

計測・制御システムの動向と東芝の取組み

Trends in Measurement and Control Systems and Toshiba's Approach

三村 昭弘 原 秀之 日下部 宏之

■ MIMURA Akihiro ■ HARA Hideyuki ■ KUSAKABE Hiroyuki

計測・制御システムは、社会インフラや一般産業の分野で、上下水道システムやビル管理システムをはじめ、鉄鋼や、石油、化学、紙といったプラントシステムなどの監視制御に広く使用されている。これらのシステムでは、エネルギー使用効率の向上をはじめ、品質及び生産性の向上と、安全・安定な操業の実現、更にシステム運転などの技術継承といった要求が高い。

東芝は、これらの要求に応えるため、システムの監視制御の要となる計測・制御システムの技術開発を進め、社会や産業のインフラの進化を支えている。

Measurement and control systems are widely used in various fields including industrial systems, public facilities, and other facilities. Demand has been growing in recent years for improvement of energy efficiency, enhancement of reliability and productivity, establishment of safer and more secure systems, and inheritance of plant operation technologies in such fields as building management systems, factory automation systems in steel plants, petrochemical plants, paper mills, and so on, as well as in the field of social infrastructure systems such as water and sewage monitoring and control systems.

In response to this broad range of market needs, Toshiba has been developing major components of measurement and control systems incorporating the latest technologies.

計測・制御システムを 取り巻く市場動向とニーズ

国内市場が低迷する一方、新興国市場が拡大するなど、製造現場を取り巻く環境が変化し、また情報通信技術 (ICT) などの技術革新や、社会全体のスマート化を目指したスマートコミュニティへの動きがあるなかで、計測・制御システム (図1) も変化してきている。一つは高効率化に向けた制御の進化であり、もう一つは安全・安定操業に向けた進化である。

上下水道システムやビル管理システムをはじめ、鉄鋼や、石油、化学、紙といったプラントシステムなど社会・産業インフラシステムでは、監視制御システムとしての高性能化及び高効率化により生産性向上や省エネの実現が求められる。

また、それらシステムの規模拡大や制御高度化に伴い、システムの安全・安定操業実現へのニーズが高まっている。

これらのニーズに対して、Functional Safety (機能安全) 規格 IEC 61508 (国

際電気標準会議規格 61508) への対応が進んでおり、また異常発生時のアラーム発報などでの現場力支援や最適な状態を維持し管理するアセットマネジメントなどが進められている。ここでは、計測・制御システムにおける東芝のこれら取組みについて述べる。

省エネ及び品質・生産性向上への 取組み

製造プラントをはじめ、社会・産業インフラシステムでは、計器室や制御システムの統合、システムの高度化、あるいは少ないオペレーターでのより効率の良い運転といった生産性向上への取組みが、継続的に行われている。

■ システム高度化による省エネと生産性向上

プロセス制御では現在もPID (比例・積分・微分) 制御が多く用いられている。

当社は、DCS (Distributed Control System) などのフィールドコントローラの機器には、従来のPID制御の性能を超えるアドバンス制御として、2自由度PIDとモデル駆動型PID (MD-PID: Model-Driven PID) (注1) を実装している (囲み記事参照)。MD-PID制御により、自家発電用ボイラなど省エネを提供している。

更に、高度なアドバンス制御が現場でより簡単に適用できるよう、プロセス最適化ツール nv-ADCOPを開発した (囲み記事参照)。このツールを用いて、制御ループの最適化を図るための提案を行っている。

■ ビッグデータによる品質・生産性向上

また、製品品質及び生産管理の改善や、停止時間短縮によるプラント設備の稼働率向上のために、プラントで生産される製品データや操業中の時系列データなど、膨大な情報 (ビッグデータ) を取

(注1) モデル駆動制御システムは、木村英紀氏 (元東京大学教授) によって2000年に提案された制御概念。

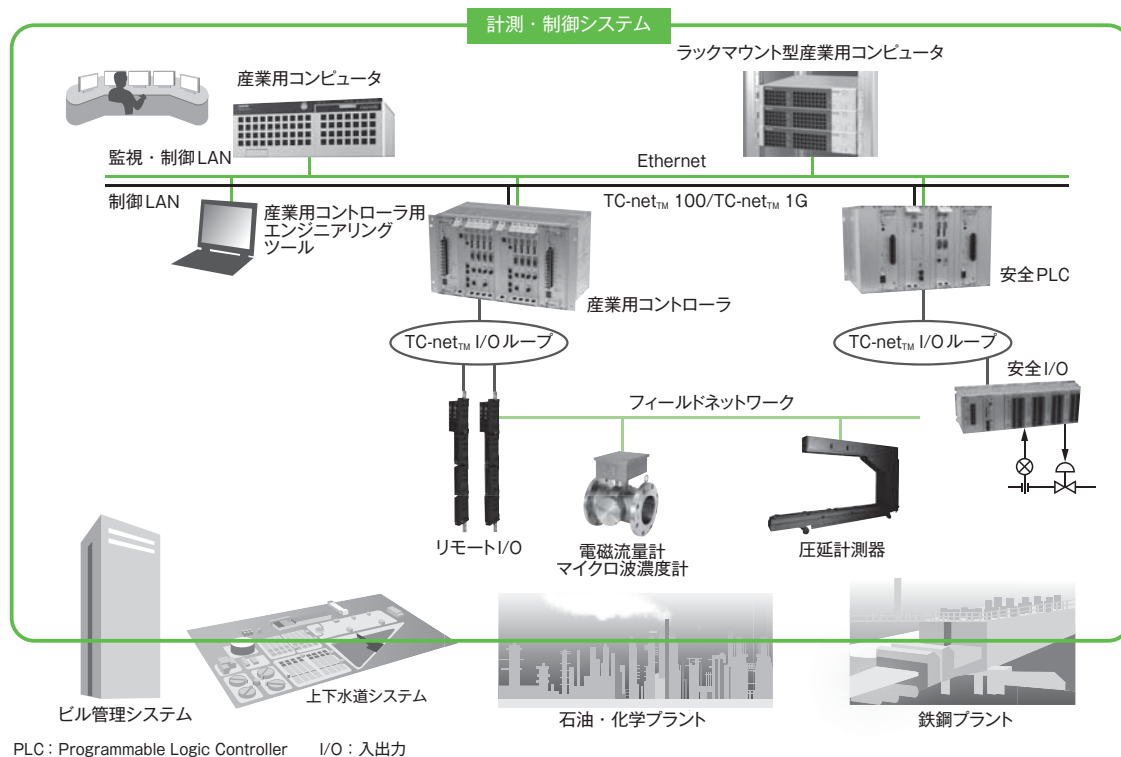


図1. 計測・制御システムの適用分野と主要構成要素 — 計測・制御システムは幅広い社会・産業インフラシステムで使用されている。
Areas of application and major components of measurement and control systems

り出し、効果的に連携させて分析することが求められるようになってきた。

当社は、コントローラレベルでは、システム時刻の同期機能や、時刻同期させてイベントデータを収集する機能、収集したデータからプラント事象を診断する機能などを開発し提供している。

更に、プラント全体のマネジメントに対するソリューションとして、鉄鋼プラント向けに、従来からのプラントデータベースを発展させ、調整支援、トラブルシューティング、及び予防保全のための多様なアプリケーションと組み合わせたプラントデータ管理ソリューション TM-PDSを提供している（この特集のp.6-9参照）。

安全・安定操業の実現とプラント運転の技術継承への取組み

前述したように生産性向上への取組みが進む反面、製品寿命やメンテナンス不足など設備の故障によってシステムをいったん停止させてしまった場合には、多大

な経済的損失を発生させることになる。

また、ひとりの担当者が負う責任範囲や課題解決のための負担を増加させることにもなる。

■安全・安定操業

プラントの異常事態に備える安全関連系に対し、IEC 61508が制定され、これに基づく安全関連系の構築へのニーズが高まっている。

当社は、機能安全のPLC (Programmable Logic Controller) 個別規格IEC 61131-6に準拠した安全コントローラとしてnvコントローラsafetyを開発し、海外圧延プラントへの適用を開始している。

また、プラントを適切に運転し、安全な状態に保つための重要な機能として、監視・制御システムが実装しているプロセスアラームがある。発生した事象に対して適切な処置が行えるよう、アラームは、必要なものだけが最適なタイミングでオペレーターに通知されなければならない。

欧米ではアラームシステムの設計指針としてEEMUA (Engineering Equipment and Materials Users' Association) から発行されたEEMUA No.191などのガイドラインが普及している一方、国内企業の製造プラントでは、日々の地道な改善の積み重ねを通じて安定操業を実現しているものが多くある。そのため個々の改善において得られた知見の蓄積、技術の伝承が重要な課題となっている。

■プラント運転の技術継承

当社の監視システムCIEMAC™-DS/nvでは、アラームマネジメントに関するガイドラインに基づき、真に必要なアラームを効果的にオペレーターに提示するための機能を開発するとともに、発生したアラームに対する推定原因、対応方法、設計根拠などの情報を体系的に示している（この特集のp.10-13参照）。更に、プラントの運転ノウハウを蓄積する支援ツールを開発し提供している。

アドバンス制御 MD-PIDとプロセス最適化ツール nv-ADCOP

プラント操業におけるプロセス制御分野では、今なおPID制御が制御ループ全体の9割を占めている。また石油・化学産業を中心に、高度の自動化と省エネを求めてモデル予測制御 (MPC: Model Predictive Control) の適用も進んでいる。PID制御でループ単位を最適化し、MPCでセル単位を最適化することが高度制御システムの主流になりつつある。

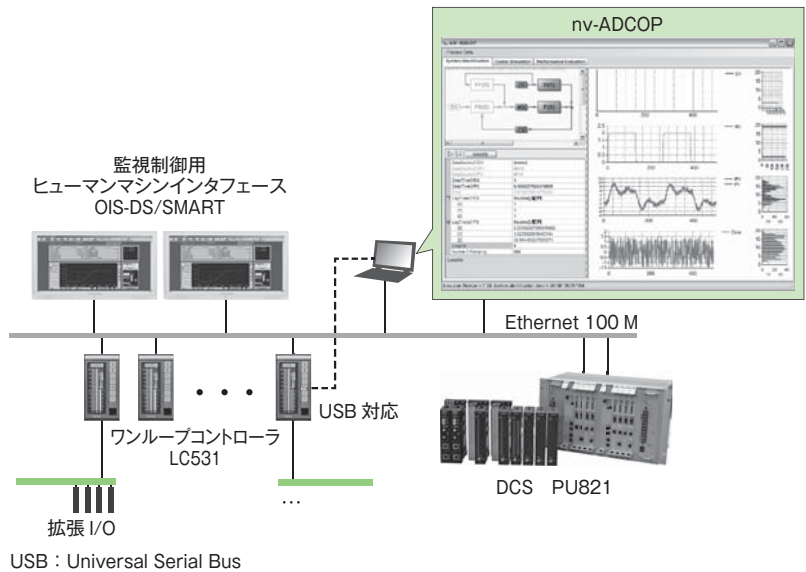
しかし、MPCでプラント全体をカバーすることは、たいへんな労力と費用を要し、費用対効果及び、高度なモデリングと保守する人材などの問題で導入に踏み切れないプラントも多く存在する。

■ MD-PID

PID制御は、長いむだ時間を持つプロセスの制御が不得意であることはよく知られている。東芝が特許を取得したアドバンス制御であるMD-PIDは、従来のPID制御と比較して、炉温制御など、特に長いむだ時間を特徴とするプロセスに対して優れた制御を行うことができる。

MD-PID制御による省エネ事例として自家発電のボイラ制御への適用について述べる。

多くの紙パルプ工場では、所内需要及び自家発電のために、大量の蒸気を発生する石炭焚(だ)キボイラを持っている。従来のPID制御では、蒸気温度の変動が大きいために、タービン入口の蒸気温度設定値を上げることは困難であった。このようなプロセスに対し、主蒸気圧力及び温度周りのプロセスをシステム同定し、MD-PID制御を適用することで、負荷380 t/hのボイラ



図A. アドバンス制御システムの構成例と制御最適化ツール: nv-ADCOP

の主蒸気温度を4℃上昇させた結果、年間約2,400 MWhの電力量の省エネ効果を得ている。

プロセスへの適用には、以下のような三つのステップを経る。

- (1) システム同定 制御対象プロセスを伝達関数表現し、動特性を決定するパラメータを求める
- (2) 制御最適化 システム同定で求めたプロセスに対して、最適な制御性能となるよう制御パラメータの値を求める
- (3) 性能評価 制御最適化で求めた制御パラメータを実際のコントローラへ適用し、実プロセスの制御結果を適用前後で比較する

■ nv-ADCOP

当社は、制御ループ最適化を現場で容

易に行うためのフィールド指向型プロセス最適化ツールであるnv-ADCOPを開発した。

nv-ADCOPは、入出力の時系列データからプロセスのパラメータを自動的に求め(システム同定)、最適な制御性能となるよう制御パラメータの値を求めることができる(制御最適化)。また、性能評価も容易に行うことができる(図A)。

nv-ADCOPにより、従来のPID制御では得られない、アドバンス制御本来の性能を発揮し、従来に比べて格段の生産性や省エネを引き出せる可能性が生まれる。

これは、将来MPCなどの上位制御を連結する前提条件でもあり、既存資産を生かす優れた方法となる。

計測・制御システムのコンポーネントの技術動向

当社が提供する計測・制御システムコンポーネントとして、産業用コントローラ、産業用コンピュータ、フィールド計測器、及び圧延計測器がある。これらのコンポーネントの最新技術について以下に述べる。

■ 産業用コントローラ

計測・制御システムの心臓部となるのが産業用コントローラである。

鉄鋼圧延プラントなどの高速シーケンス制御を主体とした電気制御や上下水道などの監視制御には、PLCが用いられる。

石油及び石油化学プラントで多く用いられるフィードバック制御を主体とし

た計装制御にはDCSコントローラが用いられる。

当社のユニファイドコントローラnvシリーズ™は、PLCシステム及びDCSの両方に適用できる製品である。

このシリーズは、演算処理、入出力処理、及び通信処理の高速化を実現するとともに、IEC 61131-6への対応を行い、更にプラント事象診断パッケージ

や、アドバンス制御、アラーム管理パッケージなどを提供している（この特集のp.14-17参照）。

■産業用コンピュータ

産業用コンピュータは、パソコン（PC）の技術をベースにしながら、社会・産業インフラシステムでの監視制御を担うために必要な、長期間の安定動作を可能とする機能や耐環境性能を備えたものである。

24時間365日の連続稼働を前提にした高信頼設計、長期供給と長期保守サービス、及び外形寸法や形状などのフォームファクタの継承によって、長期間にわたって稼働するシステムや設備に対して継続的な適用を可能にしている。

1994年に当社で初めて“DOS/V”標準PCアーキテクチャの産業用コンピュータFA3100 model 50を開発して以降、汎用PC技術の高度化とともに、産業用コンピュータを進化させてきた。

最新機種FR2100SS model 500では、CPUにIntel® Core™^(注2) i7（動作周波数2.3 GHz）プロセッサを4コア搭載し、高速・大容量データ処理の実現に貢献している（同p.18-21参照）。

■フィールド計測器

当社は、流量や、圧力、濃度、振動などの様々なセンサを製品化している。液体の流量を測定する電磁流量計や流体の固形分を測定するマイクロ波濃度計などがある。

いずれのセンサも、高周波電子回路技術と、フィールド機器として過酷な設置環境に耐えるための技術を融合して実現している。

これらセンサが備える高精度測定や連続測定といった機能により生産性を向上させることができ、この特長を生かして海外への適用を図っている。

中国をはじめとする新興国でも、経済の発展に伴い、環境保護の重要性が認

識されてきた。例えば、下水処理の高度化が求められているが、下水処理過程で分離されて排出される汚泥や汚水に対して、流量や濃度を連続的に計測し、薬品投入などの処理を最適化することで、汚泥処理の高効率化及び下水処理コストの削減に貢献していく（同p.22-25参照）。

■圧延計測器

鉄鋼や非鉄金属の圧延ラインでは、加工された板材の厚さや形状、表面状態などをオンラインで測定する装置として、圧延計測器がある。

圧延計測器には、厚み計や、幅計、形状計などがあり、それらを用いた高速で高精度な計測によって、鉄鋼メーカーでの高品質製品の製造に貢献している。

当社は近年、測定現場の管理が容易な、放射線を使わない計測器の開発にも力を入れている。

光学式カメラと画像処理による穴幅計では、高速な画像取込みや、取り込んだ画像信号の高速伝送、新たな画像処理アルゴリズムの導入などによって、従来機では穴検出感度が直径1.0 mm（被測定物のライン運搬速度180 m/min時）であったものを、直径0.5 mm（最大ライン速度300 m/min）に高速・高精度化した（同p.26-29参照）。今後、更に形状計にも適用を図り、鉄鋼プラントにおける生産性の向上に寄与していく。

今後の展望

今後、スマートコミュニティの実現に向けて、様々な階層のEMS（Energy Management System）が本格的に導入されていく。現在、住宅（HEMS：Home EMS）、ビル（BEMS：Building EMS）、工場（FEMS：Factory EMS）、及び地域（CEMS：Community EMS）の実証実験が各地で行われている。

EMSは、需要側でのエネルギーの見える化を促進し、消費エネルギー削減

への取組みを加速させる。

社会・産業インフラシステムを支える計測・制御システムは、省エネをはじめ環境保護を実現するために欠くことのできないコンポーネント群として、進化を続ける必要がある。今後も、新技術を導入して計測・制御システムを進化させ、社会や産業の発展に貢献したい。



三村 昭弘
MIMURA Akihiro

社会インフラシステム社 府中社会インフラシステム工場 計測制御機器部主幹。産業用コンピュータの開発に従事。
Fuchu Operations-Social Infrastructure Systems



原 秀之
HARA Hideyuki

社会インフラシステム社 セキュリティ・自動化システム事業部 計装制御営業部参事。産業用コントローラの事業企画に従事。
Security & Automation Systems Div.



日下部 宏之
KUSAKABE Hiroyuki

社会インフラシステム社 セキュリティ・自動化システム事業部参事。計装システム機器の事業推進に従事。
Security & Automation Systems Div.

(注2) Intel, Intel Coreは、米国及びその他の国におけるIntel Corporationの商標。