

計測・制御システム機器の動向と展望

Trends in Measurement and Control System Equipment and Future Outlook

高柳 洋一

垂石 肇

水谷 正道

■ TAKAYANAGI Yoichi

■ TARUISHI Hajime

■ MIZUTANI Masamichi

東芝の分散形制御システム (DCS : Distributed Control System) は、1975年にTOSDICTMを発表して以来、時代の先進的技術を取り込みながら発展を遂げてきた。DCSの心臓部であるコントローラについては、適用分野ごとに異なっていた機種統合を推進し、1989年にはCIE^(注1) 統合制御システム CIEMACTMのPCS (Process Control Station) コントローラにより計装制御と電気制御の統合を、また、1999年には統合コントローラ VシリーズによりPA (Process Automation) とFA (Factory Automation) の統合を実現してきた。

今回、当社は、電力分野のコントローラとの統合を目指したコントローラプラットフォームを新たに開発した。

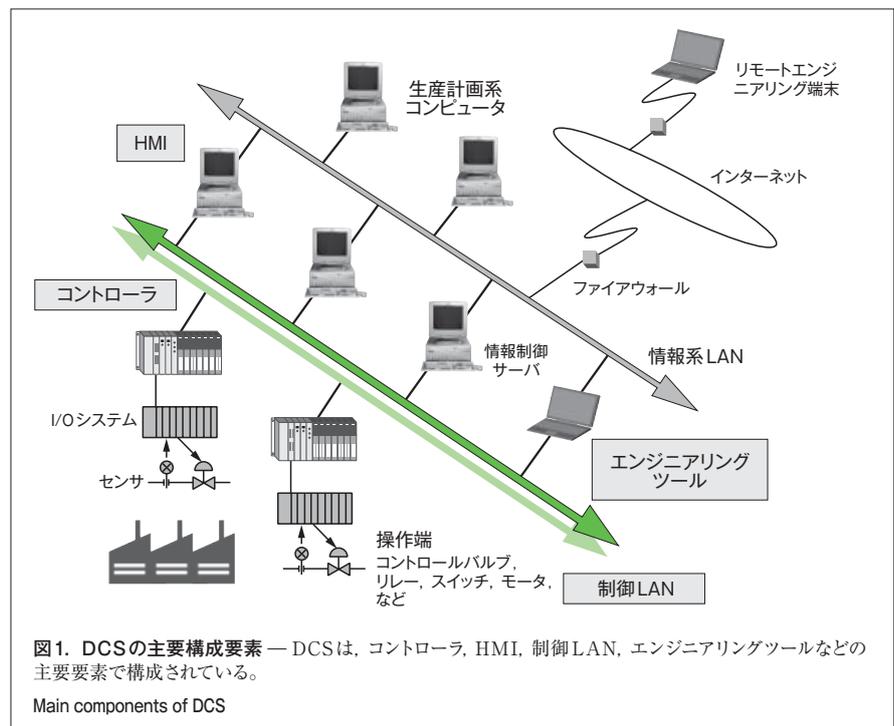
Toshiba distributed control system (DCS) have shown remarkable development through the application of state-of-the-art technologies since the introduction of our TOSDICTM in 1975. In particular, we have been promoting the integration of controllers, which are the core of the system, used in various fields. We achieved the integration of controllers for instrumentation and electrical control with the process control station (PCS) controller of the CIEMACTM (TOSDICTM-CIE for overseas markets) computer, instrumentation, and electric control (CIE) integrated control system in 1989, followed by the integration of process automation (PA) and factory automation (FA) control with the Integrated Controller V-series in 1999.

We have now developed a new controller platform aimed at the integration of controllers in the power system field.

DCSの進化

東芝の分散形制御システム (DCS) は、TOSDICTM以降、1989年にCIE統合をコンセプトとしたCIEMACTM、1997年にオープン・ライトサイジングをコンセプトとしたCIEMACTM-DS (Dominant System)と3世代を重ねてきた。

CIEMACTMは、石油及び石油化学分野に代表されるフィードバック制御を主体とした計装制御 (I: Instrumentation) と、鉄鋼の圧延プラントなど、高速シーケンス制御を主体とした電気制御 (E: Electric control) とを共通のコントローラで統合して実行できるシステムである。鉄鋼、紙パルプ分野など計装制御と電気制御を両方抱えた分野を中心に、生産設備の統合化、効率化、省力化に多大なる貢献をした。また、CIEMACTMは、制御システムの上位に位置する情報処理系 (生産計画系) のコンピュータ (C: Computer) の制御情報も、



計装情報や電気情報とともに、制御LANのADMAPTMを通じて同一HMI

(Human Machine Interface)上で統合化して表示及び制御できる。そこで、CIEMACTMで構築したシステムをCIE統合制御システムと呼んだ。以来、CIE

(注1) Computer, Instrumentation, Electric control (コンピュータ、計装制御、電気制御)

統合化は当社DCSの基本コンセプトとして継承されている。

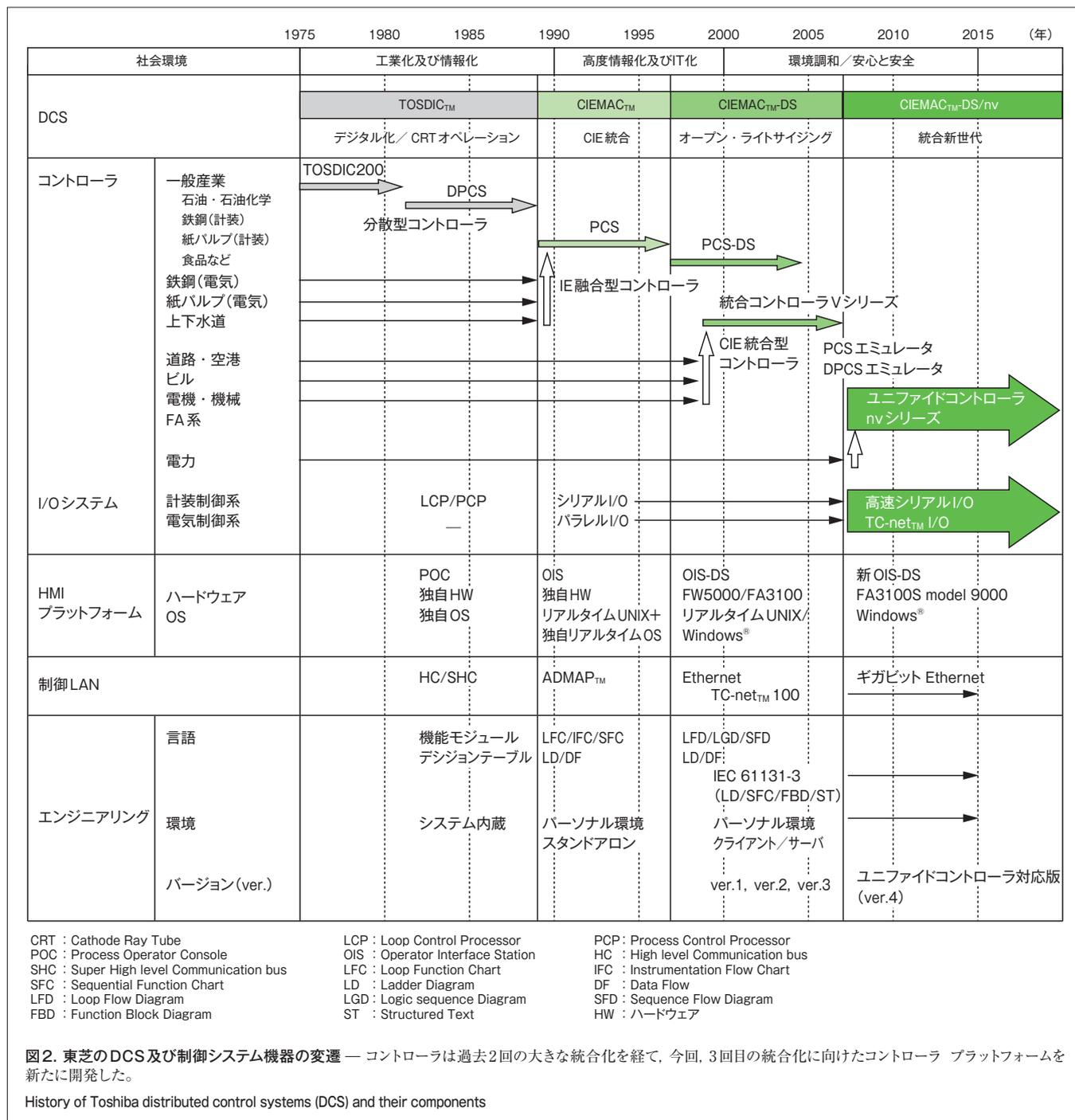
CIEMAC™-DSは、1990年代の長期にわたる景気低迷を背景に、重厚長大及び高コストになったDCSへの社会的要請として、よりオープンで、よりコストパフォーマンスに優れたシステム(ライトサイジングシステム)への期待に応えたシステムである。

オープン・ライトサイジングのコンセプトを具体的に実現するため、制御LANへのEthernetの導入、HMIへのパソコン(PC)プラットフォームの適用など、情報処理系での国際標準や業界標準の技術を積極的に取り入れ、本格的なオープン型DCSを実現した。

CIEMAC™-DSは、今回、新たに開発したユニファイドコントローラ nvシ

リーズをサポートし、新世代の統合DCS CIEMAC™-DS/nvとしていっそうの発展を遂げるに至っている。

DCSの主要構成要素を図1に示す。その代表的制御システム機器として、コントローラ、HMI、制御LAN、及びエンジニアリングツールについて、以下に述べる。



■コントローラの統合化⁽¹⁾

DCSの心臓部であるコントローラについては、過去2回の大きな統合化を経て、今回、3回目の統合化に向けたコントローラプラットフォームを新たに開発した。

1回目の統合化は、CIEMACTMのPCSコントローラで、計装制御と電気制御とを同時に実行できるIE融合型コントローラであった。これにより、石油や石油化学に代表される一般産業分野の計装制御、鉄鋼や紙パルプ分野などの電気制御、及び上下水道分野で共通のコントローラを適用できることになった。

2回目の統合化は、1999年リリースの統合コントローラ Vシリーズで、装置産業系PAでのDCSコントローラと組立・機械系FAでのPLC (Programmable Logic Controller) の統合を図ったものである。これにより、これまでPLCを使用してきた、当社の事業領域である道路・空港、ビル、及び電機・機械の各分野でも共通のコントローラが適用できることになった。

一方、当社事業領域の電力分野では、電力用コントローラを適用している。今回、開発が完了したユニファイドコントローラは、高速シーケンス制御が主体の電気制御用及び、フィードバック制御が主体の一般産業計装制御用であり、現行の統合コントローラ Vシリーズを適用している産業分野に投入される。電力分野への対応については、同一プラットフォーム上への機能実装により、3回目の統合を目指している。

コントローラなど制御システム機器の変遷を図2に示す。

●ユニファイドコントローラのコセプト

ユニファイドコントローラは、当社の全事業領域を適用対象としたコントローラプラットフォームであり、コンセプトは、統合、信頼と安心、及び環境調和である。統合の意味するところは、各分野で異なったコントローラを統合するという意味に加え、従来、計装制御と電気

制御で異なるI/O (Input/Output)システムであったものを、新たに高速シリアルI/Oシステム TC-netTM I/Oとして統合することも意味している。

また、コントローラは制御の中核であり、高い信頼性のもと、安心して使えることが強く要求されるコンポーネントである。今回、従来に増してよりレベルの高い信頼性を実現するため、高信頼性手法を設計段階から取り入れた。当社のソフトウェア技術センターと連携し、状態遷移モデルなどを活用してコントローラ動作の徹底分析を行い、設計品質を向上させた⁽²⁾。また、冗長化方式や自己診断技術などについては、当社の電力・社会システム技術開発センターと連携して検討を行い、よりいっそうの信頼性の向上を図った。

環境調和については、RoHS指令 (電気・電子機器中の特定有害物質の使用制限に関する指令) 対応など社会的要請に応えた。プリント基板に使用する鉛フリーはんだについては、電力・社会システム分野での過酷な使用環境条件 (温度、湿度、振動、腐食性ガスなど) での長期信頼性及び安定性を数年間にわたって独自に検証したうえで、適用している。

●ユニファイドコントローラの特長

ユニファイドコントローラの主な特長について述べる。

- (1) 高速及び高性能 新開発の高速言語演算プロセッサの搭載、マルチタスク処理性能の高速化、及び二重化トラッキング性能の高速化などによりシステム性能を向上させた。また、制御LANにおける1 Gビット/s Ethernet、及び高速シリアルI/Oシステムにおける100 Mビット/sループなど、高速化と大容量化を実現している。
- (2) 計装・電気制御に共通の高速シリアルI/Oシステム 従来、計装制御では活線 (通電状態) での着脱などメンテナンス性に優れた

シリアルI/Oシステムが使用され、一方、電気制御では高速性を重視したパラレルI/Oシステムが使用されていた。今回開発したI/Oシステムは、統合コントローラ Vシリーズがサポートしている情報・制御ネットワーク TC-netTM 100をベースとした、シリアルI/Oシステムである。メンテナンス性と高速性を併せ持ち、計装制御と電気制御に共通に使用できる。

(3) 最新のエンジニアリングツール

統合コントローラ Vシリーズで採用した国際電気標準会議規格 IEC 61131-3 (囲み記事参照) 準拠のプログラム言語を継承するとともに、各分野に特有のシンボルをカスタムシンボルとして利用できる環境を整えている。コントローラの統合化を推進するためには、分野ごとに異なるエンジニアリング文化の違いを尊重しつつ、共通プラットフォームに集約する取組みが重要である。慣れ親しんできたシンボルが使用できることで、従来と違和感のないエンジニアリング作業が可能となる。

■HMIプラットフォーム

ハードウェア及び基本ソフトウェア (OS) などのHMIプラットフォームは、当初は独自プラットフォームであったが、オープン化や低価格化への対応のため、徐々に標準技術を取り込んでいった。

TOSDICTMの独自プラットフォームに対し、CIEMACTMでは独自リアルタイムOSとリアルタイムUNIX^(注2)を併用したプラットフォームとした。CIEMACTM-DSでは、情報処理系での業界標準マシンへの転換を図り、本格的なオープン型DCSとしての象徴となった。CIEMACTM-DSのHMIシステムは、サーバと監視操作用HMIとで構成されるクライアント/サーバアーキテクチャで、サーバはワークス

(注2) UNIXは商標。

IEC 61131-3, PLCopen XML — 国際標準化の動向と当社の取組み

■ IEC 61131-3の普及

IEC 61131-3は、PLCのアプリケーションのプログラム構造とプログラミング言語を定めた国際規格で、1993年3月に制定された。PLCのプログラム言語としてLD(Ladder Diagram)、FBD(Function Block Diagram)、SFC(Sequential Function Chart)、ST(Structured Text)、IL(Instruction List)など、目的に合ったものを選択できるように定めている。IEC 61131-3は、初め欧州を中心に普及したが、その後アジアや北米に広がり、今や最新PLCのほとんどに実装されている。制御システムの海外物件においては、顧客がこの国際規格を指定するのはあたりまえの状況になっている。

■ 日本と中国の対応状況

1997年、わが国はIEC 61131-3をJIS B3503として制定した。国土交通省は2002年に「電気設備工事共通仕様書」を発行し、この規格に従ったコントローラの普及を促進した。

2006年2月、中国はIEC 61131-3を中国国家規格GB/T 15969.3として制定した。中国市場での制御システムの受注においては、この規格を前提とすることが多い。

■ PLCopenとXMLの登場

この規格が普及した理由の一つとしてPLCopenの国際的な活動がある。PLCopenは、IEC 61131-3の普及を目的とする非営利団体として1992年に設立された。以来、非営利検証機関や多くのPLCサプライヤーの支持と参加を得ている。2006年にPLCopenはIEC TC65 WG7の正式なりエゴメンバーに選ばれ、現在IEC 61131-3の第3版に向けたタスクフォースを実施するなど、積極的に活動している。

この規格が普及する以前のPLCは、異なるPLC間でのプログラム再利用は非常に困難であった。ユーザーの強い願いの一つは、異なるPLC間でプログラムを交換及び再利用することである。長い間、グラフィカル言語(LD、FBD、SFC)のファイルフォーマットは提案されても、利害関係に左右されて定まらなかった。しかし、PLCopenが、IEC 61131-3のXMLスキーマを決定する目的で、技術委員会(TC6)を設けて活動した結果、2004年4月に、その仕様とスキーマのPLCopen XMLを公開している。

■ 東芝の取組み

当社は、1999年に統合コントローラ

Vシリーズを発売し、エンジニアリング環境にIEC 61131-3を実装した。また、PLCopen XMLを当社製品に実装する一方、他社と協働し、プログラムのXMLファイル交換の検証に取り組んできた。その活動成果として、PLCopen XMLスキーマの改善提案をTC6に提出し審議するなど、標準化に注力している。

IEC 61131-3は、一般に電気・機械制御分野を得意とするPLCの規格である。一方、計装制御分野では、ISA/SAMA(The Instrumentation, Systems, and Automation Society/Scientific Apparatus Makers Association)規格に見るファンクショナルダイアグラムや各分野独自のファンクショナルシンボルがある。当社の目指すところは、“分野を問わず広く利用される統合コンポーネントの提供”であり、そのエンジニアリングでも、両分野を統合する取組みを推進してきた。その結果、ユニファイドコントローラのエンジニアリング環境において、IEC 61131-3に加え、ユーザー独自のシンボルを提供するために強化された“カスタムシンボルエディタ”を実装し、各分野独自の要求に対応している。

ーション(OS:リアルタイムUNIX)、クライアントはPC(OS:Windows[®](注3))を採用した。いずれも、産業用途としての信頼性及び頑健性を確保するため、当社の産業用ワークステーション及び産業用PCが使用された。最新のCIEMAC_{TM}-DSでは、サーバ機能を内蔵したHMIに進化し、ユニファイドコントローラをサポートする新HMIプラットフォームは、当社の産業用PC FA3100S model 9000である。

なお、鉄鋼電気、上下水道などの分野では、分野に特化した独自のHMIシ

(注3) Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標又は登録商標。

ステムを構築している。

■ 制御LAN

CIEMAC_{TM}では、計装制御と電気制御に共通で使用できる制御LANとして、国際標準のミニMAP(Manufacturing Automation Protocol)に準拠し、当社独自の高速スキャン伝送機能を付加したADMAP_{TM}を適用して、CIE統合を実現した。

CIEMAC_{TM}-DSでは、オープン・ライトサイジングの象徴でもあるEthernetを、データ衝突抑制の仕組み実装及び二重化対応など、産業用途として信頼性を向上させて適用した。今回、従来の10 M/100 Mビット/s Ethernetに対し、

1Gビット/s Ethernetをサポートして性能を強化している。

統合コントローラ VシリーズでサポートしたTC-net_{TM} 100は、前記の高速スキャン伝送機能を付加した、リアルタイム性を持つEthernet(RTE:Real Time Ethernet)である。現状では、統合コントローラ間の伝送を主体に利用しているが、DCSの基幹制御LANとして使用できる能力を備えている。また、ユニファイドコントローラでもTC-net_{TM} 100を同様にサポートしている。

RTEについては、現在、IECで国際標準化作業中であり、TC-net_{TM} 100は2005年の公開仕様書IEC/PAS 62406の発行を経て、2007年に正式にIEC

61784-2 CPF11 (Profile), IEC 61158 Type11 (Protocol and Service)として発行予定である。

また、今回、TC-net™ 100の技術をベースとした高速シリアルI/Oシステムを開発したことは既に述べたとおりである。

■エンジニアリングツール

プログラム言語については、CIE-MAC™では、計装制御用言語3種類、電気制御用言語2種類の合計5種類の言語をサポートした。また、従来、システムに内蔵していたエンジニアリング機能をラップトップPCのJ3100に実装することで、事務所環境で作業できるパーソナルエンジニアリング環境を実現し、作業環境の革新を図った。

CIEMAC™-DSでは、計装制御用言語をより使いやすいプログラム言語に強化した。

統合コントローラ Vシリーズでは、IEC 61131-3準拠のプログラム言語4種類をサポートしている。更に、各産業分野で使用されている特有のシンボルが使えるよう機能を強化した。また、同時に多人数で効率よく作業できるクライアント/サーバ型エンジニアリング環境や、インターネットを介したリモートエンジニアリング環境などをラインアップしている。

IEC 61131-3に準拠したプログラム言語の普及活動は国際コンソーシアムPLCopenが推進しており、当社も積極的に参画している(囲み記事参照)。特に、アプリケーションが各社のどのコントローラでも使えるために、XML (eXtensible Markup Language) 技術を活用した仕組み作りに関して、主導的な提案を行っている。また、その成果は、現行のエンジニアリングツールに実装され、ユニファイドコントローラにおいても利用できる(囲み記事参照)。

産業用コンピュータ

産業用コンピュータは、高信頼性、メンテナンス性、及び長期安定供給を特

長としており、制御システムでは、DCSのHMIをはじめとして、上位の生産計画系における様々なアプリケーション用プラットフォームとして幅広く使用されている。

産業用コンピュータについては、最新の産業用サーバFS5000など、この特集のp.11-14で詳細に述べる。

フィールド計測機器

各種プラントで使用されるセンサには、流量と圧力、レベル、温度などを計測する量的センサと、水質などを計測する質的センサがある。当社も電磁流量計やマイクロ波濃度計など様々なセンサを提供している。

また、当社は鉄鋼などの圧延制御用として、厚みや形状を計測する特殊機器を提供している。厚み計では、X線を利用した高度なセンシング技術が特長である。

電磁流量計とマイクロ波濃度計についてはこの特集のp.15-18で、また、厚み計についてはp.19-22で詳細に述べる。

計測・制御システム機器の将来展望

今回、当社の全事業領域で共通に使用する新しいコントローラプラットフォームを開発した。将来は、現行機種及び旧世代機種を含めすべてこのプラットフォームに移行する計画である。そのためには、増設やリプレースを考慮して、過去の資産の有効活用あるいは旧システムとの接続など、機能を充実させる必要がある。例えば、既存のI/Oシステムとの接続、旧世代機種のアプリケーション活用(アプリケーション変換)、ゲートウェイによる既存システムとの接続といった機能強化が必要である。

また、HMIの監視・操作機能については、CIEMAC™-DSをリリース以降、小規模な機能強化にとどまっているが、統合新世代を支えるにふさわしいHMI

に転換していきたい。

統合化の狙いには、当社の経営資源を集中することで、高品質な製品の長期供給を可能にするなど、事業体質の強化が挙げられる。これは一方で、将来にわたり顧客に安心と安全を提供し、当社の製品及びサービスに対する顧客満足につながるものと確信している。

文 献

- (1) 大庭 章, ほか. 計測・制御システム機器の動向と展望. 東芝レビュー. 60, 10, 2005. p.2-5.
- (2) 池田信之, ほか. 実用化に向けたモデル検査運用手法の開発. 東芝レビュー. 62, 9, 2007. p.46-49.



高柳 洋一
TAKAYANAGI Yoichi

産業システム社 府中事業所 計測制御機器部主務。
制御システム機器の商品企画及び事業企画業務に従事。計測自動制御学会会員。IEC国際エキスパート。
Fuchu Complex



垂石 肇
TARUISHI Hajime

産業システム社 府中事業所 計測制御機器部主査。
制御システム機器のエンジニアリングツール開発業務、品質管理業務に従事。計測自動制御学会会員。
Fuchu Complex



水谷 正道
MIZUTANI Masamichi

産業システム社 府中事業所 計測制御機器部。
制御システム機器のシステムサポート業務に従事。計測自動制御学会会員。
Fuchu Complex