

## Mixed Signal Oscilloscopes DLM2000/DLM4000 Series

## エンコーダ信号のリアルタイム演算解析

## 1. Introduction

モータの高精度な回転制御が必要とされる場合に、回転軸の角度や速度を正確に知るためにロータリエンコーダが使われます。

光学式ロータリエンコーダは、スリット付きの円盤の回転による光量変化を電気信号に変換し、パルス信号を出力します。近年では、この小型・高速・高精度化がすすんでいます。

そのため精度評価のためのパルス信号観測では、以下に挙げるような測定器の精度向上や作業の効率化が求められています。

- ▶ 高速・高精度の波形観測
- ▶ 各相の周期、位相差等の同時測定
- ▶ 各測定データの統計処理
- ▶ 自動測定機能等を用いた評価作業の効率化

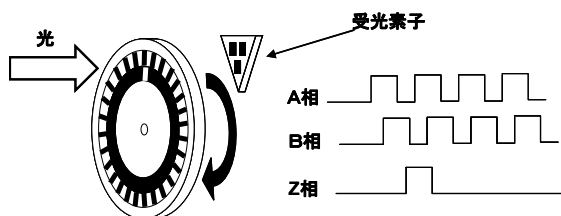


図1 光学式ロータリエンコーダの信号  
(インクリメンタル方式)

光学式ロータリエンコーダは回転の速さを出力パルスの周波数から、回転方向をA、B相の位相のずれから求めます。エンコーダの評価ではスリット形状の精度等を求めるために位相差やパルス周期等のデータを測定します。以下に測定項目例を示します。

## エンコーダの測定項目例

エンコーダパルス各相の周期	周期を複数回測定し、平均値、最大値、最小値を計算
エンコーダパルス各相のデューティ	パルス幅を複数回測定し、平均値、最大値、最小値を計算
エンコーダパルス各相間の位相差	位相差(A↑-B↑、B↑-A↓、A↓-B↓、B↓-A↑)を複数回測定し、平均値、最大値、最小値を計算

## 2. Key point

ロータリエンコーダ開発において、横河メータ&インスツルメンツのミックスドシグナルオシロスコープDLM2000/DLM4000シリーズをお使いいただくことで、ロータリエンコーダ評価の質を向上させ、作業を効率化できます。

DLM2000/DLM4000シリーズは最大2.5GS/s(4ch時1.25GS/s)のサンプルレートを持つため、0.2nsecの高分解能でエンコーダパルスの周期を測定できます。

また、充実した波形パラメータの自動測定機能により、出力波形の周期、パルス幅、パルス間位相差の自動測定もできます。さらに波形パラメータの統計処理によってそれらの最大、最小、平均、標準偏差を計算できます。

ヒストグラム表示機能、ロータリカウント機能を用いることでデータを視覚化し、作業を効率化できます。

## 3. Features

- 200MHz～500MHzの高周波数帯域
- 最大2.5GS/s(4ch時1.25GS/s)の高サンプルレート
- ロータリカウント機能による回転角度のリアルタイム表示
- 最大250Mポイント(オプション/M3付)のロングメモリ
- 最高20,000回/秒の高速波形取り込み機能
- 最大30種の波形パラメータの同時測定
- 波形パラメータの統計処理機能・ヒストグラム表示機能

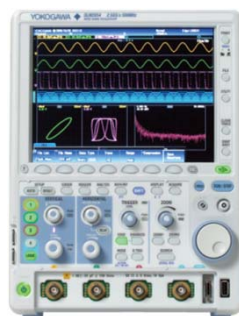


写真1 DLM2000外観

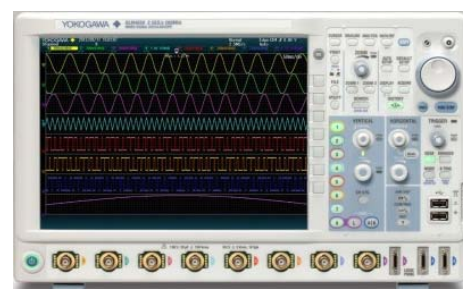


写真2 DLM4000外観

## 4. Solutions

### 1. 波形パラメータの自動測定

ロータリエンコーダの評価では、出力パルスのA相またはB相の周期やA相とB相間の位相差等が必要です。

A相、B相の周期については、DLM2000/DLM4000の29種の自動測定項目から“Period”を選択するだけで波形更新に合わせて、設定した位置のパルスの周期が表示されます。

また、A相、B相の位相差については、図3のようにA相からB相を引いた波形を演算チャンネルにより作成します。そのパルス上部の凸部の時間をパラメータ自動測定項目の“+Width”により測定することで求められます。

### 2. ロータリカウント演算による回転量モニター

ロータリエンコーダ評価の作業効率向上のためにはモータ回転軸の角度をリアルタイムに知る事も必要です。

DLM2000/DLM4000シリーズのロータリカウント演算は、A相とB相のパルスエッジが正方向に入力されると“+1”、逆方向(エッジ入力順が逆)に入ると“-1”としてカウントし、演算結果をリアルタイムに表示します(図4)。

回転方向とパルス入力個数に応じて、ロータリカウントの演算波形が変動を表示します(図5)。

画面下部の階段波形は回転方向と回転量を表します。正回転(CW: clockwise)の場合はレベルが上昇し、逆回転(CCW: Counter clockwise)では降下します。

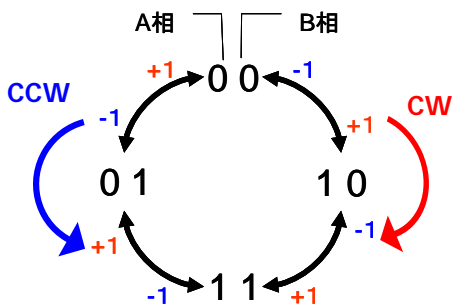


図4 ロータリカウントの概念

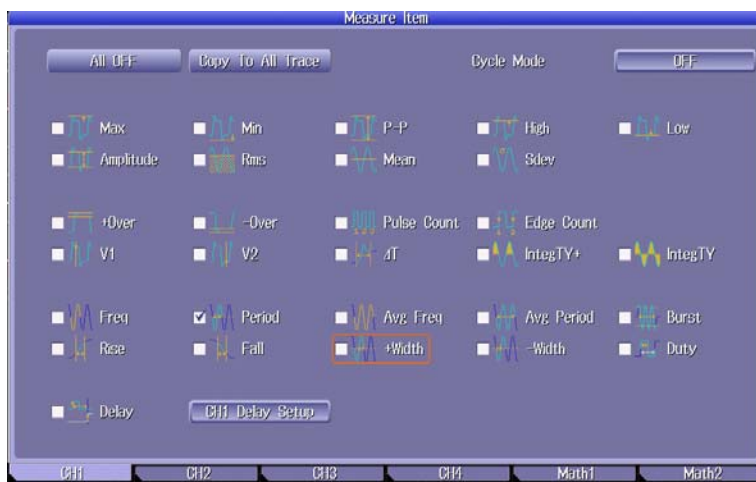


図2 波形パラメータ測定項目選択画面

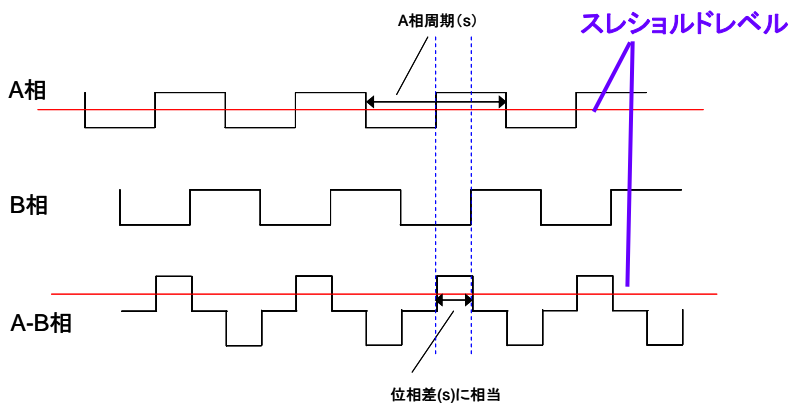


図3 A相B相の重ね合わせ

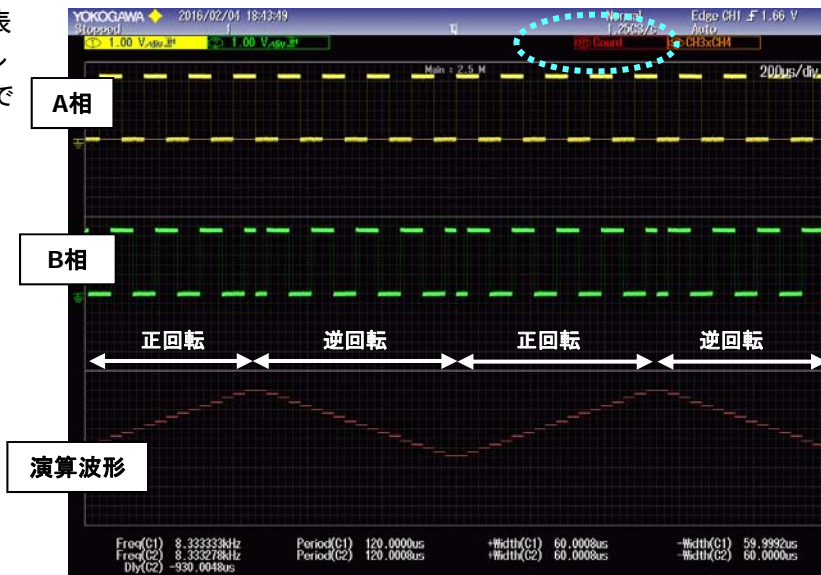


図5 ロータリカウントの演算波形例

### 3. 波形パラメータ測定値の統計処理

エンコーダの評価では、各パルスに対して周期や位相差等の最大値や標準偏差等を求めることも必要です。

DLM2000/DLM4000シリーズは取り込んだ波形に対して波形パラメータの統計処理もできるため、これらを求めることができます。

エンコーダ評価では連続した複数のパルスに関するデータが必要なため、サイクル統計処理を用います。サイクル統計処理は指定範囲の1周期ごとのパラメータ測定結果を元に統計処理を行います。結果は最大値、最小値、平均値、標準偏差が表示されます。(図6参照)



スレシヨルドレベル

図6 エンコーダパルスの波形パラメータ測定

### 4. 統計処理結果の視覚化

DLM2000/DLM4000シリーズは、測定したパルスの周期や位相差のパラメータを最大10万個内部に保持できます。

測定結果は、解析ウィンドウ機能を使うことで、リストやヒストグラムで表示することができます。

図7では解析ウィンドウにA相B相の位相差のヒストグラムを表示させています。

ヒストグラムの形状を見ることで、データが離散的に周期変動しているのかなどを確認できます。



図7 サイクル統計処理のヒストグラム表示

### 5. Conclusion

小型、高速、高精度化するエンコーダの効率的評価には、周期時間差などの複数の測定項目を短時間で評価する必要があります。DLM2000/DLM4000シリーズは、チャンネル間演算や波形パラメータの統計解析などの豊富な解析機能を搭載している上に、大容量メモリを高速に演算処理します。オシロスコープとして、波形観測だけでなく、時間軸の解析にも有効であり、エンコーダの評価に有効な測定器です。

## Advanced techniques

### ①回転速度変動を考慮したエンコーダ評価

エンコーダ評価では、エンコーダ精度の評価のために以下に示すようなRがよく使われます。Rはエンコーダの全パルスについて求めます。

$$R = \text{A相とB相の位相差} / \text{A相周期} \times 100 [\%]$$

A相周期を一定と考え、簡易的にRを求める場合もありますが、回転速度の変動が無視できないときは、A相周期の値も1パルスごとの値を使う必要があります。

DLM2000/DLM4000は測定項目に計算式※を設定することで、1回の測定と統計処理により上記のRをエンコーダ全パルスについて求めることができ、画面上でグラフ化までできます。以下に測定手順の概要を述べます。

(※追加オプション。DLM2000は4chモデルのみ対応。)

### 1. サイクル統計処理の範囲設定、スレシールドレベル設定

DLM2000/DLM4000をインターリーブモード(2CH入力、高サンプルレートモード)に設定し※、A相、B相からの信号をDLM2000/DLM4000のCH1、CH3に入力します。

次に、演算チャネルのM1を(M1)=(CH1)-(CH3)と設定し、A相波形からB相波形を減じた波形(A-B相)を表示させます。また、A-B相波形のスレシールドレベルを図1のように設定します。

次に、サイクル統計で使う周期をA相の周期に設定し、A相のスレシールドレベルと時間軸の範囲を図8のように設定します。

(※サンプルレートが向上し、高精度の測定結果を得ることができます。)

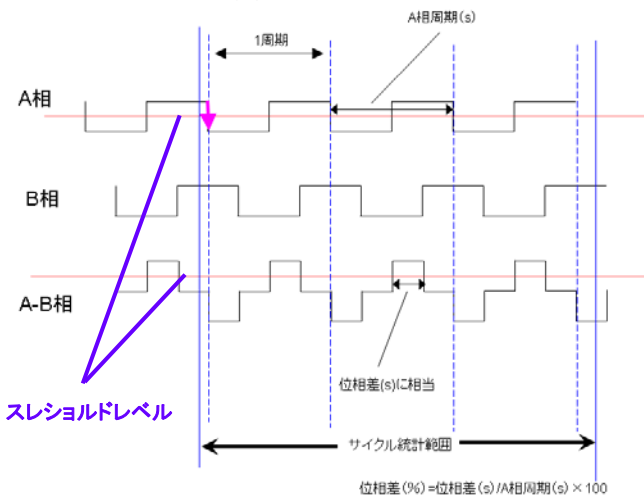


図8 スレシールドレベル、統計処理範囲の設定

### 2. 計算式の設定

測定項目に計算式を設定することでRを求めます。測定項目でCalcを選択し、図9のように専用ダイアログに数式を入力します。

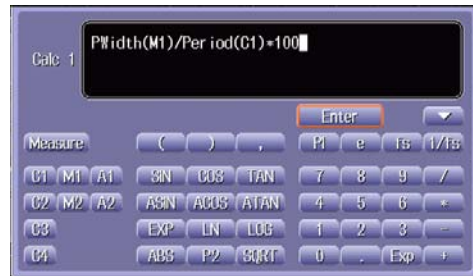


図9 計算式入力ダイアログ

### 3. サイクル統計処理の実行

統計処理を実行します。最大値、最小値、平均値、標準偏差等の結果が画面上に表示されます。

### 4. 結果のリスト表示、CSVファイル保存

算出されたRは、リストによる表示、およびCSVファイルでの保存を行うことができます。

(リスト表示はヒストリデータ使用時のみ可能です。)

DLM2000/DLM4000は選択可能な全ての統計アイテムを同時測定することができます。

また、全ての測定結果をCSVファイルとして保存し、PCで解析できます。

Analysis Type	Model Name	Model Version	Period(C1)	#Width(M)	Calc
Max			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
Min			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
Mean			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
Sigma			8.88E-09	5.83E-09	5.12E-03
Count			20	20	20
11			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
12			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
13			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
14			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
15			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
16			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
17			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
18			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
19			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
20			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
21			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
22			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
23			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
24			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
25			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
26			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
27			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01
28			1.200E-04	3.000E-05	2.500E+01



図10 統計処理結果のCSVファイル出力、リスト表示