

TECHNICAL WHITE PAPER

正確度、分解能、再現性とその他特性

著者: **Dr Darran Kreit**, Technical Manager, Zettlex UK Ltd

File ref: technical articles/Measurement Terminology_rev3.0

イントロダクション

あなた方は計装理論を学んだ大学時代からだいぶ経っているかも知れません。しかしあなた方は正確度、分解能、再現性、その他の全ての特性というものを知っています。あなたには良い仲間がいますが、エンジニアの多くは工学技術のこの分野について忘れてしまったか、本当に理解していません。計装に適用される用語と、かなり難解な技術的概念で混乱してしまいます。それにもかかわらず、お客様のアプリケーションに適した計測器を選択する上で、それらの事柄は非常に重要です。誤った選択をすると、指定されたトランスデューサをはるかに超えた余分な費用を支払うことになったり、製品や制御システムで性能がでない可能性があります。この記事では、位置トランスデューサに焦点を当て、いくつかの用語、そしてアプリケーションに適切な計装を指定する際の重要な考慮事項と、一般的な落とし穴のいくつかについて説明します。

定義

最初にいくつかの定義をあげます：

- 計測器の**正確度**(Accuracy)とは、出力の正確性の測定のことである。
- 計測器の**分解能**(Resolution)とは、測定可能な位置の最少または増分または減分の測定値のことである。
- 位置計測器の**精密度**(Precision)とは、その再現性の程度のことである。
- 位置計測器の**直線性**(Linearity)とは、実際に測定される変位に対するトランスデューサの出力の偏差の測定値のことである。

ほとんどのエンジニアは、精密度と正確度の違いについて曲解をしています。ターゲットに射られた矢の比喻を使って、正確度と精密度の違いを説明することができます。正確度は、標的中心への矢の近さとみなされます。

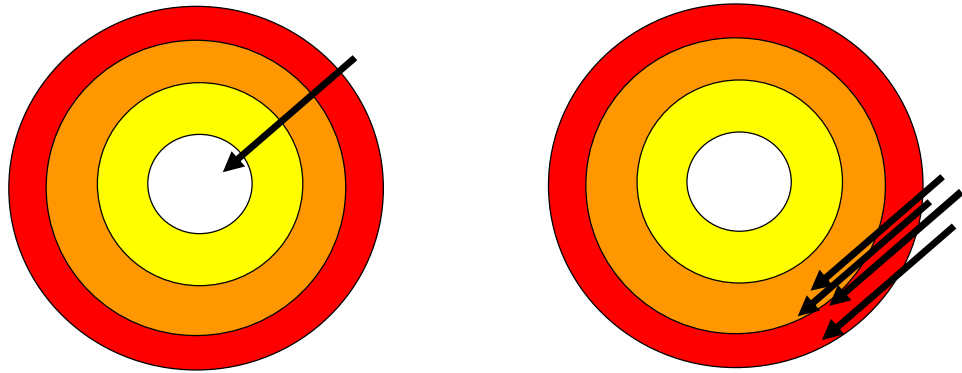


図 1 - 高正確度なショット (左) と高精密度なシューティング (右)

矢が沢山射られたとき、精密度は矢の射られた範囲と言えます。全ての矢が一か所に集まったとき、その範囲は精密さがあるとみなされます。

完全に直線的な測定デバイスもまた完全に高正確です。

要求値の規定

常に高正確度で高精密度な計測器を指定するだけで OK でしょうか？ それはかなり真っ正直なことですが残念なことに、このようなアプローチの仕方では、想定外の問題が出ます。第 1 に、高正確度、高精密度の計測器は高価です。第 2 に、高正確度で高精密度の計測器の取付は注意深く行う必要があります。振動や温度による膨張/収縮がある場合は取付不能になることがあります。第 3 に、高正確度、高精密度な計測器にはデリケートなものもあり、特に温度、埃、湿度、結露などの環境条件の変化により誤動作や故障が発生します。

最適な方策は、以上でも以下でもない要求される範囲で指定することです。例えば工業用流量計の変位トランスデューサでは、流体の流れ特性が非線形である可能性が高いため、直線性は重要な要求ではありません。むしろ様々な環境条件に対する再現性と安定性が重要な要求です。

たとえば、CNC 工作機械では、正確度と精密度が重要な要求となる可能性があります。したがって、変位計測器は、長期間にわたってメンテナンスなしに汚れたり濡れたりしている環境下でも高正確度（直線性）、分解能、高い再現性を有することが重要な要求です。

常に、計測器の仕様書の細部を読むことが肝要です。特に経年変化や取付誤差などの環境影響により、正確度と精密度がどのように変化するかについては注意が必要です。もう一点は、計測器の直線性がどのように変化するかを正確に調べることです。直線性の変化が単調または緩やかに変化する場合、非直線性はいくつかの基準点を用いて容易に較正することができます。例えば、ギャップ測定デバイスの場合、これはいくつかのブロックゲージで行うことができます。以下に示す例では、ある程度の非線形のトランスデューサが、比較的少ない基準点で高直線性（正確）のデバイスに較正されています。

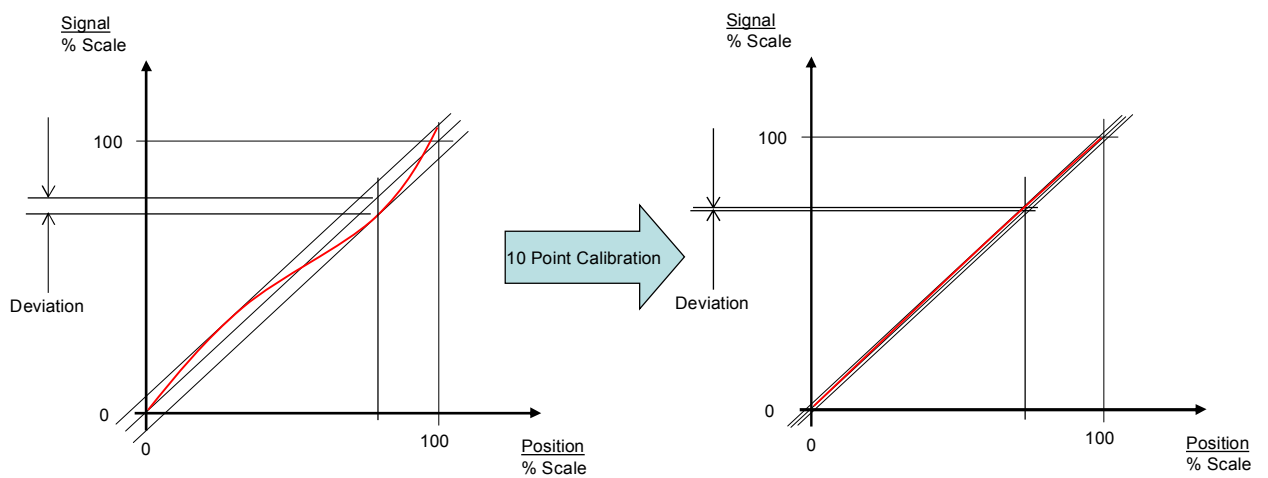


図 2 - 緩やかに変化する非直線性センサの較正

しかし、この 2 番目の例のように、急速に変化するデバイスは 10 ポイントで較正されても、その直線性はほとんど変化しません。このような急速に変化する測定特性が線形化されるには、1000 ポイント以上取ることがあります。このようなプロセスにブロックゲージでは実用的ではありませんが、ルックアップテーブルの読み取り値をレーザ干渉計などの高性能基準デバイスと比較する方法が実用的かも知れません。

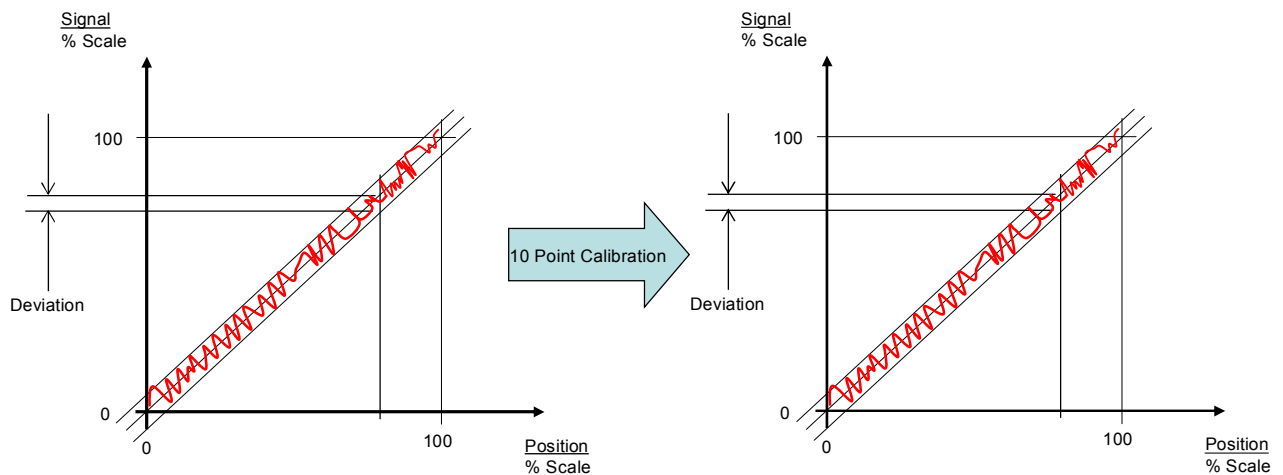


図 3 – 急速に変化する非直線センサの較正

光学式エンコーダの落とし穴

光学式エンコーダは、光源を光学素子（通常はガラスディスク）に照射するか透過させることで動作します。光はディスクの格子に遮断されるか透過するかして、位置に対応したアナログ信号が生成されます。ガラスディスクは、製造メーカーが高精度を要求できるように、驚くほど緻密な形状になっています。これらの緻密な形状が埃、汚れ、グリスなどで遮られた場合、どうなるか説明されていないことがあります。実際、ごく少量の異物であっても誤読を引き起こす可能性があります。さらに、なんの警告もなくデバイスの全動作が止まることがあります。これは「突発故障」として知られています。また、特に光学式エンコーダと光学式エンコーダキットの正確度の問題があることはあまり知られていません。

18 ビット（256k ポイント）の分解能を持つ 1 インチの一般的なディスクを使用する光デバイスを考えてみましょう。一般的に、そのようなデバイスで要求される正確度は ± 10 arc-second です。しかし、大きい太字での記載の値は（しかし驚くことではありません）、ディスクが読取ヘッドに完全に相対して回転し、その温度が一定であると仮定されていることを前提としています。より現実的な例を考えると、ディスクはわずかに 0.001 inch（0.025mm）偏心して取り付けられています。

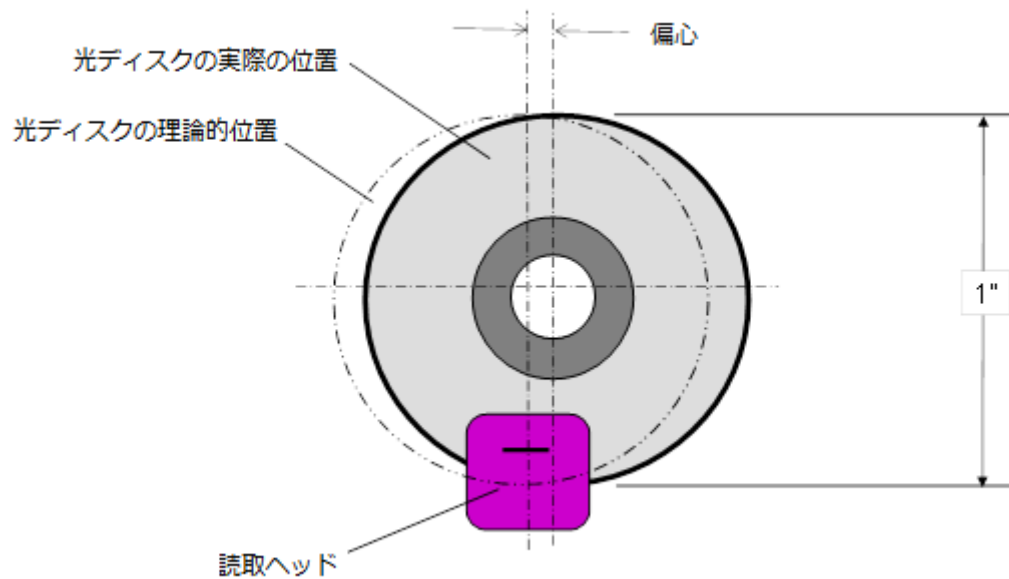


図 4 - 偏心した光ディスクと読取ヘッド

偏心にはいくつかの要因の為に起こります。以下、その要因です：

- ハブ上のガラスディスクの同心度
- 光ディスクに対するハブの貫通穴の同心度
- 光ディスクの平面に対するハブの垂直度
- 光ディスク表面と読取ヘッドの平面との平行度
- ハブが取り付けられているシャフトの同心度
- メインシャフトを支えるベアリングとベアリングマウントとのクリアランス
- ベアリングのバラつき
- シャフトの真円度とハブの貫通穴の真円度
- 位置決め方法（通常、グラブネジはハブを片側に引っ張ってしまうので）
- シャフトのベアリング上の応力によるストレスや引っ張りによる変位
- 温度の影響
- その他

完璧に取付された光ディスクは、このような余りに微細な技術設計が要求されますので、コストが高くなります。実際には、光ディスクと読取ヘッドとが正確な位置にならないため、測定誤差が発生します。実装誤差が 0.001 inch (0.0254mm) と考えれば、測定誤差は光トラック半径の周で 0.001 inch に相当する角度になります。数字を簡単にするために、トラックの半径が 0.5 inch であると仮定しまし

よう。これは、2 milliradian または 412 arc-second の誤差に相当します。言い換えれば、10 arc-second の仕様正確度を有するデバイスは、データシートに記載されているよりも 40 倍以上も正確度が落ちます。

もし光ディスクを 0.001 inch 以内に正確に配置することができれば、本当にうまく動作します。実際には、1 inch の 2~10 の数千倍分の 1 の範囲内以上となるようなので、実際の正確度は当初計算値より 80~400 倍も悪くなるでしょう。

代替りのアプローチ

レゾルバまたは IncOder のような新世代の誘導デバイスの測定原理は全く異なります。測定は、ロータ（ディスク）とステータ（検出）間の相互インダクタンスに基づいて行われます。ある点での読み値から位置を計算するのではなく、ステータとロータの両方の全面から測定値が生成されます。その結果、デバイスの一方の部分の非同心性によって引き起こされる不一致は、デバイスの反対側部分の逆効果によって打ち消されます。分解度と正確度の見出しの数値は、光学式エンコーダほど印象的ではないことがよくあります。しかし重要なことは、この測定性能が非理想的な条件の中でも維持されることです。



図 5 – 新世代の誘導 IncOder – どんな環境下でも高正確度です

新世代 IncOder の測定性能は、ロータとステータの完全なアラインメントの基に規定されておりませんが実際に取付許容差内（通常 $\pm 0.25\text{mm}$ ）であれば、全て規定通りの分解能、再現性、正確度が得られます。さらに、誘導デバイスの記載された性能は、異物、湿度、寿命、耐久性摩耗または振動によって変化することはありません。

誘導型角度エンコーダである Zettlex の IncOder 製品範囲は過酷な環境下でも信頼性の高い位置センサとして急速に拡大しております。IncOder は 17bit までの分解能の小型の 37mm 径から、19bit までの分解能の中型の 58mm 径、22bit までの分解能の大型の 75~595mm 径まで取り揃えております。

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
Telephone: +44 1223 874444
Web: 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

Web: www.midori.co.jp