



藤田正弘\*

# e-F@ctoryを支える最新のFA技術

Latest Factory Automation Technologies for e-F@ctory

Masahiro Fujita

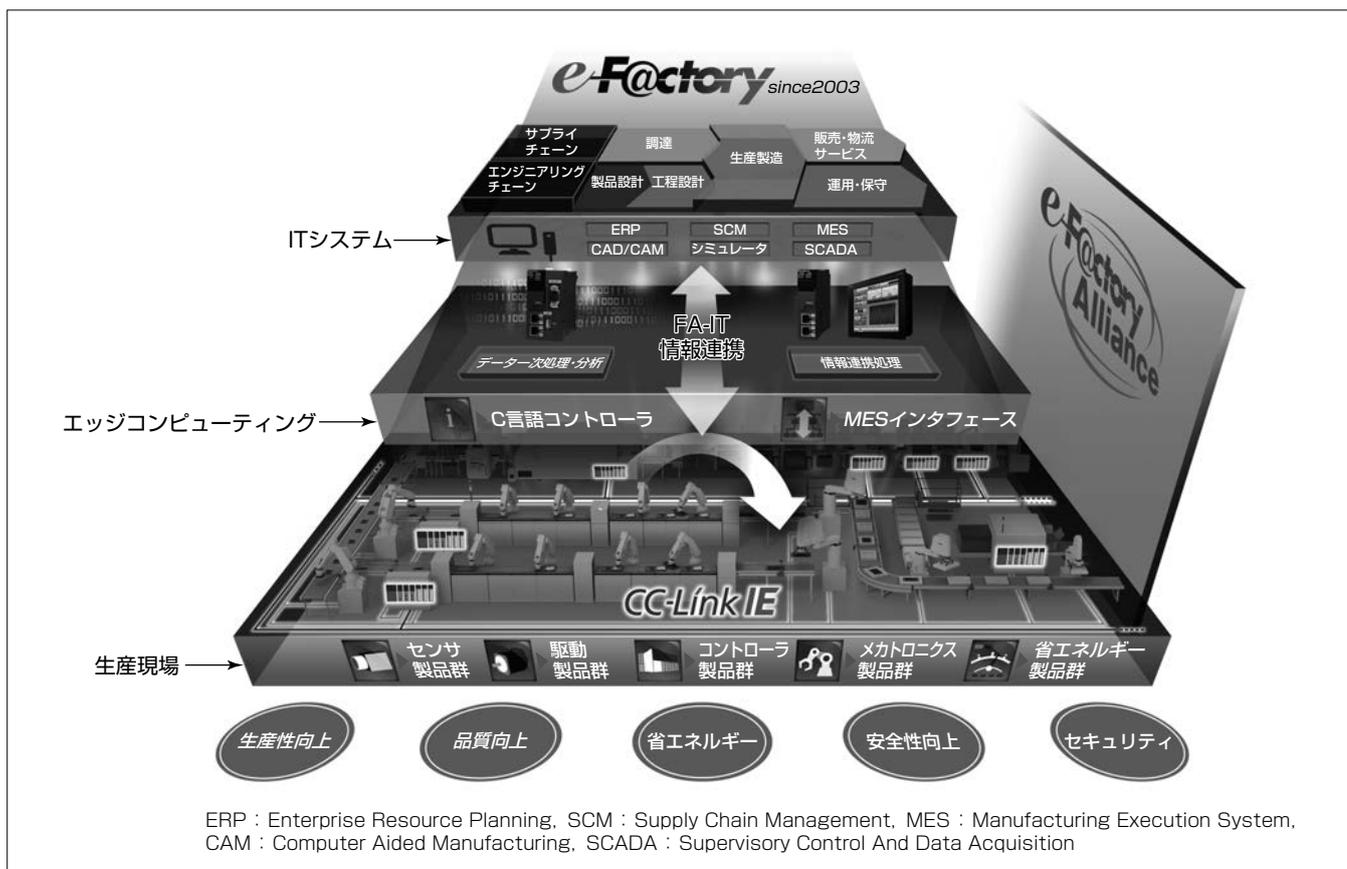
## 要旨

近年、ものづくりでは製品ニーズの多様化によって、生産性向上に加えて製造を行う現場の柔軟な対応が重要になってきている。こうした製造業を取り巻く環境の変化の中、競争に勝ち残るためには、迅速で適切な経営判断が必要になる。そのためにはIT技術の利用やIoT(Internet of Things)によるデータ活用が欠かせない。

2003年から三菱電機が提唱してきたFA統合ソリューション“e-F@ctory”で、開発・生産・保守の全般にわたるトータルコスト削減を図ることを最大のコンセプトに、高度な技術の利用と情報の活用によって工場の最適化を図ることで、一歩先のものづくりを実現してきた。e-F@ctoryでは、生産現場とITシステムとの間の情報連携を担う

FA-IT情報連携機器と、センサレベルからITシステムレベルまでをシームレスに接続するネットワークによって生産システムを構築できる。FA-IT情報連携機器では、データの収集・分析や改善を生産現場側で集約して実施するエッジコンピューティングを実現し、収集データをリアルタイムに分析して現場への改善のフィードバックを行うことで無駄を最小限にすることができる。

当社は、e-F@ctoryによるものづくり現場のソリューションを実現するため、コントローラ、駆動制御機器、メカトロニクス機器、FA-IT情報連携機器、ネットワーク等のFA製品を提供している。



## FA統合ソリューションe-F@ctory

現場を起点とした経営改善を目指して、“人・機械・ITの協調”によるフレキシブルなものづくりに対応することによって、サプライチェーン・エンジニアリングチェーン全体にわたるトータルコストを削減し、一歩先のものづくりを支援して企業のTCO(Total Cost of Ownership)削減、企業価値向上を支援する。また、エッジコンピューティングによってFAとITを連携させることで、生産現場のデータの収集と分析を簡単に実現し、ものづくり全体の最適化を支援する。

## 1. ま え が き

製造業では、エンドユーザーの製品に対するニーズが多様化してきており、製造メーカーでは変種変量生産などによって、生産に対して柔軟な対応が必要になってきている。また、そうした中で製品の品質向上や設備稼働率を向上させる予防保全などのために現場から収集したデータを活用する取組みが盛んに行われるようになってきている。こうした対応が求められるものづくりの現場では、生産現場のデータを最大限に活用することが重要である。

これまでも当社では、FA統合ソリューションe-F@ctoryのコンセプトを掲げ、開発・生産・保守の全般にわたってトータルでのコスト削減を図るために、FA技術と高度なIT技術を連携させ、データを活用した工場の最適化を図ってきた。当社はe-F@ctoryのコンセプトを適用するための各種FA製品を提供している<sup>(1)</sup>。

本稿では、ものづくりの現場でトータルコストを削減するe-F@ctoryとそれらを支えるFA製品の最新の技術について述べる。

## 2. FA統合ソリューションe-F@ctory

FA統合ソリューションe-F@ctoryは、当社が2003年から提唱しているコンセプトである。e-F@ctoryのコンセプトでは、FA技術とIT技術を利用することで開発から保守に至るまでのバリューチェーン全体でのコストを削減し、顧客の生産性改善活動を継続して支援するとともに、一步先のものづくりを指向するソリューションを実現できる。

IoTの進展によって、製造分野でもますますネットワークに接続する機器が増え、機器から収集されるデータを活用した生産の最適化が求められる。これまでe-F@ctoryでは、生産現場とITシステムを連携させる製品群と、センサレベルからITシステムレベルまでをシームレスに接続するネットワークを提供し、生産現場の見える化、及び収集データの分析に基づいた改善を実現してきた。これによって製造分野で生産性向上、品質向上、省エネルギー、安全性向上、セキュリティに貢献し、ものづくりにおけるTCO削減を実現してきた。

## 3. e-F@ctoryを支える最新FA技術

IoTを活用したソリューションが重要になってきており、それに伴う現場データの増加に対応したエッジコンピューティングが必要になってきている。e-F@ctoryによるエッジコンピューティングと、生産を最適化するためのFA製品の最新の技術について述べる。

### 3.1 エッジコンピューティング

#### 3.1.1 FAとITの情報連携

従来、生産性向上や品質向上などの課題解決には、熟練

技術者の経験や勘に頼る部分が多かったが、現在ではIT技術を利用して生産現場のデータを活用することで、これらの課題解決が容易になってきている。しかし、今後、IoTの活用が進展し、センサや多くの制御機器から収集されるデータの量が大幅に増加してくると、現場のデータを全てサーバ上のITシステムで分析しては、データ通信の処理量が多くなり、効率が悪くなる。現場で収集されたデータを分析して改善のフィードバックをリアルタイムに行うことで、生産現場の無駄を最小限にすることができる。そのためには、データの収集・分析及び改善は、可能な限り現場で実施し、ITシステムを利用する場合でも現場でデータの一次処理を行い、ITシステムが必要なデータだけを渡すようにすることが重要になる。

#### 3.1.2 FA-IT情報連携機器

生産現場とITシステムとの間の情報連携を行う機器として、当社はC言語コントローラ、MESインタフェースユニット、高速データロガーユニット等のFA-IT情報連携機器を提供している。C言語コントローラは、C/C++言語によるプログラムの開発によって、制御、情報処理、上位通信処理が可能である。MESインタフェースユニットは、MESなどのITシステムのデータベースと生産現場とを簡単に接続し、設定用のソフトウェアで必要なデータを指定するだけでプログラムレスで通信できる。高速データロガーユニットは、各種の測定データを直接収集し、高速・簡単・低コストで正確なデータロギングを実現できる。

FA-IT情報連携機器を活用したエッジコンピューティングによってFAとITを連携させることで、データの収集と分析を生産現場側で簡単に実現し、生産性向上や品質向上を含めたものづくり全体の最適化が可能になる。また、FAシステムにおけるIoT化を簡単に実現することができる。

図1は、FA-IT情報連携機器で実現したエッジコン

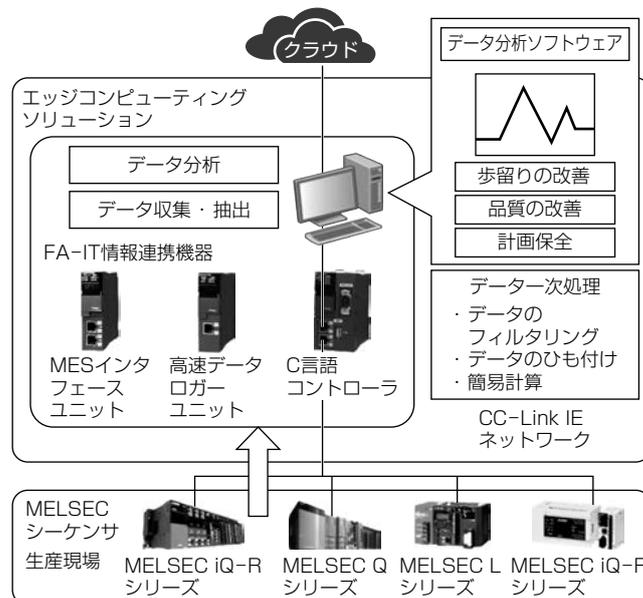


図1. FA-IT情報連携機器によるエッジコンピューティング

ピューティングの活用例である。生産現場から収集した膨大なデータは、FA-IT情報連携機器で、データ分析に必要なデータにフィルタリングされる。FA-IT情報連携機器では、複数データのひも付けや時系列での並べ替えのような簡易計算等の一次処理も行い、データ分析を容易化する。また、生産現場のノウハウが含まれたデータを外部に出さず、エッジコンピューティングによって一次処理してデータ分析ソフトウェアに渡すことで、生産現場のノウハウ流出のリスクが軽減される。

3.2 “iQ Platform”の最新技術

e-F@ctoryを支えるFA制御機器の中核をなすのが、FA統合プラットフォームiQ Platformである。iQ Platformを構成するコントローラ、それらをつなぐネットワーク及びエンジニアリング環境の最新技術について述べる。

3.2.1 コントローラの最新技術

FAコントローラは、生産現場の搬送、組立て、加工などのあらゆる製造設備に使用されている。iQ Platformでは、“MELSEC iQ-Rシリーズ”シーケンサ、モーションコントローラを中心に、“GOT2000シリーズ”のHMI(Human Machine Interface)などを1つのプラットフォームで接続し、シーケンス制御やモーション制御などの多様な制御処理を実行でき、柔軟なシステム構成が可能である<sup>(2)</sup>。

MELSEC iQ-Rシリーズでは、シーケンス制御とプロセス制御を可能にするプロセスCPUに二重化機能を付加したMELSEC iQ-Rシリーズ二重化システムを新たに追加した(図2)。従来の“Qシリーズ”二重化システムと比べ、シングルポイント削減(トラッキングケーブル等の二重化対応)による冗長機能強化及び大容量化(プログラム容量5倍、トラッキング容量10倍)によって、FA・PA(Process Automation)分野で更なる高信頼・大規模システムの構築が可能になった。

3.2.2 FA統合ネットワーク

e-F@ctoryを支えるFA統合ネットワークとして、センサレベルのネットワークから、フィールドネットワークのCC-Link IEフィールドネットワーク、フィールドネットワークを束ねる基幹ネットワークのCC-Link IEコントロールネットワークまで幅広く提供している。これらのネットワークは、上位のITシステムからフィールド機器やセンサのレベルまで統合し、シームレスなアクセスを実現している。さらに、小規模設備でもIoT化できるように



図2. MELSEC iQ-Rシリーズ二重化システム

したCC-Link IEフィールドネットワークBasicでは、汎用Ethernet<sup>(注1)</sup>を活用して制御系のサイクリック通信と情報系のTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)通信を混在させることができる(図3)。上位のITシステムから生産現場の機器まで、汎用Ethernetのネットワーク配線だけで接続できるようになり、低コスト化を実現することができる。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。

3.2.3 FAエンジニアリング環境

FA統合エンジニアリング環境“MELSOFT iQ Works”は、システム管理ソフトウェアである“Navigator”を核に、シーケンサ、モーションコントローラ、GOT(Graphic Operation Terminal)、ロボットなどのエンジニアリング環境を統合したソフトウェアである。システム設計、制御プログラミングに加えて、FAシステムの運用・保守に至るまで、あらゆるフェーズで有用である(図4)。MELSOFT iQ Worksでは、ネットワークの設定・診断のほか、関連する全ての制御プログラムで共通に使用できるシステムラベルによるデータ連携が可能である。これによって現場データを見える化するシステムを簡単に構築できる。

FA-IT情報連携製品のMESインタフェースユニットの設定ツールでは、ウィザード形式で必要項目を設定するだけでSQL(Structured Query Language)文を自動的に生成するので、SQL等のITの知識がなくてもプログラムレスで簡単に設定して使用できる(図5)。また、C言語コントローラのエンジニアリング環境“CW Workbench”は、プログラミングからデバッグまでの基本機能を備え、シーケンサ等とデータ連携するアプリケーションを容易に開発できる。

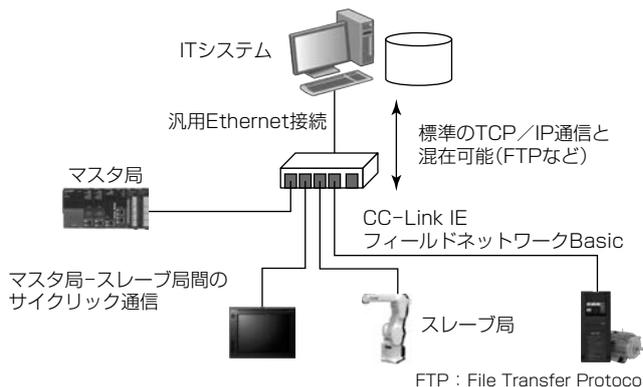


図3. CC-Link IEフィールドネットワークBasic



図4. FA統合エンジニアリング環境MELSOFT iQ Works



図5. MESインターフェースユニットのプログラムレス設定画面

### 3.3 駆動制御機器の最新技術

当社では、工作機械や搬送機等の産業機械に用いられる駆動制御機器を製品展開しており、顧客の幅広いニーズに応えるための製品開発を進めている。この節では、サーボシステム、CNC(数値制御装置)、ロボット、メカトロニクス製品に関する最新技術について述べる。

#### 3.3.1 サーボシステムの最新技術

サーボシステムは、様々な産業用機械の駆動に用いられている。CC-Link IEフィールドネットワーク対応サーボシステムを例に、e-F@ctoryを支える最新技術について述べる。

CC-Link IEフィールドネットワークは、モーション制御に必要な同期性とEthernetの汎用性を両立させ、様々なフィールド機器を接続して多彩なシステムを容易に構成できる。ACサーボアンプ“MR-J4-GF”は、“MR-J4シリーズ”の基本機能を継承しながらCC-Link IEフィールドネットワークに対応している。サーボアンプをモーションモードで動作させ、シンプルモーションユニット“RD77GF”と組み合わせることで、複数軸の補間などの位置決め、同期制御、速度・トルク制御などの高度なモーション制御が可能である。また、シンプルモーションユニットだけでなくCC-Link IE内蔵シーケンサCPUユニットでも駆動できるI/Oモードでは、内蔵したポイントテーブルや簡易カム機能を用いた位置決め制御を行うことができ、柔軟なシステム構成が可能である(図6)。

これらのプログラミングにはファンクションブロック(FB)を利用でき、例えば、PLCopen対応の汎用FBや、コンバーティング用(巻取り巻き出し、張力制御等)のようなアプリケーション特化型FBを利用することでユーザーのプログラミング工数削減に寄与する。

CC-Link IEフィールドネットワークを利用することで、上位コントローラによって製造ライン全体の状況を把握でき、サーボアンプの内部データから消費電力の解析や、装置の摩擦や振動成分の変化を監視することが可能になる。サーボアンプには機械の経年変化をサーボアンプ内で検知する故障警告機能が装備され、これまで装置ごとに作成していた定期診断プログラムや判定値設定作業を不要にしている(図7)。

#### 3.3.2 CNCの最新技術

工作機械を駆動制御するCNCは、国内外の製造ライン

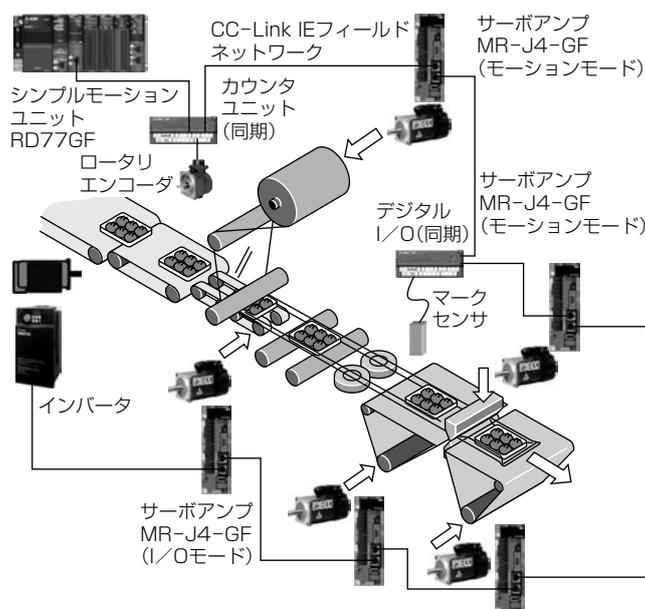


図6. システム構成例(包装ライン)

での部品の短納期化ニーズに応えるための生産性と拡張性の向上、機械故障によるダウンタイムを短縮するための保守性の向上、機能安全規格への対応を進めている。当社の製造ライン向け最新CNCである“C80シリーズ”(図8)を例に最新技術について述べる。

#### (1) 生産性の向上

CNC専用CPUの採用によって演算能力を向上(当社従来比約1.5倍)し、さらに、新規開発の高速システムバス(当社従来比約40倍)によって大容量データ通信を実現した。これらの性能向上によってタクトタイム短縮を実現し、顧客の製造ラインの生産性向上を支援する。

#### (2) 拡張性の向上

シーケンサCPUがユニットとして独立しているので、顧客のシステムに合わせてCPU選定が可能である。また、I/O制御やコントローラ間の分散制御のためのCC-Link IEフィールドネットワークに対応し、簡単にシステム拡張が行える。

#### (3) 保守性の向上

エンジニアリングツール“GX Works3”のシステム診断機能によってパソコンをシーケンサCPUユニットにUSB接続するだけで、CNCのCPUユニットを診断できる。また、表示器GOTのログビューア機能によってサンプリングデータを波形等で診断できる。

#### (4) グローバル基準の機能安全

CNC、ドライブユニット、I/O、検出器、通信までシステム全体の安全規格対応を大幅に強化し、“スマート安全監視機能”として各種の安全機能を備えている。

### 3.3.3 ロボットの最新技術

これまで自動化できなかった難易度の高い作業の自動化、省スペースでの自動化、多品種に対応した自動化を実現するため、ロボットを用いた知能化ソリューションの開発を進めている。バラ積み取り出し等のピッキング作業のため

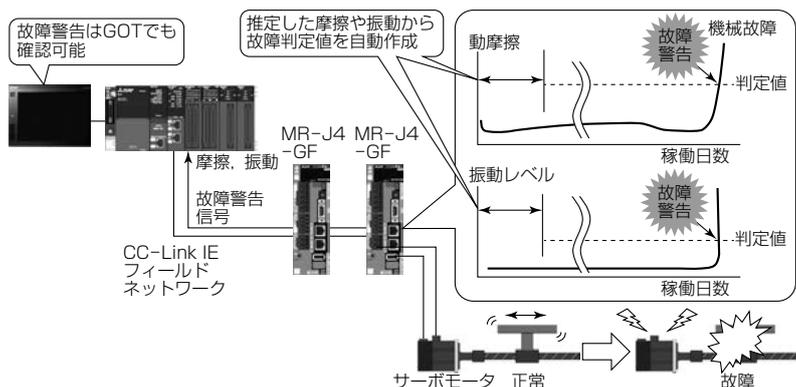


図7. MR-J4-GFの故障検知機能



図8. 製造ライン向けCNC最新機種C80シリーズ

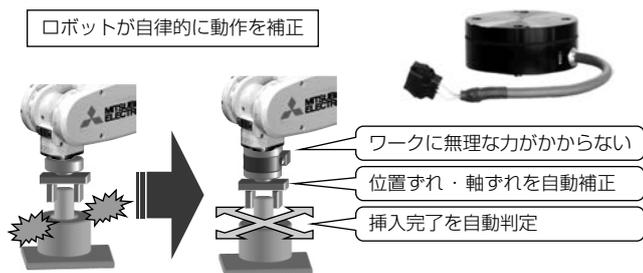


図9. 知能化ソリューションの例(力覚制御)

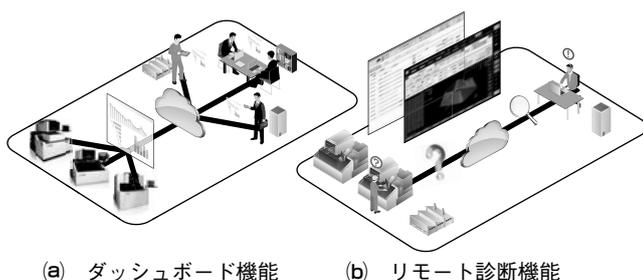


図10. iQ Care Remote4Uの機能

の三次元ビジョンセンサと認識処理技術、ロボット手首部に取り付ける3軸の力とモーメントを測定できる力覚センサの情報を活用する力覚制御機能、国際規格の要求に適合した安全ソリューション等を実現している。

力覚制御機能では、対象物やロボット自身に過大な力がかかることを防止しながらの挿入作業の実現、指定された力での押しつけ作業の実現のほか、部品ばらつきによる位置ずれの影響を自動的に補正できる。さらに、作業中の力覚センサの出力に基づく良否判定、接触位置の検出による教示支援など付加価値の高い作業を実現している(図9)。

こうした知能化ソリューションを用いたシステムの立ち上げ・調整の容易化のため、各種機能を活用したアプリケーションプログラムと立ち上げツールをセットにしたアプリケーションパッケージを提供している。力覚制御機能については、力覚応用とバリ取り・研磨の2つのパッケージがあり、力覚センサ情報を用いた同定結果に基づき、手先に作用する重力の影響の補正を行うことで、力覚制御中にロボット手先の姿勢が大きく変動するバリ取り用途でも高精度な力覚制御が可能である。

### 3.4 メカトロニクス製品の最新技術

e-F@ctoryによる一歩先のものづくりを実現するツールとして、加工機の生産性向上やランニングコスト低減、保守サービスの向上を実現する“iQ Care Remote4U”の提供を開始した。サービスの特長は次の2点である(図10)。

#### (1) ダッシュボード機能

市販のパソコンやスマートフォン、タブレットで、専用ソフトウェアなしに加工機の稼働情報や加工予測時間などをリアルタイムで確認可能とし、加工・稼働実績や電力・ガス消費量の収集・蓄積データに基づいた生産プロセスの改善やランニングコスト低減に貢献する。

#### (2) リモート診断機能

当社のサービスセンターに設置した端末から直接顧客の加工機の状態を遠隔診断して予防保全情報を提供し、故障時にも当社スタッフによる迅速な対応を可能とするとともに、サービスセンターからソフトウェアのバージョンアップや加工条件の変更も可能とし、保全性を向上させる。

## 4. むすび

e-F@ctoryを支える最新のFA技術として、FA-IT情報連携機器を含むコントローラ、ネットワーク、エンジニアリング環境、サーボシステム、CNC、ロボット、加工機などのFA製品に関わる最新技術について述べた。また、生産現場側でデータの収集・分析や改善を実施して無駄を最小限にするエッジコンピューティングについても述べた。ものづくりの変化に柔軟に対応できる生産システムを実現し、生産全体でのTCO削減に貢献するため、今後もe-F@ctoryを支える製品群の研究開発を行っていく。

### 参考文献

- (1) 中川路哲男：“e-F@ctory”を支えるFA機器の最新技術動向，三菱電機技報，90，No.4，210～214（2016）
- (2) 小山健一：FAコントローラ・駆動制御機器の最新技術動向，三菱電機技報，88，No.4，220～224（2014）