


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

4

2011
Vol.85 No.4

特集 「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」

次世代ものづくりに向けた サステイナブル・フレキシブル・オートメーション …… 1	白瀬敬一
FA機器及び産業加工機への 情報・通信技術適用の最新動向 …………… 2	森田 温
e-F@ctoryを支える情報連携技術 …………… 7	野末直道
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”の性能向上技術 …………… 12	森田浩司・青山晃治・所 賢一郎・池田昌広
シンプルモーションユニット“LD77MH4/LD77MH16” …… 16	占立智之・南雲健介
プレミアム高効率モータ“MM-EFS”と省エネルギー インバータ“FREQROL-F700P/F700PJ” …………… 20	木村友和・林 謙次・小島直樹
“MITSUBISHI CNC M700Vシリーズ”における 割り出し加工の使いやすさ向上機能 …………… 24	中村直樹
“MELSEC-Lシリーズ”のユニバーサルデザイン …………… 29	樋口直人・大西厚子・藤原耕太郎
机上デバッグを可能とする MELSEC計装シミュレーション環境 …………… 33	坪根 亮・齊藤卓也
CC-Link IEフィールド安全通信技術 …………… 37	五十嵐俊介
細穴放電加工の最新技術 …………… 41	岡根正裕・浅井敬慶
最新プリント基板用レーザー穴あけ加工機 “ML605GTWⅢ-5200U”とその加工応用 …………… 45	本木 裕・片瀬和伸
FAに適合した新形常時インバータ方式UPS “FW-Sシリーズ” …………… 49	畠山善博・丸山晋一郎
三菱汎用シーケンサMELSEC-Qシリーズ “電力計測ユニット QE81WH” …………… 53	下江政義

Latest Technologies of Factory Automation (FA) Devices and Mechanisms

Sustainable and Flexible Automation Aiming at New Era of MONOZUKURI Keiichi Shirase
R&D Activities of Information and Communication Technology for Factory Automation Controllers and Mechanisms Atsushi Morita
FA-IT Connectivity Technology for Supporting “e-F@ctory” Naomichi Nozue
Performance Improvement Technology of Integrated FA Engineering Software “MELSOFT iQ Works” Koji Morita, Koji Aoyama, Kenichiro Tokoro, Masahiro Ikeda
Simple Motion Module “LD77MH4/LD77MH16” Tomoyuki Furutachi, Kensuke Nagumo
Premium High Efficiency Motor “MM-EFS” and Energy Saving Inverter “FREQROL-F700P/F700PJ” Tomokazu Kimura, Kenji Hayashi, Naoki Kojima
The Easy-to-use Function for Inclined Surface Machining in “MITSUBISHI CNC M700V Series” Naoki Nakamura
Universal Design of “MELSEC-L Series” Naoto Higuchi, Atsuko Onishi, Kotaro Fujiwara
Desktop Simulation Environment for MELSEC Process Control System Akira Tsubone, Takuya Saito
CC-Link IE Field Safety Telecommunication Technology Shunsuke Igarashi
Latest Technology for Micro-hole EDM Masahiro Okane, Yoshinori Asai
The Newest Laser Drilling Systems “M605GTWⅢ-5200U” and Processing Application Yutaka Motoki, Kazunobu Katase
New Online Type UPS “FW-S Series” Suitable for FA Yoshihiro Hatakeyama, Shinichiro Maruyama
Energy Measuring Module “QE81WH” for MELSEC-Q Series Masayoshi Shimoe

特許と新案

「断線検出機能付きエンコーダ信号受信装置」 「データ管理装置及びデータ管理方法」 …………… 57
「無停電電源装置」 …………… 58

スポットライト

UL489 Listed ノーヒューズ遮断器 “WS-Vシリーズ”

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の開発に取り組んでいる。

写真は、①操作が複雑な5軸加工機での加工を安心かつ簡単かつスムーズに行うための機能を搭載したMITSUBISHI CNC M700Vシリーズ、②直交3軸で同時3軸加工する割り出し加工がある割り出し加工の使いやすさを向上するための機能“R-Navi”を開発したシンプルモーションユニットLD77MH4/LD77MH16、③生産・品質情報の見える化を推進する“e-F@ctory”と省エネルギー活動を支援する“エコファクトリー”を融合させた新コンセプト“e&eco-F@ctory”のキーコンポーネントとなる“MELSEC-Qシリーズ電力計測ユニット”である。



巻/頭/言

次世代ものづくりに向けたサスティナブル・フレキシブル・オートメーション

Sustainable and Flexible Automation Aiming at New Era of MONOZUKURI

白瀬敬一
Keiichi Shirase



産業革命以降、約250年にわたって近代的な機械工業が発展してきた。生産を効率化する工程分割や部品の互換性などの概念が産業革命当初に考え出され、フォード自動車のアセンブリラインによる大量生産が達成されたのは約100年前である。コンピュータの誕生、NC工作機械の登場が約60年前、多機能工作機械であるマシニングセンタやターニングセンタ、産業用ロボットの登場が約50年前である。こうしたマシニングセンタやターニングセンタ、産業用ロボット、自動搬送装置、自動倉庫で構成された工場をコンピュータで集中管理することで、多品種少量生産に対応可能なFMS(Flexible Manufacturing System)が登場している。その後、工作機械の数値制御装置(NC)はコンピュータ数値制御装置(CNC)となり、コンピュータで設計・生産活動を支援するCAD(Computer Aided Design)、CAM(Computer Aided Manufacturing)、CAE(Computer Aided Engineering)の研究開発が進んだ。工場の自動化を意味するFA(Factory Automation)という和製英語が用いられるようになったのは約30年前で、生産計画、生産管理といった情報が工場設備の制御や管理に用いられるようになった。さらにWindows95^(注1)の登場で普及したパーソナルコンピュータとインターネットによる情報通信技術によって、FAは劇的に進化してきた。

日本の高度成長の源泉となった“ものづくり”はFAによって支えられ、製造技術は世界でもトップレベルにある。しかし、大量生産と大量消費を前提とした高度成長は、地球規模の環境問題を引き起こしており、新しい“ものづくり”への転換が迫られている。特に地球温暖化やレアアースの問題では、省エネルギーと限られた資源の有効利用が求められており、具体的な対応として“持続可能なものづくり(Sustainable Manufacturing)”が提唱されている。ま

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

た、生産形態も大量生産から多品種少量生産、変種変量生産へと様変わりしている。このような状況で、これまでのFAは持続可能なものづくりを支え多様な生産形態にも柔軟に対応できるSFA(Sustainable and Flexible Automation)への変革が必要となろう。

SFAを特徴付けるキーワードとしては、

- ・透明性(Open)：システムの構成やインタフェースが公開されている。
- ・再構成性(Reconfigurable)：システムの機能が容易に追加、削除、交換、変更できる。
- ・拡張性(Evolution)：システムが持続的に進化できる。
- ・信頼性(Reliable)：システムの信頼性が高い。
- ・保守性(Maintenance)：システムの保守が容易にできる。

などが考えられる。SFAを実現するためには、こうした特徴を持つ高性能で高機能なソフトウェアやハードウェアを提供するだけでなく、システム全体の使いやすさへの配慮、システムを構築する際の労力やコストの削減といったソリューションを提供していくことが重要となる。また、システムの運用で、過去の状態を理解して未来の状態に対応する自律的な機能として、学習機能、判断・認識機能、予測機能の充実も不可欠である。この特集号ではFA機器や産業加工機の高性能化や高機能化が取り上げられ、“使いやすさ”に配慮した開発事例や生産現場と生産情報の“見える化”に必要な連携技術が紹介されている。こうした研究開発の成果が次世代の持続可能なものづくりを支えるSFAの構築に大きく貢献してほしい。

日本の製造業はグローバル化が不可避であり、為替のリスク、資源のリスクなどに直面しているが、産学官が連携して世界でもトップレベルのものづくりを持続したいものである。

巻頭論文

FA機器及び産業加工機への 情報・通信技術適用の最新動向



森田 温*

R&D Activities of Information and Communication Technology for Factory Automation Controllers and Mechatronics
Atsushi Morita

要 旨

市場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ますます重要となっている。そのためには、生産能力の高い生産設備の構築だけでなく、製品開発部門、更には販売・マーケティング部門と密接に連携した有機的なシステムを構築する必要がある。

三菱電機は、製造業のニーズに対応するために高性能かつ使いやすい各種FA (Factory Automation) 関連製品の開発を進めてきた。さらに、先に述べた課題に対応したソリューションとして“e-F@ctory”を提唱している。

本稿では、FA機器及び産業加工機に対して、情報・通信技術の観点から見た基盤技術の動向について述べる。具

体的には、まずプロセッサ、ネットワーク、開発環境のそれぞれに関し、性能向上や使用容易性向上の点でFA機器を支える情報基盤技術に関する技術動向と製品動向について述べる。

次に、生産のリードタイム短縮に重要な役割を担う加工シミュレーション技術(ワーク切削シミュレーションと機械動作シミュレーション)について述べる。

最後に、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、工場の無駄なエネルギーの削減を図るソリューション“e&eco-F@ctory”を支える基盤技術について述べる。

製品・コンセプト



iQ Platform

CC-Link IE

MELSOFT

e-F@ctory

ハードウェア技術

プロセッサ

コストと性能のバランスを考慮した設計
最適構成を事前評価するシミュレーション

ネットワーク

高速大容量制御用リアルタイムネットワーク
情報系・制御系連携用ネットワーク

ソフトウェア技術

開発環境

使用容易性(Easy to Use)の追求
拡張性・開発効率の向上

シミュレーション

制御プログラムの事前検証による不具合防止
機械の見える化による使い勝手向上

FA機器及び産業加工機への情報・通信技術適用の最新動向

市場のニーズに柔軟に対応した使いやすい各種FA機器製品(シーケンサ、表示器(HMI)、モーションコントローラ、数値制御装置(CNC)、サーボ、インバータ)及びメカトロニクス製品(放電加工機、レーザ加工機、ロボット)を提供するために、当社は積極的に情報・通信技術を製品本体及び周辺ツールに適用している。

1. ま え が き

金融危機以降、急速に落ち込んだ景気も、新興国を中心とした需要回復をきっかけに回復の兆しを見せている。

一方で、インターネットを初めとした情報通信技術の急速な発展によって、世界規模で情報が流通するために、短期間に爆発的に売れる製品が出現するなど、製造業にとっては、生産量の変動に対する柔軟性が強く求められるようになってきている。また、新興メーカーを含めた各メーカーが生き残りをかけて新製品を次々に発売する傾向が強くなっているため、開発期間の短縮、量産開始までの期間短縮及び品質の維持管理はますます難しくなっている。

製造業がかかえるこのような課題を解決するための方策の一つとして、情報技術の活用がある。

市場における製品の販売量を把握し、変動を予測して必要な生産量を決定して生産に反映するためには、生産現場で何が起きているのかを把握するとともに、経営層の判断を迅速に生産現場に下ろしていくという双方向の情報流通手段が必要である。そのために、いわゆる情報系との親和性を持ったネットワークの提供と情報流通の仕組みが必要である。

同時に、製品品質を確保しながら、生産量自体を大幅に増加させるためには、より柔軟性の高いFA機器が必要である。

また、量産開始までの期間短縮を実現するためには、実際に生産現場で起きる現象を計算機上でバーチャルに再現するシミュレーション技術の導入が重要である。

このような背景を受け、本稿では、まず、FA機器及び産業加工機に対して、主に情報・通信技術の観点から基盤技術の動向について述べる。続いて、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、工場の無駄なエネルギーの削減を図るためのソリューション提案として“e&eco-F@ctory”を支える基盤技術について述べる。

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(CNC)など各種FAコントローラの単体性能に関連するプロセッサ、ネットワーク、開発環境について、その技術動向を述べる。

2.1 プロセッサ

マイクロプロセッサとして市販CPU(Central Processing Unit)は、おおむねムーアの法則に従って半導体の集積度が向上し、1970年代以降2000年頃(ごろ)まで年率20～50%程度の処理性能向上を続けてきた。その後、熱密度増加の問題のためプロセッサメーカーはマルチコア製品に舵(かじ)を切り、パソコン用CPUの周波数向上は3～4GHz止まりとなった。組み込み用途のCPUでは、周波数

が400MHz～1.5GHz程度に留(とど)まり、ここでもマルチコア化が進んでいる。

DRAM(Dynamic Random Access Memory)の集積度は、この40年で 2×10^6 倍まで増加した。特に、1995年以降のパソコンの普及とその世代交代に牽引(けんいん)され、EDO(Extended Data Out DRAM)、SDR(Single-Data-Rate SDRAM)、DDR(Double-Data-Rate SDRAM)、DDR2(Double-Data-Rate2 SDRAM)、DDR3(Double-Data-Rate3 SDRAM)とスループット性能は50倍に達した。それに対し、レイテンシ性能の伸びがわずか2倍程度と小さいため、主記憶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。この問題は、LSIの集積度向上を利用し、2次キャッシュメモリをCPUに内蔵することによって、緩和してきた。

従来、市販CPUは高速のシステムバスを介してメモリコントローラ機能搭載のノースブリッジLSIを接続し、その下に低速I/O(Input/Output)用のサウスブリッジをつなぐ階層構造を採っていた。集積度向上の結果、最近の市販CPUではチップにシステムバスインタフェースを持たず、直接DRAMを制御し、さらに一部のI/Oを内蔵したASSP(Application Specific Standard Product)製品が主流になってきた。

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コントローラでは、このようなプロセッサ動向に加えて次のような課題がある。

まず、コンシューマ製品用途外の市販CPUのレパートリーが減り、FA機器の環境下で動作可能なCPUの選択肢が狭まっている。また、リアルタイム性能が要求されるため、I/O、キャッシュメモリ、外部メモリのアクセスの高速化が必要となる。それらの高速化は、実装面積や発熱量の増加を招きトレードオフ問題となるため、CPUとメモリ階層アーキテクチャの最適解を求めることが課題となる。

FAコントローラは、CPUとコントローラASIC(Application Specific Integrated Circuit)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、それらを総合的にとらえた最適化が必要となる。なかでも、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、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⁽¹⁾を構築して、FAコントローラ開発に適用し、最適構成を事前評価している。

2.2 ネットワーク

FA用ネットワークは、大規模な制御システムを実現するために必要となるコントローラ間ネットワーク、同じ制

御系システムに適用され、配線コストを削減するための省配線用フィールドネットワークと、生産現場と生産管理用情報システム(情報系)を連携するための情報ネットワークの3つから構成される。

まず、コントローラ間ネットワークとフィールドネットワークについては、加工組立て制御の高度化や品質トレーサビリティ強化の流れを受けて、高速・大容量のネットワークが要求されるようになってきている。また、制御に用いるリアルタイムデータだけでなく、品質管理などに用いるメッセージデータ(非リアルタイムデータ)の通信量拡大に対する要望も多くなってきている。

これを受けて、当社では、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“CC-Link IEフィールドネットワーク”を開発した。

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り、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、メタルケーブルによる柔軟な配線性を持たせたネットワークである。

CC-Link IEコントローラネットワークとCC-Link IE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1箇所から設定・モニタ・診断を行って、工場の立ち上げ・運用・保守を円滑に行うことが可能となる。

一方、近年では生産管理用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とするために、生産現場で発生する生産関連情報(生産個数など)をできるだけ早く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。

その結果、いわゆる情報系と制御系とをシームレスに接続するために、情報系システムとの親和性が高いイーサネット^(注1)をベースにした制御系ネットワークの採用が盛んになってきている。

先に述べたCC-Link IEは、これに対応しており、更に4章で述べるシームレス通信プロトコルを用いることで、ユーザーはネットワークの種類にかかわらず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) イーサネットは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。

2.3 開発環境

生産現場は、複数の機器ベンダーや複数機種 of FA 機器で構築されている。従来、ユーザーは、FA 機器ごとに異なるエンジニアリング環境やコンフィギュレーションツールを用いて、プログラミング・設定・調整・診断を行ってきた。そのため、ユーザーは、FA 機器ごとに個別ツールを使い分けなければならず、開発や保守の効率がよくなった。

そこで、生産現場のすべてのFA機器を一箇所で統一的に管理できるように、エンジニアリング環境の統合化が進められてきた。しかし、エンジニアリング環境はこれまで用途に応じて最適化されてきたため、エンジニアリング環境間では操作性に不整合があった。

エンジニアリング環境の使用容易性(Easy to Use)を実現するために、FA機器を操作するインタフェースの共通化が進められている。また、エンジニアリング環境が提供する機能が様々なFA機器を扱えるように、FA機器に関する情報の共通化が進められている。

操作インタフェースの共通化を実現するための技術として、Plug&Play技術がある。これは、ソフトウェアモジュールをエンジニアリング環境に組み込むと、すぐに使用できるようにする技術である。Plug&Play技術は、エンジニアリング環境側がソフトウェアモジュールを組み込む際の共通インタフェースを提供することで実現可能である。

このPlug&Play技術によって、新しいFA機器向けの機能を開発する場合も、エンジニアリング環境が提供する共通インタフェースに準拠してソフトウェアモジュールを開発することで、後から容易にエンジニアリング環境に追加できる。

一方、情報の共通化を実現する技術として、プロファイル技術がある。この技術は、FA機器・ネットワークやソフトウェアモジュールに関する情報を統一したフォーマットで記述するものである。

デバイスプロファイルは、FA機器・ネットワークの情報と操作をモデル化したものであり、XML(eXtensible Markup Language)などを用いて記述する。機器ベンダーは自社の機器に関するデバイスプロファイルを記述して提供することによって、エンジニアリング環境からFA機器の様々な機能を利用してもらえる利点がある。ユーザーは、生産現場を構築する各種FA機器用のデバイスプロファイルを読み込むことで、エンジニアリング環境からそのFA機器の情報を容易に利用できる。

さらに、FA機器の動作を指示するプログラム作成用のプログラム部品とデバイスプロファイルを組み合わせることで、初期化プログラムや通信プログラムの自動生成にも使用され始めている。今後はプログラム作成支援(Easy to Make)の強化に対する応用も期待されている。

また、プロファイル技術としてISO16100(Manufacturing software capability profiling for interoperability)のように、ソフトウェアモジュールごとに属性や振る舞いを記述し、ソフトウェアの再利用性を向上させるための技術⁽²⁾が研究されている。この技術では、既存のソフトウェアの中から利用可能なソフトウェアモジュールを流用し、新規開発したソフトウェアモジュールと相互接続することで、ソフトウェア開発の効率化を図っている。

3. 産業加工機を支える基盤技術

産業加工機を支える情報基盤技術の一例として、工作機械向け加工シミュレーション技術の動向と当社の取組みについて取り上げる。

CNC工作機械の分野では、リードタイム短縮と工程集約へのニーズの高まりを背景に、5軸加工機や複合加工機が普及し始めており、年々その割合が高くなっている。これらの加工機での加工対象は、複雑な凹凸や曲面形状を持つ航空機部品や一体化部品が多くを占めている。

また、3軸マシニングセンタについても、中国やアジア新興国を中心に従来の単純な穴あけやポケット加工主体の一般部品加工に加え、意匠的な曲面を多用した金型の加工へと利用範囲が広がりがつつある。

こうした複雑な形状の部品加工に用いるNC(Numerical Control)プログラムもそれに合わせて複雑化、巨大化する傾向にあり、作成準備したNCプログラムの仕上がり結果を確認したり、NCプログラムに問題がないことを検証したりする作業を人手で行うことはもはや困難で、シミュレーションによってこれを支援することが重要になってきている。

工作機械向け加工シミュレーションは、その用途や対象の違いから、大きく、ワーク切削シミュレーションと機械動作シミュレーションの2種類に分類できる。

ワーク切削シミュレーションは、加工対象であるワークの形状を3Dモデルで表現し、素形材から最終の仕上がりに至るまでの切削過程をコンピュータ上で模擬しグラフィック表示する。これによって、最終形状や途中段階の形状の確認・削り過ぎ・削り残しなどのプログラミングミスに起因する加工不具合の検証が可能となる(図1)。

ワーク切削シミュレーションでは、切削によって時々刻々とワークの形状が変化していく過程を、途中形状も含め、効率よく処理することが重要となる。特に上述のような複雑化、巨大化したNCプログラムに対しては、切削形状が複雑になることで使用メモリ量が増大し、シミュレ

ション実行速度の低下を招くことが従来問題となっていた。

このため、シミュレーション精度は維持しながらも、少ないメモリ量でワークの複雑な形状を表現可能な形状表現モデルの確立、及び、シンプルなアルゴリズムで高速に形状変形処理が行える処理方式の確立が求められており、そのための取組みが現在進められている。

また、将来的な課題としては、形状処理のレベルに留まらず、各種加工条件の検証など物理的な加工プロセスも考慮したシミュレーションへの応用拡大が挙げられる⁽³⁾。

一方、機械動作シミュレーションは、機械の構成要素を3Dモデルで表現し、工作機械全体の動きを模擬しグラフィック表示するものである(図2)。

加工中又はアプローチや退避時、さらには工具交換時の機械の動きに無駄や不自然さがないかを確認することはもちろん、3Dモデル同士の干渉チェックによって機械衝突の有無を検出する機能を提供する。

特に5軸加工機や複合加工機の場合は直動軸と回転軸を組み合わせた複雑な加工動作を頭の中でイメージするのが難しく、シミュレーションによるチェックは、加工面の仕上がりの品位に影響を及ぼす問題動作や、予期せぬ所で機械を衝突・損傷させてしまう事故を回避するために有効である。干渉チェック機能は、加工前の事前チェックとしての使い方以外にも、実加工中にリアルタイムに機械衝突の可能性を判定し減速停止指令を発行して衝突を未然に防止する機械衝突防止機能への応用が現在進められている。

当社は、CNCの付加価値を高め、だれにでも使いやすいものにするため、従来加工シミュレーション技術の開発に取り組んでおり、加工シミュレーション機能を装置の一機能として搭載する形での製品展開を進めている。ワーク切削及び機械動作の両シミュレーションとも、現実世界での工具や機械の動作をできるだけ忠実にシミュレーション内で再現することが共通の課題であるが、当社製品では、CNC内に搭載し、CNCの制御部からの出力指令を用いることによって、実機動作にほぼ忠実なシミュレーション動作を可能にしている。

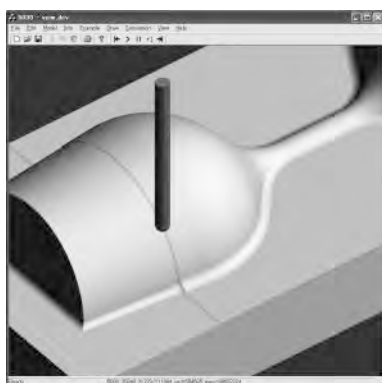


図1. ワーク切削シミュレーション



図2. 機械動作シミュレーション(機械衝突防止機能)

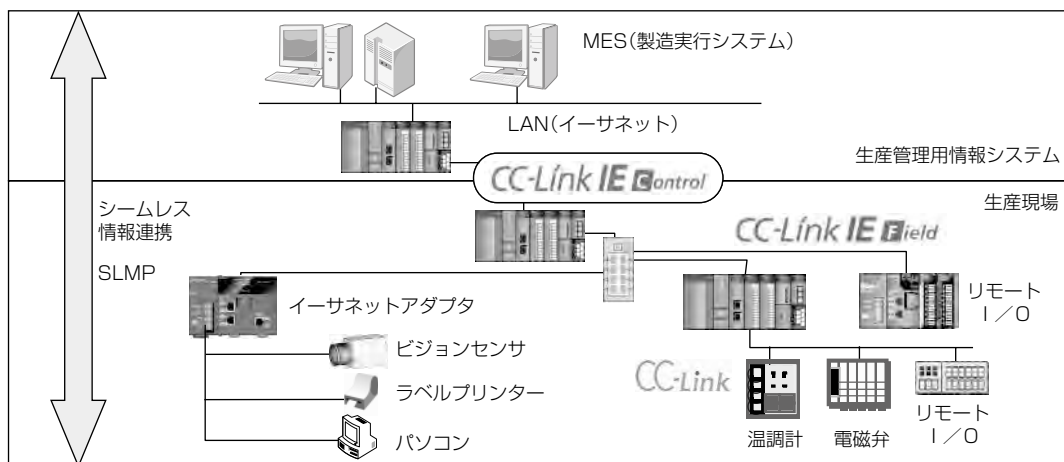


図3. 生産管理情報システムと生産現場の連携

4. e&eco-F@ctoryを支える基盤技術

近年の製造業では、グローバル競争に打ち勝つために、高性能・高品質による製品競争力の強化や、生産性向上によるコスト削減が求められている。その一方で、環境問題に向けた取組みとして、消費エネルギーの削減が急務である。

e&eco-F@ctoryは、生産現場の“見える化”によって、生産性向上と無駄なエネルギーの削減を支援する省エネルギーソリューションである。e&eco-F@ctoryでは、シーケンサを核とした制御技術・ネットワーク技術と、使用電力量を計測するエコモニタなどの省エネルギー支援機器を核とした計測技術を融合して、品質データ、エネルギー使用状況、稼働状況などの各種生産情報を見える化する。

したがって、e&eco-F@ctoryでは、生産管理情報システムと生産現場の連携技術と、見える化のためのデータ収集技術の強化が重要な課題である。

そのため、当社及びCC-Link協会では、生産管理情報システムと生産現場の垂直統合を実現する技術として、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せずフラットなネットワークとして見せ、生産管理情報システムから各種FA機器へ共通にアクセス可能とする通信プロトコルである(図3)。

既存のハードウェアにSLMP対応通信ソフトウェアを組み込むだけで、バーコードリーダー、ビジョンセンサ、マイコンボードなどの汎用イーサネット製品をイーサネットアダプタ経由でCC-Link IEフィールドネットワークへ簡単に接続できる。

また、生産現場で発生する生産関連情報を生産管理情報システムへ送信する製品として、MESインタフェースユニットがある。従来は、生産管理情報システムとシーケンサの間にゲートウェイ用パソコンを置き、そのゲートウェイ用パソコンが各種FA機器からデータを取得して、

生産管理情報システム上のデータベースに書き込む必要があった。これに対して、MESインタフェースユニットは、標準インタフェースであるODBC (Open DataBase Connectivity) 経由で生産管理情報システム上のデータベースを直接操作可能になり、効率的にデータを収集できるという利点がある。また、MESインタフェースユニットからデータベースへの操作は、一定周期又はある条件を満たした場合のように動作条件を設定できるなど、使い勝手を考慮した機能も提供している。

今後は、見える化に必要な生産現場の情報量が増えていくことに備え、生産関連情報収集の短周期化や大容量化への対応が必要である。

5. む す び

FA機器及び産業加工機に対する情報・通信技術の観点から見た基盤技術の動向と、各種FA機器を連携して生産にかかわるすべての情報を生産現場と生産管理部門に流通させるe&eco-F@ctoryを支える基盤技術について述べた。今後、FA機器及び産業加工機に対する情報技術の導入はますます重要になると予想される。当社は、これからも積極的に情報技術を取り入れ、より高性能で使いやすく、かつグローバルに展開可能な製品の研究・開発・製造を行う所存である。

参 考 文 献

- (1) Ohmiya, Y., et al: ESPRIT/SIM: A High Speed Performance-simulator for Heterogeneous Embedded Multiprocessors, IASTED International Conference Parallel and Distributed Computer and Systems, 2008 (2008)
- (2) 長島 勝, ほか: 製造アプリケーションのプロファイリングとプロファイル・マッチング方法, 日本機械学会, 生産システム部門講演会2006 (2006)
- (3) 経済産業省: 技術戦略マップ2010, 経済産業省 (2010)

e-F@ctoryを支える情報連携技術

野末直道*

FA-IT Connectivity Technology for Supporting "e-F@ctory"

Naomichi Nozue

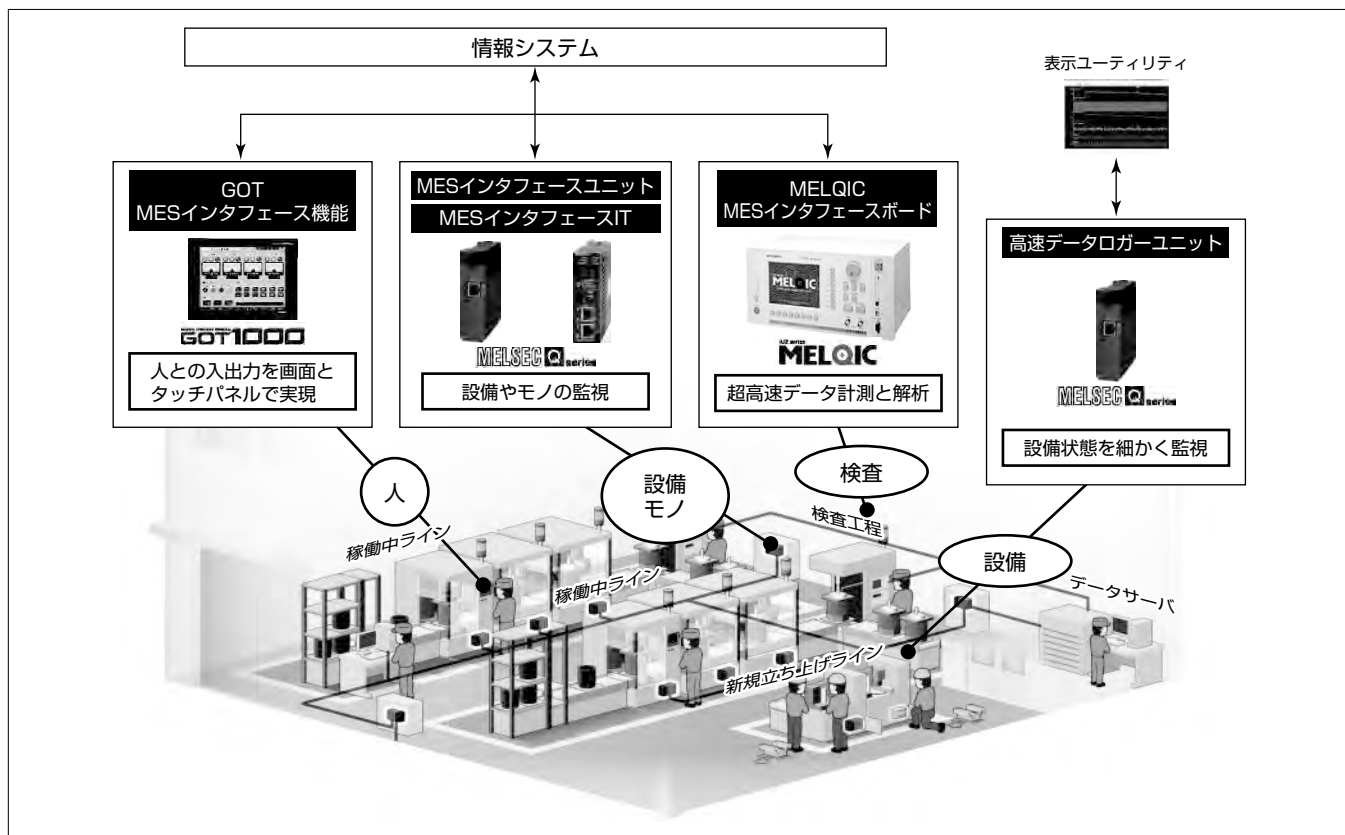
要 旨

三菱電機は、品質・性能に優れた個々のFA (Factory Automation) 製品のみでなく、パートナー協業によるFA統合ソリューションとして“e-F@ctory”を展開し、顧客のTCO (Total Cost of Ownership) 削減に貢献している。本稿では、e-F@ctoryの中でも生産・エネルギーの見える化やトレーサビリティ等の実現に不可欠な情報システムと製造現場の統合をテーマとし、FA製品と情報システムを連携させるための技術を搭載した“情報連携製品群”について述べる。

2005年にシーケンサ対応“MESインタフェースユニット”を製品化し、シーケンサとデータベースを容易に連携させるコンセプトが市場から好評を得た。しかしながら、製造

現場と一口に言っても、様々な種類や粒度のデータが存在する。当社は、あらゆる製造現場の状況に鑑(かんが)み、シーケンサ以外の機器として、表示器“GOT”やデータ収集アナライザ“MELQIC”にも対応したMESアプリケーション連携機能を製品化した。また、情報システムの適用範囲拡大のためにメッセージ通信にも対応したMESインタフェースITを製品化するなど、情報システムと生産現場の統合に寄与している。さらに、スタンドアロンで簡単に設備のより詳細なデータを収集するための高速データロガーユニットを製品化している。

本稿では、製品ラインアップとして5種類の情報連携製品群のコンセプト・特長及び各製品の適用案を述べる。



豊富な情報連携製品のラインアップ

5種類の各情報連携製品によって生産現場のあらゆる状況に対応可能である。

1. ま え が き

近年、多品種少量生産・短納期・省エネルギーが求められている製造業では、高度なスケジューリング・レシピ管理・製造トレーサビリティ・エネルギー管理などに対応するため、MES(Manufacturing Execution System)をはじめとした情報システムの導入が進んでいる。

しかし、現実には製造現場と情報システムの間に壁があるため、両者間がシームレスでつながれていないケースが見受けられる。

この壁を失(な)くすために、従来のユーザーは製造現場と情報システムとの間にデータ収集用ゲートウェイパソコンを設置し、パソコンが製造現場のデータを常時監視したり、製造現場のデータを情報システム用に抽象度の高いデータに変換したりすることによってシステムを構築してきた。

しかし、このようなシステムでは、次の問題が浮き彫りになっている。

①信頼性

パソコンそのものの信頼性が様々な環境の製造現場での連続稼働に耐え得るものではないため、システム全体の信頼性を低下させてしまう。

②ネットワーク負荷

パソコンはポーリング方式によって生産設備を常時監視するため、ネットワーク負荷が大きくなり、制御ネットワーク及び制御そのものに影響を与えてしまう。

③導入の容易さ

パソコンを製造現場に設置するほか、ソフトウェアの開発に多大のコストを必要とするため、システム導入が容易ではない。

④製品寿命

パソコンのOS(Operating System)は数年でバージョンが更新される上、サポート期間が短く、製造装置の寿命と比較して情報システムの製品寿命が短い。

⑤セキュリティ

パソコンはセキュリティ上の懸念があり、コンピュータウイルスに感染した場合、システムが停止し、生産に支障をきたすおそれがある。

このような問題を解決するために、当社はパソコンを経由せずに製造現場から情報システムへダイレクトにデータ送信するための情報連携製品群を開発した。

2. 情報連携製品群のコンセプト

この情報連携製品群によって、生産設備自身にデータ収集・情報伝達のインテリジェンスを持たせることで、製造現場と情報システムとの間の壁を取り除き、製造現場内にデータ収集のための分散処理システムを構築した。データ収集機能の充実化を図るとともに、製造現場と情報システム間の連携を高い抽象度で実現することを可能とした。製造現場と情報システムとがシームレスにつながることで、工場全体の信頼性を向上させて安定稼働を実現させるのが、当社が提案している情報連携製品群のコンセプトである(図1)。

3. 情報連携製品群の特長

情報連携製品群によって、先に述べたデータ収集用ゲートウェイパソコンを設置した場合の問題点は次のように解決される。

①信頼性

情報連携製品群は、ファンレス・ハードディスクレスなど耐環境性を重視、また産業用リアルタイムOSの搭載などによって、システム全体の信頼性の向上を図っている。

②ネットワーク負荷

生産設備の状態変化を検出してイベント駆動で情報発信するため、常時生産設備を監視する場合と比較して、ネットワーク負荷は最小限にとどめることができ、制御への影響を最小限に抑えている。

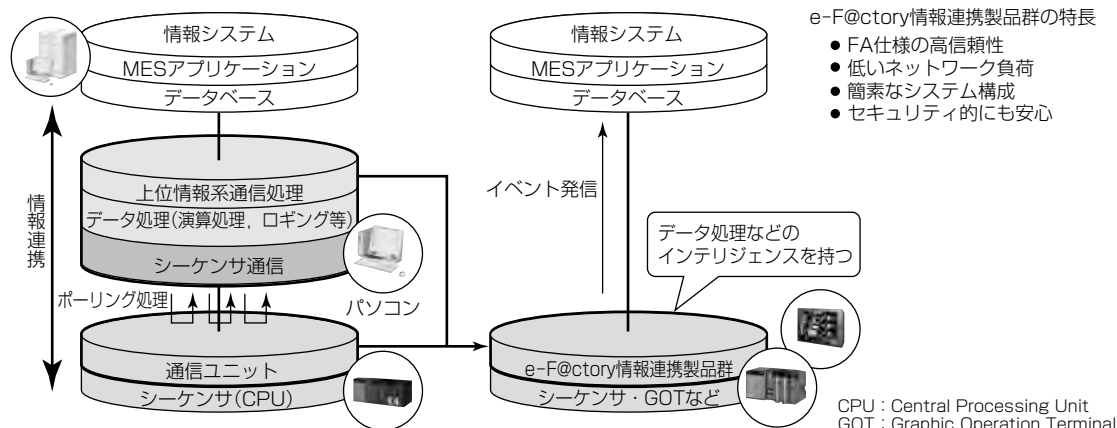


図1. e-F@ctory型情報連携技術のコンセプト

③導入の容易さ

シーケンサに対しては情報連携ユニット、HMI (Human Machine Interface)であるGOTにはオプション機能ボードを追加するだけで情報連携機能が付加される。また、シーケンサやGOTに対するプログラムの変更や追加を必要とせず、GUI(Graphical User Interface)ツールによる設定のみで情報システムとの連携が実現可能である。

④製品寿命

一般的な消費財としてのOA (Office Automation)用パソコンと比較して、ハードウェア・ファームウェアを含め堅牢(けんろう)性・製品寿命重視で、かつ長期安定供給を前提に設計されている。

⑤セキュリティ

産業用リアルタイムOSを使用しているため、一般的なコンピュータウイルスの影響を受けない。

このように、パソコンによるデータ収集における様々な問題を解決し、製造現場全体に存在するデータを収集するために、豊富な情報連携製品をラインアップした(図2)。

今も昔も変わらず、“人”は製造現場に欠かせない存在である。その製造現場の“人”と情報システムをダイレクトにつなぐのは、GOTのMESインタフェース機能である。本来の表示器の役割である画面とタッチパネルによる“人”とのインタフェースはもちろんのこと、GOTのMESインタフェース機能によって、パソコンレスでデータベースへのダイレクト通信を行うことが可能である。

生産設備やモノの監視、及び情報システムとの連携については、MESインタフェースユニットやMESインタフェースITがその役割を担う。シーケンサへの情報連携ユニットとしてベースユニットに追加することによって、シーケンサとデータベースとを直接接続することが可能である。

また、検査工程では、データ解析や自動判定が必要であるため、パソコンが利用されるケースが多かった。データ収集アナライザ“MELQIC”は、信頼性の低いパソコンからの置き換えとして、超高速データ計測と解析・波形判定などの機能を持つ。MELQIC MESインタフェースボードはMELQICと情報システムのダイレクト通信を可能にする。

さらに、生産設備内のシーケンサのデータをきめ細かく監視・解析する場合には、高速データロガーユニットが最適である。パソコンによる収集では実現できないシーケンスキャンごとのデータ収集を可能とし、収集されたデータを無償の表示ユーティリティによって、製造現場で即座にデータ解析が可能となる。

4. 情報連携製品群のコンセプト

4.1 GOT MESインタフェース機能

当社製表示器GOTのMESインタフェース機能は、組立て工程などの人が介在する製造現場で、オペレータと情報システム内のデータベースを直接つなぐインタフェースである。

例えば、組立て工程をはじめとしたオペレータが介在する製造現場では、いまだに作業要領書や検査結果などを紙で運用している場合が多い。多品種を扱う必要がある昨今では、オペレータが品種にあわせた作業・検査を実施し、紙で記録を残すのは作業ミスが発生する要因となる。GOTはバーコードリーダーやRFID (Radio Frequency Identification) リーダーなどの接続をサポートしているため、これらのリーダーから読み込んだ品種情報を基に、GOTのMESインタフェース機能によってデータベースから直接、その品種に応じた作業要領やレシピデータを取得し、それらをGOTの画面上に表示したり、GOTを経由して生産設備にレシピデータを設定したりすることも可能となる。

これによって、従来の紙で運用していた場合と比較して、ポカよけを実現できる(図3)。

また、オペレータがGOTに入力した検査結果や操作履歴などについては、GOTのMESインタフェース機能が検索性の高いデータベースへ直接送信するため、後のデータ解析が容易となる。

ポイントは、GOTのMESインタフェース機能が“人”と“情報システム”をダイレクトにつなぐインタフェースになることである。

4.2 MESインタフェースユニット

シーケンサを用いて自動化された生産設備では、シーケンサが生産情報や設備の状態などを制御・管理している。MESインタフェースユニットは当社シーケンサの情報連携ユニ

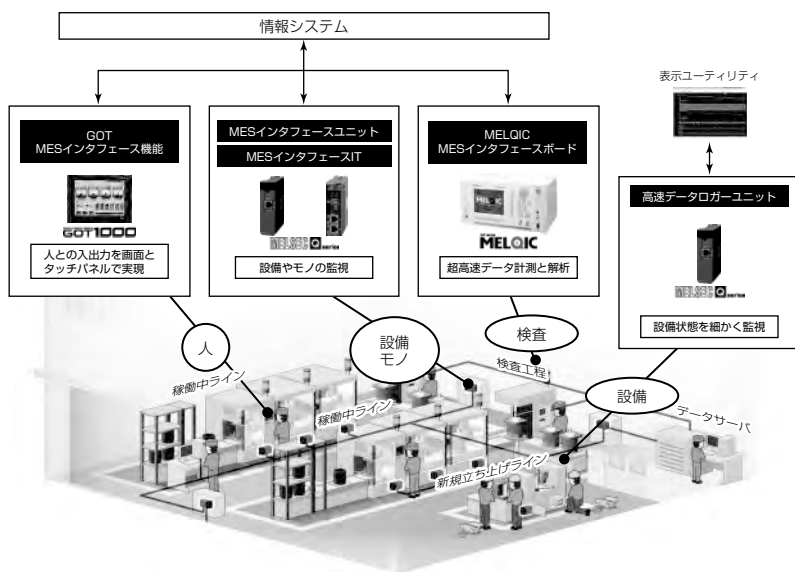


図2. 用途に応じた情報連携製品群

ットとして、シーケンサが組み込まれた生産設備と情報システム内のデータベースを直接つなぐインタフェースの役割を担う。MESインタフェースユニットは、シーケンサの状態を監視することによって、状態変化や設備全体の稼働状態を検出し、情報システム内のデータベースへのダイレクト通信を行う。

自動化設備で、生産完了・故障発生などのイベントが発生する都度、リアルタイムにデータベースへ情報送信するため、人手で収集する手間が省け、データ収集に要するコストの削減が図れる。また、MESインタフェースユニットは情報システムからの生産指示を受け、オーダーごとの生産数や品種に応じたレシピデータをデータベースから取得することも可能であるため、情報システムと連携した自動生産システムを実現できる。

また、データ収集の対象とするシーケンサとデータの定義及び収集条件の設定に際してプログラミングは不要であるため、短期間に製造現場と情報システムとの情報連携が可能となる。図4は、MESインタフェースユニットの設定ツールの画面である。この設定ツール上で、データベ

スへの接続情報、データベースのテーブル内のフィールドとシーケンサのデータとの紐(ひも)付け、データベースへのアクセス条件を設定する。データベースに対して発行するSQL(Structured Query Language)文はこの設定ツールが自動的に生成するため、SQL文の知識がないユーザーでも生産設備とデータベースを容易に接続することが可能となる。

ポイントは、MESインタフェースユニットが“生産設備”と“情報システム”をダイレクトにつなぐインタフェースになることである。

4.3 MESインタフェースIT

MESインタフェースITは、MESインタフェースユニットの高機能版であり、様々な種類のデータベースへの通信のほか、情報システム間の連携の手段として広く利用されているWebSphere MQ^(注1)をはじめとしたメッセージ通信をサポートしている。また、MESインタフェースユニットはWindows^(注2)ベースのデータベースに、MESインタフェースITは、Linux^(注3)などの非Windows OS上で動作する情報システムへの通信をサポートし、より広範囲な情報システムへのダイレクト通信を可能とする。

さらに、内蔵データベース・文字列処理機能などを持っているため、より高度なデータ処理が可能となり、製造現場の生データを、情報システムが必要としているXML(eXtensible Markup Language)形式などのデータに変換することが可能である。これによって、情報システム側でのデータ変換・加工の手間が省け、製造現場と情報システムとの親和性を高めることができる。

ポイントは、MESインタフェースITがMESインタフェースユニットの高機能版であり、より豊富なデータベースやOSに対応するとともに、メッセージ通信をサポートしたインタフェースになることである。

4.4 データ収集アナライザMELQIC

パソコンが広く利用されてきた検査工程では、パソコンに代わってFA製品に求められる高信頼性を持つデータ収集アナライザMELQICが、データの収集・解析から波形判定までを担い、MELQIC MESインタフェースボードによって検査結果をダイレクトに情報システムのデータベースに送信する(図5)。

検査のために必要なデータ収集機能として、0.1μ秒の時間分解能とCC-LinkやCAN(Controller Area Network)など豊富な通信経路のサポートによって、様々なセンサや機器からきめ細かいデータを取得することができる。また、品種情報を基にデータベースへ問い合わせ、検

GOTのMESインタフェース主要機能

- ・タッチパネルによる素早い手入力
- ・手入力データをデータベースへダイレクト送信
- ・バーコード・RFIDリーダなど豊富な機器のサポートによるボカよけ防止

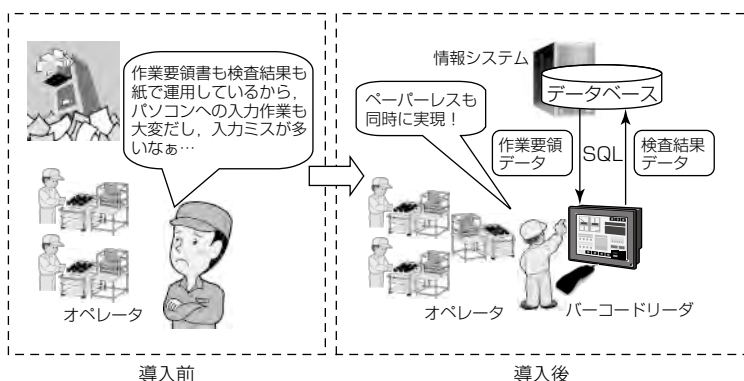


図3. GOTのMESインタフェース機能

《プログラムレス簡単設定》

- データ通信用のシーケンスプログラム不要
→現場と情報システムの切り分けが可能(MESインタフェースは独立している)
- データベース読み書きのトリガ条件を設定可能(値監視、定刻、定周期など)
- 単位変換などを行うための演算機能搭載(移動平均、四則演算など)

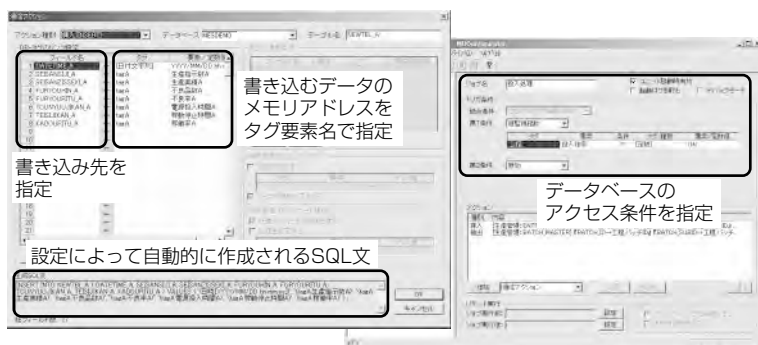


図4. プログラムレスを実現するMESインタフェースの設定ツール

査のための判定条件を自動設定することが可能である。

ポイントは、MELQIC MESインタフェースボードは製造現場の中でも検査工程と情報システムをダイレクトにつなぐインタフェースになることである。

(注1) WebSphereは、IBM Corp. の登録商標である。
(注2) Windowsは、Microsoft Corp. の登録商標である。
(注3) Linuxは、Linus Torvalds氏の登録商標である。

4.5 高速データロガーユニット

高速データロガーユニットはシーケンサ内のきめ細かいデータを簡単に取得し、Excel^(注4)や無償の表示・分析ツールによって、即座にデータ解析を実現するためのユニットである。

ユニットはシーケンサのベースユニットに装着され、シーケンサバスを介して同一ベース上のシーケンサから高速にデータを収集・蓄積するだけでなく、ネットワークで接続されたほかのシーケンサのデータについても収集が可能である。

MESインタフェースユニットなどほかの情報連携製品と同様に、データ収集の対象シーケンサとデバイスデータの定義、そして収集条件の設定に際して、プログラミングは不要である。

収集されたデータはユニットに装着されたコンパクトフラッシュ^(注5)カード内にファイルとして蓄積される。コンパクトフラッシュカードをパソコンなどで読み取ることによって、ネットワークのない環境でも簡単に解析が可能である。

また、FTP(File Transfer Protocol)機能によって、ネットワークを介して収集データファイルをFTPサーバにダイレクト送信することが可能であり、製造現場で新規にデータ収集システムを構築する必要がない。

収集機能については、シーケンサのスキュンに同期したデータを収集可能であり、最速で1msのデータ収集を実現した。そのため、パソコンによるポーリング収集方法では解明できなかったエラー原因を即座に解析することが可能となる(図6)。

ポイントは、高速データロガーユニットが生産設備内のプロセスレベルのデータ収集を“高速”“簡単”“低コスト”で実現することである。

(注4) Excelは、Microsoft Corp. の登録商標である。
(注5) コンパクトフラッシュは、SanDisk Corp. の登録商標である。

5. む す び

工場の生産情報のシームレス化実現に向け、最も基本的

MELQICの主要機能
・時間分解能0.1μsの高速データ収集
・収集したデータを自動解析・判定
・検査実績をデータベースにダイレクトに送信



図5. MELQIC MESインタフェースボード

高速データロガーユニットの主要機能
・時間分解能1msの高速データ収集
・同梱の表示ユーティリティによる簡易データモニタ・分析

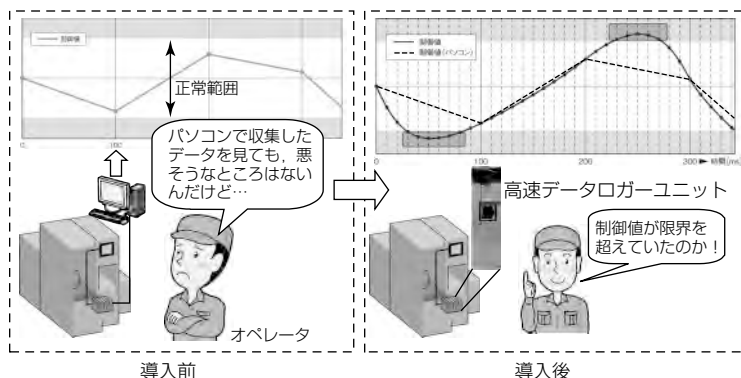


図6. 高速データロガーユニットの高速収集機能

な取組みである製造現場からのデータ収集が抱える課題を容易に解決し、製造現場の多様なシステムでデータ収集・情報伝達のインテリジェンスを製造現場に付与する情報連携製品群について述べた。

製造現場の状態変化をトリガーとしたデータ収集は、ネットワーク負荷を低減するとともに、情報システムとのリアルタイム通信を可能とするものである。

情報システムと製造現場の間に翻訳家となるパソコンを設置することなく、製造設備自身が情報システムのコトバを解釈し、伝達することができる情報連携製品群は、多品種少量生産・短納期・エネルギー管理といった製造業への要求をクリアするために、製造現場と情報システムとのシームレスな統合を実現可能とする。

参考文献

- (1) 吉川 勉：MESインタフェース製品，三菱電機技報，80，No.11，683～686（2006）

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”の性能向上技術

森田浩司* 池田昌広*
青山晃治*
所 賢一郎*

Performance Improvement Technology of Integrated FA Engineering Software “MELSOFT iQ Works”

Koji Morita, Koji Aoyama, Kenichiro Tokoro, Masahiro Ikeda

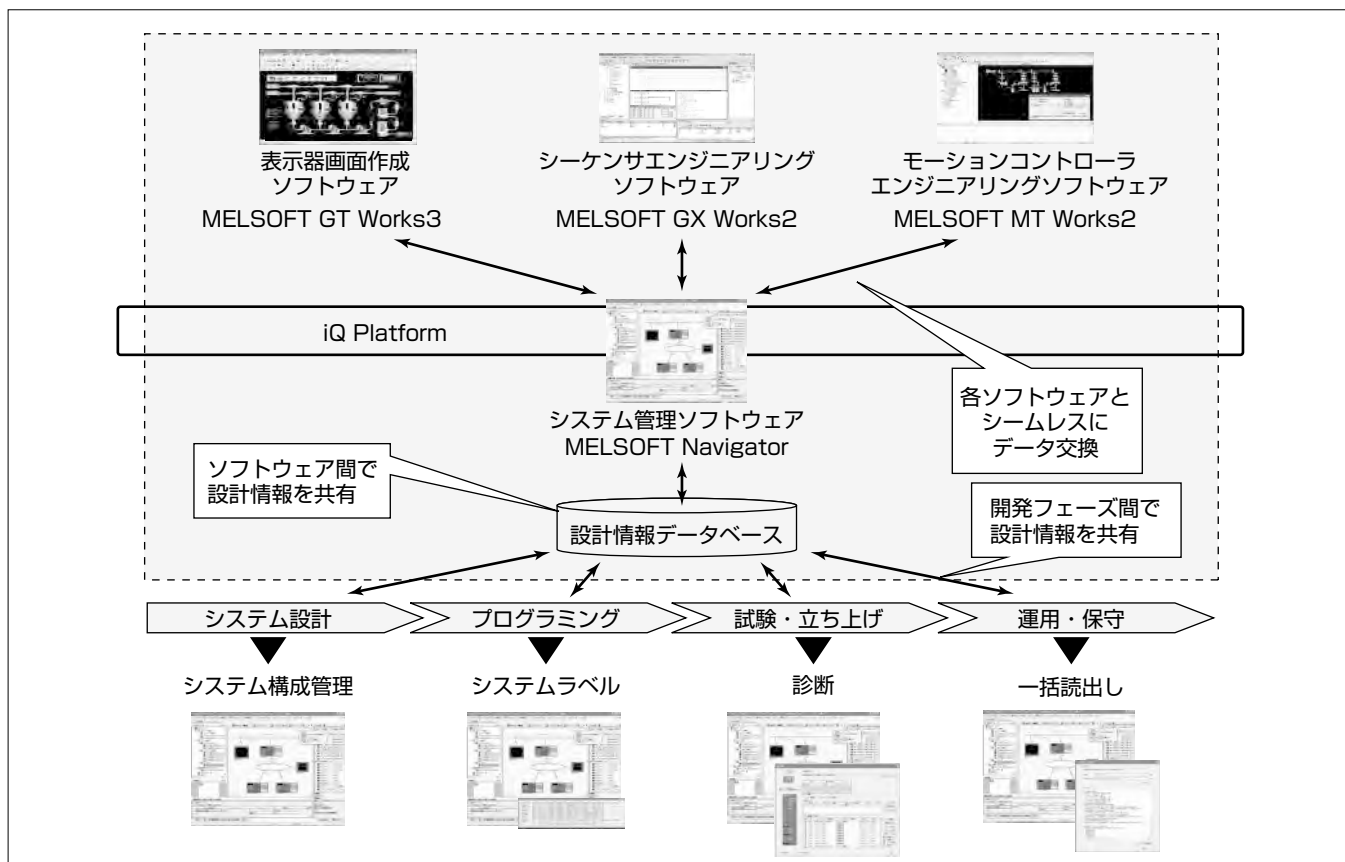
要 旨

近年の製造業では、製品が高性能化、微細化する一方、製品サイクルが短くなり生産量も短期間のうちに変動する傾向にある。製品の低価格化要求も厳しく、生産設備の構築には、開発から立ち上げ、運用、保守にいたるまで、より一層のトータルコスト削減が求められている。このような市場背景を受け、三菱電機は生産設備の制御システムを開発する際、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至るまで統合的に扱える三菱iQ Platform対応FA (Factory Automation) 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。

iQ Worksは統合エンジニアリング環境であり、シーケンサ、表示器、モーションコントローラに対応したエンジニアリングソフトウェアが含まれる。発売後、エンジニア

リングコスト削減を目的として、様々な機能追加を行っており、対応しているFA機器は100を超え、ソフトウェア自体のサイズも大きくなっているが、それらの機能を使う際のソフトウェアの軽快な動作を求める声がユーザーから挙がってきている。一般的なOA (Office Automation) のソフトウェアは、最新のパソコンで使用されることが多いが、FAの現場の立ち上げ調整やメンテナンスの運用・保守フェーズでは、ソフトウェアが一世代前のノートパソコンで使用されることも多く、そのような低スペックのパソコンでも快適にソフトウェアを使用したいという要望がある。

このような背景の中、iQ Worksの開発で、FA分野のソフトウェア使用環境への適応のために、いくつかの性能改善を行った。本稿では、性能改善内容、及び実現に際しての技術について述べる。



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”

iQ Worksは、三菱iQ Platform対応製品群のプログラミング、パラメータ設定、表示器の画面作成などを統合的に扱うツールである。システム管理ソフトウェア“MELSOFT Navigator”、シーケンサエンジニアリングソフトウェア“GX Works2”、モーションコントローラエンジニアリングソフトウェア“MT Works2”、表示器画面作成ソフトウェア“GT Works3”の4つのソフトウェアから構成される。

1. ま え が き

近年の製造業では、製品が高性能化、微細化する一方、製品サイクルが短くなり生産量も短期間のうちに変動する傾向にある。製品の低価格化要求も厳しく、生産設備の構築には、開発から立ち上げ、運用、保守にいたるまで、より一層のトータルコスト削減が求められている。そのような市場背景の中、当社はFA統合エンジニアリングソフトウェア iQ Worksを市場展開している。iQ Worksは、システム設計から三菱iQ Platform対応製品群のプログラミング、表示器の画面作成、また設備の立ち上げや運用保守までの様々な環境で使用されるが、一世代前のノートパソコンで使用されることも多く、低スペックのパソコンでも快適にソフトウェアを使用したいという要望が多い。

本稿では、その要望に対する性能改善内容、及び実現に際しての技術について述べる。

2. iQ Works製品における性能向上

2.1 MELSOFT Navigatorの起動時間の削減

MELSOFT Navigator(以下“Navigator”という。)は、生産設備のシステム設計を機器構成エディターによってビジュアルに構築支援し、各種FA機器のプログラムを一括管理、各種FA機器用ソフトウェアと連携動作可能なシステム管理ソフトウェアである。

Navigator上でシーケンサ、モーションコントローラ、表示器のプロジェクト操作(作成、削除、コピー、情報取得、パラメータ反映等)を可能にするために、各プロジェクト種別に対応したライブラリファイルをロードする必要がある(図1)。

従来は、Navigatorを構成するすべてのライブラリファイルのロードが完了した時点で起動画面を表示していたため、ユーザーが操作可能になるまでの待ち時間がかかり過ぎ、改善要望として挙げられていた。起動時間を分析した結果、そのライブラリファイルのロード時間が起動の約70%を占めていることがわかったため、この部分に着目して改善を実施した。具体的には、ライブラリファイルのロード処理を分割し、Navigatorの起動に不要なロード処理をマルチスレッド化して遅延させることによって、起動画面の表示タイミングを早くすることで、Navigatorを起動してからユーザーが操作可能となるまでの時間短縮を実現した。この改善によって、起動時間の約50%削減を達成した(図2)。

2.2 GT Works3のプロジェクトデータ保存の高速化

MELSOFT GT Works3(以下“GT Works3”という。)は、表示器の画面作成(スイッチ／ランプ等の配置)からデバッグまでの工程を総合的にサポートする表示器画像作成ソフトウェアである。

近年、表示器本体の機能増加、高画質ライブラリの増加などによって、表示器データの肥大化が進み、データ保存に要する時間が増加する傾向にある。データ保存は頻繁に行う作業であるため、保存時間の増加は作業能率の低下を招く。そこで、データ保存時の処理を分析し、無駄な処理や省略可能な処理を検討した結果に基づいて、データ保存時のファイルアクセスの最適化を行った。

GT Works3では、データ保存時にデータ変換処理を行う。その際に、データファイルから各種設定値をGS1(Graphics State 1)ファイルとし、データ中の図形の画像イメージをBIN(BINary)ファイルとして、一旦(いったん)展開する必要があった。GS1/BINファイルは複数展開され、データファイルの規模増大にしたがって、GS1/BINファイル数も増加し、保存処理の遅れの要因となっていた。

そこで、データ変換処理部の設計を見直し、各種設定値と図形の画像イメージを直(じか)にデータファイルから参照するように変更し、GS1/BINファイルへの展開を省略した(図3)。

この対策によって、保存性能は従来比30~50%の改善率を達成した。今後は保存データのファイル構造の再検討なども含めて、更なる処理時間の高速化を図っていく。

2.3 MT Works2のモーションSFCプログラミングの効率化

MELSOFT MT Works2(以下“MT Works2”という。)は、グラフィカルな画面での直感的な設定・プログラミングや、デジタルオシロ・モーションシミュレータなどの便利な機能による、エンジニアリングコスト削減を目指したモーションコントローラエンジニアリングソフトウェアである。

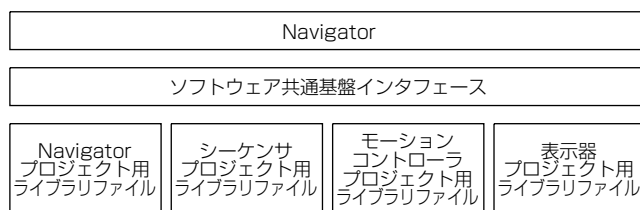


図1. Navigatorのソフトウェア構造

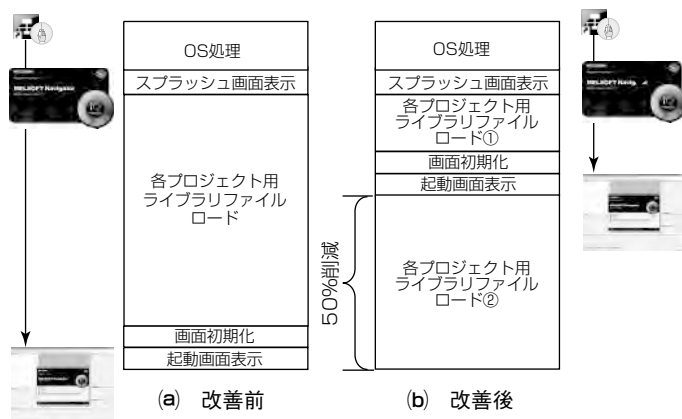


図2. ライブラリファイルロードの分割処理による起動時間削減

モーションSFC(Sequential Function Chart)プログラムは、図を用いて制御フローを記述できるため視認性が高く、制御の流れがわかりやすい。

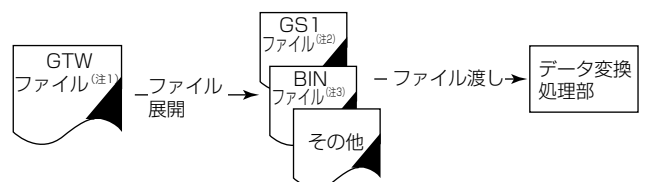
その一方で、モーションコントローラで制御する処理が複雑になり、モーションSFCプログラムのサイズが大きくなるにつれ、MT Works2での操作が重くなり、プログラム編集作業にストレスを感じるという課題が顕在化してきた。特にノートパソコンのような画面解像度が小さいパソコンの場合、画面表示エリアも小さく、モーションSFCプログラム全体を一画面では表示できないため、編集時に画面をスクロールするケースが多くなるが、軽快に画面スクロールしたいという要望が挙げられていた。

従来は、モーションSFCプログラムを表示する際には、画面に表示していないエリアも含めてプログラム全体を描画エリアとして再描画していたため、大きいプログラムの場合には画面スクロールが遅くなっていた。そこで、図4のように、画面に表示するエリアの座標を取得し、その座標内に入っているプログラム図だけを再描画する仕組みに変更することによって、画面スクロール時の描画スピードを50~80%改善した。

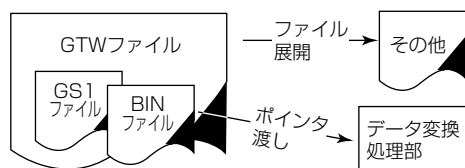
2.4 GX Works2のRUN中書き込み時間短縮

MELSOFT GX Works2(以下“GX Works2”という。)は、シーケンサを制御するプログラムの開発、デバッグ、また、シーケンサを使用したシステムの運用、保守におけるエンジニアリングコスト削減を目指したシーケンサエンジニアリングソフトウェアである。

ユーザーがプログラムを変更した際に、RUN中書き込み機能を使用すると、シーケンサを止めずに(RUN(実行)状態)、変更したプログラムをシーケンサに書き込むことができる。その利便性からRUN中書き込み機能は使用頻度が高く、ユーザーからRUN中書き込み時間短縮の要望が挙げられていた。



(a) 改善前(従来の保存方法)



(b) 改善後(解決策)

(注1) GTWファイルは、MELSOFT GT Works3が処理するプロジェクトデータ
(注2) GS1ファイルは、各種設定値データ
(注3) BINファイルは、図形の画像保存イメージデータ

図3. データ保存時のファイルアクセスの最適化

このRUN中書き込み処理の分析をしたところ、GX Works2のRUN中書き込み機能処理は、図5に示すように、ソース情報の書き込みに多くの時間を要していた。

ソース情報は、構造体やラベルなどのプログラム構成が格納されているデータであり、プログラムと併せてプロジェクトとして作成される。プログラムと併せてソース情報をシーケンサに書き込むことで、シーケンサからプログラムを読み出す際に、GX Works2で作成したプロジェクトの復元が可能となる。

RUN中書き込み処理時間を削減するために、シーケンサに書き込むソース情報の削減に焦点をあてた。

これを実現するために、次の2つの課題に対する技術開発を行った。

課題1: ソース情報のファイルサイズ削減

課題2: シーケンサへのソース情報書き込みデータ量の削減

(1) ソース情報のファイルサイズ削減

①ファイルの圧縮形式の変更

課題1に対する1つ目の対策として、ファイルの圧縮形式を変更した。

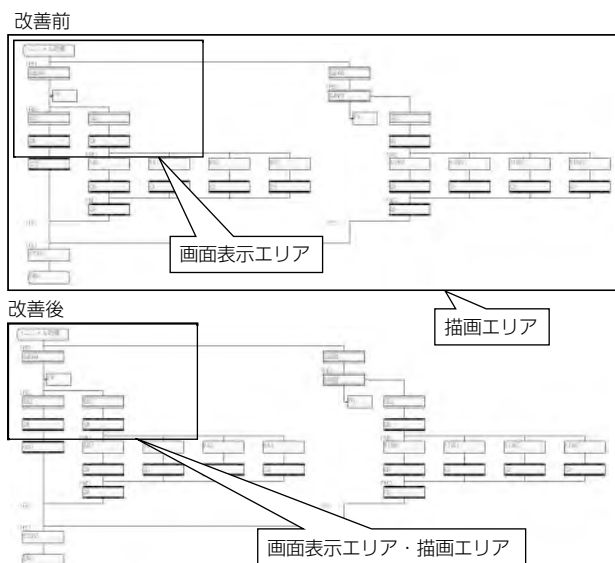


図4. モーションSFCプログラム描画エリア改善

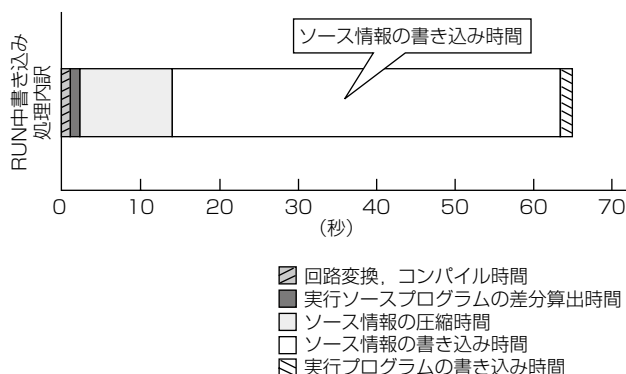


図5. RUN中書き込み機能の処理別時間内訳

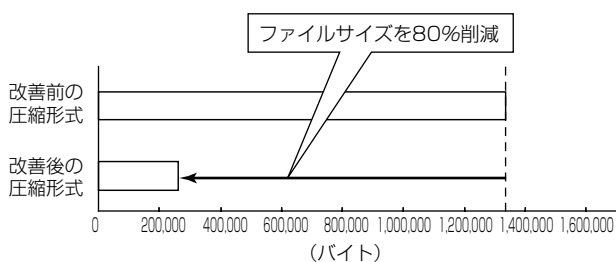


図 6. 圧縮形式変更によるソース情報のファイルサイズ削減

内容	イメージ
ステップ番号 領域分割	改善前 0 F F F 0 0 0 0 0 ... 4バイト領域1つ(LONG) 改善後 0 F F 0 0 0 0 0 ... 下位1バイト(BYTE) 1 F 0 0 0 0 0 ... 中位1バイト(BYTE) 0 0 0 0 0 ... 上位2バイト(WORD)
ステップ番号 順番変更	改善前 先頭 F F F 0 0 0 0 0 ... 1つ目のステップ情報(LONG) 0 0 0 0 0 ... 2つ目のステップ情報(LONG) 1 0 0 1 0 0 0 ... 3つ目のステップ情報(LONG) 改善後 先頭 F F 0 0 1 0 0 ... 下位1バイトを連続 (不定値が連続) 1 0 1 0 0 0 0 ... 中位1バイトを連続 (似た数値;パターン化されたデータ) 0 0 0 0 0 ... 上位2バイトを連続 (ほぼ0が占める)

図 7. データフォーマット最適化のイメージ

GX Works2では、シーケンサのメモリを有効に利用するため、ソース情報を圧縮してシーケンサへ書き込んでいる。ファイルの圧縮形式には様々な形式があるが、形式ごとのサイズと圧縮時間を調査し、圧縮比率、圧縮時間で効果の高い形式に変更した。その結果、図 6 に示すように、圧縮時間を変えずに元々のファイルサイズに対して80%削減することができた。

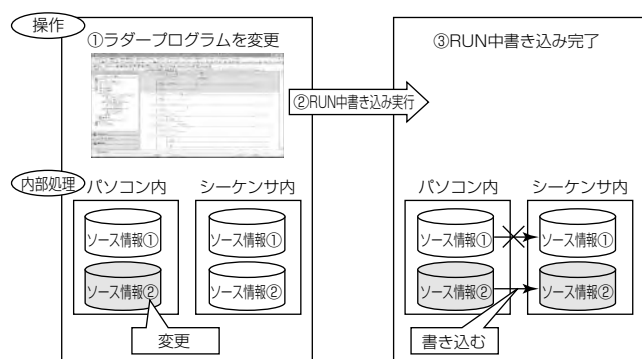
②データフォーマットの最適化

ソース情報には、シーケンサ上で動作する実プログラムとエンジニアリングツール上のエディターとの位置関係を示すデバッグ情報がある。このデバッグ情報には、ステップ番号を管理する領域がありファイル内容の大部分を占めている。先に述べたソース情報の圧縮効率を向上させるために、ステップ番号領域を分割し、ステップ番号内の0の値を多く含むデータを集約することでデータの圧縮効果を高めるようにした(図 7)。その結果、圧縮後のデータサイズを95%削減した。

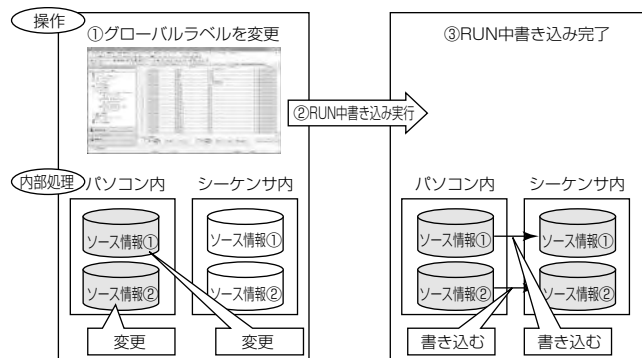
(2) シーケンサへのソース情報書き込みデータ量の削減

課題2に対する対策としては、シーケンサへの書き込み処理を見直すことで書き込みデータ量の削減を実現した。

ソース情報にはラベルと実際のデバイスの対応を示すグローバルラベルデータが含まれる。ラベル設定を変更すると、対応するデバイスが変更になるため、プログラムも変更になるが、従来はRUN中書き込み処理で、常にグローバルラベルデータとプログラムを併せてシーケンサに書き込んでいた。この処理を図 8 に示すように、ユーザーの操作に応じて、RUN中書き込みでシーケンサに書き込むソース情報を適宜変更させることで、RUN中書き込みにか



(a) ユーザーの操作：プログラムを編集する



(b) ユーザーの操作：グローバルラベル(使用済)を編集

図 8. ファイル分割によるRUN中書き込みのイメージ

かる時間を短縮した。

これらの課題に対する技術開発によって、ソース情報のファイルサイズ削減とシーケンサへのソース情報書き込みデータ量の削減を実現し、GX Works2のRUN中書き込みの操作開始から完了するまでの時間を、改善前の50~70%改善した。また、同時にシーケンサに書き込むデータ量を削減させることができ、ユーザーがシーケンサのメモリをより有効に活用できるようになった。

3. む す び

三菱iQ Platform対応FA統合エンジニアリングソフトウェアiQ Worksの性能向上技術について述べた。iQ Worksは、発売後、ユーザーのシステム開発のTCO(Total Cost of Ownership)を削減するための様々な操作性の改善とユーザーの工数削減のための機能を提供してきた。それに併せて、豊富な機能をユーザーが快適に使用できるよう性能改善を実施し、ユーザーに快適なエンジニアリング環境を提供している。

今後、ユーザーのより大規模で複雑なシステムの開発でそれぞれのエンジニアリングソフトウェアで扱うデータ量が増加することが懸念されるが、データ量の増加に伴う性能劣化が発生しないよう、データ構造、処理内容や手順を見直すことで、より快適なエンジニアリング環境をユーザーに提供していく。

シンプルモーションユニット “LD77MH4/LD77MH16”

古立智之*
南雲健介*

Simple Motion Module “LD77MH4/LD77MH16”

Tomoyuki Furutachi, Kensuke Nagumo

要 旨

小規模システムで比較的高い性能や多様な機能が求められる分野における競争力強化のため、従来の位置決めユニットを高性能・高機能化したシンプルモーションユニット“LD77MH4/LD77MH16”を開発した。主な特長は次のとおりである。

(1) 外部入力インタフェースの内蔵

マーク検出信号インタフェースやインクリメンタル同期エンコーダ入力インタフェースを内蔵し、追加ユニットなしでマーク検出機能、同期エンコーダを使用した同期制御が使用可能である。

(2) 高機能・高性能を実現

“MELSEC-Lシリーズ”に対応し、位置決め制御だけでなく、これまでモーションコントローラでしかできなかつ

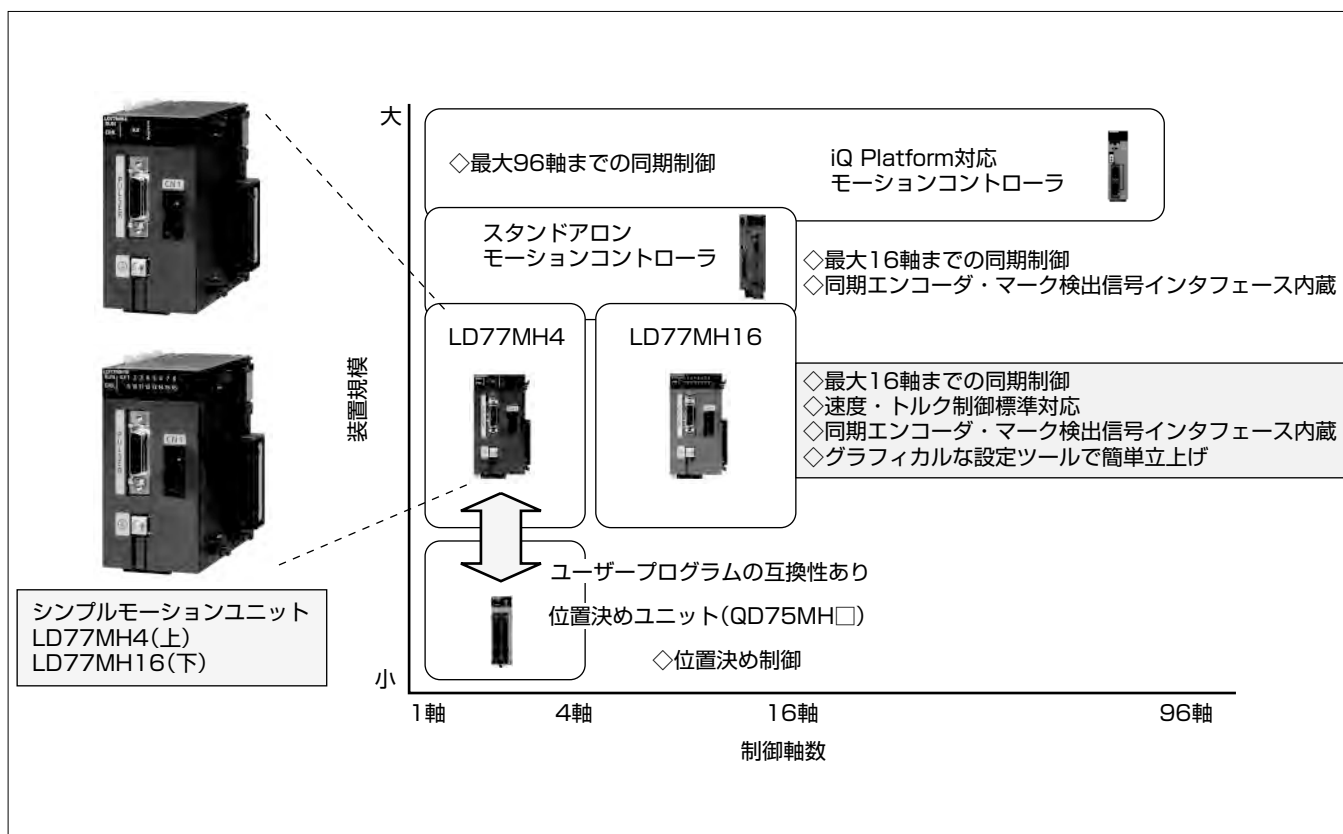
た同期制御やカム制御、速度・トルク制御を実現した。また、演算周期0.8msを実現した。

(3) 簡単に使える同期制御

簡単なパラメータ設定とシーケンスプログラムだけで高度な同期制御も実行可能である。

(4) シンプルモーションユニット設定ツール

シンプルモーションユニットのエンジニアリング環境を新たに開発した。“Easy to use”をコンセプトに使用容易性を向上させたグラフィカルなツールで、高度な制御も容易に設定可能である。またシーケンサプログラミングツール、サーボセットアップツールとの連携でシーケンサ、サーボの調整も使用容易性が向上した。



シンプルモーションユニットの位置付け

シンプルモーションユニットLD77MH4/LD77MH16は“MELSEC-Lシリーズ”に対応し、マーク検出信号インタフェースや同期エンコーダインタフェースを内蔵している。同期制御や速度・トルク制御など豊富な機能を持つユニットである。従来の位置決めユニットでは機能・性能不足であり、一方モーションコントローラではオーバースペックとなる分野に適した高機能・高性能ユニットである。

1. ま え が き

三菱電機のサーボシステムコントローラネットワーク（以下“SSCNET”という。）に対応したコントローラとしてモーションコントローラ及び位置決めユニットをラインアップし、搬送や液晶、成型機やプレス機など様々な分野で高い支持を得てきた。SSCNET対応のコントローラとサーボアンプを使用することで、コントローラでのサーボパラメータを含めたパラメータの一元管理や、容易な絶対位置システムの構築が可能で、更に、ネットワークによる高速・多軸の同期制御の実現や、位置指令以外の多様な転送データを使用した高度な制御など、幅広い要求に対応可能となる。

それらのネットワークメリットを生かし、装置の規模や制御内容に応じて、多軸・高性能が要求される分野ではモーションコントローラを用い、軸数が少なく簡易な制御では位置決めユニットを用いたシステム提供を行ってきた。しかし、小中規模分野でも比較的高機能が要求される電子部品分野では、位置決めユニットでは機能が不足し、モーションコントローラで対応しなければいけない場合が発生していた。その場合、小規模システムにもかかわらず、シーケンサCPU (Central Processing Unit) とモーションCPUの2つのCPUが必要となり、システムの開発負荷増やコスト増になるため、それらの装置でも位置決めユニットを使いたいという要望があった。

そのような小規模・高性能装置の分野における要望にこたえるため、位置決めユニットの扱いやすさを維持し、高度な同期制御やカム制御、速度・トルク制御の機能を盛り込んだMELSEC-Lシリーズ対応のシンプルモーションユニットLD77MH4/LD77MH16を開発した。

本稿ではシンプルモーションユニット（以下“LD77MH”という。）の概要と特長、及びそのエンジニアリング環境について述べる。

2. LD77MHの製品概要と主な特長

2.1 外部入力インタフェースの集約

先に述べたとおり、LD77MHでは小規模なシステムをターゲットにしている。その中で、高度な機能を実現しようとした場合、サーボの制御に必要な様々な機器の接続のために、外部インタフェースが必要となる。例えば、一般的な制御の入力として既存の位置決めユニットでも使用可能な、上下限のストロークリミットや緊急停止、近点ドグ信号があるが、更にLD77MHで同期などの高度な制御を行おうとすると、マーク検出信号やインクリメンタル／アブソリュート同期エンコーダ入力が必要となる。

LD77MHでは図1に示すとおり、それらの入力インタフェースをLD77MHへの直接接続及びサーボアンプ経由

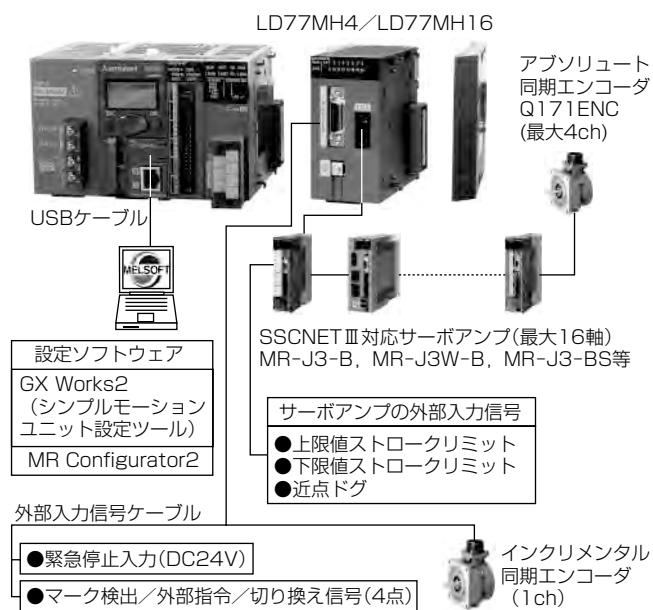


図1. システム全体構成

での入力に集約した。それによって、ユーザーは追加ユニットなしで高度な同期制御などが実現可能となるため、コストメリットとなる。

一方で、上下限ストロークリミットや近点ドグ信号入力、同期エンコーダ入力はバッファメモリ経由での入力も可能としているため、別途ユニットを用意することで、グレイコードエンコーダなども使用可能であり、固定のインタフェースで使ってもらうだけでなく、フレキシブルな対応も可能となっている。

なお、アブソリュート同期エンコーダの入力はサーボアンプ“MR-J3-BS”を介して行うが、これはMR-J3-BSに既存の、フルクロズド制御用エンコーダを接続するインタフェースを利用する仕様としている（コントローラはネットワークを介して同期エンコーダの絶対位置を取得する）。そのため、アブソリュート同期エンコーダ接続は新たなハードウェア開発不要で実現しており、高速で大容量のデータ送信可能なネットワークならではの実現方法であると言える。

2.2 高速な起動時間と豊富な機能

LD77MHでは位置決めユニット“QD75MH”の機能をそのままに、更に高度な制御を実現できるよう、同期制御やカム制御等を追加して、モーションコントローラと同等の機能を搭載した。LD77MHとQD75MH、モーションコントローラ“Q17□DCPU”との性能・機能比較を表1に示す。

LD77MHでは既存のQD75MHの4倍の制御軸数となる、16軸接続可能なLD77MH16をラインアップした。このラインアップによって、システム構築時にユニットを複数台用意する必要がなくなるため、設置面積の縮小やコスト削減のメリットがある。

また、接続可能軸数の増加を行うだけでなく、性能の向

上も行っており、演算周期はQD75MHの2倍の0.8msとしている。これによって軸の始動時間や応答時間が高速になり、装置のタクトアップといった、装置性能の向上要求にも対応が可能である。

一方、機能面では、モーションコントローラと同等の同期制御、電子カム制御やマーク検出を備え、これまで位置決めユニットでは対応できなかった複数軸での同期やセンサによる補正が必要な包装機などへの対応も可能となっている。

さらに、モーションコントローラでは特殊品対応であった速度・トルク制御を標準搭載し、モーションコントローラにはない押し当て制御も実装した。これによって巻き線や簡易プレスといった装置への適用も可能になる。

この押し当て制御はトルク制御の一種であるが、従来のトルク制御では位置制御中にトルク制御に切り換えた場合、切り換え直後にトルク指令が乱れるという問題があった。この問題を解決するため当社先端技術総合研究所とともに開発し、サーボアンプに搭載した新しい制御方式である。LD77MHでは位置決め制御中の任意のタイミングでこの新しい制御方式に切り換えが可能であり、図2のように位置制御から押し当て制御へ滑らかな制御切り換えを実現し

た。トルクの乱れが生じないことで、制御切り換え時の機械への負荷がなくなるため、機械の寿命が延びるというメリットが挙げられる。

2.3 簡単に使える同期制御

2.2節で、LD77MHでの性能・機能向上について述べたが、従来の位置決めユニットユーザーが、追加した機能を簡単に使用できるようLD77MHでは使いやすさについても考えた作りこみを行っている。

今回LD77MHで大きな機能追加となる同期制御については、設定ツールで必要なパラメータを設定し、従来の位置決め制御同様、シーケンスラダーより同期の始動をかけるだけで同期制御が実現可能であり、複雑なプログラム作成は不要である（設定ツールによるパラメータ設定もグラフィカルで直感的に行えるようになっており、詳細は3章で述べる。）。

また、同期制御で使用する電子カムのプロファイル作成についても、従来作成が難しかった包装機などで使用されるロータリーカッター用のカムプロファイルを自動的に作成するカム自動生成機能を、モーションコントローラに先駆けて標準搭載した。カム自動生成機能では、ユーザーが機械に合わせて“カム分解能”“シート長”“シート同期幅”“同期軸長”“同期開始位置”の5つのパラメータを設定するだけで、LD77MHが自動的にカムプロファイルを作成する機能である。この機能によって、ユーザーはカムプロファイルの作成が不要となり簡単に同期制御を実現でき、機械立ち上げの時間短縮が可能である。

3. シンプルモーションユニットのエンジニアリング環境

従来モーションコントローラ、位置決めユニットなどのサーボシステムコントローラは制御に使用するパラメータが多く、作業手順も複雑なため多くの立ち上げ工数を必要としていた。

そのため、サーボシステムコントローラの立ち上げ、調整を短時間で効率良く行いたいという市場ニーズは多く、この要求を満足するため、操作性に優れ、簡単に調整可能な“Easy to use”をコンセプトにシンプルモーションユニット設定ツールの開発を行った。

3.1 エンジニアリングツールの開発方針

これらのコンセプト実現にあたり、モーションコントローラエンジニアリング環境MT Works2（以下“MTW2”という。）、位置決めユニット設定ツールを分析した結果、次の課題が明らかになった。

- (1) MTW2は高機能・多機能のため、ユーザーの目的とする機能を分かりやすくする必要がある。
- (2) 電子カムのデータ設定がパラメータと波形の画面に分断されているため、パラメータと波形を一括操作できるインターフェースが必要である。

表1. LD77MH／QD75MH／Q17□DCPUの性能・機能比較

項目	LD77MH	QD75MH	Q17□DCPU
制御軸数	4／16軸	1／2／4軸	8／32軸
演算周期	0.8／1.7ms	1.7ms	0.4／0.8／1.7／3.5ms
PointToPoint制御	○	○	○
直線・円弧補間制御	○	○	○
ヘリカル補間制御	×	×	○
速度・トルク制御	○	×	△ ^(注1)
押し当て制御	○	×	×
同期制御(カム制御)	○	×	○
原点復帰	5種類	4種類	11種類
マーク検出	○	×	○
任意データモニタ	○	×	○
ユニットエラー履歴収集	○	×	○

(注1) 特殊品で対応

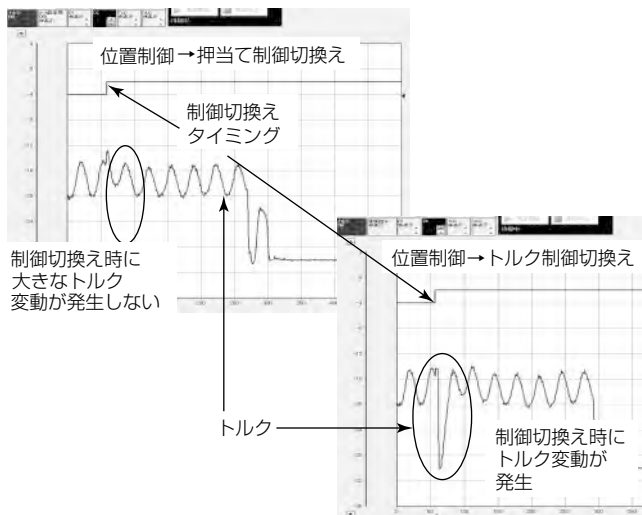


図2. 制御切り換え時のトルク波形

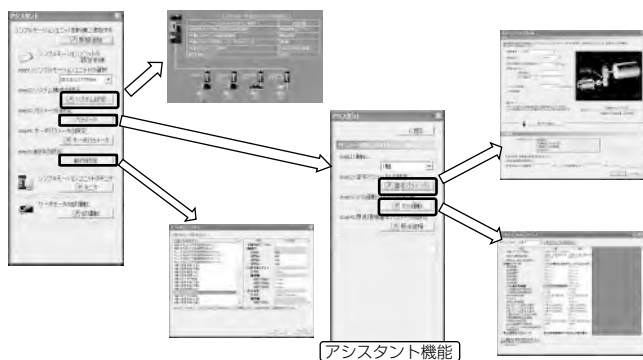


図 3. MT Works2から改善された機能 1

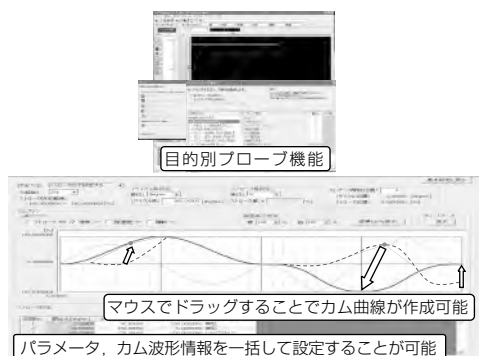


図 4. MT Works2から改善された機能 2

(3) 位置決めユニット設定ツールでは表形式で容易に設定できるが、1軸ごとの位置決めデータしか設定できないため、位置決めデータの相互関係を分かりやすくする必要があります。

(4) 位置決めユニット設定ツールでは、様々なデータが混在して表示されるため、駆動状態を把握するためのモニタデータが整理されたモニタ機能が必要である。

これらの分析結果から、シンプルモーションユニット設定ツールは、MTW2の高機能・多機能性と位置決めユニット設定ツールの容易な設定方式を併せ持ち、先に述べた課題の克服並びに新規使用容易性について検討し、機能化することで市場要求に応える製品として開発した。

3.2 現状課題の改善と新規使用容易性の採用

シンプルモーションユニット設定ツールでは3.1節記載の(1)~(4)の課題克服のため、次の改善を行った。

(1)については、図3に示すような“アシスタント機能”を設け、ガイダンス表示に従い作業を進めるだけでLD77MHの設定ができるような配慮を行い、またデジタルオシロの複雑なトリガー設定についても、図4(上)に示すような“目的別プローブ機能”を設け、ウィザード形式でユーザーの目的に応じた設定を可能にし、データのサンプリングを容易にできるように対応した機能を盛り込んだ。

(2)については図4(下)のように、指令を行うカム曲線のグラフとパラメータを一括表示して従来のカムデータ設定よりも操作性、視認性を向上させて使用容易性を刷新した。

(3)について図5(上)のような“位置決めデータ設定アシ



図 5. 位置決めユニット設定ツールから改善された機能



図 6. 電子ギヤ設定と同期制御パラメータ設定

スタント機能”を設け、補間対象となる軸や関連データを一括して設定できるように対応した。

(4)についてはモニタ機能の使用容易性について図5(下)のようにMTW2のモニタ機能をベースにサーボに特化した機能に刷新して操作性、視認性を刷新した。

また、新しい使用容易性の考慮として、シンプルモーションユニット設定ツールでは、図6(上)に示すように電子ギヤの設定を機械仕様から自動計算を行い、容易に設定できるように対応した。

加えて、同期制御を容易に使えるようにするため、図6(下)に示すように同期制御の駆動システムを模した画面の部品をクリックすることで直感的にパラメータを設定できるグラフィカルなインターフェースを実現した。

4. む す び

小規模・高性能システム分野からの要望にこたえるべく、従来の位置決めユニットの機能に、同期制御やカム制御、速度・トルク制御等の高度な制御を追加し、制御軸数を16軸に拡張したMELSEC-Lシリーズ対応のシンプルモーションユニットLD77MH4/LD77MH16を開発した。

さらに、このユニットでは、様々な制御設定をグラフィカルで使いやすくした専用のツールを使用して、簡単・効率的なシステム立ち上げをサポート可能にしている。

今後も市場ニーズに最適にマッチするサーボシステムコントローラ製品群をタイムリーに投入し、適用分野の更なる拡大を目指していく所存である。

プレミアム高効率モータ“MM-EFS”と 省エネルギーインバータ“FREQROL-F700P/F700PJ”

木村友和*
林 謙次*
小島直樹*

Premium High Efficiency Motor "MM-EFS" and Energy Saving Inverter "FREQROL-F700P/F700PJ"

Tomokazu Kimura, Kenji Hayashi, Naoki Kojima

要 旨

従来好評を得ている高効率磁石 (IPM) モータ“MM-EFシリーズ”に対し、より省エネルギー性能の高いプレミアム高効率IPMモータ“MM-EFSシリーズ”を開発し、製品化した。また、誘導モータとIPMモータのどちらも運転可能な省エネルギープレミアムインバータ“FREQROL-F700Pシリーズ”及び小形ファン・ポンプ用インバータ“FREQROL-F700PJシリーズ”を開発し製品化した。

プレミアム高効率IPMモータMM-EFSシリーズでは、IE4(スーパープレミアム効率)相当の高効率を実現、三菱電機誘導モータ“SF-JR/SF-HR”と同一枠番としている

ため、取付け互換があり、誘導モータからの置き換えが容易である。

FREQROL-F700P/F700PJシリーズでは、簡単な設定切替えによって、誘導モータとIPMモータの両方の運転を可能にした。これによって、予備品の共通化や誘導モータからIPMモータへの段階的なリニューアルが可能となる。また、FREQROL-F700P/F700PJシリーズは、“FREQROL-F700シリーズ”に装備されていたファン・ポンプ用途に最適な機能を踏襲している。



MM-EFS



FREQROL-F700P



FREQROL-F700PJ

“MM-EFS”と“FREQROL-F700P/F700PJ”の外観

プレミアム高効率IPMモータMM-EFSシリーズと省エネルギーインバータFREQROL-F700P/F700PJシリーズを組み合わせることで、更なる省エネルギー効果を実現し、省エネルギーの要求が強いファン・ポンプ用途に最適である。FREQROL-F700Pシリーズは、0.75~110kW(200Vクラス)、0.75~560kW(400Vクラス)、FREQROL-F700PJシリーズは、0.4~15kW(200V、400Vクラス)をラインアップしている。

1. ま え が き

近年、低炭素化社会実現のために再び省エネルギー化が叫ばれている。このような市場ニーズに対し、当社はインバータによる省エネルギーを提案し、更なる省エネルギーを実現させるためにIPMモータを開発し市場投入してきたが、昨年米国で始まった高効率規制の強化の動きは今後欧州、アジアへと広がり、より省エネルギー性能の高い機器が求められる可能性が高いと考えられる。こうした状況の中、IEC60034-30の効率クラスの中でも最高クラスの効率基準値であるIE4相当の効率値を実現したプレミアム高効率IPMモータMM-EFSシリーズを開発した。

また、モータ駆動用インバータについても、従来は誘導モータとIPMモータ駆動用で別々に用意する必要があったが、誘導機の商用電源駆動→インバータによる可変速→IPMモータへの置き換えといった段階的リニューアルに対応できるようにどちらのモータも運転可能な省エネルギープレミアムインバータFREQROL-F700Pシリーズ及び小形ファン・ポンプ用インバータFREQROL-F700PJシリーズを開発した。

本稿では、MM-EFSシリーズ、FREQROL-F700P／F700PJシリーズの特長について述べる。

2. 製 品 概 要

2.1 プレミアム高効率IPMモータMM-EFSシリーズ

プレミアム高効率IPMモータMM-EFSシリーズの仕様を表1に、トルク特性を図1に示す。主な特長は、①国際規格IEC60034-30のIE4相当の高効率を実現し、当社誘導モータ“SF-JR”に比べモータ損失を60%低減、当社従来型IPMモータ“MM-EFシリーズ”に比べ、モータ損失を33%低減(22kWにおける定格負荷時の比較)し、②当社誘導モータ“SF-JR／SF-HR(4極)”と同一枠番(同サイズ)のため、取付け互換があり、誘導モータからの置き換えが容易である。

2.2 FREQROL-F700P／F700PJシリーズ

FREQROL-F700P／F700PJシリーズの仕様を表2に示す。主な特長は、①設定一つで誘導モータとIPMモータの切り換えが可能のためIPMモータへの置き換えが簡単であり、②瞬停再始動やPID(Proportional, Integral, Deriva-

tive)制御などファン・ポンプ用機能を満載し、③空調用途に不可欠な力率改善DCリアクトル、零相リアクトル(ラインノイズフィルタ)、容量性フィルタ(ラジオノイズフィルタ)を1つにパックしたフィルタパック付モデルをラインアップ(F700PJのみ)している。

3. プレミアム高効率IPMモータ MM-EFS

3.1 MM-EFSシリーズの高効率化技術

今回開発したMM-EFSシリーズは、次の2点によって、図2に示すように、全機種IE4を上回る高効率化を実現している。

①高性能磁石、高性能鉄心材料の採用

②磁気回路最適化(鉄損/銅損比最適化、磁束密度分布最適化)

3.1.1 高性能磁石、高性能鉄心材料の採用

高磁束密度と高保持力(高温耐量)を両立させた高性能磁石の採用によって、高効率化と高信頼性を両立させた。

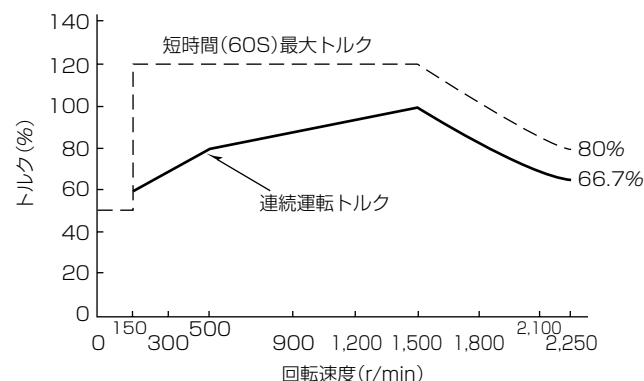


図1. MM-EFSシリーズのトルク特性

表2. FREQROL-F700P／F700PJシリーズの仕様

項目		F700P	F700PJ
ラインアップ	3相200V	0.75K～110K	0.4K～15K
	3相400V	0.75K～560K	0.4K～15K
制御方式	IM用	高キャリア周波数PWM制御最適励磁制御	
	IPM用	簡易磁束ベクトル制御	汎用磁束ベクトル制御
主な機能	瞬停再始動、回生回避機能、省エネルギーモニタ、寿命診断機能		
ノイズフィルタ	内蔵	フィルタパック	
力率改善リアクトル	オプション	(付属品)	

PWM : Pulse Width Modulation

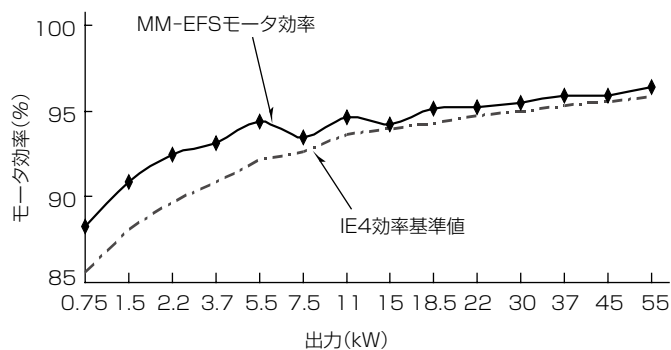


図2. 定格運転時のモータ効率

表1. MM-EFSシリーズの仕様

項目		MM-EFS仕様
ラインアップ	3相200V	0.75K～55K ^(注1)
	3相400V	0.75K～55K ^(注1)
定格回転速度	1,500r/min	
最高回転速度	2,250r/min	
絶縁階級	F種	
極数(15K以下／18.5K以上)	6極／8極	

(注1) 75K以上も容量拡張を計画

また、低鉄損と高飽和磁束密度を両立させた高性能薄肉鉄心の採用によって、高効率化を実現した。

3.1.2 磁気回路最適化

電磁界解析を活用し、高効率化に対し理想である、鉄損：銅損＝50：50に近づけるとともに、磁束密度分布の最適化(均一化)による鉄損低減を実現し、高効率化を実現した(図3)。

3.2 高効率化の具体例

3.2.1 モータ効率

IPMモータ3.7kWを代表として、MM-EFとMM-EFSの発生損失比較を図4に示す。

先に述べた技術を適用することで、MM-EFSの発生損失は、MM-EFに対し、銅損を約半分、鉄損を約2割低減することができ、全体として43%減を実現した。

これは、先に述べた技術適用に加え、MM-EFに対しMM-EFSは、モータ枠番を1ランクUPすることで、①ステータのスロット断面積が大きくなるため、より太線を巻くことが可能となり、抵抗を約35%低減、②磁石磁束増によって、電流を約15%低減、③磁束密度低減による鉄損低減の効果も含まれる。

3.2.2 総合効率

IPMモータ3.7kWについて、二乗低減負荷時の当社モータ(MM-EFS、MM-EF、当社高効率モータ)についての総合効率比較を図5に示す。FREQROL-F700Pシリーズ

との組み合わせによって、MM-EFSのモータ効率は、ファン・ポンプで主に使用される1,000～1,800r/minで、当社高効率モータに対し約6%、MM-EFと比べ1～3%の高効率を実現している。

4. 省エネルギーインバータFREQROL-F700P/F700PJ

4.1 汎用モータ、IPMモータの両駆動可能

当社で、IPM駆動は、IPM駆動用の専用アンプが必要であったため、汎用モータとIPMモータを使用している場合、汎用インバータとIPM駆動専用インバータともに予備品を確保しておく必要があった。

FREQROL-F700P/F700PJシリーズでは、簡単な設定切替えによって、汎用モータとIPMモータの両方の運転が可能とした。

これによって、汎用モータとIPMモータ用の予備インバータを持つ必要がなく、インバータの在庫を共通化することができる(図6)。

また、現在稼働中のモータを更なる省エネルギーのため、汎用モータからIPMモータに置き換えるにあたり、まずはインバータ、後でモータといった形で、段階的なリニューアルが可能となる(図7)。

4.2 IPMパラメータ初期設定機能

IPMモータは、本来汎用インバータで想定している60Hz-4P(定格 1,800r/min)ではなく、90Hz-6P(定格 1,800r/min)又は、120Hz-8P(定格 1,800r/min)となっているため、多くのパラメータの調整が必要となる。

FREQROL-F700P/F700PJでは、これらの設定の手間や設定ミスを低減させるため、簡単な操作で、使用するモータに合わせ、約30個のパラメータを一括で自動設定できるIPMパラメータ初期設定機能を装備している。

また、IPMパラメータ初期設定機能と同様の機能として、目的に合わせたパラメータの自動設定が可能なパラメータ自動設定機能も装備した。

- ①三菱表示器(GOT)接続時の通信設定
- ②定格周波数の変更(60Hz⇔50Hz)
- ③加減速時間単位の変更(0.1s⇔0.01s)

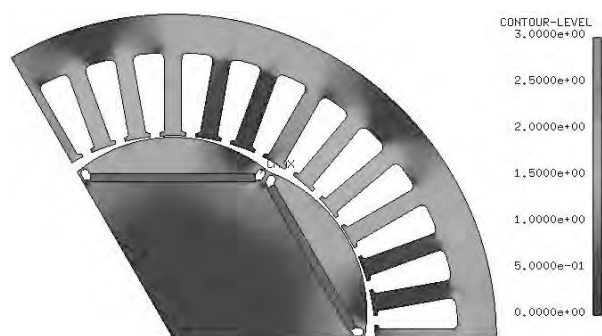


図3. IPMモータ3.7kWの電磁界解析結果

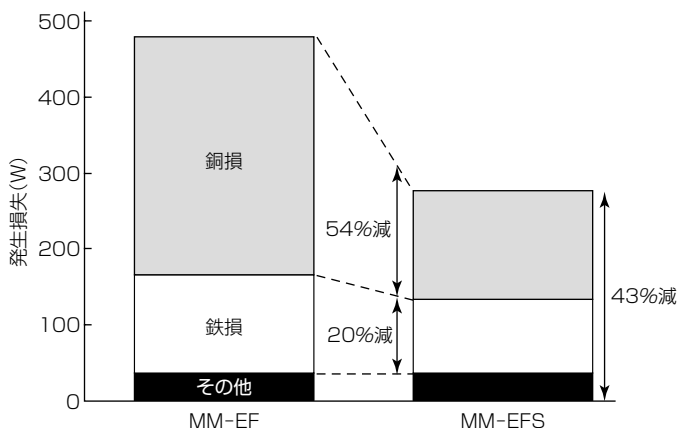


図4. IPMモータ3.7kWの発生損失比較

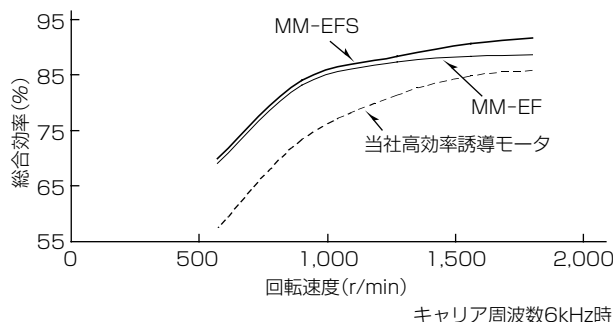


図5. IPMモータ3.7kWの総合効率の比較

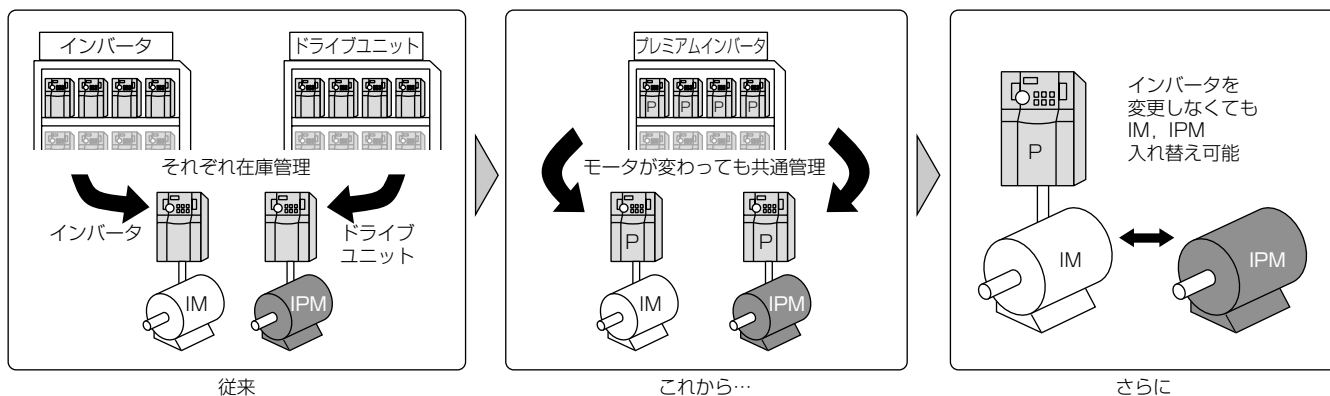


図 6. 予備品イメージ

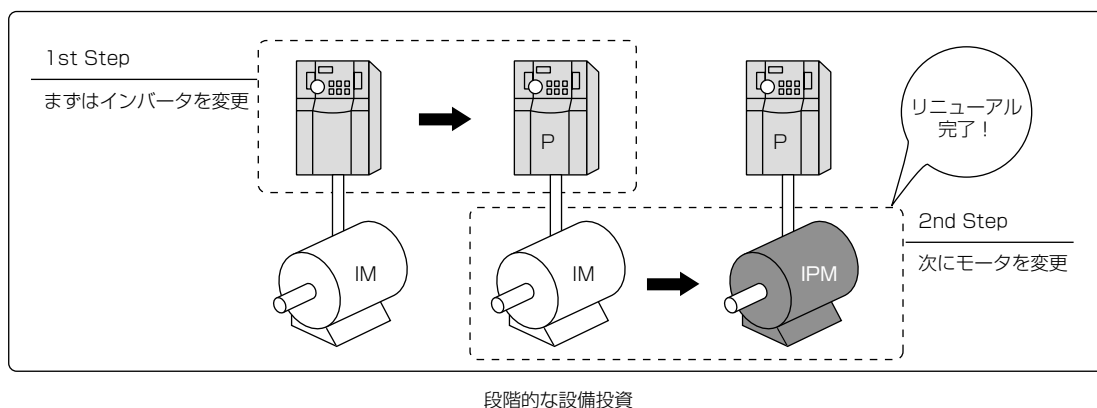


図 7. リニューアルイメージ

4.3 ファン・ポンプに最適な機能

FREQROL-F700P/F700PJでは、FREQROL-F700シリーズに装備されていたファン・ポンプに最適な機能を踏襲している。

- ①PID制御機能
- ②最適励磁制御(汎用モータ)
- ③回生回避機能
- ④瞬停再始動／つれ回り引込み機能

4.4 任意アラーム発生機能

インバータには、多くの保護機能が装備されており、アラーム発生時にアラーム情報を通信などによって、伝達することが可能となっている。ユーザーによっては、アラーム情報を表示器に表示させたり、アラーム情報によって、外部機器の制御を行ったりしている。保護機能の中には、インバータが実際に故障しないと出力されないようなアラームもあるため、ユーザーは、インバータのすべての保護機能に対して、システムの動作チェックを行うことができなかった。

FREQROL-F700P/F700PJでは、任意アラーム発生機能を装備し、パラメータに任意の値を書き込むことで、任意のアラームを擬似的に発生させることを可能とした。

5. む す び

プレミアム高効率IPMモータと省エネルギーインバータとしてMM-EFSシリーズ及びFREQROL-F700P/F700PJシリーズについて述べた。IPMモータとインバータについては、省エネルギー要求に伴い、今後の市場拡大が期待できる製品である。このため、これらの市場拡大のため、一層の技術開発に取り組んでいく所存である。

参 考 文 献

- (1) 白石康裕，ほか：次世代省エネインバータ“FRE-QROL-F700シリーズ”，三菱電機技報，**79**，No.3，189～192（2005）
- (2) 谷本政則，ほか：省エネルギードライブ“FREQROL-FP500J+IPMモータ”，三菱電機技報，**79**，No.11，739～742（2005）

“MITSUBISHI CNC M700Vシリーズ”における 割り出し加工の使いやすさ向上機能

中村直樹*

The Easy-to-use Function for Inclined Surface Machining in "MITSUBISHI CNC M700V Series"

Naoki Nakamura

要 旨

近年、複雑な形状の加工ワークを段取り替えなしに加工できる回転軸を搭載した加工機の普及が進んでいる。回転軸を用いた代表的な加工として、あらかじめ回転軸を回転させ、加工ワークに対する工具の姿勢を変更した上で、直交3軸で同時3軸加工する割り出し加工がある。

割り出し加工は、加工面に沿った傾斜座標系の定義や加工面の割り出しなど、3軸加工機では行わない操作が必要となるため、割り出し加工特有の操作性が求められる。

このような背景から、割り出し加工の使いやすさを向上させるための機能“R-Navi”を開発し、“MITSUBISHI CNC M700Vシリーズ”に搭載した。この機能の革新的な操作性によって、割り出し加工の操作を安心かつ簡単かつスムーズに行うことが可能となる。

この機能の主な特長は次のとおりである。

- (1) 加工面に沿った傾斜座標系の簡単定義・確認
 - ・図面を見たまま軸ごとに定義可能な座標系定義方式
 - ・定義した座標系をその場で確認可能な3Dワーク図
 - ・加工ワークの設置位置に依存しない座標系定義
- (2) 視覚的に分かりやすい加工面選択
 - ・3Dワーク図で確認しながら手動操作で選択
 - ・登録加工面を加工プログラムから呼び出し可能
- (3) 加工面の簡単・安心割り出し
 - ・自動割り出しと手動操作での安心割り出し
 - ・回転軸の回転に連動する傾斜座標系
- (4) 3軸加工用プログラムを手直しレスで使用可能
 - ・自動・手動とも加工面に沿った座標系上で動作



“MITSUBISHI CNC M700Vシリーズ”における割り出し加工の使いやすさ向上機能

先進の完全ナノ制御を装備したMITSUBISHI CNCのハイグレードモデルである。高速・高精度加工技術や5軸制御技術など最先端の制御技術に加え、操作が複雑な回転軸を搭載した加工機での割り出し加工を安心かつ簡単かつスムーズに行う機能“R-Navi”を搭載している。

1. ま え が き

近年、工作機械業界では航空機部品や複数部品の一体化など複雑形状部品の増加や、段取り替え時間を含めた加工リードタイムの短縮の要求を背景として、複雑な形状の加工ワークを段取り替えなしに加工できる回転軸を搭載した加工機の需要が拡大している。回転軸を搭載することで、加工ワークに対する工具の姿勢も制御できるため、様々な形状の加工を行うことができる。回転軸を搭載した加工機での加工には、工具先端点制御に代表される直交軸3軸と回転軸2軸を同時に制御する同時5軸加工や、傾斜面加工指令に代表される加工面と工具とが垂直となるようにあらかじめ回転軸を回転させ、その後は直交3軸で同時3軸加工を行う割り出し加工(多面/傾斜面加工)などがある。インペラなどオーバハングした形状では同時5軸加工が不可欠であるが、大半を占める一般部品では同時4軸以下で加工が可能な割り出し加工が使用されることが多い。

割り出し加工は、同時5軸加工と比べると加工形状は複雑ではないものの、加工面に沿った傾斜座標系の定義や加工面の割り出しなど、3軸加工機では行わない操作が必要となる。そのため、割り出し加工用のNC(Numerical Control: 数値制御)装置には段取り(加工前準備)から加工までの一連の操作に対して3軸加工機用NCと比べて更に高い操作性が求められる。

そこで、三菱電機は、割り出し加工の操作性を改善し、安心かつ簡単かつスムーズに行うための機能“R-Navi”をMITSUBISHI CNC M700Vシリーズに搭載した。本稿では割り出し加工の使いやすさ向上に向けて開発した新機能について、その操作性を中心に述べる。

2. MITSUBISHI CNC M700Vシリーズ

当社CNC(Computerized NC)のハイグレードモデルM700Vシリーズは、数値演算からサーボ制御に至るまですべてを1nm単位で制御する“完全ナノ制御”を実現するとともに、工作機械の動きを高度に制御する技術として、工具先端点制御や傾斜面加工指令などの5軸制御、当社の

独自機能である高品位で高速な加工を実現するSSS(Super Smooth Surface)制御、各種機械誤差を補正するOMR(Optimum Machine Response)制御を搭載している。

M700Vシリーズは、表示器にWindows^(注1) XPeを搭載することで高度で高機能なカスタマイズが可能な“M700VWシリーズ”と、高い基本性能はそのままにWindowsレスでユーザーインターフェースを共通化した“M700VSシリーズ”をラインアップしている(図1)。

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

3. 傾斜面加工指令による割り出し加工

3.1 傾斜面加工指令

傾斜面の加工や多面加工を行う割り出し加工の手順は、加工面に沿った傾斜座標系を定義(座標系定義)し、加工したい面を選択(加工面選択)し、選択加工面と工具とが垂直となるように回転軸を回転(加工面割り出し)させ、直交3軸で加工(3軸加工)するのが一般的である(図2)。

座標系定義は、図面を基にワーク座標系の回転と平行移動によって定義することになる。しかし、図面に回転角度の情報が載っていないこともあり、傾斜座標系を定義するのに計算機を用いてあらかじめ計算しておかなければならない場合がある。また、加工面割り出しによって回転軸が回転し、加工ワークが動いてしまうことで傾斜座標系が加工面に沿わなくなることもあり、割り出し後に傾斜座標系を再設定しなければならない場合もある。



図1. M700Vシリーズ

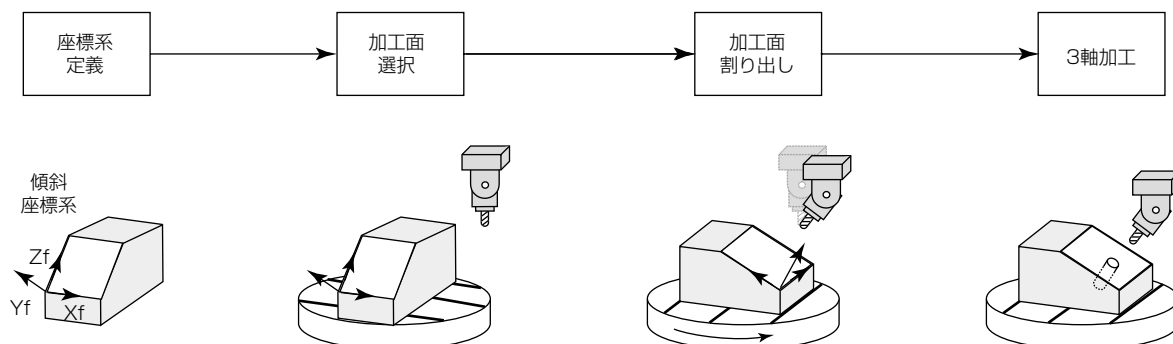


図2. 割り出し加工の加工手順

そこでM700Vシリーズには、割り出し加工用機能として、“傾斜面加工指令”を搭載している。この機能では、加工プログラムから座標系定義を行うことができる。また、定義方法として、オイラー角、ロール・ピッチ・ヨー角、平面内の3点指定、2ベクトル、投影角、工具軸方向の6種類を用意し、様々な図面に対応している。さらに、工具軸方向制御も搭載しており、加工面の割り出しによる回転軸の回転に傾斜座標系が連動するため、割り出し後に傾斜座標系の再設定を行う必要はない(図3)。

3.2 割り出し加工の使いやすさ向上に向けた課題

傾斜面加工指令は割り出し加工を行うのに適した機能であるが、更なる使いやすさ向上に向けた主な課題を次に示す。

(1) 傾斜座標系の定義が難しい。

図面情報が6種類の座標系定義方法のいずれにも当てはまらない場合がある。また、X軸は角度、Y軸は座標値など、軸ごとに異なる方法のほうが定義しやすいこともある。その場合、いずれかの方法に応じてあらかじめ計算が必要となる。

(2) 定義した傾斜座標系の確認方法がない。

加工プログラムによって座標系定義を行うため、プログラムの意図したとおりに座標系が定義されているか否かは実際に機械を動かしてみないと分からない。

(3) 自動運転でしか座標系連動割り出しができない。

座標系連動で加工面割り出しが可能な工具軸方向制御は自動運転でのみ使用可能である。しかし、加工面割り出しは工具と加工ワークが干渉するおそれもあるため、ハンド送りなどの手動送りで行いたい場合もある。

これらにより、割り出し加工のさらなる使いやすさ向上を図るためのポイントは、次の2点となる。

①傾斜座標系が図面から簡単に定義でき、その場で意図どおりであることを確認できること

②加工面割り出しで座標系が回転軸に連動し、自動・手動のどちらでも行えること

また、各々のレベルアップだけではなく、段取りから加工までの一連の操作がスムーズに行えることも重要である。これらを踏まえ、割り出し加工の新たな操作性を実現した機能“R-Navi”を開発し、M700Vシリーズに搭載した。4章でその操作性について述べる。

4. 割り出し加工の使いやすさ向上機能“R-Navi”

4.1 傾斜座標系の簡単定義・確認

今回開発したR-Naviにおける座標系定義は、加工プログラムからの指令ではなく、あらかじめ画面操作で座標系を登録しておく方式とした(図4)。

“図面を見たまま簡単に定義できる”をコンセプトとし、5種類の定義方法(1点指定、2点指定、経度/緯度、経度/投影角、割出角度)から図面情報に合わせて軸ごとに独立して選択可能としている(図4①)。設定する軸は直交3軸から任意の2軸を選択可能であり、各定義方法のガイド図を参照しながら入力できる(図4②)。また、定義した座標系は画面上に3D表示されるため、意図通りに定義されているか否かをその場で確認することができる(図4③)。一方、座標原点は、ワーク座標原点からのオフセットで入力することによって、加工ワークの設置位置に依存しないようにしている。

また、座標系定義をより簡単に行うための機能として、“側面自動セット”と“軸方向回転”を搭載している。

“側面自動セット”は素材の上面、下面、4側面に沿った6つの座標系を自動登録する機能であり、5面加工では座標系登録が不要となる(図4④)。一方、“軸方向回転”では一旦(いったん)登録した座標系に対して、Z軸方向を反転したり、Z軸周りにX/Y軸を90度ずつ回転したりすることができ、登録後に座標系の調整を容易に行うことができる(図4⑤)。

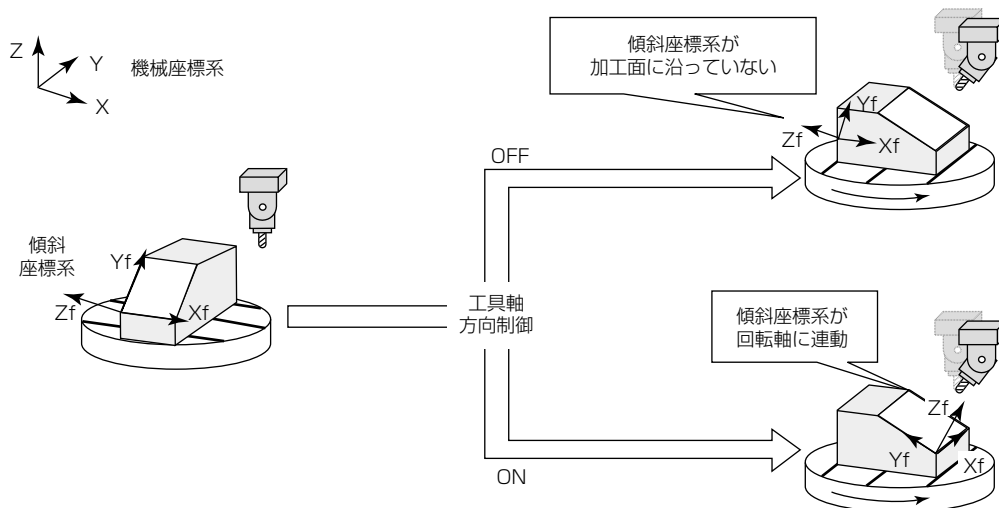


図3. 工具軸方向制御による加工面の割り出し

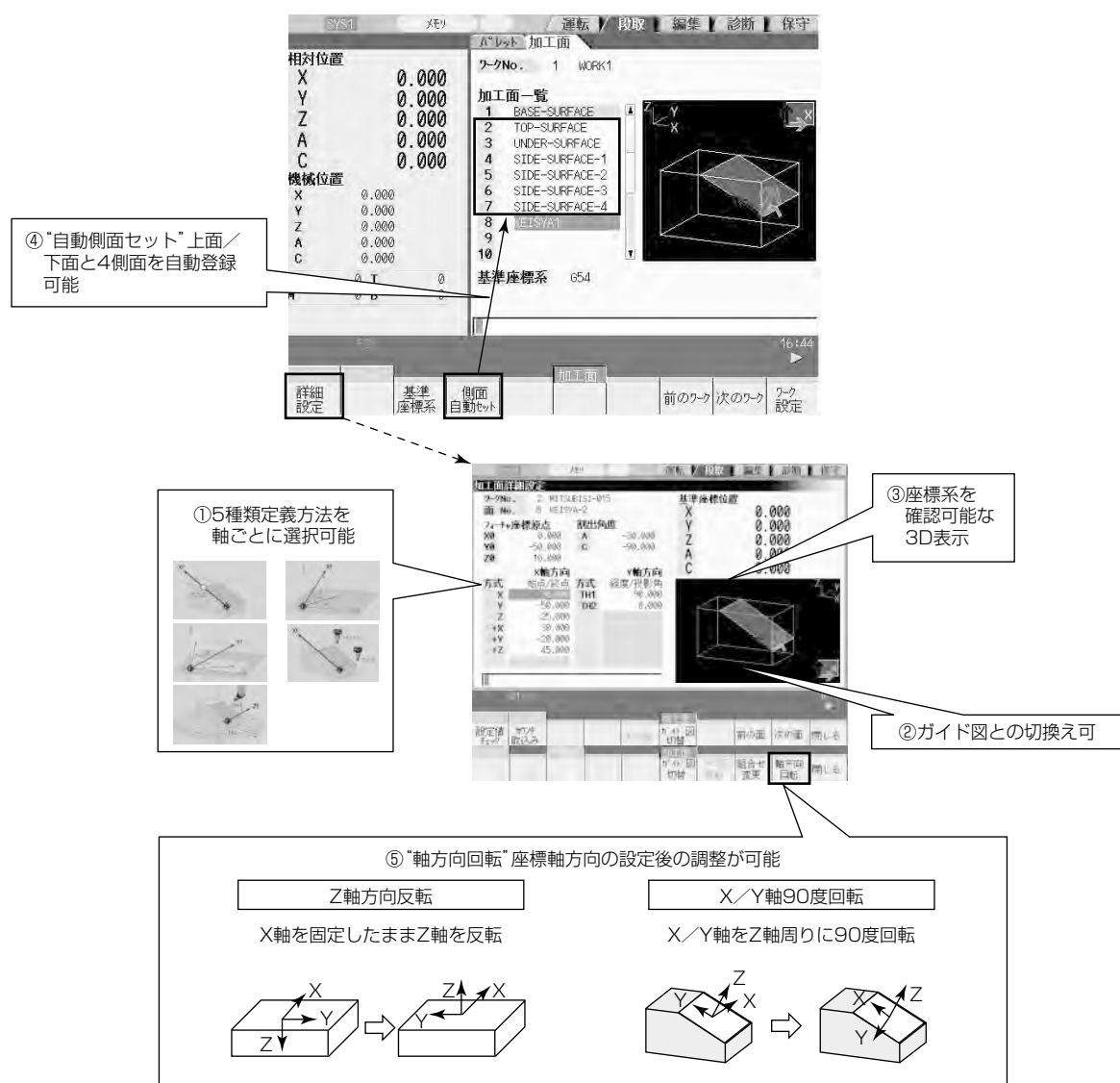


図4. 傾斜座標系の簡単定義・確認

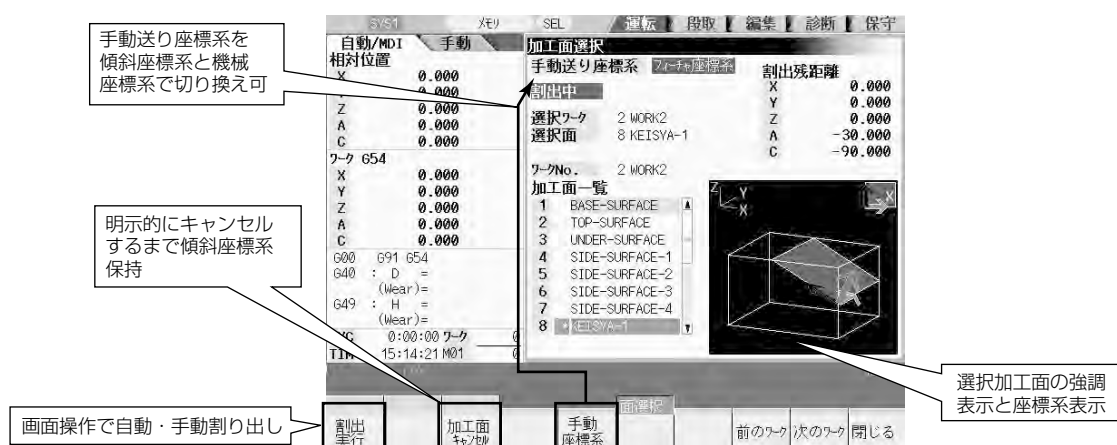


図5. 加工面の選択と割り出し

4.2 加工面の選択と割り出し

続いて、R-Navにおける“加工面選択”と“加工面割り出し”について述べる(図5)。

“加工面選択”では、座標系定義で登録した座標系の中か

ら加工したい面に沿った座標系を画面操作によって選択する。このとき、画面に座標系を3D表示しているため、加工面を間違えることなく選択することができる。また、加工面の選択から3軸加工までを、画面操作なく自動で行う

表 1. R-Naviと傾斜面加工指令の比較

		傾斜面加工指令		R-Navi
座標系定義	定義方法	加工プログラム	/	画面操作
	角度以外での定義	あり	=	あり
	軸毎に定義方法変更	不可	<	可
	定義した座標軸方向の確認	機械を動作させて確認	<	定義時にその場で確認
	ワーク設置位置依存	依存しない	=	依存しない
加工面選択	選択方法	定義と同時に選択	/	登録面から選択
	加工プログラムによる選択	あり	=	あり
	画面操作による選択	なし	<	あり
加工面	割り出し方法	自動のみ	<	自動および手動
割り出し	座標系の回転軸連動	連動	=	連動
3軸加工	傾斜座標系上の動作	可能	=	可能

ことができるようにするため、加工プログラムから登録座標系を呼び出すことができる。

選択加工面と工具とを垂直とする“加工面割り出し”では、手動送りと自動運転のどちらでも回転軸を回転させることができ、割り出し途中での切り換えや直交軸の動作も可能である。そのため、加工ワークと工具との干渉を回避しながら安心して加工面を割り出すことができる。また、加工面割り出し中の座標系は回転軸の回転に連動するため、割り出し完了後に座標系を再定義する必要はない。

加工面割り出し完了後は、手動送り／自動運転とも選択加工面に沿った座標系上で動作するため、3軸加工用プログラムを手直しレスで使うことができる。また、手動送りでの動作座標系は加工面に沿った座標系と機械座標系を画面メニューで切り換えることもできる。

4.3 傾斜面加工指令との比較

R-Naviと傾斜面加工指令の操作性の比較を表1に示す。R-Naviは、傾斜面加工指令の操作性を踏襲しつつ、使いやすさを向上するための新たな操作性を搭載している。

4.4 使いやすさの向上効果の確認

ここでは、R-Naviによる使いやすさの向上効果について確認した結果の一例を示す。効果の確認には、図面を基に座標系の定義と意図どおりとなっているかの確認に要した時間を使用した。評価に用いた加工形状と傾斜座標系を図6に示す。

各座標系の定義と意図どおりの座標系となっているかの確認に要した時間を測定した結果、今回開発したR-Navi

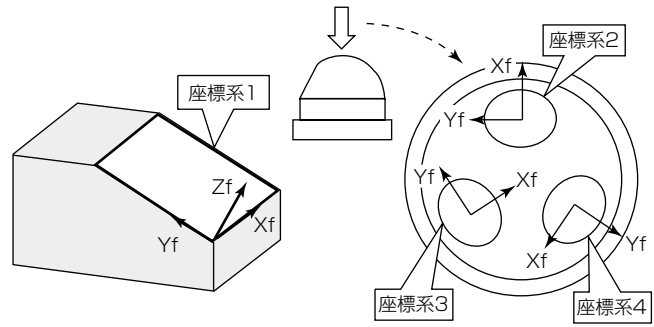


図 6. 確認パターン

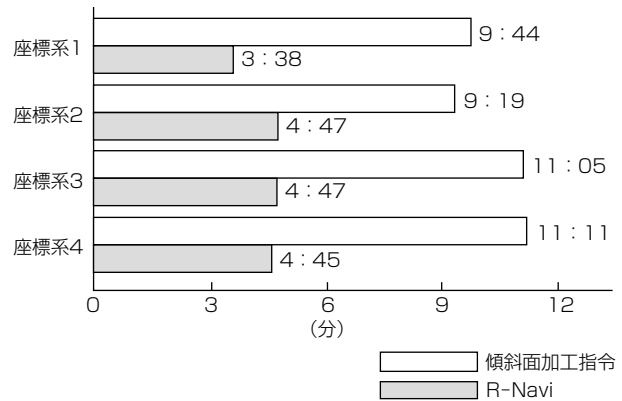


図 7. 座標系定義と確認の所要時間の確認結果

は傾斜面加工指令と比べて50～60%時間を短縮できることが明らかとなった(図7)。これは、R-Naviでは定義した座標系を画面に3D表示させることで、実際に機械を動作させることなく意図どおりの座標系となっているか判断できるためである。また、座標系の定義だけでも10%前後時間短縮が図れており、作業効率向上に大きな効果があること、つまり使いやすさが大幅に向上していることが確認できた。

5. む す び

M700Vシリーズに搭載した割り出し加工の使いやすさ向上に向けた新機能“R-Navi”について述べた。この機能によって割り出し加工の段取り時間を従来と比べて約50%短縮することができるとともに、ユーザーが視覚的に確認しながら安心して加工を行うことが可能となった。

今後も更なる使いやすさ向上とともに、加工の高精度化、生産性の向上を実現する製品開発に努めていく所存である。

“MELSEC-Lシリーズ”の ユニバーサルデザイン

樋口直人*
大西厚子**
藤原耕太郎**

Universal Design of “MELSEC-L Series”

Naoto Higuchi, Atsuko Onishi, Kotaro Fujiwara

要 旨

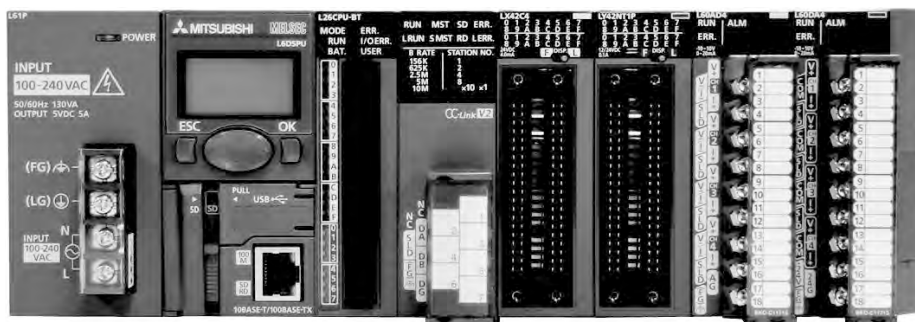
近年、高齢社会の進展に伴う高齢作業者の増加や、団塊世代の大量退職による未熟練作業者の増加等を背景に、様々な製品分野の開発、労働現場で、分かりやすさ、使いやすさに配慮したユニバーサルデザイン(Universal Design：UD)への対応が求められている。

特に産業機器分野の製品は、これまで一部の専門家だけが扱えるものであったが、高齢化、グローバル化が急速に進む現在では、ユーザー層を広げ、より多くの人を手間を掛けずに容易に扱える製品を開発することが重要であり、開発にUDの視点を取り入れた。

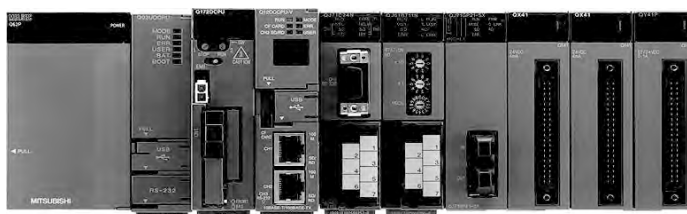
シーケンサに対する市場要求も、性能や信頼性の向上はもちろんのこと、工数削減や誤配線防止につながる製品の使い勝手にも関心が高まっている。

三菱電機ではこのような背景から、使いやすさと基本性能、コストパフォーマンスに優れた“MELSEC-Lシリーズシーケンサユニット(以下“Lシリーズ”という。)”を新たに開発し、2009年10月に市場投入した。

このLシリーズの開発にあたっては使い勝手のさらなる向上を図るため、UD視点の改善を多数取り入れた。本稿では、その事例の一部について述べる。



MELSEC-Lシリーズ



現行機種：MELSEC-Qシリーズ

“MELSEC-Lシリーズ”シーケンサユニット

Lシリーズはベースレス構造を採用し、CPU(Central Processing Unit)本体にI/O(Input/Output)、位置決め、カウンター機能を内蔵したコストパフォーマンスに優れたシーケンサで、液晶画面を搭載した表示ユニットをユーザーオプションで選択できる。操作部、表示等にUD視点での工夫を取り入れ、視認性や使いやすさに配慮した。

1. ま え が き

当社シーケンサは“Qシリーズ”に代表される高性能機と、“FXシリーズ”に代表される普及機に大きく分類できる。Lシリーズは、Qシリーズほど高性能・高機能でなくてもよいが、FXシリーズより能力が高い製品がほしいというユーザーに向け、両シリーズの中間的な位置付けで新たに開発した。コストパフォーマンスに優れ、使い勝手が良く、シーケンサをこれまで本格的に導入した経験がないユーザーでも容易に導入できるような製品をめざした。

Lシリーズの主な特長は次のとおりである。

- (1) CPU本体にI/O、位置決め、カウンター機能を内蔵し、コストパフォーマンスに優れる。
- (2) ベースレス構造を採用し、システムの構成機器を必要最小限に抑え、設置スペースの効率化を図ることが可能である。
- (3) 本体に液晶表示・操作部(ユーザーオプション)を備え、パソコンやGOT(表示装置)がなくても動作状況の詳細確認が行える。
- (4) 操作部や機能表示等にUD視点での工夫を取り入れ、使いやすさに配慮している。

2. UD視点開発

Lシリーズの開発では基本性能を高めながら小型化、コストダウンを追及する一方で“コンパクトでも使い勝手の良いデザイン”をデザイン目標とし、開発の上流からデザイナーも参画し、開発を進めた。

今回の開発では、開発初期に改善アイデアや外観イメージをより具体的な形で確認するため、コンセプトモデルを作成した。アイデアを具体化することで、使い勝手を中心とした課題や目標イメージを技術者と開発初期に共有することが可能となり、使い勝手やデザインの品質向上を図ることができた。

また、当社デザイン研究所では2007年度から産業機器における使い勝手の研究を継続的に取り組んでいる。この活動ではCC-Linkネットワークユニットの配線作業現場の調査による課題抽出や、UDチェッカー^(注1)を使用した現行製品評価など、UD視点での改善手法の知見を蓄積する活動を行ってきた。Lシリーズの開発でもこの研究で得た知見を活用し、UD視点の改善を行った。

(注1) 開発者がデザインする製品に対して、UD視点のセルフチェックを行う当社独自の開発評価ツール

3. 機能表示印刷の視認性向上

3.1 工場・製造現場作業の現状

シーケンサに関する調査の結果では、施工、立ち上げまでの一連の作業の中で、配線作業の工数が比較的大きいこ

とが分かっている。複雑な設備、装置の組立てなどでは、作業者は膨大な数のケーブル、コネクタ類を間違いなく所定の箇所に接続する必要がある。

昨今、省スペース化の市場要求に伴い、シーケンサ筐体(きょうたい)の小型化が進み、作業者は手先での細かな結線作業を要求されている。また、無理な姿勢や照度が十分に確保できない作業環境も依然多い。

このような状況下、表示の視認性改善は作業性、配線の確実性を向上させる費用対効果の大きい対策の一つと考えられる。

3.2 表示の課題

一般的に表示における課題は、文字、図記号の大きさや形状、配色(コントラスト)、配置のバランス(粗密、位置関係)など視認性にかかわるもの(身体的側面)と、表示内容の理解にかかわるもの(認知的側面)に大きく分類することができる、

現行製品(Qシリーズ)の表示における視認性(身体側面)の課題は、筐体の小型化に伴う文字高さ不足、文字・図記号の密集による煩雑さ、レーザ印字による印刷のコントラスト不足等があげられる。

一方の表示内容の理解(認知側面)にかかわる課題では、単調で画一的な表記が表示内容の分かりにくさにつながっていると考えられる。これは、表示の属性やプライオリティなど印刷された文字や図記号の背景に存在する表示各々の関係性が視覚的に表現されていないことが原因である。

3.3 表示の改善方策

今回の開発では、Lシリーズ以前に開発されたCC-Linkネットワークユニットの表示デザインのノウハウを活用し、視認性、表示内容の分かりやすさを向上させる取組みを行った。まず、視認性を向上させるために次のような改善を行った。

- ①視認性、判読性の良いUDフォント^(注2)の採用
- ②文字高さの改善
- ③表示コントラストを確保するため、従来のレーザ印字から発色の良いシルク印刷への切り替え
- ④補助図形を使った表示レイアウトの整理
- ⑤印刷色の使用方法の整理(カラーUD^(注3)への配慮)

次に認知側面での分かりやすさを改善するため、特に作業工数の多い端子、コネクタ部の表示に注力し、デザインを工夫した。

まず、各々の端子、コネクタ類(信号)の関係性を整理するため、機能部を役割や属性ごとに分類、各グループのプライオリティを確認した。次に同じグループに属する表示はデザインガイドラインにしたがって色や形、補助図形のあしらいなど表現を統一することで関係性を視覚化し、一目で表示内容が理解できるようにした。

文字や記号だけでは表現しきれない情報も色や補助図形

等のデザインを工夫することで情報を補うことができる。例えば、I/Oユニットの入力にかかわる信号部には白色のベース色上に文字を表示し、出力に関係する信号部には赤色のベース色上に文字を表示して、対応する信号の種別が一目で分かるようにしている。また、結線しないNC (No Connect) 部は重要度が低いことが分かるようにベース色は採用せず、目立たないデザイン処理としている(図1)。

一方、補助図形を用いた工夫では、同じチャネルの信号同士を、角アールを用いたラインで囲うことによって、同じグループの信号表示であることが分かりやすいよう工夫している。また、補助図形枠は端子台の並びと形状を模した図案を用いることで表示と端子の対応関係が比較しやすくなっている(図2)。

(注2) 視認性や判読性に配慮した書体

(注3) 色覚の個人差を問わず、より多くの人に見やすい配色

4. CPU表示・操作部のインタフェース

LシリーズのCPUユニットはユーザーオプションで表示

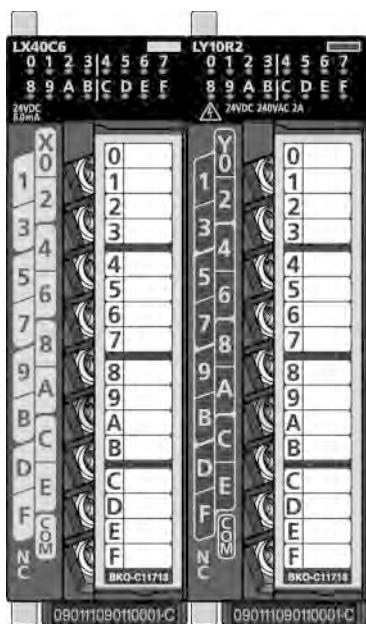
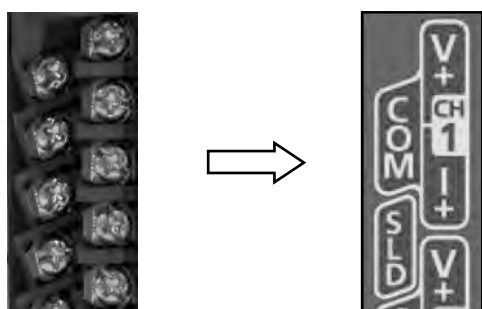


図1. LシリーズI/Oユニット(左：入力，右：出力)



(a) 製品の端子台

(b) Lシリーズの表示

図2. アナログ出力ユニットの表示

ユニットを搭載することができる。液晶画面でのテキスト表示が可能で、従来のLED (Light Emitting Diode) 表示と比較し、大幅に表示能力が高められている (LCD (Liquid Crystal Display) 解像度96×48ドット、半角16文字×4行、全角8文字×4行表示が可能)。また、このオプション表示ユニット上に操作部も設けられており、十字キー・OK・ESCキーによって画面内表示メニューの操作が行える。

従来のLED表示から表現力が向上した一方で、限られた画面サイズの中でより多くの情報を扱うようになった。このため、だれでも必要な情報へ簡単にアクセスできる画面デザインや操作部を検討する必要があった。

解像度の高い画面はメニュー構造の一覧性に優れるが、Lシリーズでは、限られた画面スペース内でのメニュー階層の遷移操作を要求されるため、ユーザーがメニュー階層内のどの位置にいるか分からなくなることが予想される。そこで、どのメニュー階層内にいるか一目で分かるナビゲーション表示“階層ナビ”を画面最上段に設け、現在位置が分かるようなインタフェースを設けた(図3)。

また、選択項目と表示エリア枠外に隠れているメニュー項目の有無が分かるようにカーソルアイコン表示を設け、現在画面周辺の階層状況が確認できるよう工夫した。

さらに、カーソルアイコン表示とハードウェア十字キーとの組合せによって自然な画面移動操作ができるよう配慮した。画面に現れるカーソルアイコン矢印の方向と同じ向きの十字キーの矢印方向を押せば自分の進みたい方向に自然と画面を移動することができる(図4)。

5. ロックレバー形状

ロックレバーは隣接するユニット同士を固定するための連結レバーで、Lシリーズでは従来製品と異なり前後に長いレバー形状を採用した。レバー手前側と奥側の両方に手かけを設けることで、作業者の操作姿勢に合わせて操作ポジションが選択できる。

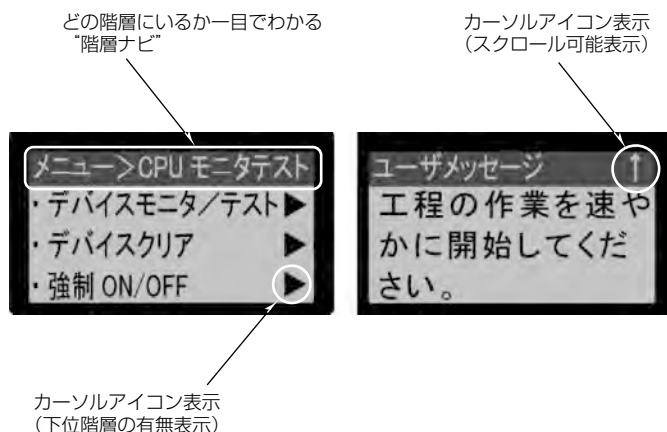


図3. 表示ユニットの階層ナビ



図 4. カーソルアイコン表示とハードウェア十字キー

また、手前側の手かけ突起部をユニット正面側に極力近づけることで、確実にロック操作ができているか正面より確認しやすいデザインとなっている(図 5)。

さらに、組立て作業への配慮として、レバーの取付け向きを間違えないようにレバー手前側と奥側で手かけ突起部の高さに違いを設け、部品の向きが分かりやすいように工夫している。

6. む す び

UD視点開発のような問題解決型の製品改善手法は、ユーザーが抱える問題をユーザーの行動観察によって見つけようとするものである。しかし、ユーザーも観察者も気がつきにくい潜在的な問題に関しては、調査や評価手法を洗練し、拾いあげていくことが今後の課題である。

また、顕在化している問題についてもコストや製品スペックとのバランスをとりながら事業に最適化したUD視点のアイデアを創出する手法も必要である。今後は両面の技術を高め更に使いやすい製品を開発していく所存である。

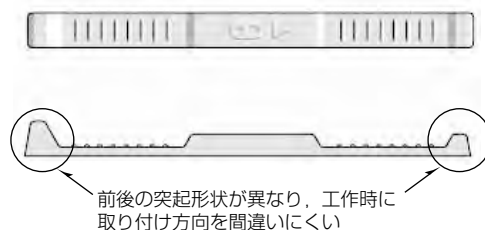


図 5. ロックレバー形状

参 考 文 献

- (1) 原 正樹, ほか: 三菱電機グループのユニバーサルデザイン, 三菱電機技報, **83**, No.12, 733~737 (2009)
- (2) 澤田久美子, ほか: ユニバーサルデザイン開発・評価システム, 三菱電機技報, **83**, No.12, 738~741 (2009)
- (3) カラーユニバーサルデザイン機構: カラーユニバーサルデザイン/CUDとは? (2005)
http://www.cudo.jp/cud_nani/index.html

机上デバッグを可能とする MELSEC計装シミュレーション環境

坪根 亮*
齊藤卓也*

Desktop Simulation Environment for MELSEC Process Control System

Akira Tsubone, Takuya Saito

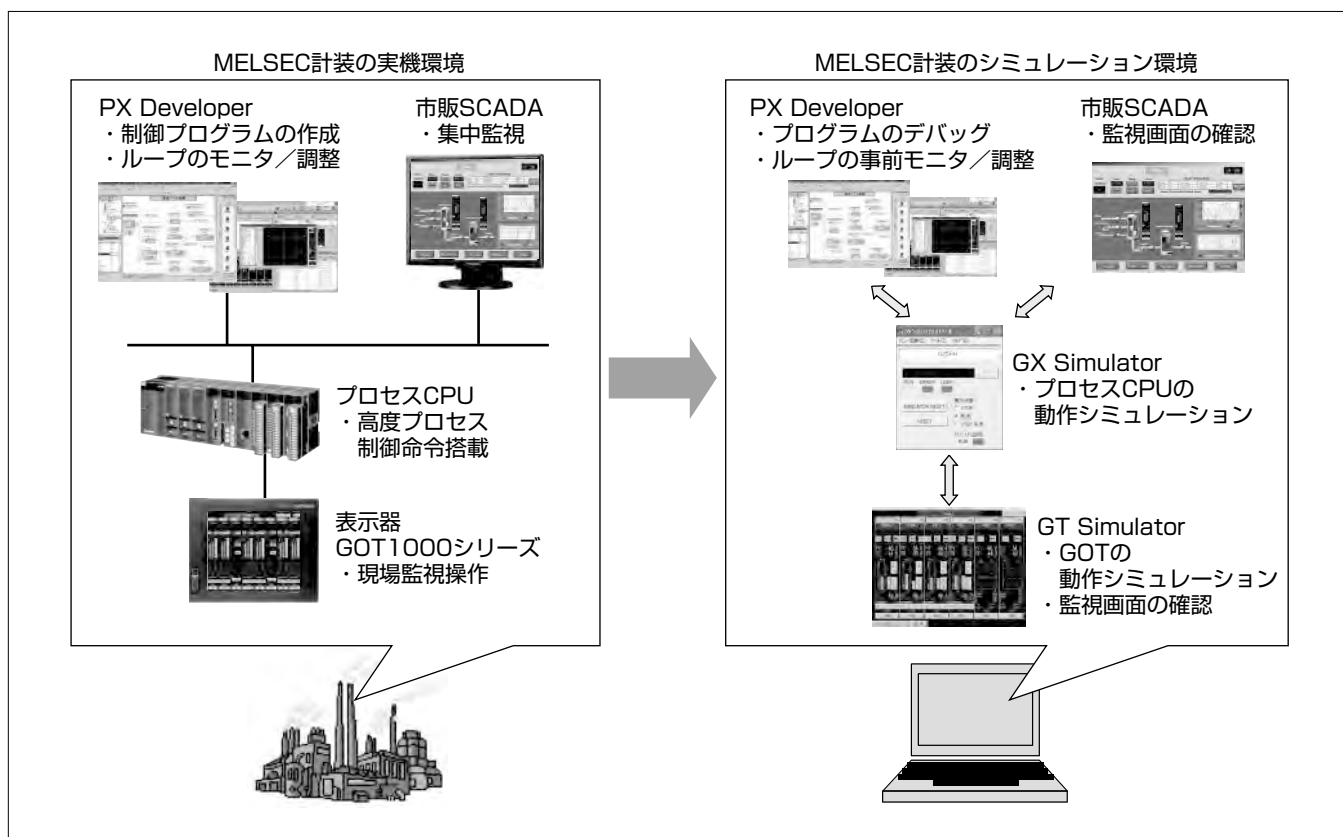
要 旨

汎用シーケンサ“MELSEC-Qシリーズ”をプラットフォームとした計装制御システム“MELSEC計装”は、従来、プラント計装で用いられてきたDCS (Distributed Control System)に比べてダウンサイジング・コストダウンが図れることや、汎用シーケンサの持つ高速性とオープン性、シーケンス制御とループ制御の統合などのコンセプトが市場に受け入れられ、2002年の発売時から今日まで実績を伸ばしてきた。

しかしながら、汎用シーケンサのコストメリットや、システム構築の柔軟性が評価される中で、更にエンジニアリングコストも削減したいというユーザー要望が増えてきている。三菱電機は、こうしたユーザーの要望にこたえるた

め、MELSEC計装のエンジニアリングツールである“PX Developer”の機能拡充に継続して取り組んでいる。

本稿では、実機がなくても、PX Developerで作成したループ制御プログラムや監視画面を机上でデバッグするためのシミュレーション環境について述べる。このシミュレーション環境は、プロセスCPU(計装シーケンサのCPUユニット)の動作をパソコン上で模擬実行する“GX Simulator”を活用することで実現している。これによって、ユーザーは実機システムを構築する前に動作確認を行うことができるため、エンジニアリング作業の効率化を実現することができる。



MELSEC計装のシミュレーション環境

高度プロセス制御命令を搭載したプロセスCPUの動作をシミュレートするGX Simulatorを活用することで、PX Developerで作成したループ制御プログラムや、表示器GOT (Graphic Operation Terminal) シリーズ用に作成した監視画面の動作確認をパソコン上で可能とする。これによって、ユーザーのエンジニアリング作業の効率化を図ることができる。

1. ま え が き

汎用シーケンサによる計装制御システムは、単なるコストダウンのみならず、システムのダウンサイジングやオープン化、電気制御機能と計装制御機能の統合など、設備や装置を高付加価値化したいというユーザーの要望にこたえるものとして評価されたことによって、適用事例が増えてきている。

しかし、汎用シーケンサの適用によって計装制御システムにおけるハードウェアのコストダウンが可能となった一方で、エンジニアリングコストの削減がユーザーにとっての課題となっている。そのため、エンジニアリングツールの機能が充実しているかどうかメーカー選定の1つのポイントとなる。

このような背景の下、当社は、実機がなくともPX Developerで作成したループ制御プログラムや、表示器の監視画面について、パソコン上で動作確認を可能とするMELSEC計装のシミュレーション環境を実現した。

これによって、実機によるシステム構築の前に机上で十分なデバッグを行うことができ、結果としてユーザーのエンジニアリング効率向上を図ることが可能となる。

本稿では、MELSEC計装の概要と、そのシミュレーション環境について述べる。

2. MELSEC計装

MELSEC計装とは、汎用シーケンサMELSEC-Qシリーズをプラットフォームとした計装制御システムであり、高度プロセス制御命令を搭載したプロセスCPU、チャンネル間絶縁アナログユニット、計装制御FBD(Function Block Diagram)パッケージPX Developerを主要コンポーネントとしている。この章では、MELSEC計装の中核をなすプロセスCPUとPX Developer、及び現場での計装監視に最適当社表示器“GOT1000シリーズ”について述べる。

2.1 プロセスCPU

プロセスCPUは、MELSEC-Qシリーズの高速・高性能のシーケンサCPUに基本PID制御・2自由度PID制御・サンプルPI制御・オートチューニング・各種補正演算など52種類のプロセス制御専用命令を搭載したCPUユニットである。このため、プロセスCPUはシーケンス制御とループ

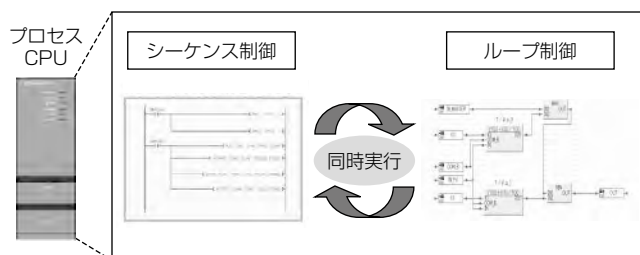


図1. シーケンス制御とループ制御の混在実行

プ制御の混在実行が可能である(図1)。また、PID制御ループを約400μs/ループで演算することができ、10msという高速制御周期の実現も可能である。

2.2 計装制御FBDパッケージ PX Developer

計装制御FBDパッケージPX DeveloperはMELSEC計装のエンジニアリング環境である。PX Developerはプログラミングツールとモニタツールから構成されている。

2.2.1 プログラミングツール

プログラミングツールは、ループ制御のプログラミング言語として、IEC61131-3規格のFBD言語を採用している。また、プロセスCPUが持つプロセス制御命令をカプセル化したFB、外部I/O(Input/Output)信号・アナログ信号を簡単に入出力するユニットFBなど、便利なFBを提供している。これらのFBをドラッグ&ドロップでシート上に張り付け、FB同士を結線し、パラメータを設定するだけで従来のDCSに匹敵する高度なプロセス制御ロジックを簡単にプログラミングすることが可能となる(図2)。

2.2.2 モニタツール

モニタツールは、計装監視操作でよく使用される標準画面(フェースプレート、チューニングパネル、コントロールパネル、トレンドグラフ、警報一覧、イベント一覧)を持つ。これらはプログラミングツールで作成したプロジェクトを指定するだけで簡単に利用でき、瞬時にループ制御のモニタや調整に使用できる(図3)。



図2. プログラミングツールの操作例

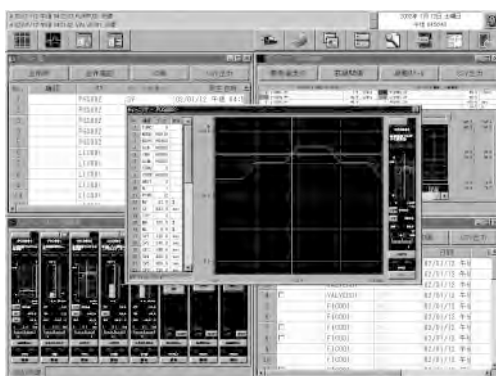


図3. モニタツールの標準監視画面

2.3 表示器GOT1000シリーズ

MELSEC計装では、その監視機能に表示器や市販SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)を使用する。

特に現場監視では、パソコンよりも耐環境性に優れ長期安定供給可能な当社表示器GOT1000シリーズ(図4)が活用できる。また、前節で紹介したPX DeveloperモニタツールはGOT向けにモニタツールと同等の計装監視画面を自動生成する機能を有していることから、監視画面の作画工数を大幅に削減することが可能であり、ユーザーはすぐにGOTを用いて計装監視操作を行うことができる。

3. MELSEC計装のエンジニアリングと課題

前章ではMELSEC計装の概要について述べた。この章では、MELSEC計装のエンジニアリングについて、現状での課題を挙げ、その解決策を示す。

まず、従来のMELSEC計装のエンジニアリングフローを次に示す(図5)。

(1) 仕様検討

制御方式の検討や必要な機器の選定を行う。

(2) システム設計

実現すべき制御機能(シーケンス制御、ループ制御)や監視操作機能について、ハードウェア及びソフトウェアの詳細仕様を設計する。



図4. 表示器GOT1000シリーズ

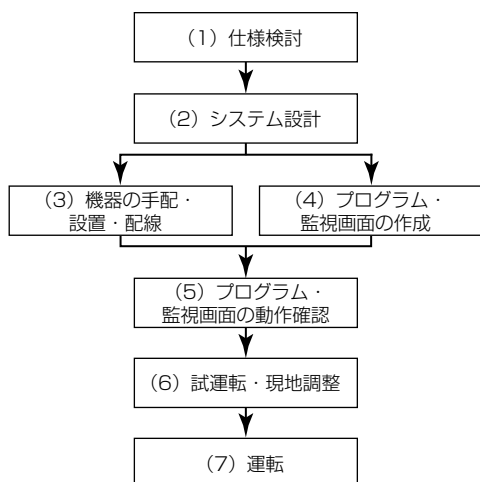


図5. MELSEC計装のエンジニアリングフロー

(3) 機器の手配・設置・配線

シーケンサ、GOT、各種計器等の機器を手配し、設置・配線を行う。

(4) プログラム・監視画面の作成

システム設計に基づき、PX DeveloperやGOT・市販SCADA作画用ソフトウェアを用いて、プログラムや監視画面を作成する。

(5) プログラム・監視画面の動作確認

作成したループ制御プログラム、監視画面をシーケンサやGOTにダウンロードし、動作を確認する。

(6) 試運転・現地調整

実際のシステムの動作を確認しながら、制御のタイミングや、ループ制御に必要なPIDパラメータ等を調整する。

(7) 運転

運転を開始する。運転開始後も、必要に応じてシステムの機能追加や変更を行うことがある。

従来のMELSEC計装では、作業内容(5)にあるプログラム・監視画面の動作確認を実施するには、そのプログラムや画面データを実機にダウンロードする必要があったため、ユーザーは事前に機器の手配・設置・配線作業を完了させなくてはならず、エンジニアリング効率の面で課題があった。

こうした課題を解決するために、プログラムや監視画面の作成後、実機がなくてもパソコン上ですぐにデバッグできるシミュレーション環境を新たに用意した。これによって、ユーザーは機器の手配・設置・配線の完了を待つことなく、作成したプログラム・監視画面の動作確認作業に着手できるため、工期の短縮を図ることができる(図6)。

4. MELSEC計装のシミュレーション環境

MELSEC計装のシミュレーション環境は、プロセスCPUやGOTの動作をパソコン上で模擬するシミュレーションソフトウェアを用いて、シーケンス制御・ループ制御のプログラム・監視画面のデバッグを実機なしに行うことができる。

この章では、MELSEC計装のシミュレーション環境の中心となるシーケンサシミュレーションソフトウェアGX Simulatorの紹介と、これを用いたデバッグについて述べる。

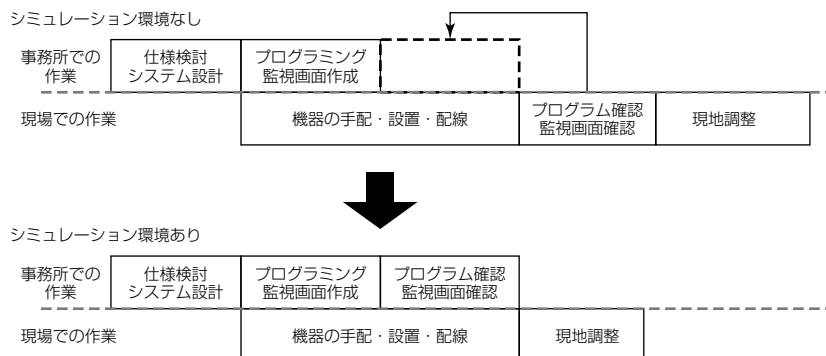


図6. シミュレーション環境による工期短縮効果

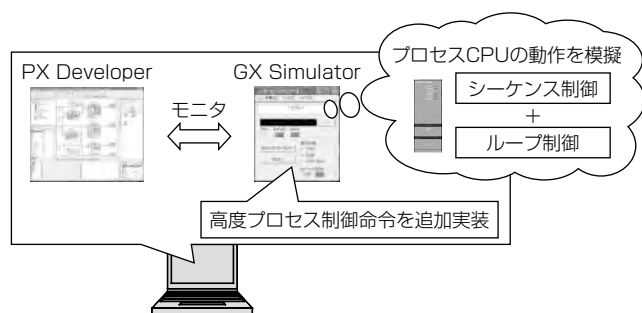


図 7. GX Simulatorによるループ制御プログラムの机上デバッグ

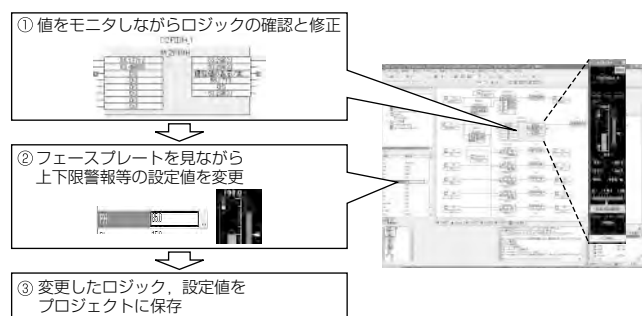


図 8. ループ制御プログラムの机上デバッグ

4.1 GX Simulator

GX Simulatorは、パソコン上に仮想シーケンサを起動し、作成したシーケンスプログラムのデバッグを行うソフトウェアである。

今回、GX Simulatorに高度プロセス制御命令を追加実装することでプロセスCPUの動作を模擬できるようにした。これによって、PX Developerで作成したループ制御プログラムの机上デバッグが可能である(図7)。また、計装分野の高信頼性用途で採用される二重化CPUについても、制御系／待機系の判別や二重化CPUの運転モードを示す特殊リレー(内部信号)をサポートすることで、二重化CPUのシミュレーションを可能にしている。

4.2 ループ制御プログラムの机上デバッグ

PX Developer プログラミングツールで作成したループ制御プログラムのデバッグは、1クリックのマウス操作でGX Simulatorの起動からプログラム／パラメータの書き込みまでを行うため、簡単に開始できる。シミュレーション中は、実機接続時と同様に、各種変数や制御パラメータの値をモニタできるため、作成したプログラムの制御ロジックの確認や修正を容易に行うことができる。また、シミュレーション中に変更したプロセス値のスケールリングや上下限警報等の設定値は、実機運転時の初期値として再利用するためにプロジェクトに保存できる(図8)。

さらに、PX Developerによってシミュレーション中に変更したループ制御プログラムは、すでに稼働しているシーケンサに対して運転を止めることなく書き込むことが可能である。これは、連続運転で 사용되는ことの多い計装制御システムについては特に有効な機能である(図9)。

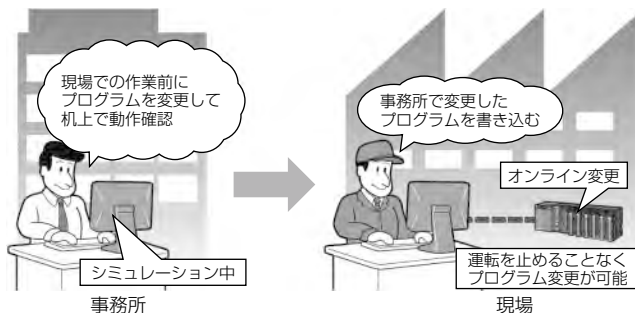


図 9. 稼働中のシステム変更

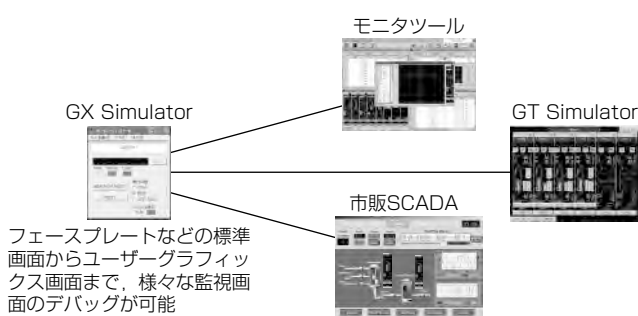


図10. シミュレーション環境での机上デバッグが可能な監視画面

4.3 監視画面の机上デバッグ

MELSEC計装のシミュレーション環境では、様々な監視画面の机上デバッグも可能である。PX DeveloperモニタツールをGX Simulatorに接続することで、フェイスプレートの配置や動作、トレンドグラフで収集するデータや、イベント・アラームの発生を事前に確認することが可能である。さらに、当社GOT1000シリーズのシミュレーションソフトウェアであるGT Simulatorや市販SCADA (GX Simulator対応品が必要)がGX Simulatorに接続できることから、グラフィック画面についても、パソコン上で作成からデバッグまで可能となっている(図10)。

また、パソコン上で監視画面の操作が確認できることによって、デモンストレーションや、オペレータへの事前教育など、様々なシーンで有効活用が期待できる。

5. む す び

机上デバッグを可能とし、エンジニアリング効率化に寄与化するMELSEC計装のシミュレーション環境について述べた。今後もユーザーの意見を多く取り入れ、付加価値の高い製品、使い勝手のよい製品を開発・提供していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 市岡裕嗣：MELSEC計装，三菱電機技報，**81**，No.4，281～284（2007）
- (2) 坪根 亮：MELSEC計装による高性能・コンパクトな現場型計装システム，三菱電機技報，**83**，No.4，267～270（2009）

CC-Link IEフィールド安全通信技術

五十嵐俊介*

CC-Link IE Field Safety Telecommunication Technology

Shunsuke Igarashi

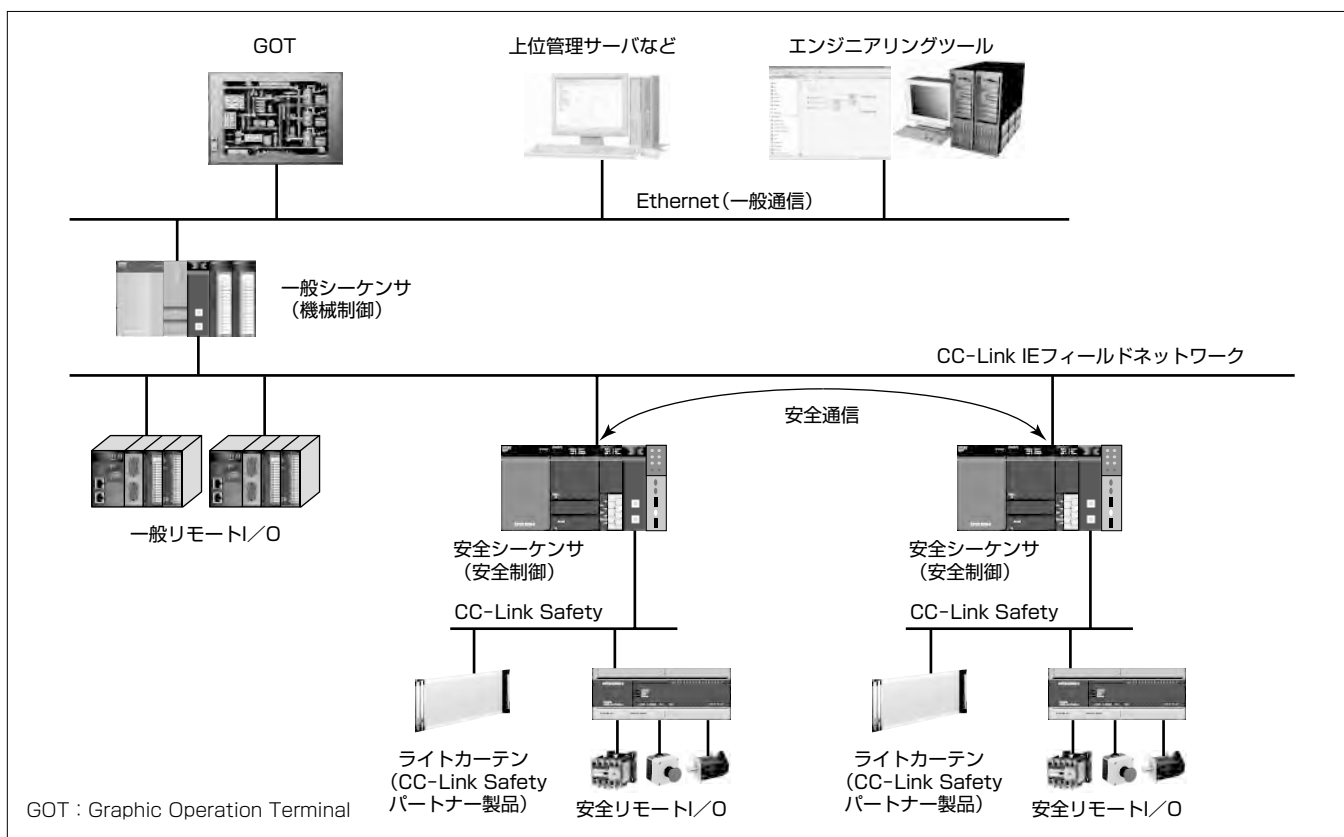
要 旨

従来、リレー盤などハードウェアで実現していた製造現場の安全制御を一般制御と同様にプログラマブルにしたいとの要望の高まりから、2006年に安全規格に準拠した安全コンポーネント群“MELSEC Safety”を発売した。MELSEC Safetyは、実績ある“MELSEC Qシリーズ”をベースに、安全規格が要求する診断機能や安全機能を備えた安全シーケンサ“MELSEC-QS”と、“CC-Link”をベースに非常停止などの安全制御にかかわる情報を通信できるように機能拡張した安全フィールドネットワーク“CC-Link Safety”を含む構成となっている。MELSEC Safetyは、“MELSEC”との親和性の高さなどもあり、安全規格に適合した安全システムの開発コスト・工期の削減や省配線化、安全制御のプログラマブル化、高い保守性を実現できるシ

ステムとして実績を重ねてきた。

一方、近年では安全制御を装置や工程ごとに分散している制御システムで、安全シーケンサ間での安全通信の実現や、更なる省配線を目的とした安全通信と一般通信の混在が望まれている。そのような状況の中、高速・大容量の通信を特長とする“CC-Link IEフィールドネットワーク”に安全通信機能を実現した“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”を開発した。

本稿では、安全通信機能を実現したCC-Link IEフィールドネットワークの機能、開発に際して採用した技術、及びCC-Link IEフィールドネットワークを使用することで生まれるメリットについて述べる。



“CC-Link IE フィールドネットワーク(安全通信機能)”システム構成

高速・大容量の通信帯域と他ネットワークとのシームレスな通信を実現するCC-Link IE フィールドネットワークに、新たに安全通信機能を追加した。従来、別々に安全制御を行っていた安全シーケンサをCC-Link IE フィールドネットワークで接続することで、生産工程を跨(また)いだ安全制御を可能とした。また、従来のCC-Link IEフィールドネットワークの特長をそのまま継承しているので、安全通信を行う局以外の一般通信を行う局と接続可能であり、生産現場での柔軟なシステム構築に貢献できる。

*名古屋製作所

1. ま え が き

現在発売中のMELSEC-QSシリーズシーケンサ及びCC-Link Safetyネットワークでは、安全CPU (Central Processing Unit)や安全用途のフィールドネットワークマスタユニット、入出力ユニットを取り揃(そろ)え、従来はハードウェアに依存していた安全制御を一般の製造工程の制御と同様にシーケンサ上でプログラマブルに実施することを可能にした。その中で、安全通信機能を実現したCC-Link IEフィールドネットワーク(以下“CC-Link IEフィールド”という。)は、CC-Link IEフィールドの優れた特長を継承しつつ、安全規格に適合させたMELSEC-QSシリーズのネットワークである。これまで各製造工程単位で1台ずつ設置されていた安全シーケンサ同士を接続し、製造工程を跨いだ安全制御を実現するネットワークとして開発した。

CC-Link IEフィールドは、装置の制御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など、あらゆるデータが混在し、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領域のネットワークとして2010年にCLPA (CC-Link Partner Association)から仕様が公開されたオープンネットワークである。

今回、CC-Link IEフィールドで安全通信を実現するために、CC-Link IEフィールドのプロトコル階層に安全層を実装し、安全通信に必要な機能を追加した。さらに、CC-Link IEフィールドでは一般通信を行う局と安全通信を行う局の混在が可能であり、安全通信と一般通信を同一ネットワーク上で実現できる。

2. CC-Link IEフィールド安全通信の仕様と機能

2.1 仕 様

CC-Link IEフィールド安全通信の仕様を表1に示す。

安全通信の機能を追加した以外は、一般通信のみを行う局と同様となっている。

物理層にはIEEE802.3ab(1000BASE-T)規格に準拠した通信技術を導入し、敷設時の低コスト化や通信速度1Gbpsの高速通信を実現している。通信方式にはトークンパッシング方式を採用しており、通信のリアルタイム性が重視されるシステムに最適なネットワークである。さらに、多様なネットワークトポロジーに対応している。このようなCC-Link IEフィールドの特長をそのまま継承している。安全通信では、安全通信を行う局を1ネットワークあたりに32台まで接続可能(MELSEC-QSシリーズの仕様)で、1安全コネクションあたりの入出力データはそれぞれ最大8ワードまで設定できる。また、IEC61508やIEC61784-3の安全規格に準拠している。

2.2 安全通信を行う局の機能

2.2.1 故障履歴登録機能

安全通信で異常が発生した場合、又は安全通信を行う局で入出力を停止するような異常が発生した場合、エラー情報を故障履歴として安全CPUユニットに登録する。

安全通信を行う局で異常が発生したときの動作を図1に示す。

まず、異常が発生した局1が自局の安全CPUにエラーの登録を行う。交信相手局である局2は、異常発生局との安全通信がタイムアウトエラーとなることで、局1の異常と自局の安全通信異常を検出し、自局の安全CPUに故障履歴の登録を行う。さらに、局3から局1、局2の故障履歴を確認することができる。

このように、CC-Link IEフィールド上に存在する安全通信を行う局の故障履歴を収集・確認することができるので、システム内で安全通信に障害が発生した場合の素早い対応と復旧が可能となる。

表1. CC-Link IEフィールド安全通信の仕様

項目	仕様
イーサネット規格	IEEE802.3ab(1000BASE-T)準拠
通信速度	1Gbps
通信体	シールド付きツイストペアケーブル(カテゴリ-5e)、RJ-45コネクタ
通信制御方式	トークンパッシング方式
トポロジー	ライン、スター、リング
最大接続台数	121台(マスタ局とスレーブ局の合計)
ネットワークあたりの最大安全局台数	32台
最大局間距離	100m
サイクリック通信(マスタ・スレーブ方式)	制御信号(ビットデータ) : 最大32,768ビット
	RX(スレーブ→マスタ) : 16,384ビット
	RY(マスタ→スレーブ) : 16,384ビット
	制御データ(ワードデータ) : 最大16,384ワード
1安全コネクションあたりの安全入出力数	RW _r (スレーブ→マスタ) : 8,192ワード
	RW _w (マスタ→スレーブ) : 8,192ワード
安全データ伝送時間	50ms(2台)
安全規格	IEC61508 2010(SIL 3)
	IEC61784-3(安全ネットワーク)

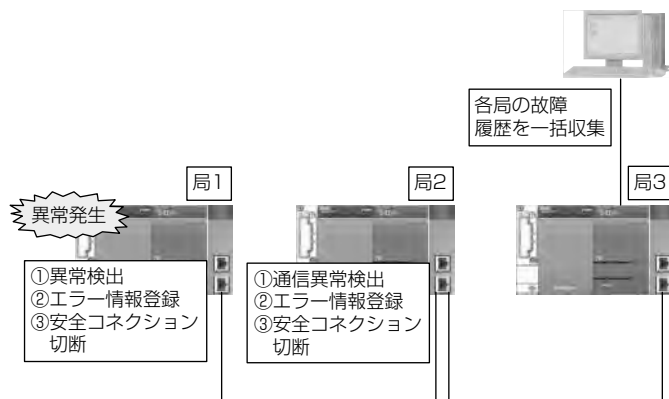


図1. 異常が発生した場合の故障履歴の確認

2.2.2 安全通信インタロック機能

安全通信を停止、再開させるための機能として安全通信インタロック機能を実装している。

図2にインタロックが発生してから、解除するまでのシーケンスの処理を示す。まず、安全通信に異常が発生すると安全通信を停止し、安全CPU内の安全通信インタロック状態を反映するデバイス(図2①)をONする。その後、安全通信を再開できる状態になったことをユーザーが確認した上で、安全通信インタロック解除要求を出すためのデバイス(図2②)をユーザーがONし、安全通信を再開することができる。安全通信を再開した後、①は自動的にOFFとなる。

通信異常などによって安全停止している安全システムで、危険要素が取り除かれた直後に、いきなり自動的に出力が再開されると安全上の問題が発生することがある。安全通信インタロック機能によって、この問題を解決し、システム再開時の危険を取り除くことができる。

2.3 CC-Link IEフィールド技術の継承

CC-Link IEフィールドは、安全コネクションの確立や安全データの送受信、安全通信監視といった複雑な処理を必要とする安全通信を実現するには適したネットワークであり、安全通信を行う局でもその特長を継承している。

2.3.1 サイクリック通信の定時性保証

CC-Link IEフィールドは、1 Gbpsの広帯域を採用しているため、通信やデータの種類ごとに帯域を確保できる。したがって、ある特定のデータのトラフィックが増大しても、ほかの通信に影響を及ぼすことはなく、高い精度のリアルタイム制御が実現可能である。

2.3.2 自由度の高いトポロジーとシームレス通信

CC-Link IEフィールドではライン型、スター型、リング型などのネットワークトポロジーによるシステム構成が可能であり、安全通信を行う局でもこれらの特長を継承している。様々なトポロジーを組み合わせることによって用途に応じた柔軟なネットワークの構築が可能である。

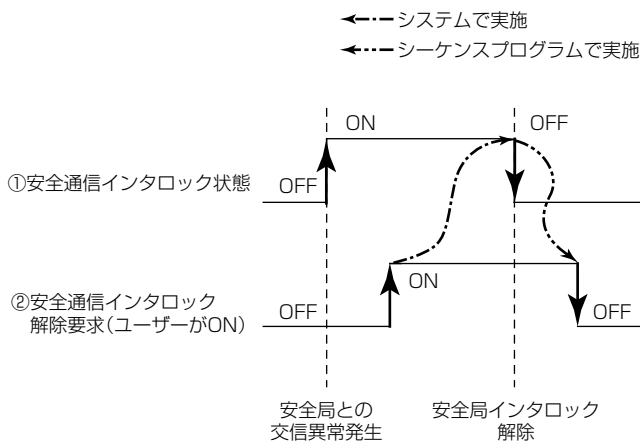


図2. 安全通信インタロック機能

2.3.3 機材の入手性

使用する通信ケーブルやコネクタは一般的なEthernet^(注1)ケーブル(ケーブル:IEEE802.3ab 1000BASE-T, カテゴリー5e以上, コネクタ:RJ-45, カテゴリー5e以上)が使用でき、専用ケーブルを使用するネットワークに比べて、配線コスト/施工コストを抑えることができる。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

3. 安全通信を実現するための技術

CC-Link IEフィールドで安全通信を行う局は、安全規格に準拠するため、一般通信を行う局に比べ下記(1)(2)に示すような安全関連機能を強化している。

(1) 安全コネクションの管理

通信相手局と安全コネクションを確立。異常検出時、安全コネクションを切断

(2) 安全通信監視

タイムスタンプ、コネクションID、CRC32

これらの機能を実現するために、CC-Link IEフィールドのプロトコル階層に安全通信層を設け、一般通信とは別に安全通信に関する管理を行っている。

3.1 プロトコル階層(安全通信層)

図3にCC-Link IEフィールドのプロトコル階層を示す。プロトコル階層はEthernet(IEEE802.3)層とCC-Link IEフィールドのフィールドバスアプリケーション層(FAL)、安全通信を実施するための安全通信層、そして安全関連アプリケーションから構成される。この中で、図3で網掛けしているEthernet(IEEE802.3)層とFAL層はブラックチャネルとして扱う。ブラックチャネルとは、安全通信に対して影響を与えない論理的な伝送路のことである。

安全通信層の主要な機能を①~④に示す。安全層は、安全コネクションの確立やデータの送受信、安全通信を実施する局の情報管理、安全通信の監視など安全通信に関するほとんどすべての作業を担っている。

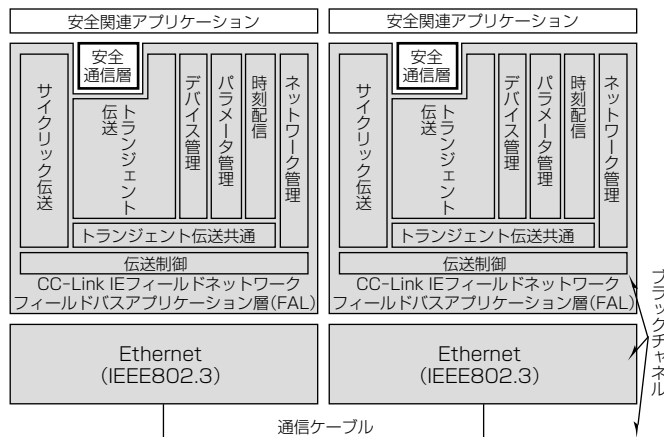


図3. プロトコル階層

安全層の機能

- ①コネクション確立 : 安全通信の開始・停止
- ②データ送受信 : 安全データの送受信
- ③情報管理 : 局情報、パラメータ設定・取得
- ④安全通信監視 : 安全通信異常の検出

3.2 安全コネクション管理

CC-Link IEフィールドでは、安全コネクションを確立することで安全通信を可能としている。安全コネクションについて図4に示す。安全通信を行う局は、設定された各パラメータにしたがって、安全通信を行う相手局と1:1の安全コネクションを確立する。安全コネクション確立後、コネクション間で定期的な安全データの送受信を行う。

安全通信を行う局と安全データは送信間隔監視時間やリフレッシュ監視時間などの安全監視タイマによって常時監視されており、一定時間送受信がされない場合やデータ異常となった場合は、安全コネクションを切断し、出力情報を安全側に制御する。安全通信は、トランジェント伝送によって実現されているが、安全層によってデータ管理され、専用の帯域を使用して送受信されるため、一般のトランジェント伝送やサイクリック伝送の影響を受けることはない。

3.3 安全通信監視

CC-Link IEフィールドに次の3つを実装することで、IEC61784-3で規定されている通信エラーに対応する。

(1) タイムスタンプ

安全通信を行う局が安全データを送信する場合に、その送信時刻(タイムスタンプ)を付加する。このタイムスタンプによって、一連の受信メッセージの前後関係や伝送遅延を計測することができる。安全通信では、このタイムスタンプを基に、安全データの損失、意図しない繰り返し受信、順序不正、受容できない遅延の発生を検出できる。

(2) コネクションID

コネクションIDは、CC-Link IEフィールドのシステム内で一意の値であり、コネクションを特定することができる。このコネクションIDによって、未知の送信元からのメッセージ受信、意図しない宛先(あてさき)への送信を検出することができる。

(3) 安全通信用CRC

安全通信用CRC(Cyclic Redundancy Check)は、安全データを対象に生成多項式より算出し、安全データごとに決定される値であり、安全データ送信時に付加して送信する。CRCは受信側でも同様に算出することで、受信データの破損を確認することができる。また、一般通信と安全通信で異なる生成多項式を使用することで、データの誤認識を防いでいる。

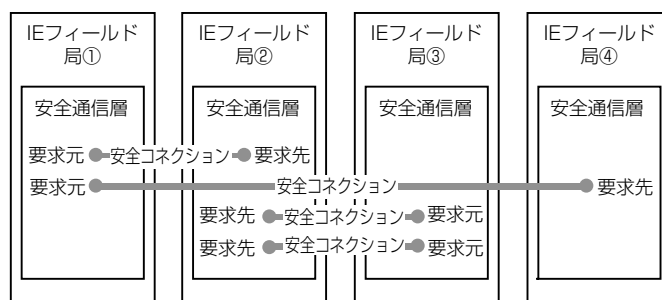


図4. 安全コネクション

4. CC-Link IEフィールド安全通信のメリット

これまで述べてきたような機能や技術を備えたCC-Link IEフィールドの安全通信機能を使用することによって、生産システムが稼働する現場では多くのメリットが生まれる。主なメリットを次に示す。

- (1) 製造工程ごとに設置してある安全シーケンサ間での安全通信を可能とし、製造工程間で連携した安全停止が可能となる。
- (2) 製造工程ごとに分けて安全シーケンサを配置できるので、システム立ち上げやメンテナンス時にほかの工程への影響を最小限に抑えられる。
- (3) 製造工程間の一般通信と安全通信を一つのネットワーク上で実現できるため、省配線が可能となる。
- (4) 一般シーケンサのみで構成されている大規模システムに対して、既設の一般シーケンサ側に大きな変更を加えることなく安全シーケンサを追加していくことが可能となり、既存システムの更なる安全化を実現できる。

5. む す び

生産現場ではネットワークの階層を意識しないシームレスな通信、省配線性やメンテナンス性への要望が高まる一方で、安全通信が必要な場面ではほかの一般通信に影響されない安全に特化したシステムが求められている。安全通信に対応したCC-Link IEフィールドはそれらの要求に対し十分にこたえ得るネットワークとなった。今後は、CC-Link IEを中心として、更なる適用範囲の拡大と機能強化を図り、製品の使い勝手を向上させ、ユーザーのメリットを最大化できるような製品開発を心がけ、邁進(まいしん)していく所存である。

参考文献

- (1) 神余浩夫, ほか: 安全シーケンサ“MELSEC Safety”, 三菱電機技報, **81**, No.4, 277~280 (2007)
- (2) 河本久文: CC-Link IEフィールドネットワーク, 三菱電機技報, **84**, No.3, 179~182 (2010)

細穴放電加工の最新技術

岡根正裕*
浅井厳慶*

Latest Technology for Micro-hole EDM

Masahiro Okane, Yoshinori Asai

要 旨

近年、電子部品、医療、自動車などの分野では穴加工の高品位高速化が要求されている。これらの穴加工は従来は切削が主流であったが、難削材への適用、穴の高精度化・微細化の要求が増加してきており、細穴放電加工機として高速かつ安定に微細穴を加工する技術が求められている。

これらの要求に対し、これまで三菱電機では“MEMH43S”と“VH10”の2機種 of 細穴放電加工機を開発してきた。

MEMH43Sは汎用高速タイプの細穴放電加工機で、貫通検出機能(PD機能)、オートゲインサーチ機能(A.G.S)などによって連続加工時の加工品質の安定化を実現した。また、加工技術の向上によって板厚60mmほどの高板厚の超硬材への $\phi 0.3\text{mm}$ の微細穴加工を達成した。一方、MEMH43Sではロボットタイプの電極・ガイド自動交換装置を搭載することによって、金型などに代表される同じ穴径の連続加

工のみならず、異種の穴径の連続自動加工を実現し、部品加工分野での適用が進んでいる。

VH10は微細穴加工用の“FH(Fine Hole)電源”を搭載し、市販の電極を使用して最小 $\phi 0.038\text{mm}$ の微細穴加工を実現した。また、FH電源によって難削材に対して加工穴周辺へのチッピングやバリをほとんど発生させずに微細穴加工を実現した。一方、微細ロッド電極送り出し機構と電極自動交換装置の組合せによって、数千～数万穴の超多数穴自動加工を実現しており、半導体、医療、精密金型等での適用が進んでいる。

本稿では、細穴放電加工の最新技術として、汎用高速細穴放電加工機MEMH43Sと高精度細穴放電加工機VH10に搭載した技術及び加工事例について述べる。



汎用高速細穴放電加工機“MEMH43S”
(RATC仕様)



高精度細穴放電加工機“VH10”

汎用高速細穴放電加工機“MEMH43S”と高精度細穴放電加工機“VH10”

MEMH43Sでは、貫通検出機能(PD機能)、オートゲインサーチ機能(A.G.S)によって部品加工分野に最適な自動連続加工の安定化を実現した。また、VH10では、FH電源を搭載し、市販の電極を使用して最小 $\phi 0.038\text{mm}$ の微細穴の連続加工を実現した。

1. ま え が き

電気・電子、医療、自動車部部分野では高品位な穴加工に対する要求が増加している。穴径・加工深さと業種の対応を図1に示す。従来は切削を中心とした機械加工が主流であったが、近年、①難削材への適用、②製品部品の小型高精度化による穴の高精度小径化及び高板厚化、③自動での多数穴連続加工に対する要求が高く、これらを背景に細穴放電加工機による穴加工が見直されてきている。

当社では、これらの穴加工に適した細穴放電加工機として、汎用高速タイプのMEMH43Sと、高精度タイプのVH10をラインアップしている(図2)。MEMH43Sでは貫

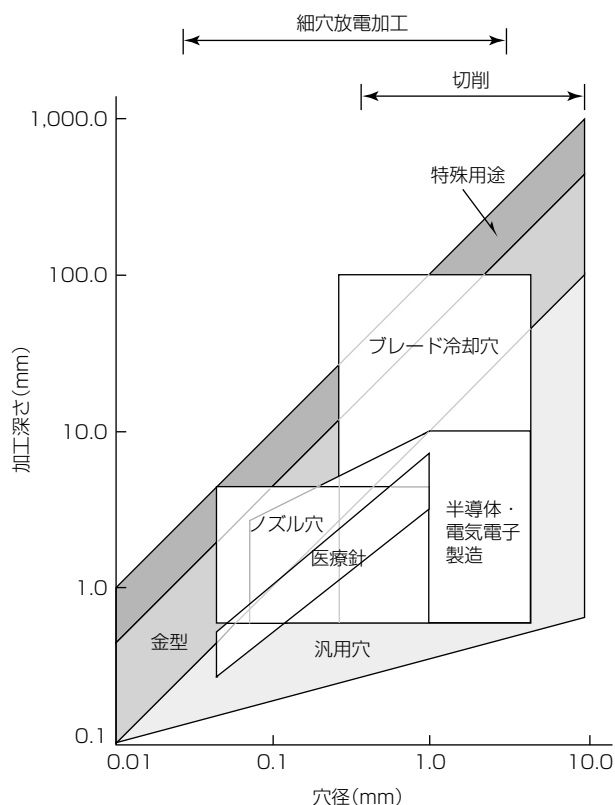


図1. 穴径・加工深さと業種

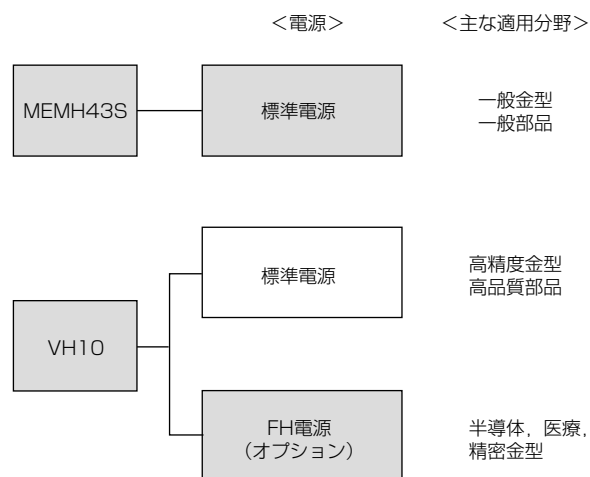


図2. 当社細穴放電加工機ラインアップ

通検知機能(PD機能)やオートゲインサーチ機能(A.G.S)を搭載し、連続加工における加工時間や電極消耗量のばらつきを低減することで穴径精度の向上を可能とした。また、ロボットを使用した電極・ガイド交換装置(RATC(Robotic ATC), AGC(Auto Guide Changer))を搭載し、異種穴径の連続自動加工を実現した。VH10ではFH電源の搭載によって、従来の標準電源では不十分であった微細領域の高精度高品位かつ高板厚の加工が可能となった。

本稿では、MEMH43S及びFH電源を搭載したVH10の最新技術及び最新の加工事例について述べる。

2. MEMH43Sの新技術

2.1 貫通検知機能による加工品質安定化

細穴放電加工では、特にワーク貫通後の電極突出し距離が十分に確保できない場合に、電極消耗量のばらつきによってワークを貫通しないことや穴径がばらつくといった課題が存在する。これらの課題に対し、電極と貫通検知板との通電を検知して加工を停止させる貫通検知機能を開発した。この機能によって電極送り量の微妙な調整が不要となり、貫通加工が十分に可能と推測される電極送り量を設定するだけで、電極異常磨耗などによる非貫通状態を容易に防ぐことができる。特に、図3に示すような中空ワークの上側部に貫通加工する場合などに有効であり、中空部に貫通検知板を設置することによって、ワーク下側の上面に傷を付けることなくワーク上側のみ確実に貫通加工することが可能である。

また、この機能によればワーク下端からの電極突出し距離を常に一定にすることが可能となる。そのため、加工終了時の電極先端形状がほぼ一定になり、穴径ばらつきを低減できる。

2.2 オートゲインサーチ機能による加工品質安定化

細穴放電加工では、加工の食いつき時や抜け際など是不安定になりやすく、最適な送り速度の調整が求められている。これらの不安定状態を改善するため、電極の送り速度

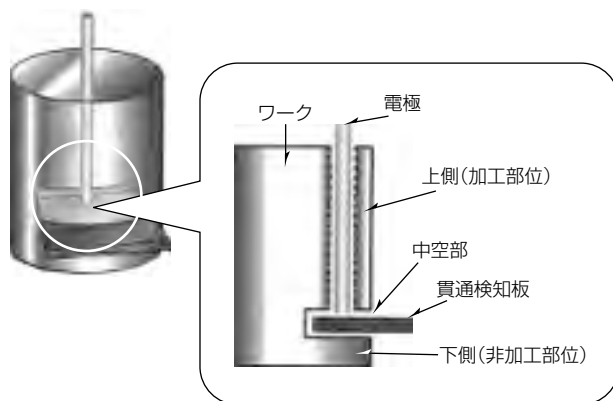


図3. 貫通検知機能

を加工に最適な設定に自動調整するオートゲインサーチ機能(A.G.S)を開発した。機能の概要を図4に示す。この機能は加工の安定度をリアルタイムに判定し、安定なときは送り速度をより大きく、不安定なときは送り速度をより小さく微調整する機能である。この機能によって、過大な送り速度設定に起因した電極曲がりやハンチングを抑えることができ、一方で、過小な送り速度設定による加工時間遅延を改善できる。

3. 超微細穴加工事例

FH電源を搭載したVH10による約40 μ mの超微細穴の高品位加工事例を表1及び図5に示す。事例では電極に ϕ 0.03mmの市販されているタングステンロッド1本を使用し、板厚0.2mmのワークに純水で400穴連続加工を行った。

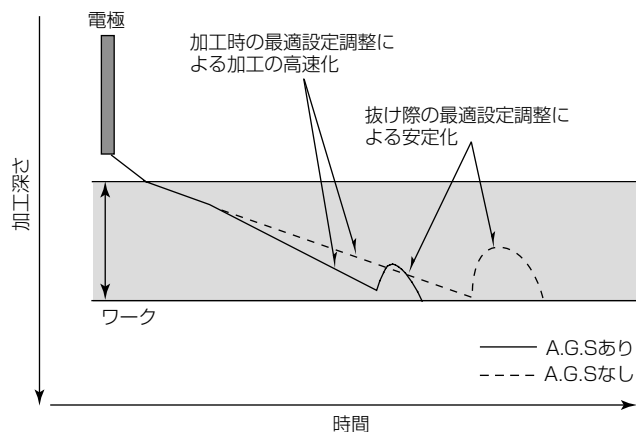


図4. オートゲインサーチ機能

表1. VH10による超微細穴

工作物	鋼材SKD11 板厚0.20mm
電極	ϕ 0.03mmタングステンロッド
ピッチ	0.050mm
加工時間	30sec/穴
穴径	ϕ 0.038~0.040mm
加工精度	\pm 0.002mm

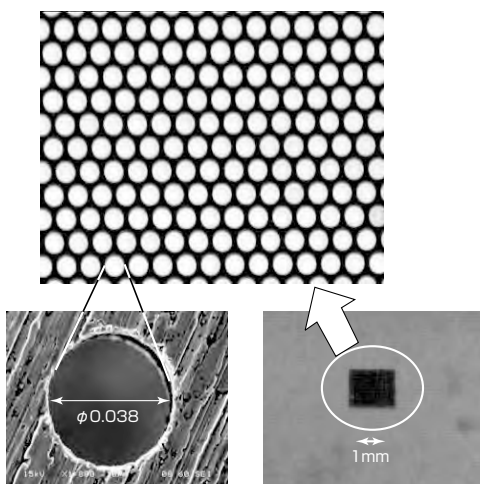


図5. 超微細穴加工事例

た。表1に示すとおり、 \pm 0.001mmの穴径精度と \pm 0.002mmのピッチ精度を両立させた。また、図5から、加工した穴の縁にバリやエッジだれがなく高品位に加工できていることが確認できる。

この事例ではワークの板厚は0.20mmとしたが、事例と同様の電極を用いての両側加工によって最大で板厚1.8mmの貫通加工を実現しており、高精度金型やノズル穴などの超微細穴加工分野での適用拡大が期待できる。

4. 難削材への適用事例

4.1 VH10による難削材加工事例

表2にFH電源を搭載したVH10による難削材への加工結果と、比較用のSUS304での加工結果を示す。電極には ϕ 0.080mmのタングステンロッドを使用し、純水で加工を行った。板厚はすべて0.5mmとした。表2の加工速度比はSUS304の平均加工速度を100%とした場合の割合であり、長さ消耗比は電極消耗長さを板厚で割った値である。加工速度比は超硬合金(G5)を除く4類のワークで、鋼材(SUS304)とほぼ同等かそれ以上の性能を実現した。長さ消耗比はSiが鋼材の2倍程度であったが、ほかは鋼材と同等以下であった。“穴径”はすべて0.1mm前後で、 \pm 0.006mm以内の穴径精度で加工できた。また、表2から加工穴周辺のチッピングやバリがほとんどないことが確認できる。

4.2 MEMH43Sによる難削材加工事例

図6にMEMH43Sによる難削材及び鋼材の加工写真を、表3に加工結果を示す。表3の加工速度比はSUS304の平均加工速度を100%とした場合の割合である。MEMH43Sでは、VH10以上に広範な ϕ 0.3mmから ϕ 2.0mmまでの難削材加工を実現しており、半導体や医療分野等での適用拡大が期待できる。

表2. VH10による難削材の加工

	加工面	加工結果	
Ni合金		加工速度比	80~90%
		長さ消耗比	40~45%
		穴径	0.095~0.101mm
Ti合金		加工速度比	90~110%
		長さ消耗比	15~20%
		穴径	0.096~0.102mm
SiC		加工速度比	90~110%
		長さ消耗比	25~30%
		穴径	0.107~0.118mm
Si		加工速度比	120~150%
		長さ消耗比	60~80%
		穴径	0.113~0.121mm
超硬合金G5		加工速度比	50~60%
		長さ消耗比	45~50%
		穴径	0.093~0.100mm
鋼材SUS304		加工速度比	90~110%
		長さ消耗比	35~45%
		穴径	0.091~0.098mm

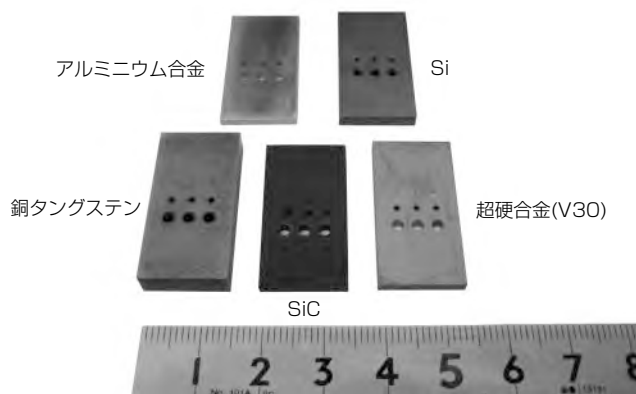


図 6. MEMH43Sによる加工穴 ($\phi 0.3$, 1.0 , 2.0mm)

表 3. MEMH43Sによる難削材の加工

	加工結果	電極径 $\phi 0.3$	電極径 $\phi 1.0$
SiC	加工速度比	5~15%	25~40%
	長さ消耗比	800~1200%	40~60%
	穴径	0.34~0.41mm	1.07~1.11mm
Si	加工速度比	120~150%	120~150%
	長さ消耗比	20~30%	20~30%
	穴径	0.34~0.38mm	1.00~1.03mm
超硬合金V30	加工速度比	90~110%	90~110%
	長さ消耗比	800~1,000%	300~400%
	穴径	0.32~0.36mm	1.02~1.06mm
銅タングステン	加工速度比	60~80%	60~80%
	長さ消耗比	1,200~1,600%	150~250%
	穴径	0.34~0.38mm	1.07~1.13mm
アルミニウム合金	加工速度比	90~110%	120~150%
	長さ消耗比	80~120%	20~30%
	穴径	0.30~0.33mm	1.02~1.06mm

表 4. VH10微細深穴 ($\phi 0.15\text{mm}$ 電極)

工作物	超硬合金 KD20 板厚10mm
電極	$\phi 0.15\text{mm}$ 銅パイプ
穴径	$\phi 0.18\sim 0.24\text{mm}$

5. 超硬合金の高板厚微細穴加工事例

FH電源を搭載したVH10での超硬合金の高板厚微細穴の加工事例を表4及び図7に示す。 $\phi 0.15\text{mm}$ の銅パイプ電極で、板厚が10mmの超硬合金を純水で加工した。高精度高品位加工が可能なFH電源によって腐食やバリ、エッジだれがほとんどないことが確認できる。この事例では $\phi 0.15\text{mm}$ 銅パイプ電極での板厚10mmの超硬合金への加工を示したが、 $\phi 0.08\text{mm}$ タングステンロッド電極を用いた場合には板厚5mmの加工を実現しており、高精度金型等への適用が期待できる。

次にMEMH43Sでの加工事例を表5、表6及び図8に示す。 $\phi 0.2\text{mm}$ 、 $\phi 0.3\text{mm}$ の銅タングステンパイプ電極を用いて、それぞれ板厚20mm、60mmの超硬合金を純水で加工した。

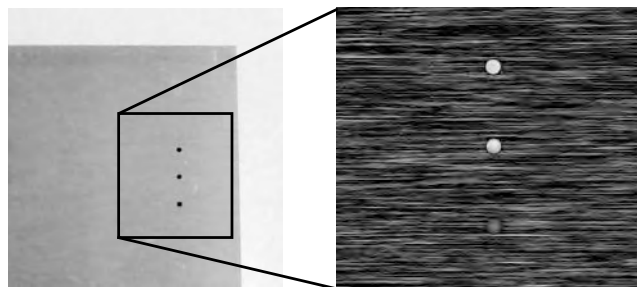


図 7. 電極径 $\phi 0.15\text{mm}$ での加工事例

表 5. MEMH43S微細深穴 ($\phi 0.2\text{mm}$ 電極)

工作物	超硬合金 KD20 板厚20mm
電極	$\phi 0.2\text{mm}$ 銅タングステンパイプ
穴径	$\phi 0.24\sim 0.31\text{mm}$

表 6. MEMH43S微細深穴 ($\phi 0.3\text{mm}$ 電極)

工作物	超硬合金 EF10 板厚60mm
電極	$\phi 0.3\text{mm}$ 銅タングステンパイプ
穴径	$\phi 0.34\sim 0.56\text{mm}$



電極径 $\phi 0.2\text{mm}$



電極径 $\phi 0.3\text{mm}$

図 8. 電極径 $\phi 0.2\text{mm}$ 、 $\phi 0.3\text{mm}$ での加工事例

6. む す び

汎用高速細穴放電加工機MEMH43Sに搭載した最新技術について述べた。また、FH電源を搭載した高精度細穴放電加工機VH10での約 $40\mu\text{m}$ の超微細穴の連続加工や、両機種による各種難削材への加工と超硬合金の高板厚加工事例について述べた。細穴加工市場では、主に部品加工で使用される難削材への更なる高精度高品位化や、主に金型で使用する鋼材や超硬合金への微細化、高板厚化や多数穴高精度化の要求が著しく増加している。今後もこれらの要求にこたえるために穴加工の性能向上に努めていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 岡根正裕, ほか: 細穴放電加工の最新技術及び加工事例, 型技術, **21**, No.7, 100~101 (2010)

最新プリント基板用レーザー穴あけ加工機 “ML605GTWⅢ-5200U”とその加工応用

本木 裕*
片瀬和伸*

The Newest Laser Drilling Systems "M605GTWⅢ-5200U" and Processing Application

Yutaka Motoki, Kazunobu Katase

要 旨

昨今の電子機器業界の話題としては、各携帯電話メーカーが発売競争を繰り広げるスマートフォンが欠かせない。小型軽量にもかかわらず、非常に高機能なスマートフォンを支えるキーテクノロジーの一つに多層化したビルドアップ基板が挙げられる。ビルドアップ基板のキー工法としてレーザー穴あけが知られており、穴あけ加工機として“ML605GTWⅢ-5200U”は高シェアを堅持している。現在、世界中で年間12億台生産されているスマートフォンを始めとした携帯電話に三菱電機のレーザー穴あけ加工機が使用されているものと推定される。

しかしながら電子機器業界の進歩は留(とど)まるところを知らず、プリント基板には更なる高密度実装、レーザーに

対しては加工穴の小径化要求が続いている。この小径化の流れは、基板全般に及び、従来の貫通穴はメカドリル、ビルドアップ用の止まり穴はレーザーといった加工方法の棲(す)み分けにも変化を及ぼしてきている。ドリル加工は接触加工のため、磨耗が避けられず、小径化すると折れやすいといった欠点を内在している。これに対しレーザー加工は非接触で、小径化も比較的容易のため、メカドリル代替用途としても注目され始めている。

本稿ではプリント基板製作工程の穴あけにおいて、ビルドアップ用の止まり穴だけでなく、最近採用され始めた小径貫通穴加工へのレーザー加工の適用について述べる。



プリント基板用レーザー穴あけ加工機“ML605GTWⅢ-5200U”

新開発の超高速ガルバノと200W高出力レーザー発振器によって加工速度を大幅に向上させ、業界をリードする高い生産性を実現した。高ピークレーザー発振器と最適なビーム制御によって、加工内容に応じて幅広い加工条件も設定可能である。また、新型レーザー発振器“5200U”ではレーザーガス消費量を最大50%削減することにも成功した。

*名古屋製作所

1. ま え が き

プリント基板業界にCO₂レーザ穴あけ加工機が進出してから、15年以上が経過した。高機能だが、小型薄型化が可能なビルドアップ基板を作成するための、必要不可欠なツール(工作機械)として業界に浸透している。ビルドアップ基板を用いる高機能携帯電話やパソコン等の電子情報端末の進歩とともに歩み、その普及とともにレーザ穴あけ加工機市場も拡大を続けてきた。昨今話題のスマートフォンにも、レーザ穴あけはなくてはならない技術の一つとなっている。

2. 業界動向とメカドリル機の問題

プリント基板の高密度配線、小型化は留まるところを知らず、レーザ加工に要求されるVIA(加工穴)径もますます小径化してきている。この流れはレーザ加工が得意とするBVH(止まり穴)のみならず、コア層のスルーホール加工にも及んできている。

コア層はビルドアップのベースとなる基板で、銅、樹脂、銅のサンドイッチ構造(両面板)をしており、その加工で、従来はメカドリル機の独壇場であった。しかし、近年は、その小径化の流れから、メカドリルでは様々な問題が発生するようになってきている。メカドリルでは、文字どおりドリルビットを用い、これを高速で回転させて貫通穴を作成するが、接触加工のため、必ず寿命がある。特に小径の場合はビット自体も細いため、より磨耗しやすく、かつ折れやすい。メカドリル機で貫通穴を開ける場合、基板を複数枚重ねて、その上から加工する。こうすることで、重ねた枚数分一度に加工穴が開けられることになる。この重ねた枚数をスタック数と呼んでいるが、小径ドリルの場合、ドリルビットが細く折れやすいため、スタック数を減らさざるを得ない。このスタック数は、メカドリル機の生産性そのものに直結するため、小径化が進むにつれて生産性が低下していくことになる。図1は、ドリルビット径とスタック数、生産性の関係を示すグラフであるが、VIA径がφ0.1mm、0.075mm、0.050mmと小径化が進んだ場合の、スタック数、及び生産性の低下が明白である。

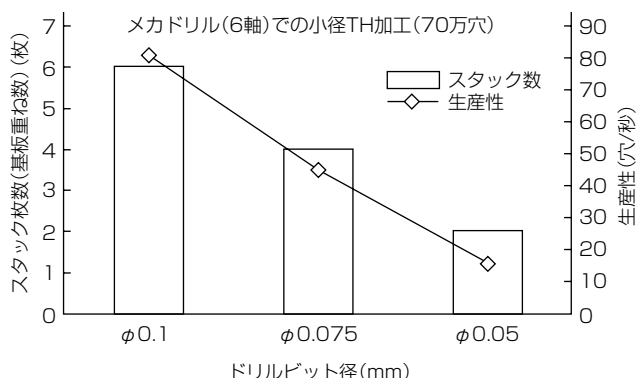


図1. メカ式ドリルでの小径加工時の生産性低下の様子

3. ML605GTWⅢ-5200U

当社のレーザ穴あけ加工機は、レーザ発振器や集光用fθレンズ、レーザ光走査用のガルバノスキャナー等のキーパーツをすべて内作しており、システムとしての総合開発に特徴がある。また、レーザ発振器メーカーとしての30年以上に及ぶ長い歴史があり、特に、この基板穴あけ加工機用に開発された発振器は、ほかに例を見ない高ピーク短パルス発振が高繰り返しで可能という大きな特長をもっている。この高ピーク性は加工現象で様々な利点を発揮するが、今回は特に、コア層基板、つまり両面板の加工でどのように有利かを述べる。両面板は先に述べたように銅、樹脂、銅のサンドイッチ構造をしているが、レーザで加工穴を開ける場合、この銅層に貫通穴を開ける必要がある。これを銅箔(どうはく)貫通加工と呼んでいるが、高ピーク短パルス発振器はこの銅箔貫通加工に適している。その理由は次のとおりである。

一般に銅はCO₂レーザにとっては、高反射材料であり、90%以上を反射してしまう。このため、銅の表面に処理を施して、光沢面をなくし、吸収率を向上させている。すなわち吸収率向上が銅箔貫通加工で重要である。図2は同一エネルギー条件下で高ピーク短パルスと、他社の低ピーク長パルスを銅表面に照射した場合の、その板厚方向の温度分布を示したグラフである。高ピーク短パルス照射時に銅の表面温度が、2倍以上高くなっていることがわかる。

図3は金属材料のレーザ光吸収率の温度依存性を示している。一般に、温度が上昇すれば、吸収率も向上する傾向がわかる。当社の加工機の特長である高ピーク短パルス照射は、銅の表面温度を高くし、レーザ吸収率を向上させる効果がある。これが、当社レーザ加工機が銅箔貫通加工能力に優れる理由の一つである。

図4は実際の銅箔貫通加工穴の比較例である。銅のスパッタが均一に薄く放射状に飛び散り、加工穴形状もばらつきが少なく安定していることがわかる。

また、高ピーク短パルス照射は、その吸収率向上効果によって、銅箔の表面処理に対する加工自由度も向上する。

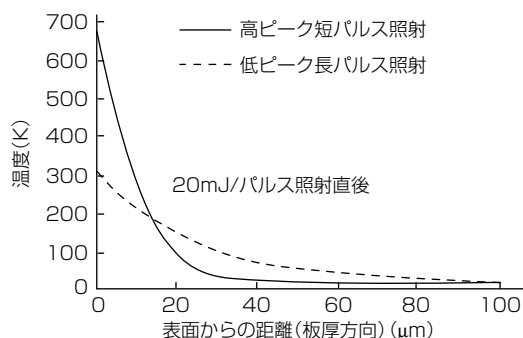


図2. レーザ光照射時の銅箔の温度プロファイル

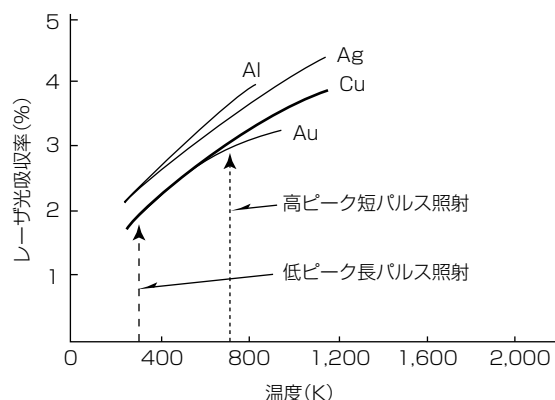


図3. 金属材料のレーザー光吸収率の温度依存性

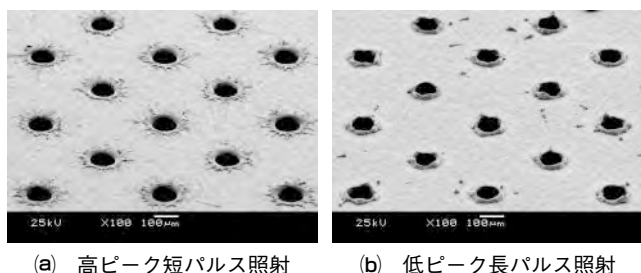


図4. 銅箔貫通加工時の加工穴の様子

2種類の異なる表面処理への銅箔貫通加工事例を図5に示す。このため、生産性及び環境面で優れるエッチング系の表面処理の適用でも安定した加工品質が得られる。さらに、薄さが3 μm 程度の極薄銅箔であれば、無処理でも良好に銅箔貫通可能であることも確認されている。

4. 銅箔貫通スルーホール加工へのレーザーの適用

この銅箔貫通加工を利用して、両面板へのスルーホール加工を行うと、①非接触加工で磨耗がない②小径化が比較的容易③加工穴壁面へのめっき染み込み現象(ウィッキング)がない等、高精細化、狭ピッチ化の進む両面板へのスルーホール加工において、様々な利点が挙げられる。

しかし、レーザーで両面板のスルーホール加工を実施する上で、課題がないわけではない。一方向からレーザーを照射し、銅、樹脂、銅と加工を進めていくと、下層の銅箔の貫通穴は、表層に比較して小径化しやすい。また、貫通の安定性自体も低下傾向がある。この点は最近のコア層両面板の材料構成が変化してきたことによって、かなり改善してきているが、表面銅層と下層銅層の穴径の差を縮めることはまだ難しいのが現状である。

そこで、表面から途中まで加工した後、基板を反転させて、裏面側から加工して穴と穴をつなげる両面加工の発想が生まれた。この方法であれば、表裏の穴径差は解消可能である。

図6には、レーザー両面及び片面加工によってt 0.4mm厚

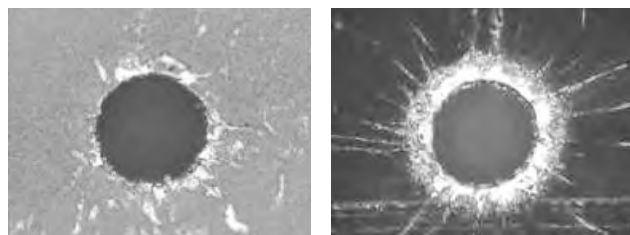


図5. 様々な表面処理への銅箔貫通加工事例

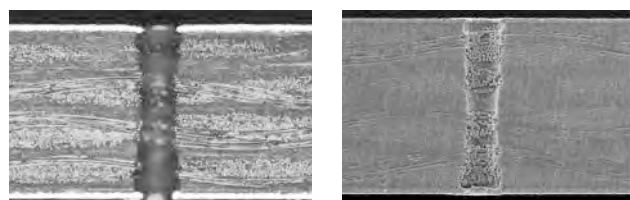


図6. レーザ両面加工，片面加工の事例

($\phi 0.1\text{mm}$ t 0.4mm両面板)



図7. フィルドメッキの事例

基板に $\phi 0.1\text{mm}$ 穴を加工した例を示す。穴径と穴深さの比をアスペクト比と称するが、t 0.4mm厚基板の例では実にアスペクト比4を達成している。

両面加工の課題点としては、両面からの穴同士をつなぐため、上下穴のオフセットの問題が考えられる。当社レーザー加工機で確認されているオフセットの測定例としては最大でも12 μm 程度である。

最近、このスルーホールの表裏の電氣的接続に、スルーホール内もめっきで充填するフィルドメッキが採用されつつある。図7にその一例を示す。フィルドメッキは、スルーホール内が全て銅のため、その特徴として、その放熱性に優れるとともに、界面レスのため電気信号の反射がない等、信号伝達性にも利点があり、高速、高周波化対応が進む基板への適用が益々増加するものと予想されている。このフィルドメッキに対して、オフセットは大きな障害ではなく、民生品にもすでにレーザー両面加工が適用されていることが確認されている。

また、両面加工を行うためには、基板を裏返す作業が必要となるが、レーザー加工機に付属するローディング装置に表裏反転機構を設けることで自動化も十分可能である。

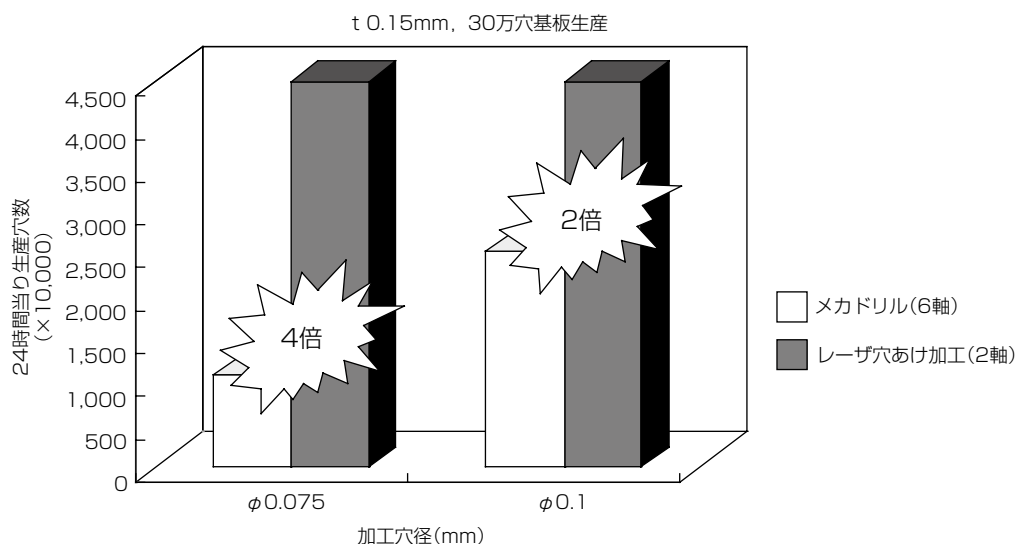


図8. メカドリルとレーザ穴あけ加工での生産性比較

5. メカドリル機とレーザ加工機の実力比較

5.1 生産性

両面加工の場合、片側からの加工とショット数では、ほぼ同じか、むしろ少ない傾向にあり、基板反転分に要する時間を考慮しても、基板1枚あたりでは、大きな時間的ロスが発生しない。実力値としてφ0.075mmスルーホール、t 0.15mm厚で30万穴の両面板加工例では、表裏合わせて3ショットで加工でき1,500穴/秒以上の生産性であった。

先に述べたメカドリル機(6軸機)の生産性と比較すると図8のようになる。φ0.1mmでは2倍、φ0.075mmでは実に4倍、レーザ両面加工の方が速い(生産性が高い)という結果である。

5.2 消耗品コスト

さらに、メカドリル機の小径加工時のコストについて調査した。メカドリル機を使用して、φ0.1mmの量産を行う場合、小径ドリルビットは研磨による延命も2回が限界のため、頻繁に交換を行っているとのことである。小径ドリルビット自体も比較的高価なため、研磨代や諸費用もあわせると、多数のメカドリルを運用しているユーザーでは、概略で毎月数千万円単位の消耗品コストとの情報を入手している。一方レーザ加工は非接触加工のため、磨耗はない。

当社のレーザ加工機の実績では、主な消耗品費用は年間で数十万円程度と低い費用で運用してもらっている。加工機自体のインisialコストの差はあるものの、そのコスト差は、生産性と消耗品コストの大幅な差異を加味すると、償却できる計算になる。

6. むすび

これまで述べてきたように、レーザによる小径スルーホール加工は、生産性、コスト面で優れている。また、小径化対応性や、加工穴のフィールドメッキ容易性等も有利であり、更にプリント基板業界の動向なども加味すると、すでにコア層両面板への小径スルーホールはメカドリルからレーザ加工への移行期に達したものと考えられる。

レーザ両面加工が、小径スルーホール加工の標準的工法となり、基板業界の基板生産コスト削減と高機能化に貢献し、基板業界の更なる発展に寄与すべく、今後も加工技術開発に取り組んでいく。

参考文献

- (1) 特集：最近のFA機器，産業加工機，三菱電機技報，**83**，No.4，(2009)
- (2) 特集：レーザ応用の現場から，レーザ協会誌，**35**，No.1，(2010)

FAに適合した新形常時インバータ方式UPS “FW-Sシリーズ”

畠山善博*
丸山晋一郎*

New Online Type UPS "FW-S Series" Suitable for FA

Yoshihiro Hatakeyama, Shinichiro Maruyama

要 旨

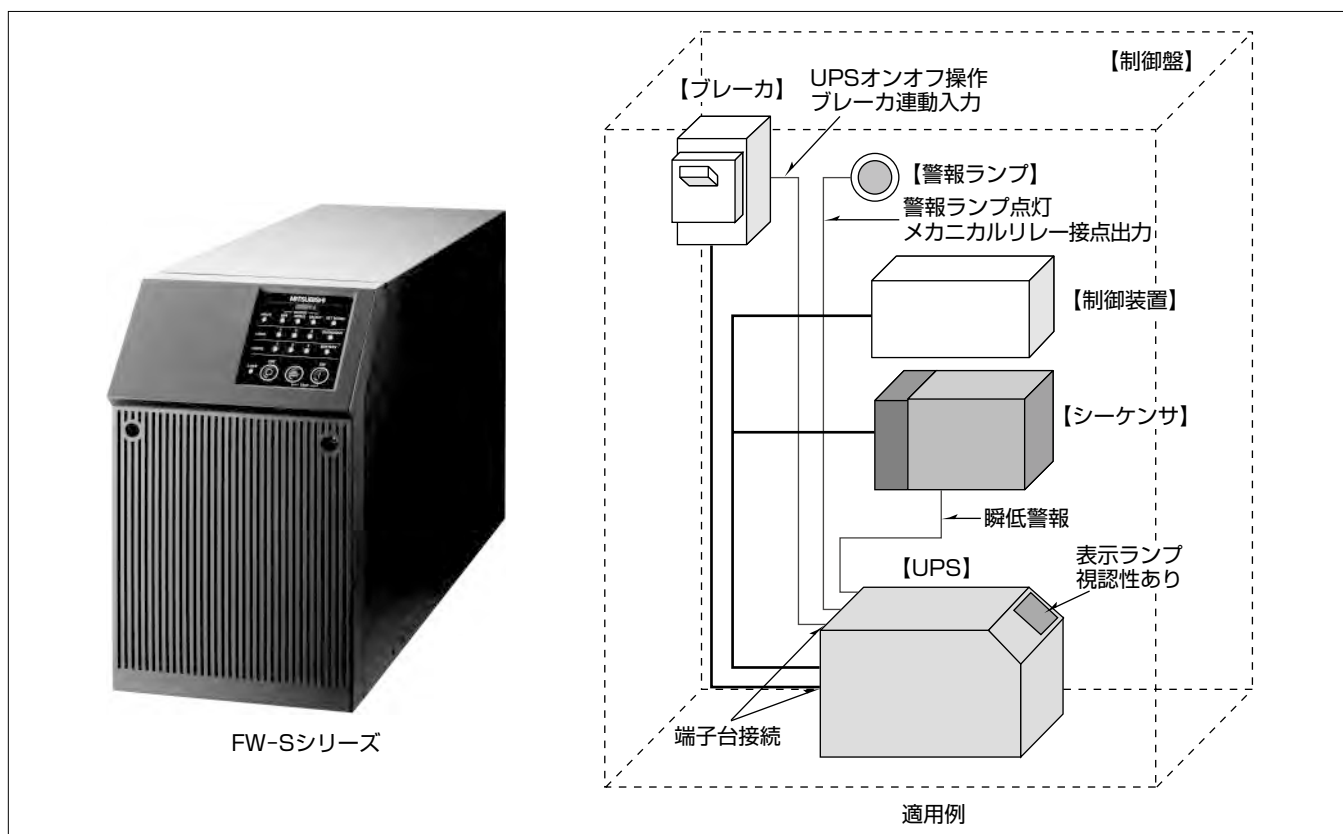
FA (Factory Automation) に適合した新形常時インバータ方式無停電電源装置 (UPS) “FW-Sシリーズ” を①FAの電源負荷環境に耐える安心性能確保と②FAとの適合性進化の2つを製品コンセプトとして開発した。

FA現場は、電源電圧変動・電圧歪(ひず)みなどが過大、突入電流・不平衡電流・高調波電流などが過大、更に負荷設備の電源耐量特性が多様といった過酷な電源負荷環境下にあるが、その環境下で安心して使用するための“安心機能”を見極め、このUPSに搭載することで①のコンセプトを具現化した。

また、②のコンセプトに対しては、“FA機器との親和性”“警報機能”“設置性”に着目しこのUPSのFA適合性を向上させた。具体的には、盤内メインブレーカの動作状態を監視し、それに連動したオンオフ操作をする“ブレーカ連動機能”の搭載、盤用操作スイッチなど多様な“盤用パーツへの対応”、保守バイパス回路に適した“遠隔バイパス指令機能”の搭載によってFA機器との親和性を向上させた。また、所定レベルを超えた瞬時電圧低下(以下“瞬低”という。)が発生したことを知らせる“瞬低警報機能”、どのレベルの瞬低が何回発生したかの履歴を保持する“瞬低履歴機能”、所定の電力値を超えたことを知らせる“電力警報機能”、端子台接続可能な“メカニカルリレー接点出力”を搭載することによって警報機能を充実させた。また、ブレーカ・盤内機器との接続に適した“端子台接続”の採用、設置場所の制約に対し“奥行き寸法の小形化”を進めることによって設置性を向上させた。

機能”の搭載、盤用操作スイッチなど多様な“盤用パーツへの対応”、保守バイパス回路に適した“遠隔バイパス指令機能”の搭載によってFA機器との親和性を向上させた。また、所定レベルを超えた瞬時電圧低下(以下“瞬低”という。)が発生したことを知らせる“瞬低警報機能”、どのレベルの瞬低が何回発生したかの履歴を保持する“瞬低履歴機能”、所定の電力値を超えたことを知らせる“電力警報機能”、端子台接続可能な“メカニカルリレー接点出力”を搭載することによって警報機能を充実させた。また、ブレーカ・盤内機器との接続に適した“端子台接続”の採用、設置場所の制約に対し“奥行き寸法の小形化”を進めることによって設置性を向上させた。

また、このUPSの適用例として、奥行きの小さい制御盤内にUPSを設置する例を示した。



FAに適合した新形常時インバータ方式UPS“FW-Sシリーズ”

新形常時インバータ方式UPS“FW-Sシリーズ”は、FA現場の電源負荷環境下で安心して使用できる安心機能を搭載し、FA機器との親和性の向上、警報機能の充実、設置性の向上によってFAとの適合性を進化させた。

1. ま え が き

無停電電源装置(UPS)は、今までOA(Office Automation)を主ターゲットとして製品化されてきた。サーバ、パソコンを停電時に適切に停止(シャットダウン)することで、メモリ、ハードディスク装置等のデータの喪失を防止することが主機能であり、IT化の進展とともにUPSはOAでその地位を確立してきた。

一方FAでも、電子化によって高性能高精度製造装置が増加し、それらがネットワーク化され、更に安定した連続稼働が求められることで、瞬低・停電の発生が、生産性や製造品質に多大な影響を与える状況となっている。瞬低・停電対策として、現状のFAではOA用に製品化されたUPSを流用し、何とか対応している状況である。

今回、瞬低・停電保護ニーズが拡大しているFAを主ターゲットとした新形UPS“FW-Sシリーズ”を開発した。本稿では新形UPSの製品コンセプト、特長、適用例について述べる。

2. 新形UPSの製品コンセプト

新形UPSでは次の2点を製品コンセプトとして開発を行った。

- ①FAの電源負荷環境に耐える安心性能確保
- ②FAとの適合性進化

①は、製造現場における過酷な電源負荷環境下でも安心して使用でき、負荷設備を使用し製造に携わる人、負荷設備設計に携わる人、UPS販売に携わる人が安心して選択できる製品にすることであり、これを第1のコンセプトとした。

②は従来のOA寄りの仕様から脱却し、FAで使用する上で適正な仕様とすることであり、これを第2のコンセプトとした。

3. 新形UPSの特長

新形UPSの特長として、どのようにコンセプトを具現化したかについて述べる。

3.1 多様な電源負荷環境での安心性能

3.1.1 FAの電源負荷環境

FAの電源環境は、次の点から電源電圧変動、周波数変動、電圧歪みやサージ電圧が過大化する傾向にある。

- ①配電システムのトランスや電線などの電源インピーダンスが多様
- ②負荷設備で消費される電力が間欠的で変動が過大
- ③パワーエレクトロニクス機器から発生する高調波・高周波電流電圧が過大
- ④自家用発電機運転時の電圧・周波数変動が過大
- ⑤誘導性負荷による開閉サージが過大

また、負荷環境としては、次の点から突入電流、不平衡電流、高調波電流・電力が過大化する傾向にある。

- ①コンデンサインプット負荷などで、突入充電電流や電流波高率(クレストファクタ)が過大
- ②誘導性負荷などで、励磁突入電流や偏磁不平衡電流が過大
- ③半波整流器負荷などで、不平衡電流が過大
- ④容量性、誘導性負荷などで、力率悪化が過大

3.1.2 FAに適したUPS方式

このような過酷な電源負荷環境下では、まず電源環境と負荷環境を分離するため、電源から電力を得る電源側パワー回路(コンバータ部)と、負荷設備に電力を供給する負荷側パワー回路(インバータ部)が独立し、相互の影響を少なくした常時インバータ給電方式のUPSが適している。電源電力をコンバータ部によって一旦(いったん)直流電力に変換し、コンデンサによる電力蓄積を行うことで、電源環境の過酷さはここで緩和され、負荷設備への影響を抑制できる。さらに、コンデンサに蓄積された電力で、インバータ部によって適正な電圧波形を生成し負荷設備に電力供給することで、負荷環境の過酷さは緩和され、電源への影響を抑制できる。新形UPSではこの方式を採用した。

3.1.3 FAの負荷設備電源耐量

負荷設備は次のような多様な電源耐量特性を持っている。

- ①電磁リレーなどは、極めて短時間の供給電圧低下によっても釈放し誤動作を起こす。
- ②高精度製造装置では、供給される電圧・周波数の変動によって製造性能が影響を受ける。
- ③供給される電源波形を監視し、異常な波形変化が発生すると警報を発し停止する。

3.1.4 FAでUPSに求められる機能

これら多様な負荷設備に対して、それぞれの特性を確認しながらUPSを選択するのは大変な作業となる。負荷設備の多様な特性に依存せず安心してUPSを選択するためには、UPSに次の機能を持たせておくことが重要となる。

- ①バッテリー運転への移行時など運転モード変化時に供給電圧波形に瞬断がない。
- ②電源電圧が歪(ひず)んだだけでは瞬低と誤判定しない。
- ③負荷設備の使用電力が電圧極性でアンバランスとなっても自己バランス化できる。
- ④負荷設備に供給する電圧が調整できる。
- ⑤負荷設備に供給する周波数の安定化や変更ができる。
- ⑥負荷設備への突入電流を抑制するために供給する電圧を漸増できる。

新形UPSでは、“安心機能”としてこれらの全機能を搭載した。

3.2 FAとの適合性進化

FAで使用する時重要となるUPS仕様3点について次

に述べる。

3.2.1 FA機器との親和性の向上

(1) ブレーカ連動機能

UPSを設置していない負荷設備が、メインブレーカをオンオフするだけで簡単に起動停止できるのに比べ、UPSを設置することで起動停止のたびにUPSのオンオフ操作が必要となるのはわずらわしい場合がある。

また盤や装置内ではUPSが置ける場所を確保するのに制約が多く、手の届き難い盤の奥や装置の奥に設置することも多い。この場合、UPSをオンオフ操作すること自体が困難となる。

さらに通常のUPSは、メインブレーカをオフすることでUPSへの電源給電が停止すると停電発生と判断してバッテリー運転に移行し、バッテリー蓄積エネルギーが枯渇するまで電圧出力を維持し続ける。この場合、メインブレーカをオフしても電圧が供給されているという感電の危険性が危惧(きぐ)されるだけでなく、バッテリーの寿命を極端に短くするという問題がある。UPSで一般に使われる鉛蓄電池は、枯渇状態までの電力放電を数百回繰り返すとバッテリーは劣化し使用不能となる。

新形UPSでは、メインブレーカの警報補助接点をUPSに接続し、ブレーカ動作状態を監視することで、ブレーカを人為的にオフした場合はUPSもオフすることで不要なバッテリー運転を防止し、ブレーカが不意の過電流や漏電によってトリップ(遮断動作)した場合はUPSをバッテリー運転に移行し、負荷への給電を維持させる“ブレーカ連動機能”を搭載した。

(2) 盤用パーツ対応機能

盤面に操作スイッチを設ける場合、セレクトスイッチ、押しボタンスイッチや非常停止用スイッチなど多様な盤用スイッチが使用される。新形UPSでは、これらに対応するインタフェースを設け多様な盤用パーツでのオンオフ操作を可能とした。

(3) 遠隔バイパス指令機能

保守のためUPSの取替えを想定しておく必要があるが、連続稼働が必要な負荷設備の場合は、一旦電源を停止して交換することができない。この場合は、あらかじめUPSの入出力間に保守バイパス回路を構成しておくことになる。

UPS保守時に、保守バイパス回路でUPSの入出力を短絡するためには、UPSはバイパス運転状態となり、入出力電圧を同一にしておく必要がある。新形UPSでは遠隔バイパス指令入力を設け、保守時はこの入力を有効にしておくことで確実な保守作業が行えるようにした。従来のUPSでは別オプションボードを組み込むことで実現していた機能である。

表1にFA機器との親和性の向上について、当社従来品“FW-V形”との比較を示す。

3.2.2 警報機能の充実

FA現場の効率的な運用に寄与するため、UPSで常に電源及び負荷を監視し、電源環境や負荷環境の変化について警報を発したり、履歴情報を持たせる機能を設けた。

(1) 瞬低警報機能

電源電圧に瞬低が発生した場合、UPSで瞬低保護されている負荷設備は瞬低の影響を受けないため特に瞬低発生を知る必要はない。しかし、すべての負荷設備をUPSで瞬低保護するのは経済的ではなく、瞬低の影響の少ない負荷設備では、耐量を超えるレベルの瞬低が発生する確率を考慮して、UPSを設置しないこともあり得る。この場合負荷設備は、耐量を超えた瞬低が発生した場合にのみそれを知り、適切な処置をすることができれば、より経済的な瞬低対策が行える。

新形UPSでは、負荷設備の瞬低耐量に相当するレベル(瞬低電圧、瞬低時間)を設定し、そのレベルを超える瞬低が発生した場合は警報で知らせる仕組み“瞬低警報機能”を設けた。

(2) 瞬低履歴機能

さらに、新形UPSでは瞬低の発生状況を履歴として保持し、その現場でどの程度の瞬低がどの程度の回数発生したのかを知ることができる“瞬低履歴機能”を設けた。図1は瞬低履歴をグラフ化した図であるが、その現場の瞬低発生状況が見えるようになり、瞬低レベルやその発生確率を考慮した瞬低対策立案に役立てることができる。

(3) 電力警報機能

また、新形UPSでは、負荷設備の使用電力を監視する

表1. FA機器との親和性の向上

	当社従来品(FW-V形)	新製品(FW-S形)
メインブレーカ 警報補助接点入力	—	ブレーカ連動機能対応
盤用スイッチ入力	セレクトスイッチ	セレクトスイッチ 押しボタンスイッチ 非常停止用スイッチ
遠隔バイパス指令入力	オプションボードで対応	標準対応

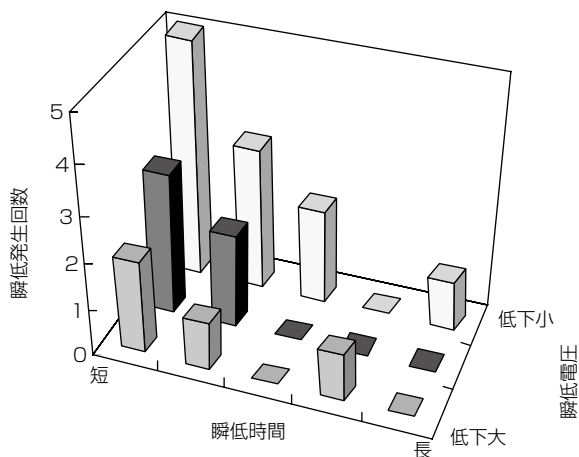


図1. 瞬低履歴グラフ

表 2. 警報機能の充実

	当社従来品 (FW-V形)	新製品 (FW-S形)
瞬低警報	なし	あり
瞬低履歴	なし	あり
電力警報	なし	あり
警報出力回路接続	コネクタ	端子台
メカニカルリレー接点出力	オプションボードで対応	AC100V 1点標準対応

表 3. 設置性の向上

	当社従来品 (FW-V形)	新製品 (FW-S形)
主回路接続	プラグ・コンセント	端子台
奥行き寸法	538mm	415mm (横向きの場合155mm)
横向き設置時の視認性	—	操作表示部傾斜構造によって改善

“電力警報機能”を搭載した。通常のUPSの持つ定格電力を超えたことを知らせる過負荷警報とは違い、適当な警報電力値を設定することで、負荷設備の使用電力の変化をきめ細かく監視することができる。

(4) メカニカルリレー接点出力

通常のUPSの警報出力は小形化、価格の点からフォトカプラによる無接点警報をコネクタによって出力することが一般的であるが、新形UPSでは、警報出力を端子台とし、その一部をAC100V開閉能力を持つメカニカルリレー接点とすることで、盤用表示ランプなどを直接制御し、警報表示することを可能とした。

表 2 に警報機能の充実について、当社従来品との比較を示す。

3. 2. 3 設置性の向上

(1) 主回路端子台接続

OA用UPSは事務所、サーバ室、サーバラック内に設置されることを想定して、100Vコンセント接続に適したプラグ付き電源ケーブルや、サーバを接続するのに適したコンセントを持った構造となっている。

一方FAでは、制御盤内や装置内に設置されることが多いため、上位のブレーカとの接続に適した電源入力端子台や、プログラマブルシーケンサなどFA機器との接続に適した出力端子台構造が求められる。また、不要な力が加わることで電源ケーブルが不意に抜けてしまうことのない“抜け止め機能”もFAでのニーズとなっている。新形UPSでは、主回路接続を端子台構造とした。

(2) 奥行き寸法の小形化

UPSを設置する盤の奥行き寸法には制約があり、UPS奥行き寸法の小ささが求められる。新形UPSでは、奥行き寸法を1.5kVA容量機で業界最小の415mmとし、多くの制御盤に設置できる寸法に小形化した。

さらに奥行きの小ささが求められる場合は、UPS本体を横向きにし、奥行き寸法を155mmとして設置できるようにした。通常のUPS本体を横向きにすると、操作表示部が

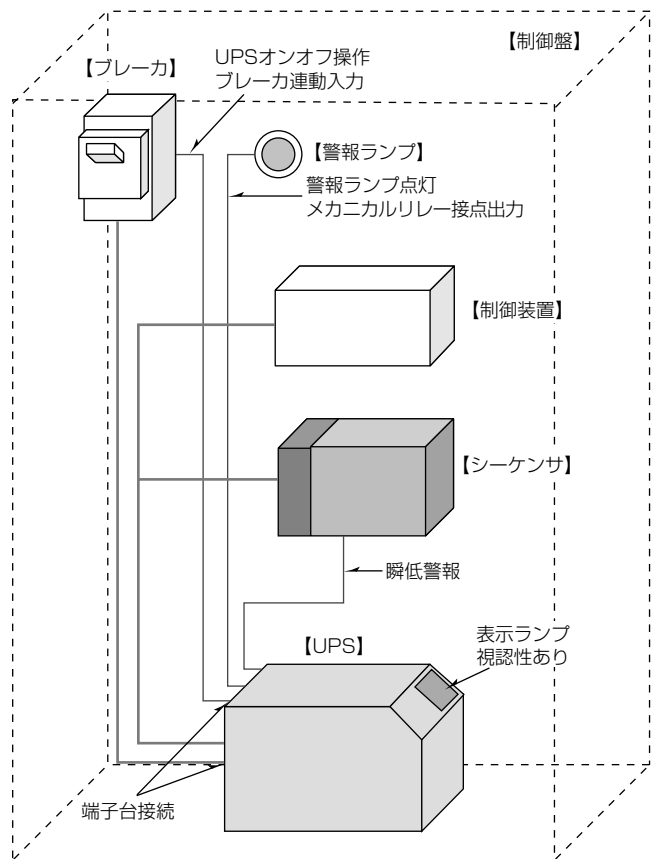


図 2. 適用例

側面側に隠れてしまい、視認性や操作性が悪化するが、新形UPSでは操作表示部に傾斜を持たせることで、上面側から表示ランプや操作ボタンが確認できるようにし、UPS本体横向き設置での視認性、操作性を改善した。

表 3 に設置性の向上について、当社従来品との比較を示す。

4. 適用例

新形UPSを奥行き寸法が小さい制御盤内に横向き設置した例を図 2 に示す。UPSは、主回路電線、制御回路電線とも端子台接続され、シーケンサを含む制御装置を瞬低・停電から保護している。盤のメインブレーカのオンオフ操作に連動して、UPSは起動停止し、電源に所定レベル以上の瞬低が発生した場合は、それを瞬低警報としてシーケンサに伝えている。またUPSが異常を検出した場合は警報ランプを直接点灯させている。

5. む す び

FAを主ターゲットとして開発した新形UPSの製品コンセプト、特長、適用例について述べた。このUPSは、FW-Sシリーズとして順次ラインアップしていく予定である。詳細な製品情報については、当社ホームページの小容量UPS用途別ラインアップ (<http://www.MitsubishiElectric.co.jp/frequps/>) を参照願いたい。

三菱汎用シーケンサMELSEC-Qシリーズ “電力計測ユニット QE81WH”

下江政義*

Energy Measuring Module "QE81WH" for MELSEC-Q Series

Masayoshi Shimoe

要 旨

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、業界初^(注1)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としてMELSEC-Qシリーズ“電力計測ユニット QE81WH”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

MELSEC-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、①制御盤のサイズを変えずに設置可能、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、③通信プログラムが不要であり、計測データの収

(注1) 2010年8月20日現在、当社調べ

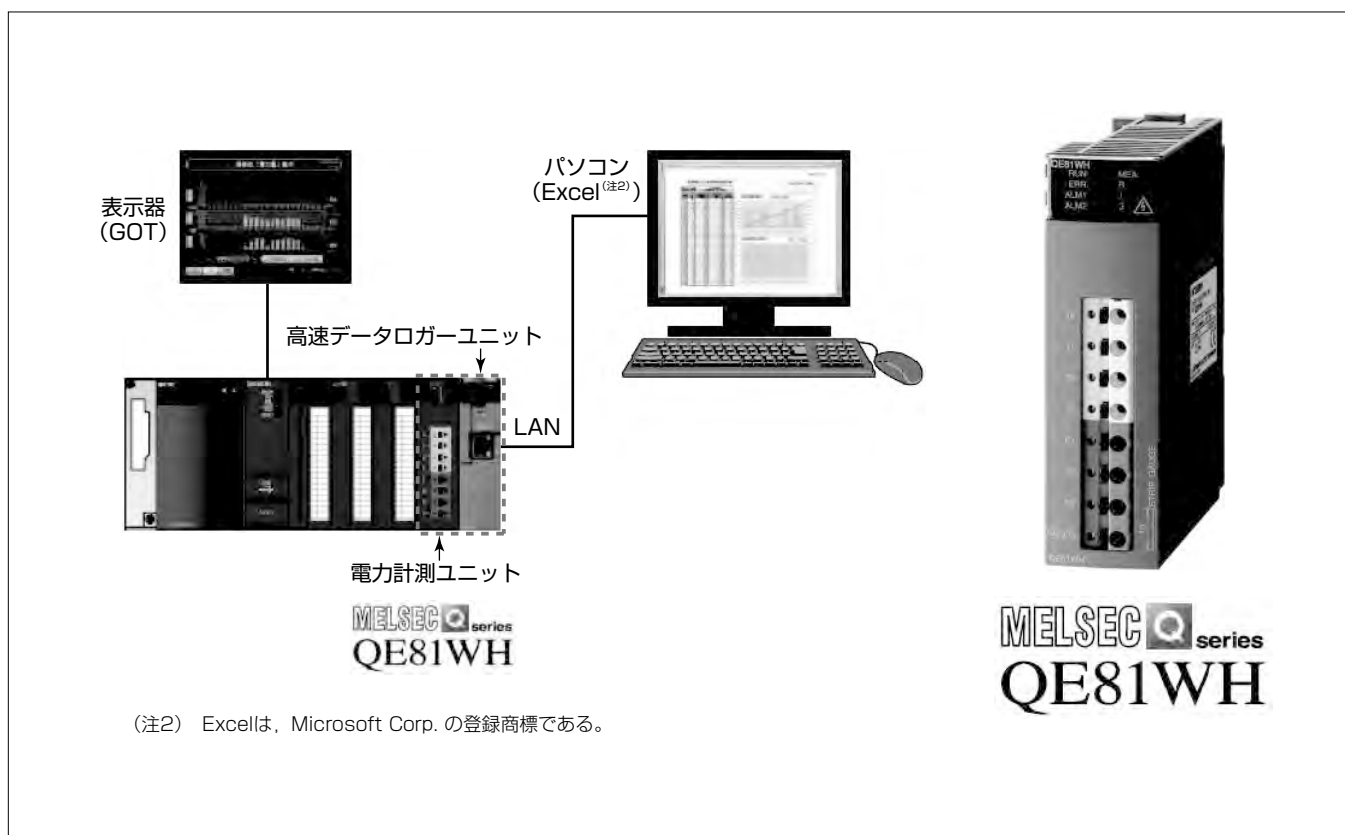
集を行うシステム構築がスムーズに実現可能である。

(2) よりきめ細かな原単位管理をサポート

計測データを直接バッファメモリに書き込むので、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である。

(3) データの見える化も簡単に

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)での計測データの表示や、MELSEC-Qシリーズの“高速データロガーユニット QD81DL96”との組合せによる、電力エネルギーデータのロギングシステムを構築することも可能である。



三菱汎用シーケンサMELSEC-Qシリーズ“電力計測ユニット QE81WH”

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て、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 QE81WHである。①省スペースで計測機器の追加が実現可能、②通信ユニット、通信ケーブル、通信プログラム作成が不要となり、省配線やエンジニアリング作業負荷の軽減による省コスト化が可能、③CPU (Central Processing Unit) ユニットが持つ“生産情報”と、電力計測ユニットが持つ“エネルギー情報”を簡単に突き合わせることができ、容易に原単位管理が可能、④GOTや高速データロガーユニットとの組合せによる、電力エネルギーデータの表示及びロギングシステムを簡単に構築することが可能である。

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、現状、シーケンサが取り込んでいる生産数などの製造情報に加え、今後、エネルギー使用量についての実績データの活用によって、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。

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、業界初となる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”について述べる。

2. 電力計測ユニット

2.1 “e&eco-F@ctory”の概要

製造業におけるエネルギー消費の中で、約70%を工場の生産設備が占めている（環境省、2006年度CO₂排出量内訳による）。エネルギー管理規制の強化に伴い、エネルギー使用量のきめ細かな計測ニーズと、計測ポイントを受配電盤から生産設備まで拡大する必要性に加え、製品単位の消費エネルギー量、つまり“エネルギー原単位”を工場最適化の新たな指標とすることが重要となってきた。三菱電機は、FA機器分野での生産・品質データの見える化を推進する“e-F@ctory”提案と、受配電分野での使用エネルギー量の見える化によって省エネルギー活動を支援する“エコファクトリー”提案を融合し、生産設備単位でのきめ細かい省エネルギー管理によって“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”を提唱し、製造業でのエネルギー効率化と環境への配慮を提案している（図1）。

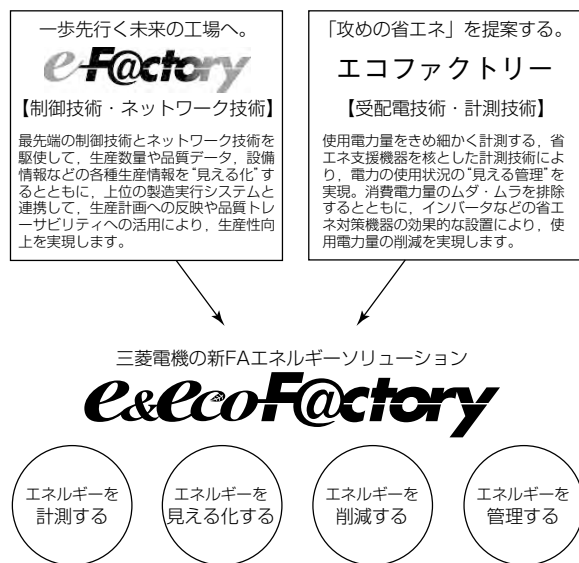


図1. “e&eco-F@ctory”の概要

“e&eco-F@ctory”実現のためには、“計測する”“見える化する”“削減する”“管理する”，といった4つの改善によって、それぞれの生産設備における原単位管理を行っていくことが重要であり、さらに、エネルギーを必要な場所に、必要な量を、必要な時に供給する“エネルギー・ジャストインタイム”の発想が必要となる。今回開発した“MELSEC-Qシリーズ電力計測ユニット”は、電力エネルギーを“計測する”ための計測器であり、“e&eco-F@ctory”を具現化するキーコンポーネントとして位置付けられる。

2.2 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) 省スペース、省配線、簡単計測を実現

このユニットはMELSEC-Qシリーズのベースユニットに直接取り付けて電気量の計測が行えるため、制御盤のサイズを変えずに設置することが可能である。また、システム導入時の通信ユニット、通信ケーブル、通信プログラムの作成が不要となり、省配線やエンジニアリング作業負担の軽減による省コスト化が実現できる。

(2) 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等にも役立つ。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。

(3) データの見える化も簡単に

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三菱電機FA機器情報サービス“MELFANSweb”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”との組み合わ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、原単位グラフの表示が可能である。

2.3 製品仕様

表1に電力計測ユニットの仕様を示す。専用の分割形電流センサによって、50A、100A、250A、400A、600Aの計測が可能であり、さらに、専用5A電流センサ“EMU2-CT5”と変流器(CT)を組み合わせた2段構成で使用することで、一次側電流値は6,000Aの負荷まで計測が可能な仕様である。また、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仕様

項 目	仕 様
相 線 式	単相2線式／単相3線式／三相3線式 共用
計器定格	電圧回路 AC 110V, 220V (AC 440V以上は* /110Vの計器用変圧器(VT)が必要、一次電圧は6,600Vまで計測可能)
	電流回路 AC 50A, 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) AC5A (専用5A電流センサ“EMU2-CT5”を使用。5A電流センサは変流器(CT)と組合せた2段構成にて使用し一次側電流値は6,000Aまで計測可能)
	周波数 50 / 60Hz (周波数自動判別)
	計測項目と本体許容差 (電流センサの誤差含まず) 電流, デマンド電流: $\pm 1.0\%$ (定格100%に対して) 電圧: $\pm 1.0\%$ (定格100%に対して) 電力, デマンド電力: $\pm 1.0\%$ (定格100%に対して) 周波数: $\pm 1.0\%$ (45~65Hz範囲) 力率: $\pm 3.0\%$ (電気角 90° に対して) 電力量: $\pm 2.0\%$ (定格の5~100%範囲, 力率=1) 無効電力量: $\pm 2.5\%$ (定格の10~100%範囲, 力率=0)
計測回路数	1 回路
入出力占有点数	16点 (I/O割付: インテリ16点)

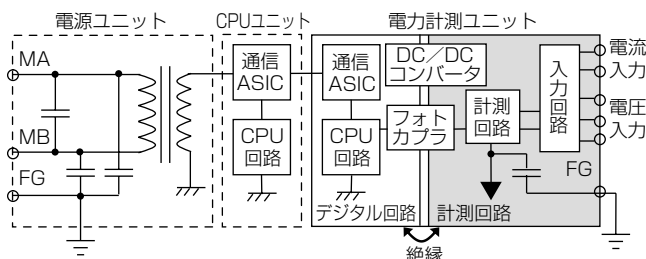


図 2. 電力計測ユニットの回路構成

3. 特長及び製品化のための技術

3.1 外部入力信号のEMC対策

このユニットは、電気を計測するために負荷の電圧、電流を入力する必要があるが、ユニットに直接AC220Vを入力することで、ノイズによる誤動作や誤結線、故障等によるほかのユニットへの影響などが懸念される。

開発にあたっては、次の基本方針によって設計を行った。

- ①外部入力端子起因(ノイズ、誤結線等)によるこのユニットの故障がほかのユニットへ波及しないような設計とする。
 - ②外部入力端子からのノイズなどの影響によってこのユニット及びほかのユニットが誤動作しない設計とする。
- ①、②を実現するために、このユニットでは、AC220Vが入力される計測回路部とCPUユニットとのデータのやり取りを行うデジタル回路部を絶縁する構成とした。図 2 に電力計測ユニットの回路構成を示す。

このユニットでは、計測回路部とデジタル回路部をDC/DCコンバータ及びフォトカプラで絶縁する回路構成とした。また、このほかにも、電子回路設計及び基板パターン設計時に次のEMC (Electro-Magnetic Compatibility) 対策を行った。

表 2. EMC試験結果

試験項目	規格	印加箇所	試験条件	結果
放射電界強度	EN61326 EN61131-2	ENCLOSURE	30~1,000MHz	Pass
静電気放電 イミュニティ	接触 気中 EN61000-4-2	ENCLOSURE	$\pm 2, 4\text{kV}$	Pass
			$\pm 2, 4, 8\text{kV}$	Pass
放射電磁界 イミュニティ	EN61000-4-3	ENCLOSURE	80MHz~1GHz 10V/m, 80%AM	Pass
			1.4~2 GHz 3V/m, 80%AM	Pass
			2~2.7GHz 1V/m, 80%AM	Pass
			1V/m, 80%AM	Pass
EFT/バーストイミュニティ	EN61000-4-4	I/O	$\pm 2\text{kV}$	Pass
伝導イミュニティ	EN61000-4-6	I/O	0.15~80MHz 10V, 80%AM	Pass
電源周波数磁界イミュニティ	EN61000-4-8	ENCLOSURE	30A/m	Pass

EFT: Electrical Fast Transient

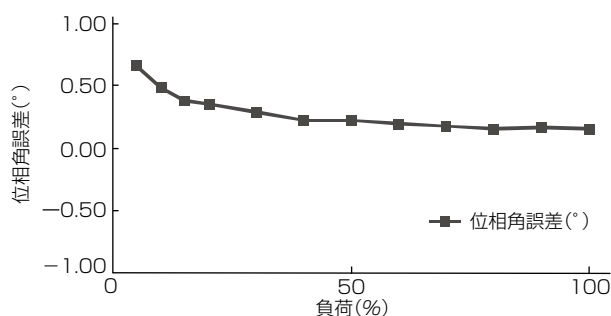


図 3. 一般的な電流センサの負荷一位相特性例

- ①電圧入力部の基板パターンに放電パターンを追加(雷インパルス対策)
- ②電流入力部にノイズ対策用の高周波フィルタを追加(バーストノイズ対策)
- ③基板端及びケース合わせ目の基板パターンにガードパターン(GND(グラウンド)パターン)を追加(静電気ノイズ対策)

EMC試験は、このユニットがCEマーキング(EU域内流通目的のマーキング)対応ということで、EN61326/61131-2に準拠した試験規格にて行った。試験結果を表 2 に示す。

先に述べた試験のほか、外部入力端子へのシミュレータノイズ試験や雷サージ電圧印加試験を実施し、計測ユニットの故障やほかのユニットへの影響がないことを確認した。

3.2 電流センサ位相特性補正による計測精度確保

このユニットは、電流回路の入力としてAC5A, 50A, 100A, 250A, 400A, 600Aの専用電流センサに対応している。一般に電流センサは、負荷(特に低負荷領域)及び周波数変化による位相誤差が大きくなる傾向にある(図 3)。そのため、負荷及び周波数に応じて、電流センサの位相特性の補正を行わないと電力量の誤差が大きくなり計測精度が確保できないという問題がある。

このユニットでは、当社で独自開発した計測ASIC (Application Specific Integrated Circuit)の電流センサ位相特性補正機能を活用し、負荷及び周波数による位相特性

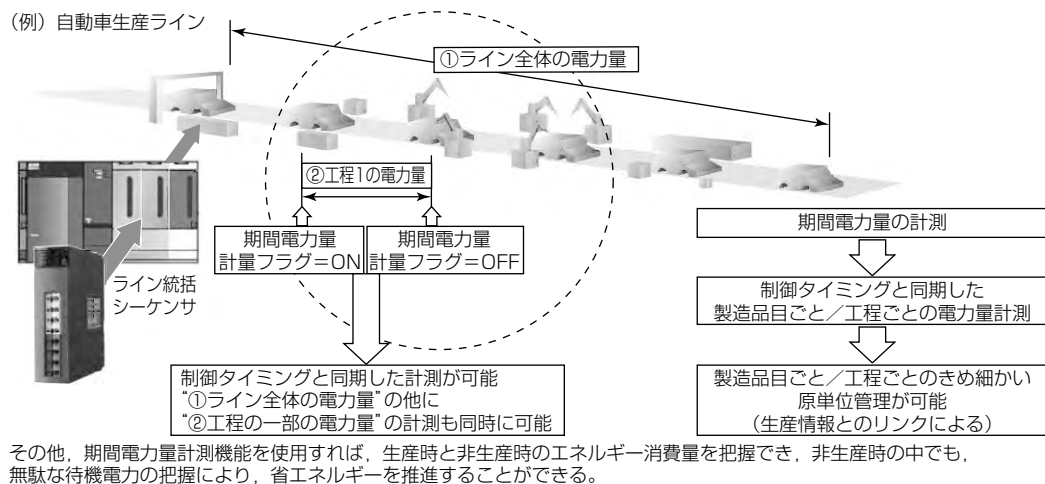


図4. 期間電力量計量機能の使用例

表3. 誤差試験結果

計測要素	誤差規格	結果
電力量(5~100%)	±2.0%	Pass
無効電力量(5~100%)	±2.5%	Pass
電流(0~100%)	±1.0%	Pass
電圧(0~100%)	±1.0%	Pass
力率	±3.0%	Pass

を補正することによって計測精度の確保を行った。また、各電流センサによって位相特性が異なるため、一次電流の設定値に対応する電流センサごとに補正值を持たせる構成とした。

この補正機能によって開発したユニットの誤差試験結果を表3に示す。

誤差試験の結果、定格の5~100%範囲での電力量の計測精度：±2.0%以下を満足していることが確認できた。

3.3 制御タイミングと同期した計量機能の搭載

このユニットはシーケンサに取り付けて電力量計測を行うことから、設備の制御タイミングと同期した電力量の計測を行うための“期間電力量計量機能”を搭載した。この機能は、設備の制御タイミングに同期して、このユニットの期間電力量計量フラグ(出力信号)をON/OFFすることで、フラグがONの間の電力量を計量することができる。これによって、例えばライン全体の電力量に加え、ライン内のある工程での電力量の把握や、稼働時/非稼働時の電力量計量が簡単に行え、きめ細かい計量による省エネルギーの推進が可能となる。図4に期間電力量計量機能の使用例を示す。

期間電力量は独立した2系統での計測が可能であり、先に述べた例以外にも稼働/非稼働時の電力量を別々に計量することも可能である。

3.4 エンジニアリング環境の整備

このユニットで計測した電力量を見える化するためのツールとして、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での表示を行うサンプル画面を製作し、三菱電機FA機器情報サービス“MELFANSweb”からダウン

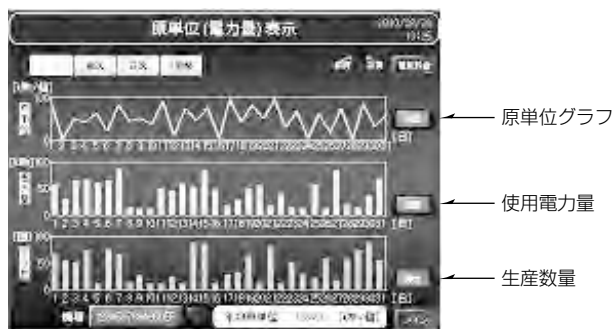


図5. GOTサンプル画面例(原単位グラフ)

ロードできるようにした。このサンプル画面の例を図5に示す。

図5の画面は、シーケンサが持っている生産数量のデータと電力計測ユニットで計測した電力量データをリンクさせて、原単位(生産1個あたりの電力量)グラフを表示する例である。

このほかにも、サンプル画面上から、一次電圧、一次電流、警報設定等、電力計測ユニットの動作に必要な設定が行える画面も用意している。

また、GOT以外に見える化ツールとして、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、原単位グラフの表示が可能なサンプルファイルもMELFANSwebからダウンロード可能である。

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”について述べた。

今後は、このユニットの機能及び製品ラインアップの充実化によって、“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”の一層の浸透を図る所存である。