

# “MELSEC iQ-Rシリーズ” サーボシステムコントローラ

大野宏幸\*  
安藤友典\*  
末松圭司\*

MELSEC iQ-R Series Servo System Controller

Hiroki Ono, Tomonori Ando, Keiji Suematsu

## 要 旨

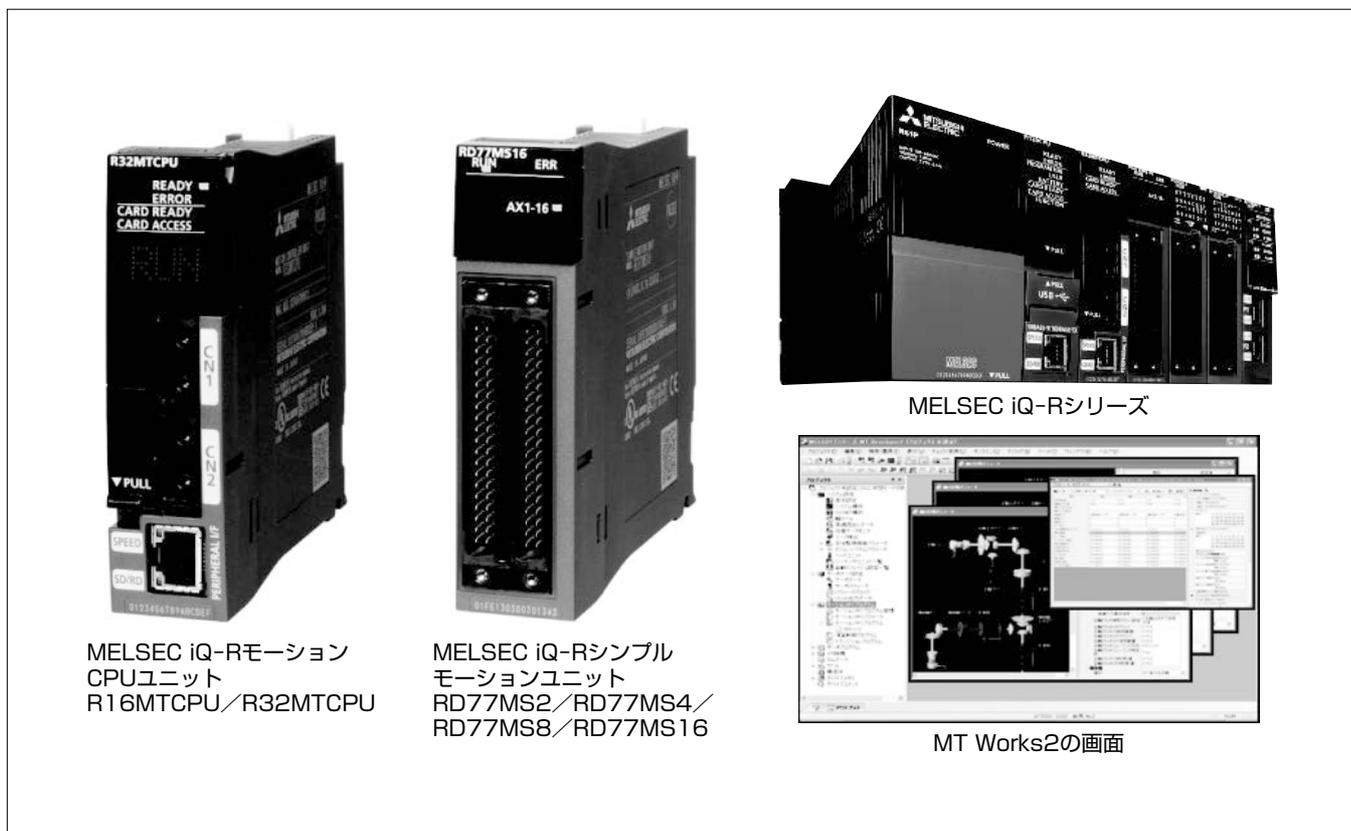
生産システムが大規模・複雑化する一方、生産にかかわるTCO(Total Cost of Ownership)削減、設備のタクトタイム短縮や稼働率の向上は、今までに増して重要になってきている。このような市場環境に応えるため、三菱電機のサーボシステムコントローラは、プラットフォームを刷新した“MELSEC iQ-Rシリーズ”に対応した。その特長を次に示す。

- (1) ユニット間バス的高速シリアル化によってデータ授受を大幅に高速化するとともに、モーション処理タイミングを同期する仕組みを導入。よりきめ細かで精度が高いモーション制御と、大規模多軸同期システムを両立した。
- (2) 処理エンジンをSoC(System on Chip)化して高速化とコスト低減を両立。SDメモ리카ードにも対応し、大量

のレシピデータや生産情報ログによって多品種生産への対応やデータトレースを強化した。

- (3) ファンクションブロック (FB) やアドオン機能などで、アプリケーションプログラムを部品化、パッケージ化する仕組みを導入。装置立ち上げ工数削減に貢献する。
- (4) エンジニアリングソフトウェアは、シーケンサCPU用ソフトウェア“GX Works3”だけで多彩なモーション制御を設定できる機能を搭載。操作性も統一して大幅に使い勝手を向上した。

これらの機能・性能の向上によって、この製品はこれまでのサーボシステムコントローラの集大成ともいえるべき製品となっている。



## MELSEC iQ-RモーションCPUユニットとシンプルモーションユニット

当社サーボシステムコントローラは、大別してモーションCPUユニットとシンプルモーションユニットの2種類がある。MELSEC iQ-Rシリーズでは高速バスに対応し、新開発の高速SoCによって従来の“MELSEC Qシリーズ”よりも1.8倍から4倍の高速化を実現し、MELSEC Qシリーズとインタフェースを共通化しつつ高機能化した。“MELSERVO J4シリーズ”やGX Works3, MT Works2との組合せで生産性向上の最大化ソリューションを提供する。

1. ま え が き

当社のサーボシステムコントローラは、MELSEC Qシリーズ(以下“Qシリーズ”という。)でのマルチCPUシステムによる分散制御(2000年)、“iQ Platform”でのCPU間通信高速化(2007年)、位置決め機能と同期制御のシームレス化(2010年)、ACサーボMELSERVO J4シリーズ対応(2012年)などによって進化を続けてきた。

また、大規模システム向けのモーションCPUユニットと中～小規模システム向けのシンプルモーションユニットの2種類のコントローラをラインアップし、それぞれの特長を持って発展してきた(図1)。

モーションCPUユニットはシーケンサCPUユニットと組み合わせた当社独自のマルチCPUシステムを構成しており、モーション制御とシーケンス制御を各CPUユニットに負荷分散させることで、安定したシーケンス制御と高精度かつ高応答のモーション制御を両立させている。さらに、ユーザーはソフトウェアのバージョンアップによって新たに追加された新機能を利用できる。

また、シンプルモーションユニットは、シーケンサCPUユニットで直接制御できる位置決めユニットの使いやすさをそのまま継承しつつ、同期制御や速度・トルク制御を可能としたことによって高機能化した。高度なモーション制御を手軽に実現できる点で市場から高い評価を得ている。

このような2種類の製品構成によって、市場の様々な要求に応じてきたが、近年の装置制御の高度化・装置開発期間の短期化によって、次に示す市場の要求も顕在化している。

- (1) モーション演算処理の更なる高応答化の実現、及び制御データの複雑化・大容量化への対応
- (2) シーケンサCPUユニットとの協調制御のためのデータ交換のレイテンシ低減とスループット向上

- (3) 制御内容(アプリケーションプログラム)の標準化・パッケージ化
  - (4) 実機やパソコンがない環境でのデバッグ容易性向上
- これらの課題に取り組むため、MELSEC iQ-Rシリーズでは新開発のSoCの搭載、高速システムバスやSDメモ리카ードへの対応、ファンクションブロック(FB)やアドオン機能によるアプリケーション標準化の仕組みを構築した。さらにエンジニアリングソフトウェアではシミュレーション機能やデータトレース機能を充実化した。
- 本稿ではそれぞれの概要及び特長について述べる。

2. ハードウェア

2.1 新開発SoC採用による基本性能向上

新規開発したSoCの高速化した演算コアによってモーション演算周期は従来のQシリーズのモーションCPUユニット“Q173CPUN”比4倍、“Q173DCPU”比1.8倍を実現した。また、サーボネットワーク“SSCNET III/H”に対応した通信制御部をSoCに内蔵することによって部品点数を減らすとともに、低発熱設計によってヒートシンクやファンが不要な自然空冷としている。

2.2 バスの高速化とノイズ対応

一方、システムバスの伝送速度を3 Gbpsとすることで、ユニット間のデータ交換をQシリーズの40倍に高速化した。さらにマルチCPU間専用の定周期通信バスも4倍の高速化を果たした。さらに、各ユニット間でのクロック同期の仕組みを導入することによってモーションCPUユニットはもとより複数のシンプルモーションユニットを使用して大規模なモーション同期システムを構築することも可能とした。

なお、これらの高速動作と通信を実現する回路の実現には、EMC(電磁両立性)との両立が必要となる。この課題に対しては、基板設計時の電源、GND(GrouND)パターン

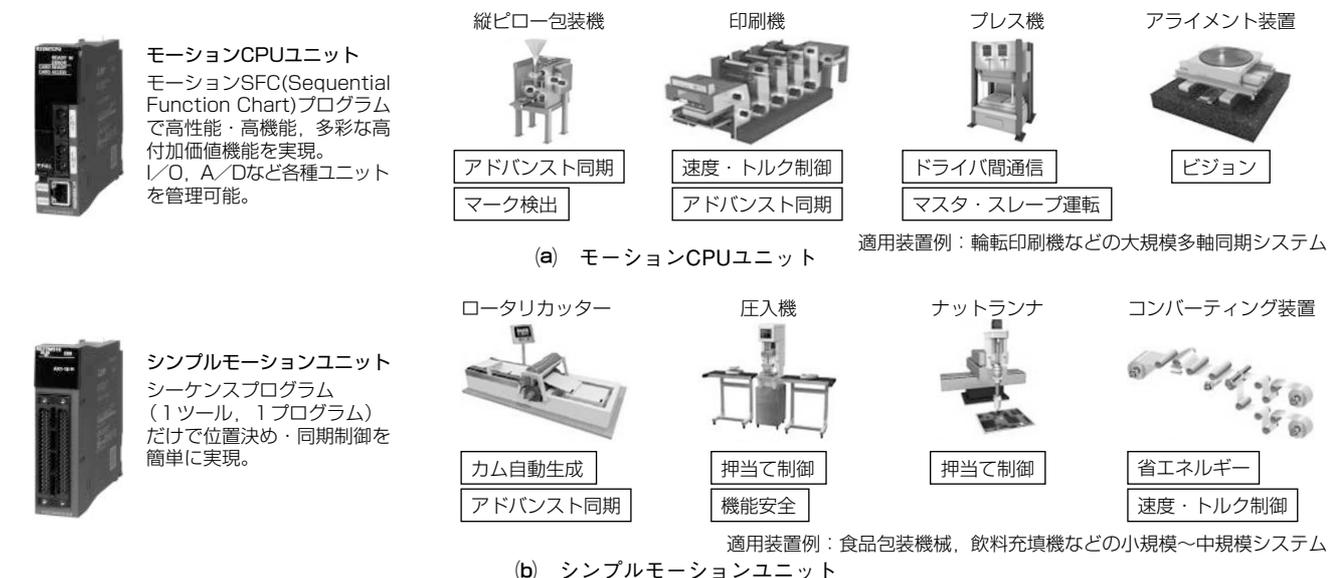


図1. サーボシステムコントローラの種類と用途

のプレーン共振シミュレーションを代表としたフロントローディング設計による適切なパターン・部品配置設計によって、外部からのノイズの影響・不要輻射(ふくしゃ)の低減と高速動作の両立を図った。

2.3 その他の機能向上

不揮発メモリとしてFRAM(強誘電体メモリ)を採用し、機械の原点情報などの停電保持用に従来必要であったバッテリーを不要とした。これによって、定期的なバッテリー交換を不要としてメンテナンス性を向上させた。また、モーションCPUユニットはSDメモ리카ードスロット、ドットマトリックスディスプレイの採用によって、大容量データの扱いや視認性が大幅に向上した。

3. ソフトウェア

3.1 ユニット間の連携強化

バスアーキテクチャの刷新に伴い、各ユニット間の制御上の連携を強化した。CPUユニット間の連携では、例えば従来機種では、位置決め用プログラムをモーションCPUユニットにあらかじめ書き込んでおく必要があり、プログラミングが煩雑・柔軟性に欠けるといった問題があったが、システムバスの速度向上によって、シーケンサCPUユニットからダイレクトに位置決めデータの指令が可能となった。これによって位置決め制御をシーケンサCPUユニットから直接コントロールでき、制御の柔軟性が向上するとともにファンクションブロック(FB)活用によるプログラミング容易化を実現した。

また、装置の高速・高精度化には、サーボ制御とI/O制御、さらにはシーケンスプログラムの実行タイミングの同期が欠かせない。QシリーズではCPUユニット間に限定していた同期クロックの伝達を、システム全体に分配する仕組みを新たに取り入れ、タイミング管理したより高度な制御を行うことが可能となった。

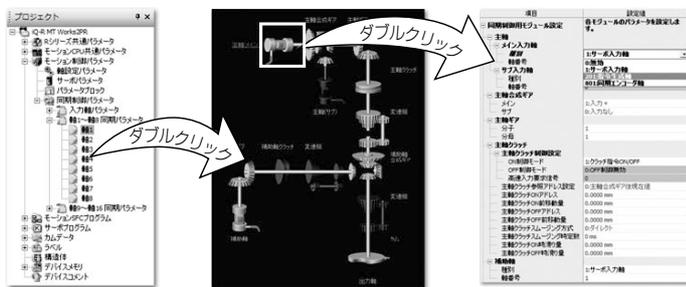


図2. アドバンスト同期制御

表1. アドオン機能

ターゲット装置	パッケージに含まれるアドオン機能
ガントリー制御	タンデム運転, 制振フィルタ, 干渉チェック
印刷機	張力制御, マーク検出, 多軸分散同期
搬送装置	座標変換, 干渉チェック

3.2 アドバンスト同期制御

当社のサーボシステムコントローラでは、ギヤやクラッチ、カムなどの機械機構を電子制御で簡単に実現できる“アドバンスト同期制御”を全シリーズ共通で展開している(図2)。MELSEC iQ-Rシリーズでは、CPUの性能向上を活用し、従来はオフラインで(エンジニアリングソフトウェア上で)しか作成できなかった複雑なカムパターンをCPUユニット上で動的に作成できるようにし、表示器などのHMI(Human Machine Interface)を用いたカムパターンの微調整が可能となった。また、SDメモ리카ード上のCSV(Comma Separated Value)ファイルを紹介してカムパターンを読み書きできるようにしたため、より多彩な生産レシピを一度に格納して使用可能となった。

3.3 アドオン機能

これまで、特定用途に特化したモーション制御が必要な場合、特殊ソフトウェアで対応していたが、今回、使用頻度の高い特殊機能をモジュール化し、アドオン機能としてユーザーに提供する仕組みを構築した。装置に応じたアドオン機能を組み合わせることによって、様々な制御ソリューション(アプリケーションパッケージ)の提供が可能となった(表1)。

3.4 RAS(信頼性・可用性・保守性)向上

システムで発生したイベントやサーボに関連するデータのログ機能を強化することで、従来シリーズと比べRASの大幅向上を実現した。例えば、各ユニットで発生したエラーやユニットへの操作履歴をイベント履歴として1つのログに統合することで、トラブルシューティングが容易となった。サーボシステムコントローラのイベント履歴として、MELSEC iQ-Rシリーズ共通のイベント(制御データの変更や電源状態変化、セキュリティ関連情報など)に加え、サーボネットワークSSCNET III/Hの通信状態、原点復帰要求発生理由なども記録することによって、トラブル発生時の原因究明に役立つようにした。

また、SDメモ리카ード上のCSVファイルで、データのサンプリング設定やサンプリング結果の蓄積が可能で、エンジニアリングソフトウェアのない生産現場でも、トラブル発生時の波形採取が可能となった。さらに、SDメモ리카ードを使用したCPUユニット上の制御データのバックアップ・リストアや、プログラムの更新を可能とし、CPUユニット交換時のダウンタイム短縮に貢献する。

また、信頼性の面ではユニット内部の各種メモリへのECC(Error-Correcting Code)の採用や、フラッシュメモリの書換え回数管理、使用セクタ分散化を行うことでメモリ素子のソフトエラーやサイクル寿命への耐性を強化した。

4. エンジニアリングソフトウェア

4.1 エンジニアリングソフトウェア間の連携強化

シーケンサ、シンプルモーションユニット、サーボアン

プの各エンジニアリングソフトウェア間の連携を強化した。

これまでは各機器専用のエンジニアリングソフトウェアをそれぞれで使用していたため、プログラミング、パラメータ設定、デバッグ、サーボ調整の各作業が複雑で使い難かったが、連携を強化することによって各ソフトウェア間がシームレスに動作できるようになり、これらの作業がGX Works3だけで行えるようになった。

#### 4.2 シミュレータ連携

GX Works3に共有メモリによってシーケンサシミュレータと連携したシンプルモーションシミュレータを開発した。過去に通信用ライブラリ“EasySocket”によるシミュレーション間連携を開発したがユニット間の通信に時間がかかるうえ、全ての機能が実機通りにはシミュレートできていなかったため、ユーザープログラムのデバッグでも未対応機能の部分はデバッグできていない状況であった。そこで今回EasySocket通信を共有メモリ間通信に変更することによって高速化し、連携動作の制約を解消した。また、シンプルモーションユニット部のシミュレータではサーボアンプ及びサーボモータも仮想上の動作となるため、実機がない状態でも駆動制御シミュレーションが可能となった。これによってシーケンサから駆動制御までの実機に近いシミュレーションが可能となるため、ユーザーによるデバッグ精度が向上し、現地での立ち上げ工数削減に貢献する(図3)。

#### 4.3 デジタルオシロスコープ機能の強化

モーションCPUユニットではパソコン不要のオフラインサンプリング機能及び二次元の軌跡表示に対応した(図4)。

オフラインサンプリング機能では、これまでモーションCPU用ソフトウェアMT Works2のデジタルオシロスコープはモーションCPUユニットと接続した状態でなければサンプリングを継続することができなかつたため、長時間のサンプリングが必要な場合はパソコンを接続状態で設置しておく必要があった。そこでモーションCPUユニットでは、あらかじめデジタルオシロスコープでサンプリング項目、条件などをCPUユニットに転送し、サンプリング開始後は通信ケーブルを外してもサンプリングを継続できるようになったため、サンプリングが完了した時点で再度パソコンを接続してサンプリングデータの読み出しが可能となった。

このほかにもモーションCPUユニットはサンプリングしたデータをSDメモリカードへ保存することができるため、SDメモリカードによる読み出しも可能となった。

また、今までの波形表示は時間軸を基準にした波形であったが、X-Y軸の二次元軌跡表示も実現した。この機能は加工機などの装置で加工作業の事前確認ができるため加工の失敗を減らすことができ、さらにリアルタイム表示にも対応しているためデバッグや調整作業を強力にサポートする。

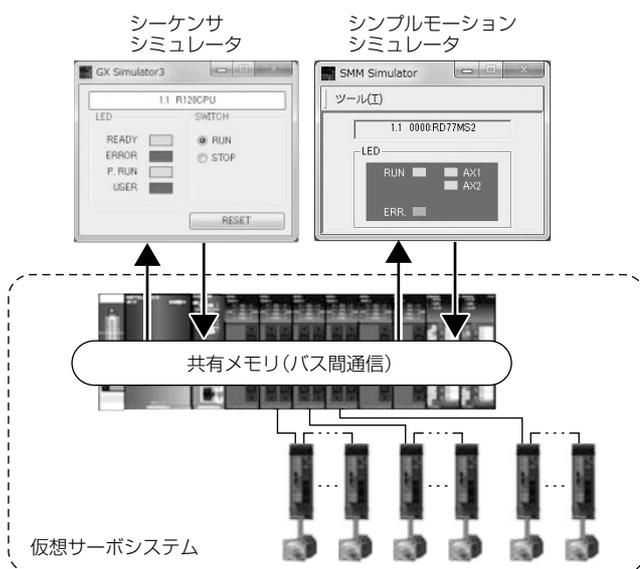


図3. シミュレータ連携

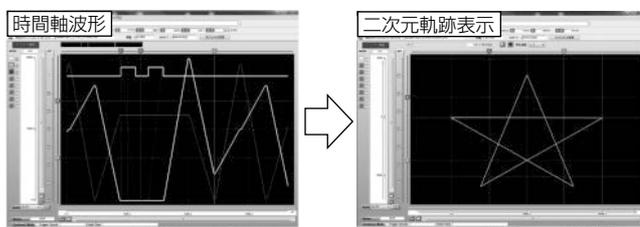


図4. 二次元軌跡表示

#### 4.4 セキュリティ機能

シーケンサCPUユニットとモーションCPUユニット共通のセキュリティ機能を搭載した。ソフトウェアキーをCPUユニットとパソコンに登録して保護するタイプと、CPUユニット内に格納したデータをファイル単位でパスワード登録してデータを保護するタイプの2種類を用意することによって目的に応じたセキュリティ機能を選択することができる。

さらにGX Works3とMT Works2とのセキュリティ機能でも同じ画面、同じ操作に統一している。

### 5. む す び

MELSEC Qシリーズから発展してきた当社独自のマルチCPUシステムは、1CPUユニットでシーケンス・モーション制御を行う他社のシステムに比べて負荷分散による高精度・高安定のモーション制御が可能であることが大きなメリットである。しかし一方で、プロセッサの高クロック化やマルチコアを生かした高速なコントローラも台頭してきているため、更なる高速化・高付加価値化によって応用範囲の拡大を目指していく必要がある。

グローバルに発達するモノづくりの高度化・効率化に対応し、シーケンサやサーボを始めとする当社FA製品の総合力を生かしていくために、サーボシステムコントローラはその中核をなす制御機器となりつつある。今後もサーボシステムコントローラのためめ発展を主導していく所存である。