

巻頭論文

FA機器及びFAエンジニアリング環境の技術展望



瀬尾和男*

R & D Activities Related to Factory-Automation Controllers and Engineering Environment

Kazuo Seo

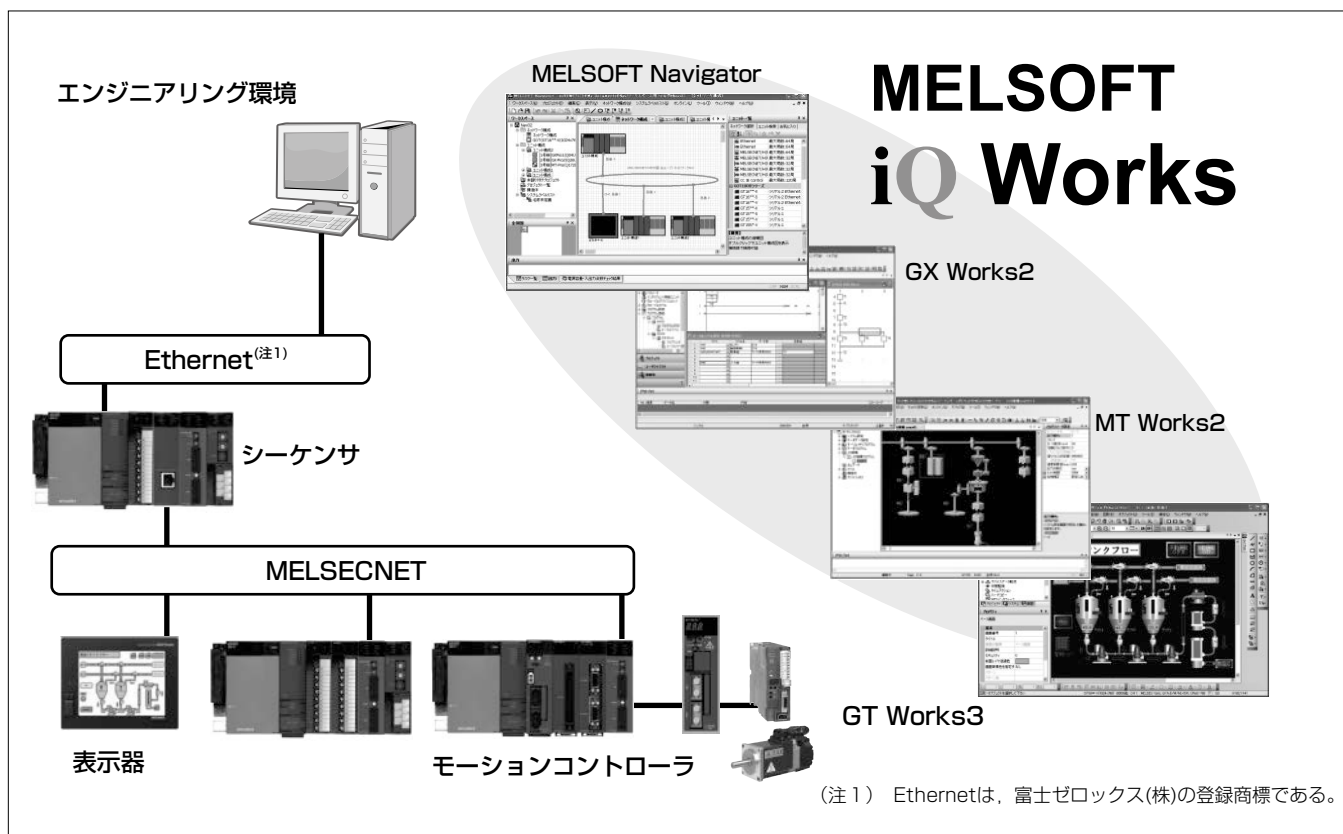
要 旨

三菱電機は、生産工程を自動化するFA (Factory Automation) 関連製品として、シーケンサ、表示器 (HMI)、モーションコントローラ、数値制御装置 (CNC)、サーボ、インバータなどのFA機器製品、放電加工機、レーザ加工機、ロボットなどのメカトロニクス製品の開発を行っている。本稿では、これら製品群のうち、FA機器製品について、そのハードウェアの技術動向と、これらの制御プログラムを作成するエンジニアリング環境の技術動向について述べる。

FA機器には、ラダープログラムを実行しシーケンス制御を行うシーケンサや、装置の動きを制御するモーションコントローラ、CNCなどの駆動系コントローラがある。これらのコントローラは、長期にわたる耐用年数や製品の供給可能性、信頼性、性能、コストのバランスを念頭に開発されてきた。コントローラを実現するハードウェアの技術として制御処理を実行するためのCPU (Central Pro-

cessing Unit) と、バス・ネットワークの技術動向について述べる。

また、生産システムが複雑化するにつれて、コントローラをはじめとするFA機器の設定項目やプログラムサイズが増加している。これに対してFA機器の設定作業、プログラミングを効率化するFAエンジニアリング環境“MELSOFT iQ Works”がある。制御プログラムの開発は、システム設計、プログラム作成、デバッグ・試験の順に行われており、それぞれの段階で開発効率を向上させる技術として、システム構成の複雑化に対応する構成管理機能、プログラムの再利用性向上に関するラベル機能とFB (Function Block) 機能、デバッグ・試験期間の短縮を実現するシミュレーション機能の技術動向について述べる。さらに、多品種小量生産の生産システムを効率よく稼働させる製造情報連携技術について述べる。



FA機器とそのエンジニアリング環境

生産システムを構成するFA機器とそのエンジニアリング環境についてのイメージを示す。

*先端技術総合研究所 システム技術部門 統轄部長(工博)

1. ま え が き

当社は、生産工程を自動化するFA関連製品として、シーケンサ、表示器(HMI)、モーションコントローラ、数値制御装置(CNC)、サーボ、インバータなどのFA機器製品、放電加工機、レーザ加工機、ロボットなどのメカトロニクス製品の開発を行っている。本稿では、これら製品群のうち、FA機器製品について、そのハードウェアの技術動向と、これらの制御プログラムを作成するエンジニアリング環境の技術動向について述べる。

2. ハードウェアの技術動向

FA機器には、ラダープログラムを実行しシーケンス制御を行うシーケンサや、装置の動きを制御するモーションコントローラ、CNCなどの駆動系コントローラがある。これらのコントローラは、長期にわたる耐用年数や製品の供給可能性、信頼性、性能、コストのバランスを念頭に開発されてきた。コントローラを実現するハードウェアの技術として制御処理を実行するためのCPUと、バス・ネットワークの技術動向について述べる。

2.1 CPU技術の動向

2.1.1 CPU性能の推移

当社シーケンサを例にとると、図1に示すようにCPU性能の指標である基本命令の実行速度は、3年で2倍のトレンドで高性能化されてきており、他社製品についてもほぼ同様に進化している。また、エンドユーザーが作成する制御プログラムの容量は、制御対象の大型化や生産システムの複雑化に伴って大きくなってきている。

当社シーケンサがラダープログラムを高速に実行するためのASIC(Application Specific Integrated Circuit)を開発しており、半導体技術の進化による性能向上に加えて、パイプライン技術やスーパースカラ技術といったマイクロプロセッサで実現されてきた技術の取り込みを進め、各世代で業界最速の基本命令実行速度を維持してきた。

2.1.2 CPU関連の研究動向

マイクロプロセッサの低消費電力化と性能向上に伴い、ソフトウェア処理でシーケンサを実現する事例が、欧州を

中心に出てきている。現時点では、ソフトウェア処理を行うための高性能なマイクロプロセッサは比較的高価であり、この方式は大規模なシステム向けでは活用できるものの、中小規模システムに向けたシーケンサを実現するにはコスト高となる。

駆動系コントローラは、マイクロプロセッサを中心に構築されている。近年、マイクロプロセッサは高性能化と低消費電力化を両立するために、マルチコア化による性能向上を行っている。特に高い性能が要求されるCNCでは、採用可能なマイクロプロセッサ製品の選択肢が狭まってきており、継続的に高速性を維持・発展するためにはマルチコアの利用が必要になってくると考えられる。このような技術を適用した場合、制御プログラム資産を流用するために、シングルコアを前提とするプログラムをマルチコア上で動作させる技術が必要となり、並列性の抽出、制御動作の同一性の検証が課題となる。

今後の開発では、効率的にハードウェアを実現するための設計技術や、差別化機能を実現するためにマイクロプロセッサに付加されるASICなどをプラットフォームとして複数分野のFAコントローラに対し共通的に適用することが求められる。また、FAコントローラで制御プログラムを高速に実行するためには、ハードウェア技術のみならず、ハードウェアの資源を効率的に利用するためのコンパイラ技術などを同時に開発することが必要となる。

2.2 バス・ネットワーク技術の動向

2.2.1 シリアル伝送技術

バス・ネットワークに関連する技術は、コントローラのハードウェアでCPU技術と同様に重要である。特にシーケンサでは、複数のCPUユニットやIOユニット、通信ユニットなどがベースボード上のバスを介して組み合わせられるため、システム構築の柔軟性を実現する重要な要素技術となる。また、大規模な生産システムを構築するためには、ネットワークで接続された機器の連携が必要となる。これら、バス・ネットワークでは、データ伝送容量の拡大、構築コストの低減が求められている。

バスの伝送容量を拡大する方法としては、複数ビットでの並列伝送を行うパラレル伝送方式と、伝送周波数を高くするシリアル伝送方式がある。パラレル伝送は、同時に伝送されるビット間を同期させるため高周波数での伝送が難しく、プリント基板上やコネクタ、ケーブルを経由する伝送ではコスト高となり、近年ではLSI(Large Scale Integration)チップ上での伝送容量の拡大に適用される場合が多い。これに対してシリアル伝送は、伝送両端でのパラレル-シリアル変換などの回路が必要であるものの、高周波数での伝送が比較的容易であるため、ケーブルやコネクタを介した伝送や長距離伝送で適用されている。

当社製品では、“iQ Platform製品シリーズ”向けにデー

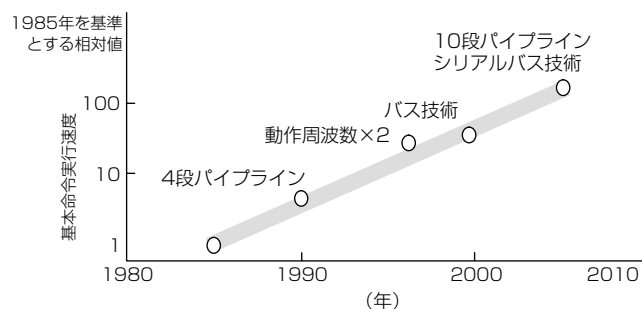


図1. シーケンサCPU性能推移(基本命令実行速度)

タ伝送量の拡大を実現するシリアル伝送技術を開発し、駆動系コントローラと同期したデータ伝送を行うことで、シーケンサ、モーションコントローラ、CNCなどを高速に接続し、機器の連携による生産システムを容易に構築可能とした。

また、シーケンサではベースボードを廃し、ユニットを連結していくことで比較的低コストにシステムの構築を行う“MELSEC-Lシリーズシーケンサ”を新たに開発している。このようなユニット連結型のシステムバスでは、連結するユニットの種類や台数によって伝送の電氣的な特性が変化することが考えられ、接続ユニット数によらない伝送の安定性確保、FA環境で求められるノイズ耐性、他機器への影響をなくすノイズ放射の抑制といった技術が不可欠である。

2.2.2 伝送技術の研究動向

フィールドネットワークなどの長距離伝送を要するものは、パラレル伝送では同期が問題になるため、ケーブルコストが比較的安価なシリアル伝送が適用される。“CC-Link IE”では、伝送の物理層でEthernetなどのオープンな汎用(はんよう)技術を利用することで低いコストでハードウェアを構築し、その上に独自プロトコルを搭載することによってFAで求められるリアルタイム性や信頼性を実現する。

今後は、バス・ネットワークの高速化や生産システム構築に使用されるネットワークの統合化といったハードウェアの課題に合わせて、大規模化する生産システムの構築を容易化するために、ネットワークの自動接続や、接続されているFA機器の構成管理といった技術の開発が必要となる。

3. エンジニアリング環境の技術動向

半導体／液晶／太陽電池パネル製造装置や、自動車組立てラインといった中大規模システムでは、シーケンサ、モーションコントローラ、表示器、CNCといった複数のFA機器を組み合わせて制御システムを構築する。図2に制御プログラムの開発プロセスを示す。制御プログラムの開発は、システム設計、プログラム作成、デバッグ・試験の順に行われており、それぞれの段階で開発効率を向上させる技術として、システム構成の複雑化に対応する構成管理機

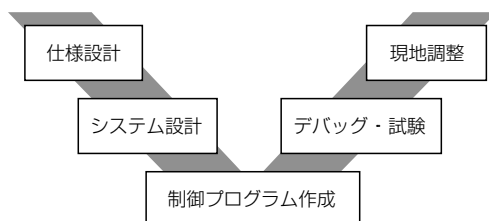


図2. 制御プログラムの開発プロセス

能、プログラムの再利用性向上に関するラベル機能とFB機能、デバッグ・試験期間の短縮を実現するシミュレーション機能の技術動向を述べる。

3.1 構成管理技術の動向

3.1.1 システム管理ソフトウェア

複数のFA機器がネットワークによって接続された中大規模の制御システムのシステム設計を行うには、システム内に存在する複数のFA機器を統一して管理する構成管理機能が必要となる。このようなシステム管理が可能な製品として、“MELSOFT iQ Works”がある。MELSOFT iQ Worksは、図3に示すように次の4つのソフトウェアで構成している。

- ①“MELSOFT Navigator”：システム管理ソフトウェア
- ②“GX Works2”：シーケンサエンジニアリングソフトウェア
- ③“MT Works2”：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
- ④“GT Works3”：表示器画面作成ソフトウェア

MELSOFT iQ Worksでは、従来のエンジニアリング環境に加えて、新たにMELSOFT Navigatorが追加された。このMELSOFT Navigatorを用いることで、シーケンサ、モーションコントローラ、表示器の各エンジニアリングソフトウェア間でデータ交換を行い、設計情報を共有することが可能となる。

システム設計では、複数のFA機器を同時に扱うことが多い。従来は、それぞれのFA機器ごとに設定を行う必要があったが、MELSOFT Navigatorでは、複数のFA機器をまとめて扱うことが可能なワークスペース機能が提供される。ワークスペース内にあるFA機器のプロジェクトデータ間では、デバイスに割り付けられたラベルを共有してプログラミング作業を効率的に行うことができる。また、パラメータの一括設定や整合性のチェックが可能であり、複数のFA機器の設定作業及び確認作業が容易になる。

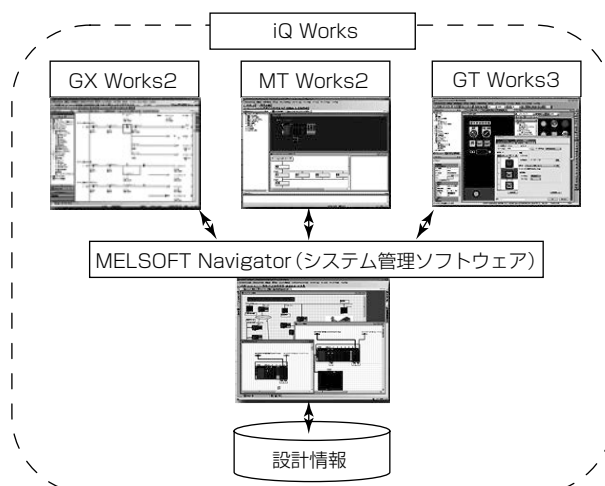


図3. MELSOFT iQ Worksの構成

3.1.2 構成管理の研究動向

構成管理の研究動向としては、FA機器や製造装置のモデル化による統一的な管理機能の研究がある⁽¹⁾。パラメータの設定やプログラムのダウンロードでFA機器へアクセスするためには、FA機器本体の仕様や、パラメータ構成などを示す情報が必要となる。異なる種類のFA機器を同時に扱うためには、機器情報の統一したフォーマット記述が必要となる。共通な情報モデルを定義して多数のFA機器を統一管理することで、システム構成管理ソフトウェアの高機能化、操作性の向上を実現できる。

FA機器や製造装置のモデル化とその標準化の例として、モデル作成手法におけるISO15745(Application Integration Framework)のようにXML(eXtensible Markup Language)による記述手法が策定されている。さらに、様々な種類のFA機器に適用するため、記述項目の分類や制約記述への対応による記述能力向上の研究が進められている。

構成管理における今後の技術開発としては、システム設計におけるモデル化とその記述手法の研究のほかに、保守におけるEasy to Use実現に向けた故障時のFA機器の交換支援機能の開発や、Plug&Play技術の開発などが考えられる。より複雑なシステムへの対応を可能にすることで、制御システム開発及び保守管理の効率化に貢献する。

3.2 プログラミング技術の動向

3.2.1 ラベル機能

制御プログラムのサイズが大きくなるにつれて、プログラムの可読性や再利用性が課題となる。可読性の向上には、ラベルと呼ばれるデバイスへの名前付けが有効である。

デバイスに意味のあるラベル名を付けることで、デバイス番号などの物理的な構成に依存しない可読性の良いプログラムの作成が容易になる。これによって、機器追加などの構成変更によるプログラムの修正を少なくできる。さらにMELSOFT iQ Worksでは、ラベルを複数のコントローラと表示器間で共有するシステムラベルと呼ばれる機能が提供される。この機能を用いることで、シーケンスプログラムやモーションコントローラプログラムの修正量が減らせるだけでなく、それらのコントローラのデバイスを参照する表示器の作画プログラムの修正量も減らすことができる。

3.2.2 FB機能

再利用性の向上には制御プログラムを部品として扱うことができるFBが有効である。

プログラム中に繰り返し現れる標準的な制御手順をFBとして部品化することで、プログラムのサイズを縮小できる。FBを使用することで、同様の制御手順を他の装置の開発にも容易に適用でき、再利用性の向上が期待できる。

3.3 シミュレーション技術の動向

3.3.1 FA機器のシミュレーション機能

生産システムの大規模・複雑化に伴い、制御プログラム

のデバッグや試験にかかる作業工数も増大している。このデバッグや試験の期間短縮を実現するためには、シミュレーションなどによる事前検証が有効である。

制御プログラムの事前検証を行うためのFA機器のシミュレータ機能として、MELSOFT iQ Worksでは、シーケンスプログラムのデバッグを支援する“GX Simulator2”がある。同様にモーションプログラムでは“MT Simulator2”、表示器の作画プログラムでは“GT Simulator3”を提供している。これらの機能は、パソコン上に仮想的なコントローラを持ち、実機なしで制御プログラムを動作させることができる。これによって、実機を用いた試験前の制御プログラムの完成度を高め、装置の立ち上げ時間の短縮が可能となる。

3.3.2 シミュレータの研究動向

事前検証の精度をより上げるための研究課題に、特性の異なる複数のFA機器及び各種装置を組み合わせる生産システム全体の挙動を検証するシミュレーション技術がある。

生産システムを構成する主要なFA機器に対しては、先に述べたFA機器のシミュレータが製品化されている。また、生産システムのスケジューリングを検証するシミュレータや、三次元の形状モデルに基づいて装置の動作を模擬するシミュレータなども存在する。通常これら複数のシミュレータを統合するには、個々のシミュレータを一定の周期で動かして同期させる。しかし、生産システムでは、各種装置の制御周期の粒度が異なるため、この方法ではシミュレーションを効率的に実行することが困難である。このため、異なる周期のシミュレータを効率よく連携動作させるフレームワークの研究が行われている⁽²⁾。

このフレームワークは図4に示す構成を持ち、生産システムを構成するFA機器シミュレータ、装置シミュレータなどを接続して、論理時間を同期させながら動作させることができる。このフレームワークは、各FA機器及び各装置の制御周期が異なる場合でも、最小限の同期で動作可能であり、他のシミュレータを待つ無駄な時間をなくし、計

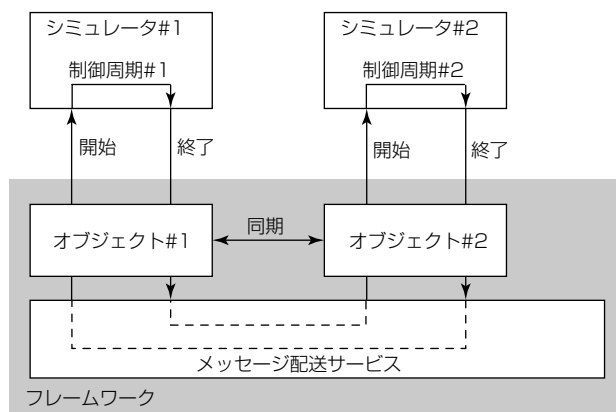


図4. 連携シミュレーション機構

算機能力を最大限に利用する。これによって、整合性の取れた高精度なシミュレーション環境を実現できる。

今後の技術開発については、シミュレータ間の通信遅延などを考慮した、より現実のタイミングを模擬できる時間管理機構や、現場で発生したトラブルを再現するような再現機能の強化など、シミュレータの高度化、適用可能範囲の拡大を行うための技術開発が求められる。

4. 製造情報連携技術の研究動向

多品種かつ小量生産の生産システムでは、工程計画情報に基づいて設備を効率よく稼働させる必要がある。このような生産システムでは、上位の工程計画アプリケーションと制御システム間のデータ連携が重要であり、MES (Manufacturing Execution System) を中心とする製造情報システムが利用されている。

製造情報システムは、図5に示すような階層モデルで構築される。代表的な例として、ISO/IEC 62264 (Enterprise control system integration) (ISA-95) における階層モデルが標準化されている。このモデルでは、製造情報システムは計画層(レベル4)、実行層(レベル3)、制御層及び装置(レベル2～1)の各層に分類され、MESはレベル3に、FAコントローラはレベル2に属する。

レベル2のFAコントローラとレベル3のMES間でやりとりされる情報を表1に示す。工程実績、設備情報、設備状態、検査結果など、製造情報システムで利用されるデータの多くは、制御システムが保持している。このため、制御システムの設計情報を上位のMESの設計で活用することで、各階層の接続が容易になり、生産システムの設計期間、立ち上げ期間を短縮できる。また、FAコントローラとMES間の接続に、XMLなどを用いた共通的な記述方法に基づくデータ交換手法を用いることで、設計・立ち上げ期間の更なる短縮が可能となる⁽³⁾。

今後は、製造分野ごとのデータ構造の標準化や、製品ごとのテンプレートの作成などによるシステム構築時間の短縮が必要となる。

5. む す び

製造設備の大規模化、複雑化に伴い、製造装置を制御するFAコントローラのハードウェア及びそのエンジニアリング環境について、プロセッサやシステムバスなどの性能

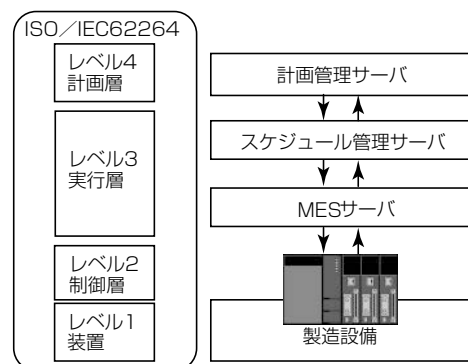


図5. MESと制御システムとの連携

表1. FAコントローラとMES間のデータ交換の例

	生産作業管理	保守作業管理	品質作業管理	在庫作業管理
(a)	プログラム 加工レシビ	診断プログラム 保守基準値	検査手順 品質基準	積載方法 在庫基準
(b)	工程開始指示 工程終了指示	保守作業指示 関連保守文書	検査条件 検査開始指示	移送指示
(c)	工程実績 工程状態	保守作業完了 保守活動データ	検査結果	移送結果
(d)	工程実績 設備情報	設備状態	工程内統計情報	材料環境

向上技術と、構成管理技術、プログラミング技術、シミュレーション技術、製造情報連携技術などのソフトウェア技術の現状と将来展望について述べた。FAの分野では、生産システムの大規模化、複雑化に伴い、ハードウェア機器の高機能化、ソフトウェアの大容量化が課題となっている。今後も当社では、FAのみならず広く情報システムや組み込み機器を開発する総合電機メーカーの強みを生かし、生産システムの開発を効率化するための技術開発を進める。

参 考 文 献

- (1) Suzuki, K., et al.: Recent Trends and Issues of Device Integration Standardization, ICROS-SICE International Joint Conference 2009 (2009)
- (2) Furusawa, K., et al.: Dynamic Configuration in a Large Scale Distributed Simulation for Manufacturing Systems, 16th European Simulation Symposium (2004)
- (3) 岩津 賢, ほか: FAコントローラの情報連携のための通信規約の開発, スケジューリングシンポジウム 2008 (2008)