

“MELSEC iQ-Fシリーズ”のCC-Link IEフィールドネットワーク対応によるe-F@ctory推進

川村 明*
松本貴靖*

Promoting e-F@ctory with "MELSEC iQ-F Series" Support for CC-Link IE Field Network

Akira Kawamura, Takayasu Matsumoto

要 旨

三菱電機は、マイクロシーケンサ“MELSEC iQ-Fシリーズ”(以下“iQ-Fシリーズ”という。)を開発して、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、特長を持つマイクロシーケンサである。当社が提唱するFA統合ソリューション“e-F@ctory”では、生産現場とITシステムを連携することで現場状況の見える化と生産の最適化の実現を目指している。

iQ-Fシリーズで新たにCC-Link IEフィールドネットワークに対応した機能とその特長は、次のとおりである。

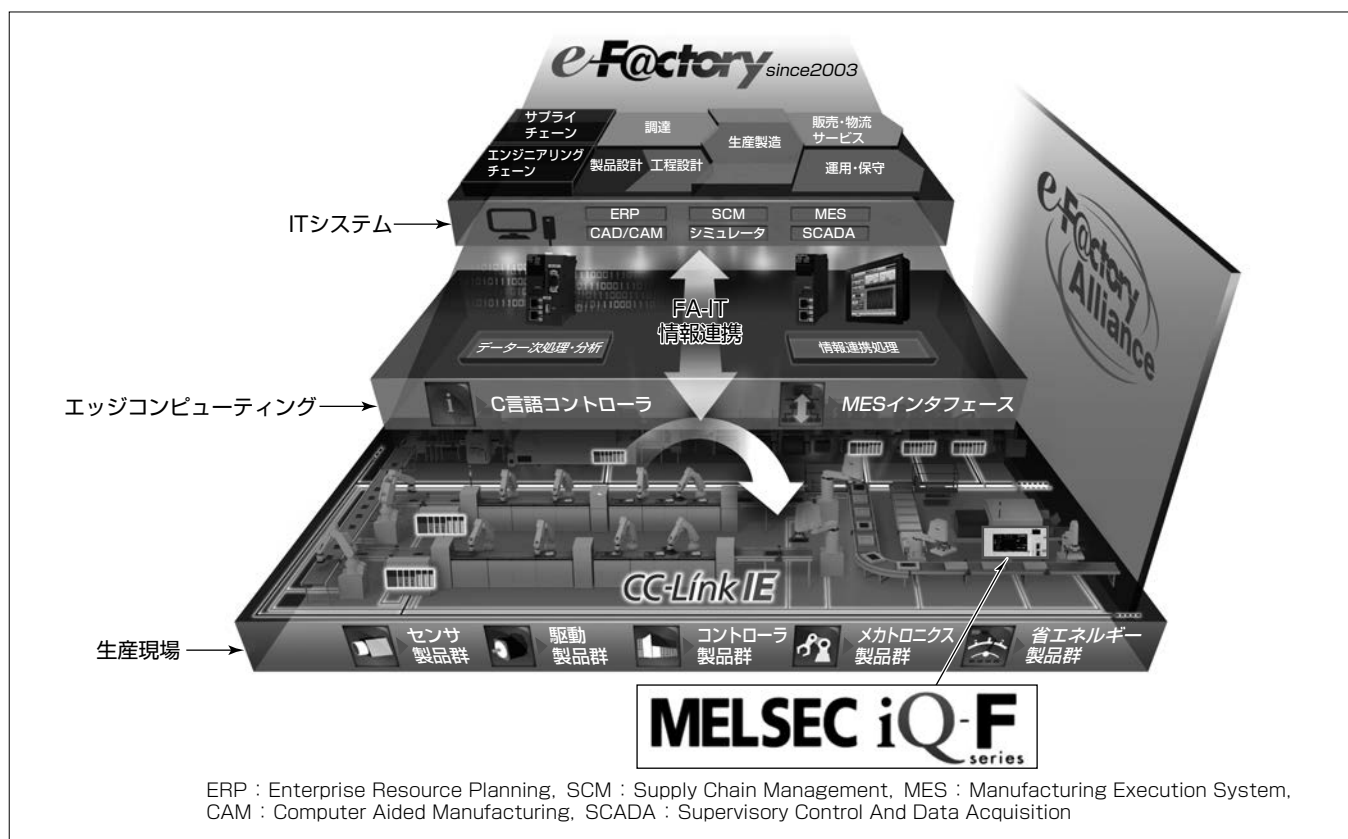
(1) CC-Link IEフィールドネットワーク接続用インテリジェントデバイスユニット“FX5-CCLIEF”

iQ-FシリーズをCC-Link IEフィールドネットワークに接続することで、高速大容量のデータ転送に対応できる。

(2) CC-Link IEフィールドネットワークBasic対応

iQ-FシリーズをCC-Link IEフィールドネットワークBasicに接続することで、生産現場の機器とのネットワークを簡単に構築することが可能となる。

これらの新機能によって生産現場のトレーサビリティ向上が可能となる。生産現場のデータを上位システムと共有することによって生産現場全体を把握できるため、サイクルタイムやチョコ停などのデータを分析することで現場の改善点が発見可能となる。



e-F@ctoryでの“iQ-Fシリーズ”シーケンサの位置付け

iQ-Fシリーズシーケンサは、e-F@ctoryでは生産現場に位置し(図の右下部)、シーケンサや他FA機器とCC-Link IEフィールドネットワークを経由して通信を行うことができる。小規模装置向けのiQ-FシリーズがCC-Link IEフィールドネットワークに対応したことで、生産現場のシステムを手軽に構築できるようになった。

1. ま え が き

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FA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。

iQ-Fシリーズは、小規模制御装置向けとして、豊富な内蔵機能を持つマイクロシーケンサである⁽¹⁾。近年、小規模制御装置でも、生産現場の情報を収集・保存し、上位シーケンサやコンピュータへ転送することが求められている。また、FA機器と通信する際の産業用ネットワークは、Ethernet^(註1)技術を活用したネットワークが標準になりつつあり、多種多様な製品と接続できる国際標準規格に準拠したオープンネットワークへの期待が高まっている。

これらのニーズを実現するため、iQ-Fシリーズでは、CPUユニットの機能追加やネットワークユニットの開発を行った。

本稿では、iQ-Fシリーズで開発したユニットや新機能及び適用した技術について述べる。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。

2. MELSEC iQ-Fシリーズの新機能

iQ-Fシリーズで開発したユニットや新機能について、その特長や適用した技術を述べる。

2.1 CC-Link IEフィールドネットワーク接続用インテリジェントデバイスユニットFX5-CCLIEF

インテリジェントデバイスユニットFX5-CCLIEFをCPUユニットに接続することで、Ethernet(1000BASE-T)を使用した高速(1Gbps)かつ大容量なオープンフィールドネットワークであるCC-Link IEフィールドネットワークのインテリジェントデバイス局として接続できる。生産設備の膨大な生産情報をリアルタイムに伝送でき、また、ITシステムとFA機器間をシームレスにつなぐSLMP(SeamLess Message Protocol)によって、生産現場の分析に必要なリアルタイムなデータ収集を実現できる。

CC-Link IEフィールドネットワークでは一般的な高速I/O制御、コントローラ制御に加え、高精度同期に対応したモーション制御を1ネットワークで構築できる。また、柔軟な配線方法が可能で、信頼性の高いリング接続や、シンプルにシステムを構築できるスター接続、ライン接続に対応しており、設置環境に応じたフレキシブルなシステム構築が実現できる。

CC-Link IEフィールドネットワークユニットでは、高速大容量のデータを送受信するため、通信処理機能は当社が開発した専用ASIC(Application Specific Integrated Circuit)を用いることにした。さらに、大量のデータをFX5-CCLIEFに対して送信した場合でも、受信バッファ

のデータを別のメモリに移動させ、そのデータに対して順次処理を行うことで、受信バッファに空きを増やし、高速大容量のデータ転送を実現した(図1)。

2.2 CC-Link IEフィールドネットワークBasic対応

iQ-Fシリーズのネットワーク機能強化として、CC-Link IEフィールドネットワークBasicのマスター局に対応した。CC-Link IEフィールドネットワークBasicは、100Mbpsの汎用Ethernet通信を用いた産業用オープンフィールドネットワークのことであり、シーケンサ以外にも、インバータや表示器などが対応している。iQ-FシリーズのCC-Link IEフィールドネットワークBasic対応仕様を表1に示す。

CC-Link IEフィールドネットワークBasicでは、これらのFA機器を図2に示すように、マスター局とスレーブ局間で定期的(サイクリック伝送)にデータ交信を行う。

サイクリック伝送は、次の①~③の処理を繰り返すことで実現している。

- ①マスター局は、全スレーブ局への出力データをブロードキャストパケットで送信
- ②各スレーブ局は、自局宛ての出力データを受信し、マスター局への入力データをユニキャストパケットで送信

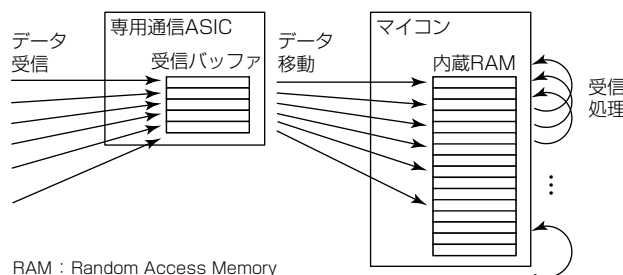


図1. 受信データの流れ

表1. iQ-FシリーズのCC-Link IEフィールドネットワークBasic対応仕様

項目	仕様	
1ネットワークの最大接続局数	スレーブ局	6局
	RX	384点
1ネットワーク当たりの最大リンク点数	RX	384点
	RWr	192点
	RWw	192点
最小リンクスキャン	20ms	

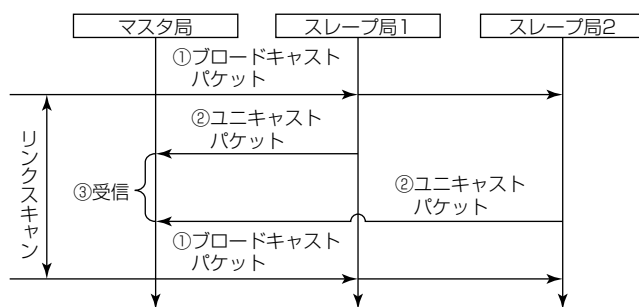


図2. サイクリック伝送によるデータの流れ

③マスタ局は、全スレーブ局からの入力データを受信
 このように、CC-Link IEフィールドネットワーク Basicマスタ局はスレーブ局からのユニキャストパケットが高頻度で送信されてくるため、パケットを取りこぼさない受信処理を実現した。

iQ-FシリーズのCPUユニットの内部処理はタスク制御で動作しており、主なタスクとしては、シーケンス演算やI/Oリフレッシュなどを行うメインタスク、SD(Secure Digital)メモリカードへの読み書きを行うSDアクセス用タスク、内蔵Ethernet機能によってパケットの送受信を行うEthernet通信用タスクなどがある。マスタ局として高頻度の受信に対応するため、Ethernet通信用タスクとは別に、優先度の高いCC-Link IEフィールドネットワークBasic専用受信タスクで受信処理を行う設計とした。これによって、CC-Link IEフィールドネットワークBasicのリンクスキャン性能を確保した。

2.3 データロギング機能とFTPサーバ機能

2.3.1 機能の特長

iQ-FシリーズのCPUユニットは、データ収集機能強化として、データロギング機能とFTP(File Transfer Protocol)サーバ機能に対応した。データロギング機能によって、指定した間隔又は任意のタイミングで指定したデバイスデータを収集し、収集したデータをSDメモリカードに保存できる。また、FTPサーバ機能によって、装着したSDメモリカードを取り外すことなく、データロギング機能によって保存されたロギングデータを読み出すことができる。例えば、データロギング機能によってトラブル発生時のデータを保存し、そのデータをFTPサーバ機能によってコンピュータへ読み出すことで、事務所等から生産現場の情報を収集できる。データロギング機能の仕様としては、トラブル発生時の原因特定などに有用なデータを残すため、スキャンごとにデータの収集を可能とし、最小収集間隔は10msとした(表2)。

2.3.2 キューを用いたタスク制御

データロギング機能は、メインタスクでロギングデータを内部バッファに書き込み、SDアクセス用タスクで内部バッファからSDメモリカードにデータ転送を行うことで実現している。また、SDアクセス用タスクは、データロギング機能やFTPサーバ機能などが使用しており、これ

表2. データロギング機能の仕様

項目	仕様
最大ロギング設定個数	4
最大ロギング点数	512点
最小収集間隔	10ms
ロギング種別	連続ロギング トリガロギング
収集タイミング	毎スキャン
	時間指定
	データ条件指定

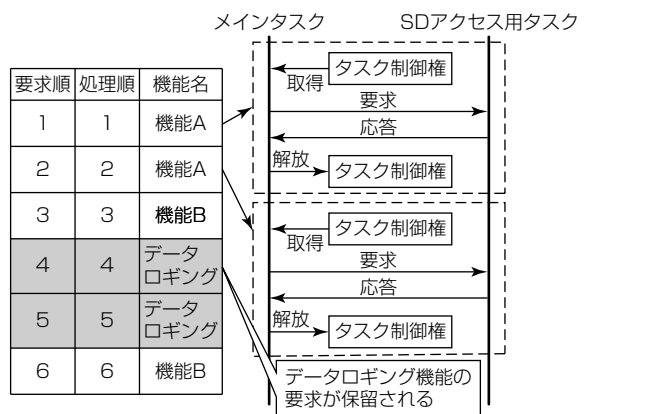
らの機能が、SDメモリカードに読み書きするタイミングでメインタスクからSDアクセス用タスクを起動している。

最小収集間隔10msを実現するため、データロギング機能の処理が優先されるようにSDアクセス用タスクを実行する必要がある。図3(a)に示すような1つのタスク制御権で処理を行う方式を採用すると、特定の機能がタスク制御権を占有し続けるという問題がある。そこで、図3(b)のようにSDアクセス用タスクを使用する機能ごとにキューを設けて、各キューに対して優先順位を付けることで優先度が高いデータロギング機能などから処理を行う方式を採用した。

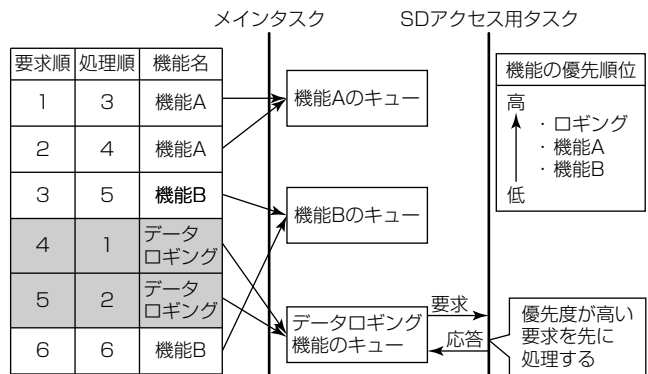
また、キューを用いたタスク制御では、優先度が高い機能からの要求が多い場合、その機能だけが処理し続ける可能性がある。そこで、キューに要求を送信してから一定時間処理されなければ、その要求の優先度を上げることによって、優先度が低い機能の要求も処理できるようにしている。

2.3.3 FTPサーバ機能の処理分割

FTPサーバ機能はSDアクセスを行うため、データロギング機能に影響を与える可能性がある。iQ-FシリーズのCPUユニットからFTPサーバへファイル転送する処理は、SDメモリカードから内部バッファ、内部バッファから送信バッファという順番でファイル転送する。転送するファイルサイズが大きい場合、ファイルを一度に転送しようとするFTPサーバ機能がSDアクセス用タスクを長時間占



(a) タスク制御権を用いたタスク制御



(b) キューを用いたタスク制御

図3. タスク制御方式の違いによる実行順序

有し続けてしまう。そこで、これらのファイル転送を分割して処理することによって、FTPサーバ機能がSDアクセス用タスクを占有し続ける時間を抑え、データロギング機能が性能を満たすためのタスク占有時間を確保した。

3. 適用事例

3.1 システムの概要

生産現場ではトレーサビリティデータの活用による、不具合対応の迅速化や、稼働状況や品質情報のきめ細かな傾向管理の実現が求められている。各生産工程で使用した設備番号や稼働履歴、品質データを蓄積し、各工程を仕掛品が通過するごとに、シリアル番号と加工履歴・検査履歴などをデータベースに送信することによって、リアルタイムに生産状況を把握し、管理する要望が高まっている。

生産現場で仕掛品を現品票などで管理している場合、工程飛ばしや不良品の投入などの問題が起こり得る。仕掛品それぞれに二次元バーコードを利用して固有のIDを付与し、各生産工程の開始前、完了後にIDを読み取り、工程とIDを合わせてデータベースに蓄積することで、各仕掛品の作業状況、生産数などの生産情報を把握できる。これによってそれらの問題を防止でき、また、その情報と検査工程の情報を高速なCC-Link IEフィールドネットワークで結び付けることで、生産から検査までのトレーサビリティがリアルタイムに確保できる。

iQ-FシリーズがCC-Link IEフィールドネットワークに対応したことによって、安価にリアルタイムなシステムを構築可能となった(図4)。

3.2 システムの詳細

各生産工程の開始前にその工程を制御するシーケンサが仕掛品に表示された二次元バーコードを読み取り、仕掛品の固有なIDを取得する。読み取ったIDを工程に割り振られた情報と共に、CC-Link IEフィールドネットワークのリモートデバイスに格納する。CC-Link IEフィールドネットワークではリアルタイムにリモートデバイスの情報を共有しているため、生産システム全体を統合するシーケンサ側ではシーケンサに接続されたCC-Link IEフィール

ドネットワークユニットの共有メモリから情報を取得するだけで、仕掛品の情報を取得できる。

工程完了後にも同様に仕掛品のIDを読み取り、この工程が終了したという情報を合わせてリモートデバイスに格納する。これによって、設備統合シーケンサでは生産ラインの各仕掛品の状況がリアルタイムに把握できる。

また、生産工程の開始前に仕掛品のIDを読み出し、その仕掛品がその前の生産工程を実施した記録と照合することで、工程飛ばしを防ぐことが可能となる。

さらに、検査工程では各仕掛品のIDと検査結果を結び付けて保存しておき、次の生産工程の開始前にその仕掛品の検査結果を確認し、工程投入の判定を行うことで、不良品の次工程への投入を防ぐことが可能となる。

3.3 システムの活用

このようなシステムを導入することで、全ての工程を見える化できるようになるため、蓄積された生産情報によって、生産現場の問題点の分析や改善点の検討を行うことができる。

仕掛品1個単位で生産状況を把握しているため、ラインのチョコ停の時間や頻度、サイクルタイムを正確に把握できる。例えば、従来はトラブルによって生産ラインが止まってから装置の不調などを発見していたが、このシステムでチョコ停の頻度などを監視し、チョコ停の頻度の増加やサイクルタイムの変化、その他の生産情報の履歴によって、ライン停止の前兆の発見ができるため、ライン停止前に対策を検討可能となる。ライン停止した場合でも、蓄積された生産情報から原因の推定も可能となる。また、サイクルタイムを把握しているため、各工程でのサイクルタイムを分析し、どの工程の改善効果が高いか検討できる。さらに、作業者の情報も結び付けることで、その工程の作業の習熟度なども把握でき、習熟度が低い作業者に対して別途教育などを行うなど対策が可能となる。また、教育の効果についても定量的に把握できる。

4. むすび

iQ-Fシリーズで対応した、CC-Link IEフィールドネットワーク、CC-Link IEフィールドネットワークBasic、その他の新機能に適用した技術及びその事例について述べた。これらの機能によって、マイクロシーケンサが使用される小規模制御装置もe-F@ctoryが提唱するようなシステムに容易に加わることができるようになった。

今後も、iQ-Fシリーズの使い勝手向上・機能充実によって、生産現場のFA機器との接続性を高め、顧客の生産の最適化に貢献する。

参考文献

(1) 西本雅規, ほか: 三菱シーケンサ“MELSEC iQ-Fシリーズ”, 三菱電機技報, 90, No.4, 223~226 (2016)

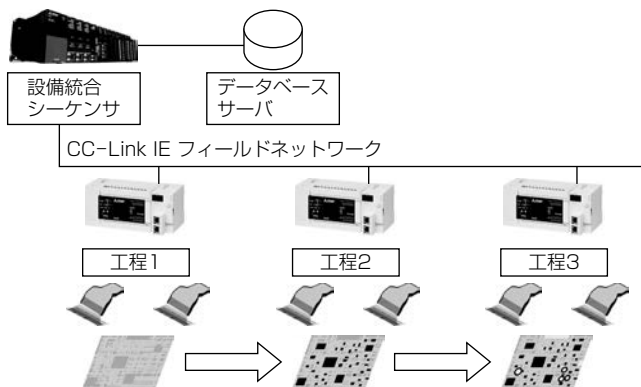


図4. 生産システム構成例