

# Zettlex

**Precision in the Extreme**

## TECHNICAL NOTES ZETTLEX SENSORS

Version 9.1

Zettlex UK Limited

Newton Court

Newton

Cambridge

CB22 7PE

United Kingdom

Tel. [+44] 01223 874444

Fax. [+44] 01223 874111

[www.zettlex.com](http://www.zettlex.com)

Email [info@zettlex.com](mailto:info@zettlex.com)

Copyright Zettlex 2004-2016

対訳: 2013/05/10

## 要約

このドキュメントでは、Zettlex 技術の原理、設計ルールとアプリケーションに関して技術者に知らせることを目指しています。

Zettlex 技術は変位および/または速度を測定する非接触技術です。その技術は誘導性です。具体的には、その技術は、導電性ターゲットとステータの間の相互インダクタンスの現象を使用しています。

従来の誘導センサ — レゾルバまたは線形変圧器など — 要求の厳しいアプリケーションでの精度と信頼性には相当の評判を持っています。それは、また、かさばる、重い、高価であるという評判を持っています。Zettlex センサは、従来の誘導センサのすべての利点を提供しますが、体積、重量、コストはわずかです。

Zettlex 位置センサでは、導体の平面アレイ(通常、プリント回路基板上のトラック)を含むステータに、電力が供給されます。ステータ近傍に電磁界が形成されます。通常は、このフィールドは、ステータの表面からわずか数 mm — 時には数 cm — 出ます。受動的に、導電性ターゲットはステータのフィールドを入力すると、ターゲットはステータによって検出された電磁信号を発生します。この信号は一意にターゲットの ID とステータとの相対位置を示します。複数のターゲットの ID と位置が任意の時点で Zettlex ステータによって感知することができます。

誘導センサは、航空宇宙、防衛、医療、石油・ガス分野で 50 年以上の安全性が重視されるアプリケーションに使用されています。Zettlex 技術は、物理的環境に無関係に安定性と再現性のセンシング技術を提供するために同じ基本的な物理学を適用しています。これは、過酷な環境での正確な測定のための特に良い手法を作ります — この故に、当社のモットーは“究極の精度”です。何千もの Zettlex センサは厳しいアプリケーションで毎日使用されています。

多くの Zettlex センサがフライトコントロールと砲術システムだけでなく、石油化学バルブとアクチュエータコントロールなど本質的に安全なアプリケーションなどの安全性が重視されるアプリケーションで使用されています。

過酷な環境では、極端な温度、振動、衝撃、攻撃的な化学薬品、水、長期浸漬、積極的なデューティサイクルは、電磁ノイズ、汚れ、異物、タイトなスペースや重量の制約が含まれる場合があります。物理的な脅威のほとんどは、単にコーティングまたはセンサの主要な部分をカプセル化することで阻止できます。極端な温度は感知エリアの近くの環境から積極的に離れて、より温和な環境に電子機器を配置することによって対応することができます。過酷な電磁環境は誤読み取りを起こしません、なぜならターゲット、ステータおよびセンサ電子回路の固有の設計上の特徴のためです。

Zettlex 技術は、回転、直線、曲線、2D & 3D 含むたくさんの検知ジオメトリに適しています。サイズの範囲は、1mm から 10m までが一般的です。変位センサ、ユーザインタフェース、サーボ・モーターコントロールを含む、多種多様なアプリケーションがあります。

Zettlex は、規格品を設計して、製造します — 例えば IncOder と LINTRAN の機種 — ならびに多種多様なカスタム・デザインをします。我々の生産の 50%以上は、ある程度カスタマイズされます。

## 目次

1.	はじめに .....	4
2.	目的 .....	4
3.	用語 .....	4
4.	背景科学 .....	5
4.1.	電流に起因する磁界 .....	5
4.2.	磁界強度 .....	5
4.3.	電磁誘導 .....	6
5.	動作原理 .....	8
6.	メインコンポーネントの説明.....	10
6.1	ターゲット .....	10
6.2	ステータ .....	10
6.3	電子回路モジュール .....	11
7.	機能性能 .....	12
8.	環境パフォーマンス .....	14
8.1	電磁エミッション .....	14
8.2	電磁感受性 .....	15
8.3	温度.....	15
8.4	湿度・水分.....	16
8.5	化学的耐性 .....	16
8.6	寿命.....	16
8.7	衝撃・振動.....	17
9.	幾何学的センシング .....	18
10.	マルチセンサシステム.....	22
11.	製品例の仕様.....	24
12.	設計ガイドライン.....	26
13.	他の技術との比較.....	27
14.	アプリケーション.....	28
14.1	一般的な属性.....	28
14.2	特定のアプリケーションの例.....	29
15.	よくある質問.....	30

## 1. はじめに

Zettlex は、独自の非接触位置やアプリケーションやセクターの多種多様な速度センシング技術を活用しています。当社は、手頃な価格で、堅牢で信頼性の高い、正確な検知を提供します。当社は、多少の規格品を設計して、製造します — 例えば当社の IncOder と LINTRAN の機種 — しかし、当社の生産の多くは、特定の顧客アプリケーションに合うように設計されていた OEM デバイスです。センサの主なコンポーネント(プリント回路)用の工作機器とエンジニアリングの低いコストは、適度のボリュームのためにさえカスタム・デザインに非常に費用対効果の高い選択をします。当社の顧客は、一般的に、当社がセンサを売る相手先商標製造会社(OEM)またはシステム・インテグレータです。

## 2. 目的

このドキュメントでは、動作原理、設計ルールと Zettlex センサへの応用に関する技術を知らせることを目指しています。

本書では提示されたすべてのデータは、最大または最小の設計パラメータを定義すると考えるべきではありません。この一般的な技術記述文書は、特定の製品データシートまたは製品ガイドと混同しないでください。

## 3. 用語

本書では我々は、用語“センサ(sensor)”を使用します。もっと科学的に正確な用語は、トランスデューサ(transducer)となります。一部の人々はまた、エンコーダ(encoder)、測定デバイス(measuring device)、検出器(detector)や計器(instrument)の用語を使用する場合があります。このドキュメントでは、センサがすべての用語を包含していると考えます。

同様に、このドキュメントでは、用語“位置(position)”を使用します。もっと科学的に正確な用語は、変位(displacement)となります。一部の人々はまた、位置(location)や距離(distance)の用語を使用する場合があります。回転幾何学に対して角度(angle)、角変位(angular displacement)または回転(rotation)が使用されています。このドキュメントでは、位置(position)がすべてこのような用語を包含していると考えます。

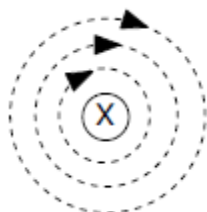
## 4. 科学(バックグラウンド)

あなたが経験豊富な電気技師または物理学者であれば、このセクションをスキップして、セクション 5 に直接行くことができます。 Zettlex 技術の背後にある物理的な原理は十分に確立され、いくつかの基本的な物理法則によってカバーされています:

### 4.1. 電流に起因する磁界

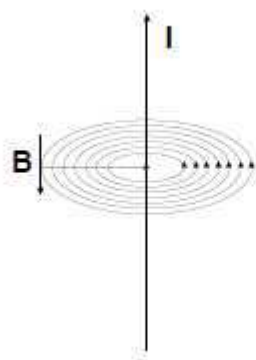
導体は電流を流すと、磁界は、その導体の周囲に生成される — 1820 年にコペンハーゲンでエルステッドによって発見された現象です。電流を伝えている針金が磁針より上に置かれたとき、針が流れの方向に従い時計回りに、または、反時計回りにそらされることを彼は見出しました。

我々が導体に沿って見たとして、電流は、次の図で導体内部のクロスによって示されているように我々から離れて流れている場合、磁界が時計回りの方向を持っており、磁束線は電線の周りの円で表すことができます。



### 4.2. 磁界の強さ

アンペアの法則、自由空間における磁界の強さ  $H$  は、電流を運ぶ無限に長いまっすぐな線からの距離  $r$  での  $I$  は次式で与えられると述べています:



$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

無限に長い導体によって生成される場(field)は、理解しやすい。導体がループあるいはループの連続にフィールドパターンで巻き上げられる時はより複雑です。ループの周辺フィールドは通常、3つの領域に分類することができます:

・ **ワイヤフィールド** — 導体の表面に非常に近い。このフィールドには高い場の強さがあります、そして、パターンは主に導体の実際の形に関係ない無限に長いまっすぐな導体のそれです。Zettlex 技術を議論するとき、このフィールド — 導体の表面からその小さな距離が与えられた — は一般的とは見なされません。

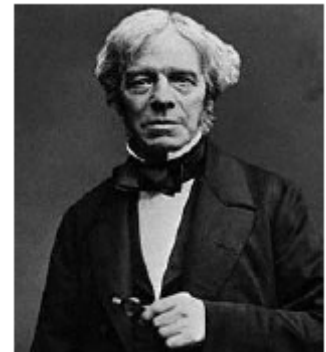
・ **ニアフィールド** — ニアフィールドは Zettlex 技術を検討する際に考慮すべき我々のためにすべての 3 つの領域の中で最も重要です。それは、比較的均一な電界強度です。半径  $r$  の円形ループに形成された電流の流れる導体のためのニアフィールドは、通常、上記の上限を拡張し、 $0.5r$  のループ以下でしょう。

・ **ファーフィールド** — 導電体から離れて。ファーフィールドは、ニアフィールドを超えている領域であり、無限に拡張しています。電界強度は、単純なループに配置され、電流を流す導体からの距離の二乗に応じて低下します。

電流の流れる導体がループを形成するように巻かれている場合、このような回路からのフィールドは、どのようなループでも、回路またはターンの数  $N$ 、により増加します。コイルからのフィールドは  $N$  とコイルに流れる電流に比例し、製品の  $NI$  は、しばしば回路の“アンペアターン(amp-turns)”と呼ばれています。

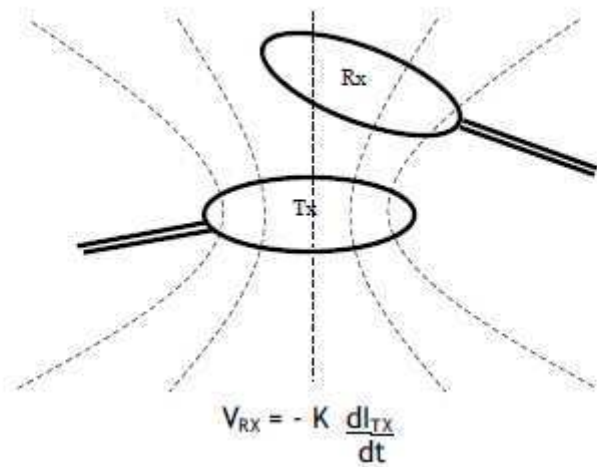
### 4.3. 電磁誘導

1831 年、マイケル・ファラデーが電磁誘導すなわち、磁束の助けを借りて、電流を得る方法を発見しました。鉄のリング上に 2 つのコイルを巻き付け、電流が第 1 コイルに流れるようにスイッチが閉じられたとき、第二コイルで検流計の振れが得られることを彼は見出しました。また、スイッチを開いたときに検流計は、逆方向に触れました。彼は、1 次側の電流が 2 次側に電流を誘導したと提案しました。



別の実験では、彼は永久磁石がコイルを相対的に移動されたとき、検流計を一方方向にと磁石がコイルから遠ざけていた反対の方向に偏向したことが分かりました。この実験では、彼は永久磁石がコイルを相対的に移動されたとき、一方方向に磁石がコイルから遠ざけていた反対の方向に検流計が振れることが分かりました。電流は、コイルの相対磁束の移動によって発生することができると、ファラデーに信じさせたのは、この実験でした。ファラデーは、また、それに誘導された起電力(e.m.f.)の大きさを見せました。それはコイルを通過している磁束が変化する率と比例しています。

我々は 2 つのコイル — 送信コイル(Tx)および受信(Rx)のコイル — を考慮するならば、我々は以下の式が適用されることがわかります:—

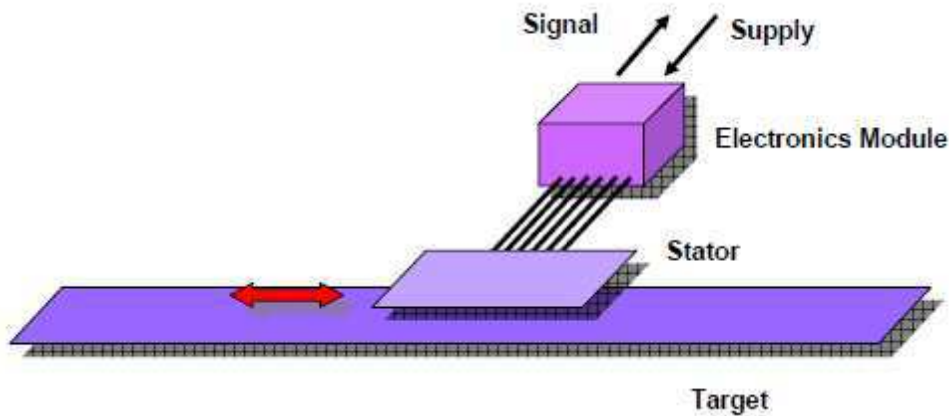


ここで:

- ◆  $V_{RX}$  は受信コイルに誘起される電圧。
- ◆  $K$  はコイルの相対面積、形状、距離、および回路の相対数に応じた相互インダクタンスの結合係数。
- ◆  $dI_{TX}/dt$  は、送信コイルに流れる電流の変化率。

## 5. Zettlex センサの動作原理

ここで我々は、線形 Zettlex センサの簡単な例を検討することができます。Zettlex センサは、3つの主要な動作要素で構成されています：ターゲット、ステータおよび電子回路モジュール：



ターゲットは、受動的であり、通常、導電装置(常にではない)は、プリント回路基板(PCB)のピースから作られており、電気的な接続を必要としません。

ステータは、送信と受信の回路として、測定軸の中に配置されている導体の平面的な配列です。

この例では軸は線形ですが、別の例では、それは曲がったリニア、ロータリ、2D または 3D である可能性があります。通常(常にではない)導体は、プリント回路基板上のトラックです。前述のセクションで説明したように、物理的な原理は、相互インダクタンスの現象です。したがって、任意のセンシング幾何学のため、それは測定経路に沿って延びるステータまたはターゲットどちらかにすることができます。同様に、移動物体は必ずしも受動素子である必要はありません。

電子回路モジュールは、電力の供給を受けステータに信号を供給し、リターン/摂動信号を受信し、処理し、測定軸に沿ったステータに対してターゲットの位置を示す電気信号を出力します。下の画像において、測定軸は直線です。





AC信号で通電すると、ステータはローカル電磁界を生成します。ターゲットがフィールドに入ったとき、それはターンにおいて、ステータによって感知され、摂動を引き起こします。この摂動信号は、電子回路モジュールによって処理されます。電子回路モジュールはその後ステータの測定軸に沿ったターゲットの位置に相似した信号を出力します。

ターゲットの数は、単一ステータから任意の一時点で感知することができます。理論的には最大数はありませんが、8は合理的な実用的な最大値です。

制限の範囲内で、Zettlexの測定技術は、測定軸のそれ以外の対象の全ての変位を無視します。これは、高精度、高コストの機械工学なしで高精度な位置測定を可能にするための鍵です。つまり、例えば、そのターゲットとステータの間のギャップが3mmから3.3mmに増加した場合に測定された位置で影響は軽微があると言えます。しかし、ターゲットとステータの相対的な位置が測定軸に沿っていた相対変位のいくつかの成分が変化すれば、測定された変位は分解成分に相当する量によって変化するでしょう。

測定軸に対して垂直に、ターゲットの動きの上限は、ステータによって生成されたニアフィールドの限界に相当します。たとえば、上の写真の中の線形センサにおいて、我々がステータを幅15mm(直交して測定軸に調整される)と思うならば、ニアフィールドはステータの表面より上に最高7.5mm広がるでしょう。つまり、ターゲットはその高さ7.5mmのボリュームの範囲内でどこにでも置かれることができます、そして、その位置は計測可能です。通常、最大高さの50%以下の公称またはデザイン高さが、センサ設計で指定されています。

## メインコンポーネントの説明

### 6.1 ターゲット

ターゲットは、プリント回路基板上のシンプルな巻線またはトラックの集合によって形成される受動的な導電回路です。

ターゲットは、環境条件が必要になる場合にはコンフォーマルコーティング(ニス塗り)、ポッティングまたは射出成形でインサートすることができます。通常、ターゲットはネジ、釘、クリップや接着剤を使用してホストコンポーネントに接続されています。



ターゲットは数mmから数mまで大きさや形状が異なります。ターゲットは、ステータに対して短いか、またはステータより長くなる場合があります。

### 6.2 ステータ



ステータは、通常、送信および受信回路を形成する導体の平面に配置されています。回路は、ステータの測定軸に沿って、あるいは交差して配置されています。

通常、回路はプリント基板上にトラックと同様にして具現化されています — ほとんどの通常、常にではありませんが、多層FR4 PCBのグレードです。左の写真はポリエステルフレキシブル回路上に導電性インクを用いて印刷されたステータを示しています。ほとんどの基材は、それらが非導電として使用することができます。セラミックまたはポリイミド基板は、極端な温度のために特に適しています。

シンプルなワイヤ巻線または印刷された導電性インクもステータを生産するために使用することができます。

ステータは、数mmから100mmまで、いくつかのサイズが異なります。最大プリントステータはA1シートエリアのサイズ、または最大2000mmの長さまでです。大きいサイズは、ワイヤフォーム(wire form)を使用して作ることができます。このようなワイヤフォーム構造は基板を必要とせず、止め釘(pegs)の配置に導線を巻回すことにより行うことができます。そのような構造は、高温アプリケーションや安価な(しかし、精度の低い)巻線のどちらかに適しています。

### 6.3 電子回路モジュール



電子回路モジュールは、電圧と逆極性保護(必要な場合)、送信回路(発振器を含む)、受信回路は、マイクロコントローラと電気出力、電源を備えています。Zettlex特定用途向け集積回路を用いた例が右に示されています。一般的な電源は、3.3、5、10、12、24、28Vです。

消費電力は測定周波数に比例します。たとえば、1単位の読取りは1秒当り50 $\mu$ Wであるので、1秒当り1000回読み取りのデバイスでは50mWの消費電力の可能性があります。2線4-20mAの電源は、一般的な要件でありZettlexはいくつかのそのようなデバイスを製造しています。

電子回路モジュールは、通常、ステータ(上図のように)と同じ回路基板上に配置されています。あるいは、電子回路モジュールが離れてステータから位置しており、相互接続は、ワイヤまたはフレックス-リジッドPCBの構造を使用して作ることができます。電子回路モジュールの遠隔配置は2つの場合で有利です:

- ・ 複数のステータ — 各種ステータ渡って多重化しているのを1つの電子回路モジュールによって制御
- ・ 過酷な環境 — それがステータおよび/またはターゲットよりも良好な環境に電子回路モジュールを配置することが有利である。

電子回路モジュールとステータとの間の距離は数mmまたは数mかもしれません。最大距離は4つの要因によって決定されます -

- ・ ステータおよびターゲットの大きさ
- ・ ステータとターゲットの間のカップリング
- ・ 電磁環境
- ・ 相互接続ワイヤの仕様

ステータとターゲットがより大きいほど、ステータと電子回路モジュールの間の実際的な距離は、より大きいです。結合(ギャップまたは物理的幾何学のため)がより良いほど、距離はより大きいです。電磁気的环境がより穏やかであるほど、距離はより大きいです。相互接続しているワイヤが電磁気的环境から保護されているならば、— たとえば、ツイストペア、導管でシールドされているか中を走っているかで — それにより大きな距離になります。

電気出力の様々な可能性があります。アナログ出力は0~5V、0~10V、4-20mA(2または3線式)、PWM、HARTプロトコルとsin/cos、1Vのpeak to peakがあります。デジタル出力は、RS232、RS485、SPI、SSI、A/Bパルス、グレイコード、MODBus、CANBusを含みます。

電子回路モジュールのATEX指令(本質安全)のバージョンは、容易に入手可能です。

電子回路モジュールのITARフリー(米国の輸出規制)バージョンは、容易に入手可能です。

## 7. 機能性能

ほとんどの位置センサの機能・性能は、一般的に 3 つの主要パラメータによって特徴付けられます：

- ◆ 分解能
- ◆ 再現性
- ◆ 直線性
- ◆ 測定周波数
- ◆ 温度安定性

一般的なルールとして、高い分解能、直線性、測定周波数、どんな位置センサでもコストは高くなります。これは Zettlex センサについても同様です。

Zettlex は、OEM に正確にアプリケーションの必要条件を満たすようにすぐに手直しすることができるセンサ・デザインの機種を提供します — それ以上でもそれ以下でもない — それで、そのコストは最小にされます。

**分解能** 通常、Zettlex センサは、フルスケールに対して 10-24 ビット (1K-16M ポイント) の分解能でアブソリュートの測定します。理論的には最低または最高分解能がなく、限界は、Zettlex 電子回路モジュールまたはホストシステムのいずれかのアナログ-デジタル変換器によって設定されます。Zettlex は、分解能 32 ビットの多回転デバイスおよびデジタル分解能 24 ビットで 2 インチの回転デバイスを製作しています。最も頻繁に要求される解像度は 10-20bits です。

**再現性** Zettlex 技術の主要な特徴は、ヒステリシスがないことです。重要なヒステリシス効果が BH 曲線で発生する多くの磁気センサとは異なり、Zettlex デバイスにおいてはヒステリシスのそのようなメカニズムはありません。その結果、再現性は常に示される分解能の最下位 +/-1 ビットです。

**直線性** 技術的な明瞭性の理由から、我々は “生の直線性” と “キャリブレーション直線性” を区別する必要があります。それは、ホスト機器でその場で校正された後にキャリブレーションされた直線性は、センサの直線性を指します。- そのように、任意の機械的な取り付け変動が打ち消されます。ターゲットとステータが特定の機械的公差内に取り付けられているならば、Zettlex デバイスが達成する直線性に生の直線性が当てはまります。

リニアデバイスの場合、典型的な生の直線性は、次のとおりです -

- ・ フルスケールの各 5mm の 0.1%、ターゲットとステータはスムーズためにマウントされている厳密な制御相対運動の場合 (例えば、ホスト機械部品の公差は、典型的には 0.1mm 未満)。例えば、リニアセンサは 50mm のフルスケールを持っていて、ターゲットとステータは滑らかな走行リニアスライドベアリングに装着されている場合、我々は Zettlex センサの生の直線性はフルスケールの 0.01% になることを予想します。
- ・ フルスケールの各 5mm の 0.25%、ターゲットとステータが適度に制御された相対運動のために取り付けられている場合 (例えば機械的な取付け公差は一般的に 0.25 mm)。例えば、リニアセンサは 50mm のフルスケールを持っていて、ターゲットとステータが滑らかな走行リニアスライドベアリングに装着されている場合、我々は Zettlex センサの生の直線性がフルスケールの 0.025% になると予想します。

・フルスケールの 0.5%以下、ターゲットとステータが測定軸に沿って相対的な動きは比較的制約されてマウントされている場合。

ロータリまたは曲がったリニアセンサは、同様の原則が適用されますが、予想される寸法は、通常、ステータまたはターゲットの有効長の各 5mm です。

通常、その半径は、ステータのかまたはターゲットのかの最も外側と最も内側の巻線のそれぞれの外半径と内半径の平均値とし、円周または円弧の長さが計算されるのと同じ方法で計算されます。

Zettlex センサが、基準デバイス(高精度光学式エンコーダまたは座標測定機など)を使用して、所定の位置に固定された後、キャリブレーションされている場合、“キャリブレーションされた直線性”は次のようになります。

- ・ キャリブレーションの約 10 点で、我々は生の直線性は 2 倍に軽減されることが期待されるかもしれません
- ・ キャリブレーションの約 1000 点で、我々は生の直線性は 10 倍に軽減されることが期待されるかもしれません

上記のデータからもわかるように、Zettlex リニアセンサの長さがより長いほど、直線性はより良い。同様に、Zettlex 回転センサの直径が大きいほど、その直線性はより良い。

原則として最良の直線性は、ステータとターゲットが滑らかで再現性のある機械的変位のために取り付けられており、デジタルデータを出力する電子回路モジュールで実現されます、例えば RS485、SSI、SPI 等。

### 温度安定性

これは、温度の変化に関連してセンサの測定値の安定性を意味します。

これは、温度変化にわたって固定位置の位置センサからの出力の変化として、これを考慮することに役立ちます。

Zettlex センサは本質的に安定した測定アルゴリズムを使用して、結果として、ホール効果または磁歪デバイスと比較して非常に低い温度係数を示す事ができます。

例えば、Zettlex IncOder の機種は、0.25ppm/K 未満の温度係数を持ちます。つまり、IncOder は 20°C で静止点を測定していた場合、温度が 30°C に変化したとき、任意の物理的変位せずに、その読み取りが明らかに 2.5ppm のドリフトでしょう。これは、3 秒角とほぼ同等です。比較のために、アルミニウムの熱膨張係数は 20ppm/K です。

回転デバイスの熱係数は、リニアデバイスよりも小さいものです - 主要部品の熱膨張はほとんどラジアルで、それ故、共通です。

デジタルデータ出力を備えたデバイスの熱係数は、必要なアナログ電子部品の固有特性のためアナログ出力と比べ、一般的に 5 倍超小さいです。

## 8. 環境パフォーマンス

### 8.1 電磁エミッション

その基本的な性質のため、Zettlexセンサは電磁放射を生成しません。実際には、送信電力が小さい。ステータは意図的にのみ近距離トランスミッタとして設計されています。従って、エミッションは、ニアフィールドの後そのフィールドの自然で急な減衰( $1/r^3$ )のためにファーフィールドでは少しもありません。低エミッションレベルを考えると、Zettlexセンサは許容エミッション量が特に厳しい車載や防衛アプリケーションに適しています。近く、繊細な方向探知または電気光学機器と干渉しないようにするための一般的な要件は、Zettlexセンサからのエミッションのために、我々はそのような要求が容易に満たされていることを見出します。

### 8.2 電磁感受性

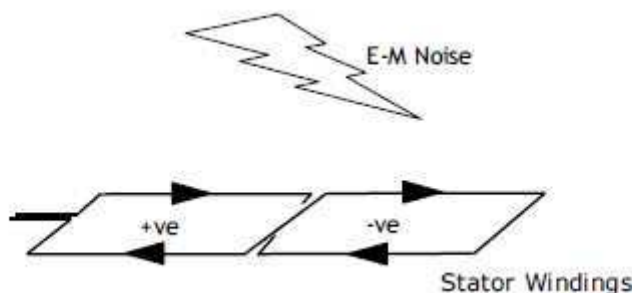
後発のためにおそらく驚くほど、Zettlexセンサは、理想的にノイズの多い電磁環境に適しています。基本的なセンサ技術は、特にノイズの多い環境で堅牢な動作を実現するために設計されています。実例として、商用アプリケーションの30%以上がZettlexセンサはモータのすぐ側(距離10mm未満)またはモータ巻線に直接隣接のいずれかに配置する必要があります。

Zettlexセンサは多くの要因に起因する電磁ノイズの影響を受けません。

センサは以下のように設計されています

- ・ 密接にターゲットの固有振動数と一致するように特定の周波数を使用し、その特定の周波数で信号を受信
- ・ 唯一の最小と最大振幅の制限内で信号を受信
- ・ 送信フェーズにのみ逆位相の信号を受信
- ・ バランスのとれたダイポール(概念的には、これは平面ツイストペアに似ている)のステータ配列内の導体を配置することにより、任意の着信電磁ノイズを打ち消す。

従って、着信した電磁エネルギーまたはノイズが、等しく、かつ逆方向の電流が他に流れるように誘導され、ステータ巻線の一部分に流れる電流を誘導する - このような効果を打ち消します。この機能は最も重要であり、他の3つの特徴は、一般的に冗長な安全網として使用されています。



非常に高い電界強度が一般的であるいくつかの極端な場合(例えば、軍用レーダ設備の前またはMRIスキャナ内部)には、それがシールドされていない場合は、任意の電気システムは、電磁飽和状態に苦しむことになるのが普通です。このような場合、個別の電気エンクロージャが確実に動作するZettlexセンサに必要でないかもしれません。Zettlexセンサはステータおよびターゲットの外部面が銅の薄層を搬送するように作成

することができます。不完全ですが効果的(かつ安価な)ファラデーケージとしてこの作用は、強力なフィールドからセンサを遮蔽します。このような構造はまたZettlexセンサから任意のエミッションを最小限に抑えるために使用することができます。

注 - IncOderの機種はアルミハウジングにパッケージされ、それゆえEMC環境に極めて影響を受けません。

### 8.3 温度

Zettlex技術の動作原理は、温度変化に敏感ではありません。とは言え、ステータ内のトラックの伝導率、そして信号強度は、温度によって変化します、ステータ内の導体の配列は任意の変動が自己キャンセルし、そして測定値に影響を与えないように配置されています。これはZettlexセンサが、低、高、または変化する温度環境下で正確かつ確実に動作できることを意味します。



材料は、センサのコンポーネントが生成されるので、動作および保管温度を制限します。最初のレベルで、効果的な温度範囲は $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$ または $125^{\circ}\text{C}$ の範囲(つまり工業や自動車の範囲)でセンサの電子部品によって制限されます。この制限は、ステータから離れてセンサの電子部品を搭載することで克服することができます。これは、電子回路モジュールは、より良好な環境に位置することができます、一方センサは、唯一のステータおよびターゲットが極端な環境になるように配置することができます。数イン

チの距離が $100^{\circ}\text{C}$ 以上の温度差を意味するかもしれません — 電子回路モジュールは、遮熱の背後に配置されている場合は特に。

リモートの電子回路モジュールを使用すると、ステータおよびターゲットでのより極端な温度は、ステータとターゲットに適した基板を使用することによって対応することができます。このような基板は、セラミック、ポリイミドやガラスなどが含まれます。Zettlexセンサは $230^{\circ}\text{C}$ の上限が共通です。同様に、Zettlexセンサは航空機アプリケーションのために $-55^{\circ}\text{C}$ が共通です。

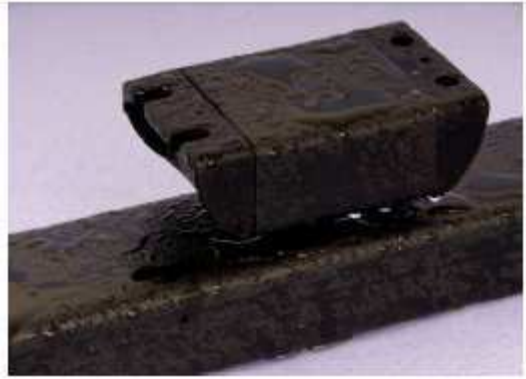
温度への技術の非感受性は、センサの仕様において、見積もられる低熱膨張係数によって証明されています。リニアセンサの最大熱係数は、通常、フルスケールの $20\text{ppm}/\text{K}$ 未満です。そのような係数は、回路基板の基材の熱膨張による効果と同等です — それは銅やアルミニウムの熱膨張係数に比べて低い。

回転センサ用の熱係数は、通常、フルスケールの $1\text{ppm}/\text{K}$ 未満です。ターゲットとステータが同様の速度で膨張または収縮するので、係数はリニアよりも低くなっています。デジタル出力を備えた電子回路モジュールは、アナログ出力と比べて低い温度係数を示します。

## 8.4 湿度・水分

Zettlex技術の基本的な動作原理は、水分や湿度に敏感ではありません(容量の技法とは異なります)。

通常、低導電率流体で湿度レベルまたは水没で比べても測定値に変動はないことを実証することができます(これらの目的のために、海水は低導電率流体として分類されています)。これはZettlexセンサが確実に0%RH、100%RHで、または水没で正確かつ確実に動作できることを意味します。



実際には、パッケージまたはセンサを封止する材料が液体への耐性を決定します。よくあるのは、センサコンポーネントを同形にワニスでコーティングされます。同形コーティングは、液体へ時折、一時的な曝露のために推薦されます。体液への曝露が、一般的、長期、あるいは一定の場合、センサのコンポーネントはエポキシ封止またはインサート成形することができます。

海水、淡水、蒸気、油、ディーゼル、ガソリンへの液浸は、センサの測定性能に影響を与えません。

## 8.5 化学物質耐性

基本的な動作原理は、任意の化学物質による影響を受けません。Zettlexセンサは、比較的過酷な化学的環境下で動作できることを意味します。実際には、パッケージまたはセンサを封止する材料が液体への耐性を決定します。よくあるのは、センサコンポーネントを同形にワニスでコーティングされます。あるいは、センサのコンポーネントはエポキシ封止またはインサート成形することができます。過酷な環境では、センサコンポーネントは完全にステンレス製のハウジングに収納することができます。

## 8.6 寿命

Zettlexセンサの寿命は一般的にターゲットとステータを運ぶ部品の寿命によって決定されます。デューティサイクルは、寿命において関係しないまたは無視できる影響を持っています。

いくつかの極端な温度用途において、一部のコンポーネントが極端な温度で長期間さらされた時に寿命が低下することがあります。

Zettlexセンサは、20年の寿命時間の要件を持つ複数のアプリケーションで使用されています。

重要なのは、非接触の性質の技術のために定期点検、サービス、メンテナンスの要求は通常ありません。



## 8.7 衝撃と振動

振動や衝撃によるZettlexセンサの性能はターゲットとステータを運ぶコンポーネントのパフォーマンスによって決定されます。

いくつかの極端な衝撃や振動アプリケーションでは、センサのコンポーネントは、ハードおよび/またはソフトエポキシ樹脂でカプセル化されます。Zettlexセンサが正常に10ms以上1000Gの衝撃で、あるアプリケーションで使用されています。

空挺や装甲陸上車両の振動や衝撃の体制は、Zettlexセンサ構造によって容易に最も満たされます。

典型的に、過酷な振動や衝撃環境下での電気システムの中で最も脆弱な部分がコネクタです。一般的に、Zettlexセンサはハードワイヤー接続やフレキシブル回路構成のいずれかを使用して、コネクタの数を無くすまたは最小化する傾向があります。

## 9. Sensing Geometries

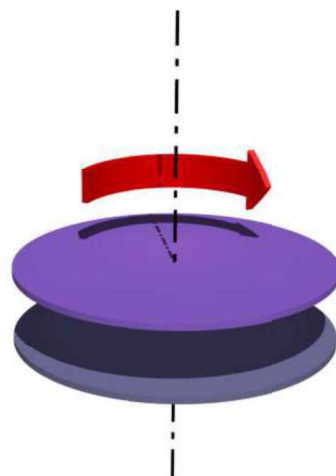
センサの形や大きさは無数にあります。以下は、最も一般的なZettlex幾何学的センサのいくつかの概要を示します。

すべての事例で位置測定ではアブソリュートです。必要であれば、センサはインクリメンタル信号を提供するように構成できます。

### 回転センサ - 同軸のターゲットとステータ

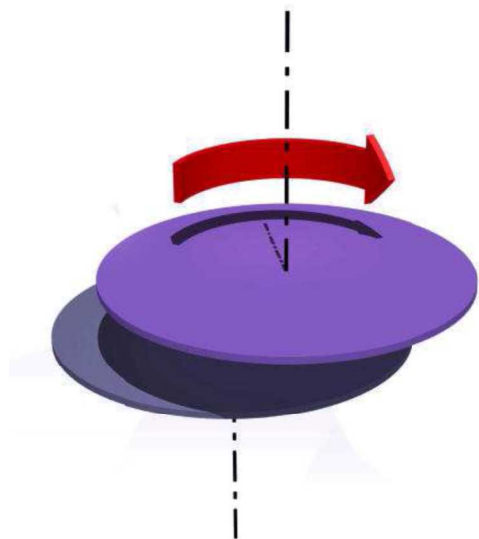
ターゲットとステータの距離の最大値は、ターゲットまたはステータの有効(電氣的)径の1/4程度です。センサは、貫通シャフト(導電性または非導電性材料の場合)または非貫通シャフトでの配置ではエンドオブシャフトで環状形に構成されます。位置測定は、0から360度のクロスオーバで短い中断(blips)を伴い、0から360度でアブソリュートです。

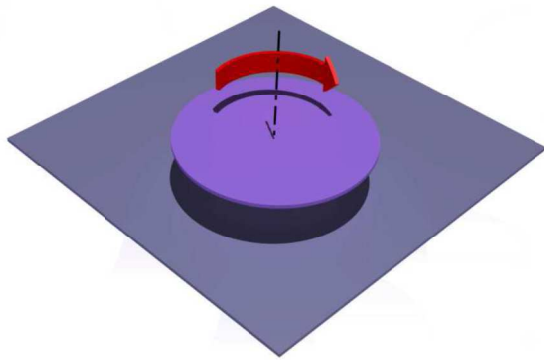
代表的なアプリケーション: BLDC (Brushless Direct Current) モータの整流と位置制御のための貫通シャフトのロータリエンコーダ。



### 回転センサ - (わずかに)非同軸のターゲットとステータ

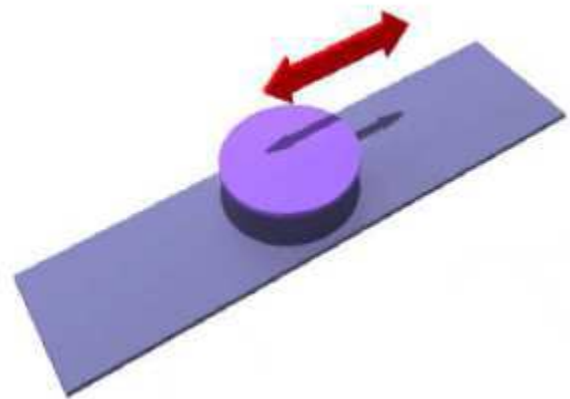
ターゲットとステータの距離の最大値は、ターゲットまたはステータの有効径の1/4程度です。最大軸方向オフセットはいくつかの要因に依存しますが、一般的に、有意に測定性能に影響を与えることなく、ステータ又はターゲットの直径は0~10%の間で変化させられます。位置測定は、0から360度のクロスオーバで短い中断(blips)を伴い、0から360度でアブソリュートです。代表的なアプリケーション: 中心線の可変位置を持っているローラ駆動用のエンドオブシャフトのロータリエンコーダ。





**回転センサ - (著しく)非同軸のターゲットとステータ**  
 ターゲットとステータの距離の最大値は、ターゲットの有効径の1/4程度です。ターゲットの回転の中心は、このようなステータの範囲内で変化し、ターゲットの演習はステータの周囲に近づくことはありません。  
 位置測定は、0から360度のクロスオーバで短い中断 (blips)を伴い、0から360度でアブソリュートです。  
 代表的なアプリケーション: つるした、あるいは跳ね返るエンドオブシャフトの回転センサ。

**リニアセンサ** ターゲットとステータの距離の最大値は、ターゲットまたはステータの有効幅の1/2程度です。測定軸(ただし、ステータと同一平面上)に直角に目標の最大オフセットは、いくつかの要因に依存しますが、測定性能に影響を与えることなく、ステータ又はターゲットの幅の0~10%の間で変化させられます。位置測定はアブソリュートですが、好ましくは、端部の影響を避けるために、ステータの長さの80%までに制限する必要があります。  
 代表的なアプリケーション: 機械要素の位置検出。



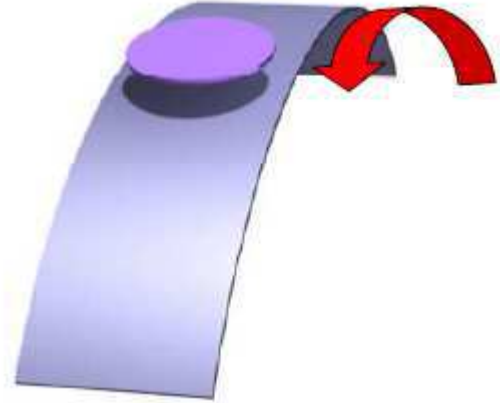
上記の例では、ステータは短いユニットであり、ターゲットが測定軸に沿って延びるように、幾何学的形状を変更できることに注意してください。  
 代表的なアプリケーション: トラックに沿って駆動キャリッジの位置を測定。



**曲がったリニアセンサ[A]** ターゲットとステータの距離の最大値は、ターゲットまたはステータの有効幅の1/2程度です。測定軸(ただし、ステータと同一平面上)に直角に目標の最大オフセットは、いくつかの要因に依存しますが、測定性能に影響を与えることなく、ステータ又はターゲットの幅の0~10%の間で変化させられます。位置測定はアブソリュートですが、好ましくは、端部の影響を避けるために、ステータの長さの80%までに制限する必要があります。センサは、フルで360度の曲線が可能で、必要に応じて前記測定ブリップは、0~360度の遷移で全く発生しません。代表的なアプリケーション: 砲塔

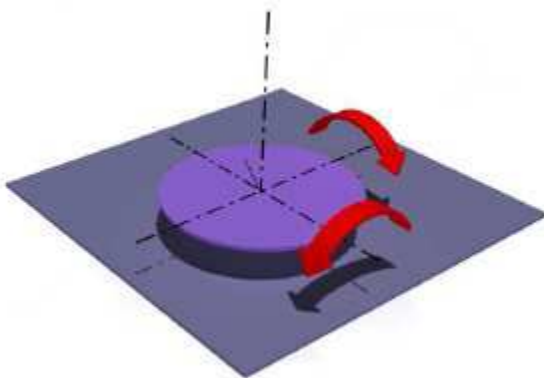
やレーダーステータのような大きな半径で正確な角度測定。

**曲がったリニアセンサ[B]** ターゲットとステータの距離の最大値は、ターゲットまたはステータの有効幅の 1/2 程度です。 測定軸(ただし、ステータと同一平面上)に直角に目標の最大オフセットは、いくつかの要因に依存しますが、測定性能に影響を与えることなく、ステータ又はターゲットの幅の 0~10%の間で変化させられます。 センサは、フルで 360 度の曲線が可能で、必要に応じて前記測定ブリップは、0~360 度の遷移で全く発生しません。 位置測定はアブソリュートですが、好ましくは、端部の影響を避けるために、ステータの長さの 80%までに制限する必要があります。 センサの出力は、ステータのカーブの中心点からの距離や回転角度を与えるようにパラメータ化することができますので注意してください。



代表的なアプリケーション: シャフトの周りの大きな半径で正確な角度測定。

**ロールとピッチセンサ** ターゲットとステータの距離の最大値は、ターゲットの有効幅の 1/3 程度です。



この制限は、したがって、0 から各回転軸の +/-45 度までの代表的な測定範囲に影響を与えます。

位置測定はアブソリュートです。

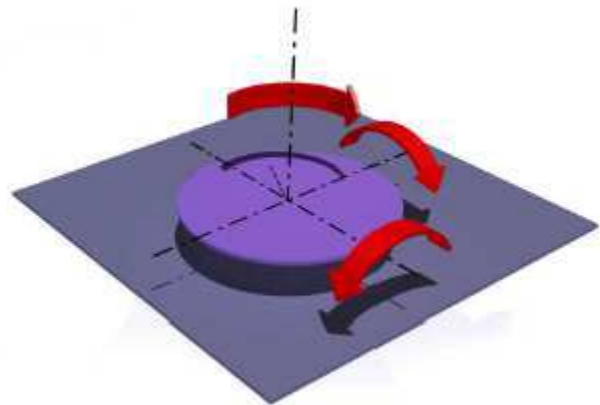
代表的なアプリケーション: ジョイスティック。

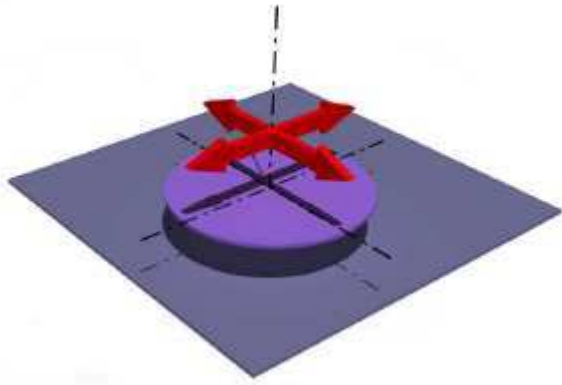
距離の最大値は、ターゲットの有効幅の 1/3 程度です。

この制限は、したがって、0 から各回転軸の +/-45 度までの代表的な測定範囲に影響を与えます。

代表的なアプリケーション: チルト測定。

**ロール、ピッチとヨーセンサ** ターゲットとステータの



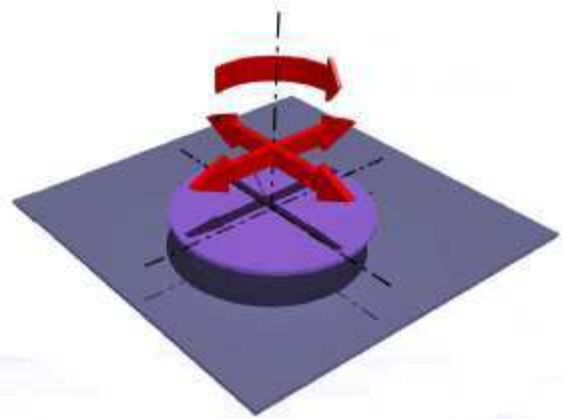


**2D センサ** ターゲットとステータの距離の最大値は、ターゲットの有効幅の1/2程度です。位置測定はアブソリュートですが、そのエッジの影響を避けるために、有効長やステータの幅は90%までに制限されるべきです。

代表的なアプリケーション: ジョイスティック、ゲームやペン入力デバイス。

**2D +回転センサ** ターゲットとステータの距離の最大値は、ターゲットの有効幅の1/4程度です。位置測定はアブソリュートですが、そのエッジの影響を避けるために、有効長やステータの幅は80%までに制限されるべきです。

代表的なアプリケーション: ジョイスティック。

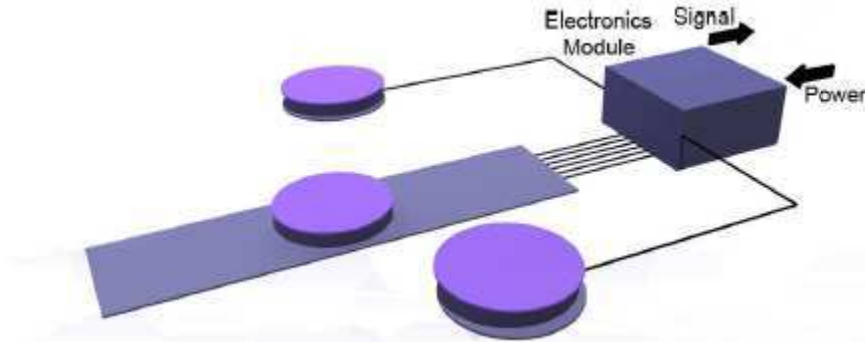


## 10. マルチセンサシステム

Zettlex 電子回路モジュールは、センサの数全体に多重化するために設計することができます。

必要な電子回路処理(すなわち、シリコン)がセンシングポイントに隣接して配置する必要があるため、このようなホール効果または容量センサなどのより伝統的な技法は可能ではありません。

Zettlex テクノロジーでは、しかし、それは個々のステータおよびターゲットから離れて電子回路モジュールを配置することができます。受信信号が比較的高い振幅を持ち、その後の信号処理が堅牢であるためです。次に、複数のセンサはエネルギーを受け、信号を供給する中央の電子回路モジュールを可能にします。



ターゲットとステータは生産するのに比較的安価であるので、多重電子回路モジュールに良好な経済理にかなっています。複数のセンサに渡るモジュールのコストの償却は、可能な限り低いレベルにコスト/センサをダウンさせます。

右に示されているセンサは、第 1 のステータと同じ PCB 上に配置された単一の電子回路モジュールによって制御される回転センサのペアです。このような構造は、カメラ、レーダアンテナや兵器システムのためのジンバルシステムでは特に有利です。この例では第 2 のステータと電子回路モジュール間の相互接続は、ペアワイヤを撚り合わせています。



センサと電子回路モジュールの間で相互接続を行うための様々な安価な方法があることに注意してください。

一般的に相互接続は、PCB、フレックス-PCB の配線、CAT 5 ケーブル上のトラック、またはフレックス・リジッド・ハイブリッド基板の柔軟なトラックのいずれかです。

電子回路モジュール当たりのセンサの最大数は、与えられたセンサ入力から最大許容応答時間によって決定されます。我々は、測定サイクル時間とシステムの例を考慮すると、センサ当たり 1ms、25ms の最大許容応答時間を言うには、電子回路モジュール当たりのセンサの最大数は 25 となります。

この制限は、より洗練された多重化アルゴリズムの使用によって増加することができます — たとえば、より頻繁に、最も頻繁に使用されるセンサ入力をサンプリングし、その逆も同様です。

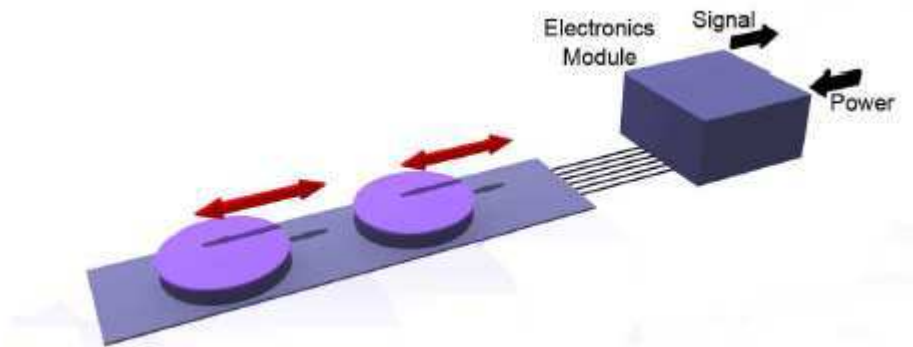
ステータは、電子回路モジュールから移すことができる最大距離は主に3つの要因によって決定されます。

- ・ ステータとターゲットの物理的なサイズ
- ・ ターゲットとステータとの間の結合係数、
- ・ EMC/規制環境。

一般的に、ターゲットとステータが大きく比較的に離れている距離が小さい(したがって、良好な結合因子)場合は、センサと電子回路モジュール間の距離が許容されます。

長いケーブルや配線長のEMC問題はシールド、ツイストペアケーブルとコネクタの使用によって軽減することができます。さらにオプションで、接地された金属導管内の経路の任意の相互接続をすることです。もちろん、それは追加費用等により、シールドケーブルの使用を避けることが望ましい。一例として、2m長のシールドなしCAT5ケーブルがEN68000Iによって、例えば規制の家電環境内で許容されます。

複数のターゲットの位置を測定するための要件は、必ずしも複数のステータを使用する必要はありません。これは、単一のステータが複数のターゲットを追跡することができることに留意すべきです。ステータあたり8ターゲットは、電子回路モジュールの複雑さやコストの段階的な変化なしで賢明な限界です。



1ステータ プラスさらなる追加のターゲットおよびステータのペアで複数のターゲットを含むZettlexシステムが許されています。

複数のセンサやターゲットまたはステータが、それは中央の電子回路モジュールによって制御されている場合、もちろん、有益なデジタルデータストリーム出力を使用することを検討します - 複数の0-5V DCまたはPWM出力よりむしろ - それで電子機器、コネクタとケーブルのコストを最小限に抑えることができます。

## 12. 設計ガイドライン

あなたがこのような LINTRAN または IncOder などの標準 Zettlex センサを使用する場合は、対応するデータシートには、すべての必要なデータを提供します。

カスタム Zettlex センサを使用する場合は、以下のように技術的要件を定義するのを助ける必要があります：

–

・**ダイナミックレンジ** – 測定幾何学との距離を指定する必要があります。

それはリニア、曲がったリニアまたは 2D センサの場合、ステータはどちらかの端にダイナミックレンジの少なくとも 10% の測定限界を超えて拡張することができます。

・**分解能** – 測定の細かさを指定する必要があります。あなたは、物理的な細かさ(例えば、1  $\mu\text{m}$  未満)またはビット(例えば 16 ビット= 65,536 カウント)として、これを指定することができます。

・**再現性と直線性** – 一般的に、Zettlex センサの再現性は分解能 1 カウントと同じです。

・**アブソリュートまたはインクリメンタル** – ホストシステムが既知の位置に踏み込むことなく電源投入時の位置測定を必要とする場合は、アブソリュート測定を指定する必要があります。

・**アセンブリキャリブレーション** – センサが使用されている最初の時間を考慮する必要があります。

ホストとの組立公差の適正な角度があれば、それはその場で校正ステップを検討する価値があります。これは、単にスケール点の 0% を設定することができます。

・**電気出力** – 必要な電気出力は、指定する必要があります。例えば、0-5V、PWM、RS232、CAN バス、RS-485、4-20mA、I2C。最も安価で、最も正確な出力は、I2C や RS232 などのシリアルデータリンクです。

・**金属製の物体のプレゼンス** – (LINTRAN または IncOder の機種には適用されません) 金属の物体がセンサの非常に近くに配置されている場合、Zettlex にご相談ください。(例えば、10mm 未満) 好ましくは、絶対に必要でない限り、ステータを任意の金属物から離して、そしてターゲットとステータの間に直接に金属がないことを確保します。金属が回転センサの貫通シャフトであるなら、これはセンサの性能に影響を与えません。

・**ターゲットとステータ間の距離** – ターゲットがニアフィールドを離れない限り、通常、測定精度は、ターゲットとステータ間の距離の若干の変動による影響を受けません。

・**温度範囲** – ストレージと動作のための温度範囲を考慮してください。

気温がセンシングポイントで極端な場合は、より良性的環境にセンサから離して電子機器を配置することを検討します。

・**湿度と水分** – 高湿度、結露や水没がある場合、シーリングまたはカプセル化を検討すべきです。

・**電子機器からセンサの距離** – 一般的に、短い距離は全ての EMC 問題は少ない。

300mm 未満の任意の距離で、EMC の問題は、複数の周波数センサ、ツイストペアケーブル、スクリーニングされたケーブル、スクリーニングされたコネクタ、金属筐体、金属製の配線管等の可能性のあるソリューションを考慮する必要があります。



### 13. 他の技術との比較

次の表は、他のテクノロジーとの Zettlex の大まかな比較を与える

技術 - それは徹底的な議論として意図されていません:

	複数/複合幾何学的形状	水分/汚れへの耐性	広温度範囲	アブソリュート測定	アナログ測定	衝撃/振動耐性	識別機能	センサごとに複数のターゲット	典型的な測定範囲	機械的なオフセット耐性	長寿命	典型的な数量価格帯[\$]
静電容量型	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No	0 to 1m	No	Yes	50 to 1000
接触型スイッチ	No	No	Yes	Yes	No	No	No	No	0 to 10m	Yes	No	0.1 to 100
GMR	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No <sup>1</sup>	0 to 10m	Yes	Yes	50 to 1000
ホール効果	No	Yes <sup>2</sup>	No	Yes <sup>3</sup>	Yes	Yes	No	No	0 to 10m	No	Yes	1 to 100
誘導型近接	No	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes <sup>4</sup>	No	0 to 50m	Yes	Yes	5 to 100
インダストシン	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	0 to 10m	No	Yes	1000 to 10000
LVDT & RVDT	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	0 to 2m	No	Yes	100 to 1000
光学式	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No	0 to 2m	No	Yes <sup>5</sup>	10 to 5000
ポテンショメータ	No	No <sup>6</sup>	No	Yes	Yes	Yes <sup>7</sup>	No	No	0 to 1m	No	No	0.5 to 100
リードスイッチ	No	Yes	No	Yes <sup>8</sup>	No	No	No	No	0 to 10m	Yes	Yes	0.5 to 5
レゾルバ&シンクロ	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	0 to 0.5m	No	Yes	100 to 1000
Zettlex	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	0 to 10m	Yes	Yes	See Note9

※ GMR: Giant Magneto Resistive effect: 巨大磁気抵抗効果

※ LVDT: Linear Variable Differential Transformer: 直線可変差動変圧器”

※ RVDT: Rotary Variable Differential Transformer: 回転可変差動変圧器

#### 注釈

1. 給電されたターゲットが必要
2. 汚れが非磁性である必要があります
3. 複数のセンサを必要とします
4. 複数のセンサを必要とします
5. 寿命の制限は適用されます
6. Gaiters を適用することができる
7. 振動による摩耗
8. 複数のセンサを必要とします
9. 一般的なルールは、Zettlex センサは同等のリゾルバの 50%未満のコストです。シンクロや LVDT には設置費用が掛かるということです

## 14. アプリケーション

### 14.1 一般的な属性

Zettlex センサは、普遍的に適用可能であることを意図するものではありません。

いくつかの例では単純なスイッチは、最適なコスト/性能ソリューションを設計エンジニアに提供します。

それにもかかわらず、多くの他の事例で Zettlex センサは、他よりも、特定のアプリケーションにより適しています、例えば、ホール効果、光学センサなどの技術。



Zettlex センサはいくつかの珍しい属性を持っています： -

- ◆ それらは水分、異物や極端な温度環境の面で過酷な環境条件では非常に堅牢である
- ◆ それらは正確である
- ◆ それらは、高い分解能と優れた再現性を提供
- ◆ 複数のセンサは、電子機器の単一のセットによって制御することができ
- ◆ それらは水分、異物や極端な温度環境の面で過酷な環境条件では非常に堅牢である
- ◆ それらは AC / DC のフィールドには区別されない
- ◆ それらは機械的なオフセットおよび公差に寛容である
- ◆ それらはインクリメンタル位置測定ではなくアブソリュートを提供
- ◆ それらは、様々なターゲットの数を識別し、独立して同時に位置を測定することができる
- ◆ それらは普通ではないまたは複合センシングの幾何学的形状に適している
- ◆ それらは長寿命を持っている

通常、Zettlex センサは、上記の属性のうちの 2 つ以上の設計エンジニアが直面するセンシングプロジェクトに適用されるときに使用されます。

## 14.2 特定のアプリケーションの例

アクチュエータ	油圧バルブ	安全スイッチ
補助翼コントロール	ID タグ	座席の器具類
アナログゲージ	傾斜計	セキュリティタグ
角度センサ	インダクトシンの置換え	サーボモータ
ステータのトラッキング	工業用コントロールパネル	シャフトエンコーダ
偽造防止デバイス	ジョイスティック	シートフィーダ
オーディオコントロール	台所用品	スキー
現金自動預け払い機	リフト	スライダ
自動化装置	照明制御	スピードセンサ
ボールねじ	リミットスイッチの置換え	スポーツ用品
ボイラー	リニアアクチュエータ	舵角センサ
ブレーキセンサ	液体レベルセンサ	ステアリングコラム・コントロール
ブレーキ摩耗センサ	荷重センサ	操舵トルクセンサ
バーナー	LVDT の置換え	ステッピングモータ
Climate controls(車内空調システム)	工作機械	測定ひずみ
コックピットコントロール	磁歪式の置換え	サスペンションダンパー
コンポーネント ID	採掘装置	サスペンションセンサ
家電	ミサイル誘導	タコメータ
炊飯器	モーションコントローラ	改変証拠デバイス
クッキングレンジ	モータエンコーダ	スロットルコントロール
クッキングヒーター	オドメータ(走行距離計)	チルトセンサ
ダイヤル	包装装置	トルクセンサ
ダイヤルインジケータ	パレタイザ(積載装置)	玩具
方向指示器	紙厚センサ	けん引制御
食器洗い機	ペダルセンサ	トランスミッションセンサ
変位センサ	ペンセンシング	ユーザインタフェース要素
ドア工程センサ	石油化学センサ	ユーティリティメーター
エレベーター	プロッタコントロール	バルブ
エンドオブシャフトエンコーダの置換え	空気圧アクチュエータ	バルブアクチュエータ
フィットネス装置	空気弁	速度センサ
流量センサ	圧力センサ	振動センサ
フードミキサー	プリンタ書き込みヘッド	洗濯機
燃料レベル・センサ	PRNDL(自動トランスミッション)センサ	ワイパー
燃料計量	近接センサ	重量センサ
ゲーム	プッシュボタン	ホイールセンサ
ゲージ	レーダーコントロール	加工物 ID
GMR センサの置換え	最低地上高センサ	
誘導車両追跡	ロボット	
砲術照準	ロール&ピッチセンサ	
ホール効果センサの置換え	ロール、ピッチ&ヨーセンサ	
ヘッドランプのレベルコントロール	ローラ離間センサ	
HVAC(空調機)センサ	ロータリエンコーダ	
油圧アクチュエータ	RVDT の置換え	

# お問い合わせについて

Zettlex の誘導型ポジションセンサに関する技術的なご質問、及び製品に対するお問い合わせは、Zettlex に直接ご連絡頂くか、日本の総代理店の緑測器までご連絡下さい。

## UK Head Office

Zettlex UK Ltd

Newton Court, Newton, Cambridge, CB22 7ZE, United Kingdom

Sales Contacts: Mark Howard or Josef de Pfeiffer

Email: [info@zettlex.com](mailto:info@zettlex.com)

Telephone: +44 1223 874444

Web: [www.zettlex.com](http://www.zettlex.com)

【日本総代理店】

株式会社緑測器

東京都羽村市神明台 3-2-8

[TEL:042-554-5650](tel:042-554-5650) FAX:042-554-5950

E-Mail: [sales@midori.co.jp](mailto:sales@midori.co.jp)

Web: [www.midori.co.jp](http://www.midori.co.jp)