

ソリューションを支える計測・制御技術の 現状と展望

Instrumentation and Control Technologies Supporting Solutions:
Current Status and Future Outlook

近藤 史郎 KONDO Shiro

福住 光記 FUKUZUMI Mitsunori

① まえがき

富士電機の産業インフラ事業は、工場、施設、工業団地などを対象として、“エネルギーの安定供給”“省エネルギーの実現”“安全・安心の提供”を3本柱に、お客さまの“スマート化”を目指している。お客さまの生産活動全体を対象に、設備や施設のライフサイクル全てに対してソリューションを提供する。富士電機は、計測・制御技術を、産業インフラ事業の基盤技術として位置付けており、制御技術、センサ技術およびネットワーク技術で設備や施設を有機的につなぎ、見える化を実現してソリューションを提供する。

本特集号では、計測・制御技術のソリューションへの適用と、それを支える最新技術および最新コンポーネントについて紹介する。本稿では、ソリューションを支える計測・制御技術の現状と展望を述べる。

② 市場と技術の動向

2.1 顧客の課題とニーズ⁽¹⁾

(1) グローバル化への対応

製造業では、市場へのタイムリーな製品供給が求められる、有望な市場の近くに製造拠点を配置するとともに、人件費などのコストの低い国や地域へ製造拠点の統合が進んでいる。これらに対応して、分散拠点の統合管理やグローバルなサプライチェーンマネジメント、セキュリティ、知的財産保護などが重要となっている。

異なる文化を持つ人材が混在することにより、作業の標準化や作業履歴の管理、ならびに従来以上の現場設備の安全設計が求められている。そのために、さまざまな国際標準化の活動が行われており、対応が求められている。

(2) 環境社会への対応

地球温暖化の抑制やゼロエミッションが強く求められるようになって久しい。さらにわが国では、2011年3月の東日本大震災からの復興を視野に入れた、持続可能な環境社会を目指している。このために、設備・機器の小型化、運用効率の定常的な監視や改善、なら

びに太陽光などの自然エネルギーを含めた自家発電の効率的な運用を、社会の仕組みとして持続可能な形で取り組んでいる。電気自動車やPHV（Plug-in Hybrid Vehicle）の普及も有効な手段であり、急速充電スタンドなどのインフラの整備も進めている。環境面においては、「大気汚染防止法」「水質汚濁防止法」などの有害物質規制への対応で、事業所が排出するガスや排水を悪条件下（低濃度、微量、高ダスト中）でリアルタイムに測定したり、その測定結果を用いて排出抑制を最適化したりする必要がある。

(3) 高い信頼性と安全性の確保

新設や既存を問わず、現場の生産設備にはますます高い稼働率が求められており、事故や設備の故障に伴う運転停止や機会損失を最小化することが必要である。一方、わが国をはじめ先進国では、現場の作業に従事する熟練者が高齢化により次々と退職しており、非常時の対応が危惧される状況にある。また、設備の高い信頼性や安全性が求められるとともに、故障する前に保守・メンテナンスなどの対策が打てるよう、異常の兆候を早期に発見することや、設備機器の寿命予測などの運転支援技術が期待される。

これらを実現するために、設備側に自己診断や機能安全などのインテリジェンス性を持たせて、万が一故障が起きても、冗長化などで運転を継続させることが求められている。さらに、異常発生やスタートアップ、シャットダウンなどの非定常な状態に対しても、適切な操作ガイダンスをシステム自身が発報して作業者を補助することが求められる。

2.2 技術の動向⁽²⁾

顧客の課題とニーズに対応するための主要な技術について、動向を述べる。

(1) 国際標準化

工業プロセスの計測制御分野における標準化は、IEC（国際電気標準会議）のTC65（工業プロセス計測制御）を中心に、TC8（電力供給に関わるシステムアспект）やTC59（家庭用電気機器の性能）、TC95（メジャリング継電器および保護装置）など関

連する標準化活動と連携しながら活発に進められている。これらの活動においては、フィールドネットワーク、工業用無線などの相互運用性規格、さらには、制御システムセキュリティ (IEC62443)、機能安全 (IEC61508) などの環境・安全規格、管理企画などの標準化の活動も活発化している。機械・機器の安全は、ISO12100 (機械安全) を上位規格におき、さまざまな分野・機器の規格化が進められており、安全計装システムなどの導入が国内でも進みつつある。

(2) フィールドネットワーク

フィールドネットワーク^{(*)1}に関しては、そのネットワークが使用される分野の特徴に従い、さまざまなネットワークが規格化され活用されている。

ファクトリーオートメーション (FA) の分野では、ネットワークとしては、PROFIBUS/PROFINET, EtherNet/IP, CC-Link などが主流となっている。その中でも高精度・高速性が求められるドライブ (駆動) 系では、ネットワークとして、EtherCAT, MECHATROLINK, PROFINET IRT などが主流となっている。

プロセスオートメーション (PA) の分野では依然、4~20mA のアナログ通信が主流であるが、次第に HART や FOUNDATION Fieldbus などのデジタル通信に置き換わりつつある。

工業用途への無線の適用は、その信頼性の問題からまだ普及途上であるが、WirelessHART と ISA100.11a 規格無線を中心に計測用途で活用が始まっている。また、工業用無線に関しては、さまざまな無線システムを共存させる仕組みづくり (無線共存) が IEC の TC65 において議論されている。

(3) フィールド機器技術

センサの設置やメンテナンスを容易にするために、センサのワイヤレス化、ならびに電池または自己給電による長期間駆動やメンテナンスフリー化が求められている。これらを実現するために、MEMS 技術^{(*)2}が活用され、小型化・省電力化が図られている。

プラントの資産管理 (Asset Management) の観点から、それ自体が自らの型式や、稼動時間・回数の積算などの寿命予測データなど、さまざまな情報を保持・発信できるインテリジェント機能を持つフィールド機器への需要が高まっている。

一般に、計測センサの対象は、従来の温度、圧力、

流量、レベルから範囲が拡大している。震災や事故を踏まえた、安全・安心や環境対策の観点から、放射線線量計、感振センサ、排ガス分析計などが注目されている。

3 富士電機の計測・制御技術への取組み

3.1 “つなぐ” コンセプト

富士電機の産業インフラ事業は、顧客の生産力の安定・強化と生産コストの削減を実現するため、次の五つのソリューションメニューを展開している。

(1) エネルギーの安定供給ソリューション

工場に必要なエネルギーを安定して供給する。

(2) 省エネルギーソリューション

製造現場の機器・設備単位の省エネから、工場全体の高度なエネルギー管理までトータルな省エネルギーを実現する。

(3) 安全安心・環境ソリューション

安心して“ものづくり”に専念できる環境を実現する。

(4) 自動化・効率化ソリューション

全体最適の観点から自動化・効率化を実現する。

(5) 設備の安定稼働ソリューション

各種設備の安定稼働をサポートする。

図1に示すように、富士電機の考える計測・制御技術は、制御システム、計測機器・センサ、放射線機器、

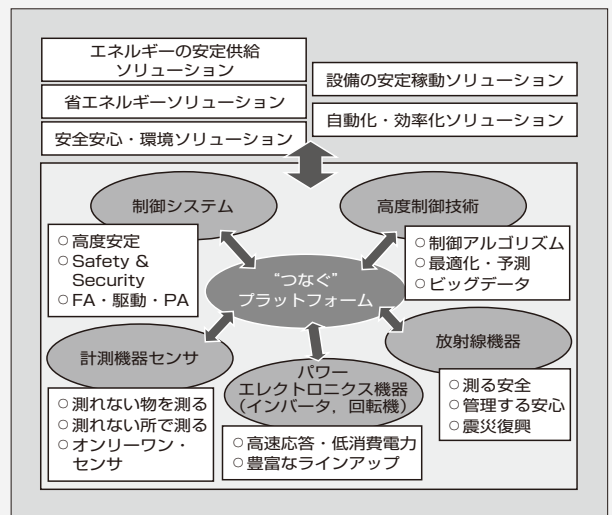


図1 富士電機の計測・制御技術

(*)1 フィールドネットワーク

コントローラとフィールド機器間の制御用通信を主目的とする産業用ネットワークである。石油化学プラントなどのプロセスオートメーション (PA: Process Automation) や自動車製造業などのファクトリーオートメーション (FA: Factory Automation) のフィールド機器で測定した温度や圧力、回転数、位置などの

値をコントローラに通知する。各種の計測値を基にコントローラで演算した結果を I/O やアクチュエータに通知して最適な制御を行う。

(*)2 MEMS

“微小な電気機械システム” という意味の Micro Electro Mechanical Systems の略である。マイクロマ

シンともいう。半導体プロセス技術を核にしてシリコン基板などに、センサ、アクチュエータ、電子回路などをひとまとめにしたデバイスの総称である。応用例としては、インクジェットプリンタのヘッド部の微小ノズルや、圧力、加速度、流量、振動などのセンサがある。

パワーエレクトロニクス機器、高度制御技術などの要素技術を“つなぐ”とともに、これらソリューションの制御シーンを担う、中核的な基盤技術である(9ページ“安定操業・省エネルギー・環境保全を支える計測・制御システムソリューション”および14ページ“高速コントローラ・大容量ネットワークによる駆動制御システムソリューション”参照)。

富士電機は、制御システムプラットフォームで規模に応じた制御システムを構築するとともに、高度制御技術、環境測定技術およびサービス技術などに代表されるさまざまな技術で、顧客の多様な課題解決に取り組んでいる。

3.2 制御システムプラットフォーム

“つなぐ”コンセプトを実現するために、制御システムプラットフォームを開発した(図2)。本プラットフォームは、制御システム層、ソフトウェアライブラリ層およびエンジニアリング環境で構成する。

制御システム層は、コントローラやネットワーク、HMI、データベースなどで構成する。コントローラとI/Oだけのシンプルな構成から、高信頼な冗長化システムまで、システム規模や設備の重要度に応じて、最適なコストパフォーマンスが得られるように、各種コンポーネントをラインアップしている。

ソフトウェアライブラリ層は、制御システムプラットフォームの極めて重要な構成要素である。かつて、制御システムは、コントローラやネットワークに代表されるハードウェアの性能・機能がその評価を定める

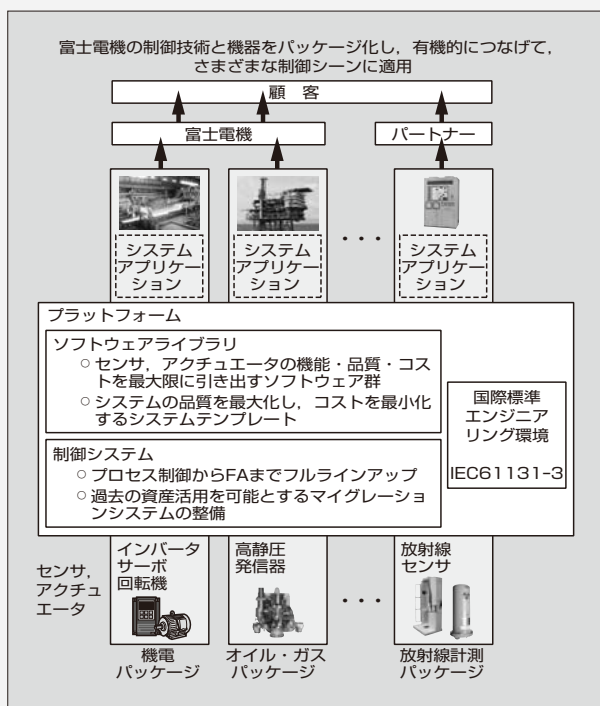


図2 制御システムプラットフォーム

大きな要因であった。今日では、ハードウェア技術の格段の進化により、エンジニアリングそのもの(品質、リードタイム、コスト削減など)が、より重要視されている。ソフトウェアライブラリ層は、この変化に対応するものであり、富士電機が業種、組織、機種ごとに長年培ってきた高度な制御技術を共通化し、ソフトウェア群で構成したものである。制御技術については、今後も先端技術へ共通的に取組み、技術蓄積を行っていく。このソフトウェアライブラリ層は、制御システムプラットフォーム上で構築するアプリケーションから自由に使用することができる。

エンジニアリング環境は、国際標準規格IEC61131-3に統一されており、本プラットフォーム上で機能する制御ソフトウェアは、ソフトウェアライブラリやアプリケーションを問わず、グローバルに統一された作法で扱うことができ、適用システムによらず互換性を保つ。

この制御システムプラットフォーム上に、連続プロセス制御システム、バッチプロセス制御システム、ドライブ制御システム、発電システムなどの業種別パッケージ(業種別専用機能)を構築することで、各業種向けソリューションに対応することができる。

3.3 制御システム

図3に、富士電機の監視制御システムのポジションマップを示す。「MICREX-NX」は大中規模向けの制御システムであり、IEC61508(機能安全)をはじめ、IEC61511(安全)、ISA S88(バッチ制御)、FDA 21 CFR Part11(食品医薬品の電子記録・署名)などのさまざまな国際標準規格に対応している。鉄鋼エネ

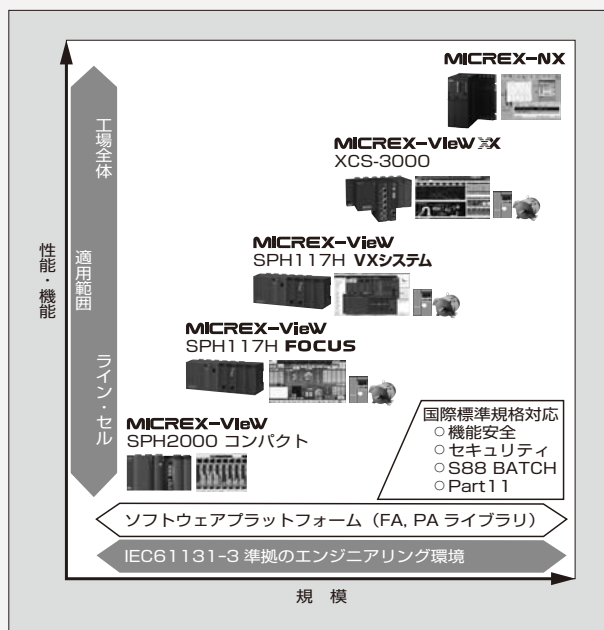


図3 富士電機の監視制御システムのポジションマップ

ルギーセンター、化学、医薬品、水処理分野を中心に、2004年の発売以来250システムを超える納入実績がある(38ページ“安定と安全を支える情報・プロセス制御システム「MICREX-NX」”参照)。

「MICREX-VieW」は、中小規模向けの制御システムであり、規模、コストに応じたシステムをラインアップしている。

さらに、「MICREX-VieW XX (ダブルエックス)」を開発し、ラインアップに追加した。本製品は、制御システムプラットフォーム上に構築しており、既存システムとの互換性を維持しながら、最新のオペレーション機能やエンジニアリング機能を提供する。コントローラ、ネットワーク、I/O、HMI、データベースなど各機器単位での二重化が可能な高信頼システムである(44ページ“顧客資産の継承と進化を実現する中小規模監視制御システム「MICREX-VieW XX」”および49ページ“中小規模監視制御システム「MICREX-VieW XX」の最新オペレーション機能とエンジニアリング機能”参照)。

図4に、制御システム層の基幹を成すコントローラのポジションマップを示す。適用範囲、規模、コストなどに応じ、コンポーネントから高度な冗長化が可能なシステム製品までラインアップしている。単独の機械制御をはじめ、インバータ・回転機を高速・高精度に同期運転を行うライン制御、タービン制御、連続プロセス制御、バッチプロセス制御など幅広く適用できる。コントローラのエンジニアリング環境は全て、国際標準規格 IEC61131-3 準拠で統一しており、作成したソフトウェアは製品間で互換性がある(54ページ“機械制御から高度なモーション制御まで実現する統

合コントローラ「MICREX-SX シリーズ」参照)。

3.4 高度制御技術

工場の設備やプラントを安全かつ最適に制御するために、さまざまな制御技術が開発されてきている。

富士電機では、次に示す技術をコアとしてさまざまな技術開発に取り組み、高度な自動制御を可能としている。予測・診断技術としては独自のニューラルネットワーク技術や多変量統計のプロセス管理技術が、最適化技術としては数理計画法やメタヒューリスティクス最適化技術が、プラントを安定的に動作させる制御技術としては多変数系のモデル予測制御ならびにプラント制御機能の構造的劣化を診断する制御性能監視技術などがある。しかし、プラントの起動・停止や異常発生時などの非正常な状態において、いまだ熟練技術者の人的対応に頼らざるを得ないケースが多く残っており、その技術継承が多くの顧客の課題となっている。最近の動向として、プラントから計測される大量の履歴データを分析し、非正常な状態への対応に活用するデータ分析技術への関心が高まっている。富士電機では、多変量統計のプロセス管理による異常診断技術、部分的最小二乗法による品質推定技術、パターンマイニングによる熟練者の操作パターン解析技術などにより、課題解決に取り組んでいる(33ページ“プラント制御におけるデータ分析技術”参照)。

3.5 環境測定技術

富士電機は、工業計器において、圧力・差圧発信器、流量計、水位計、記録計、調節計などをラインアップしている。また、環境測定の技術開発や製品化にも取り組んでいる。

福島第一原子力発電所事故の復旧・復興の場面で、多種多様な放射線機器・システムのニーズが高まっている。富士電機は、40年以上にわたって放射線モニタリング技術に取り組んできており、これらのニーズに迅速に対応している。個人線量測定においては、軽量コンパクトで使いやすい個人線量計や可搬型の体表面放射線モニタを、環境放射線測定においては、可搬型モニタリングポストや測定線量のワイドレンジ化、ならびに深さ方向土壌放射線濃度分布モニタの小型化・可搬化を実現した。食品放射能濃度測定においては、専門知識や前処理が不要な食品放射能測定システムを開発した。これらの取組みにより、放射線に対する安全・安心を得る活動に貢献している(19ページ“安全・安心に貢献する放射線管理ソリューション”参照)。

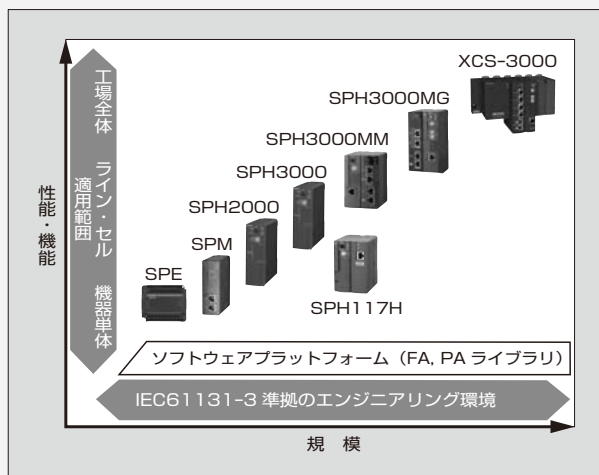


図4 富士電機のコントローラのポジションマップ

(*3) メタヒューリスティクス

最適化問題において特定の問題に限定されず、汎用的に対応できるように設計された、アルゴリズムの基本

的な枠組みのことである。解の初期値から値を修正していくときに、生物のふるまいを模倣したり、物理現象を模倣するなどして最適値を求めることができる。

化石燃料を効率良く燃焼させることは、CO₂排出量を削減する上で有効な手段の一つである。さらに、排出ガスの再利用も有効な手段である。富士電機ではこのような目的のために、レーザ方式ガス分析計の技術開発に取り組んでいる。分析時間が1~5秒と極めて高速なため、燃焼や排ガス回収制御の精度が格段に向上でき、CO₂排出量の削減に大きく貢献できる(59ページ“省エネルギーに貢献する直接挿入レーザ方式ガス分析計「ZSS」”参照)。

また、MEMS 応用感振センサを開発し、これを用いて、地震や経年劣化による建物の構造上の安全性を診断する構造ヘルスマonitoringシステム(SHM)を開発し、商品化している(63ページ“MEMS 応用感振センサを用いた構造ヘルスマonitoringシステム”参照)。

3.6 サービス技術

減価償却の終わった生産設備を可能な限り長期間稼働させることは、顧客にとって極めて重要な課題である。富士電機は、これらの高経年設備の各種課題を解決し、安定運用や効率化を支援するライフサイクルサービスを展開している。そこでは、設備ごとの診断技術が不可欠である。高圧遮断器や油入・モールド変圧器の診断技術、回転機のオンライン診断技術など、さまざまな診断技術を開発している。同時に、顧客の設備を停止することなく診断を可能とするために、診断そのものを無線ネットワークでオンライン監視化する技術にも取り組んでいる(25ページ“プラントの安定操業・効率化を支援するサービスソリューション”参照)。

4 今後の展望

計測・制御技術は、従来、プロセスの制御システムに主に適用されてきた。“ものづくり”の部分最適を図るものであり、制御機能、性能、信頼性、初期投資コストなどがその評価指標であった。しかしながら、今日では、適用範囲が大きく拡大し、製造実行システム(MES: Manufacturing Execution System)や基幹系システム(SCM: Supply Chain Management)まで包含する垂直ソリューションへの対応が求められ

ている。その評価指標も、全体最適重視(TCO削減)、設備・機器のライフサイクルコストの重視などへと変貌している。顧客ニーズに基づく新たな提案やサービスをどれだけ提供できるかが問われるようになってきている。

このようなニーズに応えるために、従来にも増して、計測・制御技術とITの融合を加速する必要がある。仮想化技術(Virtualization)やビッグデータ分析技術などを活用して、シミュレーション、操業オペレーション支援、メンテナンス、安全・安心提案などのソリューションの技術開発、および制御システムセキュリティの技術開発を進めていく。

5 あとがき

グローバルな市場動向や技術動向を踏まえて、富士電機の計測・制御技術について現状と展望を述べた。

今後とも、エネルギーの安定供給、省エネルギー、安全・安心、環境など、富士電機の産業ソリューションの基盤となる計測・制御技術を拡充・拡大していく所存である。

* 本稿に記載した商標または登録商標は、84ページ「商標」を参照のこと

参考文献

- (1) JEMIMA. 電気計測機器の中期予測 2011~2015年度版
- (2) 黒谷憲一, 戸高雄二. 計測制御技術の現状と展望. 富士時報. 2011, vol.84, no.4, p.228-233.



近藤 史郎

制御システム、通信システムの研究開発に従事。現在、富士電機株式会社産業インフラ事業本部計測制御システム事業部長。



福住 光記

制御システムの企画・開発に従事。現在、富士電機株式会社産業インフラ事業本部計測制御システム事業部主幹。



*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。