

# 計測・制御システムの動向と取り組み

Trends in Measurement and Control Systems and Solutions for Evolution of Infrastructure Systems

阿南 和弘      梅田 裕二      梶原 繁

■ ANAN Kazuhiro      ■ UMEDA Yuji      ■ KAJIHARA Shigeru

計測・制御システムは、一般産業・社会インフラ分野で、様々なシステムの監視制御に幅広く適用されている。一般産業の分野において、特に製造業では、先進国における労働人口の減少に対応するため、製造コストを最小化するための生産システムの実現が必要とされている。この生産システムの構築とそれに伴うセキュリティリスクの低減のために、計測・制御システムには、IoT (Internet of Things) と制御システムセキュリティへの対応が求められている。

東芝インフラシステムズ(株)は、これらの要求に応え、システムの構成要素である産業用コントローラーや、産業用コンピューター、フィールド計測器などの技術開発を進め、既存システム更新のための継承性・互換性と、新機能への対応とを両立させたシステムの進化を支えるソリューションを提供する。

Measurement and control systems are widely applied in the fields of general industry and social infrastructure systems. With the recent trend toward declining labor populations in developed countries, it is necessary for manufacturing industries to construct production systems capable of minimizing manufacturing costs, especially in the general industry field. Such measurement and control systems are therefore now required to handle technologies for Internet of Things (IoT) and secure control systems.

In keeping with this trend, Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation has been continuously developing technologies for industrial controllers, industrial computers, and field instruments, which are the main components of industrial and social infrastructure systems. We are supplying solutions to support the evolution of these systems while maintaining the balance of inheritability and interoperability, in order to renew existing systems and provide new functions.

## 計測・制御システムを取り巻く市場動向とニーズ

計測・制御システムは、一般産業や社会インフラの分野において、様々なシステムの監視制御に適用され、社会基盤を支えてきた。最新技術を取り入れることでシステムを高性能化、高信頼化し、長期供給、長期保守によりシステムの長期安定稼働を支え、互換性、継承性を維持することでシステムの更新や段階的な拡張を可能としてきた。また、環境への配慮や低コスト化などの要請にも対応して、進歩を続けてきた。

一方、近年の社会情勢を見ると、先進国における労働人口の減少という問題がある。労働政策研究・研修機構の統計データによると、多くの国で労働人口(生産年齢人口:15～64歳人口)の割合は減少を続け、2050年には50%近くになる国もあると予想されている<sup>(1)</sup>。特

に我が国ではその傾向が顕著で、2050年には労働人口が現在より2,000万人以上減少すると見られている。また、産業構造の重心が製造業からサービス業に移行しており、先進国ではサービス業が約70～80%に及び、製造業の労働人口減少に強く影響している。

このため、製造業では生産時の人・資源投入の最小化と生産設備稼働率の最大化といった操業生産性向上の強い要求がある。更に、市場のグローバル化などに伴う多品種・少量生産といった顧客ニーズの多様化にも、低コストで対応することが求められている。

計測・制御システムも、これらの社会情勢や産業構造、市場要求などの変化に対応して進化することが必要である。

これらに対応するための概念が、ドイツで提唱されているIndustrie 4.0と米国で提唱されているIndustrial Internet、そして我が国で提唱されている

Connected Industriesである。第4次産業革命とも称されるIndustrie 4.0は、大量生産に近い生産性で、個々の顧客のニーズに合う商品やサービスを生み出すマスカスタマイゼーションの実現を一つの目的としている。

このために生産計画、生産品の製造・品質情報、設備の稼働情報や保守作業計画などあらゆる情報を統合し、生産管理や、設備管理、監視制御などの様々なシステムを連携、協調させた、フレキシブルで製造コスト最小の生産システムが必要である。

製造コストの最小化は、生産ラインに投入する人や資源の最小化だけではなく、生産設備の稼働率最大化やライフサイクルコストの最小化により実現する。このため、生産設備の稼働状況などから機器故障や異常の予兆を自己診断し、最適なタイミングでの予防保全を可能とすることが求められている。

計測・制御システムは、このような変革を支えるために、既存システム更新のための継承性や互換性と、新機能への対応を両立させながら進化をしていく必要がある。

ここでは、計測・制御システムに求められるIoT、そして制御システムセキュリティへの取り組みや展開について述べる。

## IoTへの取り組み

必要なモノを必要なだけ必要なときに生産するフレキシブルで製造コスト最小の生産システムの実現には、販売計画から生産まで全てのプロセスを連携して最適化することが必要である。このために、販売戦略などを管理する最上位システムからプラントや製造ライン末端のセンサーまであらゆるものを接続し、統合・管理できる状態にする必要がある。このための要素として挙げられるのがIoTである。

IoTにおいて重要なのは接続性であ

る。ここで言う接続性は、次の三つの意味から成る。すなわち、標準化されたハードウェア回線に対応していること、標準化されたデータ形式やプロトコルに対応していること、そして既設システムへの接続に対応していること、である。特に既設システムへの接続は、計測・制御システムにおいては重要なポイントである。これは、既に現場で稼働している計測・制御システムに新たな機器や機能を適用する際に、段階的に更新を進めるケースが多いためである。

東芝インフラシステムズ(株)の計測・制御システムの主要コンポーネント(図1)のうち、産業用コントローラーでは既に統合エンジニアリングツールnV-Toolによる機器の統合管理が実現されているが、更に上位への接続のために、標準規格であるOPC UA (Unified Architecture) をサポートしたパッケージを開発した。産業用コンピューターのようなゲートウェイとなる機器に導入することで、上位システムや様々な規格に対応したI/O (Input/Output) 機器で接続

された下位システムとの接続に対応し、IoTの活用をサポートする。

## 制御システムセキュリティへの取り組み

計測・制御システムにおけるIoT活用の取り組みは、一部では既に始まっている。

これに伴い、製造ラインや、工場内、プラント内などの閉じたネットワークに接続されていた機器やシステムまでが、全てインターネットに接続されていく。このため、情報システムにおいて脅威となっているサイバー攻撃が、計測・制御システムでも現実的な脅威となってきた。システム乗っ取りによる被害リスクだけでなく、IoT機器を標的としたコンピュータウイルスMiraiによる被害のように、感染した機器を通して更に他の機器への攻撃に利用されるリスクも高まっている。

しかし、計測・制御システムでは、制御に特化した構成機器やリアルタイム制御のために、セキュリティ機能による遅延すら許されないことがあり、このような場合は情報システムにおいて進化した対策をそのまま適用するのが難しい。このため、一般の情報システムに導入されている様々なセキュリティ技術に加え、計測・制御システムに適したセキュリティへの対応が必要である。

当社の計測・制御コンポーネントでは、機器レベルの脆弱(ぜいじゃく)性対策を行い、EDSA (Embedded Device Security Assurance) 認証を取得したユニファイドコントローラ nv シリーズ type2 (以下、type2と略記)をはじめとして、ほかの計測・制御コンポーネントでも認証取得の対応を進めている。

また、Windowsなどの汎用OS (基本ソフトウェア) が動作する環境では、ホワイトリスト形式のセキュリティ機能をサポートし、想定外のマルウェアなどへの対応を行っている。

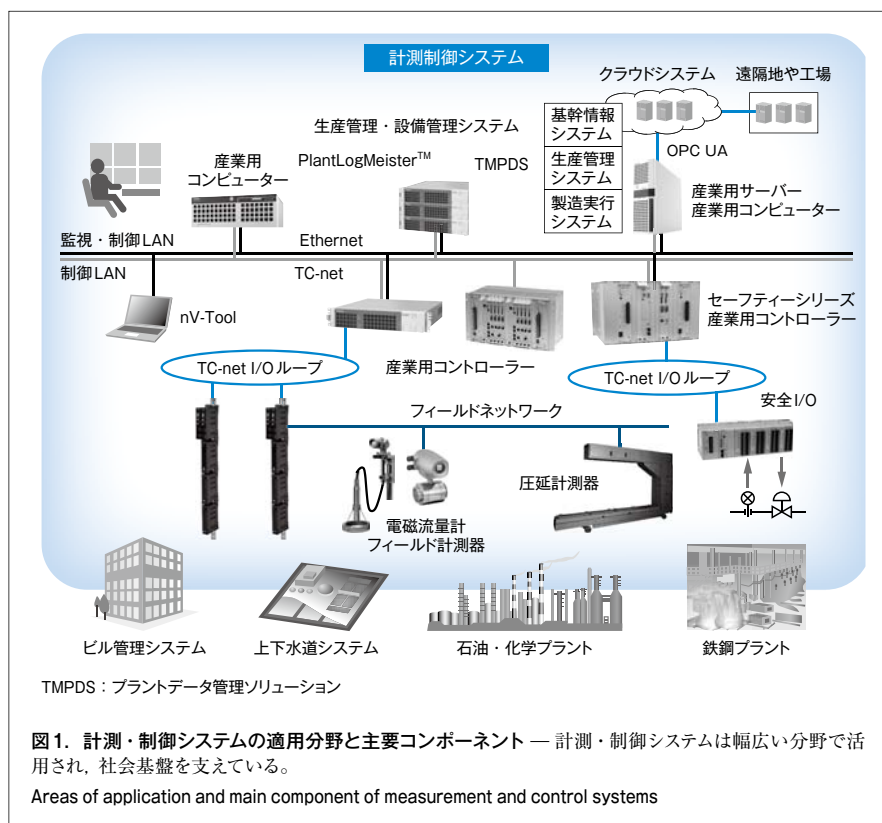


図1. 計測・制御システムの適用分野と主要コンポーネント — 計測・制御システムは幅広い分野で活用され、社会基盤を支えている。

Areas of application and main component of measurement and control systems

## コンポーネントへの展開

計測・制御システムにはIoTや制御システムセキュリティへの対応が求められている。

当社はそれらの要求に対応した様々なコンポーネントを提供している。

### ■産業用コンピューター

産業用コンピューターは、PC（パソコン）及び汎用OSの機能、性能に加え、製造現場などの過酷な環境でも安定動作する高信頼性や、耐環境性、寿命品交換などによる停止を最小限に抑えるメンテナンス性などが求められる。

当社はこれらの要求に応え、IoTを活用する際に、情報の集積を行うハブや、中継を行うゲートウェイ、情報収集対象の近傍で高度な処理を行うエッジコンピューティングなどの役割を担うために、更なる高機能化、高性能化を実現したスリム型産業用コンピューター FA2100T model 700 をリリースした。

従来機種種のRAS (Reliability, Availability, Serviceability) 機能や、前面メンテナンス、長期供給などの特長は継承しつつ、新型CPUとプラットフォームの採用により、従来機種と比較し、プロセッサ演算性能は2倍以上に向上した。LANポートを標準で3ポート搭載し、システムにおける上位系と複数の下位系を接続するゲートウェイなどの用途に対応できる接続性を備えた。既設システムへの継承性に配慮しRS-232Cポート、PCI Expressスロットを標準搭載し、レガシーOSであるWindows 7にも対応した。動作負荷が軽く、未知のマルウェアにも対処できるホワイトリスト型セキュリティソフトウェアなども導入可能であり、システムとしてのセキュリティ向上に対応する（この特集のp.37-41参照）。

### ■産業用コントローラー

当社の産業用コントローラーは、高信頼性と大規模システムでの高速制御が特

長で、幅広い分野の計測・制御システムに監視・制御用機器として適用されている。制御システムのセキュリティ対応の要求に応え、制御セキュリティに関する規格認証であるEDSA認証を取得したtype2を開発してきた（[囲み記事参照](#)）。更に、IoT対応への要求に応え、ユニファイドコントローラー nv-packシリーズ typeFR（以下、typeFRと略記）及び OPC UAサーバーパッケージをリリースした。

typeFRは既存のI/O及びプログラム環境との互換性や、nV-Toolによるシステム構成の柔軟性といったコントローラー機能の特長はそのままに、従来は別の機器で実装していたコンピューター機能を一体化した。これにより既設システムへの導入が容易になるとともに、システム構成の簡素化も図れるようになり、IoTに求められる既設システムへの適用がスムーズになる。

OPC UAサーバーパッケージは工業プロセス計測制御において、異なるベンダー機器間で通信するための標準インターフェース仕様であるOPCをサポートし、システムでのIoTやクラウドシステムの活用を容易にする（同p.42-45参照）。

### ■フィールド計測器

フィールドに設置され現実世界とつながるセンサー機器には、長期にわたり安定動作する高い信頼性と、自己診断などの高機能化の要求がある。

投げ込み式水位伝送器は、河川などの水位を測定するために用いられる。屋外で使用されるため、雷対策として従来は装置外部にアレスターなどの耐雷対策機器を設置していたが、AP3393形投げ込み式水位伝送器では、内部回路の改良などにより耐雷性能を向上し、単体での設置を可能とした。

幅計は鉄鋼の圧延ラインに設置し、鋼板の幅を計測する装置である。TOSGAGE-LWCは、従来製品では別であった演算部（変換部）と検出部（センサー）を統合し、フィールドセンサー単体とし

て取り扱えるようにした。

厚み計は鉄鋼の圧延ラインで、鋼板の板厚をリアルタイムで測定する装置である。高い測定精度だけではなく、予期せぬ停止を起こさないための予防保全に強いニーズがある。特に測定用X線発生器には寿命があり、交換に時間を要することから故障予兆診断は重要である。現在、X線発生器を含め、厚み計検出部を構成するコンポーネントに対して故障予兆診断機能の実装を進めている（同p.46-49参照）。

## 計測・制御システムへの展開

当社は、前述したコンポーネントを用いて、様々な分野の計測・制御システムを構築し提供している。

操業生産性の向上やシステム導入コストの低減といった観点から具体的な事例を挙げ、その取り組みについて述べる。

### ■プロセスデータベースと電子操業日誌による操業の最適化

製造現場には、多種多様な情報が存在し活用されているが、活用範囲を広げて、工場単位やコーポレート単位で分析・活用できるように統合した操業管理のスマート化への取り組みが始まっている。

東芝三菱電機産業システム（株）（以下、TMEICと記す）は、製造現場におけるDCS (Distributed Control System: 分散制御システム) や産業用コントローラーといったプロセス制御系の情報を収集するPLANETMEISTER™に、分散データベースのサポート、及び指定外IP (Internet Protocol) アドレス接続禁止機能やサーバー間通信暗号化といったセキュリティ機能の強化を行い、必要な情報の高速かつセキュアな共有を実現した。また、従来は紙情報で管理していた運転日誌、設備保全情報、工事スケジュールといったプラント操業系の情報を収集・活用するPlant-LogMeister™には、設備保全管理や、

## 計測・制御システムを取り巻くセキュリティー対応状況

計測・制御システムにおいてもセキュリティー向上対策が進められている。特に、社会基盤として安定性と安全性が求められる社会インフラを構成するシステムでは、より確実な対策が求められる。

特定の制御システムを標的としたコンピューターウイルス Stuxnet や IoT 機器を狙った Mirai が発見され、計測・制御システムそのものが標的となるだけでなく、感染した機器を通して更に他者への攻撃に利用されるリスクも高まっている。

このような状況の下、経済産業省を中心として制御システムのセキュリティーを確保及び強化するために、技術研究組合制御システムセキュリティーセンター (CSSC) が設立され、研究開発や、国際標準化活動、認証、人材育成、普及啓発、各システムのセキュリティー検証などの活動を行い、当社も各種活動に参画している。

2014年11月にサイバーセキュリティ基本法が成立し、2015年12月にはサイバーセキュリティ経営ガイドラインが発表され、2016年12月に Ver1.1 に更新された。経営者のリーダーシップの下でサイバーセキュリティ対策が推進されることが期待されている。

制御システムセキュリティーに関する国際標準化として、IEC 62443 (国際電気標準会議規格 62443) シリーズの策定が進められている。

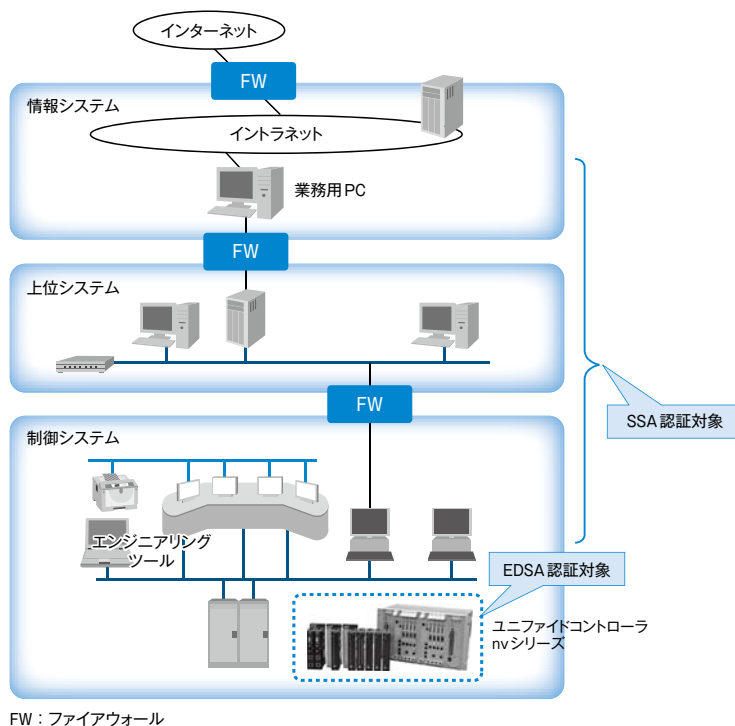
制御システムセキュリティーに関する規格認証としては、ISASecureのSSA (System Security Assurance) 認証やEDSA 認証がある (図A)。

SSA 認証は、システムを提供及び運用するシステムインテグレーターや事業者向けであり、制御システムの特定サブセットのためのセキュリティー認証プログラムとなっている。

EDSA 認証は、装置ベンダーが提供する

制御コンポーネント製品のセキュリティー認証プログラムで、その製品開発の各フェーズにおけるセキュリティー評価 (SDSA)、セキュリティー機能の実装評価 (FSA)、及び通信の堅牢 (けんろう) 性テスト (CRT) の三つの評価項目から構成されている。

当社は、上記SDSA, FSA, CRTの評価項目で求められる218の要件に対応し、EDSA 認証を取得した type2 をリリースした。



図A 制御システムでのセキュリティー認証

工事監理、機器台帳、予備品管理、文書管理などのパッケージを追加し、工場全体の最適化に向けた設備の統合管理機能を実現した (この特集の p.50 - 53 参照)。

### ■鉄鋼・紙パルププラント向けの統合制御ソリューション

鉄鋼や紙パルプなどのプラント制御システムでは、制御内容の複雑さや必要な応答速度に応じて、産業用コントローラと産業用コンピューターを階層的に

配置して構成するケースが多い。鉄鋼などの高速大容量データを扱うプラントの制御システムでは、1 ~ 500 ms 程度の応答速度での制御を行うレベル1と、理論モデルに基づいて制御する、モデル制御などの複雑な制御を行うレベル2のように、階層別に機能が実装されている。レベル1とレベル2の機能は別の機器に実装され、相互のデータ共有のためにリアルタイム性が確保された制御ネットワークを介して接続している。

TMEICでは、産業用コントローラ

と産業用コンピューターを一体化した typeFR を適用することで、レベル1とレベル2の機能を1台の機器で統合したソリューションの提供を新たに開始した。

統合したことで、レベル2の機能が、制御ネットワークを介することなくレベル1の機能で使用されるデータを直接収集することができる。更に監視機能なども含めて統合することで、既設のシステムへの導入が容易になった (同 p.54 - 57 参照)。

## ■土木建設機械と各種製造ラインへの応用

監視・制御システムではごく一般的に、アクチュエーターとしてモーターとそのドライブ装置が使用されている。それらは機器レベルでコモディティー化が進んだため、システム全体としての総コストや操業生産性を向上させる差異化技術に関心が集まっている。

当社はモーターの負荷トルク変動が大きく、特に大きな起動トルクが必要なシステムに向けて、複数モーターの同期ブースト/リミット制御機能を開発した。また、サーボモーター制御装置との伝送プロトコルをビルトインアプリケーションとして開発し、伝送専用ハードウェアを不要とした。

これらをシールドマシン制御システム、及び新素材繊維製造プラントの制御システムに適用し、システム総コストの低減を図った。

更に、操業生産性を向上させる技術として、モーター及び被回転体の消費電流や、温度、回転数、振動などを監視し、モーターの劣化度合いを数値化すること

で、適切な時期にメンテナンスを行えるようにする故障予知診断技術や、広く適用されている2自由度PID（比例、積分、微分）制御を含むモデル駆動PID制御の最適化手法の確立に取り組んでいる（同p.58-62参照）。

## 今後の展望

計測・制御システムは、一般産業や社会インフラを支えるシステムのコア要素として、今後も進化し続けていく。

当社は、産業構造の変化や新たな社会への変革に対応した製品の開発と提供を続け、計測・制御システムの進化を通してスマートかつ安全な社会や産業の実現に貢献していく。

## 文 献

- (1) 労働政策研究・研修機構, データブック国際労働比較2016. 2016, 298p. <<http://www.jil.go.jp/kokunai/statistics/databook/2016/documents/Databook2016.pdf>>, (参照2017-09-15).

- Windowsは、Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標又は商標。
- ISASecureは、ISA Security Compliance Instituteの商標。



阿南 和弘  
ANAN Kazuhiro

東芝インフラシステムズ(株)  
府中事業所  
パワーエレクトロニクス・計測制御機器部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



梅田 裕二  
UMEDA Yuji

東芝インフラシステムズ(株)  
府中事業所  
パワーエレクトロニクス・計測制御機器部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



梶原 繁  
KAJIHARA Shigeru

東芝インフラシステムズ(株)  
府中事業所  
パワーエレクトロニクス・計測制御機器部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.