

巻頭論文

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



藤田正弘*

Latest Trends in FA Controller Technologies for Next Generation Manufacturing

Masahiro Fujita

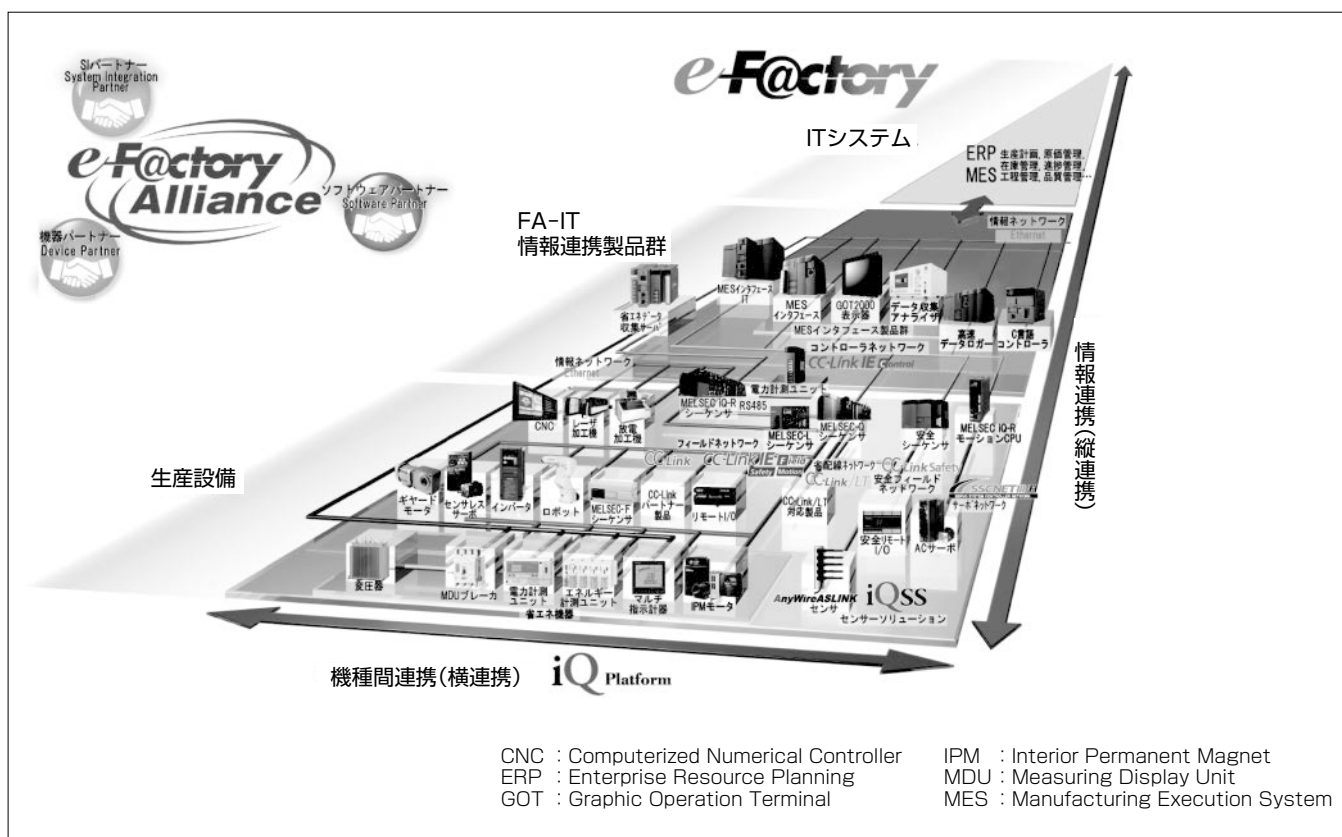
要旨

次世代のものづくりに向けた革新が進む中、製造業を取り巻く環境は更なる変化が予想される。このような変化の中で競争に勝ち残るためには、生産性向上に加え、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る。さらに、IoT(Internet of Things)によるもののインターネットへの接続、CPS(Cyber Physical System)によるサイバースペースと現実世界の融合に向けて、従来の製造工程間のつながりだけでなく、製造現場から情報システムまでの緊密な接続を実現しなければならない。

このようなニーズに対して、三菱電機はFA統合ソリューション“e-F@ctory”を提唱し、製造現場と情報システムを連携することで現場状況の見える化と生産の最適化を

実現している。e-F@ctoryでは、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接続するネットワークと、FA-IT情報連携製品群を用いて生産システムを構築できる。さらに、“e-F@ctory Alliance”によるパートナーとの連携によって、FA機器、ソフトウェア、及びそれらを組み合わせたシステムを最適に実現可能なトータルソリューションを提供する。

当社FA制御機器では、これらのソリューションに対応したシステム構築を支えるため、FA統合コンセプトである“iQ Platform”を中心に基本性能の向上と、製造現場の情報活用を支援する機能の強化を進めている。本稿ではこれらFA制御機器の最新の技術動向について述べる。



CNC : Computerized Numerical Controller IPM : Interior Permanent Magnet
 ERP : Enterprise Resource Planning MDU : Measuring Display Unit
 GOT : Graphic Operation Terminal MES : Manufacturing Execution System

最新のFA制御機器

当社のFA制御機器は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、市場の変化に柔軟に対応可能な生産システムの構築を支援する。

1. ま え が き

次世代のものづくりに向けた革新が進む中、製造業を取り巻く環境は更なる変化が予想される。このような変化の中で競争に勝ち残るためには、生産性向上に加え、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る。さらに、IoTによるもののインターネットへの接続、CPSによるサイバー空間と現実世界の融合に向けて、従来の製造工程間のつながりだけでなく、製造現場から情報システムまでの緊密な接続も実現しなければならない。

当社FA制御機器では、これらの環境変化に対応できる生産システムの構築を支えるため、FA統合コンセプトであるiQ Platformを中心に、基本性能の向上と、製造現場の情報活用を支援する機能の強化を進めている。

本稿ではこれらFA制御機器の最新の技術動向について述べる。

2. iQ Platformの最新技術動向

FA制御機器では、製造設備の高度化・複雑化に対応するための性能・機能の向上に加え、製造現場の情報活用で中核を担うための機能強化を進めている。ここでは、FA統合コンセプトであるiQ Platformを構成するコントローラ、ネットワーク、エンジニアリング環境に関する技術開発動向を述べる。

2.1 コントローラの最新技術動向

2.1.1 統合プラットフォーム

FAコントローラは、製造現場で搬送、組立、加工などのあらゆる製造設備に使用されている。FA統合コンセプトであるiQ Platform⁽¹⁾では、“MELSEC iQ-Rシリーズ”を中心に、HMI(Human Machine Interface)の“GOT2000シリーズ”、駆動機器などを接続して、シーケンス制御、計装制御、モーション制御など、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(図1)。さらに、C言語コントローラによる汎用言語を用いたアプリケーションを通して情報系との連携も容易である。今後、安全制御、CNC制御などの制御処理の拡充やロボットなどの接続機器の拡充を進め、製造設備の効率的な開発を支援していく。

また、MELSEC iQ-Rシリーズ以外にも、ベースレス構

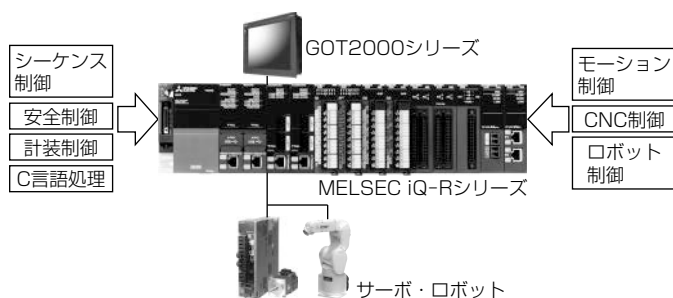


図1. iQ Platform対応コントローラ

造による省スペースな“MELSEC-Lシリーズ”，マイクロシーケンサ“MELSEC iQ-Fシリーズ”などをラインアップしており、様々な製造設備、装置の開発を支援する。

2.1.2 制御性能の向上

MELSEC iQ-RシリーズのCPUは、処理性能の向上、システムバスの高速化によって製造装置の高性能化を支援する。さらに、製造装置の高精度化を実現する技術として、ユニット間同期、ネットワーク間同期などの同期機能を搭載する。

MELSEC iQ-RシリーズのシーケンサCPUの基本命令の処理速度は従来比2倍(LD命令0.98ns)であり、複雑な制御を1つのCPUで処理することができる。また、CPUと各種ユニットをつなぐ高速システムバスの通信性能は従来比約40倍で、CPU間のデータ共有やCPUとネットワークユニットの間における大容量のデータ転送を可能にした。これらのシステム性能向上によって、サイクルタイムの短縮を実現できる。

MELSEC iQ-Rシリーズでは高速処理だけでなく、高精度処理を実現するための同期機能を強化した(図2)。ユニット間同期機能によって、シーケンサCPUやモーションCPUの制御プログラムの実行タイミングに同期して、インテリジェント機能ユニットや入出力ユニットを動作させることができる。これによって、動作タイミングのずれがなくなり、装置を高精度に制御することが可能になる。また、ネットワークを通じた同期機能として、“CC-Link IEフィールドネットワーク”及び“SSCNET III/H”の同期通信を実現し、ネットワーク上のノード間で動作タイミングの同期を可能にした。これによって、ネットワーク伝送遅れ時間によるばらつきがなくなり、装置規模に関わらず安定したシステムを構築することができる。

マイクロシーケンサMELSEC iQ-Fシリーズも、基本命令の処理速度を従来比1.9倍(LD命令34ns)、システムバスの性能を従来比150倍に高速化するとともに、ネットワーク機能の内蔵、セキュリティ機能強化を進めている。これらシーケンサの性能向上と機能向上によって、サイクルタイムの短縮と装置動作の安定性向上の両面から、システム全体の生産性向上に貢献する。

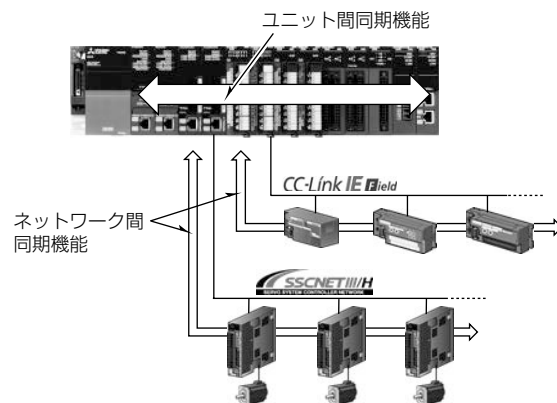


図2. MELSEC iQ-Rシリーズの同期機能

2.1.3 情報処理機能の強化

製造現場で扱うデータ量は増加の一途をたどっている。MELSEC iQ-Rシリーズはデータベース機能を内蔵し、従来、外部のパソコンなどで管理していたレシピデータや生産実績データを、シーケンサ内蔵データベースで処理、管理することを可能にした。これによって、制御システム構成がシンプルなものになるだけでなく、データ通信時間の削減による効率化に貢献する。

2.1.4 セキュリティの強化

生産拠点のグローバル化や情報システムとの緊密な接続が進む中で、セキュリティ機能の強化は重要な課題となる。特に制御プログラムやデータの不正改ざん、不正流用へのリスク対策は必須となっている。MELSEC iQ-Rシリーズは、プログラムを保護するためのセキュリティキー認証や、制御システムへの不正アクセスを防止するIP(Internet Protocol)フィルタなどのセキュリティ機能を搭載している。

このように、生産システムの中核となるシーケンサでは、制御性能の向上に加えて、データ処理機能、セキュリティ機能などの製造現場の情報化に向けた機能強化が求められており、引き続き性能・機能の強化を進めていく。

2.2 ネットワークの最新技術動向

製造現場にIoT、CPSなどの情報技術を導入して生産効率の向上や装置の付加価値の向上を実現するためには、製造現場と情報システムを緊密に連携させる必要がある。CC-Linkファミリは世界標準のオープンフィールドネットワークであり、1,400種類を超えるパートナー製品を接続できる。特に、CC-Link IEファミリでは、1 Gbpsのリアルタイム制御が可能な高速通信を用いて製造現場のコントローラ、各種デバイスを接続した高度な制御ネットワークの構築が可能である。このCC-Link IEファミリを始め、Ethernet^(注1)、サーボシステムネットワークSSENET III/H、センサとコントローラを接続するAnyWireASLINK^(注2)などを用いて、現場にある様々な機器から生産管理などの情報システムまでをシームレスに接続した生産システムを構築することができる(図3)。

ここで、プロトコルとして“SLMP(Seamless Message

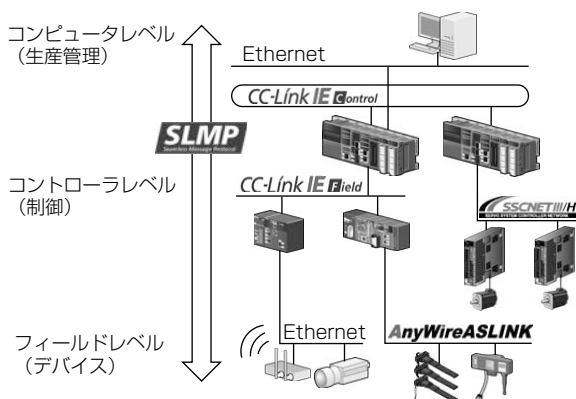


図3. シームレスネットワーク

Protocol)”を使用することで、ネットワークの階層・境界を意識せず、生産管理システム、シーケンサなどのFAコントローラ、フィールドのデバイス機器などをシームレスかつ統一された方法でアクセスできる。これによって、どこからでも簡単に機器のモニタやデータの収集が行えるため、生産管理やメンテナンス作業が容易になる。さらに、ネットワーク上の異常箇所特定などの保守機能の充実によって、ダウンタイムの短縮と保守コストの削減を実現している。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス株の登録商標である。

(注2) AnyWireASLINKは、(株)エニワイヤの登録商標である。

2.3 エンジニアリング環境の最新技術動向

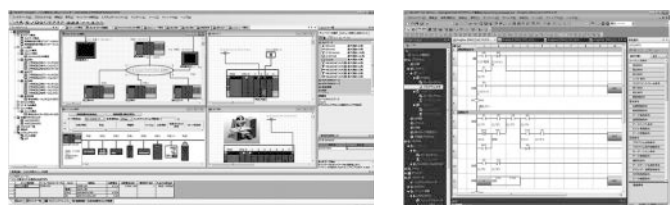
制御システムのエンジニアリング環境はシステム設計、プログラミングだけでなく、制御システムの運用・保守などの全ての段階で重要な役割を果たす。シーケンサ、モーションコントローラ、GOTなどの各種プログラミングソフトウェアを統合した“MELSOFT iQ Works”は、システム管理ソフトウェア“MELSOFT Navigator”を核に各エンジニアリングソフトウェア“GX Works 3”、“MT Works 2”、“GT Works 3”、“RT ToolBox 2 mini”、“FR Configurator 2”を統合した製品で、制御システムの設計・運用・保守を総合的に支援する(図4)。

システム全体を統括するMELSOFT Navigatorでは、大規模ネットワークの構成図を実機から検出して生成することが可能である。これによって、システム構成の確認・変更時間を短縮できる。また、作成した構成図を用いてシステムを構成するFAコントローラのパラメータ設定を一括管理することができる。

シーケンサのエンジニアリング環境であるGX Works 3は、IEC 61131-3に適合した構造化プログラミングによる制御プログラムの開発が可能である。また、直観的な設計とプログラミングを実現し、ユニットを選ぶことによるシステム設計、FB(Function Block)を選ぶことによる制御プログラム作成など、設計工数の削減を可能とした。今後も引き続き、システム設計、プログラミングの工数削減を行う機能の充実を進めていく。

3. 駆動制御機器の最新技術動向

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



(a) システム管理ソフトウェア MELSOFT Navigator (b) シーケンサエンジニアリングソフトウェアGX Works3

図4. エンジニアリング環境

応えるための製品開発を進めている⁽¹⁾。ここではサーボシステム、NC、汎用インバータに関する技術開発動向を述べる。

3.1 サーボシステムコントローラの最新技術動向

産業機械の駆動に用いられる指令を生成するサーボシステムコントローラは、生産性向上や製品品質安定に向けて、世代を追うごとに進化を続けている⁽²⁾。ここでは当社の最新機種であるMELSEC iQ-Rシリーズのモーションコントローラとシンプルモーションユニット(図5)を例に、最新技術動向を述べる。

3.1.1 モーションコントローラ

MELSEC iQ-Rシリーズでは、従来機種に比べて高速化したシーケンサCPUとモーションCPU(0.222ms周期で指令演算可能な軸数が従来の4軸から6軸に増加)を、高速システムバス(CPU間通信周期が従来の0.888msから0.222msに短縮)で接続している(図6)。コントローラとしてのトータルパフォーマンスの向上によって、装置の生産性向上に貢献する。

また、見やすく理解しやすいフローチャート形式(モーションSFC(Sequential Function Chart))でのモーション制御プログラミングや、ダイレクト位置決め始動命令を活用したシーケンスプログラムだけでのモーション制御によって、1CPU感覚の使いやすさでマルチCPUのパフォーマンスを実現できるようにしてシステム構築の容易性を向上した。

3.1.2 シンプルモーションユニット

シンプルモーションユニットは、シーケンサCPUの制御によって位置決め・同期制御・カム制御・押当て制御などのモーション制御を実行するインテリジェント機能ユニットである。MELSEC iQ-Rシリーズでは、従来機種に比

べて演算能力を向上(最短指令周期：従来0.888→0.444ms)しており、装置のサイクルタイム短縮に貢献する。

シンプルモーションユニットは、シーケンサのエンジニアリング環境であるGX Works 3から設定を行う。グラフィカルな画面での直観的な操作で、ギヤやカムを含む機械の同期制御をプログラムレスで実現した。モーション演算周期に同期したデータ収集と波形表示やサーボアンプの立ち上げ調整もGX Works 3上で実行可能である。

3.2 CNCの最新技術動向

工作機械を駆動制御するCNC(数値制御装置)は、熟練作業者が少ない海外におけるスマートフォン筐体(きょうたい)加工などの短納期大量部品生産ニーズに対応するための、生産性向上・加工精度向上・操作性向上に向けた進化を続けている。ここでは当社の最新機種“M800Wシリーズ(図7)”を例に、最新技術動向を述べる。

3.2.1 生産性向上

M800Wシリーズでは、CNC専用CPUの採用によって演算能力を向上させた(微小線分処理能力：従来168→270kblock/min, シーケンス制御処理能力：従来133→200step/μs)。また、CNCと駆動系ドライブユニット間の光通信ネットワークの高速化で、サーボ指令周期や制御周期を従来の半分に高速化した。CNCシステム全体の応答性改善によって、工作機械の生産性向上に貢献する。

3.2.2 加工精度向上

マシニングセンタ向けには、加工形状に併せて最適な加減速制御を行う“SSS(Super Smooth Surface)制御”機能が向上し、加工の高精度化を実現した。旋盤向けには、制御可能な軸数が、従来の4系統16軸から8系統32軸に倍増した。工具計測操作や三次元ワークシミュレーションなどの機能も拡充し、複雑な形状の加工が容易に実現できる。

3.2.3 操作性向上

マルチタッチやタッチジェスチャ操作などスマートフォン感覚で操作できる大型の19型縦置き表示器をラインアップし、直感的な操作による使いやすさを実現した。また、表示器画面上にソフトウェア操作盤機能の搭載やマニュアルの表示が可能であり、柔軟な操作性を実現している。

3.3 汎用インバータの最新技術動向

汎用インバータは1980年代初頭の実用化されて以来、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が、近年では設定・操作の簡略化やシステム対応力



(a) モーションコントローラ R32MTCPU/R16MTCPU (b) シンプルモーションユニット RD77MS16/8/4/2

図5. MELSEC iQ-Rシリーズ サーボシステムコントローラ

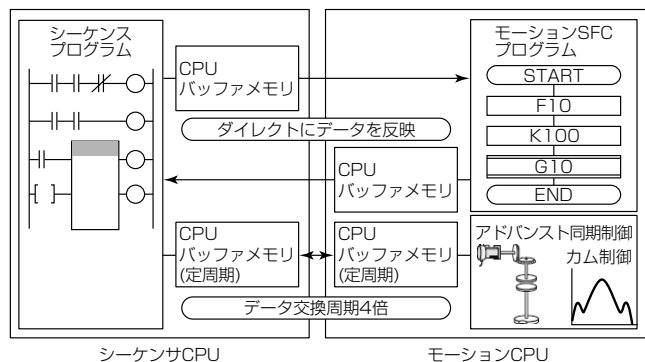


図6. マルチCPU構成でのモーション制御プログラミング



図7. CNCの最新機種M800Wシリーズ

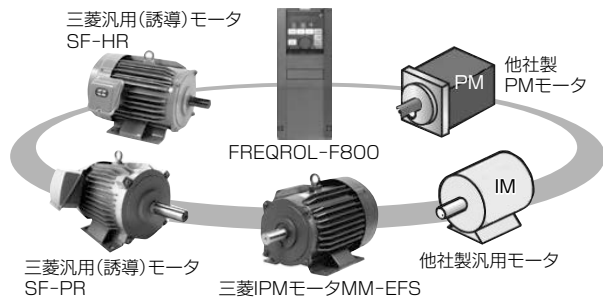


図8. 汎用インバータFREQROL-F800シリーズの適用可能モータ

を強化する機能を備えるようになってきている。ここでは当社の最新機種“FREQROL-F800シリーズ”を例に、汎用インバータの技術動向を述べる。

3.3.1 省エネルギー性能の向上

省エネルギーは汎用インバータの重要な性能指標の1つであり、従来主流であった誘導モータより効率の高い永久磁石モータの採用や、新しい制御方式の採用によって性能向上が図られている。F800シリーズでは、励磁電流を常に最適に調整してモータ効率を向上させる最適励磁制御機能を搭載している。さらに、新開発のアドバンスト最適励磁制御では、始動時に大きなトルクを発生させて加速し、モータ効率を最大限に発揮できる一定速運転まで短時間で到達することで省エネルギー運転が可能である。また、モータの回路定数を測定するオートチューニング機能の活用によって、モータ個々の定数にずれがあったり、配線が長い場合や、他社モータの使用時であっても最適な運転特性でモータを運転することができる(図8)。

3.3.2 使いやすさの向上

F800シリーズは使いやすさを向上させる各種機能を搭載している。また、通信オプションによって多彩なネットワークに対応しており、ユーザーニーズに応じたシステム構築が可能である。CC-LinkやCC-Link IEフィールドネットワークを通じてiQ Platform対応コントローラに接続可能であり、e-F@ctory環境下での機器・装置とのシームレスな連携を実現する。

また、F800シリーズでは、ファンやポンプの運転に適した各種機能を充実させている。例えば、新しく搭載したPID(Proportional, Integral, Derivative)マルチループ機能(図9)を用いれば、ポンプを駆動するモータのPID制御とバルブなどの別の機器のPID制御を、1台のインバータで実行することが可能であり、システムコストを低減できる。

3.3.3 安全・保守性の向上

汎用インバータは駆動性能だけでなく、より安心して安全に使用できるよう進化を続けている。F800シリーズは、IEC 61800-5-2の安全機能であるSTO(Safe Torque Off, SIL2)に標準対応している。

保守に関しては、ユニット内部に搭載したセンサで温度を監視し、制御盤内の冷却ファン故障や不適切な運転条件

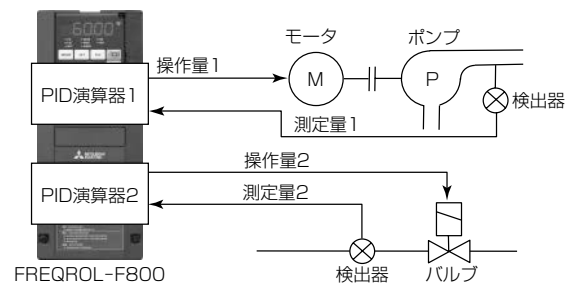


図9. PIDマルチループ機能によるポンプとバルブ制御

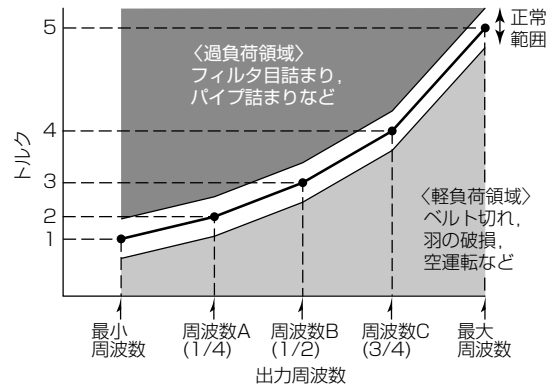


図10. 負荷特性測定機能を用いた異常検知

による温度上昇を検知することができる。また、正常な状態での運転時に記憶しておいた速度とトルクの関係と、現在の速度とトルクの間を比較することによって異常を検知する負荷特性測定機能(図10)を搭載している。例えば、ベルト駆動の冷却ファンでは、フィルタ目詰まりやパイプ詰まりはトルクの上昇で、ベルト切れや羽の破損はトルクの低下で検知することができる。

さらに、万が一のトラブル発生時には、保護機能動作直前の出力周波数などの状態データを内蔵RAM(Random Access Memory)に記憶するトレース機能を活用可能である。記憶したデータをUSBメモリを介して外部パソコンに読み出すことで、迅速な原因解析ができる。

4. むすび

ものづくりを支えるコントローラ、ネットワーク、エンジニアリング環境、サーボシステム、CNC、汎用インバータなどのFA制御機器の技術動向について述べた。市場の変化に迅速に対応できる柔軟な生産システムの構築に貢献するために、今後もより高性能で使いやすい製品の研究開発を行っていく所存である。

参考文献

- (1) 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）
- (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）