

三菱シーケンサ “MELSEC iQ-Fシリーズ”

西本雅規* 堀川 朋*
廣川 悠*
梅田剛義*

Mitsubishi Sequencer "MELSEC iQ-F Series"

Masaki Nishimoto, Hisashi Hirokawa, Takayoshi Umeda, Tomo Horikawa

要 旨

三菱電機は、新型マイクロシーケンサ“MELSEC iQ-Fシリーズ”を開発して、製品化した。このシリーズは、小規模制御装置向けのシステムに特化した機能、特長を進化させた次世代のマイクロシーケンサである。MELSEC iQ-Fシリーズの主な特長を次に示す。

(1) 基本性能の向上と内蔵機能の強化

高速システムバスの採用やCPU(Central Processing Unit)性能の向上で、増設ユニットへのアクセス速度を従来比150倍に向上させ、演算速度をPC MIX値^(注1)で従来比7倍に高速化するなど、従来シリーズから飛躍的な基本性能の向上を実現した。さらに、アナログ入出力を内蔵(“FX5U CPU”のみ)して、Ethernet^(注2)ポートとSDカードスロットも標準搭載した。

(2) 駆動機器との連携強化

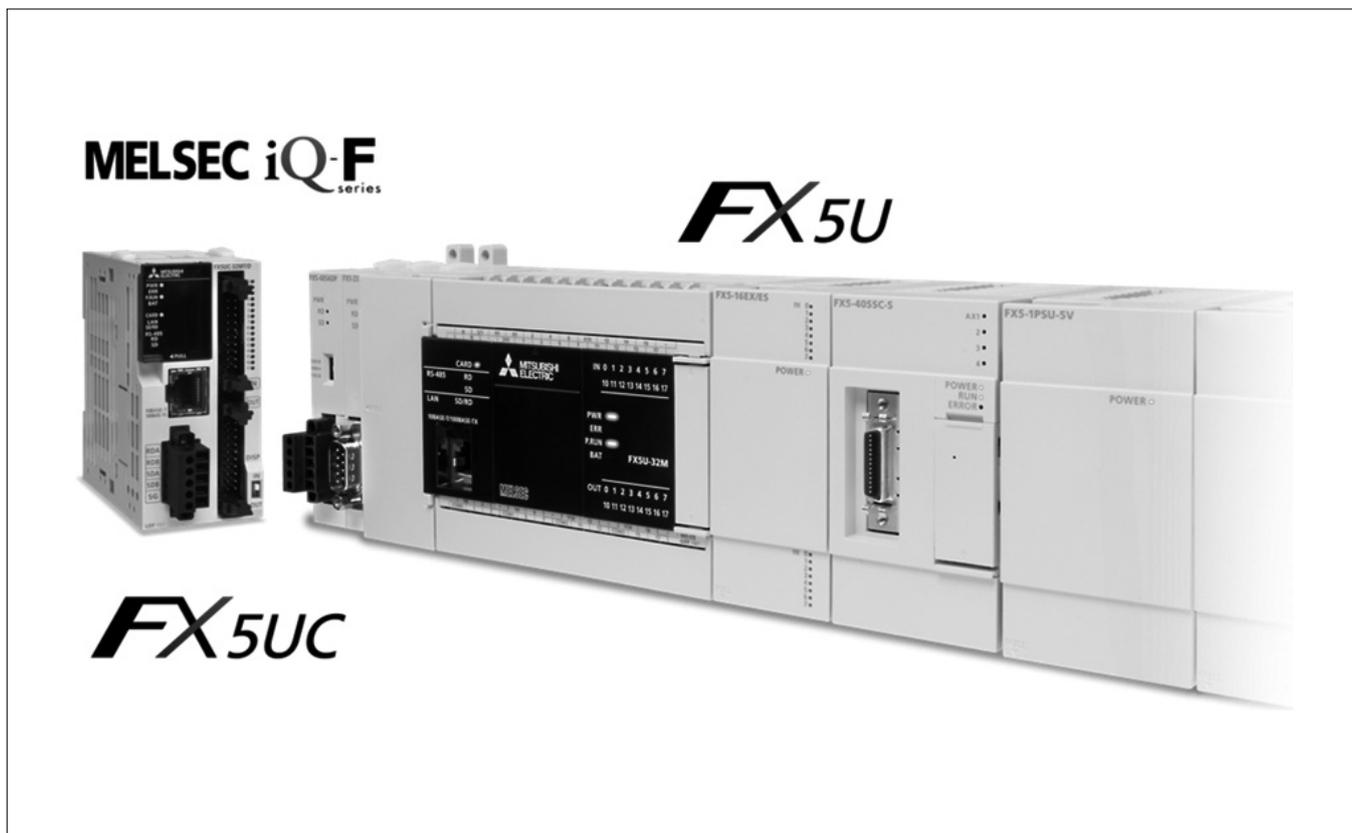
位置決め機能と高速カウンタ機能を内蔵したLSI(Large Scale Integration)を開発して、CPUユニット内蔵機能を強化した。また、機能拡張のための高速入出力ユニットや、高度な位置決め制御を可能にするシンプルモーションユニットをラインアップした。

(3) エンジニアリング環境の進化

エンジニアリングソフトウェアは、最新の“MELSOFT GX Works3”に対応した。直観的な操作性、診断機能の強化で、ユーザーのエンジニアリングコスト削減に貢献する。

(注1) 1μs当たりの命令の平均処理数

(注2) Ethernetは、富士ゼロックス株の登録商標である。



MELSEC iQ-Fシリーズ

MELSEC iQ-Fシリーズは、小規模制御装置向けのシステムに特化した機能、特長を進化させた次世代のマイクロシーケンサである。右が端子台タイプの“FX5U”及びシンプルモーションユニット“FX5-40SSC-S”などを増設した構成で、左がコネクタタイプの“FX5UC”である。ユニットのデザインは当社デザイン研究所と共同で行い、ユニバーサルデザインの視点で使いやすさを追求した。

1. ま え が き⁽¹⁾

シーケンサシステムは、スタンドアロンの制御からネットワークを活用した工場全体の自動化まで広範囲にわたる産業用アプリケーションに用いられ、産業界の飛躍的な発展に貢献してきた。近年、小型機械市場でも、装置全体の機能向上の要求から、これを制御するシーケンサに高機能・高付加価値が求められている。また、人件費の高騰に伴って、装置立ち上げ時のエンジニアリングコストや、故障や調整時のメンテナンスコストの削減が重要課題となっている。

一方、当社は、“iQ-Platform”による機種間での制御の高速化と使い勝手の向上(横連携)、及び情報システムと生産現場の情報連携(縦連携)で、TCO(Total Cost of Ownership)削減を実現するFA(Factory Automation)統合ソリューション“e-F@ctory”を提唱してきた。iQ-Platformの一端を担うマイクロシーケンサにも、製造設備の高度化・複雑化に対応するための性能・機能の向上に加えて生産現場の情報活用のための上位情報系との連携機能強化が求められている。

これらの背景に基づいて、基本性能の向上と内蔵機能の強化、駆動機器との連携強化、エンジニアリング環境の進化をコンセプトに次世代のマイクロシーケンサMELSEC iQ-Fシリーズを開発した。

本稿では、これらコンセプトを実現するために適用した技術とMELSEC iQ-Fシリーズの特長や機能について述べる。

2. MELSEC iQ-Fシリーズの特長と新機能

MELSEC iQ-Fシリーズ(以下“iQ-Fシリーズ”という。)の次の特長について述べる。

- (1) 基本性能の向上と内蔵機能強化
- (2) 駆動機器との連携強化
- (3) エンジニアリング環境の進化

2.1 基本性能の向上と内蔵機能の強化

iQ-Fシリーズのシステム性能強化として、増設ユニットへのアクセス速度の大幅な向上に加えて、CPU性能の向上、内蔵機能の強化を行った。アナログ入出力やEthernetポート、SDメモ리카ードスロットを新たに標準搭載することで、スタンドアロンユースだけでなくネットワークを含めたシステム提案まで可能にした。さらに、内蔵位置決め、高速カウンタの機能向上、パラメータ設定による使い勝手の向上も行っている。また、性能向上と内蔵機能の強化を行いながらも、LSIの搭載数削減などで従来機種と同等の製品コストを維持した。表1に、iQ-Fシリーズと従来の“MELSEC FXシリーズ(以下“FXシリーズ”という。)”との機能・性能の比較を示す。

2.1.1 増設ユニットへのアクセス速度向上

機能をオプションで追加する増設ユニットの高機能化や

表1. 機能・性能の比較

項目	iQ-Fシリーズ (FX5U CPU)	FXシリーズ (FX3U CPU)
命令処理時間	34ns	65ns
増設バス速度	1.5kワード/ms	9ワード/ms
内蔵通信 インタフェース	Ethernet RS-485	RS-422
内蔵高速カウンタ	最大200kHz	最大100kHz
内蔵パルス出力	最大200kpps	最大100kpps
内蔵アナログ入出力	入力2ch/出力1ch	非対応

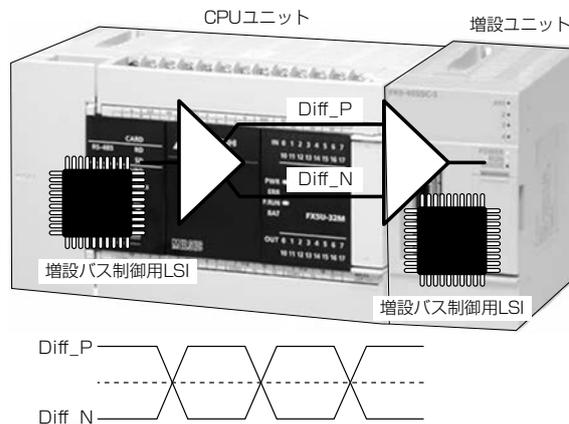


図1. バスシステムのイメージ

表2. 命令処理時間の比較

項目	iQ-Fシリーズ (FX5U CPU)	FXシリーズ (FX3U CPU)	A社	B社
接点命令	34ns	65ns	50ns	100ns
転送命令	34ns	64ns	170ns	300ns
PCMIIX値	14.6命令/μs	2.2命令/μs	—	—

使い勝手向上(リモートI/Oの自動リフレッシュなど)に伴い、増設バス上の通信量も増加する傾向にあった。従来機種では、高機能な増設ユニットを使用した場合、スキャン時間の増大によってシステム性能が低下して基本性能を活用できない課題があった。

iQ-Fシリーズでは、増設バス制御用のLSIを新規に開発して、高速シリアルバスを新たに採用した(図1)。この高速シリアルバスによって従来比150倍のバス速度を実現するとともに、差動信号を採用することでFAで重視される耐ノイズ性や信頼性の向上も行った。このLSIを全ユニットに搭載することで、設計の共通化、原価低減を行った。

2.1.2 CPU性能の向上

シーケンス実行エンジンの強化として、①構造化プログラム、②複数プログラム、③ST(Structured Text)言語、FBD(Function Block Diagram)言語に対応した実行エンジンを搭載した。また、処理速度の向上も行なってマイクロシーケンサの領域でトップクラスの命令処理時間を実現した(表2)。

命令処理時間を向上させるための取組みとして、命令を実行する演算装置をCPUチップに一本化した。従来は、命令ごとに専用LSIとCPUチップで処理を分担していたが、専用LSIとCPUチップとの制御権の受渡しに時間がかかっていたため、ユーザープログラム全体では性能を引き出す

ことができなかつた。そこで、CPUチップによる演算方式を一新して、ユーザープログラムに記述されている命令の読み出し回数を大幅に削減した新たな方式を採用した。これによって、CPUチップ単体で従来のLSI以上の演算性能を実現可能となり、ラダープログラム全体の性能向上を達成した。

2.1.3 アナログ入出力内蔵

iQ-Fシリーズでは、アナログ入力2ch/アナログ出力1chを標準搭載した(“FX5U CPU”のみ)。さらに、従来機種では各種設定をシーケンスプログラムで行う必要があったが、設定内容をパラメータ化したことで容易にインバータや流量計などへ接続することが可能となった。さらに、CPUユニットに機能を内蔵して一体化することで、A/D(Analog/Digital)変換とD/A変換の高速化を実現した。

2.1.4 Ethernetポートの標準搭載

iQ-FシリーズのCPUユニットでは、内蔵する通信ポートとしてパソコンなどに標準的に搭載されているEthernetポートを採用することで、遠隔地からのプログラミング・監視を可能にした。また、SLMP(Seamless Message Protocol)通信(注3)を始め、Socket通信、ユーザー独自プロトコルなどの様々なプロトコルに容易に対応可能な通信プロトコル支援機能をサポートすることで、三菱FA機器を始めとする様々な機器との親和性を向上させて、多様な生産現場にフレキシブルに対応することが可能になった。

Ethernetポートを搭載したシーケンサでは、シーケンス演算を行う制御系と、膨大なデータの処理が必要となる通信系の2つの処理が必要とされる。通信負荷が高くなると制御系処理のリアルタイム性に影響があるため、複数のCPUチップを搭載することでこの問題を解決している製品が多くある。iQ-Fシリーズでは、通信負荷が高くなった場合でもリアルタイム性が損なわれないように制御系処理に一定のリソースを割り当てる独自のスケジューラを開発して、単一のCPUチップで制御系及び通信系の処理を実現した。

(注3) 各種Ethernet製品とCC-Link IE対応機器との間で、ネットワークの階層・境界を意識しないアプリケーション間通信を可能にするプロトコル

2.1.5 SDメモ리카ードスロットの標準搭載

iQ-FシリーズのCPUユニットでは、SDメモ리카ードスロットを標準搭載した。パソコンから直接操作可能なSDメモ리카ードに対応することで、シーケンサがない環境でもユーザープログラムの複製が可能となり、同じプログラムを搭載した装置の量産が容易になる。また、各種データのロギング、ファームウェアアップデートなどの機能に新しく対応する予定である。

2.2 駆動機器との連携強化

iQ-Fシリーズでは、CPUユニット内蔵機能の強化と高速入出力ユニット、シンプルモーションユニットのラインアップで、駆動機器との連携の強化を図っている。

それぞれの概要と特長について述べる。

2.2.1 CPUユニット内蔵機能

iQ-FシリーズのCPUユニットは、最大周波数が200kppsで4軸のパルス出力による位置決め機能と、最大周波数が200kHzで8chのパルス入力による高速カウンタ機能を備えている。特に、位置決め機能では、割り込み運転、簡易直線補間運転、テーブル運転による複数軸同時駆動及び動作中の速度・目標位置変更にも対応して、FXシリーズに比べて大幅に機能を向上させた。また、センサ割り込みなどの外部信号によって、シーケンスプログラムとは非同期で20μsの高速起動が可能のため、タクトタイムの短縮にも貢献する。

2.2.2 高速入出力ユニット

CPUユニットに高速入出力ユニットを1台増設することで、2軸の位置決め機能と2chの高速カウンタ機能を拡張でき、1CPUユニット当たり最大で4台(位置決め8軸、高速カウンタ8ch)増設可能である。CPUユニットと同じLSIを採用することで安価にユニットを提供でき、なおかつCPUユニットと同じ使い勝手で軸数・ch数を拡張できる。また、1台のユニットで位置決め機能と高速カウンタ機能の両方を兼ね備えているため、従来機種でのシステム構成に比べて、ユニット台数削減による設置面積の縮小やコスト削減が期待できる(図2)。さらに、これまでシーケンスプログラムを必要としていた動作設定のパラメータ化によってエンジニアリングソフトウェアの専用画面で手軽に設定できるため、簡単なプログラムで容易に装置の立ち上げが可能となる。

2.2.3 シンプルモーションユニット

食品・包装機械メーカーなどからの要求仕様として多く挙げられる同期制御が可能なユニットは、従来のFXシリーズにはなく、iQ-Fシリーズでは、モーション制御が可能な4軸のシンプルモーションユニットを開発した。これによって、小型機械でも安価に同期制御可能なシステムを構築できる。サーボ高速同期ネットワーク“SSCNETⅢ/H”通信への対応で装置の高性能化に貢献して、直線補間、2軸円弧補間などの補間制御や同期制御でユーザー装置を止めることなく連続的に動作させることができる。シート

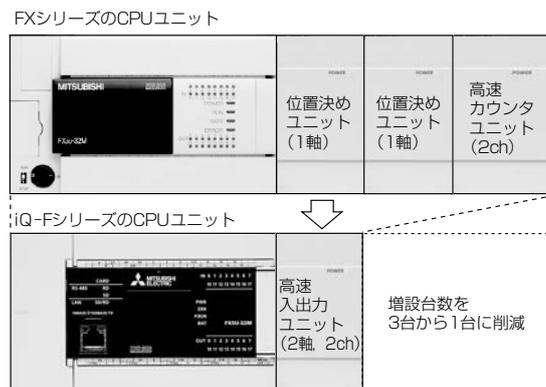


図2. 高速入出力ユニットによる増設台数削減

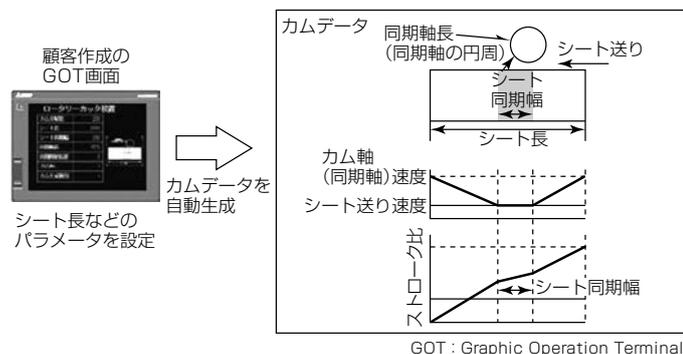


図3. カムデータの自動生成

長などを設定するだけでロータリカッターのカムデータを簡単に自動生成できるという特長もあり、設計工数を削減できる(図3)。

また、上位機種である“MELSEC iQ-Rシリーズ”のシンプルモーションユニットと基本機能や使い勝手に互換性を持たせているため、ユーザー装置の制御点数や軸数の増減に応じて機種の移行が容易となっている。エンジニアリングソフトウェアで、ユニットのパラメータ、位置決めデータ、サーボアンプのパラメータ設定やサーボ調整なども行えるため、立ち上げ時間・メンテナンス時間を短縮できる。

2.3 エンジニアリング環境の進化

iQ-Fシリーズのエンジニアリング環境は、グラフィカルで直観的な操作性、トラブルシュートが容易な診断機能を特長とするエンジニアリングソフトウェア“MELSOFT GX Works3”である。MELSOFT GX Works3の新機能で、従来のFXシリーズから大きく進化した点を中心に述べる。

2.3.1 ユニット構成図によるパラメータ設定

MELSOFT GX Works3では、シーケンサのユニット接続構成をグラフィカルに設定できるユニット構成図機能を備えている。この機能によって、ユーザーが作成したユニット構成図から、ユニットの動作パラメータを生成可能である。iQ-Fシリーズは、装着している順番にユニットのI/O番号が割り振られるが、ドラッグ&ドロップによってユニット構成図を作成するだけで割り振られたI/O番号をパラメータに反映できる。

また、各ユニットのパラメータ設定画面を備えており、ユニット構成図上でパラメータの変更を行うユニットを選択することで、容易に各ユニットのパラメータやシステム構成の変更ができる(図4)。

2.3.2 診断機能の強化

iQ-Fシリーズは、拡張ボードや拡張アダプタでインターフェースを拡張できるようになっており、これに応じてiQ-Fシリーズのユニット診断では、CPUユニットの異常だけでなくCPUユニットに装着されている拡張ボード、拡張アダプタに対しても異常の原因、処置方法を詳細に表示可能である(図5)。さらに、各種ネットワーク診断にも対応する予定である。ネットワーク診断によってネットワークの異常箇



図4. ユニット構成図によるパラメータ設定

CPUユニットだけでなく拡張ボード、拡張アダプタの異常の原因、処置方法を詳細表示



詳細情報	パラメータ情報 パラメータ種別: ユニットパラメータ パラメータ格納先: データメモリ パラメータNo.: 7000		
原因	・ユニットパラメータの設定と対象ユニットが異なっています。		
処置方法	・ユニットパラメータの設定を修正し、再度プロジェクトの書き込みを行ってください。		

図5. 診断機能の強化

所をグラフィカルに表示することで、異常箇所の特定を容易にして、ダウンタイムの短縮に貢献する。

2.3.3 従来シリーズとの互換性

iQ-Fシリーズは、従来のFXシリーズと高い互換性を備えており、従来シリーズからの移行が容易である。

iQ-Fシリーズは、FX3シリーズの機能を包含した命令やデバイスをサポートしており、エンジニアリングソフトウェアでFX3シリーズのプログラムをiQ-Fシリーズのプログラムに変換可能である。既存設備のプログラム資産をiQ-Fシリーズに変換することで、ユーザーのプログラム作成コストを大幅に削減する。

さらに、既にFX3シリーズでシステムを構成しているユーザーは、FX3シリーズの増設ユニットを接続するためのバス変換ユニットを使用することで、FX3シリーズのインテリジェント機能ユニットをiQ-Fシリーズのシステムに活用可能となり、エンジニアリングコスト削減に貢献する。

3. む す び

MELSEC iQ-Fシリーズのコンセプトを実現するために適用した技術と機能の特長について述べた。今後も、小規模制御に求められるシーケンサを追求して、製造業の革新的な進歩を牽引(けんいん)していく。

参 考 文 献

(1) 志水義信, ほか: 三菱シーケンサ“MELSEC iQ-Rシリーズ”, 三菱電機技報, 89, No.4, 211~214 (2015)