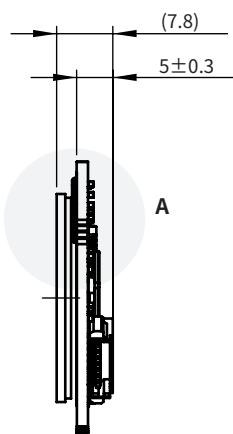
寸法と公差の単位: mm

MB029 リードヘッド



エンコーダアセンブリ

拡大図 A

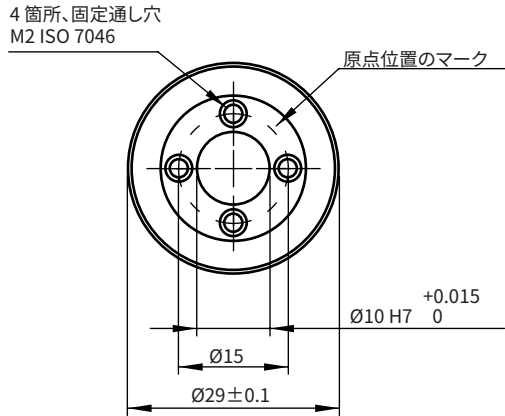


*注: 取付け高さは、出力にのるノイズに影響します。詳細については、20 ページを参照してください。

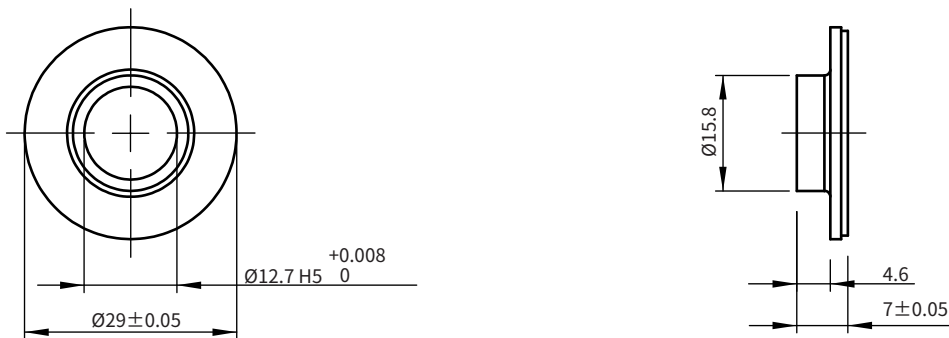
寸法および取付け図 (続き)

寸法と公差の単位: mm

MRA029BC010DSE00 リング



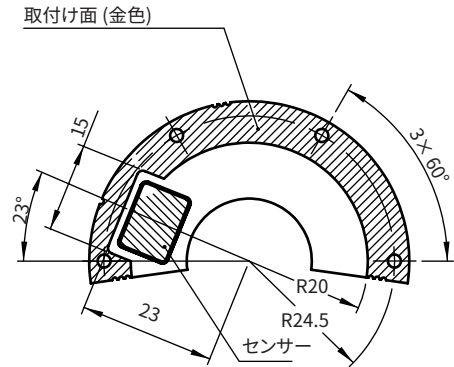
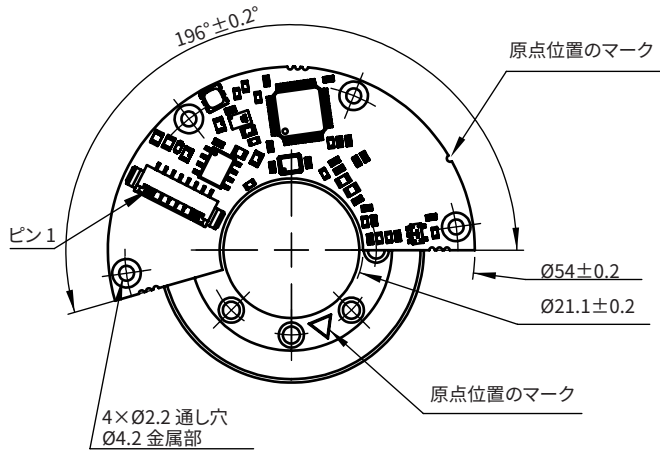
MRA029GP013DMN00 リング



寸法および取付け図 (続き)

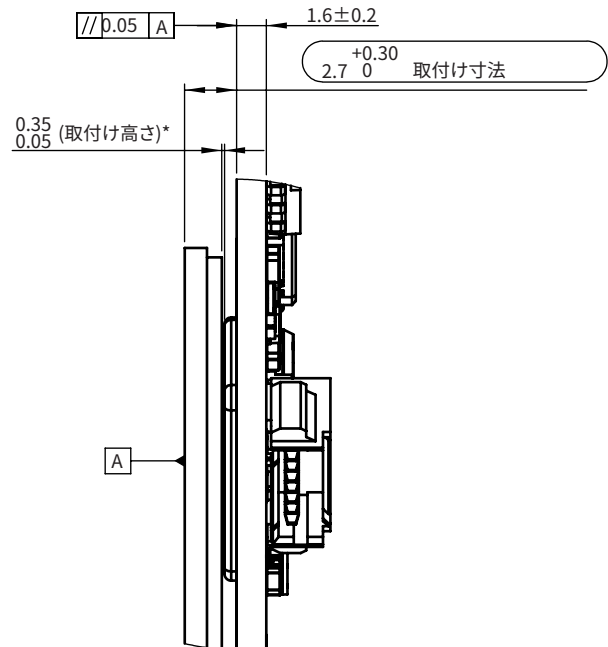
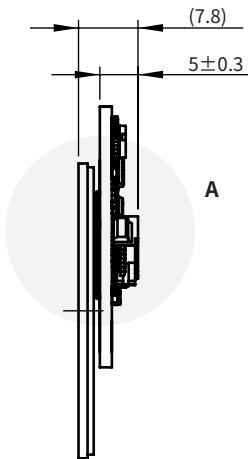
寸法と公差の単位: mm

MB039 リードヘッド



エンコーダアセンブリ

拡大図 A

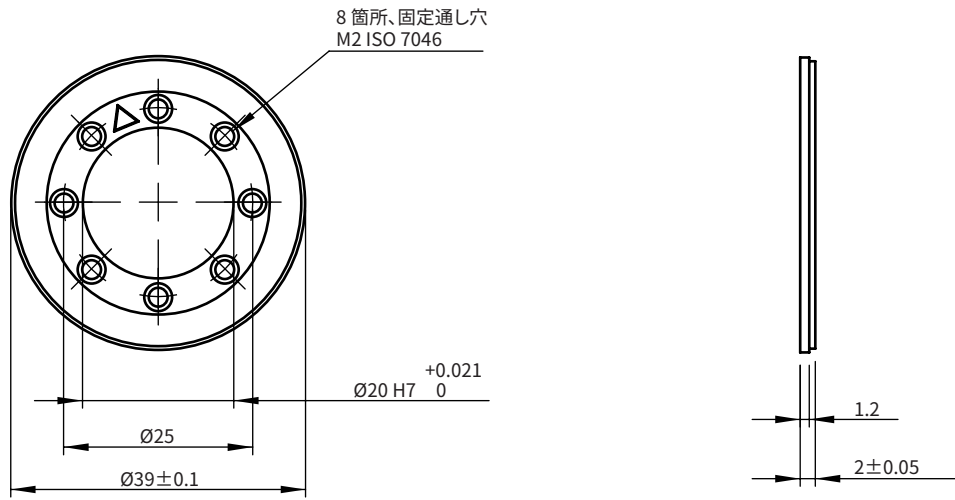


*注: 取付け高さは、出力にのるノイズに影響します。詳細については、20 ページを参照してください。

寸法および取付け図 (続き)

寸法と公差の単位: mm

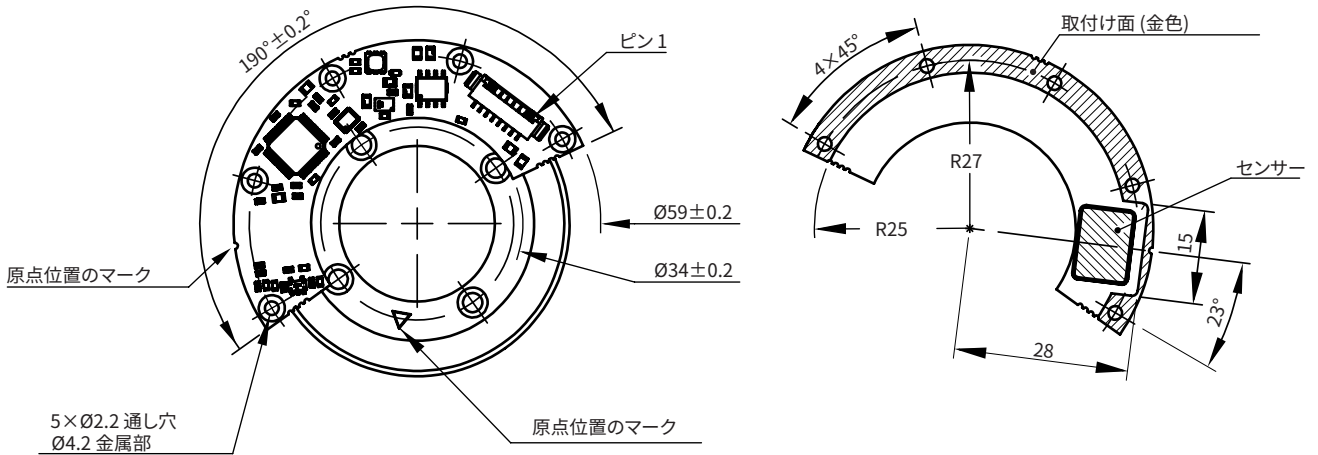
MRA039BC020DSE00 リング



寸法および取付け図 (続き)

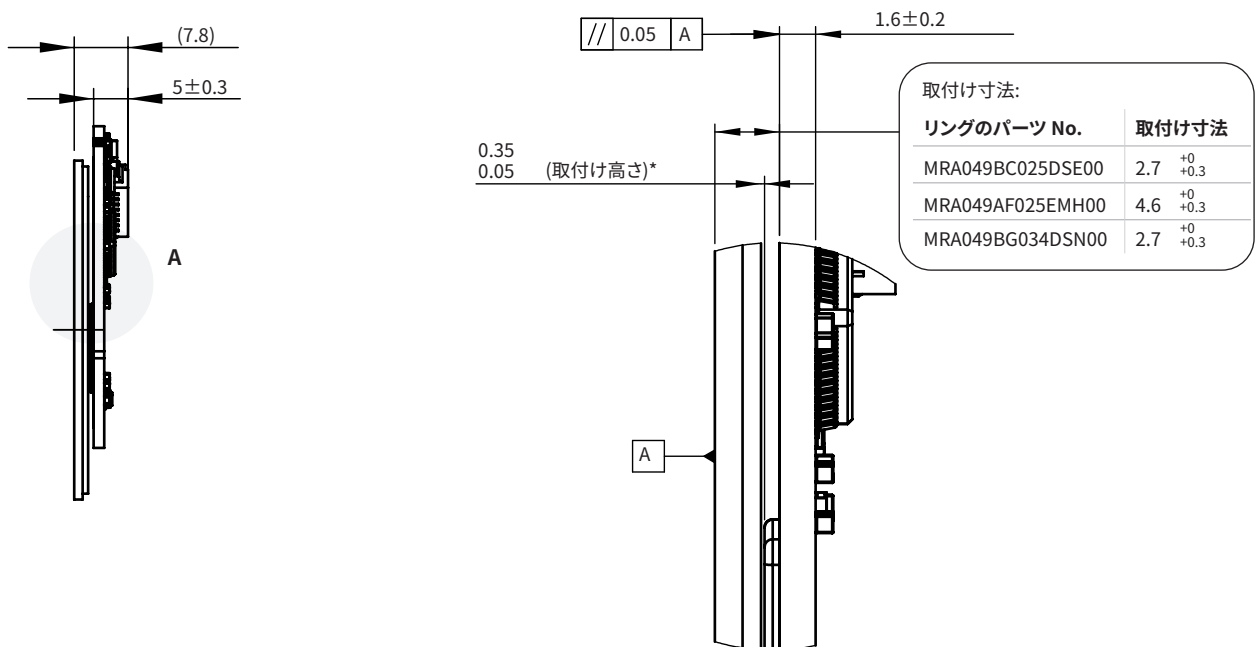
寸法と公差の単位: mm

MB049 リードヘッド (サイズ D)



エンコーダアセンブリ

拡大図 A

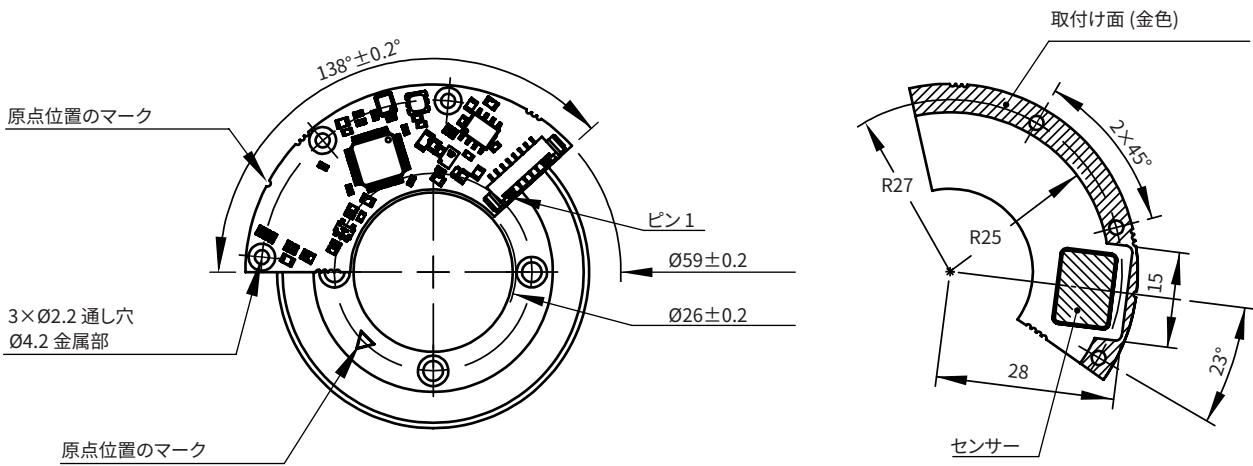


*注: 取付け高さは、出力にのるノイズに影響します。詳細については、20 ページを参照してください。

寸法および取付け図 (続き)

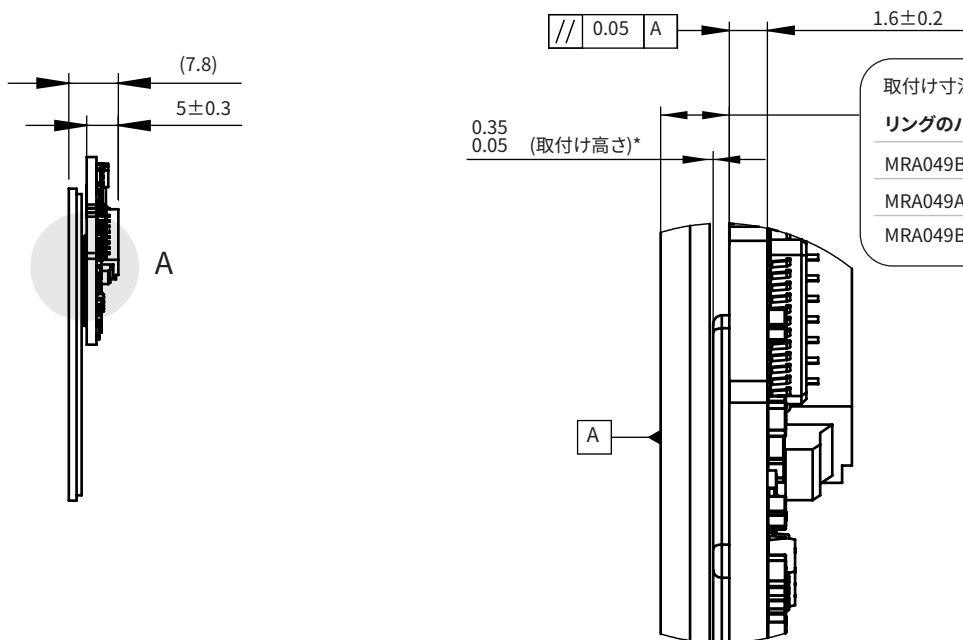
寸法と公差の単位: mm

MB049 リードヘッド (サイズ E)



エンコーダアセンブリ

拡大図 A



取付け寸法:

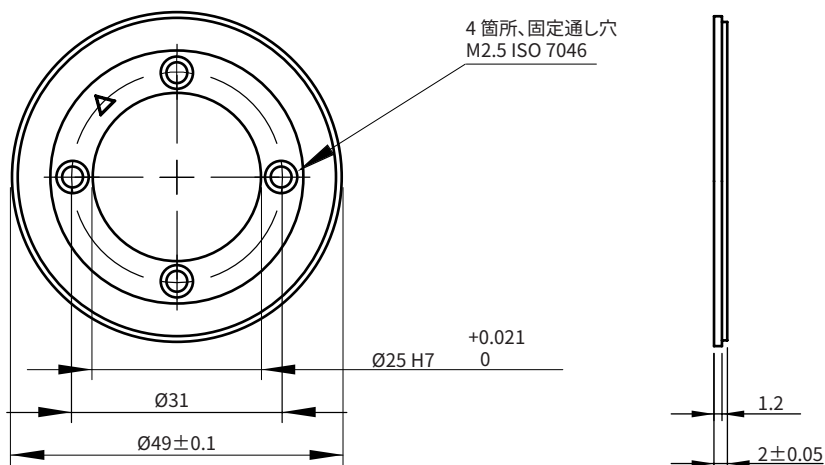
リングのパーツ No.	取付け寸法
MRA049BC025DSE00	2.7 ⁺⁰ / _{+0.3}
MRA049AF025EMH00	4.6 ⁺⁰ / _{+0.3}
MRA049BG034DSN00	2.7 ⁺⁰ / _{+0.3}

*注: 取付け高さは、出力にのるノイズに影響します。詳細については、20 ページを参照してください。

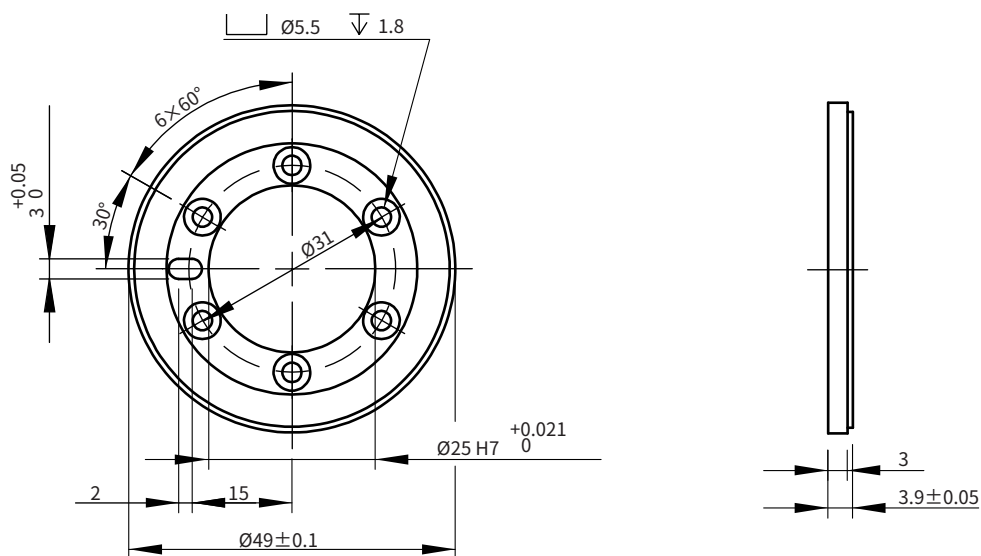
寸法および取付け図 (続き)

寸法と公差の単位: mm

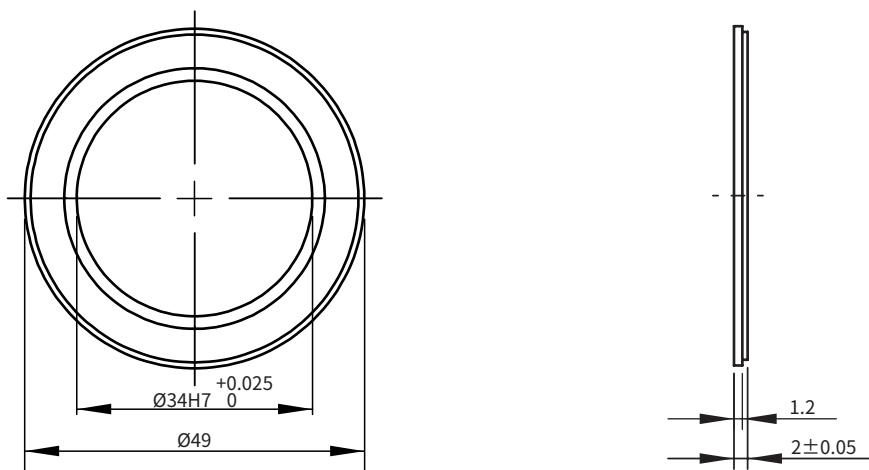
MRA049BC025DSE00 リング



MRA049AF025EMH00 リング



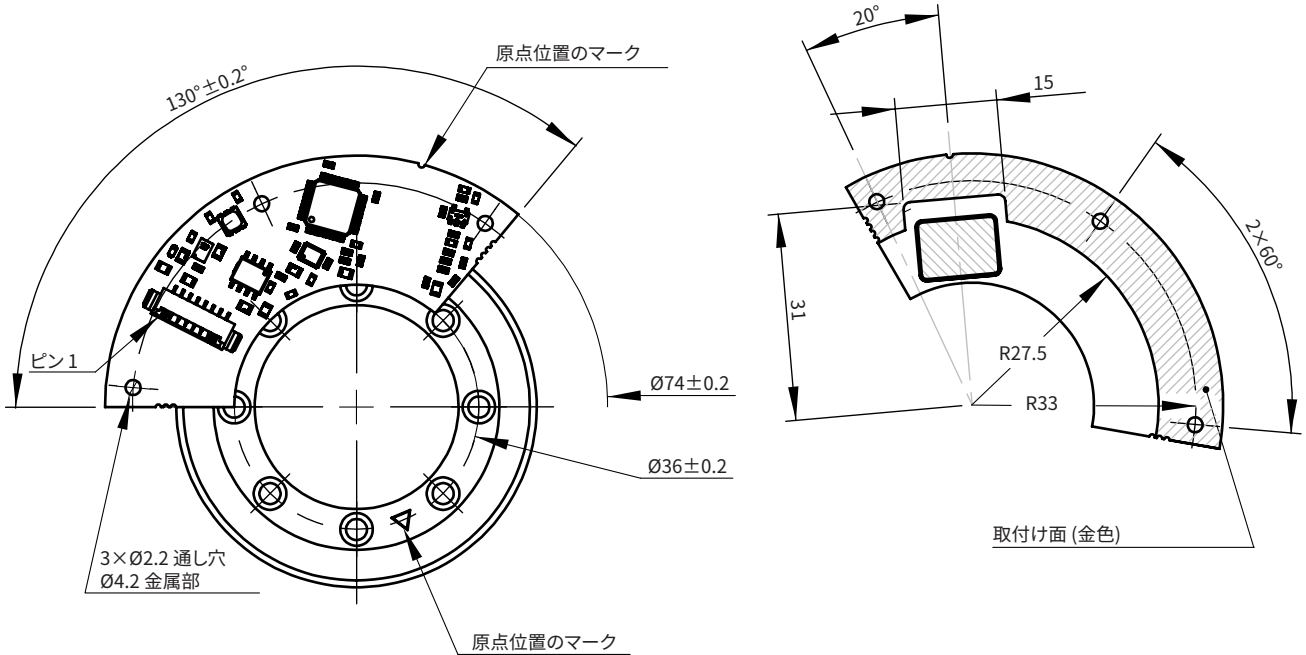
MRA049BG034DSN00 リング



寸法および取付け図 (続き)

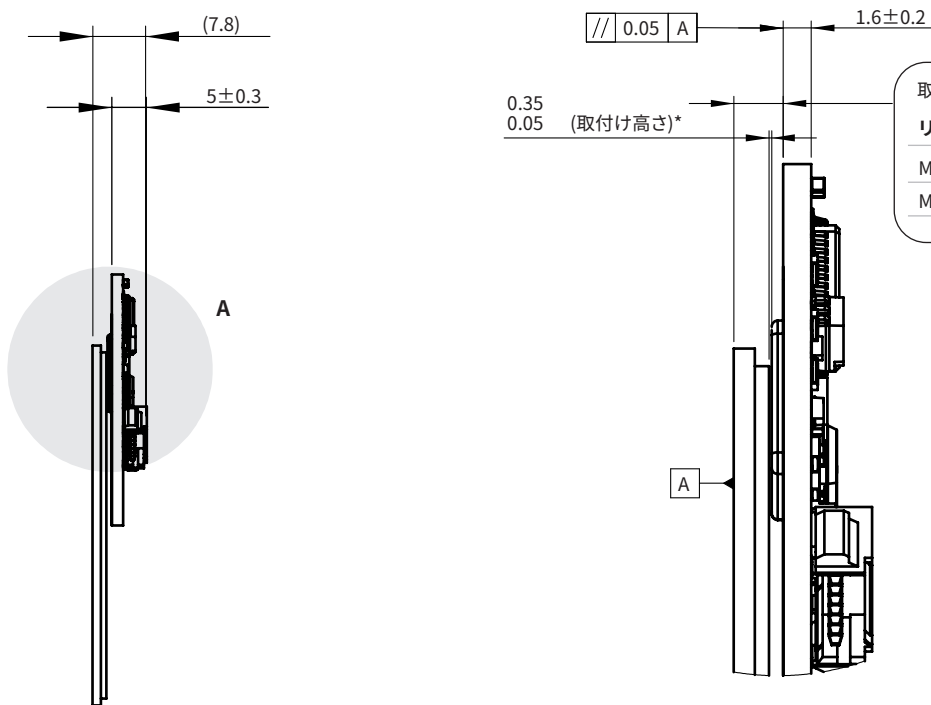
寸法と公差の単位: mm

MB053 リードヘッド (サイズ E)



エンコーダアセンブリ

拡大図 A

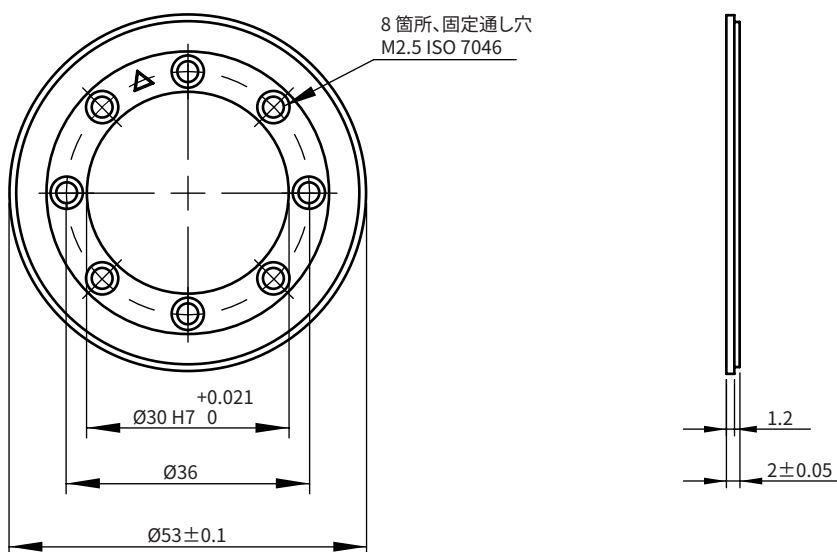


*注: 取付け高さは、出力にのるノイズに影響します。詳細については、20 ページを参照してください。

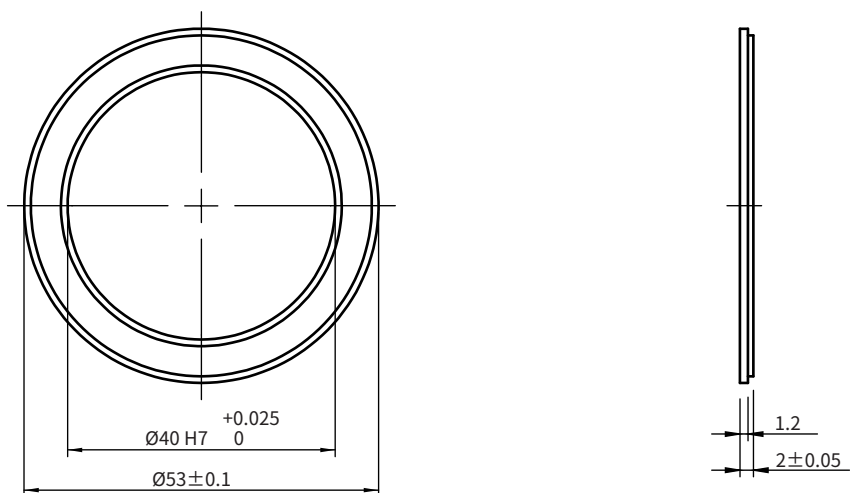
寸法および取付け図 (続き)

寸法と公差の単位: mm

MRA053BC030DSE00 リング



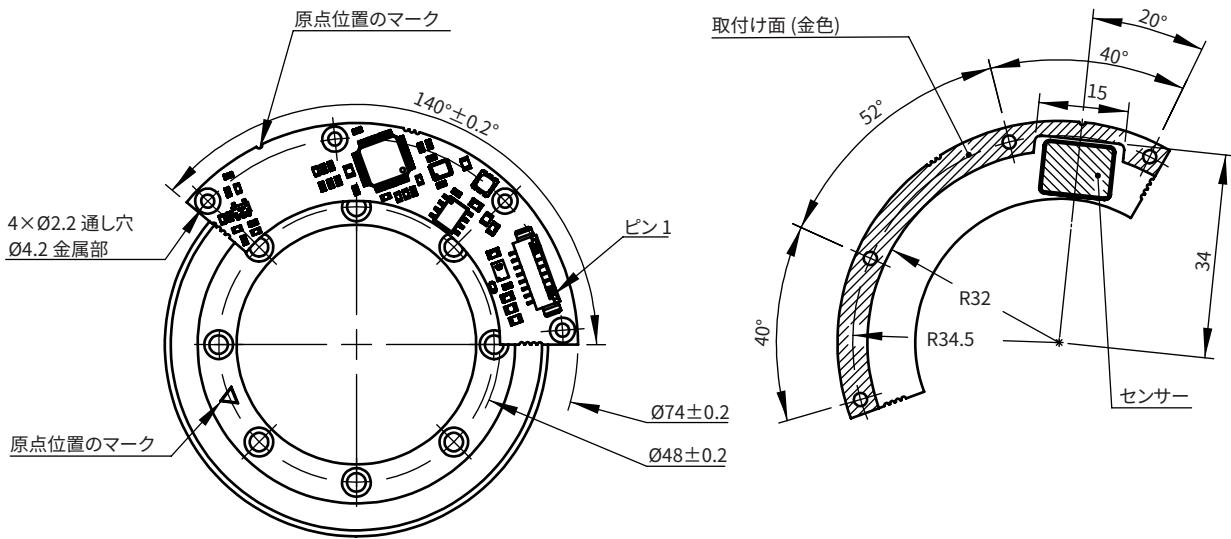
MRA053BG040DSN00 リング



寸法および取付け図 (続き)

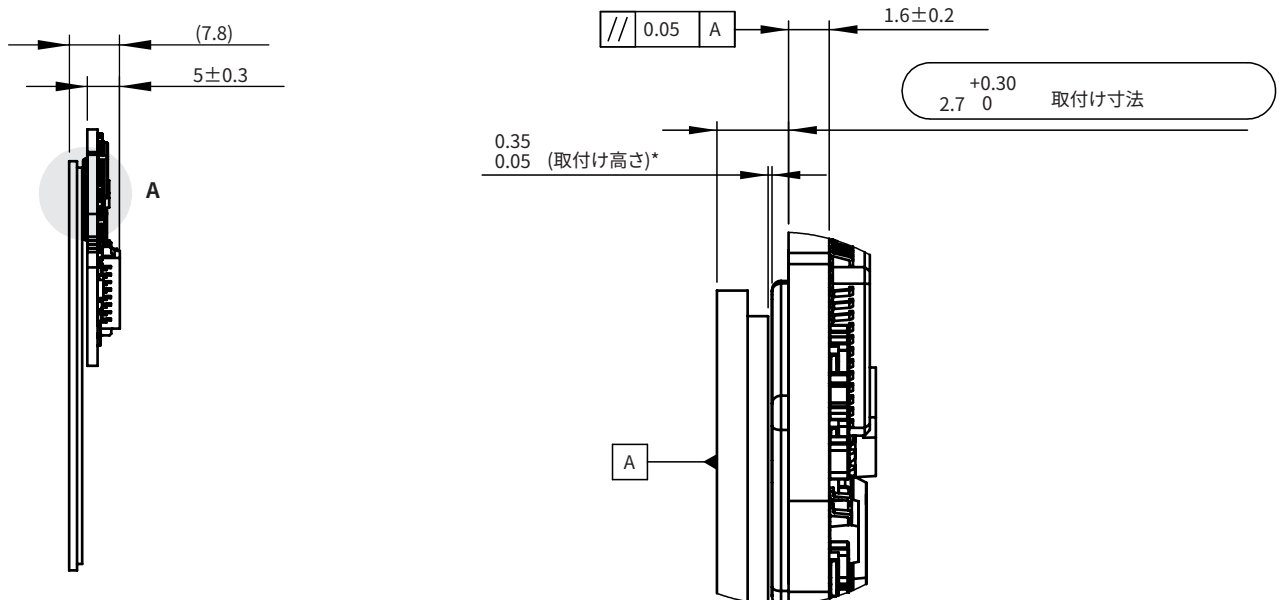
寸法と公差の単位: mm

MB064 リードヘッド (サイズ D)



エンコーダアセンブリ

拡大図 A

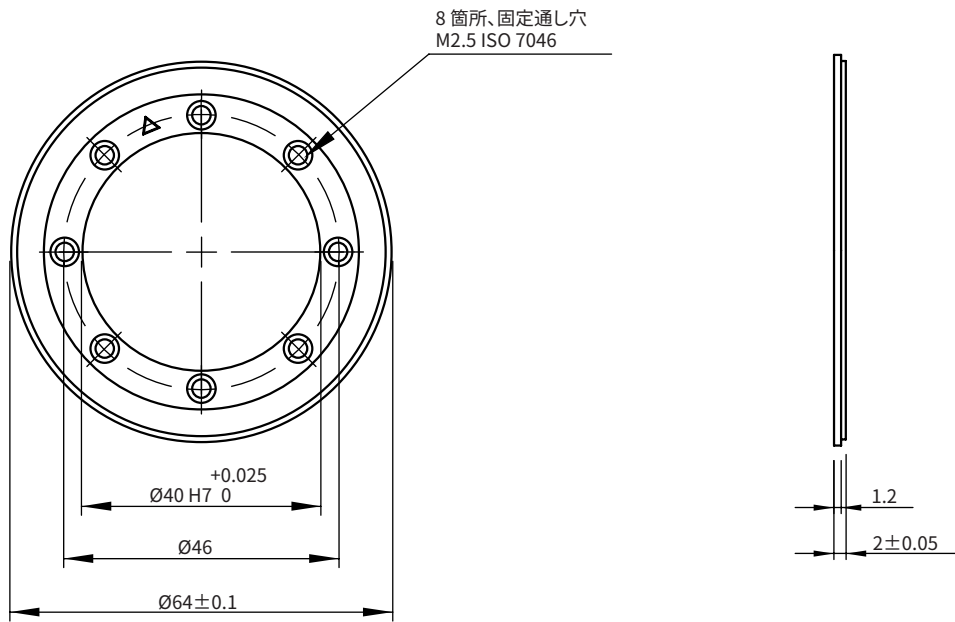


*注: 取付け高さは、出力にのるノイズに影響します。詳細については、20 ページを参照してください。

寸法および取付け図 (続き)

寸法と公差の単位: mm

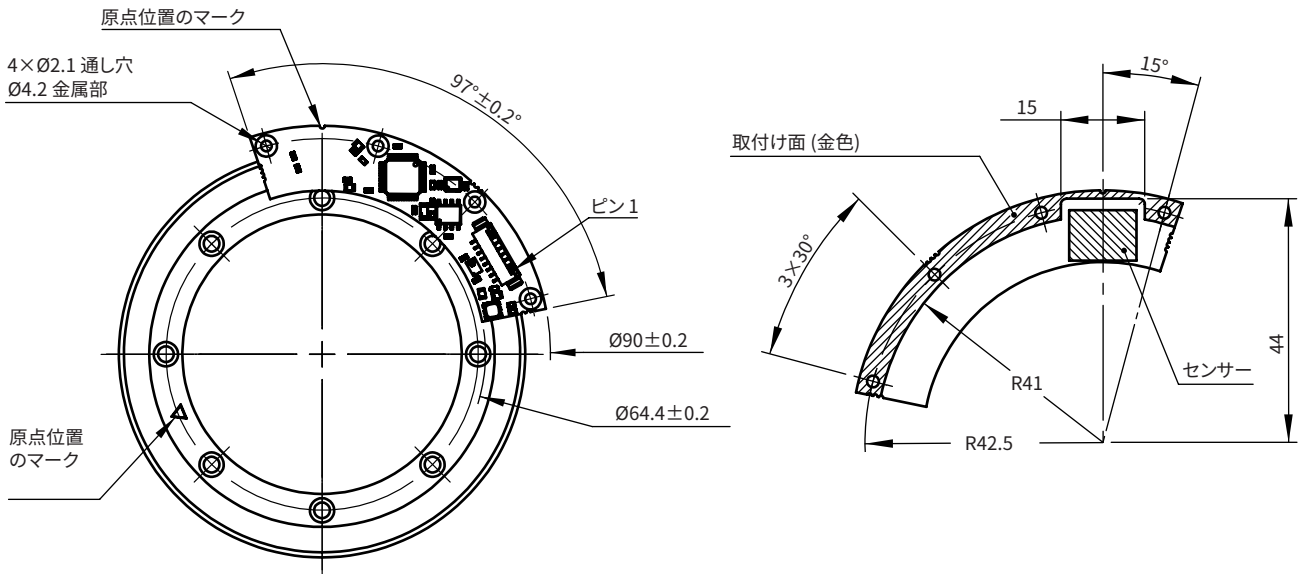
MRA064BC040DSE00 リング



寸法および取付け図 (続き)

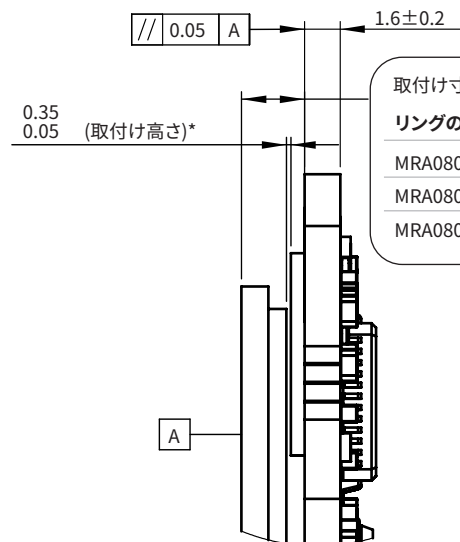
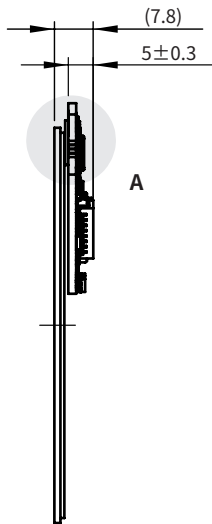
寸法と公差の単位: mm

MB080 リードヘッド



エンコーダアセンブリ

拡大図 A



取付け寸法:

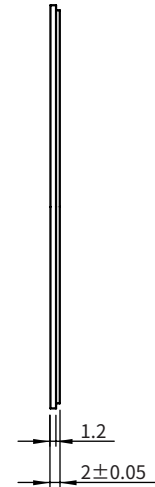
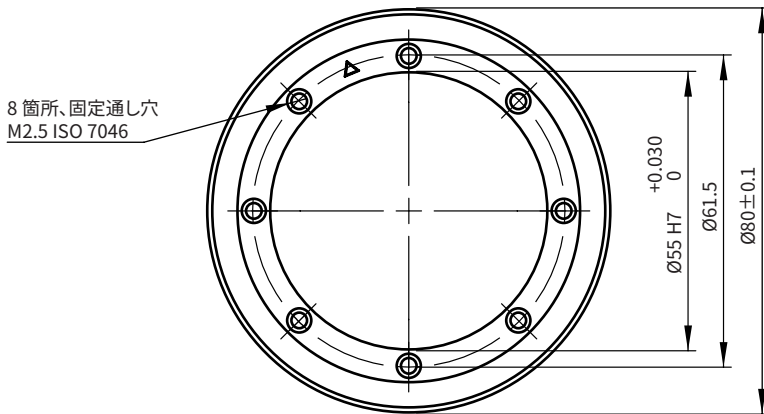
リングのパーツ No.	取付け寸法
MRA080BC055DSE00	2.7 $^{+0}_{+0.3}$
MRA080AF055EMH00	4.6 $^{+0}_{+0.3}$
MRA080DF068DMH00	5.6 $^{+0}_{+0.3}$

*注: 取付け高さは、出力にのるノイズに影響します。詳細については、20 ページを参照してください。

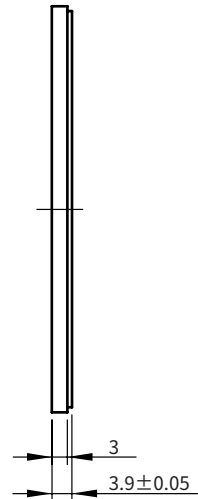
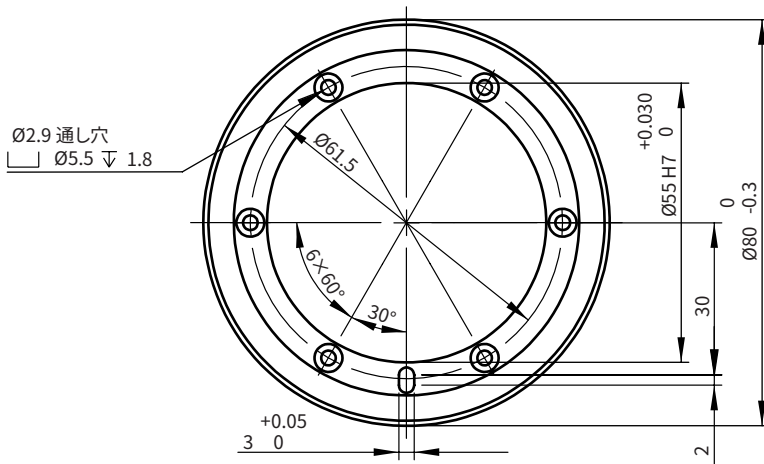
寸法および取付け図 (続き)

寸法と公差の単位: mm

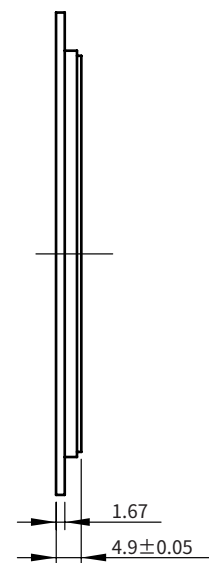
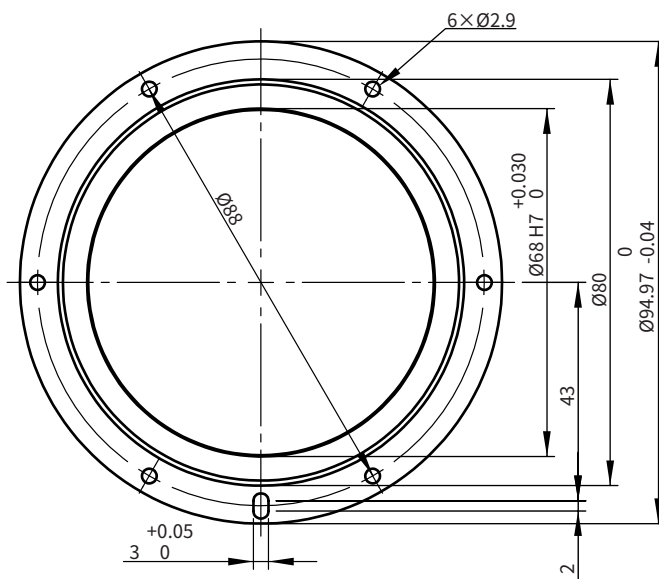
MRA080BC055DSE00 リング



MRA080AF055EMH00 リング



MRA080DF068DMH00 リング



技術仕様

システムデータ	
読取りタイプ	軸方向の読取り
分解能	17bit~20bit、マルチターンカウンタ有効時 16bit (26 ページの「対応分解能」を参照してください)
最高速度	10,000rev/min (この速度を超える用途については、レニショーまでご連絡ください)
エンコーダ精度	±0.05°/180arc 秒 (取付け前。リードヘッド、リングおよびドライブシャフトの取付け不良による誤差は加味していません)
システム精度	平均±0.025°/90arc 秒 (エンコーダによる自己キャリブレーション後。20 ページの「取付け手順」を参照してください) ±0.005°/18arc 秒までの精度については、レニショーまでご連絡ください。
ヒステリシス	分解能レベル
繰り返し精度	分解能レベル
エンコーダ速度	帯域幅: 9kHz、サンプリングレート: 18kHz、リフレッシュレート: 最高 44kHz
電気仕様	
供給電圧 (V _{DD})	4.5V~5.5V (コネクタ箇所の値)。立上り時間は 20ms 未満
セットアップ時間	100ms (供給電圧が範囲内になった後にデータを読み取れるようになるまで)。最悪条件時: 200ms
電流消費	平均 130mA、最大 150mA (出力への負荷なしの場合)
接続	8 ピン薄型コネクタまたははんだパッド
出力負荷	RS422 ±40mA
	PWM、SPI 5mA (LVTTTL ロジックレベル)
ESD に対する保護	HBM、クラス 2、±2kV (コネクタ上の RS422 信号にのみ有効。他のコンポーネントには触らないこと)
機械仕様	
対応リングサイズ(外径)	22mm、29mm、39mm、49mm、53mm、64mm、80mm
材質	2mm 厚リング EN 1.4016/AISI430 とフェライト粒子コーティングした CPE ゴム。ゴムは接着固定
	3.9mm 厚リング および 4.9mm 厚リング EN 1.4005/AISI416 または EN 1.4104/AISI430F とフェライト粒子コーティングした CPE ゴム。ゴムは接着固定
質量、イナーシャ	3 ページの表を参照してください。
環境仕様	
動作時/保管時温度	-40°C~+105°C (標準) -30°C~+85°C (生産終了品)
湿度	0~70%、結露なきこと (仕様より高い湿度で使用する場合は、レニショーまでご連絡ください)
外部磁場	±20mT
圧力	特殊オプション使用時最高 600bar。24 ページの「高圧環境での動作」を参照してください。
衝撃	100G (6ms、正弦半波、EN 60068-2-27:2009)
振動	80G (55Hz~2000Hz、EN 60068-2-6:2008)

ステータスインジケータ LED

LED は信号強度とエラー状態を表示するもので、セットアップ時と診断時に使用します。

LED が点滅している場合は、エンコーダに電源が供給されていますが、通信が確立していない状態です。毎秒 5 回以上の読取り速度で通信が確立されると、LED が点灯します。

LED	状態
緑	正常動作: 位置データが有効。
オレンジ	警告: 位置データは有効ですが、分解能および/または精度が仕様外の可能性があります。限界を超えている動作条件があります。
赤	エラー: 位置データが無効。
低速点滅	通信が確立されていません。 直近の 200ms 以内に位置データがリクエストされませんでした。点灯色については、上記を参照してください。
消灯	電源供給なし。
高速赤点滅	起動時または動作中にシステムエラーが発生しました。
3 秒間高速点滅	自己キャリブレーション結果。22 ページの表を参照してください。

取付け手順

軸方向の位置調整 (取付け高さ)

リードヘッドの取付け高さは 0.05mm~0.35mm です。

リードヘッド取付けの際は、裏面の金メッキ面を基準面として使うことを推奨します。表面を基準面として使う場合は、リードヘッドの厚みを考慮して慎重に取付け高さを調整してください。

また、内蔵 LED の表示を、取付け時の目安に使用できます。適切な取付け高さになると、LED が緑に点灯し、リングが回転しても色が変わりません。

リングの中心とリードヘッド円弧の中心は、同軸上にある必要があります。下表に、公差を記載します。

取付け公差 (リングとリードヘッド)

軸方向偏差 (取付け高さ)	0.05mm~0.35mm 取付け高さは極力小さくします。取付け高さを大きくすると、エンコーダノイズが著しく大きくなります。
取付け寸法 (リードヘッドの金メッキ面とリング取付け面の間の公称距離)	4~18 ページの取付け図を参照してください。
接線方向偏差	±0.3mm
径方向偏差	MRA022: ±0.1mm MRA029: ±0.3mm MRA039: ±0.4mm MRA049、MRA053、MRA064、MRA080: ±0.5mm
取付け時の傾き	0.2°未満

AkSiM-2 の取付け動画にて、取付け作業を解説しています。

リングとリードヘッド間の取付け高さの測定

通信プロトコルを介して読み出した信号強度の情報から、取付け高さ (リングのゴムとリードヘッドのセンサーとの距離) を確認できます。

信号強度は、リードヘッドとリング間の距離に比例します。実際の距離を算出するには、下記の式を用いてください。

取付け高さ = $K \times (N - \text{Ln}(\text{SignalLevel}))$

K および N は、エンコーダのサイズで決まります。

エンコーダのサイズ	K	N
022、029	188.42	8.37
039、049	167.24	8.647
053、064、080	142.08	9.023

SignalLevel の値は、BiSS の場合は アドレス 0x4E~0x4F のレジスタ (MBD02 の文書参照)、UART の場合はコマンド「aj」(30 ページ参照) で確認します。

取付け公差 (リングとシャフト)

リング/シャフトのはめ合い	エンコーダ精度						
	MRA022	MRA029	MRA039	MRA049	MRA053	MRA064	MRA080
H7/g6 最悪値	±0.15°	±0.15°	±0.15°	±0.11°	±0.11°	±0.10°	±0.09°
H7/g6 平均	±0.08°	±0.08°	±0.07°	±0.06°	±0.06°	±0.05°	±0.05°
自己キャリブレーション後	N/A	±0.03°	±0.03°	±0.025°	±0.025°	±0.02°	±0.02°



警告!

ESD に対する保護

リードヘッドは ESD の影響を受けます。注意して扱ってください。適切な ESD 保護を実施せずに、または ESD 非制御環境下で、電子回路、配線またはセンサー領域に触れないでください。

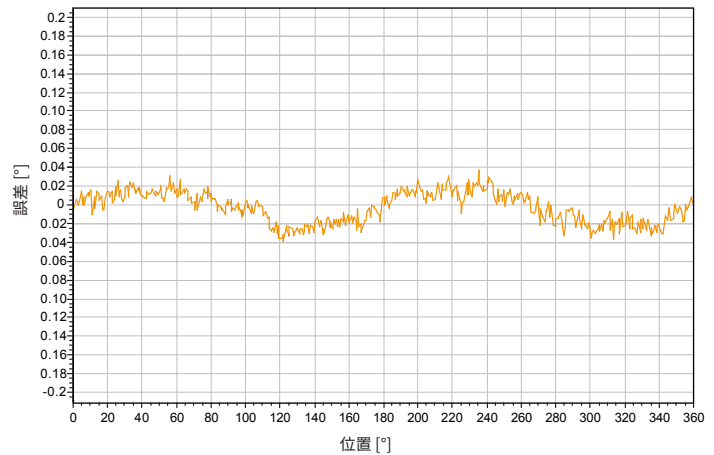
エンコーダシステムの精度

優れた測定精度を確保するには、リングを正確にセンタリングすることが重要です。

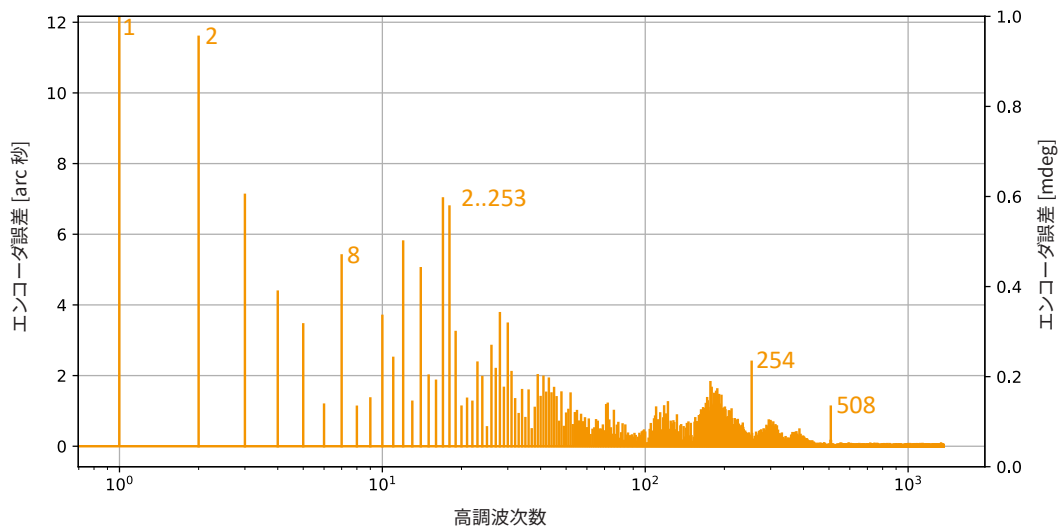
取り付けられたリングの偏心を (ゲージを使って) 極力小さくし、また精密ベアリング付きのドライブシャフトを使用することで、誤差を MRA080 リングで $\pm 0.05^\circ$ 、MRA049 リングで $\pm 0.06^\circ$ に平均で抑えられます。

右のグラフに、MRA080 の良好な取付け状態 (偏心がない状態) での平均的な精度を記載します。

取付け後に、自己キャリブレーション機能を実行して精度を向上することを推奨します。



エンコーダ誤差の高調波成分グラフ



通常のエンコーダ誤差には、一定の高調波成分が含まれます。MRA080 と MB080 組合せ時の例を記載します。エンコーダのサイズによって、波長の分布は多少異なります。

高調波次数:

- 1: リング取付けの偏心
- 2: リングの楕円形状
- 8: 取付け穴の数
- 2~253: アブソリュートコードの影響
- 254: 周期誤差 (オフセット)
- 508: 周期誤差 (振幅、位相)

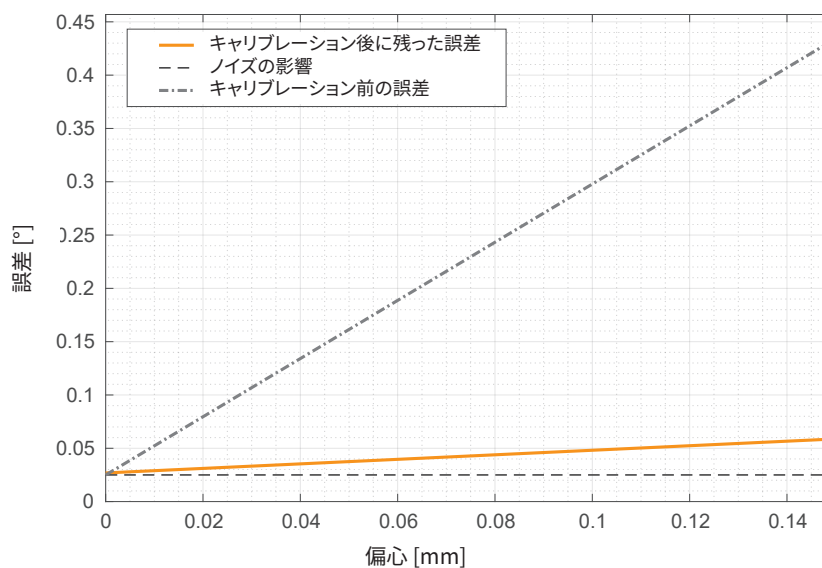
取付け後の自己キャリブレーション

自己キャリブレーション機能を実行することで、リングの偏心に起因する誤差（エンコーダ精度に大きく影響する誤差）をゼロにできます。リング個体間の磁化のばらつきは補正できません。周期誤差は AksIM-2 では無視できます。自己キャリブレーション機能では、1 回転につき 1 回の正弦波から誤差を取り除きます。本機能の実行は、選択した通信プロトコルを介してか、または適切な USB エンコーダアダプタを使って任意で行います。なお、PWM および SSI では使用できません。詳細については、該当する通信プロトコルの解説を参照してください。マルチターンカウンタの使用時、回転速度が±300rev/min を超えると、自己キャリブレーション後の値が不正になる場合があります。不正になると、マルチターンエラーフラグが設定されます。

必要要件:

- 180°~360°の機械的な自由回転（角度は通信プロトコルを介して任意で選択できます）
- キャリブレーション角度全域での良好な信号強度
- 最大所要時間 10 秒
- 方向と速度の変化は重要ではありません。速度 6rev/min 以上
- 機能を実行できる適切な通信プロトコルかアダプタ

下のグラフに、自己キャリブレーション機能によってエンコーダ精度をどの程度向上できるかを示します。キャリブレーション後、磁化のばらつきとリードヘッドのノイズの影響で±0.02°の誤差が残ります。



実行後、LED が高速点滅して自己キャリブレーションが正常に完了したか示します。

LED 点灯色	自己キャリブレーションの状態
緑高速点滅	自己キャリブレーション正常完了
オレンジ高速点滅	リングの位置が最適であったため、補正未実行。ステータスビット 0x20 が設定されます。
赤高速点滅	<ul style="list-style-type: none"> • 入力パラメータが範囲外。ステータスビット 0x10 が設定されます。 • 偏心または径方向のずれが大きすぎます。ステータスビット 0x08 が設定されます。 • タイムアウト。リングの回転が遅すぎます (6rev/min 未満)。ステータスビット 0x04 が設定されます。

「解説動画: AksIM-2 自己キャリブレーション機能」にて、自己キャリブレーション機能について動画をご覧ください。

注: サイズ 022 は現状、自己キャリブレーション機能に対応していません。

外部磁場

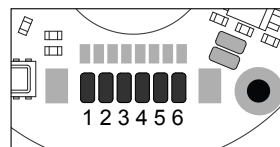
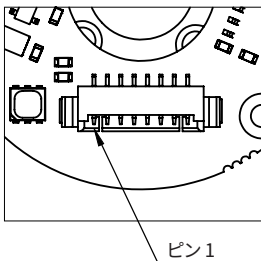
磁気式エンコーダは、その動作原理として磁気リングの磁場変化を検出します。そのため、永久磁石、モータ、コイル、磁気ブレーキなどの外部磁場によって、エンコーダの動作が影響を受けることがあります。リードヘッドに直交する均一磁場が0mT~20mTの場合、精度に影響が出る可能性があります。20mTを超える場合、エンコーダが一時的に不具合を起こします。50mTを超える磁界は、リングに回復不能な損傷を与える可能性があります。

不要な磁界は、発生源で遮断する必要があります。発生源で遮断できない場合は、エンコーダを強磁性体の金属シートでシールドします。また、リングを限定的なシールドとして機能させることもできます。なお、リングは裏面を磁界の発生源と反対方向に向けてリードヘッドに取り付けることを推奨します。詳細については、レニショーまでお問い合わせください。

電気接続

コネクタ	はんだパッド	BiSS-C	非同期シリアル	SPI	PWM	SSI
1	1	供給電圧 5V				
2	2	0V (GND)				
3		温度センサーピン 1				
4		温度センサーピン 2				
5	3	MA+	RX コマンド入力+	SCK	Status	Clock+
6	4	MA-	RX コマンド入力-	NCS	-	Clock-
7	5	SLO+	TX データ出力+	MISO	PWM Out	Data+
8	6	SLO-	TX データ出力-	MOSI	-	Data-

ピン配列

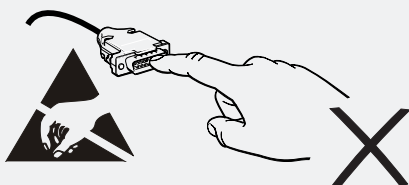


薄型 8 ピンコネクタ
FCI 10114830-11108LF

はめ合わせ側のコネクタ:
FCI 10114826-00008LF
および 10114827-002LF

はんだパッド
寸法: 2.54×1.14mm
1.875mm ピッチ

リードヘッドへのワイヤのはんだづけは、IPC-A-610 のクラス 2 または 3 (または同等規格) に準拠して行う必要があります。はんだづけが不適切な場合、保証が無効になります。



警告!

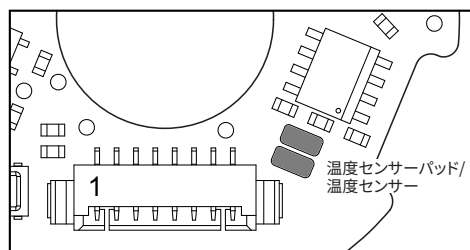
ESD に対する保護

リードヘッドは ESD の影響を受けます。注意して扱ってください。適切な ESD 保護を実施せずに、または ESD 非制御環境下で、電子回路、配線またはセンサー領域に触れないでください。

外部独立温度センサー

リードヘッドに実装されている2種類のパススルー信号を使って、Pt100、Pt1000、NTC、1線式低電圧アナログまたはデジタルセンサーなどの、外部温度センサーを接続できます。信号はエンコーダ回路からは独立しており、コネクタの温度センサーピンからはんだパッド(外部センサーの接続先)に接続されています。

上記の目的は、電気モータやギヤボックスといったエンコーダ近くで正確な温度モニタリングが必要な場合に、温度モニタリングを可能にするためです。また、既存のエンコーダケーブルをこの2種類の信号の伝達に活用できるため、ケーブルの取回しが簡素化します。電圧は他のエンコーダ信号と比較して±30V、電流は±500mAに制限する必要があります。



注: Pt1000 センサーは、組付け時にリードヘッドにはんだづけしても問題ありません。可否については、レニショーまでお問い合わせください。

高圧環境での動作

最高動作圧は 600bar です。システム全体がオイルにつかるような、遠隔操作無人潜水機が一般的な使用例です。パーツ No. に「P」が入った、特殊モデルを使用する必要があります。また周波数をすべて下げて、タイミングを 12% 上げる必要があります。使用するオイルバスは、2 ページの化学物質耐性の表を参考に互換性を確認してください。シリコンベースのオイルを推奨します。

パーツ No. 一覧

MB029DCC18MFNP00

MB049DCC19MDNP00

MB080DCC17BDNP00

MB080DCC20MDNP00

詳細については、レニショーまでお問い合わせください。

通信プロトコル

BiSS	
クロック周波数	400kHz~5MHz
最高リクエストレート	44kHz (マルチターンカウンタ使用時 38kHz)
機械サンプリングレート	18kHz
帯域幅	9kHz
分解能	26 ページの表参照
遅延	<10μs
タイムアウト (タイマー)	13.5μs
非同期シリアル RS422 (UART)	
ボーレート	115.2kbps、128kbps、230.4kbps、256kbps、500kbps、1Mbps (300baud~1Mbaud から選択)
データ形式	8bit、パリティなし、1 ストップビット
リクエストレート	オンデマンドまたは連続
機械サンプリングレート	18kHz
帯域幅	9kHz
分解能	26 ページの表参照
遅延	<10μs
SPI	
クロック周波数	最高 4MHz
最高リクエストレート	54kHz (マルチターンカウンタ使用時 48kHz)
機械サンプリングレート	18kHz
帯域幅	9kHz
分解能	26 ページの表参照
遅延	<10μs
PWM*	
ベース周波数	122.07Hz、274.66Hz、366.21Hz、549.32Hz、1098.63Hz
アップデートレート	ベース周波数と同じ
分解能	16bit
遅延	55~110μs
SSI* (新規設計には推奨しません)	
クロック周波数	最低 80kHz 標準 SSI 時最高 500kHz コントローラの初回クロックの遅延機能を使用時 2.5MHz
機械サンプリングレート	18kHz
分解能	26 ページの表参照
遅延	55μs~110μs
タイムアウト (タイマー)	20μs

*注: 遅延が大きいまたは一定ではないプロトコルは、高速クローズドループコントロールには適しません。
SSI は既存ユーザー用で、新規設計には推奨しません。

対応分解能

分解能	MRA022	MRA029	MRA039、MRA049	MRA053、MRA064、MRA080
バイナリ	17bit/回転	17bit/回転 18bit/回転*	17bit/回転 18bit/回転* 19bit/回転*	17bit/回転 18bit/回転 19bit/回転* 20bit/回転*

*高分解能にすると、出力にノイズがのる可能性があります。ただし、制御ループの平滑化や微細な位置を取得するための平均化に適します。また、リードヘッドの取付け高さを上げると、ノイズへの耐性が飛躍的に低下します。

マルチターンカウンタ

マルチターンカウンタ対応の通信プロトコルは、BiSS、非同期シリアル (UART)、SPI および SSI です。

39 ページのパーツ番号の分解能の箇所、マルチターンカウンタを選択できます。マルチターンカウンタは 16bit です (0~65535 カウント)。カウントはエンコーダの電源 ON 中のみ行われます。電源 OFF 中はカウントが不揮発性メモリに保存され、電源 ON 時に復元されます。なお、電源 OFF 中に許容される最大回転角度は±90°です。この角度を超えると、エンコーダからエラーが出力され、マルチターンカウンタが無効になります。このエラーをリセットするには、通信プロトコルを介してマルチターンカウンタに新しい値を設定するか、エンコーダの電源を OFF→ON する必要があります。エンコーダが±360°または複数周回転した場合、この動作は登録されません。またマルチターンエラーも設定されません。90°以上回転中に他のエラーがセットされた場合は、マルチターンカウンタの値が機械位置からずれる可能性があります。

マルチターンカウンタの値が正しいかどうかの検証は、下記のいずれかの方法で行う必要があります。

- エンコーダが電源 OFF 状態になる前に機械ブレーキを作動させ、起動前に解除する
- エンコーダを電源 ON するたびに、マルチターンカウンタの値を新規設定する
- その他の任意の方法

マルチターン: シャフトターンカウンタの制約

下記の場合には、カウンタの値が不正になる場合があります。

マルチターンエラーフラグ

下記のいずれかの状態になるとエラーフラグが設定されます。

考えられる不具合の原因	対処方法
エンコーダが電源 OFF 状態で±360°または複数周回転した。	機械ブレーキを使用する。
90°以上回転中にエラーフラグが設定される (LED が赤点灯する)。	エラービットから判断する。
ブロッキング (不揮発性メモリにデータ保存、書込み保護、自己キャリブレーション) 中に、エンコーダが 300rev/min 以上の時に 90°以上回転した。	ブロッキングの実行前に回転を止める。
シングルターンポジションオフセットを 90°以上変更した。	ゼロ位置オフセットの設定直後にマルチターンカウンタの値を新規設定する。
電源 OFF 時に不揮発性メモリへのデータ保存を実行していた (設定の保存、出荷時設定の再設定、書込み保護、自己キャリブレーション)。	これらの動作時に、安定して電源 ON しておく。

- 電源 OFF 中に、90°超かつ 270°未満の動作が検出された
- ブロッキング中に 300rev/min を超える速度が検出された
- 予期しない大きな位置決め誤差が検出された (加速度エラー)

マルチターンエラービットは、エンコーダに新しい値を書き込むか、電源 OFF→ON でクリアできます。SSI 使用時は、電源 OFF→ON のみ有効です。

BiSS、非同期シリアル (UART)、SPI で発生する遅延

BiSS、UART および SPI は、リクエストのたびに新位置を再計算するアルゴリズムを使用しています。そのため、リクエストがエンコーダの内部サイクルよりも頻繁に行われます。通常、リクエストレートは最高 44kHz です。位置は、MA (Clock) ラインまたはコマンドバイトの第 1 ビットの最初の立ち上がりエッジでラッチされ、すぐに新位置の値が再計算されます。そのため、遅延は 10μs 未満です。

他のプロトコル (SSI、PWM) で発生する遅延

最新の有効データをエンコーダの内部サイクルから送信します。追加計算はありません。

エンコーダの内部サイクルは 55μs です。この時間は、センサーが機械位置をラッチしてからデータのプロトコルを介した送信が完了するまでの遅延に相当します。

データの送信準備が完了になった直後にリクエストが行われた場合、遅延は 55μs です。

新規データが算出される直前にリクエストが行われた場合は、遅延が 110μs になります。

例:

t=0μs では、物理位置はラッチされますが、位置データは算出されません。55μs であれば算出されます。

リクエストが t=1μs~54μs で行われた場合、最も新しい有効データ (t=-55μs で位置がラッチされたときのひとつ前の周期からのデータ) が送信されます。

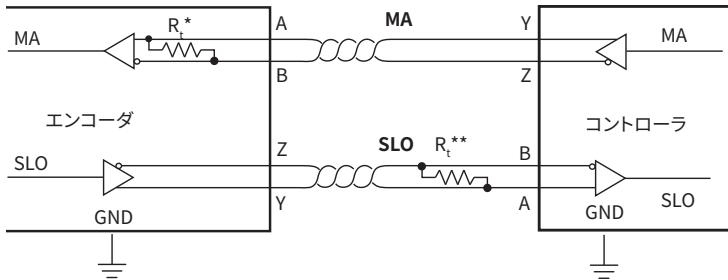
BiSS-C プロトコル

位置データは最大 20bit のバイナリコードで構成され、BiSS-C プロトコル中にはエンコーダのステータス情報も含まれます。位置データは左揃えです。位置データの後は、2bit のステータスビット (アクティブロー) が続き、さらにその後に CRC (反転) が続きます。

BiSS は 1 対 1 の動作のため、複数スレーブには対応していません。

通信は双方向です。リードヘッドはユーザーによる設定が可能で、カスタムパラメータをリードヘッドに格納できます。また、追加データをリードヘッドから読み出せます。

電気接続



信号	
MA	マスタークロック。最高クロック周波数は 5MHz です。
SLO	スレーブ出力。MA の立ち上がりエッジでデータが出力されます。

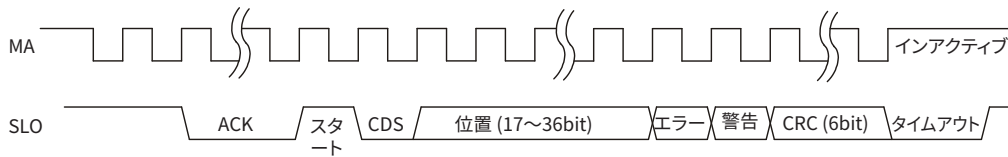
*MA と SLO ラインは RS422 準拠の 5V 差動出力ペアです。MA ラインの終端抵抗器はリードヘッド内部に組み込まれています。

**総ケーブル長が 5m を超える場合、コントローラ側で終端する必要があります。ケーブルの公称抵抗は 120Ω です。

出力保護

不具合やバスの競合に起因する過剰な出力電流や電力損失は、2 種類の機構が抑制します。短絡に対しては、出力端子のフォールドバック電流制限が、緊急保護を行います。また、チップの温度が高温になりすぎた場合、サーマルシャットダウン回路がドライバ出力を強制的にハイインピーダンス状態に移行させます。

BiSS-C タイミングチャート



MA はインアクティブハイです。最初の立ち下がりエッジで通信が始まります。

エンコーダは、MA の 2 番目の立ち上がりエッジで SLO をローに設定して応答します。ACK 長は 13bit です。

次の要求サイクルに対応する準備が完了すると、準備完了したことをエンコーダが SLO をハイに設定してマスターに伝えます。

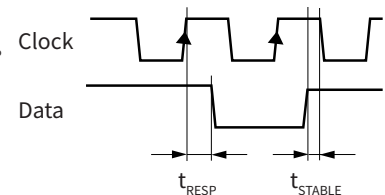
絶対位置と CRC データは、バイナリフォーマットで、最上位ビットから送信します。

ケーブル長による補正

リードヘッドが入力されるクロックにตอบสนองするのに、170ns かかります (t_{RESP})。Clock ラインの立ち上がりエッジ後、Data 信号の変化が 170ns 遅れます。また、信号がケーブルを通過してリードヘッドまで到達して戻る時間分さらに遅れが生じます (t_{PROP})。この遅れは、ケーブル 1m あたり平均 14ns です。そのため、エンコーダとコントローラ間の総ケーブル長を考慮する必要があります。

$$t_{DELAY} = t_{RESP} + t_{PROP} \times \text{ケーブル長}$$

Data 信号は、値がラッチされる前に安定させる必要があります。そのため、ケーブル長が 1m を超えていて、クロック周波数が 2.5MHz を超える場合、この遅れはエンコーダを接続する受信機側 (コントローラ側) で補正する必要があります。



ステータスビット

タイプ	値 0	値 1	考えられる不具合の原因
エラー	位置データが無効です。	OK	エラービットはアクティブローです。ローの場合は、位置データが無効です。
警告	位置データが有効です。	OK	警告ビットはアクティブローです。ローの場合、エンコーダの動作状態が限界に近づいています。位置データは有効ですが、分解能および/または精度が仕様外の可能性があります。

通信パラメータ

パーツ No. の通信プロトコルのタイプにより、エンコーダの仕様が決まります。

通信プロトコルのタイプ	パラメータ	内容
C	MA 周波数	最大 5MHz
	ACK 長	13bit
	レジスタアクセス	あり

パラメータ	内容
遅延	<10 μ s (通信ごとに再算出)
帯域幅*	9kHz
機械サンプリングレート	18kHz
最高リクエストレート	44kHz (マルチターンカウンタ使用時 38kHz)
タイムアウト	13.5 μ s

*帯域幅パラメータは機械的帯域です。AksIM-2 は 18kHz でサンプリングを行います。そのため、機械的な変更を施しても、9kHz よりも速い場合は出力に反映されません (標本化定理)。位置データがサンプリング周波数よりも速くリクエストされる場合、AksIM-2 はその時のリング速度を基に、リクエスト時の位置を再計算します。

データパケットについて

データパケットの長さは分解能によって決まり、範囲は 25~44bit です。構成は、マルチターンカウンタの 16bit (マルチターンカウンタ使用時)、位置データの 17~20bit (分解能に依存)、ステータスビットの 2bit、CRC ビットの 6bit です。

分解能	マルチターンカウンタ	位置	ステータス		CRC (反転)
			エラー	警告	
17B	0bit	17bit	1bit	1bit	6bit
18B		18bit			
19B		19bit			
20B		20bit			
17M	16bit	17bit	1bit	1bit	6bit
18M		18bit			
19M		19bit			
20M		20bit			

例: 位置データ 18bit+ステータスビット 2bit+CRC 6bit=26bit のデータパケット

位置、エラー、警告データの CRC 計算のための多項式: $x^6+x+1.0x43$ として表すこともできます。反転し、最上位ビットから送信されます。

6bit CRC の算出手順の例については、アプリケーションノート CRCD01 を参照してください。AksIM-2 の Web ページからダウンロードできます。

BiSS プロトコルの詳細については、www.biss-interface.com を参照してください。

エンコーダのプログラミング

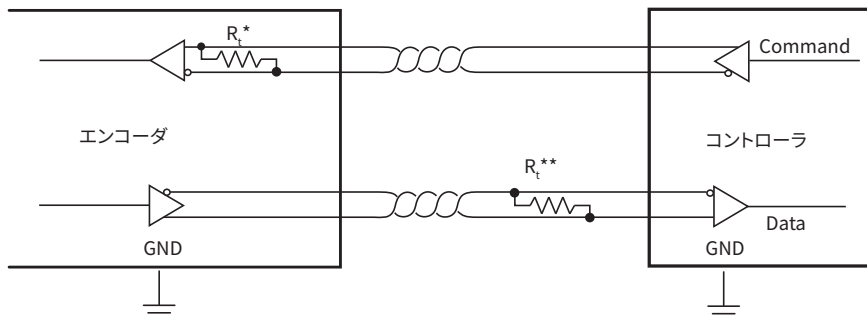
AksIM-2 はレジスタアクセスに対応しているため、ゼロ位置の設定、自己キャリブレーション機能の実行、エンコーダの設定、そして信号強度、温度、詳細ステータスビットおよび電子データシートの読出しができます。また、最大 4kB のデータをエンコーダに保存できます (モータパラメータ、アセンブリデータなど)。

詳細については、「アプリケーションノート: AksIM-2 BiSS-C register access (文書 No. MBD02)」を参照してください。AksIM-2 の Web ページからダウンロードできます。

RS422 による非同期シリアル通信プロトコル (UART)

エンコーダの個体情報、位置データおよび温度を、非同期シリアルリンクによるオンデマンド通信で取得できます。単一方向通信チャンネルが2チャンネルあり、全二重双方向データリンクを形成します。各チャンネルは、RS422 信号規格に準拠した2線の差動ツイストペア接続から構成されています。データは最下位ビットから送信されます (ビッグエンディアン)。

電気接続



* Command 信号と Data 信号は RS422 準拠のペアの 5V 差動出力で、リードヘッド内部で RC 回路が終端されています。

**総ケーブル長が 5m を超える場合、コントローラ側で終端する必要があります。ケーブルの公称抵抗は 120Ω です。

出力保護

不具合やバス接続に起因する過剰な出力電流や電力損失は、2種類の機構が抑制します。短絡に対しては、出力端子のフォールドバック電流制限が、緊急保護を行います。また、チップの温度が高温になりすぎた場合、サーマルシャットダウン回路がドライバ出力を強制的にハイインピーダンス状態に移行させます。

通信パラメータ

文字長	8bit
パリティ	なし
ストップビット	1
フロー制御	なし
リクエストレート	選択したボーレートごとの最高速度。パケット間で遅延なく継続的に送信可能。
機械サンプリングレート	18kHz
帯域幅*	9kHz
位置の遅延	<10μs (通信ごとに再算出)

*帯域幅パラメータは機械的帯域です。AksIM は 18kHz でサンプリングを行います。そのため、機械的な変更を施しても、9kHz よりも速い場合は出力に反映されません (標本化定理)。位置データがサンプリング周波数よりも速くリクエストされる場合、AksIM はその時のリング速度を基に、リクエスト時の位置を再計算します。9kHz 帯域幅は 2°以下の極めて動的な動作にのみ有効です。

パーツ No. の通信プロトコルのタイプでリンク速度を選択できます。

通信プロトコルのタイプ	A	B	C	D	E	F
リンク速度 (ボーレート)	115.2kbps	128kbps	230.4kbps	256kbps	500kbps	1Mbps

リンク速度は現場で変更可能です。32 ページのセクション「エンコーダのプログラミング」を参照してください。

出荷時設定の復元はできません。現在の設定は、エンコーダに異なる設定をするまで有効です。

データシート MBD12_01

AksIM-2 は、位置データ読み取りコマンドや追加情報読み取りコマンドなどさまざまなコマンドに対応しています。括弧内の数値は、マルチターンカウンタ使用時の値です。

コマンド (ASCII)	応答
1	1+3 (5)B (位置+エラー/警告ビット)
3	3 (5)B (位置+エラー/警告ビット)
d	d+3 (5)B (位置+エラー/警告ビット)+2B (詳細ステータス)
s	s+3 (5)B (位置+エラー/警告ビット)+3B (速度 (単位: rev/min))
t	t+3 (5)B (位置+エラー/警告ビット)+1B (温度 (単位: °C))
a	a+3 (5)B (位置+エラー/警告ビット)+2B (信号強度)
i	i+7B (自己キャリブレーションステータス)
v	v+58B (バージョン情報とシリアル No.) (ファームウェアバージョン 2.5 で変更)

コマンド「3」は、最短の応答をリクエストするのに使用します。この場合、位置データの 3B (マルチターンカウンタ使用時は 5B) の位置データ、一般エラービット、一般警告ビットが返されます。

他のコマンドの場合は、ヘッダーバイト (コマンド自体と同じサイズ) が最初に返されます。そして、3B (マルチターンカウンタ使用時は 5B) の位置データ、一般エラービット、一般警告ビットが返されます。その後、リクエストされた情報を伝達する他のバイトが返されます。

返されたヘッダーバイトはコマンドと同じサイズであり、デコードされるデータパケットフォーマットの特定に使用できます。不正なコマンドの場合は、ヘッダーバイトのみ返され、他のデータは返されません。

位置データパケットの構成

位置データは、シングルターンの場合で 3B、マルチターンの場合で 5B で構成されます。常に左揃えで、マルチターンの場合はマルチターンデータから始まります。エラービットおよび警告ビットは右揃えです (それぞれ bit 1 と bit 0)。位置データの最下位ビットとエラービットの間には、値が 0 のパディングビットが入ります。エンコーダ分解能ごとの位置データバイトの構造は、SPI (Serial peripheral interface: シリアルペリフェラルインターフェース) に記載のとおりです。

シングルターンの場合の位置データの構造			
エンコーダ分解能	位置データのビット	パディングビット (0)	エラービット、警告ビット
17B	b23~b7	b6~b2	b1、b0 (どちらもアクティブロー)
18B	b23~b6	b5~b2	b1、b0 (どちらもアクティブロー)
19B	b23~b5	b4~b2	b1、b0 (どちらもアクティブロー)
20B	b23~b4	b3~b2	b1、b0 (どちらもアクティブロー)

マルチターンの場合の位置データの構造			
エンコーダ分解能	位置データのビット	パディングビット (0)	エラービット、警告ビット
17M	b39~b7	b6~b2	b1、b0 (どちらもアクティブロー)
18M	b39~b6	b5~b2	b1、b0 (どちらもアクティブロー)
19M	b39~b5	b4~b2	b1、b0 (どちらもアクティブロー)
20M	b39~b4	b3~b2	b1、b0 (どちらもアクティブロー)

位置データに組み込まれたエラービットと警告ビットは、常に反転して送信されます (アクティブロー)。エラービットが「0」の場合、位置データが無効であることを示しています。警告ビットが「0」の場合、位置データは有効ですが、エンコーダ動作状態の限界が近づいています。エラー時は、直近で有効だったデータが送信されます。

シングルターンの場合の、コマンドおよび対応する応答を記載します。

マルチターンの場合は、位置データ長が 2B 長くなります。

コマンド 1	
送信バイト	内容
B1	ASCII ヘッダー 1
B2~B4	位置データ+エラー/警告
コマンド 3	
送信バイト	内容
B1~B3	位置データ+エラー/警告

コマンド d	
送信バイト	内容
B1	ASCII ヘッダー d
B2~B4	位置データ+エラー/警告
B5~B6	詳細ステータス (次ページの表を参照してください)
コマンド s	
送信バイト	内容
B1	ASCII ヘッダー s
B2~B4	位置データ+エラー/警告
B5~B7	回転速度 (符号付き二進数、単位: rev/min)
コマンド t	
送信バイト	内容
B1	ASCII ヘッダー t
B2~B4	位置データ+エラー/警告
B5	センサー温度 (符号付き二進数、単位: °C)。一般的に、周囲温度より 10~15°C 高い値になります。読取り値の公差は ±5°C です。
コマンド a	
送信バイト	内容
B1	ASCII ヘッダー a
B2~B4	位置データ+エラー/警告
B5~B6	信号強度 (符号なし二進数)。 信号強度は、リードヘッドとリング間の距離に比例します。実距離は、20 ページに記載の式から算出してください。
コマンド i	
送信バイト	内容
B1	ASCII ヘッダー i
B2	自己キャリブレーションステータス (文書 MBD03 を参照してください)
B3~B4	リングの偏心
B5~B6	2B: 偏心のフェーズ (°)
B7~B8	リードヘッドの径方向のずれ (±µm)
コマンド v	
送信バイト	内容
B1	ASCII ヘッダー v
B2~B8	ASCII 識別文字列「AksIM-2」
B9	空白文字
B10~B17	ASCII シリアル No. (8 文字)
B18	空白文字
B19~B34	ASCII パーツ No. (16 文字)
B35	空白文字
B36	バイナリファームウェアメジャーバージョン
B37	バイナリファームウェアマイナーバージョン
B38	バイナリ通信プロトコルバージョン
B39~B42	バイナリリビジョン
B43	空白文字
B44~B59	ASCII 拡張シリアル No. (16 文字)

詳細ステータスビットの構成 (2B)

詳細ステータス (パート 1)	
b15	エラー: マルチターンカウンタの不一致。電源 OFF 中に、エンコーダが±90°より大きく回転しました。電源を OFF→ON してエラーをクリアするか、マルチターンカウンタに新しい値を設定してください。
b14	エラー: 信号振幅が大きすぎます。リードヘッドとリングが近すぎるか、外部磁場が発生しています。
b13	警告: 信号振幅が大きすぎます。リードヘッドとリングが近すぎるか、外部磁場が発生しています。
b12	エラー: 磁気センサーエラー。エンコーダの電源を OFF→ON します。
b11	エラー: センサー読み取りエラー。原因として、電気的な干渉、グラウンドループまたは無線周波妨害が考えられます。
b10	エラー: エンコーダの設定が不正です。
全般ステータス	
b9	エラー。このビットが設定されている場合、位置データは無効です。
b8	警告。このビットが設定されている場合、エンコーダの動作状態が限界に近づいています。位置データは有効です。分解能および/または精度が仕様以下の可能性があります。
エラーおよび警告ビットは同時に設定されることがあります。この場合はエラービットが優先します。 全般ステータスビットの値は、リードヘッド LED の色で示されます。 赤=エラー、オレンジ=警告、緑=正常動作、および消灯=電源 OFF です。 警告またはエラーステータスは、詳細ステータスビットにより詳細に定義されます。	
詳細ステータス (パート 2)	
b7	警告: 信号振幅が大きすぎます。リードヘッドとリングが近すぎるか、外部磁場が発生しています。
b6	警告: 信号振幅が小さすぎます。リードヘッドとリング間の距離が遠すぎます。
b5	エラー: 信号消失。リードヘッドとリングのアライメントが不良か、リングが損傷しています。
b4	警告: 温度範囲外。リードヘッド温度が仕様範囲外です。
b3	エラー: 電源エラー。リードヘッドの電源電圧が仕様範囲外です。
b2	エラー: システムエラー。回路内の不具合または不正なキャリブレーションデータが検出されています。システムエラービットをリセットするには、立ち上がり時間が 20ms より短い間に電源を OFF→ON します。
b1	エラー: 磁気パターンエラー。漂遊磁場が存在しているか、金属粒子がリードヘッドとリングの間に存在しているか、リードヘッドとリングの径方向のずれが公差外になっています。
b0	エラー: 加速度エラー。位置データの変化が速すぎます。漂遊磁場が存在しているか、金属粒子がリードヘッドとリングの間に存在しています。

エンコーダのプログラミング

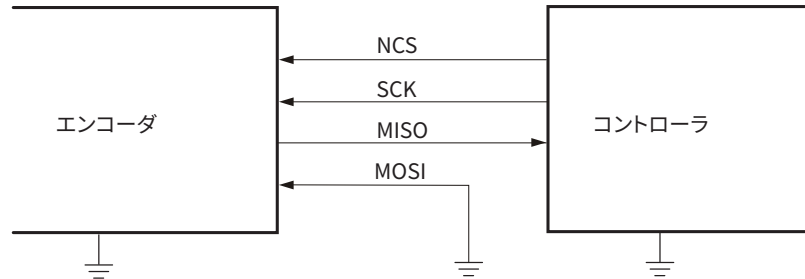
デフォルトボーレートの変更、自己キャリブレーション機能の実行、信号強度、温度、詳細ステータスビットの読出し、およびフレームレート (変更可能) で選択したデータパケットの自動送信設定が可能です。詳細については、「アプリケーションノート: Programming encoders with Async serial interface (文書 No. MBD03)」を参照してください。

SPIバスは4線双方向同期シリアル通信プロトコルで、一般的に短距離通信に使用されます。SPIが作動する全二重モードでは、マスター(コントローラ)がNCSラインでスレーブを選択、SCKラインでClock信号を生成、MOSIラインでコマンドを送信、MISOラインでデータを受信します。

AksIM-2では、SPIを介して位置情報のみを取得することも、EncoLinkプロトコルを介して全レジスタにアクセスすることもできます。詳細については、[MBD08](#)を参照してください。

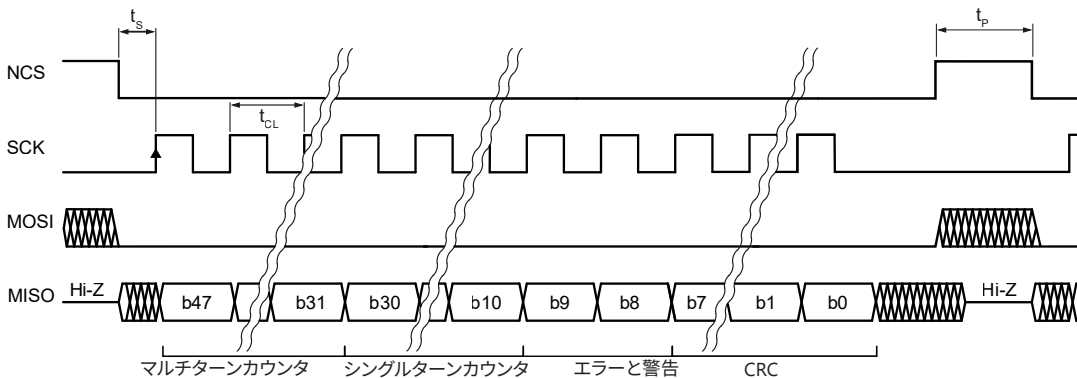
電気接続

データ信号はすべて3.3V LVTTTLです。入力の許容範囲は5Vです。信号ラインに流れる最大電流は5mAを超えないようにしてください。各信号はシングルエンドで、通信はできるだけ短距離にしてください。特に高周波数の使用時は、注意してください。信号の終端処理: 100Ω抵抗器を全SPI信号と直列で追加します。



信号	内容
NCS	アクティブロー。NCSラインはマスターとスレーブの同期に使用されます。通信中は、ローとする必要があります。インアクティブ中はハイです。NCSがハイの場合、MISOラインがhigh-Zモードになります。NCS以外のすべてのラインを共有しながら、複数のスレーブを平行接続できます。
SCK	シリアルクロック。立ち上がりエッジでデータをシフトアウトします。
MOSI	マスター出力 → スレーブ入力。コントローラからエンコーダへのコマンドです。位置データのみを要求する場合は、この信号を常に0にしておく必要があります。GNDに接続可能です。
MISO	マスター入力 ← スレーブ出力。NCSがローになった後、SCKの立ち上がりエッジでデータが出力されます。NCSがハイの場合、MISOラインがhigh-Zモードになります。

SPI タイミングチャート



コントローラがNCS信号をローに設定して通信を開始します。同時に、エンコーダの位置がラッチされます。 t_s の遅延は、クロック信号SCKの立ち上がりエッジでMISO出力にシフトするデータを、エンコーダ側が準備するために必要です。位置データと全般ステータスデータ(アクティブロー)が送信され、その後全データパケットのCRC(反転)が送信されます。

データシート
MBD12_01
通信パラメータ

パラメータ	シンボル	最小	最大
クロック周期	t_{CL}	250ns	
クロック周波数	f_{CL}		4MHz
NCS がローになってから最初の SCK 立ち上がりエッジまでの時間	t_s	5 μ s	
一時停止時間	t_p	5 μ s	

エンコーダ位置データの構造

マルチターンの場合	
b47~b32	マルチターンカウンタ (パーツ No. で指定時): 左揃え、最上位ビットから送信。
b31~b10	エンコーダの位置+0 のパディングビット: 左揃え、最上位ビットから送信。
b9	エラー: ローの場合は、位置データが無効です。
b8	警告: ローの場合は、位置が有効でも作動条件が限界値に近づいています。
b7~b0	反転 CRC、多項式 0x97
シングルターンの場合	
b31~b10	エンコーダの位置+0 のパディングビット: 左揃え、最上位ビットから送信。
b9	エラー: ローの場合は、位置データが無効です。
b8	警告: ローの場合は、位置が有効でも作動条件が限界値に近づいています。
b7~b0	反転 CRC、多項式 0x97

CRC の算出例については、アプリケーションノート CRCD01 を参照してください。www.rls.si/aksim-2 からダウンロードできます。

エンコーダのプログラミング

AksIM-2 にはゼロ位置設定機能と自己キャリブレーション機能が搭載されています。EncoLink プロトコルを使うことで、他の機能を追加できます。その場合は、MOSI 信号をエンコーダとコントローラ間で接続する必要があります。

詳細については、MBD08 を参照してください。www.rls.si/aksim-2 からダウンロードできます。

PWM: パルス幅変調プロトコル

PWM は、Status 信号と PWM Out 信号の 2 種類のデジタル信号から構成されます。

電気接続

Status 信号と PWM Out 信号は 3.3V TTL と互換です。両信号の出力には十分な ESD 保護は施されていません。そのため、リードヘッドは、ESD 制御環境下にて ESD 保護のうえ注意して扱ってください。
信号ラインに流れる最大電流は 5mA を超えないようにしてください。

Status 信号

Status 信号はエンコーダの最新の状態を示します。エンコーダが正常に動作していて、位置情報が有効な場合にハイになります。Status 信号がローの場合は、下記の原因によりエンコーダがエラーになっている可能性があります。

- 取付け公差範囲外での動作
- リング磁性の不正または損傷
- センサーの不具合
- システムエラー
- 電源供給なし

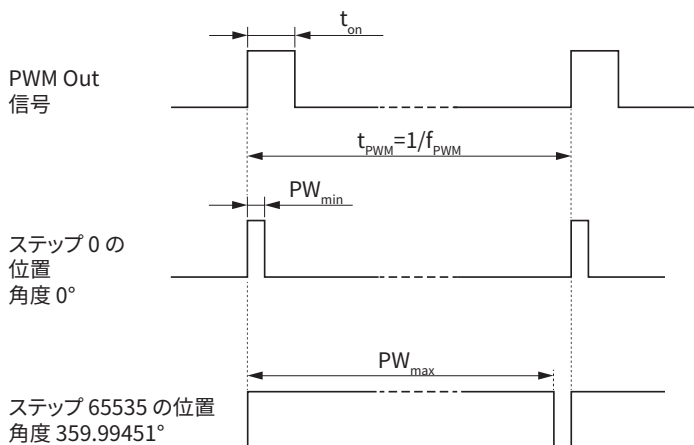
Status 信号がローの場合は、PWM Out 信号もローになり、パルスが出力されません。

エンコーダの位置は、PWM Out 信号の立ち上がりエッジでラッチされます。PWM Out 信号の立ち上がりエッジでも、ステータス信号をチェックする必要があります。PWM 周期中に Status 信号が変化しても、送信中の位置情報には影響しません。Status 信号は PWM の出力周期とリンクしていません。エンコーダの内部サイクルで更新されます。パルスの発生周期は 50μs です。

PWM Out 信号

PWM Out 信号は分解能 16bit のパルス幅変調出力で、そのデューティサイクルは測定された位置に比例します。PW_{min} のパルス幅の変化は、1 カウント分の位置変化(360°÷65536=約 0.00549°の角度変化) に相当します。

PWM Out 信号のタイミングチャート



通信パラメータ

パーツ No. の通信プロトコルのタイプにより、PWM 周波数とその他の依存パラメータが定義されます。

パラメータ	シンボル	通信プロトコルのタイプ					単位	注
		A	B	C	D	E		
PWM 周波数	f _{PWM}	122.07	274.66	366.21	549.32	1098.63	Hz	
信号周期	t _{PWM}	8192	3640.89	2730.67	1820.44	910.22	μs	
最小パルス幅	PW _{min}	0.125	0.0556	0.0417	0.0278	0.0278 **	μs	位置 0 (角度 0°)
最大パルス幅	PW _{max}	8191.875	3640.83	2730.63	1820.42	910.20 **	μs	位置 65534 および 65535*
最小カウンタ周波数	f _{CNTR}	8	18	24	36	72	MHz	受信カウンタ周波数
分解能		16bit	16bit	16bit	16bit	16bit		固定。パーツ No. 内での分解能は「16B」

*位置 65535 と 65534 は統合されて、65534 (PW_{max}) として読み出されます。

**周波数 1099Hz では、位置 0 と 1 は統合されて、1 (PW_{min}) として読み出されます。位置 65535、65534 および 65533 は統合されて、65533 (PW_{max}) として読み出されます。

$$\text{位置 [カウント]} = \frac{t_{\text{on}} \times 65536}{t_{\text{PWM}}} - 1$$

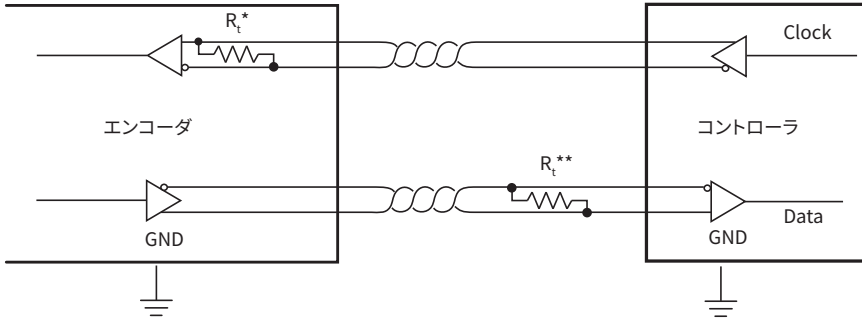
$$\text{位置 [°]} = \frac{(t_{\text{on}} - \text{PW}_{\text{min}}) \times 360^\circ}{t_{\text{PWM}}}$$

SSI: 同期シリアルインターフェース

SSI は既存ユーザー用で、新規設計には推奨しません。

位置データは最大 20bit のバイナリコードで構成され、SSI プロトコル中にはエンコーダのステータス情報も含まれます。位置データは左揃えです。位置データの後ろに、2bit の全般ステータスビット、次に詳細ステータスビットが続きます。SSI プロトコルは、更新速度が遅く、遅延が大きい(ばらつく)ため、クローズドループやモータフィードバックへの使用には推奨しません。

電気接続



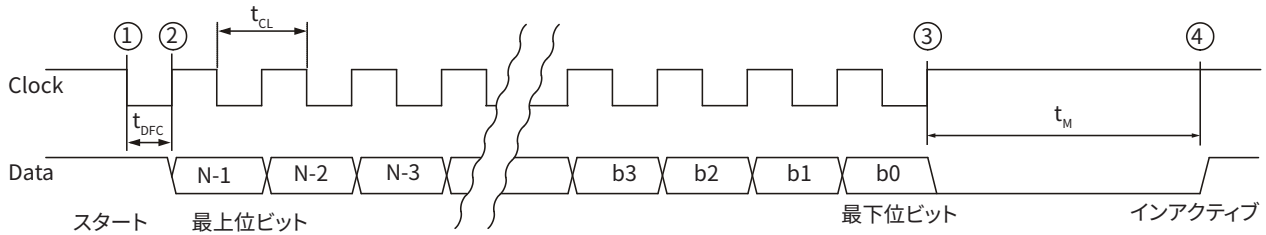
* Clock 信号と Data 信号は RS422 準拠のペアの 5V 差動出力で、リードヘッド内部で RC 回路が終端されています。

**総ケーブル長が 5m を超える場合、コントローラ側で終端する必要があります。ケーブルの公称抵抗は 120Ω です。

出力保護

不具合やバスの競合に起因する過剰な出力電流や電力損失は、2 種類の機構が抑制します。短絡に対しては、出力端子のフォールドバック電流制限が、緊急保護を行います。また、チップの温度が高温になりすぎた場合、サーマルシャットダウン回路がドライバ出力を強制的にハイインピーダンス状態に移行させます。

SSI タイミングチャート



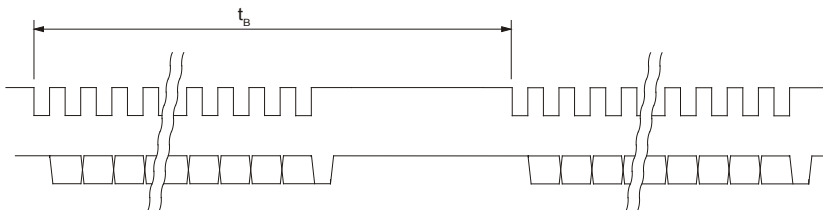
注: 27 ページの「データパケットの構造」の表を参照してください。

コントローラが Clock 入力にパルス列を送信して、エンコーダの位置とステータスデータをリクエストします。Clock 信号は、必ずハイから始まります。最初の立ち下がりエッジ①で、有効な最後の位置データがラッチされ、最初の立ち上がりエッジ②で、位置データの最上位ビットが Data 信号に送信されます。その後、次の立ち下がりエッジで Data 信号がラッチされます。Clock 信号の以降の立ち上がりエッジで、以降のビットが送信されます。①と②間の時間が 1μs 延びる場合、クロック周波数の上限は 500kHz ではなく 2MHz です。これは「初回クロックの遅延」と呼ばれる機能で、エンコーダを接続するコントローラが対応しておく必要があります。

最終ビットの送信後③には、Data 信号がローになります。t_M 時間が経過④すると、Data 信号が不定になります。次の読取りを行うには、Clock 信号が t_M 以上の時間ハイになっている必要があります。

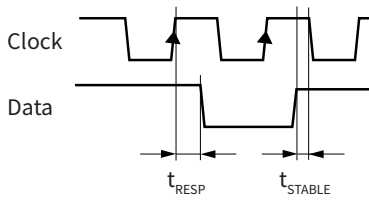
データの読取り中は、周期 t_{CL} が常に t_M 未満である必要があります。しかし、t_M の時間にわたって Clock 信号をハイに設定することで、エンコーダの位置の読取りをいつでも終了できます。

位置データの更新を行うには、2 回の連続した読取りの間に t_B 以上の時間が経過する必要があります。前の読取りから t_B 経過する前に読取りのリクエストが届いた場合、エンコーダ位置は更新されません。



電源は、Clock 信号がエンコーダに送られる 100ms 以上前に供給する必要があります。

最高周波数

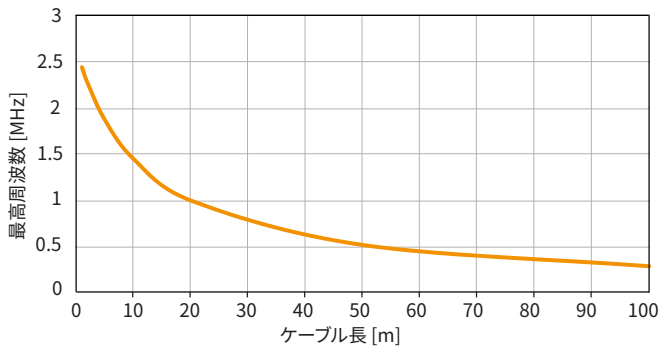


リードヘッドが入力されるクロックに反応するのに、170ns かかります (t_{RESP})。Clock ラインの立ち上がりエッジ後、Data 信号の変化が 170ns 遅れます。また、信号がケーブルを通過してリードヘッドまで到達して戻る時間分さらに遅れが生じます (t_{PROP})。この遅れは、ケーブル 1m あたり平均 14ns です。Data 信号は、クロック周期の 10% 以上の時間、値がラッチされる前に安定しておく必要があります。

クロック周波数は、ケーブルを長くすると低くなります。そのため、エンコーダとコントローラ間の総ケーブル長を考慮する必要があります。

$$t_{DELAY} = t_{RESP} + t_{PROP} \times \text{ケーブル長}$$

ケーブル長と周波数の関係:



通信パラメータ

パラメータ	シンボル	最小	平均	最大
初回クロックの遅延	t_{DFC}	1 μ s		10 μ s
クロック周期	t_{CL}	2 μ s		20 μ s
クロック周波数	f_{CL}	50kHz		500kHz (2.5MHz *)
タイムアウト (タイマー)	t_M		20 μ s	
リクエストレート	t_B	70 μ s		
リードヘッドの応答遅延	t_{RESP}		170ns	
遅延		55 μ s		110 μ s

* コントローラの初回クロックの遅延機能を使用した場合。

スタートビットとインアクティブデータ行の値は、通信プロトコルのタイプにより決まります。

通信プロトコルのタイプ	ライン状態の選択	用途
B	スタートビット=1、 インアクティブデータ行=1	標準

データパケットの構造

シングルターンの分解能	ビット番号			
	マルチターンカウンタ*	エンコーダの位置	全般ステータス	詳細ステータス
20bit	b45~b30	b29~b10	b9~b8	b7~b0
19bit	b44~b29	b28~b10	b9~b8	b7~b0
18bit	b43~b28	b27~b10	b9~b8	b7~b0
17bit	b42~b27	b26~b10	b9~b8	b7~b0

* パーツ No. で選択時

マルチターンカウンタ (パーツ No. で選択時)	
最初の 16bit (前ページの表参照)	マルチターンカウンタ: 16bit を占有。シャフトの回転回数を表す符号付き数値 (±32768) または符号なし数値 (0~65535) として解釈可能。
エンコーダの位置	
以降の 17~20bit (前ページの表参照)	エンコーダの位置: 左揃え、最上位ビットから最下位ビットの順に送信。
全般ステータス	
b9	エラービット。設定されている場合、位置データが無効です。
b8	警告ビット。設定されている場合、エンコーダの動作状態が限界に近づいています。位置データは有効ですが、分解能および/または精度が仕様外の可能性があります。
<p>エラーおよび警告ビットは同時に設定されることがあります。この場合は、エラービットが優先します。 全般ステータスビットの値は、リードヘッド LED の色で示されます。 赤=エラー、オレンジ=警告、緑=正常動作、および消灯=電源 OFF です。 警告またはエラーステータスは、詳細ステータスビットにより詳細に定義されます。</p>	
詳細ステータス	
b7	警告: 信号振幅が大きすぎます。リードヘッドとリングが近すぎるか、外部磁場が発生しています。
b6	警告: 信号振幅が小さすぎます。リードヘッドとリング間の距離が遠すぎます。
b5	エラー: 信号消失。リードヘッドとリングのアライメントが不良か、リングが損傷しています。
b4	警告: 温度範囲外。リードヘッド温度が仕様範囲外です。
b3	エラー: 電源エラー。リードヘッドの電源電圧が仕様範囲外です。
b2	エラー: システムエラーまたはマルチターンエラー。回路内の不具合または不正なキャリブレーションデータが検出されています。 システムエラービットをリセットするには、立ち上がり時間が 20ms より短い間に電源を OFF→ON します。
b1	エラー: 磁気パターンエラー。漂遊磁場が存在しているか、金属粒子がリードヘッドとリングの間に存在しているか、リードヘッドとリングの径方向のずれが公差外になっています。
b0	エラー: 加速度エラー。位置データの変化が速すぎます。漂遊磁場が存在しているか、金属粒子がリードヘッドとリングの間に存在しています。

リードヘッドのパーツ No.

MB 049 DC C 18B D N T 00

シリーズ
MB: AksIM 基板型リードヘッド

対応 MRA リング
022: MRA022 リング
029: MRA029 リング
039: MRA039 リング
049: MRA049 リング
053: MRA053 リング
064: MRA064 リング
080: MRA080 リング

通信プロトコル
DC: BiSS-C, RS422
SF: 非同期シリアル, RS422
SP: SPI (Serial peripheral interface: シリアルペリフェラルインターフェース)、LVTTL**
PW: パルス幅変調 (PWM)、LVTTL**
SC: 同期シリアルインターフェース (SSI)、RS422

通信プロトコルのタイプ
使用する通信プロトコルに関する表や説明を参照してください
DC の場合 C: BiSS-C、双方向、13 ACK ビット、レジスタアクセス対応
SC の場合 B: スタートビットとインアクティブデータ行 1 (標準)
SP の場合 L: SPI
SF の場合 リンクスピード (単位: kbps)

A	B	C	D	E	F
115.2	128	230.4	256	500	1000

PW の場合 ベース周波数 (単位: Hz)

A	B	C	D	E
122	275	366	549	1099

*新規設計には推奨しません。
**SPI および PWM は MB022 または MB049-E では選択できません。
24 ページの「高圧環境での動作」を参照してください。

特殊要件
00: 特殊要件なし (標準)

オプション
T: 拡張温度範囲 (標準)
L: 拡張低温温度範囲 (-40°C~+85°C (MB022 のみ))
P: 高圧 (最高 600bar)*

対応コネクタ
N: FCI 10114830-11108LF
P: はんだパッド (DC、SF および SC)。MB049-E は非対応

形状およびコネクタの向き
D: パーシャルアーク、径方向にコネクタ引出し (サイズ 049、064 および 080 のみ)
E: パーシャルアーク、接線方向にコネクタ引出し (サイズ 039、049 および 053 のみ)
F: フルサークル、径方向にコネクタ引出し (サイズ 029 のみ)
G: フルサークル、軸方向にコネクタ引出し (サイズ 022 のみ)

分解能
16B: 16bit/回転 (PW 出力のみ対応)
17B: 17bit/回転
18B: 18bit/回転 (サイズ 029 以上)
19B: 19bit/回転 (サイズ 039 以上)
20B: 20bit/回転 (サイズ 053 以上)

マルチターンカウンタオプション
17M: 17bit/回転+16bit マルチターンカウンタ
18M: 18bit/回転+16bit マルチターンカウンタ (サイズ 029 以上)
19M: 19bit/回転+16bit マルチターンカウンタ (サイズ 039 以上)
20M: 20bit/回転+16bit マルチターンカウンタ (サイズ 053 以上)

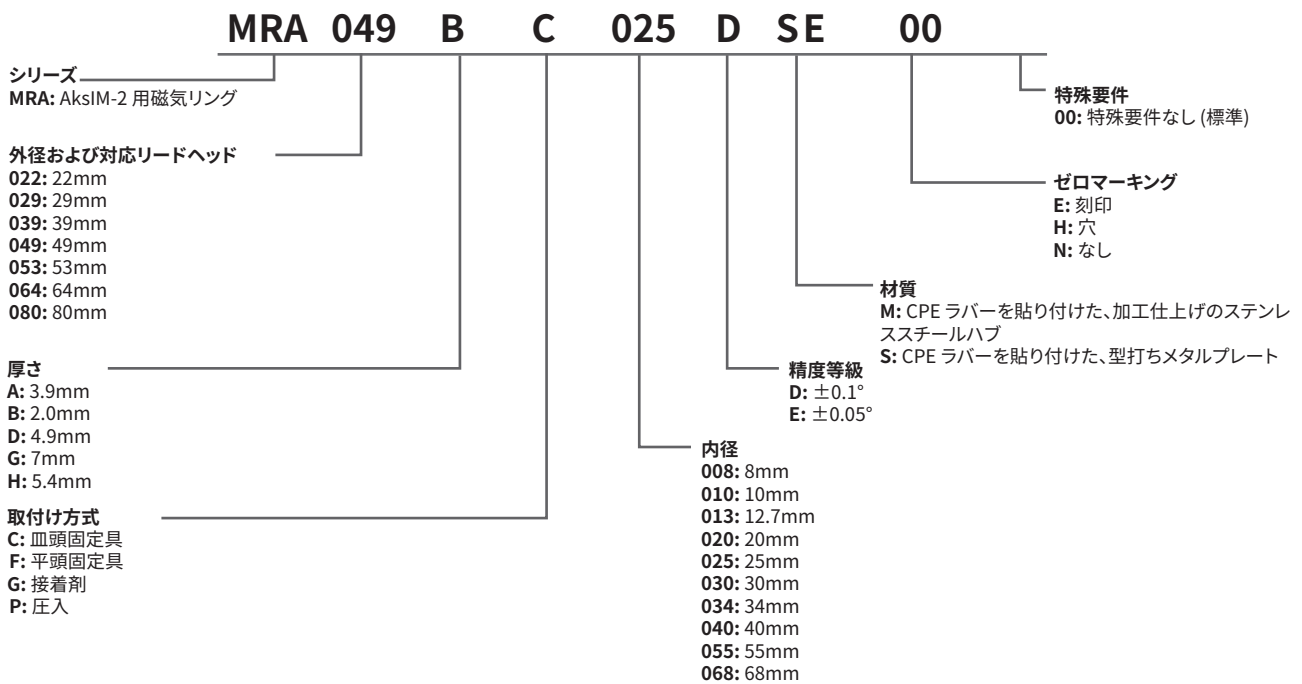
構成可能なリードヘッドのパーツ No.

シリーズ	リングの互換性	通信プロトコルおよびタイプ	分解能	形状およびコネクタの向き	対応コネクタ	オプション	特殊要件
MB	022	DC-C SF-A/B/C/D/E/F SP-L** PW-A/B/C/D/E** (SC-B*)	17B、17M	G	N P	L	00
	029		17B、18B 17M、18M	F		T P***	
	039		17B~19B 17M~19M	E			
	049			D E			
	053			E			
	064		17B~20B 17M~20M	D			
	080						

*新規設計には推奨しません。
**SPI および PWM は MB022 または MB049-E では選択できません。
24 ページの「高圧環境での動作」を参照してください。

データシート
MBD12_01

リングのパーツ No.



構成可能なリングのパーツ No.

シリーズ	外径および対応リードヘッド	厚さ	取付け方式	内径	精度等級	材質	ゼロマーキング	特殊要件		
MRA	022	H	P	008	D	M	N	00		
		B	C	010		S	E			
			G	P		013	M		N	
	039	B		C		020	S		E	
		049	A	F		025	E		M	H
	B		C	D					S	E
			G		034					N
			C		030	E				
	053		G		040	D	S			E
										C
	064	A	F		055	E	M			H
		B	C	D			S		E	
		D	F				068		M	H

指定可能なリングのパーツ No.:

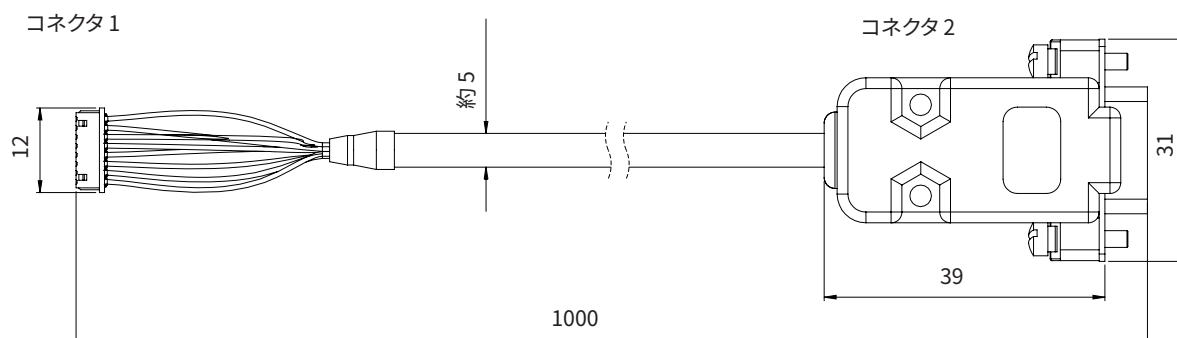
- MRA022HP008DMN00
- MRA029BC010DSE00
- MRA029GP013DMN00
- MRA039BC020DSE00
- MRA049AF025EMH00
- MRA049BC025DSE00
- MRA049BG034DSN00
- MRA053BC030DSE00
- MRA053BG040DSN00
- MRA064BC040DSE00
- MRA080AF055EMH00
- MRA080BC055DSE00
- MRA080DF068DMH00

アクセサリ

圧着コネクタ付きケーブル

対応リードヘッド	パーツ No.	長さ	コネクタ 1	コネクタ 2	注
MB022-N MB029-N MB039-N MB049-N MB053-N MB064-N MB080-N	ACC015	1.0m	FCI 10114826-00008LF および 10114827-002LF	フライングリード	シングルシールド
	ACC016			D サブ9 ピン (オス)	

単位: mm



コネクタ 1 FCI 10114826-00008LF	コネクタ 2 D サブ9 ピン (オス)	ワイヤの色	BISS-C	非同期シリアル	SPI	PWM	SSI
ピン番号							
	1	シールド					
1	5	茶			供給電圧 5V		
2	9	白			0V (GND)		
3	8	ピンク			温度センサーピン 1		
4	4	グレー			温度センサーピン 2		
5	2	赤	MA+	RX コマンド入力+	SCK	Status	Clock+
6	3	青	MA-	RX コマンド入力-	NCS	-	Clock-
7	6	緑	SLO+	RX データ出力+	MISO	PWM Out	Data+
8	7	黄	SLO-	RX データ出力-	MOSI	-	Data-

ケーブルの仕様

パーツ No.	ACC015、ACC016		
ケーブルの仕様	LI12YC12Y		
構成	4×2×0.14mm ²		
シースの色	グレー (RAL7032)		
定格電圧	250V		
温度範囲	動的: -30°C~+125°C 静的: -40°C~+130°C	D サブ9 ピンコネクタ (オス) 付きのケーブルには該当しません。	
環境準拠	RoHS 準拠 73/23/EWG ガイドライン CE 準拠 ハロゲンフリー		
化学物質耐性	酸、塩基および一般的なオイルに対して大部分が耐性あり 塗料に損傷を与える物質やシリコンには触れさせないこと		

ACC016 は、E201-9S または E201-9B USB エンコーダインターフェースに直接接続可能です。

RLS はレニショー株式会社の関連会社です。

連絡先

レニショー株式会社

東京オフィス	名古屋オフィス
〒160-0004	〒456-0036
東京都新宿区四谷4-29-8	愛知県名古屋市熱田区熱田西町 1-21
レニショービル	レニショービル名古屋
T 03-5366-5316	T 052-211-8500
F 03-5366-5320	F 052-211-8516

www.rls.si

本文書は、英語版から翻訳して作成した資料です。

本製品は、本製品のデータシートに明示的に記載された環境制限および動作パラメータの範囲外での使用を想定して設計されたものではありません。製品は、医療、軍事、航空宇宙、自動車もしくは石油ガスにおける用途、または製品の欠陥が重大な環境もしくは物的損害、死亡事故もしくは人身事故につながるおそれがある、事故や安全に重大な関わりのある用途での使用を想定して設計されたものではありません。かかる用途で製品を使用する場合、販売者は書面によってかかる使用に合意する必要があり、かかる使用は、販売者が独自の裁量によって課した追加条件に準拠するものとします。かかる用途における製品の使用は、購入者が責任を負うものとし、購入者は、かかる使用によって生じたあらゆる責任、損失、損害または費用に関して販売者およびその関連会社を免責し、すべてを自らが補償することによって販売者を保護するものとします。本データシートに記載されている情報は、管理された実験環境で実施された製品試験から取得したものであり、かかるデータは記載されている公差および差異、または（記載がない場合は）通常の取引慣行および試験方法に基づく公差および差異の影響を受けるものとします。1個以上の動作パラメータが最大値である場合を含む、実験環境外の本製品の性能は、本製品のデータシートに準拠していない場合があります。本製品のデータシートに記載されている情報は、購入者もしくはその顧客が本製品を使用する可能性がある用途、最終用途または動作環境における、本製品の性能を反映していません。販売者およびその関連会社は、購入者の適用、使用、最終用途、プロセスもしくは他の製品との組み合わせに対する本製品の適合性、または購入者もしくはその顧客が本製品の使用に伴い生じる可能性がある結果について、いかなる推奨、保証または表明も行わないものとします。購入者は、自己の知識、判断、専門性および試験によって、購入者の用途、最終用途および/または動作環境に対する本製品の採用を決定するものとし、販売者もしくはその関連会社が何らかの目的で作成した口頭もしくは書面による声明、表明またはサンプルにかかる決定を委ねないものとします。販売者の販売条件に明示的に規定されている保証を除き、販売者は、商品性または特定の目的に対する適合性の保証を含む、本製品に関するいかなる明示的または黙示的保証も行わず、かかる保証を否認し、除外します。いかなる販売も、販売者の独占的な販売条件に準拠するものとします。販売者が (a) RLS merilna tehnika d.o.o. の場合は <https://www.rls.si/customer-service> にて、(b) その他の場合は別途お問い合わせください。いずれの場合も、販売条件は独占的なものであり、本データシートに参考資料として組み込まれています。その他のいかなる条件も適用されません。購入者は、本製品の環境制限および動作パラメータの範囲を拡大する、もしくは本データシートに明示的にきさいされた、もしくは販売者が書面によって合意した許容範囲外の使用を暗示する声明または表明を行う権限はありません。

RLS merilna tehnika d.o.o. では、本書作成にあたり細心の注意を払っておりますが、内容について保証または表明を行うものではありません。また、誤記等により発生するいかなる損害の責任を負うものではありません。 © 2020 RLS d.o.o.