

MITSUBISHI
Changes for the Better

家庭から宇宙まで、エコチェンジ



三菱電機技報

4

2012

Vol.86 No.4

モーション制御技術と制御技術を活用した
FA機器・産業加工機の最新動向



目 次

特集「モーション制御技術と制御技術を活用したFA機器・産業加工機の最新動向」
次世代システムのための制御技術と先端理論の融合 …… 1
杉江俊治

FA機器・産業用加工機を支えるモーション制御技術 …… 2
田中健一・真柄卓司

次世代ACサーボアンプ“MR-J4シリーズ”・
サーボモータ“HGシリーズ” …… 7
川尻清成・池田英俊・榎本和幸・土屋文昭・吉田憲平

次世代サーボネットワーク対応モーションコントローラ …… 11
西原 昇・松田辰啓・所 賢一郎

三菱電機産業ロボット用力覚制御システム …… 15
藤島光城・村田健二

“GOT1000シリーズ”の新機能・新製品 …… 19
兼子貴弘・川崎嗣雄

三菱“iQ Platform”対応FA統合エンジニアリングソフトウェア
“MELSOFT iQ Works”へのプロファイル技術の適用 …… 23
古嶋寛之・井口義範・刀根 譲

“MELSEC-Lシリーズ”増設システム …… 27
藤原耕太郎・石川博一・中野史士・河野 匠

“MELSEC-Lシリーズ”温度調節ユニット …… 31
矢木孝浩・田中徹哉

“PX Developer”モニタツールのセキュリティ機能強化 …… 35
齊藤卓也

PCI Express対応CC-Link IEコントローラ
ネットワークインタフェースボード …… 39
布施智行

省エネデータ収集サーバ“EcoServer III” …… 43
戸板遊人・角田裕明・友田雅雄・佐々木和也

世界戦略ワイヤ放電加工機“MVシリーズ” …… 47
三枝嘉徳・服部広一郎・中島洋二・小川卓也・塩澤貴弘

新型炭酸ガスレーザ加工機“eXシリーズ” …… 51
大村浩嘉・宮崎隆典・森下弘将

The Latest Trend of Motion Control Technology for FA Components and Industrial Machinery Systems
Fusion of Control Technology and Advanced Theory for Systems of the Next Generation
Toshiharu Sugie

Trend of Motion Control Technology for FA Components and Industrial Machinery Systems
Kenichi Tanaka, Takuji Magara

Next Generation Servo Amplifier “MR-J4 Series” and Servo Motor “HG Series”
Kiyonari Kawajiri, Hidetoshi Ikeda, Kazuyuki Enomoto, Fumiaki Tsuchiya, Kempei Yoshida

Motion Controller for Next Generation Servo Network
Noboru Nishihara, Tatsuhiko Matsuda, Kenichiro Tokoro

Force Control System for Mitsubishi Electric Industrial Robots
Mitsushiro Fujishima, Kenji Murata

New Functions and New Products of “GOT1000 Series”
Takahiro Kaneko, Tsuguo Kawasaki

Profile Technology applied to MITSUBISHI “iQ Platform”
FA Integrated Engineering Software “MELSOFT iQ Works”
Hiroyuki Furushima, Yoshinori Iguchi, Yuzuru Tone

Extension System of “MELSEC-L Series”
Kotaro Fujiwara, Hirokazu Ishikawa, Fumihito Nakano, Takumi Kono

Temperature Control Module of “MELSEC-L Series”
Takahiro Yagi, Tetsuya Tanaka

Enhancement of Security Functions for “PX Developer” Monitor Tool
Takuya Saito

CC-Link IE Controller Network Interface Board for PCI Express
Tomoyuki Fuse

Energy Saving Data Collecting Server “EcoServer III”
Shigeto Toita, Hiroaki Sumida, Masao Tomota, Kazuya Sasaki

World Strategic Wire Electric Discharge Machine “MV Series”
Yoshinori Saigusa, Kouichirou Hattori, Youji Nakajima, Takuya Ogawa, Takahiro Shiozawa

New CO₂ Laser Processing Machine “eX Series”
Hiroyoshi Omura, Takanori Miyazaki, Hiromasa Morishita

特許と新案

「レーザ加工機およびレーザ加工方法」
「電動機の固定子」 …… 55
「機器系統の監視制御方法」 …… 56

スポットライト

知能化ソリューションを備えた高速ロボット“RH-Fシリーズ”

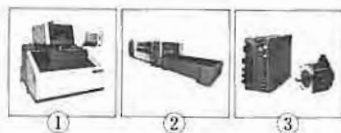
表紙：モーション制御技術と制御技術を活用したFA機器・産業加工機の最新動向

三菱電機のFA機器・産業加工機は、市場ニーズの変化にタイムリーに対応する新製品開発に取り組んでいる。

ワイヤ放電加工機の市場としては、汎用金型市場は新興国に移り、日米欧では、高精度化・高付加価値化が進んでいる。汎用金型分野での生産性向上やランニングコスト低減、日欧米での高付加価値加工対応技術が求められている。①は、このような市場ニーズ動向を分析し製品へ反映した世界戦略機“MVシリーズ”である。

炭酸ガスレーザ加工機は、任意軌跡が切断可能な工作機械として多くの産業分野で使われている。近年、新興国への製造業のシフトや製品サイクルの短縮化が進む中、更なる生産性向上、熟練作業者を必要としない簡単な操作、ランニングコスト低減が求められている。②は、この市場要求に対応した、3つの“e”、①excellent、②easy to use、③ecologyをコンセプトとした新型炭酸ガスレーザ加工機ML3015eX-45CF-Rである。

汎用ACサーボは、現在、様々な産業機械の駆動制御に用いられており、用途拡大に伴いサーボに対する要求は多様化している。③は、このような多様化した要求に応える次世代製品として“人・機械・環境との調和”をコンセプトとしたMR-J4シリーズアンプ及びHGシリーズモータである。



巻/頭/言

次世代システムのための制御技術と先端理論の融合

Fusion of Control Technology and Advanced Theory
for Systems of the Next Generation

杉江俊治
Toshiharu Sugie



ファクトリー・オートメーション(FA)の基本は指令値に従った各機器の精密な動作であるが、これを実現するのが制御の技術である。制御は目に見えないため、専門家以外の人々からは過小評価を受ける傾向にあるものの、実は、機器の高性能化、低価格化、付加価値増加に直結する大変重要な技術である。また、分野横断型の学問である制御やシステムの考え方はFAにとどまらず、エネルギーシステムや社会システムを含む多くの工学的分野の研究パラダイムに影響を与える可能性があり、現在その重要性がますます大きくなってきている。

さて、機械システムなどの動作・位置を制御する手法はもはや成熟しており、今後の大きな進展は期待できないと考える人もいるかもしれない。例えばサーボモータに代表されるアクチュエータ単体における位置決め制御性能の追求という観点からすれば、そのような側面もないではない。しかし本当にそうなのだろうか？筆者のみるところ、必ずしもFAシステム全般において、システムや制御の先端成果を十分に享受しているとは思えない。これを享受するだけでも、速やかにしかも大きな進展の余地はある。実際、システム制御の分野においては、近年、産業界で障壁となっている種々の問題に取り組み、様々な理論的成果が報告されてきている。以下にいくつかの例をあげておこう。

制御機器単体の基本構成要素はアクチュエータとセンサである。これらの基本仕様(出力パワーの大きさや計測解像度等)が当該機器の基本性能を規定する。ところがアクチュエータへの入力信号が、(極端な場合にはオンオフのみの)低解像度のものしか利用できない場合があり、通常の制御手法ではアクチュエータ本来の性能が発揮できない。このような問題に対して、この数年研究が進展し、高解像信号との誤差をフィードバックするというシンプルな手法で、この問題点が解決できることが示されている。一方、センサに関しても、要求される制御精度の向上に伴い、既存センサの解像度では不足する。しかし、このような場合でも、対象機器の事前情報や信号処理の知見を利用するこ

とによって、高価なセンサを新たに購入することなく要求仕様を満たす手法が提案されている。

また、1990年代からシステムの種々の制約を考慮にいったオンライン最適化手法に基づくモデル予測制御が、化学プロセスを中心として実用化され注目されてきた。近年は、これを高速化するアルゴリズムの研究が進展し、計算機自体の高速化とあいまって、機械システムを含む応答の速いシステムへ適用できる段階にいたっている。これら以外にも、デジタル的な論理システムとアナログ的なフィードバック制御を融合したハイブリッド制御系に関する研究や、大規模複雑系における分散協調制御等の研究に関する理論的發展はめざましく、これらの成果を積極的に取り入れて失うものがあるとは考えにくい。

もちろん最先端結果を簡単に取り入れられるわけではなく、多くのハードルを超えなければならないことは理解している。ニーズとシーズのマッチング、産学間の問題意識の共有、先端理論成果の具体的技術への翻訳、成果の数値化等が必須である。さらには、当該技術を定着させるための技術レベルの維持、現場作業者による機器メンテナンス容易性も考慮する必要があるだろう。

筆者個人としては、既存の先端理論成果の産業応用という枠組みは第一歩を踏み出すきっかけにすぎないと考えている。学から産への一方向の情報伝達では革新的な成果を期待することは難しい。そうではなく、産学がお互いの危機感を持って、共同で解決すべき問題を見つけ、互いの信頼に基づいてより深く問題を理解し、解決に向かうベクトルをそろえることが最も重要であろう。その結果として、先端理論と産業技術が融合して、双方にとって新しいものを産み出すことこそが真のブレークスルーに通ずる道であると思われる。これが困難であることは百も承知しているが、互いに最初から無理とあきらめたのでは何も始まらない。産学が危機感と使命感をもって歩み寄れば、“案ずるより産むがやすし”となるのではないかと期待している。

巻頭論文

FA機器・産業用加工機を支える モーション制御技術



田中健一*



真柄卓司**

Trend of Motion Control Technology for FA Components and Industrial Machinery Systems

Kenichi Tanaka, Takuji Magara

要 旨

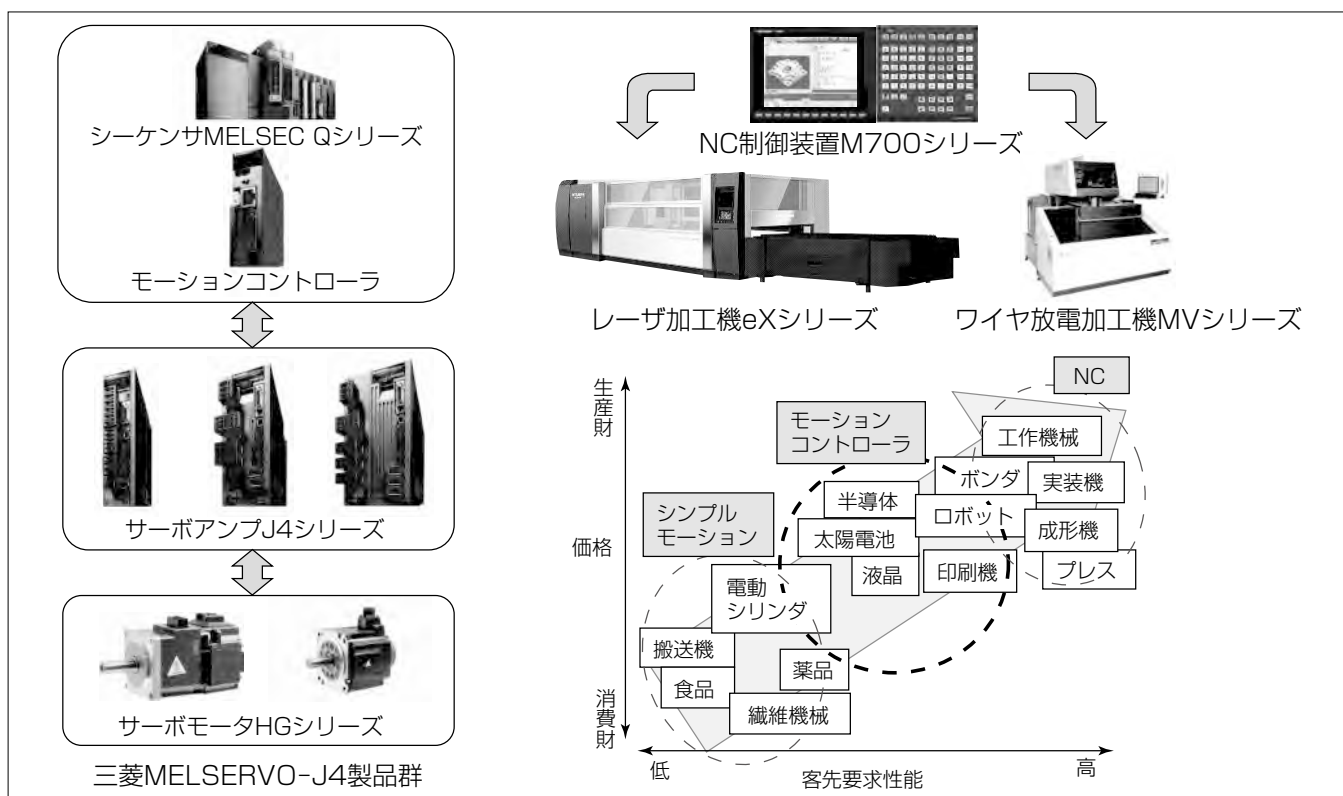
モーション制御は、あらゆる自動機器の動作をつかさどる制御であり、その速度性能や位置決め性能が自動システムとしての基本性能を決定する。このため、機械系・電気系ハードウェア技術の進歩と並行し、種々の制御理論を複合的に組み合わせてソフトウェアとして組み込むことによって、産業機器の生産性向上を支える最も重要な技術の一つとして発展してきた。これらの技術は、FA (Factory Automation) 機器・産業用途のみでも、工作機械、ロボット、半導体製造装置、射出成形機やデジタル家電検査装置等の中核技術として極めて広範囲にわたって利用されており、設備投資に占めるモーション制御機器の規模は、グローバル市場で今なお加速度的に増大を続けている。

モーション制御に関しては、最近のデジタル処理用ハードウェアの高速処理性能の進歩に伴い、著しい性能向上が図られている。また、ソフトウェアに関しても、ポスト現

代制御理論に基づく制御アルゴリズムを組み込んだ高速・高精度、かつ安定な制御が、汎用サーボコントローラにも搭載され、性能・信頼性の向上とともに、システム構築・立ち上げの容易化、調整レス化が図られている。さらに、ここ数年のトレンドとして、安全対応、省エネルギーといった要求が高まる中、より付加価値の高いインテリジェントな制御システムの構築が可能となりつつある。

工作機械の制御に関しては、NC (Numerical Control) コントローラの性能向上とともに、NC制御のもとに駆動され、足回りとなるサーボ駆動系との連携性能が極めて重要となっている。特に最近では、様々なモータと機械系の組合せに応じて、位置決め性能、高速性能、制振性能等を安定して確保できる適応型システムが実現されている。

本稿では、このようなFA機器・産業用加工機を支えるモーション制御技術の最新動向について述べる。



産業機器・工作機械を支えるモーション制御機器群

FA市場に対応した三菱電機のFA制御機器群とメカトロ加工機群（レーザ加工機、放電加工機）を示す。

1. ま え が き

当社では、工作機械や搬送機等のFA用途に用いるモータ駆動システム、及びNC制御コントローラ等とともに、当社独自の発振器や電源、センサを搭載した各種レーザ加工機、放電加工機、ロボット等のメカトロシステムを幅広く製品展開している。

本稿では、このようなFA機器・産業用加工機を支えるモーション制御技術の最新動向について述べる。

2. 汎用サーボ・モーション制御技術の開発動向

汎用サーボは、搬送機や食品包装機、半導体・液晶・太陽電池製造装置や印刷機、工作機械、成形・プレス機械、実装機等、多岐にわたる産業機械で使用されている。これらのシステムの大半は電動機(モータ)を動力源としているため、その生産性は、装置の動きをつかさどるサーボシステムの駆動性能によって左右される部分が大きい。したがって、要求される高速性能、高精度性能等の要求に合わせて、最適なサーボ駆動機器を選定し、システムを構築することが重要となる。

汎用サーボシステムのモーション制御に関しては、性能・信頼性の向上とともに、システム構築・立ち上げの容易化、調整レス化、さらには、ここ数年のトレンドとして、安全対応、省エネルギー対応といった点についての要求が高まっている。

2.1 基本性能の向上

特にサーボアンプシステムにおける制御性能を左右するハードウェアの性能として、速度周波数応答性能が挙げられる。最新のサーボアンプシステムである当社“MR-J4シリーズ”(図1)では、デジタル処理ハードウェア技術及び高速ソフトウェア処理技術の向上によって、業界最速^(注1)の2.5kHzという周波数応答性能を実現し、整定時間を従来比約40%短縮している。

サーボシステムの性能はサーボアンプ以外にモータ、エンコーダの性能、さらには、上位コントローラとの通信速度性能にも左右される。最新の高性能モータ“HGシリーズ”では、400万パルス/回転以上の高分解能絶対値エンコーダが採用されており、コギングやリプルの低減と相まって、高速性能と高精度な位置決め性能を両立させている。

通信速度については、従来比3倍の双方向150Mbpsに



図1. 当社サーボアンプMR-J4シリーズ

高速化が図られ、システムの応答性が飛躍的に向上している。また、サーボアンプ間の完全同期通信を可能としたことによって、多軸同期が必要な印刷機、食品機械、加工機といった装置の高性能化を実現している。

(注1) 2011年11月現在、当社調べ

2.2 調整レス化による立ち上げ性の向上

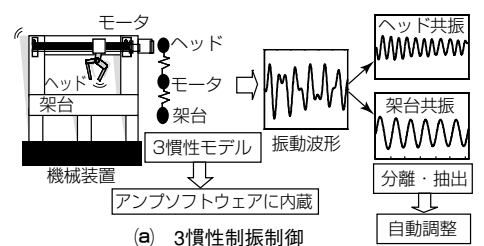
汎用サーボシステムは、対象となる産業機械が多岐にわたり、各装置の形態に対して、サーボ特性の調整が必要であるため、システム構築を容易にするための支援機能が重要である。最新のサーボアンプシステムでは、機械共振抑制フィルタ、制振制御フィルタ、ロバストフィルタを含めた、サーボゲインの高度な自動チューニング機能が搭載されている。

制振制御に関しては、図2に示すような3慣性系の低周波振動抑制アルゴリズムによって、低周波振動を2つまで同時に抑制することができ、複雑な連成振動を伴う低剛性の装置における調整の容易化を実現している。

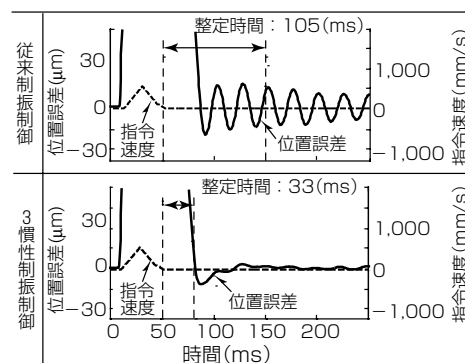
ロバストフィルタは、図3に示すような、大慣性のためにゲインの調整が難しいシステムで、調整範囲を広げロバスト性を向上させる機能であり、特に印刷機や包装機等の大慣性システムにおける同期精度を高めるのに極めて有効である。

2.3 柔軟性・保守性の向上

自動装置では、動作の途中で、位置制御からトルク制御に切替える必要がある場合がある。キャップの締め付け装置などの場合は、位置制御からトルク制御への切替をスムーズに行うことによって、柔軟性を持たせたシステムの構築を可能としている。速度やトルクの急変がないため、機械の負荷を低減するとともに、高度な作業や高品質な成形が可能となっている。



(a) 3慣性制振制御



(b) 整定時間の短縮効果

図2. アドバンスト制振制御Ⅱ(3慣性制振制御)

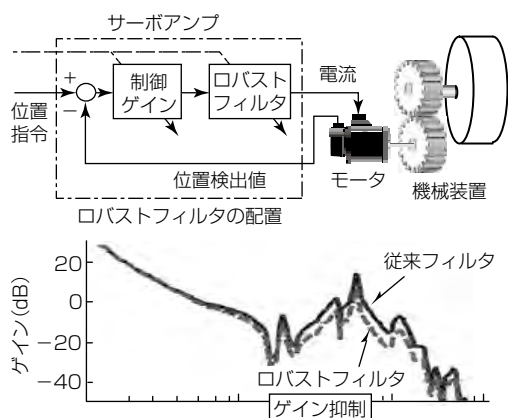


図 3. ロバストフィルタ

作業者の負荷低減と、安定稼働の両立のためには、予防保全が可能な診断機能も重要である。当社MR-J4シリーズでは、装置の摩擦、負荷慣性モーメント、アンバランストルク、振動成分の変化を解析することによって、機械部品の異常を検出、機械診断・予防保全を行う機能を備えている。

2.4 省エネルギー性能の向上

資源エネルギー庁の統計によれば、国内の消費電力の約半分はモータで消費されており、汎用サーボシステムにおける省エネルギー性は昨今ますます重要となってきた。当社では、“エコ・サーボ”を標榜(ひょうぼう)するなか、複数軸サーボシステムで、ある軸の回生エネルギーを他の軸のモータ駆動エネルギーとして活用することで、装置の省エネルギー化を図る技術を実用化している。特に、最新の多軸一体サーボアンプでは、コンデンサ再充電による再利用可能エネルギーを増加させることによって、省エネルギー性能の向上を図っている。また、サーボアンプ内での速度や電流等のデータから、回生電力を計算・表示する機能も装備することで、“省エネルギーの見える化”を図っている。サーボシステムの省エネルギー化に関しては、サーボアンプのパワーモジュールの損失低減やモータの極／スロットの最適化による効率アップも寄与しているが、駆動システムとしての性能向上によって、タクトタイム、稼働時間を短縮することによる省エネルギー効果も大きい。

3. NCモーション制御技術の開発動向

工作機械の制御に関しては、汎用サーボシステムと比較すると、一般に、多軸同期システムにおける軌跡精度の確保という一段高い精度が要求される。特に高精度のミリング加工では、三次元での軌跡精度の確保はもとより、工具姿勢を変化させる5軸加工などでも工具先端の精度を維持する必要がある。このため、NCコントローラの性能とともに、NCの制御のもとに駆動されるサーボ駆動系の基本性能が極めて重要となる。特に、高速・高精度の工作機械では、位置決め性能、高速性能、制振性能等を安定して

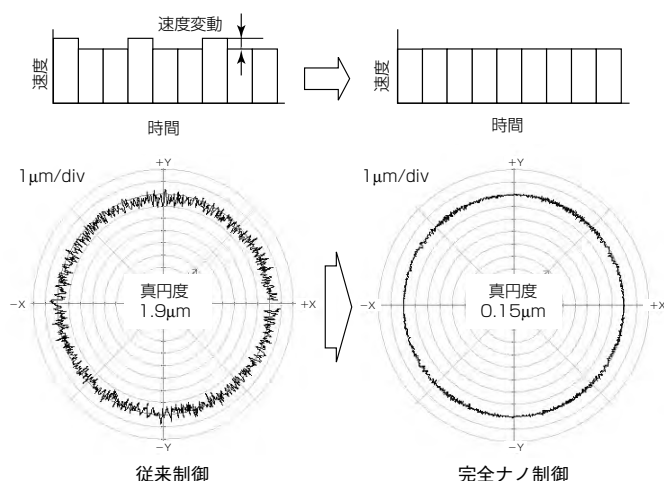


図 4. 完全ナノ制御による高精度化

保証できるシステムである必要がある。

3.1 機械運動精度の向上

3.1.1 基本性能の向上

近年、非球面レンズや液晶ディスプレイの導光板金型等サブミクロンメートルからナノメートルの領域の精度が求められる加工が増えてきている。これらの加工では、形状精度で数十ナノメートルオーダー、表面粗さでナノメートルオーダーといった、従来の一般的な加工よりも1～2けた高い精度が要求される。このような加工に対応するためには、工作機械のハードウェア技術や加工技術とともに、高い精度で工作機械を制御する数値制御装置(NC)の制御技術が必要不可欠となる。

ナノメートルオーダーの制御を可能にするためのNCには、まず、基本制御技術として、NCシステム全体をすべて十分に高い精度(例えば、1 nm以下)で、かつ高速に制御できることが求められる。さらに、各種外乱や機械系のダイナミクスに伴う運動精度低下要因の影響を低減または補償するための応用制御技術もあわせて必要となる。当社では、これらの要求に応えるため、NCシステム全体をすべてナノ単位で制御する完全ナノ制御NCを実用化し、その後も性能向上のための応用制御技術開発を進めてきている。

図4は完全ナノ制御NCシステムの精度改善を示したものである。完全ナノ制御では、プログラム値からサーボ指令まですべてナノ単位で演算が行われるため、速度指令変動が減少し、加速・減速の繰り返しによって生じる機械誤差を大幅に低減することができる。

3.1.2 機械誤差補正による運動精度の向上

従来の工作機械におけるサーボは、モータの駆動が指令に一致するよう制御がされていたが、近年ではモータの駆動による理論的な軌跡と実際の機械の軌跡の間のわずかな差が問題視されるようになってきた。このため、加工の高速・高精度化に向けて、従来のモータだけではなく加工に直結する機械の運動に着目した制御技術が必要となる。

最新のNC制御では、機械系の弾性変形や摩擦力に応じたフィードフォワードでの機械特性補償や可変バックラッシュ補正等によって、機械の動特性に起因する加工誤差の低減を図っている(OMR制御：Optimum Machine Response制御)(図5)。また、主軸とサーボの同期制御では、誤差の高速補正機能を搭載することによって主軸と移動軸の高速同期が可能となり、タップ加工などにおける高速・高精度化を実現している。

機械振動の抑制については、機械振動を誘発せずに機械の最適な応答を引き出すフィードフォワード制御を採用するとともに、機械共振の変化に対しても、共振周波数を推定し、ノッチフィルタパラメータを自動的に再設定する適応型ノッチフィルタを搭載している。これらの機能によって、機械共振の変化に対しても自動追従ができるため、経年変化などによる共振の再発の防止を図っている。

3.2 加工面品質の向上

近年、航空機部品及び一体化部品等の複雑形状部品の増加や、加工リードタイム短縮要求の高まりを背景として5軸加工機や複合加工機の需要が拡大している。さらに金型や精密部品といった高い加工品位の必要な加工への5軸加工の適用も広がってきている。

金型の自由曲面など三次元形状の滑らかな加工面を高品位に加工する場合、加工面の滑らかさ(面精度)が特に重視される。一般に、加工プログラムを作成するCAM(Computer Aided Manufacturing)では、工作物に対する工具の曲線的な動きを、微小線分で近似しているが、微小線分データには誤差が多少なりとも含まれる。NCでは、軌跡精度を保つために、形状に応じて送り速度を決定する処理を行っているが、指令形状に誤差が含まれると、適切な送り速度を正確に求めることが難しくなる。

そこで、近年はこのような問題に対応するため、同時5軸加工でも、微小な段差や逆行等の誤差の影響を抑制し、最適な送り速度を決定する制御方式(SSS制御：Super Smooth Surface制御)を採用している。

SSS制御では大域的な形状認識と回転軸の移動指令の平

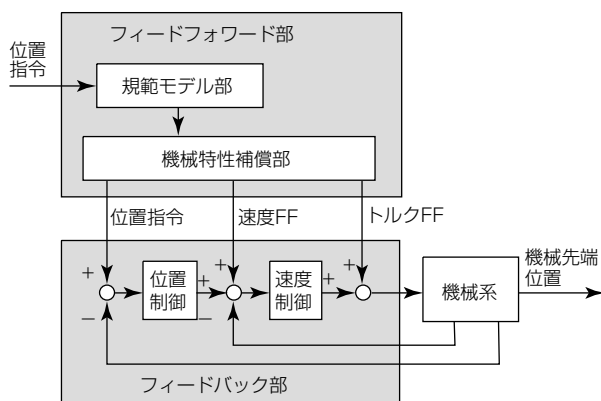


図5. 機械モデルに基づく推測制御(OMR制御)

滑化によって、加工物に対する工具先端点の送り速度や工具姿勢の角速度を滑らかに制御することで、高品位な加工面を得ることができる。また不要な減速をなくすように制御することで従来比5~30%時間短縮(同一精度で比較)の効果が得られている。

3.3 省エネルギー性能の向上

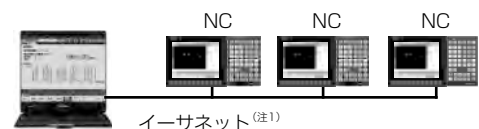
工作機械でも、消費電力の削減要求が高まる中、電力の見える化機能の開発を進めている。図6はこれらの消費電力モニタの画面を示したものであり、NC上はもちろん、ネットワーク接続したパソコンモニタ上で複数の工作機械の消費電力の監視が可能となっている。

NC駆動部の消費電力は、サーボアンプの情報から自動的に収集されるため、外付けの高価な測定器を使用しなくても、回生状態を含めて簡単に消費電力の計測・表示が可能となっている。また、ラダーで測定値をNCに渡すことで、NC駆動部以外の測定結果も合わせて表示することができ、データの積算も可能となっている。

当社はこうした省エネルギーの取り組みを、サーボも含めて“e&eco-F@ctory”と呼んでおり、今後も工場トータルの省エネルギー化につなげる統一的なソリューションとしての開発を進めていく予定である。

4. メカトロ加工機のモーション制御の開発動向

当社は顧客である国内外の多くの工作機械メーカーにNC、サーボシステムを供給すると同時に、これらの技術に当社の保有するレーザ、放電技術を加えることで、付加価値の高いレーザ加工機、放電加工機事業を30年以上にわたって成長させてきた。特に、昨今は、高速化・高精度化に関する要求が高まっており、加工性能に占めるモーション制御の重要度は極めて高いものとなっている。



(注1) イーサネットは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

図6. 消費電力モニタ

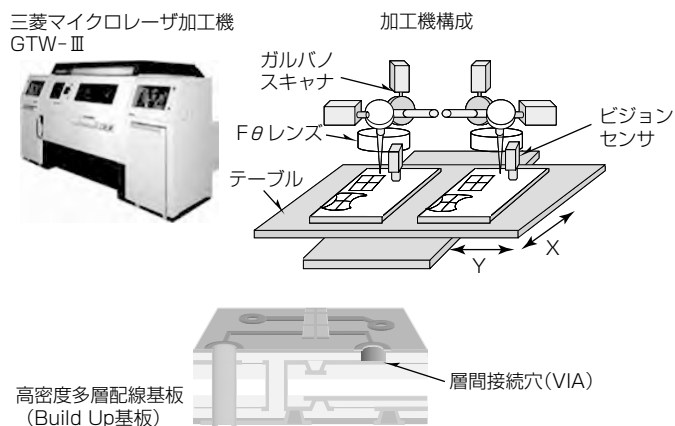


図7. プリント基板穴あけ加工用マイクロレーザ加工機

4.1 高速加工性能の向上

板金加工用レーザ加工機については、工作機械の中では最速レベルの毎分60m以上の高速駆動を実現しており、NC制御装置についても高速の軌跡補間を行うために高い処理能力が必要である。また、高速駆動に伴う機械の動特性に応じた、機械誤差補正のための最新のモーション制御技術が採用されている。

基板穴あけ用レーザ加工機(図7)では、毎秒最大4,500穴の微細穴加工が可能となっている。極めて高速の位置決めが必要となるため、ガルバノスキャナと呼ばれる専用の高速アクチュエータを使用している。NC制御装置によるテーブルのステップ送り動作とは別に、このガルバノスキャナによるビームの高速位置決め動作を専用高速駆動コントローラによって行っている。

こうしたレーザ加工装置については、機械駆動系のモーションコントロールに同期させて、発振器の高速動作が不可欠であるため、高速加工性能を高めるためには、モーション制御系と発振器制御系の両方を高速に制御することが必要となる。当社はNC制御装置、サーボ駆動システム、レーザ発振器のすべてを自社開発、内製化することで、こうしたコンポーネントそれぞれの性能を最大限に引き出すシステムを構築している。

4.2 高精度加工性能の向上

放電加工機のような高精度金型用加工機では、ファインブランピング金型などに代表される精密金型など、1 μ m以下の形状加工精度の要求が高まっている。こうした高精度を実現するため、NC制御装置とサーボ駆動系を光高速通信によって接続することで、通信速度従来比4倍の高応答サーボシステムを構成している。これによって、ナノレベルの高精度モーション制御を行うことで、従来では超高精度加工機の領域であった真円度0.8 μ m以下の実加工精度が可能となっている。

放電加工では、機械系の位置ループの外側に、加工状態検出フィードバックによる加工制御ループを設け、加工状

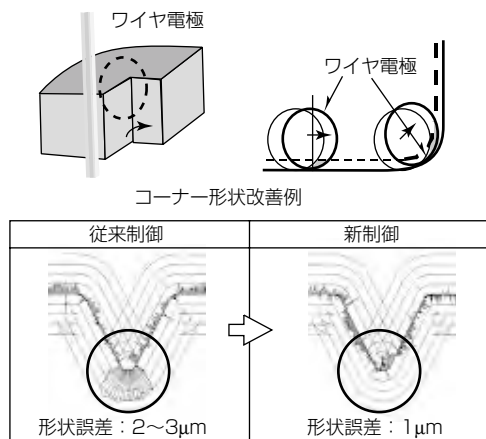


図8. ワイヤ放電加工機における高精度コーナー制御

態に応じた最適送り制御を行うことが一般的に行われている。最近では、三次元の加工形状データに基づき、事前に加工予測を行うことで、モーション制御と加工電源の協調制御によって、1クラス上の形状加工精度を実現している。三次元の加工形状データに基づいて加工板厚の変化をNC制御装置上で事前に計算しておくことで、加工板厚に応じた加工電気条件の設定や、サーボパラメータの最適化を自動的にを行い、加工形状精度の向上を図っている。

高精度の抜き型加工では低クリアランスでの高い嵌合(かんごう)精度が必要なため、コーナー部での精度1 μ m以下が要求されるようになっているが、ワイヤ放電加工では、コーナー部での加工で加工体積が急激に変化するため、形状誤差が発生しやすい。このため、最新のワイヤ放電加工機では、コーナー部における加工体積変化をリアルタイムで正確に計算し、直線部とコーナー部の単位時間あたりの加工体積が等しくなるよう加工速度を制御するコーナー制御方式を搭載し、コーナー部における形状誤差を従来の約1/3に低減している(図8)。こうした高精度の加工制御が可能となった背景には、NC制御装置やサーボ駆動システムの性能向上が大きく寄与している。

5. む す び

汎用サーボシステム、NCシステム、レーザ・放電加工機等の高速・高精度加工システムの性能を左右するモーション制御について、最近の技術動向を述べた。今後も当社では、顧客の機械システムの更なる高能率化・高速化・高精度化の要求に応えるため、制御機器の性能向上とともに、使いやすさの向上を実現していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 佐藤智典, ほか: 超精密加工制御とそのソフトウェア技術, 機械の研究, 60, No.1, 73~80 (2008)
- (2) 真柄卓司: 三菱FAメカトロニクス技術開発の方向性, 三菱電機技報, 84, No.2, 139~142 (2010)

次世代ACサーボアンプ“MR-J4シリーズ”・ サーボモータ“HGシリーズ”

川尻清成* 土屋文昭*
池田英俊** 吉田憲平*
榎本和幸*

Next Generation Servo Amplifier "MR-J4 Series" and Servo Motor "HG Series"

Kiyonari Kawajiri, Hidetoshi Ikeda, Kazuyuki Enomoto, Fumiaki Tsuchiya, Kempei Yoshida

要 旨

汎用ACサーボは、現在、様々な産業機械の駆動制御に用いられており、更なる用途拡大に伴い、サーボに対する要求は多様化している。そこで、従来好評をいただいている“MR-J3”サーボアンプ及び“HF”サーボモータからの互換、継承を基本として、“人・機械・環境との調和”をコンセプトとした次世代“MR-J4シリーズ”アンプ及び“HGシリーズ”モータを開発した。主な特長を次に述べる。

(1) 超高速・高応答・高精度

- ・速度周波数応答2.5kHz，光ネットワーク150Mbps
- ・400万パルス(4,194,304p/r)の絶対位置エンコーダ
- ・トルクリプルを従来比1/4に低減

(2) 簡単に機械の性能を引き出す自動調整技術

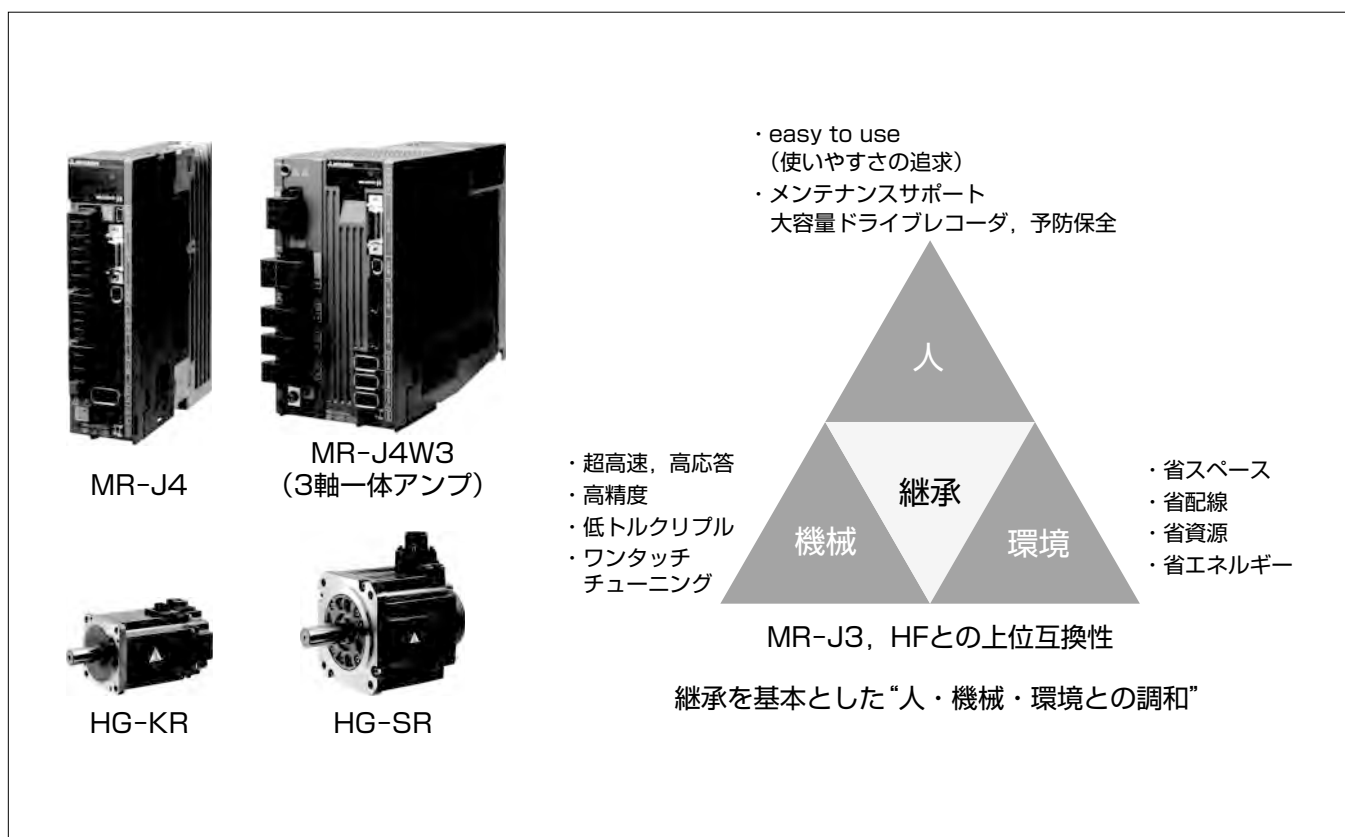
- ・ワンタッチチューニングによる簡単調整
- ・アドバンス制振制御Ⅱによる機械振動の自動抑制
- ・ロバストフィルタによる大慣性系の安定制御

(3) 省スペース，省配線，省資源，省エネルギー

- ・多軸一体アンプ(設置面積30%減，配線50%減)
- ・磁石形状の最適化によって，モータ素材使用量30%減
- ・省エネルギーの見える化(電力モニタ機能)

(4) メンテナンスサポート機能

- ・大容量ドライブレコーダによるアラームの原因究明
- ・機械診断による機械部品の予防保全支援



人・機械・環境と調和するサーボアンプ“MR-J4シリーズ”・サーボモータ“HGシリーズ”

サーボアンプ“MR-J4シリーズ”，サーボモータ“HGシリーズ”は，従来機種との高い互換性を保ち，継承を基本とした“人・機械・環境との調和”をコンセプトとした新製品である。業界最高クラスの超高性能・高精度化だけでなく，使いやすさ(easy to use)，省エネルギー，高機能等の高付加価値を追求した次世代サーボである。

1. ま え が き

汎用ACサーボは、現在、様々な機械装置の駆動制御に用いられている。代表的な用途は半導体製造装置、印刷機、射出成型機、ロボット、工作機械等多様であり、高性能・高精度化だけでなく、高機能、使いやすさ、省エネルギー等市場の要求も多様化している。

そこで、従来好評をいただいているMR-J3アンプ、HFモータからの互換、継承を基本として、“人・機械・環境との調和”をコンセプトとしたサーボアンプ“MR-J4シリーズ”，サーボモータ“HGシリーズ”を開発した。ここで、その特長について述べる。

“人” …easy to use(使いやすさの追求)，メンテナンスサポート，予防保全
 “機械”…超高速・高応答・高精度，低トルクリプル，高度なサーボゲイン調整をワンタッチで実現
 “環境”…省スペース，省配線，省資源，省エネルギー

2. 基本性能の向上

2.1 超高速・高応答・高精度

次世代汎用ACサーボアンプMR-J4，HGサーボモータは業界最高クラスの超高速・高応答・高精度を実現している。MR-J4シリーズでは、独自の高速サーボアーキテクチャである専用LSI(Large Scale Integration)の採用及びエンコーダの演算時間短縮によって各演算処理の無駄時間を約30%短縮し、速度周波数応答を従来の0.9kHzから2.5kHzに向上させた。一例として、ボールねじ装置の位置決め整定時間がMR-J3に対して約40%短縮できた。

また、コントローラとの光通信ネットワークである“SSCNET(Servo System Controller NETwork)Ⅲ”を更に進化させた“SSCNETⅢ/H”では、従来比3倍の全二重150Mbpsの通信速度を実現し、システムの応答性を飛躍的に向上させた。局間の最大線長が従来比2倍の100mとなり、大規模システムの構築が可能となる。また、MR-J4とJ3が混在したシステムでは、J3と互換の通信が可能である。

さらに、サーボモータHGシリーズでは、従来に対して16倍分解能を高めた400万パルス(4,194,304p/r)の絶対位置エンコーダを標準搭載することによって、高精度と低速での安定性を実現した。

2.2 トルクリプル低減

モータのトルクは磁束×電流で発生するが、通常、磁束の高調波成分に起因したトルクリプル(トルクの歪(ひずみ))が発生する。そのため、装置のより滑らかな定速運転を実現するためには、トルクリプルの低減が重要である。従来は磁石をスキュー着磁(軸方向に傾斜を付けて着磁)することでトルクの歪みを低減していたが、その場合、誘起電圧の低下による高トルク化、損失の増加による温度面

での課題があった。

HGモータでは、同相コイルを分配配置し磁石磁束の高調波成分の位相をずらすことで、高調波成分を低減した。

また、鉄心先端が軸方向に傾斜(スキュー)を形成する鉄心形状とすることで誘起電圧を維持しつつトルクリプルを低減した(図1)。これによってHGモータはトルクリプルをHF比で最大75%低減し安定したトルクの発生を可能とした(図2)。

このトルク安定化によって、装置に発生する振動を抑制し、制御精度の向上を実現した。

3. 簡単に機械の性能を引き出す自動調整技術

3.1 アドバンストワンタッチチューニング

サーボの高性能を引き出すためには、装置の機械特性や動作仕様に応じて、各種制御パラメータを調整する必要がある。三菱電機のサーボでは、使いやすさ(easy to use)を追求した“MR-JNシリーズ”で、位置決め運転中にスイッチを押すだけで、最適調整を自動的に完了するワンタッチチューニングを搭載し好評を得た。今回、使いやすさを継承し、調整則の高度化と制御手法の拡充によって、より高性能を引き出す機能を開発した。この機能では、自動的に制御ゲインを変更して発振限界を確認しながら、複数の機械共振フィルタや新開発のロバストフィルタ等を組み合わせた最適調整を行う。また、残留振動を抑制する制振制御を必要に応じて自動適用し、整定時間の短縮を実現する。

例として、この機能をボールねじ装置に適用した結果を図3に示す。2つの共振周波数に対応した機械共振抑制フィルタを適用し、整定幅20μmで整定時間2msを実現する高応答制御が、1分未満の調整時間で実現されている。

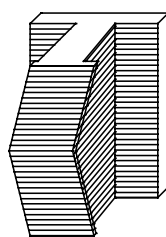


図1. スキュー鉄心

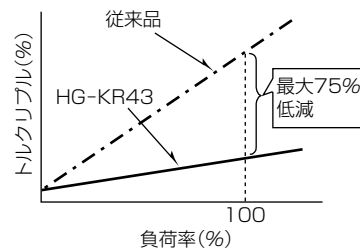


図2. トルクリプル低減

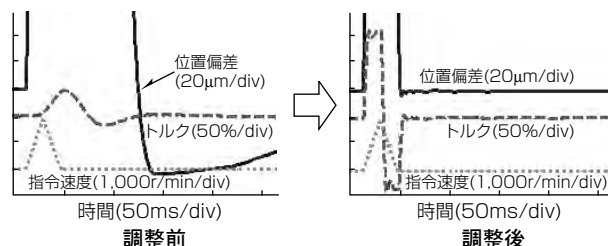


図3. アドバンストワンタッチチューニングの効果

3.2 アドバンスト制振制御Ⅱ

部品実装機や半導体検査装置等の位置決めでは、装置の低剛性に起因した停止時の残留振動が最大の問題となる。この抑制を目的として、既にMR-J3シリーズに搭載された制振制御とその自動調整は、位置決め制御に不可欠の機能として利用されている。一方で高速駆動の要求とともに装置の設置性や軽量化への要求も一段と高くなり、例えば、アームなどの可動部だけでなく、モータを取り付ける架台も振動するといった、複数の振動が問題になる場合が少なくない。この複数振動への対策として、仮に制振制御を単純に二重化するような手法を用いると、整定時間が長くなるという課題があった。そこで今回、3つの慣性が弾性的に結合した3慣性系を制御対象モデルと考えることで、2つの振動を抑制しながら高速整定を実現する方式を開発した(図4)。この方式では、サーボアンプ内部の制御系で、振動を抑制するよう動作する3慣性系規範モデルの計算を行い、そのモデルトルクとモデル位置・速度を用いてモータを制御する。さらに、応答波形の目視からは困難な2つの振動特性の推定を自動的に実現する手法を開発し、ワンタッチ操作の自動調整で複数周波数の制振制御を実現可能にした。

図5に実機波形を示す。制振制御を行わない場合に発生していた複雑な振動が、自動調整のアドバンスト制振制御Ⅱによって抑制され、短時間での整定を実現している。

3.3 ロバストフィルタ

モータに対する負荷慣性比が大きい場合やベルトやギアで駆動する装置などでは、明確な機械共振とは異なる現象による発振を生じ、高応答制御の実現が容易でない場合があった。この問題に対し、設定を有効にするだけで発振を抑え、制御系の高応答化を容易にするロバストフィルタを開発した。この機能は、従来の自動設定されたローパスフィルタよりも、広い周波数範囲で緩やかなゲインの傾斜で

トルクの高域成分を低減する特性を持ち、従来よりも大きな安定余裕を確保する。また、その特性は、他の制御パラメータから自動計算される。

図6は負荷慣性比が30倍のベルト駆動装置への適用例であり、調整レスで発振を抑制して高速整定を実現している。

4. 省スペース、省資源、省エネルギー

4.1 2軸一体、3軸一体サーボアンプ

MR-J4シリーズは従来の1軸アンプに加えて1ユニットで2台、3台のサーボモータを駆動できる多軸一体アンプをラインアップした。多軸アンプは軸数が増加するため、処理時間と放熱特性が課題となる。先に述べた専用LSI及び放熱特性を従来比約20%向上させた最適形状のヒートシンクを採用することによって、大幅な小型化を実現した。例として図7に1軸アンプと多軸一体アンプを使用した場合の設置面積の比較を示す。多軸一体アンプによって、設置面積を最大で30%削減できる。また、3軸一体アンプは1軸アンプ3台と比較して電源ケーブルなどの配線数が約50%削減できるので装置の省スペース、省配線、低コスト化に効果を発揮する。

4.2 小型、省資源モータ

HGモータでは小型化のため、IPM(Interior Permanent Magnet：埋め込み磁石)構造及び非対称巻線方式を採用し、従来比で全長を最大10%短縮した。

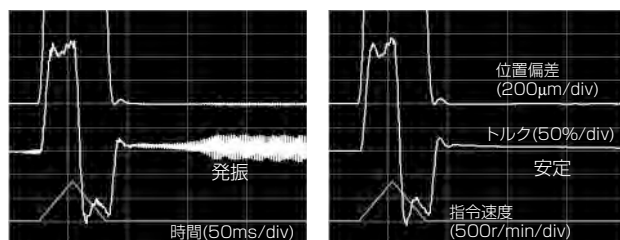


図6. ベルト駆動装置へのロバストフィルタの適用例

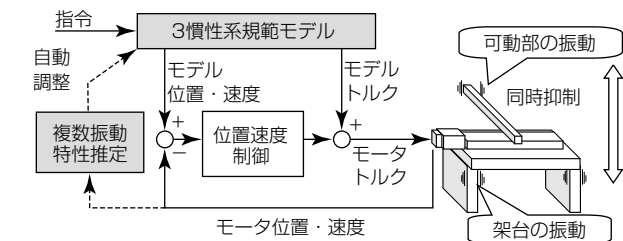


図4. アドバンスト制振制御Ⅱの構成

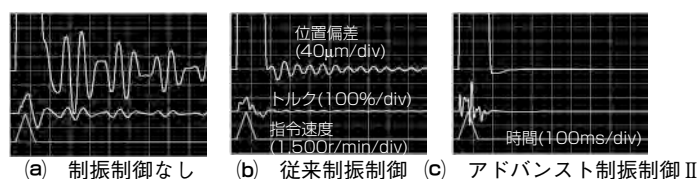


図5. アドバンスト制振制御Ⅱの適用例

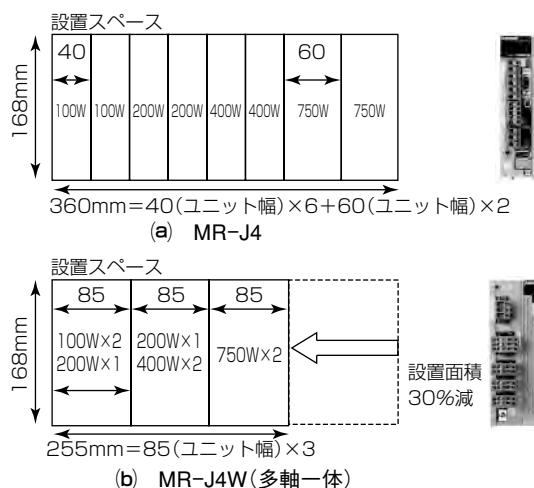


図7. 多軸一体アンプによる省スペース化

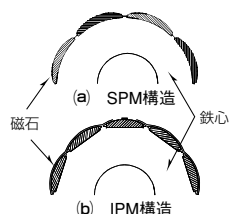


図8. ロータ構造

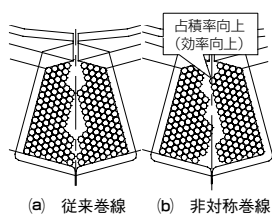


図9. 巻線方式

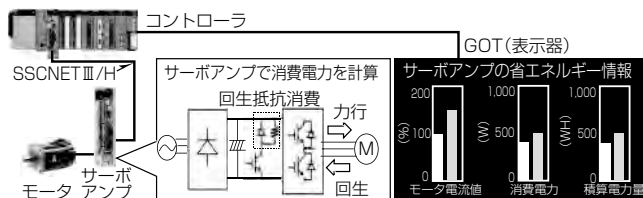


図10. 消費電力モニタ機能

(1) IPMロータ構造

従来のSPM(Surface Permanent Magnet: 表面磁石)構造に対して、エアギャップを小さくすることで磁石使用効率を向上させた(図8)。

(2) 非対称巻線方式

隣接するティースで異なる巻線配列を施すことによって、巻線占積率を更に向上させ高効率化を可能とした(図9)。

これらによってモータ全長を短縮することで磁石/鉄心使用量の削減を図るとともに750W以下の一部機種では、磁石を従来構造であるリング磁石からセグメント磁石構造とすることで最大30%の磁石使用量削減を実現した。

4.3 省エネルギーと見える化

多軸一体アンプは複数の軸で回生電力を一時的に蓄える電解コンデンサを共有しており、1軸アンプよりも、再利用可能電力が2～3倍増加するため省エネルギーになる。

また、省エネルギーを数値化するために電力計を使用することなく消費電力を算出するには、直接検出できない状態量を高精度に推定することが課題となる。そこで、サーボアンプ内部のモータ電流、速度から消費電力を算出し、温度などの補正をすることによってサーボアンプ消費電力、モータ消費電力、回生抵抗消費電力を約10～20%の精度で推定することが可能となった。

省エネルギーの見える化として、新セットアップソフトウェア“MR Configurator2”又はSSCNET III/Hで上位系に送信して、消費電力をモニタして解析することによって、動作パターンの変更などが可能となり省エネルギーが期待できる(図10)。

5. メンテナンスサポート機能

5.1 大容量ドライブレコーダ

装置にアラームが発生した場合、発生要因の特定が重要であるが、特に再現性の低い場合は特定が困難である。この機能はサーボアンプの内部データ(モータ電流、指令位

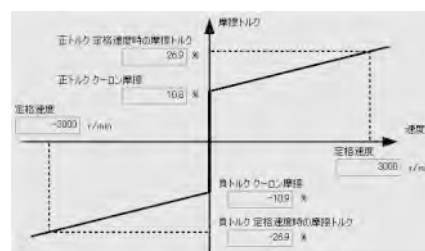


図11. 摩擦推定結果の表示 (MR Configurator2)

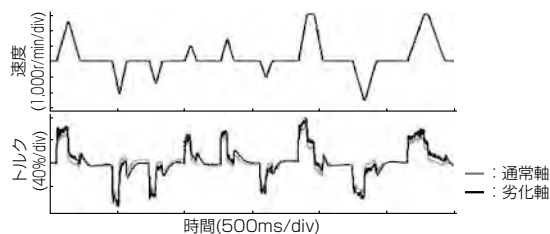


図12. ボールねじスライダの経時劣化の例

置、速度等)を常時メモリに格納しておいて、アラーム発生時にデータを不揮発性メモリに記録するものである。従来に対してアラーム履歴16倍、チャンネル数約2倍、サンプリング点数4倍と大容量化を実現し、更に使いやすくなり、サーボアンプの電源再投入後でも、迅速にアラームの発生原因の究明が可能となる。

5.2 機械診断

近年、サーボで駆動する機械の経年劣化や異常の診断機能に対する要望が高まっている。装置の軸受けや摺動(しゅうどう)部におけるグリース劣化や破損は、摩擦や振動と密接に関係することが知られている。そこで今回、装置が通常運転状態のまま、摩擦特性やトルクの振動振幅を常時推定する機能を開発した。このうち摩擦推定機能は、駆動軸に加わる外乱をクーロン摩擦と粘性摩擦からなるモデルとして推定し、パソコン(MR Configurator2)での表示(図11)や保存、又はSSCNET III/Hを介した上位系での利用が可能である。

図12は、同機種の2つのボールねじスライダで、経年度合いの相違によって片方が劣化した装置の速度トルク波形であり、トルク振幅に若干の相違が生じている。この機能を適用した結果、例えば、クーロン摩擦の推定値に、定格トルク比で16.4%と23.7%の相違があり、劣化度合いを定量的に把握可能であった。このように、通常運転を行いながら摩擦や振動のレベルを把握でき、稼働開始時のデータと比較することで、装置の予防保全への貢献が期待される。

6. む す び

サーボの根幹である高速・高性能のみを追及するだけでなく“人・機械・環境との調和”をコンセプトとした次世代サーボMR-J4, HGシリーズについて述べた。今後も更にニーズを先取りして、多くの顧客に満足してもらえる製品開発に努めていく所存である。

次世代サーボネットワーク対応 モーションコントローラ

西原 昇*
 松田辰啓*
 所 賢一郎*

Motion Controller for Next Generation Servo Network

Noboru Nishihara, Tatsuhiko Matsuda, Kenichiro Tokoro

要 旨

三菱電機FA (Factory Automation) 統合コンセプトである“iQ Platform”に対応した高速モーションコントローラ“Q17nDCPU”ではCPU (Central Processing Unit) 単体の性能向上はもとより、ユーザーの根強い要望であったシーケンサCPUとの連携制御の高速レスポンス化を実現した。今回、統合コントローラとしての更なる性能向上、高機能化を実現したiQ Platform対応モーションコントローラ“Q17nDSCPUシリーズ”を開発した。主な機能は次のとおりである。

(1) “SSCNET Ⅲ/H”対応, I/F拡充

Q17nDSCPUは従来のサーボネットワーク“SSCNET (Servo System Controller NETwork) Ⅲ”の後継となる次世代サーボネットワークSSCNET Ⅲ/Hに対応し、より高速、高精度な軸制御を実現した。

また、インクリメンタル同期エンコーダインタフェースやマーク検出信号インタフェース, Ethernet^(注1) インタフ

ェースを標準装備し、オプションユニットのコスト削減を図った。

(2) 高性能化, 高機能化

演算処理速度の向上とサーボネットワークの通信速度向上によって、演算周期0.22ms (1～4軸制御時)を可能とした。

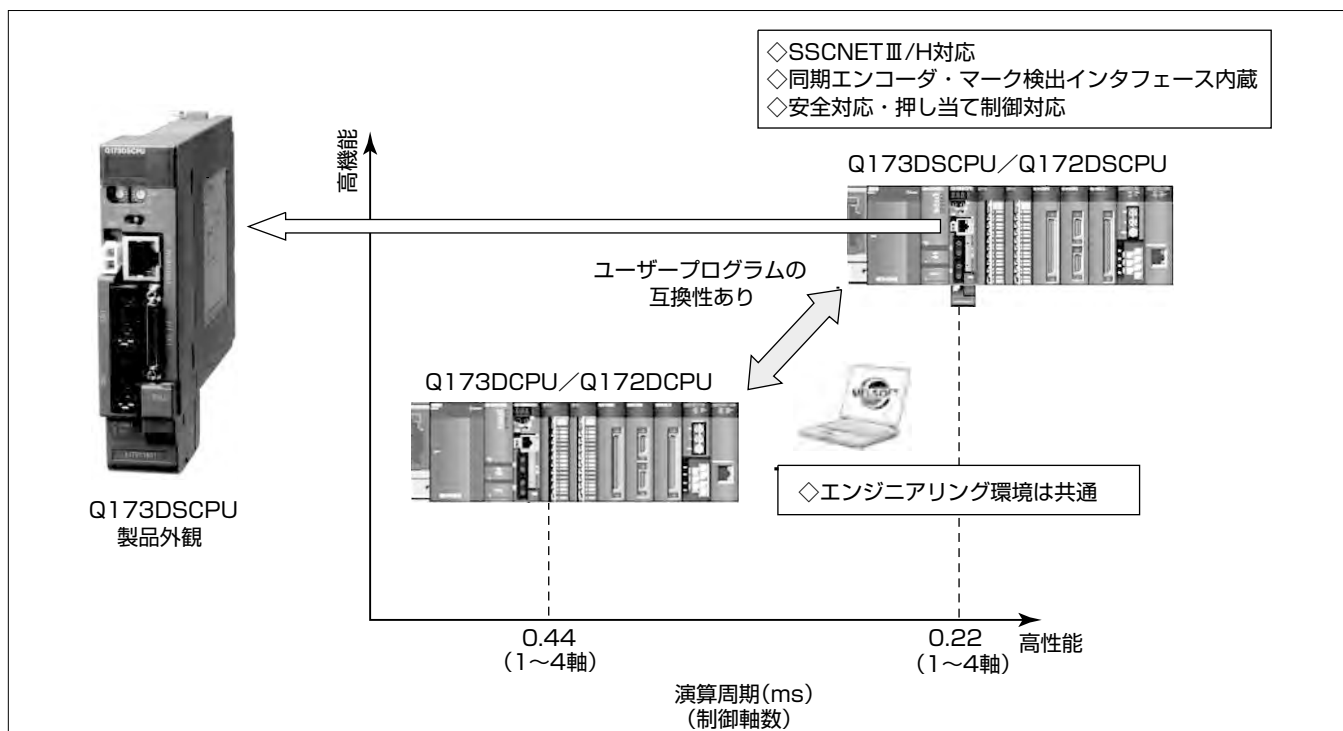
また、安全対応、押当て制御機能などの新機能に対応し、多様化したユーザーのニーズに応えるアプリケーションの提供を可能とした。

(3) エンジニアリング環境の充実

Q17nDSCPUシリーズ対応に合わせて、操作方法の改善や機能追加を実施し、より直感的な操作を可能にするとともに、プログラミングの効率化、可読性の向上を図った。

また、従来機種種のプログラムや保存したプログラムからの流用を簡単に行なえるようにすることで、ユーザーのプログラム作成コストの削減を図った。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。



モーションコントローラ“Q17nDSCPUシリーズ”の位置付け

モーションコントローラQ17nDSCPUシリーズは、Q173DSCPU (32軸制御)とQ172DSCPU (16軸制御)をラインアップしている。エンジニアリング環境は従来機種と共通とし、プログラム流用を簡単に行なえるようにした。演算処理速度の向上とサーボネットワークの通信速度向上によって、演算周期0.22ms (1～4軸制御時)を可能とした。

1. ま え が き

マルチCPU間高速通信対応によって高性能化を図ったiQ Platform対応モーションコントローラQ17nDSCPUシリーズを2007年に発売した。FA市場で高いシェアと圧倒的な支持を得ている“Qシリーズ”シーケンサと高速にデータ授受ができ、システム全体のスループットを向上させたフレキシブルなシステム構成が可能となった。

一方、当社サーボネットワークであるSSCNETⅢは2004年のリリース以降、サーボアンプ“MR-J3シリーズ”とともに市場の高速・高精度ニーズに応えてきたが、市場のサーボネットワークは更なる高速化に向かいつつあり、また、ユーザーのニーズからも高速応答・タクトタイム短縮・高精度を望む傾向が見られる。今回、このような市場要求に応えつつ、また、SSCNETの更なる普及を図るため、新たなネットワークSSCNETⅢ/H(通信速度150Mbps)に対応したiQ PlatformモーションコントローラQ17nDSCPUシリーズ(以下“Q17nDSCPU”という。)を開発した。

本稿では、Q17nDSCPUの概要及び特長とエンジニアリング環境について述べる。

2. Q17nDSCPUの製品仕様と主な特長

2.1 製品仕様

図1にQ17nDSCPUのシステム全体構成を、表1に製品仕様を示す。機能とその特長を次に述べる。

今回開発したQ17nDSCPUは、従来機種であるQ17nDCPUの上位互換とするため、既存のアーキテクチャに次世代ネットワーク用インタフェースASIC(Application Specific Integrated Circuit)を組み込んだ。これによってユーザーの既存資産を活用可能にするとともに、次世代ネットワークSSCNETⅢ/Hに対応可能とした。SSCNETⅢ/H対応サーボアンプとして“MR-J4シリーズ”が接続可能である。Q17nDSCPUは従来機種のサーボアンプであるMR-J3シリーズとも接続が可能であるため、従来システム

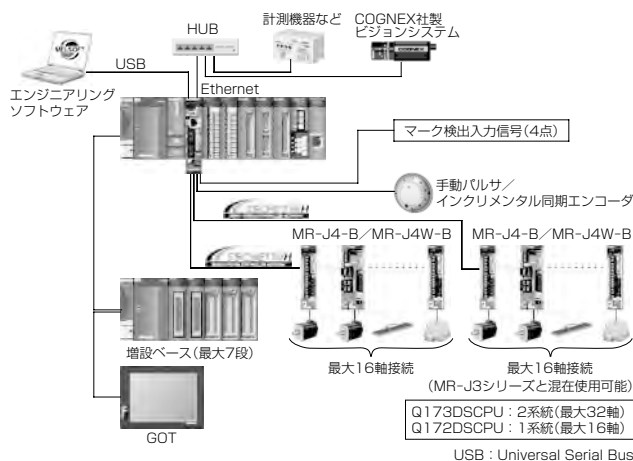


図1. Q17nDSCPUシステムの全体構成

のコントローラにQ17nDSCPUを置き換えることができる。

Q172DSCPUは制御軸数を8軸から16軸に拡張しており、中規模システム(9～16軸)に対応可能とした。

外部信号入力としてインクリメンタル同期エンコーダインタフェース1ch、マーク検出信号インタフェース4点を標準装備した。これによって、先に述べたインタフェースを使用する場合、別途オプションユニットを準備する必要がないため、コストを削減することができる。

また、Ethernetインタフェースを標準装備しているため、Ethernet通信を使用してCOGNEX社製ビジョンシステムやGOT(Graphic Operation Terminal)等を直接接続できる。

マイコンのクロックアップによる演算速度向上と、SSCNETⅢ/Hによる高速化との組合せによって演算周期0.22ms(1～4軸)を可能とした。これによって包装機、印刷機等の高速処理が必要な装置にも対応可能になる。

2.2 SSCNETⅢ/H対応

新しい通信方式のSSCNETⅢ/Hは、従来の通信方式であるSSCNETⅢの通信速度50Mbpsから更なる高速化を図り、150Mbps(全二重方式のため、片方向300Mbpsに相当)に通信速度を向上させた。これによって、指令通信周期を短縮することができ(1～4軸使用時で最短0.22ms)、より高精度・高速応答の制御が可能となる。また、モータの起動時間が短縮され、タクトタイムの短縮にも貢献する。

SSCNETⅢ/H対応サーボアンプのMR-J4シリーズでは、通信速度の向上によって、より大量のデータを通信できるようになったことを活用して、消費電力をSSCNETⅢ/H経由で上位系(パソコン、GOT等)に送信してモニタする省エネルギーモニタや、摩擦や振動等から機械の寿命を診断する機械診断を可能としており、Q17nDSCPUではこれらの機能を利用できる。

SSCNETⅢ/HはSSCNETⅢの上位互換であり、SSCNETⅢ用の標準光ファイバがそのまま利用でき、長距離用ケーブルを使用することによって、従来の2倍の局間最大100mの通信を可能にした。

また、Q17nDSCPUはSSCNETⅢ対応機器(Q17nDCPU、MR-J3シリーズ)と混在した使用が可能である(ただし、

表1. Q17nDSCPUの製品仕様

項目	仕様
演算周期	最短0.22ms(1～4軸制御時)
プログラム言語	モーションSFC、専用命令、メカ機構プログラム(SV22)
本体OS	SV22プリインストール
サーボプログラム容量	16kステップ
同期エンコーダインタフェース	内蔵(インクリメンタルタイプ、1ch)
マーク検出信号インタフェース	内蔵(4点)
モーションインタフェース	SSCNETⅢ/H(150Mbps) Q173DSCPU: 2系統 Q172DSCPU: 1系統

混在使用時は通信速度が50MbpsのSSCNETⅢとして動作する)。

2.3 安全対応

欧州機械指令の整合規格“EN ISO13849-1カテゴリ3 PLd”に対応した安全監視機能・速度監視機能を標準装備する。

安全監視機能は安全信号を二重に入出力してモーションCPUとシーケンサCPUで独立して信号照合を行う機能であり、監視中に2つのCPU間で安全信号の不一致状態を検知した場合、駆動用主電源を遮断する。

速度監視機能は、指令速度、アンプからのエンコーダフィードバック速度、外部補助パルス入力から算出される速度の違いを、シーケンサCPUとモーションCPUで独立して監視し、監視中に設定値以上の速度差が発生した場合やフィードバック速度が指令速度を超えた場合に駆動用主電源を遮断する。

安全機能は、標準製品のシーケンサCPU及びモーションCPUで実現可能であり、これら2種類のCPUと安全信号ユニット、各種センサを用いた図2のようなシステム構成で利用することができる。

2.4 押当て制御

位置制御、速度制御、トルク制御の各制御モードの切り換え機能を標準装備した。モーション専用デバイスを切り換えることで容易に各制御モードの切り換え制御を可能とする。

押当て、ペットボトルのキャップ締め、ねじ締め等のアプリケーションでは、位置制御だけではなく、トルク制御との混在使用が必要である。このようなアプリケーションでは、指定されたポイントまでは位置制御で動作し、その後トルク制御にスムーズに切り換えたいというニーズがあり、これに応えるためショックレス切り換え制御(押当て制御)を開発した。位置制御からトルク制御へ切り換える際の、速度変動やトルク変動を抑える(図3)ことで機械の負荷を低減し(高寿命化)、製品品質を向上できる。

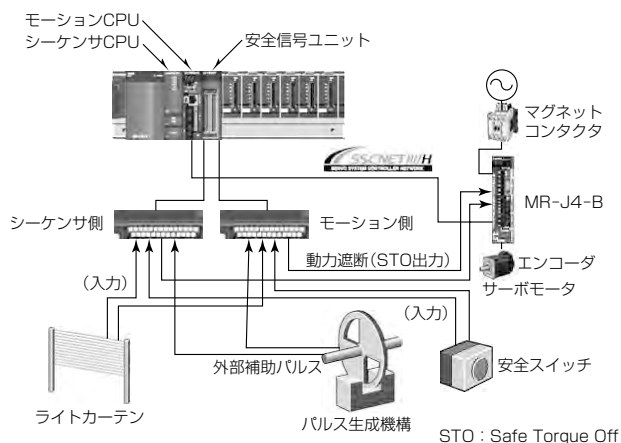


図2. 安全監視・速度監視機能のシステム構成

3. エンジニアリング環境

“MELSOFT MT Works2”(以下“MT Works2”という。)は、グラフィカルな画面での直感的な設定・プログラミングや、デジタルオシロ・モーションシミュレータなどの便利な機能による、エンジニアリングコスト削減を目指したモーションコントローラエンジニアリングソフトウェアである。Q17nDSCPUに対応するのに合わせて、MT Works2の大幅な機能アップ及び機能改善を実施した。その実施した機能の一部について述べる。

3.1 モーションプログラミングの工数削減

プログラム編集機能を強化し、モーションシステムの設計工数を削減する。

3.1.1 プロジェクトツリー機能の刷新

プロジェクトツリー上で、どのようなプログラムかの確認が可能となるプログラムコメントの機能や、プロジェクト間でのデータ流用が簡単になるドラッグ&ドロップでのデータコピー機能などを追加し、プログラミングの効率化を図れるようにした。

3.1.2 軸ラベルを使用したプログラミング

従来のモーションコントローラでプログラミングをする際、軸No.で指定しなければならないため、どの軸No.が何の軸なのかを分かるようにする対比表を作成しておく必要があった。そこでQ17nDSCPUでは、軸ラベルを使用してプログラミングができるようにすることによって、多軸を使用したシステムのプログラミングの効率化及び可読性が向上した(図4)。

3.2 立ち上げ・デバッグの効率化

デジタルオシロ機能、モニタ機能やプロジェクト照合機能の強化によって立ち上げ・デバッグの効率化を図れるようにした。

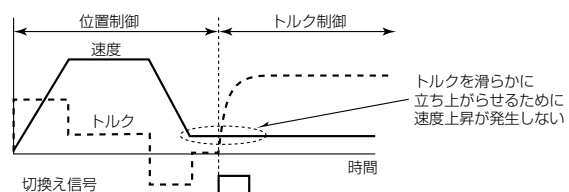


図3. 押当て制御

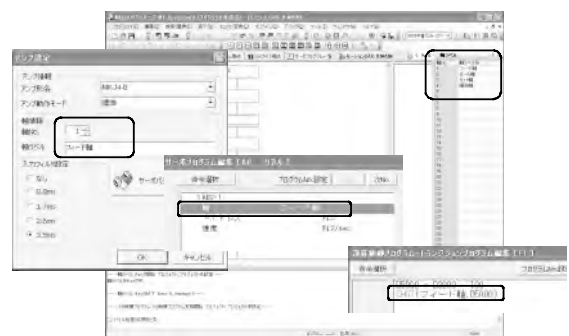


図4. 軸ラベルを使用したプログラミング

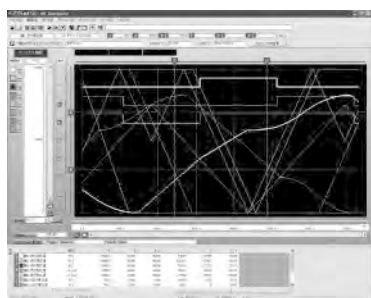


図 5. デジタルオシロ

3. 2. 1 デジタルオシロでのチャンネル数拡張

今回、開発したQ17nDSCPUでは、デジタルオシロのサンプリングチャンネル数を、従来のワード4チャンネル／ビット8チャンネルから、ワード16チャンネル／ビット16チャンネルに拡張した。これによって複数軸のデータを同時にサンプリングすることが可能になり、多軸を使用したシステムの調整が容易に行える(図5)。

3. 2. 2 プロジェクトデータの照合

プロジェクトデータ間の照合機能を大幅に強化し、不一致箇所が明確に分かるようにした。パラメータが不一致の場合には、その内容を表示できるようにし、プログラムが不一致の場合は、照合元と照合先のプログラムを並べて、不一致箇所を表示できるようにした。これによって装置の改造のため、パラメータの変更又は、プログラムの修正をした際、比較結果を用いて変更内容を明確に表示することによって、メンテナンスの効率化を図ることができる(図6)。

3. 3 プログラム資産の保護

セキュリティ機能を強化することによってユーザーの資産であるプログラムの不正使用防止を図る。

3. 3. 1 プログラム表示制御

モーションSFC(Sequential Function Chart)プログラム、演算制御プログラム、トランジション、サーボプログラムを第三者に見せたくない場合、プログラム単位で保護できるようにした。保護したプログラムを見るのにはパスワードを必要とする。

3. 3. 2 ソフトウェアセキュリティキー

プロジェクトデータに対するセキュリティ機能については、装置・設備の模倣品防止の観点からの要望が強まっている。特に近年、海外での生産拠点が増加するにつれて、装置メーカーはもとよりエンドユーザーにとっても、装置・生産設備のノウハウであるコントローラのプログラムの流出防止は、重要な課題となってきている。

従来のモーションコントローラにもパスワードを使用してプロジェクトデータを保護する機能があるが、パスワードを使用したセキュリティの場合、パスワードが分かれば誰もがプロジェクトデータにアクセスすることが可能なため、パスワードを使用せず、限定したパソコンでなければアクセスできないようにするセキュリティを望むユーザー



図 6. プロジェクトデータの照合

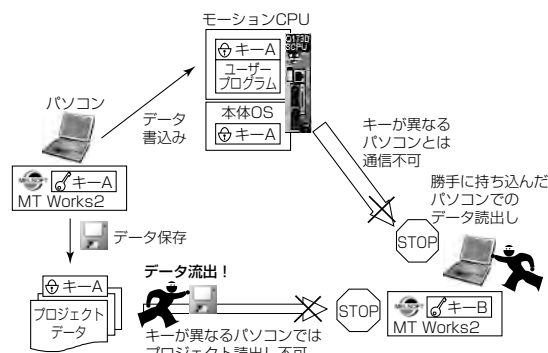


図 7. ソフトウェアセキュリティキー

が出てきた。そこでQ17nDSCPUでは、ソフトウェアセキュリティキーを使用してプロジェクトデータの保護ができる機能を開発した。

ソフトウェアセキュリティキーを使用したセキュリティの場合、作業に使用するパソコンにソフトウェアセキュリティキーを埋め込み、同じソフトウェアセキュリティキーをプロジェクトデータファイル及びQ17nDSCPUにも埋め込むことによって、同じソフトウェアセキュリティキーを持たないパソコンでは、プロジェクトデータファイル及びQ17nDSCPUに書き込まれているプロジェクトデータにはアクセスできないようにした。これによって、プロジェクトデータにアクセスすることが可能なパソコンを限定でき、プロジェクトデータの流出・不正使用防止を図ることができる(図7)。

4. む す び

サーボネットワークの高速化・高精度化、及び高機能化に対応したモーションコントローラQ17nDSCPUシリーズを開発した。今後も市場ニーズに最適にマッチするモーションコントローラ製品群をタイムリーに投入し、適用分野の更なる拡大を目指していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 三原 弘, ほか: スタンドアロンタイプモーションコントローラ, 三菱電機技報, 83, No.4, 251~254 (2009)

三菱電機産業ロボット用力覚制御システム

藤島光城*
 村田健二*

Force Control System for Mitsubishi Electric Industrial Robots

Mitsushiro Fujishima, Kenji Murata

要 旨

電気・電子分野に適した高速・高精度・スリムアームの新型産業用ロボット“Fシリーズ”で、組立て作業用途に求められる高難易度作業を実現する力覚制御システムを製品化した。

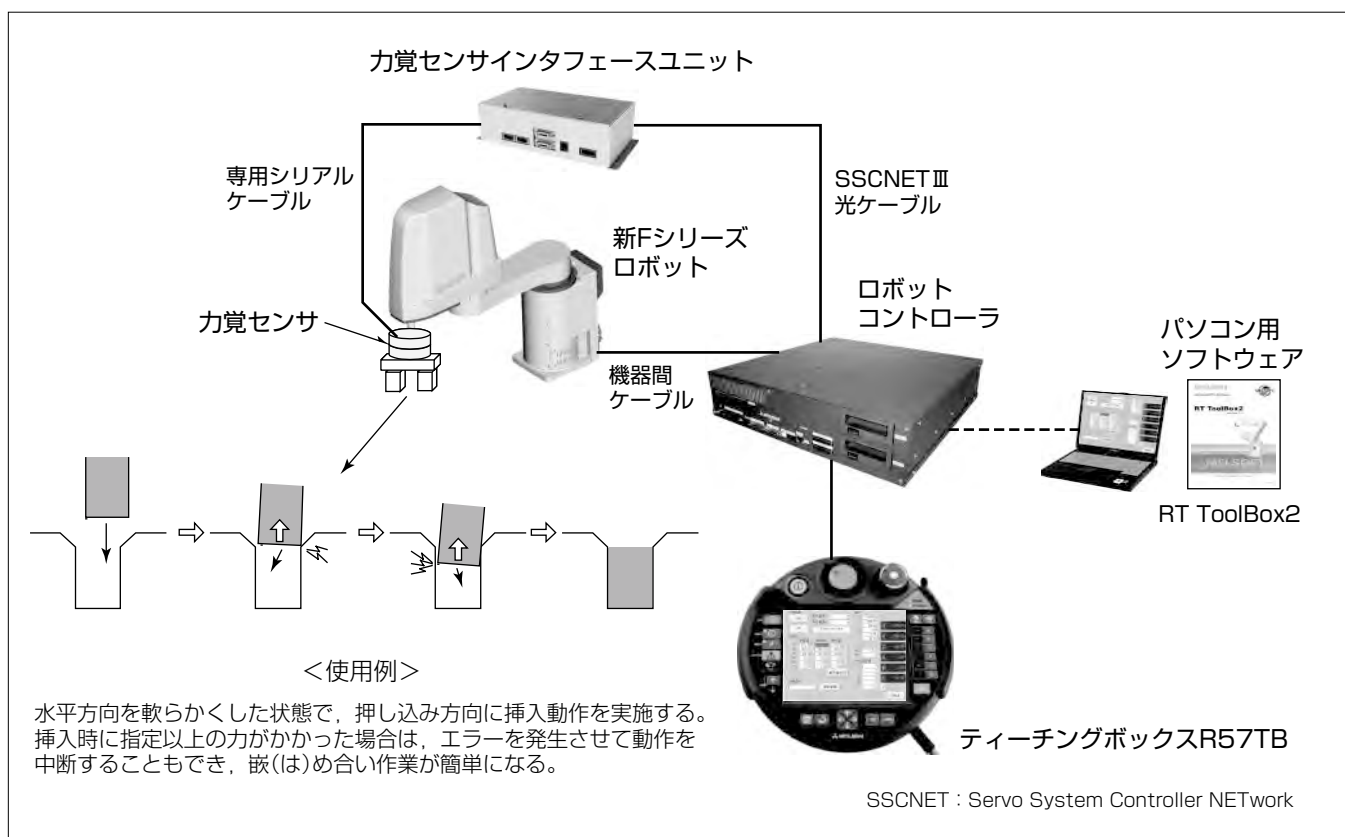
具体的には、ロボットアーム先端に6軸の力覚センサを取り付け、各軸方向の力3成分・各軸まわりのモーメント3成分をリアルタイムに高い精度で検出する。検出した力覚データを高信頼な“SSCNETⅢ（光ケーブル）”通信でロボットコントローラに取り込み、柔らかく制御、押し付け制御、力検知等の力覚制御をする。

この力覚制御を応用すれば、部品のばらつきによる位置

ずれを吸収でき、また、正確な位置をティーチングできる等の機能が実現できるため、ロボットを用いたセルの構築／運用容易化が行えるようになる。

今回開発したのは、①力覚インタフェースユニット（力覚センサのデータをSSCNETⅢ通信へ変換）、②ロボット用ソフトウェア（力覚制御）、③パソコン用ソフトウェア（力覚専用画面）、④ティーチングボックス用ソフトウェア（“R57TB／R33TB”力覚専用画面）である。構成を図に示す。

本稿では、主に力覚制御システムの機能と制御、及びロボットへの適用例について述べる。



新型ロボット“Fシリーズ”の力覚制御システムの構成

新Fシリーズのアーム先端に市販の力覚センサを取り付け、力覚センサインタフェースユニットを介してロボットコントローラの付加軸（SSCNETⅢ）に簡単に接続できる。力覚データはティーチングボックスやパソコンで表示でき、JOG操作時にティーチングボックスからの力覚制御によって、指示作業を省力化できる。また、力覚データのログをパソコンに保存できるので、エラーの解析も容易である。さらに、力覚制御用のソフトウェアは新Fシリーズのロボットコントローラに標準で搭載されているため、自動運転時にパソコンが不要である。

1. ま え が き

モノづくりの現場ではグローバル競争に対応するための次世代生産システムとして産業用ロボットの活用が進んできている。その背景として、①工場の安定的な労働力確保のための自動化推進、②消費者嗜好(しこう)の多様化による多品種生産に適応したセル生産システムへの移行、③安価にかつ短期間で設計、稼働できる生産システムへの要求、④高精細組立て、柔軟物搬送、高速ハンドリング等の高度な作業の自動化要求が挙げられる。

しかし、この高度な作業の自動化は難しく、力覚センサやビジョンセンサ等の各種センサを活用した知能化システムを構築する必要がある。三菱電機ではこの要求にこたえるため、知能化機能を搭載したロボットによるサマールレーの組立てを自動で行うセル生産システムを開発した(図1)。

本稿では、この知能化システムの中でも重要な力覚制御システムの機能と制御、及びロボットへの適用例を述べる。

2. ロボット用力覚制御システムの機能と制御方法

2.1 力 覚 機 能

力覚機能は6自由度の力覚センサ情報を用いて、ロボットに力の感覚を持たせる機能である。今までロボットでは難しかった微小な力加減・力検知を必要とする高度な作業や、教示の省力化を実現できる。以下に主な特長を示す。

- (1) ロボットを柔らかく制御し、対象ワークに倣いながら動作できるため、精度が要求される機械部品の嵌め合い作業が容易になる。
- (2) 任意の方向に一定の力で押し付けながら動作できるので、ロボットによるバフ掛けや研磨作業ができる。
- (3) ロボットの動作途中にロボットの柔らかさや接触検知条件を変更できるため、ピン挿入時に柔らかさを変更し、挿入初期はワーク表面を傷つけないように柔らかく制御、押し込み時は強く制御してしっかり挿入できる。

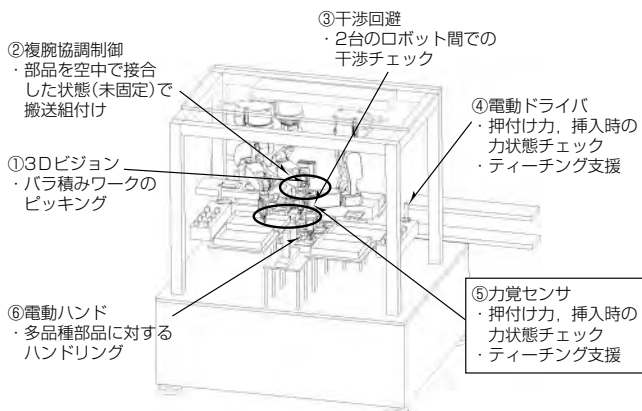


図1. ロボットによるセル生産システム(2011国際ロボット展)

- (4) 接触状態を検知し割り込み信号を発生させ、ロボットの動作を変更できるため、ワークを傷つける力を検知したら移動方向を変えるなど、エラー・リカバリー用途に使える。
- (5) 接触時の位置情報や力情報を取得できるため、接触による高い精度の位置検出が行える。また、教示作業で見えづらいワークとロボットハンドの接触状態の確認ができるため、教示作業の省力化が行える。
- (6) 位置データに同期した力データをログデータとして保存し、パソコンのロボット用ソフトウェア“RT Tool Box2”で簡単にグラフ表示できるのでエラー発生時の解析に役立つ。
- (7) ログデータをFTP(File Transfer Protocol)経由でパソコンに自動転送してデータベースに蓄積し、組立て品質を後からトレースできる。
- (8) センサに設定以上の力が検出された異常時に、ロボット動作を停止し、ワークや力覚センサを保護できる。

2.2 力覚制御とは

力覚制御は、ロボット周辺物と接触したときの反力や柔らかさがあらかじめ設定した値になるようにロボットを制御する機能である。

2.2.1 力指令制御(押し付け力の制御)

力覚制御における力指令を設定すると、力制御有効時にロボットは力指令にあらかじめ設定した反力(N)が得られるように位置を補正しながら自立的に動作する。ただし、外力が作用していない場合(接触していない場合)は、力指令値の方向と反対方向にロボットが動作するが、このときの動作速度は、2.3.1項で述べる力覚制御ゲインに比例する。

2.2.2 スティフネス制御(柔らかさの制御)

スティフネス制御におけるロボットの柔らかさはスティフネス係数で設定する。値が大きい程、ロボットが硬くなり、値が小さいほどロボットが柔らかくなる。

図2は、ツールZ軸のみスティフネス制御を行った場合の例であり、Z方向のスティフネス係数を0.5(N/mm)とし、

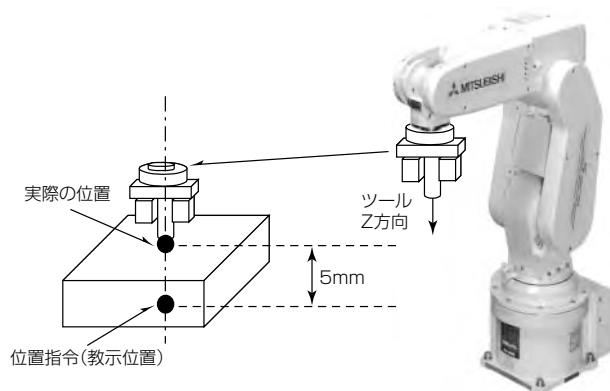


図2. スティフネス制御

教示位置を接触面より 5 mm 下の位置を教示した場合、接触面に発生する力 F は以下になる。

$$F = 0.5 (\text{N/mm}) \times 5 (\text{mm}) = 2.5 (\text{N})$$

2.3 力覚制御の調整

実際に力覚制御を精度良く行うには、力覚制御の応答性（ゲイン）や、振動（ダンピング）を抑制する必要がある。

2.3.1 力覚制御ゲイン

力覚制御ゲインは、力覚制御の応答性を調整するパラメータである。設定値が高いほど、力指令・スティフネス指令に対する応答性が高くなるが、上げすぎると接触時に過敏に反応してしまい動作が不安定になる。

この力覚制御ゲインは接触対照物の剛性の影響を受けるため、対象物に応じてゲイン設定を変更することが望ましい（表 1）。ただし、力覚制御ゲインが 0 の場合は、力覚制御による補正を行わないため、通常の位置指令となる。したがって動作途中でゲイン設定を変更すると、スティフネス制御から位置制御、位置制御からスティフネス制御へ移行できる。

ゲイン調整例を次に挙げる。

- (1) 力覚制御（力指令制御、又はスティフネス制御）を有効にしている軸方向に、JOG モードで低速動作（JOG OVRD (Override) 5 % 程度）させ、作業対象物に接触させる。
- (2) 接触の際に動作方向と反対側に跳ね返るような動作をする場合は、ゲインを下げる。

2.3.2 ダンピング係数

力覚制御（力指令制御又はスティフネス制御）による動作が振動する場合にダンピング係数を調整する。値を大きくする程、振動を抑制する効果が増すが、ワークが接触した瞬間など、急激な力変化に対する補正動作が遅くなるため、ワークに作用する力が増加する。実際のダンピング調整は、先に述べた力覚制御ゲインの調整が完了してから必要に応じて変更する。

2.4 力検知機能とモニタリング

力検知機能は表 2 の設定ができ、これらの機能を使って動作変更や、力覚データのモニタリングによる教示の省力化、力覚データのロギングが行える。

2.4.1 力覚検知による教示容易化

力覚制御中にあらかじめ設定した検知値を超えた場合、自動的に JOG 動作を停止し、ブザーが鳴りオペレータへ通

知する。これによってワークや力覚センサの保護ができる。また、ティーチングボックスに表示される力覚センサデータの表示欄の色を変更して視覚的にも認識できる。

また、スティフネス制御でロボットを柔らかく制御し、嵌め込み形状に倣いながら挿入完了位置をティーチングすることができるため、教示作業が省力化できる。

2.4.2 力覚モニタ機能

力覚モニタ機能で力覚センサの現在値と最大値をリアルタイムで表示し、例えば力覚モニタに表示され力データを見ながらワークとの接触状態を見て、位置を教示することができる。また、力覚モニタには力覚パラメータ編集画面があり、力覚制御の制御モード・制御特性の変更や設定内容の確認が簡単に行える（図 3）。

2.4.3 ログファイル・ビューア機能

力覚データのログファイルは RT ToolBox2 の力覚制御のメイン画面からボタン操作によって、位置と力の関係を簡単にグラフ表示ができる（図 4）。また、専用命令によってロボットコントローラ上でロギングしたデータを FTP 経由でパソコンにファイル転送し、組立て品質を後からトレースできる。

2.5 力覚制御ソフトウェア

力覚制御ソフトウェアの構成を図 5 に示す。力覚インタフェースユニットソフトウェアから SSCNET III 経由で力覚センサデータを受信するセンサデータ処理、そのデータを用いて力覚制御、力覚データのロギング処理をロボット本体制御ソフトウェアのモーション制御部でリアルタイムで処理する。制御の流れを図 6 に示す。

力覚制御の処理は、モーションタスクで生成された位置指令に対して最新の力覚センサデータを用いて補正を行い、それを精補間してサーボへ出力する。力覚センサデータは、SSCNET III 通信経由で定周期に送られてくるが、できるだけ最新のデータを力覚制御の処理に反映させるため、定周期で実行するセンサデータ処理を新規に追加し、力覚センサデータの取得や許容値をチェックしている。



図 3. 力覚モニタ画面



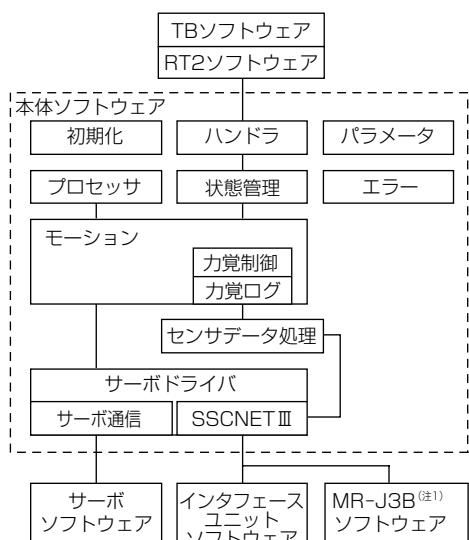
図 4. 力覚ログファイル画面

表 2. 力検知機能一覧

機能分類		内容
力覚検知	割込み信号	力検知設定値に対する状態を監視する。（力検知設定に対する立上がり、立下り信号を取得可能）
	データラッチ	力検知設定値を超えた瞬間のセンサデータ・位置データを保持する。
力覚制御 (TB)	接触検知	指定した力（モーメント）を超えた瞬間にジョグ動作を停止する。

表 1. 力覚制御ゲイン設定例

対象物剛性	力覚制御ゲイン
1.0N/mm	100.0
10.0N/mm	8.0
100.0N/mm	0.25



TB : Teaching Box
RT2 : RT Tool Box2
(注1) MR-J3Bは、当社サーボアンプの形名である。

図5. 力覚制御ソフトウェアの構成

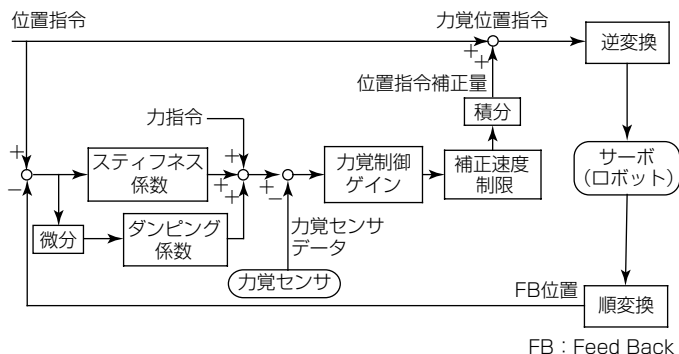


図6. 制御ブロック図

3. 力覚制御システムの適用事例

3.1 嵌め合い作業

水平方向を柔らかくした状態で、押し込み方向に挿入動作を実施する。挿入時に指定以上の力がかかった場合は、エラーを発生させて動作を中断することもできる。このような嵌め合い作業やエラー検知が簡単にできる(図7)。

3.2 バフ掛け研磨作業

Y軸方向に動作しながら、対象物を探す。対象物が見つかったら、対象物に一定の力を加えながらX軸方向に動作する。指定以上の力がかかった場合は、エラーを発生させて動作を中断する(図8)。

3.3 コネクタ挿入作業

XY平面上のコネクタを探索する。コネクタが見つかった場合は、その中心位置のXY座標値を算出し挿入する(図9)。

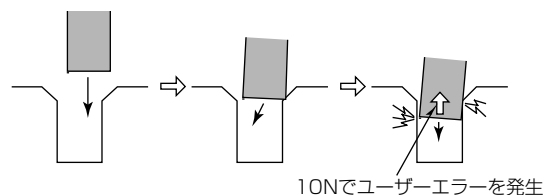


図7. 嵌め合い作業例

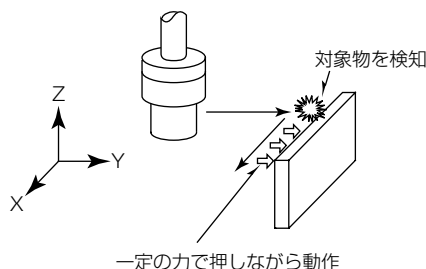


図8. バフ掛け研磨作業例

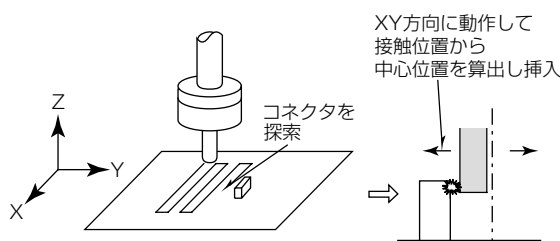


図9. コネクタ挿入作業例

4. む す び

ロボットの知能化の中でも重要な力覚制御システムの機能と制御、及びロボットへの適用例について述べた。力覚センサは精度が要求される機械部品の嵌め合い作業や、バフ掛けや研磨作業、コネクタ挿入作業等に使用でき、また、エラーリカバリーなどの用途や、教示省力化、ログデータによるエラー発生時の不具合解析等応用範囲も広い。

今後、力覚センサの応答性能向上や応用機能の“easy to use”開発を行い、顧客に一層満足してもらえる開発を推進する。

参 考 文 献

- (1) 劉 正勇, ほか: 力制御機能搭載ロボットコントローラの開発, 第12回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (2011)
- (2) 藤島光成, ほか: 産業用ロボットビジョンの活用事例と今後の展望, ロボット(特集), No.200, 26~30 (2011)
- (3) 牧田裕之, ほか: FA機器とビジョンシステムによる連携ソリューション, 計測技術, 38, No.11, 38~42 (2010)

“GOT1000シリーズ”の新機能・新製品

兼子貴弘*
川崎嗣雄**

New Functions and New Products of "GOT1000 Series"

Takahiro Kaneko, Tsuguo Kawasaki

要 旨

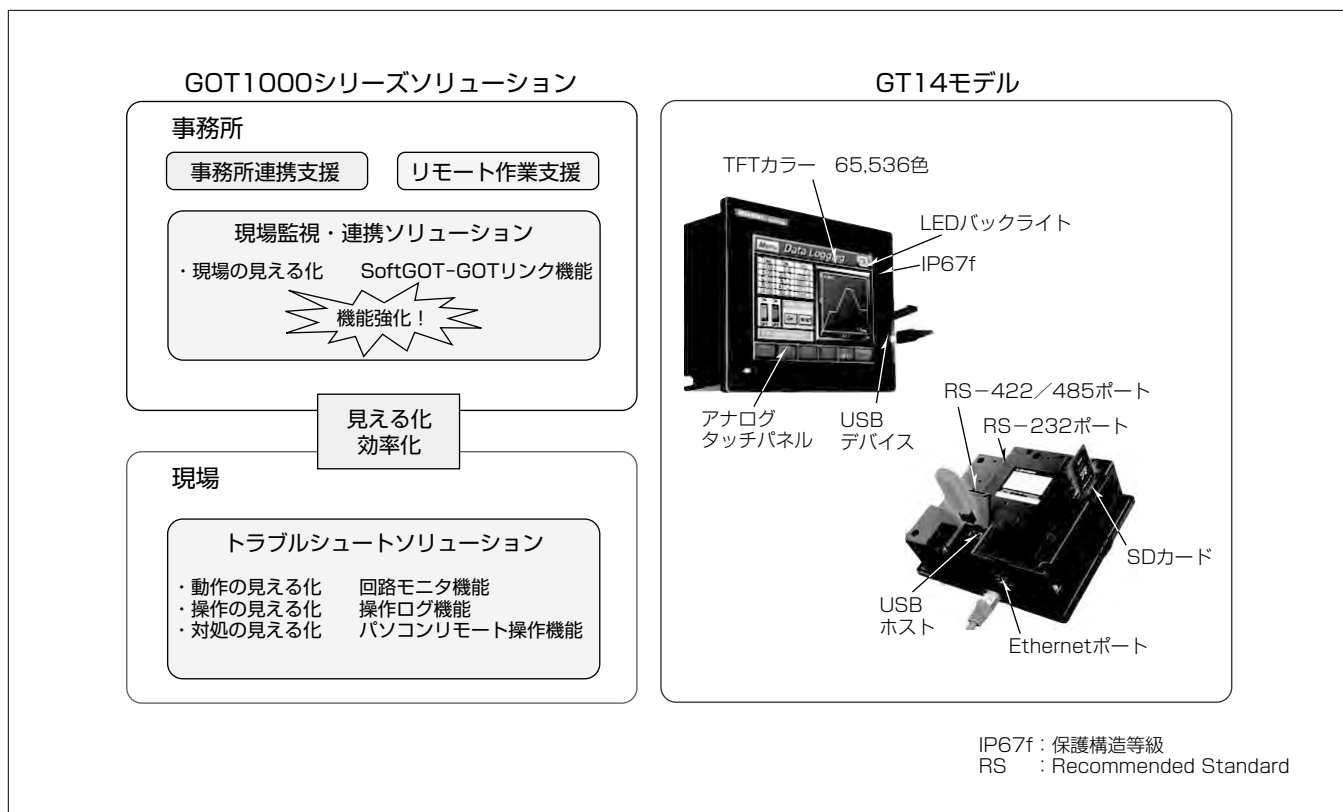
これまで“GOT1000シリーズ”では、市場ニーズに応えるため、三菱電機製機器との連携や事務所・遠隔地パソコンとの連携等、様々なソリューションを提供してきた。近年、生産効率化や製造コスト削減のため、生産装置の操作に携わる人件費の削減が求められており、現場から離れた事務所で現場装置の監視や保守を行いたいという要望が高まっている。この市場要望に応えるために、現場で発生するトラブルを早期に原因究明し、ダウンタイムの短縮のために提供してきた“トラブルシュートソリューション”と、現場の状況を遠隔地で現場装置の監視・保守を行うために提供してきた“現場監視・連携ソリューション”を組み合わせ、事務所に居ながら生産装置のトラブル解析を迅速に行えるように連携機能を強化した。

また、これまで低価格を追求してきたGOT1000シリーズ中型表示器“GT11モデル”で、高機能機“GT16モデル”

に搭載している機能を使用したいという要望も高まっている。そこで、GOT1000シリーズの中型表示器“GT14モデル”を開発した。GT14モデルは機能追加と性能向上を図り、従来モデルと比較し、大幅にコストパフォーマンスを向上させた製品である。

主な特長は色鮮やかなTFT(Thin Film Transistor)液晶採用による視認性向上、USB(Universal Serial Bus)やSD(Secure Digital)カードスロット、Ethernet^(注1)等の豊富な外部インタフェースの搭載、上位モデルでのみ対応していたデータ収集(ロギング)やアラーム監視、Ethernetを用いたファイル転送機能等の高度な機能の追加である。さらに、LED(Light Emitting Diode)バックライト採用や電源回路の効率改善によって、省エネルギー化も実現した製品となっている。

(注1) Ethernetは、米国Xerox.co.ltdの登録商標である。



“GOT1000シリーズ”ソリューションと新製品

見える化・効率化のための様々な機能が表示器に求められる中、現場から離れた事務所で生産装置の状況を監視・操作したいという要望を受け、“現場監視・連携ソリューション”の機能強化を実施した。また、機能追加及び性能向上によってコストパフォーマンスを向上させた中型表示器GT14モデルを開発した。

1. ま え が き

当社は、FA (Factory Automation) 現場で“真に”役立つ表示器をめざして、高速応答性の追及、美しく表現力豊かな高品位表示、トラブルシューティング、ダウンタイムの短縮といった作業の効率化、装置の高付加価値化、トータルコスト削減への貢献を目的としたGOT1000シリーズ（以下“GOT”という。）の“GT15モデル”と、スタンドアロンユースとして基本機能を充実させたスタンダードモデルのGT11モデルを2004年7月に発売した。さらに、大量のデータ処理、トラブルシューティング及びダウンタイム短縮のために動画を使用したわかりやすいソリューション、ネットワークインタフェース標準装備等のユーザー要望に応えるため、2008年8月にGT15モデルの後継機種としてGT16モデルを発売した。そして低価格を求めてきた中型サイズで、競合他社の相次ぐ新製品投入、機能アップ等によって相対的に競争力が低下してきた中型モデルの巻き返しを目的として、表示性能を向上させ、データ収集（ロギング）などの高機能を追加したGT14モデルを2011年7月に発売した。

本稿では、ネットワーク接続するパソコンとの連携によって情報の一元管理といったユーザー要望に応えるために追加したGOTの新機能及び新規に市場投入した中型表示器GT14モデルの開発について述べる。

2. GOT機能強化

2.1 GOTソリューション

生産装置の異常発生時に、迅速な原因追及や処置によるダウンタイムの短縮が求められ、生産装置の状態をモニタし、状況を表示する表示器にはトラブルシューティングのための様々な機能が求められている。表1は表示器へのニーズである効率化・見える化に対応した主なGOTの各機能を示したものである。

生産装置に組み込まれているGOTが、単に装置の操作や状態確認だけでなく、装置に異常が発生した時、問題となっている場所の特定や原因、対処方法の確認を現場で迅

表1. GOTソリューション

ソリューション	効率化・見える化	GOT機能
トラブルシュート	トラブルシュートの効率化 現場で発生するトラブルを早期に原因究明・解析し、ダウンタイムの短縮	回路モニタ機能 操作ログ機能 パソコンリモート操作機能
製造管理・連携	パソコン連携で製造情報が見える化 事務所パソコンでのシステム全体（現場）の監視、データ一括管理	MESインタフェース FTPサーバ機能
現場監視・連携	リモートで現場GOTの画面が見える化 遠隔地システム・装置の監視・保守	SoftGOT-GOTリンク機能 FTPクライアント機能 VNCサーバ機能

MES：Manufacturing Execution System
 FTP：File Transfer Protocol
 VNC：Virtual Network Computing

速に対応できるように、これまで多くの機能を開発してきた。

“トラブルシュートソリューション”として、装置異常の原因となっている回路を検索し、問題となっているデバイス値の変更による対処ができる“回路モニタ機能”，遠隔地にあるパソコン上のマニュアル閲覧などの操作ができる“パソコンリモート操作機能”，GOTに行った操作を時系列で保存し、異常発生時に要因特定や分析に便利な“操作ログ機能”等を提供し、生産現場でトラブルシューティングが可能となっている。

“製造管理・連携ソリューション”として、接続機器のデバイス値をGOT送信のタイミングでMESデータベースに直接送信し、蓄積管理する“MESインタフェース機能”，GOTで収集した情報のファイルや材料の配合条件や加工条件等の生産制御データファイルを事務所から読み書き可能な“FTPサーバ機能”を活用できる。

また、近年、海外では各工場を遠隔地から監視・保守を行いたい、中でも生産現場のGOTの画面を見たり、操作をしたいという要望に、“現場監視・連携ソリューション”として、“SoftGOT-GOTリンク機能”を提供している。SoftGOT-GOTリンク機能は、GOTとネットワーク接続したパソコンの“SoftGOT”で、現場GOTと同じ画面を表示し、操作することを実現したものである。SoftGOT用に画面データを作成する必要はなく、対象のGOTから画面データを収集し、SoftGOTの画面データとして利用することで、GOTと同じ画面を表示して、生産装置の監視を実現している。

これら遠隔監視・連携で、FTPサーバ機能では、事務所から生産装置の状況を定期的に監視する必要があったが、生産現場の変化、異常をトリガードリブンで取得したい、SoftGOTがなくても現場装置のGOTを監視・操作したいという要望に応えるため、今回、①ファイル転送機能（FTPクライアント）と②VNCサーバ機能を追加した。

2.2 GOT1000シリーズ新機能

2.2.1 ファイル転送機能(FTPクライアント)

生産現場で異常が発生した場合、GOTが収集する異常解析用（操作ログ、後で述べるロギング）ファイルを取りに現場に行かなくても、FTPサーバ機能を利用してネットワーク接続している事務所のパソコンでファイルを取り出すことが可能であるが、異常発生と同時に情報収集できれば、より早く要因解析に着手が可能となる。

表2に示すように、今回、新たに追加したFTPクライアント機能では、GOTで監視している情報を基に異常解析用ファイルを現場装置側から事務所で管理するファイルサーバへ送信することが可能となり、異常解析用ファイルを基に事務所で生産装置の状況を確認し、要因分析でき、迅速なシステム復旧へつなげることができる（図1）。

表 2. FTPクライアントと従来機能の主な仕様

項目	FTPクライアント	FTPサーバ	MESインタフェース
送信トリガ	現場GOT	事務所パソコン	現場GOT
送信内容	ファイル	ファイル	デバイス値
送信タイミング	装置イベント、 時間周期	事務所から ポーリング監視	装置イベント、 時間周期

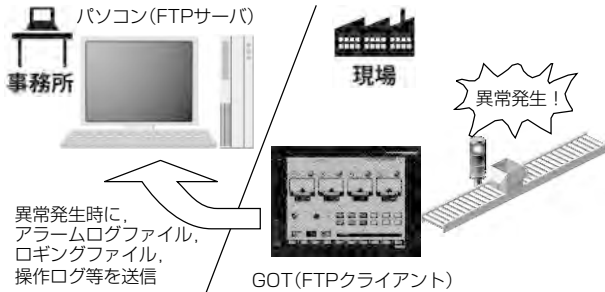


図 1. ファイル転送機能(FTPクライアント)

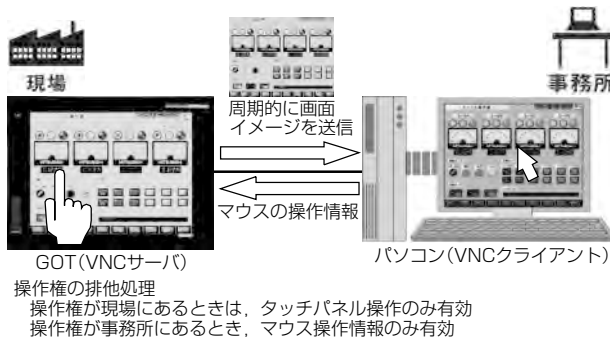


図 2. VNCサーバ機能の操作権

2. 2. 2 VNCサーバ機能

VNCサーバ機能は現場GOTの画面イメージをネットワークを介した遠隔地パソコンに送信し、パソコンのVNCクライアントで画面イメージを表示して、監視・操作することができる機能である。通常VNCはクライアントとサーバのいずれも操作可能であるが、現場の操作と離れた場所からの操作を同時に行うと、生産装置に対して意図しない操作となりかねないため、操作排他機能を組み込んでいる。排他管理は図 2 に示すようにサーバとなるGOTが管理し、操作権がクライアント側にあるときは、タッチパネル操作を無効にし、クライアントからの操作のみ有効としている。

今回の機能追加で生産現場から離れている場所からGOTの操作が可能となり、半導体やディスプレイ等の精密工業製品を製造しているクリーンルームなど立入りを制限しているところでも、外から生産装置を制御することが可能となる。

また、図 3 のように、複数の生産システムで各装置のGOTをネットワークでつなぎ、GOTのパソコンリモート操作機能(VNCクライアント)を利用して、1つのGOTから別ラインの生産装置を監視したり、操作したりすることもできる。

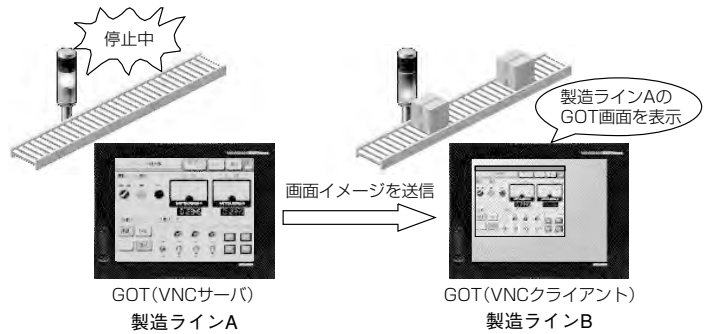


図 3. VNCサーバ機能とパソコンリモート操作機能の組み合わせ

表 3. GT14モデルと従来モデルの主な仕様の比較

項目	GT14モデル	GT11モデル(従来モデル)
表示部	液晶	TFT液晶, 65,536色
	バックライト	LED
操作部(タッチパネル)	アナログ抵抗膜式	マトリクス抵抗膜式
ユーザーメモリ容量	9 Mbyte	3 Mbyte
USB	USBデバイス(1ch) USBホスト(1ch)	USBデバイス(1ch)
Ethernet	1ch	なし
汎用メモリ	SDカード対応	CFカード対応
機能面	文字フォント追加, 利便性を向上する機能, 外部機器との接続機能等を強化	-

STN : Super-Twisted Nematic, CF : Compact Flash

3. 中型表示器GT14モデルの開発

3. 1 中型表示器の市場要望と課題

近年、中型表示器であっても綺麗(きれい)な文字や図形、写真等を表示したい、USBメモリを用いて現場で収集したデータを事務所へ持ち帰りたい、さらには、ネットワーク経由で上位パソコンから表示器のデータを操作したいなど、付加価値の高い機能への対応が要望されてきている。

このような背景の中、他社製品と比べ、当社の中型表示器GT11モデルでは表示の見栄えや機能に不足があり、上位モデルでは機能は十分だが、価格が高いといった課題があった。そこで、機能強化し、なおかつ、低価格の中型表示器がほしいという市場要求に応えるため、①製品力の強化、②他社製品との差別化、③低価格化の対応を念頭において、GT14モデルを開発した。

3. 2 GT14モデルの開発と課題への対応

3. 2. 1 製品力の強化

GT14モデルの代表的な仕様を従来のGT11モデルと比較して表 3 に示す。

(1) 表示部の機能向上

GT14モデルでは、視認性に優れたTFT液晶を採用し、従来の256色から65,536色へ多色化するとともに、新たな文字フォントにも対応することで表現力を大幅に向上させた。表示の多色化にあたっては、描画速度が低下しないよう留意した。多色化することによって、色情報が増加する

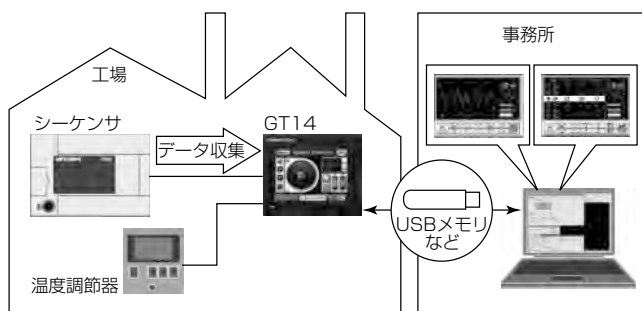


図4. ロギング機能

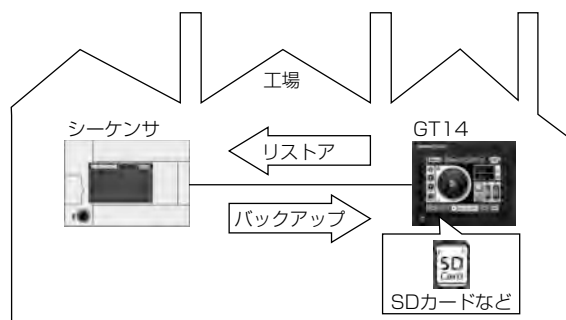


図5. バックアップ／リストア機能

ため、描画処理の負荷が増加する。そこで、処理性能の高いマイコンの採用に加え、ウインドウ描画を基本とする表示器の描画特性にあわせ、描画データの合成方法を最適化することによって、従来モデル以上の描画速度を実現した。また、液晶バックライトにはLEDを採用し、電源回路も高効率化することによって、従来比で約15%の省エネルギー化も実現した。

(2) 画面設計の効率化

表示画面は専用の作画ツール用いて、ユーザーが自由にデザインできる。GT14モデルでは、アナログ抵抗膜式のタッチパネルを採用することによって、従来モデルでは対応できなかった1ドット単位での部品配置を可能とし、画面設計の自由度を向上させた。さらに、ユーザーメモリ容量を従来モデルの3倍の9Mバイトへ拡張することによって、メモリ容量を気にせず、画面設計できるよう配慮した。

(3) 外部インタフェース強化とロギング機能

USBホストやEthernetの追加、SDカードへ対応することによって、新たな機能を実現した。その一例として、ロギング機能(図4)について述べる。

ロギング機能とは、任意のタイミング又は定周期でシーケンサ(一般的にはプログラマブルコントローラと呼ばれる)などのデバイス値を収集し、蓄積する機能である。収集したデータはSDカードにCSV(Comma Separated Values)ファイル形式で保存しておき、USBメモリなどを用いて現場から事務所に持ち帰ることができる。持ち帰ったデータを解析し、現場にフィードバックすることによって、生産性向上や品質管理に役立てることができる。さらには、Ethernetを用いて、事務所のパソコンから収集したデータを取得することも可能となり、データ収集・蓄積の効率が飛躍的に向上した。

3.2.2 他社製品との差別化

シーケンサの国内トップ^(注2)メーカーである当社の強みをいかし、当社シーケンサとの親和性を高める機能に対応した。

例えば、FAトランスペアレント機能と呼ばれる、表示器を介して当社シーケンサとパソコンを接続しデバッグする機能や、バックアップ／リストア機能(図5)等である。

バックアップ／リストア機能とは、シーケンサの設定情報(シーケンスプログラム、パラメータ、設定値等)を表示器に装着したSDカードなどに保存(バックアップ)し、必要に応じて保存した設定を機器に戻す(リストア)機能である。これによってシステムのバックアップ／リストアを、パソコンなしで行うことができるため、現場で故障したシーケンサの交換作業を容易に行うことができ、設備トラブル時の復旧を迅速に行うことが可能となった。

また、制御盤内で結露した露がGT14モデルの固定金具を伝って、表示器内部に水が浸入しないよう排水の溝を筐体(きょうたい)に設ける(特許出願中)などの工夫も行い、信頼性の高い製品とした。

3.2.3 低価格化への対応

GT14モデルでは従来モデルとは異なる、新たなハードウェア構成を採用した。電子部品の市場動向から、入手性に優れたマイコンやメモリを選定し、さらに、回路構成の簡素化によって部品点数を削減し、低価格化を実現した。

(注2) 2012年1月現在、JEMA(日本電機工業会)調べ

4. む す び

事務所で送受信を管理するFTPサーバ機能とGOTのモニタ情報を基に送受信するFTPクライアント機能、Soft GOTとして動作するSoftGOT-GOTリンク機能とGOTの画面を表示し、拡張機能、オプション機能も操作できるVNCサーバ機能は類似する機能であるが、それぞれ特徴があり、使用用途によってシステムに合った機能を選択することができるようになった。また、中型機で高機能なGT14モデルが加わることによって、ユーザー要望に幅広く対応できるようになった。

今後は、当社が得意とするシーケンサやサーボ、インバータ等のFA機器との連携を強め、当社製品ならではのメリットを前面に打ち出し、市場での地位をより確固たるものとしたい。

参 考 文 献

- (1) 橋本伸哉：GOT1000シリーズ“GT16モデル”の拡充、三菱電機技報，84，No.3，191～194（2010）

三菱“iQ Platform”対応FA統合エンジニアリングソフトウェア “MELSOFT iQ Works”へのプロファイル技術の適用

古嶋寛之*
井口義範*
刀根 譲*

Profile Technology applied to MITSUBISHI “iQ Platform” FA Integrated Engineering Software “MELSOFT iQ Works”

Hiroyuki Furushima, Yoshinori Iguchi, Yuzuru Tone

要 旨

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

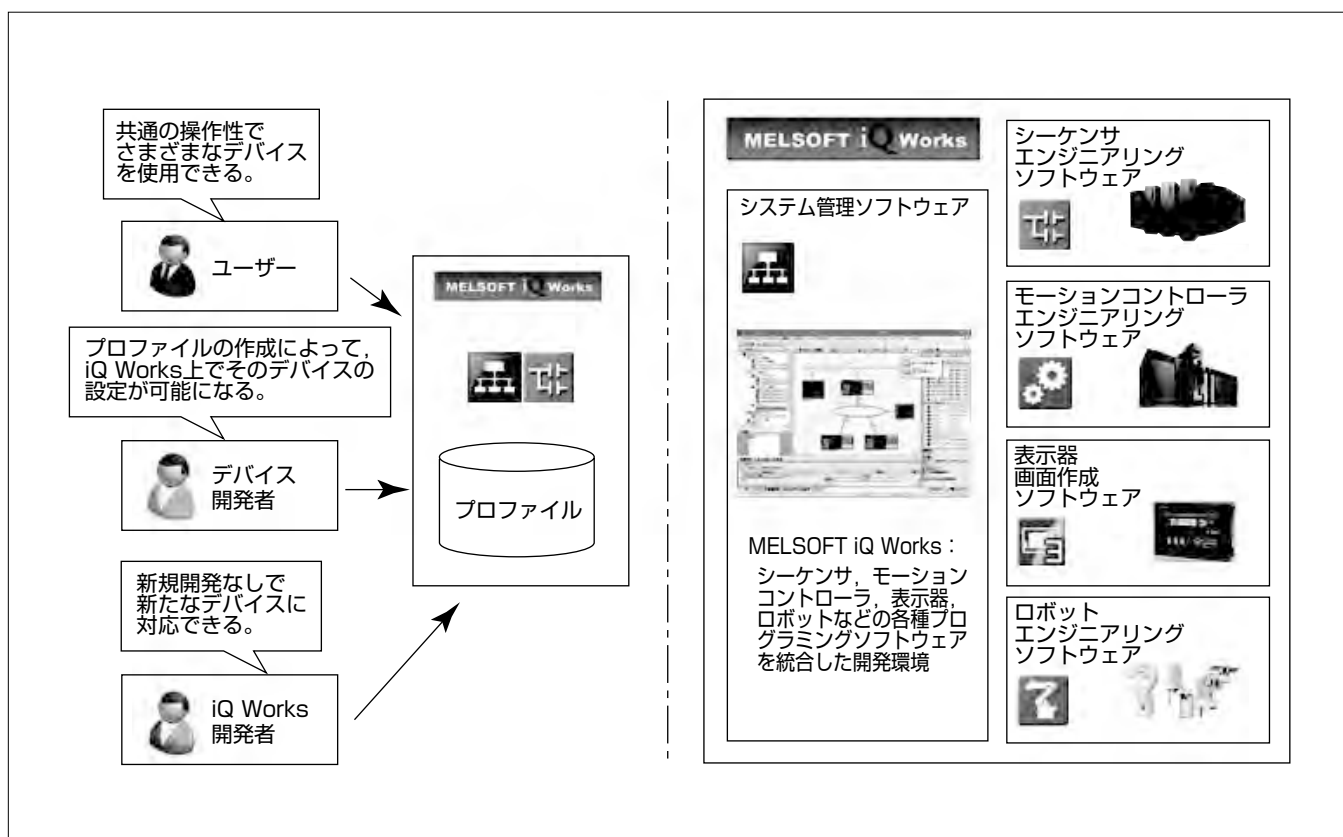
FAシステムは、様々な機器(以下“デバイス”という。)を様々なネットワークで接続して構成する。近年のデバイスのネットワーク化・高機能化に伴い、デバイスごとに種々の設定が必要になってきており、デバイスごとに異なるエンジニアリングツールが用いられている。そのため、

ユーザーには異なる操作性の複数のエンジニアリングツールへの習熟が求められている。

今回、当社はデバイスごとの特徴をモデル化したプロファイルとプロファイルに対応したiQ Worksを開発した。これによってユーザーは共通のユーザーインターフェースで種々のデバイスの設定が可能になる。

また、デバイス開発者は定義されたフォーマットに従いプロファイルを作成することで、iQ Works上でそのデバイスの設定が可能になる。

さらに、今回iQ Worksにプロファイルを追加できる機能を開発したので、iQ Worksの開発としても、追加開発せずに新しいデバイスに対応することが可能となった。



プロファイル技術適用によるメリット

三菱iQ Platform対応エンジニアリングソフトウェア“MELSOFT iQ Works”は、デバイスのプロファイル技術を適用することで、ユーザーに対するメリット、デバイス開発者に対するメリット、iQ Works開発者に対するメリットを実現している。

1. ま え が き

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

FAシステムは、様々な機器を様々なネットワークで接続して構成する。近年のデバイスのネットワーク化・高機能化に伴い、デバイスごとに種々の設定が必要になってきており、デバイスごとに異なるエンジニアリングツールが用いられている。そのため、ユーザーには異なる操作性の複数のエンジニアリングツールへの習熟が求められている。

当社はデバイスごとの特徴をモデル化したプロファイルと、プロファイルに対応したiQ Worksを開発することでこの問題を解決した。

2. 従来のデバイス対応の課題

FAシステムは、ネットワークで接続された様々なデバイスをシーケンサなどのコントローラが制御することで動作する(図1)。ネットワークには、用途によって様々な通信方式のものが用いられ、デバイスや通信方式ごとにエンジニアリングツールが開発されてきた。結果として、ユーザーは異なる操作性の複数のエンジニアリングツールへの習熟が必要である。そのため、多種多様なデバイスに対して、使いやすい統一的なユーザーインターフェースで設定できることが求められている。

また、通常、当社を含むデバイスの開発者(以下“デバイス開発者”という。)は、制御機能は同じで、複数の通信方式に対応した製品を開発する。例えば、通信方式 α に対応したAD(Analog to Digital)変換器を開発したあとで、AD変換の機能が同じで通信方式 β に対応したAD変換器を開

発している。この場合、通信方式 β のAD変換器のデバイス開発だけでなく、対応したエンジニアリングツールを同時に入手、作成する必要がある。

これは、iQ Works開発者としても、デバイスと同期した対応が必要であることを意味する。

このように、従来のデバイス対応には次の課題がある。

- ①ユーザー：デバイスごとにエンジニアリングツールが異なる
- ②デバイス開発者：新たなデバイスを開発する際にエンジニアリングツールの対応が必要
- ③iQ Works開発者：新たなデバイスごとに対応する開発が必要

これらの課題を解決するために、当社はプロファイル技術に着目した。一般的にプロファイルとは、対象に関する属性や設定等の情報を列挙したひとまとまりのデータの集合のことを指す。今回、当社はデバイスごとの特徴をモデル化したプロファイルとプロファイルに対応したiQ Worksを開発した。iQ Worksでは、汎用的なデバイス設定画面の表示内容をプロファイルによって切り替えて表示する。これによってユーザーは複数のエンジニアリングツールを使い分ける必要がなく、唯一のユーザーインターフェースで種々のデバイスの設定が可能になる。

また、iQ Worksはプロファイルを追加できる機構を持っている。これによって、デバイス開発者は定義されたフォーマットに従いプロファイルを作成することで、iQ Works上でそのデバイスの設定が可能になる。この時、iQ Works開発者は追加開発の必要がない。

プロファイルとしては、通信情報と機能情報を分けてデバイスをモデル化し、通信方式の異なるデバイスの開発を効率化することを可能とした。

3. プロファイル技術

図2に示すように、通信方式に依存しない制御機能を仮想制御機器に見立て、通信方式に依存する通信機能を仮想ネットワーク機器に見立ててモデル化を行う。このようにモデル化することによって、通信方式の違いは仮想ネットワーク機器側で吸収されるため、仮想制御機器の情報を通信方式に依存せずに記述することが可能となる。

3.1 デバイスモデルの構造

このデバイスモデルの構造を図3に、それぞれのデバイス情報については表1に示す。

3.2 プロファイルデータ例

デバイスモデルにしたがって、プロファイルデータを記述した例を図4に示す。制御情報の入力には、そのデバイスが持つ入力情報の一覧を記述する。また、通信情報の通信出力には、ネットワークとデータを送受信するためのメモリのアドレス情報(例：図4内のOut0, Out1…)を記述

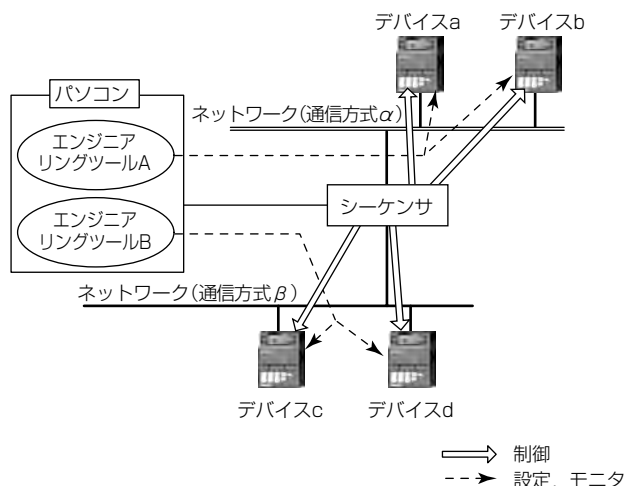


図1. FAシステムの例

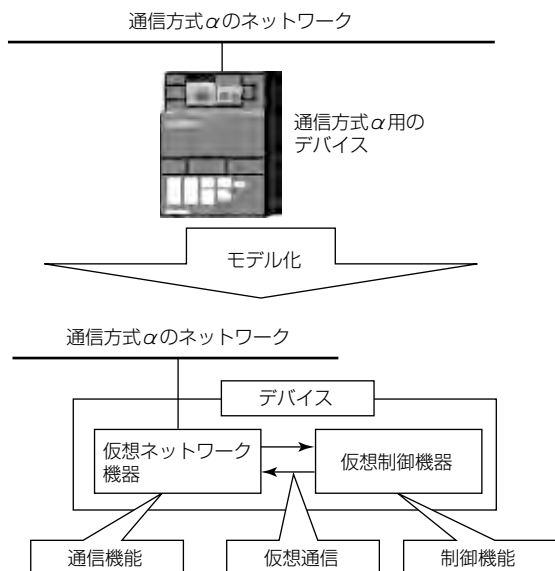


図 2. 制御機能と通信機能を分割したモデル

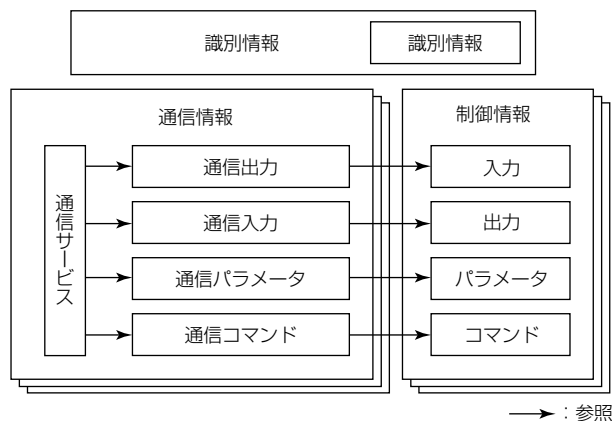


図 3. デバイスモデル

表 1. デバイス情報

情報	構成要素	意味
識別情報	識別情報	デバイスの型名やバージョン情報等、デバイスを識別するための情報。消費電流やサイズなどの製品情報もここに含める。
制御情報	入力, 出力	デバイスが、シーケンサやほかのデバイスとネットワークで接続して行う入出力の情報。デバイスがデータの送受信を行うためのメモリエリアは、アドレスごとにデバイス固有の意味が定められている。そのため、各アドレスの情報をプロファイルデータに記述する。
	パラメータ	デバイスの動作設定や制御方法は、パラメータによって設定、変更を行う。各パラメータの意味や設定範囲といった情報をプロファイルデータに記述する。
	コマンド	デバイスは、初期設定や、エラーの一括クリアのように、様々な機能を持つ。この機能の情報をコマンド情報としてプロファイルデータに記述する。コマンド情報には、機能の実行に必要な引数仕様などを記述する。
通信情報	通信サービス	ネットワーク経由でパラメータの読み書きや、コマンドの実行をする際に用いる、デバイスの通信サービスを示す。通信サービスには、ハンドシェイクなどの手順やデータエリア、及びデータフォーマット等を記述する。
	通信 入力, 出力 パラメータ コマンド	制御情報の同名の構成要素を通信情報として記述する。制御情報とは、仮想通信で接続するとみなすため、入力と出力は逆転する。また、制御情報の構成要素に対する参照を記述し、関連付ける。

する。そして、制御情報の入力の要素と、その要素に対応するアドレス情報が書かれた通信出力の要素を参照によって関連付ける。図 4 の例では、正転指令フラグは、アドレス Out0 によって制御されることを示している。

また、入出力を行うのに必要な通信サービスである I/O (Input/Output) 書き込みには、I/O 書き込みを行うための手順やデータエリア、データフォーマット等を記述する。そして、その通信サービスを使用する要素と、参照によって関連付ける。図 4 の例では、通信サービスの I/O 書き込みによって Out0, Out1, Out2 の書き込みを行うことを示している。

このように、ネットワークで使用するメモリのアドレス情報など、通信に必要な情報を全て通信情報に記述することで、通信方式に依存することなく制御情報を記述することができる。また、制御情報にアクセスするために必要な通信情報は、参照を用いて取得することができる。

4. iQ Worksへの適用

開発した iQ Works の構成を図 5 に示す。iQ Works は共通ユーザーインターフェース (以下“共通 UI”という。), 通信データ作成部, 通信実行部, 通信ドライバから構成される。

共通 UI は、デバイスに対する設定やモニタを行うための汎用的なユーザーインターフェースである。共通 UI は、

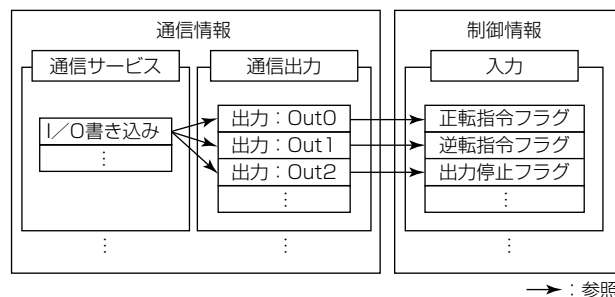


図 4. プロファイルデータの例

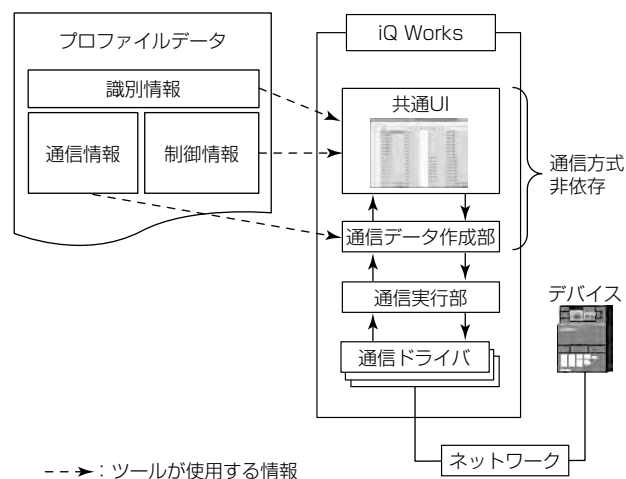


図 5. iQ Worksの構成



図 6. CC-Link構成設定の共通UI

プロファイルデータの制御情報に書かれた情報を用いて、デバイスの各種情報や、入出力やパラメータの一覧を表示する。

通信データ作成部は、共通UIからデバイスに通信を行う際に、通信ドライバに必要なデータの作成を行う。

通信実行部は、通信データ作成部から渡されたデータを、通信ドライバのインタフェースに適した形式に変換する。

通信ドライバは、デバイスとの通信を行うために使用するドライバである。通信方式ごとに別々のドライバを用意し、通信実行部が選択して使用する。

このような構成とすることにより、制御情報と通信情報を分離した開発が可能となった。CC-Linkに対して適用した例を次に示す。

4.1 CC-Link構成設定

従来のiQ WorksでCC-Link接続された各スレーブデバイスの構成設定する場合、各スレーブ局固有の仕様を情報として保持していないため、各デバイスの種別を設定し、占有局数やリモート局点数等の仕様をユーザーが設定する必要があった。

今回開発したiQ Worksでは、プロファイルデータの制御情報に記載された情報を使用する。そのため、ユーザーはプロファイルにより提示された項目を選択するだけでデバイスを設定することができる(図6)。

また、CC-Linkデバイス開発者はプロファイルを作成することでiQ Worksに新しいデバイスを追加することが可能になる。

4.2 スレーブ局オンライン機能

従来、CC-Linkのスレーブデバイスへのパラメータの読み出しや書き込み等の種々のオンライン機能は、対象のデバイス専用のエンジニアリングツールを使用するか、



図 7. スレーブ局オンライン機能の共通UI

CC-Linkに規定された手順でデバイスごとの入出力アドレスを制御するユーザープログラムを作成する必要があった。

開発したiQ Worksでは、CC-Link構成設定で選択されたデバイスのプロファイルデータの通信情報を用いて、種々のオンライン機能を実行できる。これによって、ユーザーはデバイスや機能によらず統一的な共通UI(図7)を操作するだけでよい。

また、開発したプロファイルのデバイスモデルにより、デバイス開発者は制御情報・通信情報を流用開発できる。

5. む す び

デバイスごとの特徴をモデル化したプロファイルとプロファイルに対応したiQ Worksについて述べた。この開発により、ユーザーに対するメリット、デバイス開発者に対するメリットを実現した。また、今回プロファイル技術をiQ Worksに適用した経験を活用し、一般機器メーカーを含めてプロファイルの仕様を審議し、公開できるよう準備を進めている。これによって一般機器メーカーでもプロファイルを利用できる環境を構築する。

参 考 文 献

- (1) 野口智史, ほか: 多様な通信方式の機器に適用可能なデバイスモデルの提案, 電子情報通信学会技術研究報告, SS, 110, No.458, 13~18 (2011)

“MELSEC-Lシリーズ” 増設システム

藤原耕太郎* 河野 匠*
石川博一*
中野史士*

Extension System of "MELSEC-L Series"

Kotarou Fujiwara, Hirokazu Ishikawa, Fumihito Nakano, Takumi Kono

要 旨

搬送機械や一般機械等の小中規模領域をターゲットとする“MELSEC-Lシリーズ”シーケンサで、更なるシステム拡張の要求に応えるべく、増設システムを開発し、最大40ユニットまでシステムを拡張可能とした(従来は、最大10ユニット)。

MELSEC-Lシリーズ増設システムは、分岐ユニットと増設ユニットによって実現した。その特長を次に示す。

(1) 簡単にレイアウト

分岐ユニットの装着位置を、システムの左側だけでなく、最右端にも装着可能とした。これによって、既設システムの右側に、追加ユニットを容易に装着できるようになるため、顧客の構成に合わせて、縦型、横型のシステムにフレ

キシブルに対応可能となる。

(2) 簡単に拡張

システム拡張時に簡単に増設ケーブルを配線できるように、接続をワンタッチで着脱可能とした。また、簡単に現場作業が実施できるように、ユニットの識別や増設ケーブルの挿入方向を視覚的に識別できるデザインとした。

(3) 簡単にトラブルシューティング

システムの異常時に、容易にトラブルシューティングできるように、システムの故障診断機能を強化した。これによって、システムの異常時に、どのブロックのどのユニット、又はどの増設ケーブルで異常が発生したのかを特定可能となる。



“MELSEC-Lシリーズ”シーケンサ 増設システム

MELSEC-Lシリーズは、分岐ユニットと増設ユニットを増設ケーブルで接続することで、システムの拡張を可能とした。分岐ユニットの装着位置をシステムの左側、又は最右端のどちらにでも装着可能としたことで、縦型、横型のシステムにフレキシブルに対応できる。

1. ま え が き

搬送機械や一般機械等の小中規模の制御領域をターゲットとし、“機能”“性能”“操作性”をコンパクトなシステムに凝縮し、コストパフォーマンスと使用容易性を追求した“MELSEC-Lシリーズ”で、装着可能ユニット数を拡張可能な増設システムの開発を行い、システムの拡張性を向上させた。これによって、Lシリーズシーケンサで、実現できるシステムの選択肢が増え、多様な顧客ニーズへの対応を可能とした。

本稿では、MELSEC-Lシリーズ増設システムの特長と、増設システム実現のために実施した開発の取組みについて述べる。

2. Lシリーズ増設システム

MELSEC-Lシリーズ増設システムは、今回開発した分岐ユニットと増設ユニットを増設ケーブルで接続することによって実現した。これによって、装着可能ユニット数が、従来の最大10ユニット(基本ブロック構成のみ)から、最大40ユニット(最大増設3ブロック)まで拡張可能とした。図1にLシリーズ増設システムの外観、表1にLシリーズ増設システムの仕様を示す。

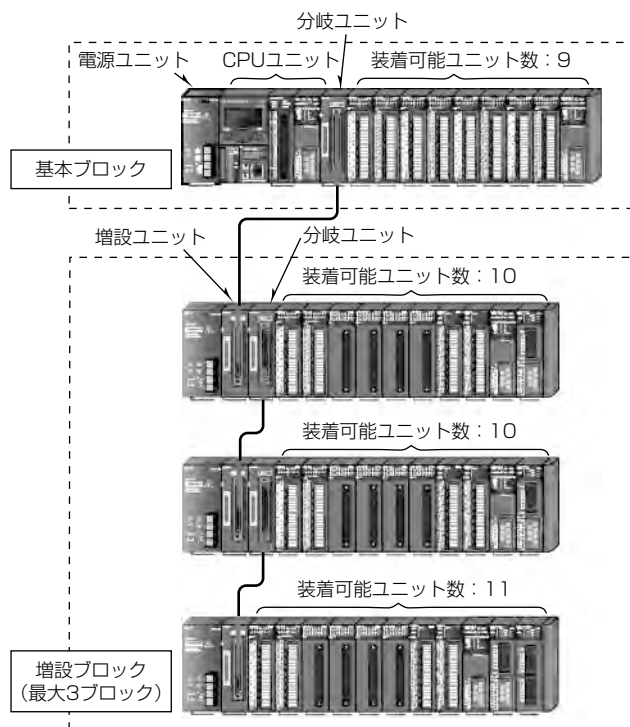


図1. Lシリーズ増設システムの外観

表1. Lシリーズ増設システムの仕様

項目	仕様	
	L26CPU-BT	L02CPU
装着可能ユニット数	40ユニット	30ユニット
増設ブロック数	3ブロック	2ブロック

3. Lシリーズ増設システムの特長

3.1 簡単にレイアウト

既設システムを容易に拡張するためには、ユニット構成や配線の変更にかかる工数を最小限に抑える必要がある。そこで、Lシリーズ増設システムでは、分岐ユニットの装着位置を、システムの左側だけではなく、最右端にも装着可能とした。これによって、図2のように既設システムの最右端に、分岐ユニットを追加で装着することができ、既設システムのユニット構成や配線の変更を最小限に抑え、必要最小限の設置スペースでシステムの拡張を可能とした。

また、Lシリーズ増設システムは、図3のように縦型、横型どちらのシステム構成にも、最適な構成でフレキシブルに対応可能とした。増設ケーブルの品ぞろえを、0.6m, 1.0m, 3.0mの3ラインアップとし、顧客設置スペースに合わせて適切なケーブル長の増設ケーブルを選択することで、配線性に優れたシステム拡張を可能とした。

3.2 簡単に拡張

増設ユニットと分岐ユニットを接続する増設ケーブルは、

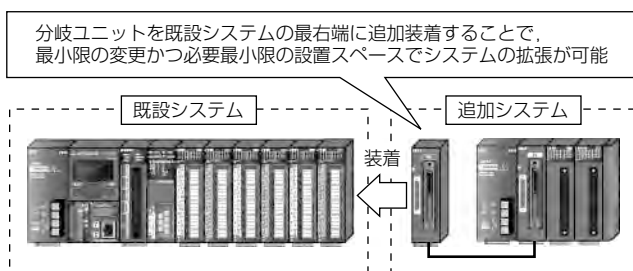
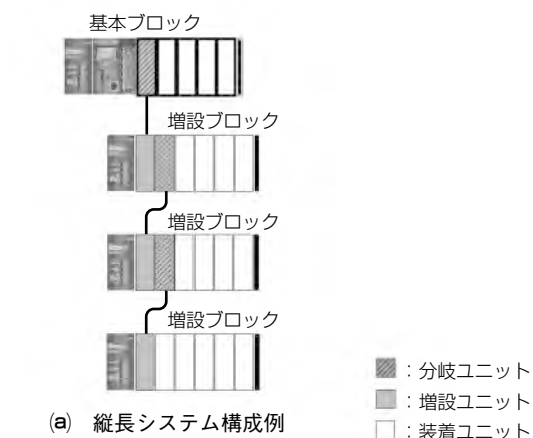


図2. Lシリーズ既設システムの拡張例



(a) 縦長システム構成例



(b) 横長システム構成例

図3. Lシリーズ増設システムの構成例

図4のように、ワンタッチで着脱を可能とした。これによって、増設ケーブル配線時の現場での作業工数が軽減される。

また、顧客がシステム拡張時の現場での作業で、分岐ユニット、増設ユニットの識別と、増設ケーブルの挿入方向を視覚的に識別でき、読み違いなく容易に現場での作業を進めることができるように、分岐ユニットと増設ユニットの表示文字に、だれでも識別しやすいユニバーサルフォントを採用し、ユニット形名、インタフェース用途 (OUT：信号を送る側、IN：信号を受け取る側)、増設ケーブルの

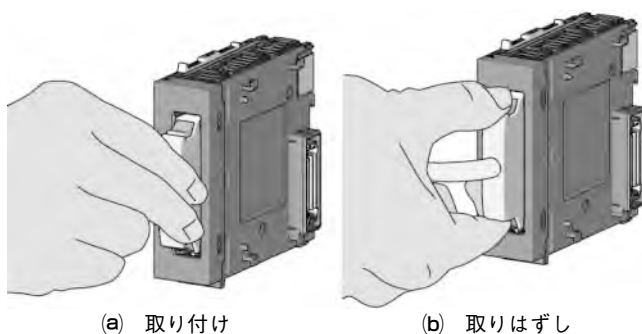
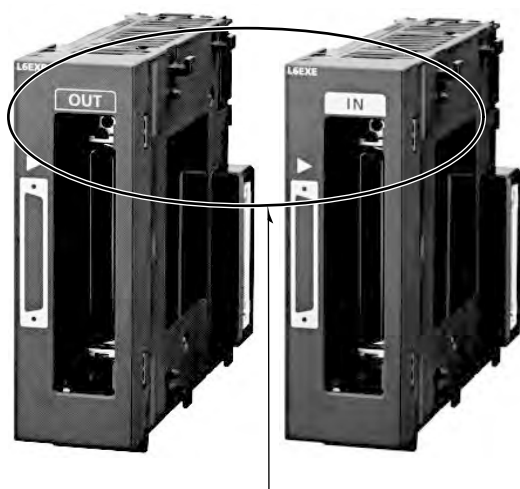


図4. 増設ケーブル接続のイメージ



ユニバーサルフォントを採用し、インタフェースの用途、増設ケーブルの挿入方向をユニットの前面に表示することで、容易に必要な情報の識別が可能

図5. 分岐ユニット・増設ユニットの外観

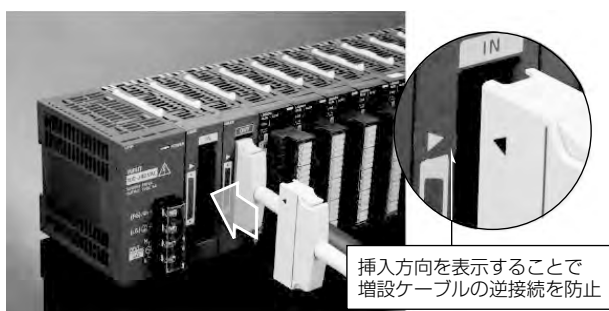


図6. 増設ケーブルの挿入方向表示

挿入方向をユニットの前面に表示した。これによって、図5・図6のように、ユニットの誤認識防止や、増設ケーブルの逆接続防止を可能とした。

3.3 簡単にトラブルシューティング

システムの拡張によって装着ユニットを増加させた場合にも、システム異常時に顧客が早期にトラブルシューティングできるように、ユニット間バス (Lシリーズの各ユニット間を接続する通信用バス) 通信の故障診断機能を強化した。これによって、Lシリーズの増設システムでは、システムの異常時に、どのブロックのどのユニット、又はどの増設ケーブルで異常が発生したのかを、エンジニアリングツールに表示し、特定することができる。

4. Lシリーズ増設システム実現のための技術

4.1 Lシリーズ増設システムの信頼性確保

4.1.1 Lシリーズ増設システムのハードウェア構成

Lシリーズ増設システムではユニット間バス通信で、故障診断を実施し、システム全体の信頼性を確保している。Lシリーズ増設システムのハードウェアブロック図を図7に示す。Lシリーズでは、各ユニットにユニット間バス通信用ASIC (Application Specific Integrated Circuit) を実装しており、装着位置の識別は、電源投入時に、CPU (Central Processing Unit) ユニットが各ユニットの対象ASICへ装着位置を設定することで実現している。さらに今回の開発では、増設システムを実現するために、増設ケーブル抜け検出信号を分岐ユニットのユニット間バス通信用ASICに接続した。これによって、増設ケーブル抜けを検出できる。

4.1.2 Lシリーズ増設システム信頼性確保のための処理

Lシリーズのユニット間バス通信の信頼性確保のために、CPUユニットから装着ユニットに対して、定期的にユニット診断処理を行っている。処理フローを図8に示す。

ユニット診断処理によって、ユニット異常を早期に検出できるとともに、異常原因となっている箇所を特定できる

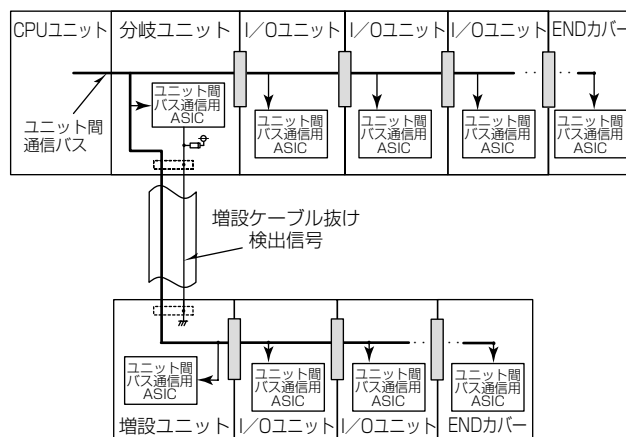


図7. Lシリーズ増設システムのハードウェアブロック図

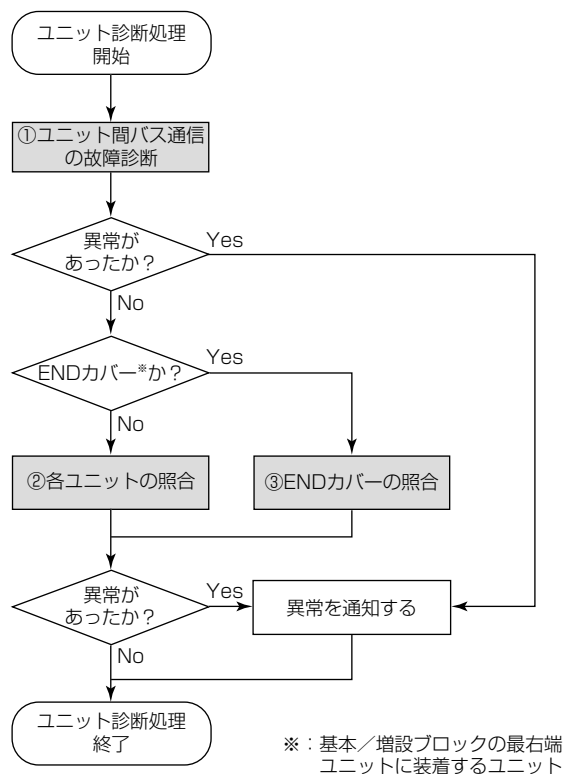


図 8. ユニット診断の処理フロー

ため、顧客が容易にトラブルシューティングをできる。

①ユニット間バス通信の故障診断

ユニット間バス通信信号が異常な場合は、CPUユニットがユニット間バスから装着ユニットの情報を読み出す“各ユニットの照合”と“ENDカバーの照合”が行えないため、処理を終了する。

②各ユニットの照合

CPUユニットが各装着ユニットの照合(入出力ユニットが電源投入時の構成と異なる場合など)が発生していないか診断を行う。

各ユニットの照合で異常を検出した場合、どのユニットで異常になっているかを特定するために、装着ユニットの最左端から最右端までを順番に正常か確認する。これによって、正常なユニットと異常なユニットの境界を検出し、異常なユニットを特定する。

③ENDカバーの照合

各ブロックのENDカバーの照合によって、各ブロックのユニット間バス通信の診断を行い、システム全体のユニット間バス通信の信頼性確保を行う。

4.2 Lシリーズ増設システムの耐ノイズ性能確保

Lシリーズ増設システムでは、増設ケーブル接続によっ

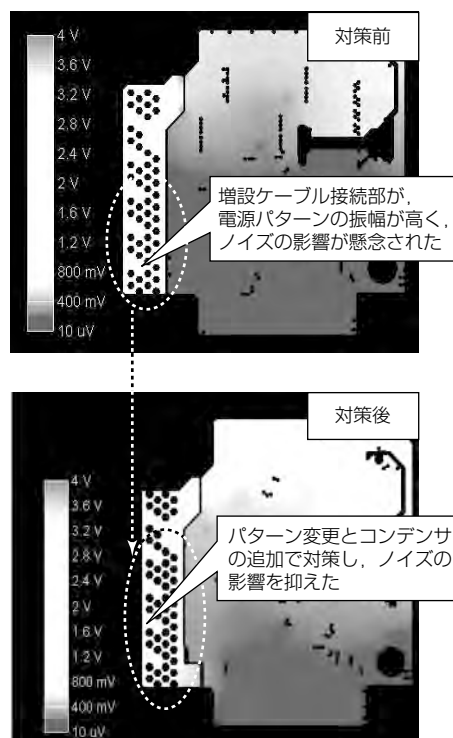


図 9. 増設ユニット基板の電源パターン振幅解析結果

て、ケーブルから印加ノイズが侵入する可能性があるため、耐ノイズ性能を確保できるように、上流設計段階から当社研究所と連携し、電源パターン振幅解析を実施した。

その結果、図 9 のように、設計段階の増設ユニット基板の増設ケーブル接続部に、ノイズの影響が懸念されたため、パターン変更とコンデンサ追加の対策を行い、Lシリーズ増設システムの耐ノイズ性能を確保した。

5. む す び

MELSEC-Lシリーズの増設システム開発と、それを実現するための技術について述べた。増設システム開発によって、Lシリーズで構成しているシステムの拡張性を向上させた。

今後も、MELSECシーケンサとしての継承性を保ちつつ、現場に求められる“機能”“性能”“操作性”を追求し、システムの使用容易性のより一層の向上を目指した製品開発を推進していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 柿本康一、ほか：“MELSEC-Lシリーズ”シーケンサ、三菱電機技報、84、No.3、183～186 (2010)

“MELSEC-Lシリーズ” 温度調節ユニット

矢木孝浩*
 田中徹哉*

Temperature Control Module of “MELSEC-L Series”

Takahiro Yagi, Tetsuya Tanaka

要 旨

シーケンサシステムは、一般機械の制御から工場内の自動化まで幅広く用いられており、これまでの産業界の発展に大きく寄与してきた。近年はコストダウンや高付加価値化に対する顧客のニーズが高まっている。このような中、三菱電機は小規模制御装置ユーザーを中心とした“機能”“性能”“コスト”“操作性”への要求に応えるため、コストパフォーマンスとユーザビリティを追求したスタンダードモデルとして、2009年に“MELSEC-Lシリーズ”シーケンサを発売した。

その後、顧客の適用範囲の拡大に伴い、食品機械、プラスチック成形等、温度監視・管理が必要な機械メーカーを中心に、温度調節ユニット（以下“温調ユニット”という。）や温度入力ユニットの品ぞろえを求める声が高まっている。今回の開発ではこのような要望に応えるため、温度入力ユニットとしても兼用できるよう、必要な機能を盛り込んだ

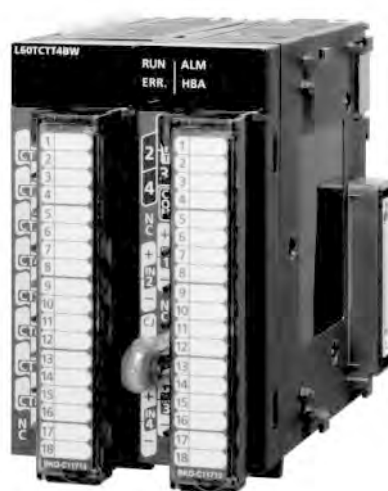
Lシリーズ温調ユニット4機種（熱電対入力2機種、測温抵抗対入力2機種）を製品化した。主な機能は次のとおりである。

- (1) 加熱冷却制御：加熱制御のほか、冷却制御による急激な冷却が可能となりタクトタイム削減に貢献
- (2) ピーク電流抑制機能：出力を同時にONせずに制御することでヒーター電流を抑制し、ランニングコストを低減
- (3) 同時昇温機能：各チャネルの昇温時間を合わせることで温度維持のための無駄エネルギー削減による省エネルギー効果と均一温度制御による品質向上を実現
- (4) 温度入力モード：簡易な設定で温度入力ユニットとしても使用可能

本稿では、温調ユニットの特長や機能、及び適用事例について述べる。



温度調節ユニット



ヒーター断線検知機能付き温度調節ユニット

“MELSEC-Lシリーズ” 温度調節ユニット

MELSEC-Lシリーズシーケンサの品ぞろえの一環として、一般機械制御で要求の高い温調ユニットをラインアップに取り入れた。加熱冷却制御、ピーク電流抑制機能、同時昇温機能等、機能を充実させた。

1. ま え が き

当社シーケンサシステムは、一般機械の制御から工場内の自動化など、広範囲にわたる産業分野で用いられており、これまで産業界の発展に貢献してきた。近年はコストダウンや高付加価値化への顧客のニーズが高く、これらのニーズに応えるためコストパフォーマンスとユーザビリティを追求したスタンダードモデルとして、当社は2009年12月にMELSEC-Lシリーズシーケンサ(以下、“Lシリーズ”という。)を発売した。

Lシリーズ発売後、顧客の適用範囲の拡大に伴い、製品の品揃えに対する要求も高まっている。特に、ワイヤ溶接、食品機械、フィルム・食品容器・ポリ袋製造といった、温度監視・管理が必要な機械メーカーから温調ユニットや温度入力ユニットを求める声が多い。そこで、今回このような要望に応えるため温度入力ユニットとして兼用できるよう、必要な機能を盛り込んだLシリーズ温調ユニットを開発した。

本稿では、温調ユニットの特長や機能とともに、技術や適用事例等について述べる。

2. 製品の性能と特長

2.1 性 能

表1に今回開発した4種類の製品の性能を示す。

今回開発した製品では、外部配線や外部入出力仕様等で、MELSEC-Qシリーズシーケンサの上位互換となる性能／機能を持たせており、サンプリング周期では500ms/4チャンネルに加え、250ms/4チャンネルを実現することで、高速な温度センサを使用したシステムにも対応できるようにした。

2.2 特 長

2.2.1 加熱冷却機能

従来の標準制御では、制御手段がヒーターなどの加熱のみである場合、冷却は単に加熱手段をOFF(自然放熱)することによって制御していた。今回開発した製品の加熱冷却制御では、ヒーターなどの加熱と、冷却水などの冷却の両方の制御手段を用いて、きめ細かな制御を実現した。

2.2.2 ピーク電流抑制機能

従来、加熱制御時の制御出力は上限出力リミッタの設定によって、各チャンネルの最大出力を制限していたが、各チ

ャネルの制御出力が同時にONした場合、トランジスタ出力が同時にONすることによるピーク電流が大きくなっていった。

今回開発したユニットでは、各チャンネルのトランジスタ出力のタイミングを分割して制御を行うことで、ピーク電流を抑制し、設備の電源容量の削減に貢献した。

2.2.3 同時昇温機能

従来、複数ループの昇温を実行した場合、制御対象によって昇温到達時間のばらつきが発生し、制御対象の部分焼けや、部分的な熱膨張が発生していた。

同時昇温機能では、昇温到達時間をそろえることによって、先に目標値に到達したチャンネルの保温期間がなくなることによる省エネルギーを実現した。

2.2.4 サンプリング周期切替え機能

従来、温度センサのサンプリング周期は500ms/4チャンネル固定であったが、幅広いシステムに対応するために、250ms/4チャンネルのサンプリング周期を加え、いずれかの選択を可能にした。

2.2.5 温 度 入 力

温調ユニットを温度入力ユニットとしても代用できるよう必要な機能を盛り込んだ。スイッチ設定で簡単に入力モードを変更可能にした。

2.2.6 構 造

従来のLシリーズと同様に、ユニット同士をコネクタで接続するベースレス構造を踏襲した。“L60TCTT4”“L60TCRT4”は2枚基板構成で1スロット幅サイズ(横幅28.5mm)、“L60TCTT4BW”“L60TCRT4BW”は3枚基板構成で2スロット幅サイズ(横幅57.0mm)である。また、L60TCTT4BW、L60TCRT4BWは、従来にない“1スロット幅ユニット2個連結構造”を採用した。

3. 技術及び適用事例

3.1 加熱冷却機能

加熱冷却制御のPID(Proportional, Integral, Derivative)演算では、従来の加熱動作時に用いる“逆動作”と、冷却動作時に用いる“正動作”の処理を組み合わせ、2系統の出力を制御する演算アルゴリズムを追加し、加熱と冷却の両方の制御が必要なシステムを1台のユニットで実現した。

逆動作：センサの温度測定値が増加した場合に制御出力が減少する制御動作処理。

正動作：センサの温度測定値が増加した場合に制御出力も増加する制御動作処理。

これによって、車載プラスチック部品、プラスチックケース、ゴムパッキン等、特定形状のプラスチック製品やゴム製品を断続的に造る射出成形機(図1)で、金型に高温の樹脂を断続的に注入しても、金型内部の温度を一定に保つ

表1. 今回開発した製品の性能

形名	L60TCTT4/ L60TCTT4BW	L60TCRT4/ L60TCRT4BW
制御出力	トランジスタ出力	
温度入力点数	4チャンネル	
使用可能なセンサ	熱電対	测温抵抗体
サンプリング周期	250ms/4チャンネル 500ms/4チャンネル	
ヒーター断線検知	あり(L60TCTT4BW/L60TCRT4BWのみ)	

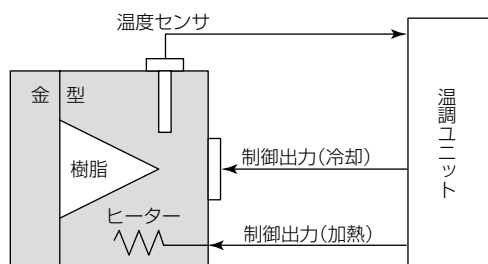


図1. 金型の加熱冷却制御

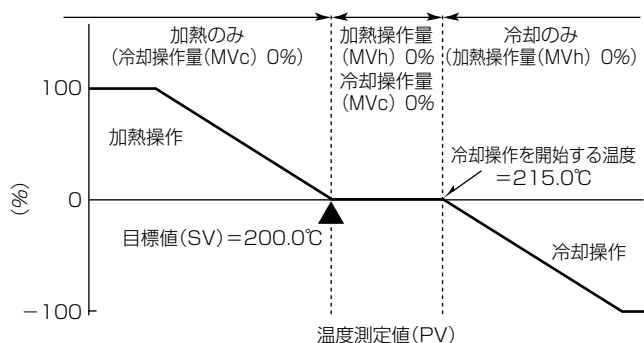


図2. 制御出力を出さない温度域(200~215℃)

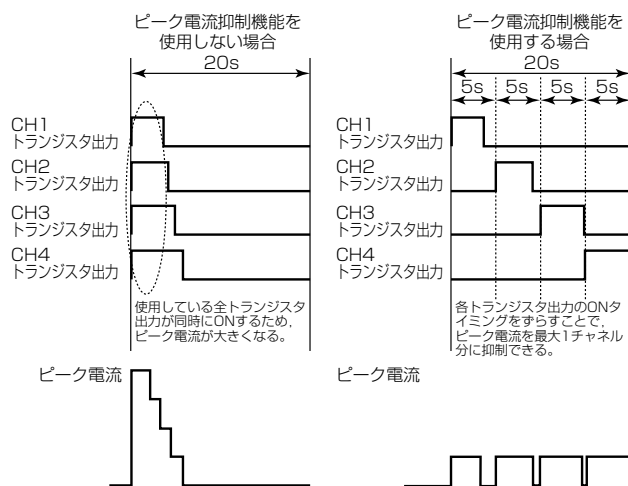


図3. トランジスタ出力のONタイミング

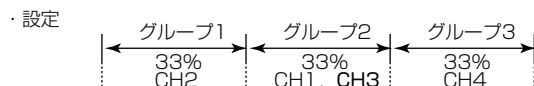
ことが可能となる。

しかし、加熱冷却制御を使用した場合、制御対象の自己発熱と自然冷却が釣り合っている状態となるシステムでは、わずかな加熱又は冷却の制御出力によって温度測定値が大きく変化するため、必要以上の制御出力を出してしまうことがあった。これを解決するため、冷却の制御出力を始めるポイントをずらして、加熱と冷却のどちらの制御出力も出さない温度域(図2)を設けることで、若干の温度変化に対して制御が変わらなくなり、省エネルギーを実現した。

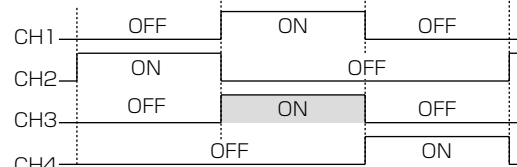
3.2 ピーク電流抑制機能

従来、トランジスタ出力がONするタイミングは、チャンネルごとにPID演算で算出した操作量によって決めていたが、各チャンネルの上限出力リミッタの値を自動で変更し、

例1：3分割設定で制御を行った場合
(操作量(MV)が出力リミッタ上限値の場合)



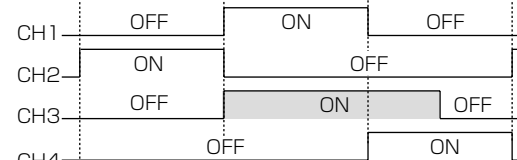
・トランジスタ出力の状態



例2：3分割設定後、チャンネル3の上限出力リミッタ設定を50%に変更して制御を行った場合
(操作量(MV)が出力リミッタ上限値の場合)



・トランジスタ出力の状態



上限出力リミッタ設定値を変更したチャンネル3は、グループ2に割り付けられているので出力開始点は同一グループのチャンネル1と同じになる。

図4. ピーク電流抑制機能を3分割で制御した場合

トランジスタ出力のタイミングを制御することで、ピーク電流の抑制を実現した(図3)。

各チャンネルのトランジスタ出力が同時にONする頻度が高いシステムで、ピーク電流を抑制する場合、トランジスタ出力がONするタイミングが遅れ、温度制御の安定度が低くなるケースが想定された。そのため、ピーク電流を抑制するグループを複数に分割して、それぞれの上限出力リミッタを設定できるようにし、安定度を優先する分割グループのトランジスタ出力への影響を少なくした(図4)。

3.3 同時昇温機能

各チャンネルの目標値までの昇温を同時に実行した場合、制御対象によって目標値に到達する時間のばらつきが発生し、先に目標値に到達したチャンネルが、最も遅いチャンネルの昇温到達までの間、目標値に保温するエネルギーが無駄となっていた(図5)。そのため、同時昇温開始時に、昇温到達時間が最も遅いチャンネルを基準とし、ほかのチャンネルを基準チャンネルに追従するように制御することによって、昇温が完了する時間をあわせることが可能となった(図6)。

これによって、半導体製造(ウェーハ加熱)工程での温度調節(図7)で、部分焼けや、部分的な熱膨張のない均一な温度制御が可能となる。

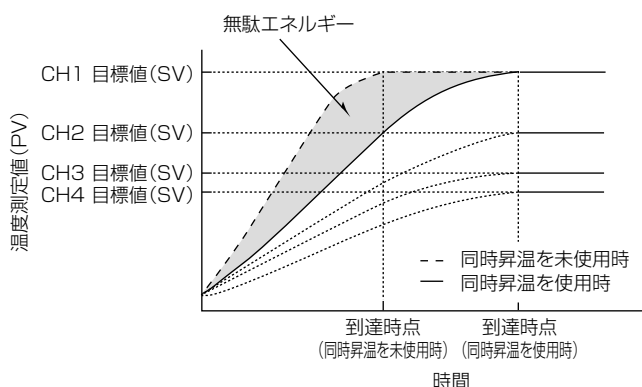


図 5. CH1における同時昇温未使用時と使用時の比較

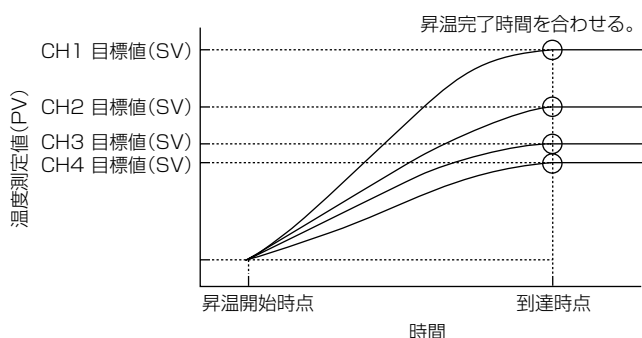


図 6. CH4を基準チャンネルとした場合の同時昇温

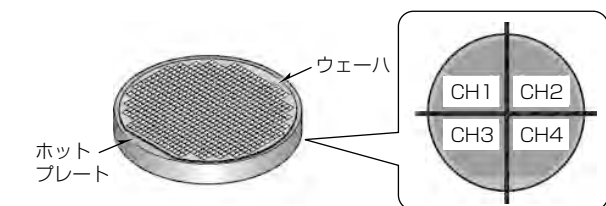


図 7. 半導体製造装置(ウェーハ加熱)工程での温度調節

3.4 サンプル周期切替え機能

温度センサは応答速度が0.25～4.2sの幅で品ぞろえされており、幅広いシステムに対応するために、250ms/4チャンネルのサンプリング周期が必要であった。

サンプリング周期を250ms/4チャンネルにすると、ゆるやかに昇温する温度を測定した場合に、500ms/4チャンネル時に比べて温度センサの測定値の変化(前回測定値と今回測定値の差分)が小さくなるため、温度制御の応答性向上につながらないという課題があった。このため、温度センサのアナログ値をデジタル値に変換する回路のゲインを調整して、測定値の分解能を向上させた。また、測定値の範囲が広がっても演算時にけたあふれや切捨て誤差が発生しないよう、演算式が扱う値の範囲を再設計した。

3.5 温度入力

温調ユニットで温度入力ユニットの機能を兼ねるために、次の機能を追加した。

- ①サンプリング周期切替え機能(3.4節)
- ②レートアラーム機能：温度測定値に関して、前回から

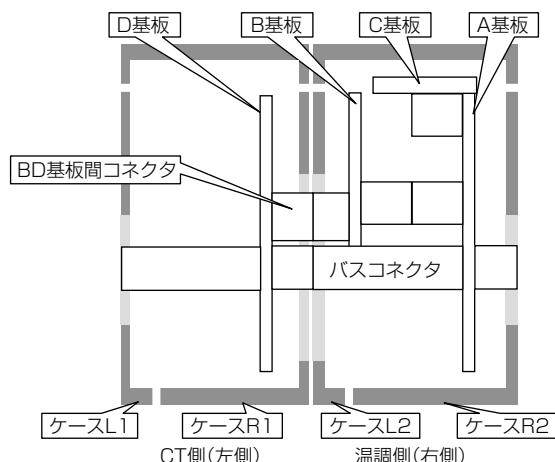


図 8. 基板構成(ユニット断面図)

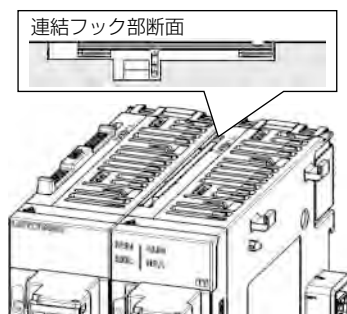


図 9. 連結フックの形状

の変化分が設定値以上、又は設定値以下の変化であった場合に警報を出力する機能。

3.6 構造(連結部)

L60TCTT4BW, L60TCRT4BWは、従来にない“1スロット幅ユニット2個連結構造”を採用した。

この構造実現のため実施した検討項目を次に示す。

(1) BD基板間コネクタ接続(図8)

- ①最悪公差時に有効嵌合(かんごう)長を確保可能とする
ケース寸法・つめ形状・コネクタ仕様の策定
- ②基板相互の位置ずれを考慮したBD基板間コネクタの
フローティング量要求仕様策定

(2) 連結フック(図9)

ユニットとしての一体感確保(easy to use)・誤分解防止・組立て性up(easy to make)のため、顧客の誤操作を防止するフラット形状(治具で操作する)、及びダークグレイ色(ケースと同色)を採用した。

4. む す び

今回、温度監視・管理が必要な機械メーカーを中心とした温調ユニットへの要求に応えるMELSEC-Lシリーズの品ぞろえの一環として温調ユニットを開発した。今後も顧客のニーズに応えるため、コストパフォーマンスとユーザビリティを追求した製品開発を推進していく所存である。

“PX Developer” モニタツールのセキュリティ機能強化

齊藤卓也*

Enhancement of Security Functions for "PX Developer" Monitor Tool

Takuya Saito

要 旨

近年、計装システムの多様化や熟練技術者の不足等から、計装システムを取り巻く環境が変化してきている。このような状況の中、監視操作時の誤操作防止など、計装システムの安全運転の観点から、オペレータの役割や熟練度に応じて監視操作の権限を管理し、プラントのセキュリティを高めることがこれまで以上に重要になってきている。

このような背景から、三菱電機では、“MELSEC計装”のエンジニアリングツール“PX Developer”のモニタツールでセキュリティ機能を強化した。

具体的には、モニタツールについて、登録できるオペレータを4レベルに細分化し、プロセス指示値、チューニングパラメータ等の操作権限を詳細に設定できるようにした。

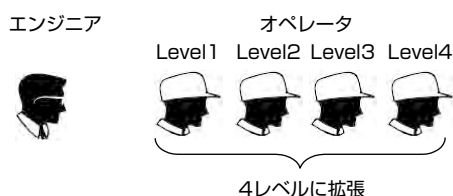
これによって、例えば、プラントの運転要員にはプロセ

ス指示値のみ変更を行えるようにしたり、プロセスの調整要員には、チューニングパラメータやアラーム閾値(しきいち)を設定できるようにするなど、ユーザーの操作権限管理について、システムの運用方針に応じて柔軟に対応できるようになった。

また、モニタツールと“GT SoftGOT1000”(パソコン上で当社表示器GOT(Graphic Operation Terminal)の機能を実現するHMI(Human Machine Interface)ソフトウェア)とを連携させた監視システムで、モニタツールにログインしているオペレータのユーザー権限に応じてGT SoftGOT1000のセキュリティレベルを自動で変更することで連携性を強化した。

1. オペレータレベルの細分化

各オペレータの役割に応じた権限の付与が可能



2. 操作権限の詳細設定

誤操作によるトラブル防止が可能

操作分類		オペレータ
項目ごとに操作可否の設定が可能	全般	
	ブザー停止	<input checked="" type="checkbox"/>
	画面リセット	<input checked="" type="checkbox"/>
	モニタ終了	<input type="checkbox"/>
	タグデータ項目の変更	
	プロセス指示値・モード	<input checked="" type="checkbox"/>
	アラーム閾値	<input type="checkbox"/>
	チューニングパラメータ値	<input type="checkbox"/>
	プロセス設計値	<input type="checkbox"/>
	トレンドグラフ	

3. GT SoftGOT1000のセキュリティ機能と連携

モニタツールのログインユーザーの権限に応じて、GT SoftGOT1000のグラフィック画面のセキュリティレベルを自動で変更可能



モニタツールとGT SoftGOT1000を組み合わせたパソコン監視システム

3つの強化ポイント

“PX Developer”モニタツールのセキュリティ機能強化

プラントの安全運転のニーズから、モニタツールのセキュリティ機能を強化した。具体的には、モニタツールのオペレータ権限レベルを従来の1種類から4種類に拡張し、さらに、オペレータ権限レベルごとにプロセス指示値・アラーム閾値の変更やタグのモード変更、札掛けと札掛けの解除等、詳細な操作権限について設定可能とした。また、これらの設定もチェックボックスにチェックを入れるだけで簡単にできる。

さらに、GT SoftGOT1000との連携性も強化した。これによって、オペレータの役割が複数存在する計装システムにも適用可能となる。

1. ま え が き

汎用シーケンサ“MELSEC-Q”をプラットフォームとした計装制御システム“MELSEC計装”は、汎用シーケンサの持つ高速性、オープン性や電気制御と計装制御の機能統合のコンセプトが市場に受け入れられ、2002年から今日まで販売実績を伸ばしてきた。

また、汎用シーケンサのコストメリットや、システム構築の柔軟性が評価され、MELSEC計装の適用分野が拡大するにつれ、顧客からの要望が増えてきている。特に計装制御システムでは、システムの多様化、操作の複雑化から、オペレータ権限を管理し、監視システムのセキュリティを高めたいという市場のニーズがある。

このようなニーズに応えるべく、PX Developerのモニタツールでオペレータのレベルを細分化し、操作権限を詳細に設定できるようにすることで、セキュリティ機能の強化を図った。

本稿では、MELSEC計装の概要とともに、モニタツールのセキュリティ機能とその改善内容、及びGT Soft GOT1000セキュリティ機能連携について述べる。

2. MELSEC計装

MELSEC計装とは、汎用シーケンサMELSEC-Qシリーズをプラットフォームとしたプロセス制御システムであり、高度プロセス制御命令を搭載したプロセスCPU (Central Processing Unit)、チャンネル間絶縁アナログユニット、計装エンジニアリングソフトウェアPX Developerを主要コンポーネントとしている。汎用シーケンサをプラットフォームとしているため、FA (Factory Automation) とPA (Process Automation) を融合したシステムを容易に構築することができる。

この章では、PX Developerについて述べる。

2.1 PX Developer

PX DeveloperはMELSEC計装のプロセスCPU向けエンジニアリングソフトウェアである。PX Developerを使用することで、簡単にプロセス制御システムのプログラミング、監視画面の構築、デバッグ、保守を行うことができる。PX Developerは、次に述べるプログラミングツールとモニタツールから構成されている。

2.1.1 プログラミングツール

プログラミングツールは、プロセス制御のプログラミング言語として、シーケンサ用プログラミング言語の国際標準規格であるIEC61131-3のFBD (Function Block Diagram) 言語を採用している。また、プロセスCPUが持つプロセス制御命令をカプセル化したFB (Function Block)、外部I/O (Input/Output) 信号・アナログ信号を簡単に入出力するユニットFB等、便利なFBを提供している。これ

らのFBをドラッグ&ドロップでシート上に貼り付け、FB同士を結線し、パラメータを設定するだけで高度なロジックのプログラムを簡単に作成することができる(図1)。

2.1.2 モニタツール

プロセス制御のパラメータを制御対象システムの応答と照らし合わせながら簡単に調整できるようにするため、PX Developerにはプログラミングツールに加え、モニタツールを同梱(どうこん)している。モニタツールは、計装システムの監視操作でよく使用されている標準画面(フェースプレート、チューニングパネル、コントロールパネル、トレンドグラフ、警報一覧、イベント一覧)を持つ。これらはプログラミングツールで作成したプロジェクトを指定するだけで簡単に利用でき、瞬時にプロセス制御の監視操作に使用できる(図2)。

また、システム運用時にオペレータが使用する監視操作システムを簡単に構築するため、モニタツールの標準監視操作画面と当社GT Soft GOT1000によるグラフィック画面を組み合わせることが可能である(図3)。

3. モニタツールのセキュリティ機能強化

計装システムでは、様々なリスクに対処するためのセキ



図1. プログラミングツールの操作例

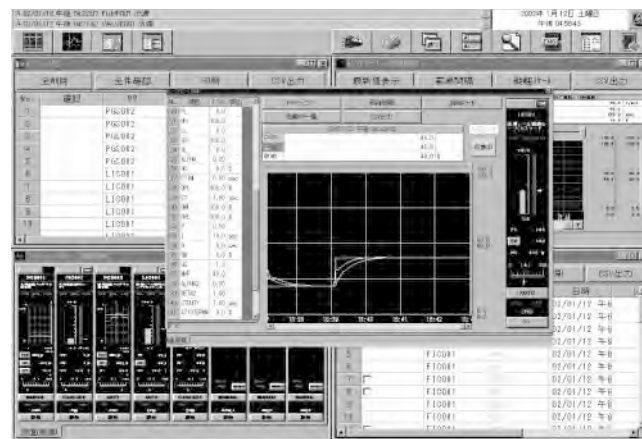


図2. モニタツールの標準監視画面

セキュリティ機能が要求される。例えば、外部リスクでは、システムに対する外部からの攻撃による不正侵入・情報漏洩（ろうえい）、自然災害や突然の停電等が挙げられる。また、内部リスクとしては、オペレータによる不正使用や誤操作等、システム運用面での対処が必要なものである。

このように、計装システムはプラントを安全に運転するために幅広いリスク（図4）に対応する必要がある。

この章では、計装システムにおける内部リスクの中でもオペレータによる誤操作に対処するためのセキュリティ機能として、オペレータ権限の管理について述べる。

3.1 オペレータ権限管理の重要性

近年、計装システムの多様化や熟練技術者の不足等から、計装システムを取り巻く環境が変化してきている。このような状況の中、監視操作時の誤操作防止など、プラントの安全運転の観点から、経験の浅いオペレータや外部委託のオペレータに対し操作に制限を設けるなど、計装システムの運用におけるオペレータ権限の管理がこれまで以上に重要になってきている。

3.2 モニタツールのセキュリティ機能

モニタツールでは、ユーザーの権限ごとに、3種類のモードが設定できる（表1）。

モニタツールにあらかじめ使用するユーザーを登録し、各々のユーザーに対してパスワードと操作権限（オペレータ又はエンジニア）を定義する。モニタツール起動時には、一切の設定やプロセス指示値等の操作ができないロックモードになっており、ユーザーは、監視操作時にユーザー名

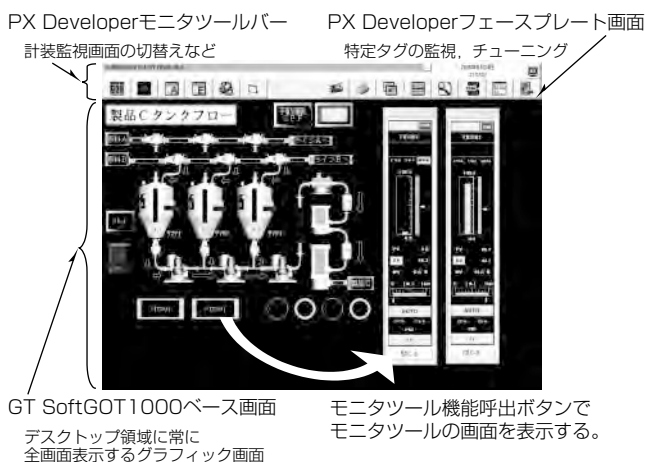


図3. モニタツールのGT SoftGOT1000連携機能

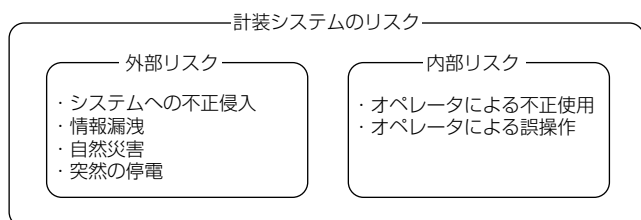


図4. 計装システムのリスク

とパスワードを指定してモードを変更する。モードを変更すると、あらかじめ登録されたユーザー名に応じた権限の範囲内で操作ができるようになる。

席を離れるときなどにロックモードにしておくと関係者以外が不用意な操作を行うことを防止できる。

3.3 モニタツールのセキュリティ機能強化内容

従来のモニタツールでは、オペレータモードが1種類であり、その操作権限も決まっていたため、オペレータの役割や熟練度等に応じて操作権限を設定したいという市場要求に応えることはできなかった。そこで、オペレータモードについて次のように改善を図った。

- ・オペレータモードを4レベルに細分化する。
- ・各オペレータのレベルで、付与することのできる操作権限を操作項目ごとに設定できるようにする。

これらによって、オペレータの役割や熟練度に応じ、チューニングパラメータなどの主要な操作項目について、操作権限を柔軟に変えられるようになった。

ここで、操作権限を設定する項目については、表2に示すモニタツールの管理内容に分類して抽出し、図5に示すようにオペレータごとに操作可否を設定できる画面を作成した。設定可否は、チェックボックスにチェックを入れるだけで簡単に行うことができる。

表1. 従来のモニタツールにおけるモードの種類

モード名	操作権限の範囲
エンジニアモード	・監視操作(タグデータのモニタ／変更) ・モニタツールの動作環境設定
オペレータモード	・監視操作(タグデータのモニタ／変更)
ロックモード	・監視(タグデータのモニタ)

表2. モニタツールで管理が必要な操作例

管理内容の分類	操作権限を設定する項目
全般	モニタツールを終了する
タグデータ項目の変更	プロセスへの指示値・モードを変更する
	アラームの閾値を変更する
	チューニングパラメータを変更する
	プロセス設計値を変更する
警報・イベント	警報・イベントを確認する
	警報・イベントを削除する
札掛け／解除	各種オペレータのレベルに対応した札を札掛け／解除

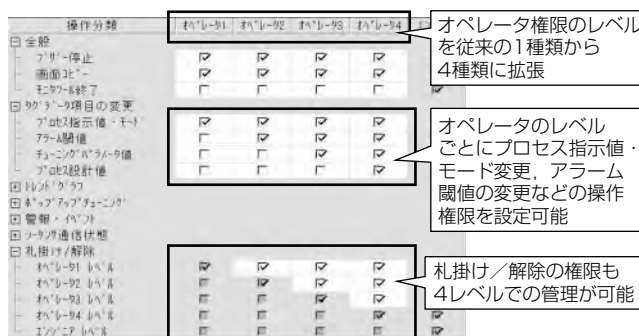


図5. モニタツールのセキュリティ設定画面

4. GT SoftGOT1000 セキュリティ機能連携

GT SoftGOT1000は、パソコン上で当社表示器GOTの機能を実現するHMIソフトウェアである。2. 1. 2項で述べたとおり、モニタツールの標準監視操作画面と、GT SoftGOT1000によるグラフィック監視画面を組み合わせることで監視操作システムを構築することが可能である。このGT SoftGOT1000もモニタツールと同様、オペレータのレベルによって操作範囲を制限できるセキュリティ機能がある。そこで、モニタツールのセキュリティ機能強化に伴い、GT SoftGOT1000のセキュリティ機能と連動できるようにした。

4.1 GT SoftGOT1000のセキュリティ機能

GT SoftGOT1000は画面や操作部品ごとにセキュリティレベルを設定することによって、画面表示や操作に制限をかけることができる。

オペレータは、自身のセキュリティレベルよりも高いセキュリティレベルが設定された画面及び部品に対して操作することができない。セキュリティレベルを変更する権限を持ったオペレータが、パスワード入力画面でパスワードを入力し、自身のセキュリティレベルを、画面及び部品に設定されたセキュリティレベルよりも高いセキュリティレベルに変更することで、これら画面及び部品の操作をすることができるようになる(図6)。

4.2 モニタツールのセキュリティ機能との連携

モニタツールのセキュリティ機能強化に伴い、モニタツールに、各オペレータのレベルに対応するGT SoftGOT1000のセキュリティレベルを設定する設定画面を設けた。この設定を行うことで、GT SoftGOT1000と連携した監視システムで、モニタツールにログインしているオペレータのレベルに応じてGT SoftGOT1000のセキュリティレベルを自動的に変更することが可能となる(図7)。

5. む す び

PX Developerモニタツールのセキュリティ機能の強化内容について述べた。今後も顧客の意見を取り入れ、使いやすいツールを目指して開発をしていく所存である。

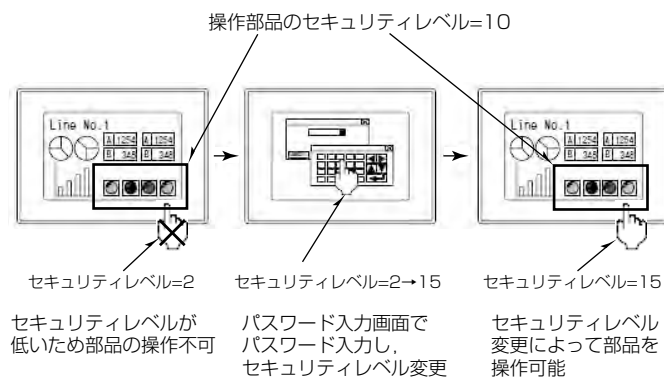


図6. GT SoftGOT1000のセキュリティ機能

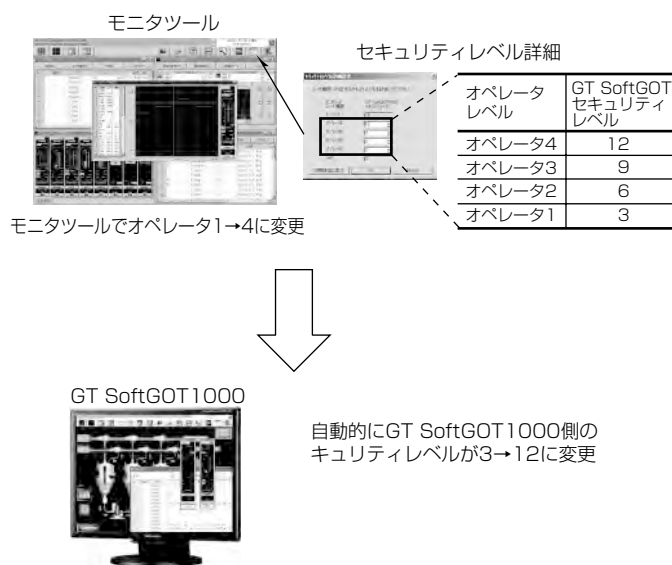


図7. モニタツールのセキュリティ機能との連携

参考文献

- (1) 市岡裕嗣：MELSEC計装，三菱電機技報，**81**，No.4，281～284（2007）
- (2) 坪根 亮：MELSEC計装による高性能・コンパクトな現場型計装システム，三菱電機技報，**83**，No.4，267～270（2009）
- (3) 坪根 亮，ほか：机上デバッグを可能とするMELSEC計装シミュレーション環境，三菱電機技報，**85**，No.4，245～248（2011）

PCI Express対応CC-Link IEコントローラ ネットワークインタフェースボード

布施智行*

CC-Link IE Controller Network Interface Board for PCI Express

Tomoyuki Fuse

要 旨

近年、シーケンサなどFA(Factory Automation)機器間のオープンなネットワークとしてCC-Link IEコントローラネットワークが普及してきている。その中で、パソコンをCC-Link IEコントローラネットワークに組み込みたいという要望に応えCC-Link IEコントローラネットワークインタフェースボードを開発、展開を行ってきた。

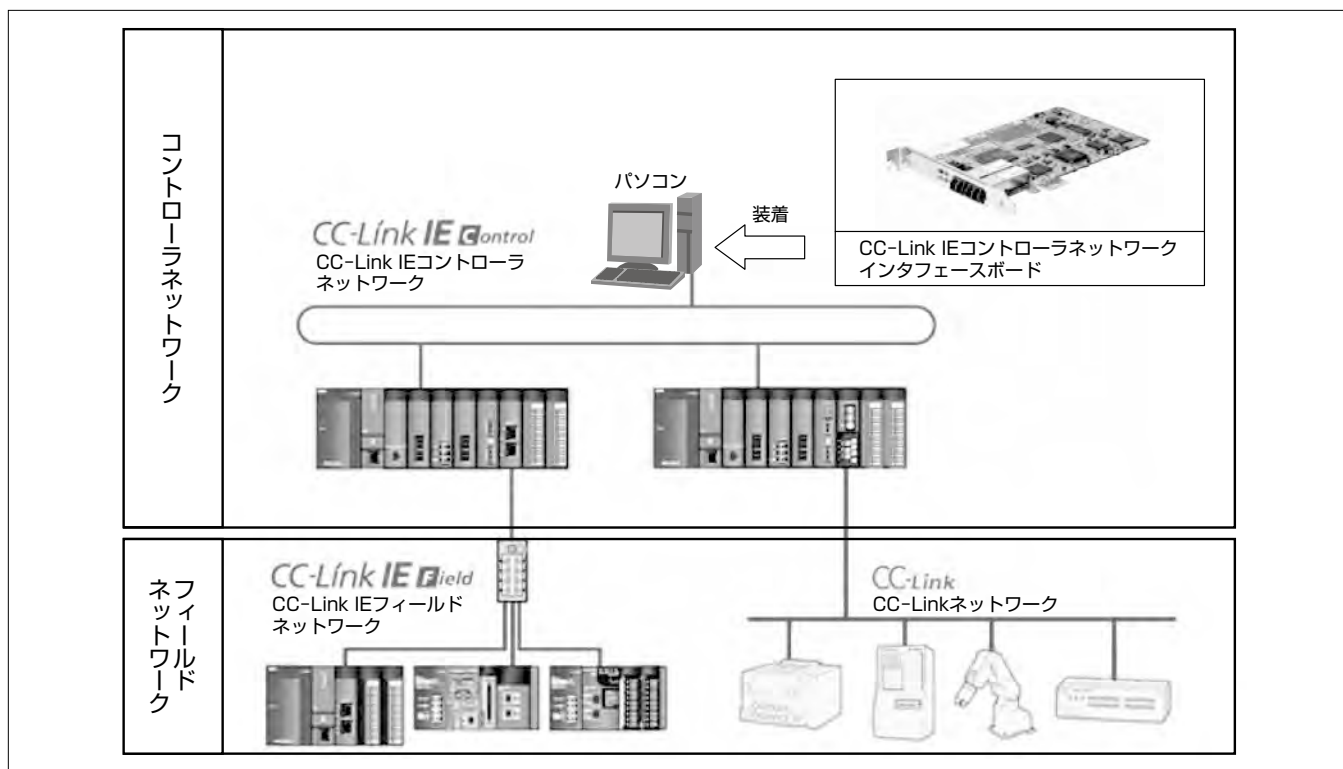
CC-Link IEコントローラネットワークインタフェースボードは、パソコンの拡張バスに接続し、Microsoft Visual Basic^(注1)／Visual C++^(注1)対応の専用ライブラリ関数で開発したアプリケーションによってパソコンとシーケンサ(FA機器)間で高速かつ大容量のデータ通信を行うことができる。また、CC-Link IEコントローラネットワークで必要となる局番、ネットワーク番号、チャンネル番号等各種パラメータを専用ユーティリティによって簡単に設定

することが可能である。

従来機種では、これまでパソコンで標準的に採用されていたPCI(Peripheral Component Interconnect)バスに対応していたが、近年、その後継規格であるPCI Expressを採用するパソコンが増えてきている。また、顧客からのデータ転送速度の高速化に対する要望が寄せられている。そこで、今回、PCI Expressに対応したCC-Link IEコントローラネットワークインタフェースボードを開発し、データ転送速度の性能改善を行った。その結果、従来機種と比較して、ネットワークデータの転送速度を1.9倍にすることができた。

本稿では、この開発で行った性能改善方法とその効果について述べる。

(注1) Visual Basic, Visual C++は、Microsoft Corp. の登録商標である。



CC-Link IEコントローラネットワークのシステム構成

生産現場のネットワークにおいて、CC-Link IEコントローラネットワークはシーケンサやパソコン等のコントローラ間の通信を担っている。パソコンにCC-Link IEコントローラネットワークインタフェースボードを搭載することにより、CC-Link IEコントローラネットワークとCC-Link IEフィールドネットワーク、CC-Linkネットワークにシームレスに通信することが可能となる。

1. ま え が き

CC-Link IEコントローラネットワークとは、シーケンサなどFA機器間の通信に特化したオープンなネットワークである(図1)。CC-Link IEコントローラネットワークインタフェースボード(以下“CC-Link IEコントローラボード”という。)は、パソコンをCC-Link IEコントローラネットワークに組み込み、シーケンサの制御やデータの収集などを行うことを目的としたネットワークボードであり、次の特長を持つ。

(1) 高速・大容量のネットワーク

Ethernet^(注2)ベースで1 Gbpsの転送速度を持ち、シーケンサ、パソコンなどの機器間で、高速、大容量のネットワークを構築できる。

(2) 専用ライブラリ関数によるアプリケーション開発

Microsoft Visual Basic/Visual C++に対応した専用ライブラリ関数を用いることで、シーケンサ(FA機器)と通信するアプリケーションを開発できる。

(3) 専用ユーティリティによる設定・診断

専用ユーティリティによって、CC-Link IEコントローラネットワークの局番、ネットワーク番号、チャンネル番号等を簡単に設定できるほか、診断機能によって、ネットワーク全体の状況をビジュアルに表示し、回線のトラブルや、シーケンサやCC-Link IEコントローラボードの異常を素早く発見することができる。

ここで、従来機種のPCIバス対応CC-Link IEコントローラネットワークインタフェースボード(以下“PCIバス対応CC-Link IEコントローラボード”という。)に対する顧客の要望にこたえて、今回、PCI Express対応CC-Link IEコントローラネットワークインタフェースボード(以下

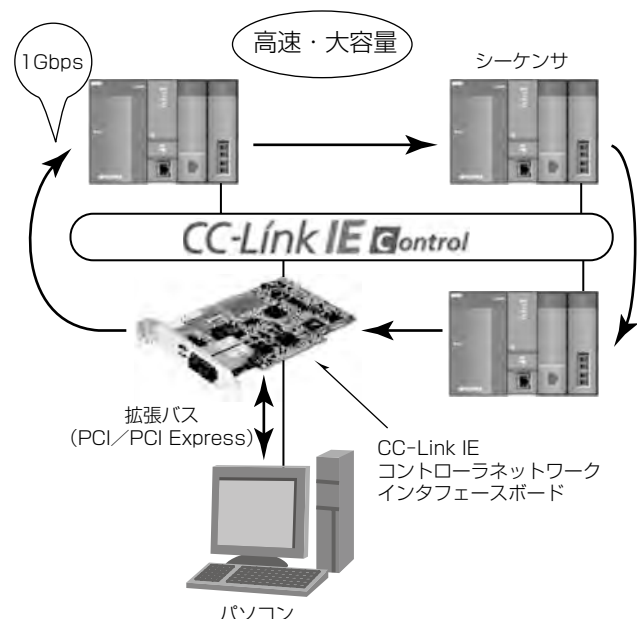


図1. CC-Link IEコントローラネットワークのシステム構成

“PCI Express対応CC-Link IEコントローラボード”という。)を開発した。この新製品の開発ポイントは次のとおりである。

(1) PCI Express対応

従来機種では、これまでパソコンで標準的に採用されてきたPCIバスに対応していたが、近年、PCIバスの後継規格であるPCI Expressを搭載したパソコンが多く採用されていることを受けて、PCI Expressに対応した。これによって、より多くのパソコンでの使用が可能となった。

(2) データ転送速度の高速化

最近の市場動向として、トレーサビリティ対応や装置エンジニアリングシステムの導入等によって、CC-Link IEコントローラネットワーク上を流れるデータ量が年々増加する傾向にあり、データの転送速度のより一層の高速化に対する要望があった。そこで、ネットワークデータの転送方式を改善し、高速化を実現した。

本稿では、この(2)のデータ転送速度の高速化について、その方法と効果について述べる。

(注2) Ethernetは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。

2. CC-Link IEコントローラボードのデータ転送方式

PCIバス対応CC-Link IEコントローラボードでのシーケンサのデータを受信する方式は次のとおりである(図2)。

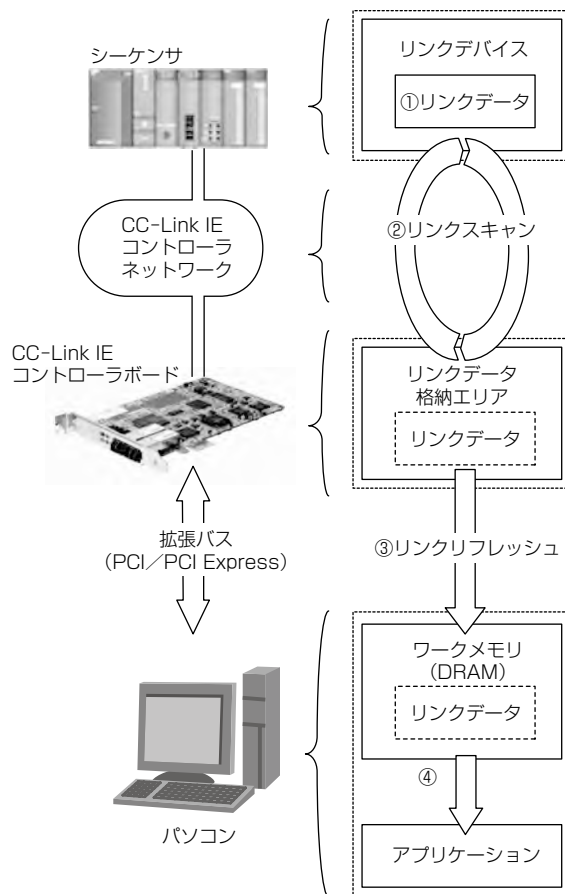


図2. CC-Link IEコントローラネットワークのデータ転送方式

- (1) シーケンサがパソコンに送信するデータ（リンクデータ）をリンクデバイスに格納する（図2①）。
- (2) シーケンサのリンクデバイスに格納されたリンクデータをCC-Link IEコントローラボードのリンクデータ格納エリアに転送（リンクスキャン）する（図2②）。
- (3) パソコンはボードのリンクデータ格納エリアのリンクデータをパソコンのワークメモリ（DRAM（Dynamic Random Access Memory））に転送（リンクリフレッシュ）する（図2③）。
- (4) アプリケーションはワークメモリからリンクデータを読み出す（図2④）。

送信については、これらとは逆の動作となる。これらの動作によって、顧客のアプリケーションからシーケンサへの通信を可能にしている。

3. 従来機種の課題

これらの通信方式で、従来機種では、受信方式に次の2つの課題があった。

(1) リンクリフレッシュ時間

パソコンにおけるCC-Link IEコントローラネットワークのデータ転送時間は、上記のリンクスキャン時間とパソコンのリンクリフレッシュ時間の合計である。このうち、リンクリフレッシュ処理（図3）は、パソコンのCPU（Central Processing Unit）がボード上のリンクデータ格納エリアからワークメモリへ逐次転送を行っていたため、データ量が多いと転送に時間がかかる場合があった。

(2) パソコンのCPU負荷

上記のとおり、大量のデータのリンクリフレッシュ処理をパソコンのCPUが逐次処理するため、CPUの負荷が大

きく、パソコンのパフォーマンスに影響を与えていた。それによって、同じパソコン上で動作する顧客のアプリケーションの処理速度を低下させる場合があった。

4. DMA機能による性能改善

これらの課題を解決するため、今回開発したPCI Express対応CC-Link IEコントローラボードではボード上にDMA（Direct Memory Access）機能^{（注3）}を搭載した（図4）。

このDMA機能は、ボード上のリンクデータ格納エリアとパソコンのワークメモリ間で、パソコンのCPUを介さずに直接データを転送する機能である。ここで、DMAを実行する際のDMA機能の設定にかかるオーバーヘッドや、リードとライトのタイミングによるオーバーヘッドが課題となったため次の仕様とした。

- (1) DMA機能の設定にかかる時間の影響をなくするため、DMA機能を2チャンネル搭載し、一方のDMA機能が設定のために停止している間に、もう片方のDMA機能がデータの転送を継続できるようにした。
- (2) データ転送の効率化のため、ワークメモリへのライト中にリンクデータ格納エリアから次のデータのリードを行う仕様とした。

これらのDMA機能によって、従来機種のパソコンのCPUによる逐次転送に比べてリンクリフレッシュ時間を短縮できる。また、データ転送はパソコンのCPUが介在しないため、これにかかっていた負荷が削減され、パソコンのパフォーマンスを向上させることが可能となる。

（注3） コンピュータ内でのデータ転送方式の一つであり、CPUを介さずにメモリ間で直接データを転送する方式を指す。

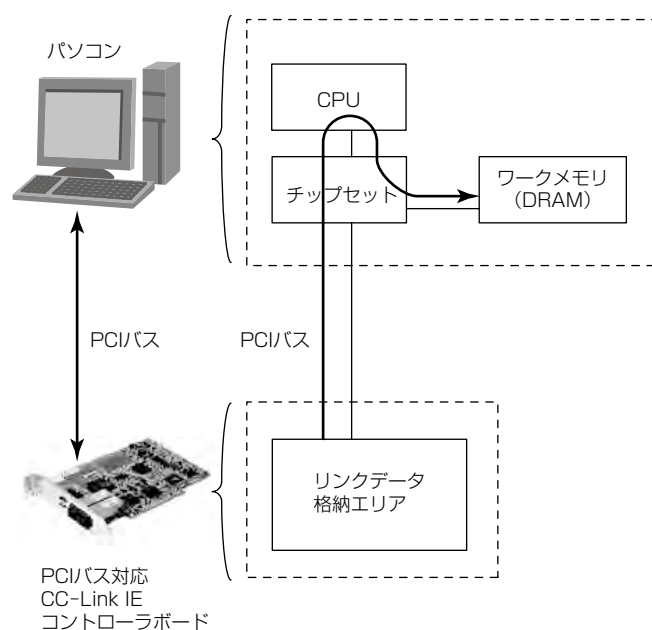


図3. 従来機種(PCIバス対応CC-Link IEコントローラボード)のリンクリフレッシュの動作

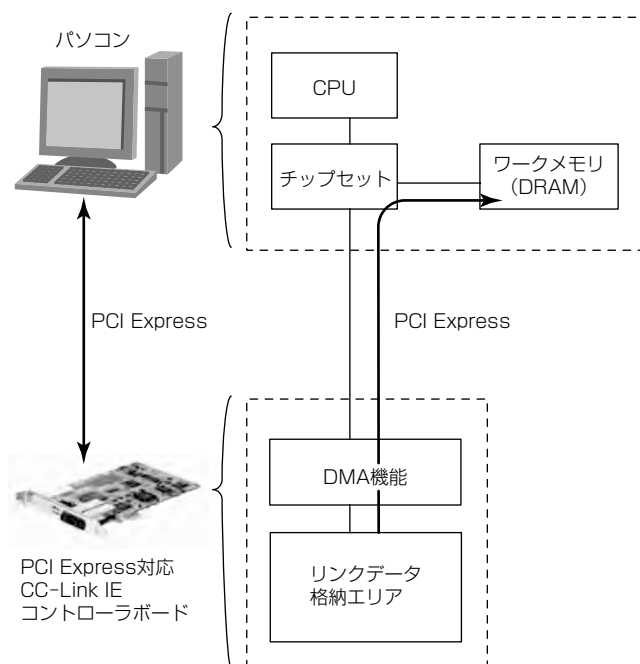


図4. 新機種(PCI Express対応CC-Link IEコントローラボード)のリンクリフレッシュの動作

5. 従来機種との性能比較

先に述べたリンクリフレッシュ時間の短縮とパソコンのCPU負荷低減の効果を確認するため、従来機種との性能比較を行った。測定条件は、図5のとおりである。

測定条件

- (1) 測定時のシステム構成
シーケンサ (MELSEC-Q) 3台 (局番1~3)
パソコン1台 (局番4)
- (2) 3台のシーケンサに、合計128k点のリンクデバイスを割り付け
- (3) パソコンでリンクデバイス全点のリンクリフレッシュを実施

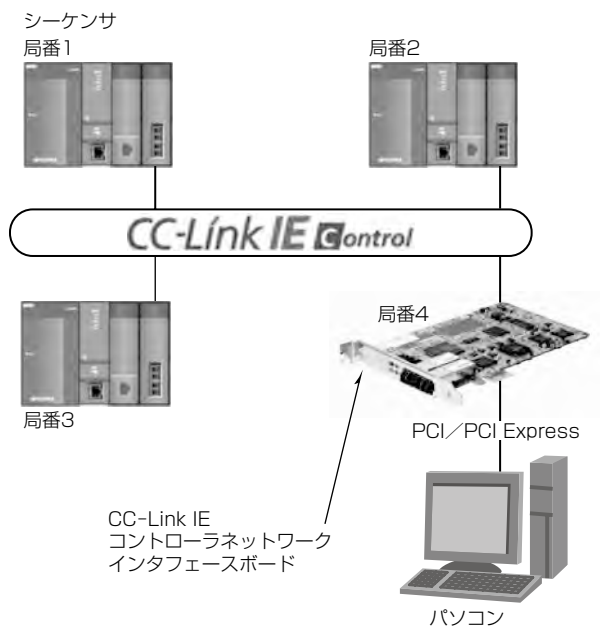


図5. 測定条件

5.1 リンクリフレッシュ時間の測定

リンクリフレッシュ時間として、リンクリフレッシュの開始から終了までの時間を測定した。測定の結果、PCIバス対応CC-Link IEコントローラボードが88ms、PCI Express対応CC-Link IEコントローラボードが47msとなり、転送速度は従来比で1.9倍となった。

5.2 CPU負荷の測定

CPU負荷の測定として、従来機種、新機種それぞれのCC-Link IEコントローラボードを動作させた場合のCPU使用率の比較を行った。CPU使用率の測定ではWindows^(注4)のパフォーマンスモニタを用いた。測定の結果、PCIバス対応CC-Link IEコントローラボードでは約23%、PCI Express対応CC-Link IEコントローラボードでは約5%となり、従来機種と比較して約18%の削減となった。

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

6. む す び

リンクリフレッシュ時間の短縮、及び、CPU負荷の低減によって、今回開発したボードを使用している顧客の製造装置、生産設備におけるタクトタイムの短縮、生産性の向上に貢献できた。

今回は性能改善に焦点を当てて述べたが、今後も顧客のニーズや要望を忠実に製品へ反映し、使い勝手が良く、付加価値の高い製品を提供できるよう、製品開発に取り組む所存である。

省エネデータ収集サーバ “EcoServerⅢ”

戸板滋人* 佐々木和也*
角田裕明*
友田雅雄*

Energy Saving Data Collecting Server “EcoServerⅢ”

Shigeto Toita, Hiroaki Sumida, Masao Tomota, Kazuya Sasaki

要 旨

三菱電機は省エネデータ収集サーバによるエネルギー使用量の“見える化”，エネルギー原単位^(注1)管理による省エネルギー支援を展開してきた。

更なる省エネルギー活動の推進を支援するため，見える化機能の充実，生産設備ごとでの原単位管理を考えたきめ細かなデータ収集，監視機能充実化を実現する省エネデータ収集サーバ“EcoServerⅢ”を開発した。製品の特長を次に挙げる。

(1) 見える化機能・操作性向上

- ① 5分，30分に加え，1分周期のデータ収集を追加。
1分ズームグラフ表示機能によって，きめ細かなエネルギー使用状況の把握が可能
- ② 5年分のデータ保存(月次(1日ごと))で充実した過去データ分析が可能

- ③ユニバーサルデザインによる画面レイアウト設計でスムーズな画面操作が可能

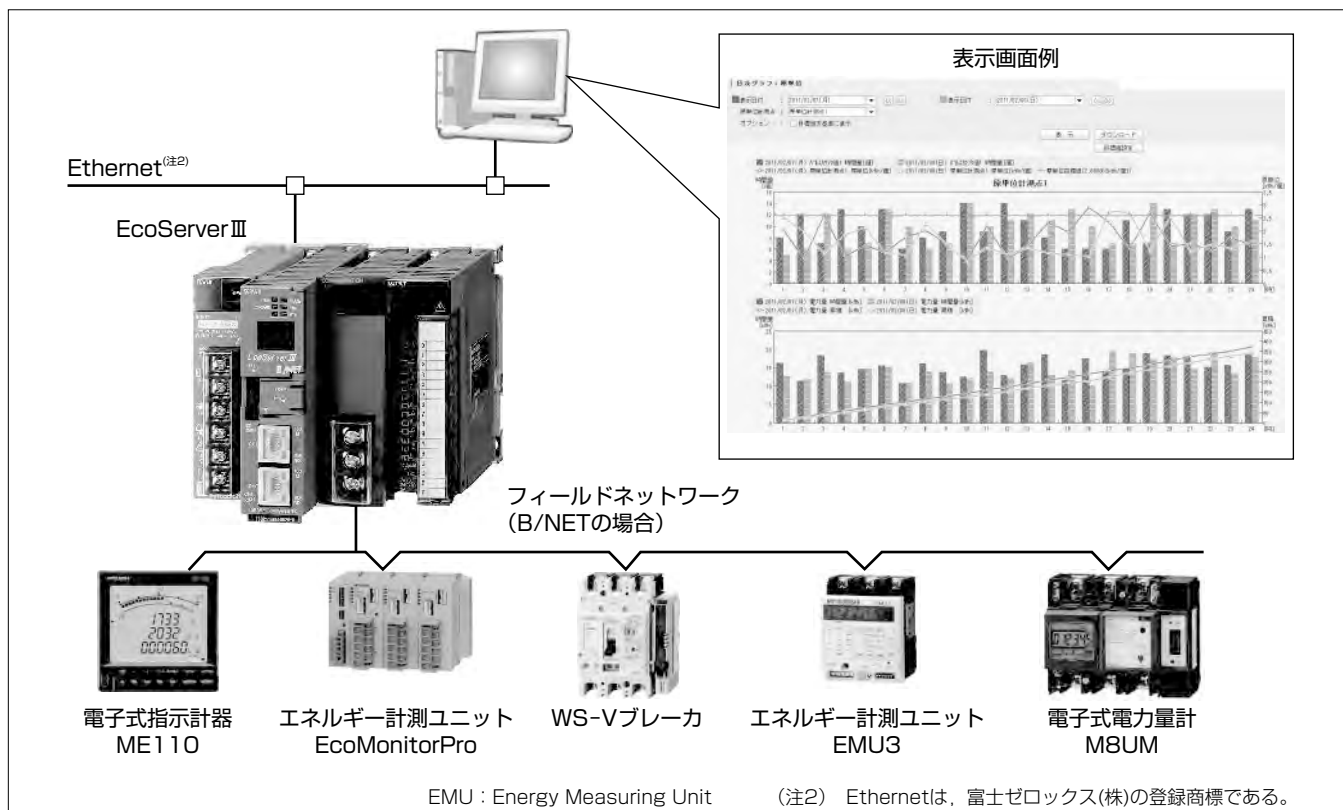
(2) 監視機能充実

- ①メール通報機能による異常警報の即時把握
- ②16点の無電圧 a 接点出力を実装し，接点情報での警報監視が可能

(3) 製品のシリーズ充実

- ①B/NET仕様，CC-Link仕様の2種類のフィールドネットワークに対応
- ②CC-Link仕様は日本語，英語，中国語の3言語をサポート，海外での省エネルギー活動にも展開可能

(注1) 省エネルギーの管理指標であり，エネルギー量を生産数量などで除した値



省エネデータ収集サーバ“EcoServerⅢ”システム構成例と表示画面例

省エネデータ収集サーバ“EcoServerⅢ”は，フィールドネットワークを介して各計測機器の電力量データなどを収集し，日次，週次，月次，年次の使用電力量グラフ，原単位グラフ等の画面をクライアントパソコンにソフトウェアの追加なしに表示させ，エネルギーの見える化を実現しエネルギー使用量の的確な把握が可能となる。また，監視機能によって異常を検出したとき，メール通報又は接点出力で通知し，異常の早期検出が可能である。このような機能によって，異常や目標値オーバーに対するリアルタイムな修正と改善活動が可能で，エネルギー削減活動を促進することができる。

1. ま え が き

1997年に開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議(京都会議)の結果を受けて、国は1999年4月に省エネ法を改正し、省エネルギーを促進させるため、以後2、3年おきに改定を行い、最近では2008年4月の事業者単位のエネルギー管理の導入を行った。また、2011年3月に発生した東日本大震災の影響で、節電・省エネルギー行動に対する意識が高まり、電力使用状況を管理するエネルギーマネジメントに対する注目が急速に高まっている。電力会社では安定した電力供給の確保が重要な課題となっており、省エネルギーは必要不可欠となってきた。

当社は省エネデータ収集サーバによる、エネルギー使用量の“見える化”、エネルギー原単位管理による省エネルギー支援を展開してきた。

更なる省エネルギー活動の推進を支援するため、見える化機能の充実、生産設備ごとの原単位管理を考えたきめ細かなデータ収集、監視機能充実化を実現する省エネデータ収集サーバを開発した。データを収集するフィールドネットワークは、従来のB/NETに、CC-Linkを追加し、システム構築対応の幅を広げた。

2. EcoServerⅢ

2.1 EcoServerⅢの特長

EcoServerⅢは、簡単な設定だけでフィールドネットワークであるB/NETやCC-Linkに接続された計測情報の計測データを収集し、収集した計測データをWebブラウザを使用してグラフ化し、現在値表示させることができ、省エネルギーに必要なデータ分析が簡単に行える機器である。

- エネルギー計測ユニット“EcoMonitorPro”，MDU(Measuring Display Unit)プレーカ、伝送機能付電子式マルチ指示計器等の計測機器や、MELSECシーケンサ

が管理している生産情報を収集し、内部に記憶することが可能である。1時間ごとのデータであれば最大6か月分のデータ蓄積が可能である。

- Ethernetを持っており、かつ、内部のHTTP(Hyper Text Transfer Protocol)サーバ機能によってイントラネット／インターネットへの情報発信が可能である。イントラネット上のクライアントパソコンであれば、Webブラウザを使用し生産情報、計測情報をどこからでも監視、閲覧することが可能である。
- EcoServerⅢが収集した各種電気量の上下限監視を行うことができ、上下限異常が発生した場合にイントラネット上のメールサーバに自動的に通報メールを送り、メールサーバから設備管理者の携帯電話へメール通報を行うことも可能である。
- データを収集し保存、かつ、Web上にデータを配信するために必要となるハードウェア、及びアプリケーションソフトウェアをすべて含めた一体型構成とし、顧客でのソフトウェアの作り込みや追加の手配が不要である。
- 同梱(どうこん)している設定ソフトウェアによって、端末と計測するデータを選択してEcoServerⅢに書き込むだけで、パソコンのWeb画面で各種データを棒グラフ・折れ線グラフ等によって確認できる。
- ソフトウェアのメニュー、ボタン類、操作の流れ、全体の色使いにユニバーサルデザインを適用している。また、主流となっている16：9のアスペクト比にも対応し、ワイド画面の特長をいかした、直感的な操作での使用と、データのわかりやすさが強化されている。

2.2 製品仕様

EcoServerⅢの製品仕様を表1に示す。製品はB/NET版(日本語)、CC-Link版(日本語、英語、中国語)をラインアップしている。

表1. 製品仕様

項目		内容	
形名		MES3-255B	MES3-255C
通信		B/NET	CC-Link
端末接続台数		最大255台 ※メインB/NETとサブB/NET伝送ラインに接続する端末器の合計台数	リモートI/O局 最大64台 リモートデバイス局 最大42台 ローカル局 最大26台
計測点	仮想	最大255点	
	原単位	最大128点	
		最大64点	
ロギング機能	年次	5年分(毎月1回、指定日、指定正時の収集)	
	月次	5年分(毎日1回、指定正時ごとの収集)	
	日次	6か月分(正時または30分ごとの収集)	
	ズーム	62日分(1分ごとの収集)	
表示機能	年次グラフ	1か月ごとの1年分を表示	
	月次グラフ	1日ごとの1か月分を表示	
	週次グラフ	正時または30分ごとの7日分を表示	
	日次グラフ	正時または30分ごとの1日分を表示	
	ズーム(1分)	1分ごとの1時間分を表示	
	現在値表示	一画面あたり最大10個の計測点を表示	
	比較表示	最大10点の比較表示が可能 (任意の計測点を部門ごと、設備ごとにグループ登録)	最大10点の比較表示が可能 (設備の停止時間、良品数等をグループ登録)
監視機能	メール通報	エラー、上下限監視、稼働監視、定期通報、原単位目標値監視、エネルギー計画値監視	
	接点出力	エラー、上下限監視、稼働監視、原単位目標値監視、エネルギー計画値監視	

3. 特長及び製品化への技術

3.1 ユニバーサルデザインの適用

EcoServerⅢはエネルギー情報の見える化を実現するのが役割である。今回の開発では、その見える化を担うWebアプリケーション画面にユニバーサルデザインを適用することによって、視認性の改善、操作性の改善を図った。

3.1.1 視認性の改善(色分けのみに頼らない表現)

異なる日付どうしの比較表示で、モノクロ印刷した場合に、改善前は比較2値のコントラストが小さいため差が分かりづらく、かつ、棒グラフ(時間量)と折れ線グラフ(累積)で、比較2値の明暗が逆転しており、対応がとりづらかった(図1(a))。

これに対し、比較2値のグラフのコントラストが大きくなるような配色とし、さらに、棒グラフには横罫線(けいせん)柄、斜線柄を入れることで容易に識別できるよう改善した。さらに、棒グラフと折れ線グラフのペアで明暗をあわせることで、対応がとりやすくなるよう改善した(図1(b))。

3.1.2 操作性の改善

従来機種ではメニュー画面とグラフ表示画面が分かれており、一度メニューから表示したいグラフを選択すると、グラフ表示画面に遷移してしまうため、違うグラフを表示したい場合は、ブラウザの[戻る]ボタンを押してメニュー画面に戻る必要があった。このため、月単位→日単位→時間単位→分単位などのようなドリルダウン分析を行う際に、

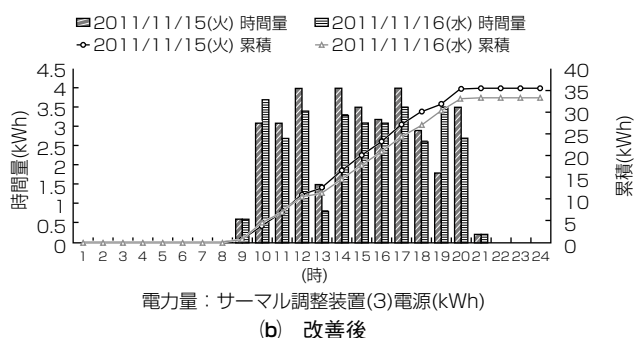
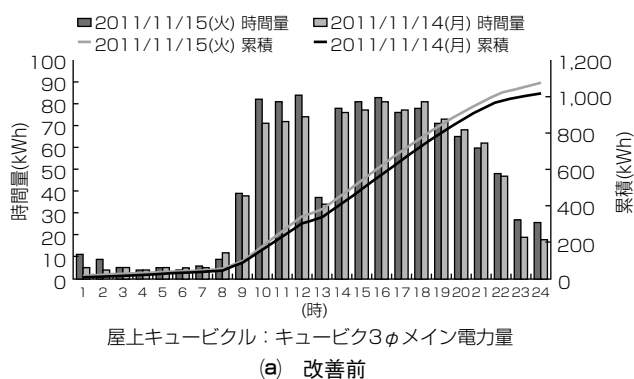


図1. グラフの視認性向上

画面の行き来によって思考が途切れてしまい、分析の弊害となっていた(図2(a))。

EcoServerⅢでは、メニュー部を画面左側に配置し、開閉可能とした。アスペクト比16:9のワイドディスプレイではメニューを常時表示し、従来のアスペクト比4:3のディスプレイでは、メニュー選択後、メニューフレームを自動的に閉じ、グラフを画面一杯に表示することができる。こうすることで、グラフメニューをいつでも呼び出すことが可能となり、シームレスな操作が可能となった。さらに、ワイド/ノーマルサイズどちらのディスプレイを使用したユーザーであっても、画面領域を最大限に有効活用できるようになった(図2(b))。

3.2 ソフトウェア構造化設計

EcoServerⅢのソフトウェア開発で、CC-Link, B/NET, MC(MELSEC Communication)プロトコル等、様々なフィールドネットワークに柔軟に対応する必要があり、開発規模が増大するため、開発効率を高めることが課題であった。開発効率を高めるにあたり、まず、現行機種EcoServerⅡ

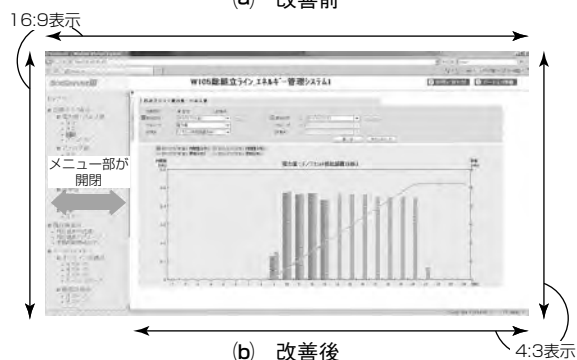
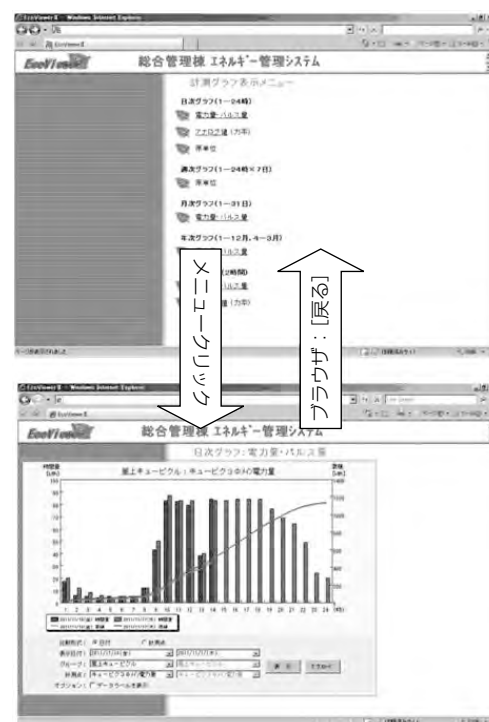


図2. 操作性の改善

のソフトウェア資産の流用率をいかに高めるかを念頭に、ソフトウェア構造化設計を行った。EcoServerⅢサーバ部のソフトウェア構造を図3に示す。

今回の開発で着目したのが、最も規模の大きいWebアプリケーション部であり、この部分の流用率を高めるため、従来機種とのプラットフォーム差異を吸収できるミドルウェアを開発することとした。このミドルウェアと、Webアプリケーション間のインタフェースを従来機種と共通にすることで、流用率を高めている。

さらに、ミドルウェア内部では、異なるフィールドネットワークごとに通信制御部をドライバ化し、機能間の結合度を下げることによって、将来的に新たなネットワークをサポートする際の機能追加を容易にした。

今後、このミドルウェアを、当社省エネデマンド監視サーバ“E-Energy”、検針サーバ等、サーバ製品のプラットフォームとして、順次展開していく計画である。

3.3 トレースログ機能による問題早期解決

EcoServerⅢは、購入ソフトウェアを含む複数のソフトウェアで構成されるため、障害が検出された場合に問題箇所の特定制が困難になることがあらかじめ予想された。これに対して、各ソフトウェアにおける、内部動作情報をログとして記録し、問題早期解決に役立てる仕組みを盛り込んだ。トレースログには、問題箇所の特定制に有用な次の情報を記録するようにした。

- ①タイムスタンプ (いつ)
- ②関数名(実行パス) (どこで)
- ③エラー情報、内部変数値等 (何が)

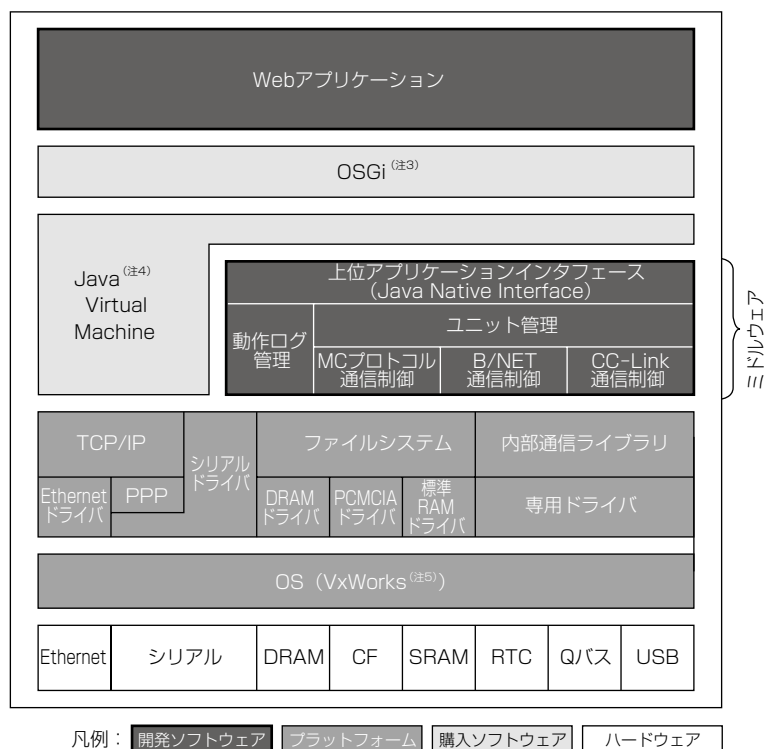
ただし、すべての箇所でもログを記録した場合、製品の主機能の動作に影響を及ぼすため、トレースログ記録の粒度を設定によって変更できるようにしている。

レベル3(粗): エラー情報

レベル2(中): レベル3 + 実行パス

レベル1(細): レベル2 + デバッグ情報(内部変数値)

これによって、通常はレベル3に設定して製品主機能に影響がないよう動作させ、障害発生時の問題箇所特定制にのみレベル2、又はレベル1に設定して詳細な動作を確認するという使い方が可能となった。



- 凡例: 開発ソフトウェア プラットフォーム 購入ソフトウェア ハードウェア
- TCP/IP : Transmission Control Protocol/Internet Protocol
 PPP : Point to Point Protocol
 RAM : Random Access Memory
 DRAM : Dynamic RAM
 SRAM : Static RAM
 PCMCIA : Personal Computer Memory Card International Association
 CF : Compact Flash(注6)
 RTC : Real Time Clock
 USB : Universal Serial Bus
- (注3) OSGiは、OSGi Allianceの登録商標である。
 (注4) Javaは、Oracle Corp.の登録商標である。
 (注5) VxWorksは、Wind River Systems, Inc.の登録商標である。
 (注6) Compact Flashは、SanDisk Corp.の登録商標である。

図3. EcoServerⅢサーバ部のソフトウェア構造

トレースログ機能による効果としては、主に次の二つが挙げられる。

- ①製品開発評価時の問題早期解決による開発期間の短縮
- ②設定ミス、配線ミス等による動作トラブルに対してスピーディーなサポート対応が可能

4. む す び

当社は、エコファクトリー活動のノウハウの中から生まれた、省エネルギー支援システムと省エネルギー支援機器を提供している。今後も引き続き、市場で要求される省エネルギー管理を提供する総合的なエネルギー管理システムを必要とする顧客に効果的に提供できる製品開発に取り組んでいく所存である。

世界戦略ワイヤ放電加工機 “MVシリーズ”

三枝嘉徳* 小川卓也*
服部広一郎* 塩澤貴弘*
中島洋二*

World Strategic Wire Electric Discharge Machine "MV Series"

Yoshinori Saigusa, Kouichirou Hattori, Youji Nakajima, Takuya Ogawa, Takahiro Shiozawa

要 旨

近年の世界的な景気低迷や、自動車、家電、IT関連機器等様々な製品の価格低下の傾向はとどまることがなく、放電加工機を取り巻く環境はますます厳しくなっている。ワイヤ放電加工機の市場としては、従来の主要市場であった日米欧の汎用金型市場規模は縮小し、金型の高精度化／高付加価値化が進んでおり、更なる加工精度向上、生産性の向上やランニングコスト低減等が求められている。またプラスチック金型に代表されるボリュームゾーンである汎用金型の主要市場は中国などの新興国にシフトしてきている。このため日米欧での市場要求や、更に成長が見込まれる新興国のボリュームゾーンである汎用金型の市場ニーズを分析し反映した世界戦略機“MVシリーズ”を開発した。MVシリーズは次のような特長を備えている。

(1) 自動結線性能向上：ワイヤの巻きクセ(カール)にばら

つきのある汎用的なワイヤ線でも安定した自動結線性能を実現

(2) 加工精度向上：三菱電機製サーボアンプとNC制御装置を用いた高速光通信と、シャフトリニアモータの二つの相乗効果による形状加工精度の向上

(3) 生産性向上：電源制御・定盤絶縁構造・上部ワイヤガイド構造最適化による加工速度向上と面粗さ低減の両立

(4) 操作性向上：加工条件検索の簡単化／焼入れ定盤による長期にわたる精度安定化

(5) ランニングコスト低減：ワイヤ消費量削減／ろ過フィルタの寿命向上／イオン交換樹脂の長寿命化

これらの新技術は作業者のノウハウなしで使用することができるため、幅広いユーザーから好評を得ている。



MV1200R



MV2400R

	MV1200R	MV2400R
各軸ストローク(X×Y×Z) (mm)	400×300×220	600×400×310
最大工作物寸法(幅×奥行き×高さ) (mm)	810×700×215	1,050×820×305

世界戦略ワイヤ放電加工機“MV1200R／MV2400R”

MVシリーズはワイヤの巻きクセ(カール)にばらつきのある汎用的なワイヤでも安定した自動結線が可能な自動結線装置“LAT (Intelligent Automatic wire Threader)”や電源制御・機械構造最適化による加工速度と面粗さの両立、フィルタやイオン交換樹脂の超寿命化によるランニングコスト低減を図った世界戦略ワイヤ放電加工機である。ワイヤ放電加工機における次世代の標準機として高い注目を集めている。

1. ま え が き

近年の世界的な景気低迷や、自動車、家電、IT関連機器等、様々な製品の価格低下の傾向はとどまることがなく、放電加工機を取り巻く環境はますます厳しくなっている。ワイヤ放電加工機の市場としては、従来の主要市場であった日米欧の汎用金型市場規模は縮小し、金型の高精度化／高付加価値化が進んでおり、更なる加工精度向上、生産性の向上やランニングコスト低減などが求められている。またプラスチック金型に代表されるボリュームゾーンである汎用金型の主要市場は、中国などの新興国にシフトしてきている。特に中国市場では、プラスチック金型などのボリュームゾーンの汎用金型製造を行うユーザーは、機械稼働率も非常に高く活況を呈している。このため、日米欧での市場要求や、中長期的にも更に成長が見込まれる中国など新興国のボリュームゾーンである汎用金型の市場ニーズを反映したワイヤ放電加工機として、世界戦略ワイヤ放電加工機“MVシリーズ”を開発した(図1)。

本稿ではMVシリーズで向上した5つの基本性能を中心に述べる。

2. MVシリーズで向上した5つの基本性能

2.1 自動結線性能の向上

ワイヤの自動結線装置は、ワイヤ放電加工機の自動化に不可欠な装置であり、その信頼性と高速性がこれまでの課題であった。2005年発表の“FAシリーズ”で搭載したワイヤ自動結線装置“AT2”は信頼性を向上させつつφ0.1mmの細線ワイヤにも対応した装置で、市場でも好評を得ている。今回はさらに中国など世界市場で使用されることが多いワイヤの巻きクセ(カール)にばらつきのある汎用的なワイヤ線を使用した際の自動結線の信頼性改善を図るため、自動結線機構を大幅に見直した“IAT”を開発しMVシリーズに搭載した。

2.1.1 ワイヤの巻きクセ(カール)にばらつきのある汎用ワイヤ線での信頼性向上

自動結線装置では、結線前ワイヤの巻きクセ(カール)を取り除くためにアニール処理と呼ばれるワイヤ線の真直性を改善させる処理を行う。今回のIATでは次の3つの性能向上策を実施し、ワイヤ線の真直性を改善した。①アニール処理を行うワイヤ線距離を2倍にした、②アニール処

理時の電流制御分解能を6倍にした、③ワイヤに張力を与えるメンテナンスモータをサーボモータにしてアニール処理時のテンション制御性能を向上させた。これによって、カールにばらつきのある汎用的なワイヤ線を使用した場合でも安定的な自動結線性能を実現した。また、従来装置では信頼性が低かったワイヤが断線した位置(断線点)での自動結線(図2)でも高い自動結線性を持ち、さらにはワイヤ線の自動結線から切断までのサイクルタイムも短縮した。

2.1.2 高板厚での自動結線性能向上

ワイヤ結線時には自動結線装置のノズル部からジェットと呼ばれる水流を出してワイヤ線を搬送する。このため、ジェット水流の流れには真直性や乱れがないことが求められる。

今回のIATではジェット水流の流体解析シミュレーションによって上部ワイヤガイド機構の最適化を図り、ジェット水流の真直性を向上させた(図3)。これによって高板厚領域での自動結線信頼性が大幅に向上した。

2.1.3 最適な自動結線モードの選択簡便化

“IAT”では高板厚領域でのジェット水流を使用した自動結線、ジェット水流なしの水中断線点での自動結線、スタート穴径の小さな自動結線時に使用する細穴挿入機能など、加工形状に最適な自動結線モードを簡単な操作で選択可能とした。

2.2 加工精度の向上

当社製サーボアンプとNC制御装置を用いた高速光通信による高応答性を持ったシステムと、バックラッシュがなく長期間にわたり安定して高精度を持つシャフトリニアモータの協調制御(Opt Drive System：ODS)によってMVシリーズでは形状加工精度が向上している。図4にφ20真円加工事例を示すが、ODSの効果によって切り返し時の突起やアプローチ部の食い込みを抑え、真円度1.7μmの加工精度を実現している。

2.3 生産性の向上

2.3.1 デジタル電源制御高速化による加工速度向上

MVシリーズではデジタル電源制御の高速化によって極間電圧の検出を早くすることが可能になった。これによって極間での絶縁破壊を起こすコンデンサ放電から、その後発生するトランジスタパルスの主放電への切替えが早くなり、有効放電の数が上がった。その結果、エネルギーを効率良く加工部に伝達できるようになり、従来に比べて加工

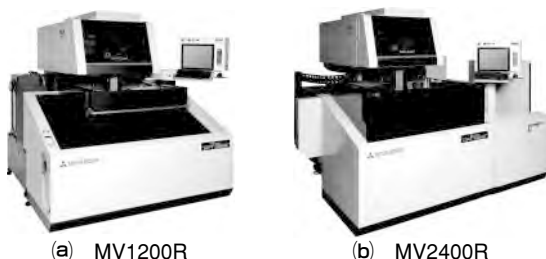


図1. MVシリーズの外観



図2. 高板厚領域での断線点挿入による結線

<挿入条件>
 ワイヤ径：φ0.25BS
 Z軸高さ：180mm

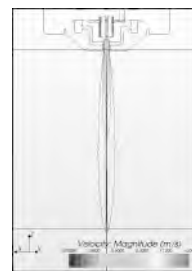


図3. ジェット水流解析

速度の向上、及びワイヤの断線を抑制することが可能になった。図5、図6に汎用金型加工で多く使用される3回加工でRz3.5 μ mの面粗さで加工を行った時の従来機種との加工速度比較を示す。MVシリーズでは従来機種に比べてトータルの加工速度が20%向上した。

2.3.2 定盤絶縁構造の採用

MVシリーズでは図7のように被加工物を載せる定盤と鋳物の間に絶縁材のセラミックを挟み込み、定盤と加工機本体を電氣的に絶縁する構造を採用した。この構造を採用することで荒加工時には絶縁を使用せず加工速度を上げて加工を行うが、仕上げ加工時には絶縁構造によって浮遊の静電容量成分が減り、微小なエネルギーで加工ができるようになった。これによって面粗さを向上させながらトータル加工速度を向上させることが可能になった。MVシリーズでは高精度金型加工に多く使用される4回加工でRz2.0 μ mの面粗さを実現した際の加工速度も従来機種に比べて20%向上した。

2.3.3 上部ワイヤガイド構造最適化

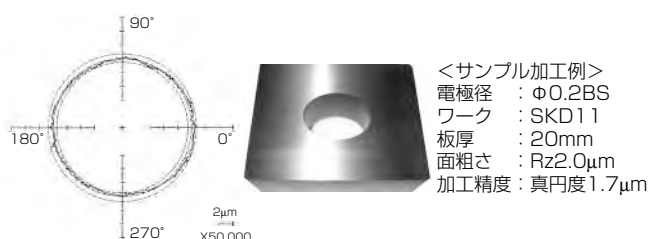


図4. MV-R真円加工サンプル例及び真度測定結果

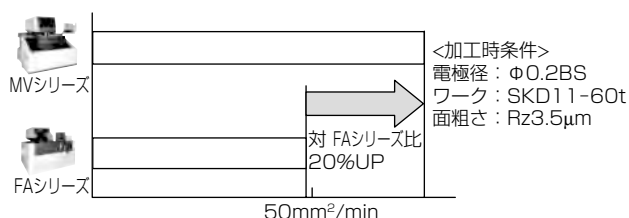


図5. 3回Rz3.5 μ m加工時のMVシリーズの加工速度比較

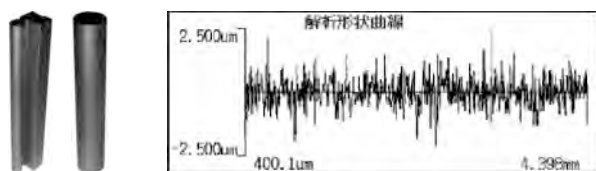


図6. 3回Rz3.5 μ m加工サンプル例と面粗さ測定結果

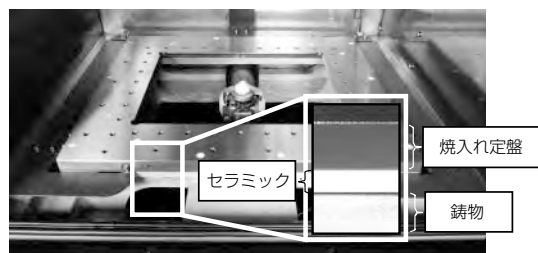


図7. 定盤絶縁構造

ワイヤ放電加工機では、加工時に上部ワイヤガイド部のノズルから加工液を噴出して、加工部で発生する加工屑(くず)(スラッジ)の除去を行っている。加工液でスラッジの除去を効率良く行うためには、ノズルから出る加工液の真直性が求められる。今回のMVシリーズでは加工液水流も前述のジェット同様に流体解析シミュレーションによって上部ワイヤガイド構造の最適化を行い、加工液水流の真直性を向上させたことで加工速度の向上を実現している。

2.4 操作性の向上

2.4.1 加工条件検索の簡単化

ワイヤ放電加工を行う際には、使用するワイヤ電極径、加工する物の材質、板厚、目標の面粗さ等によって、様々な異なる加工条件を選択する必要がある。MVシリーズでは加工条件検索をする際に、必要な項目が順番に表示される選択絞り込み方式としたことで、初心者でも簡単に加工条件検索が可能となった。また加工現場で多く使用されるNC制御装置の二次元CAM(Computer Aided Manufacturing)上でも絞り込み方式の加工条件検索が可能となり、操作性が向上した。

2.4.2 焼入れ定盤採用

一般的に被加工部(ワーク)を載せる定盤は、使用時の磨耗や傷等によって経年的に平面度などの精度が悪化する。中国などの市場調査の結果、硬度が高く磨耗や傷のつきにくい定盤にしてほしいというニーズがあった。MVシリーズではワークを載せやすい形状の一体口の字型の焼入れ定盤として、定盤の硬度を従来機種比で約30%向上させた(図8)。これによって定盤自体の経年劣化を防ぐとともに、長期にわたる定盤精度の安定化を図った。

2.4.3 段取り・メンテナンス性向上

段取り・メンテナンス性について日米英以外の中国などの新興国でも市場調査を行い、次の改善を実施した。

(1) 段取り性向上

① 扉操作性改善

上下開閉手動扉を、ハンドルの一連動作でロック／アンロック可能(図9)

② ワーク平行出し作業性改善

自動結線装置前部にダイヤルゲージのスタンド固定用位置を設置

③ 加工液流量計、ジェット水流調整用バルブの視認性、操作性向上

機械正面のワイヤ送給部の横に流量計、バルブを設置



図8. MVシリーズの定盤硬度比較

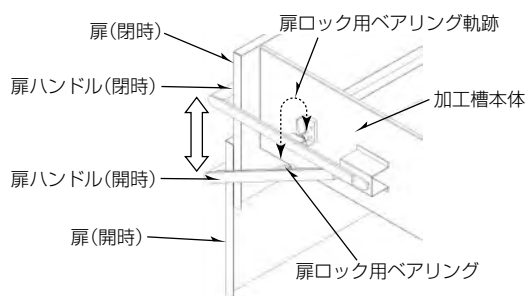


図9. 操作性改善の扉構造

(2) メンテナンス性向上

①加工液タンクの清掃性向上

清掃時に使用するタンク上面開口部を拡大

②電磁弁の清掃作業性向上

電磁弁の上部に空間を設け、電磁弁への接近を容易化

2.5 ランニングコスト低減

ワイヤ放電加工機に代表されるようなマザーマシンは可能な限り効率的に稼働させ、付加価値の高い製品を作り出すことによって、ユーザーは大きな利益を得る。稼働にかかるランニングコストを低減させることは、そのままユーザーの収益を増やすこととなり更なる改善が求められている。ワイヤ放電加工機のランニングコストはワイヤ電極、ろ過フィルタ、イオン交換樹脂で全体の約80%を占めるため、MVシリーズでは主にこれら消耗品に関してランニングコストの低減を図った。

2.5.1 ワイヤ消費量削減

一般に、ワイヤ電極の送り速度が遅いほど電極消耗の影響で真直精度、特に上下寸法精度が低下する。そのため、従来は真直精度の要求からワイヤ消費量を削減できないといった問題があった。これに対し、MVシリーズでは最新のデジタル電源制御によって荒・仕上げ加工における真直精度が向上し、ワイヤ送り速度を低速化させても高い真直精度を維持することが可能になった。これによってワイヤの消費量を減らすことができ、従来機種に比べて最大46%削減可能となった(図10)。

2.5.2 ろ過フィルタの寿命向上

加工で発生するスラッジを加工液から分離するろ過フィルタは、ワイヤ放電加工機に必要不可欠な消耗品である。MVシリーズでは加工状況によって発生するスラッジ量が異なることに着目し、荒加工時と仕上げ加工時のろ過フィルタ通過流量を切り替える流量の最適化を行った。この結果、仕上げ加工時のろ過フィルタ通過流量を必要最小限とすることで、フィルタの寿命向上を実現した。これによって、従来機種比でろ過フィルタのランニングコストを最大45%抑えることが可能になった(図11)。

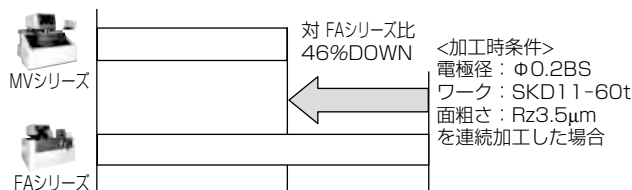


図10. MVシリーズのワイヤ消費量比較

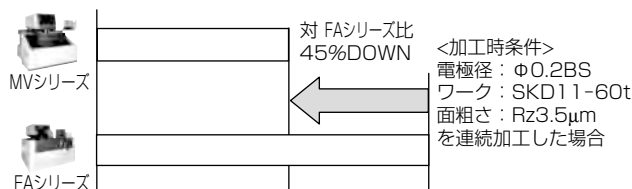


図11. MVシリーズのフィルタランニングコスト比較

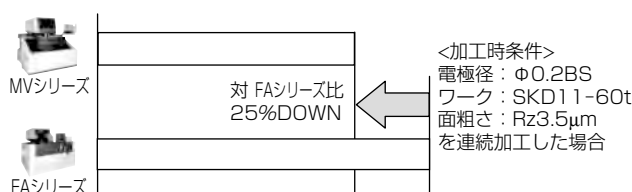


図12. MVシリーズのイオン交換樹脂 ランニングコスト比較

2.5.3 イオン交換樹脂の長寿命化

一般的にワイヤ放電加工機は、加工液に水を使用して加工を行うことから加工液中の余計なイオン成分を取り除き、水の導電率を一定にしておく必要がある。この際に使用されるのがイオン交換樹脂であり、交換が必要な消耗品となっている。加工液の導電率を下げるとイオン交換樹脂の寿命が向上するが、加工時の面粗さが悪くなる問題があった。MVシリーズではデジタル電源制御や定盤絶縁構造を採用することで、面粗さが改善され導電率を下げる設定を可能とした。これによって、従来機種に比べてイオン交換樹脂のランニングコストを最大25%抑えることが可能になった(図12)。

2.6 デザイン

ワイヤ放電加工機も、近年は性能さえ良ければ外観は気にしないと言うことではなく、デザインも一つの性能として位置付けられるようになってきた。当然、見た目のイメージは、機械そのものの性能を判断する有効な手段でもある。MVシリーズでは、デザインについて中国などの市場調査を実施し、市場の嗜好(しこう)にあった安定感のあるシンメトリーデザインを採用した。

3. むすび

世界戦略ワイヤ放電加工機MVシリーズとそれに搭載している新技術について述べた。今後とも市場ニーズにこたえとともに、新たな市場を開拓する技術と製品の開発に取り組んでいく所存である。

新型炭酸ガスレーザ加工機 “eXシリーズ”

大村浩嘉*
宮崎隆典*
森下弘将*

New CO₂ Laser Processing Machine "eX Series"

Hiroyoshi Omura, Takanori Miyazaki, Hiromasa Morishita

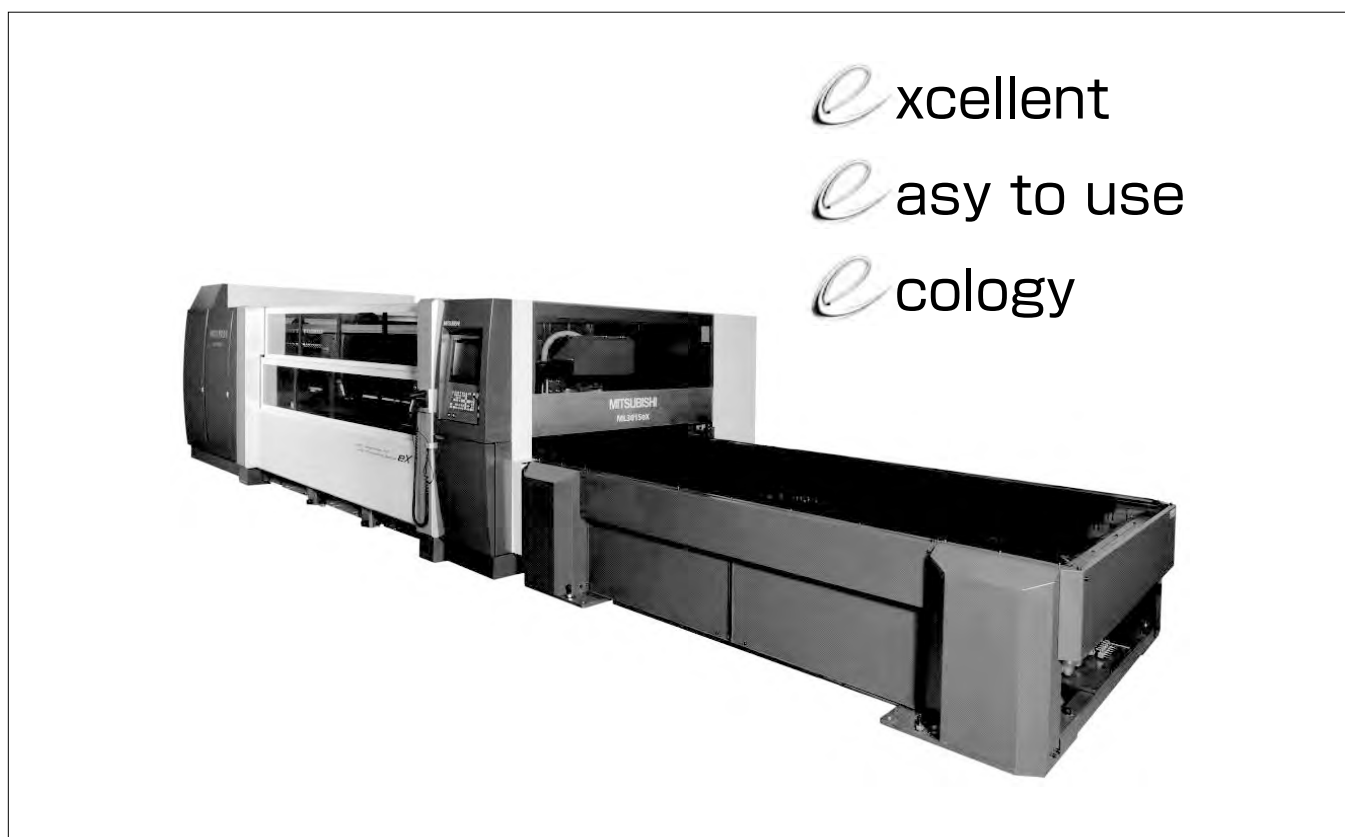
要 旨

炭酸ガスレーザ加工機は任意軌跡が切断可能な工作機械として多くの産業分野で使われている。近年、新興国への製造業のシフトや製品サイクルの短縮化が進む中、更なる生産性向上、熟練作業者を必要としない簡単な操作、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、三つの“e”，(1) excellent, (2) easy to use, (3) ecologyをコンセプトとした新型炭酸ガスレーザ加工機“ML3015eX-45CF-R”を製品化した。一つ目の“excellent”は“高性能なレーザ加工機を安心稼働”を実現するため、XY軸の送り速度100m/minに高速化し、加速度を従来機比2倍に向上させ、振動抑制制御によって高速高精度加工を実現した。さらに、従来機比4倍に高速化し

た焦点最適化制御によって、厚板、中厚板のピアス時間を短縮した。これによって、薄板(ステンレスt1mm)では約20%、中厚板(軟鋼t16mm)では加工時間を約30%短縮した。二つ目の“easy to use”は“だれでも簡単満足操作性”を追及し、①バーコードリーダーによる加工情報の読み込みと、②スタートボタン操作という二つのアクションのみで加工が完了できる機能を搭載した。三つ目の“ecology”は“エコ&クリーン”な製品を提供するため、加工待機時のパージガスや待機電力を自動抑制するeco(ecology)モード機能を搭載し、待機時のコストを最大約90%削減した。

本稿では、最新のレーザ加工技術をはじめ、三つの“e”を中心にその詳細技術を述べる。



新型炭酸ガスレーザ加工機“eXシリーズ”

三つの“e” ((1) excellent, (2) easy to use, (3) ecology) をコンセプトに持つ炭酸ガスレーザ加工機eXシリーズは生産性を従来比最大1.4倍まで高め、かつ熟練作業を必要としない2アクションによる簡単加工を実現した。さらに、ecoモード搭載によって待機時のランニングコストを最大90%削減した。

1. ま え が き

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

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

一方、中国をはじめとした新興国への製造業のシフトや最終製品に対するユーザーニーズの多様化、製品サイクルの短縮化が進む中、レーザ加工機には更なる生産性向上や多品種小ロット生産への対応、熟練作業者を必要としない簡単な操作、消費電力削減によるランニングコストの低減、信頼性向上による長期間の安定稼働が求められている。

本稿では、このような市場要求に対して投入した新型炭酸ガス二次元レーザ加工機ML3015eX-45CF-Rについて述べる。

2. 製品の仕様と特長

先に述べた市場要求に対して、三つの“e”，(1) excellent, (2) easy to use, (3) ecologyをコンセプトとして“ML3015eX-45CF-R”（以下“eX”という。）を開発した（表1）。一つ目の“excellent”に関しては、“高性能なレーザ加工機を安心稼働”を基本とし、加工能力と加工機の信頼性を向上させる技術を搭載した。二つ目の“easy to use”は“だれでも簡単満足の操作性”を追求し、2アクションで加工が完了できる機能を搭載した。三つ目の“ecolo-

表1. ML3015eX-45CF-Rの主な仕様

項目		ML3015eX
移動方式		光走査方式
ストローク(mm)	X軸	3,100(+200)
	Y軸	1,550
	Z軸	150
早送り速度(m/min)	X, Y軸	最大100
	Z軸	最大65
加工送り速度(m/min)		最大50
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)
適合発振器		ML45CF-R
定格出力(W)		4,500
ビームモード		低次(TEM01主成分)
出力安定度		±1%以下

TEM : Transverse Electrical Magnetic mode

gy”については“ランニングコストを抑えてエコ&クリーン”の実現のため、加工機待機時のランニングコストを最大90%削減可能とした。

3. “excellent”：高性能なレーザ加工機

3.1 薄板の高速切断

4.5kWの高出力発振器に加え、加工テーブル全領域のビーム特性を均一化するビームスタビライザ、加工対象材料に応じてビーム特性や焦点位置等を最適に制御するビーム最適化ユニット、高速加工時に材料表面との距離を高精度に制御する静電容量式微いセンサ等との組合せによって、軟鋼、ステンレス、アルミ合金等、幅広い材料で加工時間が短縮されており、従来機“LV-45CF-R”（以下“従来機”という。）と比較して生産性の大幅向上を実現した。

図1は加工時間を比較した例であるが、加工機の駆動部品と最新制御技術の適用によって従来機と比較して駆動系の加速度を最大2倍とし、最大加工送り速度は30m/minから50m/minとなり、従来機での加工精度を維持しながら、約20%の加工時間短縮を実現している。

3.2 新ピアシング技術による軟鋼加工時間短縮⁽¹⁾⁽²⁾

中厚板以上の軟鋼加工ではピアシング加工（開始点の穴あけ加工）時間が総加工時間に占める割合が大きくなる。そこでeXシリーズでは板厚16mmまでの軟鋼で新ピアシング技術であるブローピースを採用し、更なる加工時間短縮を図っている。

ブローピースは三菱電機発振器の特長である出力応答特性を活かし、最適ピーク出力を段階的に制御することで、酸化燃焼反応をコントロールすることが可能であり、従来と同等の穴径を維持しながらピアシング時間を最大50%短縮した技術である。図2に板厚9mmの軟鋼でのピアシング能力比較と板厚12mmでこの技術を適用した場合の実加工時間比較を示す。ピアシング穴品質の向上に加えて、貫通時間とその後切断に移行するアプローチ時間を短縮することによって、全体加工時間は30%短縮され、生産性が1.4倍向上している。

3.3 ステンレス切断能力の拡大⁽²⁾

当社独自の三軸直交型レーザ発振器で得られる高いビー

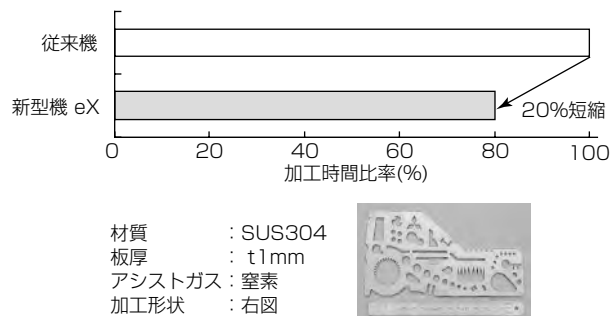


図1. 薄板の加工時間短縮

ム品質に加え、適用可能な光学系が増えたことで、ステンレスの切断可能な板厚が拡大した。図3に切断例を示す。

従来機における切断公称能力は板厚12mmであるが、eXシリーズではプラズマ面切断で板厚20mm、ファイン面切断では16mmの加工が可能である。プラズマ面切断はファ

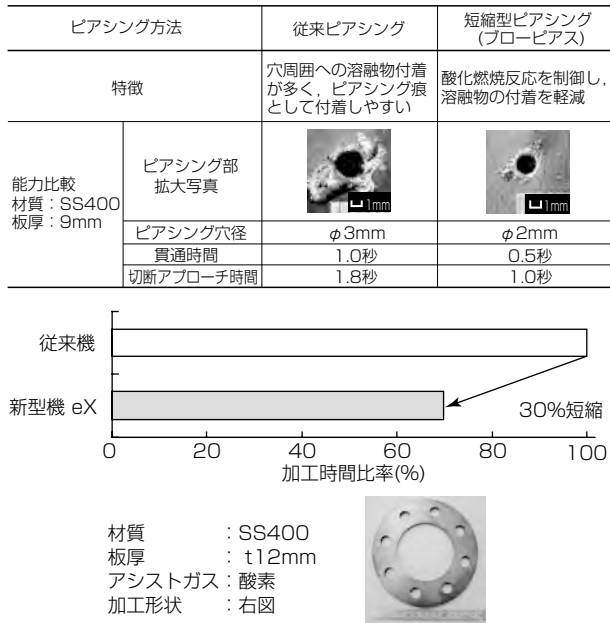
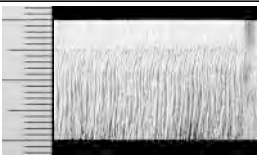


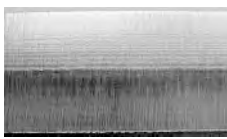
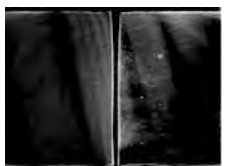
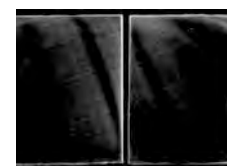


図2. フローピアスの効果と加工時間比較

	板厚	切断面
プラズマ面切断	t20mm	
ファイン面切断	t16mm	

(材質：SUS304)

図3. ステンレス厚板加工

	従来加工	ブリリアントカット
切断面		
上部面粗さ Rz	18μm	8μm
下部面粗さ Rz	25μm	12μm
テーパ		
片側テーパ寸法差	0.18mm	0.06mm

(材質：SUS304、板厚：12mm)

図4. ブリリアントカット

イン面切断と比較して、切断面下部の面粗さRzが2～3倍程度になるが、加工速度が1.5～2倍となり、ランニングコストの削減効果が高い。なお、アシストガスには窒素を使用し、レーザ出力は4,500Wとした。

3.4 ブリリアントカット

ステンレスの無酸化切断の技術確立によって、酸化被膜や裏面に付着するドロスの防止、硬化層の低減が可能となった。しかし、従来の無酸化切断では板厚の増大に伴い、切断面粗さやテーパが増大する傾向にあり、加工品の用途によっては、仕上げ加工、研磨加工といった後工程に多くの時間を費やす必要があった。そこで、eXシリーズでは機械加工工程の削減、又は粗仕上げ、普通仕上げといった機械加工工程の一部代替を可能とした切断技術であるブリリアントカットを標準搭載し、全体工程の短縮、コスト低減を可能としている。

ブリリアントカットは、①高矩形(くけい)パルスの新制御方式による被加工物の入熱抑制、②冷却性に優れた反射ミラー保持構造を持つクリーンな光路、③最適化されたアシストガス流れを実現する新型ノズルの採用によって実現している。さらには、当社独自発振器の高いビーム品質に加え、最適なビーム伝播(でんぱ)長と加工対象に最適化されたビーム特性の提供、レーザ出力、加工速度、焦点位置、アシストガス圧力・流量等、多岐にわたるレーザ加工のパラメータ最適化によって、従来は10mmであった最大板厚が12mmまで拡大している。

図4は板厚12mmのステンレス鋼で従来切断とブリリアントカットの面粗さとテーパを比較した一例である。従来切断に対し、ブリリアントカットでは面粗さを約55%低減、テーパを約70%低減しており、機械加工工程の一部代替を可能としている。

4. “easy to use”：操作性向上

eXシリーズの二つ目の開発コンセプトである“easy to use”について述べる。従来のレーザ加工機は加工データ入力やサーチ、加工データの形状確認等の操作を経て、加工をスタートさせていたが、eXシリーズは“バーコードによる加工指示書の読み込み”と“スタートボタンの操作”というわずか二つのアクションだけで、加工を開始することができる。図5にその操作を示す。この簡単な加工操作はe-加工モードとよばれる機能であり、ワークサイズの自動測定や傾き補正、加工プログラムと材料サイズ比較までをすべて自動で実施することが可能である。

また、制御装置には高速CPU(Central Processing Unit)と15インチの大画面液晶タッチパネルを採用し、チェック時間が従来機比1/20となった形状チェック機能や加工再開位置を画面上で指定可能などの描画処理性能を向上させ、使う人にやさしい操作性を実現している。

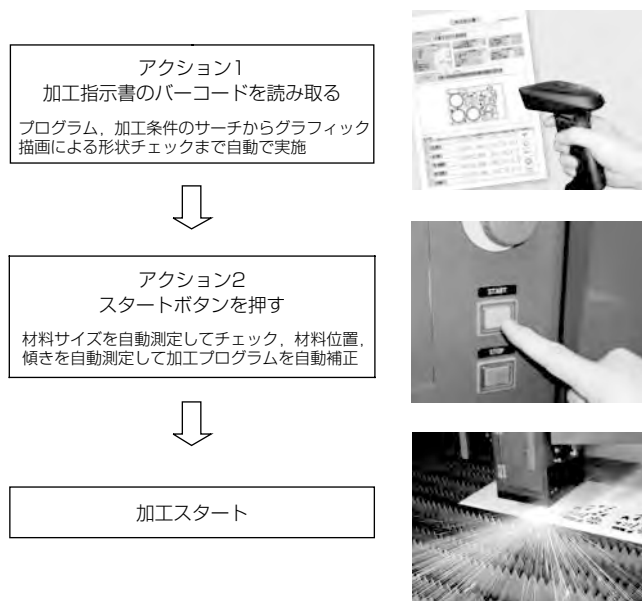


図5. 2アクション加工の操作

5. “ecology”：ランニングコストを抑えてエコ&クリーン

次に、eXシリーズの三つ目の開発コンセプトである“ecology”について述べる。

当社独自のガス封じ切り三軸直交型発振器は、一般的な高速軸流型発振器と比較し、通常運転におけるレーザガス消費量、消費電力を大幅に抑制できる特長を持っているが、さらに今回、加工機停止時の不要なレーザガス、パージガス消費や消費電力の抑制のため、ecoモード機能を追加した。図6に示すとおり、ecoモードでは、当社独自の制御シーケンスによって、加工機、発振器のアイドルを自動的に停止し、待機時の不要な経費を最大約90%削減する。また、停止から復帰までの動作もスムーズで、作業効率が悪化することなく、環境にもやさしいレーザ加工機システムを実現した。

6. 加工対象の拡大

軟鋼、ステンレス鋼、アルミ合金等のレーザ加工機に標準条件として登録されている一般的な加工対象以外の材質（以下“特殊材料”という。）を加工する場合、ユーザー自身で加工条件を作成する必要がある。多くは製品加工を開始するまでに多大な労力と時間を要し、多品種の加工を求める声が多い中、その段取り時間の改善要求が高くなっている。

eXシリーズでは多種多様な材質を対象に特殊材料条件を加工機に標準登録した。また、特殊材料を加工する場合の支援機能として特殊材料加工ヘルプを新機能として搭載した。特殊材料加工ヘルプは加工条件の微調整ノウハウや切断良否判断方法等を制御装置画面に表示するヘルプ機能

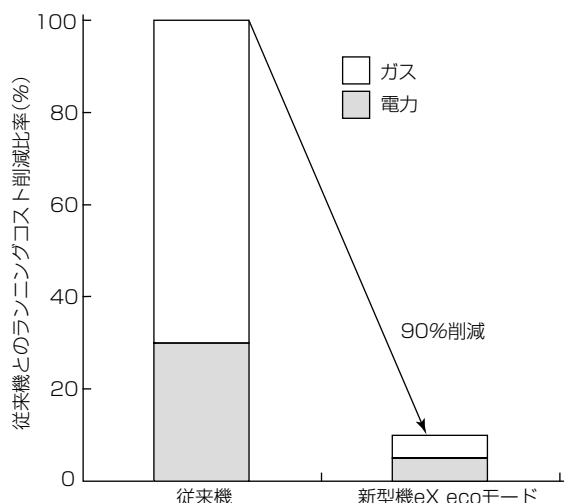


図6. ecoモードによるランニングコスト削減効果



材質	高張力鋼(60キロハイテン)	炭素鋼(S45C)
板厚	9mm	9mm
切断面		
加工ノズル径	φ1.7	φ1.7
加工速度	1,300mm/min	1,200mm/min
面粗さRz(上面)	13μm	17μm
面粗さRz(下面)	37μm	30μm

図7. 特殊材の加工例

であり、加工現場で直接参照することが可能である。図7は特殊材料である高張力鋼と炭素鋼の加工例を示したものである。特殊材料条件及び特殊材料加工ヘルプによって特殊材料加工時の段取り時間の削減を実現した。

7. む す び

最新二次元レーザ加工機eXシリーズの特長とその加工事例について述べた。レーザ加工機の技術進歩は他の工作機械と比較しても著しく、今後も更なる技術改良が進んでいくものと思われる。また、ますます高度化、多様化するユーザーニーズを満たすために、総合レーザ加工機メーカーとして更なる性能向上も目指し、様々な生産現場の各種ニーズに積極的にこたえていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 加野潤二，ほか：新型炭酸ガスレーザ加工機“HVⅡシリーズ”，三菱電機技報，**83**，No.6，397～400（2009）
- (2) 城所仁志，ほか：新型炭酸ガス二次元レーザ加工機“ML3015LVP-45CF-R”，三菱電機技報，**84**，No.2，151～154（2010）