

# システム構成技術

後藤 昌男(ごとう まさを)

小原 康幸(こはら やすゆき)

加藤 勝(かとう まさる)

## ① まえがき

市場ニーズの多様化による多品種少量生産への対応として、フレキシブル生産システム(FMS)が言われるようになって既に久しい。最近ではFMSに加えて、CAD/CAMシステムや生産管理システムを包含したトータルFAシステムの考え方へ発展し、コンピュータを中心とするCIM(コンピュータ統合生産システム)が喧伝されるようになっている。

鉄鋼や石油、化学プラント分野を中心にプロセスオートメーション(PA)技術が確立していくなかで、機械加工や組立、検査、搬送などのディスクリート分野は、関連するセンサやアクチュエータの技術進歩、コストダウンを待ったため多くは局所的な自動化にとどまっていたが、マイクロプロセッサ技術の発達とその導入を契機に、昭和50年代半ば以降いわゆるFAとして急速な発展をみせるに至った。

FAの定義自体はいまだ流動的であるが、その目的とするところは、「受注から出荷に至るまでの生産活動における、生産システム全体の効率的な管理と制御を実現すること」にある。

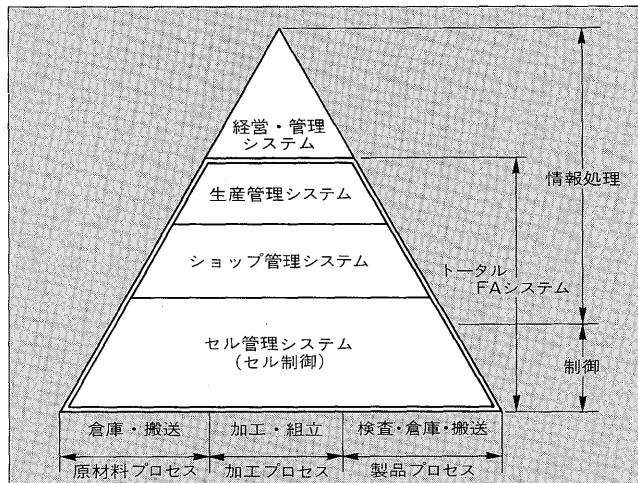
FAシステムの機能は、下位生産ラインを構成するNC加工機械やロボット、コンベヤ、試験機など各種装置の制御と管理から、上位はコンピュータを駆使した生産管理まで階層的であり、狭義のFA、PAに加えてOAの要素をあわせ持っているところにその特徴がある。

## ② FAシステムの機能と構成

### 2.1 FAシステムの位置づけ

FAシステムは、企業の情報処理機能からみると図1に示すとおり経営管理システムの下位にあって、オーダーの受領から製品の出荷までを広く管理制御する位置にある。従来、製造現場にあってはいわゆる生産管理システムが、早くからコンピュータシステム化の一端として、多くはその事業所における事務処理作業と同一のコンピュータによって運営されている。

図1 FAシステムの位置づけ



一方、製造ラインは省力省人化、生産性の向上、品質の向上安定、コスト低減などを求めて、高度の局所的な自動化あるいはFAの前段であるFMSが展開されてきた。また設計作業にさかのぼって合理化の面からCAD(コンピュータ援用設計)、あるいはCAM(コンピュータ援用製造)が導入されている。

トータルFAシステムはこれら個別に発展してきた生産技術を物と情報の流れに注目して再編成し、統合生産システムとしてより高度な社会ニーズにこたえられることをねらっている。

### 2.2 FAシステムの階層と機能

トータルFAシステムはその処理レベルから図1のように、大きく「生産管理レベル」、「ショップ管理レベル」、「セル管理制御レベル」の3階層に分けられる。「セル」はまた「ライン」とも呼ばれる。

「生産管理レベル」は事業所の最上位とも言うべき位置にあり、「生産計画」、「資材所要量計画」、「在庫管理」、「原価管理」、「オーダエントリー」などの処理を担当する。いわゆる「生産管理システム」として最も早くからコンピュータが導入されている領域である。



後藤 昌男

昭和37年入社。プロセスコンピュータシステムのエンジニアリング並びに産業用マイクロコンピュータシステムの技術企画に従事。現在、情報処理推進室応用技術部担当部長。



小原 康幸

昭和39年入社。コンピュータ制御システムの開発を担当後、FAS MIC Gシリーズ、UPOSなどの開発に従事。現在、富士ファコム制御(株)西地区第二システム部長。



加藤 勝

昭和42年入社。工業用コンピュータ制御システムの設計に従事。現在、情報処理推進室応用技術部課長。

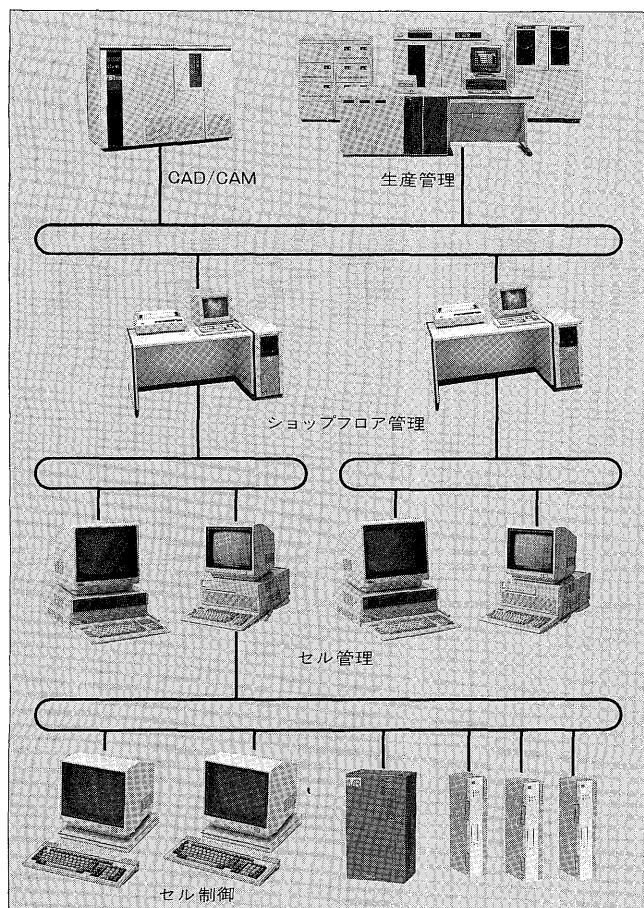
「セル管理制御レベル」はいわば最下層に位置し、生産ラインに直結して、NC加工機械、組立装置、試験・検査装置、自動倉庫、ロボット、コンベヤなどラインを構成する各種装置を制御・管理する。古くから「生産ライン」の「自動化」あるいは「自動制御」として取り組まれてきた分野であるが、マイクロコンピュータやメカトロニクス技術の発達で制御が飛躍的に高度化しただけでなく、現在では生産指令や生産実績の情報がオンラインで授受されている。

「ショップ管理レベル」は最近になって急速に立ち上がってきたもので、「生産管理システム」と「セル管理制御システム」をつなぐ位置にあって、ショップ単位での工程管理、物流管理、生産実績管理、品質管理、設備管理、治工具管理、NCプログラミングなどのインテリジェントな管理機能を果たしている。

なお、運用の仕方によって実際のシステムはこれらの階層をまたいた機能となることもある。

図2はFAシステムの階層を視覚的に表現したものである。各階層に適用される機器としては、上位はビジネスコンピュータ、オフィスコンピュータなどの事務用コンピュータが、下位はプログラマブルコントローラやループコンタローラを主とするシステムが、また中位は後述するいわゆるFAコンピュータが、それぞれ代表的なものである。当然のこと、各階層を結ぶデータウェイはその位置によって要求される機能性能が異なってくる。

図2 FAシステムの階層



### ③ FAシステムの特徴と実現のための課題

前述のように、トータルFAシステムは通常3階層に区分されるが、早期から取り組まれた最上位の生産管理システムとラインの自動化機器の間にあって、ショップ管理レベルとセル管理制御レベルは現在最も発展しつつある領域である。近年登場してきたFAコンピュータは、この範囲をカバーすることを目的としている。

本稿では生産管理レベルの詳細を別稿にゆずり、ショップ管理レベルとセル管理レベルを主体にFAコンピュータシステムを論じる。

#### 3.1 FAコンピュータシステムの特徴

FAシステムの中で、ショップ管理レベル、セル管理レベルに適用されるFAコンピュータシステムの一般的要件は次のようなものである。

- (1) 上位・下位システムと接続して、階層形分散システムが構築できること。
- (2) プログラマブルコントローラなどを介して設備、ラインの制御ができること。
- (3) 設備、ラインの監視、運転操作オペレーションが容易にできること。
- (4) ショップ内の工程管理や生産管理が行えること。
- (5) 多様なユーザーニーズに対応できること。
- (6) コンピュータの知識が無くとも、システムの拡充、管理が可能であること。
- (7) 設置場所を選ばないこと。

また、FAコンピュータシステムのソフトウェアシステムの特徴は次のようなところにある。

- (1) 本格的なリアルタイム処理システムである。
  - (a) スループットとレスポンスが同時に要求される。
  - (b) 多数のソフトウェア資源（プログラム、データ）が相互に密接に関連しあいながら共存し、動作する。
  - (c) システムを効率よく安全に運用管理するための仕掛け、道具が必要である。
- (2) かなり容量の大きいデータベースが中核として必要である。
  - (a) データベースの設計がシステム設計の中心である。
  - (b) データベースのアクセス（検索）効率がシステムのパフォーマンスを決める。
  - (c) システム管理の主な対象もデータベースである。
- (3) 基本ソフトウェアに要求されるのは柔構造である。
  - (a) 下位に接続される入出力デバイスは多種多様である。
  - (b) システムの機能、形態はバラエティーに富み、すべての機能を標準化してしまうことは困難である。
  - (c) ソフトウェアの追加変更が高頻度である。

#### 3.2 FAシステム実現のための課題

従来、ラインに設置されてきた自動化機器は、ローカルな個別合理化システムとして孤立している例が多い。FA

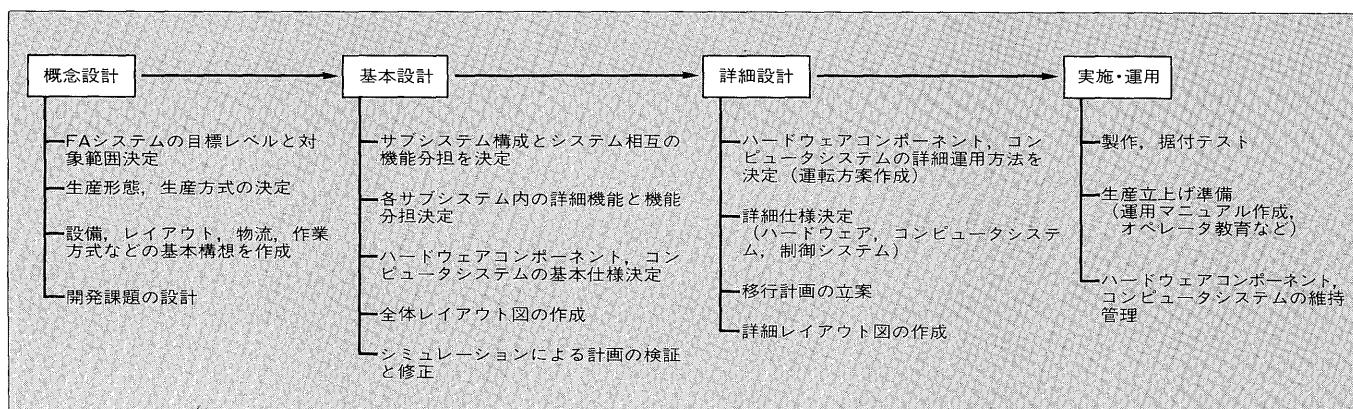
システムとして階層化と横の連携を図っていくうえで、解決しなければならない問題として次のようなものがあげられる。

- (1) 既設のライン制御個々の自動化は進んだが、自動化機器間の連結が困難で運転の集中管理が難しい。
- (2) データ収集の自動化が遅れているため、ライン制御機器の操業実績情報を管理情報として直接利用できていない。
- (3) 操業指令情報が人手を経由し、制御機器の設定値情報をとしてオンラインの利用ができていない。
- (4) 現状で満足できる汎用 LAN がなく、LAN の選択をメーカーに依存がちである。
- (5) 既設システムが各種雑多であり、それらを有効に活用することが難しい。
- (6) SEを中心とするコンピュータの専門家と現場との間に情報処理技術に関するギャップがある。
- (7) FAシステムが必要とする情報をすべてオンラインで収集することは、センサ技術と自動化コストの点で無理がある。

ライン制御機能と異なり、ショップあるいはセルの管理機能は FA システムの階層化のなかで新たに取り組まれる領域である。認識されている問題点は一般に次のようなものである。

- (1) プラント、設備の独立性が強く、工程間の的確な計画作成が難しい。
- (2) 飛込みオーダなどに対する計画修正の即応性が乏しい。
- (3) 原材料の調達と生産計画との連携が弱い。
- (4) 操業指令や工程間情報の伝達がスムーズでない。
- (5) 実績管理業務の機械化が遅れている。
- (6) 物の流れと情報の流れが一致しない。
- (7) 不良原因の特定や影響範囲の把握が難しい。
- (8) 経営管理システムとの連携が弱く、計画作業が重複する。
- (9) セル管理レベルから生産管理レベルへのデータ加工が繁雑である。

図 3 FA システム設計手順



## 4 システム設計手順

FA 化を目指した設備計画を決定し、FA システムを構築するためには、設備、レイアウト、生産方式、生産量、物流、人員、オペレーション、移行順序、維持管理などさまざまな観点から十分検討し、概念設計—基本設計—詳細設計—実施・運用と順を追って推進しなければならない。その概要を図 3 に示す。

FA コンピュータを主体とする FA システムの設計手順は、我々が PA 分野で経験したと同様、広範囲のシステムエンジニアリングの手順であると言える。

特に概念設計・基本設計のフェーズにおいては、歴史の浅い FA 分野であるがため、目標レベル、処理方式など明確にすることが困難な事柄が多い。しかし、FA システムに限らず、情報処理システムでは基本設計の段階までの綿密な検討と方針の決定が、システム導入計画の成功のかぎを握る重要なポイントである。

### 4.1 仕様の明確化

FA システムの目標、期待する効果から目標のレベルを明確にし、設備、機能、物流などを検討する。

ショップ管理、セル管理制御レベルでは、FA コンピュータの目的を生産管理、生産指示、設備監視・管理、品質管理、セル制御に大別することができる。

導入するシステムの目的を明らかにし、必要な機能を明らかにする。そのためにはまず対象とする設備機器、制御装置などの仕様、性能、位置関係やコンピュータとのインターフェースを明確にする。

次にフロア上の物の流れ、設備機器の動作との関係や取り扱う量、頻度、時間的な要素を明確にしなければならない。

### 4.2 設備運転方案・システム運営方式の明確化

FA 化を図る工場やラインでの生産方式、設備条件、オペレーション、必要な情報とその入出力の方法をシステムの目的と機能に従って明らかにする。

#### 4.3 システム設計の決定

ハードウェア、ソフトウェアを含めたシステム全体としての基本設計方針を上位・下位とのバランス、重要度を考慮し、

- (1) 機能面
- (2) 信頼性
- (3) 保守性
- (4) 拡張性
- (5) 開発性

の面から検討・決定する。

#### 4.4 システムとしての機能分担

- (1) 工場別/工程別/操作場所別など、生産設備からみた機能分類
- (2) データ処理/監視/制御/指示/記録/ガイダンスなどコンピュータからみた機能分類

これらから必要とする情報の流れ、各種データ構造の同期性/同時性を検討し、構成システムの中での機能の分担を明確にする。

#### 4.5 その他システムの共通的な機能

- (1) システムイニシャライズ
- (2) 異常検出/異常処理

について、その方法を明確にしなければならない。

### 5 ソフトウェアエレメント

生産システム全体の効率的な管理と制御を実現するためのFAシステムは、生産管理に代表される種々の機能を各システムが必要に応じて取り入れ、システムに作りあげられる。したがって適用分野、適用形態は、あまりに多様である。

FAコンピュータシステムのソフトウェアエレメントは、前述した一般的要件を満たす基本ソフトウェア、パッケージ、ソフトウェアツールなどについて以下のことが言える。

#### 5.1 基本ソフトウェア

リアルタイム処理をベースとした制御プログラム、大容量のデータファイルを高速に処理するデータベース管理、多様な入出力処理や共通的な機能処理パッケージの取扱いを容易にする。

管理プログラム、開発されたソフトウェアの他への活用・移植性をより可能とする言語処理(BASIC, C言語)に配慮が払われている。特に制御プログラムには、次の機能を備えている。

- (1) マルチタスキング+マルチプロセッシング
- (2) 優先処理
- (3) 事象、資源、タスクの同期制御
- (4) 時刻、時間、インターバル、PIO、プログラムによるタスク起動

#### (5) 多重の非常駐タスク

#### 5.2 パッケージ

多様な適用形態となるFAシステムにおいては、システムをまるごと標準化するにはソフトウェア開発・適用頻度・自由度の点で難があり、システム構成要素とシステム開発ツールの標準化を意図したパッケージの充実が図られている。これらパッケージは、最少限の専門知識で利用者自身のシステム開発と運用を可能にしている。

また、

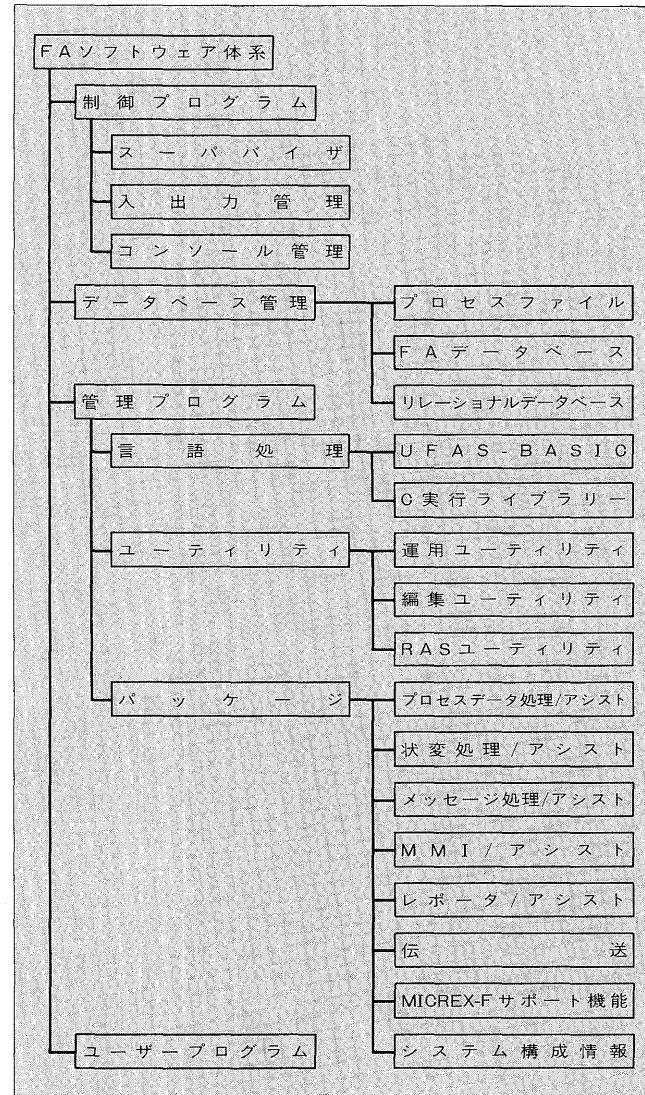
- (1) 機密・ノウハウの流出回避
- (2) 利用者の意志を直接システムに反映
- (3) システム変更、改良を短期間で実現
- (4) ソフトウェア人口の増加

に有効である。

主なパッケージは、リアルタイムFAデータベース、伝送、マシンインタフェース、プログラマブルコントローラのサポートなどがある。

#### 5.3 ソフトウェアツール

図4 FAソフトウェア体系



階層分散形構成をなす FA コンピュータシステムは、上位/下位システムや多数のデータエントリー端末から受領した大量のデータをデータベースで管理し、その内容やデータ処理の結果を CRT ディスプレイなどマンマシンインターフェースを通してアウトプットする。

前項のパッケージを活用し、利用者の必要に応じた形で入力・出力を行い、システムを作り上げるためのソフトウェアツールが必要である。

対話形式による作画・作表、入出力信号定義、メッセージ作成、データベースメンテナンスなど、ハードウェアや基本ソフトウェアを意識しないで利用できることが重要である。

各種のノウハウを含めたソフトウェアの蓄積・展開がシステム化を進めるうえで重要であり、知識情報処理（AI）の導入・活用が有効である。部品の複雑な流れをモデル化し最適な順序を判断したり、生産ライン上の問題点をシミュレートし、ネック解消に適用される。AI を応用したシステム構築用ソフトウェアを表1に示す。

## ⑥ ハードウェアエレメント

FA システムは、図1のように階層構造を成し、各階層間

表1 富士電機のAIツール

AI ツール	問題の分野	AI の処理機能
ΦNET (ペトリネット併用形)	FAにおける物流	物流管理でのフレキシブルな対応
ESHELL (汎用)	PA, FAからOAまで	高度・大規模な知的活動の統括
COMEX (選択形汎用)	診断、カウンセリング	蓄積したノウハウの整理・体系化・検索
FRUITAX (ファジイ制御)	自動制御周辺のマニュアルオペレーション	あいまい、柔軟な判断
EIXAX (数式モデル併用形)	操業最適化	特殊案件の考慮 きめ細かく複雑な判断

表2 FAコンポーネント

コンポーネント		主な仕様		
FAコンピュータ UFASシリーズ		主マイクロプロセッサ MC68020/80286 16.7MHz 最大 4台 主記憶容量 最大 11Mバイト 補助記憶容量 最大 240Mバイト		
プログラマブルコントローラ MICREX-Fシリーズ		メモリ容量 最大 28.1kステップ デジタル入出力 最大 3,200点 アナログ入出力 最大 200点		
ネットワーク	F-Net	Pリンク 500Mbps Tリンク 500kbps	光/同軸ケーブル 光/ツイストペアケーブル	
	DPCS-E	1.5Mbps	光/同軸ケーブル	
	FSL	33Mbps	光ファイバケーブル	
端末装置	PMS050	9/14インチ プラズマディスプレイ キーボード プリンタ	モノクローム/カラーCRT キャラクタ/グラフィック表示 640×400ドット 専用キー/JISキーボード 136/8けた 英数字・仮名・漢字	
	バーコードリーダ	インターフェース RS-232-C, 6~32けた		

及び階層内において機能的、ハードウェア的に分散構造を成して、トータル FA システムが構築される。このシステムを構成する主要な要素はマイクロコンピュータやメカトロニクス技術・伝送技術の活用であり、FA コンピュータやプログラマブルコントローラ、LAN そして端末装置である。これらは以下のような要件を具備したものである。

### 6.1 FA コンピュータ

ミニコンピュータあるいはスーパーマイクロコンピュータのクラスを中心に制御用のリアルタイム性・高信頼性と OA などのデータ処理能力を備えている。

- (1) 大容量メモリと高速リアルタイム処理
- (2) 設置場所を選ばない耐環境性
- (3) 自由に対応できるカレンダ機構とシステム自動起動・停止、長時間の電源休止に対するメモリ保存

### 6.2 プログラマブルコントローラ

大形から小形までシリーズ化が図られ、高速・高機能化が進み、上位コンピュータから下位コントローラまでを柔軟に組み合わせ、高度な階層化分散システムを可能にしている。

- (1) シーケンス処理機能とデータ処理機能を併せ持つ。
- (2) データ領域が大きい。
- (3) コンパクトで徹底した分散化が容易である。
- (4) 現場で容易にモニタリング、プログラムチェックが可能である。
- (5) コンピュータ結合の標準インターフェースを有する。
- (6) 豊富な出入力デバイスを有する。

### 6.3 ネットワーク (LAN)

トータル FA 構築の基本とされる工場内のネットワークを実現する。プライベートネットのほかに国際的ネットワークとしてイーサネット、GM (米国ゼネラルモータース) 社を中心に推進中の MAP も有力である。

- (1) 伝送手順を意識させない。

- (2) 電気/光の方式が選択できる。
- (3) 接続ノード数が十分多い。
- (4) データ伝送、リアルタイム信号伝送に十分な伝送速度を有している。

#### 6.4 端末装置

物と情報の確実なマッチング、スムーズな生産システムを維持するための的確な情報の入出力を行うマンマシンインターフェースとして、目的・機能・分野に適した端末装置が数多く必要である。

- (1) ネットワーク、コンピュータとの接続が容易
- (2) 現場に即した豊富な種類  
ハンディタイプ、バーコードリーダ、磁気ストライプリーダ、CRT端末。
- (3) 操作性

#### 7 あとがき

1980年代の急激なマイクロエレクトロニクスの進歩は、ディスクリート分野のオートメーションであるFAの実現に極めて大きなインパクトを与えた。各種センサ、アクチュエータの開発進歩、NC加工機械、ロボット、搬送装置、

試験・検査装置などの高機能インテリジェント化、コンピュータソフトウェアの進歩などが、折からの市場要求に裏付けされて、局所的な自動化からFMSへ、またCAD/CAMを包含したFAから更に階層構造を持ったトータルFA/CIMへと、FAシステムを大きく変貌させつつある。

今後のFAシステムは情報ネットワークの確立が基本であり、GM社が提唱するMAPへの対応など、オープンアーキテクチャの考えがハードウェアのみならず、ソフトウェアの分野にも大幅に取り入れられていくものと思われる。また知識情報処理(AI)への期待も大きく、生産ラインのシミュレーションや設備保全、故障診断などに一部実用化されている。

最近の新設工場にあっては当初からトータルFAが計画されるようになり、メーカーにコンピュータ技術を含む幅広い総合力が求められる例が多い。一方、既存の工場では、種々の制約のなかで既設プラントを活性化していくノウハウの提供が求められている。

富士電機は電機・計測・コンピュータの総合力をベースに、早くから各種FAコンポーネントの開発とFAエンジニアリングの展開を図ってきている。ユーザー各位の問題解決に役立つことができれば幸いである。

### 技術論文社外公表一覧

題 目	所 属	氏 名	発 表 機 関
富士電機製UPSの特徴	電機システム統括部	定由 征次	電気現場技術 26, 5 (1987)
世界最高電圧800kV大容量変圧器及び分路リアクトルの完成	千葉工場	北川 浩章 大久保堅司	電機 (1987-5)
最新半導体センサと活用事例集 色検出回路カラーマークセンサ	大田原工場	中島 信一 藤掛 章雄	電子技術 29, 6 (1987)
ネームプレートでわかる機器のパーソナリティ 三相誘導電動機	鈴鹿工場	千田 悅博	電気計算 55, 10 (1987)
圧力センサ活用事例	松本工場	三浦 俊二	電子技術 29, 6 (1987)
電波を使った個体認識システムのFMSへの適用	開発営業部	中村 雄有	工場管理 33, 6 (1987)
富士パーソナル監視制御システムFPEC-10	東京工場	吉野 稔	計装 30, 7 (1987)
図説「現代制御理論」入門(3) 状態のもたらす意味——状態空間表現	富士電機総合研究所	大塚 敬	OHM 74, 7 (1987)
地絡検出とプロテクション	電機システム統括部	高野 安人	電気と管理 28, 7 (1987)
FAにおける並列処理	富士ファコム制御	富沢 敬一	コンピュートロール No.19 (1987)
富士電機におけるMAP対応システム	情報処理推進室	榎谷 端夫	ファクトリ・オートメーション 5, 7 (1987)
工作機械用ACスピンドルモータと制御技術	回転機事業部 神戸工場	川畠志農夫 藤原 義隆	応用機械工学 28, 7 (1987)
電気機器の温度上昇とその影響(変圧器編)	電機システム統括部	牛村 祥夫	新電気 41, 6 (1987)
電気機器の温度上昇とその影響(回転機編)	鈴鹿工場	藤本 隆	オーム社
開発・実用化した「軸ねじれトルク監視装置」	富士電機総合研究所 "	金田元四郎 鈴木 智宏	電気現場技術 No.301 (1987)
			電気情報社



\*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。