

フィールド計測機器のインテリジェント化と計測技術の進展

Review of Development of and Intelligence in Field Instruments

佐井 行雄
SAI Yukio

平井 錬造
HIRAI Renzo

稲垣 完治
INAGAKI Kanji

温度、圧力、流量計測に代表されるフィールド計測機器の主流は、CPUを搭載したスマートタイプから FOUNDATION フィールドバスに代表されるフィールドネットワーク計測器へと世代交代しようとしている。今、フィールド計測器は、ネットワーク環境におけるプラント運転の効率向上を目的とした保全、監視などにかかわる広範な情報処理を含むインテリジェント化が進むとともに、次世代の要求に対応できる新たな計測技術の導入が進んでいる。今後、フィールド計測器はますます上位システムとの親和性を強め、新しい測定技術の導入・機能の充実により、フィールドにおける情報端末としての性格を強めていくと思われる。

Field instruments such as temperature sensors and pressure sensors are changing from CPU-based smart type instruments to field network type instruments, as represented by the FOUNDATION fieldbus. The new concept of field networks requires new intelligence for field instruments, to enable them to process not only measured values but also management and diagnostics information.

This paper introduces key technologies related to intelligence in the electromagnetic flowmeter and the microwave density meter.

1 まえがき

フィールド計測技術の変ぼう

制御システムにおいて、システムの状態量を計測する重要な役割を果たすのが、圧力、温度、流量に代表されるフィールド計測機器である。これまでフィールド計測機器は高精度、高信頼性、高度なインタフェースを追求する広義の知能化（インテリジェント化）に向けて技術的進歩を遂げてきた。このインテリジェント化は、計測そのものにかかわる計測変換技術と測定データの処理による新たな意味付け、通信などから成る情報処理技術の二つに分けてその発展過程を表すことができる。インテリジェント化の視点からみた2003年におけるフィールド計測器分類の予測を図1に示す。

フィールド機器は、1980年代のCPU搭載によるスマートテクノロジー導入という技術革新を遂げた。スマートテクノロジーは、計測変換技術の面からは、これまでにない高精度な計測を実現するとともに、複雑な計測アルゴリズムを汎用機器に搭載することを可能とし、幅の広い計測手段、多彩な計測機器を提供した。また同時に情報処理技術においても、フィールドに初めて通信機能を導入し、フィールド計測器を単なる信号伝送器から双方向の通信が可能な情報機器に近いものへと進化させた。そして2000年にはフィールドバスに代表されるネットワーク技術が本格化し、上位との協調をより強いものとする新たな転換期を迎えようとしている。

2003年には制御・監視用フィールド計測機器の主力はネットワーク対応型になることは間違いない。大規模、汎用系

を中心にフィールドバス型、重要系、小規模を中心にスマート型が採用されると思われる。また、簡易型、組込み型も大部分スマート化され、フィールドバス型ではその大容量の情報伝送機能を生かした保全、監視のための画像・音声データなどを扱うマルチメディアセンサもフィールド計測器の仲間入りをすると思われる。このような情報化の動きは計測変換技術にも計測対象の拡大、診断機能の充実、計測方式の

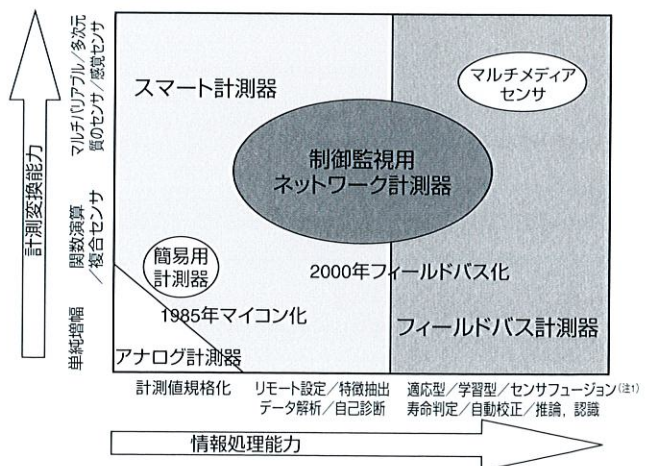


図1. 2003年のフィールド計測機器の分類予測 フィールドバス計測機器、スマート計測機器を中心にネットワーク対応計測器が主流となる。

Field instruments in 2003 with intelligent performance

(注1) 複数のセンサの融合から新たな意味合いの情報をセンシングすること。

見直しなどの影響を与え、フィールド計測全体の概念を大きく変えようとしている。

ここでは、フィールドバスを契機に変貌しつつあるフィールド機器のインテリジェント化の技術動向、およびインテリジェント化と相補的に進展しつつある計測変換技術とその事例について述べる。

2 フィールドのインテリジェント化が目指すもの

ネットワーク対応計測器が主流となる次世代のフィールド環境のねらいは、フィールド機器のエンジニアリング、維持、保安全管理にわたる一連のフィールドワークの統合化である。フィールドワークの統合化実現に向けて、当社のフィールド計測機器の目指す方向性についてネットワーク環境、計測器のインテリジェント化の両面から述べる。

2.1 ネットワーク環境

フィールドワークの統合化実現には、制御システム、保全システムなどの上位システムとフィールド機器とのネットワークを介した一体化が不可欠である。現在、もっとも有力なフィールド用ネットワークの一つとしてFOUNDATIONフィールドバス規格を採用したシステム構築が進められているが、フィールド全体の統合化のためには、スマート型計測器もロジカルにはフィールドバスと同等レベルでネットワークに組み込むことが重要である。

一方、スマート計測器の通信規格は統一されたものはないが、通信規格の業界標準化は進んでいる。現在、全世界の約60%のスマート計測器は、HART (Highway Addressable Remote Transducer) プロトコル(データ送受信のための手順や規約)を採用している。またHCF (HART Communication Foundation)による普及推進活動、技術開発も行われている。

当社は、FOUNDATIONフィールドバスとHARTプロトコルをフィールドネットワーク環境の軸と位置付け、フィールドのネットワーク化にフレキシブルに対応できるフィールド計測器を製品化してきた。スマート計測器はすべてHARTプロトコルを当初より採用し、オープンな環境で使用できるようHCFへの登録を実施するとともにFOUNDATIONフィールドバスの対応製品の開発、実証試験への参画などに取り組んでいる。

2.2 計測器のインテリジェント化—保全機能強化—

フィールドワークの統合化実現に向けて、計測機器は、診断を含めた保安全管理などの情報処理機能を中心としたインテリジェント化を強める必要がある。これまでもスマート計測器による自己診断、状態チェックは行われていたが、ネットワークを利用した保安全管理、機器寿命予測などの本格的な運用には至っていなかった。これからのプラント保安全管理では保全費削減、機器の長寿命化が強く要求されており、保

全の形態も時間基準保全(TBM)中心から状態基準保全(CBM)への移行など、より詳細な機器診断技術、故障予測機能を搭載した計測器が不可欠となる。例えば電磁流量計において、厳しい摩耗、腐食環境下で使用した場合の寿命予測を行う場合、電極表面の状態検知、腐食進行状況、ライニングの摩耗状況などの検出を行う必要がある。また、ゼロ点の安定性を常時監視することも必要である。

3 これからの計測変換技術

フィールド機器の根幹を成す計測変換技術は、CPU導入のスマート化以後も、プラント制御・管理のコンセプト変化に応じた技術導入、最適化が展開されている。特にフィールド計装のトータルコスト削減のためのメンテナンスレス化、測定方式の見直し、測定方式の最適化に関する計測技術の導入が進展している。ここでは電磁流量計とマイクロ波濃度計を例にとり、最新の計測変換技術について述べる。

3.1 次世代電磁流量計のキーテクノロジー

電磁流量計は、可動部のまったくない電磁気的な原理に基づいた構造型の流量計であり、電子技術進歩、インテリジェント化と相性が良く、適用範囲拡大に関する新技術がいち早く開発された流量計である。これからの電磁流量計の計測変換技術に関するキーテクノロジーを適用流体の拡大、低消費電力化、非満水状態の測定の3項目にまとめて次に述べる。

3.1.1 適用流体の拡大—ノイズサプレッサ— より多くの流体を安定に計測するためには、流体とのインタフェースである電極部で発生する問題を解決する必要がある。特に、流体ノイズの対策は適用流体を拡大するためには、必須の基本技術である。流体ノイズは検出器電極の表面に生ずる電荷の移動によって発生する雑音であり、スラリー流体(固形物を含んだ流体)や付着性の強い流体、不動態を侵す流体ではこの流体ノイズを強く発生させる。

この流体ノイズ対策として、当社はノイズサプレッサを採用している。ノイズサプレッサは、誘導ノイズと流体ノイズの影響がもっとも少ない励磁周波数で信号成分を変調、同期復調するとともに、一次非再帰型ローパスフィルタ処理を信号増幅の前段階で行い、ノイズ成分を除去する技術である。これにより流量信号のひずみを最小限としてノイズ成分を効果的に除去することができる。

3.1.2 低消費電力化—2線式電磁流量計— 電磁流量計は、測定原理上コイルにより磁場を発生させているが、この励磁回路で多くの電力を消費するため、他のプロセス計測器のように電源と信号を共通とする2線式計装がほとんど行われていない。基本プロセス量を計測するフィールド計装計器としては例外的であり、他流量計の置換え、将来のフィールドバス対応における設置工事費用、電源問題を考えると、電磁流量計の低消費電力設計技術の重要度は高い。

当社では間欠駆動、高効率磁気回路の開発により、消費電力を1/200以下にするための低消費駆動技術を確立し、2線式電磁流量計LF140/240をすでに製品化した。

3.1.3 非満水状態の流量計測—新電極構造— 非満水流量計測では、通常レベル計と流速計を組み合わせで測定する。これをレベルを測定することなく、電磁流量計だけで正確な流量信号を得ようというのが非満水用電磁流量計のねらいである。非満水用電磁流量計では、水位変動による流路断面の形状変化をどう処理するかが課題となる。当社では、底面配置の新しい電極構造と管渠(きょ)内断面積変化を考慮した磁場分布による新しい構造を開発し、非満水状態の流量計測が可能な電磁流量計をいち早く開発し、市場にリリースした。非満水用電磁流量計のように、断面が変化するような複雑な流量計の設計が可能になったのは、シミュレーション技術の進歩によるところが大きい。

電磁流量計の解析技術は、非満水用のように新しい構造の開発だけでなく、実流校正を省略することのできるドライキャリブレーション実現のためのキーテクノロジーとして今後とも発展していくと思われる。

3.2 マイクロ波濃度計のキーテクノロジー

より安定度が高く、高精度な計測機器を実現するために計測手段として周波数、位相といった時間領域(タイムドメイン)変換による計測方式の適用が広がっている。ここで述べるマイクロ波濃度計は位相差計測を応用し、高精度な濃度測定を実現した例である。

マイクロ波濃度計は、液体中の物質濃度変化を、液体中を通過するマイクロ波の伝播(ば)速度の変化による位相差として計測する濃度計である。

マイクロ波の精密位相検出には、測定信号と周波数のわずかに異なった参照信号を用い、周波数を低周波にシフトするヘテロダイン法が応用されている。しかし、精密測定実現のためには、高周波回路を含めた温度変化、経時変化に対する安定性を確保すると同時に不安定要素、クロストーク信号による位相誤差を補正する高度な補償技術が不可欠である。新型濃度計LQ400ではクロストーク信号、回路要素部品特性の温度、経時変化に起因する位相測定非直線性を改善するため、異なった位相をもつ基準信号を用いた差動法の一つであるデュアル位相検波を開発し、簡単な回路構成で分解能、安定性の向上を実現した。このように優れた安定性をもつマイクロ波濃度計は、扱う品種切替えが頻繁に行われる一般産業プロセス中の濃度制御にも採用されている。故紙設備でのマイクロ波濃度計の適用事例を図2に示す。この図からわかるように製造する紙の品質を変更するグレードチェンジに伴う繊維長、材種、組成構成といった原

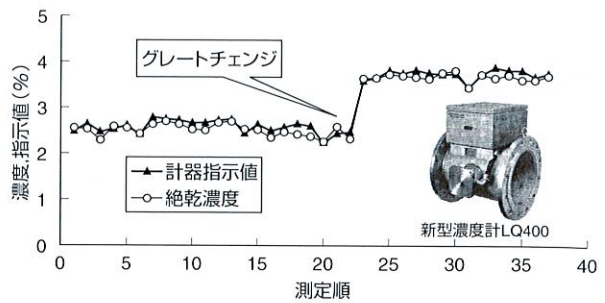


図2. グレードチェンジにおけるマイクロ波濃度計による絶対濃度と計器指示値の経時的相関性。マイクロ波濃度計の指示がグレードチェンジによらず、絶対濃度と良好な一致を示している。
Results of density measurement by microwave density meter

材料の条件変化や流速などの操業条件変化によらず、マイクロ波濃度計の指示が絶対濃度(注2)と良好な一致を示しており、安定な計測が実現できていることを示している。

4 あとがき

ここで述べたように、フィールド機器は今後ますます上位システムとの親和性を強めていくとともに、新しい測定技術を取り入れ測定対象を広げ、診断、保全にかかわる機能を充実し、フィールドにおける情報端末としての性格を強めていくと思われる。当社は制御システム、フィールドも含めた総合的なプラントオートメーションに対するソリューションを追求し、それを踏まえたフィールド技術を開発してきた。今後とも基本性能、機能の充実に努力するとともに新しいシステムに対応した使いやすく、信頼性の高いフィールド機器を提供し、各種産業分野における計装システムをより良いものへと発展させることに貢献していく所存である。



佐井 行雄 SAI Yukio

情報・社会システム社 産業・電機・計装システム事業部
電機計装プロダクトマーケティング部グループ長。
計測機器の開発・企画に従事。計測自動制御学会会員。
Industrial Systems Div.



平井 錬造 HIRAI Renzo

情報・社会システム社 府中情報・社会システム工場 計測
制御機器部主査。
計測機器の開発・設計に従事。計測自動制御学会会員。
Fuchu Operations-Information and Industrial Systems&Services



稲垣 完治 INAGAKI Kanji

電力システム社 電力・産業システム技術開発センター 情
報処理・通信技術担当主査。原子力関連の通信・計測技
術の研究に従事。原子力学会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center

(注2) 流体を乾燥させて残った固形物から、流体中の濃度を測定した結果のこと。