

新型可搬型超音波流量計「ポータフロー C」

特集

矢尾 博信 (やお ひろのぶ)

山田 和行 (やまだ かずゆき)

1 まえがき

可搬型の超音波流量計は、配管を切断したり、配管に穴を開けたりすることなく、既設配管の外壁にセンサを取り付けることにより管内の流量を測定することができる。

富士電機の従来の可搬型超音波流量計「ポータフロー X」は発売以来、十数年の実績があり、超音波流量計の上記特徴を生かし流量テスタとして国内外で多くの実績を積み重ねてきた。最新のエレクトロニクス技術とデジタル信号処理技術を駆使して、従来品に対しさらに小型、軽量、使い勝手の向上、機能アップを行い、デザインも一新した新型可搬型超音波流量計「ポータフロー C」を開発した。

2 ポータフロー C

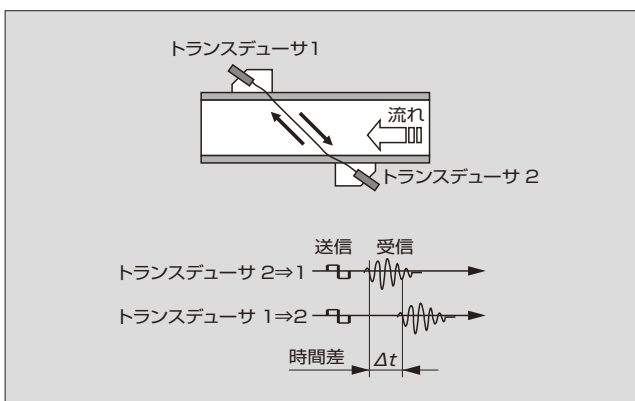
2.1 測定原理

ポータフロー C は測定原理として、流速を計測する伝搬時間差法と、管内流速分布を測定するパルスドップラー法を使用している。それぞれの原理図を図 1、図 2 に示す。

(1) 伝搬時間差法

一対のトランスデューサ間で測定流体を斜めに横切るように超音波パルスを往復させ、双方向の伝搬時間と伝搬時間差から流量を計測する。

図 1 伝搬時間差法



$$Q = (\pi D^2/4)(1/k) \{c/(2 \sin \theta)\} \{\Delta t/(t_0 - \tau)\} \dots\dots (1)$$

Q : 体積流量

D : 配管内径

k : 平均流速の換算係数 c : 測定流体の音速

θ : 測定流体への入射角 Δt : 伝搬時間差

t₀ : 静水時の伝搬時間

τ : 配管およびトランスデューサ内の伝搬時間である。

(2) パルスドップラー法

流体中の気泡やパーティクルなどの反射体が流体と同じ速度で移動すると仮定し、反射体の移動速度から流速分布を測定する。一つのトランスデューサから測定流体中へ斜めに超音波を送信し、反射体からのエコー波を同一のトランスデューサで受信する。伝搬経路を微小分割し、各微小領域を通過する反射体からのエコーのドップラーシフト(周波数変化)を複数回の送受信により計測し、各部の移動速度から流速分布を求める。

$$Q = \iint v(x) dS \dots\dots\dots (2)$$

$$v(x) = \{c/(2 \sin \theta)\} \{f_d(x)/f_0\} \dots\dots\dots (3)$$

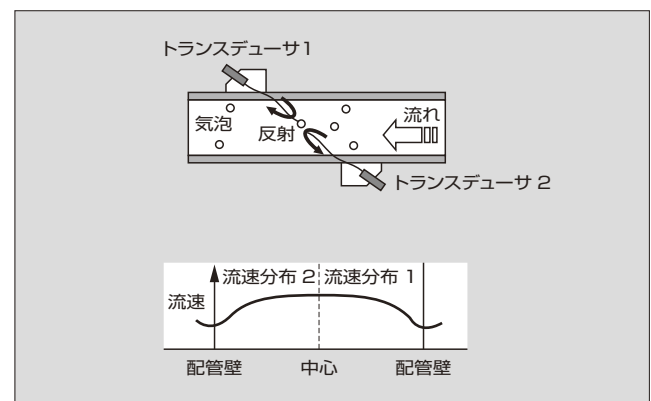
$$x = ct/2 \dots\dots\dots (4)$$

v(x) : 位置 x における流速

S : 断面

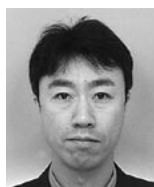
f_d(x) : 位置 x におけるドップラーシフト

図 2 パルスドップラー法



矢尾 博信

フィールド機器、特に流量計・発信器の設計・開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社制御システム本部PIA統括部計測機器技術第一部課長。計測自動制御学会会員。



山田 和行

フィールド機器、特に流量計の設計・開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社制御システム本部PIA統括部計測機器技術第一部。

f_0 : 基本励振周波数

t : トランスデューサと位置 x 間の超音波パルスの往復時間

その他の記号は式(1)と同じである。

2.2 主な仕様と特徴

ポータフロー C の主な仕様を表 1 に示す。

変換器と小型センサの外観を図 3 と図 4 に示す。

(1) 小型、軽量

最新のエレクトロニクス技術とデジタル信号処理技術

により、従来品に対して変換器の大きさを 30%、質量を 35% 削減した。

(2) 高精度、高速応答

精度は、 $\pm 1.0\%$ of Rate (流速 2m/s 以上) の高精度である。音速が不明な液体へ適用でき、さらに温度、圧力の影響を受けない。

応答速度は高速 32 ビットマイクロプロセッサの採用により 1 秒以下である。

(3) 長時間バッテリー駆動

内蔵のリチウムイオン電池により、約 12 時間の連続動作が可能である (条件: 伝搬時間差法, LCD バックライト消灯)。電池の充電は付属の電源アダプタにより 3 時間の急速充電ができる。

(4) カラー LCD

表示部はバックライト付きのカラー LCD で、バックライトを点灯することにより、暗い場所でも使用できる。また直射日光下の屋外でも視認性がよく、バックライトを消灯して使用できる。

(5) SD カード

オプションで 256 M バイトのメモリカードが添付され CSV データとして Excel で 65,500 行分を 1 ファイルとして 15 ファイルのデータ書込みが可能である。測定データの CSV 形式での保存や画面のハードコピーの保存が可能となり、パソコンとの連携が容易となった。最大 8 G バイトまでの SD カードを使用できる。

(6) グラフィックプリンタ

変換器にプリンタを一体構造として装着することが可能

表 1 ポータフロー C の主な仕様

項目	仕様
測定対象	超音波が通る均一な液体
流体温度	-40~+200℃
測定範囲	0~±32m/s (最小±0.3m/s) : 伝搬時間差法
適用配管材料	PVC, PVDF, PEEK, ポリプロピレン, アルミ FRP, 鋼, ステンレス, 銅, 鋳鉄, ほか
適用配管口径	13~6,000mm
ライニング材質	なし, タールエポキシ, モルタル, ゴム, テフロン, バイレックスガラス
精度	±1.0% of rate (口径, 流速による)
外形	120 (W) × 65 (D) × 210 (H) (mm) (変換器)
質量	約 1 kg (変換器)
内蔵バッテリー	連続動作約 12 時間
外被形式	IP64 (変換器)
LCD 表示	カラー 320 × 240 (pixel)
出力信号	4~20 mA (1 点)
入力信号	4~20 mA (2 点) または 1~5 V (1 点)
通信	USB (DEVICE)
ロガー容量	SD カード (オプション 256 M/バイト)
流速分布モニタ	パルスドップラーモード
厚み計	変換器内蔵

図 3 変換器の外観



図 4 小型センサの外観

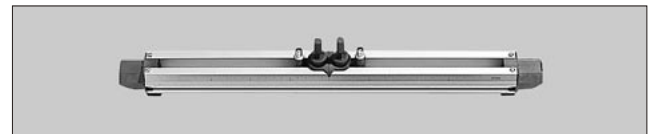


図 5 プリンタ付き変換器の外観



で、図5にプリンタ付き変換器の外観を示す。表示画面のハードコピーやトレンドグラフをプリントアウトすることができ、測定現場での記録やメモとして有用である。

(7) 外被構造

変換器はIP64（ただし、プリンタ付きは除く）の防水構造とし耐環境性の向上を図った（従来機はIP50の防じん型）。

2.3 新しい機能

(1) 流速分布測定

パルスドップラー法により流速分布をリアルタイムに測定し配管内の流れの状態を監視することができ、測定位置の適正判断などに使用できる。

(2) 消費熱量演算機能

冷暖房などの液体の熱媒体において、送り側の熱媒体の温度と返り側の熱媒体の温度を入力し（温度変換器からの電流入力または設定画面からの一定値の入力）、その流量を測定して演算することにより、授受される熱量の測定ができる。

(3) 厚さ測定

配管の外から専用の厚みセンサ（オプション）を用いて

図6 ポータフロー C 本体の計測画面

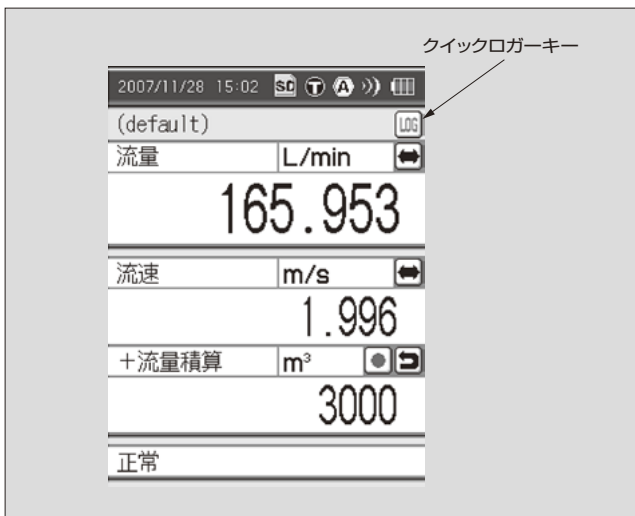


図7 ポータフロー C 本体のメニュー画面



配管厚みを測定することができ、測定結果は配管パラメータに反映することが可能である。肉厚が不明な配管での測定時に有用である。

(4) USB 通信機能

付属のUSBケーブルでパソコンに容易に接続することができ、USBのデバイス機器として動作する。SDカードに保存したロギングデータや画面ハードコピーのパソコンへの取込み、専用パソコンローダソフトウェアによるパラメータの設定などができる。

(5) データロギング機能

測定データはSDカード（256Mバイト）に蓄えられ、1分間隔で計測した場合、2年分のデータを記憶することができる。

計測画面上のクイックロガーキー（図6）により、ロギングの詳細設定することなしに測定状態でのロギングのスタート、ストップが可能であり、急な計測値変化に対してのデータ取得に威力を発揮する。

③ ユーザーインターフェース

変換器の前面は11個のキーと大型カラーLCDで構成され、LCD画面は、流量、流速、積算を表示する図6の計測画面がメインで、その中には、アラーム情報、SD

図8 ポータフロー C 本体のロガーデータ画面

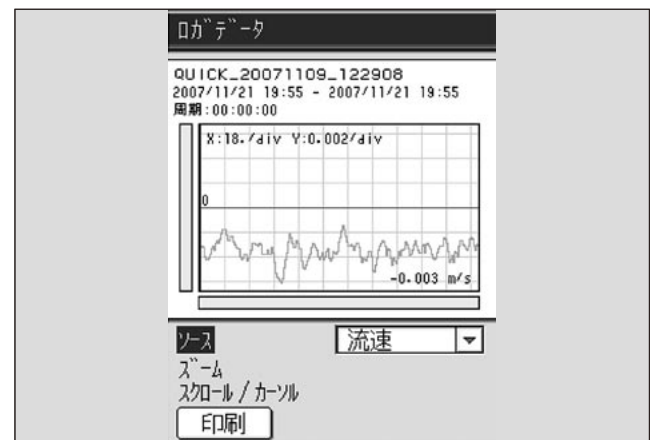


図9 流速分布画面

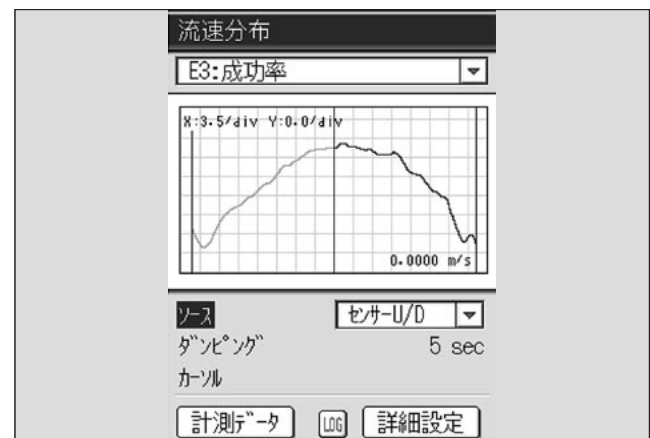


図 10 超音波信号の受信波形

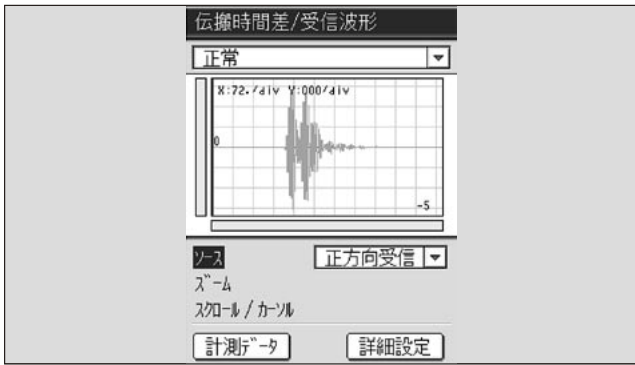
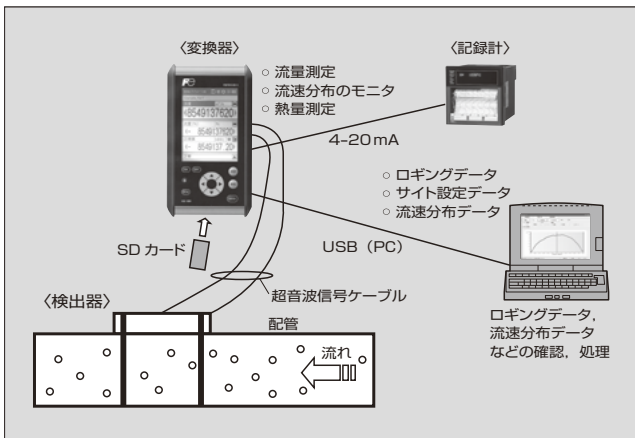


図 11 システム構成図



カードの状態表示、日付、バッテリーの残量などが表示されている。

MENU キーを押すことにより図 7 のメニュー画面が表示される。メニュー画面からロガーデータ表示 (図 8)、流速分布表示 (図 9)、厚さ計表示、プリンタ出力、各種設定画面の選択ができる。メンテナンスモードとして超音波信号の受信波形 (図 10) が表示される。

4 パソコンローダソフトウェア

図 11 にシステム構成例を示す。その中で、パソコンの USB ポートを利用して、製品に添付したパソコンローダソフトウェアにより、メニュー画面、計測画面 (図 12)、流速分布画面が表示できる。

また、サイト設定 (図 13)、出力設定などの設定項目もパソコンのキー操作で容易に設定変更できる。メンテナンスモードでは、超音波信号の受信波形をモニターすることにより、計測が正常に行える状態にセンサが取り付けられていることが確認できる。このようにパソコンローダソフトウェアを使用することによりパソコンでのデータ管理が容易になる。

5 あとがき

新型可搬型超音波流量計「ポータフロー C」は小型化、

図 12 パソコンの計測画面

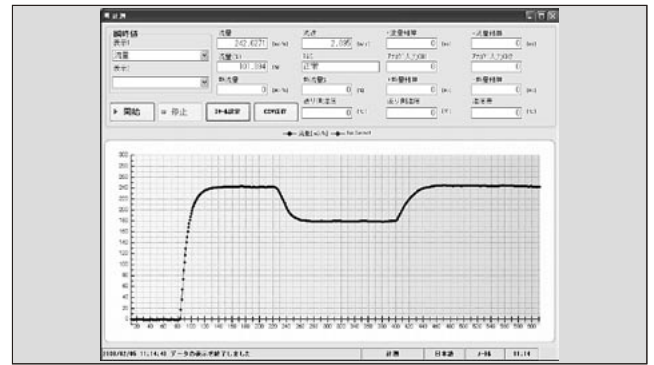


図 13 パソコンのサイト設定画面



高機能化するとともに、ユーザーインターフェースの操作性の向上により、より使いやすいものになった。また、流速分布をリアルタイムに見ることが可能となり、設備診断や機器のメンテナンスツールとして適用範囲の拡大が期待される。

今後、さらに幅広い分野に適用できるようユーザーのご意見・ご要望を取り入れて超音波流量計の高機能化、操作性向上に努めていく所存である。

参考文献

- (1) 山本俊広. 可搬型超音波流量計「ポータフロー X」. 富士時報. vol.68, no.9, 1995, p.497-500.
- (2) 山本俊広ほか. 新形超音波流量計「NEW TIME DELTA シリーズ」. 富士時報. vol.73, no.10, 2000, p.537-541.
- (3) 矢尾博信ほか. ハイブリッド超音波流量計. 富士時報. vol.77, no.6, 2004, p.432-435.
- (4) Takeda, Y. Velocity profile measurement by ultrasound Doppler shift method. Int. J. HEAT & Fluid Flow. vol.17, no.4, 1986, p.313-318.
- (5) Mori, M. et al. Development of a novel flow metering system using ultrasonic velocity profile measurement, Exp Fluids, 32 2002. p.153-160.
- (6) 矢尾博信. ハイブリッド超音波流量計と適用事例. 計測技術. vol.35, no.10, 2007, p.52-55.

特集



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。