

エンコーダ  
技術情報



# エンコーダ

## 技術情報

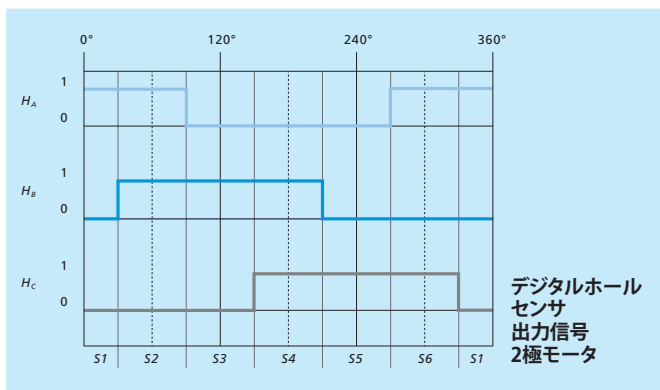
### 全般

ファウルハーバー社製モータに搭載するセンサとエンコーダはオプションが幅広く、速度制御から高精度ポジショニングに至る広範囲の運転用途に広くお使いいただけます。

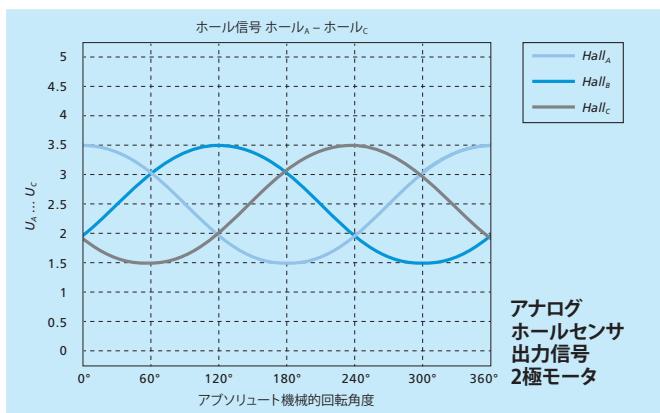
### センサとエンコーダ

ファウルハーバー社製モータは、センサとエンコーダを組み合わせさせていただきます。一般的にエンコーダは、速度や位置制御に使用される角度測定のためのセンサです。

センサという用語については、モータ回路基板に直接取り付けられているファウルハーバーブラシレスDCモータの中のデジタルおよびアナログのホールセンサのことを指します。デジタルホールセンサは、主としてブラシレスDCモータの整流や単純な速度制御に用いられます。殆ど全てのファウルハーバーブラシレスDCモータは、一体型デジタルホールセンサを標準装備しています。



更に、アナログホールセンサは通常はオプションとしてご利用いただけるものです。



高分解能であるため、アナログホールセンサは高精度な速度制御や位置制御にも使用でき、エンコーダのコスト削減、軽量化と小型化を可能にします。アナログホールセンサのオプションは、モータのデータシート中の「オプション、ケーブル、接続情報」でご覧ください。このオプションを選択すると、エンコーダが不要になります。スペースとコストが節約され、アナログホールセンサは、ブラシレスDCモータでのほとんどのポジショニング用途において最善の解決策を提供してくれます。このオプションを選択する場合、アナログホール信号専用に設計されたファウルハーバーコントローラとセンサを併用していただくことをお勧めいたします。

### 機能性

#### 測定原理

ファウルハーバセンサおよびエンコーダは、磁気式または光学式の測定原理に基づいて作動します。

磁気式エンコーダは、特に、ダスト、湿度および温度や機械的衝撃の影響を受けません。磁気式エンコーダの中で、センサは磁場の変化を判定する為に使用されます。磁性体の動きによって磁場が変化します。これが、モータシャフトに測定用として固定された追加のセンサマグネットやモータのマグネットとなります。一般的に、エンコーダに対して、追加のセンサマグネットが必要となります。

統合されたデジタルもしくはアナログホールセンサの場合、モータの中のロータマグネットの動作は直接測定が可能です。一般的に、統合されたホールセンサでは、追加のセンサマグネットは必要ありません。

光学式エンコーダは、非常に高いポジショニング精度と再現性、更に、高精度の測定エレメントによる極めて高い信号品質を特徴としています。更に、磁気干渉の影響を受けません。光学式エンコーダの中で、測定エレメントを内蔵したコードディスクはモータのシャフトに取り付けられて使用されます。反射型および透過型光学式エンコーダとの間で識別が行われます。反射型エンコーダの場合、LEDからの光は、反射表面によってコードディスクに反射され、フォトディテクタが回収します。LED、フォトディテクタおよび電子機器を同じ回路基板や同じチップ上にも装着されるため、反射型光学式エンコーダは特に小型化されています。ファウルハーバーが反射型光学式エンコーダをメインに使用する理由がここにあるのです。光透過型エンコーダの場合、LEDからの光はコードディスクの中のスリットを通過し、コードディスクの反対側にあるフォトディテクタによって収集されます（透過光処理）。

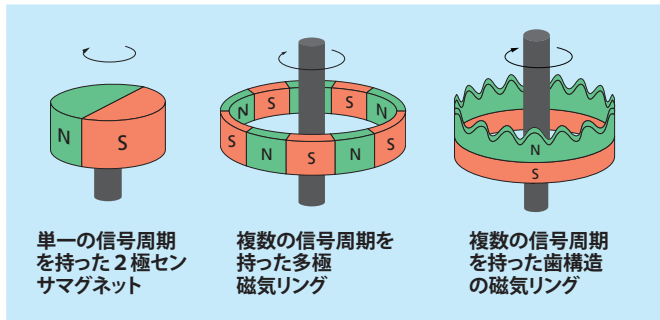
# エンコーダ

## 技術情報

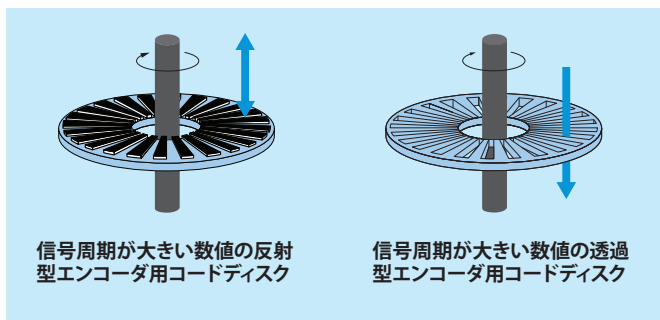
### 移動素子

測定原理と寸法上の制約に応じて、異なる移動素子が様々な種類のファウルハーバーエンコーダに適用されます。移動素子はエンコーダの精度と分解能に大きな影響を及ぼします。一般的に、移動素子の物理的(ネイティブ)分解能が高ければ高いほど、全体としてエンコーダの分解能と精度は高くなります。

磁気式エンコーダでは、シンプルな2極センサマグネットと磁気リングが使用されます。磁気リングは、特殊な歯構造や標的着磁を使って1回転当たりいくつかの信号周期を発生させます。信号周期の数は、磁気リングの物理的分解能に対応しています。



光学式エンコーダでは、コードディスク形状の移動素子が使用されています。反射型エンコーダの場合、光を交互に反射したり吸収したりする一連の表面で構成されています。透過型エンコーダの場合、コードディスクは一連のバーとスリットで構成されています。反射表面やスリットの数は、物理的分解能に対応しています。一般的に、光学式エンコーダは、磁気式エンコーダよりも極めて高いネイティブ分解能があります。



### 信号処理と補間

信号収集用センサに加えて、ファウルハーバーエンコーダは更に信号処理のための電子部品を内蔵しています。センサからの信号を処理し、エンコーダの標準化された出力信号を発生させます。多くのケースでは、信号は補間され、単一の物理的に測定した信号周期を補間することによって複数の信号周期が発生します。このようにして測定の物理的分解能を何倍にも増加させることができます。

### エンコーダの特性に関する特長

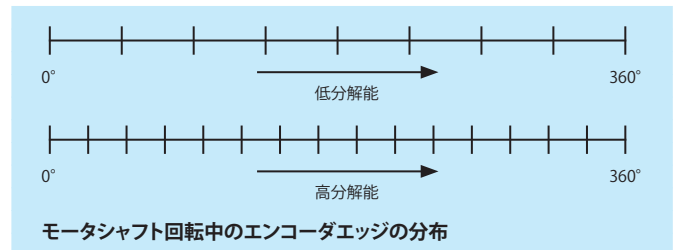
エンコーダの品質は、分解能と精度によって決まります。

#### 分解能

分解能とは、エンコーダが1回転以内に発生し得るエッジまたはステップの数のことです。分解能は、移動素子の物理的分解能と電子機器を介した物理信号の補間で決まります。モータの1回転当たりで得られる情報が大量な為、高分解能はドライブシステムに様々な利点をもたらします：

- 速度制御がスムーズで騒音が少ない
- 低速での運転

モータを位置決め用としてのダイレクトドライブや非常に低速で駆動させる場合には、4000エッジもしくはステップを超える高い分解能が求められます。

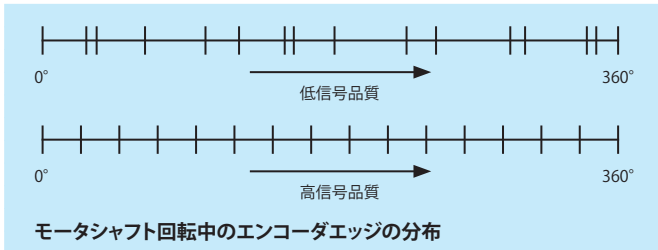


#### 精度

分解能とは別に、精度も大切な役割を持ちます。精度は、移動素子の物理的分解能、および製造される移動素子やエンコーダの精度のみならずドライブシステム全体の精度によって決まります。エンコーダに高い精度があれば、常に信号を同じ間隔で各モータの回転に対して送ることが可能となり、結果として高い信号品質が実現します。

# エンコーダ

## 技術情報



ファウルハーバーエンコーダの信号品質に関する最も重要なパラメータは、位相シフトの許容範囲 ( $\Delta \varphi$ ) です。位相シフトの許容範囲が低いと、エンコーダは均一の信号を送ります。ファウルハーバー磁気式エンコーダに、約  $45^\circ$  の位相シフト許容範囲の高い信号品質がある一方、ファウルハーバー光学式エンコーダは、約  $20^\circ$  の位相シフト許容範囲の特に高い信号品質が実現できます。一般的に、光学式エンコーダは磁気式エンコーダよりも高精度です。

位相シフトの許容範囲の計算に関する詳細は、「位相シフト」の見出しの「技術資料の注意点」の章を参照ください。

高精度または高信号品質はドライブシステムに多くの利点をもたらします。:

- 位置の正確な判定が可能となり、高精度のポジショニングを実現します。
- 速度制御がスムーズで騒音が少ない

モータをダイレクトドライブとして使用し、正確なポジショニングが要求される場合、何にもまして高精度が求められます。

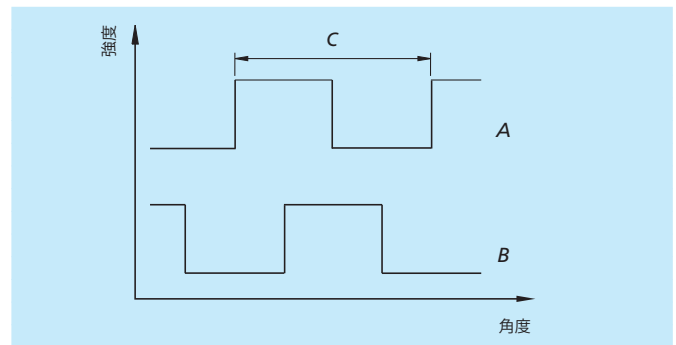
正確にドライブシステムをポジショニングする為には、高精度なエンコーダでは十分ではありません。モータシャフトの同心度の許容差など、ドライブシステム全体の公差を考慮に入れなければなりません。従って、ファウルハーバーエンコーダの精度および位相シフトの公差は、ファウルハーバーモータとの組み合わせで決まります。規定の位置精度と再現性は、ファウルハーバーモータとエンコーダの組み合わせがアプリケーションで実際に達成されるシステムの精度といえます。

## 出力信号

### インクリメンタルエンコーダ

インクリメンタルエンコーダは、均一に分布した1回転あたり特定のパルス数を送信します。すべてのファウルハーバーインクリメンタルエンコーダには、AとBの最低2つのチャンネルがあります。両方のチャンネルから互いに  $90^\circ$  シフトされた矩形波信号、即ち、1/4サイクルのCが送られます。パルスのシフトによって、モータの回転方向が判定できます。

インクリメンタルエンコーダの最高角度分解能は、1回転当たりのパルス数で決まるのではなく、信号エッジの総数で決まります。少なくとも2チャンネルのエンコーダの場合、位相オフセットにより、チャンネルAもしくはチャンネルBの状態は  $90^\circ$  毎に変化します。位置を判定する為に、エッジ、即ち、エンコーダチャンネルの状態変化を評価します。4つのエッジがパルスごとに発生するため、ファウルハーバーインクリメンタルエンコーダの分解能はそれらのパルス数の4倍になる為です。従って、1回転あたり10,000パルスのエンコーダは1回転あたり40,000エッジとなり、これは  $360^\circ / 40,000 = 0.009^\circ$  という非常に高い角度分解能に匹敵します。



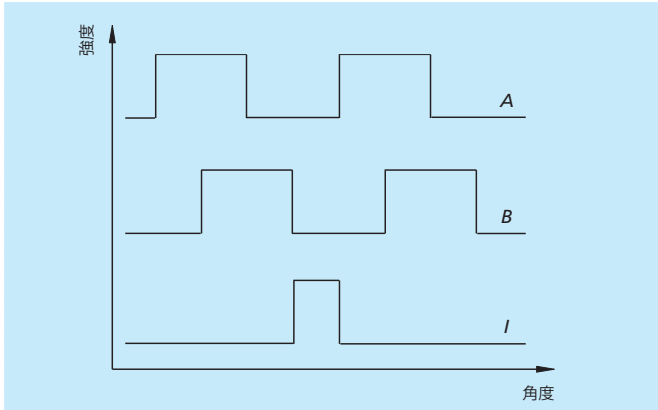
インクリメンタルエンコーダは絶対位置ではなく、相対位置を測定します。インクリメンタルエンコーダは、別の基準位置に対する相対的な位置を測定します。この目的の為に、モータ制御を介し2乗のカウンタを使ってエッジシーケンスに従い信号エッジを前方または後方にカウントする必要があります。電源が遮断されると、この位置の値は失われます。従って、試運転中または電源遮断後、ポジションカウンタを初期化させるために（ホーミング）、ポジショニングシステムは規定の基準位置に移動しなければなりません。基準位置の判定では、基準スイッチやリミットスイッチのような外部の追加センサが通常使用されます。

ハイレベルな精度で基準位置を判定する為に、ファウルハーバー3チャンネルエンコーダには、追加のインデックスチャンネルがあります。インデックスでは、1回転あたり1回の単一のインデックスパルスが発生します。外部の基準スイッチやリミットスイッチは、環境からの影響により比較的高い位置エラーを発生する可能性があり、時折少し早めもしくは少し遅くにパルスが発生することがあります。これにもかかわらず、正確に基準位置を判定するために、インデックスパルスの最初の信号エッジの発生時まで、リミットスイッチの後にドライブシステムを戻すことができるようになっています。この時のこの位置を正確な基準位置として使用することができます。

インデックスパルスは、  $90^\circ$  の幅があり、常にチャンネルAとBの規定の状態が発生します。長い走行距離やエンコーダの複数の回転の場合、インデックスパルスを利用してカウントしたエッジ数を検証することもできます。

## エンコーダ

### 技術情報



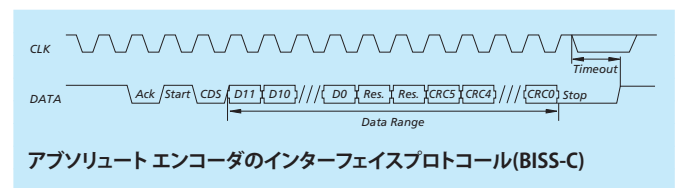
#### アブソリュート エンコーダ

インクリメンタルエンコーダとは異なり、アブソリュートエンコーダは相対位置ではなく、絶対位置を判定します。アブソリュートエンコーダのスイッチをオンにした後、モータシャフトの各位置に対する絶対値が得られます。アブソリュートエンコーダはシングルターンとマルチターンに区別されます。ファウルハーバー製のアブソリュートエンコーダは、シングルターンエンコーダです。シングルターンエンコーダの場合、モータシャフトの各位置は特定のリターン値に該当します。モータシャフトが完全な回転をした後、信号が繰り返されます。しかしながら、シングルターンエンコーダでは完了した回転数に対して絶対的な情報を提供することはできません。但し、1回転以上のポジショニングは依然として単一回転エンコーダの場合は可能です。インクリメンタルエンコーダの場合のように、モータ制御を介してカウンタを使用して回転数を前後にカウントして実行されます。モータ1回転以上の走行距離の場合、電源遮断後に基準点が必要です。モータ1回転以下の走行距離の場合、基準点は不要です。

シングルターンエンコーダとは異なり、マルチターンエンコーダも、追加のセンサと電子メモリ素子を使い、もしくはギヤヘッドを介して走行した回転数を捉えます。このように、複数回転エンコーダは、電子メモリ素子またはギヤヘッドが捉えることのできる規定の回転の最大量の範囲内のモータシャフトの複数の回転中、絶対値を提供します。回転の最大量を超えない場合、基準点は通常不要です。

ファウルハーバーブラシレスDCモータにオプションとして直接取り付けられたアナログホールセンサは、2極テクノロジー搭載のモータと組み合わせた場合、モータシャフトの1回転以内に絶対値を提供し、4極テクノロジー搭載のモータと組み合わせた場合、モータシャフトの半回転以内に絶対値を提供します。その為、アナログホールセンサを使用すると、モータシャフトの1回転または半回転以内のポジショニングでは基準点は不要です。

アブソリュートエンコーダの分解能は回転毎のステップ数で定義し、ビット数で規定します。アブソリュートエンコーダは、複数のビットからシリアルコードを発生します。ファウルハーバーアブソリュートエンコーダは、BISS-CプロトコルでSSIインターフェイスをサポートします。BISS-Cは、最大2MHzまでのクロックスピードとの通信をサポートします。ここで、絶対位置の値(DATA)は、コントローラが指定したサイクル(CLK)と同期して転送されます。



アブソリュートエンコーダのインターフェイスプロトコル(BISS-C)

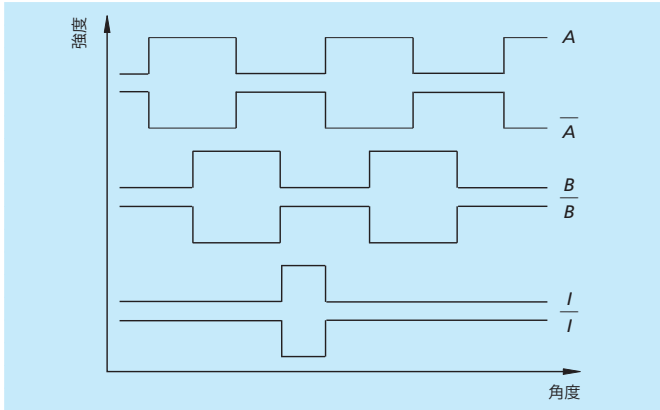
#### ラインドライバ

一部のファウルハーバーエンコーダにはラインドライバが装備されています。ラインドライバにより、すべてのチャンネルに対して追加の差動信号が生成されます。そのため、3つのチャンネルを持つインクリメンタルエンコーダでは、A, B, I および  $\bar{A}$ ,  $\bar{B}$ ,  $\bar{I}$  を利用できます。アブソリュートエンコーダを使用すると、CLKとDATAに加えて、逆シグナルの $\bar{CLK}$  および  $\bar{DATA}$  を利用できます。従って信号送信中に電磁妨害は取り除かれます。特に、エンコーダ信号を5m以上の長い距離に亘って送信し、位置制御をしなければならない場合、ラインドライバのご使用をお勧めいたします。

制御側では、これらの差動信号は受信モジュールと再度組み合わせる必要があります。実際に達成可能なライン長は外周囲の条件や分析のタイプにより変わります。理想は、差動信号はツイストペアであること、そしてモータ相に対してシールドされていることです。それにより、ライン終端で組み合わせさせた干渉が、可能な限りエラーなしでデコードされるようになります。ライン長を伸ばすために、エンコーダ側のライン終端のエンコーダの供給電圧をバッファリングして、供給電圧を安定させるのもよいでしょう。さらに、特性インピーダンス(100~120Ω)を持つライン終端装置も、ライン長の延伸に役立つ場合があります。これは特定の用途においてテストする必要があります。ファウルハーバーのラインドライバは、TIA-422と互換性があります。EIA-422やRS-422としても知られているTIA-422は、ケーブル方式の差動シリアルデータ転送の標準のインターフェイスです。

# エンコーダ

## 技術情報



### CMOSとTTL

ファウルハーバーエンコーダは、通常CMOSおよびTTL規格と互換性があります。このことは、「低」ロジックステートは一般的に0Vで、「高」ロジックステートは5Vを意味しています。コントローラ仕様書の中で示された公差を守っていただく必要があることにご注意ください。

### 包括的な解決策

多くのファウルハーバーエンコーダが、モータの既存の構造の中に高度に集積化されています。モータの中の解決策を統一することにより、軽量化、小型化およびコスト削減が実現します。

ブラシレスDCモータの場合、一体型デジタルおよびアナログホールセンサ、およびIEM3-1024とAESM-4096のエンコーダ等が挙げられます。モータの外側寸法は、これらの装置の影響を受けません。

ファウルハーバーSRシリーズのDCマイクロモータの場合、モータの長さが僅かに1.4~1.7mmほど大きい一体型エンコーダIE2-400、IE2-1024、IEH2-4096およびIEH3-4096が入手可能です。

フラットDCマイクロモータとの組み合わせでは、ファウルハーバーSR-Flatシリーズとして、モータ長さを僅かに2.3mm長くするだけの次の一体型エンコーダIE2-8 および IE2-16を入手していただけます。

## エンコーダ

磁気エンコーダ 2チャンネル デジタル出力  
16~4096パルス/回転

### シリーズ IEH2-4096

	IEH2	-16
1回転のパルス数	N	16
周波数範囲 <sup>1)</sup>	f	5
信号出力(矩形波)		2
供給電圧	U <sub>DD</sub>	4.5
消費電流(標準) <sup>2)</sup>		
出力電流 <sup>3)</sup>		

### 技術データの説明

#### 1回転のパルス数 (N)

各モータシャフトの回転の1チャンネル当たりのインクリメンタルエンコーダ出力で発生するパルス数を示しています。AとBのエンコーダチャンネルの位相オフセットを介して、1ライン当たり4つのエッジが得られます。従って、インクリメンタルエンコーダの回転数はパルス数の4倍となります。例えば、エンコーダに1回転当たり1,024のパルス数がある場合、分解能は1回転当たりエッジ数4,096となります。

#### 回転毎のステップ数

回転毎のステップ数の値は、モータシャフト1回転当たりの位置値の数を示します。この値は、一般的にアブソリュートエンコーダで使用され、インクリメンタルエンコーダのエッジ数または回転数に相当します。

#### 分解能

出力信号のバイナリビット数。アブソリュートエンコーダまたはインクリメンタルエンコーダの回転毎のステップ数は、ビット数2の分解能に相当します。

#### 最大周波数範囲 (f)

エンコーダ周波数の最大値を示します。これは、低信号レベルと高信号レベル間でエンコーダ電子機器が切り替え可能な最大周波数です。エンコーダに関する最大達成可能運転速度 (n)は、この値とパルス数(N)から導き出すことが可能です。この周波数範囲と結果として生ずる速度を超えると、その結果は不正確なデータ伝送につながるもしくはエンコーダの早期故障を招く可能性があります。超高速用途の場合、相応に低いパルス数を選択する必要があります。

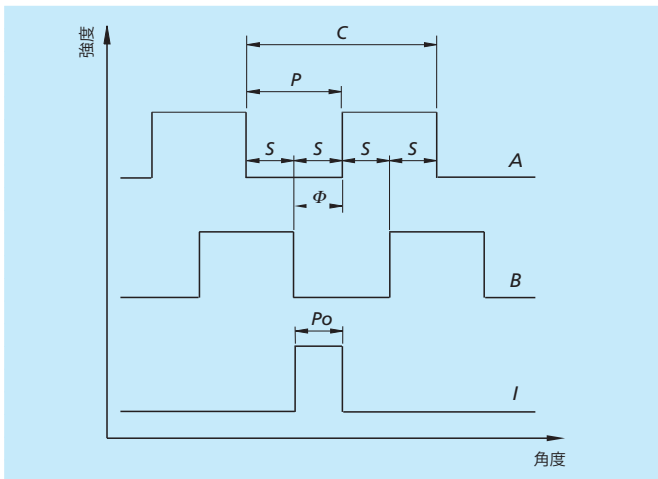
$$n = \frac{60 \cdot f}{N}$$

# エンコーダ

## 技術情報

### 信号出力

インクリメンタルエンコーダの場合、矩形波信号を出力します。2チャンネルエンコーダには、AとBの2つのチャンネルがあります。3チャンネルエンコーダには、追加のインデックスチャンネルがあります。



アブソリュートエンコーダでは、デジタルワードが出力されます。ファウルハーバーエンコーダは、BISS-C プロトコルを使ったSSIインターフェイスを使用します。SSIは、シリアルデータ転送を介して絶対位置情報を入手できるアブソリュートエンコーダのインターフェイスです。

### 供給電圧 ( $U_{DD}$ )

エンコーダが適正に作動する為に必要な供給電圧を規定します。エンコーダの損傷を防止する為に、必ずこの範囲を守ってください。

### 消費電流 ( $I_{DD}$ )

ある特定の作動電圧におけるエンコーダの消費電流を示します。通常、代表的小および部分的最大値が規定されています。

### 最大出力電流 ( $I_{OUT}$ )

信号出力において負荷電流の最大限界値を示します。必要な場合、この値は使用されているコントローラと整合する必要があります。

### パルス幅 (P)

AとBのエンコーダチャンネルの出力パルスの幅(単位: °e)を示します。通常、180 °eです。

### インデックスパルス幅 ( $P_0$ )

インデックスパルス幅はインデックスパルスの幅を示し(単位: °e)、理想値は、90 °eです。

インデックスパルス幅エラー ( $\Delta P_0$ )は、90 °eの理想値からの偏差です。

許容偏差  $\Delta P_0$ :

$$\Delta P_0 = \left| 90^\circ - \frac{P_0}{P} * 180^\circ \right|$$

### 信号位相シフト、チャンネル A ~ B ( $\Delta\Phi$ )

出力信号のAとBの間の位相シフト(単位: °e)は、信号位相シフトと呼ばれ、理想値は90 °eです。

位相シフト公差 ( $\Delta\Phi$ )とは、AとBの出力における90 °eの理想値からの2つの連続するエッジの偏差です。

許容偏差  $\Delta\Phi$ :

$$\Delta\Phi = \left| 90^\circ - \frac{\Phi}{P} * 180^\circ \right|$$

### ロジックステート幅 (S)

AとBの2つのチャンネル間の2つの隣接エッジの距離(単位: °e)を示します。信号周期当たり4つのロジックステート幅 (S)があります。ロジックステート幅の理想値は、90 °eです。

### サイクル (C)

A または Bのチャンネルの全周期(単位: °e)の時間を示します。通常、信号周期は360 °eです。

### 最大の立ち上がり/立ち下がり時間 ( $t_r/t_f$ )

低信号レベルから高信号レベルまで、またはその逆に変化する為の最大時間を示します。エンコーダ信号のエッジ急峻度を表します。C<sub>LOAD</sub>は、エッジ急峻度に未だに達し得ていない信号ラインの最大許容負荷を示します。

### 最大クロック周波数 (CLK)

BISS-C プロトコルIを読み込むための最大許容クロック周波数

### 入力 - 低 / 高レベル (CLK)

信頼できる信号検出を確保するためには、CLK入力信号のレベルは規定の値の範囲内になければなりません。

### 電源投入後の最大セットアップ時間

電圧を印加してから出力信号を読み取ることができるようになる最大時間。

# エンコーダ

## 技術情報

### タイムアウト

本体がクロックレートを転送しなくなった際にエンコーダによって通信が切断されるまでの時間。

### センサマグネット / コードディスクの慣性(J)

センサマグネットもしくはコードディスクを介して増加するモータのロータ慣性の量を示します。

### 動作温度範囲

エンコーダ動作に関する最低および最高許容動作温度を示します。

### 位置精度

エンコーダの平均の位置エラーを、機械的程度(単位:°m)で示します。エンコーダの現在の位置が、目標位置からどれほど逸脱しているかを示します。

### 再現性

エンコーダの平均の再現性エラーを機械的程度(単位:°m)で示します。同じ位置に複数回存在しているときの、エンコーダの複数の位置の値の平均の偏差を示します。再現性は、同じ位置に繰り返し移動する際に、どの程度正確に特定の位置に到達し得るかを表します。

### 履歴現象

位置関連情報が出力されない方向変換時における死角を示します。

### 最小エッジ間隔

AとBのチャンネルの2つの連続したエッジ間の最小間隔を示します。方形波信号の信頼ある評価をするために、この最小エッジ間隔を検出可能なコントローラが必要となります。最小エッジ間隔の情報が得られなければ、近似値として判定することもできません。

$$T_{min} = \frac{1}{f \cdot 4} \cdot \left(1 - \frac{\Delta\Phi}{90^\circ}\right)$$

### 重量

ハウジングやアダプタフランジを含み、標準ケーブル付き、コネクタなしのエンコーダの代表的な重量。

### バッテリー電圧

マルチターンエンコーダのカウント状態で指定した電圧範囲が確実に検出され、外部バックアップバッテリーの方法によって増加されます。バッテリー電圧が低すぎる場合、エラービットが設定されます。



# エンコーダ

## 技術情報

### 適正なセンサの選定方法

本章では、ファウルハーバーモータに対する適正なセンサの選定方法を記載しています。どのセンサが使用可能かは、選択したモータの技術仕様によって決まります。その判別は次のように行います：

- DCモータ
- ブラシレス DC モータ
- ステッピングモータ
- リニア DC サーボモータ

モータ技術仕様に応じて、センサはスピードやポジション制御のみならず、モータの整流に対しても重要な役割を持ちます。

	コミュテーション	スピードコントロール	ポジション制御
<b>DCモータ</b>			
センサ		■ エンコーダ	■ エンコーダ
センサなし	■ 機械的	■ 逆起電力	
<b>ブラシレス DC モータ</b>			
センサ	ブロックコミュテーション: ■ デジタルホールセンサ 正弦コミュテーション: ■ アナログホールセンサ ■ エンコーダ	■ デジタルホールセンサ ■ アナログホールセンサ ■ エンコーダ	■ アナログホールセンサ ■ エンコーダ
センサなし	ブロックコミュテーション: ■ 逆起電力	■ 逆起電力	
<b>ステッピングモータ</b>			
センサ		■ エンコーダ	■ エンコーダ
センサなし	■ ステッピングモード	■ ステッピングモード	■ ステッピングモード
<b>リニアDCサーボモータ</b>			
センサ	■ アナログホールセンサ		■ アナログホールセンサ

### DCモータ

#### コミュテーション

貴金属またはグラファイトブラシによるDCモータの整流は機械的である為、センサやモータ制御を必要としません。

#### スピードとポジション制御

用途によっては、DCモータは、センサなしおよびコントローラなしの状態で作動する場合があります。これらの場合、特定の電圧がモータに付加され、この電圧において一定の負荷で運転すると、ある特定のスピードが発生します。

速度を調整する為にはコントローラが必要となります。逆起電力(EMF)を測定することによりシンプルな速度制御が実現します。精密な速度制御では、エンコーダが必要となります。ポジション制御の場合、エンコーダは絶対に必要です。

DCモータの場合、インクリメンタルエンコーダの幅広い選択肢が得られます。

### ブラシレス DC モータ

#### コミュテーション

ブラシレスDCモータは、電子整流式モータです。従って、これを操作する場合、コントローラが常に必要となります。

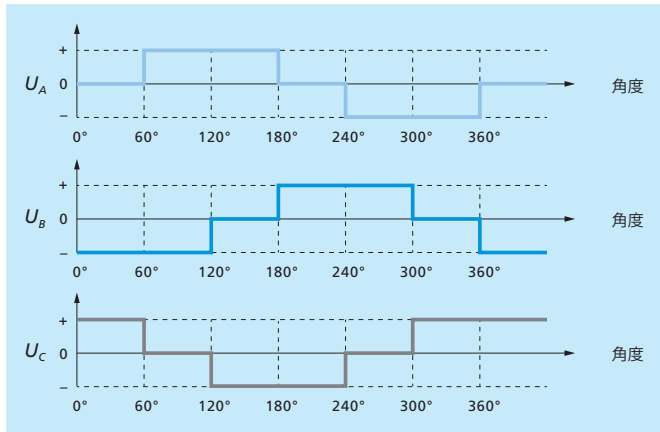
ほとんどのファウルハーバーブラシレスDCモータには、モータシャフトの位置を判定して整流信号を供給する3つの一体型デジタルホールセンサが装備されています。

逆起電力(EMF)の力を用いて整流が可能となる、シンプルな速度の用途に使用するモータは例外です。ここで、コントローラは逆起電力(EMF)のゼロ交差を評価し、次いで速度依存的遅れの後モータを整流します。モータが停止している間は逆起電力(EMF)のゼロ交差は評価できません。その為ロータの位置は検出できません。従って、始動すると、モータが最初に間違った方向に動く可能性があります。

デジタルホールセンサを選択した場合、もしくは逆起電力(EMF)によるセンサなしの運転の場合、ブラシレスDCモータは整流はブロックされます。整流ブロックの場合、3つの120°オフセット巻線の電圧特性はブロック形状となります。巻線は60°毎に警告なしに切り替わります。ファウルハーバースピードコントローラはこの転換形式を利用しています。

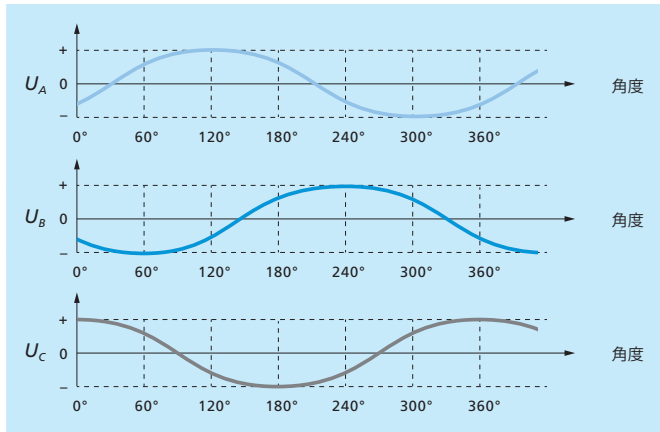
## エンコーダ

### 技術情報



正弦コミュテーションによって、低トルクリプルでの走行性がより滑らかになります。

正弦コミュテーションでは、相電圧は正弦波特性を持ちます。ファウルハーバー・モーション・コントローラはこの転換形式を標準で使用します。正弦コミュテーションの場合、アナログホールやエンコーダが必要となります。



#### スピードとポジション制御

スピード制御の場合、デジタルホールセンサが通常使用されま。逆起電力は、高速での単純な速度制御の場合のみ適合します。ドライブシステムが低速で作動している場合、もしくは超高速制御が求められる場合、アナログホールセンサまたはエンコーダが必要です。

ポジション制御の場合、エンコーダまたは一体型ホールセンサが必要です。殆どすべてのファウルハーバーブラシレスDCモータは、オプションとして一体型アナログホールセンサを装備してご使用できます。殆どの用途では、アナログホールセンサを搭載した運転をお勧めしています。高い分解能や精度が求められる用途や、モータが超低速で動作する場合、エンコーダが必要となります。

ブラシレスDCモータの場合、インクリメンタルエンコーダとアブソリュートエンコーダの幅広い選択肢があります。

#### ステッピングモータ

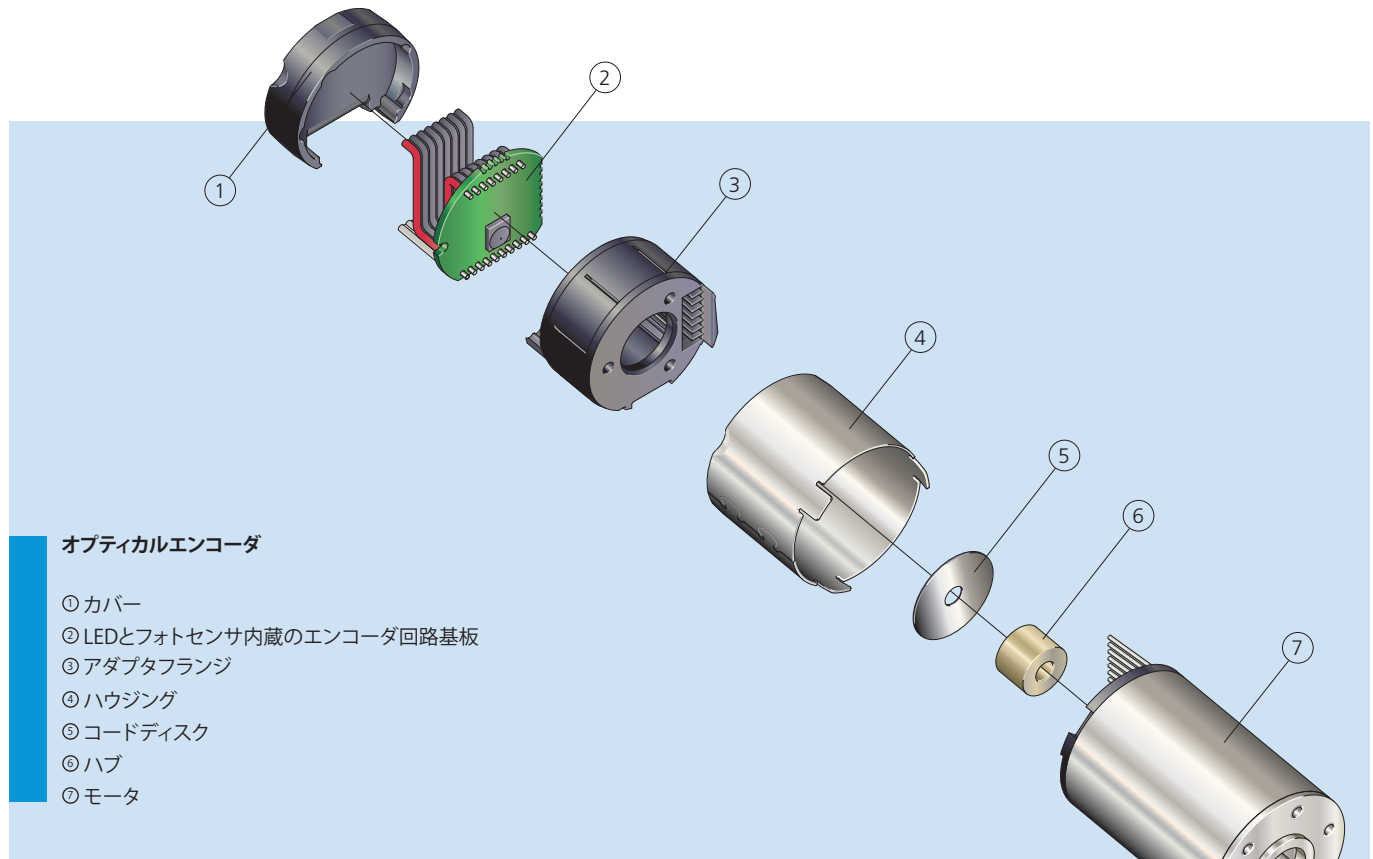
ステッピングモータのフル・ステップ、ハーフ・ステップ、マイクロ・ステップの制御によって、オープンループ制御での正確な速度と位置の制御が実現します。その結果、センサは通常不要となります。ステッピングモータの決定的なコスト削減のメリットがここにあります。ただし開発中は、機能検証のために、あるいは消費電力およびモータの発熱を最小限に抑えるために、閉ループ制御が要求されることがよくあります。FAULHABER 製品ラインには、ステッピングモータシリーズと連携できる磁気式 (IE3) および光学式 (PE22) エンコーダがあります。ステッピングモータとエンコーダとの他の組み合わせもご要求に応じて可能です。

#### リニアDCサーボモータ

リニアDCサーボモータはアナログホールセンサを搭載しています。センサをモータの中に組み入れることにより、非常にコンパクトになり、軽量でコストが削減されます。その結果、追加のエンコーダが不要となります。

# オプティカルエンコーダ

## 技術情報



### オプティカルエンコーダ

- ① カバー
- ② LEDとフォトセンサ内蔵のエンコーダ回路基板
- ③ アダプタフランジ
- ④ハウジング
- ⑤コードディスク
- ⑥ハブ
- ⑦モータ

## 特長

IER3-10000 (L) シリーズのエンコーダは、モータシャフトに取り付けられた高分解能コードディスク、光源、補間回路内蔵のフォトセンサ、およびドライバステージで構成されています。光源から出る光はコードディスクで反射もしくは吸収されます。反射された光はフォトセンサーが回収し、信号は高分解能エンコーダ信号に処理されます。これにより、出力シャフト回転を表示する為のインデックス信号、並びに90°位相がシフトした2つの方形波信号が出力で取り出せます。ラインドライバもオプションでご利用できます。

高精度光学式エンコーダは、ポジション制御に最適です。

## 特長と利点

- 1回転当たり最大40,000エッジの高分解能 (0.009° 角度分解能に匹敵する)
- 高位置精度、再現性と高信号品質
- 様々な分解能が標準特長として利用可能
- 磁気干渉の影響を受けない

## 製品コード番号

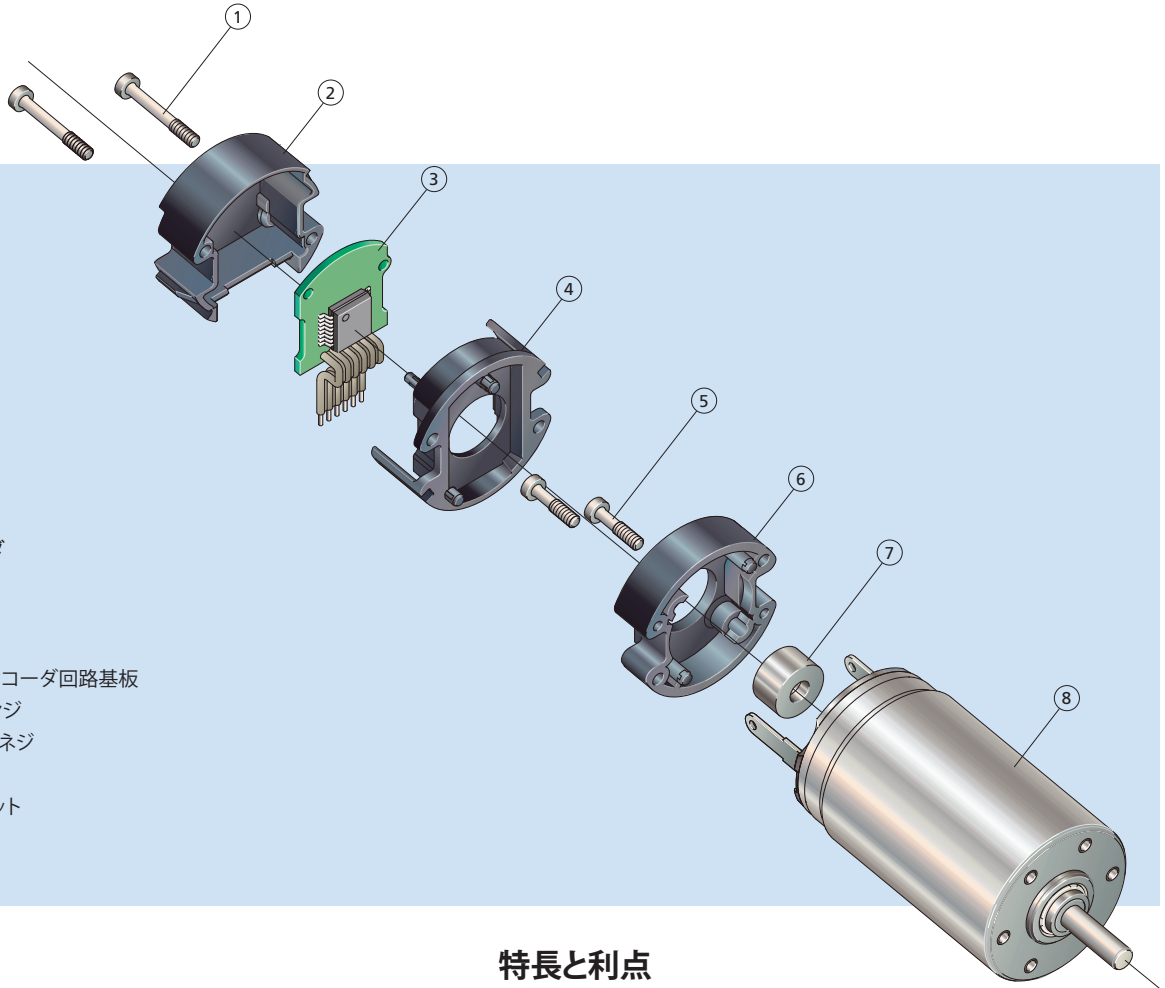


IER	エンコーダシリーズ
3	3チャンネル
6800	回転のパルス数
L	一体型ラインドライバ

IER3 - 6800 L

# 磁気式エンコーダ

## 技術情報



### 磁気式エンコーダ

- ① ネジ
- ② カバー
- ③ チップ付きエンコーダ回路基板
- ④ アダプタフランジ
- ⑤ 中間フランジ用ネジ
- ⑥ 中間フランジ
- ⑦ センサマグネット
- ⑧ モータ

## 特長

IE3-1024 (L) シリーズのエンコーダは、モータシャフトに固定された、完全に磁化された2極センサマグネットで構成されています。モータシャフト位置を検出する特殊な角度センサはセンサマグネットに対して軸方向に配置されています。この角度センサは、ホールセンサ、補間回路やドライブステージのような全ての必要な機能を備えています。センサマグネットのアナログ信号はホールセンサにより検知され、適切に増幅してから、補間回路へ送られます。特殊処理アルゴリズムを使用して補間回路は、高分解能エンコーダ信号を生成します。

これにより、出力シャフト回転を表示する為のインデックス信号、並びに90°位相がシフトした2つの方形波信号が出力で取り出せます。

## 特長と利点

- コンパクトなモジュラーシステムと頑強なハウジング
- 様々な分解能が標準特長として利用可能
- ドライブシャフトの
- 回転を参照する為のインデックスチャンネル
- ラインドライババージョンとしても入手可能
- 標準化された電子エンコーダインターフェイス
- フレキシブルな顧客特性に応じた解像度、回転方向、インデックス位置、インデックスパルス幅のカスタマイズが可能です

## 製品コード番号

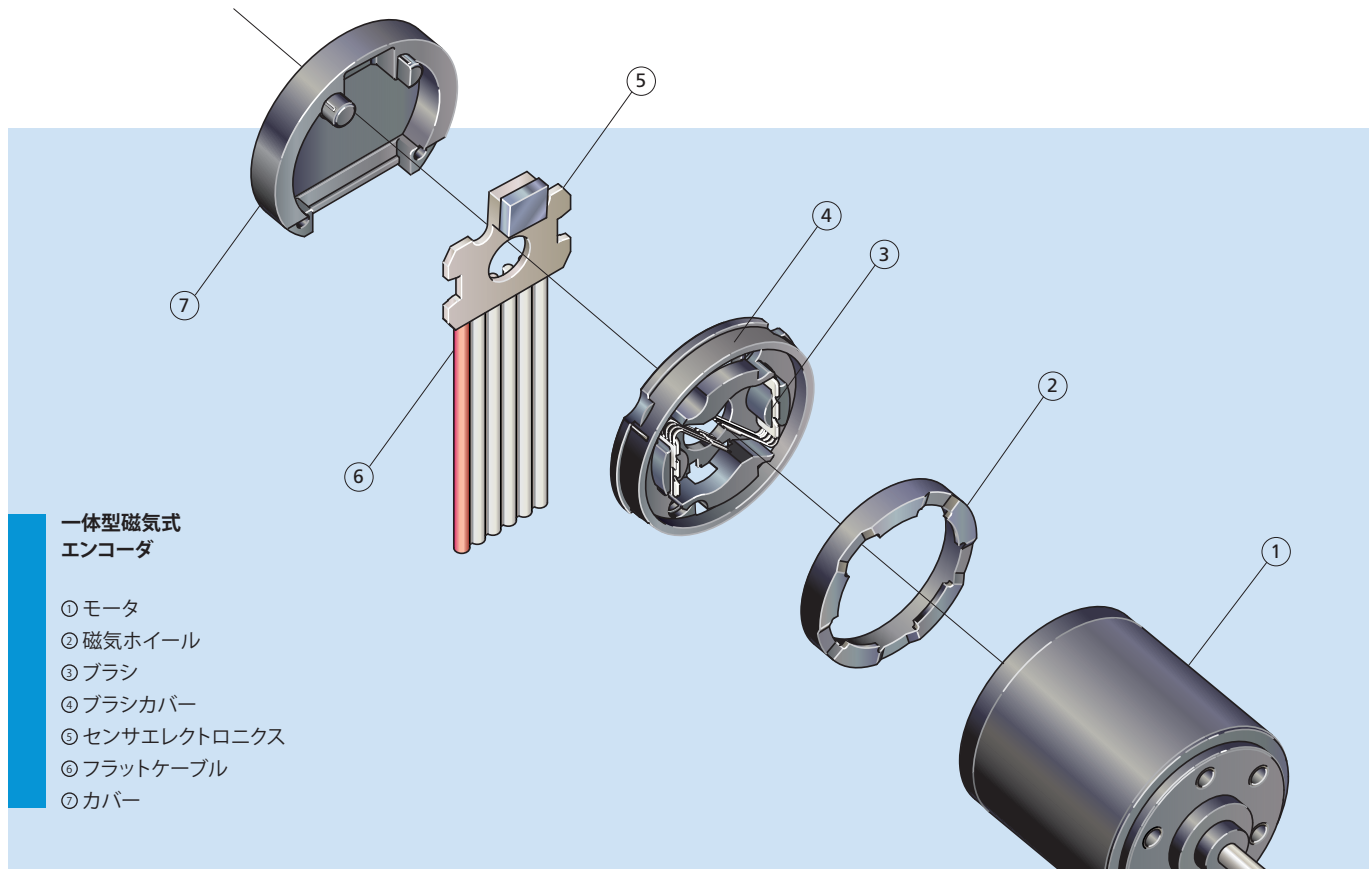


IE	エンコーダシリーズ
3	3チャンネル
1024	回転のパルス数
L	一体型ラインドライバ

IE3 - 1024 L

# 一体型磁気式エンコーダ

## 技術情報



### 一体型磁気式エンコーダ

- ① モータ
- ② 磁気ホイール
- ③ ブラシ
- ④ ブラシカバー
- ⑤ センサエレクトロニクス
- ⑥ フラットケーブル
- ⑦ カバー

## 特長

IEH2-4096およびIEH3-4096シリーズのエンコーダは、ロータに固定されているマルチパーツ磁気リングおよび角度センサから構成されています。角度センサは、ホールセンサ、補間回路、ドライバーステージ等必要な全機能を搭載しています。センサマグネットのアナログ信号はホールセンサにより検知され、適切に増幅されてから、補間回路へ送られます。

特殊処理アルゴリズムを使用して補間回路は、90°位相がシフトした高分解能エンコーダ信号を生成します。この信号は1回転で最大4096パルス+1の追加インデックスチャンネルから組成されており、出力で取り出せます。

エンコーダはSRシリーズモータに統合されており、モータの長さは1.4 mmのみ長くなります。

## 特長と利点

- 超小型
- 1回転当たり最大16 384 エッジの高分解能(0.022° 角度分解能に匹敵する)
- オープンコレクター出力がないのでプルアップ抵抗が不要
- 対称のスイッチ角、CMOSとTTL (互換性有)
- エンコーダの種類に応じて、様々な分解能 16~4096/パルスが標準納品でご利用になれます
- 高信号品質

## 製品コード番号

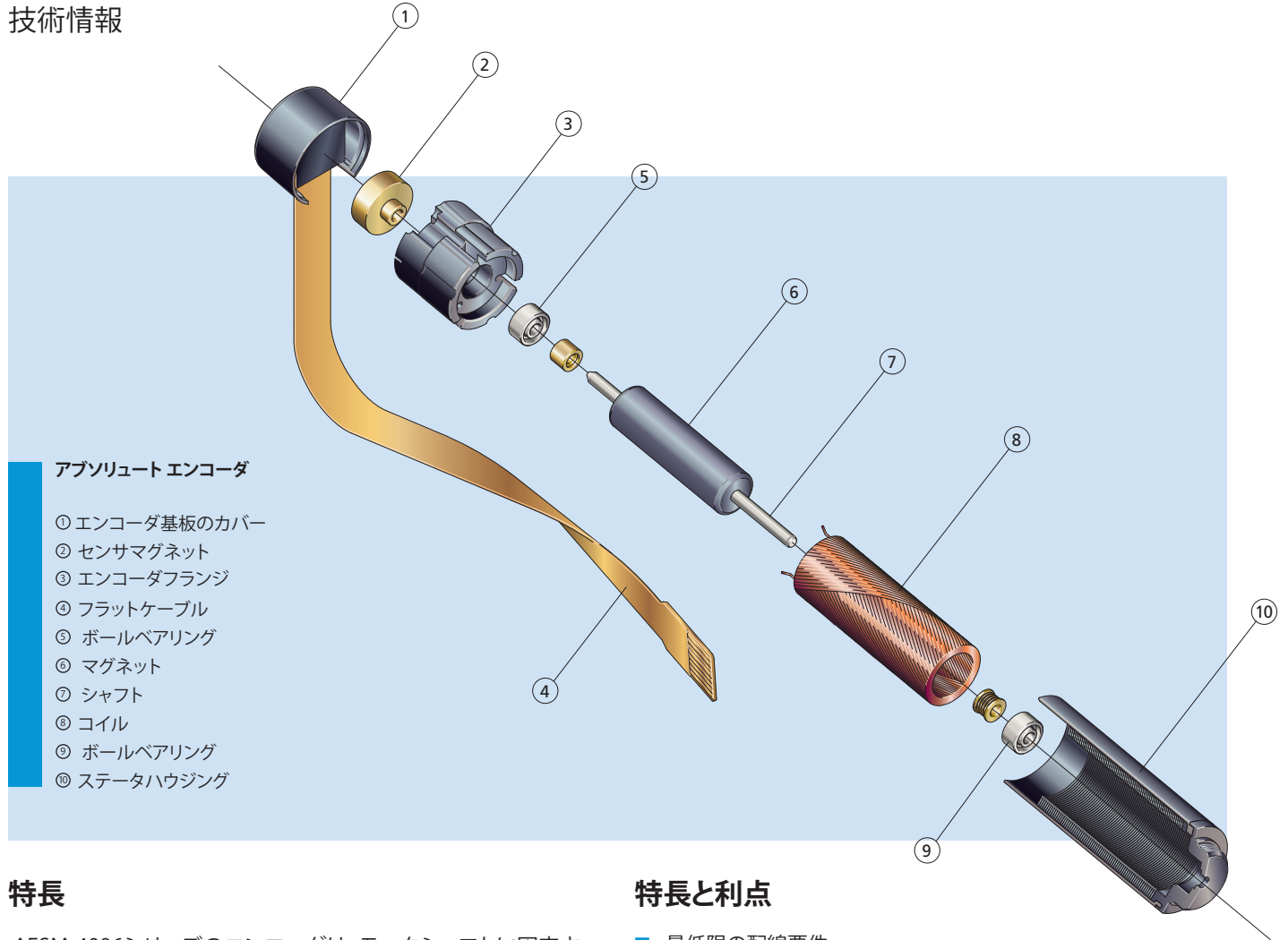


IEH エンコーダシリーズ  
2 2チャンネル  
4096 回転のパルス数

IEH2 - 4096

# アブソリュート エンコーダ

## 技術情報



### アブソリュート エンコーダ

- ① エンコーダ基板のカバー
- ② センサマグネット
- ③ エンコーダフランジ
- ④ フラットケーブル
- ⑤ ボールベアリング
- ⑥ マグネット
- ⑦ シャフト
- ⑧ コイル
- ⑨ ボールベアリング
- ⑩ ステータハウジング

## 特長

AESM-4096シリーズのエンコーダは、モータシャフトに固定された、完全に磁化された2極センサマグネットで構成されています。モータシャフト位置を検出する特殊な角度センサはセンサマグネットに対して軸方向に配置されています。この角度センサは、ホールセンサ、補間回路やドライブステージのような全ての必要な機能を備えています。ホールセンサにより検知されたセンサマグネットのアナログ信号は処理され、適切に増幅されてから、特殊処理アルゴリズムを使用して高分解能エンコーダ信号を生成します。出力では1回転毎4,096パルスの分解能を有した絶対角情報があります。BISS-Cプロトコルを介しSSIインタフェースでこのデータを確認することができます。アブソリュートエンコーダは、整流、回転数制御と位置制御には理想的なエンコーダです。

## 特長と利点

- 最低限の配線要件
- 電源投入直後から絶対角度情報を取得可能
- 基準点不要
- 低回転時でも高精度検出
- 回転方向と分解能のカスタマイズが可能

## 製品コード番号

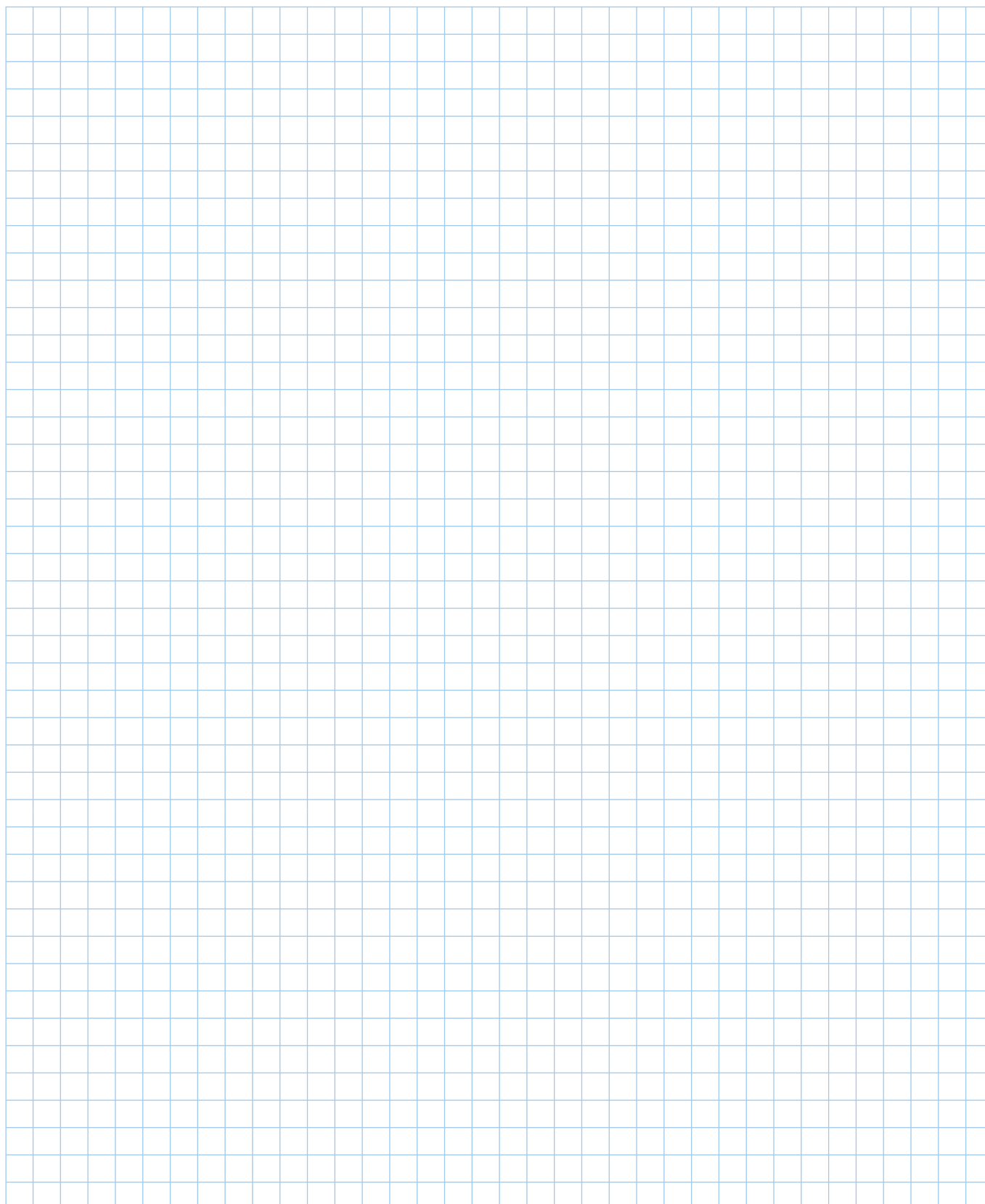


AESM	エンコーダシリーズ
4096	1回転あたりのパルス数





AESM - 4096

# Notes

---



## More information

-  [faulhaber.com](https://www.faulhaber.com)
-  [faulhaber.com/facebook](https://www.faulhaber.com/facebook)
-  [faulhaber.com/youtubeEN](https://www.faulhaber.com/youtubeEN)
-  [faulhaber.com/linkedin](https://www.faulhaber.com/linkedin)
-  [faulhaber.com/instagram](https://www.faulhaber.com/instagram)

**As at:**  
17th edition, 2022

**Copyright**  
by Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG  
Daimlerstr. 23 / 25 · 71101 Schönaich

All rights reserved, including translation rights. No part of this description may be duplicated, reproduced, stored in an information system or processed or transferred in any other form without prior express written permission of Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG.

This document has been prepared with care. Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG cannot accept any liability for any errors in this document or for the consequences of such errors. Equally, no liability can be accepted for direct or consequential damages resulting from improper use of the products.

Subject to modifications.

The respective current version of this document is available on FAULHABER's website: [www.faulhaber.com](https://www.faulhaber.com)