



家庭から宇宙まで、エコチエンジ  
eco Changes

# 三菱電機技報

4

2019

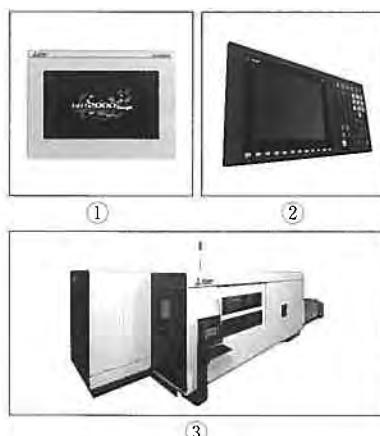
Vol.93 No.4

## 最新のFA技術・システム



## 目 次

特集「最新のFA技術・システム」		Latest Factory Automation Technologies and Systems
今後のデジタル生産システムに求められるもの…… <b>卷頭言</b>	1	Requirements for Digital Manufacturing Systems in Future
梅田 靖		Yasushi Ueda
FA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”		Latest Factory Automation Technologies and Systems for FA-IT Integrated Solution “e-F@ctory”
を支える最新のFA技術・システム ……………… <b>卷頭論文</b>	2	Takashi Mizuchi
水落隆司		
リモートIO-Linkユニット ………………	8	Remote IO-Link Module
名女松 諭・角尾光宏・安味大輔		Satoshi Namematsu, Mitsuhiro Tsuno, Daisuke Ammi
MC Works64エッジコンピューティングエディション		Visualization of FA Site by MC Works64 Edge Computing Edition
によるFA現場の見える化 ………………	12	Yuzuru Tone, Mikito Takahashi
刀根 謙・高橋幹人		
三菱電機シーケンサ“MELSEC iQ-Fシリーズ”		Intelligent Function Modules for Mitsubishi Electric Programmable Logic Controller “MELSEC iQ-F Series”
インテリジェント機能ユニット ………………	16	Hiroyasu Takada, Takumi Shimawaki, Yutaka Kinoshita
高田浩靖・島脇 巧・木下 寛		
グラフィックオペレーションターミナル		New Model of Graphic Operation Terminal “GOT2000 Series”
“GOT2000シリーズ”的新機種 ………………	20	Tetsuya Takashima, Fumie Kudo
高嶋哲也・工藤文美恵		
アプリケーションパッケージ		Application Package “iQ Monozukuri PACKAGING”
“iQ Monozukuri PACKAGING” ………………	24	Noboru Nishihara, Rie Suzuki
西原 昇・鈴木理恵		
新興国市場のニーズに応える三菱CNC“E80シリーズ” ………………	28	Mitsubishi CNC “E80 Series” to Meet Needs of Emerging Markets
末田 崇		Takashi Sueda
シミュレータとAIの活用による		Automatic Adjustment Function for 3D Vision Sensor by Using Simulator and AI
3Dビジョンセンサ自動調整機能 ………………	32	Yasunori Sakuramoto, Toru Kikuchi
櫻本泰憲・菊池 徹		
新型二次元ファイバーレーザ加工機“GX-Fシリーズ” ………………	36	New Type of 2D Fiber Laser Processing System “GX-F Series”
村澤裕樹・福岡輝章・平野孝幸		Hiroki Murasawa, Teruaki Fukuoka, Takayuki Hirano
放電加工機リモートサービス“iQ Care Remote4U” ………………	40	EDM Remote Service “iQ Care Remote 4U”
堂森雄平・加藤達也		Yuhei Domori, Tatsuya Kato
三菱シーケンサ“MELSEC iQ-Rシリーズ”的		Energy Measuring Module of Mitsubishi Programmable Controller “MELSEC iQ-R Series”
電力計測ユニット ………………	44	Yuki Nobe
野邊勇樹		
配電監視用ネットワーク“B/NET”を活用した		Integrated Meter Reading and Monitoring System Using Power Distribution Monitoring Network
統合検針・監視システム ………………	48	“B/NET”
秋山智彦		Tomohiko Akiyama
盤の小型化に貢献する低圧遮断器 ………………	52	Low-voltage Circuit Breakers Contributing to Downsizing of Panel
千種貞一		Shinichi Chigusa
<b>豆知識</b> ………………	56	
<b>特許と新案</b>		
「数値制御装置」「機能ユニット及び制御装置」 ………………	57	
「回路遮断器」 ………………	58	



### 表紙：最新のFA技術・システム

三菱電機は、先端技術と最高品質をベースとしたFA総合ソリューションe-F@ctoryの提供を通じて、世界のものづくりに貢献、顧客満足 OnlyOne FA Supplierへの挑戦を行っている。

- 本号では、このe-F@ctoryを支える最新のFA技術・システムについて紹介する。
- ①GOT2000シリーズGT25耐環境性強化モデルである。プラント設備やEV(Electric Vehicle)スタンド、建設機械などの市場をターゲットとし、従来機種より幅広い環境に適応した。
- ②MITSUBISHI CNC E80シリーズである。“工作機械のコストパフォーマンス向上”, “easy to use”, “IoT(Internet of Things)対応”に応える機能を搭載し新興国市場のニーズに対応した。
- ③新型二次元ファイバーレーザ加工機GXシリーズである。“高い加工安定性と信頼性”, “高速加工、低ランニングコスト”, “完全自動化、省人化”を実現した。

## 巻/頭/言

## 今後のデジタル生産システムに求められるもの

Requirements for Digital Manufacturing Systems in Future

梅田 靖  
Yasushi Umeda

ドイツ発のIndustrie4.0や日本発のConnected Industries, Society 5.0に代表されるように、生産システムのデジタル化、ネットワーク化がすさまじい勢いで喧伝(けんでん)されている。多分本質は、情報世界と現実の物理世界が密に結合し、物理世界の状態をリアルタイムでモニタリングしながら、状況を判断して物理世界を制御するCPS(Cyber Physical Systems)、特に、生産システムの場合はCPPS(Cyber Physical Production Systems)とそのネットワーク化にあると思われる。ここには、IoT(Internet of Things), AI(Artificial Intelligence), ビッグデータなど情報系の流行り言葉は何でも含まれる。

今回の特集でもこの分野での最先端のシステム、要素技術、応用事例が満載され、喜ばしい限りである。しかし、ユーザー企業やものづくりの現場を見れば、先に述べたCPPS化の動きにどこまで追従できているのか。IoT化のブームに乗って、工作機械や各種装置のログデータは取れるようになったけれど、それをどう使えば良いか分からぬというのが多数を占めるのではないか。それと、Industrie4.0が言う、工場間、企業間を結ぶネットワーク化。これが日本企業は企業間の壁が厚く、どうにも進まない気がする。1980年代からうまくやってきた日本の製造業は生産装置にしろ、自動化にしろ、レガシーが重く、なかなか抜本的な展開が図れず、このままじり貧になりそうに思えてならない。

では何が必要なのか。思うに、CPPSのCyber層の情報技術に関する長足の進歩は目を見張るものがあるが、それをいかに使いこなして、品質向上などの価値創造へ結びつけるかという問題が今一番重要で、世界中どこでもこれに対する決定打は出ていないと思っている。日本の製造業に関して言えば、日本の製造業の強みをCPPSという新しい

器に盛り直して、世界に勝てる製造業に転換することが重要なのだと思う。ただしこれまで何度も苦渋を味わってきた、技術で勝って、システム、ソフトウェア、標準化で負けるということは繰り返してほしくない。

では日本の製造業の強みは何なのか。最近は反例がボロボロと新聞報道されて困っているのだが、やはり、“高品質なものづくり”，労を惜しまない、高品質な製品、不良品のないきめ細かなものづくり、製造工程での不断の改善、コストダウンなのではないだろうか。生産システムに関しては、例えば外部のSIerから買ってくるのではなく、自社内のエンジニアが主導して生産システムを開発・設計し、汗をかいて運用し、日々カイゼンし、リーン化し続けるところに特徴があるのではないだろうか。結果として、生産システムは大変リーンになってコストも下がるが、運用に知識と技能が必要になり、海外展開が難しくなってしまうという話も聞かないことはない。

とすると、最先端の情報技術の詰まったCPPSは、人を支援することに主眼を置くべきであろう。Industrie4.0が得てして省人化、自動化のイメージが強いのに反して、日本型のCPPSでは、現場の作業者や技術者が現場のその場、その場でカイゼンを行う、問題発見・解決を行うその作業をきめ細かく支援する、そういう形が求められていると考えている。これを我々は“デジタルトリプレット”と呼んでいる。

これは、技術者教育とも表裏一体であり、今後の生産システム技術者は、こういったCPPSを使いこなして、生産システムの開発、設計、運用、問題解決、カイゼンを行うことが必須となる。こういった、デジタル生産システム技術者とも呼ぶべき新しい職能のための教育プログラムを用意することが大学側の役割だと考えている。

# 卷頭論文

## FA-IT統合ソリューション“e-F@ctory” を支える最新のFA技術・システム



Latest Factory Automation Technologies and Systems for FA-IT Integrated Solution "e-F@ctory"

Takashi Mizuochi

### 要旨

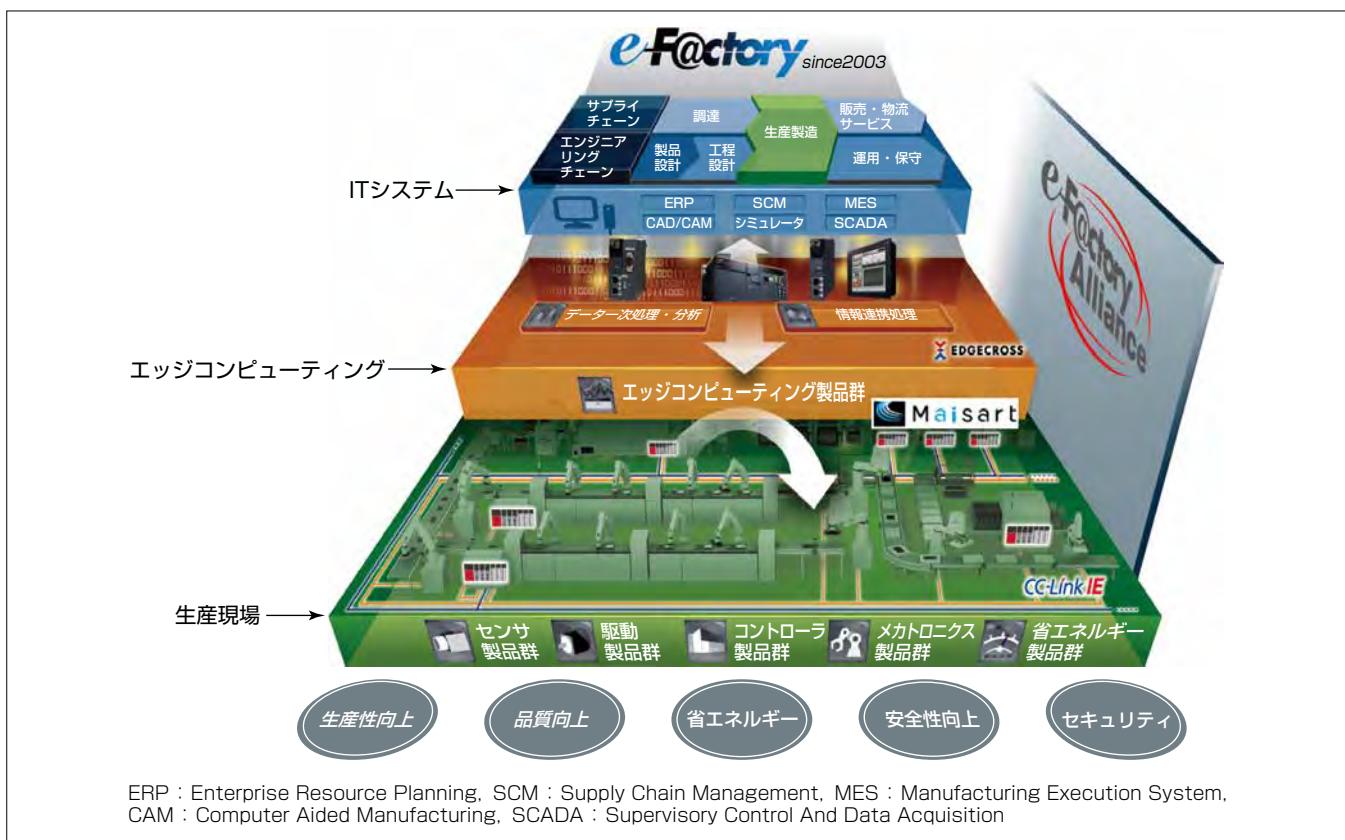
日本が目指すべき未来社会の姿として提唱されたSociety5.0の理念の下、IoT(Internet of Things)化されるものづくりの現場で、三菱電機はTCO(Total Cost of Ownership)の削減と企業価値の向上を実現するFA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”を提供している。本稿では、それを支える最新のFA技術とシステムについて詳述する。

はじめに、生産現場に近い位置で収集したデータを分析・診断し、生産現場へリアルタイムにフィードバックするエッジコンピューティングに関する技術や、それを実現する産業用PC“MELIPCシリーズ”と当社AI(Artificial Intelligence)技術“Maisart”を活用したEdgecross<sup>(注1)</sup>対応ソフトウェア“iQ Edgecross”について述べる。また、e-F@ctoryの基盤を形成するFA統合プラットフォーム“iQ

Platform”に関し、コントローラとエンジニアリング環境及び生産現場の設備やセンサ等からデータ収集するためのFA統合ネットワークの最新動向について述べる。駆動制御機器の最新技術動向として、Maisartを活用したサーボシステムコントローラとCNC(数値制御装置)及び産業用ロボットについて述べる。さらに、Maisartを搭載した最新の加工機及び金属3Dプリンターを含むモジュール型金属加工機について述べる。

今後もe-F@ctoryを支える最先端のFA技術・システムを継続的に生み出すことで、経済発展と社会的課題の解決を両立させる社会に価値を提供していく。

(注1) 一般社団法人 Edgecrossコンソーシアムが提供するオープンなエッジコンピューティング領域のソフトウェアプラットフォーム。



### FA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”

e-F@ctoryは、生産現場を基点とした経営改善を目指して、“人・機械・ITの協調”によるフレキシブルなものづくりによって、サプライチェーンとエンジニアリングチェーン全体にわたって企業のTCO削減と企業価値向上を支援する。当社はエッジコンピューティングによる生産現場のデータ分析・診断にAI技術Maisartを活用したソフトウェアの提供に加え、MaisartによるFA機器の強化を行っている。

## 1. まえがき

現在、日本では科学技術政策の基本方針であるSociety5.0の下、IoTで全ての人とモノをつなげ、新たな価値創出を目指している。一方で製品に対するエンドユーザーのニーズの多様化や製品ライフサイクルの短期化に伴い、製造メーカーで、短時間で変種変量生産に柔軟に対応していくことが重要になってきている。そのため、工場の設備やセンサ等の生産現場のあらゆるものがネットワークに接続されるIoT化が急速に進展し、収集したデータをリアルタイムに生産管理や予防保全に活用する生産改善の取組みが増えてきている。

当社は2003年にe-F@ctoryのコンセプトを掲げ、FAとITをつなぐ連携技術によってFA機器から収集したデータを活用し、ものづくり全体の最適化を推進してきた<sup>(1)</sup>。また、パートナー企業を通じ、広くグローバル展開も行つてきている。最近では、FAとITとをつなぐエッジコンピューティング領域で、生産現場のデータ分析・診断に当社AI技術Maisartを活用したソフトウェアを提供し、リアルタイムの生産改善を実現するとともに、MaisartでFA機器をインテリジェント化している<sup>(2)</sup>。

本稿では、IoT化されるものづくりの現場で、TCOの削減と企業価値の向上を実現するe-F@ctoryと、それを支えるFA技術やシステムの最新技術について述べる。

## 2. FA-IT統合ソリューションe-F@ctory

FA-IT統合ソリューションe-F@ctoryは、当社が提供するものづくりのソリューションであり、製造業の開発・生産・保守の全般にわたってTCOを削減するため、現場でのFA技術を高度なIT技術と連携させ、工場全体の最適化に貢献するものである。

e-F@ctoryは図1に示すとおり、生産現場、エッジコ

ンピューティング、ITシステムの3層で構成される。生産現場では、設備やセンサ等からのデータをリアルタイムに収集するとともに、ITシステムからの生産指示に基づいて生産を実行する。ITシステムは生産現場から収集された生産データ等の情報に基づいて生産管理や経営管理を行う。エッジコンピューティングは、生産現場とITシステムとの間に位置し、迅速な改善が求められる生産現場に近い位置で大量の収集データを分析・診断し、リアルタイムに生産現場へフィードバックして生産改善につなげる。また、生産現場とITシステムとをシームレスに連携する。このように、e-F@ctoryでは、エッジコンピューティングが生産現場とITシステムを結び、生産改善を行う上で重要な役割を果たす。

## 3. エッジコンピューティング

エッジコンピューティングの領域では生産現場から収集した大量のデータやAI技術等の活用によって、例えば、設備の異常を事前に検知してそれを生産現場へ迅速に通知することで、故障による生産停止の前に対策を講じて生産性の低下を防ぐことができる。また、収集したデータを加工処理し、生産管理を行うITシステムが必要な情報を抽出し、ITシステムとのシームレスな連携を実現する。このようなエッジコンピューティングを実現するために、当社では産業用PCである“MELIPCシリーズ”とその上で実行する各種ソフトウェア製品を提供している。

### 3.1 産業用PC MELIPCシリーズ

産業用PC MELIPCシリーズは、エッジコンピューティングの領域で生産現場のデータの分析・診断処理を実行する産業用PCである。高性能プロセッサを搭載し、“CC-Link IE”によるリアルタイムデータ処理が可能な図2のハイエンド機種“MI5000”から、ミドルレンジの“MI2000”，小型・低コストの“MI1000”まで、用途に応じたライン



図1. FA-IT統合ソリューションe-F@ctory

アップを提供している。

MI5000は、リアルタイムOSを搭載しており、正確なタイムスタンプが付与された生産現場のデータを高速に収集できる。また、一般社団法人 Edgecrossコンソーシアムが提供するオープンプラットフォームEdgecrossの基本ソフトウェアとCC-Link IEフィールドネットワークに対応した“データコレクタ”をプリインストールしている。各種FA機器とのデータ交信やEdgecross対応アプリケーションの使用が可能になり、エッジコンピューティングシステムの構築を容易に実現できる。

### 3.2 Edgecross対応ソフトウェアiQ Edgecross

当社は、オープンなソフトウェアプラットフォームEdgecrossに対応し、MELIPCに搭載して実行するソフトウェア群iQ Edgecrossとして、AI技術Maisartを搭載したデータ分析・診断ソフトウェア“リアルタイムデータアナライザ”，GOT対応HMIソフトウェア“GT Soft GOT”，及び様々な機器からデータを容易に収集できる“データコレクタ”を提供している(図3)。

リアルタイムデータアナライザは、生産現場データのリアルタイム診断とオフライン分析を一つのソフトウェアで実現するデータ分析・診断ソフトウェアであり、予防保全や品質向上の簡便な実現に貢献する。Maisartの類似波形認識技術を活用し、センサ等の波形データを学習・認識することで、リアルタイム診断時に異常兆候検知を可能にし



図2. 産業用PC MELIPC (MI5000)

データ分析・診断ソフトウェア リアルタイムデータアナライザ	
GOT対応HMIソフトウェア GT Soft GOT	
<b>データコレクタ</b> CC-Link IEフィールドネットワークデータコレクタ SLMPデータコレクタ OPC UAデータコレクタ MTConnectデータコレクタ	

GOT : Graphic Operation Terminal. HMI : Human Machine Interface

図3. Edgecross対応ソフトウェアiQ Edgecross

ている。また、AIに加え、MT(マハラノビス・タグチ)法や重回帰分析等の統計手法を活用し、問題発生時の要因分析を容易化している。

データコレクタは、最速1ms周期のデータ収集が可能なCC-Link IE フィールドネットワークを始めとして、SLMP(Semless Message Protocol), OPC UA<sup>(注2)</sup>, MT-Connect<sup>(注3)</sup>等の標準プロトコルに対応した製品を提供しており、様々な機器やデバイスからデータを容易に収集することが可能になっている。

iQ Edgecrossによって、生産現場の様々な設備から情報をリアルタイムに収集して分析・診断できるようになり、生産現場での予防保全や品質向上等の多様なニーズに対応し、データ活用による生産現場の改善を実現できる。

(注2) OPC UAは、OPC Foundationの登録商標である。

(注3) MTConnectは、The Association For Manufacturing Technologyの登録商標である。

### 4. FA統合プラットフォームiQ Platform

iQ Platformはe-F@ctoryの基盤を形成するFA統合プラットフォームであり、生産システムを制御するコントローラ、エンジニアリング環境、ネットワーク等を統合・連携するプラットフォームである。

#### 4.1 コントローラ

e-F@ctoryの要となるコントローラとして“MELSEC iQ-R シリーズ”を始めとするシーケンサのほか、モーションコントローラやC言語コントローラ等を用途に応じて提供している。近年、安心・安全な制御システムが求められることが多く、特に社会インフラ市場では停止時の影響が大きいため二重化システムが必須であり、また、国際安全規格への適合を求める機会が増加している。そのため、“MELSEC iQ-R シリーズ二重化シーケンサ”に対して第三者認証機関から国際安全規格の認証を取得し、冗長機能に加えて、計装制御と安全制御の統合によって高性能・高信頼システムのTCO削減に貢献する“IEC61508 SIL2対応二重化シーケンサ”を提供している(図4)。これによって、安全規格に適合した二重化制御システムを構築できる。

コントローラを支えるエンジニアリング環境として、“MELSOFT Navigator” “GX Works3” “MT Works2” “GT



図4. IEC61508 SIL2対応二重化シーケンサ

Works3”等を統合した“iQ Works”を提供している。工場をグローバルに展開している企業では、マザー工場の生産ラインを海外拠点へ展開する場合の流用開発で、過去に作成したプログラム等、資産の効率的な活用が課題となっている。当社は、プロジェクトの流用開発のために、プロジェクトやライブラリを目的ごとに分類して管理するソフトウェア“MELSOFT iQ AppPortal”を提供している(図5)。これによって、最大10,000個の資産を登録できる。資産の変更履歴が蓄積された登録資産の容易な取り出しや、フィルタリングによる素早い検索が可能になり、流用開発を効率化できる。

#### 4.2 FA統合ネットワーク

IoT化が進み、ネットワークにつながる生産現場の設備やセンサ等から収集するデータの活用が生産性・品質の向上にますます重要になってきている。当社では、情報系から制御系までシームレスに連携するためのネットワークを取りそろえている(図6)。CC-Link IEは、装置の制御データを生産管理等のための情報データと混在させることができるEthernet<sup>(注4)</sup>ベースのオープンネットワークである。生産現場の膨大な生産情報を1 Gbpsの高速通信でリアルタイムに伝送することができる。さらに、オープンなSLMPプロトコルによって、ITシステムからFA機器にシームレスにアクセスし、ビッグデータ解析に必要なリアルタイムなデータ収集を実現できる。また、機器や小規模な装置でもコストをかけずにネットワーク対応を可能



図5. MELSOFT iQ AppPortalの画面

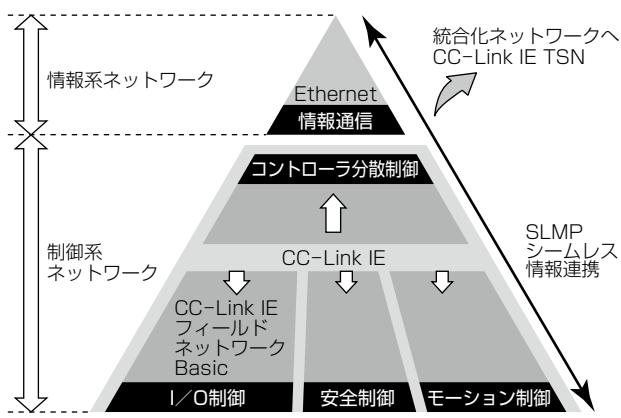


図6. FAオープンネットワーク

にするため、専用ASIC(Application Specific Integrated Circuit)を使用せずにソフトウェアの実装でサイクリック通信を実現する“CC-Link IEフィールドネットワークBasic”を提供している。

次世代のネットワークとして、Ethernetを拡張したTSN(Time Sensitive Networking)の技術を採用した“CC-Link IE TSN”の仕様が2018年11月にCC-Link協会から公開された。情報系と制御系のネットワークを統合し、時分割通信によって、リアルタイム性が必要な制御通信と非リアルタイムな情報通信を混在させることが可能になる。当社はCC-Link IE TSNに対応したFA製品を開発することで、e-F@ctoryによる工場のスマート化を強力に支援し、製造業の競争力強化に貢献していく。

(注4) Ethernetは、富士ゼロックスの登録商標である。

#### 5. 駆動制御機器

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

##### 5.1 サーボシステムコントローラ

サーボシステムでも、AIの活用が進展している。装置運用時の予知保全技術への適用が盛んだが、装置立ち上げ時の支援機能も開発されている。ここではサーボシステムの代表用途である高速位置決めのパラメータ調整自動化技術について述べる。

従来は、加速度が矩形(くけい)状の位置指令をフィルタで平滑化しながら位置決め高速化と停止精度の両立を図っていた。これに対し、PC組み込み型サーボシステムコントローラ“MR-MC341”では、図7(a)に示す加速度が台形の指令形状で、各辺に対応する七つの時間長を独立に設定可能な指令生成機能を搭載している。ただし、パラメータ数が多いため手調整が難しく、組合せ数が膨大なため、全ての候補値を試行する調整自動化が困難であった。そこで、機械学習を用いて比較的少ない試行で最適化を行う技術を開発した。図7(b)に部品実装機を対象に自動調整を行った結果を示す。移動距離ごとに約10分の機械学習による調整で、従来に比べ約20%の位置決め時間短縮効果が得られた。今後の製品への応用が期待される。

##### 5.2 CNC

工作機械の加工精度を決定する誤差要因には、部品誤差、組立て誤差、部品間の摩擦等、工作機械が元から持っている誤差の他、加工プログラムや治工具等の段取り時に発生する誤差、機械の設置・運転時の環境に依存して発生する誤差がある。機械加工実行時に、これら誤差が複合的に発生し、問題解決に多大な時間を要している。中でも厄介な

のが、環境依存の変化や加工中に動的に変化する誤差であり、代表的なものとして機械の温度変化による変形がある。

今回、温度センサによって検出した周辺温度や機械動作中の発熱温度を学習データとし、同時にレーザ変位計等で計測した機械の変位量を教師データとしてあらかじめ Maisartで学習しておき、加工中には刻々変化する温度から変位量を推定して補正するAI熱変位補正機能を開発した(図8)。

この機能によって様々な運転条件や周辺温度の変化に柔軟に追従する熱変位補正が可能になるため、世界中のあらゆる環境で使用される工作機械に対して、個別に最適な補正ができるようになると期待している。

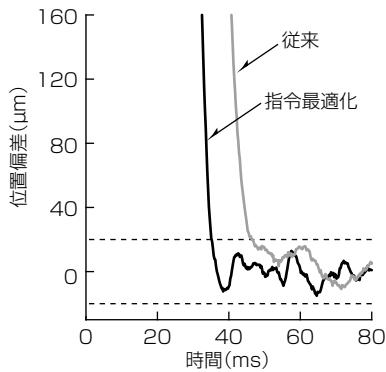
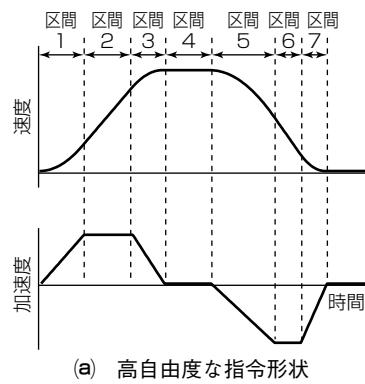


図7. 高自由度な指令形状の機械学習による最適化

### 5.3 産業用ロボット

産業用ロボット“MELFA FRシリーズ”で、知能化技術の更なる向上に努めている。ロボットアームの温度を測定し、アームの熱膨張による誤差を自動で補正するロボット機構温度補正機能を開発し、当社測定条件で、熱膨張による位置ずれを約1/5に抑制した。3Dビジョンセンサでは、演算処理方法の見直しと高性能PCとの接続によって、把持位置認識性能を向上させた。さらにMaisartによって、仮想空間上でのパラメータ自動調整を実現した。予防保全では、ロボットの実際の稼働情報と寿命式から減速機、タイミングベルト、グリース等の主要な対象部品の消耗度を算出する消耗度算出機能を開発し、個々の使用条件に合わせたメンテナンス時期の提示が可能になった(図9)。

AIをロボットに適用し、生産準備に要する時間の短縮や作業環境の変化に対応する技術の開発も進めている。コネクタ挿入等の調整時間の短縮と、挿入作業そのものの高速化を実現する力覚制御技術を開発した。さらに、コネクタの位置関係等の状況が変化する場合でも、瞬時に変化を把握して最適な動作を指示するAIを開発した(図10)。これによって、不規則に移動する部品に対し、2秒で0.25mm精度の位置決めが可能になった。

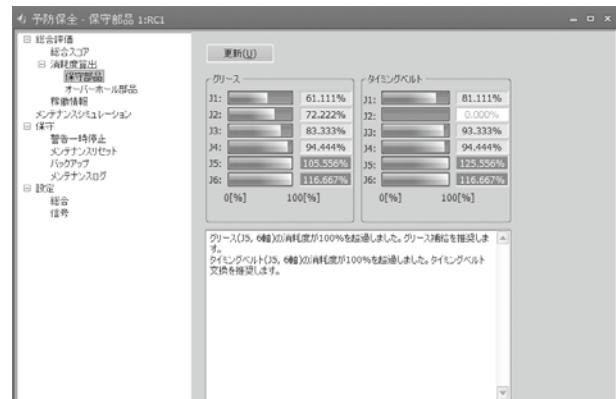
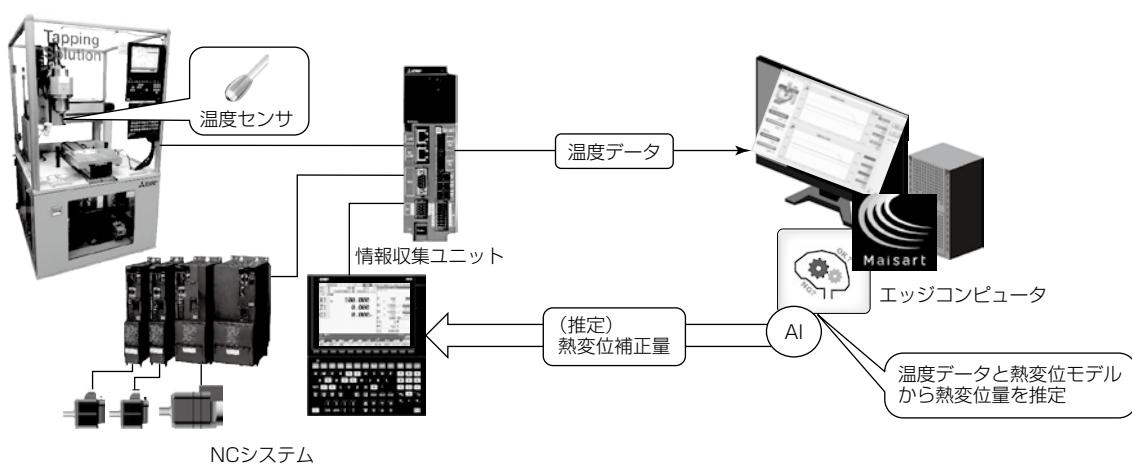


図9. 消耗度算出機能の画面



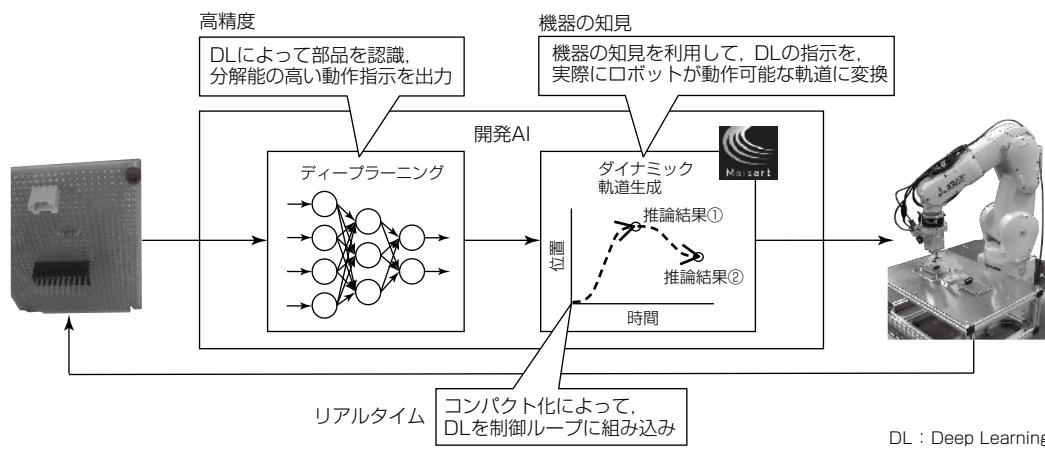


図10. AIによるコネクタ挿入作業

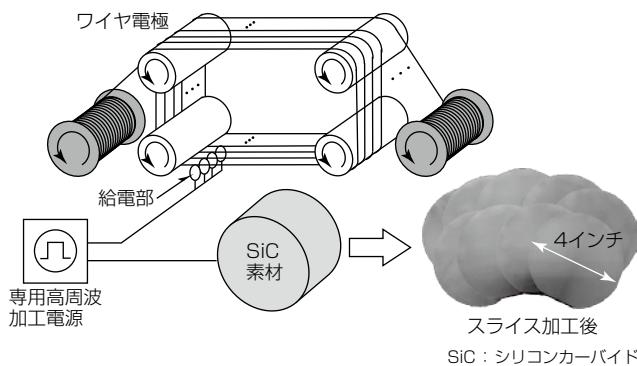


図11. マルチワイヤ放電スライス技術

## 6. 加工機

半導体材料の進化に伴い、SiC(シリコンカーバイド)、GaN(窒化ガリウム)等の硬脆(こうぜい)材が使用されるようになり、生産方法が大きく変わろうとしている。硬脆材は、その名が示すとおり硬くて割れやすいという特徴を持つため、ウェーハの製造過程で加工時間と割れによる歩留り低下が大きな課題となっている。そこで、従来の接触式の切断加工から非接触式の放電加工を用いたマルチワイヤ放電スライス技術を開発した(図11)。ワイヤ放電加工に必要な給電は、同時にマルチ給電を可能にして加工速度の低下を抑えている。

レーザ加工機や放電加工機でも、IoT化とAI適用が着実に進んでいる。e-F@ctoryとMaisartを搭載した加工機を開発してラインアップしている。IoT技術を活用した“iQ Care Remote4U”では生産・保守をとりまく製造現場を支援するためのサービスを提供している。AIを活用した形彫放電加工機“SV-Pシリーズ”では加工状態に合わせて最適制御を行い、高精度安定加工を実現している。

次世代生産方式として、金属3Dプリンターを含むモジュール型金属加工機を開発している。新たな製造方法となる金属3DプリンターにはレーザワイヤDED(Directed Energy Deposition)方式を採用し、高速造形と材料供給にワイヤを用いることで、高密度かつ安価、多品種の材

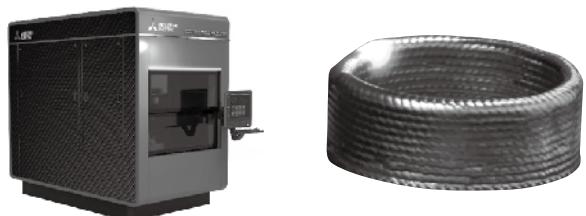


図12. 金属3Dプリンターと点造形技術

料造形を可能にした(図12)。当社独自の点造形技術<sup>(注5)</sup>を開発し、造形物の酸化の抑制を実現している。

(注5) パルス状のレーザ照射、金属ワイヤと造形位置等を同期制御して点状の造形を繰り返す独自の点造形技術。

## 7. むすび

e-F@ctoryを支える最新のFA技術・システムとして、生産現場のデータを活用するためのエッジコンピューティングに関する技術やそれを実現する産業用PC MELIPCシリーズとEdgecross対応ソフトウェアiQ Edgecrossについて述べた。また、iQ Platformの最新動向として、コントローラ、エンジニアリング環境とFA統合ネットワークについて述べた。駆動制御機器の最新技術動向として、サーボシステムコントローラとCNC及び産業用ロボットについて述べた。さらに、最新の加工機について述べた。多くの製品でAI技術Maisartが活躍する。今後もe-F@ctoryを支える最先端のFA技術・システムを継続的に生み出すことで、Society5.0のIoT化されるものづくりを実現するソリューションを開発し、経済発展と社会的課題の解決を両立させる社会に価値を提供していく。

## 参考文献

- 藤田正弘：“e-F@ctory”を支える最新のFA技術、三菱電機技報、91、No.4、204～208 (2017)
- 中川路哲男：“Connected Industries”的実現に向けたFA分野へのAI技術適用、三菱電機技報、92、No.4、216～220 (2018)

名女松 諭\*  
角尾光宏\*  
安味大輔\*

# リモートIO-Linkユニット

Remote IO-Link Module

Satoshi Namematsu, Mitsuhiro Tsuno, Daisuke Ammi

## 要旨

近年、工場内の装置はEthernet<sup>(注1)</sup>ベースの産業ネットワークで接続され、その稼働情報が上位生産管理システムへとシームレスに伝達されつつある中、インダストリ4.0やIoT(Internet of Things)の流れを受け、各企業は新たな価値創造のため、センサ／アクチュエータのようなON／OFFデータしかない現場の末端デバイスからでも、上位生産管理システムまでの一貫した情報連携強化を強く望むようになっている。三菱電機は現場を起点とした経営改善を目指し、企業のTCO(Total Cost of Ownership)削減、企業価値向上を支援するFA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”を提供しており、センサ／アクチュエータとの情報連携はAnyWireASLINK<sup>(注2)</sup>製品群やパートナー製

品で対応してきた。一方、末端デバイスの情報化手段として、欧州でIO-Linkが提唱され、国内外のセンサメーカーはIO-Linkデバイスの品ぞろえを強化しており、新しいI/Oの接続形態になると予想される。

これに対し当社は、IO-Linkの国際規格IEC61131-9に対応したシーケンサ製品“リモートIO-Linkユニット”を開発し、“e-F@ctory”を支えるために、末端デバイスから上位生産管理システムまでの一貫した情報連携強化を図った。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

(注2) AnyWireASLINKは、当社の関係会社である(株)エニイワイヤが開発したセンサ／アクチュエータ用のネットワーク通信システムの登録商標である。



NZ2GF12A-60IOLH8  
(防水タイプ(IP67))



NZ2GF2S-60IOLD8  
(非防水タイプ)

## CC-Link IEフィールドネットワーク対応“リモートIO-Linkユニット”

CC-Link IEフィールドネットワーク対応リモートIO-Linkユニット(防水タイプ(IP67)と非防水タイプ)は、CC-Link IEフィールドネットワークに対応したリモートIO-Linkユニットで、IO-Linkマスタユニットとして、IO-Linkデバイス(センサ／アクチュエータ)を接続して制御できる。

## 1. まえがき

近年、インダストリ4.0やIoTの流れを受け、センサ／アクチュエータのような現場の末端デバイスから上位生産管理システムまでの一貫した情報連携強化のため、欧州でIO-Linkが提唱され、国内外のセンサメーカーはIO-Linkデバイス（IO-Link対応のセンサ／アクチュエータ）の品ぞろえを強化している。これに対して当社は、IO-Linkの国際規格IEC61131-9に対応したリモートIO-Linkユニットを開発した。

本稿では、IO-Linkの特長及びリモートIO-Linkユニットのコスト削減技術とパラメータ設定簡単化技術について述べる。

## 2. IO-Linkの特長

IO-Linkは、工場現場のセンサ／アクチュエータ用デジタル通信規格（1対1双方向通信）であり、2013年に“IEC 61131-9”で標準化された。通信化することで従来のデジタル信号だけでなくIO-Linkデバイスから測定値、操作値、診断データを取得可能になった。また、IO-Linkデバイス交換時のパラメータ設定も改善されている。

次に、IO-Linkの特長について述べる。

### 2.1 情報収集の強化・正確な管理（作業効率向上）

従来は、センサから制御信号（OK／NGの2値、アナログ値）だけ取得している。IO-Linkでは、データ通信であるため、IO-Linkデバイスから測定データ、識別データ、設定情報を取得できる。アナログ値のデジタル化による測定データの劣化防止、また、識別データ、設定情報をIO-Linkデバイスから取得できるので、現場で現在使用中のIO-Linkデバイスを正確に管理し、管理コストを削減できる（図1）。

### 2.2 シンプルな設計を実現（部品・作業標準化）

従来は、センサのインターフェースに応じたコントロールユニットや接続ケーブル（複数の信号線、シールド線、電源線など）を準備する必要があった。IO-Linkでは、コン

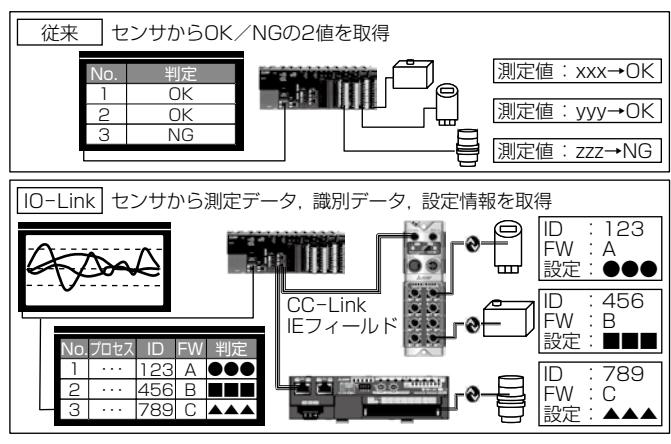


図1. 作業効率向上の例

トロールユニットはIO-Linkユニットとなり、ケーブルはIO-Linkケーブル（非シールド3線ケーブル（信号、電源、GND））に統一されているため、現場で配線が煩雑にならず、省配線化、標準化でき、シンプルな設備設計を実現できる。その結果、設備や管理にかかるコストを削減できる（図2）。

### 2.3 劣化や故障を即座に察知（予防保全）

従来のセンサは、制御信号だけしか扱えなかったため、定期的なメンテナンスが必要であり、故障した直後、ケーブル断線かセンサ不良なのか故障箇所の特定までに時間を要していた。IO-Linkでは、IO-Linkデバイスから劣化（診断情報）が通知され、グラフィックオペレーションターミナル（GOT）やパソコンから遠隔でセンサ状態を監視でき、メンテナンス回数を削減できる。また、故障箇所の特定が容易となり、ダウンタイムも短縮できる（図3）。

### 2.4 パラメータの自動設定（メンテナンス性向上）

従来のセンサ交換は、センサごとに異なるパラメータの再設定を専用ツールやラダーなどで行うため、作業者に熟練度が必要であった。IO-Linkでは、IO-Linkデバイス交換直後、IO-Linkユニットは、自身で保存してあるパラメータ設定をIO-Linkデバイスへ自動ダウンロードし、パラメータを再設定する。そのため、作業者は交換作業だけで、専用ツールなどのパラメータ設定が不要となり、ダウンタイムを短縮できる。また、作業は交換だけとなるため、センサ交換作業での属人化を防ぐことができる（図4）。

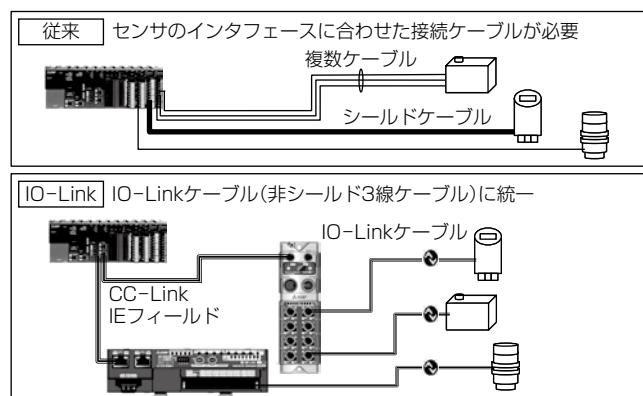


図2. 部品・作業標準化の例

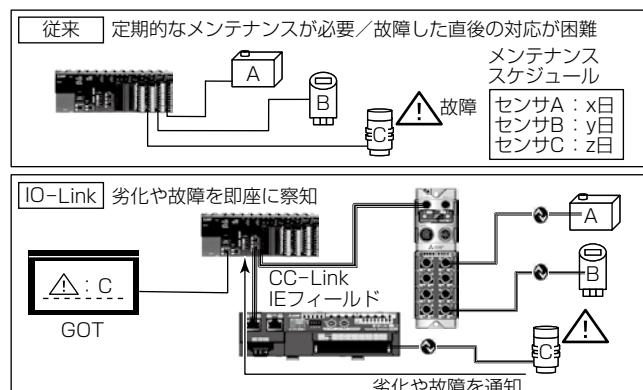


図3. 予防保全の例

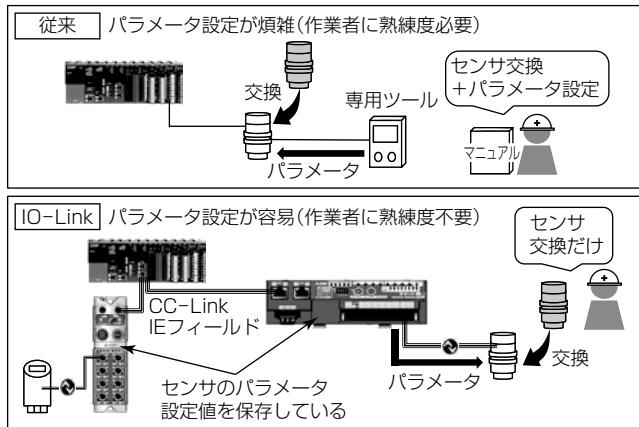


図4. メンテナンス性向上の例

### 3. リモートIO-Linkユニットを支える技術

開発したリモートIO-Linkユニットは、CC-Link IEフィールド通信とIO-Link通信をブリッジするユニットで、IO-Linkデバイスを制御するIO-Linkマスターとして動作する。

表1にリモートIO-Linkユニットの主な仕様を示す。

IO-Linkの特長を2章で述べたが、IO-Linkの普及には、IO-Linkシステム導入時のコスト削減(IO-Link通信機能追加によるコスト増加の軽減)及びパラメータ設定での簡略化技術が必要であった。

次に、コスト削減技術とパラメータ設定簡略化技術について述べる。

#### 3.1 コスト削減技術

IO-Linkは、制御信号だけのセンサ／アクチュエータにIO-Link通信機能を付加したことによるコスト増加のデメリットがある。顧客のIO-Linkシステム導入時の初期コストを下げるため、リモートIO-Linkユニットのコストを削減する必要があった。

図5に示すとおり、制御信号を処理するリモートI/Oユニットは、I/Oドライバを介して、通信用LSIの端子と接続できるのに対し、リモートIO-Linkユニットでは、IO-Link PHY(Physical layer)(IO-Link通信用IC)とそれを制御するマイコンが必要である。従来のIO-Link PHYでは、IO-Linkの通信方式がUART通信なので、制御用マイコンとIO-Link PHY間はUART通信の仕様となっていた。しかし、UART通信を8ch持つマイコンは稀(まれ)であり、4chのUART通信を持っているマイコンを2個

表1. リモートIO-Linkユニットの主な仕様

項目	内容
インターフェース	<ul style="list-style-type: none"> <li>1対1の双方向通信</li> <li>信号(C/Q)、電源(L+)、GND(L-)</li> <li>IO-Linkモード(IO-Linkデータ通信用)</li> <li>SIOモード(従来のデジタル信号)</li> </ul>
通信速度	<ul style="list-style-type: none"> <li>転送モードCOM1(4.8kbps)</li> <li>転送モードCOM2(38.4kbps)</li> <li>転送モードCOM3(230.4kbps)</li> </ul>
通信方式	調歩同期方式シリアル通信(UART通信)
データタイプ(周期的データ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロセスデータ(測定データなど優先度の高い0~32Bデータ)</li> <li>ステータスデータ(プロセスデータの有効/無効)</li> </ul>
データタイプ(非周期的データ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>デバイスデータ(パラメータ、IDデータ、診断情報)</li> <li>イベントデータ(エラー、警告、メンテナンスなどの情報)</li> </ul>

GND: GrouND, SIO: Standard Input Output, COM: COMmunication, UART: Universal Asynchronous Receiver Transmitter

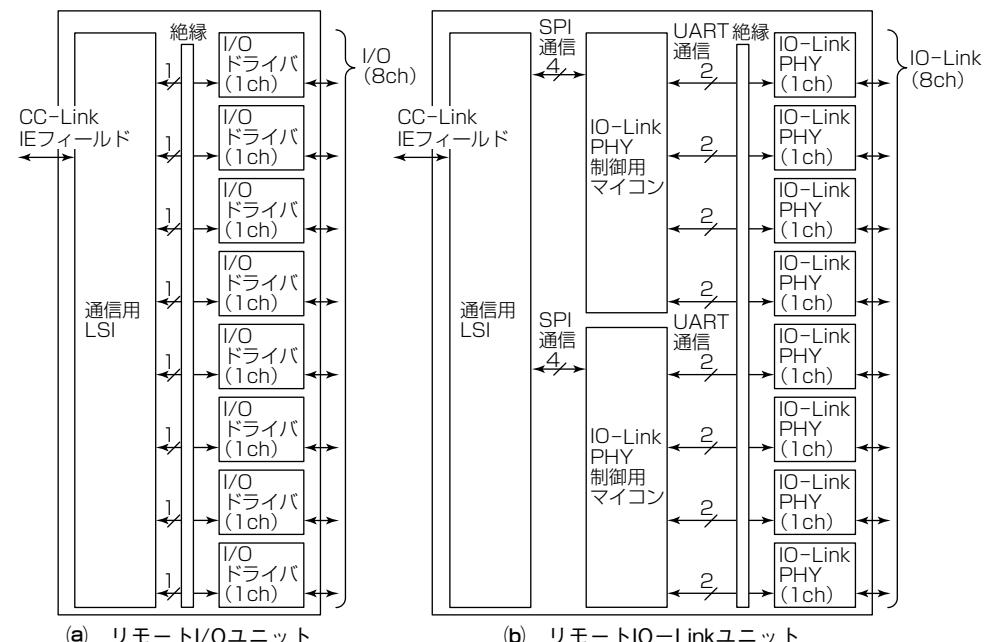


図5. リモートI/OとリモートIO-Linkユニットの構成比較

使用するなど、8chのリモートIO-Linkユニットを実現すると、コスト増となる懸念があった。

そこで、IO-Link PHY選定時に、図6に示すように制御用マイコンとIO-Link PHY間をSPI(Serial Peripheral Interface)通信で実現し、IO-Link通信を1チップで2ch内蔵した最新のIO-Link PHYを採用した。このIO-Link PHYはそれぞれにアドレスがあり、1chのSPI通信で複数のIO-Link PHYを制御可能にしている。また、IO-Link通信(UART通信)は、制御用マイコンからSPI通信を介してIO-LinkデータをIO-Link PHY内蔵のFIFO(First In First Out)に格納し、UART生成回路でIO-Link通信を実現している。

このIO-Link PHYの採用によって、少ない部品点数と安価な汎用マイコンを1個で、8chのIO-Link通信を持つリモートIO-Linkユニットを実現した。

#### 3.2 パラメータ設定簡略化技術

パソコン上から様々なネットワーク通信プロトコル

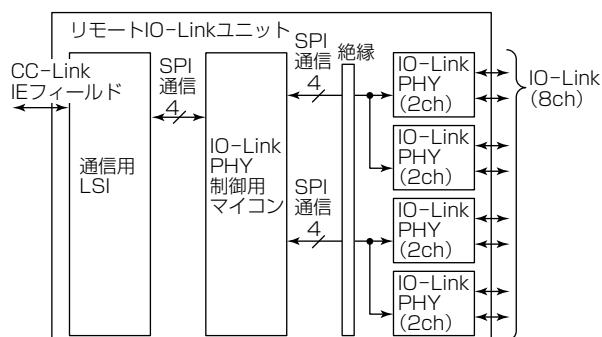


図6. 新チップ採用のリモートIO-Linkユニット構成

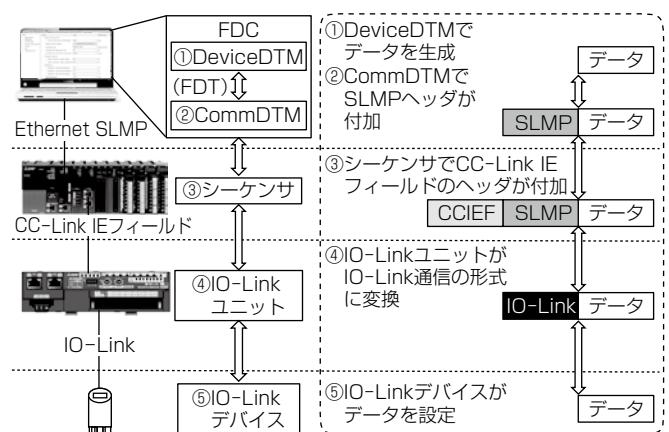


図8. パソコンからIO-Linkデバイスまでの通信

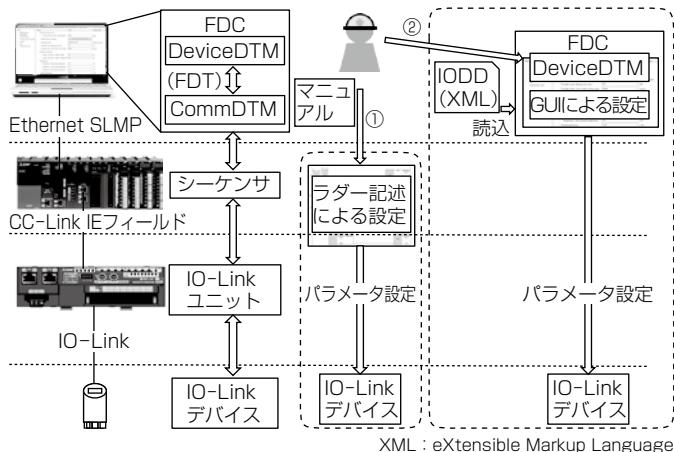


図7. IO-Linkデバイスへのパラメータ設定比較

(Ethernet→CC-Link IE フィールド→IO-Link)を介してIO-Linkデバイスへアクセスができなかった。そのため、図7の①に示すようにIO-Linkデバイス設置時、顧客は、IO-Linkデバイスマーカー提供のマニュアルを基にラダーを記述し、シーケンサを介してパラメータ設定を行う必要があった。しかし、顧客にとってラダー記述によるパラメータ設定は熟練度が必要であり、ミスも起こしやすいことから、図7の②に示すように、パソコン上でGUI(Graphical User Interface)によるパラメータ設定を実現して簡単化を図った。

次に、パラメータ設定簡単化技術について述べる。

### 3.2.1 FDCツール開発

パソコン上のGUI設定ツールとして、エンジニアリングソフトウェア“GxWorks3”から起動できるFDT(Field Device Tool)のオープン仕様に対応したIO-Linkデバイスの管理・設定ソフトウェア“FDC(MELSOFT Field Device Configurator)”を開発した。

顧客は、IO-Linkデバイス設定情報が機器記述言語で記述されたIODD(IO Device Description)ファイルをFDCへ読み込む。FDCツール内部でIODDインタプリタと呼ばれるDTM(Device Type Manager)(ソフトウェアドライバ)が、読み込んだIODDファイルを逐次解釈しDeviceDTMとして動作する。このDeviceDTMによってGUIが提供され、顧客はIO-Linkデバイスのパラメータ

を設定できるようになる。

ここで、IO-Link規定によってIO-Linkデバイスマーカーは、IO-LinkデバイスごとにIODDファイルを必ず提供することになっており、顧客はその提供されたIODDファイルをFDCへ読み込むだけなので、ミスすることなくIO-Linkデバイスのパラメータ設定が可能になった。

### 3.2.2 SLMPプロトコルのIO-Link対応

パソコン上のFDCツールでIO-Linkデバイスにパラメータ設定する(データを到達させる)ために、SLMP(SeamLess Message Protocol)<sup>(注3)</sup>にIO-Link通信プロトコルを対応させる必要があった。そのため、SLMP通信フレームに、表1に示すIO-Link通信に必要なデータタイプ(プロセスデータ、デバイスデータ、イベントデータ)に対応する要求(リード/ライト)フレームとその応答フレーム構造を定義した。

(注3) EthernetとCC-Link IEフィールドネットワークをシームレスにつなぐ共通プロトコル

### 3.2.3 CommDTM(通信ドライバ)の開発

IO-Linkへ対応したSLMPを策定したこと、EthernetからIO-Linkデバイスまで接続できる仕組みは整った。

DeviceDTMからIO-LinkデバイスへのFDT仕様に従ったアクセス要求を受信して、策定したSLMPプロトコルへ変換するCommDTM(通信ドライバ)を作成した。

FDCツール開発、SLMPプロトコルのIO-Link対応及びCommDTM開発を行ったことで、図8の①～⑤に示すように、顧客がFDCツール上で設定したIO-LinkデバイスのパラメータがEthernet→CC-Link IEフィールド→IO-Linkのネットワークを経由して、IO-Linkデバイスに設定される。

## 4. むすび

IO-Linkの特長と今回開発したリモートIO-Linkユニットを支える技術について述べた。今後も、センサとシーケンサ市場の発展を牽引(けんいん)していく。

# MC Works64エッジコンピューティング エディションによるFA現場の見える化

刀根 譲\*  
高橋幹人\*

Visualization of FA Site by MC Works64 Edge Computing Edition

Yuzuru Tone, Mikito Takahashi

## 要 旨

FA市場では、生産現場の見える化の要望が一段と高まり、生産現場のあらゆるものをネットワークで接続し、様々なデータを収集して活用する工場のIoT(Internet of Things)化の加速が予想される。この状況下で三菱電機はエッジ環境で動作する産業用PC“MELIPC”にSCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)ソフトウェア“MC Works64エッジコンピューティングエディション”(以下“MC Works64”という。)を対応させることで、エッジ層での生産現場の見える化を実現した。

FA現場での監視・制御・診断の見える化の課題を次の方策によって解決した。

### (1) Edgecross<sup>(注1)</sup>対応の強化

①Edgecrossが保有するデータモデル(階層構造)を参照

しながらMC Works64上に同じ階層構造を作ることで実際の工場の階層構造(例：生産設備→ライン→装置→部品)に即した監視画面の作成を可能にする。

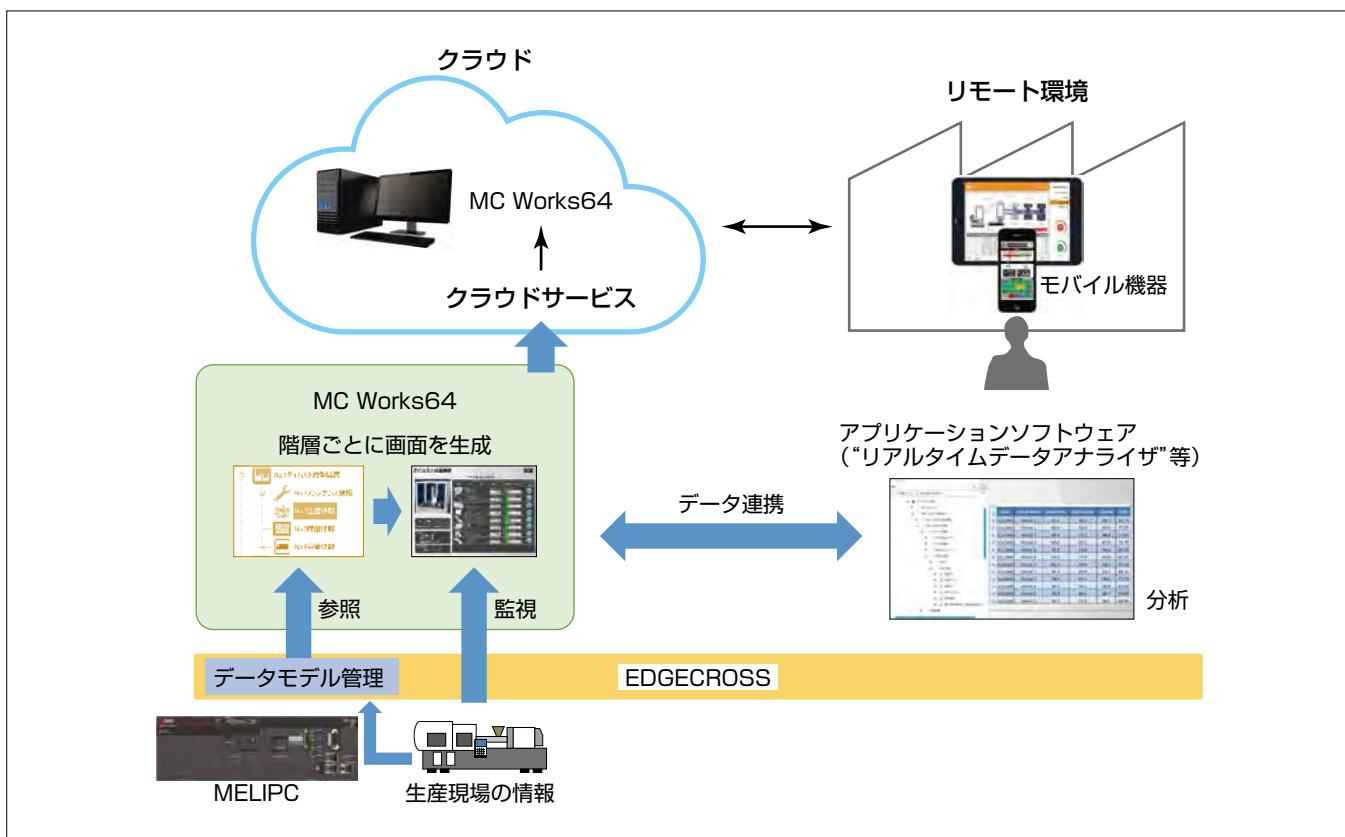
②Edgecrossが持つインターフェースを介して、他のアプリケーションソフトウェアとのデータ連携を行うことで、見える化と分析を容易にする。

### (2) クラウド連携機能の拡充

①モバイル機器、クラウドのIT技術を活用して、高機能で顧客の要望に合ったシステム構築を可能にする。

②クラウド環境で使用できる通信プロトコルを拡充することで、顧客のシステムで利用できるクラウドサービスの選択肢を増やす。

(注1) Edgecrossは、エッジコンピューティング環境で動作するソフトウェアプラットフォームである。



## MC Works64による見える化

監視画面作成時に、MELIPC上のMC Works64はEdgecrossで管理される生産設備の階層構造を参照しながら、階層ごとに監視画面を作成する。運用時に、MC Works64はEdgecrossのインターフェースを通して他のアプリケーションソフトウェアとのデータ連携が可能である。また、生産現場の情報はクラウドにアップロードでき、リモートのモバイル機器から監視できる。

## 1. まえがき

FA市場では、生産現場の見える化の要望が一段と高まり、生産現場のあらゆるものをネットワークで接続し、様々なデータを収集して活用する工場のIoT化が加速することが予想される。この状況下、当社はエッジ環境で動作する産業用PC MELIPCに対応したSCADAソフトウェアMC Works64を展開することで、エッジ層での生産現場の見える化に寄与していく。

SCADAソフトウェアで工場の生産設備の監視・制御・診断を行う場合、生産設備→ライン→装置→部品のような階層構造を管理し、それについて監視画面を作成すると分かりやすい監視・制御・診断が可能になる。また、生産現場で故障が発生したとき、復旧項目の指示やエラー発生時の対処指示をすることで、長時間の設備停止を回避することが可能になる。さらに、各工場間での生産情報の可視化や各工場の生産稼働率や生産品質等の評価を行うことで、顧客のコスト削減及び各工場の生産状況を分析できるシステム構築が可能になる。

本稿では、FA現場での監視・制御・診断の見える化の課題とMC Works64で解決した方策について述べる。

## 2. FA現場での監視・制御・診断の見える化の課題

工場の生産設備を階層構造化して管理する場合、従来は実際の生産設備の図面を基に手作業でツリー構造を作成し、ツリー上のライン・装置・部品ごとに監視・制御・診断用画面等を作成していた(図1)。

また、各監視・制御・診断用画面の数値表示欄やボタンなどの部品に、対象タグ(シーケンサ内の監視対象のデバイスに割り付けたラベル・変数)を割り当てる必要がある。その際、階層構造化されていないと全てのライン、装置の監視対象タグを平坦(へいたん)に一覧表示した中から目的のタグを選び出す必要があり、誤りが発生しやすい。

また、例えば生産設備で障害が発生した際に、その復旧のために該当装置のマニュアルを参照する必要がある。マニュアルは装置ごとに存在するが、その管理は煩雑である。そのため、目的のマニュアルを探し出すために多くの時間

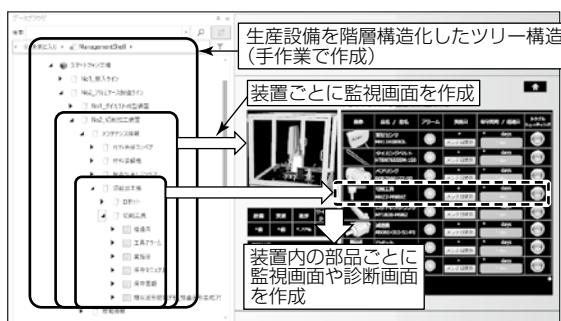


図1. 従来の監視画面作成

がかかる。それでも見つからない場合は装置メーカーに問合せを行うので更に時間がかかる。

さらに各工場間で生産情報を共有するためにクラウド連携を活用するのが一般的だが、従来のMC Works64のクラウド連携機能はHTTPS(Hyper Text Transfer Protocol Secure)通信だけであった。

これらの課題を解決するため、MC Works64のEdgecross対応を強化するとともにクラウド連携機能を拡充した。

## 3. Edgecross対応の強化

### 3.1 活用できるデータ

Edgecrossはエッジ環境で用いられる産業用PC上で動作するプラットフォームでありMELIPCもEdgecrossに対応している。MC Works64はそのEdgecross上で動作するアプリケーション(以下“エッジアプリ”という。)である。エッジアプリはEdgecrossの持つインターフェースを介して互いにデータ連携できる。また、Edgecrossの一部であるマネジメントシェルは生産設備全体の稼働データ、品質データ、保守データ等を管理する。データの収集には、各種ネットワーク、機器・装置・ラインとの接続を実現する“データコレクタ”を利用して行う(図2、図3)。

顧客がマネジメントシェルで各種データを管理するときは、マネジメントシェルエクスプローラを用いて編集する。

エッジアプリはデータコレクタを利用して収集したデータをEdgecrossから取得・利用するので、ネットワークの違いを意識せずにデータを利用できる(図3)。

また、マネジメントシェルは生産設備の構成を階層構造的(ライン→装置→部品)に管理し(以下“データモデル”という。)、エッジアプリはこれを利用できる(図4)。

データモデルでは、生産設備を管理するが、それ以外にも管理下の“ライン”“装置”“部品”的監視対象数値に割り当てられたデバイス値を表すタグも管理できる。さらに、マニュアル、保守動画などの保守情報を装置や部品と対応付けた管理もできる。顧客は、データモデルが管理する階層構造の生産設備、タグ、保守情報をマネジメントシェルエクスプローラを用いて参照できる。

### 3.2 MC Works64での活用

#### 3.2.1 データモデルの利用

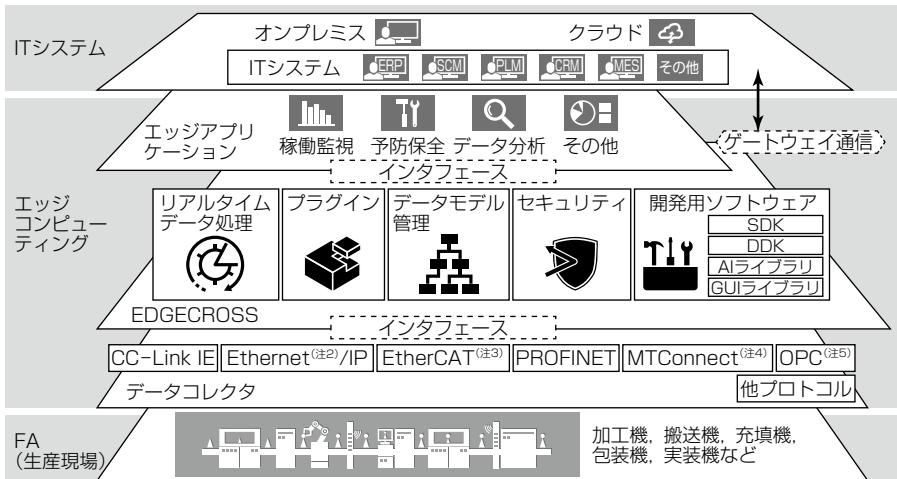
##### (1) 生産設備・タグの利用

MC Works64でもEdgecross対応でマネジメントシェルが管理するデータモデルを利用する。その場合の流れを図5に示す。

監視画面の設計段階で顧客は、次の①、②を行う。

①マネジメントシェルエクスプローラでデータモデルを参照しながら、同じ生産設備の階層構造(ツリー)を、資産管理ツール“AssetWorX”上に構築する。

②ツリー上のライン、装置の監視画面を作成する。そのと



(注2) Ethernetは、富士ゼロックス株の登録商標である。

(注3) EtherCATは、Beckhoff Automation GmbHの登録商標である。

(注4) MTConnectは、The Association For Manufacturing Technologyの登録商標である。

(注5) OPCは、OPC Foundationの登録商標である。

ERP : Enterprise Resource Planning, SCM : Supply Chain Management,

PLM : Product Lifecycle Management, CRM : Customer Relationship Management,

MES : Manufacturing Execution System, SDK : Software Development Kit, DDK : Drive Development Kit,

AI : Artificial Intelligence, GUI : Graphical User Interface, IP : Internet Protocol

図2. Edgecrossの構造

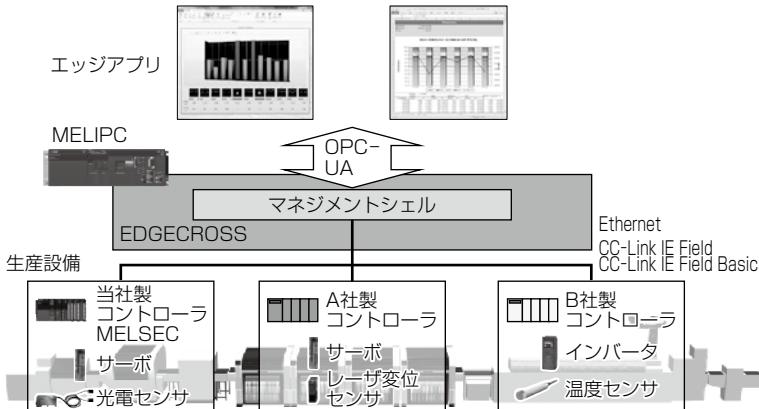


図3. エッジアプリからのマネジメントシェルの利用

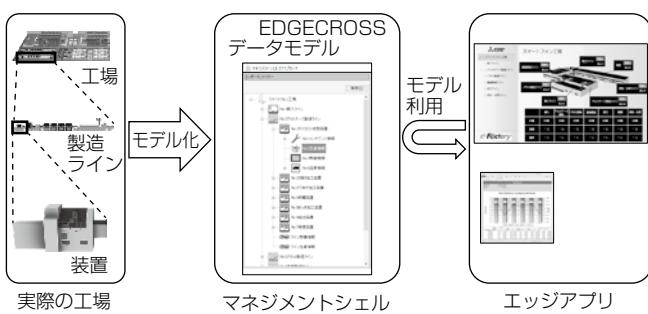


図4. データモデルの利用

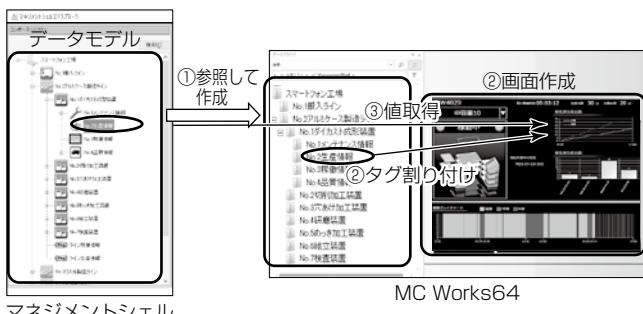


図5. MC Works64でのデータモデルの利用

きに、該当ライン、装置に関連付けた監視対象のタグを、監視画面中の部品に割り付ける。(階層的に並んだタグの中から選択する。)

監視運用段階でMC Works64は次の③を行う。

- ③Edgecrossからデータコレクタを介してタグの値を取得して監視画面中の部品に反映する。

従来の方法では、①のツリー構造の作成は手作業で行わねばならず、②の監視対象の指定は平坦に並んだタグの一覧から選択する必要があったため誤りが発生しやすかった。

また、従来は、MELIPCにインストールしたOPC-UA(Unified Architecture)<sup>(注6)</sup>サーバソフトウェア(MX OPCサーバ等)でタグのツリーを作成することで誤りを防止することもできたが、ツリーの作成は設計図面を基にする必要があったため、分かりにくく工数がかかった。

データモデルを利用することによって、監視画面の設計が分かりやすくなり、誤りを防止しつつ工数削減が見込める。

## (2) 保守情報の利用

次に、データモデルが管理している保守情報を利用する場合の流れを図6に示す。

監視画面の設計段階で、顧客は、次の①を行う。

- ①マネジメントシェルエクスプローラで参照しながら、データモデルで管理されている保守情報を検索して、対象のファイルを監視画面上のボタンなどの部品にリンク付ける。

運用段階で装置に障害が発生した際に、顧客はボタンクリックの操作で該当装置の保守情報を表示させようとする。そのときMC Works64は次の②、③を行う。

- ②部品にリンク付いた保守情報を取得する。
- ③取得した保守情報を表示する。

これによって、障害発生時にマニュアルを探す必要がなくなり、障害復旧の時間が短縮できる。

(注6) OPC-UAは、OPC Foundationの登録商標である。

### 3.2.2 エッジアプリ間連携

Edgecross対応のもう一つのメリットに、エッジアプリ間の連携ができることがある。

例えば、MELIPCが生産現場から収集したデータを分析するソフトウェアである“リアルタイムデータアナライザ”とMC Works64の予防保全機能(以下“AX Facility”という。)が連携する場合がある。リアルタイムデータアナ

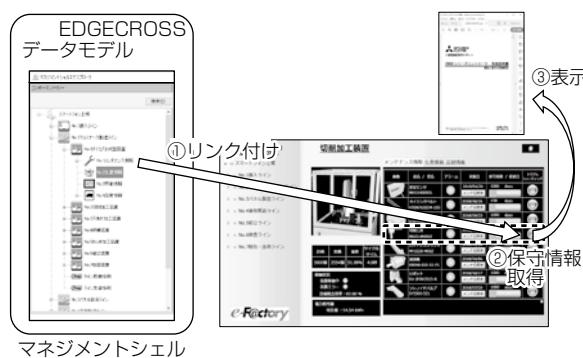


図6. データモデルが管理している保守情報の利用

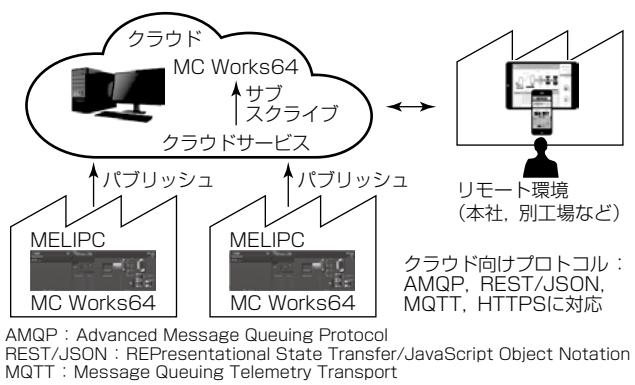


図8. クラウド環境を活用したシステム構成例

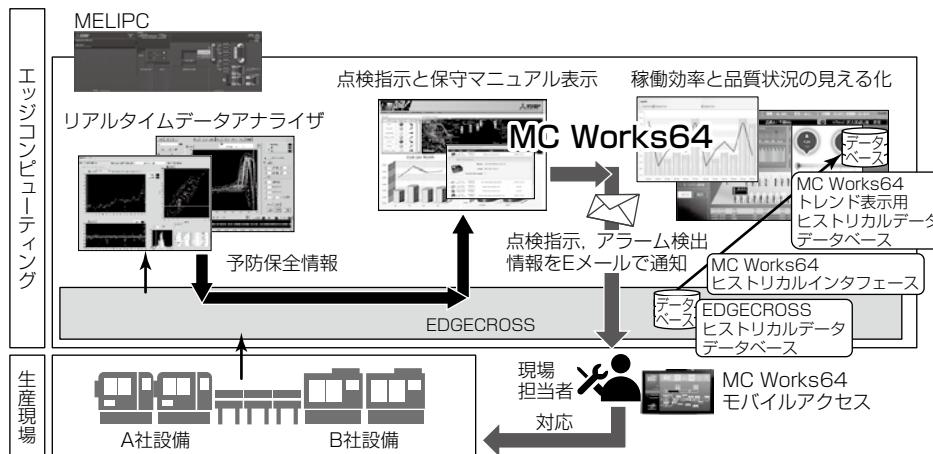


図7. リアルタイムデータ処理による稼働率向上

イザはシーケンサから設備のデータを収集して、設備で発生したアラームを検知すると、予防保全情報をファイル出力する。AX FacilityはEdgecross経由でそのファイルにアクセスする。AX Facilityではデータ分析及び、顧客が蓄積したトラブル時の対応ノウハウを活用でき、予防保全や設備トラブル発生時の設備停止時間を最小化できる。

リアルタイムデータアナライザとMC Works64が連携することで、リアルタイムに捉えた故障兆候を元に顧客が蓄積したトラブル時の対応ノウハウを活用した点検指示やアラーム検出情報を現場担当者のモバイル機器へEメールで通知できる。また保守マニュアルをモバイル機器で表示もでき、現場担当者が迅速かつ確実な対応を実施できるようになり、長時間の設備停止を避けることができる。Edgecrossで収集した各設備の稼働データや品質データをヒストリカルインターフェースでMC Works64のデータベースに取り込む。そして、MC Works64上で各設備のデータをトレンド表示で比較することで、稼働効率や品質状況の見える化を実現する(図7)。

#### 4. クラウド連携機能の拡充

従来のMC Works64のクラウド連携機能は、HTTPS通信だけに対応した機能であった。今回、クラウド環境で使用できる通信経路をAMQP, REST/JSON, MQTTに拡

充することで、顧客のシステムで利用できるクラウドの選択肢を増やす。

MELIPCが収集した各工場の生産現場のデータを、クラウド向け通信プロトコルを受けるためのクラウドサービスを経由して、クラウド上にインストールしたMC Works64のデータベースに蓄積する。そのデータベースを基に全工場の生産情報の可視化や統一されたKPI(重要業績指標)で各工場の評価をWebブラウザで行える(図8)。

各工場(エッジ環境)の生産データをクラウドに集め、全工場を監視することで、次の機能と効果を実現する。

- (1) 各工場に対する生産情報の可視化、保守の最適化、監視業務の効率化を行って、人的リソースの再配置や省人化を実現。
- (2) 各工場を統一されたKPIで評価でき、工場間の比較・分析に基づく生産性や品質の向上を実現。

またクラウド環境を活用することで、設備メンテナンスに必要なデータを各工場からクラウド上に集め、各設備メーカーにメンテナンス情報を開示し、工場の稼働率向上が実現できる。

このときも、従来は通信プロトコルとしてHTTPSしか使用できなかったが、AMQP, REST/JSON, MQTTに拡張し、顧客の選択の幅が広がった。

#### 5. むすび

MC Works64のEdgecross対応を強化することで、見える化の推進を行う方策について述べた。また、クラウドの通信プロトコルの拡充開発によって、顧客がシステムで利用できるクラウドの選択肢が増えることについて述べた。

今後はEdgecross対応を更に強化しデータモデルをMC Works64で取り込んでツリーを自動生成する方法や、エネルギー管理と品質管理との連携方法を開発していく。

# 三菱電機シーケンサ“MELSEC iQ-Fシリーズ” インテリジェント機能ユニット

高田浩靖\*  
島脇巧\*  
木下寛\*

*Intelligent Function Modules for Mitsubishi Electric Programmable Logic Controller "MELSEC iQ-F Series"*  
*Hiroyasu Takada, Takumi Shimawaki, Yutaka Kinoshita*

## 要旨

近年、IoT(Internet of Things)活用による装置の自動化の要求が高まり、生産ラインの高機能化も進んでいる。三菱電機では小規模装置向けとして、シーケンサ“MELSEC iQ-Fシリーズ”(以下“iQ-Fシリーズ”という。)を開発し、基本性能の向上、駆動機器との連携、プログラミング環境の改善を図っており、更なる機能向上とネットワーク強化を図るため、インテリジェント機能ユニット(以下“インテリユニット”という。)を拡充している。装置の高機能化によって、システムの設計がより複雑化する中、立ち上げ工数を削減するため、CPUユニットがインテリユニットのメモリ内容をプログラムレスで読み書きする機能や、CPUユニットがインテリユニットのエラー履歴情報を収集する機能等を充実させた。

また、小型化や作業性向上のため、アナログユニットでは、スプリングクランプ端子台の採用や、電流入力時の短絡配線削除等によって省配線を実現した。一方、インテリユニットのタイムリーな市場投入が求められていることに対し、各インテリユニットのアーキテクチャを共通化することによって開発工数を削減し、短期間でのラインアップ拡充を実現した。2軸パルス列位置決めユニットでは、トランジスタ出力タイプ、差動ドライバ出力タイプの各ユニットで回路の共通化を図った。また、ネットワークユニットでは、各種Ethernet<sup>(注1)</sup>ベースのネットワークに対応するため、アーキテクチャの共通化を行った。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。



2軸パルス列位置決めユニット  
FX5-2OPG-D

PROFIBUS<sup>(注2)</sup>-DPマスタユニット  
FX5-DP-M

Ethernetユニット  
FX5-ENET

(注2) PROFIBUSは、PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.の登録商標である。

## “MELSEC iQ-Fシリーズ”的インテリジェント機能ユニット

2018年10月に図に示す三つのインテリジェント機能ユニットを発売した。2軸パルス列位置決めユニット“FX5-2OPG-D”は差動ドライバ出力タイプのユニットであり、トランジスタ出力タイプの“FX5-2OPG-P”をベースに開発した。PROFIBUS-DPマスタユニット“FX5-DP-M”は、iQ-FシリーズをPROFIBUS-DPネットワークのマスタ局として接続できるユニットである。Ethernetユニット“FX5-ENET”は、汎用Ethernet通信(ソケット通信)が可能なユニットであり、ハードウェアを共通化したことで異なるEthernetベースのプロトコルを実装することが可能である。

## 1. まえがき

近年、人件費の増加や労働環境の変化等によって、装置の自動化、高機能化のニーズが高まっている。iQ-Fシリーズは、小規模・スタンダードアロンユースからネットワークを含むシステムに対応可能な小形シーケンサとして開発を行っている。シーケンサの機能拡張を行う製品として、次のようなインテリユニットがある。アナログ量(電圧、電流、温度など)の入力や出力が可能なアナログ制御ユニット、パルス出力や通信によるドライブユニットの多軸・補間制御が可能な位置決め制御ユニット、CC-LinkやPROFIBUS-DP、Ethernetなど各種通信内容に応じた制御を行うネットワーク制御ユニットなどである。iQ-Fシリーズではこれらのインテリユニットのラインアップを拡充している。

本稿では、iQ-Fシリーズのインテリユニットについて、特長となる機能や作業現場の作業効率を改善するための取り組みについて述べる。さらに、タイムリーなインテリユニットの市場投入も実現するために行ったアキテクチャの共通化について述べる。

## 2. インテリユニットの特長となる機能

iQ-Fシリーズのインテリユニットでは、機能と仕様の共通化を図ってユーザビリティを向上させている。

### 2.1 自動リフレッシュ機能

インテリユニット内のメモリ(バッファメモリ)のデータを、プログラムレスでCPUユニット内のメモリ(デバイス)に転送することが可能である。逆にCPUユニットからインテリユニットへのデータの転送もプログラムレスで可能である。これらの機能は、パラメータ設定によって、データ転送の対象となるインテリユニットのバッファメモリ、及びCPUユニットのデバイスを設定することで自動リフレッシュが実現される。

### 2.2 イベント履歴機能

インテリユニットで発生したエラーを、イベント情報としてCPUユニットが一括収集し、メモリ(デバイス)、又はSD(Secure Digital)カードに保存できる。さらにエンジニアリングソフトウェア“GX Works3”でエラー履歴を時系列順に一覧表示でき、トラブル個所を早期に発見可能になる。

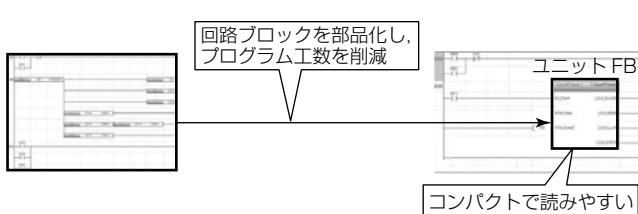


図1. ユニットFB

## 2.3 ユニットFB

ユニットFB(Function Block)は、各ユニットを制御する回路ブロックを部品化したものであり、機能ごとにあらかじめ用意している(図1)。iQ-Fシリーズでは、次に示すようなユニットFBを活用可能であり、プログラミング工数の削減に貢献している。

### 2.3.1 アナログユニットのユニットFB

アナログ入力ユニットでは指定したチャネルのロギング機能の設定が可能である。アナログ出力ユニットでは波形出力機能の設定、及び出力開始／停止等の指定が可能である。

### 2.3.2 位置決めユニットのユニットFB

位置決めデータの設定、位置決め始動、JOG運転、手動パルサ運転のほかに、目標位置、速度の変更が可能である。また、片軸の始動後、指定した移動量又は時間経過後に他軸の始動を開始する他軸連携のユニットFBも用意している。

### 2.3.3 ネットワークユニットのユニットFB

Ethernetユニットではコネクションのオープン／クローズ処理やSLMP(Seamless Message Protocol)通信、ソケット通信でのデータ送受信が可能である。CC-Link IEフィールドネットワークユニットでは他局へのデータの送受信が可能である。

## 3. インテリユニットの小型化と省配線の実現

### 3.1 スプリングクランプ端子台採用による小型化

iQ-Fシリーズでは、スプリングクランプ端子台を採用することによって、ユニットの小型化、信頼性向上を図った。

#### 3.1.1 プッシュイン接続方式

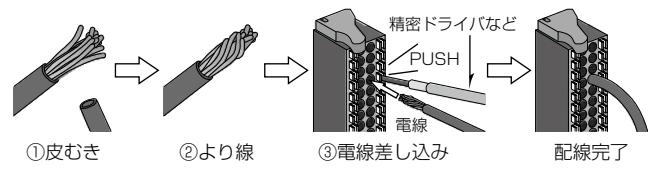
使用するスプリングクランプ端子台は、電線を挿し込むだけで接続が可能なプッシュイン接続方式であり、配線工数を削減することが可能になる(図2)。また、ばねの力で振動によるねじの緩みを防止できるため、ねじ式端子台以上の耐振動性があり、信頼性の確保も可能になる。

#### 3.1.2 iQ-Fシリーズへの適用

##### (1) アナログユニットへの適用

16極×2列、及び9極×2列の2タイプのスプリングクランプ端子台を各アナログユニットに搭載した(図3)。

従来のねじ式端子台タイプの機種に比べて、ユニット幅について15~30mmの大幅な小型化を実現しており、システムのサイズダウンが可能になる(図4)。また、ねじ式



さらに、フェルール端子を使用すれば、プッシュイン方式で差し込むだけで、より早く簡単に配線できる。

図2. プッシュイン接続方式のスプリングクランプ端子台



図3. アナログユニットへのスプリングクランプ端子台の適用

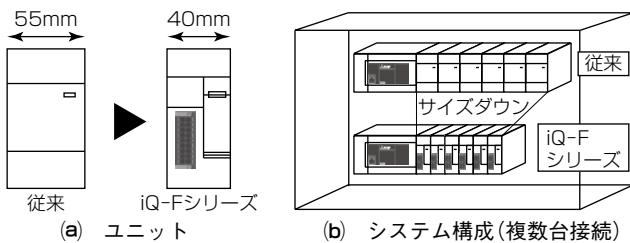


図4. ユニットの小型化とシステムのサイズダウン

端子台を使用した場合と比べて、ユニットの取付けやデザインを統一化することが可能になった。

#### (2) CPUユニットとI/Oユニットへの適用

CPUユニットとI/Oユニットへもスプリングクランプ端子台を適用し、更なるシステムのサイズダウンを可能にした。

##### 3.1.3メンテナンス性向上

スプリングクランプ端子台の両端には着脱用のレバーがついており、容易に端子台の固定、及び取り外しができる。メンテナンス時に、従来のねじ式端子台では端子台から配線を1本ずつ取り外す作業が必要であったが、スプリングクランプ端子台では端子台ごと交換が可能であるため、配線を取り外す必要がない。このため、端子台に配線をしたままの状態でユニットを交換することが可能になり、システムの復旧時間の短縮が可能になった。

#### 3.2 アナログユニットの省配線

##### 3.2.1 短絡配線の削除

従来のアナログ入力ユニットでは、図5に示すとおり、電流値を測定する場合、電流入力端子(I+, VI-)と相手機器を接続するほかに、電圧入力端子(V+)と電流入力端子(I+)間を、外部配線で短絡する必要があった。これは、電流測定回路に電流を流したときに発生した電圧を、電圧回路に入力することによって、電流値から電圧値に変換するためである。一方で、電流入力する際のこの短絡作業は、作業現場の作業効率を下げる要因となっていた。

アナログ入力ユニット“FX5-4AD”，マルチ入力ユニット“FX5-8AD”では、この短絡配線を削除するために、内部に電圧／電流切替え回路を搭載した(図6)。電圧／電流切替え回路は、A/Dコンバータとアナログスイッチで構成する。A/Dコンバータの汎用I/Oピンから、アナログスイッチの制御ピンをON/OFFすることによって、電圧／

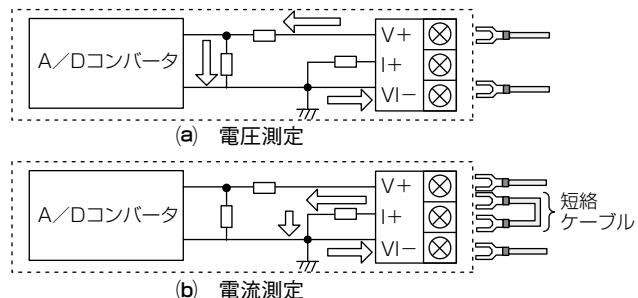


図5. 従来のアナログ入力ユニットの配線図

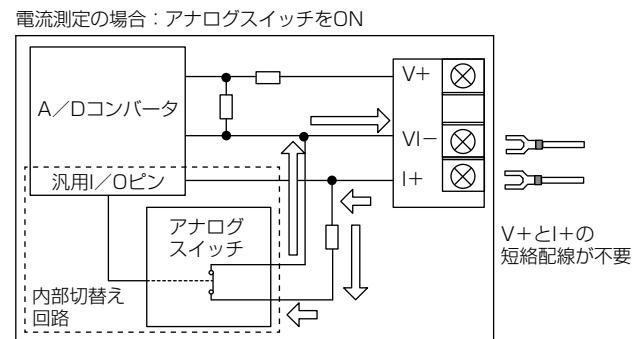
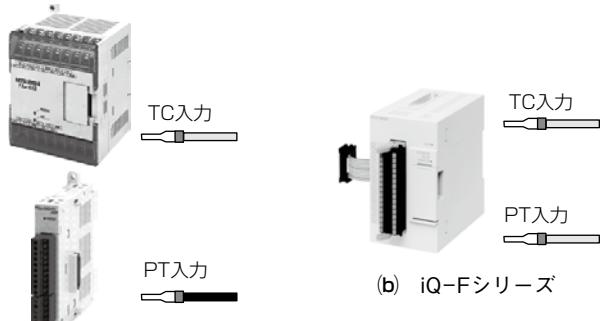


図6. FX5-4ADの内部切替え回路による配線図



(a) 従来

図7. TCとPT入力の共通化

電流の切替えを行う。A/Dコンバータでは、レジスタ(内部メモリ)の値を変更することによって汎用I/Oピンを制御できる。これによって、アナログスイッチのON/OFFを制御し、電圧／電流を切り替える。インテリユニットは、設定されたパラメータに従ってA/Dコンバータのレジスタを変更し、電圧／電流を切り替えるため、顧客は短絡配線することなく電圧／電流の切替えが可能になった。

また、電流回路に最大定格以上の電流が流れたことをA/Dコンバータで検知し、A/Dコンバータからの制御でアナログスイッチをOFFすることによって、内部回路を保護するような機能もこの回路構成では可能になる。アナログ製品では配線間違えによって過電流が印加されて内部回路の破壊が作業現場で発生することがあるが、先に述べた回路構成を用いることでそれを防ぐことが可能になる。

##### 3.2.2 熱電対入力、測温抵抗体入力の共通化

従来は、温度測定するためのセンサである熱電対(TC)、及び測温抵抗体(PT)を使用する場合は、それぞれ別のアナログ入力ユニットが必要であった。しかし、図7に示す

とおり、iQ-Fシリーズのマルチ入力ユニットFX5-8ADではTCとPTの両方を一つのユニットで測定できるため、システムをサイズダウンできる。また、TC入力回路とPT入力回路を内部回路で切り替えることによって、入力端子の共通化も図った。この入力端子共通化によって配線作業を容易にし、作業効率の向上を図ることができる。

#### 4. インテリユニットの設計効率化

##### 4.1 アーキテクチャの共通化

当社が提供するFA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”は、“改善活動”を低コスト化、高速化、高信頼性化し、“改善活動”で得られた知見を自動化するソリューションであり、生産現場と上位ITシステムを連携することで、現場状況の見える化と生産の最適化の実現を目指している(図8)。

小規模制御装置でも、生産データ活用のために上位ITシステム連携を求める顧客は多く、小形シーケンサでのネットワーク対応への要望は増加傾向にある。また、生産設備ごとにネットワークに要求する機能・性能が異なることや、敷設済みのネットワークに対応するためにも、iQ-Fシリーズでは様々なネットワークに対応することが望まれている。

装置の自動化、高機能化に伴い、顧客の要望は多様化しており、iQ-Fシリーズのアナログユニット、位置決めユニット、ネットワークユニットのラインアップを早期に拡充していく必要がある。iQ-Fシリーズの開発では、ファームウェアやハードウェアのアーキテクチャを共通化することによって、市場投入までの期間を短縮した。ここでは、位置決めユニットとネットワークユニットのアーキテクチャ共通化について述べる。

##### 4.2 パルス列位置決めユニットの共通化

パルス列位置決めユニットは、ドライブユニットを介し、サーボモータ又はステッピングモータによる高速、高精度な位置決めを行うためのインテリユニットである。iQ-Fシリーズでは、2軸パルス列位置決めユニット2機種をラインアップしている。トランジスタ出力タイプFX5-20PG-Pは、出力周波数が低いが安価というメリットがあり、差動ドライバ出力タイプFX5-20PG-Dは出力周波数が高く、ノイズに強いなどの特長がある。FX5-20PG-Pは最大200kppsのパルス出力に対応しており、FX5-20PG-Dは最大5Mppsのパルス出力に対応している。

従来は、パルス列位置決めユニットとしてトランジスタ出力タイプの“FX3U-1PG”と、差動ドライバ出力タイプの“FX2N-10PG”を異なるアーキテクチャとして設計をしていた。iQ-Fシリーズでは、トランジスタ出力タイプと差動ドライバ出力タイプのアーキテクチャの違いを、パ

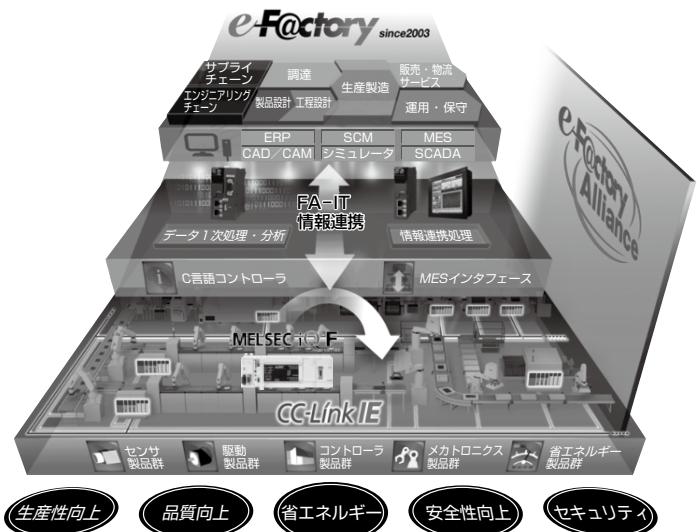


図8. e-F@ctoryのイメージ図

ルス出力回路(FET(Field Effect Transistor), 差動ドライバ)と差動ドライバコモン端子の有無で実現しており、ファームウェアの共通化や基板の共通化を図っている。

##### 4.3 ネットワークユニットの共通化

ネットワークユニットは、CPUユニットを汎用EthernetやCC-Link, EtherNet/IP<sup>(注3)</sup>などのオープンネットワークに接続するためのインテリユニットである。iQ-Fシリーズでは、CC-LinkやPROFIBUSに代表されるシリアルネットワークに加え、EtherNet/IP, CC-Link IEフィールドネットワークBasicなどのEthernetベースのオープンネットワークに対応している。

生産現場では、Ethernetベースのネットワークが急速に普及しており、iQ-Fシリーズでは、EtherNet/IPやModbus TCPなど特に普及しているネットワークに対応した。また、今後はセキュアかつ信頼性の高いデータ通信を実現するEthernetベースの通信規格などに対応していく必要がある。iQ-Fシリーズでは、EthernetユニットFX5-ENETを開発し、Ethernetベースのネットワークユニットのハードウェアを共通化している。今後、このハードウェアをベースに様々な通信規格に対応したプロトコルを実装することで、各種ネットワークユニットの市場投入期間の短縮を実現していく。

(注3) EtherNet/IPは、ODVAの登録商標である。

## 5. むすび

iQ-Fシリーズのインテリユニットの製品の特長や小型化、省配線、設計効率化によるラインアップ拡充について述べた。今後もiQ-Fシリーズのインテリユニットでは、顧客視点の製品開発を行うことによって、生産現場の作業性向上に貢献し、様々なネットワークへの接続性を高めるために、ラインアップの充実を図っていく。

# グラフィックオペレーションターミナル “GOT2000シリーズ”の新機種

高嶋哲也\*  
工藤文美恵\*

New Model of Graphic Operation Terminal "GOT2000 Series"

Tetsuya Takashima, Fumie Kudo

## 要旨

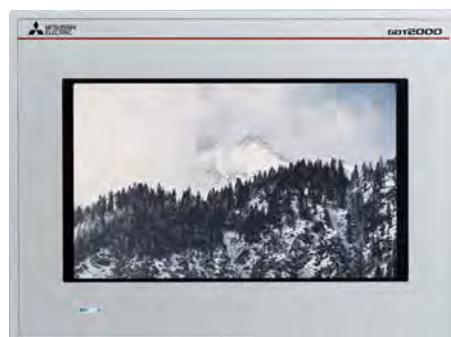
三菱電機のFA(Factory Automation)向け表示器事業は、2013年9月に“GOT2000シリーズ”を市場投入し、以降継続して製品ラインアップの拡充や機能の拡張を行ってきた。

新たにラインアップした“GOT2000シリーズ GT25耐環境性強化モデル”は、プラント設備やEV(Electric Vehicle)スタンド、建設機械などの市場をターゲットとし、従来機種よりも幅広い環境に適応した機種である。具体的には、従来機種の“GOT2000シリーズ GT25ワイドモデル”

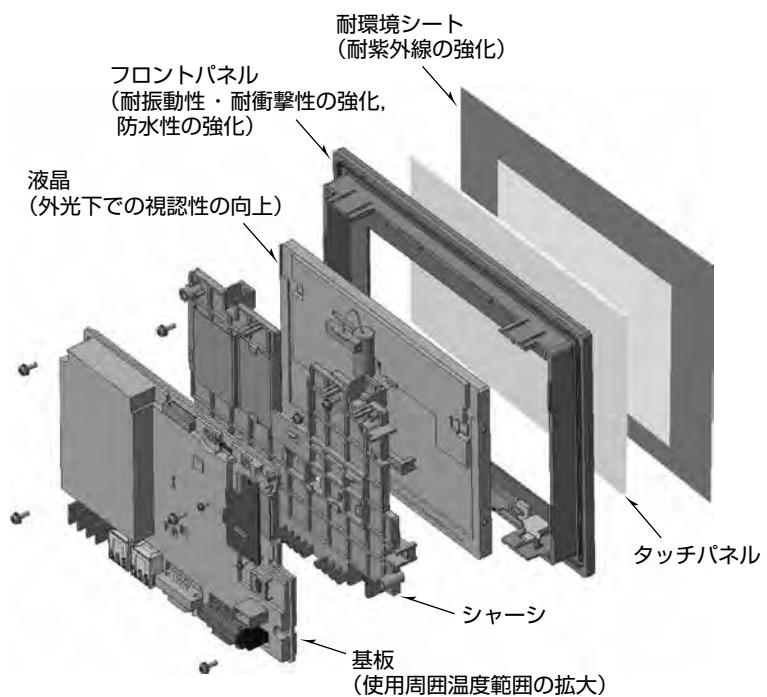
をベースに、耐紫外線の強化、外光下での視認性の向上、使用周囲温度範囲の拡大、耐振動性・耐衝撃性の強化、防水性の強化を実施した。

GT25耐環境性強化モデルの特長は次のとおりである。

- (1) 耐紫外線の強化(紫外線約95%カット)
- (2) 外光下での視認性の向上(従来比2倍以上)
- (3) 使用周囲温度範囲の拡大(-20~65°C)
- (4) 耐振動性・耐衝撃性の強化(従来比2倍以上)
- (5) 防水性の強化(IPx6, IPx7対応)



GT25耐環境性強化モデル



## “GOT2000シリーズ GT25耐環境性強化モデル”的構成

GOT2000シリーズのGT25耐環境性強化モデルは、従来機種の“Easy and Flexible”的コンセプトを継承しつつ、ハードウェア構造の見直しによって、従来では設置が難しい使用環境に対して、ユーザーが簡単に設計・操作・保守できる表示器を提供する。

## 1. まえがき

当社はFA向け表示器事業を1992年にスタートし、三菱FA機器との親和性を武器に事業拡大を行ってきた。2013年9月にGOT2000シリーズを発売し、基本性能の高さ、信頼性の高さ、ラインアップの充実、三菱FA機器との親和性機能に加え、リモートメンテナンス機能、無線機能によって他社との差別化を図り、国内外のユーザーから高い評価を得ている。

そこで当社はGOT(Graphic Operation Terminal)の更なる使用用途拡大を目標に、プラント設備やEVスタンド、建設機械に適用するGOT2000シリーズの新機種GT25耐環境性強化モデルを2018年5月に市場投入した。

本稿では、製品の特長、従来機種からの変更点、及びその実現方法について述べる。

## 2. 開発目的

当社FA向け表示器事業は、様々な市場要望に応えるためにGOT2000シリーズのラインアップを増やし、市場拡大を推進している。更なる市場拡大を目的として、従来GOTが使用されるFA装置とは異なる、プラント設備やEVスタンド、建設機械をターゲットとした(図1)。

これらの市場での使用環境は、屋外へ設置する盤への取付けや建設機器周辺への設置など、FA装置と比較して過酷な環境となっている。

そのためこれらの市場参入を目指し、従来機種よりも耐環境性を向上させたGT25耐環境性強化モデルを開発した。

このモデルは、豊富なインターフェース、機能を内蔵したGT25ワイドモデルをベースに、ハードウェアアーキテクチャ及び部材の共通化を行い、開発工数の短縮を図った。

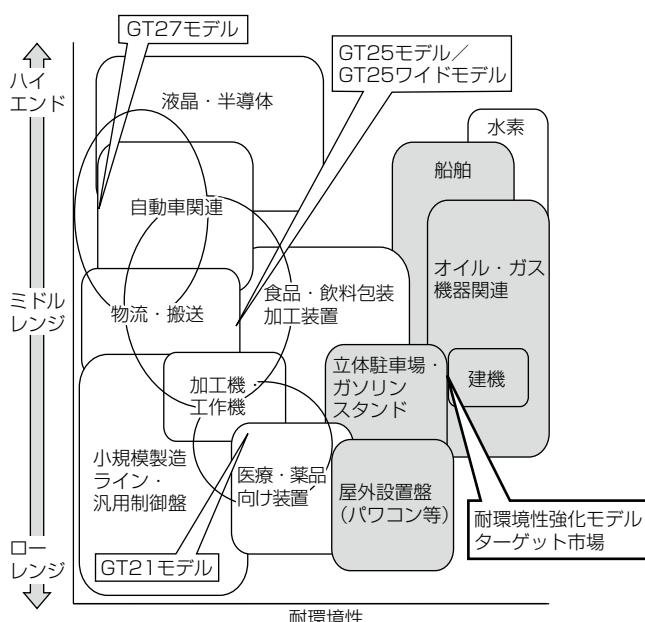


図1. GOT2000シリーズの市場別用途

## 3. 製品仕様

新機種の耐環境性仕様に関する強化ポイントを表1に示す。従来機種に対し、主に五つの仕様の強化を図った。

また、パネル筐体(きょうたい)にGOT2000シリーズ初の金属筐体を採用し、耐環境性仕様の強化だけでなく、外観デザインによる堅牢(けんろう)感を実現した。

表2に性能仕様を示す。GT25ワイドモデルをベースにしたことで、豊富なインターフェースによる多様な機器への接続や、無線を使用したリモートメンテナンスなどの様々な機能を実現した。

## 4. 特長

新機種は、耐環境性能の強化を実現するため、耐環境シート、フロントパネル、液晶等の部品に対して4.1節から4.5節に述べる施策を実施した(図2)。

### 4.1 耐紫外線の強化

GOTを屋外の制御盤等に取り付ける場合、日光に含まれる紫外線(UltraViolet: UV)によって耐環境シートや液晶内部の偏向板が変色し、視認性の悪化が懸念される。また、UVはタッチパネルに対しても硬化・変形を引き起こし、タッチ操作に影響を及ぼす。

UVに対する問題解決のため、新機種は最前面に貼付している耐環境シートの材質を変更することで、従来機種より高い耐紫外線性能を実現した(図3)。

耐環境シートの材質として表面部にUVカット層、シートの基材となるPET(ポリエチレンテレフタレート)層にUV吸収材を持つシートを使用することで、約95%のUV

表1. 耐環境性仕様に関する強化ポイント

項目	GT25 耐環境性強化モデル	GT25ワイドモデル (従来機種)
耐紫外線	95%カット	—
使用周囲温度範囲	-20~65°C	0~55°C
耐振動性(連続的・断続的)	19.6・19.6m/s <sup>2</sup>	4.9・9.8m/s <sup>2</sup>
耐衝撃性	392m/s <sup>2</sup> (40G)	147m/s <sup>2</sup> (15G)
防水性(前面部)	IP66F, IP67F	IP67F

表2. 性能仕様

項目	仕様
画面サイズ	7型ワイド
解像度	WVGA(800×480ドット)
格納用メモリ(ROM)	32MB
動作用メモリ(RAM)	128MB
RS-232インターフェース	1ch:Dサブ9ピン(オス)
RS-422/485インターフェース	1ch:Dサブ9ピン(メス)
Ethernet <sup>(注1)</sup> インターフェース	2ch:RJ-45
USB(ホスト)インターフェース	1ch(背面):USB-A
USB(デバイス)インターフェース	1ch(背面):USB Mini-B
音声出力インターフェース	1ch(背面):φ3.5ステレオミニプラグ(3極)
無線LANインターフェース	無線LAN通信ユニット装着用

WVGA: Wide Video Graphics Array

RAM : Random Access Memory

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

カットを実現している。これによって、GOT内部の液晶やタッチパネルへの紫外線照射を防止し、劣化を抑制している。また、上層にUVカット層が存在することで変色しやすいPET基材へのUV照射を減衰し、耐環境シート自体の変色を防止している。

また、オプションとして、耐環境シートと同一素材を使用した交換可能なUV保護シートを開発した。耐環境シートの上面に更にUV保護シートを貼り付けて定期的に貼り替えることで、GOT本体の耐環境シートの変色を抑制できる。

UVカットを施した耐環境シートに対し、屋外5年相当のUV照射加速試験を実施した。従来機種ではシートの劣化が進み透過率が20%以上低下したのに対し、新機種で採用した耐環境シートでは透過率低下が僅か3%であり、耐環境性シート自体の耐紫外線性が向上した(図4)。

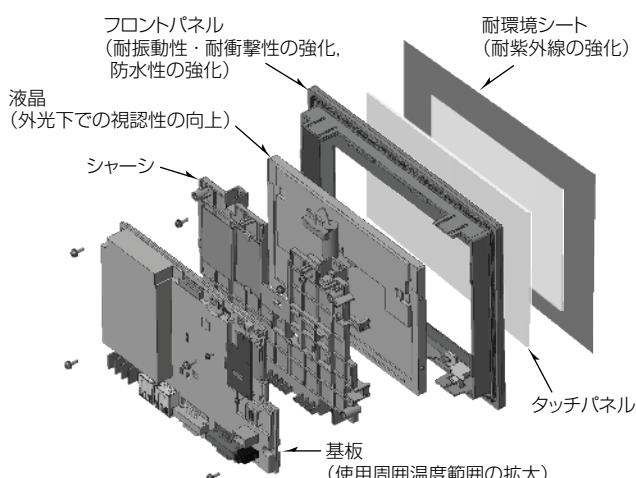


図2. 新機種の構成(リアケース除く)と耐環境性能強化施策

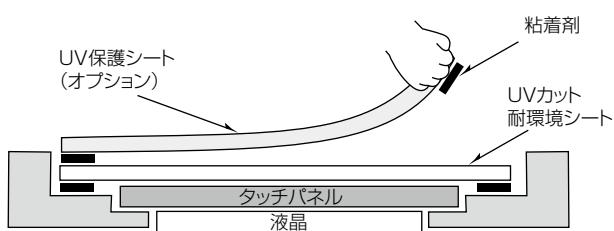


図3. GOT前面部の断面図

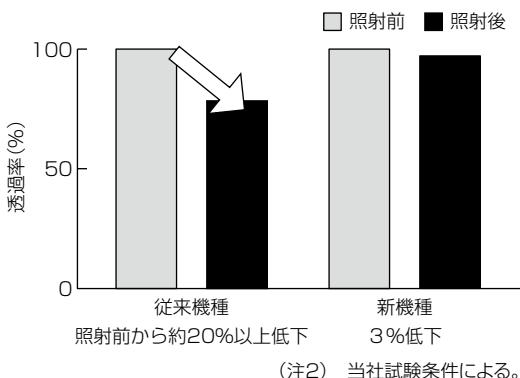


図4. UV照射による透過率変化の比較

#### 4.2 外光下での視認性の向上

屋外に設置される制御盤は、西日等でGOTの表示面に強い光が映り込み視認性が悪化する。この問題の解決として、液晶の高輝度化による対策を実施した。視認性を向上させるため、液晶の輝度を従来品の2倍以上の輝度にし、外光の明るい環境下であっても表示面への映り込みを低減し、視認性を向上させた。

#### 4.3 使用周囲温度範囲の拡大

新機種のターゲットであるユーザー装置は、寒冷地や温暖な地域での使用も多く、従来機種の使用周囲温度範囲仕様では、ユーザーが装置にヒーターやファンを設置するなどの対策をしていた。ユーザー側の対策負荷を軽減するため、GOTの使用周囲温度仕様を拡大する必要がある。また、4.2節で述べた液晶の高輝度化に伴って液晶バックライトの消費電流が増え、発熱量の増加が課題となつた。

そこで、次の対策を行い、使用周囲温度範囲仕様を“0~55°C”から“-20~65°C”に拡大した。

##### 4.3.1 高温側の対策

GOTの冷却方法は自冷式であり、外気を製品内部に取り込んで内部の温度を下げる構造である。今回、使用周囲温度仕様の拡大を実現するために、筐体のスリット開口面積と配置を変更して開口面積を約2.5倍に改善し、空冷効果を強化した(図5)。

また内部部品である液晶やシャーシ、基板間の間隔を広げることで空冷効果を向上させるとともに、発熱部品と耐熱性の低い部品の配置を離すことで、65°Cの使用周囲温度環境での使用を可能にした。

##### 4.3.2 低温側の対策

低温に対して耐性のある部品を採用した。また低温化で特性が悪化する電解コンデンサを導電性高分子コンデンサにすることで低温時の電源動作安定性を確保した。

#### 4.4 耐振動性・耐衝撃性の強化

建設機械、プレス機などでは、従来機種の仕様以上の耐振動性・耐衝撃性の高さが求められる。従来のGOTは、樹脂成型されたフロントパネルと制御盤を4点のねじで固定してGOT自体の質量を支える構造となっており、振動や衝撃を受けるとねじの箇所に応力が集中して樹脂割れの懸念がある(図6)。

また、フロントパネルは表示エリア部の開口によって、表示面方向(X方向)の歪(ひずみ)が発生しやすく、従来以

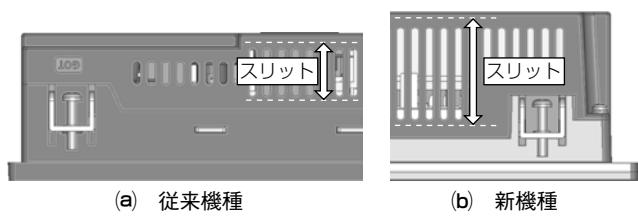


図5. スリット開口の比較

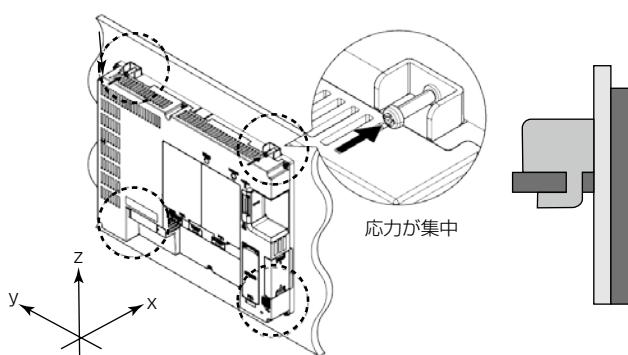


図6. ねじ取付け部の構造

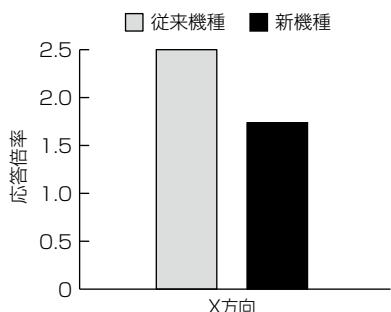


図7. 応答倍率の比較

上の振動・衝撃が加わった際に破損が生じるおそれがあった。

これらの課題を解決するため、フロントパネルを金属(アルミダイカスト)に変更し、ねじ取り付部を含むフロントパネル全体の剛性を強化した。盤に取り付けられるフロントパネルの剛性が上がることで、振動に対するGOTの応答倍率(与えられた振動に対して、計測点での加速度の倍率を示す指標)が低下した(図7)。これによって従来以上の振動・衝撃でもねじ取り付部と内部部品が破損することなく、従来機種の2倍以上の耐振動性・耐衝撃性の強化を実現した。

この対策によって、製品構造上タッチパネルと金属のフロントパネルが接触し、外來ノイズなどによるタッチ誤動作の懸念が発生した。そこでフロントパネルの外周に圧入タイプの樹脂パーツを組み込む構造を開発した(図8)。

これによってタッチパネルが金属部に触れることなく、外來ノイズによるタッチパネルの誤動作を防止した。さらに、この樹脂パーツを3か所に組み込むことによって、タッチパネルの位置決めを容易にし、同時に製造時にタッチパネルが金属部に接触してガラス欠けが発生することを防ぐ構造を実現した。

#### 4.5 防水性の強化

GOTは盤の前面に露出するため、洗浄などを目的にした防水性能の向上に関する要望が多く挙がった。新機種は、前面の保護等級として、従来のIPx7に加えIPx6に適応した。IPx6は盤に設置したGOT前面に対して強い水流を様々な角度から噴射しても防水可能な等級である(表3、図9)。

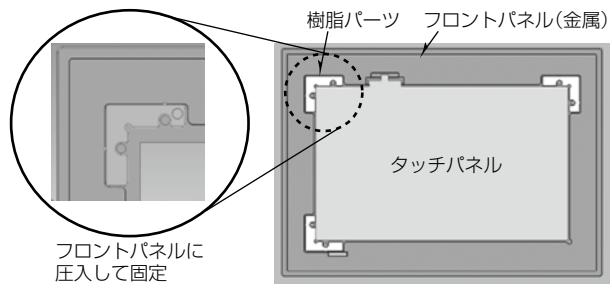


図8. フロントパネルとタッチパネルの絶縁構造

表3. 保護等級IPx6とIPx7<sup>(注3)</sup>

等級	内容
IPx6	いかなる方向からの水の直接噴射によっても有害な影響を受けない
IPx7	規定の圧力及び時間で外郭を一時的に水中に沈めたとき、有害な影響を生じる量の水の浸入があつてはならない

(注3) JIS C 0920による



図9. 水の直接噴射時のイメージ

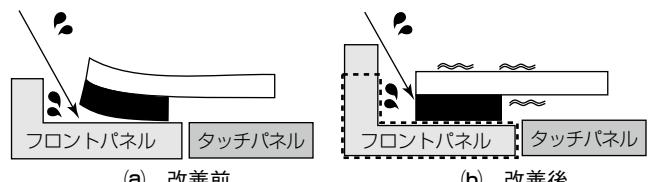


図10. 防水性を向上させた構造改善

IPx6適応のためにフロントパネルの構造と耐環境シートの剛性を強化した。フロントパネルでは、フロントパネルの縁を従来品より0.1mm高くし、耐環境シートの粘着テープにかかる水圧を軽減し、粘着剤の剥離を抑制した。また、剥離防止として耐環境シートの素材自体を変更してシートの剛性が高いものを採用した。これによって、水圧によるシートたわみを抑制できるようになり、耐環境シートが剥がれにくい構造を実現し、IPx6に適応した(図10)。

#### 5. むすび

従来GOTが使用されるFA装置とは異なる市場に対応するため、耐紫外線の強化、外光下での視認性の向上、使用周囲温度範囲の拡大、耐振動性・耐衝撃性の強化、防水性の強化を実施したGOT2000シリーズ GT25耐環境性強化モデルを開発した。

この開発によって、プラント設備やEVスタンド、建設機械など、製品適応分野の拡大を図る。

# アプリケーションパッケージ “iQ Monozukuri PACKAGING”

西原 昇\*  
鈴木理恵\*

Application Package "iQ Monozukuri PACKAGING"

Noboru Nishihara, Rie Suzuki

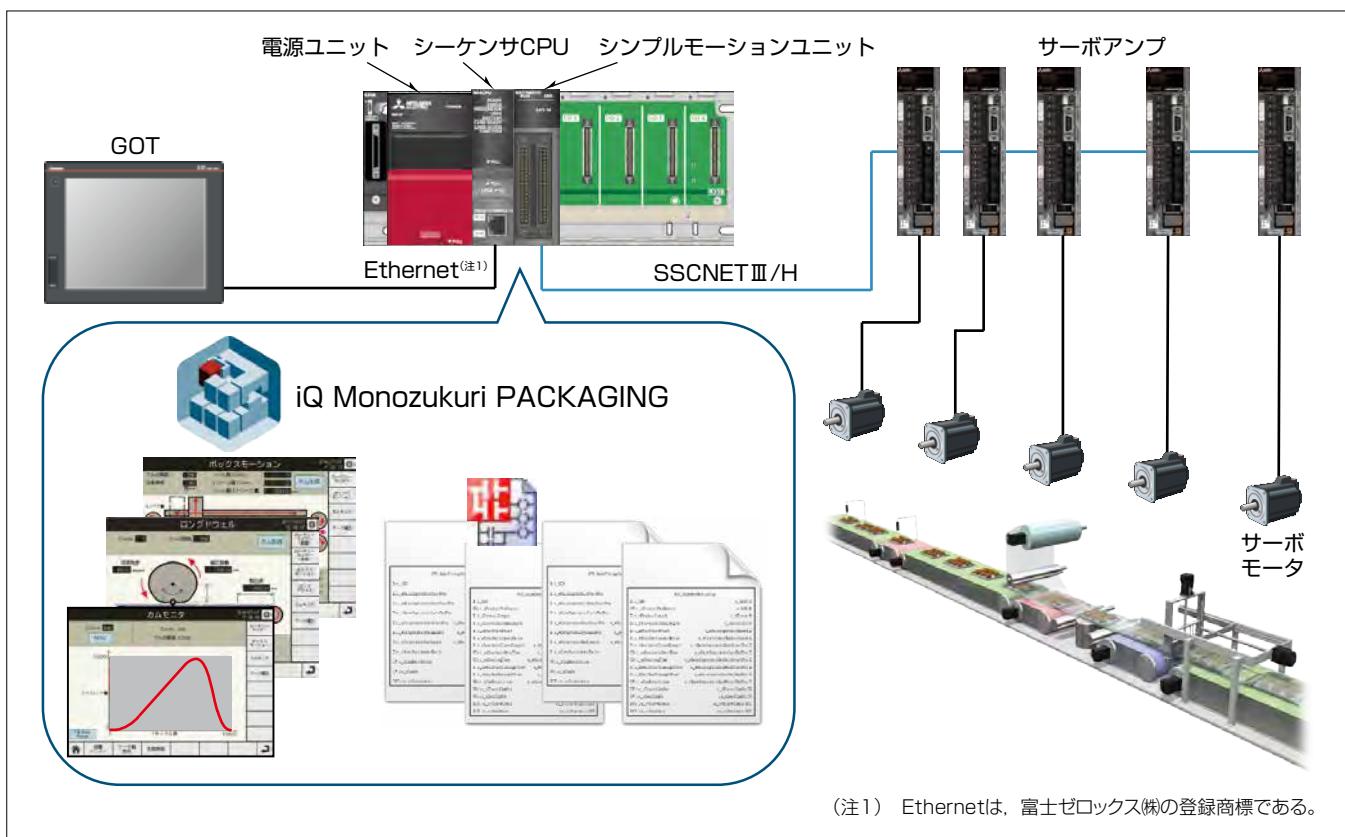
## 要 旨

中国、東南アジアなどの新興国の急速な経済成長によって、包装機の高性能、高機能化が進んでいる。これまでの装置は低コストの間欠動作を行う包装機を中心であったが、高速化に対応するため包装機を構成する各機構が同期して動作する同期制御システムへ移行しつつある。それに伴って制御が複雑化してプログラミング負荷が増加しており、機器製品単品だけでなくエンジニアリングを含めたアプリケーション製品が求められている。

これらの課題を解決するため、三菱電機は様々なシリーズヘッドを持つ包装機を駆動し、プログラミング負荷削減による装置立ち上げ時間の短縮を可能にしたアプリケーションパッケージ“iQ Monozukuri PACKAGING”を開発した。“iQ Monozukuri”は当社のFA-IT統合ソリュー

ション“e-F@ctory”的実現に向けた一歩として、当社が培ってきたノウハウを集めて最適化した製品であり、生産現場へのソリューションを提供する。その中でiQ Monozukuri PACKAGINGは包装機に特化したアプリケーションである。

このアプリケーションパッケージは包装機に必要な技術要素(同期制御、カム制御、マーク補正機能など)を提供する製品として、包装機向けのプログラムをファンクションブロック(FB)で部品化し、シーケンスプログラムで簡単に使用できるようにした。あわせて、包装機を構築するためのプログラム例、GOT(Graphic Operation Terminal)の画面例も用意し当社製品を使用した包装機アプリケーションを容易に構築できる環境を提供する。



## iQ Monozukuri PACKAGINGを使用したシステム構成例

iQ Monozukuri PACKAGINGは横ピロー包装機システムを構築するためのFBライブラリ、プログラム例、GOT画面例を提供し、立ち上げ時間の短縮を可能にしている。また、シンプルモーションユニット1台で横ピロー包装機だけでなく前工程から搬送されるワークを整列する整列コンベヤを駆動することができるため、システムコストの低減が図れる。

## 1. まえがき

包装業界で、新興国でのこれまでの装置は、エアシリンダを使用したON/OFF信号による間欠動作を行う低速かつ低コストな包装機を中心であったが、経済成長とともに食品・薬品の包装需要が増加し、包装機の生産速度が年々向上している。

それに伴って生産速度向上だけでなく様々な包装物に対応できる機能も求められており、プログラムの複雑化が進んで装置メーカーのプログラミング負荷が増加する課題がでてきている。また、生産技術や保全部門の人材不足や技能不足の課題もあり、ハードウェア、ソフトウェア、エンジニアリングまでを盛り込んだアプリケーション製品が求められている。これらの課題を解決するため、当社は様々なシーリングヘッドを持つ包装機を駆動し、プログラミング負荷削減による装置立ち上げ時間の短縮を可能にしたiQ Monozukuri PACKAGINGを開発した。

本稿では、このアプリケーションパッケージのソフトウェア構成及び特長と主な機能を実現した技術について述べる。

## 2. iQ Monozukuri PACKAGINGの特長

包装機には、横ピロー包装、縦ピロー包装、製袋包装など様々な種類の包装機が存在し、固体、液体、顆粒(かりゅう)など包装物によって使い分けられる。その中で横ピロー包装機は固体を包装する装置として最も多く使用されている。iQ Monozukuri PACKAGINGは横ピロー包装機に適用可能なアプリケーションである。

iQ Monozukuri PACKAGINGは、各軸の同期制御などの包装機に必要な標準的な機能をライブラリ化(FB)したものと、ライブラリの使用例(プログラム、GOT画面)を提供する。

システムに応じて必要なライブラリを組み合わせたプログラミング、及び画面例の流用などによってそれぞれの包装機に適したアプリケーションプログラムを容易に作成可能である。アプリケーションパッケージが提供する主な機能は次のとおりである。これらの機能を実現した技術について3章以降で述べる。

- (1) カムパターン自動生成
- (2) マーク補正機能
- (3) アプリケーションプログラム例
- (4) 整列コンベヤ

## 3. カムパターン自動生成

シール&カットを行う機構(以下“シーリング機構”という。)は包装材(以下“フィルム”という。)の送り量に対して一定のサイクルで駆動するため、カム動作を行うのが一般的である。カム1サイクル内にシール&カットを行う場合、

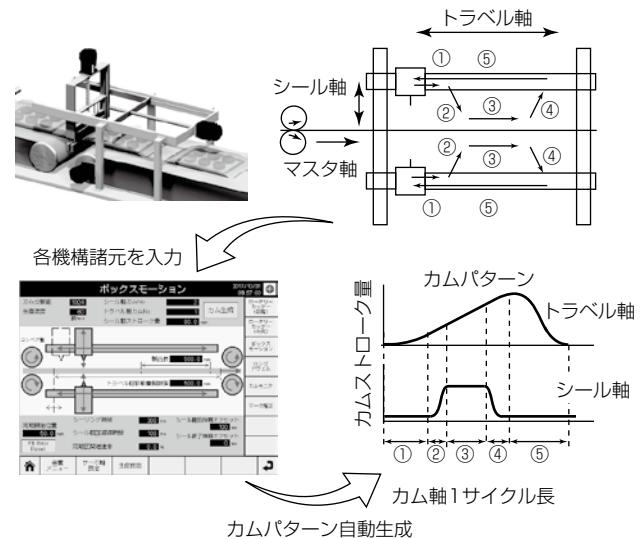


図1. ボックスモーションのカムパターン自動生成例

高品質なシールのでき映えを得るためにシーリング機構の速度とフィルム速度を一致させる必要がある。このような動作を実現し、かつ各機構に合わせた駆動パターンを計算する必要がある。

このアプリケーションパッケージはロータリーカッターやボックスモーションなど代表的な四つのシーリング機構のカムパターンを自動生成するFBを備えており、フィルム速度や被包装物(以下“ワーク”という。)の長さなど機構諸元を入力するだけで各機構に適したカムパターンを容易に得ることが可能である。

図1はボックスモーションのカムパターン自動生成例である。ボックスモーションはトラベル軸、シール軸の2軸で構成され、ワーク高さがある場合やシール時間を確保したい場合に使用されるシーリング機構である。図中の区間③はシール区間であり、トラベル軸速度とフィルム速度が一致し、シール軸は停止する動作となる。GOT画面からシール時間や製品長等の機構諸元を入力することによって二つのカムパターンを同時に生成可能である。

また、カムパターンによってはシーリング機構の速度変化時に発生するジャイク<sup>(注2)</sup>によって装置にダメージを与える、シール品質を損なう可能性がある。このFBはジャイクを抑えるために緩やかな加減速となるよう滑らかなカム曲線を生成する。

(注2) 加速度の単位時間あたりの変化量

## 4. マーク補正機能

包装製品の中には、その製品の特長や名称を示すため絵柄のあるフィルムを使用することがよくある。この絵柄に対して所定の位置でシール&カットするためにフィルム上に設けられたレジストレーションマークを使用してフィルムとシーリング機構の位相を合わせる。しかしながらフィルムの伸縮や滑りによってフィルム送りを行うサーボ軸の

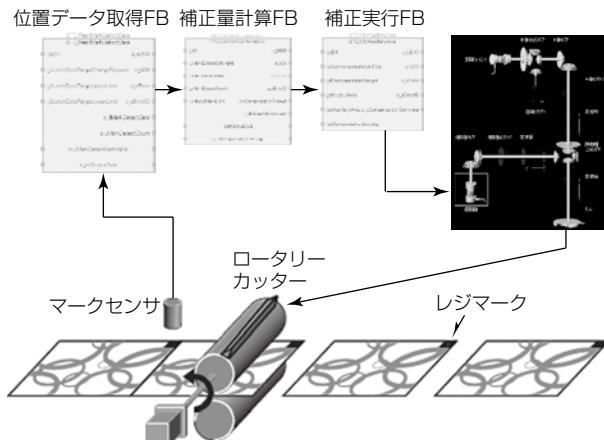


図2. マーク補正

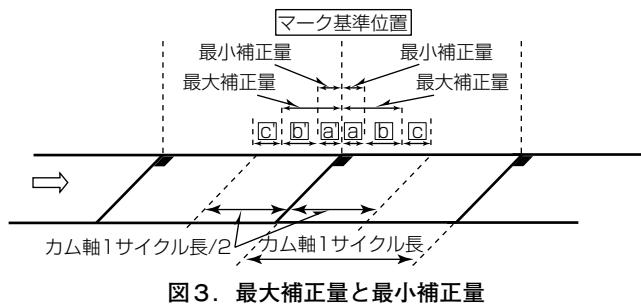


図3. 最大補正量と最小補正量

送り量と実際に送られるフィルム送り量が異なり、正しくシール＆カットすることができない。そのずれ量を補正する機能がマーク補正機能である。

このアプリケーションパッケージは、シンプルモーションユニットが持つマーク検出機能とアドバンスト同期制御機能を使用してマーク補正機能を実現する。容易にプログラムが組めるように位置データ取得、補正量計算、補正実行の三つの機能に分けてそれぞれFBにまとめた。図2のようにFBを組み合わせることで容易にマーク補正機能を構築することができる。また、それだけでなくFB間にユーザー独自のプログラムを組むことで補正タイミングを調整するなど装置に合わせたフレキシブルなプログラミングが可能である。

また図3のように、このFBは最大補正量と最小補正量を指定できる。最大補正量を指定することでレジストレーションマーク以外の絵柄やごみによる誤検出を防止し、最小補正量を指定することで微小な補正による装置の振動を防止できる。

## 5. アプリケーションプログラム例

アプリケーションプログラム例は、FBライブラリの使用例及び装置を動かす上で必要なJOG運転・原点復帰などを含んだシーケンスプログラムと、そのプログラムを実行・モニタするためのGOT画面からなる。

シーケンスプログラムはボックスモーション<sup>(注3)</sup>・ロングドウェル(Dカム)・整列コンベヤの3種類を用意してお

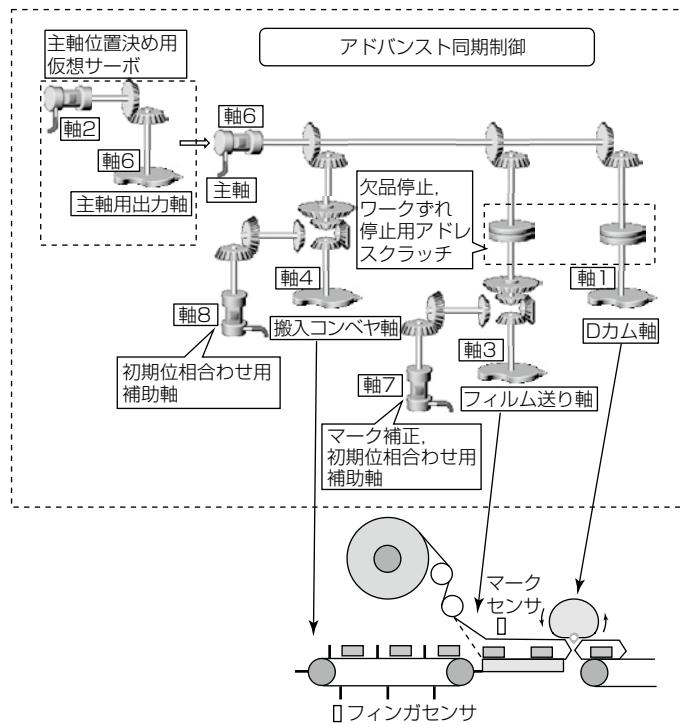


図4. Dカムの同期制御システムのイメージ

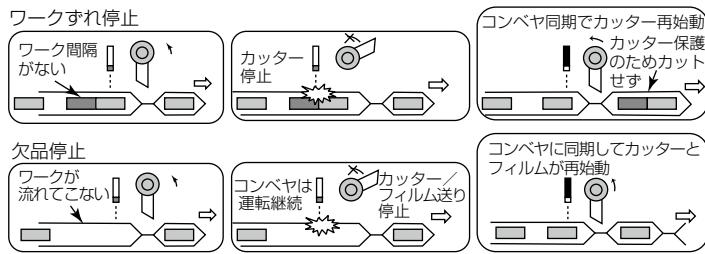


図5. ワークずれ停止と欠品停止

り、図4はDカムの同期制御システムのイメージを示す。

プログラムには図5に示す包装機の必須機能であるワークずれ停止と欠品停止を含んでいる。

ワークずれ停止機能は搬入されたワークの間隔が狭く包装できない場合に包装を停止する機能で、ワークずれを検出するとDカム軸のクラッチをOFFにして停止させ、二つのワークを一つとして包装する。これによってワークの噛(か)み込みを防止してシーリング機構を保護する。

欠品停止機能はワークが搬入されない場合に包装を停止する機能で、欠品を検出するとDカム軸とフィルム送り軸の両方のクラッチをOFFにして停止させ、空包装ができないように制御する。これによってフィルムの無駄な消費を抑える。

(注3) ボックスモーション用サンプルプログラムは三菱シーケンサ“MELSEC iQ-Rシリーズ”に同梱(どうこん)。“MELSEC iQ-Fシリーズ”にはロータリーカッター用サンプルプログラムを同梱。

## 6. 整列コンベヤ

### 6.1 整列コンベヤの概要

ここまで包装機単体に適用可能なアプリケーションにつ

いて述べた。この章では包装機にワークを搬入する工程を自動化する機能を備えた整列コンベヤシステムについて述べる。

横ピロー包装機に搬入されるワークは、一定の間隔に整列されている必要があるが、前工程で製造されたワークは不規則に排出されて作業者の手によって搬送される場合が多い。そこで、この搬送工程を自動化するためにワークを等間隔に整列させる整列コンベヤ機能を開発した。整列コンベヤの概略図を図6に示す。整列コンベヤは間隔調整用コンベヤ(アライメントコンベヤ)と供給用コンベヤ(タイミングコンベヤ)の2種類のコンベヤで構成され、手前に配置されたワーク投入用コンベヤ上に不規則に投入されたワークを、包装機に付随する搬入用コンベヤのフィンガ間に収まるように搬入する。アライメントコンベヤはワーク間隔を調整するためのコンベヤで、タイミングコンベヤは搬入用コンベヤとワークの位相を合わせるためのコンベヤである。

## 6.2 整列コンベヤの特長

アライメントコンベヤが一度に補正できるワーク間隔は、主に生産速度とワークサイズに依存するため、必要に応じて複数台のアライメントコンベヤを使用して間隔調整を行う場合がある。このアプリケーションでは、アライメントコンベヤとタイミングコンベヤの制御を分け、それぞれFBを用意した。これによって装置に合わせてFBを組み合わせることで複数台のアライメントコンベヤシステムにも対応する。

整列コンベヤは2台以上のコンベヤを使用するため、後段のコンベヤがワーク間隔や位相を調整するときに、前段で調整したワーク間隔に影響を与えてはならない。そこで、このアプリケーションでは図6のように各コンベヤを駆動するサーボ軸をアドバンスト同期制御機能のプログラム上で、カスケード状に接続することで各コンベヤが独立して調整可能なシステムにした。

## 6.3 アライメントコンベヤ

アライメントコンベヤは、センサでワークの位置を検出してワーク間隔及び補正量の算出・補正を行う。図7のようにセンサはワーク②を検出し、ワーク①とワーク②の間隔とワーク間隔(1サイクル長)の差分を補正量として算出する(この例ではワーク間隔(150mm) - 1サイクル長(100mm) = 補正量(50mm))。

補正開始タイミングは、ワーク①が次のコンベヤ(この例ではタイミングコンベヤ)に移動完了した時点である。算出した補正量(50mm)をバッファしておき、補正開始タイミングでアライメントコンベヤを加減速させて間隔を調整する。

## 6.4 タイミングコンベヤ

タイミングコンベヤは、間隔調整されたワークを次の搬

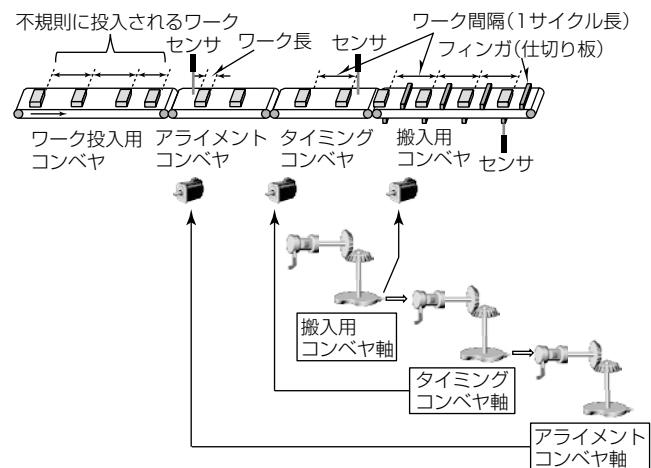


図6. 整列コンベヤ

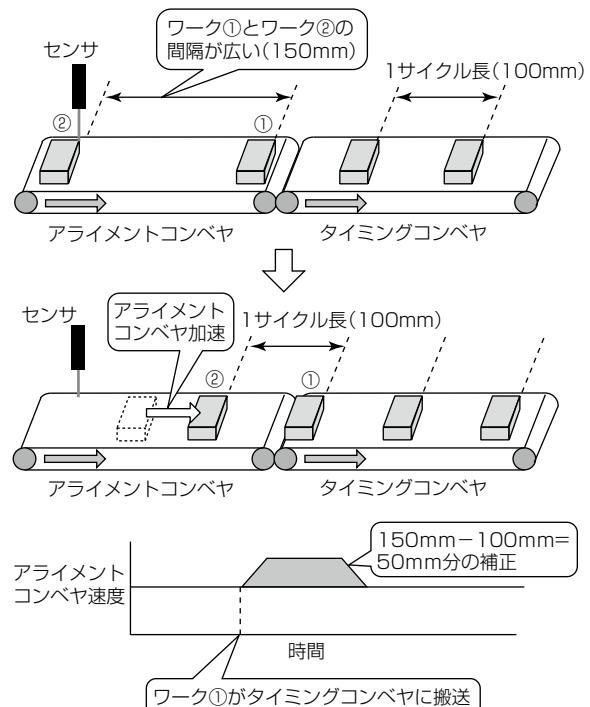


図7. アライメントコンベヤの補正タイミング

入用コンベヤのフィンガ間に移動させるために、ワーク位置(位相)を検出して補正を行う。アライメントコンベヤと同様に補正できない位相ずれがある場合は、1サイクル遅らせて補正を行う。ワークの空きができるが、5章で述べた“欠品停止”的機能によって、空包装を作らないように制御する。

## 7. む す び

アプリケーションパッケージiQ Monozukuri PACKAGINGのソフトウェア構成及び特長と機能、実現した技術について述べた。この製品は包装機に必要な機能及び前工程の搬送コンベヤ制御機能を提供し、包装機システム立ち上げ時のプログラミング工数削減に大きく貢献する。

今後もユーザーの課題に応える機能拡充を行い、このアプリケーションパッケージの適用拡大を目指す。

# 新興国市場のニーズに応える 三菱CNC“E80シリーズ”

末田 崇\*

*Mitsubishi CNC "E80 Series" to Meet Needs of Emerging Markets*

Takashi Sueda

## 要 旨

三菱電機では、2014年に高級機・中級機の工作機械向けCNC(Computerized Numerical Control)“M800／M80シリーズ”を発表し、その加工性能や操作性でユーザーから好評を得ている。一方で、新興国市場ではコストパフォーマンスの高い廉価機の工作機械向けの需要が高く、そのニーズに応える新型CNC“E80シリーズ”を開発した。E80シリーズはシンプルで使いやすい製品でありながら高速処理性能を持つCNC専用CPUを搭載しており、従来機種“E70シリーズ”から飛躍的に性能を向上させた。また新興国市場のニーズである“工作機械のコストパフォーマンス向上”“easy to use”“IoT(Internet of Things)対応”に応える機能を搭載している。

### (1) 工作機械のコストパフォーマンス向上

#### ①アナログ主軸機能拡充

アナログ接続された主軸での同期制御が可能。

#### ②マルチヘッド加工機向け機能開発

複数のワークを並行加工するために最適な機能の開発。

### (2) easy to use

#### ①簡単に高品位、高精度を実現する機能

簡易マシニングセンタでも使いやすい高精度機能を搭載。

#### ②プログラム編集とカスタマイズ機能の拡充

直観的な操作を可能にする機能を搭載して操作性を向上。

### (3) IoT対応

#### ①ものづくりの最適化を支援する機能

当社が推奨する、あらゆる機器や設備をIoTでつなぐFA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”的機能が充実。



## 三菱CNC“E80シリーズ”

表示器と一体型の制御ユニットと新たに開発したシートキーボードを組み合わせた構成になっている。厚さ9.5mmを実現し、シンプルで使いやすい構成でありながら、高速処理性能を持つCPUを備えている。また新興国市場のニーズにマッチした特徴的な機能を多数搭載し、様々な構成の工作機械に対応し、かつ操作性向上やIoT関連の対応を実現したコストパフォーマンスの高い製品である。

## 1. まえがき

近年アジアでスマートフォン用部品加工の需要が伸長し、タッピングセンタ、マシニングセンタといった中級機の工作機械の販売数が拡大した。当社のCNCはこの市場で好評を得て、市場を拡大した。当社は市場のニーズにマッチした製品の開発を目指しており、中級機だけでなく、高級機、又は廉価機の工作機械に向けた開発を進めている。

そのような中、2014年に当社では新型CNC“M800/M80シリーズ”を発売した。同シリーズでは、その高い機能拡張性を生かして、高級機の工作機械向けに5軸加工機能や複合加工機能など高付加価値機能を開発しており、中級機市場を含め加工性能や操作性でユーザーから好評を得ている。一方、廉価機の工作機械市場は機械構成はシンプルだが、コストパフォーマンスの高い工作機械の需要が高い。今回、それに応えるために新型CNC E80シリーズを開発した。

本稿ではE80シリーズの搭載機能について述べる。

## 2. E80シリーズ

### 2.1 E80シリーズの位置付け

当社のCNCは、航空機部品など複雑な加工に使われる5軸加工機・複合旋盤にはハイパフォーマンスCNC M800シリーズ、金型や精密部品の加工に使われるマシニングセンタ・多系統旋盤にはスタンダードCNC M80シリーズがラインアップされている。今回開発したE80シリーズはスマートフォンのケースを加工する簡易型マシニングセンタや車の部品加工に使われる2軸旋盤からミーリング機能付旋盤など、シンプルな構成の工作機械に最適なハイコストパフォーマンスCNCとなっている(図1)。

### 2.2 E80シリーズのシステム構成

E80シリーズは表示器と一体型の制御ユニットで、従来

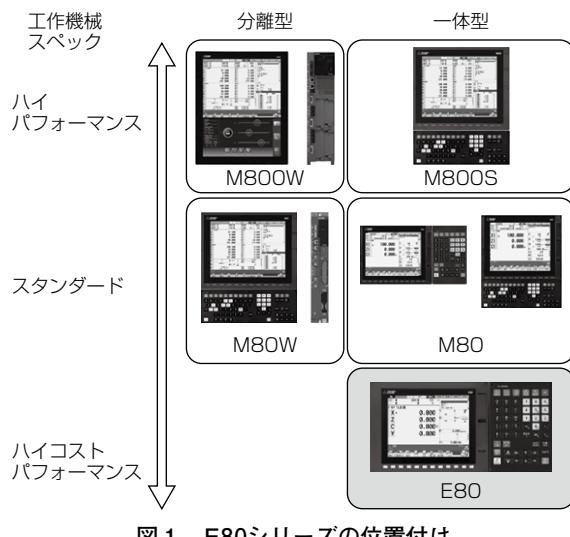


図1. E80シリーズの位置付け

機種E70シリーズの後継機という位置付けだが、図2のようにM800/M80シリーズと同様に当社の高性能ドライブユニットと高速光通信が可能であり、同時にインバータにアナログ接続して主軸を駆動させることも可能である。そのほか、SD(Secure Digital)カードスロットを標準搭載し、キーボードは旋盤向けとマシニングセンタ向けの2種類のシートキーボードをラインアップしている(図3)。表示器、キーボード共に厚さ9.5mmを実現し、フラット形状によって工作機械のデザインの可能性を広げている。

### 2.3 E80シリーズの性能

E80シリーズにはM800/M80シリーズと同等の高速処理性能を持つCNC専用CPUが搭載されており、それによって高生産性を支える高い加工プログラム処理能力、大規模なデータプログラムを高速処理可能なPLC(Programmable Logic Controller)処理性能を備え、サイクルタイムの短

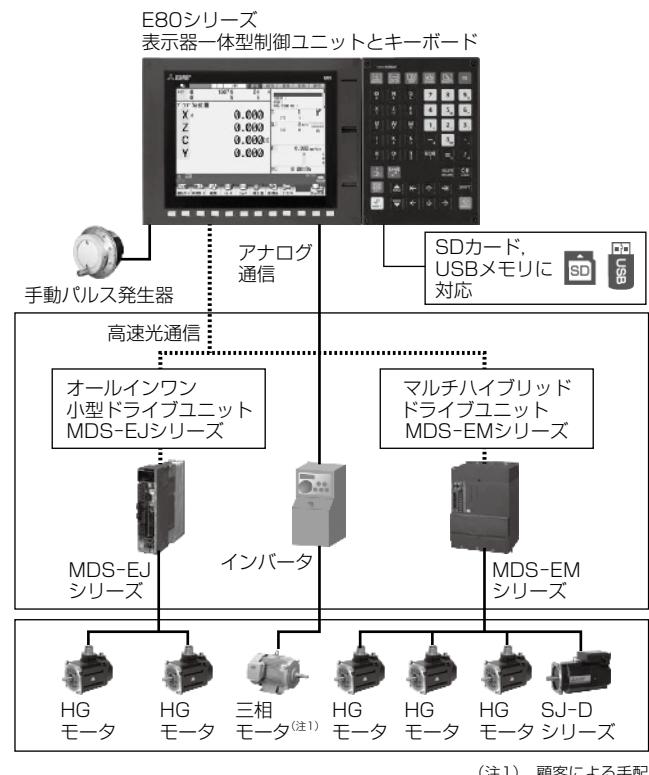


図2. E80シリーズの接続例

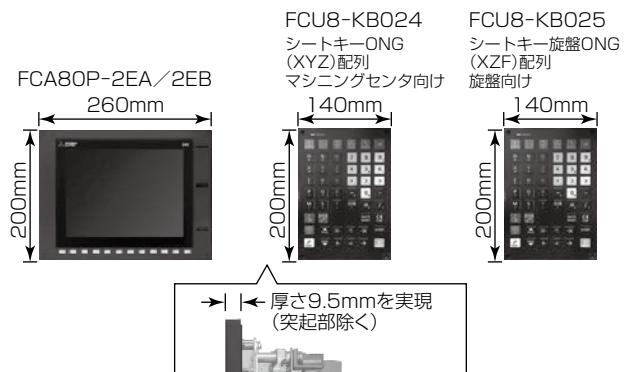


図3. 表示器とシートキーボードの寸法

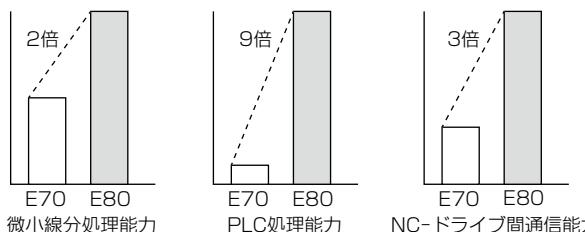


図4. E70シリーズとE80シリーズの性能(kブロック/min)比較

縮や高精度な加工を実現している。E70シリーズと比較すると、図4に示すように微小線分処理能力が2倍、PLC処理能力は9倍、NC-ドライブユニット間通信能力は3倍となっている。

### 3. E80シリーズの特徴的な機能

この章ではE80シリーズの特長である“工作機械のコストパフォーマンス向上”“easy to use”“IoT対応”に貢献する機能について述べる。

#### 3.1 アナログ接続主軸機能拡充

廉価機の工作機械の市場ではドライブユニットを使用せずにアナログ接続されたインバータで駆動する主軸を搭載することでコストを抑える工作機械がある(図5)。従来はこの機械でタップ加工する場合、ドライブユニット駆動の送り軸とアナログ接続主軸の同期が取れないため特殊な伸縮機構の工具が必要であった。E80シリーズではアナログ出力の指令の改良によってアナログ接続主軸でも精度の高い同期タップ加工を可能にした。これによってコストパフォーマンスの高い工作機械の実現が可能になる。

#### 3.2 マルチヘッド加工機向け機能開発

マルチヘッド加工機は並行して複数の同じワークを同時に加工できるコストパフォーマンスの高い工作機械である(図6)。E80シリーズではマルチヘッド加工機向けの機能として、複数軸同期制御機能を開発した。従来は2軸までの送り軸の同期制御が可能であったが、この機能によって3軸以上の同期制御を可能にした。また、各Z軸で動作する工具の長さに合わせて、軸別に工具長を補正して動作できるため、それぞれのワークに対して高い加工精度を実現できる。

#### 3.3 多彩な機械仕様に対応した機能

近年、廉価機の工作機械の市場でも高い品位の加工、高い精度の加工が求められ、簡易型マシニングセンタはもちろん、ミーリング機能付旋盤でもその要望は高い。E80シリーズでは、“easy to use”を実現するため、使いやすい高精度機能として、高精度制御、easySSS(Super Smooth Surface)制御、トレランス制御機能を搭載している。

高精度制御は加工プログラムの指令経路と実際の加工軌跡との差を抑制することで、コーナー部の丸みや円弧の内周りを防ぐ機能である(表1)。

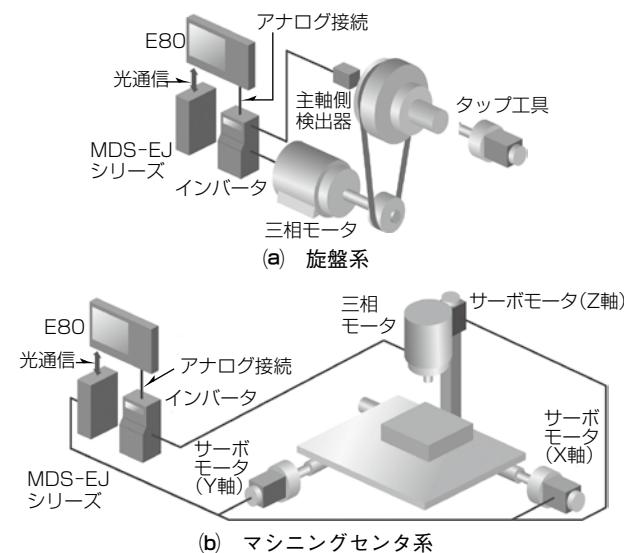


図5. インバータ駆動主軸の接続図

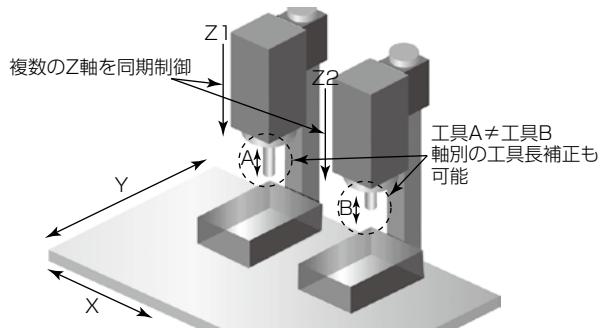


図6. マルチヘッド加工機での同一形状加工

表1. 高精度制御有効／無効時の指令経路と加工軌跡

	高精度制御無効	高精度制御有効
コーナー部の誤差	実際の軌跡 指令経路 コーナーに丸みが発生	実際の軌跡 指令経路 丸みが減少
円弧の誤差	誤差が発生 実際の軌跡 指令経路	誤差が減少 実際の軌跡 指令経路

easySSS制御はM800/M80シリーズに搭載されているSSS制御を簡易的な設定で使用できる機能で、加工プログラムを大域的に判断することで、パスの局所的な変化による振動を抑制し、工具を滑らかな動作にすることで高品位な加工を実現できる(図7)。

トレランス制御はトレランス(許容誤差)量を指定するだけでその範囲内を滑らかに工具が動作して加工する。加工プログラムに微小線分の不要な段差形状やノイズが含まれている場合でも滑らかな加工を実現できる(図8)。また不要な段差を除去して動作するため、サイクルタイムの短縮にも貢献する機能である。

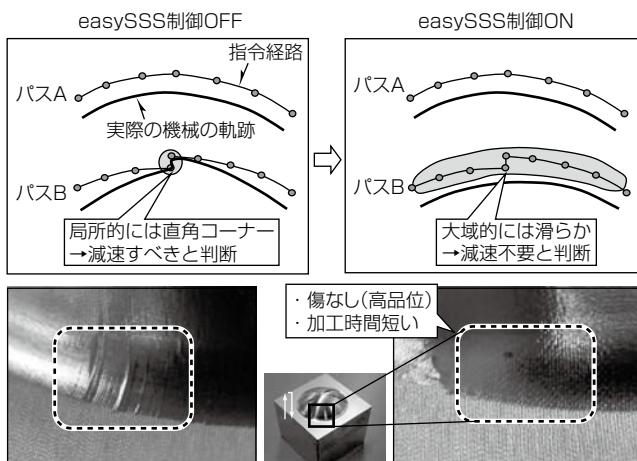


図7. easySSS制御有効／無効時の加工軌跡と加工結果

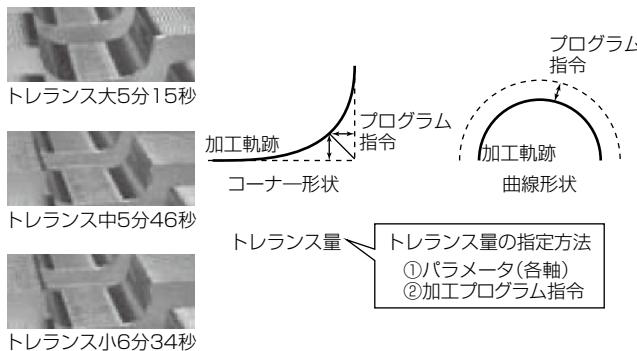


図8. トランジス制御の加工軌跡と加工時間

### 3.4 プログラム編集とカスタマイズ機能の拡充

“easy to use”を実現する機能として直観的な操作で段取りが可能な対話式サイクル挿入機能がある。この機能は、加工形状や寸法を画面から指定するだけで加工プログラムが自動生成される段取り作業の補助機能である。この機能では様々な加工に対応できるよう多種のサイクルを用意しているが、機械メーカー独自のサイクル挿入画面を追加したり、不要なサイクルを非表示にするなどカスタマイズ也可能である(図9)。これによって簡単に操作性の高い工作機械を実現できる。

### 3.5 ものづくりの最適化を支援する機能

FA機器の“IoT対応”は急速に発展しており、当社でもあらゆる機器や設備をIoTでつなぎ、データ分析・活用することでのづくり全体を最適化する“e-F@ctory”を提案している。E80シリーズもこのIoTを支援する機能が充実しており、ここではフィールドネットワークとオペレータメール通知機能について述べる。

#### 3.5.1 フィールドネットワーク

省配線から安全機器まで多くの製品に利用できるCC-Linkや、制御機器を高速・大容量でつなげるCC-Link IEは、それぞれe-F@ctoryでの生産現場で使用されており、E80シリーズもこれらのフィールドネットワークに対応し

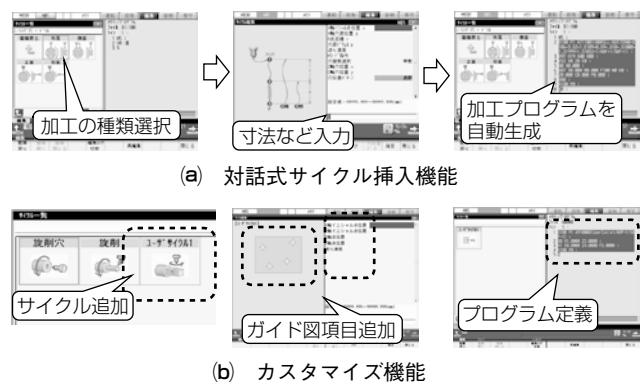


図9. 対話式サイクル挿入機能とカスタマイズ機能

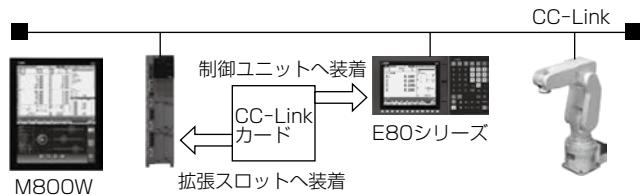


図10. CC-Link接続例

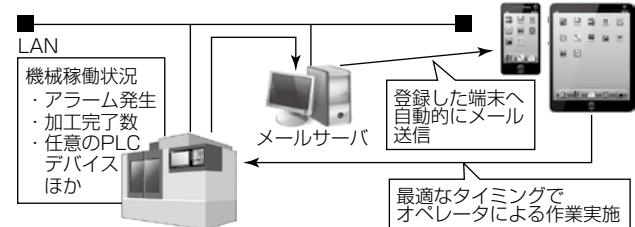


図11. オペレータメール通知機能

ている(図10)。また、様々な汎用イーサネット機器と混在させて使用できるEtherNet/IPや、高速・大容量な伝送が可能なCC-Link IE Fieldにも対応している。

#### 3.5.2 オペレータメール通知機能

オペレータメール通知機能は、NC(Numerical Control)に設定した送信タイミングになるとNCから自発的に機械稼働状況をメール発信する機能である(図11)。時刻やアラームなど送信条件を設定し、送信先はメールアドレスを自動登録するため、パソコンやスマートフォンなど様々な端末でメールを閲覧できる。シンプルなネットワーク環境とSMTP(Simple Mail Transfer Protocol)サーバだけの構成であるため、環境設定も簡単、かつどこでも機械稼働状況を監視できるため、緊急時のダウンタイム短縮に貢献できる。

## 4. むすび

新型CNC E80シリーズについて述べた。工作機械の需要は様々な変化するが、E80シリーズはその需要にマッチした、世界中のモノづくりの根幹となる製品である。今後も市場の需要にマッチした製品開発に努めていく。

# シミュレータとAIの活用による 3Dビジョンセンサ自動調整機能

櫻本泰憲\*  
菊池 徹\*\*

Automatic Adjustment Function for 3D Vision Sensor by Using Simulator and AI

Yasunori Sakuramoto, Toru Kikuchi

## 要 旨

少子高齢化による労働力不足、製品のライフサイクルの短縮と品質の維持向上という課題を解決する手段として、柔軟にラインを構築でき、様々な作業が可能な汎用性の高いロボットを用いた自動化が近年脚光を浴びている。

特に三菱電機のメイン市場である電気電子分野の製造現場では、人手による複雑な工程の自動化と製造ラインの早期立ち上げ、そして製造ラインの安定稼働への要求が日々高まっている。この市場からの要求に応えるべく、三菱電機はこれまで製品性能の向上や知能化技術の研鑽(けんさん)を行い、産業用ロボット“MELFA FRシリーズ”や知能化オプション“MELFA Smart Plus”を市場に投入して

きた。しかしながら三菱電機が開発した知能化技術が性能を發揮するには、対象物や作業環境に依存した個別の条件設定が必要であり、この条件設定に長い時間を要し、技術支援が必要となる場合もあった。

三菱電機の知能化技術のうち、経験と感覚に依存する調整作業が必要であった三次元(3D)ビジョンセンサに対し、誰でも簡単かつ最適な調整を短時間で実現可能にするために、三菱電機独自のAI(Artificial Intelligence)技術である“Maisart”とシミュレータ技術を活用して、認識パラメータの自動調整をオフラインで実現するAI機能を開発した。



## 産業用ロボットMELFA FRシリーズの知能化オプション“MELFA Smart Plus”

柔軟な生産ラインの実現を強力にサポートするMELFA FRシリーズの新オプションMELFA Smart Plusは顧客の設計・立ち上げ・運用・保守の全てのフェーズで先端の機能を提供する。今回開発した機能は3Dビジョンセンサの立ち上げ支援機能であり、シミュレータを用いてばら積み状態のワークの計測・認識を再現し、ワークを正しく認識するための各種パラメータを自動調整できるAI機能を新たに付加価値として提供する。

## 1. まえがき

少子高齢化による労働力不足と製品ライフサイクルの短縮化に伴い、製造現場では複雑な工程の自動化と生産ラインの早期稼働への要求が日々高まっている。これまで三菱電機はそのニーズに応えるべく3Dビジョンセンサや力覚センサといった知能化技術を開発してきた。しかし、顧客がその性能を十二分に發揮させるには、現場で試行錯誤を繰り返しながら最適な条件を一台ずつ調整する必要があった。この調整作業は対象となるワークの形状と作業環境によって大きく異なるものであり、また作業者によって調整結果にはらつきが生じるものであった。

そこで、3Dビジョンセンサでの調整結果のはらつきと長い作業時間に着目し、AIとシミュレータを活用することで、誰でも簡単かつ最適な調整を短時間で実現可能にする自動調整機能を開発し、知能化オプションMELFA Smart Plusとして発売した。

## 2. 製造現場を変える3Dビジョンセンサ

### 2.1 製造現場での課題

自動組立てシステムでのワーク供給では、人手によるトレイ整列供給、又はパーツフィーダと呼ばれる振動式の専用部品整列装置が用いられている。しかし、前者では人件費やトレイ運搬費・トレイ設置面積の増大が問題となる。また、後者では装置費や設置面積の増大、搬送トラブルによる操業停止などの問題がある。このため、乱雑に積まれた状態のワーク(以下“ばら積みワーク”という)を自動供給することは古くからの課題である。

### 2.2 MELFA-3D Vision

2.1節の課題に対して、近年では特に3Dビジョンセンサが有効なセンシング手段として注目を浴びている。三菱電機でも、これまでに3Dビジョンセンサを開発してきており、“MELFA-3D Vision”として製品化している。MELFA-3D Visionを図1(a)に示す。3Dビジョンセンサは、距離情報を取得できるため、ばら積みワークを計測し、そのデータの凹凸情報からワークを認識可能である。認識結果例を図1(b)に示す。

### 2.3 MELFA-3D Visionの適用事例

ロボットとMELFA-3D Visionを組み合わせ、部品箱にばら積みされたワークを取り出し、トレイ上に整列させるキッティングシステムを構成した例を図2に示す。

このシステムでは、ばら積みワーク群から一つのワークを取り出す工程(分離工程)と、取り出したワークの姿勢を補正して目標の位置へ運ぶ工程(整列工程)から構成される。

一つ目の分離工程では、MELFA-3D Visionを用いてばら積みワークを認識し、一つのワークを取り出し、仮置き台へ搬送する。二つ目の整列工程では、仮置き台の上に設



(a) MELFA-3D Vision(カメラヘッド部) (b) 認識結果例

図1. MELFA-3D Visionと認識結果例

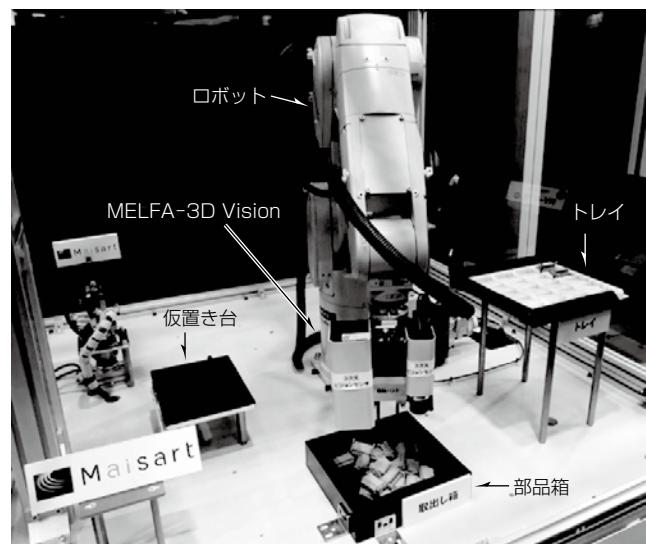


図2. キッティングシステム

置された二次元ビジョンセンサがワーク形状及び姿勢を正確に認識し、ワークの位置姿勢を調整した後に、トレイ上にワークを整列させる。このようにMELFA-3D Visionを活用することで、ばら積みワークの供給を自動化できる。これによって、専用治具やパーツフィーダが不要となり、省スペース・低コストでシステムを構築可能である。

### 3. 柔軟な生産体制に対応するための課題

IoT(Internet of Things)の広がりや消費者ニーズの多様化が進む現代で、製造現場では柔軟な生産体制(すぐに動く、無駄がない、止まらない)が求められている。

しかし、2.3節のようなシステムの立ち上げには、ワークを正しく認識するために各種パラメータの設定が重要であり、画像処理や対象ワーク、動作環境に関するノウハウを持った専門エンジニアが調整しないと3Dビジョンセンサの性能を十分に引き出せないという課題がある。

3Dビジョンセンサの立ち上げ手順を図3に示す。

まず、ばら積み状態を作るため、対象となるワークを多數準備し、ばら積み状態を準備する。次に、ばら積みワークを3Dビジョンセンサで撮像し、距離画像を生成する。

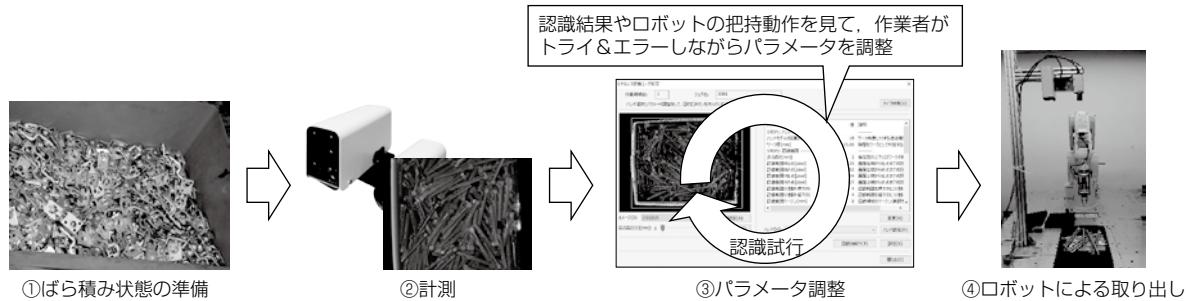


図3. 3Dビジョンセンサの立ち上げ手順(従来)

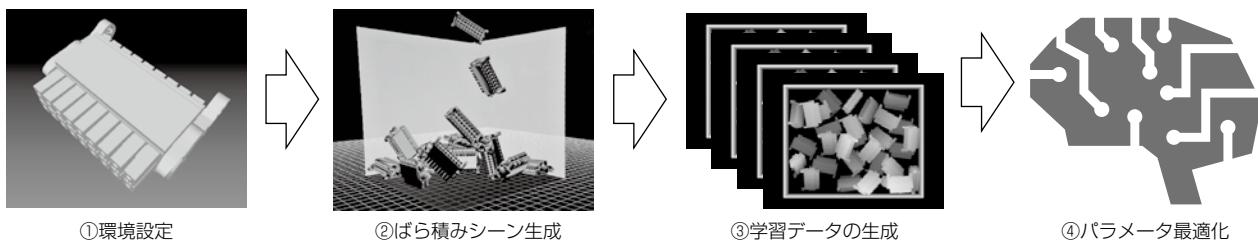


図4. 認識パラメータ自動調整の流れ

そして、作業者が計測した距離画像に対して認識を試行し、実際にロボットでワークを取り出して、認識パラメータを設定する。満足する認識率や把持成功率になるまで、トライ＆エラーを繰り返しながらパラメータを再調整する。

このようにパラメータの調整には、実際に対象ワークを計測・認識し、ロボットによる取り出しを繰り返す必要がある。そのため、パラメータの調整に多くの時間を要した。この作業は、3Dビジョンセンサを使い慣れた熟練者でも短時間で調整することは難しく、“すぐに動く”という観点でまだ課題があった。

#### 4. 3Dビジョンセンサ×AI技術

顧客の環境に合わせて誰でも簡単に3Dビジョンセンサの性能を引き出せるように、認識パラメータの自動調整AI機能を開発した。なお、この機能は高度な作業の自動化を容易に導入できる“MELFA Smart Plus”<sup>(1)</sup>に、新たに追加した機能である。

##### 4.1 認識パラメータ自動調整AI機能

従来、認識パラメータを調整するためには実機を立ち上げて検証する必要があり、実機検証にはコストがかかるという問題があった。そこで、ワークのばら積み状態を再現できる物理シミュレータ<sup>(2)</sup>、三菱電機のAI技術(最適探索)“Maisart”及び三菱電機保有のドメイン知識を活用することによって、認識パラメータを自動調整するAI機能を実現した。

図4に認識パラメータ自動調整の流れを示す。まず、ワークモデルと動作環境を設定する。次に、シミュレータを用いてワークのばら積み状態を模擬し、多数の距離画像(学習データ)を生成する。そして、学習データに対して認識パラメータ値を変動させながら認識処理を実行し、その評価値が最大となるパラ

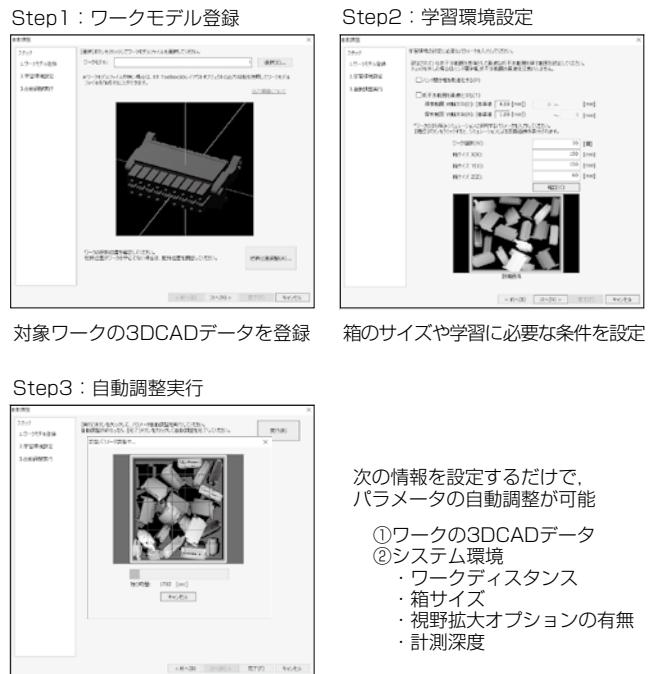


図5. パラメータ自動調整機能の使い方

メータを最適なパラメータとして探索する。

この機能は、エンジニアリングツール“RT ToolBox3”的専用画面(図5)に従い、三つのステップを実行するだけで、簡単に認識パラメータを自動調整できる。

##### 4.2 AI技術“Maisart”的活用

開発した機能は、AI技術Maisartを活用して、仮想空間上に生成される大量の学習データを使って効率的に最適パラメータを自動調整する三菱電機独自のAI技術である。

物理シミュレータで、ばら積み状態を忠実に模擬するためには部品形状に沿った干渉領域(干渉モデル)が必要であり、この干渉領域に基づき物体同士の衝突を判定す

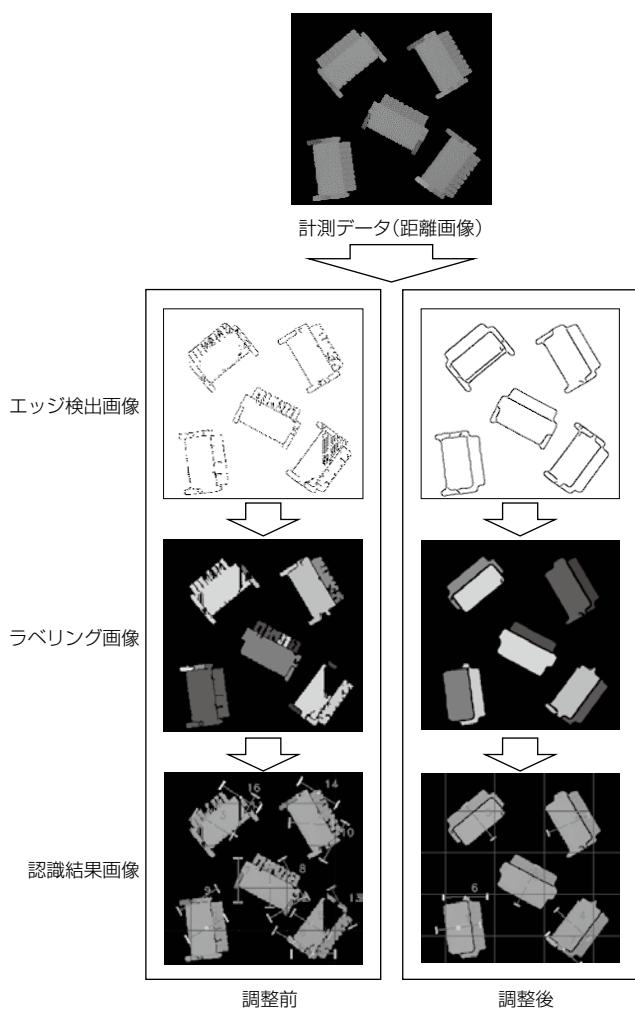


図6. パラメータ調整前後の認識処理過程の比較

る。ワーク形状は3DCADデータ等から得られるが、CADデータをそのまま干渉モデルとして用いると、計算時間が膨大になる。そこで、干渉モデルを直方体などのプリミティブの組合せで近似して表現することによって衝突判定処理を高速化する。

さらに最適探索では、最適化するパラメータ数が12個と多いため、パラメータを同時に最適化すると組合せ数(探索空間)が膨大となり、現実的な時間で探索することが困難である。そこで、熟練者の思考及び作業手順を分析し、個々のパラメータを順次最適化することで探索空間を縮小し、探索処理を高速化する。

このようにAI技術に三菱電機保有のドメイン知識を活用することで、効率的に最適パラメータを決定でき、計算リソースの少ないコンピュータ(GPU(Graphics Processing Unit)未搭載)でも使用可能である。

#### 4.3 認識パラメータ自動調整AI機能の効果

認識パラメータ自動調整AI機能の効果について述べる。

AI機能が正しく動作していることを確認するために、自動調整前後を比較し、認識処理過程について分析した。図6にパラメータ調整前後の認識処理過程の比較を示す。

エッジ検出画像、ラベリング画像は、それぞれワークの

表1. 熟練者とAIによるパラメータ調整結果

対象ワーク	熟練者による調整		AIによる自動調整	
	把持性能	調整時間	把持性能	調整時間
CNUSR12 コネクタ	100%	480分	112%	25分
M4×6 ボルト	100%	160分	103%	11分
5ピンコネクタ	100%	140分	93%	40分
LANコネクタ	100%	140分	96%	30分

輪郭を抽出した結果、ワークの領域を抽出した結果を示している。調整前と比較して、調整後の方がワークの輪郭及び領域を正しく抽出できることを確認した。また、最終的な把持位置を示した認識結果画像でも、調整後の方が安定性の高い把持位置を認識できることを確認した。

次に、自動調整AI機能の性能を評価するためにロボットを用いた把持試験を実施した。比較対象としては、数十種以上のワークに対して認識経験のある熟練者による手動調整とした。それぞれの把持性能及び調整時間を比較した結果を表1に示す。なお、把持性能は“熟練者の把持成功率”に対する“AI調整による把持成功率”と表現した。

自動調整AI機能の性能は、熟練者調整の約90~110%の性能であり、熟練者と同等の調整能力であることを確認した。さらに、調整時間は熟練者よりも短時間で調整できることを確認した。

#### 5. む す び

最先端の技術を付加価値として提供する機能オプションMELFA Smart Plusのうち、三菱電機の知能化技術の一つである3DビジョンセンサでのシミュレータとAIを活用した認識パラメータ自動調整機能の開発について述べた。三菱電機がこれまで積んできた知能化技術は、自動化が進む市場で必要不可欠になっていくものであり、今後もその技術を伸長させる必要がある。さらに、提供する機能が十全に発揮されるようにすることも重要である。技術的な要求レベルが日々高まっていく自動化市場に対し、機能・性能はもちろんのこと、使い勝手にも配慮した最高の付加価値をこれからも開発・展開していく予定である。

#### 参 考 文 献

- (1) 村田健二：産業用ロボットFRシリーズ“MELFA Smart Plus”，三菱電機技報，92，No.4，249~252 (2018)
- (2) 川西亮輔，ほか：ビンピッキングシミュレータにおける部品絡まりの再現性評価，第32回日本ロボット学会学術講演会 (2014)

# 新型二次元ファイバーレーザ加工機 “GX-Fシリーズ”

村澤裕樹\*  
福岡輝章\*  
平野孝幸\*

New Type of 2D Fiber Laser Processing System "GX-F Series"

Hiroki Murasawa, Teruaki Fukuoka, Takayuki Hirano

## 要旨

二次元レーザ加工機は、任意軌跡の切断が可能な工作機械として、現在では多くの産業分野で単品試作から大量生産まで適用されている。レーザ加工機に使用している発振器は、省エネルギー・生産性向上の観点から、炭酸ガス( $\text{CO}_2$ )レーザからファイバーレーザへ急速に置き換わっており、更なる生産性向上とランニングコスト低減が求められている。

この市場要求に対し、高次元な自動化ソリューションを提供するファイバーレーザ加工機として、①高い加工安定性と信頼性、②高速加工・低ランニングコスト、③完全自動化・省人化をコンセプトにした新型二次元ファイバーレーザ加工機“GX-Fシリーズ”を開発した。

①の“高い加工安定性と信頼性”を実現するため、加工中の音と光、また加工ノズルをモニタすることで加工不良が発生した場合に加工条件の自動調整や加工ノズルの自動交換を実施する機能を開発した。②の“高速加工・低ランニングコスト”は加工機駆動部の軽量化と高剛性化によってXY軸の送り速度は従来機比1.2倍、加速度を1.3倍に向上させ、高速高精度加工を実現した。さらに独自の加工ガス流制御によって加工ガスの消費量を $\text{CO}_2$ レーザ加工機比で最大90%削減した。③の“完全自動化・省人化”については手間のかかる切断後部品の取り出しや集積、仕分けなどの段取り作業を自動化するシステムを搭載した。



## 新型二次元ファイバーレーザ加工機“GX-Fシリーズ”

高次元な自動化ソリューションを提供するファイバーレーザ加工機として①高い加工安定性と信頼性、②高速加工・低ランニングコスト、③完全自動化・省人化をコンセプトにした、生産性向上と加工性能の向上を実現する新型二次元ファイバーレーザ加工機GX-Fシリーズを開発した。

## 1. まえがき<sup>(1)(2)</sup>

二次元レーザ加工機は飛躍的な技術進歩と市場の拡大によって、製造現場に不可欠な工作機械としての地位を確立するに至った。近年では、国内や中国、米国、欧州主要国での板金切削用加工機で、レーザ加工機の年間導入台数がタレットパンチプレスの台数を大幅にしのぐ状況が続いている。一方、労働人口が減少する中、製造業としても加工工程の自動化、ランニングコストの削減、生産性の向上が大きな課題となっており、生産性、ランニングコストに優れたファイバーレーザ加工機が注目されている。

これらの市場要求に対して、三菱電機は高次元な自動化ソリューションの提供を実現する新型二次元ファイバーレーザ加工機“GX-Fシリーズ”（以下“GX”という。）を開発した。

本稿では、GXのコンセプトである①高い加工安定性と信頼性、②高速加工・低ランニングコスト、③完全自動化・省人化について述べる。

## 2. 製品仕様とコンセプト

GXの主な仕様を表1に示す。次にGXのコンセプトについて述べる。

### 2.1 高い加工安定性と信頼性

#### 2.1.1 “Maisart”による加工診断機能

板金レーザ加工では、加工時にアシストガスを吹き付けてながら加工を実施する。加工の熟練者になると、切断時に聞こえる加工ガス流れの音を聞き、溶融した金属の流れを見ることによって加工の良し悪しをおおよそ予想できるようになる。これらのことから加工時に発生する音や光をセンシングし、当社独自のAI(Artificial Intelligence)技術Maisartを活用して分析することで加工面を見なくても加工の良否を判定できると考えた。

この機能を実現するために、正常な加工時や様々な加工不良時のデータを大量に取得してAIに学習させた。この学習結果を用いて、加工中の音や光のデータによって、そのときの加工状態を判定する（図1）。

加工不良と判定した場合、その不良が何に起因して発生したかを切り分けるために、後述するノズルモニタ機能を実行する。加工ノズルに問題がある場合は、加工ノズル交換を実施して加工を継続する。ノズルに問題がない場合は、

加工条件を安定方向に自動的に変更することによって、加工不良の改善をさせる。仮に条件を変更しても加工不良が取まらない場合は、自動では復帰できない不良原因があると考えられるためエラー停止する。これらの機能を実行することによって、材料の無駄を抑えることができる。

### 2.1.2 ノズルモニタ機能

加工不良の原因の一つとして、加工ノズルが加工時の熱や材料との衝突によって変形してしまうことが挙げられる。加工ノズルの穴形状は、アシストガスの流れに大きく影響するため、変形してしまうと加工時に悪影響が出てしまうことがある。特に小径の加工ノズルでは影響が大きく、僅かな変形でも加工に影響が出ることが知られている。実際の使用環境では、加工不良時にはオペレータが加工ノズルを外して穴形状を目視で確認し、その良否を判定しているが、それをカメラに置き換えることを目指した。

こちらも、加工診断と同様に良ノズルと、不良ノズルの写真を大量に取得し、AIにそれを学習させることによって良否判定を実現している。図2に示すように人の目で見ても差が分かりにくい加工ノズルでも、判定してNGとすることができるため、加工ノズルが原因の加工不良を早期に改善することが可能になる。

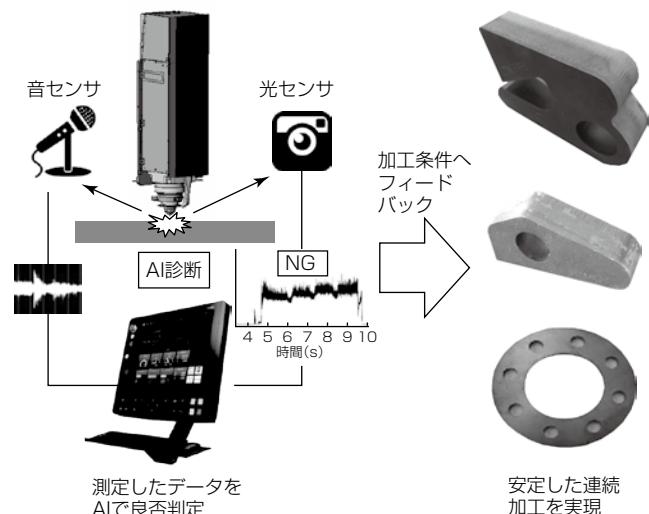
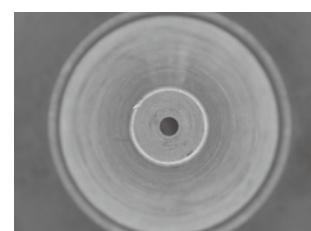


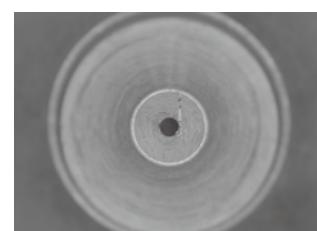
図1. 加工診断機能

表1. ML3015GX-Fの主な仕様

移動方式		光走査方式
ストローク(mm)	X軸	3,100
	Y軸	1,550
	Z軸	120
早送り速度(m/min)	X, Y軸	合成170
位置決め精度(mm)		±0.05/500(X, Y軸)
繰り返し精度(mm)		±0.01(X, Y軸)



(a) OKノズル



(b) NGノズル

図2. 加工ノズルの良否

## 2.2 高速加工・低ランニングコスト

### 2.2.1 高速・高精度加工

ファイバレーザはCO<sub>2</sub>レーザに比べて波長が短いため金属への吸収率が高く、集光性も良いという特長を持っており、薄板の高速切断に適している。その性能を最大限に活用するために駆動部の軽量化と剛性を強化した加工機を開発した。これによってXY軸の早送り速度を1.2倍、さらに加速度を1.3倍で駆動させることを可能にした。従来加工機と比較すると薄板ベンチマーク形状のタクトタイムを10%短縮し(図3)、小穴加工の真円度33%改善を達成し(図4)、高速・高精度の加工を実現した。

### 2.2.2 低ランニングコスト

ファイバレーザ加工機の高出力化に伴い、加工ガスに窒素が用いられるようになってきた。窒素を用いた場合、酸化燃焼反応など化学反応を利用した加工方法と比べると、加工速度が当該反応に制限されることなく、発振器の出力に応じて生産性の向上が見込まれる。しかしながら、加工中の窒素ガス消費量が増加する傾向にあり、生産性とランニングコストの両立に課題があった。GXでは加工ガス流れの可視化(図5)によって加工現象を解明し、窒素ガス消費量を削減可能な新技術“AGR-eco”を開発した。これによって、軟鋼9mmでの窒素ガス消費量を最大90%削減した(図6)。

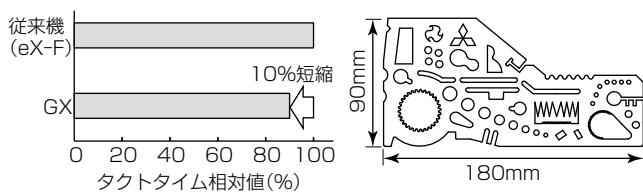


図3. タクトタイムの短縮

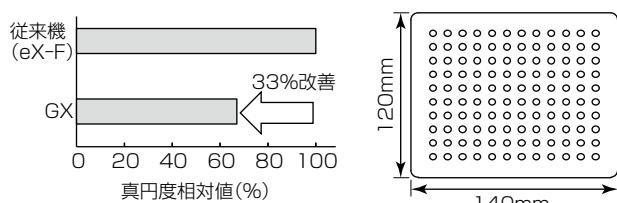


図4. 真円度の改善



図5. 加工ガス流れの可視化

## 2.3 完全自動化・省人化

板金レーザ加工は、生産現場での人手不足やファイバレーザ加工機による生産量の増加を背景に、板金レーザ加工の前後工程を含めた自動化による生産性の大幅な向上が求められている。板金レーザ加工の工程は、“素材の供給”“レーザ切断”“切断後の素材の搬出”“搬出された素材から切断後部品の取り出しと仕分け”から構成されるが、今後、レーザ切断後の仕分け作業を省人化するための自動仕分け装置の需要がグローバルで急速に増加する見込みである。この市場要求に応えるために自動仕分け装置をラインアップに追加した(表2)。この装置によって素材の供給から切断後部品の仕分けまで、板金レーザ工程の完全自動化と省人化を実現した。

この装置に搭載される4本のアームは仕分け対象の部品に合わせて自動で最適なツールに持ち替える。それによって様々な形状や材質の部品を仕分けることが可能である。また、4本アームを独立に制御する技術によってピックアップした部品を任意の姿勢に仕分けることを可能にした(図7)。

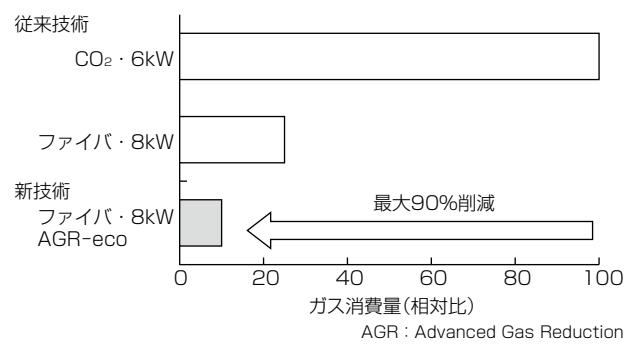


図6. 窒素ガス消費量の削減効果

表2. 自動仕分けシステムの仕様

自動仕分けシステム	Standardタイプ	Lightタイプ
製品ピックアップ方式	独立制御アーム4本	
対象板厚(mm)	~25	~9
搬送重量(kg)	2,000	1,000
回転配置		可
ロード／アンロード機能		あり

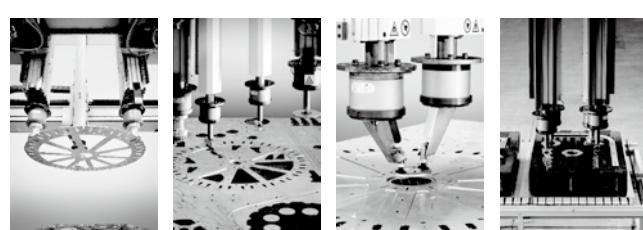


図7. 自動仕分けシステムによる製品のピックアップ

### 3. 最新加工事例

市場導入当初、ファイバーレーザはその波長による高収束性を生かした薄板の高速切断や微細加工、高反射材の加工が特長とされてきた(図8)。しかしながら、昨今の発振器の高出力化や加工技術の進歩によって、中厚板～厚板の加工性能が向上し、薄板以外でもファイバーレーザが評価されるようになった。ここではそれら最新の加工事例について述べる。

#### 3.1 最大加工板厚の拡大

レーザ加工では、材質・板厚によって最適なビームスポット径及びビームプロファイルが異なる。一般的には加工レンズの交換によってそれらビーム特性の変更を可能にする。しかしながらレンズ交換方式の場合、それらの可変範囲が離散的であるため、全ての材質・板厚に最適なビームを選択するのは不可能である。GXでは可動光学系を組み込んだ当社独自の加工ヘッドを搭載した。ビームスポット径及びビームプロファイルを連続的に変更可能にするこによって、各材質・板厚の最適値を使用可能にした(図9)。

表3にGXの各種材質での最大切断板厚の加工事例を示す。GXでの最大切断板厚は、軟鋼で板厚32mm、ステンレス鋼で板厚30mm、アルミニウム合金で板厚30mmが良好に切断できるようになった。

#### 3.2 軟鋼厚板加工安定性向上技術

ファイバーレーザ加工による切断技術の進歩は急速であり、その加工品質や加工安定性はCO<sub>2</sub>レーザに近づきつつある。しかしながら、板厚16mm以上の軟鋼厚板酸素加工では、材料品質のばらつきによっては異常燃焼が発生し、安定して加工できない場合がある。この課題に対して、GXでは材料品質のばらつきの影響を低減するために新ビーム発振方式と新型ノズルを開発した。これによって材料品質ばらつきの大きい軟鋼材に対して安定加工を実現した。表4に加工事例を示す。

### 4. むすび

新型二次元ファイバーレーザ加工機GX-Fシリーズのコンセプトと最新の搭載技術について述べた。ファイバーレーザ加工機の加工技術の進歩は著しく、今後も更なる技術革新が進んでいくものと思われる。また、ますます高度化、多様化するユーザニーズを満たすために、総合レーザ加工機メーカーとして更なる性能向上を目指し、様々な生産現場の各種ニーズに積極的に応えていく。

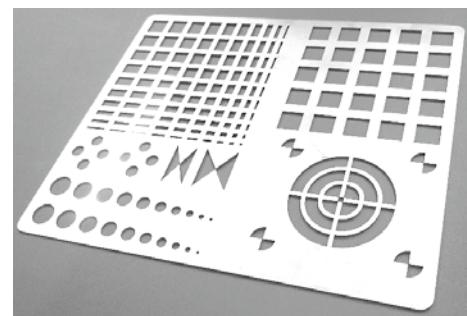


図8. ファイバーレーザの加工例

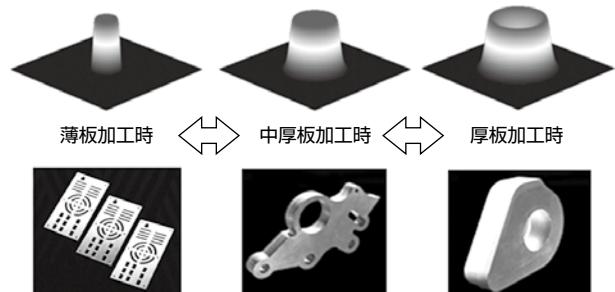


図9. 各材質・板厚でのビームプロファイル例

表3. 最大切断板厚の加工事例

材質	板厚	加工サンプル	切断面
軟鋼 SS400	32mm		
ステンレス鋼 SUS304	30mm		
アルミニウム合金 A5052	30mm		

表4. 材料品質ばらつきの大きい軟鋼厚板の加工事例

	従来技術	新技術
切断面		
切断面粗さ Rz (μm)	240	35

### 参考文献

- (1) 齊藤善夫：三菱電機における最新レーザ加工技術，第84回レーザ加工学会講演論文集(2016.1)，139～144(2016)
- (2) 宮本直樹，ほか：ファイバーレーザ加工機による最先端加工技術，三菱電機技報，89，No.4，251～254(2015)

# 放電加工機リモートサービス “iQ Care Remote4U”

堂森雄平\*  
加藤達也\*

EDM Remote Service "iQ Care Remote 4U"

Yuhei Domori, Tatsuya Kato

## 要 旨

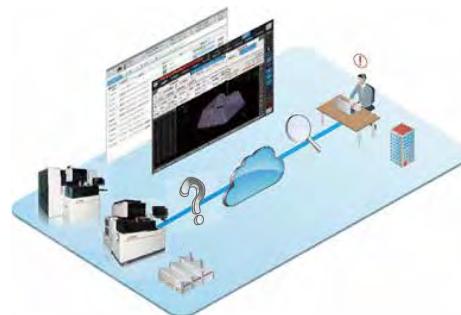
ものづくり現場でIoT(Internet of Things)を活用して生産性向上・品質向上・コスト削減を図りたいユーザーの増加、国内の働き方改革推進の時代背景に対し、三菱電機は他社に先行して放電加工機(Electrical Discharge Machining : EDM)リモートサービス“iQ Care Remote4U”を2017年1月から国内向けに開始している。“iQ Care Remote4U”は生産プロセスの改善とランニングコスト削減に貢献する“ダッシュボード機能”<sup>(1)</sup>と、保全性を向上させる“リモート診断機能”を搭載し、放電加工機の稼働状況を監視して生産性向上と働き方改革をサポートしてくれていると管理者層を中心に好評を得ている。また、セキュリティに対しても安全なデータ保護システムを搭載し、暗号通信(Hyper Text Transfer Protocol Secure :

HTTPS)を使用してデータ盗聴・改ざん防止を図っており、ユーザーが安心して使用できる環境を提供している。

今回特に力を入れたのは、ユーザーからの要望が多かったオペレータ向け機能や分析に活用できる機能である。オペレータは現場で計画どおり生産を実施する必要があるため、加工状態の見える化として、スマートフォンで加工機の画面が見られる“加工ビューア機能”や毎日の加工記録が自動生成される“加工レポート機能”，管理者が分析に活用できるように改善点の見える化として加工機のアラーム履歴や消耗品の寿命を見える化し、報告書(月単位)として出力する“機械稼働管理レポート(月報)機能”的長について述べる。



ダッシュボード機能



リモート診断機能

iQ Care Remote4Uの基本機能



加工ビューア機能



加工レポート機能



機械稼働管理レポート(月報)機能

iQ Care Remote4Uの新機能

## リモートサービス“iQ Care Remote4U”基本機能と新機能

IoT技術を活用したリモートサービス“iQ Care Remote4U”は“ダッシュボード機能”と“リモート診断機能”を搭載した。今回オペレータの日常作業を改善する新機能として“加工ビューア機能”と“加工レポート機能”を、また加工機のアラーム履歴等を見える化する“機械稼働管理レポート(月報)機能”を開発した。

## 1. まえがき

ものづくり現場で生産性向上・品質向上・コスト削減のためIoT活用を図りたいユーザーニーズの増加に対し、当社は他社に先行して放電加工機リモートサービス“iQ Care Remote4U”を2017年1月から国内向けにサービスを開始した。2018年末の加入台数350台を達成し、契約台数は順調に増加している。ユーザーからは段取り作業の見える化によって現場作業が改善されて残業時間の削減につながった、ワイヤ残量の見える化によってワイヤの無駄が減り消耗品が節約できた等の好評を得ている。一方でユーザーヒアリングの結果、オペレータ向けの機能が不足している、分析のために活用できる機能を拡充してほしいとの声が挙がった。

このようなニーズに応えるため、オペレータ向けの新機能として、スマートフォンで加工機画面を遠隔監視し、どこにいても現場と同じように加工進捗が確認できる“加工ビューア機能”や毎日の加工記録が自動生成されて作業報告時間を削減する“加工レポート機能”を開発した。また管理者向けの分析活用コンテンツとしても、加工機のアラーム履歴や消耗品の寿命を見る化し、報告書(月単位)として出力し、マシンダウン時間やランニングコスト削減の改善活動に生かせる“機械稼働管理レポート(月報)機能”を開発した。

本稿では、リモートサービス“iQ Care Remote4U”的基本機能の特長とサービス開始後の具体的な改善事例、ユーザーニーズに対応した新機能として加工状態を見る化する“加工ビューア機能”“加工レポート機能”と改善点を見る化する“機械稼働管理レポート(月報)機能”的特長について述べる。

## 2. iQ Care Remote4Uの基本機能の特長

### 2.1 ダッシュボード機能

“ダッシュボード機能”は放電加工機の稼働情報、加工予測時間や電力消費量、消耗品の交換時期などを顧客のパソコンやスマートフォン、タブレットでいつでも確認できるサービスである。オペレータは加工終了、アラーム情報、ワイヤ残量情報をメールで受け取ることで、マシンダウン時間の削減が図れる。管理者は複数台の稼働率、コスト情報を収集・蓄積し、一元管理して分析することで、生産プロセスの改善、ランニングコスト低減に活用できる(図1)。

次に、ダッシュボード機能による三つの改善事例について述べる。

#### (1) 改善事例1：マシンダウン時間の削減

事務所と現場が離れた工場で、従来は事務所と現場を行き来し、加工の進捗を確認していたが、事務所に大型モニタを置き“ダッシュボード機能”的機器一覧画面で複数台の加工機の稼働状況を一括表示することで、現場情報の一元化ができ、計画的な生産管理が可能になった。また現場にも導入することで複数の現場の加工機の状態が分かるため、

マシンダウン時間の削減を図り生産性向上を実現した(図2)。

#### (2) 改善事例2：切落加工での一時停止時間の削減

ワイヤ放電加工機では加工物をワークから切り落とす前に加工プログラムを一時停止し、オペレータが加工機の前にいる状態で切落加工を実施するのが一般的である。そのため、オペレータが加工機の近くにいないと一時停止していることに気付かず、無駄な一時停止時間が発生してしまう。“メール通知機能”を活用することで、現場にいなくても一時停止が分かるため、すぐに現場に戻ることができ切落加工を再開することで一時停止時間削減による加工機稼働率向上を実現した(図3)。

#### (3) 改善事例3：アイドル等の電力コストの削減

製造現場での加工機の消費電力削減の要求に応えるため、“ダッシュボード機能”的コスト画面で電力量・電力コストを見る化し、稼働画面の時系列表示上の加工終了後のアイドル時間から無駄な待機電力を見つけ、加工機の省電力モードを活用することでアイドル時の電力コストの削減を実現した(図4)。



図1. ダッシュボード機能の画面

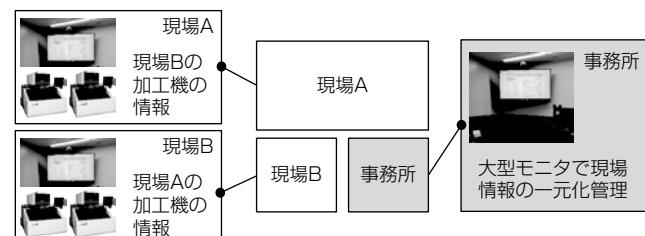


図2. 大型モニタを活用した事例

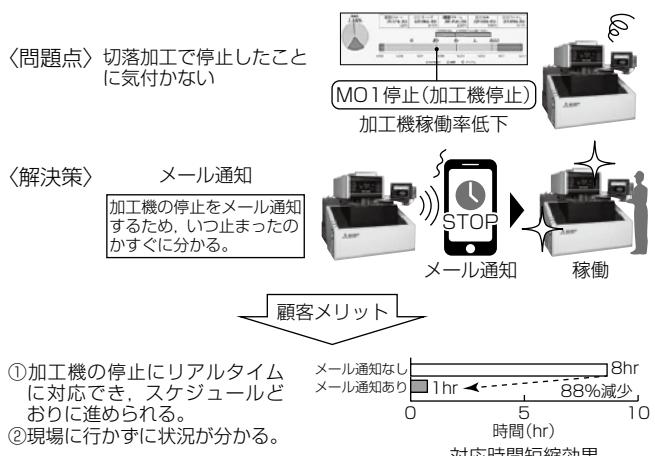


図3. メール通知の事例(製造支援)

## 2.2 リモート診断機能

リモート診断は当社のサービスセンターに設置した端末から直接ユーザーの放電加工機へVPN(Virtual Private Network)で接続し、加工機の状態を遠隔から確認する機能である。それによってサービスセンターからアラーム内容と加工条件を確認し、ユーザーと放電加工機の画面や情報を共有することで、迅速な診断でマシングダウントイムを最小化し、スムーズに加工状況を把握して、加工改善のアドバイスをするなど、加工機の稼働率向上と生産性向上を実現できる。また情報セキュリティについては、暗号化による安全性に加え、加工機側にリモート診断スイッチを設け、ユーザーの許可なくサービスセンターから加工機への接続はできないようにしている。さらにリモート診断中も加工機画面のスタートボタンにインターロックを設け、加工機を遠隔で動作できないように安全面を考慮した設計にした(図5)。

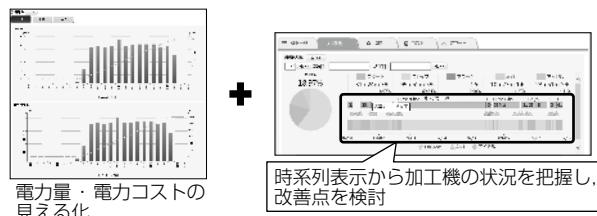


図4. ダッシュボード機能を活用した提案事例

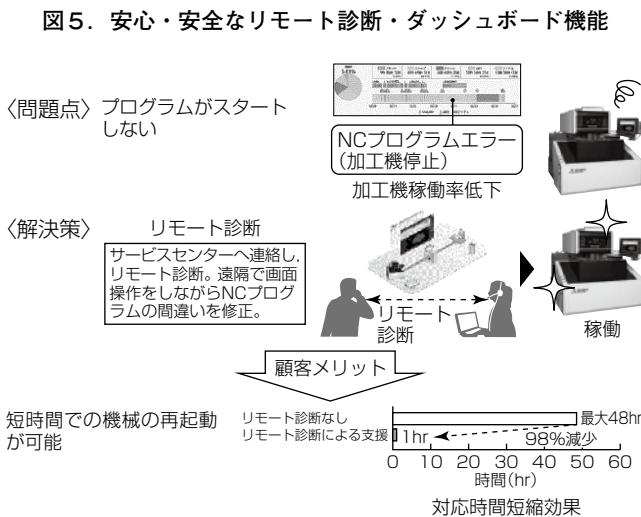
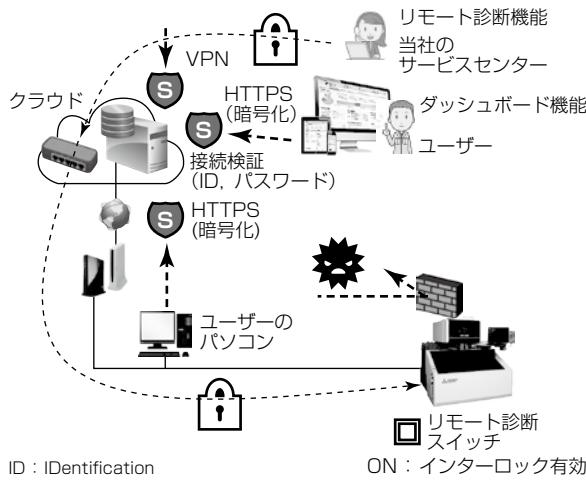


図6. リモート診断の事例(保守)

リモート診断機能による改善事例として、NCプログラムエラーが原因のマシングダウントイムの大規模な短縮について述べる。

NC(Numerical Control)プログラムエラーによって加工がスタートしないとき、従来はユーザーからサービスセンターへ電話をし、NCプログラムエラーの状態をサービスマンがヒアリングして対処していたが、NCプログラムを実際に確認できないため、メールのやり取り等情報の共有に時間がかかっていた。“リモート診断機能”を活用することで、直接加工機の画面を確認し、NCプログラムの記述ミス等問題点を把握・修正することで、NCプログラムエラーによるマシングダウントイムの大規模な短縮を実現した(図6)。サービスセンターへの問合せ全体の5割程度は“リモート診断機能”を活用することで調査時間の短縮に有効である。

## 3. iQ Care Remote4Uの新機能の特長

### 3.1 加工状態の見える化

ユーザーニーズに対応した“iQ Care Remote4U”的新機能開発では、“加工状態の見える化”をキーワードにオペレータの作業負荷を軽減する、二つの機能を実現した。

#### 3.1.1 加工ビューア機能

放電加工機は無人運転が可能であるため、オペレータは複数台の加工機を管理し、別の作業をしながら、定期的に加工進捗を加工機の形状グラフィック描画で確認する場合が多い。ユーザーがヒアリングの結果、ダッシュボード機能でも加工状態(スタート、ストップ、アラーム、段取り、アイドリング)を確認できるが、正確に加工進捗を把握しづらく、全体の進捗具合、ポイントとなる箇所で断線／短絡なく加工できているかのチェックができないため、従来同様に現場で加工機の形状グラフィック描画を見て加工形状を確認していることが分かった。

この課題に対し、“加工ビューア機能”では“ダッシュボード機能”から直接加工機の形状グラフィック描画の閲覧を可能にした(図7)。

操作面では、ユーザーが使い慣れたスマートフォンで閲覧可能であり、ピンチイン／アウトによる画面の拡大／縮小や縦横表示の切替えができる。セキュリティ面では、加工ビューアでアクセスしていることを加工機を操作しているオペレータが把握できるようにするとともに、加工機画面の“加工ビューア”スイッチを押したときだけ使用可能にしている。

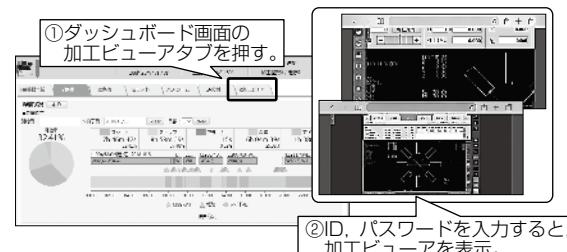


図7. 加工ビューア機能の呼出し方法

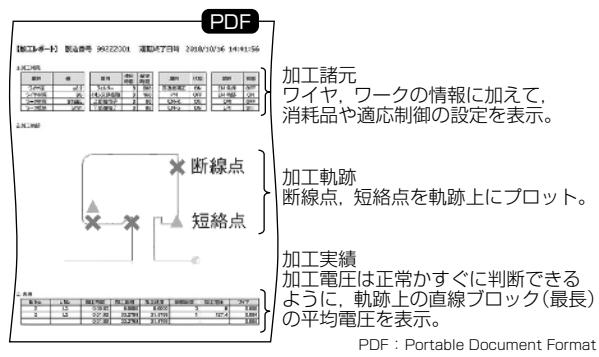


図8. 加工レポートの内容

“加工ビューア機能”によって、どこにいても現場と同じように加工進捗が確認できるため、加工確認のための無駄な移動時間をなくし、加工完了予定期刻に現場へ移動することで作業効率化を実現した。

### 3.1.2 加工レポート機能

オペレータは作業報告として加工終了後に加工諸元(ワイヤ径／材質、ワーク材質／板厚等)、加工実績(プログラム番号、加工条件、加工時間等)を記録している。そこで“加工レポート機能”では加工機側でデータをロギングすることで、加工記録を自動生成するようにした。また手動作業では記録するのが難しかったワイヤの断線点や短絡点についても、加工軌跡上にプロットし視覚化した(図8)。

加工レポートは、加工機の加工実績一覧画面と連動しており、過去の加工結果についてもすぐにレポートの確認が可能であるため、リピート加工時の見積りや納品後のトレーサビリティとして活用できる。また加工レポートは指定フォルダに保存され、外部パソコンなどへの出力ができるため、目視で確認しながらグループ内で分析・改善策を共有できるようになった。

### 3.2 改善点の見える化

“iQ Care Remote4U”は管理者を中心に好評を得ているが、今後更に分析・改善への活用を進めるため“改善点の見える化”をキーワードに次の機能を実現した。

#### 3.2.1 機械稼働管理レポート(月報)機能

管理者は生産ラインの加工機の稼働率、アラーム履歴、消耗品の寿命等を日々記録して月報としてまとめている。それらの情報を“機械稼働管理レポート(月報)機能”で月報形式としてレポート出力することで、日々の作業時間を削減し、生産ラインの指標管理を可能にした。レポート内容は稼働状況、部品交換予測、消耗品コスト、アラーム発生履歴であり、ユーザーの日々の改善活動効果を見える化している。

##### (1) 稼働状況

月ごとの稼働時間+段取り時間(有無)の2種類の稼働率を表示し、段取り時間の無駄を見える化することで、作業者の教育や段取り用治具の導入等、改善活動の実施が可能(図9)。

##### (2) 部品交換予測

定期点検履歴の分析によって、交換予測日が一覧表示さ

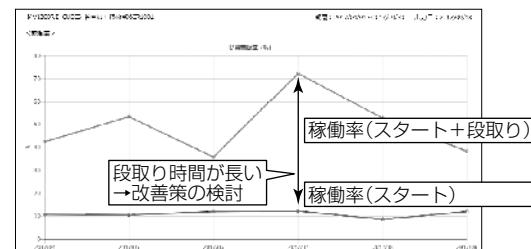


図9. 機械稼働管理レポート(月報)での稼働状況

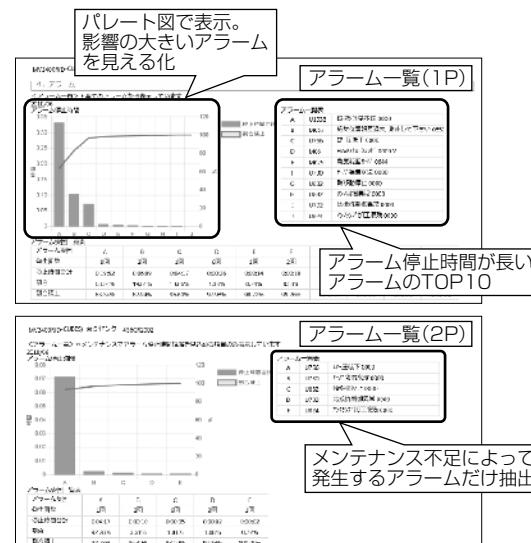


図10. 機械稼働管理レポート(月報)でのアラーム発生履歴

れるため、予防保全の観点から部品交換することでマシンダウン時間や保守時間の削減が可能。

#### (3) 消耗品コスト

レポート期間中の消耗品の使用個数や平均寿命が表示されるため、適正な在庫管理や消耗品を使い切ることでランニングコストの削減が可能。

#### (4) アラーム発生履歴

月ごとのアラーム要因別停止時間をパレート図で表示するため、アラームの変化を把握することができる(図10)。また別ページでメンテナンス不足によって発生するアラームだけを抽出して表示することで、メンテナンス実施後の時間経過の影響や変化を把握し、保守計画を立てることが可能。

“機械稼働管理レポート(月報)機能”によって、報告業務の負荷軽減、ランニングコストやマシンダウン時間削減の改善活動への活用を実現した。

## 4. むすび

リモートサービス“iQ Care Remote4U”的基本機能の特長と改善事例及び新機能の特長について述べた。“iQ Care Remote4U”はIoTを活用したサービスであり、今後も様々な市場要求に応える機能開発に努めていく。

## 参考文献

- (1) 加藤達也, ほか: 特許第6250237号, 作業状況見える化装置

# 三菱シーケンサ“MELSEC iQ-Rシリーズ” の電力計測ユニット

野邊勇樹\*

Energy Measuring Module of Mitsubishi Programmable Controller "MELSEC iQ-R Series"

Yuki Nobe

## 要旨

近年、工場の生産ラインでは、従来の省エネルギー用途に加え、設備の異常監視や品質管理用途など、生産性向上を目的としたエネルギー計測ニーズが高まっている。

これらのニーズに対応するため、三菱電機は高速に各種エネルギー計測を行う電力計測ユニット“RE81WH”を開発して、三菱シーケンサ“MELSEC iQ-Rシリーズ”的ラインアップに加えた。主な特長は次のとおりである。

## (1) 実効値の計測周期を10msに高速化

計測値演算ソフトウェアの改良によって、実効値の計測周期を10msに高速化した。これによって、従来は計測できなかった設備の細かい変化を把握でき、設備状態監視による保全活動に貢献する。

## (2) 瞬時値(254μs周期)の計測機能を搭載

瞬時値を計測することで、実効値では捉えきれない高速な計測値の変動を監視可能にした。これによって、設備の異常検出に貢献する。

## (3) シーケンサスロットイン構造を採用

電力計測ユニットをシーケンサに直接スロットインすることで、①省スペース(電力計測ユニットの専用設置スペース不要)、②省配線(通信線の敷設不要)、③簡単計測(データ収集用のラダープログラム不要)を実現した。



シーケンサスロットイン構造



電力計測ユニット RE81WH

## “MELSEC iQ-Rシリーズ”的電力計測ユニット

電力計測ユニットは、生産ライン、生産設備などの各種エネルギー(電気量、電流、電圧など)を計測するエネルギー計測ユニットである。高速な実効値の計測(10ms周期)に加え、瞬時値の計測(254μs周期)を実現し、エネルギー管理用途だけでなく、設備の異常監視にも貢献する。また、シーケンサスロットイン構造にすることで、省スペース、省配線、簡単計測を実現した。

## 1. まえがき

省エネ法改正による事業者単位へのエネルギー管理の導入に伴い、生産現場での省エネルギーへの取組み強化が求められている。これによって、計測ポイントの細分化、エネルギーデータと生産データの一元管理による原単位管理の高まりなど、計測機器に求められるニーズが変化している。

さらに、生産現場では設備の保全コストやダウンタイム削減のため、計測データを活用した設備の状態を監視するニーズが高まっている。

当社は、これらのニーズに対応するため、電力計測ユニットを開発して、三菱シーケンサMELSEC iQ-Rシリーズのラインアップに加えた。

本稿では、電力計測ユニットの特長及び適用した技術について述べる。

## 2. 電力計測ユニット

### 2.1 製品仕様

MELSEC iQ-Rシリーズの電力計測ユニット“RE81WH”を開発した。RE81WHの主な製品仕様を表1に示す。

シーケンサに直接スロットインすることで、通信線の敷設や通信用ラダープログラムの作成などの作業工数を削減するとともに、MELSEC iQ-Rシリーズのシステムバスを用いた交信によって高速なデータ収集を可能にした。

さらに、RE81WHでは従来のMELSEC Qシリーズ

相当品“QE81WH”に比べて、実効値の計測周期を1/25(250ms→10ms)に高速化した。これによって、電流・電圧値などの分析による設備の状態監視を、より詳細に行うことができる。

また、従来のMELSEC Qシリーズにはない機能として、瞬時値(254μs周期)の計測機能及び、高調波の計測機能を搭載した。この機能では、実効値では検出できない高速で微細な変動を検出可能になり、更なる設備の状態監視に貢献する。

### 2.2 製品コンセプト

#### 2.2.1 実効値計測周期の高速化による設備状態監視の実現

一般的にエネルギー管理用途で計測値を使用する場合は、“1時間ごとの電力量のトレンドを確認する”など、計測周期に高速性が要求されることはない。そのため、数百ms程度の計測周期で計測された値を、通信で1分ごとに収集するなどの手法がとられている。しかしながら、保全用途への適用を考えた場合、数百msの計測周期では、設備の異常を取りこぼす可能性がある。そこで、この機器では、実効値の計測周期を高速化(10ms)し、より詳細に設備の状態監視を行うことを可能にした(図1)。

#### 2.2.2 瞬時値・高調波を用いた更なる保全活動への貢献

実効値では検出できない、更に高速な変化による設備の異常を検出するために、瞬時値の計測機能を搭載した。瞬時値を計測することで、実際に使用している電圧・電流の生波形を確認でき、更に詳細に設備の状態監視を行うことを可能にした(図2)。

表1. RE81WH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
計器定格	電圧回路	単相2線式 三相3線式	ダイレクト入力：AC 110, 220(V) 計器用変成器(VT)との組合せ：1～6,600(V)
	電流回路	単相3線式	AC110V(1～2線間, 2～3線間), 220V(1～3線間)
	周波数		50/60Hz(自動判別)
	計測回路数		1回路
	計測項目 許容差	実効値	電流、電圧、電力、無効電力、皮相電力：±1.0%(定格100%に対して) 周波数：±1.0%(45～65Hz範囲) 高調波電流、高調波電圧：±2.5%(定格100%に対して) 力率：3.0%(電気角90°に対して) 電力量：±2.0%(定格の5～100%, 力率=1) 無効電力量：±2.5%(定格の5～100%, 力率=0)
計測仕様	瞬時値		電流、電圧
	データ更新周期		10～10,000ms(10ms単位で設定可能)
	応答時間		100ms以下
停電補償			不揮発性メモリにバックアップ(記憶項目：設定値、最大/最小値、電力量、無効電力量)
入出力占有点数			32点
外形寸法			27.8(W)×106.0(H)×107.1(D)(mm)(突起部を除く)
機能	計測		計測・計量を行い、逐次バッファメモリに格納する
	期間電力量		入力信号がONの期間だけの電力量を計量し、逐次バッファメモリに格納する (設備稼働時だけの電力量を把握する場合などに活用可能)
	最大/最小値ホールド		電流、電圧、電力、力率の最大/最小値を発生時刻とともに記憶する
	上下限警報		計測値の上下限監視を行い、出力信号に監視結果を出力する
	テスト		電流・電圧を印加していない状態で、計測値のバッファメモリに固定値を出力する(ラダープログラムのデバッグなどに活用可能)
	積算値セット		積算値(電力量、無効電力量)を任意の値にプリセットする

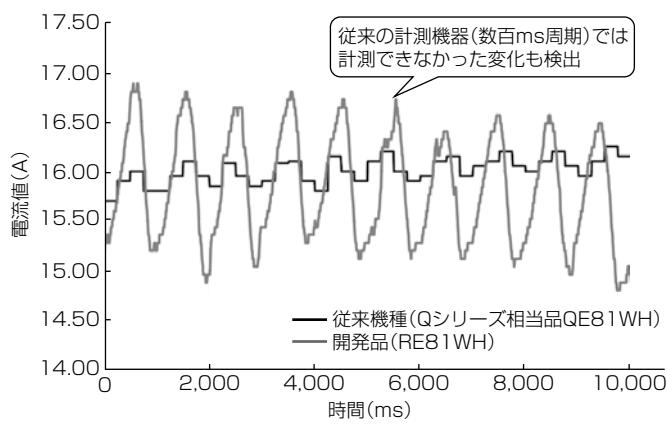
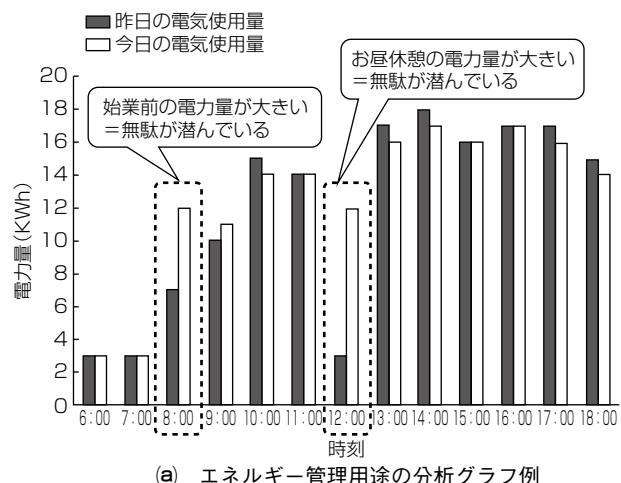


図1. 用途別のグラフ例

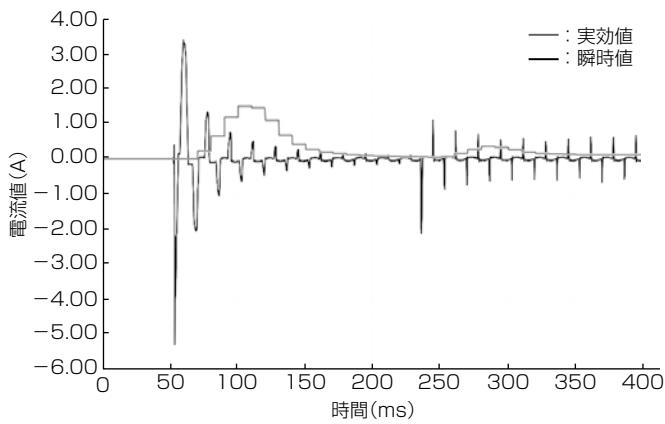


図2. 瞬時値の波形例

また、高調波計測機能によって、電源周波数(50/60Hz)を周波数分解能としたFFT(Fast Fourier Transform)解析結果が簡単に取得可能である。

### 2.2.3 省スペース・省配線・簡単計測の実現

エネルギー管理システムの多くは、スタンドアロンの計測機器を設置し、通信によって上位システム(シーケンサなど)にデータを収集する構成である。

そのため、シーケンサを持つ設備の計測を行う場合でも、①計測機器の設置スペース確保、②通信線の敷設、③通信用プログラム作成などが必要であり、スペースやコストが

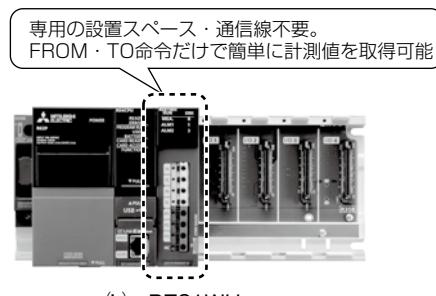
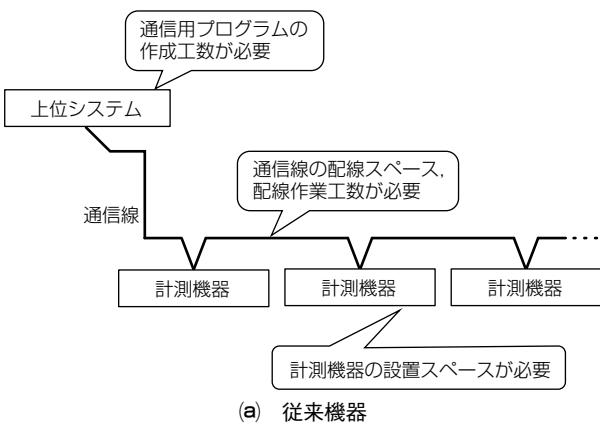


図3. シーケンサスロットイン構造の利点

高くなるという課題があった。

そこで、RE81WHは、シーケンサに直接スロットインする構造にすることで、これらの課題を次のように解決した(図3)。

- (1) シーケンサのベースの空きスロットを活用することで省スペース化ができる。
- (2) シーケンサと直接接続することで、通信レスでのデータ収集ができる。
- (3) シーケンサのFROM・TO命令だけで簡単にデータをシーケンサで管理できる。

### 3. 特長及び製品化のための技術

#### 3.1 実効値の計測周期高速化

計測機器では計測値を演算するために、電流と電圧を計測機器に入力し、入力された電流と電圧をA/D変換したデジタル値を使って、電圧、電流、電力などを演算している。

当社の計測機器(MELSEC Qシリーズ相当品“QE81WH”など)は、専用の演算ソフトウェアを用いて計測値を演算している。RE81WHでは、この演算ソフトウェアで用いられているデジタルフィルタを改良し、応答特性を向上させることで計測周期の高速化を実現した。

#### 3.2 瞬時値計測機能の実装

瞬時値は実効値に比べデータが多くなり、データの取扱いが難しいという問題がある。そこで、RE81WHでは、2通りのデータ取得方法を提供する。ユーザーは、スキヤンタイムの長短とデータ解析の容易性から、最適な取得方法を選択できる。

タイムスタンプ	瞬時値
0μs	1
254μs	2
508μs	3
762μs	4
1016μs	5
1270μs	6
1524μs	7
1778μs	8
2032μs	9
2286μs	10
:	:

→ : データの順番

(a) 1データごとに取得する方法

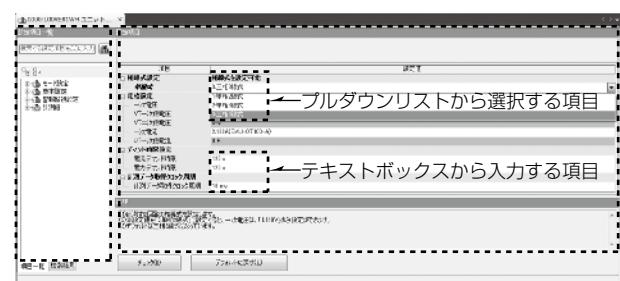


図5. パラメータ設定画面

タイムスタンプ	瞬時値									
	0μs	254μs	508μs	762μs	1016μs	...	49530μs	196	392	588
0ms	1	2	3	4	5	...	196			
50ms	197	198	199	200	201	...	392			
100ms	393	394	395	396	397	...	588			
150ms	589	590	591	592	593	...	784			
200ms	785	786	787	788	789	...	980			
250ms	981	982	983	984	985	...	1176			
300ms	1177	1178	1179	1180	1181	...	1372			
:	:	:	:	:	:	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

(b) 一定期間のデータをまとめて取得する方法

図4. CSVファイル出力例

### 3.2.1 1データごとに取得する方法

RE81WHは、一つのバッファメモリに254μs周期で瞬時値を格納している。瞬時値の計測周期(254μs)より早くデータを取得する必要があるため、短いスキャンタイムでの運用が要求され、生産設備の制御等の他処理との混在が難しくなる。しかしながら、CSV(Comma Separated Value)化した際にデータ一つずつにタイムスタンプを付与でき、パソコン等でのデータ解析が容易になるメリットがある(図4(a))。

### 3.2.2 一定期間のデータをまとめて取得する方法

最大50ms分のデータをユニット内部で蓄積し、蓄積が完了した時点で複数のバッファメモリに一括で格納する。データ取得周期が50msに1度になるため、付与されるタイムスタンプが50ms(196個のデータ)に一つになる。そのため、個別のタイムスタンプを付与する必要があり、解析作業が煩雑になる。しかしながら、長いスキャンタイムでの運用が可能になり、生産設備の制御等の他処理との混在が容易となるメリットがある(図4(b))。

### 3.3 高調波による瞬時値の簡易解析

RE81WHでは、波形(瞬時値)による設備の状態監視を行う方法として、高調波計測機能を搭載している。この機能では、電源周波数(50/60Hz)を周波数分解能としたFFT(Fast Fourier Transform)解析を行った結果を、計測値として取得可能である。

これを活用することで、波形に含まれる周波数成分の変化を監視でき、波形の異常検出が可能になる。

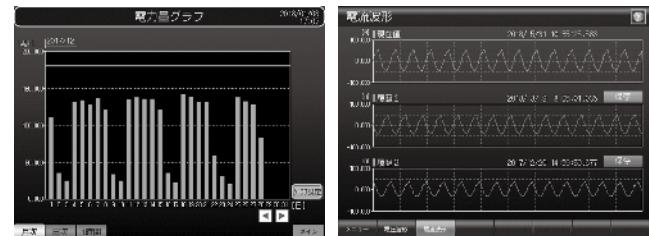


図6. 表示器(GOT)のサンプル画面

### 3.4 海外規格対応

海外顧客及び海外向け機械装置組み込み用途での海外規格要求に対応するため、CE(Conformite Europeenne)マーキング、UL(Underwriters Laboratories)マークの海外規格を取得した。

### 3.5 エンジニアリング環境整備

#### 3.5.1 “GX Works3”による簡単設定

相線式、一次電圧、一次電流などの計測に必要なパラメータの初期設定を、当社のエンジニアリングソフトウェアGX Works3のインテリジェントユニットのパラメータ設定機能で行えるようにした(図5)。これによって、プルダウン等の簡単な操作で初期設定ができ、エンジニアリング工数の削減に貢献する。

#### 3.5.2 表示器によるデータの見える化

製造現場でのエネルギーの見える化や、保全用途でのデータ確認を容易に実現するために、当社のFA用表示器“GOT2000シリーズGT27□□-VT□□”のサンプル画面を当社FAサイトからダウンロードできるようにした(図6)。

## 4. むすび

エネルギー管理だけでなく、顧客の保全活動にも貢献するMELSEC iQ-Rシリーズの電力計測ユニットについて述べた。

今後は、この製品の更なる機能向上及び、当社のエネルギー計測ユニット“EcoMonitorシリーズ”などのスタンドアロン計測機器も交えたトータル提案によって、顧客のエネルギー管理・保全活動に貢献できるよう製品開発に取り組んでいく。

# 配電監視用ネットワーク“B/NET” を活用した統合検針・監視システム

秋山智彦\*

Integrated Meter Reading and Monitoring System Using Power Distribution Monitoring Network "B/NET"  
Tomohiko Akiyama

## 要 旨

近年、ビル管理業務で人手不足が大きな課題となっており、働き方改革に向けた対策が求められている。また、電気料金や水道料金などの請求間違い(誤検針)といった従来からの課題についても対策が必要とされている。

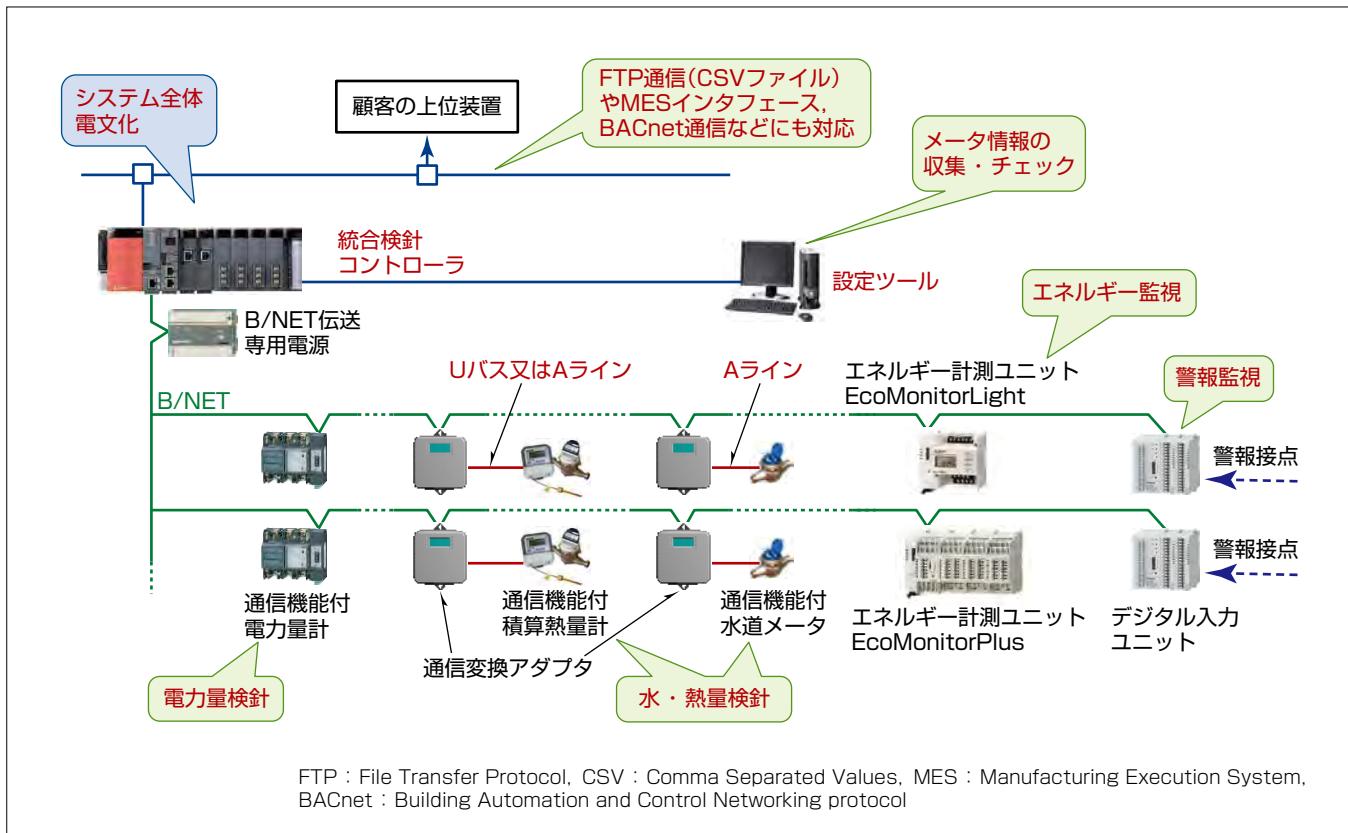
三菱電機の配電監視用ネットワーク“B/NET”を活用して今回開発した統合検針・監視システムは、ビル管理業務での課題を解決し、従量に応じて料金請求金額を算出・課金する検針業務に従事する全ての関係者の働き方改革に貢献するシステムとして、電気・水道・熱量の検針システムを統合したものである。

電気・水道・熱量の検針システムの統合に当たり、伝送線給電が可能で、省配線・省施工が実現できる配電監視用

ネットワークB/NETを活用することで、周辺に電源のない水道メータなどに対して、通信ケーブルからの電源供給を可能にし、電源環境によらず電気・水道・熱量の検針システムを統合できる。

また、このシステムの主な特長は次のとおりである。

- (1) 誤計量・誤配線などの誤検針対策による課品質向上
- (2) システム統合とIoT(Internet of Things)技術の活用によって施工業務や管理業務を効率化し、人員や作業時間を削減
- (3) 顧客システムに合わせたネットワークへの対応が可能であり、システムの汎用性・拡張性が高い



## B/NETを活用した統合検針・監視システムのシステム構成

統合検針コントローラは、B/NET通信によって検針用に電力量計、水道メータ、積算熱量計からデータを収集するだけでなく、エネルギー監視用のエネルギー計測ユニットや警報監視用のデジタル入力ユニットからもデータを収集する。また、収集したデータは、顧客の上位装置に合わせ、FTP通信やMESインターフェース、BACnet通信などにも対応が可能である。

## 1. まえがき

近年のビルでの検針システムに対し、デベロッパー やサブコンなどの関係者から次のようなニーズがある。

### (1) 人手不足対策

検針システム導入時の施工・立ち上げ作業や運用後のメンテナンス作業の効率化を図りたい。

### (2) 誤検針対策

パルス方式の検針システムでの誤計量や配線間違い、検針システムの設定間違いなどをなくしたい。

### (3) ネットワークの汎用性・拡張性

従来のビル内にある複数のシステム(電力検針、設備検針、電力監視など)のネットワークを統一したい。また、顧客上位装置に合わせてネットワークを変えたい。

当社では、これらの顧客のニーズに対応するため、ビルの施工から管理まで関わる人々の働き方改革をキーワードにB/NET統合検針・監視システムを開発した。

本稿では、B/NET統合検針・監視システムの特長及び適用技術について述べる。

## 2. B/NET統合検針・監視システム

### 2.1 システムの主な仕様

今回開発したB/NET統合検針・監視システムの主な仕様を表1に示す。

### 2.2 システムのコンセプト

B/NET統合検針・監視システムは、1章で述べた二

ズに対応するため、“施工業務・管理業務の効率化”“課金の品質向上”“ネットワークの汎用性・拡張性”をコンセプトとして新たな検針システムを開発した。

### 2.2.1 施工業務・管理業務の効率化

従来、電気の検針システムと水道・熱量の検針システムは別々に設置され、ビル内にそれぞれのネットワークが構築されていた。これらの検針システムを一つのシステムに統合することで、次のメリットが得られる。

- (1) 共通機器の削減による設置作業削減と省スペース化
- (2) 同一ネットワークによる配線作業の効率化
- (3) システムの維持管理工数の削減
- (4) 課金データの一元管理

さらに、検針システムへのメータ登録作業を効率化するため、IoT技術を活用してメータ固有情報を通信で収集・自動登録する設定ツールを開発した(図1)。これによって設定作業を効率化するとともに人為的ミスを削減できる。

加えて、メータの設置場所確認で、現行の検針システムでは電気や水を実際に流して数値の変化で確認していたが、設定ツールによって通信を活用して短時間で確認が可能になる。

収集	設定登録情報								確認結果	
	未接続端末	占有アドレス	連番	登録状態	系統	メイン	サブ	アンド	チルスル	
<input checked="" type="checkbox"/>	1		1	1	999	E4	01	メータ1	OK	2018/10/11 01:04:43
<input checked="" type="checkbox"/>	2		1	2	999	50	01	メータ2	OK	2018/10/11 01:04:44
<input checked="" type="checkbox"/>	3	オンライン	1	3	999	E4	01	メータ3	OK	2018/10/11 01:04:47
<input checked="" type="checkbox"/>	4	オンライン	1	4	999	83	01	メータ4	ERR0001	2018/10/11 01:04:48
<input checked="" type="checkbox"/>	5		1	5	999	E4	0F	メータ5	不一致	2018/10/11 01:04:49
<input checked="" type="checkbox"/>	6		1	6	999	E4	0F	メータ6	不一致	2018/10/11 01:04:50
<input checked="" type="checkbox"/>	7		1	7	999	E4	0F	メータ7	OK	2018/10/11 01:04:51

図1. 設定ツールの画面例

表1. B/NET統合検針・監視システムの主な仕様

項目		内容								
接続機器	B/NET系統数	最大7系統								
	接続台数	最大6,000台(B/NET 1系統当たり最大1,000台 内③:最大128台, ④:最大90台)								
	機種名	①B/NET通信機能付電力量計	M7UM-SN1R, M8UM-SN1R							
		②エネルギー計測ユニット	EMU4シリーズ							
		③デジタル入力用伝送ターミナル	B-DX4A, B-DX16A							
④B/NET変換アダプタ		TX7500(愛知時計電機製)								
計測対象	計測点数	最大6,000点(B/NET 1系統当たり最大1,000点 内④:最大90点)								
	収集データ	①B/NET通信機能付電力量計	電力量(指示値), 電圧, 電流, 電力							
		②エネルギー計測ユニット								
		③デジタル入力用伝送ターミナル	接点状態							
		④B/NET変換アダプタ	水量(水道メータ・温水メータ接続時) 熱量(積算熱量計接続時)							
ロギング機能	計測値(日次)	電力量	10分ごとの指示値をCSVファイルに記録							
		水量・熱量	60分ごとの指示値をCSVファイルに記録							
		接点状態	接点状態が変化したときに発生時刻, 接点状態をCSVファイルに記録							
		その他計測要素	10分ごとの瞬時値をCSVファイルに記録							
サーバ機能	FTPサーバ	二つのクライアントと同時に接続可能 クライアントからのコマンド要求で、FTPによるCSVファイル転送								
クライアント機能	時刻同期機能	1台のSNTPサーバと通信し、毎日時刻情報を取得設定								
上位通信機能	FTP通信(標準)	ロギングした計測値のCSVファイルを取得が可能								
	MESインターフェース(オプション)	顧客の上位装置に合わせたカスタマイズが可能								
	BACnet通信(オプション)	顧客の上位装置に合わせたカスタマイズが可能								

SNTP : Simple Network Time Protocol

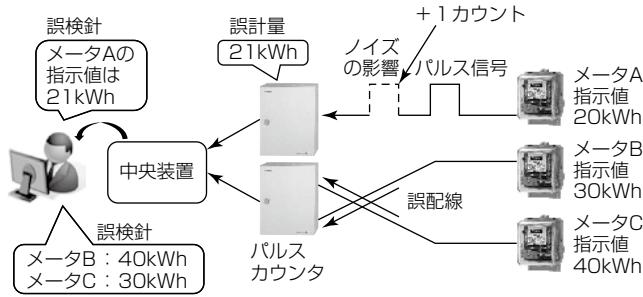


図2. 誤計量・誤配線の要因

### 2.2.2 課金の品質向上

現行の検針システムで多く採用されているメータから出力されるパルスをカウントするパルス方式では、誤計量や誤配線などによる誤検針(料金の誤請求)が施主や工事業者、ビル管理者にとって大きな課題である(図2)。

このシステムでは、耐ノイズ性に優れたB/NET通信を用いて、電気・水道・熱量の統合検針を実現することで、誤計量を防止し、B/NET通信に統一することで誤配線も防ぐことができ、課金の品質が向上する。

### 2.2.3 ネットワークの汎用性・拡張性

顧客の上位システムに合わせた通信方式に対応できる汎用性・拡張性を持ち、ファイル転送機能(FTP)を標準装備している。上位システムに応じてデータベースへ容易に接続できる当社のMESインターフェースのほか、ビルでよく用いられる通信プロトコルであるBACnetなどの通信方式にも対応できる。

## 3. 特長及び適用技術

### 3.1 ネットワーク統一による省施工・省配線

B/NET統合検針・監視システムは、統合検針コントローラと各メータ間のネットワークをB/NET通信で統一することによって様々な課題を解決した。

B/NET通信の仕様を表2に示す。

#### 3.1.1 水道メータ・積算熱量計との統合

電気の検針システムと水道・熱量の検針システムを統合するに当たり、水道メータや積算熱量計の業界で使用されている通信方式(8ビット通信、Uバス通信)をB/NET通信に変換する通信用端末の開発が必要になった。

ビル内の水道メータや積算熱量計の周辺には電源がないことが多く、通信用端末を動作させる電源を遠方から配線する必要があったが、B/NET通信の伝送線給電方式を活用することでこの課題を解決した。伝送線給電方式は、B/NET通信線から動作用電源を供給でき、電源からの配線を不要にした(図3)。

#### 3.1.2 省配線で施工性の良いB/NET通信

B/NET通信はT分岐配線が可能で、かつ終端処理が不要なため柔軟な配線ができる。このため、近くの通信ケーブルから分岐配線するだけで、容易にメータの追加ができる

表2. B/NET通信の仕様

項目	仕様
伝送線	ツイストペアケーブル(CPEV-SΦ1.2 1P相当)
伝送距離	最遠配線長：1,000m 総配線長：2,000m (アドレス拡張ユニットで延長可能)
伝送速度	9,600bps
接続方式	マルチドロップ(渡り)接続 T分岐接続 終端処理不要
接続可能台数	メイン：62台 サブ：アドレス拡張ユニット 1台につき62台追加

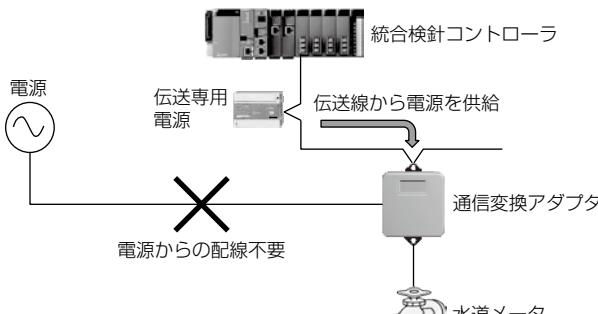


図3. 伝送線給電方式の配線イメージ

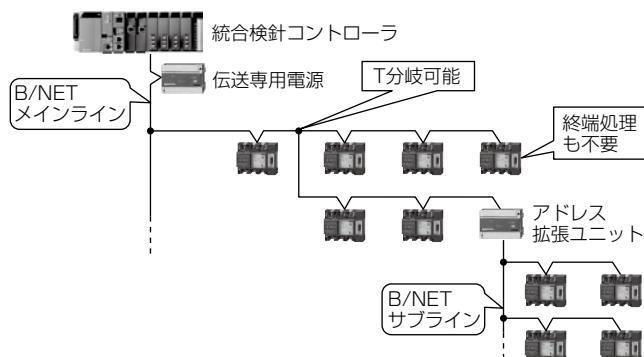


図4. 伝送線給電方式の配線イメージ

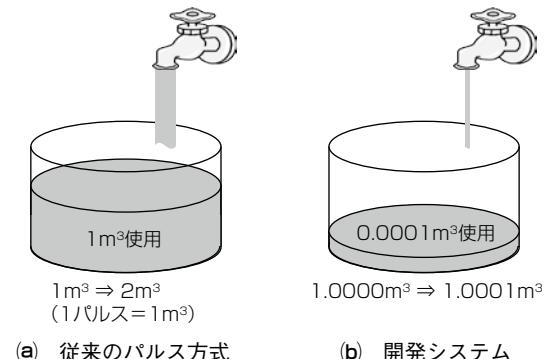
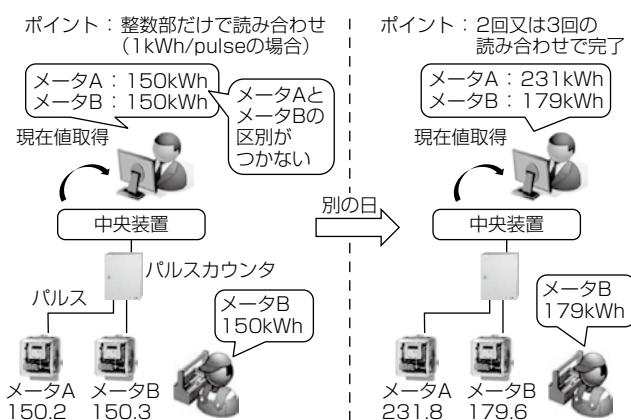
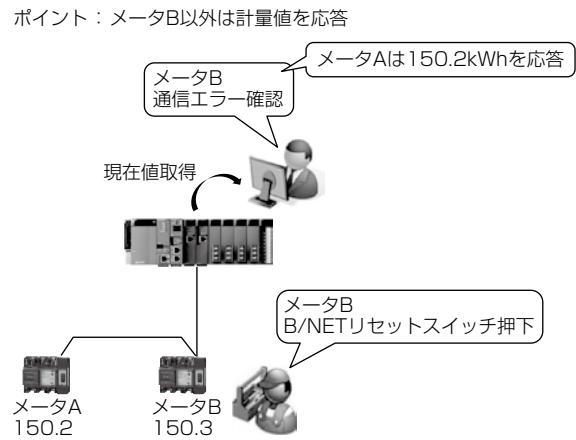
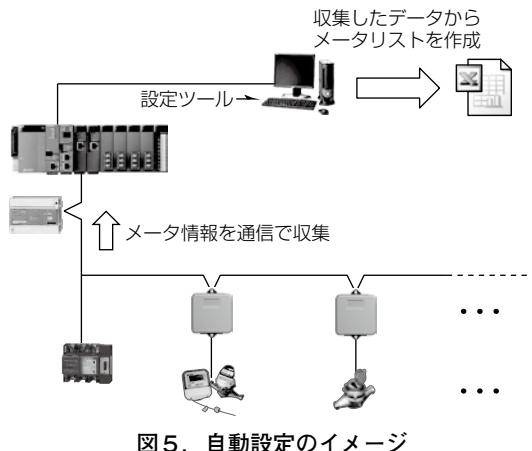
る。さらに、アドレス拡張ユニットを使用することで接続可能台数の増加や伝送距離の延長ができるため、大規模なビル・商業施設などでも使用できる(図4)。

#### 3.1.3 B/NET通信に対応した様々な端末

B/NET通信に対応した端末は、電力量計以外に当社のエネルギー計測ユニット“EcoMonitorLight/Plus”やデジタル入力ユニットなどがある。EcoMonitorPlusは、電圧、電流、電力などの電気量の他にアナログ信号やパルス信号の取り込みもできるため、他のセンサ等の情報も収取が可能になる。また、デジタル入力ユニットは、遮断器のプレアラーム信号やトリップ信号などを接点入力で取り込むことができる所以警報監視などに活用できる。

### 3.2 設定作業・読み合わせ作業の作業効率化と誤検針対策

統合検針コントローラにメータ登録を行う設定作業や現地に設置されたメータが正しいかを確認する読み合わせ作業でも多くの工数がかかっており、作業の効率化が求めら



れている。また、この工程では、設定間違いや読み合わせ時のメータ間違いなどで検針(料金請求)の誤りを起こす要因となっており、対策が必要である。次に、それぞれの作業の効率化と誤検針対策について述べる。

### 3.2.1 設定作業の効率化と誤検針対策

メータ登録を行う設定作業を効率化するため、IoT技術を活用し、メータが内部に持つ固有情報を通信で自動収集・登録する設定ツールを開発した(図5)。従来のメータから固有情報を読み取ってメータリストへ登録する方法に比べ、作業時間が大幅に削減できるだけでなく、読み取り間違いや入力間違いなどの誤検針につながる人為的ミスを削減できる。

### 3.2.2 読み合わせ作業の効率化

読み合わせ作業は、中央装置に登録したメータ情報と現地メータの値が一致しているか確認する作業で、中央装置(検針コントローラ)側と現地メータ側に人を配置し、中央装置で取得した値とメータが表示する値を読み合わせる。

従来のパルス方式検針システムでの読み合わせ作業の場合、同じ値のメータが複数存在する可能性があるため、1回の読み合わせ作業で一致しているか確認できない場合がある。そのため、日を改めてメータの値が進んだ状態で2回目の読み合わせ作業を行う。顧客によっては3回実施することもある(図6)。

それに対し、このシステムでの読み合わせ作業は、B/NET通信機能付きメータの機能を活用して1回の読み合わせ作業で一致確認を行うことができる。B/NET通信機能付きメータに搭載したB/NETリセットスイッチを押下すると、該当のメータだけ通信エラーを発生させることができる。これによって、通信エラーの発生の有無で中央装置のメータ情報と現地のメータが一致していることが確認できる(図7)。

また、実際に電気や水などの負荷をかけてメータの値が上がることを確認する実負荷試験でも、このシステムでは小数点以下を含む値を取得する機能を活用できる。パルス方式の場合、整数値のため、1 kWhや1 m<sup>3</sup>の負荷をかける必要があるが、このシステムでは、0.1 kWhや0.0001 m<sup>3</sup>まで値を取得できるので、負荷をかける時間や無駄にする負荷を10~10000分の1に削減できる(図8)。

## 4. むすび

B/NET統合検針・監視システムの提供によって、ビルの検針業務に関わる人々の働き方改革への貢献が期待できる。

今後は、このシステムをオフィスビルだけでなく、工場や商業施設などへの展開を図っていくとともに、更なる機能向上によって顧客の課題解決に役立てていく。

# 盤の小形化に貢献する低圧遮断器

千種真一\*

Low-voltage Circuit Breakers Contributing to Downsizing of Panel

Shinichi Chigusa

## 要旨

盤に使用されるパーツの小形化は単にスペースを確保するだけでなく、盤製造に関わる様々な箇所で製造者にメリットをもたらす。具体的には、①盤に使用される板金部材、配線資材、塗装面積の低減による製造コスト低減、②盤の質量の低減による盤の据付け作業改善と輸送コスト低減、③負荷増設時の増設スペース確保の容易化などがある。

三菱電機では盤の小形化に貢献する低圧遮断器を種々ラインアップしており、顧客の要望と用途に応じて提案している。

“WS-VシリーズF Style品”は1極当たり63Aまでは横幅18mm、125Aまでは横幅25mmの小形外形の製品で、遮断容量もワイドレンジで取りそろえており様々な回路に適用可能になっている。2018年には“WS-Vシリ－

ズF Style品”の“32Aフレーム経済品”をリリースした。奥行きを68mmから52mmに低減し、更なる小形化を達成した。“FAシリーズ”は製品の縦寸法が小形な製品で縦寸法をミニチュアリレー用ソケットの縦寸法に統一した。これらの製品が並ぶ回路でダクト間のデッドスペース削減に貢献する。“KCシリーズ”はJISで推奨された寸法の製品で、広い電流領域でダクト間のデッドスペースを削減する。“CPシリーズ”は機器保護に適した製品で、保護する機器に応じた引き外し特性が選択可能であり、1極当たり横幅17.5mmと盤の小形化に貢献する。当社ではこれらの製品群によって顧客要望にあった製品を提案することによって盤ソリューションに貢献していく。



## “WS-VシリーズF Style品”的“32Aフレーム経済品”

盤の小形化に貢献するWS-VシリーズF Style品の32Aフレームに新たに経済品としてNF/NV32-CVFをラインアップした。開閉式小形端子カバーを標準装備し、端子カバー追加手配の手間を省力化する。IEC35mmレール取付け標準対応、工具不要のワンタッチで取付け・取り外し可能で取付け作業省力化にも貢献する。

## 1. まえがき

機械装置に組み込まれる制御盤は機械装置のスペース制約から組み込まれるパーツの小形化ニーズが高い。また、工場の生産ライン、生産設備に組み込まれる制御盤、ビルや商業施設で使用される分電盤はパーツの小形化によって、将来の増設に対応できるスペースを確保できる。パーツの小形化はスペースだけでなく盤サイズの小形化に寄与し、盤製作にかかる費用を低減できる。具体的には“盤部材の節約”と“設備と盤の輸送作業簡易化”がある。盤に用いるパーツを小形化することによって、機器同士を接続する電線、電線を収納するダクト、盤を構成する板金、盤塗装などの資材を低減し、コストメリットを得ることができる。また、盤自体が小形化されることによって設備の軽量化に貢献する。設備と盤の輸送費、設備への盤組み込み作業の簡易化によって作業時間の短縮が図れる。

当社では盤の小形化に寄与する遮断器をラインアップしてきた。一般社団法人 日本配電制御システム工業会(JSIA)の制御盤ハードウェア合理化に関する調査研究<sup>(1)</sup>では、フィーダ回路ごとに使用するケースの多い小形遮断器の横幅寸法の小形化は制御盤の小形化に寄与すると述べられている。当社では2018年に横幅寸法の小形なWS-VシリーズF Style品の32Aフレームに新たに経済品としてNF/NV32-CVFをラインアップした。汎用品の小形幅寸法を踏襲し、奥行きを更に小形化した製品である。本稿では、低压遮断器WS-VシリーズF Style品及びFA、KC、CPの各シリーズの盤の小形化への貢献について述べる。

## 2. 盤の小形化に貢献する低压遮断器

当社では制御盤や分電盤の中で、横並びで接続される容量の30~100Aフレームクラスの製品を多数取りそろえている。いずれも盤の小形化に貢献する機種であり、それぞれの製品の特長は次のとおりである。

### 2.1 WS-VシリーズF Style品

当社では2010年に機械装置用途に適した小形外形製品のWS-VシリーズF Style品をリリースした。32A/63Aフレームで横幅54mmの業界最小クラス寸法を実現した。125Aフレーム品は横幅75mmの製品となっている。製品ラインアップを表1に示す。発売当初32Aフレームの経済品のラインアップがなかった。この穴を埋めるべく更に小形外形のNF32-CVF/NV32-CVFを2018年に新たにラインアップした。外形サイズの異なるこれら3機種について次に述べる。

表1. WS-VシリーズF Style品のラインアップと発売年

	32Aフレーム	63Aフレーム	125Aフレーム
経済品	2018年発売		
汎用品		2010年発売	

盤の小形化に貢献する低压遮断器・千種

### 2.1.1 幅54mm機種の32Aフレーム経済品

32Aフレームの経済品は汎用品と取付け寸法に互換性があり、さらに深さ方向の小形化を達成した。また、32Aフレーム汎用品ではNVの2極製品の場合に取付け不可であった内部付属装置の警報スイッチ(AL)や補助スイッチ(AX)が取付け可能になった。製品外形を図1に示す。次の2点の構造変更によって小形化が実現可能になった。

- (1) 漏電検出を行う電子回路基板の収容部を筐体(きょうたい)裏面に形成した。電子回路基板と機械的に漏電引き外しを行うユニットとを結合するリード線を筐体裏面に通すことによって幅方向のリード線収納スペースを削減した(図2)。筐体裏面の基板スペースへの結露等による水気の影響を避けるため筐体裏面構造を工夫した。水分の侵入を防止する筐体構造について特許出願中である。
- (2) 開閉機構部のリンク部をプレス部品による両側保持からU字状のピンによる片側保持に変更し、プレス部品板厚分とリンク近接部のギャップ分のスペースを削減した(図3)。

端子部については表面方向からの保護等級IP20に対応し、盤の安全性にも貢献する。さらに開閉式の小形端子カバーを標準で装備し、更なる安全性の確保と手配の省力化が可能になった。また、IEC35mmレールの取付け・取り外しが工具不要でワンタッチで可能であり、盤作業の施工性改善に貢献する。

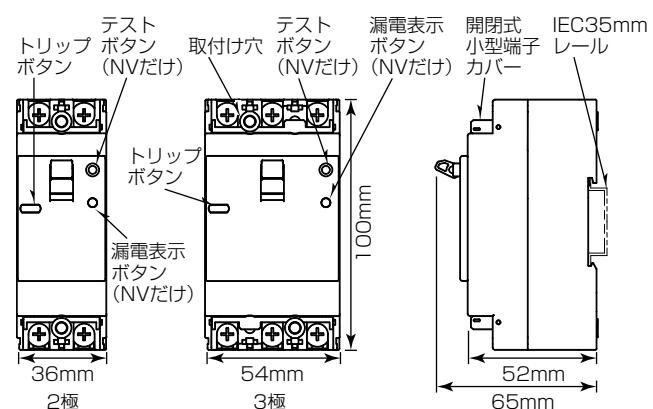


図1. 幅54mm機種の32Aフレーム経済品の製品外形

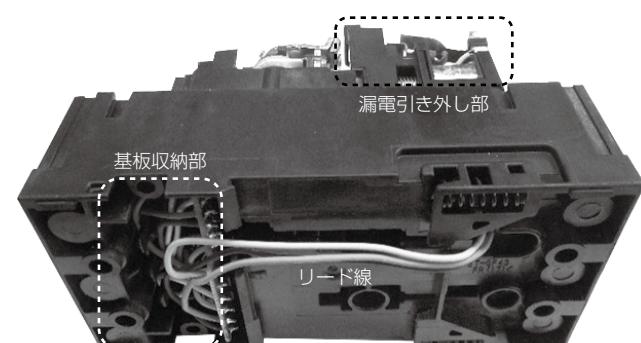
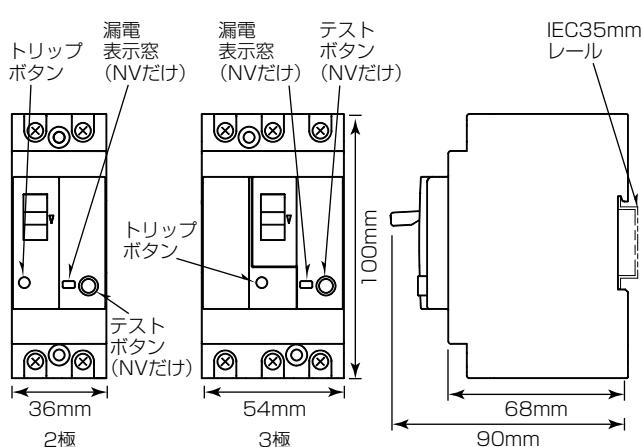
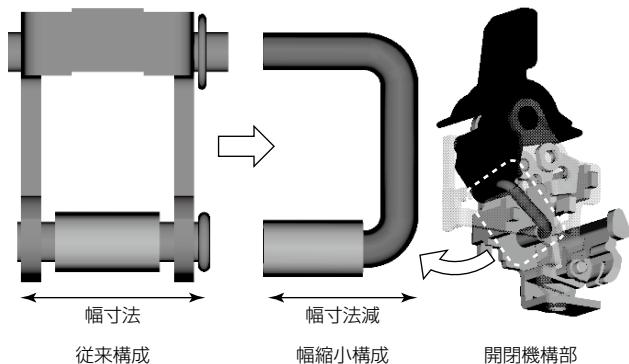


図2. 漏電検出基板の裏面収納構造(裏カバー取り外し状態)



### 2.1.2 幅54mm機種(32Aフレーム経済品以外)

幅54mm機種(32Aフレーム経済品以外)では、遮断時のアーケに対する電磁界解析設計とアーケによって発生するガスの流体解析に基づく構造設計を行うことによって新遮断技術“アーケ走行遮断方式”を確立した。高限流性能によって遮断性能を維持しつつ、小形化を実現した。従来の63Aフレームの製品と比較して幅サイズが75mmから54mmにサイズダウンし、当社従来製品比で体積55%の小形化を実現した。製品外形を図4に示す。端子部については表面方向からの保護等級IP20に対応し、盤の安全性に貢献する。今回述べる全ての機種でIEC35mmレール取付けに標準対応し、遮断器取付け時の省施工にも貢献する。

### 2.1.3 幅75mm機種の125Aフレーム品

幅75mm機種の125A品の製品外形を図5に示す。従来の125Aフレーム製品と比較して幅サイズが90mmから75mmにサイズダウンし、当社従来製品比で体積83%の小形化を実現した。当社では従来機種の外形から小形化したF Style品のほか従来機種と外形、取付け互換のある標準外形品があり、これらを組み合わせることで32Aフレームから125Aフレームまで全て同一外形でそろえることができる。これによってダクト間のデッドスペース削減と盤の設計統一化に貢献する。

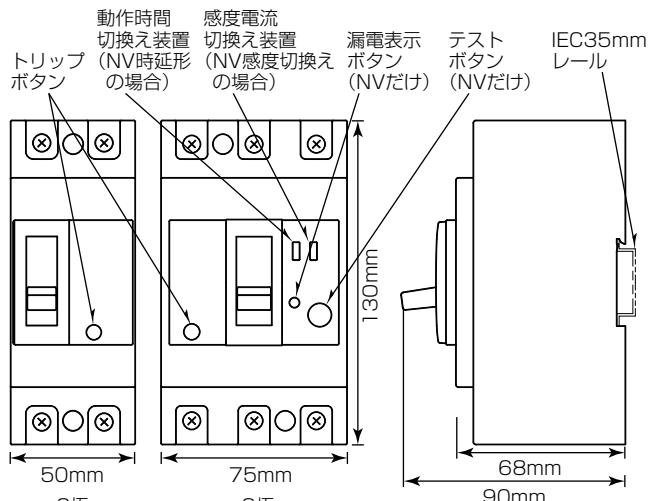


図5. 幅75mm機種の125Aフレーム品の製品外形

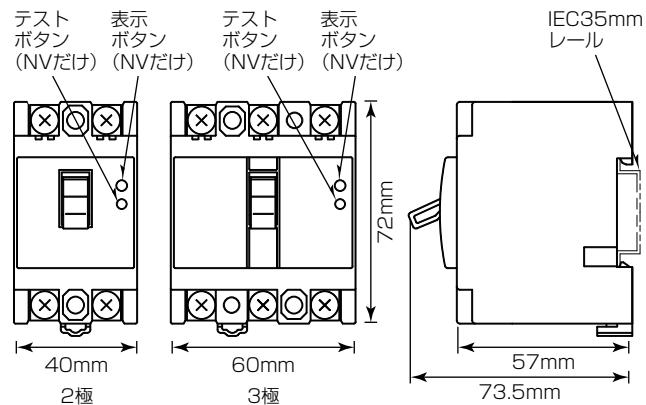


図6. FAシリーズの製品外形

### 2.2 FAシリーズ

FAシリーズの製品外形を図6に示す。幅60mm、高さ72mmでミニチュアリレー用ソケットと同一高さの寸法となっている。そのため遮断器とリレー、電磁接触器の並ぶ回路に適用することで盤の幅方向の小形化に加えて、高さ方向のデッドスペースを削減できる。端子裏面が解放されており、裏面配線が可能な構造で、ナット不要で表板接続ができる。盤の奥行き方向でスペースのある場所に取り付けることで、スペースの有効活用に貢献する。配線用遮断器であれば交流、直流両方の電流に対応できる。

### 2.3 KCシリーズ

KCシリーズの製品外形を図7に示す。JIS C8201-2-1の付属書“JC電灯分電盤用協約形回路遮断器”で推奨されている寸法の製品になっている。30Aフレームから100AフレームまでのKCシリーズ一つでまとめることができ、WS-VシリーズF Style品の幅75mm機種よりも小形外形で盤の更なる小形化に貢献する。KCシリーズには電源側の接続方式として銅ブスバーへのプラグイン接続をラインアップしている。電源側の接続部材が不要になり、電源側の省スペース化が可能である。また、煩雑なねじ接続がな

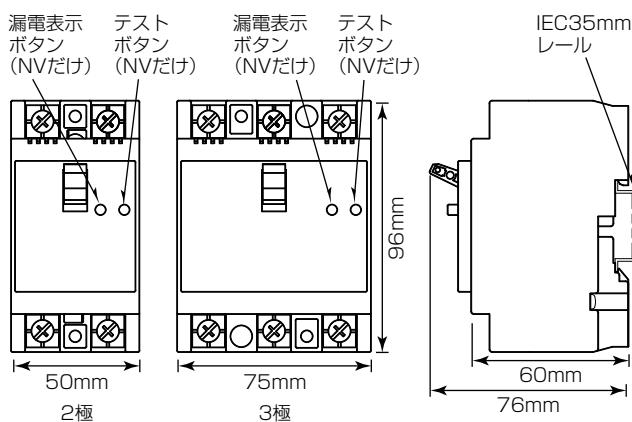


図7. KCシリーズの製品外形

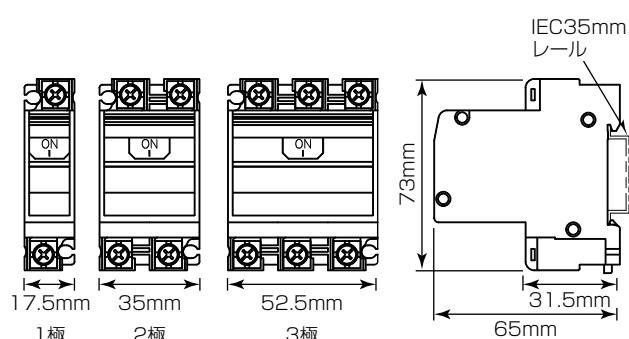


図8. CPシリーズの製品外形

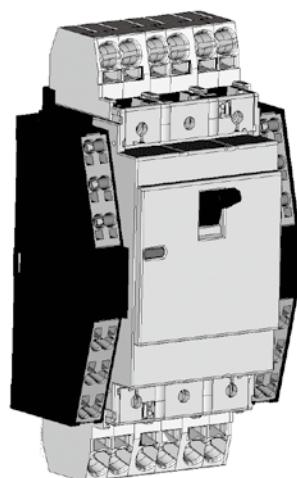
く、接続作業はバー端子に遮断器を押し込むだけで完結でき、省施工にも優れた接続方式である。ねじのようなトルク管理の必要がなく、接続作業の品質安定化に貢献する。

#### 2.4 CPシリーズ

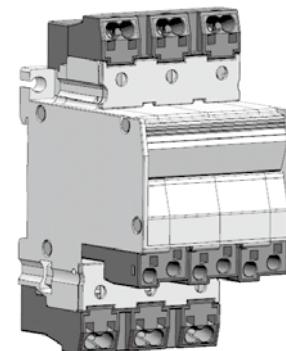
CPシリーズは機器保護に適した製品で接続・保護する機器によって動作特性を選択できる。製品外形を図8に示す。1極あたり幅17.5mmで3極の場合でも幅52.5mmと小形外形の製品である。また、この製品には開閉式の小形端子カバーを標準装備している。端子部の安全確保のため多くの場合に使用される端子カバーを手配する必要がなく、手配漏れの心配がない。

### 3. むすび

制御盤や配電盤で横並びになって使用され、盤サイズに寄与する容量帯、すなわち30Aフレームから100Aフレームの製品を当社では多数ラインアップしている。今回、新



(a) F Style32Aフレーム経済品



(b) CPシリーズ

図9. スプリングクランプ端子接続方式の遮断器(開発中)

たにラインアップしたWS-VシリーズF Style品の32Aフレーム経済品の特長を主にしてその他の製品の特長についても述べた。盤製造の低コスト化には使用するバーツの小形化以外に盤製造工数の削減、保守性が重要になる。当社ではシーケンサやインバータ等の制御端子台に使用しているスプリングクランプ端子を遮断器の主端子へ適用する製品開発を進めている(図9)。今後も小形化と省施工化によって、盤ソリューションに貢献していく。

### 参考文献

- (1) JSIA制御・情報システム委員会：制御盤ハードウェア合理化に関する調査研究 #2 盤筐体、機器取り付け、主回路配線の合理化、JSIA技術セミナー（2016）



高い信頼性と豊富な品揃えで高度化する生産現場に新たな可能性を提供

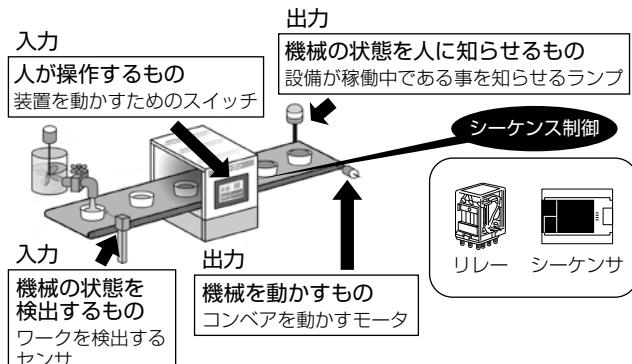
## シーケンサ

### シーケンス制御とは？

シーケンス制御は、“あらかじめ定めた順序又は手続きに従って動作させる”ことで、FA装置のほか、全自动の洗濯機や発券機など幅広い分野で使われています。

シーケンス制御は、“人が操作するもの”“機械の状態を人に知らせるもの”“機械の状態を検出するもの”“機械を動かすもの”で構成されます。

シーケンサは、これらの機器を制御する役割を持っています。つまり、シーケンサはシーケンス制御を行うための装置と言えます。



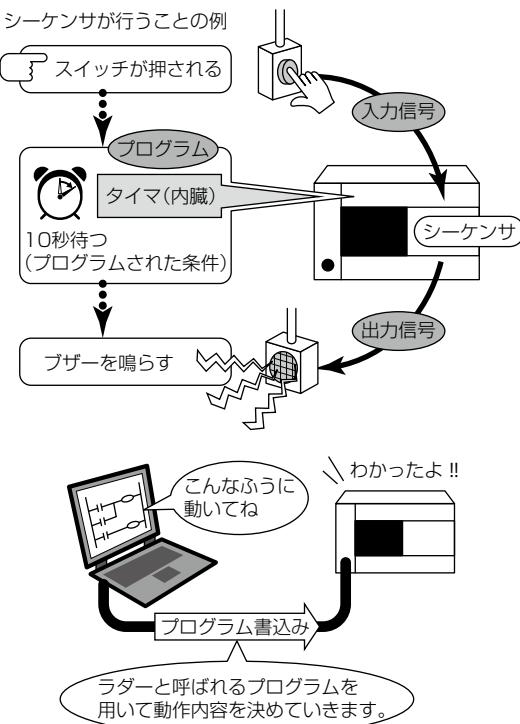
シーケンス制御の構成例

### シーケンサによるシーケンス制御

シーケンサによるシーケンス制御では、ラダーと呼ばれるプログラムを用いて動作内容を決めていきます。例えば、スイッチ等の入力信号に応じて出力信号をON/OFFさせる場合、ON/OFFに切り替える条件をラダーで決めていきます。

#### シーケンサを使うメリット

- ・従来のリレー制御の場合、リレーやタイマ、カウンタなど全て個別に手配するコストや、それらを配線する手間も必要です。シーケンサなら、内蔵した機能で同じ制御ができます。
- ・視覚的に分かりやすいラダー形式のプログラムを自由に作ることができ、簡単に機械の動きを決定できます。動作を変更したいときも、プログラムを書き換えるだけで済みます。
- ・シーケンサは三菱電機の製品名称です。箱から出して必要な部品を配線すれば、すぐに使うことができます。マニュアルやサポートも万全で安心して導入できます。



### 三菱シーケンサの特徴

#### 一体型(MELSEC iQ-F, FXシリーズ)

- ・CPU、電源、入出力が一体
- ・安価で小型化が可能



#### ビルディングタイプ(MELSEC iQ-R, Q, Lシリーズ)

- ・CPU、電源、入出力を用途に応じて装着可能
- ・フレキシブルな組合せが可能

