



オプテックス・エフエー株式会社

よくわかる
変位センサ
ハンドブック



変位センサの基礎

オプテックス・エフエー株式会社
販売促進部 中島 俊孝

1. 変位センサとは？

- 変位センサとは、ミクロン単位でワークの高さや厚み・距離を測定するセンサです。
- 光電センサはワークの「あり・なし」を検出しますが、変位センサはそれが「何mmの距離にあるか」まで正確に測れます。

※変位センサには、接触式・超音波式・静電容量式・渦電流式などがありますが、この講座では光源にレーザを使用した光学式の**レーザ変位センサ**について説明します。



1. 変位センサとは？

レーザ変位センサの特徴

- ・ 非接触で測定ができる
- ・ 長距離測定が可能
- ・ 微小物体も測定できる
- ・ 高速・高精度測定
- ・ ほとんどの物体を測定可能

- ・ 油やホコリなど光学系の汚れに弱い

1. 変位センサとは？

レーザ変位センサでできること



厚み測定



高さ測定



反り・歪み測定



たるみ測定



サイズ測定



レベル制御



カウント通過検出



ポジショニング



段差判別



重なり検出



透明体測定

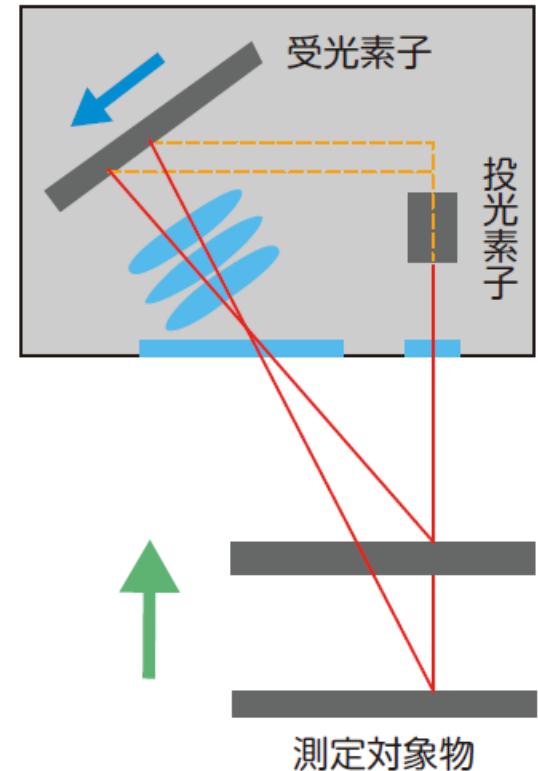


形状・外形検査

2. レーザ変位センサの測定原理

- レーザ変位センサでは「投光素子」「受光素子」「測定対象物」で三角形を作り、測定対象物までの距離を求めます(右図)。

- 対象物の距離が変化する(緑↑)と、受光素子上の光の位置が変化します(青←)。つまり、受光素子上の光の位置から、対象物までの距離を測定します。





ご質問タイム

2. レーザ変位センサの測定方式

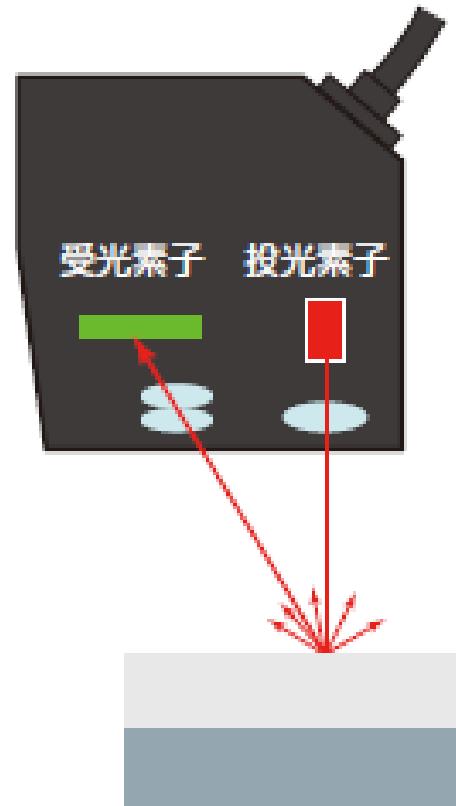
2-2. 測定方式

光の反射には、光が当たった角度(入射角)と同じ角度で反射する「正反射」と、あらゆる角度に反射する「拡散反射」の2つがあります。このどちらかの反射光を利用して距離を測定します。

2. レーザ変位センサによる測定方法

■ 拡散反射方式

投光ビームを測定面に対して垂直に投光し、反射光のなかの拡散反射光を受光する方式で、**測定範囲を広くとることができます**。ただし、拡散反射がほとんどない透明体や鏡面体の測定には不向きです。

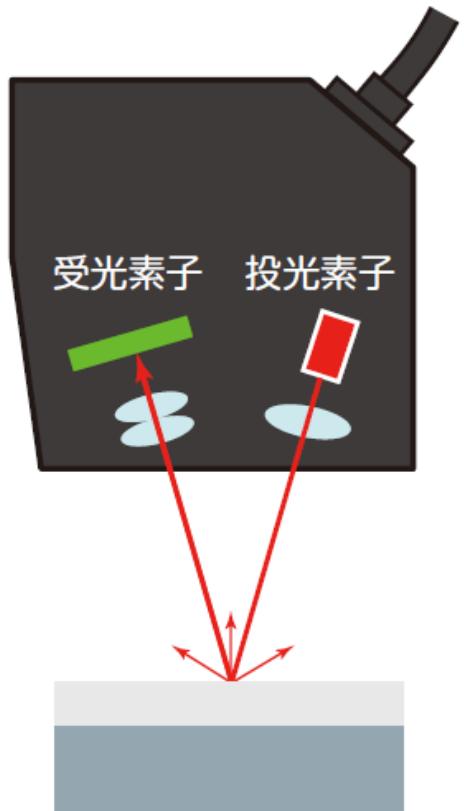


2. レーザ変位センサによる測定方法

■ 正反射方式

投光角と受光角が等しい角度になるように光学系を配置し、反射光の正反射成分を受光する方式で、主に**透明体や鏡面体の測定**に用います。

測定範囲が拡散反射方式に比べて短くなってしまうのが欠点ですが、短くなった分、精度は高くなります。



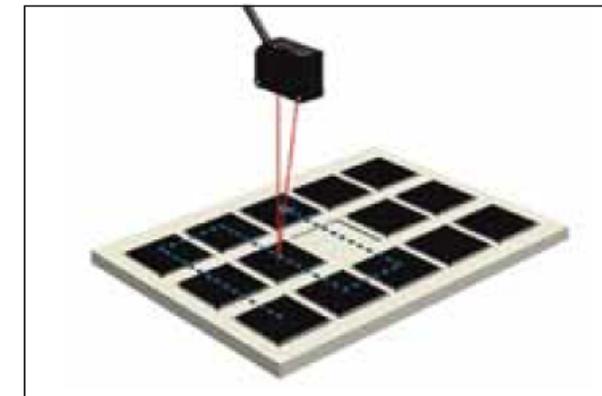
3. レーザ変位センサの用途例

拡散反射型

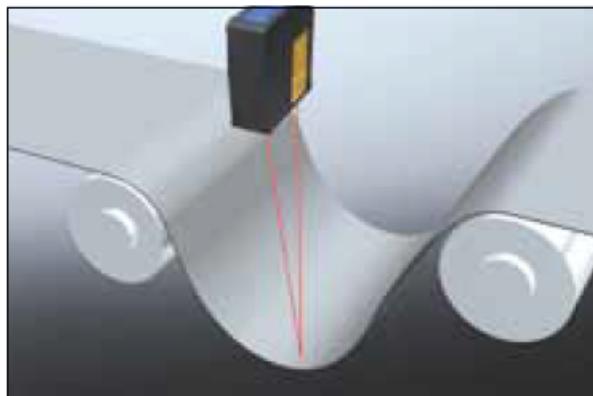
シール剤の塗布量測定



トレイ内のチップの有無確認



シート材のループ制御



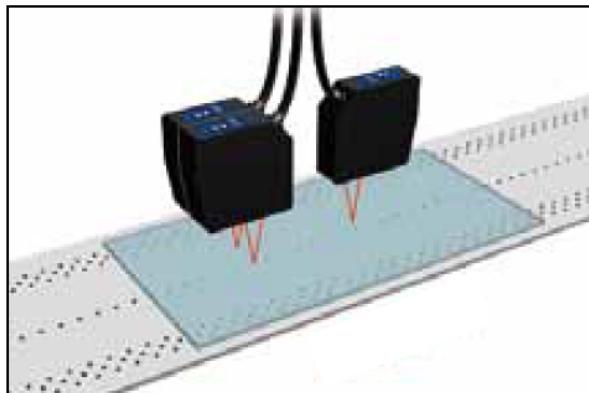
ロボットアームの位置決め



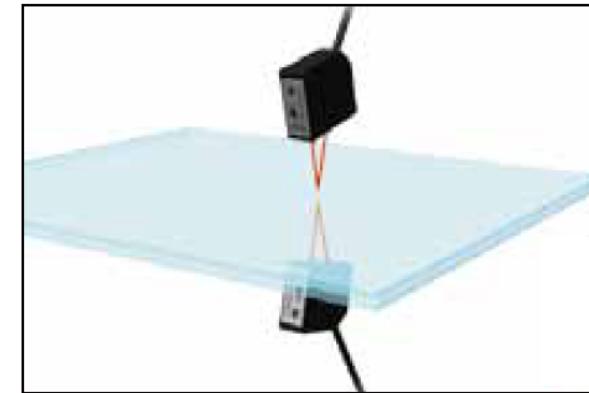
3. レーザ変位センサの用途例

正反射型

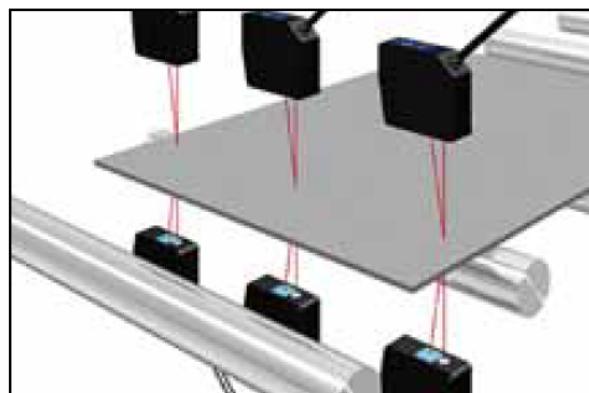
液晶ガラスの歪み測定



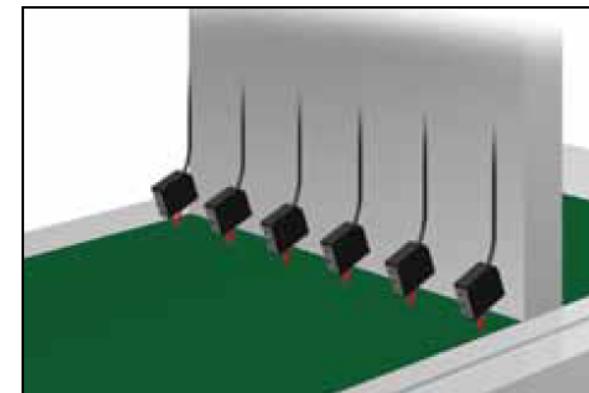
ガラス基板の2枚送り判別



太陽電池基板厚み測定



露光装置露光ヘッドZ軸制御



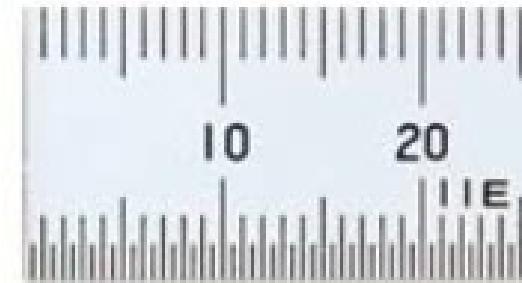


ご質問タイム

4. 用語解説

4-1. 分解能

- 「どれくらい細かい単位で測定できるか」という、センサの**目盛りの細かさ**です。例えば定規であれば、目盛りが1mmなので、「分解能は1mm」となります。



4. 用語解説

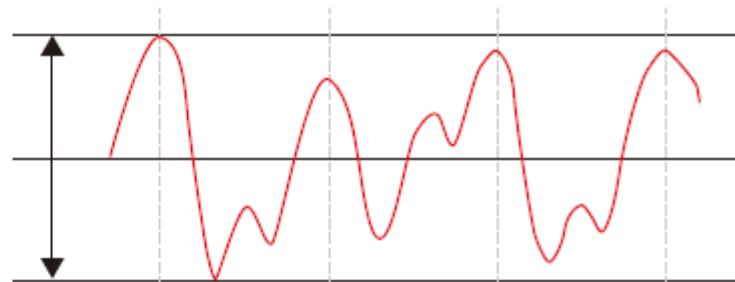
4-2. 繰返精度

- レーザ変位センサは、静止状態でも測定値がバラつます。静止しているワークの同じ位置を繰返し測定した際の値の**バラつき量**が、繰返(くりかえし)精度です。

例) CD5-85(拡散反射モード)

繰返精度: $1\mu\text{m}$

※ 平均回数4096回での代表例
(平均回数は測定条件として
必ず併記します)

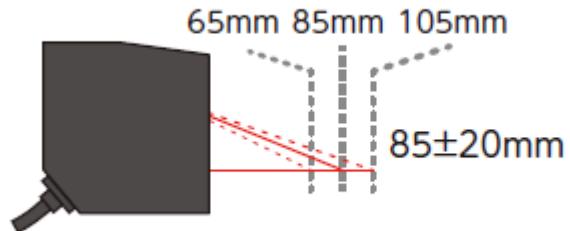


繰返精度では、測定値の
ピークtoピークの距離を換算

4. 用語解説

4-3. フルスケール(F.S.)

- センサが**測定できる範囲**を表します。
- 測定対象の段差や可動範囲がこの間に収まる必要があり、機種選定時に重要な項目です。



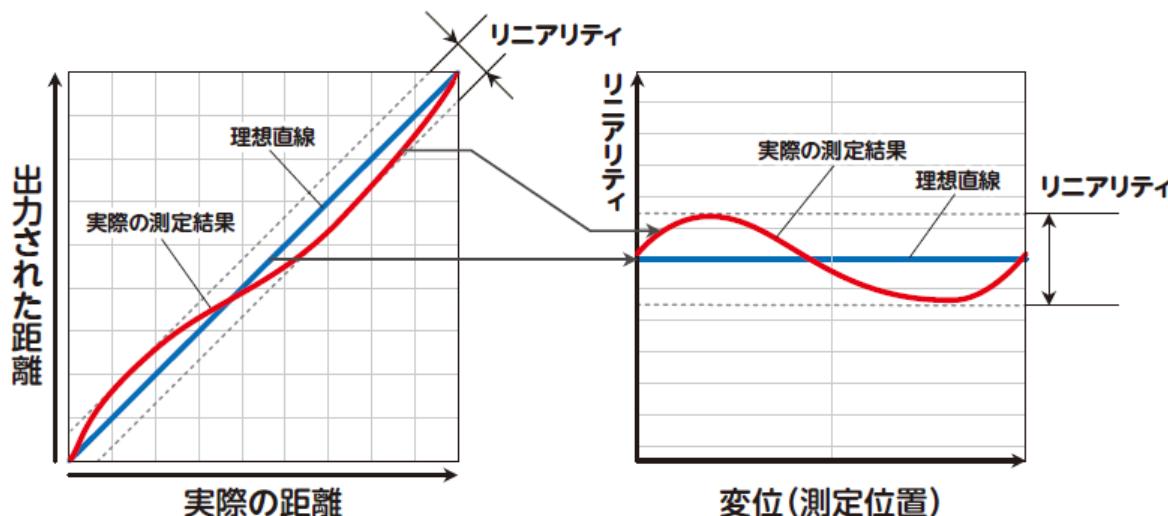
例) CD5-85(拡散反射モード)
測定範囲: $85 \pm 20\text{mm}$ (=65mm~105mm)
→ フルスケール: $\pm 20\text{mm} = 40\text{mm}$

4. 用語解説

4-4. リニアリティ(直線性)

- リニアリティとは、**測定値と実際の変位(距離)の値のズレ量**です。

次の図では、レーザ変位センサが測定している「実際の距離」を横軸に、「出力された距離」を縦軸に取っています。



- リニアリティは「フルスケールの何%」として表現されます。フルスケールが長くなるほど、精度を保つのが難しくなるため、「フルスケールの何%」と表現することで機器の能力を横並びに評価しやすくなります。

4 . 用語解説

リニアリティの計算例

- CD22-35□の場合

リニアリティ : $\pm 0.1\% \text{ F.S.}$

測定範囲 : $35 \pm 15\text{mm}$

フルスケール 30mm ($\pm 15\text{mm}$) の $\pm 0.1\%$ なので $\pm 0.03\text{mm}$

- CD22-100□の場合

リニアリティ : $\pm 0.1\% \text{ F.S.}$

測定範囲 : $100 \pm 50\text{mm}$

フルスケール 100mm ($\pm 50\text{mm}$) の $\pm 0.1\%$ なので $\pm 0.1\text{mm}$

4. 用語解説

4-5. サンプリング周波数 / サンプリング周期

- サンプリング周波数(単位:Hz)は「**1秒あたりの測定回数**」のことです、大きくなるほど1回の測定(サンプリング)時間は短くなります。測定時間が短いほど高速ラインに対応できますが、受光量が少なくなるため、反射率の低いワーク(黒ゴム等)では注意が必要です。

$$\text{サンプリング周波数(Hz)} = 1 / \text{サンプリング周期(ms/}\mu\text{s)}$$

4. 用語解説

4-6. アベレージング(移動平均)

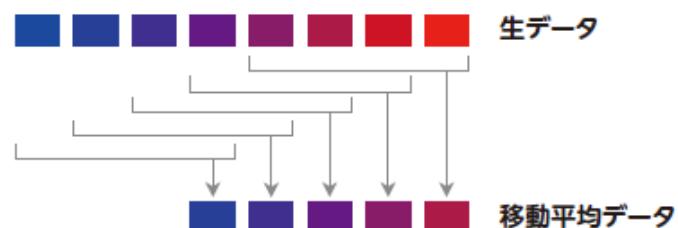
- 一回一回の測定値は、静止状態でもバラツキがあるため、何回かの測定データを「**移動平均**」して安定させます。

移動平均では、計算箇所を順にずらし括弧()の範囲を平均化して算出します(右図)。

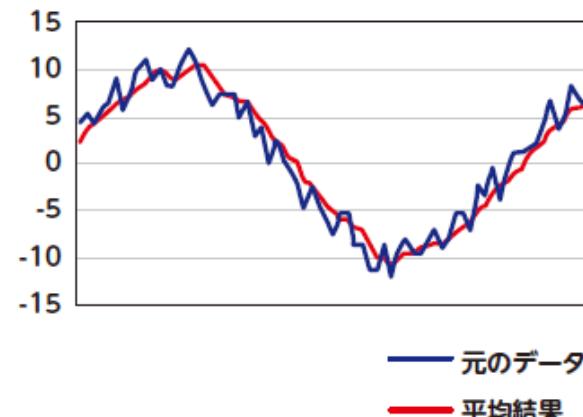
- 移動平均回数を多くすればバラツキは小さくなりますが、応答は遅くなり細かな変化を測定できなくなります。

移動平均の計算方法

例) 平均回数 4回



移動平均処理グラフ



5. 変位センサの種類と特徴

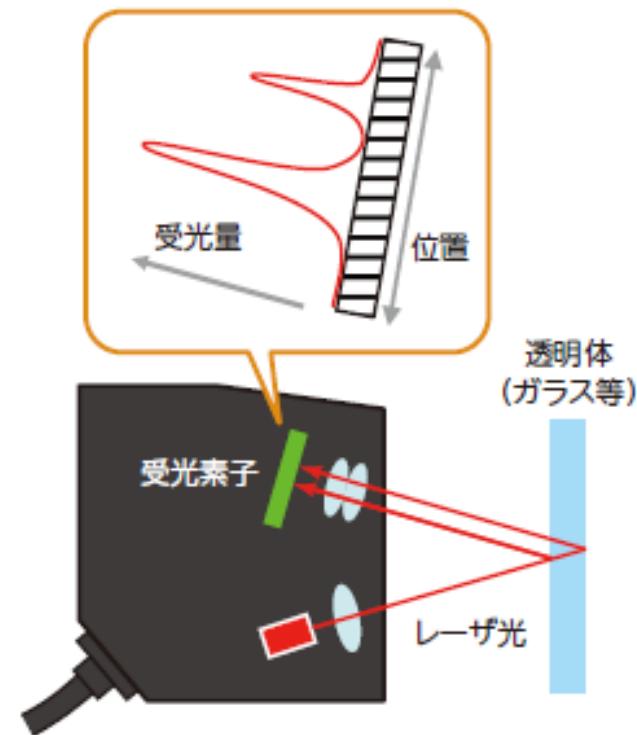
変位センサには、様々な種類があります。それぞれに長所・短所がありますが、ここで紹介している光学式レーザ変位センサは多くの点で優位点があります。

	精度	距離	速度	対象物
接触式	○	△	×	○
光学式(レーザ)	○	○	○	○
超音波式	×	○	×	○
静電容量式	○	×	○	△
渦電流式	○	×	○	×(金属のみ)

6. 注意すべきポイント

● 透明体を測定する場合

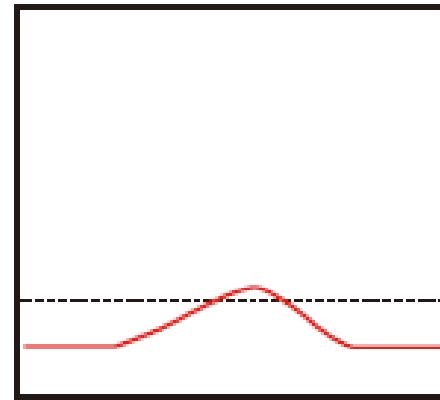
透明体の測定時には、正反射光を受光するよう、正しい角度で取り付ける必要があります。角度の余裕は2~5°程度（機種により異なる）なので、測定できているか、受光波形で確認します。透明体の厚み測定では、右図のように表と裏から二本の反射光が受光されます。



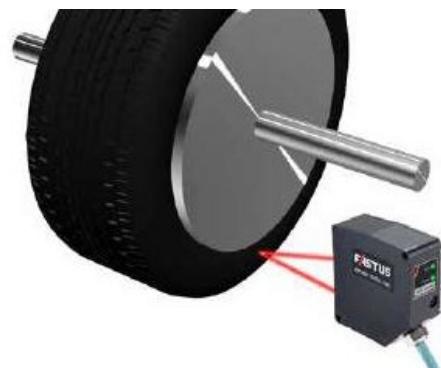
6. 注意すべきポイント

● 黒色ワークの場合

サンプリング周波数が大きいほど、測定時間は短く光量が少なくなります。このため反射光量の少ないワーク(黒ゴム等)を、高速に測定する場合には、十分な受光量があるかを受光波形で確認します。



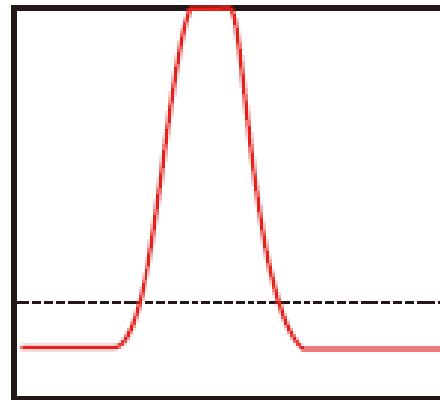
受光量が低い場合



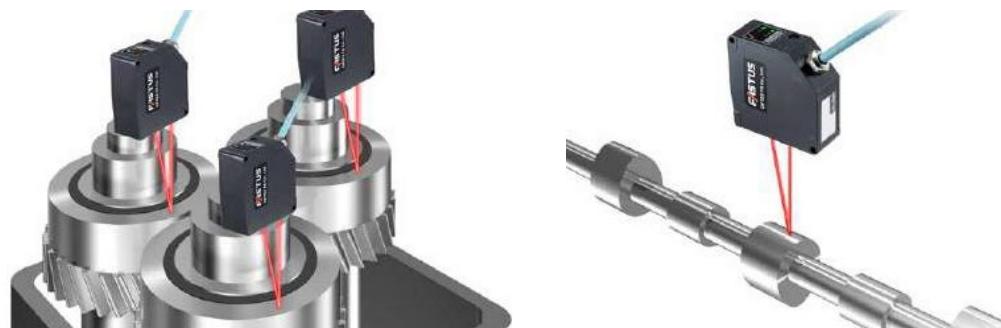
6. 注意すべきポイント

● 反射量の多い金属ワークの場合

反射光量の高い金属などの測定時に、レーザパワーが強いと受光量が飽和することがあります。受光波形を確認して飽和している場合は、レーザパワーを下げる・取り付け方法を変えるなどの対策を行います。



受光量が飽和している場合



6. 注意すべきポイント

● 温度変化について

〈 温度特性 〉

温度変化による測定値の変化のことで、「 $\pm 0.01\%FS/\text{°C}$ 」のように表現されます。製品カタログの仕様欄に記載がありますので、これを考慮して機種選定を行いましょう。

〈 初期ドリフト 〉

センサは電源投入時に内部温度が上昇し測定値が変化します。カタログ記載のウォームアップ時間を確認いただき、その後に測定を行うようにしましょう。

7. オプテックス・エフエーの製品紹介

レーザ変位センサ

ローコストからハイエンドまで、繰返精度に応じたバリエーション。
スポット光タイプのレーザ変位センサです。

シリーズ	投光光源	受光素子	構造	繰返精度	リニアリティ	サンプリング周期	標準価格(税別)
超高精度レーザ変位センサ CDXシリーズ 世界最高リニアリティ 	クラス1レーザ	CMOSリニアイメージセンサ	アンプ内蔵	0.1μm～	±0.015% of F.S.～ ±0.04% of F.S.	12.5μs～1ms、 Auto(8段切換)	350,000円
CMOSアンプ内蔵タイプ CD33シリーズ コストハーフを実現する 組込用レーザ変位センサ	クラス2レーザ			2μm～	±0.1%F.S.～ ±0.3%F.S.	500[750]～2000μs (4段切換) []はCD33-250	98,000円
コンパクトタイプ CD22シリーズ クラス最小 変位センサ	クラス1レーザ (CD22-15, CD22-35) クラス2レーザ (CD22-100)			1μm～	±0.1%F.S.	500～4000μs、 AUTO(5段切換)	59,800円

7. オプテックス・エフエーの製品紹介

形状測定センサ

平行ラインレーザ光でワークの表面形状を2次元判別。
高さや幅、厚み、ピッチや溝深さ、傾き、有無などを判別します。

形状測定タイプ

LSシリーズ

2次元測定で圧倒的低成本。
独自方式により、高速・小型化
を実現。



標準価格（本体）：480,000円

ご質問いただいた回答まとめ

No.	質問	回答
1	フルスケールの所をもう一度説明していただきたいです。フルスケール0.3mmとはどういう事でしょうか	フルスケールは測定できる範囲のことです。例えば、85mm±20mmと記載してあれば、±20mmの個所をスパンに直した「40mm」がフルスケールとなります。
2	測定範囲とフルスケールの概念が理解しにくい。	測定範囲とはセンサから何mm～何mm離れたところを測定できるかという意味になり、フルスケールとは単純に測定できる範囲となります。例えば85±20mmの機種の場合、測定範囲はそのまま85±20mm(65～105mm)ですが、フルスケールは±20mmの個所をスパンに直しますので「40mm」となります。
3	受光量のグラフを確認する方法はどのようなものがあるのか	シリーズによって異なりますが、CDXとCD33シリーズはPC上で受光波形を確認でき、CD5シリーズでは専用のアンプユニットで確認できます。
4	光学式(レーザ)は精度・距離・速度・対象物全て優れているという説明でしたが、価格面で比較するとどのようになるのでしょうか。	CD22シリーズなど安価な製品もありますが、総じて他の方式の変位センサに比べると、価格は高くなります。
5	正反射型の仕様は、対象とするサンプルが傾いていたら、測定は困難でしょうか。どれ位の傾きまでは許容できるのでしょうか。	原理上角度が変わると正確に測定ができません。許容できて最大約2°くらいまでと思われますが、実機でご確認ください。
6	光電センサのBGS型と変位センサは何が違うのでしょうか？	使用目的がBGSセンサは有無検出、変位センサは変位量測定と異なります。変位センサは、ON/OFF信号だけでなく測定値を出力するので、リニアリティなど精度を保証するために校正を行っている点が大きな違いです。