

# 温度計内蔵形渦流量計 “digitalYEWFLO Multivariable Type”

## “digitalYEWFLO Multivariable Type” Voltex Flowmeter with Built-in Temperature Sensor

和久井 秀一 <sup>*1</sup> WAKUI Hidekazu	和田 正巳 <sup>*1</sup> WADA Masami
吉岡 貴 <sup>*1</sup> YOSHIOKA Takashi	安藤 哲男 <sup>*1</sup> ANDOH Tetsuo

当社独自の信号処理技術である SSP (Spectral Signal Processing) を搭載した渦流量計 digitalYEWFLO は、2001 年の発売以来、現在まで順調に出荷台数を伸ばすと共に、フィールドでの実績を重ねてきた。この度、digitalYEWFLO の高精度・高信頼性を継承し、更なる機能の向上・拡張を図ることにより、世界初の 2 線式温度計内蔵形渦流量計 digitalYEWFLO Multivariable type (マルチバリアブルタイプ) を開発した。

Multivariable type とは、流量センサ内部に温度センサを内蔵し、流量の測定に加えて、流体温度の測定や、スチームの質量流量演算に代表される温度測定データを用いた各種補正演算等のマルチセンシング機能を実現した製品である。本稿では、digitalYEWFLO Multivariable type の構造・機能・特長について、ユーザの実プラントにおける実証試験のデータを交えて紹介する。

Since released in 2001, the “digitalYEWFLO” voltex flowmeter employing our original technology of signal processing SSP (Spectral Signal Processing) has established reliability and good performance in the field along with increasing unit sales smoothly so far. This time, we have developed one of the world’s first-ever two-wire voltex flowmeters with built-in temperature sensor “digitalYEWFLO Multivariable Type”, which features the further enhanced measuring functions, while inheriting the high accuracy and reliability of “digitalYEWFLO”. Thanks to the temperature sensor incorporated in the flow rate sensor, “digitalYEWFLO Multivariable Type” enables the simultaneous measurement of fluid temperature and flow rate, thereby realizing the calculations of various kinds of compensation such as steam mass flow rate.

This paper describes the structure, functions and advantages of “digitalYEWFLO Multivariable Type” using actual data of user plants.

### 1. はじめに

渦流量計は、流れの中に挿入された渦発生体から放出されるカルマン渦列の周波数が流速に比例するという、流体現象を利用した流量計である。YEWFLO シリーズは渦によって渦発生体に発生する応力を 2 枚の圧電素子によって検出する方式を採用し、同一の検出部で液・ガス・スチームの測定が可能な汎用型流量計として、1979 年に製品化された。その後、各種の機能拡張・性能向上による進化を経て、現在の digitalYEWFLO<sup>1)</sup> に至るまで、その高精度・高信頼性が継承されてきた。その結果、全世界での販売実績も既に 20 万台を超えている。



図 1 digitalYEWFLO の外観

<sup>\*1</sup> 制御プロダクトフィールド機器事業部 第1技術部

今回、digitalYEFWLOの流量センサ内部に温度センサを内蔵し、流体温度の測定と、その測定データを用いた各種補正演算等の新機能を追加した温度計内蔵形渦流量計 digitalYEFWLO Multivariable type を開発した。

図1に示すように、外観は、標準形のdigitalYEFWLOと同一のデザインを踏襲している。

## 2. 測定原理

### 2.1 渦流量計の基本原理解

流れの中に挿入された渦発生体から放出されるカルマン渦列の周波数 $f$ と体積流量 $Q$ には、以下の関係がある。

$$f = K \cdot Q \quad K: K \text{ファクター}$$

渦発生体の形状・寸法を最適に選ぶことにより、広いレイノルズ数範囲で $K$ ファクターはほぼ一定の値となり、渦周波数 $f$ を測定することで体積流量 $Q$ が測定できる。

### 2.2 流量補正演算

digitalYEFWLO Multivariable typeでは、内蔵の温度センサで測定した流体温度を用いて、各種の流量補正演算を行うことができる。主なものを、以下に示す。

#### (1) スチームの質量流量

内部メモリに搭載したスチームの密度テーブルを用いて、流体温度から流体密度を求め(過熱スチームの場合には、使用状態の圧力の設定が必要)、体積流量 $Q$ に乗ずることで、質量流量 $M$ の測定ができる。

$$M = \rho \cdot Q$$

#### (2) 気体の標準状態の体積流量

ボイル・シャルルの法則による温度圧力補正を行うことで、標準状態の体積流量 $Q_n$ の測定ができる。

$$Q_n = Q \cdot (P/P_n) \cdot (T_n/T) \cdot (1/k)$$

$Q_n$  : 標準状態の体積流量

$Q$  : 使用状態の体積流量

$P$  : 使用状態の圧力

$P_n$  : 標準状態の圧力

$T$  : 使用状態の絶対温度

$T_n$  : 標準状態の絶対温度

$k$  : 偏差係数 ( ユーザ設定 )

#### (3) 液体の質量流量

流体温度による密度の変化を以下のような2次式で補正することで、質量流量 $M$ の測定ができる。

$$M = \rho_n \cdot Q \cdot \{ 1 + a_1(t - t_n) + a_2(t - t_n)^2 \}$$

$\rho_n$  : 標準状態の密度

$Q$  : 使用状態の体積流量

$a_1$  : 1次補正係数

$a_2$  : 2次補正係数

$t$  : 使用状態の温度

$t_n$  : 標準状態の温度 ( ユーザ設定 )

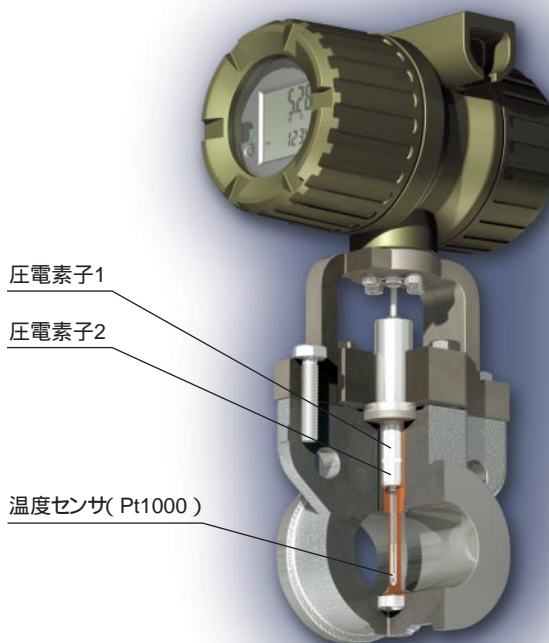


図2 検出器(センサ部分)の断面図

## 3. 構成

### 3.1 検出器

図2に、検出器(センサ部分)の断面図を示す。温度計は、ステンレス製の堅牢な流量センサの最下部付近に内蔵されている。温度センサには白金測温抵抗体Pt1000 (JIS Class A相当)を使用し、温度センサの周囲には、熱伝導率の高いMgO粉末が充填されている。

digitalYEFWLOの重要なアプリケーションとして、スチームを含む気体の流体計測がある。気体は一般に比熱容量や熱伝導率が小さく、空間的にも時間的にも温度変化を生じ易いため、正確な温度測定が困難であるとされてきた。今回、この課題点を解決するために、以下の構造を採用した。

温度センサの位置を流量センサの最下部付近とし、高温流体測定時に、流量センサ上部の変換器ケース周辺からの放熱の影響による温度測定誤差を軽減する。温度センサの周囲に熱伝導率の高いMgO粉末を充填することにより、流体と温度センサ間の熱抵抗を最小化する。

上記により、スチーム等の厳しい測定条件においても、高精度な温度測定を実現した。

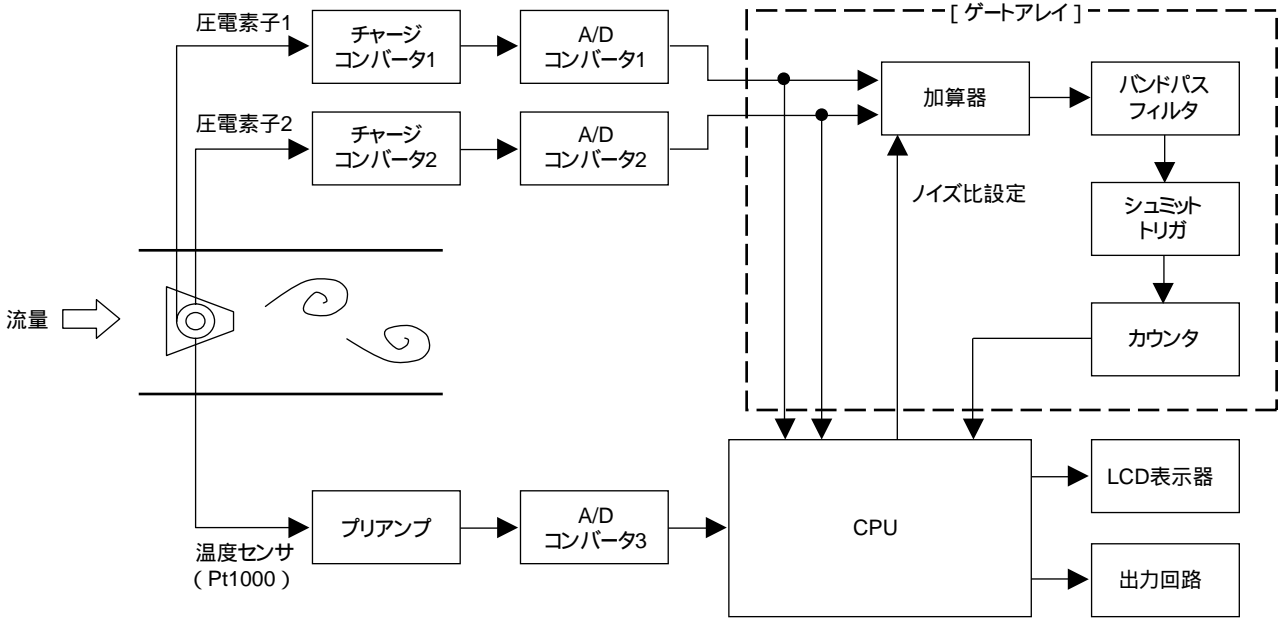


図3 変換器の信号処理部分の回路構成

### 3.2 変換器

図3に、変換器の信号処理部分の回路構成を示す。

digitalYEWFLOでは信号処理をデジタル化したので、加算器、バンドパスフィルタ、シュミットトリガなど、従来アナログ処理していた信号処理回路をゲートアレイ内に実装することが可能となり、部品点数を少なくし、変換器をコンパクトにすることができた。

2枚の圧電素子で検出された信号は、チャージコンバータとA/Dコンバータにより、デジタル信号に変換される。加算器は、振動ノイズの低減に最適なノイズ比で、A/Dコンバータ1, 2の出力を加算する。バンドパスフィルタで処理された信号は、シュミットトリガ回路でパルス化され、CPUにて周波数計算されて流量信号となる。

一方、温度センサPt1000の信号は、プリアンプとA/Dコンバータによりデジタル信号に変換され、CPUにて温度信号となる。

流量信号は温度補正演算などの各種の演算処理が加えられ、出力回路より、4 - 20 mA アナログ及び接点パルスとして出力される。また、通信手段により、流量値だけでなく温度の値も読み出すことができる。このため、1台の計測器(流量計)から複数の計測値を伝送することが可能なフィールドバス通信方式などとの共用においては、一層の利便性の向上が実現されることになる。

### 3.3 表示器

表示器は2段表示とし、1画面での表示情報を多くした。各段の表示内容は、以下のように選択可能である。

上段：瞬時流量もしくは%表示

下段：積算流量もしくは温度表示

(いずれも単位表示付き)

図4に、上段が瞬時流量、下段が温度表示の例を示す。

さらに、自己診断によってエラーの発生が確認された時にはエラー番号が表示され、パラメータの設定時には上段にパラメータ番号、下段に設定値が表示される。パラメータの設定は表示器前面に設けた3つの設定キーでも行うことができる。

また、この表示器は、90°ずつ3方向に取り付けの向きを変えることも可能である。



図4 表示例

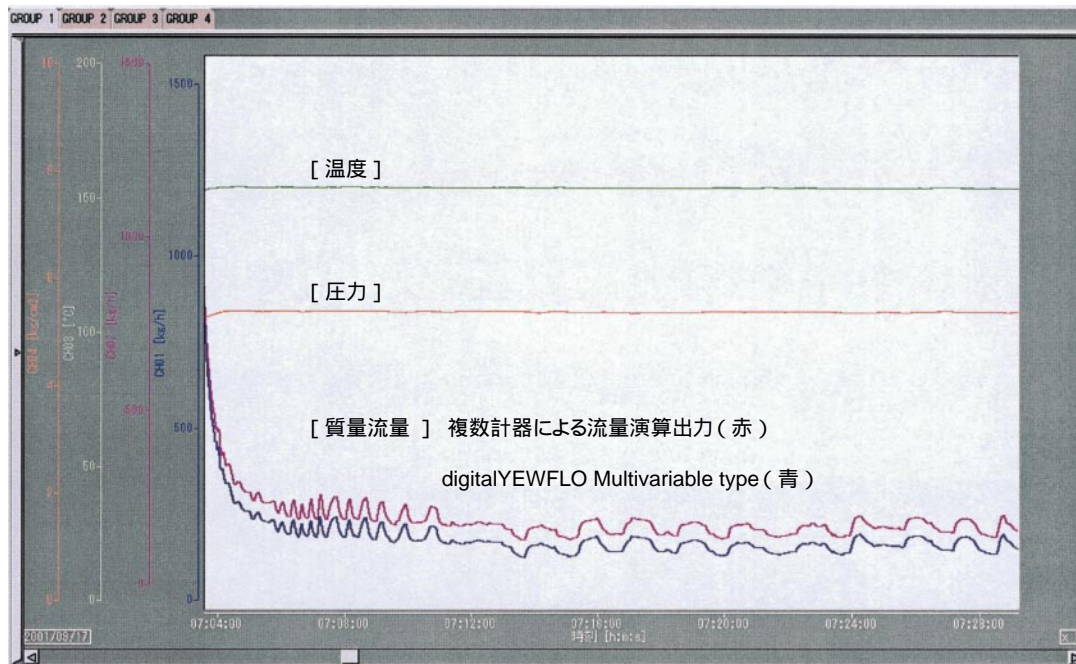


図5 飽和スチームの質量流量測定

#### 4. 適用事例

digitalYEWFLO Multivariable typeを、飽和スチームの質量流量測定に適用した事例を紹介する。対象ラインは、渦流量計、温度計、圧力計、流量演算器を組み合わせ、温度圧力補正による質量流量管理が行われていた。そこへ、新たにdigitalYEWFLO Multivariable typeを設置し、既設の複数計器による流量測定との比較試験を行った。

図5に、出力比較試験の結果を示す。digitalYEWFLO Multivariable typeの出力は、既設の複数計器によって演算された質量流量出力に対し、細かな流量変動への追従性を含めて、よく一致していることが分かる。これにより、複数の計器で行っていたスチームの質量流量管理が、このdigitalYEWFLO Multivariable type1台で置き換えられることが実証できた(図6)。



図6 計装のスリム化(例)

#### 5. おわりに

今回開発したdigitalYEWFLO Multivariable typeのメインターゲットは、スチームのアプリケーションである。環境保護・省エネのためにエネルギー管理の要求が高まる中、スチームのエネルギー管理に最適な流量計として、digitalYEWFLO Multivariable typeを使用することにより、計装の大幅なスリム化が可能となり、その結果として、初期導入コストからメンテナンスコストまでを含めた、お客様のTCO削減に貢献することが可能となった。

また、digitalYEWFLO Multivariable typeは、フィールドネットワーク時代のセンサに必須の要件になるであろうマルチセンシング機能を、他に先駆けて搭載した製品でもある。今後も、YEWFLOシリーズを更に継続的に進化、発展させ、お客様の要求に応じていきたいと考えている。

#### 参考文献

(1)本道雅則他，“デジタル信号処理を適用した渦流量計 digitalYEWFLO”，横河技報，vol. 45，no. 3，2001，p. 183-186

\* digitalYEWFLO，YEWFLOは、横河電機㈱の登録商標です。その他、本文中の名称及び製品名称は、それぞれ各社の商標、或いは登録商標です。