

# インテリジェント化が進む上下水道用センサ

## New Sensors for Water and Wastewater Systems

マイクロエレクトロニクス、コンピュータ、通信技術の発達によってセンサのインテリジェント化が進み、性能、信頼性の向上および適用範囲の拡大が図られてきた。

流量センサの一種である電磁流量計で流速、磁界および電位を三次元的に数値解析し、特性をシミュレーションするCAEシステムを開発した。90度ベンドの配管の下流での流れの影響の解析に適用した結果、実験値とよく一致した。

また、電極が流体に接しない電磁流量計を製品化し、従来困難であった油の混入液や産業廃棄液にも適用して有効性を確認した。これにより、下水や産業廃棄物処理プラントなどへの適用の道が開けた。

上記の電磁流量計をはじめ、圧力・差圧伝送器、水位計などにマイクロプロセッサを内蔵し、通信機能を設けて精度と操作性の向上を図ったインテリジェントセンサシリーズを開発した。それによって、遠隔での設定・診断を実現し、運転・保守の省力化を実現した。

福永正雄\* *Masao Fukunaga*  
佐瀬 昭\* *Akira Sase*  
海保真行\*\* *Masayuki Kaiho*  
市川武弘\* *Takehiro Ichikawa*

### 1 はじめに

上下水道での環境と制御を対象とするセンサは、微妙な水質変化に敏感に応答する魚の挙動を利用した計測から大形河川の流量計測まで幅広く多岐にわたっている。ここでは上下水を中心に、一般的に利用される流量、圧力、水位のセンサについて述べる。

工業用センサに初めてマイクロプロセッサを導入したのは1979年であり、電磁流量計と超音波式開水路流量計に採用された。当初はその信号処理能力とハードウェアの小形化が採用の主なねらいであったが、通信技術の普及とともに高性能、高機能、通信機能および診断機能を特長とする新しい世代のセンサが登場した。これらを一般にインテリジェントセンサと呼んでいる。

インテリジェントセンサの登場によって、センサとのマンマシンインタフェースが向上するとともに各種パラメータの設定、データの読み取りが遠隔で可能となり、運転・維持管理の省力化が可能となった。さらに、その信号処理能力を生かした非接液電極形(以下、無電極電磁流量計と記す。)の提案によって、従来不可能であった付着性スラリー流体などの流量計測も可能となった。

また、センサがますます小形・高性能化していく過程では、あらゆる条件での試作評価試験は不可能に近い。また、適用範囲の拡大につれて限界条件での評価の必要性も増している。これらに対応するために、コンピュータによるシミュレーション技術が開発され、本格的に利用されるようになった。以下に、これらの背景を踏まえて開発した日立製作所の最近の上下水道用センサについて述べる。

### 2 電磁流量計特性解析・評価用CAEシステム

都市空間の高密度化と地価の高騰によって、水処理設備の省スペース化が要求されている。そのためには、機器の小形化とともに設置条件の緩和が重要である。流量計の場合には配管直管長さの短縮が課題である。

日立製作所では電磁流量計での流れ、磁界および電位を三次元的に解析し、その特性をシミュレーションできるCAEシステム“ELMAG”を開発した<sup>2)</sup>。これによって、配管中の流速分布、磁界分布および電位分布を三次元的に把握できるようになった。

このCAEシステムを用いて90度ベンドの配管後の断面流速

\* 日立製作所 計測器事業部 \*\* 日立製作所 機械研究所

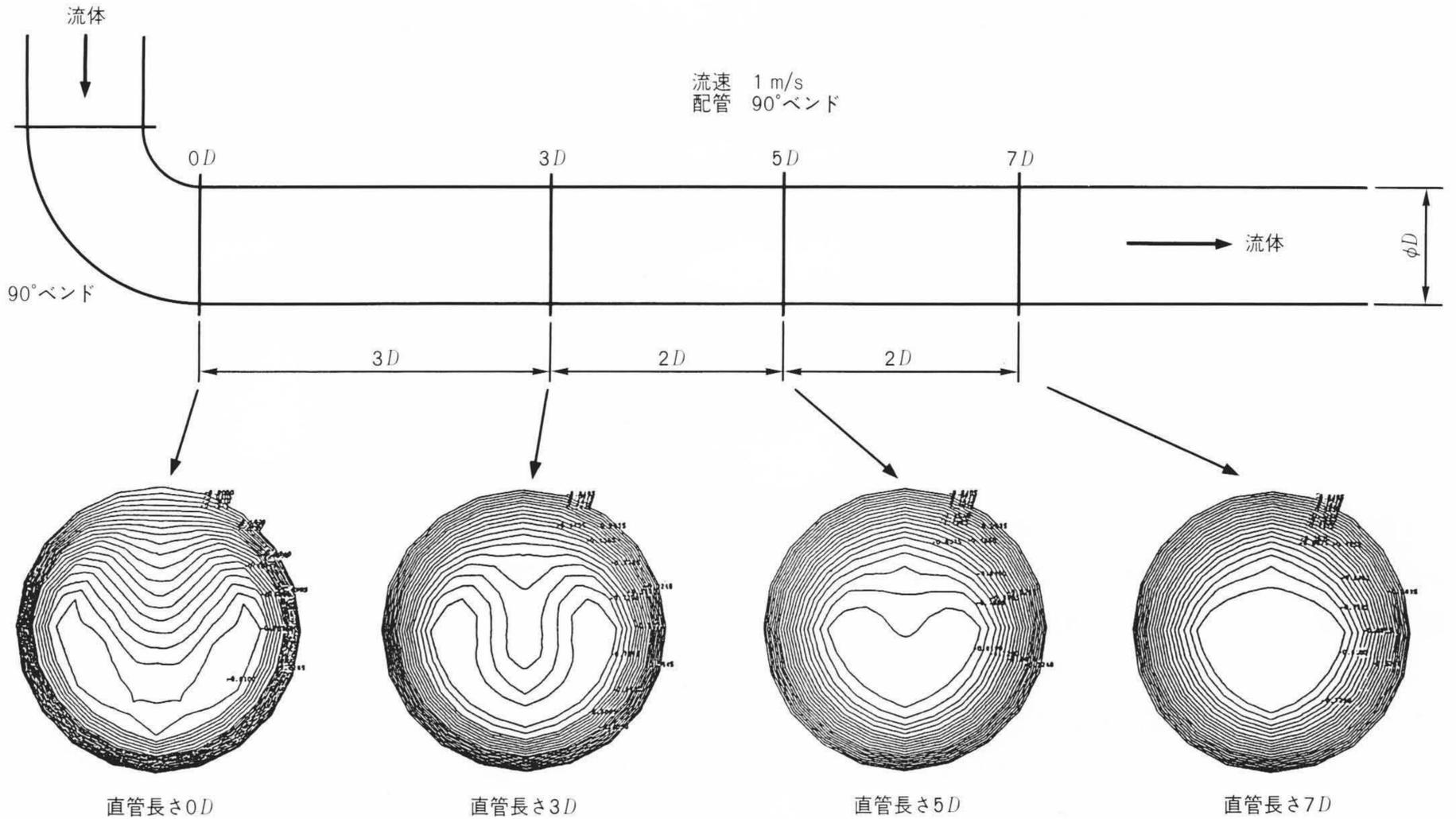


図1 電磁流量計の直管長さで流速分布が安定な同心円状になることがわかる。90度ベンドでの下流側断面流速分布の解析結果を示す。直管長さが長くなるにつれて、流速分布が安定な同心円状になることがわかる。

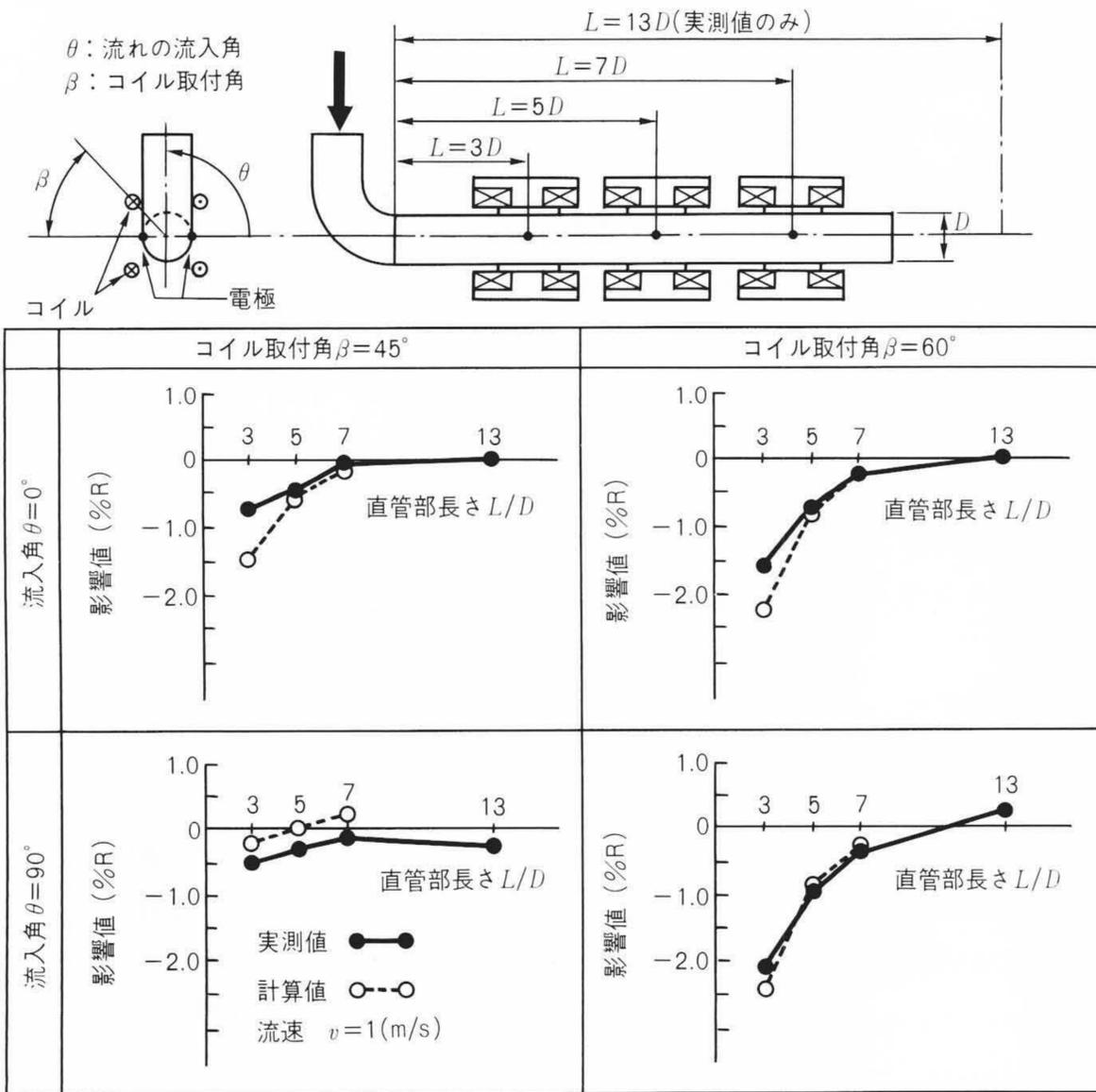


図2 直管長さによる電磁流量計の影響値 直管長さの増加に伴って影響値は小さくなる。解析結果と実験値はほぼ一致しており、解析による予測が可能となった。



図3 FMR-8形電磁流量計 ELMAGシステムを用いて開発した検出器で、流れの影響を最小にする磁界構造が採用されている。従来品に比べて面間寸法が $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ に短縮され、小形・軽量化が図られている。

分布が、直管長さによって変わるようすを解析した結果を図1に示す。

直管長さが短い場合には、流速分布の変化によって電磁流量計の出力は影響を受ける。その場合の直管長さに対する影響値の関係を、解析結果と実験値の比較として図2に示す。両者はよく一致し、解析の妥当性を確認することができた。また励磁コイルの取付角度 $\beta$ によって磁界分布も変化し、影響値が変わる。同図から推測できるとおり、 $\beta=45^\circ$ 付近に流れの影響が最小となるコイルの最適取付角度がある。

この解析結果に基づいて開発した製品の外観を図3に示す。さらにこのシステムを積極的に利用する方法として、ある配管条件での影響値を予測し、その結果をあらかじめメモリに記憶しておき、内蔵のマイクロプロセッサによって電氣的に補正することもでき、設置条件の緩和に役立つものと考えている。

### 3 産業廃棄物処理液に有効な無電極電磁流量計

電磁流量計の原理はファラデーの電磁誘導の法則に基づき、一般的には流体中の発生起電力を接液電極で検出する。しかし、そのために腐食性流体、固形物を含む流体、付着性流体、油混入流体などが制約を受け、スラリーなどによって発生する電極ノイズ、電極への付着による感度低下やドリフトなどの問題があった。

これらの問題を解決する方法として、無電極電磁流量計を製品化した<sup>3)</sup>。その原理を図4に、主要諸元を表1にそれぞれ示す。

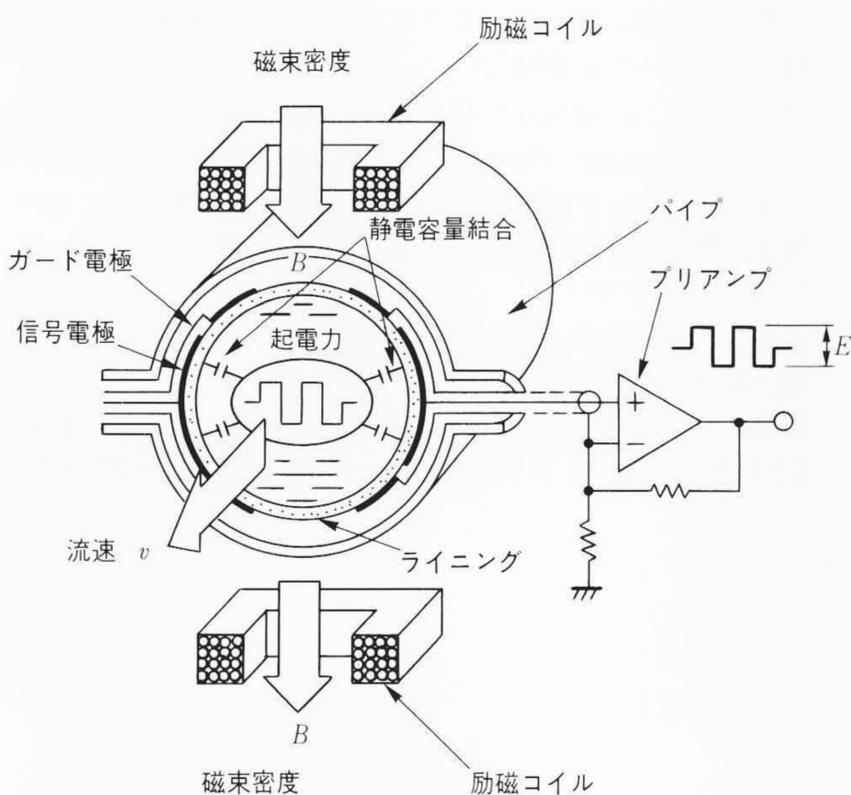
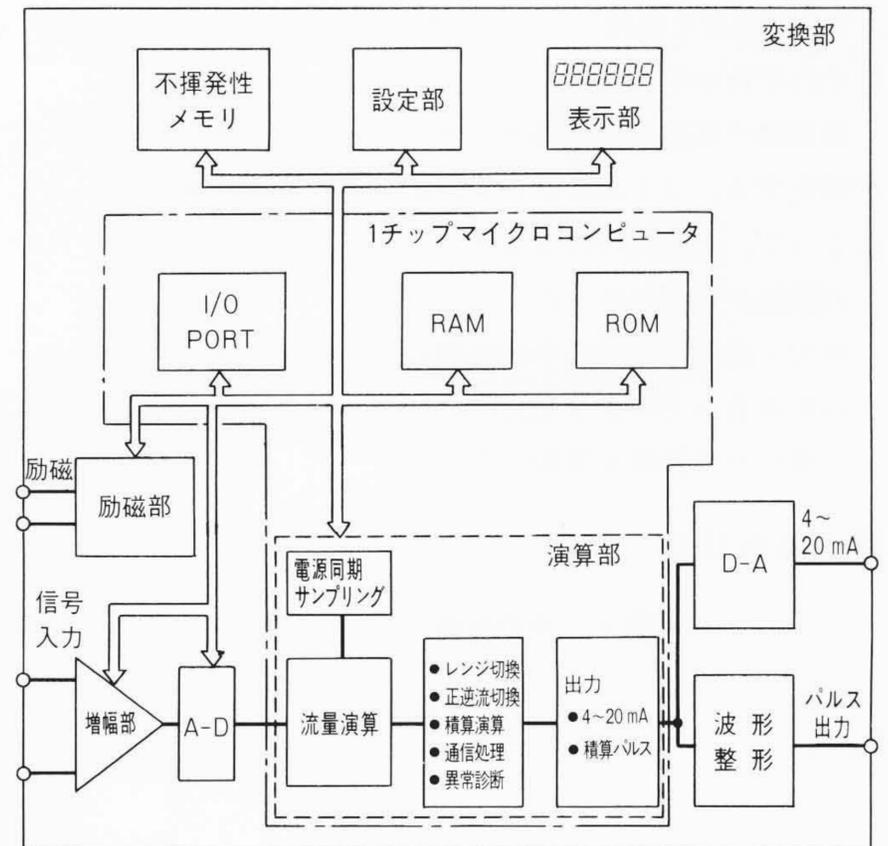


図4 無電極電磁流量計の原理 流体に発生した起電力は、ライニングによる静電結合を介して取り出されプリアンプで増幅後、変換器に伝送される。

無電極電磁流量計はライニングの静電容量結合を介して流体中に発生する起電力を取り出すために、入力インピーダンスが高く、そのままではSN比が低い。そのために、内蔵のマイクロプロセッサによって信号とノイズの分離処理や、データソートによるノイズ除去の信号処理を行いSN比の向上を図っている。信号処理の内容を図5に示す。さらに、コミュニケ

表1 無電極電磁流量計の諸元 FMR-5I形無電極電磁流量計の諸元を示す。

項目	諸元
検出器口径	25, 40, 50, 80, 100 mm
精度	±1%フルスケール
流量測定範囲	流速換算で、最小1 m/s, 最大10 m/s
流体温度	-20~120 °C
流体圧力	-98 kPa~2 MPa{-1.0~20 kgf/cm <sup>2</sup> }
流体導電率	5 μS/m(0.05 μS/cm)以上
流量信号	DC4~20 mA
パルス信号	換算パルス(スケアラ付き), トランジスタ接点 1パルス/h~1,000パルス/s パルス幅100 msまたは0.5 ms
通信機能	インテリジェントコミュニケータによる通信が可能
防水構造	JIS C 0920耐水形
主要部材質	検出器: パイプ アルミナセラミック ケース 炭素鋼, ステンレス鋼 変換器: 耐食アルミ合金
電源	AC100 VまたはAC110 V, 50/60 Hz
消費電力	約20 VA



注: 略語説明  
I/O PORT (Input Output Port), A-D (Analog Digital Conversion),  
D-A (Digital Analog Conversion)

図5 無電極電磁流量計の信号処理 演算, 制御, 診断および通信の信号処理を、内蔵のワンチップマイクロコンピュータですべて行い、高性能・高機能・高信頼性と小形・軽量化を実現した。



図6 インテリジェント水位計の外観 通信機能を用いることによって、検出器を水に入れたままで基準レベルの調整やレンジ変更ができるようになった。

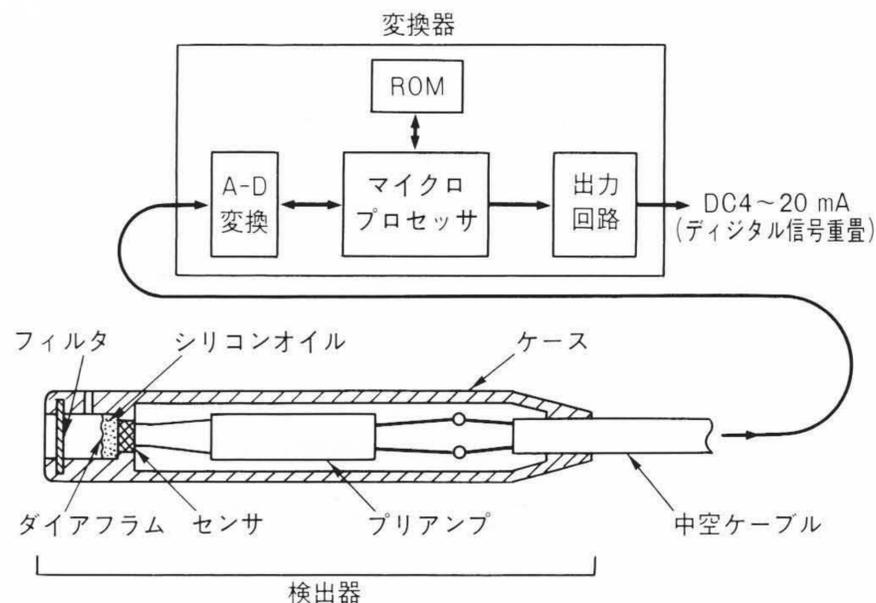


図7 投げ込み式水位計の構成 小形半導体センサの採用で検出器を小形化すると同時に、プリアンプの内蔵によって信号伝送の安定化を図っている。

ータを利用することによって、遠隔からパラメータの設定・診断が可能であり、保守の省力化が期待できる。上下水道への適用では、付着性のスラリーや固形物を含む流体を扱う下水、異物や油混入のある産業廃棄物処理液などに効果的である。

#### 4 遠隔からの操作ができる水位計および圧力・差圧伝送器

上下水道計装では水位計も重要なセンサである。このような用途に半導体圧力センサを用いた投げ込み式のインテリジェント水位計を開発した。その外観を図6に、内部構成を図7にそれぞれ示す。

検出器の圧力を半導体センサで測定することによって水位を測定する。コミュニケーターによる通信機能を利用することによって、検出器の位置はそのまま遠隔からのゼロやスパンの調整が可能となった。

圧力・差圧伝送器も半導体複合センサとマイクロプロセッサの組み合わせによって0.1%フルスケールの高精度と通信による優れた操作性を実現した<sup>4),5)</sup>。

#### 5 おわりに

最近の上下水道センサの技術として、開発・設計の支援手

段であるCAEを用いた電磁流量計の解析システム、無電極電磁流量計、投げ込み式水位計および圧力・差圧伝送器を開発・製品化した。

マイクロエレクトロニクス、通信、コンピュータおよび材料・加工技術の発展によって、センサの可能性は大きく広がり、新たな時代を迎えつつある。これらのインテリジェントセンサのシリーズ化を図ることによって、将来、上下水道計装で集中監視制御装置からのセンサの遠隔設定、診断が期待できる。今後いっそう高性能で使いやすく、適用範囲の広い製品を送り出していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 西野, 外: 検出端へのマイクロプロセッサの適用, 日立評論, 63, 2, 109~114(昭56-2)
- 2) M. Kaiho: Computer Aided Engineering System for an Electromagnetic Flowmeter. 5th International IMEKO-Conference on Flow Measurement, pp.91~98(Oct.1989)
- 3) 福永, 外: 日立無電極電磁流量計, 日立計測ジャーナル, 2, 2, 4~12(平2-9)
- 4) 佐瀬, 外: 最近のインテリジェントセンサシリーズ, 日立評論, 73, 3, 8, 815~820(平3-8)
- 5) 佐瀬, 外: 日立インテリジェント差圧・圧力伝送器「EDR/EPR-85シリーズ」, 日立計測ジャーナル, 2, 2, 21~27(平2-9)