

**MITSUBISHI**  
*Changes for the Better*

家庭から宇宙まで、エコチェンジ



# 三菱電機技報

**3**

**2013**

Vol.87 No.3

**最新の FA 機器・産業加工機**



## 目次

### 特集「最新のFA機器・産業加工機」

エネルギー・資源制約に対応する生産システム …………… 1	木村文彦
FAシステムにおける情報通信技術の適用動向 …………… 2	伏見信也
ITシステムとのダイレクト連携を実現する MESインタフェースITによる生産性向上と省エネルギーの実現 … 7	牧田裕行・深津法保
CC-Link IEフィールドネットワーク ブロックタイプリモートユニット …………… 11	矢木孝浩・加藤謙吾
CC-Link IEフィールドモーション機能対応 シンプルモーションとサーボアンプ …………… 15	鍛冶万平・坂石卓哉
NCサーボ・主軸駆動ユニット “MDS-D2/DH2/DM2シリーズ” …………… 19	田辺 章・澤木 潤・林 良知
ハイコストパフォーマンスCNC“E70シリーズ” …………… 23	濱本 進・小林誠治・堤下洋治
高力率コンバータ“FR-HC2シリーズ” …………… 27	市原昌文・平良 哲・福岡弘淳
新型ファイバレーザ加工機“NX-Fシリーズ” …………… 31	藤前利樹・井上 孝・宮本直樹
FA統合エンジニアリングソフトウェア “MELSOFT iQ Works”による“iQ Sensor Solution” …………… 35	竹下直樹・藤澤 暁・古嶋克之・安部潤一郎
ユニバーサルモデル高速タイプQCPUユニット …………… 39	百目木栄悦・鈴木孝幸
ハイエンドモデルC言語コントローラ“Q24DHCCPU-V” … 43	宮丸卓也
“MELSEC-Qシリーズ”電力計測ユニット …………… 47	下江政義
UL489Listedノーヒューズ遮断器の 400A・630Aフレーム機種拡充 …………… 51	倉田康平・上迫彰彦

Latest Technologies of Factory Automation(FA) Components, Industrial Processing Machines Manufacturing System Severely Constrained by Energy and Resource Shortage Fumihiko Kimura
Research and Development of Information and Communication Technologies for Factory Automation Systems Shinya Fushimi
FA-IT Linking Module MES Interface IT for Actualizing High Productivity and Energy Saving Hiroyuki Makita, Noriyasu Fukatsu
CC-Link IE Field Network Block Type Remote Unit Takahiro Yagi, Kengo Kato
CC-Link IE Field Network Motion Function Compatible Simple Motion Module & Servo Amplifier Bampei Kaji, Takuya Sakaishi
Servo & Spindle Drive Units for NC “MDS-D2/DH2/DM2 Series” Akira Tanabe, Jun Sawaki, Yoshitomo Hayashi
High Cost Performance CNC “E70 Series” Susumu Hamamoto, Seiji Kobayashi, Yoji Tsutsumishita
High Power Factor Converter “FR-HC2 Series” Masafumi Ichihara, Satoshi Taira, Hiroatsu Fukuoka
New Fiber Laser Processing Systems “NX-F Series” Toshiki Koshimae, Takashi Inoue, Naoki Miyamoto
“iQ Sensor Solution” by FA Integrated Engineering Software “MELSOFT iQ Works” Naoki Takeshita, Akira Fujisawa, Hiroyuki Furushima, Junichiro Abe
High-speed Universal Model QCPU Unit Eietsu Domeki, Takayuki Suzuki
High-end Model C Controller “Q24DHCCPU-V” Takuya Miyamaru
“MELSEC-Q Series” Power Measuring Unit Masayoshi Shimoe
Model Change of UL 489 Listed Molded-case Circuit Breakers Kouhei Kurata, Akihiko Uesako

### 特許と新案

「電子式回路遮断器」「チャージポンプ駆動回路」…………… 55
「電源装置およびシーケンサシステム」…………… 56

### スポットライト

配電用スーパー高効率アモルファスモールド変圧器

### 表紙：最新のFA機器・産業加工機

FA機器・産業加工機は、市場ニーズの変化にタイムリーに対応する新製品開発に取り組んでいる。

①は、高速・高精度化に加え、省配線化といった高付加価値化を実現できる新型NCサーボ・主軸駆動ユニットMDS-DM2シリーズである。

②は、消費電力の削減、労働時間の短縮、生産性の向上といった市場要求に応える、ファイバレーザ発振器を搭載した新型ファイバ二次元レーザ加工機ML3015NX-Fである。

③は、2007年に市場へ投入したユニバーサルモデルQCPUから、更なる基本性能の向上、システム性能向上に対応したiQ Platform対応製品の核となるユニバーサルモデル高速タイプQCPUである。



巻/頭/言

# エネルギー・資源制約に対応する生産システム

Manufacturing System Severely Constrained by Energy and Resource Shortage

木村文彦  
Fumihiko Kimura



20世紀には三つの大きな技術革新があり、現代の生産システムが確立されてきた。まず、20世紀初頭に、フォードによる単品種大量生産方式が実現し、旧来の職人生産では考えられないような低価格で製品が提供され、工業化時代が幕をあげた。デジタル電子計算機の開発と同時期にパーソンズによって数値制御方式が発明され、人に代わり、情報と制御によってものを造る装置が普及していった。最近にいたり、情報ネットワークによってあらゆる生産機器や資源が統合的にシステム化され、極めて柔軟で高効率な生産が可能となってきた。

このような技術革新によって、初期の固定的な大量生産方式から、状況の変化に機敏に対応する変種変量生産方式が発展し、今世紀初めには、生産システムは一世代の成熟期を迎えたと言ってもよいであろう。しかし、生産システムは、今新たな課題に直面している。厳しいエネルギー・資源制約の課題である。発展途上国の予想を超える工業化と製品の拡散を考えると、現用の製品や生産技術をそのまま持続可能に適用できないことは明らかであり、画期的な省エネルギー・省資源技術の開発が必要とされている。次世代の生産システムが期待されるゆえんである。

すでに、各企業は、生産システムの省エネルギー・省資源技術に取り組み、多くの成果を上げている。新材料や新加工プロセスなど、物理プロセスまで立ち返って要素プロセスの高度化を図ることは基本的に重要であるが、それだけで問題を解決することは難しい。システムの視点から、生産活動の各要素の影響を合理的に評価していくことが必要になる。考えるべき事柄は多いが、次のようなことを基本から考え直すことは効果的であると言われている。

- (1) 目的の仕事を達成するために、本質的には必要でないものを見極め排除する。待機状態における保温や周辺機器の稼働などのいわゆる間接エネルギー・資源消費があるが、より根本的に環境の影響を受けないようにプロセスを革新することも必要になるであろう。
- (2) システムを最適条件下で稼働させる。一般的に大きな設備を軽負荷で稼働させると無駄が大きい。使用要求に見合ったシステム仕様とすることが重要である。

どんな状況にも対応できる拡張・縮小性に富んだ汎用システムが考えられる一方、単純でLeanな専用システムを、状況の変化に応じて置き換えていく考え方もある。客観的に評価するためにはLCA(Life Cycle Assessment)などが必要であるが、経済性を評価しつつ、エネルギー・資源制約を厳しく評価することによって、従来とは異なるシステムの形態が有意となる可能性がある。

最近の電力不足のような外界と連動する動的な問題に対しても、生産システムの対応が期待される。工場内節電のみならず、スマートグリッドにおける地域電力網の調節装置としての役割である。生産性に対する影響をできるだけ少なくして要求される電力調整を行うために、生産システムに対する新たな課題が発生する。経済性との兼ね合いでどこまで余裕をとれるのか、生産負荷の平準化あるいは一部生産機能の停止と生産の片寄り、生産レシピの可視化とライン移動、徹底した自動化と人の就労時間の調整等、いろいろと考えられる。

エネルギー・資源制約に対応する生産システムは、他のシステムや社会と連携していくことが必須であり、技術の国際標準化、社会における様々な法規制、市場や社会の仕組みなどと整合するのみならず、それらの変革を先導する役割も果たさなければならない。

厳しいエネルギー・資源制約に対応するためには、現状(As-Is)を改善するのみならず、あるべき(To-Be)生産システムの姿を原理原則から追究していく姿勢が重要であろう。次世代の生産システムは、通常のサプライチェーンで外界と結合されているのみならず、エネルギー・資源フローによっても地域と接続され、ビジネス活動としての制約はあるものの、情報ネットワークを介して地域に開かれた構成をとり、社会インフラの一環となる。このような工場の基本は、生産システムを構成する管理と制御の情報ネットワークであり、現場状況のモニタリングを基盤とした、部分と全体の双方向の情報流通によって、全く新たな工場概念が生まれてくるかもしれない。今後の更なる発展が期待される。



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。

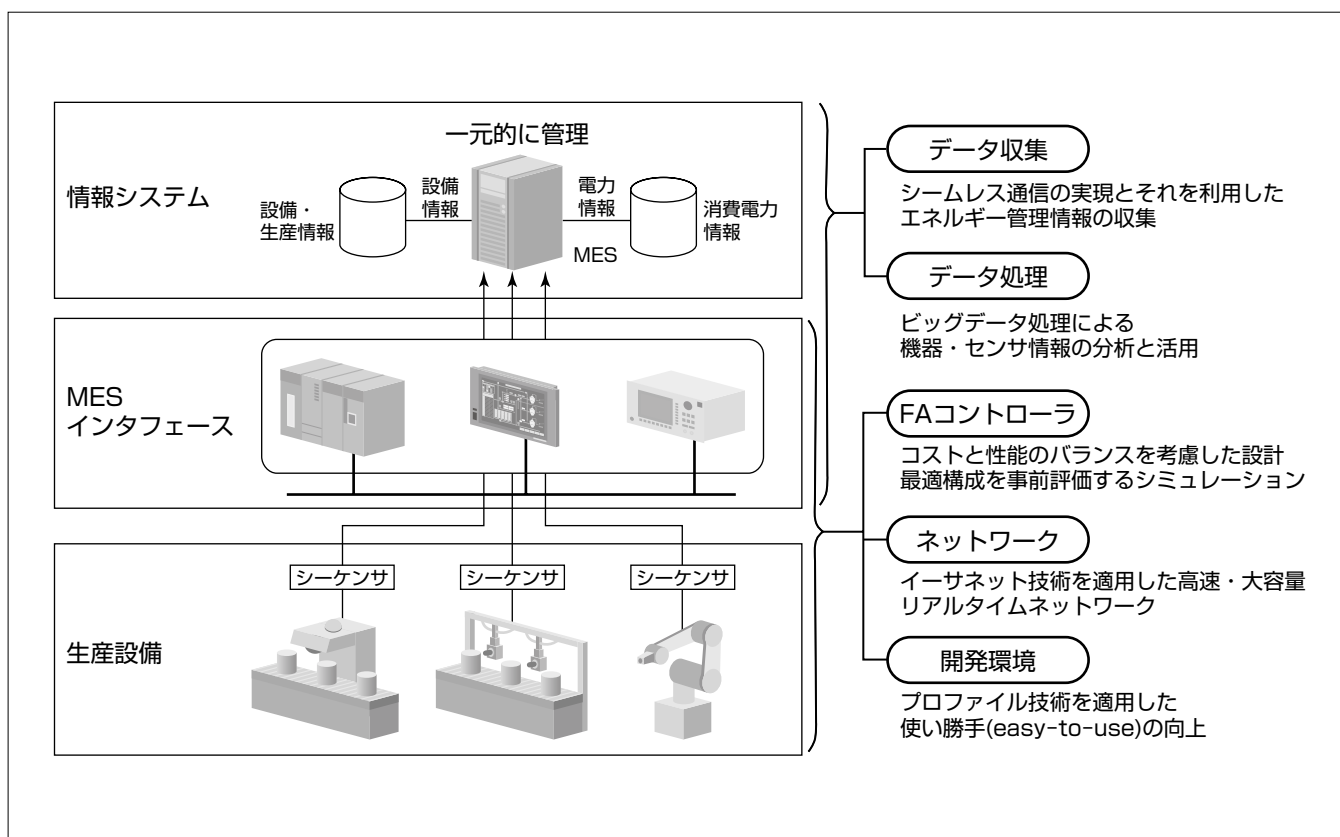
このような状況に対応するためには、FA(Factory Automation)システムを構成する各FA機器単体の性能向上だけでなく、生産現場、製品開発部門、生産管理／品質管理部門及び販売・マーケティング部門間の迅速な情報連携を実現するためのシステム構築技術が必要である。

三菱電機は、これまでに最新技術を導入して、高性能な

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

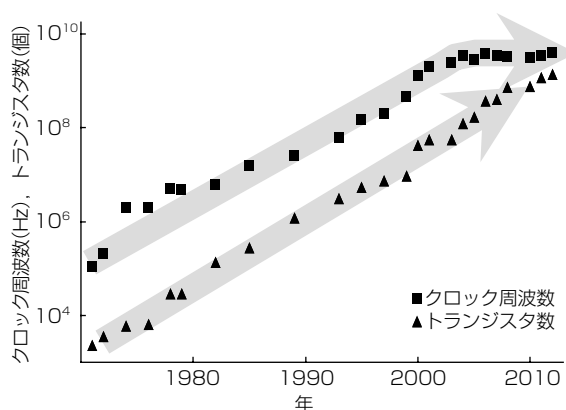


図1. マイクロプロセッサのクロック周波数とトランジスタ数の推移

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<sup>(1)</sup>。

#### (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制御などを省配線で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<sup>(注1)</sup>”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<sup>(注2)</sup>(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の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<sup>(2)</sup>。

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由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。

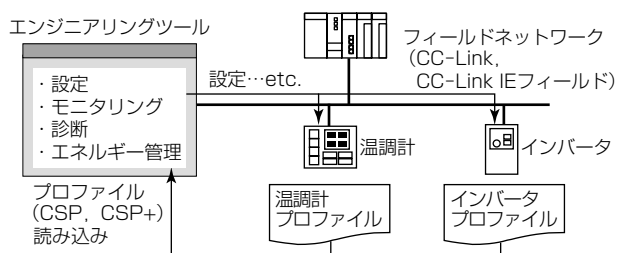


図2. エンジニアリングツールでのプロファイル利用

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ので、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

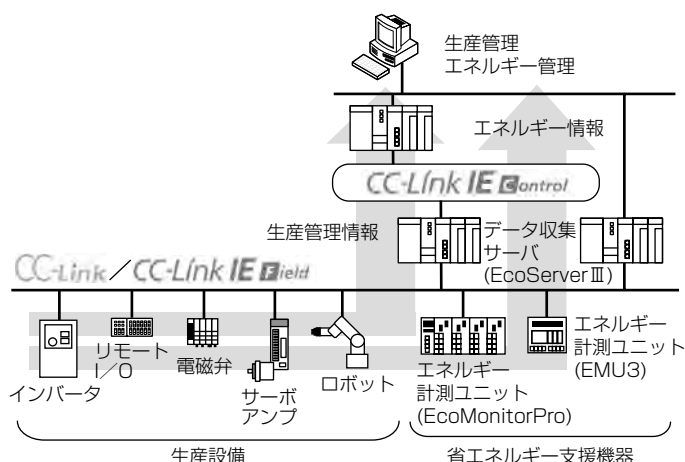


図3. 生産管理情報システムと生産現場の連携

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、ビッグデータの特徴付けられるものとして、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<sup>(3)</sup>。

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<sup>(4)</sup>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<sup>(5)</sup>。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<sup>(6)</sup>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>



# ITシステムとのダイレクト連携を実現するMESインタフェースITによる生産性向上と省エネルギーの実現

牧田裕行\*  
深津法保\*

FA-IT Linking Module MES Interface IT for Actualizing High Productivity and Energy Saving

Hiroyuki Makita, Noriyasu Fukatsu

## 要 旨

製造業ではグローバル競争の激化によって、国内はもとより、世界中どの地域で生産しても生産性の向上と品質の確保が必須である。一方、地球温暖化などの環境問題から省エネルギーの一層の推進が必要である。

三菱電機はこれらの課題に対応するため、三菱FAエネルギーソリューションe&eco-F@ctoryを提唱し、その中核となる製品として情報連携製品群を提供している。e&eco-F@ctoryでは、生産情報とエネルギー情報をひも付けて管理し、生産時のエネルギーのムダを発見することで生産性向上と省エネルギーの両立を実現する。

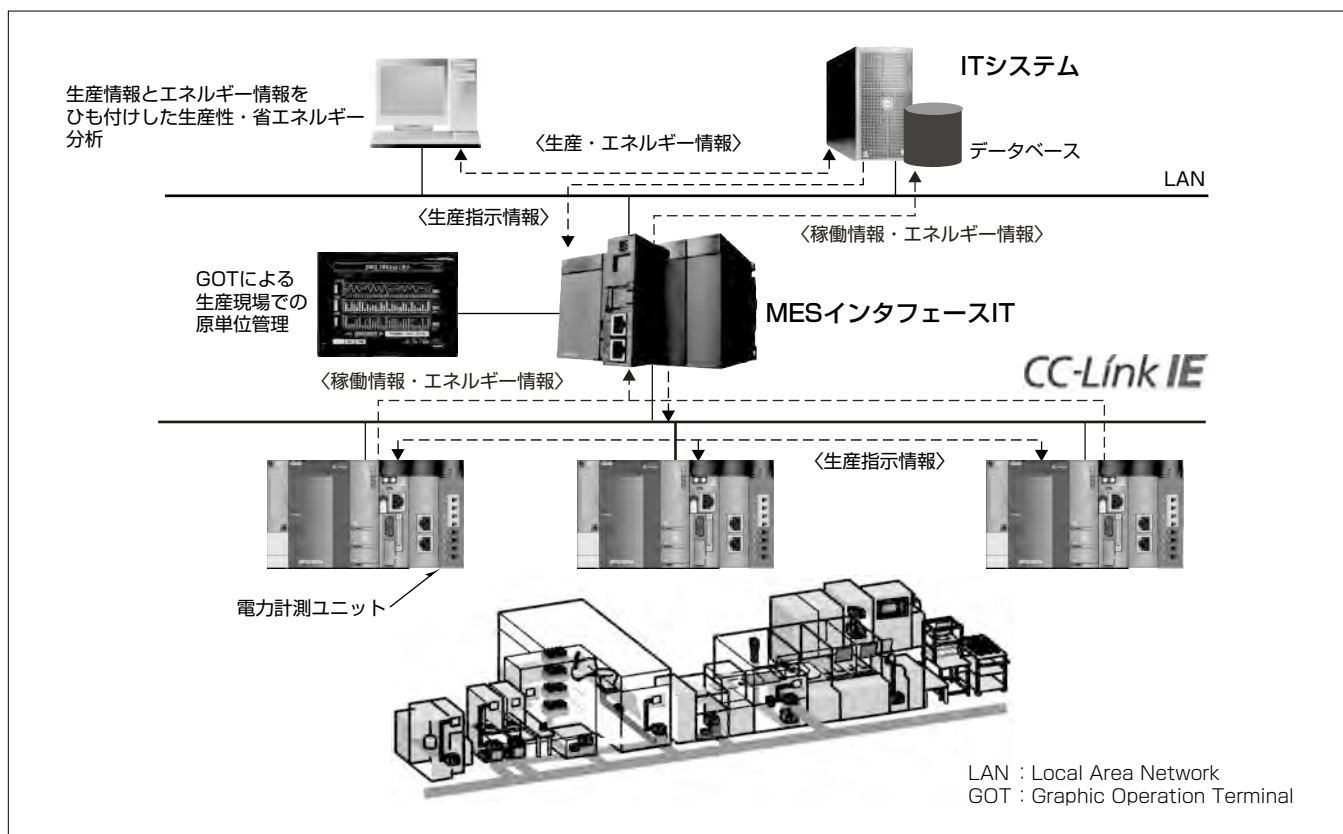
情報連携製品群は、使用用途によって様々なニーズに対応する製品をラインアップしている。MES(Manufacturing Execution System)インタフェースITは最上位機種で

あり、FA(Factory Automation)部門からIT部門に対し自動的にメッセージを送受信し、FAシステムとITシステムが直結できる仕組みを提供する。MESインタフェースITは、ITシステムとの高い親和性、プログラミングレス、パソコンレス、フレキシブルな機能追加、産業界で利用されている主要データベース(SQL Server<sup>(注1)</sup>, Oracle<sup>(注2)</sup>)サポート、ITシステムで普及している標準的通信手段のサポート等の特長を持つ。

本稿では、e&eco-F@ctoryの概念と高機能情報連携ユニットMESインタフェースITについて述べ、また、MESインタフェースITを活用したe&eco-F@ctoryソリューション構築についても述べる。

(注1) SQL Serverは、Microsoft Corp. の登録商標である。

(注2) Oracleは、Oracle Corp. の登録商標である。



## MESインタフェースITを活用したe&eco-F@ctoryソリューション

MESインタフェースITによって生産現場とITシステムを直結し、生産情報とエネルギー情報をひも付けて管理することによって、生産性向上と省エネルギーの両立を実現する。

## 1. ま え が き

製造業ではグローバル競争の激化によって、国内はもとより、世界中どこで生産しても生産性の向上と品質の確保が必須となった。一方、地球温暖化などの環境問題から省エネルギーの一層の推進が必要である。

当社はこれらの課題に対応するため、三菱FAエネルギーソリューションe&eco-F@ctoryを提唱している。e&eco-F@ctoryは、生産情報とエネルギー情報をひも付けて管理し、生産時のエネルギーのムダを発見することで生産性向上と省エネルギーの両立を実現する。さらにe&eco-F@ctoryの中核となる情報連携製品群を提供している。

本稿では、e&eco-F@ctoryの概念と、情報連携製品群の最上位機種にあたるMESインタフェースITについて述べる。

## 2. 三菱FAエネルギーソリューションe&eco-F@ctory

当社は、生産現場とITシステムの連携によってTCO (Total Cost of Ownership)の削減を実現する三菱FA統合ソリューションe-F@ctoryを提唱してきた。さらに、省エネルギーを実現するソリューションをe-F@ctoryと統合し、生産性向上と省エネルギーを同時に実現する三菱FAエネルギーソリューションe&eco-F@ctoryを提案している。

### 2.1 生産性向上を実現するe-F@ctory

e-F@ctoryは、生産現場とITシステムがリアルタイムで連携することによって、生産の最適化を実現する(図1)。

生産現場では、シーケンサなどのコントローラ、各種アクチュエータ、センサといったFAコンポーネントが使われている。e-F@ctoryにおいては、FAコンポーネントをCC-Link IEなどのフィールドネットワークで結合し、生産情報の共有を行う。

ITシステムへは情報連携製品群を介して情報通信を行う。情報連携製品群としてシーケンサのスロットに装着するMESインタフェース、MESインタフェースITやタッチパネルタイプのGOT MES等をラインアップしており、様々なニーズに対応する(図2)。

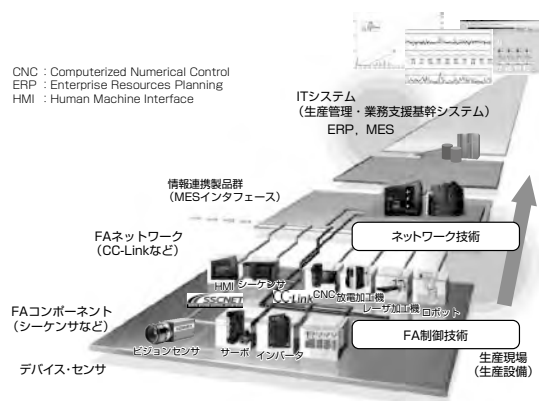


図1. e-F@ctoryの概念

### 2.2 生産性向上と省エネルギーを両立させるe&eco-F@ctory

e&eco-F@ctoryでは、これまでに配電分野で培ってきた計測技術を活用することによって、生産設備のエネルギー情報を生産情報と連携しながら計測・収集し、これらの情報をエネルギーの視点で分析し、生産設備のムダなエネルギーを抽出、ムダ要因の改善を推進することでエネルギー使用総量を継続的に削減する。

継続的な省エネルギーを実施するには、エネルギーの“計測”“見える化”“削減”“管理”の4つのステップを短期間に回すことが重要である。

エネルギーを“計測”するステップでは、単に生産現場のエネルギー使用量を収集するだけでなく、生産数などの製造情報と連動してデータ収集することが重要である。そのために、様々な生産設備の制御を行うシーケンサ用の電力計測ユニットなどの電力計測機器を提供している。

エネルギーを“見える化”するステップでは、計測したエネルギー情報と生産情報を結びつけ、部品ごと・製品ごと・設備ごと等、様々な視点から“見える化”することがポイントである。

エネルギーを“削減”するステップでは、高効率の省エネルギー対策機器の導入が必要である。インバータやモータ等の駆動製品群を活用し、設備や装置のエネルギー消費の効率化を実現する。

エネルギーを“管理”するステップでは、生産情報とエネルギー情報を結びつけて改善につなげるには、リアルタイムに設備・装置のエネルギー量や生産原単位の監視を行うことが重要である。生産原単位とは、製品1個を生産するために消費したエネルギーである。e&eco-F@ctoryでは、多様な管理ソリューションを提供し、エネルギー効率化のPDCA(Plan Do Check Action)サイクルをスムーズに回転させることによって改善を図り、生産性とエネルギー効率の向上を実現する。

## 3. 高機能情報連携ユニットMESインタフェースIT

### 3.1 MESインタフェースITの概要

FAシステムとITシステムの情報連携方法は、顧客に

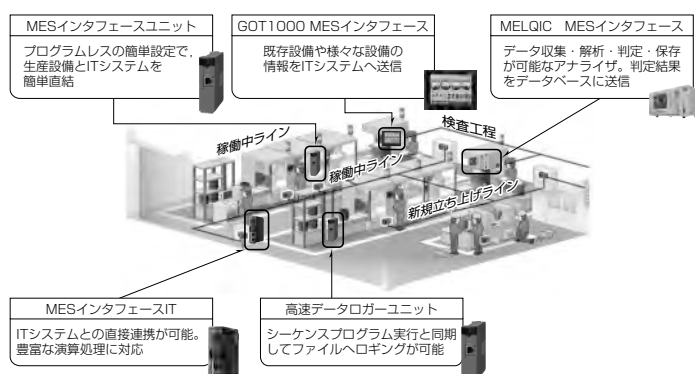


図2. 情報連携製品群

よって様々な形態が存在するが、パソコンが現在ほど低価格・高性能でない時代は、人の目でFAシステムのデータを確認し、人の手でデータを記録し、人の手でパソコンに入力し直し、ITシステムに格納していた。この場合、情報としては正確性に欠けることがしばしばあった。

次にパソコンが低価格・高性能になった昨今では、FAシステムと通信するプログラムを開発し、自動的にデータを収集し、ITシステムに格納するという仕組みが流行した。この方法の場合、収集したデータの正確性は確保できたとしても、データの収集間隔が、パソコン上のプログラムの実行周期に依存するため、時間間隔的なデータの取りこぼしが発生する可能性があった。データの取りこぼしの問題を解消するために、高い周期でデータを収集しようとするすると、ネットワークの負荷が高くなり、高性能で高価なパソコンやネットワーク機器の導入の必要性に迫られる。また、パソコン自体の低寿命によって、システムとして信頼性を低下させる。さらに、パソコンの設置場所を確保する必要がある、といった様々な問題が誘発された。

そこで、シーケンサに直接スロットインできるユニットで、FAシステムとITシステムを直接連携させる仕組みを実現した。情報連携のためのフットプリントを増やすことなく、ネットワークの負荷を上げず、システムの信頼性を損なわず、FAシステムからデータをITシステムにいつでも送信できる仕組み、それが、MESインタフェースITである(図3)。

MESインタフェースITは、三菱FAエネルギーソリューションe&eco-F@ctoryを実現する情報連携製品群の最上位機種であり、FA部門からIT部門に対し直接的かつ能動的にメッセージを送受信し、FAシステムとITシステムを直結できる仕組みを提供する(図4)。

### 3.2 MESインタフェースITの性能

MESインタフェースITは、高いITシステムとの親和性、プログラミングレス、パソコンレス、フレキシブルな機能追加、産業界で利用されている主要データベース(SQL Server, Oracle)サポート、ITシステムで普及している標準の通信手段(XML(eXtensible Markup Language), FTP (File Transfer Protocol), メッセージ通信等)のサポートといった特長を持つ。さらに、非常に簡単に他社PLC

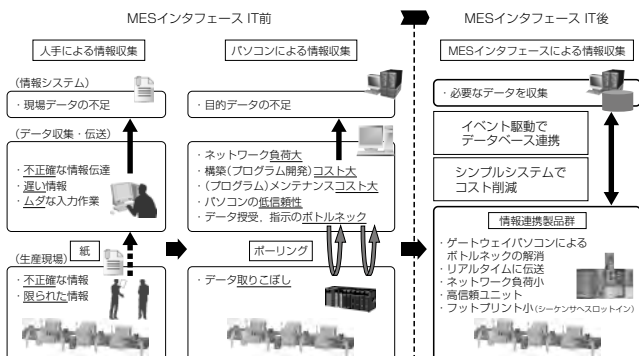


図3. 生産現場における情報収集方式変遷

(Programmable Logic Controller (Allen-Bradley, Siemens, Omron, Schneider)システムに三菱シーケンサをインストールすることもできる。

加えてMESインタフェースIT単独で演算することが可能であり、シーケンサのプログラムを変更することなく、所望のデータに加工してITシステムと連携することが可能である(表1)。

### 3.3 MESインタフェースITの特長

設定はプログラミングレスで行うことが可能であり、MESインタフェースITを活用することで、システム構築時のエンジニアリングコスト及びシステム稼働後のメンテナンスコストの削減が期待できる(図5)。

### 3.4 セキュリティ

MESインタフェースITは、ユーザーアカウント管理機能を用いて、IT技術者及びFA技術者の設定可能範囲を分離することができる。設定項目ごとにきめ細かくアクセス権を設定でき、重要なデータを不要なアクセスから保護

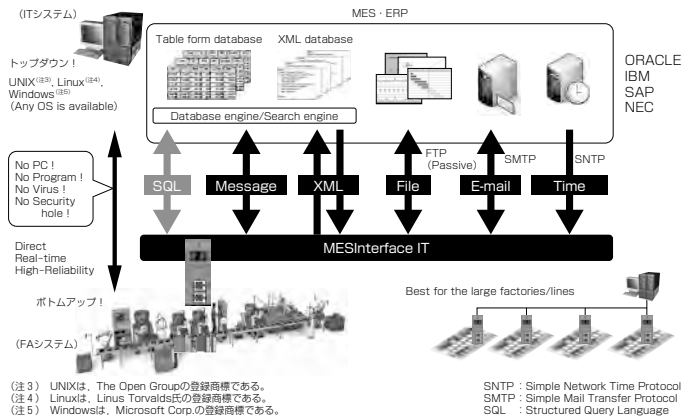


図4. MESインタフェースITのシステム構成

表1. MESインタフェースITの仕様

	MESインタフェースIT
OS	UNIX, Linux, Windows (Any OS is available)
データベース	MS SQL Server, Oracle, IBM DB2 <sup>(注6)</sup>
SQLコマンド	Insert, Update, Select, Delete, Batch Insert, Select with Delete, Select with Update, Stored Procedure, CountRows
メッセージ送信	Message Com. WebSphere MQ, JMS, MSMQ Other Protocol TCP, e-mail, FTP(Passiveモードのみ)
メッセージ受信	TCP, WebSphere MQ, JMS, MSMQ
データフォーマット	XML, ASCII, Free Format
アプリケーション	iTAC.MES, Oracle MOC, SAP MII, IFS-ERP
MELSEC	Qシリーズ, Lシリーズ, FX3CPU
ネットワーク	CC-Link IE Control Network/Field Network Ethernet <sup>(注7)</sup> , MELSECNET/H
他社PLC	Allen-Bradley, Siemens, Omron, Schneider
トリガ種別	定周期・定刻・値監視・ユニット起動時・ハンドシェイク・メッセージ受信・手動・シーケンサからのイベント・別トリガからの起動
アクション	演算・配列操作・ビット操作・デバイス制御・ファイル操作・文字列操作・別トリガ起動・ジョブ制御・乱数発生・バイナリデータ解析
演算	四則演算・剰余・三角関数・最大最小・常用対数・絶対値・その他
データ管理	ローカルデータベース, FTPサーバ機能
アクション制御・条件分岐	IF, FOR, WAITによる条件分岐・繰り返し・待機

(注6) DB2は、IBM Corp.の登録商標である。

(注7) Ethernetは、富士ゼロックス株の登録商標である。





図 5. プログラミングレス



図 6. セキュリティ設定

することが可能である(図 6)。

### 3.5 高 信 頼

MESインタフェースITには、データの信頼性を確保する仕組みとして、Store & Forward機能とローカルデータベースを装備している。

Store & Forward機能は、ITシステムとの通信異常発生時、送信データをユニット内にStoreし、通信復旧後、Storeしたデータを自動的にITシステムにForward送信する。ローカルデータベースは、ITシステム側のデータベースの一部の内容をコピーし、テンポラリーなデータベースをユニット内部に構築する。ITシステムとの通信異常が発生しても、FAシステムへのレシピなどのデータ供給を継続できる。Storeしたデータに対し、SQLコマンド形式でアクセス可能であり、ITシステムとのコミュニケーションをユニット内で再現できる。

## 4. MESインタフェースITを活用した省エネルギーソリューション

MESインタフェースITを活用したe&eco-F@ctoryソリューションを適用した生産ラインの構成を図 7 に示す。ITシステムからMESインタフェースITを介して各生産装置へ生産指示が配信され、生産が開始される。生産中の稼働情報や消費エネルギー等のエネルギー情報はフィールドネットワークを介して収集され、MESインタフェースITを通してデータベースに蓄積される。蓄積されたデータを、生産・エネルギー情報をひも付け、分析することによって、生産性向上、省エネルギーを実現するための改善に用いる。また、現場レベルでは、生産原単位などの実績データを表示器GOTに表示することによって現場での改善につなげる。

グローバル競争が厳しくなり、世界各地に生産拠点が建

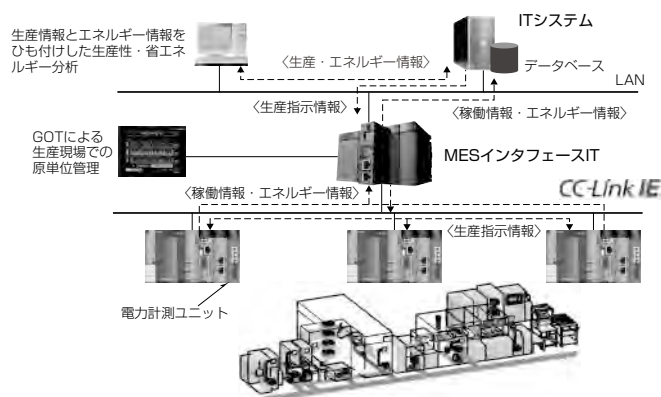


図 7. MESインタフェースITを活用したe&eco-F@ctory構成

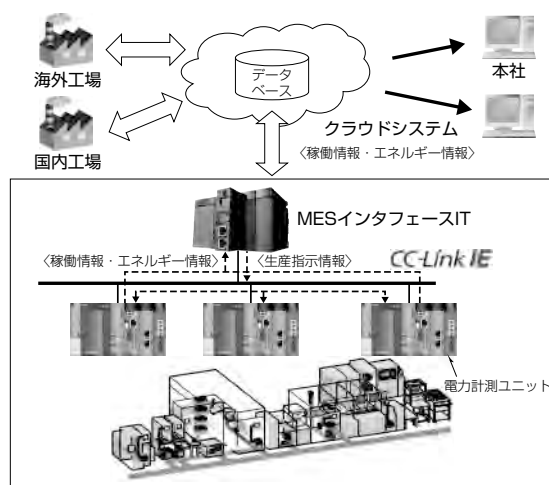


図 8. クラウドシステムとの連携

設されている。また、災害時のBCP(Business Continuity Plan)の策定も重要な課題である。これらの課題を解決するため、クラウドの活用が進んでいる。MESインタフェースITはクラウド上のERPアプリケーションとダイレクトに通信可能であるため、ワールドワイドな生産システムの構築に適している(図 8)。

世界各地の工場の生産データやエネルギーデータを、MESインタフェースITを使ってクラウド上のITシステムのデータベースに蓄え、本社から世界各地の工場の生産状況、エネルギー消費状況、設備保全情報を見ることが可能となり、問題発生時に迅速に対応することができる。

## 5. む す び

生産性の向上と省エネルギーを両立させる三菱FAエネルギーソリューションe&eco-F@ctory, その中核となる情報連携製品群の最上位機種であり多様なシステム構築が可能なMESインタフェースIT及びMESインタフェースITを活用したe&eco-F@ctory構成について述べた。

今後は、e&eco-F@ctoryとBEMS(Building and Energy Management System), HEMS(Home Energy Management System)等の連携ソリューションを検討する予定である。

# CC-Link IEフィールドネットワーク ブロックタイプリモートユニット

矢木孝浩\*  
加藤謙吾\*

CC-Link IE Field Network Block Type Remote Unit

Takahiro Yagi, Kengo Kato

## 要 旨

近年のFAネットワークでは、Ethernet<sup>(注1)</sup>技術を活用したネットワークに対する要望が強くなりつつある。この流れは上位情報システムとの通信だけでなく、下位のフィールド領域に関するネットワークまで拡大してきている。

また、今日の製造業では、グローバル競争の激化に伴い製品価格の下落、製品ライフサイクルの短期化、急変動する生産量への迅速な対応が必須となっている。このため、トレーサビリティ(製造履歴情報)管理が重要度を増し、扱うデータ量が増大する傾向にある。

一方、システムの構築・運用・保守に関わるエンジニアの人材不足が深刻化しつつあり、高度な知識が不要で簡単に扱えるネットワーク・機器が望まれている。

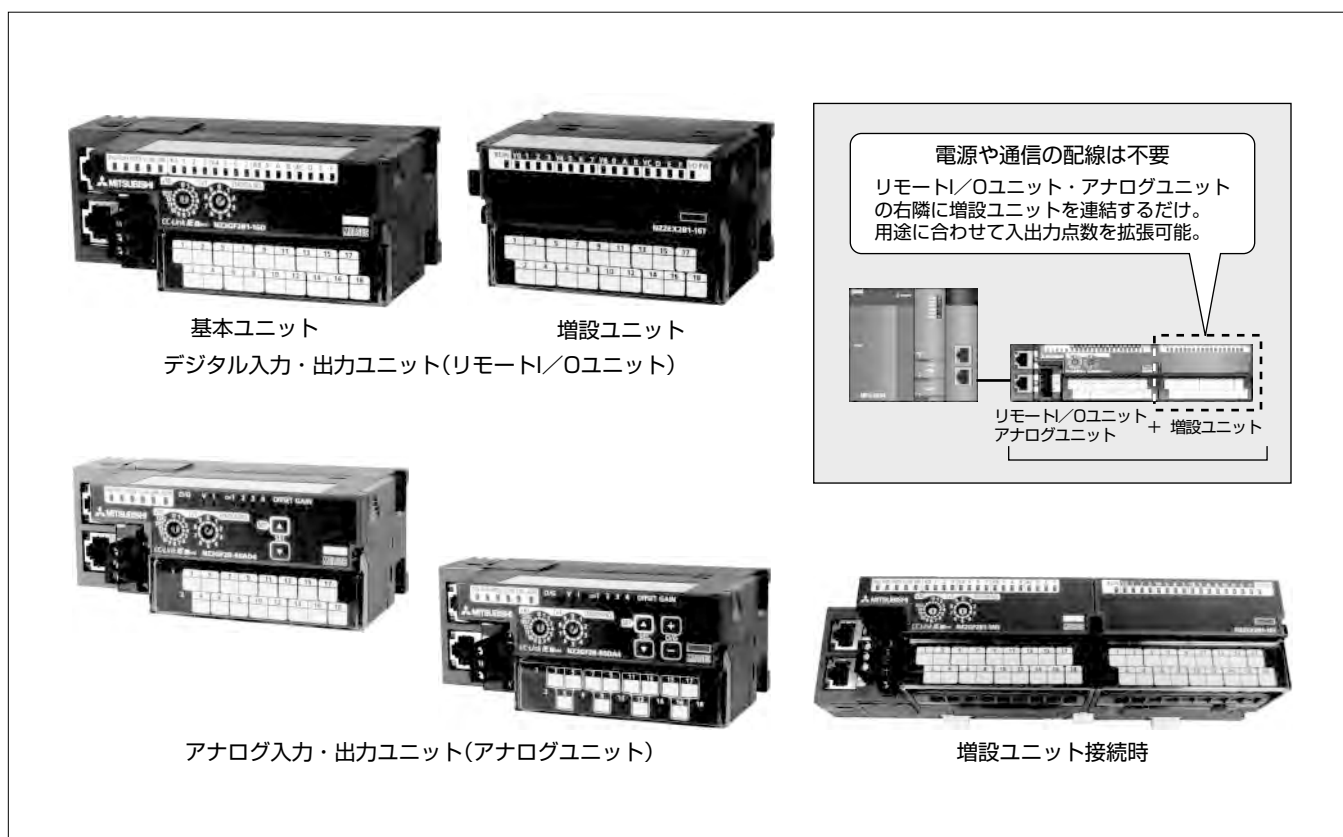
このような動向から、三菱電機ではフィールドネットワ

ークとして、ギガビットイーサネットをベースにしたオープンネットワークであるCC-Link IE フィールドネットワークを提案してきた。これによって、高速な制御データと、トレーサビリティのための管理データ等の様々なデータが混在して高速に通信することが可能となっている。

今回、このネットワークを更に使いやすいものにするため、小点数のI/Oを分散配置するのに適した“ブロックタイプのリモートユニット”とそれに接続可能な“増設ユニット”を製品化した。

本稿では、ブロックタイプリモートユニットの機能・特長、及び開発にあたり採用した技術を述べる。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス株の登録商標である。



## CC-Link IEフィールドネットワーク ブロックタイプリモートユニットのラインアップ

CC-Link IEフィールドネットワークは、1つのネットワークでコントローラ分散、I/O制御、モーション制御等の混在構成を可能とする。今回、I/O制御を強化する目的で、単体ユニット設置が可能なブロックタイプのリモートユニットをラインアップした。デジタルの入力・出力ユニットに加え、アナログの入力ユニット、出力ユニットの品ぞろえを実施した。



## 1. ま え が き

CC-Link IEフィールドネットワークは汎用技術であるEthernetをベースに、制御データ、診断データが混在し、インテリジェント化する新しいタイプの製造システムに向けたフィールドネットワークとして、2010年に市場投入した。これによって装置の制御データだけでなく、製造情報のトレーサビリティや製造プロセス改善のためのデータ収集(動作状態)、機器管理(設定、モニタ)、機器保全(監視、故障検出)等のデータが混在可能となっている。

今回、I/O制御を強化し、CC-Link IEフィールドネットワークを更に使いやすいものにするため、小点数I/Oの単体設置に最適なブロックタイプリモートユニットを開発した(表1)。デジタル入力/出力ユニット(以下“リモートI/Oユニット”という。)3機種、アナログ入力/出力ユニット(以下“アナログユニット”という。)2機種に加え、デジタル入力/出力については増設ユニット3機種を開発し、基本ユニットとの組合せによる拡張性も実現している。

## 2. CC-Link IE フィールドネットワークの特長

### 2.1 CC-Link IEフィールドネットワークの通信仕様

CC-Link IEフィールドネットワークの通信仕様を表2に示す。物理層に、IEEE802.3ab(1000BASE-T)規格に準拠した通信技術を導入し、通信速度1Gbpsを実現している。

### 2.2 CC-Link IEフィールドネットワークの特長

#### 2.2.1 通信の高速化

CC-Link IEフィールドネットワークは超高速のギガビット伝送とリアルタイムプロトコルによって、伝送遅れの少ないリモートI/O制御が可能である。

#### 2.2.2 サイクリック通信の定時性保証強化

1Gbpsの通信帯域をI/O制御用のサイクリック通信と、トレーサビリティや機器の診断データを収集するトランジェント(メッセージ)通信に分けて確保する。このため、データサイズの大きいトランジェント(メッセージ)通信が増大しても、サイクリック通信の通信サイクルに影響を及ぼすことなく(サイクリック通信の定時性を保証)、安定した高速制御を継続でき、製造システムや装置の性能安定化につながる。

#### 2.2.3 シームレスなネットワーク環境

トランジェント通信によって、ネットワーク階層を越えて、機器のモニタ・設定が可能で、この通信によって、装置の遠隔管理を手助けし、製造現場の“見える化”を支援できる。

#### 2.2.4 オールラウンドなネットワーク

1つのネットワークでコントローラ分散、I/O制御、モーション制御の混在構成が可能である。

#### 2.2.5 自由度の高い配線性

スター型、ライン型、スター型・ライン型混在、リング

表1. ブロックタイプリモートユニット

種類	形名	概要
基本ユニット	リモートI/Oユニット	NZ2GF2B1-16D 16点DC入力(プラス/マイナスコモン共用タイプ)
		NZ2GF2B1-16T 16点トランジスタ出力(シンクタイプ)
		NZ2GF2B1-16TE 16点トランジスタ出力(ソースタイプ)
	アナログユニット	NZ2GF2B-60AD4 4ch A/D変換ユニット
増設ユニット		NZ2GF2B-60DA4 4ch D/A変換ユニット
	I/Oユニット	NZ2EX2B1-16D 16点DC入力(プラス/マイナスコモン共用タイプ)
		NZ2EX2B1-16T 16点トランジスタ出力(シンクタイプ)
		NZ2EX2B1-16TE 16点トランジスタ出力(ソースタイプ)

表2. CC-Link IEフィールドネットワークの通信仕様

項目	仕様
通信速度	1 Gbps
1ネットワーク当たりの最大接続局数	121台(マスタ局1台、スレーブ局120台)
接続ケーブル	Ethernetケーブル(カテゴリ5e以上)
局間距離(最大)	100m
最大ネットワーク数	239
トポロジ	ライン型、スター型、ライン型・スター型混在、リング型

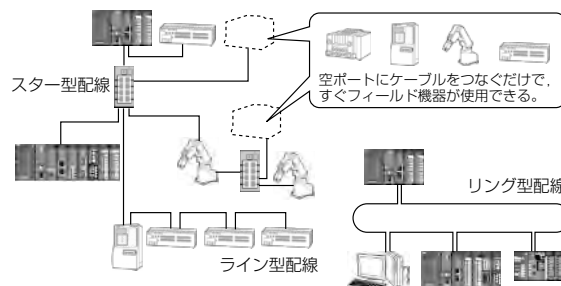


図1. ネットワーク構成

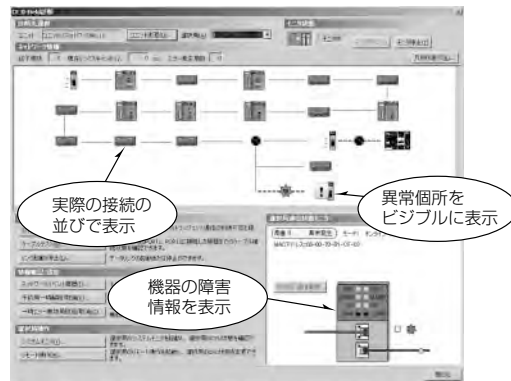


図2. ネットワーク診断画面

型のネットワーク構築が可能で、より自由にフィールド機器を設置することが可能である(図1)。

#### 2.2.6 高度なネットワーク診断

機器及び伝送路(ケーブル)障害発生時のトラブルシュート支援のため、ネットワーク診断機能の充実も図っている。図2に示すとおり、ネットワーク上の各局並びや動作状態をビジュアルに表示することができるため、高度な知識は不要で誰でも簡単にトラブルシュートが可能である。

## 3. ブロックタイプリモートユニットの特長

顧客がリモートユニットに求める要件としては、小型化、

使いやすさ、拡張性、高機能・高性能が挙げられる。ブロックタイプリモートユニットは、これらの要件を満たすために、次に示す特長的な機能を実現した。

### 3.1 製品の小型化

従来のCC-Link IEフィールドネットワーク用リモート局は、電源部や通信部、I/O部分が別々のユニットになっており、それらを組み合わせて構成する方式であった。多点数で使用する場合は、各種ユニットを組み合わせる際には、必要となるユニットが多くなり、ユニットサイズも大きくなってしまっていた。そこで、CC-Linkリモートユニットのように、小点数を分散配置するのに最適な単体ユニットとして、電源部・通信部・I/O部を一体化したブロックタイプとすることで、設置面積比では約45%、体積比では約61%の削減を実現した(図3)。

一方、高密度化した弊害として、基板間でのノイズ干渉や、熱対策が必要となった。ノイズについては部品配置の最適化や対策回路の定数見直し、シールド板形状の見直しを実施した。熱については、放熱シートや板金の追加によって、対策を実施することで、従来と同等品質を確保した。取付け方向に関しても6方向の取付けを可能としてユニットの設置自由度を確保している(図4)。

### 3.2 増設機能

小点数を分散配置するのに最適なブロックタイプリモートユニットとした一方、拡張性も確保するため、I/O点数を増設可能な機能を追加した(図5)。

この増設機能によって、I/Oユニットの点数増加だけでなく、入力と出力の混在や、アナログユニット等、自由自在な組合せを実現し、フレキシブルなシステム構成を実現した。

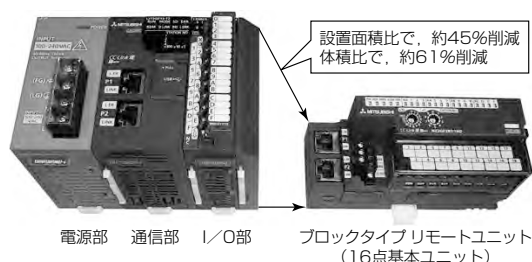


図3. ユニットの小型化

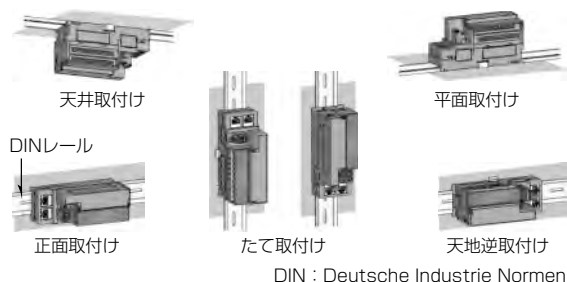


図4. 6方向取付け

なお、今回は増設1段だけの仕様であるが、将来的には多段増設への対応も可能となるように回路の作りこみを実施し、更なる拡張性も確保している。

### 3.3 各種機能の簡単設定

ユニットのパラメータをエンジニアリングソフトウェア“GX Works2”で簡単に設定できるようにするため、プルダウンリストによる選択や、設定項目の設定範囲・説明文の表示等を実現した(図6)。

### 3.4 トラブルシューティングの容易性

2.2.6項で延べたネットワーク診断機能のほかに、リモートユニットとして次の機能も搭載し、異常発生時の原因究明や、復旧作業を容易にした。

#### (1) エラー履歴の確認が可能

リモートユニット内に、過去のエラーと発生時間の履歴を格納し、トラブル発生時の原因究明を容易にした。

#### (2) ユニット交換が容易

ユニット電源・FG(Frame Ground)用端子台、入出力端子台に2ピース構造を採用し、配線を取り付けたままユニットの交換が可能である。また、入出力端子台はリフトアップ構造のため、端子台取付けねじを緩めるだけで端子台が浮き上がり、簡単に取り外すことができる。

### 3.5 リモートI/Oユニットの特長

リモートI/Oユニットとしての、その他の特長について次に述べる。

#### (1) ファストロジック機能

入力に対して出力を高速に変化させる機能として、ファストロジック機能を新たに設けた。これは設定された特定の入力条件を満たしたとき、マスタユニットを介さずにリモートユニット内だけの処理で出力が可能な機能である。

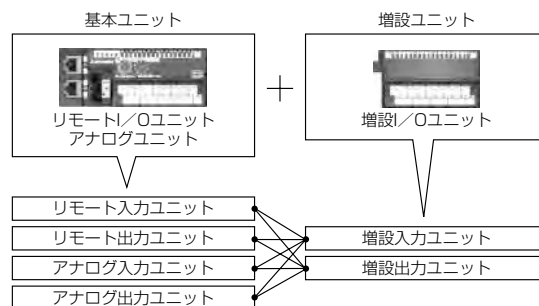


図5. 増設機能



図6. ユニットのパラメータ設定画面

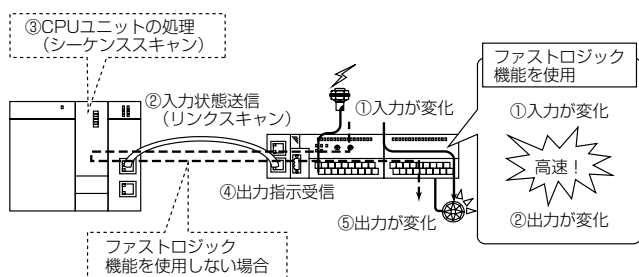


図7. ファストロジック機能

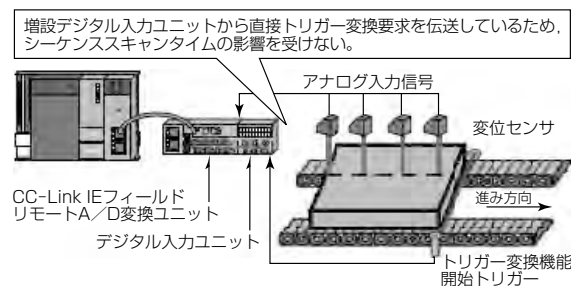


図9. トリガー変換機能

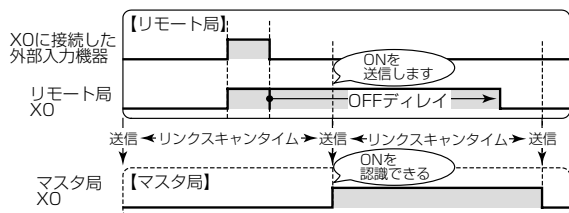


図8. 入力OFFディレイ機能

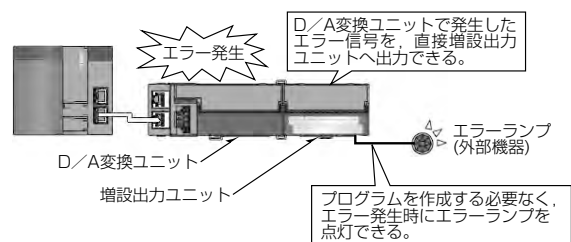


図10. 外部信号割り付け機能

これによって、シーケンスキャンやリンクスキャンの影響を受けることなく、高速な入出力制御が可能となる(図7)。

## (2) 入力応答時間設定機能

入力応答時間を“0 ms/0.2ms/ 1 ms/1.5ms/ 5 ms/10ms/20ms/70ms”から選択することが可能で、入力に対するノイズの影響を抑えながら、最速な入力応答時間を確保できる。また、基本ユニットと増設ユニットで別々の応答時間を設定することができる。

## (3) 入力OFFディレイ機能

実入力信号がONからOFFになった後、一定時間経過後に、内部入力信号をOFFする機能である(図8)。これによって入力のON時間が極めて短い場合でもプログラムで確実に認識することが可能となる。

## (4) 出力ON回数積算機能

各出力点の通算ON回数を積算し保持することが可能で、リレーなど外部接続機器の交換時期の目安に使用することが可能である。

## (5) 外部供給電源監視

出力回路動作の外部供給電源の供給状態を確認可能である。また、電源供給状態はユニットのLED(Light Emitting Diode)にも表示する。

## (6) 出力HOLD/CLEAR設定

CPUユニットがSTOP状態になったとき、又はデータリンクから解列したときに、直前にユニットから出力されていたデジタル値(ON/OFF)を保持するかクリアするかを設定できる。

## 3.6 アナログユニットの特長

アナログユニットの特長について次に述べる。

### (1) トリガー変換機能

アナログ入力信号を任意のタイミングでデジタル値に変換できるようにするため、増設ユニットの入力を変換のト

リガーとして使用できるようにした。この機能によって、シーケンスキャンタイムやリンクスキャンタイムの影響を受けずにアナログデジタル(A/D)変換が実現できるため、定時性を重視する精密制御の用途に使用できる。機能の設定は、GX Works2のパラメータ画面から簡単、かつビジュアルに設定できる(図9)。

### (2) 外部信号割り付け機能

警報やエラー等の発生を通知する手段の一つとして、増設ユニットの入出力信号に、アナログユニットのリモート入力信号、又はリモート出力信号を割り付ける機能を追加した(図10)。警報出力信号やエラー状態フラグ等の信号を外部出力信号として割り付けた場合、警報やエラーの発生状態をユニットから直接外部へ出力することが可能となり、システムのリアルタイム性や応答性向上に貢献できる。

## 4. む す び

ブロックタイプのリモートユニットとして、今回はリモートI/Oとアナログユニットを開発したが、その他の特殊機能ユニットもラインアップして、品ぞろえの充実を図っていく。

また、ブロックタイプのリモートI/Oユニットとしても、端子台タイプ以外に、コネクタタイプやスプリングクランプ端子台タイプ等の品ぞろえを拡充することで、CC-Link IEフィールドネットワークが顧客にとってより魅力のあるものにしていく。

## 参 考 文 献

- (1) 河本久文：CC-Link IEフィールドネットワークの開発，三菱電機技報，84，No. 3，179～182（2010）

# CC-Link IEフィールドモーション機能対応 シンプルモーションとサーボアンプ

鍛冶万平\*  
 坂石卓哉\*

CC-Link IE Field Network Motion Function Compatible Simple Motion Module & Servo Amplifier

Bampeï Kaji, Takuya Sakaishi

## 要 旨

“CC-Link IEフィールドネットワーク”に対応したシンプルモーションユニット“QD77GF16”とサーボアンプ“MR-J4-B-RJ010”を開発した。主な特長は次のとおりである。

### (1) CC-Link IEフィールドネットワーク

オープンネットワークであるCC-Link IEフィールドネットワークに定周期通信機能と同期通信機能を追加し、モーション制御にも適用できるネットワークとした。

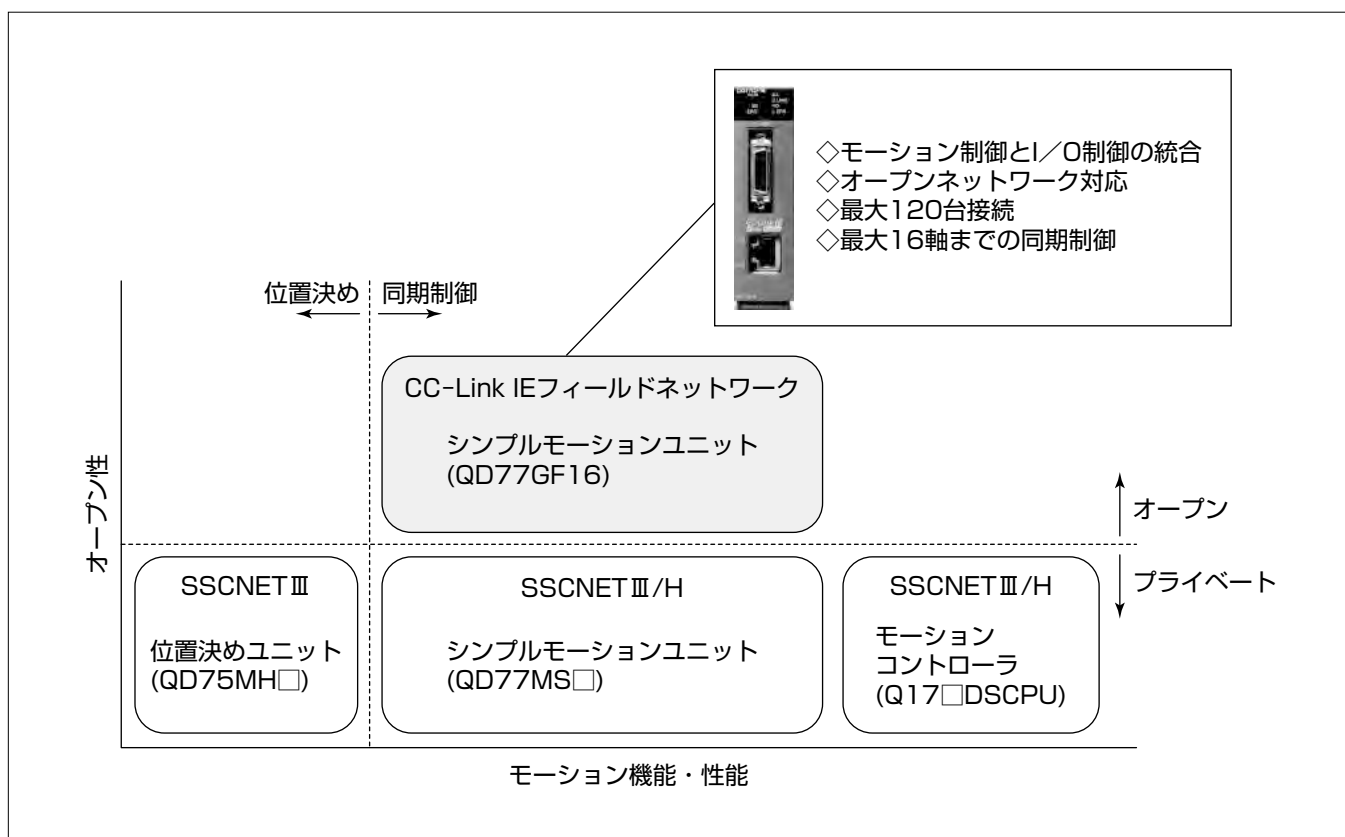
さらに、シンプルモーションユニットとサーボアンプのインタフェースであるドライブプロファイルは国際標準規格CiA402に準拠した。これによって、サードパーティーメーカーはCC-Link IEフィールドネットワーク対応機器を容易に開発でき、接続機器の拡充が図れる。

### (2) モーション制御とI/O制御の統合

“MELSEC-Qシリーズ”のインテリジェント機能ユニットである“SSCNETⅢ/H”対応シンプルモーション“QD77MS16”のモーション制御機能とCC-Link IEフィールドネットワークマスタ・ローカルユニット“QJ71GF11-T2”のI/O制御機能を継承し、ネットワークの統合を実現した。

### (3) 同期通信機能によるI/O機器と駆動機器の親和性

マスタ局とスレーブ局の演算周期が同期することで、入出力データのリアルタイム性が確保される。これによって、同期通信機能に対応した高速カウンタやリモートI/Oとの入出力データをシンプルモーションユニットが行うモーション制御に用いることができる。



## CC-Link IEフィールドネットワーク対応シンプルモーションユニット“QD77GF16”の位置付け

CC-Link IEフィールド対応シンプルモーションユニットQD77GF16は、SSCNETⅢ/H対応シンプルモーションユニットQD77MS16とCC-Link IEフィールドネットワークマスタ・ローカルユニットQJ71GF11-T2の両方の機能を持ったユニットである。SSCNETⅢ/H対応製品では対応が難しいネットワークの統合や多種多様な製品との接続を求める分野に適したユニットである。

## 1. ま え が き

三菱電機サーボシステムコントローラネットワーク (SSCNET) は、高速な通信周期と高ノイズ耐性を実現し、モーション制御分野における高シェアを達成している。

しかしながら、一方でネットワークに関する次の要望が近年高まっている。

### (1) 複数のネットワークの統合

生産システムの大規模化・複雑化によって、接続機器の台数が増加している。省配線化・コスト削減・取扱いの統合の観点から、一般制御 (I/O 制御・コントローラ間通信)・モーション制御・安全制御の複数のネットワークを統合する要望がある。

### (2) 多種多様な製品との接続性・国際標準規格準拠

既存システムからの置き換えの容易性 (既存機器との互換性) やシステムに最適な機器の選択性から、多種多様な製品と接続できる、国際標準規格に準拠したオープンネットワークを志向する。

このような要望を持った分野に対して、モーション制御に特化したプライベートネットワークである SSCNET による製品では対応が難しい。

そこで、一般制御・安全制御を統合するオープンネットワークである CC-Link IE フィールドを、モーション制御も統合可能なネットワークに拡張するための定周期通信機能と同期通信機能を合わせ持ったモーション機能を新規開発した。また、接続機器ラインアップの拡充を達成するため、国際標準規格に基づくドライブプロファイルを策定した。同時に、今回追加した CC-Link IE フィールドモーション機能とデバイスプロファイルに対応したシンプルモーションユニット QD77GF16 とサーボアンプ MR-J4B-RJ010 を開発した。

本稿では、CC-Link IE フィールドモーション機能及びドライブプロファイルと、その対応製品について述べる。

## 2. CC-Link IE フィールドネットワーク

### 2.1 CC-Link IE フィールドモーション機能

複雑な軌跡制御や高精度な同時始動を行うモーション制御には、サーボアンプ同士の演算周期が同期する必要がある。しかし、従来の CC-Link IE フィールドネットワークでは、非同期に制御を行うため、モーション制御に適用できない。

そこで、今回、図 1 に示す定周期通信機能と同期通信機能を CC-Link IE フィールドネットワークに追加し、モーション制御にも適用できるネットワークとした。なお、CC-Link IE フィールドネットワークのオープン仕様として両機能を合わせて、モーション機能と呼ぶ。

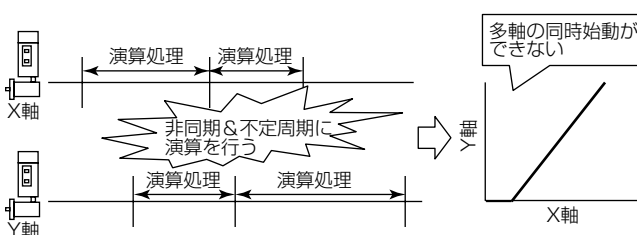
同期通信機能の実現方法として、基本方式と伝播 (でんぱ) 遅延時間補正方式を策定した。基本方式では、マスタ

局からの同期フレームを受信したタイミングでスレーブ局の処理を開始する。ここで、同期フレームが局間を通過する際に、伝播遅延時間が発生し、スレーブ局同士の演算周期の開始タイミングにはズレが発生する。伝播遅延時間補正方式では、この伝播遅延時間を計測し、補正を行うことで、更に高精度な同期を実現できる (図 2)。

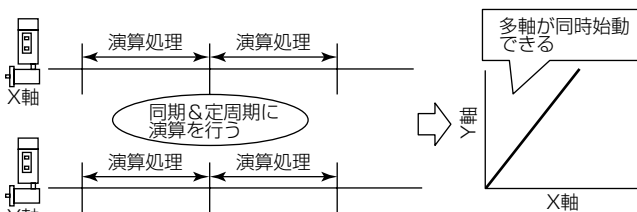
### 2.2 ドライブプロファイル

CC-Link IE フィールドネットワークを普及促進するために、国際標準規格 IEC61800-7 (CiA402) に基づくドライブプロファイル仕様を策定した (図 3)。

ここで、ドライブプロファイルとは、対象機器におけるネットワークに関する設定・指令・ステータスと、それらを機器間で送受信するためのインタフェースを規定するものである。

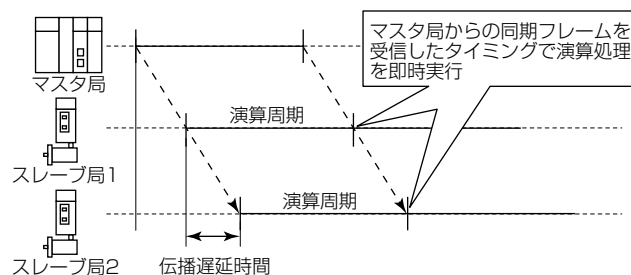


(a) 従来の CC-Link IE フィールドネットワーク

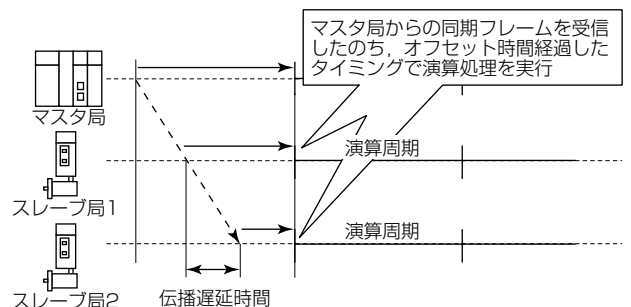


(b) CC-Link IE フィールドモーション機能 (定周期・同期通信機能)

図 1. CC-Link IE フィールドモーション機能



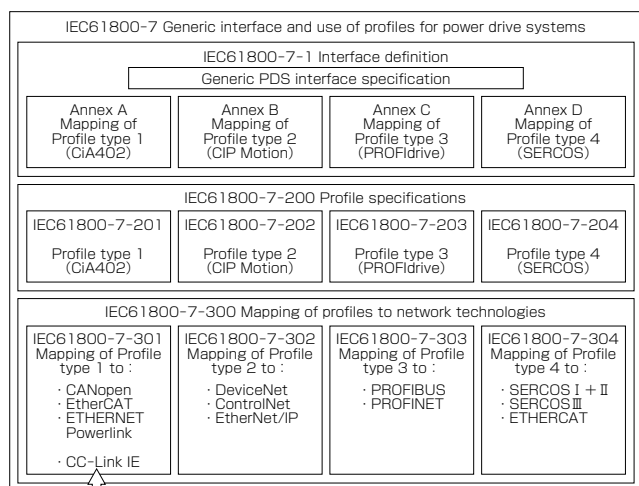
(a) 基本方式



(b) 伝播遅延時間補正方式

図 2. 基本方式と伝播遅延時間補正方式





IEC61800-7-301の次回改定時に追記される見通し

出典：国際電気標準会議規格 IEC61800-7-200

図3. IEC61800-7規格体系

今回策定したドライブプロファイルでは、機器間で送受信する指令やステータスは、それぞれオブジェクト形式で管理する。また、各オブジェクトに対するリード／ライトアクセスを行うためのインタフェースを備える。各機器は目的の指令やステータスに対応するオブジェクトのリード、又はライトアクセスのコマンドを発行することで、機器間でデータの送受信を行うことができる。

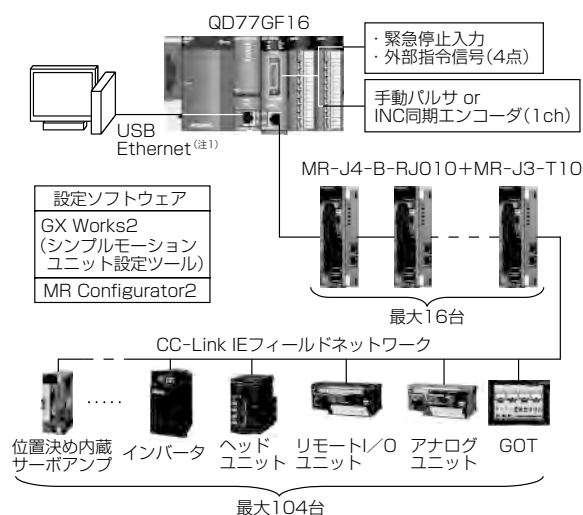
現在、策定したドライブプロファイルはCiA (CAN in Automation)を通じてIEC (International Electrotechnical Commission)規格としての国際標準化を推進中である。既に2012年4月時点でIEC61800-7-301規格への追記についてIECの承認が得られており、今後プロファイル仕様の審議を経て規格が成立する。なお、今回開発したシンプルモーションユニットQD77GF16とサーボアンプMR-J4-B-RJ010はこのドライブプロファイルに準拠している。

既にCiA402準拠による他オープンネットワーク機器を持つサードパーティーメーカーは、通信ドライバ部をCC-Link IEフィールドネットワークに変更するだけで、QD77GF16、又はMR-J4B-RJ010と接続できる。すなわち、サードパーティーメーカーによる開発工数を削減し、容易にCC-Link IEフィールドネットワーク対応の駆動機器を開発できる。これによって、接続機器ラインアップが充実し、ユーザーは多種多様な機器を選択できる。

### 3. QD77GF16の製品概要と主な特長

#### 3.1 モーション制御とI/O制御の統合

シンプルモーションユニットQD77GF16は、SSCNETⅢ/H対応シンプルモーションユニットQD77MS16のモーション制御機能とCC-Link IEフィールドネットワーク マスタ・ローカルユニットQJ71GF11-T2のI/O制御機能の両機能を保持する。すなわち、図4に示すとおり、同一ネットワーク上にI/O制御を行うスレーブ機器とモーション制御を



(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

USB: Universal Serial Bus

GOT: Graphic Operation Terminal

図4. システム構成

行うサーボアンプを接続できる。これによって、ケーブルの省配線化、敷設容易化によるコスト削減を達成できる。

SSCNETⅢ/H対応シンプルモーションユニットQD77MS16との性能・機能比較を表1に示す。シンプルモーションユニットQD77MS16と同等の機能を持っており、同期制御(カム制御)を必要とする食品包装機などの分野へ適用できる。

CC-Link IEフィールドネットワークマスタ・ローカルユニットQJ71GF11-T2との性能・機能比較を表2に示す。リンクデバイス点数はマスタ・ローカルユニットよりも削減しているが、I/O制御を行うには十分なデバイス点数を保持する(マスタ・ローカルユニットはコントローラ間通信を行うため、リンクデバイス点数が多い)。また、接続台数はサーボアンプを含めて120台、伝送路形式はライン型とスター型が可能である。これによって、大規模なシステムを構築する半導体・自動車分野などへ適用できる。

#### 3.2 同期通信機能対応I/O機器との親和性

従来のシステム構成では、シンプルモーションユニットが用いる位置情報を検出する外部エンコーダや高精度な応答時間を要求するセンサは、データのリアルタイム性を確保するために、シンプルモーションユニットとハードワイヤで接続する必要があった。しかし、2.1節で示した同期通信機能に対応したスレーブ局との入出力データのリアルタイム性は高い。従来のCC-Link IEフィールドネットワークでは、スレーブ局が非同期に動作するため、入出力データのリアルタイム性が低い。

今後、同期通信機能に対応するリモートI/O、高速カウンタユニットと、それらの機器と組み合わせた機能を開発する。その機能によって、これまでハードワイヤで接続していた機器を、ネットワーク上に接続することができる。すなわち、従来のシステム構成で敷設していたハードワイヤが不要となり、システムを構築する工数を削減できる。

表 1. QD77GFとQD77MSの比較

項目	QD77GF	QD77MS
制御軸数	16軸	2 / 4 / 16軸
演算周期	0.88ms/8軸 1.77ms/16軸	0.88ms/16軸
補間機能	直線補間(2軸, 3軸, 4軸), 円弧補間(2軸)	
同期制御(カム制御)	○	○
マーク検出	○	○
速度・トルク制御	○ <sup>(注2)</sup>	○
押し当て制御	○ <sup>(注2)</sup>	○
I/O機器接続	○	×

(注 2) 近日対応予定

表 2. QD77GF16とQJ71GF11-T2の比較

項目	QD77GF16	QJ71GF11-T2
リンク デバイス 点数	RWw	1,024点
	RWr	1,024点
	RX	8,192点
	RY	8,192点
伝送路 形式	ライン型	○
	スター型	○
	リング型	×
接続台数	サーボアンプ	最大16台
	その他	最大104台
接続局 種別	ローカル局	×
	インテリジェントデバイス局	○
	リモートデバイス局	○
	リモートI/O局	○

(注 3) 将来対応

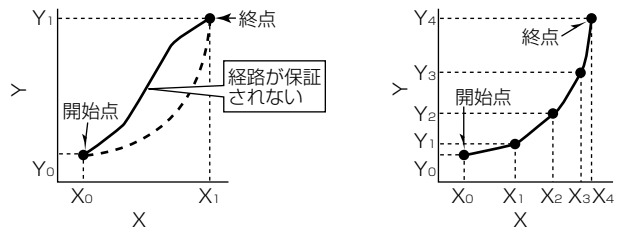
#### 4. MR-J4-B-RJ010の製品概要と主な特長

サーボアンプMR-J4-B-RJ010はCC-Link IEフィールドネットワークインタフェースユニットMR-J3-T10と組み合わせ使用して使用するオプションユニット外付け型の汎用ACサーボアンプである。SSCNETⅢ/H対応サーボアンプ“MR-J4-B(-RJ)”の基本機能を継承し、通信インタフェースをCC-Link IEフィールドネットワークに対応した。

ここで、CC-Link IEフィールドネットワーク対応の既存製品としては、終点位置指令方式のサーボアンプ“MR-J3-T”がある。しかし、MR-J3-TはCC-Link IEフィールドネットワークのモーション機能に非対応のため、簡単なPTP(Point to Point)制御しか対応していない。そのため、適用分野が複雑なモーション制御を必要としない分野だけに限定されていた。

一方、MR-J4-B-RJ010ではCC-Link IEフィールドモーション機能に対応した。これによって、高精度な局間同期と逐次位置指令制御による複雑な軌跡制御を実現した(図 5)。

MR-J4-B-RJ010のMR-J3-TとMR-J4-B(-RJ)との比較を表 3 に示す。先に述べたとおり、MR-J4-B-RJ010は、MR-J3-Tよりも複雑な制御を行うことができ、MR-J4-Bと同様に様々な分野に適用できる。



終点位置(X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>)を指定すると、各軸が各々の時間で終点まで移動。開始点から終点までの軌跡は制御不可

互いに同期した各軸が一定周期ごとに目標位置(X<sub>n</sub>, Y<sub>n</sub>)に移動。開始点から終点までの軌跡を細かく制御可能

(a) 終点位置指令制御

(b) 逐次位置指令制御

図 5. 終点位置指令制御と逐次位置指令制御の違い

表 3. サーボアンプの比較

項目\機種	MR-J4-B-RJ010	MR-J3-T	MR-J4-B(-RJ)
ネットワーク	CC-Link IE フィールド モーション機能	CC-Link IE フィールド	SSCNETⅢ/H
公開/非公開	公開		非公開
同期/非同期	同期	非同期	同期
指令方式	逐次指令	終点指令	逐次指令
対応制御モード	位置	位置決め	位置・速度・トルク
対応容量	0.1～7 kW	0.1～22kW	0.1～22kW
対応モータ	回転型		回転型・DD・リニア
通信周期	最短0.88ms		最短0.22ms

#### 5. む す び

複数のネットワークの統合、多種多様な製品との接続性、また国際標準規格準拠に関する市場要求が高まる中、CC-Link IEフィールドをより複雑なモーション制御にも適用し得るネットワークとするために、定周期・同期通信機能を実現するモーション機能と呼ぶ新機能を開発した。合わせてこの機器で用いるドライブプロファイル仕様を策定及び公開し、国際標準規格化を推進中である。

同時に、新たにモーション機能を持ったCC-Link IEフィールドネットワークに対応し、モーション制御とI/O制御を統合するシンプルモーションユニットQD77GF16とサーボアンプMR-J4-B-RJ010を開発した。この開発品によって、これまでのSSCNETⅢ/H対応製品では顧客の要望を満たすことが難しい分野についても対応できる。

今回の開発では、シンプルモーションユニットQD77GF16とサーボアンプMR-J4-B-RJ010は基本方式による同期通信機能を実装し、より高精度な同期が必要な分野への適用を実現する。また、シンプルモーションユニットQD77GF16は同期通信機能に対応したリモートI/O、アナログユニット(開発予定)と組み合わせた機能を開発し、更なるシェア拡大を目指す。サーボアンプMR-J4-B-RJ010は、対応容量の拡大、速度指令制御及びトルク指令制御への対応等、高機能化を進める。これらの付加価値向上によって、製品適用分野の更なる拡大を図る。

# NCサーボ・主軸駆動ユニット “MDS-D2/DH2/DM2シリーズ”

田辺 章\*  
 澤木 潤\*  
 林 良知\*

*Servo & Spindle Drive Units for NC "MDS-D2/DH2/DM2 Series"*

*Akira Tanabe, Jun Sawaki, Yoshitomo Hayashi*

## 要 旨

工作機械において、送り軸や主軸の高速・高精度化は、機械としての性能を左右する重要な要素であり、NC駆動システムの中でもサーボ・主軸駆動ユニットといった駆動部が担う役割は大きい。

また、近年における中華圏や新興市場の進展によって市場環境は大きく変化している。国内・欧州メーカーでは差別化を図るため工作機械としての高付加価値化を推進するとともに、価格競争に生き残るための低コスト化を図る必要があり、駆動部に対する要求もますます厳しいものになってきている。

このような要求にこたえるために、三菱電機は、NCサーボ・主軸駆動ユニット“MDS-D2/DH2/DM2シリーズ”を開発し、製品化した。

各シリーズのラインアップは、次のとおりである。

- (1) 200V系, MDS-D2シリーズ
  - ・サーボ公称最大電流(peak時) : 20~320A
  - ・主軸容量 : 1.5~55kW
- (2) 400V系, MDS-DH2シリーズ
  - ・サーボ公称最大電流(peak時) : 10~200A
  - ・主軸容量 : 3.7~100kW
- (3) MDS-DM2シリーズ
  - ・サーボ公称最大電流(peak時) : 80, 120A
  - ・主軸容量 : 7.5~15kW

本稿では、これらのシリーズの開発で取り組んだシステム最適設計や、新規の機能設計及び技術について述べる。



MDS-D2-Vxシリーズ



MDS-D2-SPシリーズ



MDS-DM2シリーズ

## NCサーボ・主軸駆動ユニット“MDS-D2/DH2/DM2シリーズ”

MDS-D2/DH2シリーズは、コンバータ分離型のドライブユニットであり、サーボモータ駆動用のVxシリーズ、主軸モータ駆動用のSPシリーズをラインアップしている。

MDS-DM2シリーズはコンバータ、サーボ・主軸ドライブを一体化したオールインワンタイプである。

## 1. ま え が き

工作機械市場では、近年、機械生産・消費ともに世界第1位となった中国を中心としたアジア市場で急速に規模が増加している。昨今の金融不安などを背景とした一時的な低迷は見られるものの、今後も中華圏を中心に、新興国市場を含めて中長期的な拡大が予想されている。

この市場で、国内・欧米の機械メーカーは、コスト競争力を高めた中級機種の投入や、高精度化や高機能化といった差別化を進めている。一方のアジア・新興国の機械メーカーでも技術力の進展によってその競争は厳しいものとなっている。

よって、CNC(Computerized Numerical Control)・駆動ユニット・アクチュエータを含めたNC駆動システムとしては、機械としての直接的な性能と言える高速・高精度化に加え、高付加価値化を実現することが要求されている。このような要求にこたえるため、当社は新型NCサーボ・主軸駆動ユニットとなるMDS-D2/DH2/DM2シリーズを開発した。

これらのシリーズにおける特長は次のとおりである。

- (1) 高性能化 : 専用制御アーキテクチャ開発
- (2) 安全機能向上: STO機能対応
- (3) 信頼性向上 : 部品点数削減
- (4) 耐環境性向上: 電源回生制御方式の最適化

本稿では、これらのシリーズの開発で取り組んだシステム最適設計や、新規の機能設計及び技術導入について述べる。

## 2. システム設計の取組み

### 2.1 システムLSI設計の最適化

NC駆動ユニットにおける主要機能として、上位コントローラにあたるCNCとのネットワーク処理及びモータの駆動制御(位置・速度・電流)がある。従来機種における制御系LSI構成は、これら主要機能のうち、電流制御コアに専用ASIC(Application Specific Integrated Circuit)を用い、その他の処理については汎用CPUを用いていた。

MDS-D2/DH2/DM2シリーズでは、これまで複数のICで実現していた処理を、SoC(System on Chip)を適用し1チップで可能とした。これによって、基本性能向上を図るとともに、部品点数を削減することを可能とし、製品の信頼性向上を実現した(図1)。

### 2.2 機能安全への取組み

工作機械における高付加価値機能として、近年、欧州及び国内を中心に安全に関する機能の適用が拡大している。

MDS-D2/DH2/DM2シリーズでは、IEC/EN61800-5-2の安全機能STO(Safe Torque Off:安全トルク停止)機能に標準対応している。動力遮断に必要な電磁開閉器を削減し、制御盤の小型化・省配線化に貢献する。図2はシ

ステム全軸の動力遮断を行う場合であるが、ドライブユニットに搭載されたSTO信号コネクタに停止信号を入力することで主軸だけをトルク停止させるという使い方も可能である(図3)。

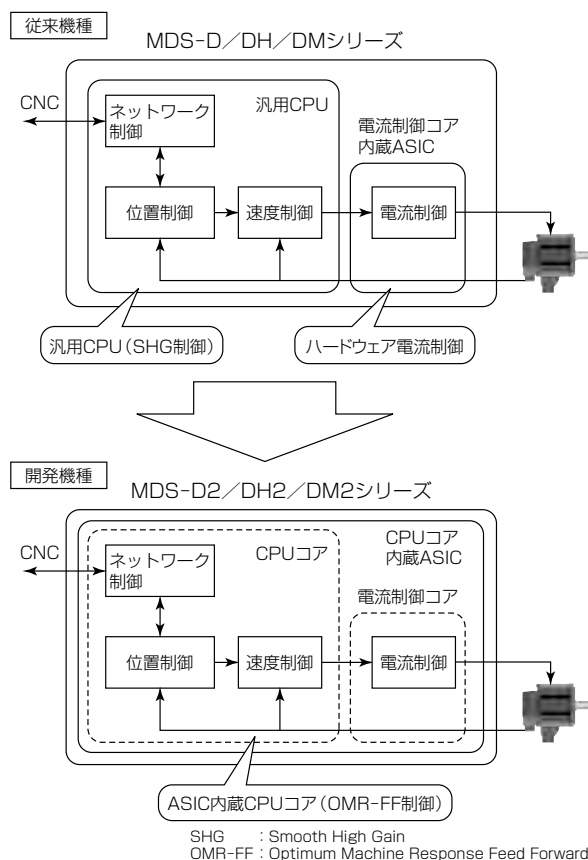


図1. SoCの適用

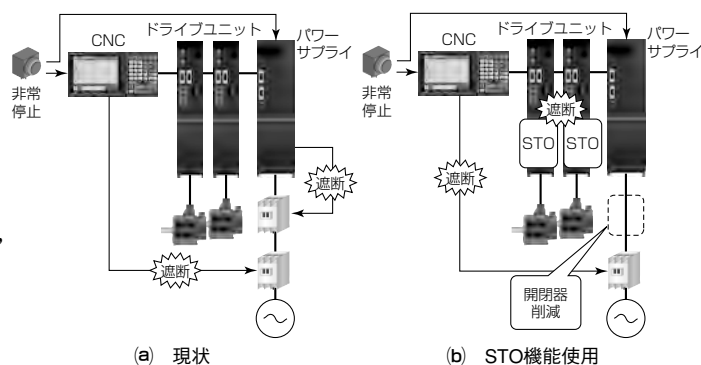


図2. 開閉器の削減例1

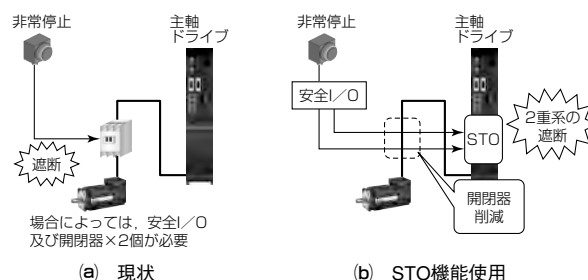


図3. 開閉器の削減例2

### 3. 制御ソフトウェア開発の取組み

#### 3.1 機種統合化

ソフトウェアの仕様面についてもシステム設計の共通化を図った。これによって、MDS-DM2シリーズでは、従来の多軸一体型ユニットでは実現できなかった機能搭載を実現し、MDS-D2/DH2シリーズと同等の高機能化を行った(表1)。

#### 3.2 OMR-FF制御

高速・高加速度の条件下でも指令軌跡に誤差なく追従するための制御としてフィードフォワード制御がある。しかしながら、これまでの制御では機械振動を誘発しやすくフィードフォワードゲインを十分に上げることが困難なケースが多かった。そこで今回、機械の振動特性を補償する機械特性補償部を付加し、機械端の振動を抑制して指令位置に追従させるOMR-FF制御を開発した。また、往復運転時の機械端が動く軌跡の対象性も向上させ、金型加工などにおける切削精度向上、切削時間の短縮を可能とした。

### 4. ハードウェア開発の取組み

#### 4.1 電源回生

電源回生とはモータ減速時に発生する誘導起電力を電源に回生することであり、回生用スイッチング素子を電源位相に合わせてスイッチングさせることで、電源に回生電流を流し昇圧した母線電圧を降圧させる機能であり、電源回生制御では電源位相の検出が最も重要な要素となる。

電源位相の検出は、交流電源の線間電圧を監視しゼロクロス点を検出する方法が一般的である。検出したゼロクロス点を基に電源位相を検出し、回生用スイッチング素子のスイッチングタイミングを算出する。この方式の利点はシステム構成が容易なことであり、欠点は基本的に電源回生の回生タイミングは線間電圧のゼロクロス点とほぼ重なるため、回生のスイッチングによって電源位相を誤検出する可能性があることである(図4)。

今回開発したMDS-D2/DH2/DM2シリーズは、この欠点を克服し正確な電源回生制御を行うことができるように電源位相の検出方法を改良した。交流電源の3相をスター接続して、中性点を基準としたそれぞれの相電圧を作り出している。そして、相電圧のゼロクロス点を基に電源位

表1. MDS-DM2シリーズの主な新機能(MDS-DMシリーズ比)

	サーボ	主軸
制御機能	高速同期タップ制御(OMR-DD制御) OMR-FF制御	高速同期タップ制御(OMR-DD制御) OMR-FF制御
補正機能	適応追従型機械共振抑制フィルタ ロストモーション補正タイプ4 フルクロード対象限突起補正	適応追従型機械共振抑制フィルタ ロストモーション補正タイプ3 主軸モータ温度補正機能
シーケンス機能	規定速度出力 STO(安全トルク停止)機能	規定速度出力 STO(安全トルク停止)機能

OMR-DD: Optimum Machine Response Direct Detect

相を検出し、回生用スイッチング素子のスイッチングタイミングを算出する。相電圧のゼロクロス点は電源回生の回生タイミングと一致しないが、この方法であれば、回生のスイッチングの影響を受けることなく電源位相の検出を行うことができる(図5)。

#### 4.2 SiCパワー半導体モジュール搭載機種の開発

従来のドライブユニットでは、モータ制御用の電力変換に必要なパワーモジュールにSi(シリコン)パワー素子を用いていた。しかし、制御の高速化に伴うスイッチング損失の増加が課題であり、更なる高効率なパワー素子が望まれる。

MDS-DM2シリーズでは、新技術のパワー半導体モジュールとなるSiC(シリコンカーバイド)パワー素子を主軸制御部に搭載した機種をラインアップした(図6, 表2)。

SiCパワー素子搭載によるメリットは、パワー半導体モジュールにおける高速スイッチング化又は低損失化が図れることである。これによってモータの高速化、高トルク化が可能となる。つまり、工作機械における主軸性能向上、生産性向上に貢献することができる(図7)。

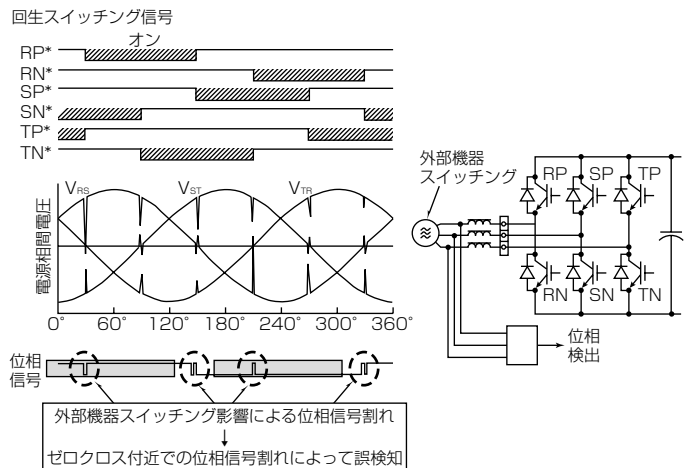


図4. 従来機種における電源位相検出方式

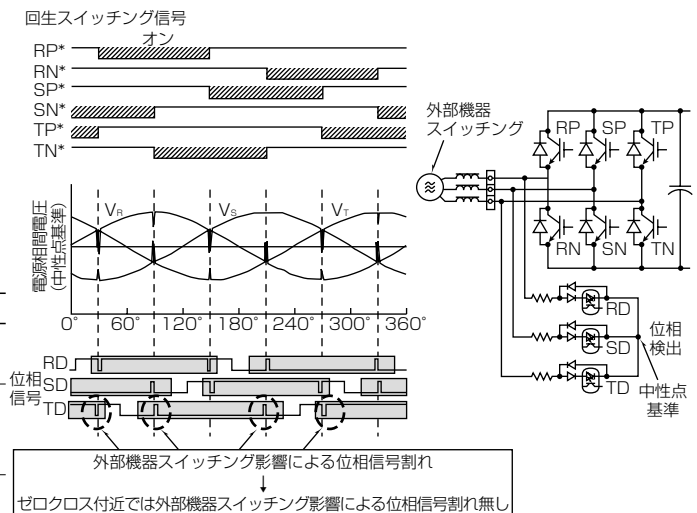


図5. 開発機種における電源位相検出方式





図 6. MDS-DM2シリーズの外観

表 2. SiCパワー素子搭載機種の仕様

型名		MDS-DM2-SPHV3-20080
主軸公称最大電流(peak時) (A)		200
サーボ公称最大電流(peak時) (A)		80 × 3 軸
出力	定格電圧(V)	AC155
	主軸定格電流(A)	63
	サーボ定格電流(A)	15.8
入力	定格電圧(V)	AC200~230 電源変動率10%, -15%以内
	定格電流(A)	60
制御電源	電圧(V)	DC24 ± 10%
対応主軸モータ		SJ-V15-03ZT, SJ-V15-09ZT, SJ-V11-08ZT, SJ-DJ15/80-01, SJ-DL3.7/240, SJ-BG090D/300
対応サーボモータ		HF54, HF104, HF154, HF204, HF224, HF223, HF303, HF302
質量(kg)		15
外形(mm)		260(W) × 380(H) × 278(D)

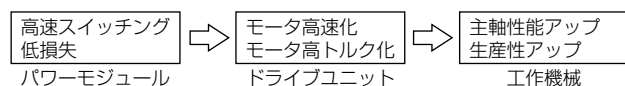
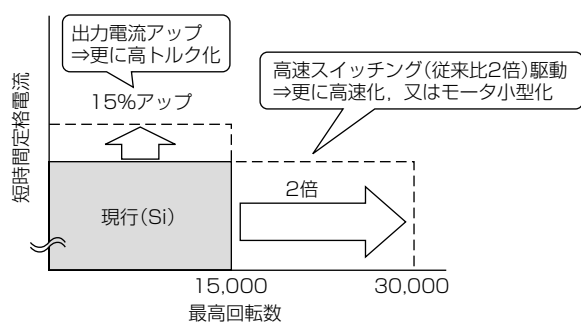


図 7. SiCパワー素子搭載のメリット



立形マシニングセンタの主軸性能アップに効果的

図 8. 主軸駆動ユニットへのSiCパワー素子適用効果

開発機種では、以下を実現した(図 8)。

- (1) 高速スイッチング駆動によって、主軸モータの駆動速度が従来比最大 2 倍
- (2) 低損失化によって発熱量を抑えることで、従来機種と同形状で主軸モータのトルクを従来比最大15%向上

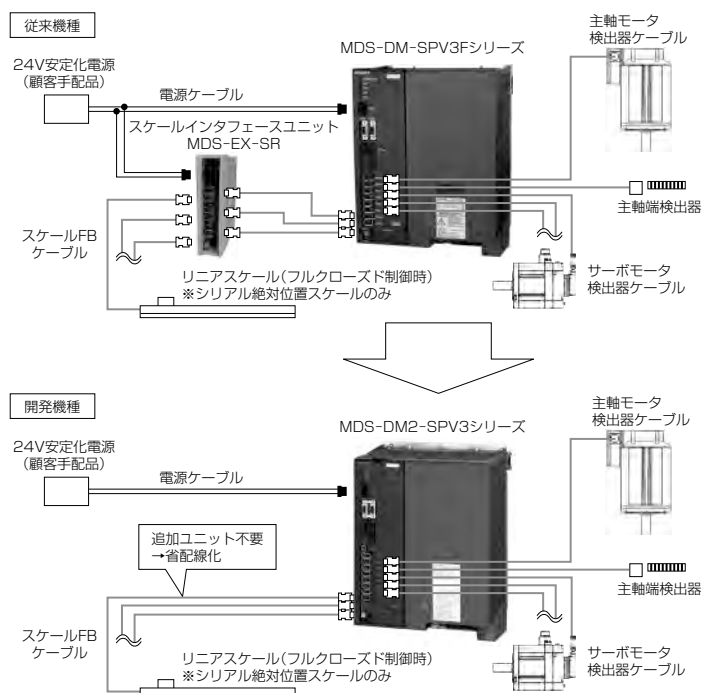


図 9. MDS-DM2シリーズにおける省配線化

### 4.3 省配線化

従来の多軸一体型ドライブユニット“MDS-DMシリーズ<sup>(1)</sup>”では、フルクロードシステムを構成する際に電源供給用のスケールインタフェースユニット“MDS-EX-SR”を接続する必要があった。

MDS-DM2シリーズでは、接続されるスケールへの電源供給をドライブユニットから直接供給可能とするように、内蔵電源回路の供給能力を強化し、フルクロードシステム適用時における機械端からのフィードバック信号用インタフェースを標準実装した。

これによって、従来機種における構成に対して省配線化が可能となり、機械の制御盤における更なる小型化に貢献することができる(図 9)。

## 5. む す び

MDS-D2/DH2/DM2シリーズでは、駆動システムにおける主目的となる高速・高精度化、高機能化を推進するとともに、機能安全対応や省エネルギー化、省配線化といった高付加価値を持つ製品開発を行った。

今後は、この開発で得た技術ノウハウの更なるレベルアップを図るとともに、ユーザーニーズを捉えた製品開発に努めていく。

## 参 考 文 献

- (1) 中村和幸，ほか：主軸 + 3 軸サーボ一体型ユニット“MDS-DMシリーズ”，三菱電機技報，**83**，No.4，255～258（2009）

濱本 進\*  
小林誠治\*  
堤下洋治\*

Susumu Hamamoto, Seiji Kobayashi, Yoji Tsutsumishita

本稿では、E70シリーズの特長及びその開発内容について述べる。



## 1. ま え が き

国内及び欧米市場向けに、三菱電機はこれまで上位NC機種M700Vシリーズの機能を強化することで対応するほか、新興国市場のニーズに合うハイコストパフォーマンスのパネルインタタイプ機種E70シリーズを新規開発した。

本稿では、新機種E70シリーズについて述べるほか、ボリュームゾーンの市場ニーズに応えるためのトータルソリューション提案として、新規ドライブユニットMDS-DJシリーズ、及びNCエンジニアリングツール群についても製品の特長を述べる。

## 2. 三菱CNC E70シリーズ

### 2.1 ハイコストパフォーマンスハードウェア

最適なコストパフォーマンスを提供する一方、製品力をアップするため、ユーザーインターフェースの標準搭載、省エネルギー及び高信頼性を配慮したハードウェアの設計と開発を行った。

開発のポイントを次に示す。

- (1) 大容量プログラムの加工、データの入出力を容易に実現するために、パソコンと接続するEthernet<sup>(注1)</sup>、前面USB(Universal Serial Bus)インタフェース、前面コンパクトフラッシュ(CF)<sup>(注2)</sup>インタフェース(図1)を標準搭載した。
- (2) 旋盤用のシートキーをラインアップに新規追加した。
- (3) 最適コストパフォーマンスを提供するためにI/O点数を64/48点とし、上位機種よりも削減した。
- (4) 需要の多いインバータ主軸駆動に対し、アナログ出力を標準搭載した。
- (5) 省エネルギーと長寿命化を実現するために8.4型表示ユニットの液晶パネルにLED(Light Emitting Diode)バックライトを採用した。

外形上では、E70シリーズは、上位機種であるM70V、M700Vシリーズと同等にし、低価格機種という位置付けながら、使用感を統一した。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

(注2) コンパクトフラッシュは、SanDisk Corp.の登録商標である。

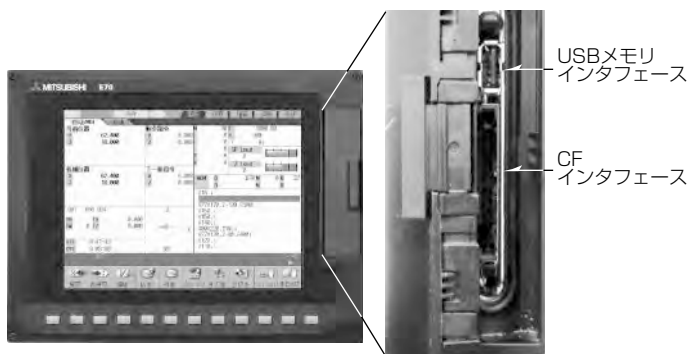


図1. 前面USBと前面CFインタフェース

### 2.2 2軸旋盤及び簡易M/Cに適する機能開発

E70シリーズは、2軸旋盤及び簡易M/C(マシニングセンタ)に適しており、主に次の特長がある。

- (1) NC軸及び主軸の軸数仕様は、それぞれ2軸旋盤と簡易M/Cに合わせた(表1)。
- (2) 上位機種と同等の精度を持つ内部1ナノメートルの位置補間演算によって、滑らかな加工指令を出力し、後述のコンバータ内蔵型の超小型ドライブユニットDJシリーズとの組合せで高い加工精度を実現した(図2)。
- (3) PLC(Programmable Logic Controller)のプログラムでは、記憶容量を一般の旋盤でも必要とされている8,000ステップとし、ラダーの高速処理によって高生産性を実現した。
- (4) 操作面では、上位機種と同じ画面デザインにすることで使用感を統一し、さらに、カスタム画面の表示も可能とした。
- (5) パラメータ設定・操作上でトラブルシューティングに用いるガイダンスをコンパクトフラッシュに格納する方式を採用し、ガイダンスの可否をユーザー側で選択可能とした。

表1. E70シリーズ仕様

	マシニングセンタ系	旋盤系
最大軸数(NC軸+主軸+PCL軸)	6	6
最大NC軸数(系統合計)	3	3
最大主軸数	1	2
最大PLC軸数	2	2
最大同時輪郭制御軸数	3	3
最大系統数	1	1
最小指令単位	0.1μm	
最小制御単位	1nm	
最大プログラム記憶容量	230kB(600m)	
最大シーケンスプログラム記憶容量	8,000ステップ	
HMIカスタイズ機能	NC Designer	
パラメータ/アラームガイダンス	CFに格納	

HMI : Human Machine Interface

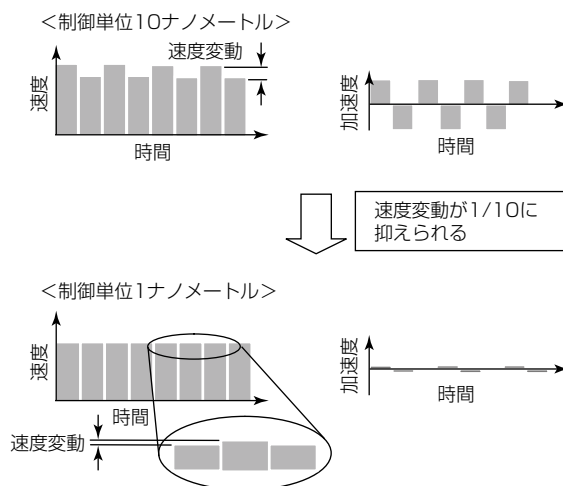


図2. ナノメートル補間

### 3. MDS-DJドライブユニット

E70シリーズ開発と同時に、サーボ・主軸ドライブユニットも高性能・コンパクトサイズMDS-DJシリーズを開発・ラインアップした(図3, 表2)。



図3. MDS-DJシリーズの外観

表2. MDS-DJシリーズの主な新機能<sup>(注3)</sup>

	サーボ	主軸
制御機能	・高速同期タップ制御(OMF-DD制御) ・OMF-FF制御	・高速同期タップ制御(OMF-DD制御) ・OMF-FF制御
補正制御	・適応追従型機械共振抑制フィルタ ・ロストモーション補正タイプ4 ・フルクロード象限突起補正	・適応追従型機械共振抑制フィルタ ・ロストモーション補正タイプ3 ・主軸モータ温度補正機能
シーケンス機能	・規定速度出力 ・STO(安全トルク停止)機能	・規定速度出力 ・STO(安全トルク停止)機能

(注3) MDS-D-SVJ3/SPJ3比

OMR: Optimum Machine Response, FF: Feed Forward, DD: Direct Detect

### 3.1 MDS-DJシリーズの特長

MDS-DJシリーズは、電源内蔵型の超小型ドライブユニットで0.1~3.5kWのサーボモータ、0.4~11kWの主軸モータに対応する小型のM/Cや旋盤に最適なドライブユニットである(表3, 表4)。

MDS-DJシリーズの特長を次に示す。

#### (1) 超小型

ユニットの高さ168mm(主軸5.5~7.5kWは250mm, 11kWは300mm)のコンパクト設計で制御盤の小型化に貢献する。また、低損失パワーモジュールの採用によって、主軸5.5~7.5kW(MDS-DJ-SP-100/120)はユニット幅を従来機種MDS-D-SPJ3シリーズの130mmから105mmへ約20%の小型化を実現した。

#### (2) 安全/省配線機能の向上

IEC/EN61800-5-2の安全機能STO(Safe Torque Off: 安全トルク停止)機能に準拠している。動力遮断に必要な電磁開閉器を削減し、制御盤の小型化・省配線化に貢献する。図4はシステム全軸の動力遮断を行う場合であるが、ドライブユニットに搭載されたSTO信号コネクタに停止信号を入力することで主軸だけをトルク停止させるという使い方も可能である。

表3. MDS-DJ-V1仕様一覧

ドライブユニット型名		MDS-DJ-V1-10	MDS-DJ-V1-15	MDS-DJ-V1-30	MDS-DJ-V1-40	MDS-DJ-V1-80	MDS-DJ-V1-100
ドライブユニット種類		サーボ 1 軸 (コンバータ付き)					
定格出力 (kW)		0.3	0.4	0.7	1.0	2.0	3.5
電源入力	定格電圧 (V)	AC200(50Hz)／AC200～230(60Hz)			許容電圧変動率：＋10％，－15％以内		
	定格電流 (A)	1.5	2.9	3.8	5.0	10.5	16.0
制御電源 入力	電圧 (V)	AC200(50Hz)／AC200～230(60Hz)			許容電圧変動率：＋10％，－15％以内		
	電流 (A)	MAX 0.2					
	周波数 (Hz)	50／60 許容周波数変動：± 5 % 以内					
制御方式		正弦波PWM					
回生方式		抵抗回生方式					
ダイナミックブレーキ		内蔵					
機械端検出器		対応					
冷却方式		自然冷却			強制風冷		
ユニット質量 (kg)		0.8	1.0	1.4	2.3	2.3	2.3
外形寸法(W×H×D) (mm)		40×168×135	40×168×170	60×168×185	90×168×195		

PWM: Pulse Width Modulation

表4. MDS-DJ-SP仕様一覧

ドライブユニット型名		MDS-DJ-SP-20	MDS-DJ-SP-40	MDS-DJ-SP-80	MDS-DJ-SP-100	MDS-DJ-SP-120	MDS-DJ-SP-160
ドライブユニット種類		主軸 1 軸 (コンバータ付き)					
定格出力 (kW)		0.8	2.2	3.7	5.5	7.5	11.0
電源入力	定格電圧 (V)	AC200(50Hz)／AC200～230(60Hz) 許容電圧変動率：＋10％，－15％以内					
	定格電流 (A)	2.6	9.0	10.5	16.0	26.0	35.4
制御電源 入力	電圧 (V)	AC200(50Hz)／AC200～230(60Hz) 許容電圧変動率：＋10％，－15％以内					
	電流 (A)	MAX 0.2					
	周波数 (Hz)	50／60 許容周波数変動：± 5％以内					
制御方式		正弦波PWM					
回生方式		抵抗回生方式					
ダイナミックブレーキ		内蔵					
機械端検出器		対応					
冷却方式		強制風冷					
ユニット質量 (kg)		1.4	2.1	2.1	4.0	4.0	6.2
外形寸法(W×H×D) (mm)		60×168×185	90×168×195		105×250×200		172×300×200

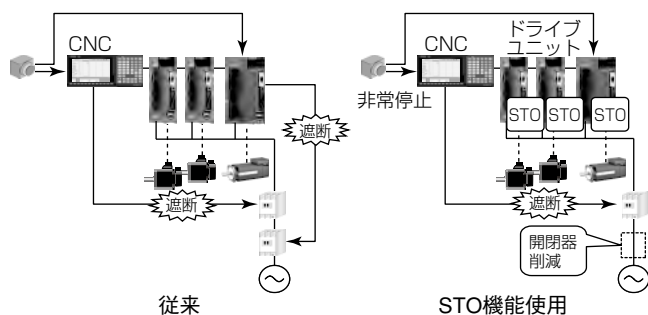


図 4. STO機能使用例と効果

### (3) 高機能化

高速サーボ制御アーキテクチャを集積した専用実行エンジンを採用している。制御・補正機能については上位機種である“MDS-D2シリーズ”と同等を実現した。高機能化によって、小型・廉価機向けだけでなく、M/Cでのテーブル軸、旋盤でのミル主軸等、高級機へのオプション軸追加用途にも有効に活用できる。

## 4. NCエンジニアリングツール

三菱CNCでは、工作機械メーカー及びエンドユーザー向けに、三菱CNCをより使いやすくする豊富なNCエンジニアリングツールを取りそろえており、これらも新機種E70シリーズに対応させた。

### 4.1 ユーザーサポートツール“MELSOFT NC Trainer”

NC Trainerは、Gコードプログラムの作成や簡易プログラミング機能“NAVI MILL/NAVI LATHE”による加工プログラムの作成、段取り操作やプログラム運転前のプログラムチェック、CNCと同様のプログラム運転やグラフィックトレース等、CNCの一連の操作をオフライン環境で容易に習得できるトレーニング用ユーザーサポートツールである。

### 4.2 開発支援ツール“MELSOFT NC Trainer plus”

NC Trainer plusは、工作機械メーカー向けのCNCカスタムソフト開発支援ツールである(図5)。機械操作パネルのカスタマイズや、セットアップツール“NC Configurator2”で作成したCNCのパラメータを入力することで、顧客の機械仕様に合わせた開発環境がパソコン上に構築できる。NC Trainer plusでカスタマイズした各種データを“NC Trainer”にインポートすることで、工作機械に適した操作、専用の保守サービス・トレーニング環境を提供することができる。

- (1) “NC Designer”で作成したカスタム画面の表示・操作が行える開発環境を提供する。また、作成したカスタム画面は、NC制御ユニットを用意しなくてもVisual C++<sup>(注4)</sup>によるオフラインデバッグを行うことができる。
- (2) PLCオンボード編集画面からNC内蔵のPLC回路を作成することができる。また、ラダー作成ツール“GX Developer”を使用したPLC回路の開発を行うこともできる。
- (3) APLC(Advanced Programmable Logic Controller)

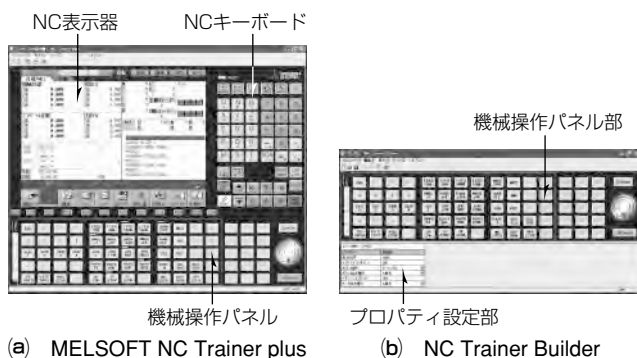


図 5. MELSOFT NC Trainer plus

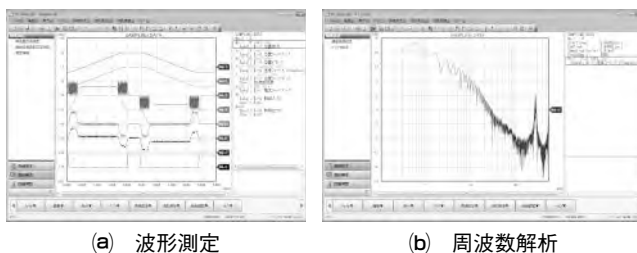


図 6. MELSOFT NC Analyzer

開放用のC言語プログラムのデバッグを、NC制御ユニットがなくても、Visual C++でコンパイルし、NC Trainer plusで動作確認を行うことができる。APLC開放は、NC制御ユニット動作を開放するための機能で、この環境でデバッグを完了したプログラムを実機で動作するためには、専用コンパイラが必要である。

(注4) Visual C++は、Microsoft Corp. の登録商標である。

### 4.3 調整支援ツール“MELSOFT NC Analyzer”

NC Analyzerは、サーボパラメータの自動調整機能に加え、波形測定や解析機能等を備えたCNCサーボ向けの調整支援ツールである(図6)。また、各種データ解析機能も用意し、機械ごとの特性データの管理や不具合解析の効率化等も支援する。

このツールを使用することで、近年のリニアモータやDD(Direct Drive)モータを搭載した工作機械における高速・高加速度化、高精度化に対する要求に対応できる。また、NC工作機械市場のグローバル化によって困難になってきている海外ユーザーサポート面でも、十分な技術支援を提供することができる。さらに、例えば1台あたり約6時間必要としていたサーボ3軸の工作機械における調整を、10分程度で可能とするなど大幅な調整時間の短縮を実現する。

## 5. む す び

付加価値を高め、高精度・高機能を追求する国内及び欧米市場と、安くて大量生産する新興国市場の両極化傾向は今後も継続する。上位機種における開発強化をすると同時に、新興国市場のニーズに合わせて開発したCNC E70シリーズとドライブユニットMDS-DJシリーズは、市場ニーズに更にマッチさせるため今後も開発を継続する計画である。



# 高力率コンバータ“FR-HC2シリーズ”

市原昌文\*  
平良 哲\*  
福岡弘淳\*

High Power Factor Converter "FR-HC2 Series"

Masafumi Ichihara, Satoshi Taira, Hiroatsu Fukuoka

## 要 旨

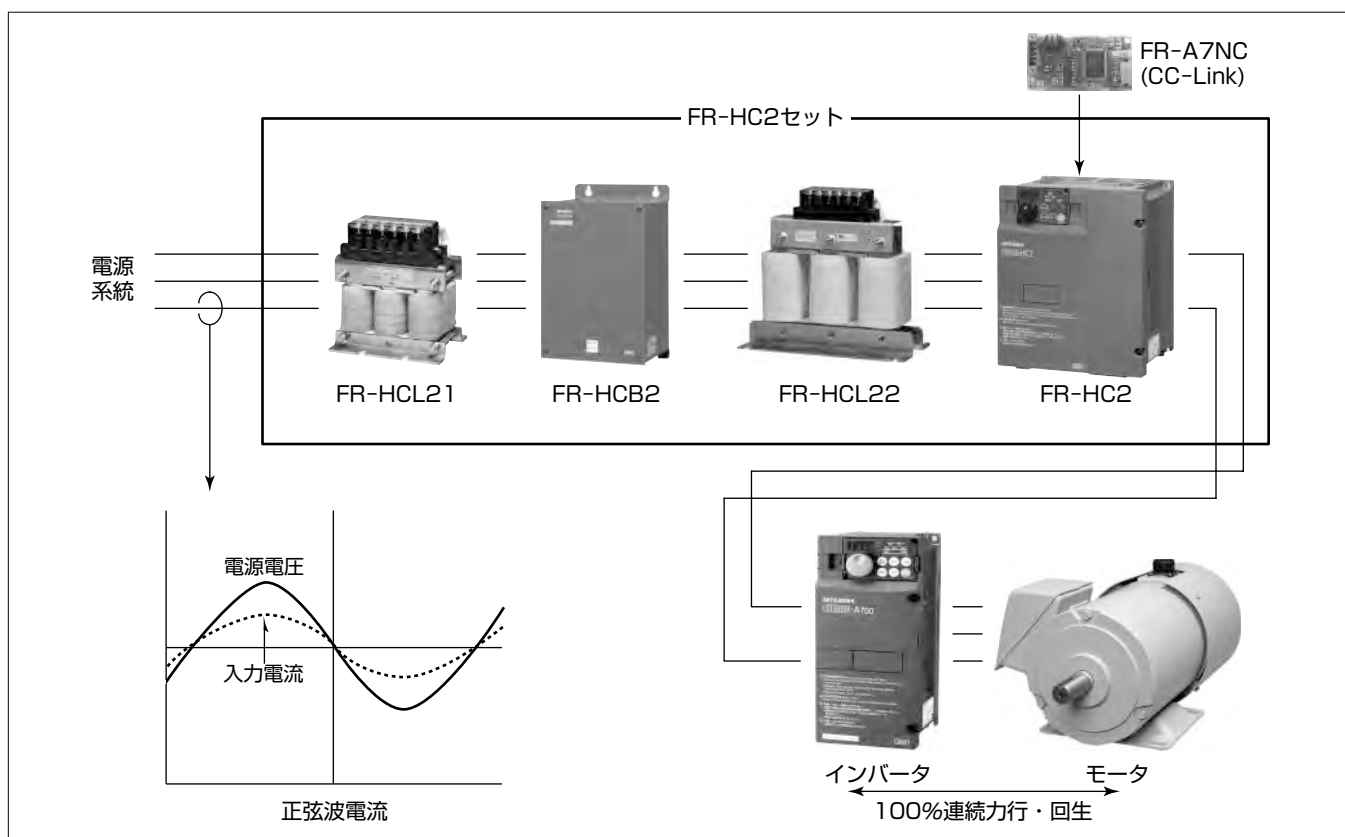
一般的な汎用インバータはコンバータ回路としてコンデンサ入力形ダイオード整流回路を用いていることから、入力電流波形に高調波成分が含まれる。高調波電流は電源電圧に歪(ひず)みを生じさせる場合があり、同じ電源系統に接続された他の機器に悪影響を与える可能性がある。このため、電源系統容量に余裕を持たせたり、リアクトルなどによる高調波対策を実施する必要がある。

この高調波問題に対する対策の1つとして、正弦波PWM(Pulse Width Modulation)コンバータの適用が考えられる。PWMコンバータは、入力電流が正弦波状になるよう瞬時電流制御を行うことで、高調波を大幅に抑制することができる。従来、PWMコンバータとして“FR-HC／

MT-HC”の両シリーズを供給してきたが、今回、後継機種として両シリーズを統合した“FR-HC2シリーズ”(以下“FR-HC2”という。)を新たに開発した。

FR-HC2では、PWMコンバータとしての基本的な機能を継承しつつ、最大容量の拡大、CC-Linkネットワークへの対応、専用操作パネルの装備、設計寿命10年の確保等の改良を加えている。また、単体での最大容量を超える容量を実現するために、2台のFR-HC2の直流出力を共通化する並列運転機能を実現した。

本稿では、このFR-HC2について述べ、さらに、容量拡大のために今回新規に開発した並列運転機能について述べる。



## 特定需要家の高調波抑制対策ガイドラインで換算計数K5=0を実現する“FR-HC2シリーズ”

高調波問題が避けられない汎用インバータの電源として、FR-HC2を適用することで大幅な高調波の抑制が可能となる。合わせて100%回生機能による省エネルギー対応、CC-Linkネットワーク対応、並列接続による超大容量アプリケーションへの対応等によって、汎用インバータをより高機能、高性能化できる。

## 1. ま え が き

モータ駆動の省エネルギー、高性能化のために、汎用インバータが広く用いられている。しかし、汎用インバータはコンバータ回路としてコンデンサインプット形ダイオード整流回路を用いていることから、入力電流波形に電源周波数の奇数倍の周波数(3の倍数を除く)を持つ高調波成分が含まれる。

電源容量が小さい場合には、この高調波電流によって電源電圧に歪みが発生する場合があります。同じ電源系統に接続された他の機器に悪影響を与える可能性がある。このため、電源系統容量に余裕を持たせたり、リアクトルなどによる高調波対策を実施する必要がある。

この高調波問題に対する対策の1つとして、正弦波PWMコンバータの適用が考えられる。三菱電機ではこれまでPWMコンバータとしてFR-HC/MT-HCの両シリーズを供給してきたが、今回、後継機種として両シリーズを統合したFR-HC2を新たに開発した。

次にこのFR-HC2の特長、及び容量拡大のために新規開発した並列運転機能の内容について述べる。

## 2. FR-HC2の特長

### 2.1 高調波抑制対策ガイドライン対応

電源系統に流れる電流を瞬時電流制御によって正弦波状にできるため、特定需要家の高調波抑制対策ガイドラインで換算計数K5=0を実現した。

汎用インバータをそのまま電源に接続した場合には、大きなピーク電流が流れることで、入力電流の実効値が大きくなる。この影響で、上位電源、NFB(No-Fuse circuit Breaker)、配線等の容量を実際の有効電力に対して大きく取る必要がある。

これに対し、FR-HC2を適用すれば入力電流実効値が減少するため、各種設備の容量圧縮が可能となる(図1)。

### 2.2 電源回生機能

FR-HC2が採用しているPWMコンバータ回路は、力行だけでなく回生運転も可能である。100%連続回生、及び150%-1分の短時間回生が可能であるため、大きな制動能力が得られるだけでなく、回生エネルギーを電源に返すため省エネルギーになる(図2)。

### 2.3 大容量化

大容量モータを駆動する場合や、複数のインバータを直流共通母線接続して使用する場合などは、PWMコンバータの大容量化が求められる。従来の大容量レンジ製品であるMT-HCでは最大容量375kWであったが、FR-HC2では最大560kWに対応した。これによって、従来対応できなかった大容量アプリケーションへの適用が可能となった。

さらに、3章で述べる並列運転機能を搭載し、容量を

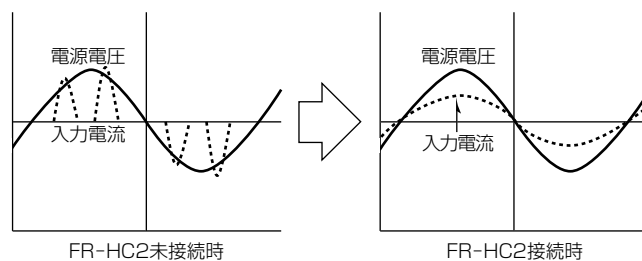


図1. FR-HC2接続による入力電流波形改善

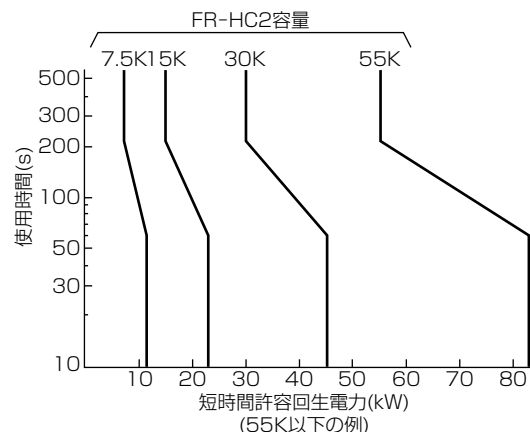


図2. FR-HC2の許容回生電力

800kWまで増加させることも可能である。

一方で、低損失パワーモジュールの採用や主回路導体形状の最適化等によって発生損失を低減することで、ユニット外形を小型化した。FR-HC2の560kWユニットは、MT-HCの375kWユニットとほぼ同一外形となっている。

### 2.4 CC-Linkネットワーク対応

FR-HC2では、CC-Linkネットワークに対応しており、運転状態をネットワーク経由で監視できるようになっている。回生状態から省エネルギー効果を確認したり、系統電圧検出値やアラーム状態から障害解析を行うといったことが可能となる。

### 2.5 長寿命部品採用と寿命診断機能搭載

FR-HC2では主回路直流コンデンサや冷却ファン等の寿命部品について設計寿命10年を確保した。また、寿命部品の劣化度合いを監視し、事前にアラームを出力することも可能である。これによって、計画的な設備メンテナンスが可能となる。

## 3. 並列運転機能

FR-HC2では単体での最大容量を560kWまで拡大しているが、これを超える容量を必要とする用途に対応するため、2台のFR-HC2を並列運転する技術を新規開発した。

### 3.1 並列運転構成と課題

並列運転時の構成を図3に示す。

2台のFR-HC2の直流端子を相互に接続し、負荷が必要とする電流を2台で等分に分担する。交流側は“FR-HCL21/

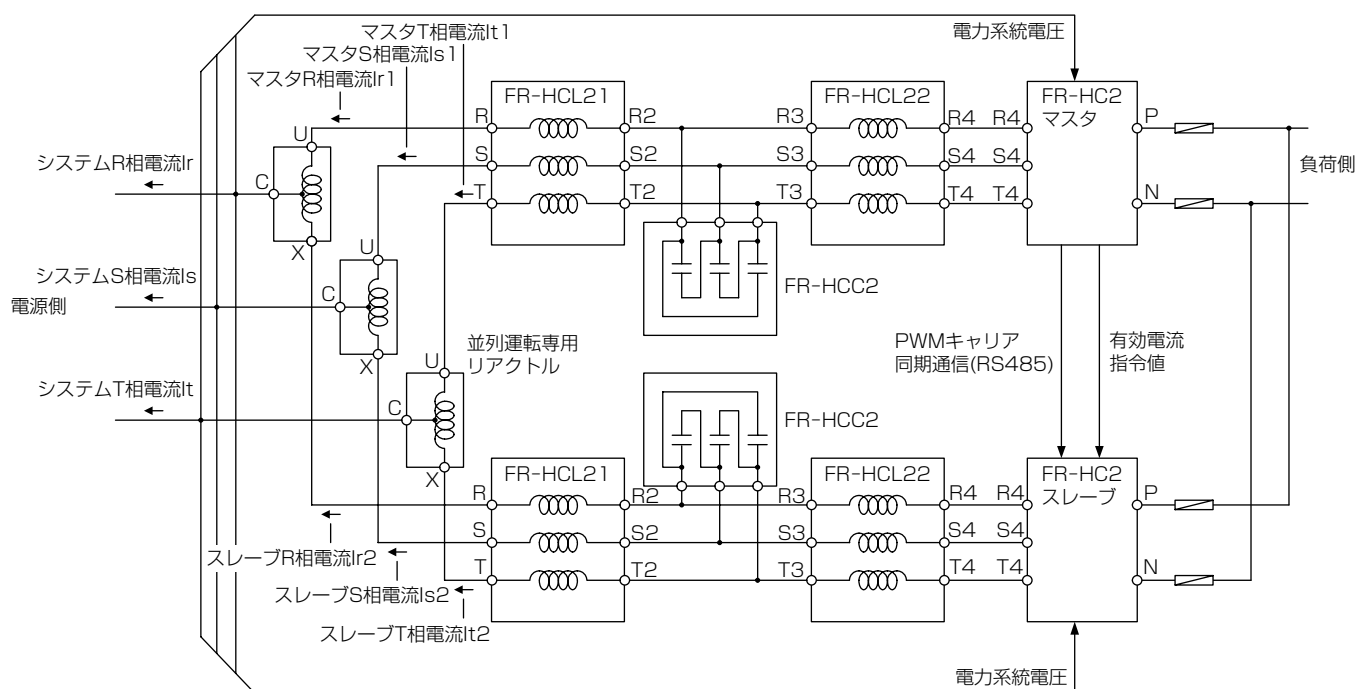


図 3. FR-HC2並列運転構成(予備充電回路などは省略)

22”及び“FR-HCC2”で構成するフィルタ回路の電源側を並列運転専用リアクトルによって接続し、並列リアクトルの中性点を電源に接続する。

このような回路構成での運転を実現するためには、次の2つの課題を解決しなければならない。

#### (1) 入出力電流のバランス確保

2台のFR-HC2の電流をほぼ同一の位相・大きさにする必要がある。

大きさのバランスが崩れると、電流負担が大きい方のFR-HC2で過電流保護などの保護機能が動作する可能性がある。また、双方の位相ずれが大きくなると、FR-HC2間に容量に寄与しない横流が流れてしまい、容量拡大ができなくなる。

#### (2) 零相横流電流の抑制

2台のFR-HC2の交流側と直流側の双方を接続していることから、仮に、あるタイミングでのスイッチングパターンが図4のようにになっていた場合、図中に示すような経路で零相横流電流が流れる。

この電流の経路にはフィルタ回路のリアクトルや並列リアクトルが存在する。しかし、フィルタ回路のリアクトルは一般的な3脚タイプの鉄心を使用していることから、このような零相の電流に対してはほとんどインダクタンスがない。この結果、ほぼすべての電圧を並列リアクトルが負担することになる。

図4のモードに限らず、2台のFR-HC2のPWMキャリアが非同期であることによってスイッチングパターンが一致しない期間が長い場合、並列リアクトルに加わる電圧は非常に大きくなる。この場合、電流抑制のために並列リア

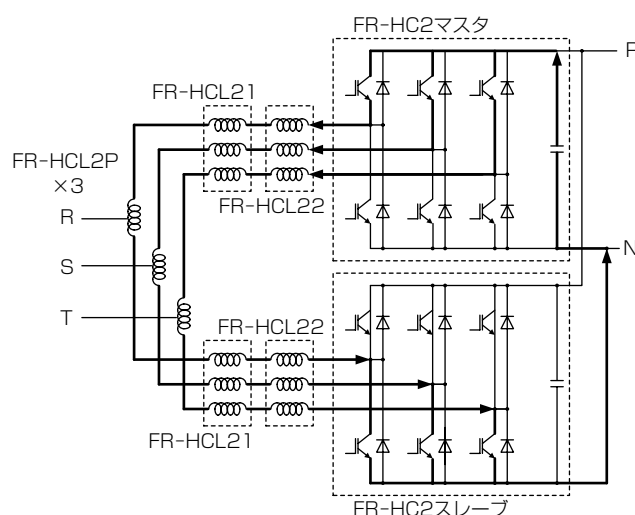


図 4. 零相横流電流経路

クトルを大型化する必要がある。

### 3.2 並列運転制御系構成

電流バランスを確保するために、図5のような制御系を構成して対策した。

2台のFR-HC2の片方をマスタ、もう片方をスレーブとする。マスタは単体での運転時と同様に直流母線電圧制御を行い、有効電流指令値を作成、その電流値を出力するよう電流制御を行う。この有効電流指令値を、マスタからスレーブに入力する。スレーブは直流母線電圧制御は行わず、マスタから入力される有効電流指令値を出力するよう電流制御を行う。

マスタ・スレーブとも、並列システムの受電端の系統電圧を検出し、デジタルPLL(Phase Locked Loop)によって

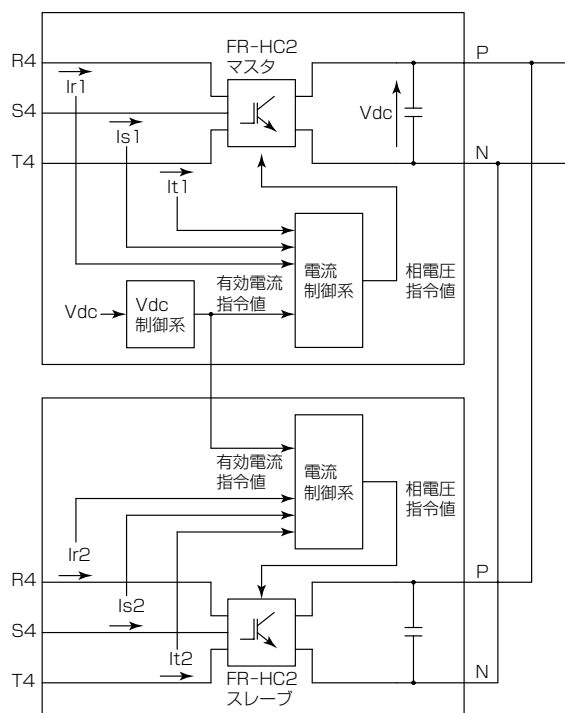


図5. 並列運転制御系

電源位相を演算する。同一地点の位相をデジタル方式でロックするため、マスタ・スレーブとも系統電圧位相としては同じ情報を使用することになる。同一の有効電流指令値を使用して電流制御を行うことによって、2台の電流の大きさがほぼ同一になる。また、同じ系統電圧位相によって電流制御を行うことから、2台の電流の位相が同期する。

結果として電流バランスが確保され、個々のFR-HC2の容量を有効に利用できるようになる。

### 3.3 通信回路によるキャリア同期制御

2台のFR-HC2の間を流れる図4のような零相電流を抑制するため、双方のFR-HC2が同一のPWMキャリアでスイッチングを行うよう、PWM用内部クロックを同期させるようにした(図6)。

マスタとスレーブの間をRS485の通信ラインで接続し、マスタからスレーブに対して、内部クロックの特定のタイミング(例えばオーバーフロー)で簡単なデータを送信開始する。スレーブは該当データを受信完了したら、スレーブの内部クロックによる時刻( $t_s$ )と、データ転送に必要な時間( $t_{com}$ )を考慮してマスタがデータを送信開始した時刻を求める。その時刻が内部クロックの特定のタイミングになるように内部クロックのカウント数を微調整( $t_c$ )し、マスタと同一のカウント値になるようにする。

RS485通信速度自体は、キャリアの位相調整の次元と比較すると低速であるが、送信開始から受信完了までの時間は制御系マイコンの水晶によるクロックで規定されるため精度が高い。このため、スレーブ側が推定するマスタデータ送信開始時刻の精度も高くでき、この方式で十分なキャリア同期精度が得られる。また、ノイズによって通信ライ

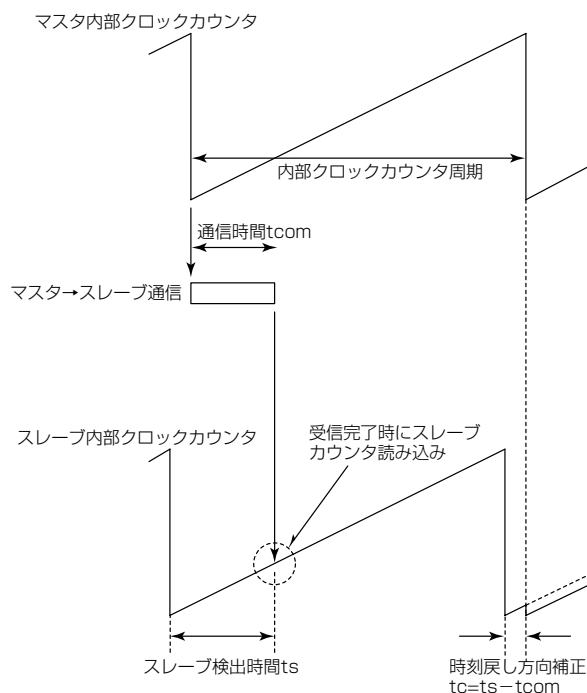


図6. 内部クロック同期処理

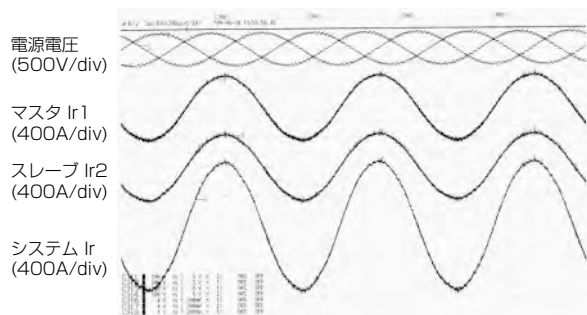


図7. 並列運転動作波形(2 ms/div)

ンが妨害を受けた場合は受信エラーが発生するため、そのデータでは同期処理を行わないようにする。このため、正常受信した場合だけキャリア同期処理を行うことができ、ノイズによる同期ずれは生じない。

なお、通信系の配線長や回路部品に起因するばらつきは同期精度に直接影響を与える。これによる零相電流成分については、並列リアクトルによって抑制する。

### 3.4 動作波形

実際に2台のFR-HC2を並列運転させた際の電流波形を図7に示す。双方のFR-HC2がほぼ同一の電流を出力しており、電流分担が正常に行われていることが確認できる。

## 4. む す び

高調波電流による問題を抜本的に解決できる正弦波PWMコンバータのFR-HC2シリーズによって、限られた電源容量を有効活用できる。また、並列運転機能を適用することで、大容量のアプリケーションへの対応も可能とした。

今後も市場ニーズに合致したインバータ周辺機器の開発を推進していく所存である。

# 新型ファイバレーザ加工機“NX-Fシリーズ”

腰前利樹\*  
井上 孝\*  
宮本直樹\*

*New Fiber Laser Processing Systems "NX-F Series"*

*Toshiki Koshimae, Takashi Inoue, Naoki Miyamoto*

## 要 旨

二次元レーザ加工機は、任意軌跡の切断が可能な工作機械として、現在では多くの産業分野で単品試作から大量生産まで適用されている。近年では、国内や中国、米国、欧州主要国における板金切断用加工機で、レーザ加工機の年間導入台数がタレットパンチプレスの台数を大幅にしのぐ状況が続いている。一方、電力料金のアップや労働人口が減少する中、製造業としても消費電力の削減、労働時間の短縮、生産性の向上が大きな課題となっている。

このような市場要求に対し、三菱電機では、①High Speed, ②Ecology, ③High Qualityをコンセプトとしてファイバレーザ発振器を搭載した新型ファイバ二次元レーザ加工機“ML3015NX-F”を開発した。

1つ目の“High Speed”に関しては、加工速度向上と三菱オリジナルの発振器高速制御(Mitsubishi High speed Control for Laser : MHC-L)機能を搭載して“F-CUT加工”を実現し、タクトタイムを短縮した。2つ目の“Ecology”は加工停止時に段階的に各機能を停止させる機能の搭載と三菱のNC(Numerical Control)、駆動機器とファイバレーザ発振器との融合によって、消費電力を削減した。3つ目の“High Quality”については、出力制御機能の搭載と加工ヘッドの軽量化等によって軌跡精度を向上させた。

本稿では、最新のレーザ加工技術を始め、3つのコンセプトを中心にその詳細技術を述べる。



## 新型ファイバレーザ加工機“NX-Fシリーズ”

①High Speed, ②Ecology, ③High Qualityをコンセプトとして開発したML3015NX-Fは、加工速度を従来比3倍、タクトタイムを従来比56%短縮した。また、消費電力も従来比70%削減を実現した。

## 1. ま え が き

二次元レーザ加工機は、任意軌跡の切断が可能な工作機械として、現在では多くの産業分野で単品試作から大量生産まで適用されている。切断用二次元レーザ加工機が市場に登場してから30年以上が経過したが、飛躍的な技術進歩と市場の拡大によって、今や板金加工分野を始めとした製造現場に不可欠な工作機械としての地位を確立した。

近年では、国内や米国、欧州主要国における板金切断用加工機で、レーザ加工機の年間導入台数がタレットパンチプレスの台数を大幅にしのぐ状況が続いている。このようにレーザ加工機の導入台数が伸長した理由はレーザ加工機の欠点であった大量生産性、ランニングコスト、厚板加工性等に対する各種技術開発が進んだことによる。

一方、電力料金のアップや労働人口が減少する中、製造業としても消費電力の削減、労働時間の短縮、生産性の向上が大きな課題となっている。

本稿では、このような市場要求に応えるため、当社が開発したファイバレーザ発振器を搭載した新型ファイバ二次元レーザ加工機ML3015NX-Fについて述べる。

## 2. 製品の仕様と特長

先に述べた市場要求に対して、①High Speed、②Ecology、③High Qualityをコンセプトとして“ML3015NX-F”（以下“NX-F”という。）を開発した（表1）。

1つ目の“High Speed”に関しては、加工速度向上と三菱オリジナルの発振器高速制御（MHC-L）機能を搭載してF-CUT加工を実現し、タクトタイムを短縮した。2つ目の“Ecology”は加工停止時に段階的に各機能を停止させる機能の搭載と三菱のNC、駆動機器とファイバレーザ発振器との融合によって、消費電力を削減した。3つ目の“High Quality”については、出力制御機能の搭載と加工ヘッドの軽量化等によって軌跡精度を向上させた。

## 3. ファイバレーザ加工機のコネプト

### 3.1 High Speed

ファイバレーザは炭酸ガスレーザに比べて波長が短いため金属への吸収率が高く、集光性も良いという特長を持っている。このような特長を最大限に活用する光学系を持つ

表1. ML3015NX-Fの主な仕様

項目		ML3015NX-F
移動方式		光走査方式
ストローク (mm)	X軸	3,200
	Y軸	1,600
	Z軸	150
早送り速度 (m/min)	X, Y軸	合成170
位置決め精度 (mm)		0.05/500 (X, Y軸)
繰り返し精度 (mm)		±0.01 (X, Y軸)

新型の加工ヘッドを開発した。これによって、厚み1mmのステンレス材の加工速度を当社炭酸ガスレーザ加工機“NX-45CF-R”に対して3倍にすることができた（図1）。

また、従来は、加工ヘッドが加工開始点まで移動後に、加工開始点で一旦停止してからレーザを照射していた。制御装置から発振器にレーザ発振の指令を行ってから実際にレーザが照射されるまで一定の処理時間が必要であった。このため、加工開始点と加工ヘッドの位置を一致させるために、加工ヘッドを一旦停止する必要がある、この停止時間がタクトタイムを長くする要因であった。

この課題を解決するために、制御装置と発振器間のデータ通信を高速化し、制御装置が発振器のレーザ照射のタイミングを高速に制御することができるMHC-L機能を開発した。この機能によって、レーザ照射の処理時間を短くすることが可能となった。今回、この機能を実現するために、発振器を高速に制御する専用のプリント基板と、このプリント基板と制御装置が高速に通信できるように制御装置用の専用通信ユニットも開発した。また、NCのソフトウェアに、MHC-L機能用の加工ヘッドの移動とレーザ照射のタイミングを同期させる演算機能を組み込んだ。この機能を搭載することによって、加工ヘッドを一旦停止させることなく加工する“F-CUT”を実現した。

今回、このF-CUTに適した経路を自動で生成する“FRG（F-CUT Route Generator）ソフトウェア”も開発した。このソフトウェアは、新しい経路最適化アルゴリズムを用いるとともに、その最適化処理で加工機の動作特性も考慮することによってNX-Fに適した加工経路を自動で生成する。また、アイコンで簡単に操作できるように画面構成にも配慮した（図2）。

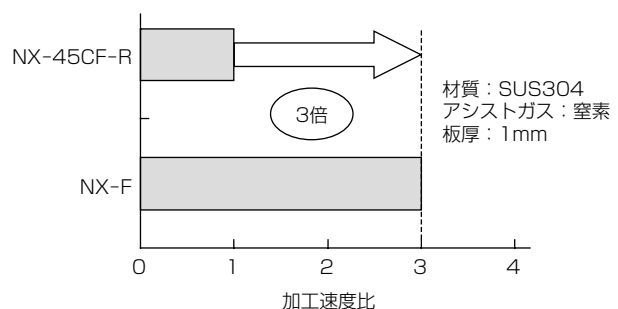


図1. NX-Fの加工速度向上

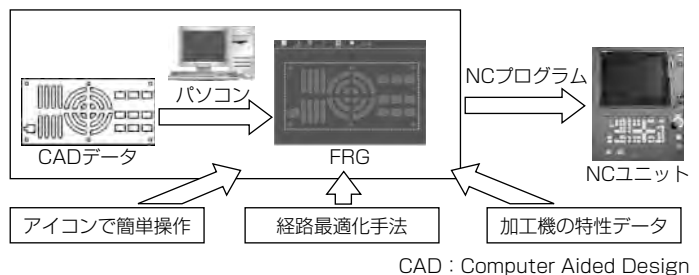


図2. FRGソフトウェアの概念図



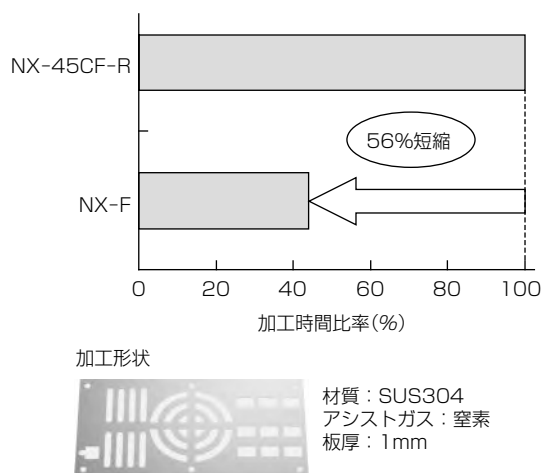


図 3. F-CUTの加工時間短縮

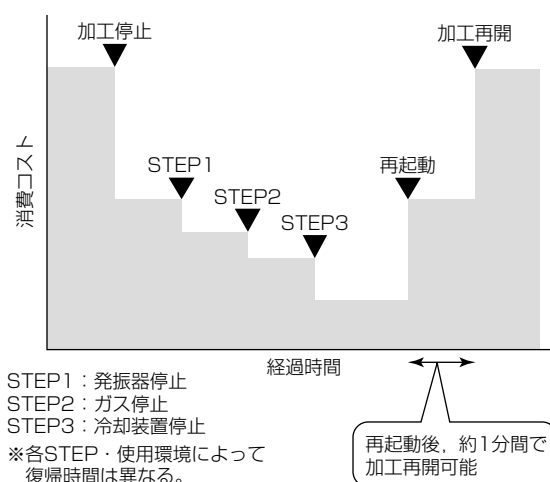


図 5. ecoモードによる消費コスト削減

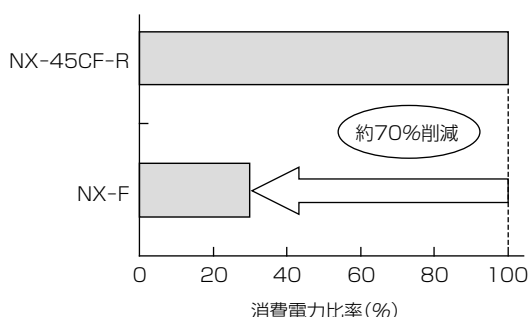


図 4. NX-Fの消費電力削減

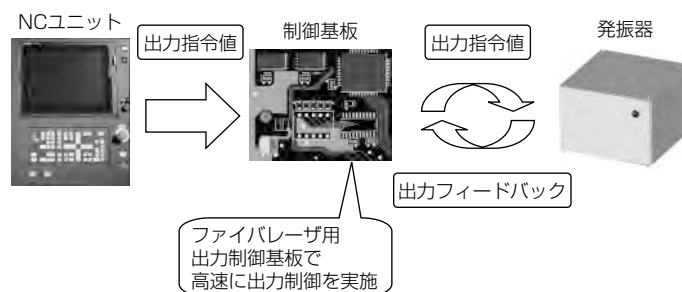


図 6. 出力制御の概念

F-CUTとFRGによる経路最適化によって、タクトタイムをNX-45CF-Rより56%短縮した(図3)。

### 3.2 Ecology

レーザ加工機のランニングコストで最大の要素は消費電力である。NX-Fでは低損失な自社製NC、駆動機器と発振効率に優れたファイバレーザ発振器の搭載によって消費電力を低減し、図4に示すとおり、NX-45CF-Rに対して消費電力を約70%削減した。

また、二次元レーザ加工機“eXシリーズ<sup>(1)</sup>”で好評な“ecoモード”をNX-Fにも搭載した。これは、図5に示すとおり、加工機停止時の不要なパージガスの停止や発振器・冷却装置といった機器の停止を段階的に行うことで、待ち時間での電力をムダに消費しない技術である。これによって消費電力はecoモードを使用しない状態に比べて70%のコストを削減することが可能である。また、停止から復帰までの動作もスムーズで、作業効率が低下することなく、環境にもやさしいレーザ加工機システムを実現した。

### 3.3 High Quality

炭酸ガスレーザ加工機では、高品質で安定的な加工を行うため出力制御機能を採用している。NX-Fではこの機能をファイバレーザにも採用し、レーザ出力安定度 $\pm 1\%$ を達成した。これは、図6に示すとおり、マイコンでの加工

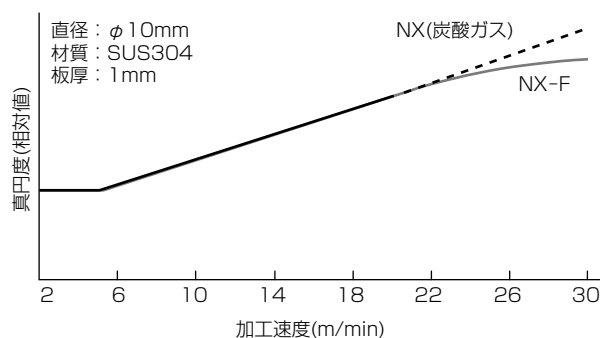


図 7. 軌跡精度の比較

出力の制御によってレーザ出力を高速に安定させる技術であり、高速加工時の加工材料の裏面に発生するドロス(付着物)を低減させた。

また、ファイバレーザ加工機の特長である高速切断を最大限に活用するため、加工ヘッドの新規開発による軽量化を図るとともに、高速加工時でも軌跡を正確に描く新軌跡制御を追加した。これらによって、高速加工時に発生する振動を抑制し、図7に示すとおり、フラッグシップ機であるNXをベースに高速加工領域での軌跡精度10%向上を達成した。

## 4. ML3015NX-Fの加工事例

### 4.1 薄板の生産性向上

NX-Fは波長約 $1.07\mu\text{m}$ のレーザ光を採用したファイバレーザ発振器を搭載している。これは従来の炭酸ガスレーザの約 $1/10$ の波長であり、1桁高い集光性を持つ。また、 $1.07\mu\text{m}$ のレーザ光は金属に対する吸収性も高く、被加工材を効率良く溶融、蒸発させることができる。これらの特性は薄板の高速切断にファイバレーザが適していることを示している。

NX-Fでは、この特性を十分に活用するため、先に述べた軸停止なしの加工を実現するF-CUT、このF-CUTの効果を最大限に活用する加工経路を生成するFRGなどの技術を開発し、任意の切断形状に対して最大の生産性向上効果が得られるレーザ加工システムを実現した。

図8は板厚 $0.8\text{mm}$ のステンレスを加工速度 $40,000\text{mm}/\text{min}$ で加工した例である。F-CUTを適用し、従来比約60%の生産性向上を実現した。

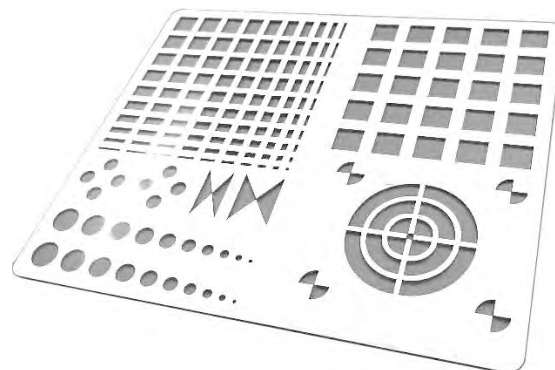


図8. ステンレス薄板の加工例

### 4.2 加工対象の拡大

NX-Fでは薄板だけでなく厚板まで加工可能なシステムを実現するため、当社の30年以上にわたる炭酸ガスレーザの開発で培った技術を活用し、光学系の最適化、アシストガス流れの最適化等を図っている。これによって軟鋼の酸素切断で $19\text{mm}$ 、ステンレスの窒素切断で $12\text{mm}$ 、アルミ合金の窒素切断で $10\text{mm}$ の切断を実現した。

図9に板厚 $19\text{mm}$ の軟鋼を加工速度 $800\text{mm}/\text{min}$ で加工した例を示す。2.5kWのファイバレーザ発振器で3kWクラスの当社炭酸ガスレーザと同等の切断板厚を実現している。



図9. 軟鋼厚板の加工例

図10に板厚 $1.0\text{mm}$ の黄銅を加工速度 $20,000\text{mm}/\text{min}$ で加工した例を示す。従来炭酸ガスレーザでは加工が困難とされていた高反射材の銅、黄銅についても、金属に対するレーザ光の高い吸収性を活用し、最大 $6\text{mm}$ までの加工が可能となった。

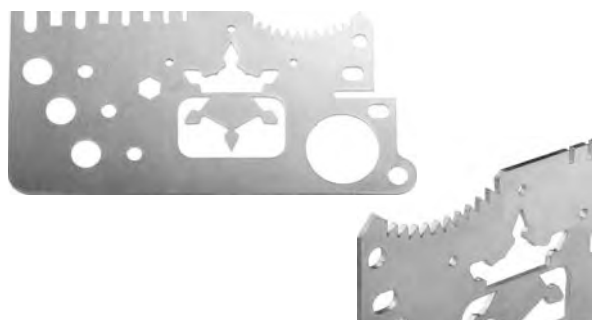


図10. 黄銅の加工例

## 5. む す び

新型ファイバ二次元レーザ加工機NX-Fシリーズの特長とその加工事例について述べた。レーザ加工機の技術進歩は他の工作機械と比較しても著しく、今後も更なる技術改良が進んでいくものと思われる。また、ますます高度化、

多様化するユーザーニーズを満たすために、総合レーザ加工機メーカーとして更なる性能向上も目指し、様々な生産現場の各種ニーズに積極的に応えていく所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 大村浩嘉, ほか: 新型炭酸ガスレーザ加工機“eXシリーズ”, 三菱電機技報, 86, No.4, 255~258 (2012)

# FA統合エンジニアリングソフトウェア “MELSOFT iQ Works” による “iQ Sensor Solution”

竹下直樹\* 安部潤一郎\*  
藤澤 暁\*  
古嶋寛之\*

*“iQ Sensor Solution” by FA Integrated Engineering Software “MELSOFT iQ Works”*

*Naoki Takeshita, Akira Fujisawa, Hiroyuki Furushima, Junichiro Abe*

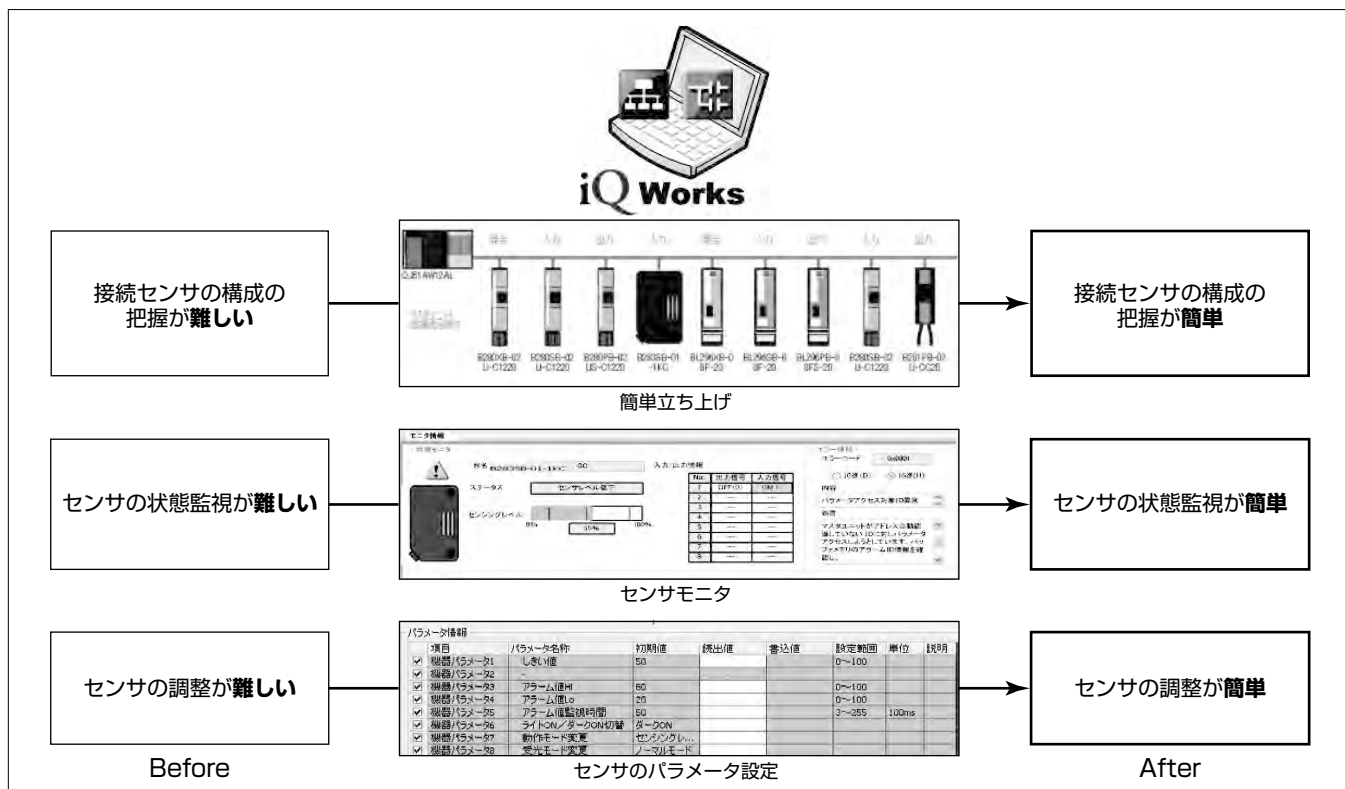
## 要 旨

近年、FA (Factory Automation) 分野の生産現場では、TCO (Total Cost of Ownership) 削減のために生産効率の向上が課題となっている。三菱電機はこの課題を解決するために、システム設計からプログラミング、表示器の画面作成、また、設備の立ち上げや運用保守にいたるまでを統合的に扱うFA統合コンセプト“iQ Platform”対応FA統合エンジニアリングソフトウェア“MELSOFT iQ Works” (以下“iQ Works”という。)を市場展開している。

FAシステムは様々な機器で構成されている。その中で、センサは、設置台数の増加、デジタル化、多機能化が進んでおり、接続センサの構成における使用容易性向上が望まれている。具体的には、接続センサの構成の把握、センサ

調整、状態監視の簡単化といった要求が顧客から挙がっている。これまでは、接続センサの構成を把握するには、図面、現物での確認しか手段がなかった。そのため、システムが大規模な場合、接続センサの構成の把握に時間がかかるという課題があった。また、センサごとに設定ツールが提供されているため、センサごとに異なる設定ツールを使用して調整や状態監視を行う必要があることと、操作性が異なるため顧客の習熟に時間がかかるという課題があった。

今回、これらの課題の解決策となる機能をFA統合エンジニアリングソフトウェア“iQ Works”で実現し、顧客に対して、FAシステムに多数使用されるセンサの使用容易性を向上させる“iQ Sensor Solution”を提案する。



## iQ Sensor Solution

三菱iQ Platform対応FA統合エンジニアリングソフトウェア“MELSOFT iQ Works”を使用した“iQ Sensor Solution”で、接続センサの構成の把握、センサの状態監視、センサの調整の簡単化を実現する。

## 1. ま え が き

近年、FA分野の生産現場では、TCO削減のために生産効率の向上が課題となっている。当社はこの課題を解決するために、システム設計からプログラミング、表示器の画面作成、また、設備の立ち上げや運用保守にいたるまでを統合的に扱う“iQ Platform”対応FA統合エンジニアリングソフトウェア“MELSOFT iQ Works”を市場展開している。

現状、センサはその用途の拡大によって、設置台数の増加、デジタル化、多機能化が進んでおり、接続センサの構成における使用容易性向上が望まれている。具体的には、接続センサの構成の把握、センサ調整、状態監視の簡単化といった要求が挙がっている。これらの要求を満たすため、当社は、iQ Worksによる“iQ Sensor Solution (iQSS)”を提供する。

## 2. 現状の課題と顧客からの要求

FAシステムに組み込まれるセンサの用途は拡大傾向で、設置台数と種類が増加している。そのため、図面や現物確認によって接続センサの構成を把握することが困難になっているのが現状であり、システムの立ち上げやシステムの変更に多くの工数がかかっている(図1)。

また、センサのデジタル化と多機能化が進んでおり、センサの調整と状態監視における使用容易性向上が顧客から要求されている。しかしながら、現状はセンサごとに設定ツールがあるため、センサの調整と状態監視を行うのに、センサごとに異なる設定ツールを使用する必要がある。そのため、作業に手間がかかるだけでなく、顧客の習熟に時間がかかるという課題がある(図2)。

今回、これらの課題を解決するため、iQ WorksによるiQSSで、3章に述べる機能を提供する。

## 3. iQ WorksによるiQSSの対応

センサの情報はプロファイル<sup>(1)</sup>で管理している。個々のセンサ固有の情報や振る舞いは、プロファイルにカプセル化されているため、プロファイルを用いることで個々のセンサに対応した表示・処理を実現することができる。

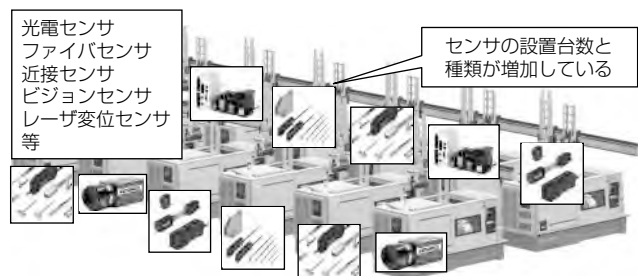


図1. FAシステムに組み込まれるセンサ

## 3.1 簡単立ち上げ

接続センサの構成を容易に把握するため、iQSSでは接続機器情報をiQ Worksに取り込み、グラフィカルに表示する接続機器の自動検出機能を開発した。従来は表計算ソフトやCADソフト等で機器構成を作画して管理する必要があったが、接続機器の自動検出機能を使用することで、CC-Link, AnyWireASLINK<sup>(注1)</sup>に接続されている機器を自動で検出し、表示することが可能となる(図3)。

CC-LinkやAnyWireASLINKのマスタユニットは常に個々のセンサと通信を行い、内蔵しているメモリにセンサの情報を保持している。iQ Worksがセンサの情報を取得する場合は、このマスタユニットと通信し、センサの情報を取得する。センサと直接通信をする必要がないため、短時間でセンサの情報を取得することができる。

(注1) AnyWireASLINKは、(株)エニワイヤの登録商標である。

## 3.2 センサモニタ

iQSSでは、センサの状態監視を容易に行うことができるセンサ・機器モニタを開発した。CC-Link, AnyWireASLINKに接続されているセンサを、センサモニタ

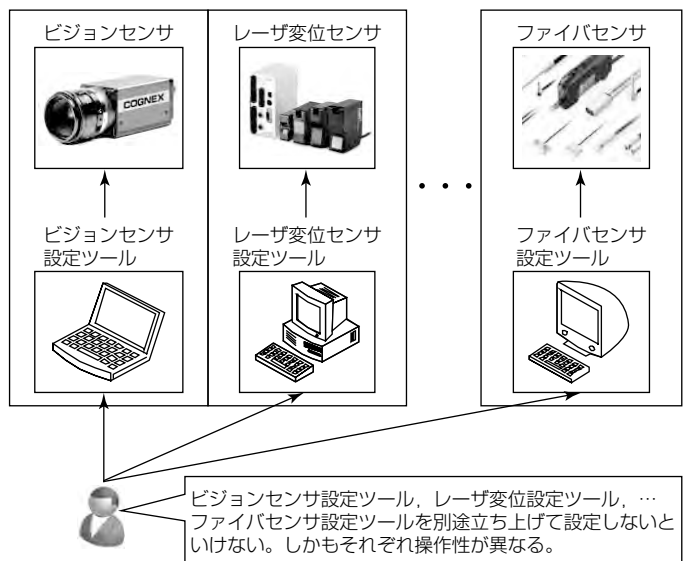


図2. センサ設定の現状



図3. 簡単立ち上げ

画面にグラフィカルに表示する(図4)。センサの情報とアイコンが表示されるので、状態監視したいセンサをミスなく選択することができる。選択したセンサに対しては、センサ画像と診断情報を同時に表示することで、センサの状態を一目で確認することができる。また、センサごとに設定ツールを使用する必要がなく、iQ Worksで種々のセンサの状態監視を行うことができる(図5)。

### 3.3 センサパラメータ読み書き

3.1節で述べた機能によって作成した接続センサの構成図上からセンサが持つパラメータの読み書きを行うことができる(図6)。これによって、対象のセンサの設定の確認、

変更が容易となる。

また、3.2節同様、センサごとに設定ツールを使用する必要がなく、iQ Worksで、種々のセンサのパラメータ設定を行うことができる。そのため、設定ツールの複数立ち上げ、複数ツールの習熟の必要がなく、工数を削減することができる。

### 3.4 その他機能

iQSSでは、これらの機能に加え、さらに、センサの使用容易性を向上させる機能として、簡単プログラミング、センサパラメータバックアップ／リストア、履歴管理等を実現している。

簡単プログラミングでは、センサのプロファイルからセンサの入出力データのラベルをiQ Worksにインポートできるため、プログラミングの効率化とデバイスの入力ミス防止に役立つ。さらに、センサごとのファンクションブロック、サンプルラダーを使用することで、更に効率的にプログラムを構築することができる。

センサパラメータバックアップ／リストアは、センサのパラメータを一括してシーケンサのSDメモ리카ードに保存することができ、複数センサへのパラメータ流用やセンサ交換時にパラメータのリストアが容易になる。

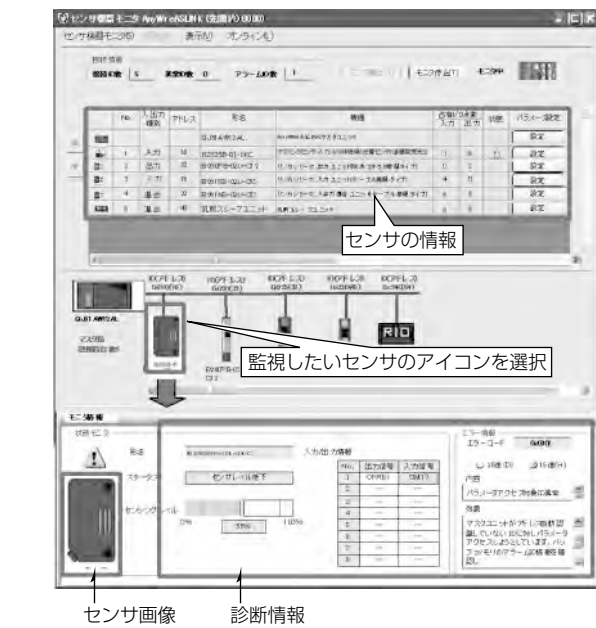


図4. センサモニタ画面

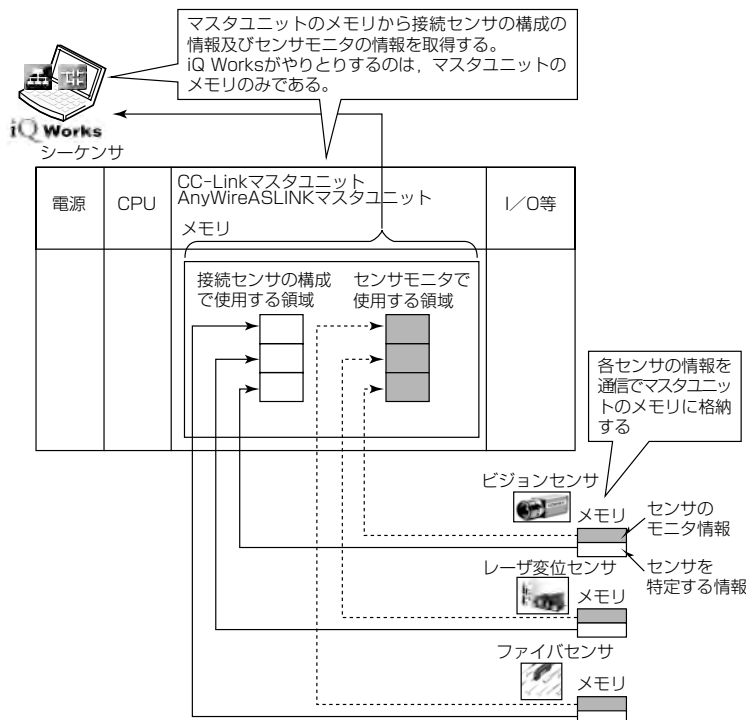


図5. 簡単立ち上げとセンサモニタの仕組み



パラメータ読み書き画面



パラメータ読み書き画面(詳細)

項目	パラメータ名称	初期値	読出値	書込値	設定範囲	単位	説明
✓ 機器/パラメータ1	しきい値	50			0~100		
✓ 機器/パラメータ2							
✓ 機器/パラメータ3	アラーム値H	80			0~100		
✓ 機器/パラメータ4	アラーム値LO	20			0~100		
✓ 機器/パラメータ5	アラーム値監視時間	50			0~255	100ms	
✓ 機器/パラメータ6	ライトON/ダークON切替	ダークON					
✓ 機器/パラメータ7	動作モード変更	セタリングレ...					
✓ 機器/パラメータ8	受光モード変更	ノーマルモード					

図6. センサパラメータ読み書き

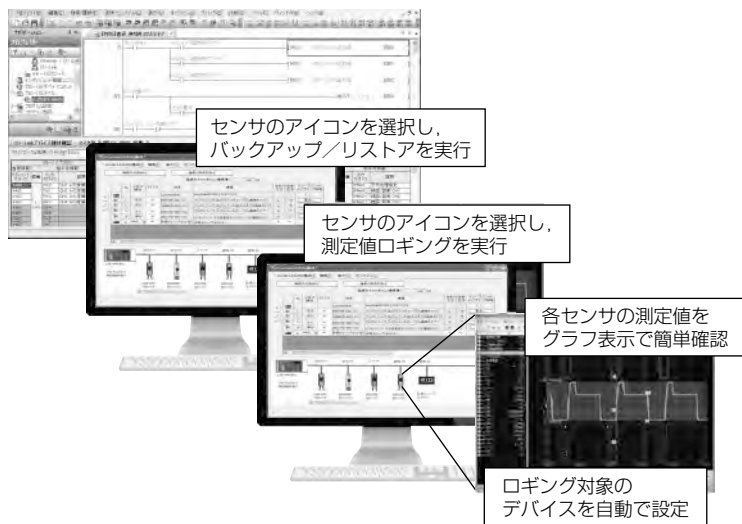


図 7. その他機能



図 8. GOTサンプル画面

表 1. 顧客のメリット

機能	対応前	対応後	顧客のメリット
簡単立ち上げ	接続センサの構成を図面、又は現物で把握する必要がある。	iQ Works上に接続センサの構成をグラフィカルに表示し、把握することができる。	接続センサの構成を容易に把握できるので、システム立ち上げ、システム変更の工数を削減できる。
センサモニタ センサパラメータ 読み書き	センサごとに異なる設定ツールをそれぞれ立ち上げて操作する必要がある。	iQ Worksで設定ができる。	ツール立ち上げ、操作工数が削減でき、一度操作を覚えれば、以降の顧客の負担がない。

履歴管理ではセンサのON/OFF状態などのステータスデータを収集し、ロギングデータとしてSDメモリーカードに登録できる。これによってセンサのデータ管理と分析が容易に行えるようになる(図7)。

#### 4. 当社表示器GOTを用いたソリューション

これまで述べた機能はiQ Worksを用いたものであるが、このiQSSでは、今後GOT(Graphic Operation Terminal)でも同様の機能を実現していく。第1段階としては、サンプル画面を使って3.2節、3.3節で述べた機能を実現していく(図8)。これによって、現場でもセンサの調整や状態監視を行うことが可能となる。また、当社FAのWebサイトからサンプル画面をダウンロードできる仕組みも整えていく。

#### 5. む す び

FAシステムに多数使用されているセンサの使用容易性を向上させるiQSSについて述べた。この開発によって、顧客からの要求である接続センサの構成の把握、センサの調整、状態監視の簡単化を実現した(表1)。今後は、対応するセンサメーカー、センサの種類を増やしていく。

#### 参 考 文 献

- (1) 古嶋寛之, ほか: 三菱“iQ Platform”対応FA統合エンジニアリングソフトウェア“MELSOFT iQ Works”へのプロファイル技術の適用, 三菱電機技報, 86, No.4, 227~230 (2012)



# ユニバーサルモデル高速タイプQCPUユニット

百目木栄悦\*  
 鈴木孝幸\*

*High-speed Universal Model QCPU Unit*

*Eietsu Domeki, Takayuki Suzuki*

## 要 旨

製造業では多品種少量生産へのシフト、リードタイム短縮といった要求から、製造設備の高度化、複雑化が進んでいる。これらに柔軟に対応するため、2007年にシーケンサ“MELSEC-Qシリーズ”のCPUユニット“ユニバーサルモデルQCPU<sup>(1)</sup>”を市場へ投入し、その後もシーケンサのラインアップを拡充している。

更なる基本性能の向上、システム性能向上に対応するため、FA統合コンセプト“iQ Platform”対応製品の核となるシーケンサとして“ユニバーサルモデル高速タイプQCPU”を開発した。主な特長を次に示す。

### (1) 命令処理性能の向上

新規開発のシステムASIC(Application Specific Integrated Circuit)によって、従来のユニバーサルモデルQCPUから基本命令実行時間をおよそ5倍向上させ、データ処理能力を向上させた。

### (2) デバイス容量の拡大

内部デバイスを従来のユニバーサルモデルQCPUから最大2倍(60Kワード)に拡大した。また、拡張SRAMカセットを装着することで、最大4,736Kワードのファイルレジス

タを使用可能とした。これらによって、レシピデータや品質管理データ等の増大に対応した。

### (3) 標準的なインタフェースの採用

標準でUSBインタフェース及びEthernet<sup>(注1)</sup>ポートを備えることで、パソコンや上位機器と連携するネットワークをより簡単に構築可能とした。また、MELSEC-QシリーズCPUユニットとしては初めてSDメモリーカードスロットを備え、大容量のSDメモリーカードを活用したデータロギング機能を搭載した。

### (4) セキュリティキーによるファイルアクセス制御機能

顧客のプログラムやパラメータを保護するため、セキュリティキーによるファイルアクセス制御機能を搭載した。

### (5) 従来のユニバーサルモデルQCPUとの高い互換性

装置で使用しているMELSEC-Qシリーズのユニットはそのまま、CPUユニットだけをユニバーサルモデル高速タイプQCPUに置き換え可能とした。また、既存のプロジェクトはPCタイプ変更を行うだけで流用可能である。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。



## ユニバーサルモデル高速タイプQCPUユニット

基本命令処理の性能向上やデバイス容量の拡大、SDメモリーカードスロットの搭載、セキュリティ機能の強化を行った。

\*名古屋製作所

## 1. ま え が き

製造業では多品種少量生産へのシフト、リードタイム短縮といった要求から、より高速にデータを処理することでタクトタイムを短縮したい、よりきめ細かいデータ処理によって高精度の制御を行いたいといった要望が顧客からあがっている。シーケンサCPUユニットでは、高速演算、大容量データの処理能力向上といった、更なる基本性能の向上、システム性能向上によってこれらの要求に応える必要がある。

このような状況に対し、三菱電機ではMELSEC-QシリーズのCPUユニットであるユニバーサルモデルQCPUの更なる処理能力向上を目指し、ユニバーサルモデル高速タイプQCPUを開発した。

ユニバーサルモデル高速タイプQCPUでは、新規に開発したシステムASICを搭載することでLD命令1.9ns(従来比で基本命令処理性能5倍)、FOR/NEXT命令45ns(同19倍)を実現している。また、SDメモ리카ードスロットを搭載し、大容量のSDメモ리카ードを活用できるデータロギング機能を搭載した。さらに、顧客が開発した装置のプログラムやパラメータ等の設計資産を保護するため、セキュリティキーによるファイルアクセス制御機能を搭載した。

本稿では、これらユニバーサルモデル高速タイプQCPUの特長及び適用した技術について述べる。

## 2. 製品の特長

ユニバーサルモデル高速タイプQCPUの主な特長を次に示す。

- (1) 命令処理性能の向上
- (2) デバイス容量の拡大
- (3) 標準的なインタフェースの採用
- (4) セキュリティキーによるファイルアクセス制御機能
- (5) 従来のユニバーサルモデルQCPUとの高い互換性

ユニバーサルモデル高速タイプQCPUは命令処理性能向上とデバイス容量拡大を行った。また、SDメモ리카ード／USB／Ethernetに対応したほか、セキュリティ機能の強化も行っている。さらに、従来のユニバーサルモデルQCPUと高い互換性を保ち、MELSEC-Qシリーズで構築した既設システムで、CPUユニットだけの置き換えを可能としている。

### 2.1 命令処理性能の向上

ユニバーサルモデル高速タイプQCPUでは、装置のタクトタイム短縮や加工精度向上のため、命令実行時間の短縮と、定周期割り込みプログラム最小実行間隔の短縮を行った。

#### (1) 命令実行時間の短縮

主な基本命令について、ユニバーサルモデル高速タイプQCPUの命令実行時間を表1に示す。

基本命令の実行時間短縮によって、PC MIX値で約220(命令数/μs)を達成し、従来のユニバーサルモデルQCPUからは約3.7倍高速化している。また、FB(Function Block)やST(Structured Text)によるプログラムの構造化及び再利用の促進に向けて、繰り返し命令やサブルーチンコールといった命令を高速化した。

#### (2) 定周期割り込みプログラム最小実行間隔の短縮

定周期割り込みプログラムの最小実行間隔を、従来のユニバーサルモデルQCPUの500μsから、ユニバーサルモデル高速タイプQCPUでは100μsに短縮した。これによって、従来よりもきめ細かい制御が可能となり、装置の加工精度向上が行える。

## 2.2 デバイス容量の拡大

ユニバーサルモデル高速タイプQCPUでは、デバイス容量を拡大することで、レシピデータや品質管理データ等の増大に対応している。

従来のユニバーサルモデルQCPUで29Kワードであった内部デバイスを、ユニバーサルモデル高速タイプQCPUでは最大60Kワードに拡大した。また、拡張SRAMカセット(1Mバイト、2Mバイト、4Mバイト、8Mバイトから選択可能)を装着することで本体の標準RAMを拡張して、最大4,736Kワードのファイルレジスタを確保することができる。

従来のユニバーサルモデルQCPUでは標準RAMとSRAMカードが別のドライブであり、容量拡大のためファイルレジスタの格納先を標準RAMからSRAMカードに変更する場合には、プログラムやパラメータで指定しているドライブを変更する必要があった。また、標準RAMとSRAMカードを同時に使用するためにはプログラム中でドライブを切り換える必要があった。ユニバーサルモデル高速タイプQCPUでは拡張SRAMカセットによって標準RAMを拡張する形としたことで、ファイルレジスタの容量拡大に伴うドライブの変更が不要となった。また、ファイルレジスタは32ビットインデックス修飾を使用することで、連続領域としてアクセスできる。そのため、プログラム中でのドライブ切り換えが不要となった。

## 2.3 標準的なインタフェースの採用

ユニバーサルモデル高速タイプQCPUでは、SDメモ리카ードスロットを搭載することで、より大容量のデータの

表1. 主な基本命令の実行時間

命令種別	対象命令	高速タイプ	ユニバーサルモデル
接点命令	LD X0	1.9ns	9.5ns
ビット出力命令	OUT Y0	3.9ns	9.5ns
データ転送命令	MOV D0 D1	3.9ns	19.0ns
浮動小数点演算	E+ D0 D2	13.0ns	57.0ns
繰返し命令(10ループ)	FOR K10~NEXT	0.45μs	8.9μs
サブルーチンコール	CALL~RET	1.10μs	3.9μs

取扱いを可能とした。また、Ethernetポート内蔵QCPUと同様にUSB、Ethernetポートを搭載した。

SDメモ리카ードは、プログラム・デバイスデータのバックアップ／リストア、ブート運転、データロギング機能に使用できる。このうち、データロギング機能については、“MELSEC-Lシリーズ”CPUユニットのデータロギング機能と同等の機能を実現しており、収集したロギングデータを専用のビューアやGOT(Graphic Operation Terminal)を用いることで簡単に解析できるうえ、保存フォーマットもCSV(Comma Separated Values)形式のテキストデータであることから市販の表計算ソフトウェアなどでの活用も容易である(図1)。これによって、メンテナンス工数の削減や品質管理データの収集、迅速なトラブルシューティングが可能である。

また、EthernetポートはプログラミングツールやGOTとの接続で使用する“MELSOFT接続”に加え、“MC(MELSEC Communication)プロトコル”によるデバイスデータの読み書きや、TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)とUDP/IP(User Datagram Protocol/Internet Protocol)の通信プログラムに対応しており、Ethernetによる上位通信やメンテナンス用途の通信に活用できる。

## 2.4 セキュリティキーによるファイルアクセス制御機能

ユニバーサルモデル高速タイプQCPUでは、プログラムやパラメータ、デバイスコメントといった顧客の設計資産からのノウハウ流出やプログラムの不正流用を防止するため、セキュリティキーによるファイルアクセス制御機能を搭載した。

この機能は、プログラミングツールで生成したセキュリティキーをCPUユニットとプロジェクトに設定しておきアクセス時に照合することで、一致しない場合はCPUユニット内のファイル読み書きを制限する機能である。図2に示すように、セキュリティキーを設定していないプログラミングツール上のプロジェクトから、セキュリティキーを設定したCPUユニットに対するファイルの読み書きができない。また、プログラミングツール上のプロジェクトにセキュリティキーを設定している場合でもCPUユニットにセキュリティキーが設定されていなければファイルの書き込みはできない。

また、複数のプログラミングツール上からセキュリティキーを設定したCPUユニットに対するアクセスができるようセキュリティキーの複製を可能とした。セキュリティキーの複製管理については3.3節で詳細を述べる。

## 2.5 従来のユニバーサルモデルQCPUとの高い互換性

ユニバーサルモデル高速タイプQCPUは、MELSEC-QシリーズCPUユニットの最上位機種として、従来のユニバーサルモデルQCPUと高い互換性を確保している。

ロギング設定ツールでロギングするデバイスを設定

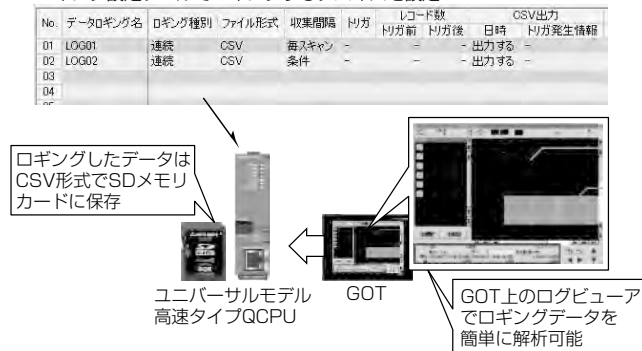


図1. データロギング機能の活用

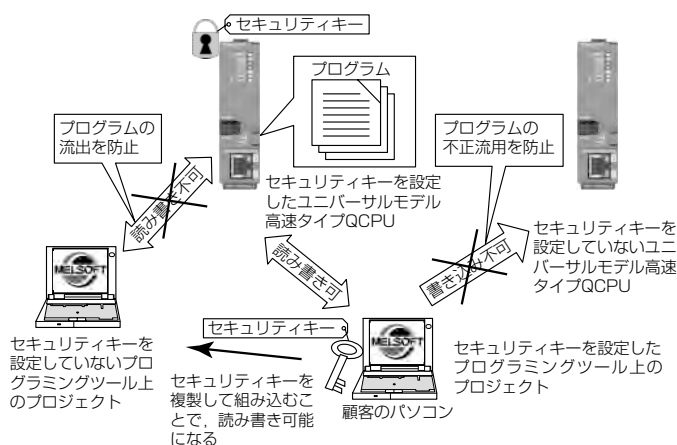


図2. セキュリティキーによるファイルアクセス制御

MELSEC-Qシリーズのユニットはそのまま使用可能(一部バージョンアップが必要)であり、iQ Platform対応ユニットとのマルチCPU構成でも既設のユニバーサルモデルQCPUを置き換え可能とした。

また、既にあるユニバーサルモデルQCPU用プロジェクトデータのPCタイプを変更することで、ユニバーサルモデル高速タイプQCPU用プロジェクトデータを作成することができる。

そのため、CPUユニットだけを既存のユニバーサルモデルQCPUからユニバーサルモデル高速タイプQCPUに置き換えることによる装置・設備の高速化が可能である。

## 3. 実現のための技術

ユニバーサルモデル高速タイプQCPUで、特長の実現にあたり開発した技術について述べる。ユニバーサルモデル高速タイプQCPUでは新規にシステムASICを開発した。システムASIC及びハードウェアのブロック図を図3に示す。

システムASICでは更なる命令実行の高速化に向けて実行エンジンを高速化し、メモリアクセスを効率化した。また、ユニバーサルモデル高速タイプQCPUで搭載する標準インタフェースやバスインタフェースをIP(Intellectual

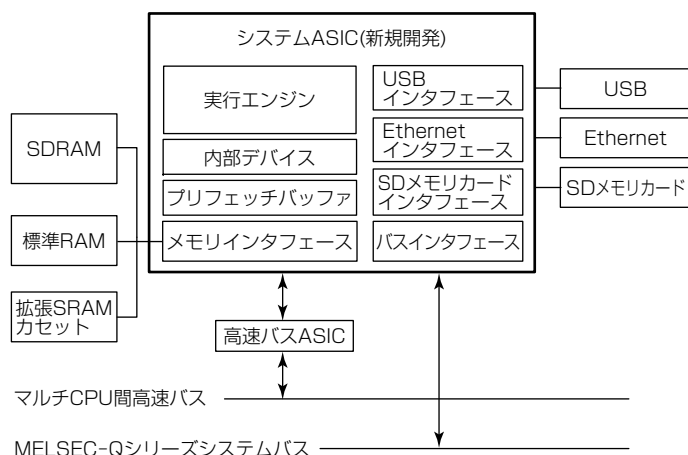


図 3. システムASIC及びハードウェアのブロック図

Property) 部品として組み込むことで製品の部品点数を削減した。

また、安全性を確保しつつ利便性を備えたセキュリティキーの管理方法を開発している。

特長の実現にあたり開発した技術を次にあげる。

- (1) 実行エンジンの高速化
- (2) メモリアクセスの効率化
- (3) セキュリティキー管理
- (4) 従来のユニバーサルモデルQCPUとの互換性確保

### 3.1 実行エンジンの高速化

新規開発のシステムASICでは、シーケンス命令を実行する実行エンジンのパイプライン構成の見直しや動作周波数の向上を行った。また、使用頻度の高いシーケンス命令については基本命令を組み合わせで直接実行エンジン上で処理することで高速化を図った。

さらに、サブルーチンコール命令など個別の命令についても処理内容を最適化して性能向上を図った。

### 3.2 メモリアクセスの効率化

命令実行時間の短縮にあたり、ASIC外部のSDRAMに配置したプログラムを実行する場合に、プリフェッチによるアクセス手法を採用した。これは、あらかじめまとまったサイズのプログラムをSDRAMからASIC内部のプリフェッチバッファに読み込み、プリフェッチバッファ上で実行する手法である。この手法によってSDRAMアクセスを効率化することで、プログラム実行性能向上を達成している。

また、システムASICの外部にある標準RAMや拡張SRAMカセットに対するアクセスでは、実行エンジンからキャッシュを介してアクセスする設計とした。これによって、実行エンジンからのアクセス時の遅延を最小限とし、デバイスアクセスを効率化することで性能向上を実現した。

### 3.3 セキュリティキー管理

2.4節で述べたように、ファイルアクセス制御機能の実現でセキュリティキーを用いた。

セキュリティキーの実現にあたり、安全性確保のためにセキュリティキーをグローバルに一意とする一方で、利便性確保のためセキュリティキーの複製を可能とした。これによってプログラミングツールで生成したセキュリティキーを複製し、他のパソコンへ配布することで、そのパソコンからセキュリティキーを設定したCPUユニットに対するアクセスが可能となる。

セキュリティキーの複製では、無制限にセキュリティキーが複製されることを避けるため、一度複製したセキュリティキーからの複製は不可能な設計を行った。また、複製されたセキュリティキーの盗難や紛失に対する対策として、複製されたセキュリティキーが他のパソコンに配布されるまでの有効期限を設定必須とした。同様に盗難や紛失に備え複製されたセキュリティキーに対するパスワードも設定必須とした。

このように、安全性を確保しつつ、利便性を備えたセキュリティキーを実現している。

### 3.4 従来のユニバーサルモデルQCPUとの互換性確保

新規開発のシステムASICでは実行エンジンアーキテクチャを一新しているが、実際に実行する命令及びパラメータは従来のユニバーサルモデルQCPUと互換を保っている。さらに、既存の開発プロジェクトを流用する際、パラメータやプログラム変換をPCタイプ変更で実施することで、従来のユニバーサルモデルQCPUのプロジェクトから、ユニバーサルモデル高速タイプQCPUのプロジェクトを作成することを可能とした。

## 4. む す び

MELSEC-Qシリーズのユニバーサルモデル高速タイプQCPUの特長とそれらを実現するために用いた技術について述べた。ユニバーサルモデル高速タイプQCPUの開発によって、より高速で高精度の装置開発を可能とした。今後、シーケンサCPUの高速化、高機能化、及び利便性の向上を追求していく。

## 参 考 文 献

- (1) 石田 浩，ほか：高速シーケンサ“QnUシリーズ”，三菱電機技報，81，No.4，249～252（2007）

# ハイエンドモデルC言語コントローラ “Q24DHCCPU-V”

宮丸卓也\*

High-end Model C Controller "Q24DHCCPU-V"

Takuya Miyamaru

## 要 旨

C言語コントローラはラダー言語で制御を行うシーケンサとは異なり、C言語によって制御を行う“MELSEC-Qシリーズ”のコントローラであり、製品安定供給に対する不安や維持管理コストの増大といったマイコンボード／パソコン環境が抱える課題の解消を目指した製品である。近年では、C言語コントローラは多様なアプリケーションを動作させる組み込みシステムプラットフォームとしても注目されており、三菱電機提供の開発環境やパートナー製品を活用することで、上位システムとの通信や公共インフラ監視等の多様なシステムを柔軟かつ簡単に構築できる。

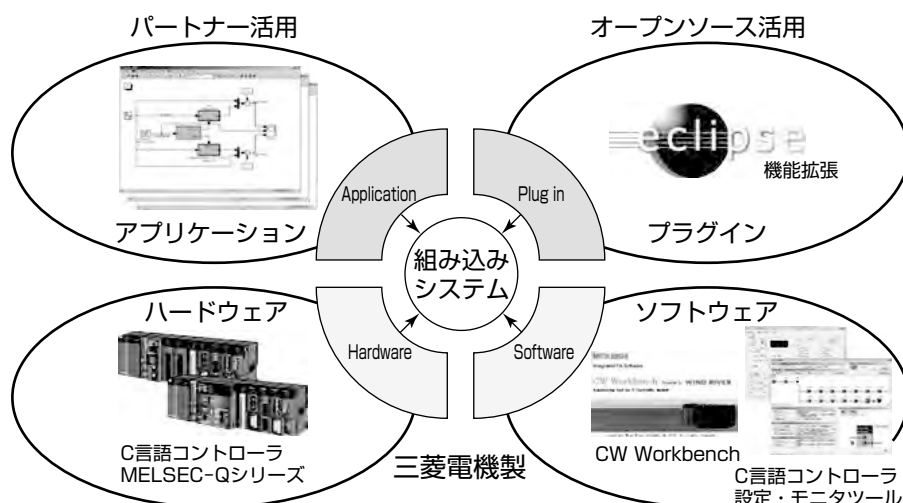
顧客の多様なアプリケーションやパートナー製品に対応していく過程で様々な要望があった。特に①大規模アプリケーションの実行、②高いリアルタイム性、③システム稼

働率の向上、④パソコン相当の高い拡張性、⑤プログラミング容易性の課題があり、従来機種（スタンダードモデル）に加えてハイエンドモデルC言語コントローラ“Q24DHC CPU-V”を開発することで対応した。この製品は次の特長を備える。

- (1) 高性能化による大規模アプリケーション実行への対応
  - (2) 2 MPU (Micro Processor Unit) アーキテクチャによるリアルタイム性向上
  - (3) ユーザーCPU再起動機能によるシステム稼働率向上
  - (4) 高い拡張性を備えたインタフェースの搭載
  - (5) データリフレッシュ機能によるプログラミング容易化
- 本稿では現状の課題と課題解決のために今回開発したQ24DHCCPU-Vについて述べる。

多様なシステムを簡単に構築したいという声  
それにこたえるプラットフォームがC言語コントローラ

リアルタイムOS VxWorks<sup>(注1)</sup>を搭載したC言語コントローラは、手ごろな価格の開発環境“CW Workbench”及びパートナー製品やプラグインを用いて、顧客がシステムを柔軟、簡単に構築するためのプラットフォーム



情報処理なら、  
ハイエンドモデルC言語コントローラ



Q24DHCCPU-V

(注1) VxWorksは、Wind River Systems, Inc. の登録商標である。

## C言語コントローラのコセプトとハイエンドモデルC言語コントローラ“Q24DHCCPU-V”

MELSEC-QシリーズのハイエンドモデルC言語コントローラ“Q24DHCCPU-V”では、Eclipseベースの開発環境やパートナー製品を活用することで、顧客の多様なシステムを柔軟かつ簡単に構築することができる。

## 1. ま え が き

組み込みシステムの開発現場では、マイコンボードやパソコンを使用しているが、採用部品の生産中止、OSの改廃等に伴う維持管理コストの増大という課題を抱えている。この課題に対してマイコンボードやパソコンからの移行を可能とする長期安定供給と高信頼性を実現する汎用コントローラが求められており、また、この汎用コントローラは過去に設計したソフトウェア資産を流用できるようにC言語プログラムが動作することが求められている。これらの要望にこたえるためにC言語コントローラを開発した。

長期安定供給・高信頼という点で注目されてきたC言語コントローラであったが、近年は多様なシステムを柔軟・簡単に構築できる組み込みシステムプラットフォームとして注目されている。オープンソースや当社提供の開発環境を利用してシステムを構築できるだけではなく、パートナー製品を利用して柔軟にシステムを構築でき、製造現場から社会インフラまで多様な分野で利用されている。

今回、従来機種で受けた顧客の要望にこたえるために、性能と機能を強化したハイエンドモデルC言語コントローラ“Q24DHCCPU-V”を製品化した。

本稿ではC言語コントローラの製品特長を述べ、C言語コントローラの課題とQ24DHCCPU-Vにおける対応内容について述べる。

## 2. C言語コントローラの製品特長

### 2.1 耐環境性・高信頼性に優れたコントローラ

C言語コントローラはFA環境で培ったMELSECの高信頼性・耐環境性を継承しており、さらに、故障しやすいディスクドライブなどの駆動部品を使用していないため、パソコンを使ったシステムに比べ信頼性が高い。またウインドリバー社のリアルタイムOS VxWorksを搭載することで高信頼かつ堅牢(けんろう)なシステム構築を実現している。

### 2.2 MELSEC-Qシリーズの各製品との連携

C言語コントローラはMELSEC-QシリーズのCPUユニットであり、150種類以上の豊富なユニットを活用してシステムを構築できる。また専用高速バスに対応したシーケンサCPUやモーションCPUとの連携や、CC-Link IEフィールドネットワークなどの高速ネットワークを利用することでMELSECならではの高速制御を実現できる。

### 2.3 専用開発環境による開発効率化

次に示すC言語コントローラの専用開発環境を提供することで顧客の開発効率向上を実現している。

#### (1) CW Workbench

“CW Workbench”は、ユーザーアプリケーションのプログラミングを行うためのツールである。プログラムの編集からコンパイル、ソースコードデバッグまでの基本機能を

備えており、アプリケーションを容易に構築可能である。またCW WorkbenchはEclipseベースの開発環境であるため、サードパーティ製のプラグインツールが活用でき、プラグインツールを用いた機能拡張によって、多言語化対応、ソースコード管理等、機能を簡単に拡張できる。

#### (2) C言語コントローラ設定・モニタツール

C言語コントローラ設定・モニタツールはC言語コントローラ自身のシステム設定やC言語コントローラユニットが管理するCC-Link IEフィールドネットワーク、CC-Link IEコントローラネットワーク、CC-Link等のネットワークユニットやインテリジェント機能ユニットのパラメータをプログラムレスで設定できるツールである。またC言語コントローラで発生したエラーやユーザーアプリケーションで発生したイベント履歴の確認、ネットワーク診断によるケーブル断線や通信状態等の確認をする診断機能を備えている。このツールを使用することによって、プログラムレスでシステムを容易に構築・保守することが可能となる。

#### (3) 専用ライブラリ関数

C言語コントローラユニットの制御やMELSEC-Qシリーズの各種ユニットへのアクセスには、当社が提供する専用ライブラリ関数を使用する。ユニットアクセスのためのドライバ開発は不要であり、ドライバ開発に必要な開発コストを削減できる。

## 3. C言語コントローラに対する課題

2章で述べた特長などが顧客の要望と合致し、C言語コントローラの適用分野が拡大しているが、その中で顧客から様々な要望があり、それらの要望の中でも、特に次の5つの要望について対応強化が求められており、C言語コントローラを適用するためにはこれらの要望に応えることが課題となっていた。

#### (1) 大規模アプリケーションの実行

パソコンを使用したシステムでは、高い演算性能、大容量ワークRAM(Random Access Memory)を必要とする大規模なアプリケーションの実行が求められており、このシステムへC言語コントローラを適用するためには、ハードウェア性能の強化が必要となる。

#### (2) 高いリアルタイム性

製造装置、検査装置等、マイコンボードを使用したシステムでは高いリアルタイム性が要求されている。特に外部要因によって影響を受けることなくユーザープログラムを安定して稼働させることが求められている。

#### (3) システム稼働率の向上

公共インフラや生産停止が許されない生産設備などのクリティカルなシステムでは、プログラム更新などのメンテナンスによるシステム停止期間を最小限に抑え、システム稼働率を向上させることが求められている。



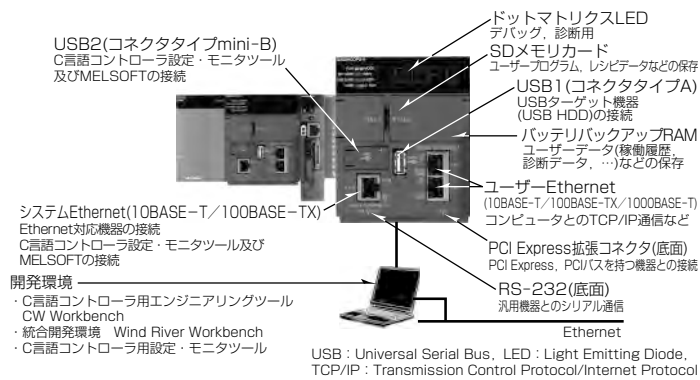


図1. Q24DHCCPU-Vの構成

表1. Q24DHCCPU-Vの仕様

項目	仕様	
マイクロプロセッサ	Intel ATOM Processor (ユーザープログラム実行用)	SH-4A (システム制御用)
標準RAM	最大4MB(バッテリーバックアップRAMとの合計で5MB)	
標準ROM	382MB	
ワークRAM	512MB	
バッテリーバックアップRAM	最大5MB(標準RAMとの合計で5MB)	
周辺機器接続ポート	Ethernet 10/100/1000: 2ch, 10/100: 1ch, RS-232: 1ch, USB(デバイス): 1ch, USB(ホスト): 1ch	
SDメモリカード	1スロット(最大16GB)	
外部インタフェース	PCI Express: 1ch	
OS	VxWorks6.8.1(出荷時組み込み済)	
プログラミング環境	CW Workbench・専用設定・モニタツール, Wind River Workbench3.2(Wind River社製)	
プログラミング言語	C, C++	
外形寸法(H×W×D)	98×83×115(mm) (3スロット品)	

ROM: Read Only Memory

#### (4) パソコン相当の高い拡張性

パソコンを使用したシステムでは、過去に使用していたボード資産を流用できることや、システムが扱うデータ量に応じて、容易に拡張できる仕組みが求められている。

#### (5) プログラミング容易性

各種機器へのアクセスについて、顧客でプログラミングする部分を最小限に抑え、顧客が付加価値部分に注力できるように、容易にプログラミングできるような仕組みや既存システムからの移植容易性が求められている。

これらの課題について対応を強化するため、ハイエンドモデルC言語コントローラQ24DHCCPU-Vを開発した(図1, 表1)。4章ではQ24DHCCPU-Vにおける課題への対応内容と特長について述べる。

### 4. Q24DHCCPU-Vの特長

#### 4.1 高性能化による大規模アプリケーション実行への対応

Q24DHCCPU-Vはパソコンを使用したシステムへの適用を想定し、大規模アプリケーションの実行や大容量データの格納ができるようハードウェア性能の強化を図っている。

大規模アプリケーションの実行への対応としては、ユーザープログラム実行用にIntel ATOM<sup>(注2)</sup> Processor, システム制御用としてルネサスエレクトロニクス社のSH-4Aを搭載

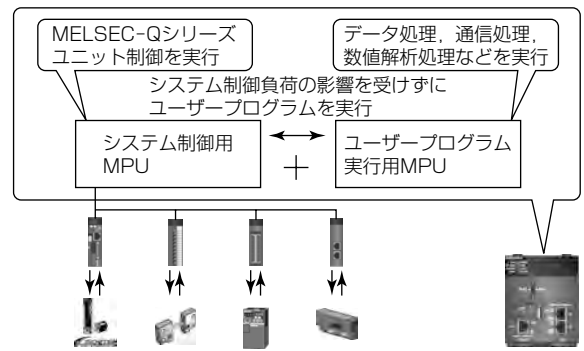


図2. Q24DHCCPU-Vの2MPUアーキテクチャ

し、512MBのワークRAMを用意した。これによって大規模アプリケーションの高速かつ安定した動作を実現した。また大容量データの格納を可能とするため、内部ストレージとして382MBの標準ROM(フラッシュメモリ)を搭載し、SDカードによって最大16GB、USBによる外部ストレージ接続によって最大2TBまでデータを格納できるようにした。これによって大容量のアプリケーションやデータを扱うことが可能となった。

(注2) Intel ATOMは、Intel Corp.の登録商標である。

#### 4.2 2MPUアーキテクチャによるリアルタイム性向上

従来機種では、1つのマイクロプロセッサ上でシステム制御プログラムと顧客のプログラムが共存して動作する構成であった。その場合、システム制御の負荷が顧客のプログラムに影響を与え、ユーザープログラム実行性能にばらつきが生じ、リアルタイム性が低下することがあった。この課題に対してQ24DHCCPU-Vでは、図2に示す2MPUアーキテクチャを採用した。

このアーキテクチャはMELSEC-Qシリーズユニットを制御するシステム制御用MPU(Micro Processing Unit)と、顧客のプログラムを実行するユーザープログラム実行用MPUで構成している。

ユーザープログラムをシステム制御から独立して実行するため、システム制御の負荷状況によって発生するユーザープログラム実行性能のばらつきを最小限に抑えることが可能となり、高いリアルタイム性を確保することができる。

#### 4.3 ユーザーCPU再起動機能によるシステム稼働率の向上

従来機種では同一MPUでシステム制御とユーザープログラムが共存していたため、ユーザープログラムを更新する場合にシステム制御も同時に停止させる必要があった。

システム制御を停止させる場合、モーション駆動やシーケンサによるI/O制御まで含めたシステム全体を停止させる必要があり、システム稼働率が低下してしまう課題があった。この課題に対し、ユーザープログラム実行用MPUだけを停止・再起動し、システム制御用MPUの動作を継続させるユーザーCPU再起動機能を開発した(図3)。

この機能によって、ユーザープログラム更新時にはユーザープログラム実行用MPUだけを停止・再起動させるこ

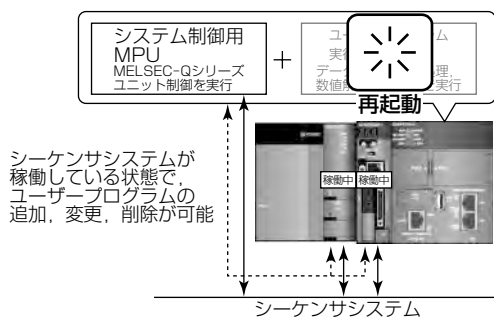


図3. ユーザーCPU再起動機能

とが可能となるため、マルチCPU構成のシーケンサCPUやモーションCPUによる制御を停止させることなく、ユーザープログラムの追加や変更・削除が可能となり、システム稼働率が向上する。

#### 4.4 高い拡張性を備えたインタフェースの搭載

パソコンを使用したシステムはPCI Express<sup>(注3)</sup>など高い拡張性を備えた汎用インタフェースを搭載している。従来機種ではこのインタフェースが備わっていないため、顧客がパソコンで使用していたボード資産を流用することが容易ではなかった。今回開発したQ24DHCCPU-Vでは従来使用しているボード資産を活用できるようにPCI Express拡張コネクタを搭載した。PCI Express方式の拡張シャーシと接続し、拡張シャーシ内にPCI Express、PCIバス対応機器を装着することで顧客のボード資産を活用して多様なシステム構成に対応できる。またプログラム資産が豊富にあるPCI Express、PCIバス対応機器や特殊な機能を持った専用の機器等を使用しているシステムでもC言語コントローラの利用が可能となる。また上位システムとの通信や他機器との通信用としてギガビットEthernet<sup>(注4)</sup>に対応したユーザー用Ethernetポートを2チャンネルと、MELSOFT接続用のシステムEthernetポートを1チャンネル搭載している。これによって装置内ネットワークと上位ネットワーク、設定用のネットワークを分離したいといった要望に応えることができる(図4)。

このように拡張性の高い汎用インタフェースをC言語コントローラに搭載することで、パソコン相当の拡張性を必要としたシステムでもC言語コントローラを利用できる。

#### 4.5 データリフレッシュ機能によるプログラミング容易化

マイコンボードにおけるプログラミングではメモリアクセスによる各種I/Oデータへのアクセスや、I/O値が変化した場合に処理を行うイベントドリブン処理を実装することが多い。従来機種では専用ライブラリ関数を利用して各種I/Oへアクセスしていたため、メモリアクセスによる各種I/Oデータアクセスは困難であった。また、イベントドリブン処理はポーリング処理によるI/O監視処理が必要となり、顧客がプログラミングをする場合の負荷となっていた。

これらの課題に対応するため、データリフレッシュ機能を開発した。データリフレッシュ機能は、C言語コントロ

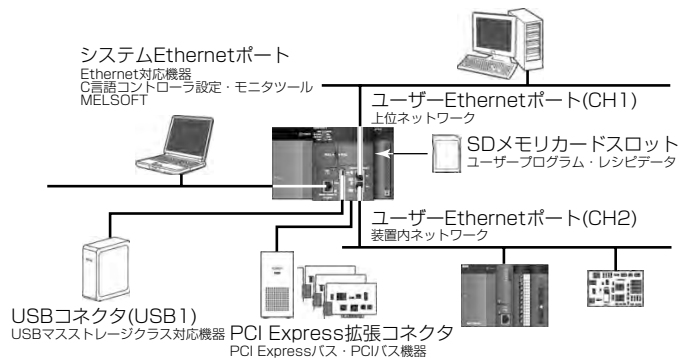


図4. 拡張性の高いインタフェース

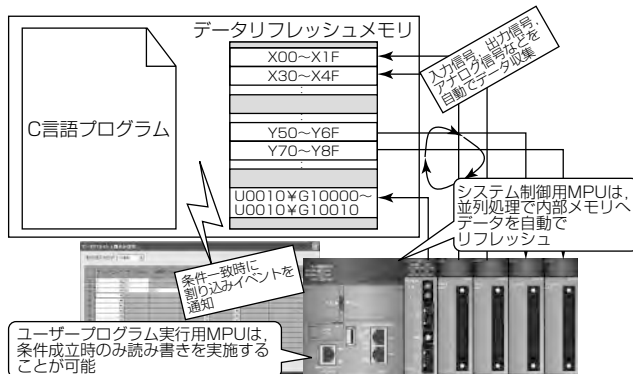


図5. データリフレッシュ機能

ーラシステムの入出力デバイス、インテリジェント機能ユニットバッファメモリ、マルチCPU間共有メモリ等の各種I/OデータをC言語コントローラ内部のメモリ空間（データリフレッシュメモリ）へ転送する機能であり、マイコンボードのようなメモリアクセスで各種I/Oのデータにアクセスできる。また、この機能には割り込みイベント通知機能を実装しており、各種I/O値に条件を指定でき、条件成立時には指定の割り込みルーチンを実行できるため、ポーリング処理を実装することなくイベントドリブン処理を容易に実現できる。この機能を利用することでプログラミング容易性が向上し、顧客が付加価値部分の開発に注力できる(図5)。

(注3) PCI Expressは、PCI-SIGの登録商標である。

(注4) Ethernetは、富士ゼロックス株式の登録商標である。

## 5. む す び

C言語コントローラの課題とハイエンドモデルC言語コントローラQ24DHCCPU-Vによる対応について述べた。Q24DHCCPU-Vを製品ラインアップに追加したことによって、マイコンボードやパソコンを使用したシステムで、顧客がC言語コントローラへ移行しやすくなるだけでなく、従来では利用できなかった分野でもC言語コントローラを利用できるようになる。

今後も顧客からのニーズを忠実に反映して使い勝手と付加価値の向上を目指した製品開発を実施し、組み込みシステムプラットフォームというコンセプトに従ったコントローラを作りあげていく。

# “MELSEC-Qシリーズ”電力計測ユニット

下江政義\*

*"MELSEC-Q Series" Power Measuring Unit*

Masayoshi Shimoe

## 要 旨

三菱電機は、生産現場におけるエネルギー情報を活用することで“生産性の向上”と“コスト削減”を実現する“e&eco-F@ctory”構想に基づき、2010年に業界初<sup>(注1)</sup>となる汎用シーケンサ搭載タイプの電力エネルギー計測器“MELSEC-Qシリーズ電力計測ユニット“QE81WH””を発売した。

国内、海外での更なる生産性向上及び省エネルギー活動の推進を支援するため、電力計測ユニットの三相4線対応品、多回路品を開発した。主な特長は次のとおりである。

### (1) 省スペース、省配線、簡単計測を実現

- ①MELSEC-Qシリーズのベースユニットに直接取り付けられるため制御盤のサイズを変えずに設置可能。多回路計測品のラインアップで更なる省スペース化を実現

- ②計測データを伝送するための通信線が不要となり、省配線化が可能。通信プログラムが不要であり、計測データの収集を行うシステム構築がスムーズに実現可能

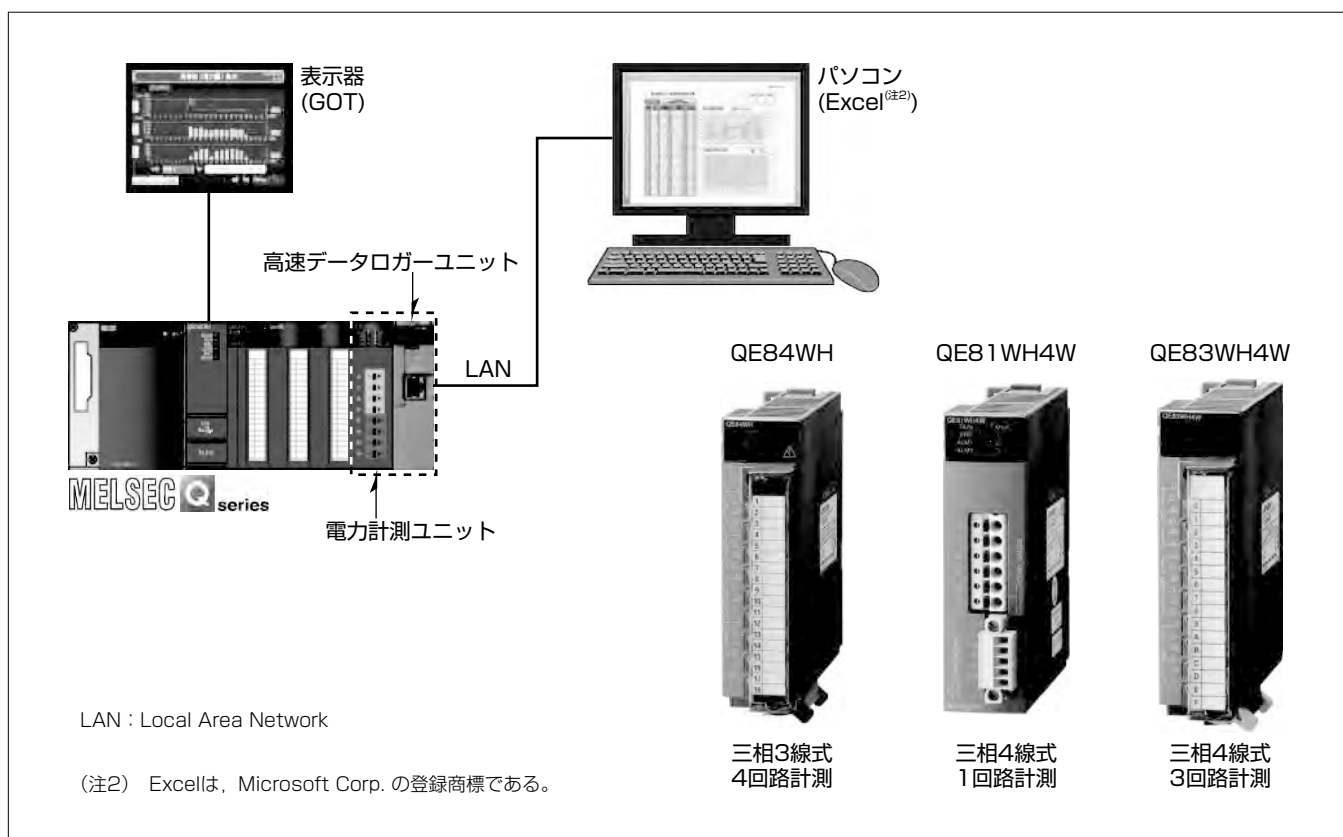
### (2) よりきめ細かな原単位管理をサポート

短い周期でのデータ収集による原単位管理が行え、きめ細かな管理による省エネルギー活動の推進が可能

### (3) データの見える化もカンタンに

製造現場でのエネルギー情報をより簡単に把握できるGOT(Graphic Operation Terminal)やMELSEC-Qシリーズの“高速データロガーユニット“QD81DL96””との組合せによって、計測データの表示やロギングシステムを構築することが可能。

(注1) 2010年8月20日現在、当社調べ



## 三菱汎用シーケンサ“MELSEC-Qシリーズ”電力計測ユニット

三菱汎用シーケンサMELSEC-Qシリーズのベースユニットに直接取り付け、設備やラインの電力エネルギーデータを計測する電力計測ユニットである。2010年に生産現場におけるエネルギー情報を活用することで生産性向上とコスト削減を実現するe&eco-F@ctoryをコンセプトに、電力計測ユニット“QE81WH”を発売した。そのシリーズ展開として、“QE84WH”、“QE81WH4W”、“QE83WH4W”の3機種を新たにラインアップした。1ユニットでの複数回路計測を可能とすることによって省スペース・省コストを実現した。またグローバル展開の加速を図るため、海外市場ニーズに合わせ三相4線式回路が計測可能な製品もラインアップした。

1. ま え が き

近年、省エネ法改正による事業者単位のエネルギー管理の導入に伴い、生産現場における省エネルギーへの取組み強化が求められている。生産設備レベルでは、エネルギー使用量についての実績データを活用したきめ細かな稼働分析による設備稼働率向上と省エネルギーを目的として、生産状況・実績と連動したエネルギー使用量の把握が要求される。

また、設備の稼働率向上という観点から、設備の突発故障によるライン停止の防止を目的とした予防保全用途での設備の電気量計測ニーズも高まってきている。

本稿では、生産設備系のエネルギー使用量を把握する計測器として開発した汎用シーケンサスロットインタイプの電力エネルギー計測器“MELSEC-Qシリーズ電力計測ユニット”のシリーズ展開として、新たにラインアップしたQE84WH, QE81WH4W, QE83WH4Wの3機種について述べる。

2. 電力計測ユニットの概要

2.1 電力計測ユニットの製品コンセプト

MELSEC-Qシリーズ電力計測ユニットの製品コンセプトは次のとおりである。

- (1) 1スロットで多回路計測が可能。さらに省スペース  
三相3線対応品“QE84WH”では最大4回路、三相4線対応品“QE83WH4W”では最大3回路の電力量計測が可能である。  
設備のメイン回路だけの計測から、メイン・サブ回路の計測まで、計測ポイントに合わせた機種選定が可能で、省スペース・省コストでのエネルギー管理を実現した。また、三相4線対応によって、海外での計測需要にも対応している。
- (2) “GX Works2”対応で簡単設定

シーケンサのエンジニアリングソフトウェアGX Works2から電力計測ユニットへのパラメータ設定、スイッチ設定が可能であり、ラダープログラムでの設定が不要となることで、設定がより簡単になった。

また、自動リフレッシュにも対応しており、電力計測ユニットのバッファメモリ上の計測データをCPUユニットのデバイスに移動するためのラダープログラムを作成する必要がなく、エンジニアリング作業負荷低減につながる。

(3) よりきめ細かな原単位管理をサポート

計測データを250msごと(単回路品)又は500msごと(多回路品)に直接バッファメモリに書き込むので、タクトごとにきめ細かな原単位管理を行うことが可能となり、生産ラインや製造装置におけるモータ負荷やヒーター負荷の制御パターンの見直しなどにも役立つ。原単位を改善することによって、省エネルギーを実現するだけでなく、生産性の向上にも貢献できる。

(4) データの見える化もカンタンに

製造現場でのエネルギー情報をより簡単に把握できるGOTでの表示画面サンプルを当社FAサイトから無償でダウンロードできるようにし、顧客でのGOT画面の製作を容易にした。この表示画面サンプルでは、原単位グラフ表示のほかに、電力計測ユニットの設定も行える構成としている。

また、MELSEC-Qシリーズの“高速データロガーユニット“QD81DL96””との組合せで電力エネルギーデータをロギングすることによって、パソコン上での計測データの確認と原単位グラフの表示が可能である。

2.2 製品仕様

表1に電力計測ユニットの製品仕様を示す。電力量の計量に関しては、4,340Hz(50/60Hzとも)のサンプリング周期で連続計測を行っており、溶接器などの短サイクル負荷の場合でも、正確な電力量計測が可能である。

表1. 電力計測ユニットの製品仕様

項目 \ 型名		現行品	開発品			
		QE81WH	QE84WH	QE81WH4W	QE83EH4W	
相線式		単相 2 線式／単相 3 線式／三相 3 線式 共用			三相 4 線式 専用	
計測回路数		1 回路	4 回路	1 回路		3 回路
入出力占有点数		16点 (I／O割付：インテリ16点)	32点 (I／O割付：インテリ32点)	16点 (I／O割付：インテリ16点)		32点 (I／O割付：インテリ32点)
計器定格	電圧回路	AC110V, 220V (AC440V以上は、外部に計器用変圧器 (VT)が必要。一次電圧は6,600Vまで設定可能。)			AC63.5/110V～277/480V (電圧変換器 (QE8WH4VT)一次側の電圧値。この電圧を超える場合は、外部に計器用変圧器 (VT)が必要。一次電圧は6,600Vまで設定可能。)	
	電流回路	AC50A, 100A, 250A, 400A, 600A (専用分割形電流センサを使用。いずれも電流センサ一次側の電流値を示す) AC 5 A (専用 5 A電流センサを使用。変流器 (CT)と組合せた 2 段構成にて使用し一次側電流値は6,000Aまで設定可能)				
	周波数	50～60Hz (周波数自動判別)				
本体許容差 (電流センサの誤差 含まず)		電流, デマンド電流：±1.0% (定格100%に対して) 電圧				

### 3. 特長及び製品化のための技術

#### 3.1 多回路化での処理速度向上技術

##### 3.1.1 データ更新周期の最適化

この計測器は、生産設備系のエネルギー計測をターゲットとしており、きめ細かいエネルギー管理を実現するため、計測データの計測・演算処理の高速化が必要である。2010年に発売した電力計測ユニット(1回路品, QE81WH)は、電力量や電流等の計測値データの更新周期が250msであるが、今回の開発では1ユニットで4回路分の計測・演算を行うため、QE81WHと同様の処理を行うと1秒掛かってしまう。そのため、計測・演算処理の最適化を図りデータ更新周期を高速化する必要があった。

今回のユニットでは、図1のとおり、計測ASICから計測データを取得する処理とCPUで演算する処理を回路ごとで並列に行うことによって、処理時間の短縮を図った。これによって、4回路計測でデータ更新周期：500msを実現した。

##### 3.1.2 電流計測モード

3.1.1項で述べたように、電圧、電流、電力量等の複数の計測データを4回路分演算する場合、1回路品と比較すると、データ更新周期は遅くなってしまいます。しかし、予防保全用途や品質管理用途での使用の場合、現行1回路品のデータ更新周期(250ms)より早いデータ更新が求められており、その要望に応える解決策として、電流だけを高速で計測・演算する電流計測モードを搭載した(図2)。

この電流計測モードでは、電力量の計測は行わず、8回路分の電流だけを100msのデータ更新周期で計測を行う。また、回路ごとに上下限警報の設定が可能(デマンド電流値での警報監視)であり、設備のモータなど、異常時に電流が上昇する故障モードの設備の予防保全用途、製品品質管理用途での利用が可能である。

#### 3.2 エンジニアリングツールへの対応

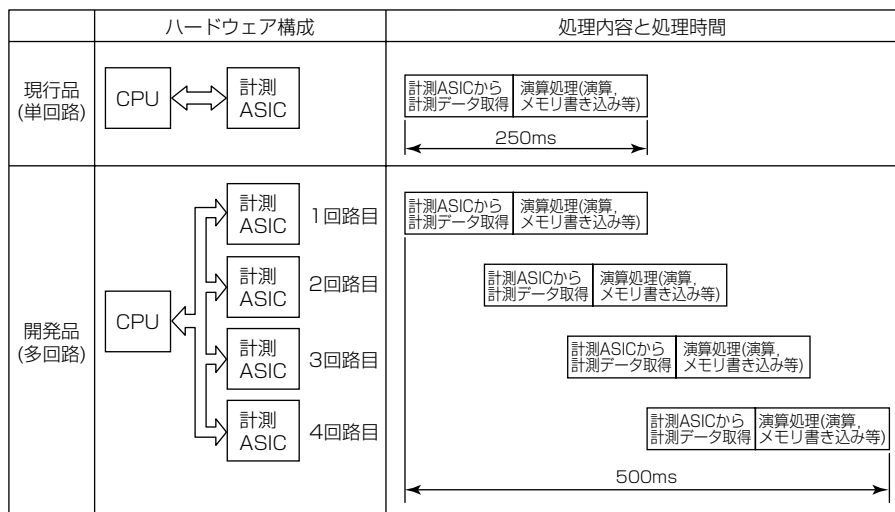
今回の開発では、計測のための設定、計測値のモニタ、ユニットの動作状態確認等を簡単に行えるようにするため、シーケンサのエンジニアリングソフトウェアGX Works2に対応した。

##### (1) 動作パラメータの設定

電力計測ユニットには、2種類の設定値がある。

- ①相線式、一次電圧、一次電流等の電力計測ユニットを動作させるための設定値
- ②積算電力量などの動作中に値を書き換えたい時だけセットする設定値

電力計測ユニットの動作パラメータの設定をGX



ASIC : Application Specific Integrated Circuit

図1. 計測・演算処理方法と処理時間

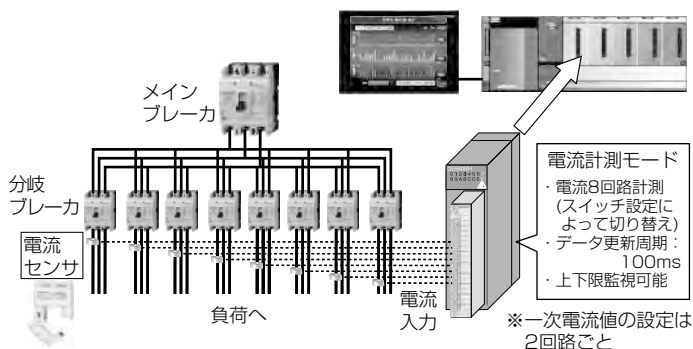


図2. 電流計測モード

Works2のパラメータ設定画面で行うと、電力計測ユニットの起動時に毎回、設定値が書き込まれる。①の設定値に関しては起動時に毎回書き込んでも問題ないが、②の設定値に関しては、起動時に毎回書き込むと、積算電力量の値が設定値に戻ることになるため、①、②の設定値はそれぞれ別の方法で設定を行う必要があった。

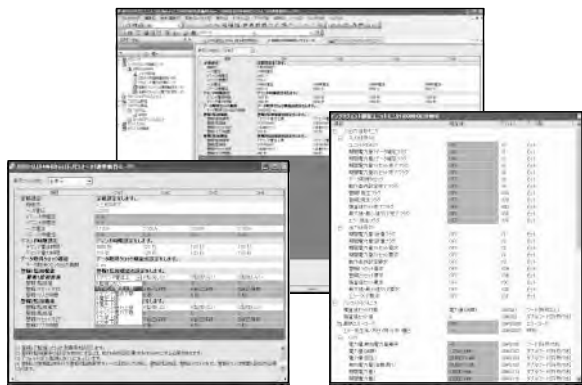
そこで、①の設定値についてはパラメータ設定画面での設定とし、②の設定値についてはインテリジェント機能ユニットモニタ画面からバッファメモリに設定値を書き込んだ後、フラグ操作を行う設定方法とし、動作中に値を書き換えたい時だけセットできるようにした(図3)。

##### (2) 計測値データのモニタ

現行品では、GX Works2上でバッファメモリ上の計測値データをモニタする場合は“バッファメモリ一括モニタ”でモニタできるが、バッファメモリアドレスに対するデータが表示されるだけで、取扱説明書で確認しなければそのデータが何の計測データであるかが分からなかった。

そこで、GX Works2の“インテリジェント機能ユニットモニタ”に対応した。これによって、計測値モニタ時に、計測値名称も画面に表示されるため、現地設置時の計測データ確認作業を容易に行うことが可能となった(図4)。





パラメータ設定画面  
インテリジェント機能ユニット  
モニタ画面

図 3. GX Works2によるパラメータ設定



図 4. GX Works2による計測値モニタ

### 3.3 現行品からの機能改善

今回の開発では、機種ラインアップの拡充を図るとともに、現行品の客先要望を積極的に機能として搭載した。その一例を次に述べる。

#### 3.3.1 データ取得クロックの出力

各計測データはバッファメモリ上に保持されるが、更新周期ごとに上書きされるため、データをロギングする場合は、ラダーで計測データを読み出す必要がある。しかし、電力計測ユニットで計測データが更新されたタイミングを外部に出力する機能がなく、ラダー側でタイマを使って一定間隔でデータを読み出す必要があった。

そこで、ラダーでの計測データ読み出しを容易にするため、計測データ更新時にフラグをONさせる機能を搭載した。これによって、フラグがONとなったタイミングで計測データを取得すれば、ラダーも簡易にすることができ、また重複するデータを読み出すこともない。また、このフラグのONタイミングは、設定によって可変にできるため、

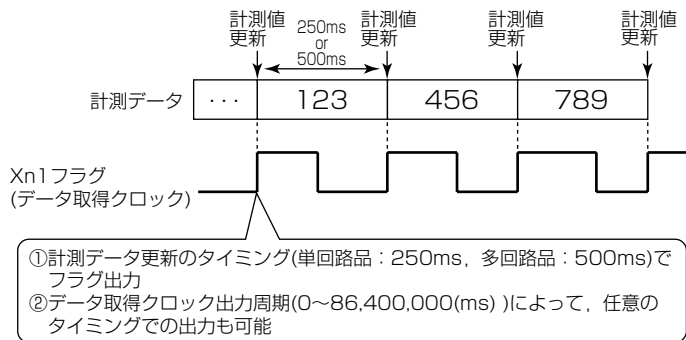


図 5. データ取得クロック(フラグ)出力タイミング

(改善前) 一次電圧設定値		(改善後) 一次電圧設定値	
設定項目	設定値	設定項目	設定値
一次電圧 (Un¥G1)	1: 110V	一次電圧 (Un¥G1)	0: 任意設定
	2: 220V		1: 110V
	3: 220/110V		2: 220V
	4: 440/110V		3: 220/110V
	5: 690/110V		4: 440/110V
	6: 1,100/110V		5: 690/110V
	7: 2,200/110V		6: 1,100/110V
	8: 3,300/110V		7: 2,200/110V
	9: 6,600/110V		8: 3,300/110V
(問題点) 設定値以外の計器用変圧器(VT) 使用時(例えば、380/110V)の 設定ができない		<div> <div>VT一次側電圧 (Un¥G5)</div> <div>1~6,600(V)</div> </div> <div> <div>VT二次側電圧 (Un¥G6)</div> <div>1~220(V)</div> </div>	
		(改善点) “任意設定”を選択し、計器用変圧器 (VT)の一次側電圧、二次側電圧の値 を直接バッファメモリに入力	

図 6. 特殊電圧設定の改善内容

例えば、1分ごとにデータを読み出したい場合、このフラグが1分ごとにONするように設定することも可能である(図5)。

#### 3.3.2 特殊電圧・電流設定対応

現行品では、一次電圧の設定があらかじめ決められた設定値から選択する方式を取っていたため、海外市場でよく行われている三相4線式受電後に三相3線式電圧を取り出して使用する場合などの特殊な電圧設定(例えば、変圧比380V/110Vなど)ができない問題があった。

そこで、現行品の設定方法は継承しつつ、特殊な電圧設定ができるモード(任意設定)を追加し、電圧設定値を直接バッファメモリに書き込める仕様とした(図6)。

また、一次電流設定も同様に特殊電流対応が可能な設定としている。

## 4. む す び

生産設備単位でのきめ細かい原単位エネルギー管理を実現する“MELSEC-Qシリーズ電力計測ユニット”の製品ラインアップ拡充、機能改善について述べた。

今後は、このユニットの更なる機能向上及び周辺ツールの充実化によって、“生産性の向上とコストの削減”を同時に実現する“e&eco-F@ctory”の一層の浸透を図っていく。



# UL489Listedノーヒューズ遮断器の 400A・630Aフレーム機種拡充

倉田康平\*  
上迫彰彦\*

Model Change of UL 489 Listed Molded-case Circuit Breakers

Kouhei Kurata, Akihiko Uesako

## 要 旨

工作機械及び半導体製造装置等の大型化・大容量化に伴い、高電圧化(北米ではAC480V対応化)、高遮断容量化、漏電保護機能追加の要求が増加している。また、北米だけでなく中国と東南アジア向け装置の需要が増える中、装置の標準化のため、世界各国で使用できる製品の要求が高まっている。

これらの要求にこたえるため、2010年10月に発売した250Aフレーム以下の“WS-Vシリーズ”UL489対応機種に続き、400A・630Aフレーム機種のモデルチェンジを行い、北米市場を含め全世界に対応可能な機種拡充を実施した。

主な特長は次のとおりである。

- (1) 遮断性能向上：従来製品と外形互換を維持しつつ、高遮断容量品を追加ラインアップ
- (2) 負荷の大容量化：600Aフレーム品について、630A定格品を追加ラインアップ
- (3) AC480V対応：400Aフレーム漏電保護付ノーヒューズ遮断器の定格使用電圧をAC480Vまで拡大
- (4) 世界市場への対応：UL(アメリカ)、CSA(カナダ)、JIS(日本)、IEC(国際)、EN(欧州)、GB(中国)等、各種規格に対応
- (5) 内部付属装置のカセット付属対応：250Aフレーム以下の機種に同じく、ユーザー先での付属装置取付けが可能



ノーヒューズ遮断器

NF400-SWU形(標準品)  
NF400-HWU形(高遮断容量品)



漏電保護付ノーヒューズ遮断器

NV400-SWU形(標準品)  
NV400-HWU形(高遮断容量品)



ノーヒューズ遮断器

NF630-SWU形(標準品)  
NF630-HWU形(高遮断容量品)

## UL489Listedノーヒューズ遮断器・漏電保護付ノーヒューズ遮断器の機種拡充

AC480V系の機械装置への使用という顧客要求の増加に対応するため、2010年に発売した250Aフレーム以下のUL489Listed遮断器に続き、400A・630Aフレームの標準品(SWU形)とともに、高遮断容量品(HWU形)のラインアップを追加した。なお、外形及び接続の寸法は、互換を維持している。

## 1. ま え が き

低圧遮断器は、半導体製造装置・自動車製造装置・工作機械等の制御盤や一般受配電盤に多く採用されている。これら装置の大型化、大容量化、グローバル展開に伴い、低圧遮断器としては、遮断容量のアップ、漏電保護機能のAC480V回路への適用や、世界各国の規格への適合といった要求が増加している。

こうした状況の中で、UL489対応機種の新機種の総合力をアップさせるため、先に発売された250Aフレーム以下のWS-VシリーズUL489対応機種に続き、400A・630AフレームのUL489対応機種について、高遮断容量品を追加ラインアップするなどの機種拡充を行い、市場要求への対応を図った。

本稿では、これらの市場要求の背景と開発品の概要について、製品ラインアップとともに述べる。

## 2. 市場要求の背景

### 2.1 高遮断容量品の要求

北米輸出機械の電気装置(制御盤)には、UL規格(UL508A Supplement(補遺)SB)によって求められた短絡電流定格(Short Circuit Current Rating:SCCR)を、安全規格(National Fire Protection Association 79:NFPA79)に基づき制御盤の短絡性能として表示する必要がある。電気装置使用にあたり、制御盤の入り口での推定短絡電流は、表示したSCCRよりも小さくなるようにしなければならない。また、その際SCCRの値が大きいほど電気設備を構築しやすいメリットがある。

SCCRとは、装置や機器が耐えうる短絡電流の大きさのことであり、従来は、引込み口に設置する回路遮断器などの遮断容量を制御盤の短絡性能として使用していた。しかし、2005年のNEC(National Electric Code:米国の電気設備基準に相当)改訂によって、SCCRを制御盤の短絡性能として表示することになった。

一般に幾つかの電気機器を組み合わせる電気システムを構築するとき、機器間でなんらかの“協調”(保護機器を含む場合には“保護協調”)をとることが必要になる。制御盤全体で協調、特に短絡時の協調を考える場合、いったいどのような指標が適切か、引込み口の過電流保護装置の遮断容量が制御盤の短絡協調を説明しきれるのかといった疑問に対する一つの考えがSCCRである。

#### 2.1.1 短絡電流定格(SCCR)の決め方

UL508A SBでは、SCCRの決め方のステップを(1)～(3)のとおり規定している。

- (1) 個々の動力回路部品のSCCRを決める。
- (2) 限流要素ごとにSCCRを補正する。
- (3) 制御盤全体のSCCRを決定する。

基本的に動力回路が対象であり、遮断器は定格遮断容量

を使用する。このとき、動力回路の各部品の最小値が制御盤全体のSCCRとなる(図1)。

電気設備を構築しやすくするため、SCCRをアップさせる方法として、分岐回路全部品のSCCRが、遮断器の限流性能による通過電流波高値 $I_p$ (図2)以上であれば、遮断器と組み合わせての遮断が可能であり協調をとることができる。よって、遮断器の遮断容量を制御盤全体のSCCRとして表示することができる。例えば図3で、分岐回路単品のSCCR 5kAより遮断器の $I_p$ が小さければ、遮断器との組合せでSCCRは25kAとなる。

これによって、遮断器の遮断性能をアップするとともに高遮断容量品の要求が増加している。

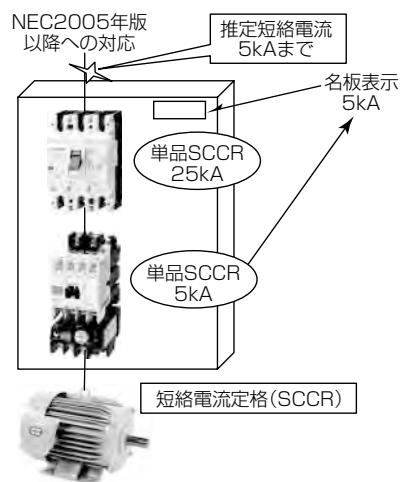


図1. 制御盤全体のSCCR

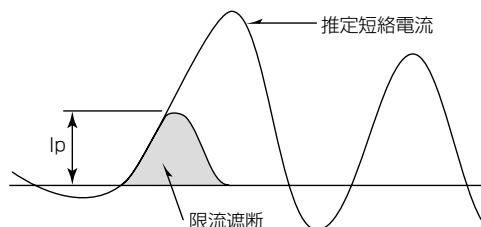


図2. 遮断器の限流性能

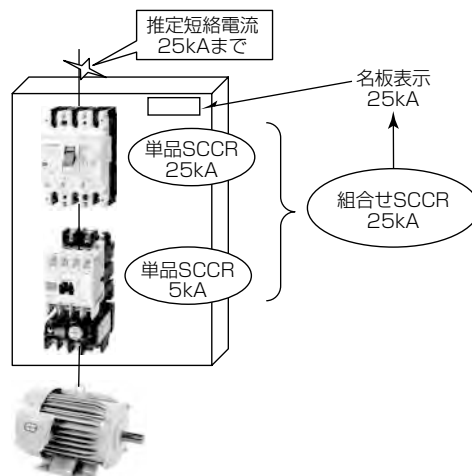


図3. 組合せによるSCCR

## 2.2 漏電保護要求

各種規格で規定されている制御盤の安全保護について、次の方法がある。

- (1) 感電…接地，自動遮断，直接接触保護，間接接触保護
- (2) 熱…エンクロージャ，耐熱材料
- (3) 過電流…自動遮断
- (4) 短絡故障電流…自動遮断
- (5) 過電圧…SPD(アレスタ，避雷器)，接地
- (6) 不足電圧…再起動防止回路，自動遮断

この中で，自動遮断の要求を満たすものが遮断器にあたる。したがって，感電保護(表1)を含め，電源の自動遮断を実施するため，またNFPA79の火災保護に対応するため，危険度の高い高電圧のAC480V回路の制御盤に漏電遮断器を搭載する要求が増加している。

## 2.3 グローバル要求

自動車業界や半導体製造メーカーなどの工場の海外進出が加速していく中で，製造ラインを形成する工作機械メーカーや装置メーカーも海外生産を展開し，また設計を簡素化する目的で世界各国共通の制御盤を搭載した装置が増えている。これによって，制御盤を構成する各パーツでは，JIS規格(日本)だけでなく，UL規格(アメリカ)・CSA規格(カナダ)・EN規格(欧州)・GB規格(中国)・IEC規格(国際)の適合要求が増加している(図4)。

表1. 制御盤の感電保護

制御盤の規格	アメリカNFPA79	国際IEC60204-1 欧州EN60204-1 日本JIS B 9960-1
直接接触保護 ・装置正常時，誤って充電部に接触することへの保護	・絶縁物 ・エンクロージャ ・残留電圧からの保護 ・PELV	・エンクロージャ ・絶縁物 ・残留電圧 ・バリア ・届かない ・障害物 ・PELV
間接接触保護 ・装置の故障時(絶縁破壊時)の危険な接触電圧からの保護	・二重絶縁 ・電源の自動遮断 ・PELV	・電源の自動遮断 ・クラスⅡ又は等価絶縁 ・電気的分離 ・非接地等電位回路 ・非導電性空間 ・PELV

PELV: Protective Extra-Low Voltage

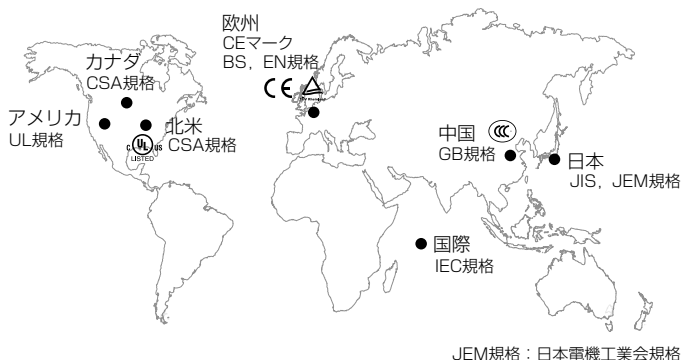


図4. 各国の規格

## 3. 開発機種

### 3.1 開発の概念

主に主幹用として使用される400A・630Aフレームで従来形では，遮断容量不足や漏電遮断器の定格不足等，顧客の要求を満足できないため，分岐の小形遮断器(250Aフレーム以下)を含めた市場展開を妨げる状況にある(図5)。

そこで，不足していた主幹用遮断器の製品ラインアップを拡充し，分岐用小形機種(250Aフレーム以下)を含めたUL489対応機種の総合力を高めた(図6)。

### 3.2 新旧の仕様比較

市場の要求に基づき，標準品相当品の“SWU”と高遮断容量品の“HWU”の機種拡充を実施した(表2)。

新形機種は，遮断容量AC480V 35kAから65kAへの性能アップ，内部付属装置のカセット対応，CCC(China Compulsory Certificate system)規格認証の取得，630A定格品の追加及び漏電保護付き遮断器の定格電圧AC480Vに対応した製品となっている。さらに，従来品からの置き換えによる装置仕様の変更を容易にするため，外形，取付けの互換性を維持している。

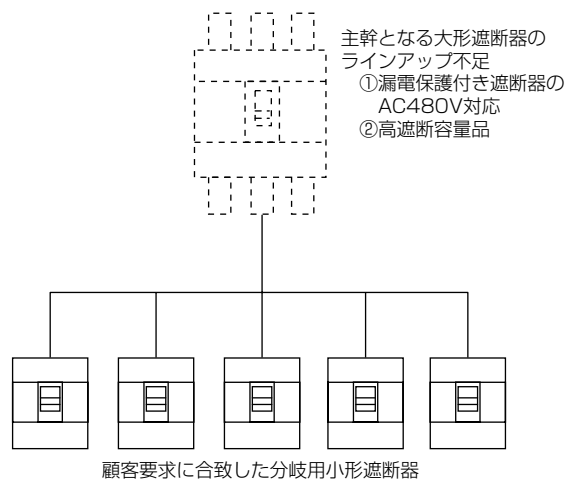


図5. 機種拡充前の機種構成

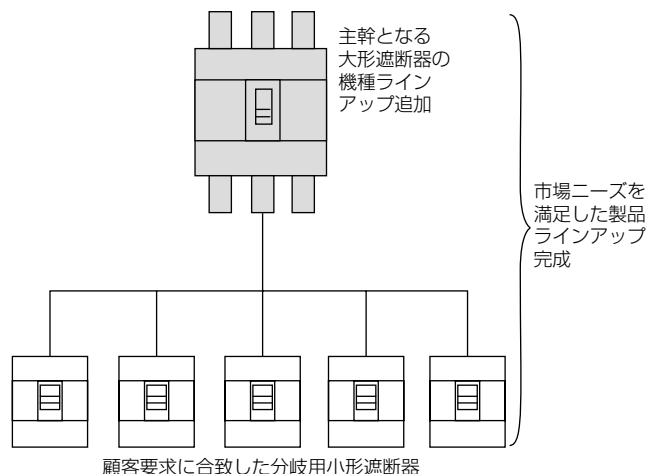


図6. 機種拡充後の機種構成

表 2. 新形UL489Listedノーヒューズ遮断器・漏保護付ノーヒューズ遮断器の仕様

※網かけの部分が従来形と異なる

UL489Listedノーヒューズ遮断器			400A フレーム		630A フレーム	
形名			NF400-SWU	NF400-HWU	NF630-SWU	NF630-HWU
定格電流A			250, 300, 350, 400	250, 300, 350, 400	500, 600, 630	500, 600, 630
定格遮断容量kA	UL 489	AC480V	35	65	35	65
	CSA C22.2 No.5-02	AC240V	65	100	65	100
内部付属装置	警報スイッチ (AL)		●	●	●	●
	補助スイッチ (AX)		●	●	●	●
	電圧引きはずし装置 (SHT)		●	●	●	●
	不足電圧引きはずし装置 (UVT)		●	●	●	●
	AL・AX・SHTカセット付属対応		可		可	
規格認証		CEマーキング	TÜV認証	TÜV認証	TÜV認証	TÜV認証
		CCC認証	取得	取得	取得	取得

UL489Listed漏電保護付ノーヒューズ遮断器			400A フレーム	
形名			NV400-SWU	NV400-HWU
定格電流A			250, 300, 350, 400	250, 300, 350, 400
定格遮断容量kA	UL 489	AC480V	35	65
	CSA C22.2 No.5-02	AC240V	65	100
内部付属装置	警報スイッチ (AL)		●	●
	補助スイッチ (AX)		●	●
	電圧引きはずし装置 (SHT)		●	●
	不足電圧引きはずし装置 (UVT)		●	●
	AL・AX・SHTカセット付属対応		可	
規格認証		CEマーキング	TÜV認証	TÜV認証
		CCC認証	取得	取得

表 3. UL489対応機種のラインアップ

フレームサイズ	ノーヒューズ遮断器	漏電保護付 ノーヒューズ遮断器	外形寸法 (mm) 幅×高さ×深さ	遮断容量 (kA) AC480V	遮断容量 (kA) AC240V	内部付属装置 部品販売	規格認証
50A フレーム	NF50-SVFU	NV50-SVFU	54×120×68	－	14	○	UL/CSA CE : TÜV認証 CCC認証
100A フレーム	NF100-CVFU	NV100-CVFU	75×150×68	－	14	○	
125A フレーム	NF125-SVU	NV125-SVU	90×160×68	30	50	○	
	NF125-HVU	NV125-HVU		50	100	○	
250A フレーム	NF250-SVU	NV250-SVU	105×185×68	35	65	○	
	NF250-HVU	NV250-HVU		50	100	○	
400A フレーム	NF400-SWU	NV400-SWU	140×257×103	35	65	○	
	NF400-HWU	NV400-HWU		65	100	○	
630A フレーム	NF630-SWU	－	210×275×103	35	65	○	
	NF630-HWU			65	100	○	

### 3. 3 UL489対応機種ラインアップ

先に述べたとおり、増加する市場の要求を背景に、400A・630AフレームのUL489対応機種のモデルチェンジを行った結果、50～630AフレームまでのUL489対応機種シリーズをラインアップした(表3)。

主な特長は次のとおりである。

- (1) 高遮断容量化
- (2) AC480V電圧対応仕様のラインアップ
- (3) 内部付属装置で規格認証取得して部品販売に対応
- (4) 外形小形F Style品のラインアップ

### 4. む す び

UL489Listedノーヒューズ遮断器400A・630Aフレーム機種に関する市場ニーズの背景と開発品について、製品ラインアップとともに述べた。今後も市場背景と顧客要求を意識した製品をラインアップしていく。