



中川路哲男\*

# “e-F@ctory”を支えるFA機器の最新技術動向

Latest Trends on Factory Automation Technologies for "e-F@ctory"

Tetsuo Nakakawaji

## 要 旨

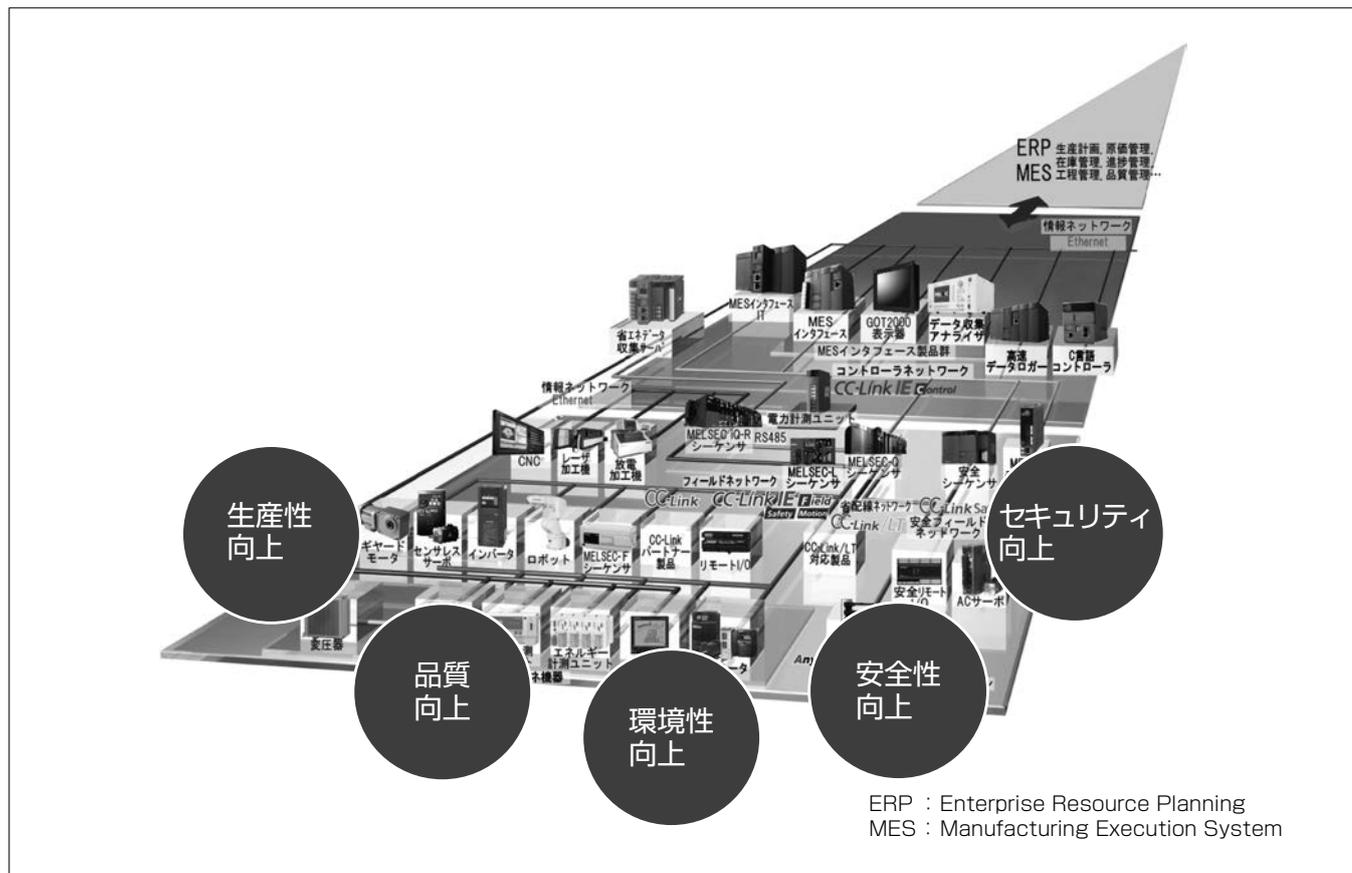
FA統合ソリューション“e-F@ctory”は、三菱電機が2003年に提唱して以来、FA技術とIT技術の活用によって開発・生産・保守全般のTCO(Total Cost of Ownership)を削減して企業価値向上を支援することを基本コンセプトとしてきた。

製造業を取り巻く環境は、継続的に変化している。近年は、多種多様なものをネットワーク化するというモノのインターネット(Internet of Things: IoT)が製造業に導入され、次世代のものづくりに向けた革新が始まっている。

このような変化に対して、e-F@ctoryによる生産現場の最適化で重要となる“見える化”を、“見える化<sup>3</sup>(キューブ) :

見える化、観える化、診える化”と“使える化”に進化させた。“みえる化<sup>3</sup>”と“使える化”で、“生産性”“品質”“環境性”“安全性”“セキュリティ”の向上を実現して、従来の基本コンセプトであるTCO削減と企業価値向上支援を強化する。

当社は、e-F@ctoryを支える製品として、FA制御機器では、FA統合コンセプトである“iQ Platform”で多様な制御を統合して生産現場での制御の統合強化を進めている。ネットワークでは、“CC-Link IE”で、エンジニアリング環境では“MELSOFT iQ Works”で統合強化を進めている。さらに、FA-IT情報連携製品群を用いて生産現場と情報システムの連携も可能にしている。



## 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に基づき、センサデバイスレベルから情報システムレベルまでをシームレスに連携させることで、生産現場の“見える化<sup>3</sup> : 見える化(可視化)、観える化(分析)、診える化(改善)”と“使える化”によって“生産性”“品質”“環境性”“安全性”“セキュリティ”の向上を実現して、TCO削減と企業価値の向上を支援する。

## 1. ま え が き

当社のFA統合ソリューションe-F@ctoryの提唱は、2003年から始まった。それ以来、生産現場の“見える化”の実現で“生産性”“安全性”“環境性”を向上し、企業のTCO削減、企業価値の向上を支援してきた。

製造業を取り巻く環境は、継続的に変化している。IoTというインターネットへの機器の接続といった概念が製造業に導入されることで、次世代のものづくりに向けた革新が始まっている。

IoTなどの変化に対応できる生産現場構築のため、当社FA制御機器では、FA統合コンセプトiQ Platformを中心にシーケンス制御、駆動制御、安全制御の統合強化を進めている。さらに、FA-IT情報連携製品群を用いて、生産現場と情報システムの連携も可能にしている。

## 2. FA統合ソリューションe-F@ctory

### 2.1 生産現場のみえる化<sup>3</sup>と使える化

e-F@ctoryの基本コンセプトは、工場最適化による開発・生産・保守の全般にわたる“TCO削減”である。生産現場の最適化実現のため、生産現場データをリアルタイムに収集し、そのデータをITシステムと連携して分析・解析し、結果を生産現場にフィードバックする。

基本コンセプトで提唱している“みえる化”は、可視化のための見える化、分析のための観える化、改善のための診える化の3つである。これを“みえる化<sup>3</sup>”と表現している。さらに、“みえる化<sup>3</sup>”したデータを生産現場で“使える化”する。“みえる化<sup>3</sup>”と“使える化”を合わせて、IoTによる次世代のものづくりに対応したe-F@ctory実現のポイントとしている。

### 2.2 生産現場からITシステムまでを統合

生産現場には、生産、品質等に関する様々なデータが存在する。これらのデータをみえる化<sup>3</sup>・使える化するには、各種センサ群、駆動製品群、コントローラ製品群等からリアルタイムにデータを収集する必要がある。

FA-IT情報連携製品群は、生産現場で収集したデータをITシステムに提供して、FA-IT情報連携を実現する。また、ITシステムと連携して分析・解析した結果を生産現場にフィードバックする(図1)。

このように、生産現場とITシステムを連携させることで、生産現場のデータを生産情報、品質情報、環境関連情報、安全関連情報として活用して、“生産性”“品質”“環境性”“安全性”“セキュリティ”を向上させる。

IoT技術の進展に伴い、生産現場を取り巻く環境が大きく変化しようとしている。今後、数多くのセンサや多様な機器がネットワークに接続されるようになると、機器が生

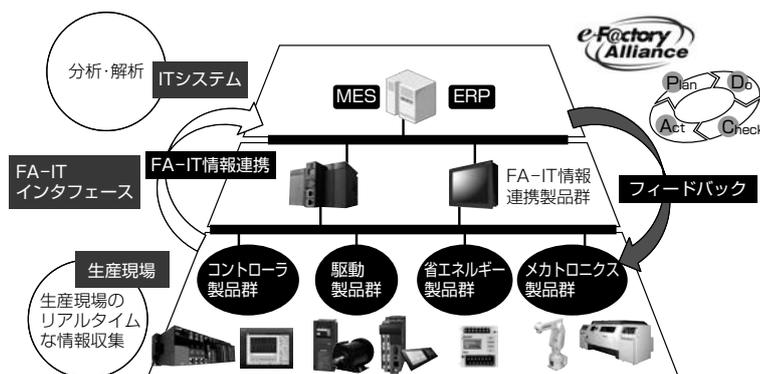


図1. FA-IT情報連携

成するデータ量が大幅に増加することが予想される。また、生産現場で生成されるデータには、現場知識を踏まえることではじめて意味や関係を理解できるものもある。

これまでは、生産現場でのデータ収集とITシステムでの解析という分担で情報を活用してきたが、現場でのデータ量が増加することで、これまでのように全てのデータをITシステムに渡して処理する方法では、データ通信とデータ処理の両面で処理量が増加するため効率が悪い。現場知識を有効活用して使える情報を生み出す上でも、全てのデータをITシステムで分析・解析するのではなく、生産現場で一次処理を進めることが今後重要になる。

## 3. e-F@ctoryを支えるFA機器の最新技術動向

### 3.1 FA統合プラットフォーム

FAコントローラは、製造設備の高度化・複雑化に対応するために機能・性能を向上して、搬送、組立、加工などのあらゆる製造設備に使用されている<sup>(1)</sup>。そのような多様な用途に対する要求に応えるのが、e-F@ctoryの基盤の1つであるFA統合コンセプトiQ Platformである。シーケンサ“MELSEC iQ-Rシリーズ”を中心に、HMI (Human Machine Interface)の“GOT2000シリーズ”などを接続して、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1つのプラットフォーム上で実行できる。

機能・性能の向上に加えて、近年生産現場で重要性を増していることの1つが、機能安全による安全システムの実現である。これまで安全リレー等で構築していた安全システムを、プログラマブルな安全シーケンサで実現するものである。MELSEC iQ-Rシリーズでは、シーケンス制御に加えて、新たに安全制御も1つのプラットフォーム上で実現可能である。これによって、シーケンス制御と安全制御を統合したシステム構成が可能となる。また、従来製品と比較して約1/3の安全応答性能を実現しており、応答性向上によって生産性が改善される。プログラム容量も約3倍となり、高度な安全制御も可能となった(図2)。

今後も、CNC(Computer Numerical Control)制御やロボッ

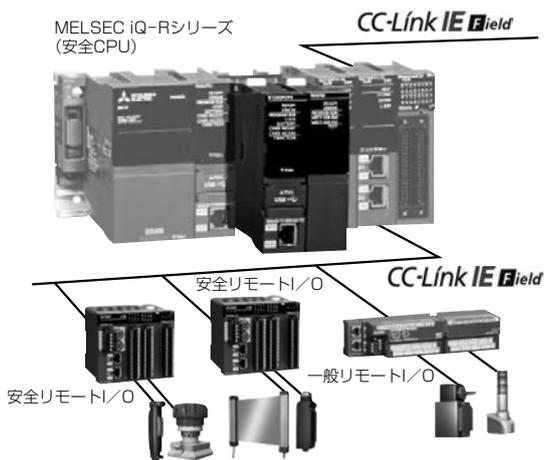


図2. MELSEC iQ-Rシリーズの安全CPU

ト制御など、制御機能の充実化を進めて、製造設備の多様な用途に対応するためのプラットフォームを拡充していく。

### 3.2 ネットワーク

IoTは、モノのインターネット接続であり、機器間で通信を行ってデータ収集することが必須となる。また、ITシステムと生産現場の融合は今後も強力に進んでいくと見込まれ、こちらもデータ通信と収集が必須となる。

これまで、e-F@ctoryコンセプトでは生産現場とITシステムの連携を重視して、それを実現する要素としてネットワークを重要な要素と位置付けてきた。機器のインターネットへの接続でデータが増加することによってこれまで以上にデータ連携を行うことになる生産現場では、ネットワークが更に重要な位置付けとなる。

Ethernet<sup>(注1)</sup>ベースオープンネットワークである“CC-Link IEファミリー”は、1 Gbpsの高速・大容量ネットワークである。生産現場のコントローラ、各種フィールドデバイスを接続して制御通信を行うと同時に、1 Gbpsという広帯域を活用した情報通信用途にも使用できる制御ネットワークである。CC-Link IEフィールドネットワークは、コントローラの分散制御、I/O制御、モーション制御に加えて、安全制御も可能なネットワークである(図3)。この特長を活用したシステム構築を可能にするため、CC-Link IE対応製品の拡充を進めている。CC-Link IE内蔵のMELSEC iQ-Rシーケンサを始めとして、サーボAMP“MELSERVO J4”やインバータ“FREQROL A800”，MELSEC iQ-Rのシンプルモーションユニットといった駆動製品、HMIであるGOT2000をCC-Link IE対応製品として追加した。

e-F@ctoryを実現するためのネットワークとして、ほかに、サーボシステムネットワークである“SSCNET III/H”，センサとコントローラを接続する“AnyWireASLINK”などがある。これらのネットワークを用いて、生産現場の様々なセンサ、駆動機器、コントローラから、生産管理や工程管理といったITシステムまでをシームレスに接続したシ

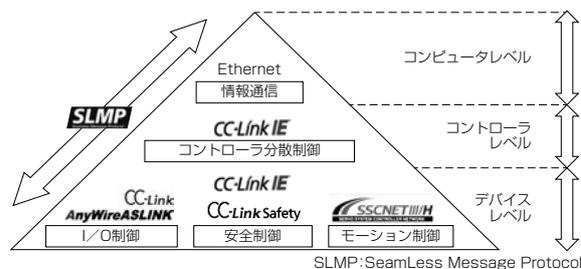


図3. FAネットワーク

ステムを構築可能である。

シームレスな連携を実現するための通信プロトコルは、ネットワークの階層や境界を意識せずに通信することを目的としたSLMPである。SLMPを用いることで、FAコントローラやセンサを始めとするフィールドデバイスに共通プロトコルでアクセスできる。これによって、統一した方法で機器のパラメータ設定や保全情報の収集等を行うことができる。(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

### 3.3 エンジニアリング環境

生産現場では、シーケンサ、モーションコントローラ、HMIなどを接続して制御システムを構成して、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行う。当社は、e-F@ctory実現のためのエンジニアリング環境として、システム管理を行う“Navigator”を核に、シーケンサ用の“GX Works”，モーションコントローラ用の“MT Works”，HMI用の“GT Works”等の各種機器のエンジニアリングツールを統合したエンジニアリング環境“MELSOFT iQ Works”を提供している。MELSOFT iQ Worksを使用して、各種制御機器で実行する制御処理のプログラミングやパラメータの設定、HMIの画面設計などのエンジニアリングを1つの環境で行うことができる(図4)。

MELSEC iQ-Rシリーズでは、シーケンス制御に加えて、新たに安全制御も1つのプラットフォーム上で実現して、シーケンス制御と安全制御を統合したシステム構成が可能である。GX Worksでは、これまでのシーケンス制御プログラムに加えて、安全制御プログラムも1つのプロジェクトとして統合管理できる。また、機器のネットワーク設定等の各種機能を、シーケンス制御機器と安全制御機器に対して同一の環境で行うことができる(図5)。

GX Worksでは、1つのパッケージで日本語、英語、中国語等の各種言語に対応している。グローバル化が進む製造業で世界各地に生産拠点を持つ企業では、海外拠点の現場でメンテナンスする際、作業員が表示を母国語に切り換えることで作業が容易になる(図6)。

### 3.4 駆動機器

e-F@ctoryを実現する製品群の1つとして、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いる。高速性能、高精度性能といった基本性能向上のほか、顧客ニーズに応えるための製品開発を進めている。

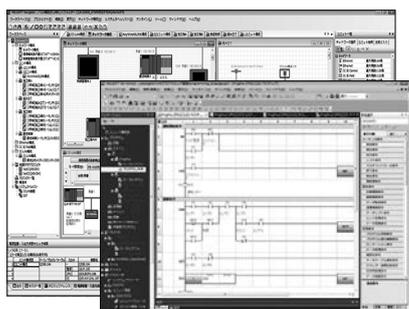


図4. エンジニアリング環境MELSOFT iQ Works



図5. 統合された安全システムのパラメータ設定画面

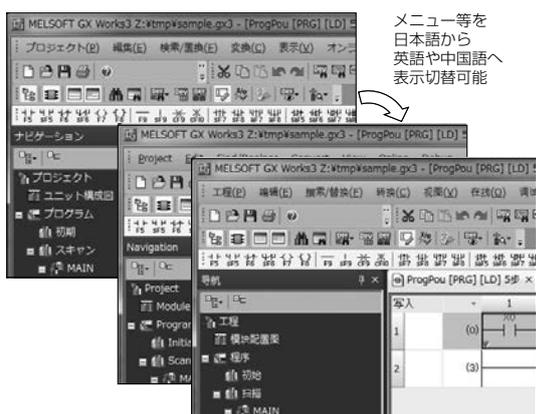


図6. エンジニアリング環境のグローバル対応

次に、サーボシステム、汎用インバータに関する技術開発動向を述べる。

ACサーボ製品であるMELSERVO J4シリーズでは、人・機械・環境との調和をコンセプトとしている。単に高性能であるだけでなく、人や環境への配慮がACサーボ製品には求められている。

MELSERVO J4シリーズでは、サーボアンプの基本性能を向上したことでサーボモータの機械性能が従来製品から16倍向上したことで、高速・高精度な駆動制御が可能である。汎用サーボシステムは対象の産業機械が多岐にわたり、対象ごとにサーボ特性の調整が必要なため、システム構築支援の機能が重要である<sup>(2)</sup>。MELSERVO J4シリーズでは、アドバンスド制振制御Ⅱ機能を始めとするサーボゲインの高度な自動チューニング機能を搭載しており、容易な調整で高精度な制御が可能である。

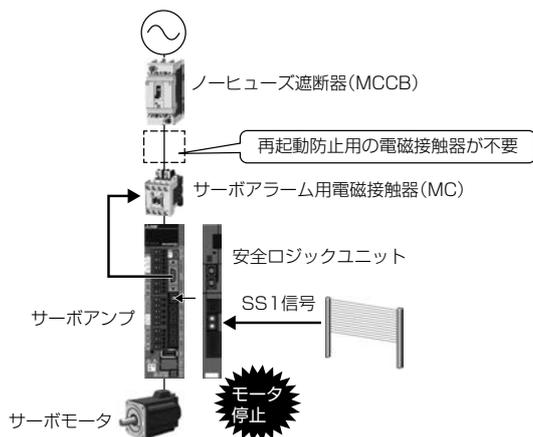


図7. MELSERVO J4シリーズの安全機能

安全・安心は、可動部位を持つ様々な機械装置に用いられる駆動機器だからこそ、非常に重要である。MELSERVO J4シリーズは、世界レベルの安全対応として、IEC(International Electrotechnical Commission)/EN(European Norm)61800-5-2の機能に標準対応している人にやさしいサーボである。機械安全では、危険の原因を取り除くことからはじめ、リスクの評価を行って、リスクを低減する対策をとり、リスクを許容範囲内にしたシステムを構築する。IEC/EN 61800-5-2は、駆動機器に関する安全機能を定めた国際標準である。駆動の安全機能として安全停止等を規定しており、そのうちSTO(Safe Torque Off)とSS1(Safe Stop 1)にMELSERVO J4シリーズは対応している。どちらもサーボを安全に停止させるための機能であり、サーボアンプの制御回路電源を落とす必要がないため、再起動時間の短縮化にもつながる。また、意図せずサーボモータが再起動することを防止するため、これまで設置していた電磁接触器も不要となる(図7)。

MELSERVO J4シリーズ、機能安全ユニットと“MELSEC Qシリーズ”のモーションコントローラを組み合わせることで、SOS(Safe Operating Stop)やSLS(Safely-Limited Speed)といった多彩な駆動安全機能を省配線で実現できる。これによって、駆動安全システムを高度化できる。

汎用インバータは、1980年代初頭に実用化されて以来、省エネルギー性能の向上と高信頼化に向けた開発が進められてきた。近年では、駆動性能だけでなく、より安全・安心に使用できるように安全機能が追加されるようになってきている。対応する駆動安全規格は、サーボシステムと同様にIEC/EN 61800-5-2である。STOに標準対応しており、内蔵オプションを使用することで、SOSやSLS等の駆動安全機能にも対応可能である。

### 3.5 FA-IT情報連携

#### 3.5.1 生産関連

FA-IT情報連携技術は、生産現場で起きている事象を迅速、正確、効率的に把握して、ITシステムと連携して分析・解析した後、その結果を生産現場にフィードバック

する技術である。事象の把握には、生産現場の様々なデータの収集が必要である。また、ITシステムで行った分析・解析結果を生産現場に反映することが必要となる。このような機能を担うのが、FA-IT情報連携製品群である。

製造実行システム(MES)インタフェースユニットを始めとするMESインタフェース製品群はMESへ直接接続でき、収集した作業実績データのMESへの格納や、制御機器への作業指示データの展開が可能である。従来のMELSEC Qシリーズに加えて、MELSEC iQ-Rシリーズに機能と性能の向上を図ったMESインタフェース製品を追加した。MELSEC MESインタフェースITユニットは、MES以外の上位情報システムへの直接接続を可能とする。データロガーユニットは、簡易かつ高速なデータ収集を実現する。どちらも、パソコンレス、プログラムレスで構築できるため、システム構築コストの削減が可能である。

### 3.5.2 環境関連

生産現場で欠かすことができなくなっている環境関連の取組みの1つが、FEMS(Factory Energy Management System)である<sup>(3)</sup>。エネルギーを見える化して省エネルギーを支援する機器が、エネルギー計測ユニットや省エネデータ収集サーバユニットである。エネルギー計測ユニットは、エネルギー使用量をロギングして原単位(生産数当たりのエネルギー使用量)管理することが可能である。省エネデータ収集サーバユニットは、エネルギー情報の収集だけでなく、エネルギー使用量の監視や比較分析も可能である(図8)。

### 3.5.3 将来に向けた取組み

先に述べたような製品群で生産現場の様々なデータを収集した後、ERPやSCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)を始めとするITシステムで分析・解析を行う。ITシステムは、これまでのオンプレミスから、今後はクラウドの活用への期待が高まっている。Webサービス事業者が提供する大規模なデータ管理や処理に対応したサービスプラットフォームを活用したクラウドコンピューティング環境が整ってきている。クラウドコンピューティングを活用することで、IoTによって大幅に増加すると予想される生産現場のデータに対して、複雑な分析処理を短時間で行うことができるという期待がある。今後のFA-IT情報連携では、クラウドとの接続性を考慮することが必要になる。その接続では、セキュリティに十分に配慮することが必要である。

もう1つの方向性として、エッジコンピューティングという考え方がある。データをクラウドに集約する場合、データの生成場所からクラウドへデータが届くまでに通信遅延が発生する。IoTの導入によって、機器から生成されるデータが増大することで、クラウドへの通信路の帯域も逼迫(ひっばく)する。これを解決するのが、小規模なコン

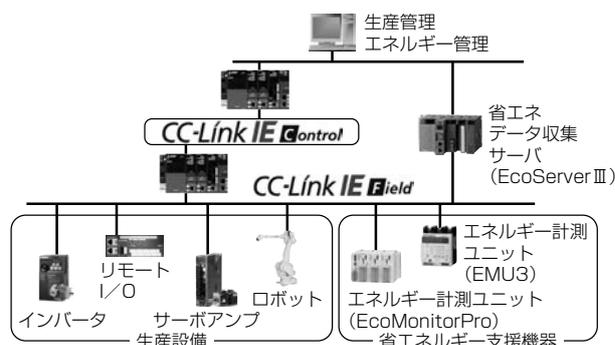


図8. 生産管理情報と環境関連情報の連携

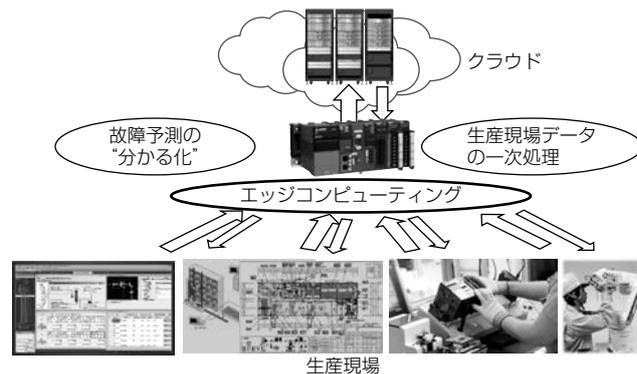


図9. 将来のFA-IT情報連携の方向性

ピューティング能力を分散配置するエッジコンピューティングという考え方であると言われており、生産システムでも有効な考え方である。エッジコンピューティングを生産現場データの分析・解析を行うビッグデータプラットフォームとして活用することに加えて、将来的には故障予測の「分かる化」や、行動分析に基づく事故の削減の可能性も期待できる(図9)。

## 4. むすび

e-F@ctoryを支えるFA機器として、コントローラ、ネットワーク、エンジニアリング環境、駆動機器、FA-IT情報連携の最新技術動向について述べた。IoTの導入といった製造業を取り巻く環境変化に対して、生産現場が柔軟に対応して、TCO削減や企業価値の継続的な向上を可能にするため、今後もe-F@ctoryを支えるFA機器製品の研究・開発・製造を行っていく。

## 参考文献

- (1) 藤田正弘：次世代のものづくりを支えるFA制御機器の最新技術動向，三菱電機技報，89，No.4，206～210 (2015)
- (2) 田中健一，ほか：FA機器・産業用加工機を支えるモーション制御技術，三菱電機技報，86，No.4，206～210 (2012)
- (3) 伏見信也：FAシステムにおける情報通信技術の適用動向，三菱電機技報，87，No.3，148～152 (2013)