



伏見信也*

FAシステムにおける情報通信技術の適用動向

Research and Development of Information and Communication Technologies for Factory Automation Systems

Shinya Fushimi

要 旨

製造業の現場では、生産及び消費のグローバル化が急速に進展する中で、市場の変化に柔軟に対応できる生産システムの構築が重要となっている。また、特に最近では、EMS(Electronics Manufacturing Service：電子機器受託製造サービス)の進展に見られるように、同一企業だけでなく企業間で製造に関する様々な情報交換が必要になってきている。

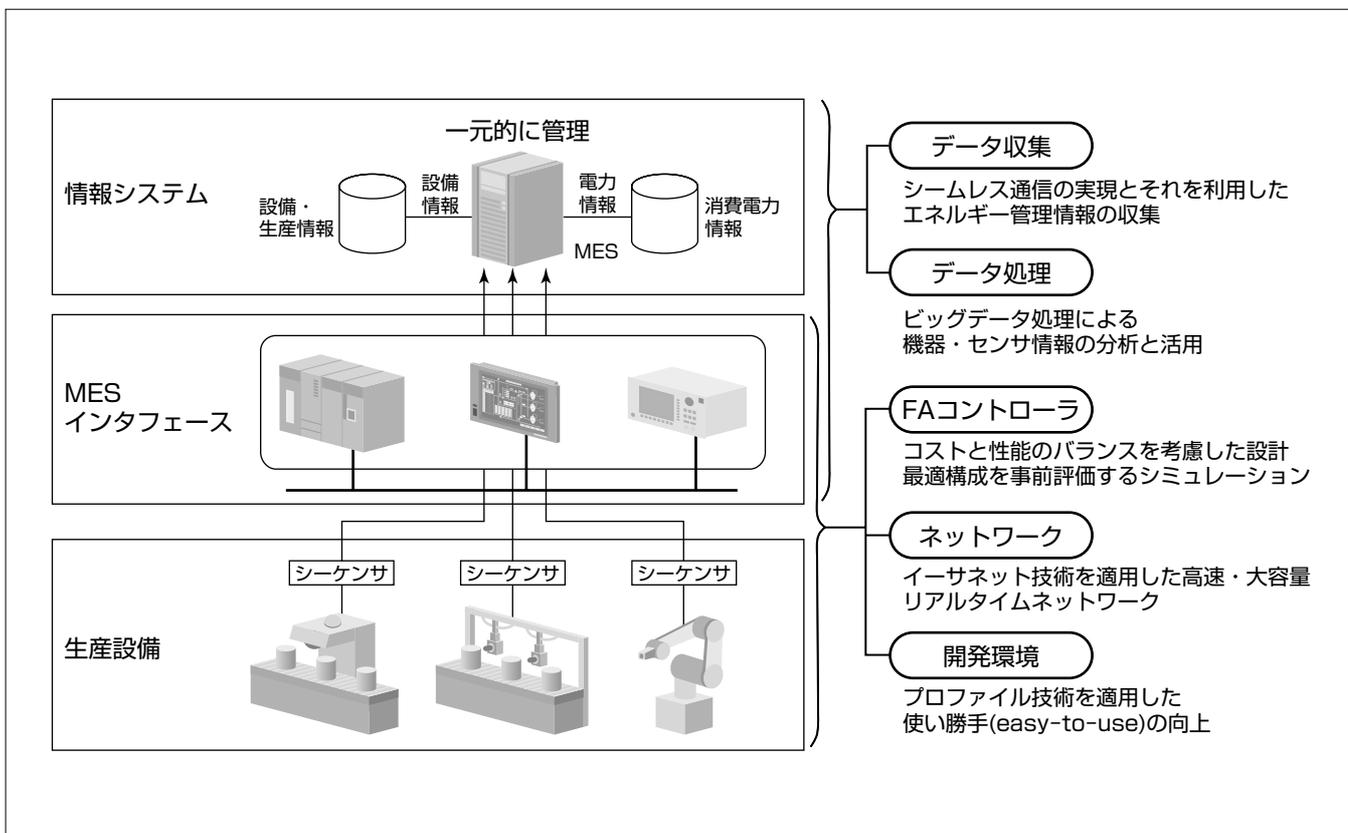
このような状況に対応するためには、FA(Factory Automation)システムを構成する各FA機器単体の性能向上だけでなく、生産現場、製品開発部門、生産管理/品質管理部門及び販売・マーケティング部門間の迅速な情報連携を実現するためのシステム構築技術が必要である。

三菱電機は、これまでに最新技術を導入して、高性能か

つ使いやすい各種FA関連製品の開発を進めてきた。また、さらに、生産情報の見える化を実現するFAエネルギーソリューション“e&eco-F@ctory”を提唱してきた。

本稿では、e&eco-F@ctoryでのFA機器及びFAシステムに対する情報通信技術の適用動向について述べる。具体的には、基本性能を向上させるためにFA機器に適用される基盤技術の動向と、ユーザーの使い勝手向上(生産性向上)を実現する開発環境の最新基盤技術について述べる。

さらに、生産設備・装置のエネルギー情報と製造情報を関連付けて“見える化”することで、工場の無駄の削減を図るソリューション“e&eco-F@ctory”を支える基盤技術(データ収集及びデータ処理)について述べる。



FAシステムにおける情報通信技術の適用動向

FAエネルギーソリューション“e&eco-F@ctory”でのFAシステムは、生産設備、MES(Manufacturing Execution System)インタフェース、情報システムの3つの階層に分類される。生産設備及びMESインタフェースに対しては、FAコントローラ・ネットワーク・開発環境に対して情報通信技術を積極的に適用している。また、情報システム及びMESインタフェースに対してはデータ収集・処理技術に関する技術開発を実施している。

1. ま え が き

当社が製品展開する各種FA機器(シーケンサ, 表示器(Human Machine Interface : HMI), モーションコントローラ, 数値制御装置(Computerized Numerical Control : CNC), サーボ, インバータ)及びそれらを用いたFAシステムには, 様々な情報通信技術が活用されている。

本稿では, FA機器及びFAシステムに対して活用されている情報通信技術に関する最新動向について述べる。

2. FA機器を支える基盤技術

この章では, シーケンサや数値制御装置などの各種FA機器を支えるFAコントローラ, ネットワーク, 開発環境について, 情報通信技術の適用動向を述べる。

2.1 FAコントローラ

FA機器, 特に機械装置の動きを制御するモーションコントローラやCNCなどのFAコントローラは, 機械装置の動作を計算するマイクロプロセッサ, 制御プログラムを格納するメモリ, 機械装置への指示を伝えるネットワーク, メモリやネットワークとマイクロプロセッサをつなぐチップセットで構成されている。

マイクロプロセッサは, 図1に示すように, 1971年の世界初の商用マイクロプロセッサ以降, 半導体の集積度向上とアーキテクチャの進展で, 2000年代前半まで, 年率20~50%で動作周波数を向上させてきた。動作周波数の増大に伴い消費電力と発熱が増大し, 動作周波数の増大による従来の性能向上策が困難となり, パソコン用プロセッサでは約4GHz, 組み込み用プロセッサでは約2GHzで頭打ちとなっている。2000年代後半からは, 8~16コアに拡張したマルチコア化が進んでおり, さらに, 2010年代からはマイクロプロセッサとチップセットを統合し, 1つの半導体チップ上に必要とされる一連の機能を集積したSoC(System on Chip)の成長が著しい。

また, DRAM(Dynamic Random Access Memory)に代表されるメモリは, 1970年代の1Kビット/チップから

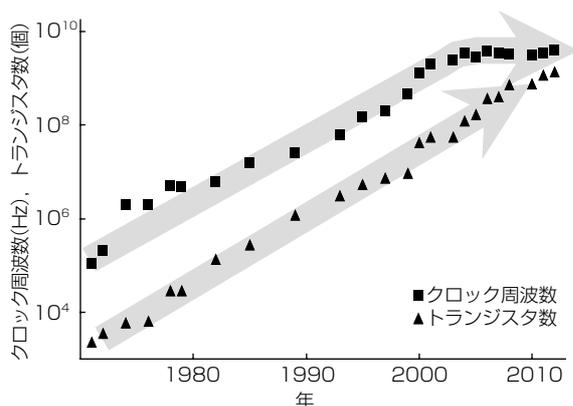


図1. マイクロプロセッサのクロック周波数とトランジスタ数の推移

2012年には16Gビット/チップへと容量は大幅に拡大し, スループット性能はEDO(Extended Data Out), SDR(Single Data Rate), DDR(Double Data Rate), DDR2, DDR3と世代が進むことで数百倍に達した。

DDR以降, メモリは3~5年で2倍のスループット向上を実現しているが, DRAMのレイテンシ性能は, 2倍と伸びが小さいため, メモリへのアクセスがシステム性能のボトルネックとなるメモリウォール問題の主因となった。しかしながら, この問題は, LSIの集積度向上を利用し, キャッシュメモリをマイクロプロセッサに内蔵することによって, 緩和することができるようになっている。

一方, モーション制御では, FAコントローラとサーボモータ間の高速化が進み, 現在では5.6Mbps⇒50Mbps⇒150Mbpsと当初の30倍となっている。これによって, サーボモータとの指令通信周期が, 0.88ms⇒0.44ms⇒0.22msと高速化でき, 機械装置のよりスムーズな制御を可能とした。

指令通信周期の高速化に伴い, FAコントローラには, より高速なりリアルタイム性能が求められている。これを実現するためには, マイクロプロセッサ性能, メモリアクセス性能, キャッシュメモリ, ネットワーク通信性能の向上が必要となるが, FAコントローラは, これらの構成要素と制御ソフトウェアが協調動作しており, システム性能向上のためには, それらを総合的に捉えた最適化が必要となる。

中でも, CNCコントローラは, 制御ソフトウェアが膨大かつ複雑であり, ラダープロセッサや異種マルチCPUを含むなど, システム全体の性能解析も課題であった。

それらの課題に対し当社では, 命令レベルシミュレーション技法を用い, 数ギガ命令に及ぶハードウェアとソフトウェアの挙動を高速に解析できる性能評価シミュレータを開発し, FAコントローラ開発に適用して最適構成を事前評価している。

2.2 ネットワーク

工場内で用いられるFA用ネットワークは, 通常, 次の3つに分類される⁽¹⁾。

(1) 情報ネットワーク

生産現場と生産管理用情報システム(情報系)を連携するためのネットワークである。製造スケジューリングや作業指示, 製造実績の収集・管理, 製造プロセスの状況監視, 工程の進捗管理等のために使用される。

(2) コントローラ間ネットワーク

工場内の装置又は各工程の制御を実行するシーケンサやロボット, CNC, 産業用パソコン等のコントローラを接続するネットワークである。製造工程や製造装置間での作業連携・作業同期を行うためのデータ交換に利用される。当社製品としては, “CC-Link IEコントローラネットワーク”, “MELSECNET/H”などがある。

(3) フィールドネットワーク

コントローラと温度調節器・バルブ・IDセンサといった各種I/O機器を接続するためのネットワークである。I/O機器のON/OFF制御などを省配線を実現するために利用される。当社製品としては、“CC-Link”、“CC-Link IEフィールド”、“モーション用SSCNET(Servo System Controller-NETwork)”、“センサネットワークAnywire^(注1)”等がある。

情報系システムとの親和性があることや、データに求められる時間制約(リアルタイム性)が厳しくないことなどの理由によって、情報ネットワークには、IT機器と同様にイーサネット^(注2)(及びTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol))が用いられることが多い。

一方、これまで独自規格の採用が多かったコントローラ間ネットワーク及びフィールドネットワークに対しても、イーサネットの利用が進みつつある。これは、加工組立制御の高度化によって制御用データ(リアルタイムデータ)の通信量が拡大していることに加え、品質トレーサビリティ強化の流れを受けて、メッセージデータ(非リアルタイムデータ)の通信量拡大に対する要望が大きくなっていることが理由である。

これを受けて、当社では、既に高速大容量のコントローラネットワークであるCC-Link IEコントローラネットワーク及び同フィールドネットワークを開発し、当社が代表幹事を務めるCC-Link協会を通してオープン化して、対応製品の品ぞろえを進めている。

CC-Link IEコントローラネットワークは、1 Gbps光二重ループによる高速・大容量・高信頼性を特長とするネットワークである。一方、CC-Link IEフィールドネットワークは、コントローラネットワークの高速・大容量・高信頼性を継承しつつ、メタルケーブルの採用や接続トポロジーの柔軟性(リング、スター、ライン及びそれらの混在が可能)を持たせることでより現場での使用容易性(easy-to-use)を追求したネットワークとなっている。

CC-Link IEコントローラネットワークと同フィールドネットワークの1 Gbpsという高速・大容量性によって、トレーサビリティ強化による高品質な生産の実現や、大量の機器を一箇所から設定・モニタ・診断することが可能となるため、工場の立ち上げ・運用・保守を円滑に実現することができる。

2011年には、これまでのI/O制御に加えて円弧補間や同期運転(カム制御)等の複雑なモーション制御を同一のネットワークで実現するためにCC-Link IEフィールドネットワークモーション機能を開発し、対応製品(シンプルモーション及びサーボアンプ)の開発を完了した。これによって、システムに必要な機能を1つのネットワークに統合することが可能となり、省配線・省ユニットによるコスト低減が可能となった。

また、近年では、生産管理用の情報システムとの連携を強化し、生産量の変動や生産品種の変更に柔軟に対応できる生産システムを構築するために、生産現場で発生する生産関連情報(生産個数など)を迅速に生産管理用情報システムに反映させる必要がでてきている。

当社では、3章で述べるシームレス通信プロトコルを用いることで、これに対応しており、ユーザーは、このシームレス通信プロトコルを用いることで、利用しているネットワークの種類に関係なく情報系と制御系を連携させた生産システムを構築可能である。

(注1) AnyWireは、(株)エニワイヤの登録商標である。

(注2) イーサネットは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

2.3 開発環境

工場の生産現場では、各種FA機器が先に述べたFAネットワークに接続されて利用されている。通常、これらのFA機器を生産現場で使用する際には、工場の状況や制御要件に対応してFA機器が正しく動作するためのパラメータを設定する必要がある。

従来は、FA機器ごとに機器ベンダーがパラメータ設定やモニタリングを行うエンジニアリングツールを個別に開発し、ユーザーに提供していた。しかし、FA機器の新機種追加に応じてエンジニアリングツールを再開発する際のコストが各ベンダーで問題になるとともに、ユーザーにとっても、FA機器のベンダーや機種ごとに操作性の異なるツールを使い分ける必要が生じ、教育コストの増大や操作ミスが増大につながる可能性があった。

これらの問題を解決するため、各種FA機器のエンジニアリングに関わる情報を共通フォーマットでデータ化するプロファイル技術が開発されてきた⁽²⁾。

プロファイル技術では、エンジニアリングツールの機能実現に必要なFA機器の仕様(入出力デバイスの情報やパラメータに関わる情報を含む)や、FA機器が保持する情報へのネットワーク経路によるアクセスの方法・手順に関わる情報を共通フォーマットで規定する。

さらに、このようなプロファイルに基づいて動作するエンジニアリングツールを開発することによって、機器ベンダーは、新規にFA機器が追加された場合でも、そのFA機器のプロファイルのデータを提供するだけで、ユーザーに共通の操作性で、FA機器に対するパラメータ設定機能及びモニタ機能を利用してもらうことが可能となる(図2)。

プロファイル技術は、同一ベンダー内のFA機器の機能拡張に利用できるだけでなく、複数ベンダーで共通のフォーマットを利用することで、複数ベンダーのFA機器間でも同様な効果を実現することができる。そこで、当社では、この技術をCC-Link協会から公開し、CC-Link協会が規定する各種通信プロトコル(CC-Linkプロトコルファミリー)に接続する機器でも利用できるようにしている。

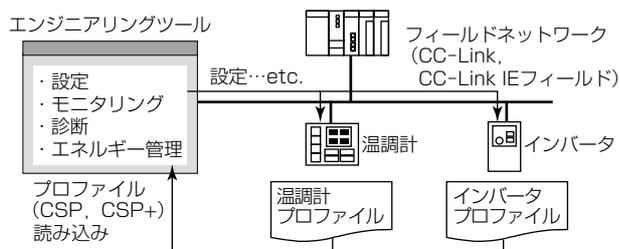


図2. エンジニアリングツールでのプロファイル利用

具体的には、CC-Link協会では、プロファイル技術を適用し、CC-LinkにつながるFA機器の情報を記述するための統一フォーマットとして、CSP(CC-Link family System Profile)、及びその拡張機能版CSP+を標準化している。FA機器ベンダーは、CSP又はCSP+に従って記述したプロファイルのデータを提供するだけで、エンジニアリングツールをCC-Linkプロトコルファミリーに接続する新しい機器に対応させることができる。

なお、ここで、CSP+は、従来のプロファイルフォーマットであるCSPに、FA機器の診断やエネルギー管理等の機能についても定義できるように拡張されたものである。これによって、各種FA機器の診断機能やエネルギー管理機能等の用途に応じたプロファイルが記述可能であり、ユーザーが用途に特化したレイアウトで専用画面を表示するエンジニアリングツールを利用できるようになる。また、CSP+ではCC-Link IEフィールドなどの多様化するプロトコルにも対応できるように拡張している。さらに、CSP+は記述にXML(eXtensible Markup Language)フォーマットを採用しているため、ツールベンダーは、汎用のXML処理用ライブラリを活用した開発が可能である。このように、プロファイル技術は、FA機器のエンジニアリングツールの開発容易性と使用容易性に大きく貢献している。

3. e&eco-F@ctoryを支える基盤技術

e&eco-F@ctoryとは、当社が2003年から提唱したe-F@ctory(リアルタイムに生産情報を収集し現場情報を見える化することで改善の実行を支援するソリューション)をベースにしたFAエネルギーソリューションである。

この章では、e-F@ctory及びその発展形であるe&eco-F@ctoryの実現のための情報通信技術適用の最新動向について述べる。

3.1 データ収集技術

近年の製造業は、グローバルな競争に打ち勝つため、生産現場では更なる改善が求められている。またFEMS(Factory Energy Management System)への取組みも欠かすことができない課題となっている。

e&eco-F@ctoryは生産現場の“見える化”で生産性向上を実現するe-F@ctoryとエネルギーの“見える管理”で省エネルギーを支援するエコファクトリを融合したソリュー

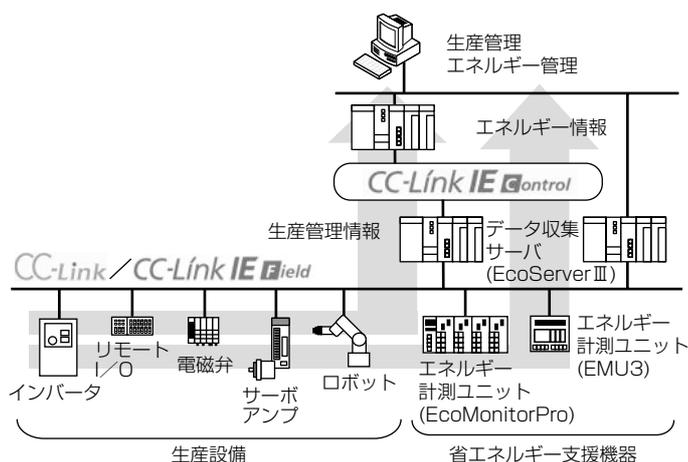


図3. 生産管理情報システムと生産現場の連携

ションである。

e&eco-F@ctoryでは最先端の制御技術とネットワーク技術を駆使して、生産数量や品質データと設備情報等の各種生産情報の“見える化”で生産性向上を実現し、使用電力量をきめ細かく計測する省エネルギー支援機器を核とした計測制御に電力の使用状況の“見える管理”を実現する。

したがって、e&eco-F@ctoryでは、生産管理情報の収集技術とエネルギー情報の収集技術の強化が重要な課題となる。当社及びCC-Link協会では、生産管理情報の収集技術として、シームレス通信プロトコル“SLMP(Seamless Message Protocol)”を制定した。SLMPは、生産現場をネットワークの階層や境界を意識させずにフラットなネットワークとして見せ、各種FA機器から生産管理情報を共通な方法でアクセス可能とする通信プロトコルである。

また、2012年にはFA機器や生産システムの消費エネルギーの監視や省エネルギー制御を行うことができるCC-Link及びCC-Link IEエネルギー管理通信機能を制定した。エネルギー管理通信機能は、電力、電流、電圧等エネルギー使用状態の監視と、機器に対して消費エネルギー制御の指示を出すことができるプロトコルでありSLMPを用いて通信する(図3)。

今後は、見える化に必要な生産現場の情報量や情報種別が増えていくことに備え、生産関連情報の大容量化、多様化への対応が必要である。

3.2 データ処理技術

一方、収集したデータをいかに効率的に処理するかということが今後非常に重要な課題となると考えられる。既に情報通信技術の分野では、センサや機器のネットワーク化に伴い、センサや機器から生成される大量のデータを収集・分析することで有用な知識の発見を目指すビッグデータ処理への注目が高まっている。

インターネットの普及を背景に、アクセス可能なデジタルデータは急速に大規模化を続けており、その現象は情報爆発と称され、情報の管理コストや検索の困難さの増大に対する懸念とともに語られることが多かった。一方、その

後登場したビッグデータという語は、うまく活用することで情報を宝の山に変えられるというようなポジティブなイメージを伴っている。

この意識の変化の背景には、GoogleやAmazonといった代表的なWebサービス事業者が開発した大規模データの管理・処理技術の一端を、オープンソースソフトウェアやクラウドコンピューティングサービスを通じて誰でも利用できるようになったことが挙げられる。

ビッグデータ処理の対象は、これまでWeb上のコンテンツやそのアクセスログなど、人間の活動に起因するものが中心であったが、今後はセンサや機器から生成されるデータが重要になると考えられている。

これによって、データの生成源(センサや機器)は500億規模となり、ユーザー端末全体である50億台に対して10倍に増加する見込みである。また、ビッグデータを特徴付けるものとして、データ量以外にも、データの多様性(形式や内容)、及びデータの生成・処理速度が挙げられる⁽³⁾。

これらの500億の情報源からのデータを一事業者が収集・分析することはないとしても、従来独立に管理されてきたデータの突き合わせや、データ監視の高頻度化によって新たな知識の抽出を図るなど、データ処理には新たなアプローチが必要になると予想される。

例えば、Web情報では、背後にある人間の意図を個々のテキストから分析することは困難であったのに対し、多数のWebページ間のリンク関係からWebページ内容の有用性・信憑(しんぴょう)性を数値化するPageRankアルゴリズムや、大量の文例から語の意味を特定する機械学習アプローチなどの大量データを有効活用する手法の実現がブレークスルーにつながった。

これに対してセンサ・機器データに対しては、特徴的なパターンの抽出が鍵になると考えられているが、データの大規模化・高頻度化が特徴抽出精度の飛躍的な向上をもたらすかどうかは必ずしも明確でなく、アプリケーションによってはビッグデータへの備えが過剰投資に終わる可能性も指摘されている。そのため、応用分野と統計解析手法の双方に通じた、いわゆるデータサイエンティストがアルゴリズムの開発と分析に当たることが必要とされている。

ビッグデータ処理によるアプリケーションには、収集したデータに基づく見える化を始め、収集したデータと蓄積データを組み合わせた分析の結果を示す予測やリコメンデーション、大規模な蓄積データ全体を分析する最適化等が考えられる。

他分野では、例えば、米国で、車両位置管理を中心にM2M(Machine-to-Machine)が発達しており、収集・蓄積した運転ルート情報と現在位置に基づいて近未来の目的地を予測し、最適ルートを案内する取組み⁽⁴⁾などが行われている。また、小売店で買物客が商品に手を伸ばす動きをモ

ーションセンサによって解析し、商品配置の最適化やリアルタイム広告に反映するサービスを展開している企業もある⁽⁵⁾。国内では、自動車の走行データに基づく災害時通行実績マップの自動生成⁽⁶⁾や、橋梁(きょうりょう)に取り付けたセンサによる歪(ひず)み監視、農場に設置したセンサによる農作物生育状況や気象条件の見える化等の取組みが知られている。

これに対して、製造現場に関連するビッグデータ処理としては、エネルギー管理における見える化、デマンド予測、ピークシフト最適化、等が挙げられる。また、FAシステムのデータを対象とする分析によって、故障予測や最適化に取り組むことも考えられる。

なお、小規模なデータを対象とするシステムでも、ビッグデータ処理基盤に用いられる分散ストレージ技術やイベント処理技術を適用することで、高い信頼性や応答性を低コストで実現可能となる。データ処理技術では、ビッグデータをキーワードとする基盤技術の進化・世代交代と、分析アルゴリズムの高度化によるデータ価値抽出の両面を注視していく必要がある。

4. む す び

FA機器及びFAシステムに用いられている情報通信技術の最新動向について述べた。

今後、FA機器及びそれらを活用したFAシステムにおける情報通信技術の役割は一層重要になると予想される。当社は、今後も積極的に情報通信技術を活用し、より高性能で使いやすい製品の研究・開発・製造を行っていく。

参 考 文 献

- (1) 内藤辰彦, ほか編: 産業用イーサネット入門, CQ出版 (2009)
- (2) 松田三知子, ほか: 生産ソフトウェアツールのプロファイリングと共有化, 年次大会講演論文集, JSME annual meeting 2002(5), 377~378 (2002)
- (3) Gartner, Inc.: Gartner Says Solving 'Big Data' Challenge Involves More Than Just Managing Volumes of Data (2011)
<http://www.gartner.com/newsroom/id/1731916>
- (4) Google, Inc.: Google Prediction API helps all apps to adapt and learn (2011)
<http://googlecode.blogspot.jp/2011/05/google-prediction-api-helps-all-apps-to.html>
- (5) Shopperception: Shopper behavior analytics for the retail industry (2011)
<http://www.shopperception.com/>
- (6) 本田技研工業: 被災地の通行実績情報マップをGoogleと提供 (2011)
<http://www.honda.co.jp/news/2011/4110315a.html>