

コントローラの現状と展望

井手 健一郎(いで けんいちろう)

田中 春樹(たなか はるき)

武井 孝憲(たけい たかのり)

1 まえがき

21世紀目の現在、情報通信の著しい発達とは社会構造・経済構造を劇的に変えつつある。

FA (Factory Automation), PA (Process Automation) の分野においても、パーソナルコンピュータ (パソコン) システムに象徴されるオープン化、マルチベンダー化、ネットワーク化、マルチメディア化などのうねりが情報処理分野から機械制御・製造ライン制御分野に押し寄せており、いわゆるコントローラのあるべき姿も大きく変貌している。

本稿では、情報革命、デジタル革命といわれる流れによる生産システムの変化について考察し、今後のコントローラの在り方について述べる。

2 コントローラの発展と現状

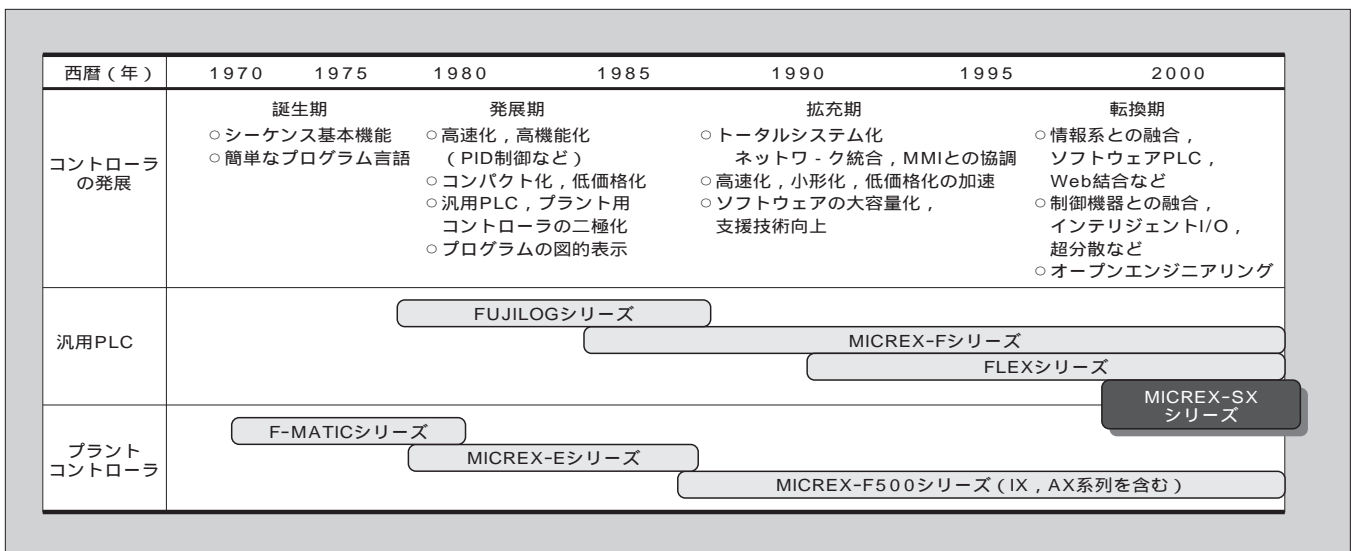
プログラマブルコントローラ (PLC) は、1968年に米国の General Motors 社から産業用制御装置の具備すべき要求事項として「10か条の憲法」なるものが提示され、それ

に呼応する形で翌年、米国の数社が製品発表したことで誕生した。その後、半導体デバイス技術、マイクロプロセッサの進歩とともに急速に成長し、現在では制御システム構成上必要不可欠なコンポーネントとしてその地位を確立している。

コントローラの発展過程と富士電機製品の対応を図1に示す。誕生期のコントローラは従来のリレー制御盤の配線論理のソフトウェア化を目的としたもので、シーケンス制御基本機能 (論理演算、タイマ、カウンタ) と数百点の入出力を持つものであった。日本国内では入出力 500 点、プログラム容量 4k ワード規模のコントローラが商品化され、主に大形プラントのリレー盤代替に選択的に採用された。

1970年代後半にはマイクロプロセッサの出現でコントローラの持つ機能・性能が急速に進歩し、本格的な発展期となる。特に上位機種は算術演算、データ処理、PID (Proportional, Integral, Derivative) 制御までもを包含するまでに高機能化するとともに、性能的にも処理速度の大幅な高速化が実現した。これら高速処理と数値演算機能の充実により鉄鋼精製ラインの位置決めや張力のオンライン制

図1 コントローラの発展と富士電機の製品



井手 健一郎

プログラマブルコントローラの開発・企画およびエンジニアリング業務に従事。現在、機器事業本部 機器制御事業部 SX 支援プロジェクト部長。



田中 春樹

生産システム分野におけるソリューションビジネスの企画・推進業務に従事。現在、システム事業本部 SI センター SI 技術営業部 主席。



武井 孝憲

生産システム分野の事業および開発企画に従事。現在、システム事業本部 SI センター 制御技術開発部 主査。

御, PID 制御機能による計装プロセス制御など, リレー盤代替の時代から適用範囲を急速に拡大し, プラントコントローラとして広く適用されるようになった。

また一方, 小規模コントローラの小型化, 低価格化が加速し, シーケンス制御機能に限定した組立, 加工産業の機械制御システムを中心として需要が急増した。富士電機の FUJILOG シリーズを含む小形機種群は, ユーザーがコントローラを購入し自分でプログラムを組むという形態で広がり, プラント制御用とは違った汎用 PLC というジャンルが形成された。

1980年代中ごろに ASIC (Application Specific IC) が実用化するとコントローラの高機能化, 小型化が一段と加速し, 1995年ごろにかけての最も華やかな拡充期となる。プラントコントローラは適用分野が多岐にわたり, 計装制御用 DCS (Distributed Control System), 高速・高信頼を必要とする発電機制御など, 適用分野ごとに特長あるシステムが出現した。またそれとともにネットワーク結合や MMI (Man Machine Interface) 協調などトータルシステム化の流れのなかでソフトウェアの大容量化が進み, ソフトウェア支援技術が重要な要素として出現してきた。

汎用 PLC は小形・低価格化が一層進む一方で, 搭載機能はプラントコントローラに近づいていくこととなる。この汎用 PLC の進化はリモート I/O への対応, サーボ, インバータなどの駆動制御との連携, パソコンとの結合などを実現しながら, 小形, 低価格, 高機能を武器に21世紀に向けたコントローラの転換期を創出することになる。

③ 生産システムの変化

転換期に入ったコントローラの在り方を考えるにあたり, コントローラが適用される生産システムの変化を考察する。

3.1 企業生産活動の変革

今日の生産分野の動向を見ると, さまざまな変化が見受けられ, 大きなターニングポイントにあると考えられる。その背景には, 企業を取り巻く環境の変化があげられる。企業は否応(いやおう)なく国際舞台での大競争に巻き込まれ, その競争力の維持・強化, そして自らの生き残りのために種々の改革を強力に推進している。

3.1.1 グローバル化対応

情報通信の飛躍的な発展により経済活動での国境が完全に消滅し, 地球規模の大競争時代に突入している各企業は必然的に海外対応を重要戦略として推進することとなる。海外市場での製品販売拡大をめざすとともに, 生産活動も生産コスト低減, 部品の調達性, 商品の物流などの条件をにらみながら海外進出を積極的に進めている。このような海外生産拠点化と既存の国内生産システムとの有機的連携, いわゆる地球規模の適地生産と物流システム化で競争優位性を確保しようとする活動は企業の規模とは無関係に推進されている。

3.1.2 TCO (Total Cost of Ownership) の削減

大競争を勝ち抜く第一条件であるコスト競争力は企業の実生命線である。生産活動すべてのフェーズを含んだトータルコストの削減は常に企業の最優先課題であり, 生産システムについても変革が進められている。

(1) 無駄のない生産システム構築

高度成長期には生産設備に多少冗長な部分を持つことが許されたし, 変更を見越した冗長はむしろ必要でもあった。しかし現在は徹底した合理化, 効率化の面から, 「生産目的にフィットした過不足のない生産システムとして導入運転する」「生産目的に変化が生じたら最小限のコストでかつ迅速にシステムの再構築を完了し運転に入る」という高次元な自由度を持つシステムが研究されている。

(2) システム構築コストの削減

自由度をより効果的にコスト低減に生かす方策として, システムおよびコンポーネントが特定の装置メーカーの仕様に依存しない状況の創出が進行している。これでベンダーを超えた自由なコンポーネントの選択と組合せによるシステム構築が可能となり, コストミニマムが追求できる。

(3) エンジニアリングコストの削減

生産システムのトータルコストに占めるソフトウェア作成費, 操業開始後の保守費などの割合はシステムの高度化で年々増加しており, このままでは危機的状況に陥る。各企業はソフトウェア作成手法の改革の模索, 保守を含めたアウトソーシングの検討などの努力が続けられている。

3.1.3 全体効率化の追求

昨今の市場環境変化の激しさは改めていうまでもない。従来の少品種・大量生産を効率よく行う時代は過ぎ去り, 多品種・小ロット生産が主流で, 注文量, 仕様, 納期などの生産環境が日々変化することが「常態」という現状である。こうした市場環境は, 企業にリードタイムの増加, 在庫量の増大などの悪影響をもたらす。この状況を打開するために各企業は, 企業の基幹情報システムと生産システムをオンラインで連携させ, 注文書受付から部品調達, 商品出荷までを総合的に運営管理して全体効率改善を試みている。

3.2 求められる生産システム

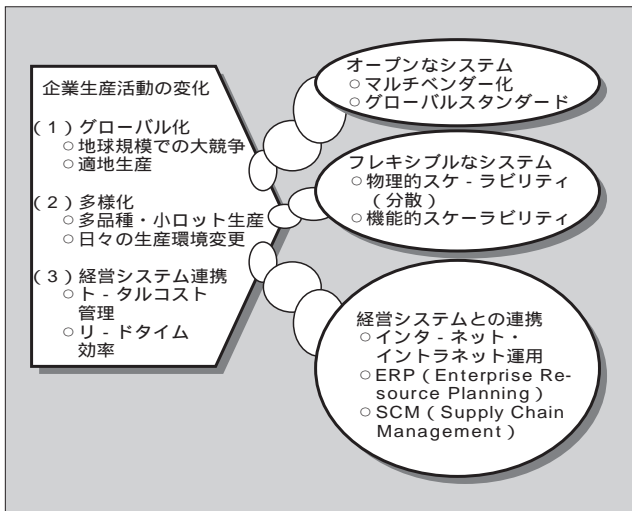
このような生産活動の変革欲求のうねりに対応し得る生産システムは, どのようなものであるべきなのか。図2に全体イメージを示す。

3.2.1 オープンなシステム

生産システムにおける各種コンポーネントおよび各種ネットワークはいずれもオープン仕様のものであることが求められる。オープン仕様とは「基本機能, 操作手順などの仕様が公開, 標準化されており, ユーザーが自由に機器を選択してシステムを構成できるレベルに, ベンダー間で統一性が保たれる」もので, 現在のパソコンが代表例である。

これによりユーザーはベンダーの呪縛(じゅばく)から解放され, 必要な機能・性能を世界の便利な地域の任意のベンダーから納得のいくコストで調達することができる。

図2 生産システムの変化



3.2.2 統一性あるエンジニアリング

生産システムの高度化とともにエンジニアリングコストが増大することは前述したが、この対策には特にソフトウェア作成効率の改善がポイントになる。ソフトウェア設計方法は機種や地域に関係なく普遍的であることが重要で、極カグローバルスタンダード（世界標準規格）に準拠していることが求められる。

この点で生産システムの中核コンポーネントであるコントローラのプログラミング言語に関する IEC 規格が特筆される〔IEC61131-3 (旧番号体系 IEC1131-3₁₉₉₃)〕。これはプログラム記述法の統一化に加え、ソフトウェア工学に裏打ちされたプログラミング手法に関する標準化をもめざしたものであり、ソフトウェアの部品化・再利用が自然とできてソフトウェア生産性の飛躍的向上が期待できる。

3.2.3 フレキシブルなシステム

生産目的に適した無駄のないシステムの構築、生産変更に対する迅速なシステムの再構築、という要求を満たすことのできる柔構造アーキテクチャを持つシステムが求められる。柔構造アーキテクチャとは「物理的なスケーラビリティと機能的なスケーラビリティがあり、高速処理と十分な処理キャパシティを持つシステム」である。これは転換期にあるコントローラの姿の重要なキーワードである。

3.2.4 IT (Information Technology) 連携

これまでの生産システムは、企業経営に直結した基幹情報系システムとは絶縁されていたのが実態である。しかしながら、これまで述べてきたように大競争の時代にあり、市場要求の激しい変化に対応していくためには経営活動とリアルタイムに連携できる生産システム、すなわち IT と連携可能な生産システムが求められる。

生産システムが IT であるイントラネットなどを経由し、ERP (Enterprise Resource Planning) や SCM (Supply Chain Management) システムとリアルタイム結合することにより、常に過不足ない生産量を維持し、納期や数量など生産計画変更システム自身が柔軟に対応することが可

能となる。そして次第に生産システムの情報から経営戦略を策定するシステムへと発展していく。

4 コントローラの要件

このような生産分野の変革の流れから、生産システムの主要コンポーネントであるコントローラも 21 世紀に向けて転換期に入っている。オブジェクト化、分散化、オープン化がキーワードといわれる転換期にあるコントローラの変遷について、すでにその傾向が現れているものも含めて考えてみる。

4.1 十分な制御性能

コントローラの基本要件である制御性能への期待は処理速度、ソフトウェア容量ともに大きい。処理速度は制御周期 1ms が一つの目安となろう。プログラムが数十 k ステップ規模とすると 1 命令実行が 50 ns 以下であり、10 ns が当面の期待値と考える。

ソフトウェア容量（プログラム実装可能量）は、ソフトウェアの部品化技術の進展などでハードウェアからソフトウェアへの傾斜が進み、100 k ステップ規模が必要条件といえる。

4.2 システム構築の自由度

従来のコントローラは機種を選択することによりシステム規模、性能が決まり、I/O のみ必要数を実装する形でシステムを構築していたが、ユーザーがもっと自由にシステム構築できるコンポーネント提供が必要である。物理的分散、機能的分散がポイントとなる今後の方向性を以下に記す。

(1) I/O のオープン化

I/O はすでに分散設置してネットワークで接続する方向にある。この I/O 接続用ネットワークはデファクトスタンダードが普及しつつある流れが加速し、I/O モジュールは急速にマルチベンダー化が進む。

(2) マルチ CPU

半導体および制御技術の進歩でコントローラの CPU が小形・安価に実現できるようになったことで、アプリケーション規模の変化に CPU 数の増減で対応するマルチ CPU システムが徐々に普及し始めていざい主流となる。マルチ CPU での分散制御はアプリケーション機能の適所ローカライズが可能であり、システムのロバスト性を飛躍的に向上させることができる。

(3) インテリジェント I/O

マルチ CPU、いわゆる CPU 機能分散の別形態として末端で機能的に完結するブロックを I/O と簡単なソフトウェア処理で構成するインテリジェント I/O が今後の重要な要素となる。このときサーボモータ制御など、分散したアプリケーション間のフレキシブルな通信の標準モデル化が今後の課題となる。

4.3 オープンなエンジニアリング

コントローラのプログラミングはラダー表現という基盤文化を共有しているにもかかわらず、メーカーが独自の作法を提供し続けてきたが、ここにきてようやく国際標準である IEC 規格 (IEC61131-3) が流通し始めた。これはプログラム表記だけでなく設計手法をも標準化できるもので、特にソフトウェアの部品化手法がオブジェクト指向の流れをリードするものと期待できる。

なにはともあれ、この IEC 規格にのっとったオープンエンジニアリング環境の提供が必要条件であろう。

それに加えて、今後増大する情報処理技術者^注パワーを制御に展開する手段となり得る「C」や「Java」など汎用言語とコントローラの整合、現場技術者の制御ノウハウを最大限に活用でき得るツールとしての動作仕様記述方式 (オートプログラミング) の実用化、などが期待される。

4.4 パソコンコントローラ

パソコンの高性能化で、操業管理などを行っていたパソコンを使用してシーケンス制御などの下位系制御を行おうという流れが出始めている。これは米国の自動車メーカーが提唱した OMAC (Open Modular Architecture Controller) で一気に加熱したもので、制御と監視とエンジニアリングを 1 台のパソコンに実装するアイデアである。その制御の部分がソフトウェアロジック (ソフトウェア PLC) であり、新しいジャンルとして注目されつつある。

ソフトウェア PLC は多くのベンダーが発表しているが、ハードウェア PLC との整合性、I/O の接続性などきめの細かいサービスが今後の必要条件であろう。また動作環境がパソコンなので、例えば「Java PLC」などの展開が期待される。

4.5 情報ネットワークコントローラ

生産システムが IT であるイントラネットを経由して ERP や SCM システムとリアルタイム結合し、企業の基幹情報システムに組み込まれるという方向性は前述した。転換期のコントローラはオープン、分散に代表される「柔構造」であるとともに、IT による上位情報システムへの接続が必須 (ひっす) となる。その第一歩はインターネット、イントラネットから制御状態をアクセス・表示できる Web サーバや電子メールによるリモートメッセージ発信などネットワークアダプタ機能のコントローラへの搭載であろう。近い将来にはコントローラに情報システムと同一

の分散オブジェクト機能をもつ制御サーバが搭載され、基幹情報システムからコントローラ群に自在にダウンロードして実行命令を出すようになり、情報システムと制御システムが切れ目なく連動している理想的な企業生産システムが実現できるであろう。

⑤ 富士電機の取組み

富士電機はコントローラの誕生期から FA・PA 分野に制御システムを供給してきており、多くのユーザーにご使用いただいている。生産システムの変革の流れのなかで転換期にきたコントローラの在り方、特にオープン化指向は自社の文化を一部否定しなければ成り立たない要素であり、富士電機としても難しい課題であった。しかし 21 世紀も信頼されるシステムベンダーであり続けるために、強い意志をもって図 1 に示したように新世代の統合コントローラ MICREX-SX シリーズを市場投入することとした。MICREX-SX シリーズは、オープン化、分散化、オブジェクト化を指向したコントロールシステムであり、

(1) コントローラ、MMI など周辺モジュールとの統合化の実現

(2) シリアルバスによる小形モジュールの分散設置

(3) IEC 規格言語の採用とパソコンでの統合支援システム

(4) 超高速処理 (20 ns) とマルチ CPU の実現

(5) ソフトウェアモジュールの積極運用

(6) ソフトウェア PLC を含めた系列化

(7) デファクトスタンダードネットワーク対応

など、今後のコントローラの必要要件をでき得る限り実現することと、今後 10 年間の富士電機のコントローラのフレームワークとすることをめざした。今後、「柔構造」分散化、IT との連携などへの進展を図っていく。

⑥ あとがき

以上、生産システムの変革とそれに対応するためのコントローラの要件について述べた。

今後コントローラはパソコン化の動き、IT との連携促進など、上位の情報システムとの融合が進む一方、制御対象との一体化に向けた超分散システム化が進むものと思われる。富士電機は今後も信頼される制御システムベンダーであり続けるために、時代を先取りする努力をしていく所存である。ユーザー各位および関係者各位のご指導とご支援をお願いする。

注 Java : 米国 Sun Microsystems, Inc. の登録商標



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。