

トータルFAにおけるPCの役割と課題

城 田 昭*

1. はじめに

PC (プログラマブルコントローラ) は当初、プログラマブルなシーケンス制御装置としてリレーやハードワイヤードロジックの制御装置に代わって誕生したが、その後のマイクロエレクトロニクスの発達、各種オートメーションの発展に伴い、数値演算機能、位置決めなどの制御機能、アナログ量の入出力機能、ネットワークなどの通信機能に代表される高機能化、更には高速処理化、小形化、低価格化へと、その進歩は目覚ましいものがある。

一方、応用面では単にシーケンス制御分野だけでなく計測、制御、通信といった機能を生かし、FA (Factory Automation), PA (Process Automation), LA (Laboratory Automation), SA (Store or Service Automation) など、あらゆる分野で数多く使用されており、自動化システムにおける中核コンポーネントとして不可欠なものとなっている。

今日、企業は円高、貿易摩擦などから海外進出による工場の分散化、更には労働者の高学歴化、高齢化、人件費の高騰などに加え、NIES等の追い上げ対応など厳しい環境にある。また、高度情報化社会により市場ニーズの多様化、製品サイクルの短命化をもたらしている。

このような環境下において企業は市場ニーズに合った製品を高品質、低価格、短納期に供給することが必要となり、よりフレキシブルな生産システムの構築が求められている。

生産ラインの自動化 (合理化、省力化) は、昭和48年のオイルショック以来急速に進展したが、間接部門はCAD (Computer Aided Design) の導入など個々の合理化に留まっていた。このため各企業は、部分的システム (部分的FA) を相互に有機的に結合すること、すなわちFMS (Flexible Manufacturing System), CAD/CAM (Computer Aided Manufacturing), 物流自動化システム, 生産計画・工程管理システムなどの技術情報、管理情報、制御情報と物の流れを統合化して工場の生産効率を

最大限高めようとするトータルFA化の方向にある。

本稿では、FAのキーコントローラとして重要な地位を占めるPCが、前述したトータルFA化の基で具備すべき事項を社会情勢と技術の進歩、それに対応した生産システムの歩みを振り返ると共に、トータルFAの概念と技術要因を検討することにより展望し、次にPCの現状からトータルFA化に向けてPCの役割と今後の課題について述べる。

なお、トータルFAという用語は日本では多く使われているが欧米ではCIM (Computer Integrated Manufacturing) の用語が使われている。

トータルFAの定義とCIMの定義については多くの説があり、その差異は明確でないが、基本概念は同じであると思われるので本稿では同意語であるとの立場からトータルFAの用語を使用する。

2. トータルFA化への動向^{1) 7)}

PCをはじめとする自動化、省力化機器の発展過程は生産システムの推移と因果関係にあるといえる。

また、生産システムはその時代ごとの社会(経済)情勢および技術要素の進歩と密接な関係がある。以上の観点から相互の歴史を振り返ることにより将来を展望することにする。表1にFA化の動向の要点を示し、推移の説明に代える。

表1により、社会(経済)情勢、FA技術要素および生産システムについて時代と共に振り返って見たが、1990年代については現状からの推察である。

1984年の(株)日本能率協会コンサルティングによる現在と将来(3~4年後)の「生産部門の課題」(複数回答)に関するアンケート調査によれば、表2の通りである。

以上の結果からシステム技術者や生産技術者の育成、開発・設計部門の強化及び効率化、生産管理などの情報のシステム化など、トータルFA化への意向がうかがえる。

従って、FAシステムを構築する技術要素であるPCや他の自動化機器においても、その対応が必要となる。

* 開発設計部 システム開発 担当部長

表I. トータルFA化への歩み

年代	社会（経済）情勢	FA技術要素	生産システム
1950年代 (昭和25年～)	<ul style="list-style-type: none"> 1950年の朝鮮動乱で経済は活況、しかし労働生産性はかなり低い。 	<ul style="list-style-type: none"> NC工作機械をMITが開発。 事務処理はパンチカードシステムからEDPへ。 石油精製・化学などが発展、PA・自動制御理論が注目される。 SQCやIE技法が導入され量産技術を確立。 1954年トランジスタ式コンピュータをIBMが開発。 半導体はトランジスタ時代となる。 	<ul style="list-style-type: none"> デトロイトオートメーション（フォードなど自動車ラインでトランスファマシンとコンベアシステムを使った合理的な工程管理と加工技術による生産方式）が紹介され標準化、単純化が普及。 強力旋盤等の設備更新が続き設備の近代化が図られ、量産技術が確立、大量生産時代の幕明け。
1960年代 (昭和35年～)	<ul style="list-style-type: none"> 所得倍増論などによる高度成長時代 造れば売れる時代。 労働力は高学歴化と共に不足となり、その分省力化が進む。 家電などの耐久消費財の時代。 	<ul style="list-style-type: none"> 無人搬送車の国産第1号が開発される 専用形トランスファマシン・NC工作機械の実用普及化が進む。 1965年IC式コンピュータをIBMが開発。 半導体はIC時代となる。 	<ul style="list-style-type: none"> トランスファマシン、量産用自動機等により「点の自動化」が進んだがフレキシビリティがなく固い自動化。 生産システムの合理化はスポット的に進められ、少品種大量生産の全盛時代
1970年代 (昭和45年～)	<ul style="list-style-type: none"> 高度成長時代のつげとして、公害問題が発生。 ニクソンショックやオイルショックがあり企業の倒産が増大。 企業は省エネ、省資源経営、減量経営時代を迎え、高度成長社会から成熟社会へ移行。 経済のサービス化、ソフト化が要求され製品の多様化ニーズが強まる。 	<ul style="list-style-type: none"> マイクロプロセッサの出現。 CNC・ロボット(第一世代)・PC・自動搬送システムが開発導入された。 1975年頃CADが実用化される。 ロボット・自動搬送システム・PCなどの自動化機器にマイクロプロセッサが採用され、性能、操作性は格段に向上。 	<ul style="list-style-type: none"> 多様化ニーズの強まりと共に多品種少量生産への要望が増加。 省力化、自動化機器による部分的フレキシブルオートメーション（線の自動化）。 少品種大量生産から多品種少量生産への転換時代。
1980年代 (昭和55年～)	<ul style="list-style-type: none"> 高度情報化社会を迎え、製品ニーズの多様化、製品サイクルの短命化が進む。 貿易摩擦、円高が進み、工場は海外進出などを含めた分散化、工場の省人化インテリジェント化が叫ばれる。 企業競争は激化し、低成長時代となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 半導体はVLSI化されマイクロプロセッサは8ビットから16ビット更に32ビットへと進歩。 コンピュータ技術、通信技術、制御技術の進歩で3C時代となる。 特にソフトウェア技術、メカトロ技術の進歩によりロボット(第二世代)、MC CAD/CAMなど知能化が本格化しフレキシブルな自動化機器へと発展した。 AIの研究が活発化。 GMで提唱されたMAPが1985年国際的に推進することになる。 	<ul style="list-style-type: none"> 多品種少量生産であるが多様化は増々進み特に品質納期面が重視された。 工場のシステム化はFMS、FAへと進む。 工場内の個々の要素を自動化した群（ライン）のフレキシブルオートメーションであった。 工場全体を統合したトータルFAの思想が生まれた。
1990年代 (昭和65年～)	<ul style="list-style-type: none"> 円高、貿易摩擦は定着し、輸出は従来の量から質へ転換。 高齢化社会は増々進み人件費は高騰する。 NIES等の追い上げ、製品の多様化短命化は一層増進する。 製品はソフト化・高付加価値化に向かう。 国際分業化が進むと共に高度生産システムの導入により、工場内は無人数化を指向する。 	<ul style="list-style-type: none"> ハイテク技術（マイクロエレクトロニクス、新素材、AI、オプトなど）が進歩し本格的な実用化段階を迎える。 3C（コンピュータ、コミュニケーション、コントロール）の発達。 OSI、MAPなど国際的標準化により自動化、省力化システムがよりフレキシブルになる。 	<ul style="list-style-type: none"> 設計、生産、管理の各情報と生産ハードウェアを統合した工場全体の自動化に発展、生産ラインは無人数化へ進む。 経営、販売情報を含めたデータの一元化を計り、企業全体の高度生産システムへと発展しトータルFAの時代となる。

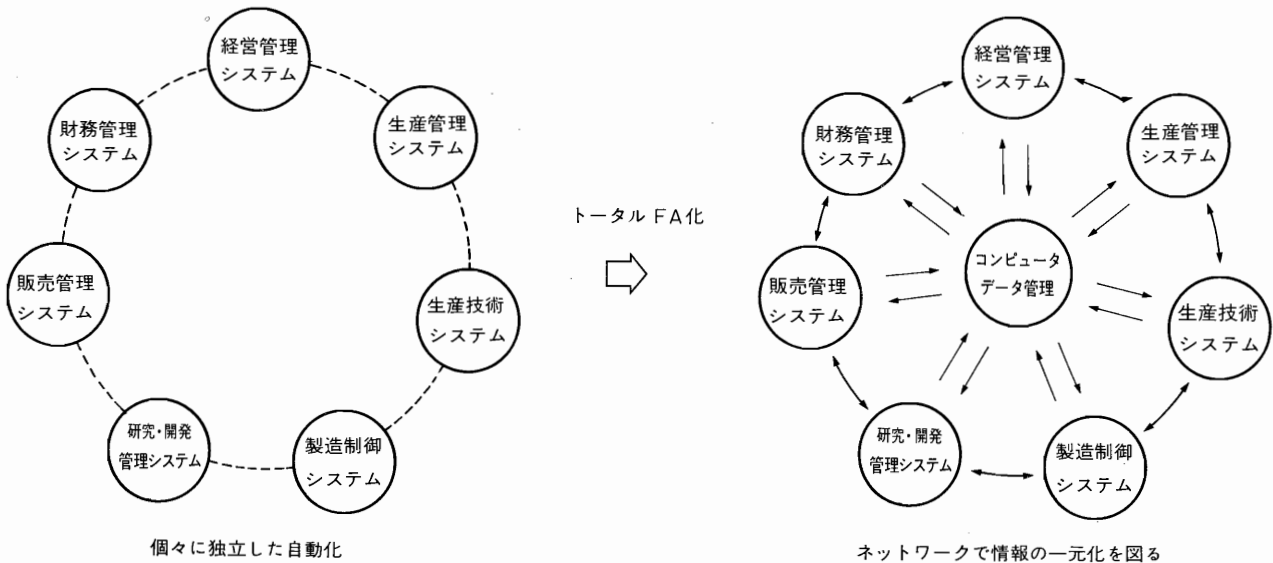


図1. 個別FAからトータルFAへの推移

3. トータルFAシステムの概要

3.1 基本的概念²⁾³⁾

フォード社から端を発した製造におけるオートメーションは、「点の自動化」から「線の自動化」へと進み、NC工作機械、自動搬送装置、産業用ロボット、自動倉庫および生産管理用コンピュータなどで構成されるFMSにより「面の自動化」へと発展して来た。

一方、研究・開発ではCADやCAE(Computer Aided Engineering)が導入され、開発や設計期間の短縮をもたらす効果を上げている。

また、CADとFMSとの結合をする必要性からCAD/CAMへと発展し、更に生産管理や生産技術などの生産・技術管理情報システムとの一体化に向かっている。

他方、経営計画、営業情報管理や財務管理はOA(Office Automation)の名の下、コンピュータの発展と共にシステム化が進んでいる。

しかし、これら各システムの自動化・機械化は独立した個々のFAまたは部分的なFAということができ、相互に有機的結合された状態ではない。

これら独立したシステム相互を、コンピュータ技術とネットワークなどの通信技術を駆使し、企業活動(受注～製造～販売)にかかわるあらゆる情報および、物の流れを統合化すると共に、データの一元化を図り、企業におけるあらゆる生産効率を最大限高めようとする、トータルFAの基本的概念が生まれてきた。

従来の個々のFAとトータルFA化の概念を図1に示す。

前述したトータルFAの基本的概念からトータルFAの具体的な目的は、「設計、製造、生産管理といった生産

表2. 生産部門の課題

課題	現在%	将来%
新しい生産システムに対応した生産管理システムの構築	25	50
先端技術やエレクトロニクスの進展に伴う技能者教育の推進	10	50
ロボット・NC機械等の活用による生産ラインの自動化	32	37
仕掛品圧縮や多能工化による生産システムのフレキシビリティ向上	33	30
CAD等による設計業務の効率化レベルアップ	14	25
職場内小集団活動・サークル活動の活性化	50	4
省資源省エネルギーの推進	32	3
海外工場経営の充実	3	12
(注. その他5項目有)		

活動に直接かかわる部門から営業部門までをコンピュータ・ネットワークでつなぎ、受注から出荷までの大量のデータを処理して納期の短縮やコストダウン、品質向上を図る」ことといえる。

図2はトータルFAの情報構造を示したものである。

3.2 トータルFAを支える技術的要因と動向

今日、トータルFAに関して高い関心が払われている。これは低成長時代における経営の転換、円高に起因する製品コスト低減・合理化、ニーズの多様化対応および新製品早期開発など、企業側の切迫した要求だけでなく、トータルFA化を実現可能ならしめる程進歩した技術的

裏付けがあるからといえる。

トータルFAを支える技術的要因を図3に示す。これらは相互に密接な関連を持ち、一つの技術進歩が他の技術を進歩させる関係である。

特に、トータルFAを構築するうえにおいて重要と思われる統合化における通信技術について、その動向を概観する。

3.3 通信技術

通信技術は図1で示した個々のFA化されたシステムを互に密結合し、情報の一元化を図り、トータルFAシステムを構築する重要な技術である。

一般にトータルFAシステムにおいては、管理レベルと制御レベルの機能階層でネットワークされる。

管理レベルのネットワーク対象は図2における経営管理、販売管理、生産管理などである。

これらの情報量は多く、広範なエリアに渡る。また、接続されるノード数も多く豊富な通信機能を要求されるが、リアルタイム性はあまり必要でない。

制御レベルのネットワーク対象は図2における工程制御システム、製造システムの範囲でありNC工作機械、

ロボット、PCなどのFA機器である。

これらは管理用ネットワークに比べデータ量は少なくまたエリアも狭い、従って接続されるノード数も少ない。しかし、リアルタイム性、耐環境性能（ノイズ、温度、雰囲気など）、低価格化は重要な要素である。

トータルFAシステムに関する通信には、大別すると工場と工場間または工場と本社間などの広域ネットワーク

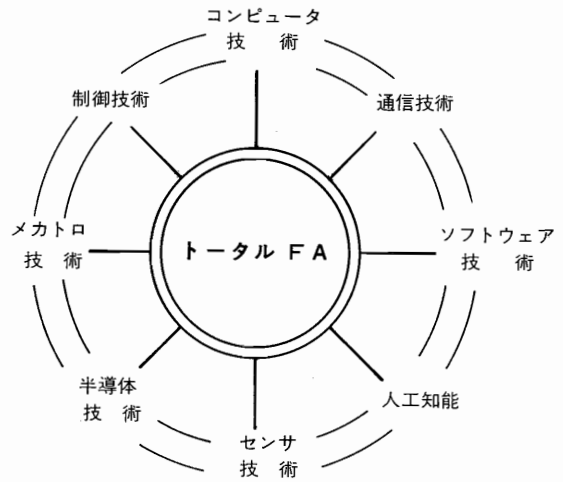


図3. トータルFAを支える技術的要因

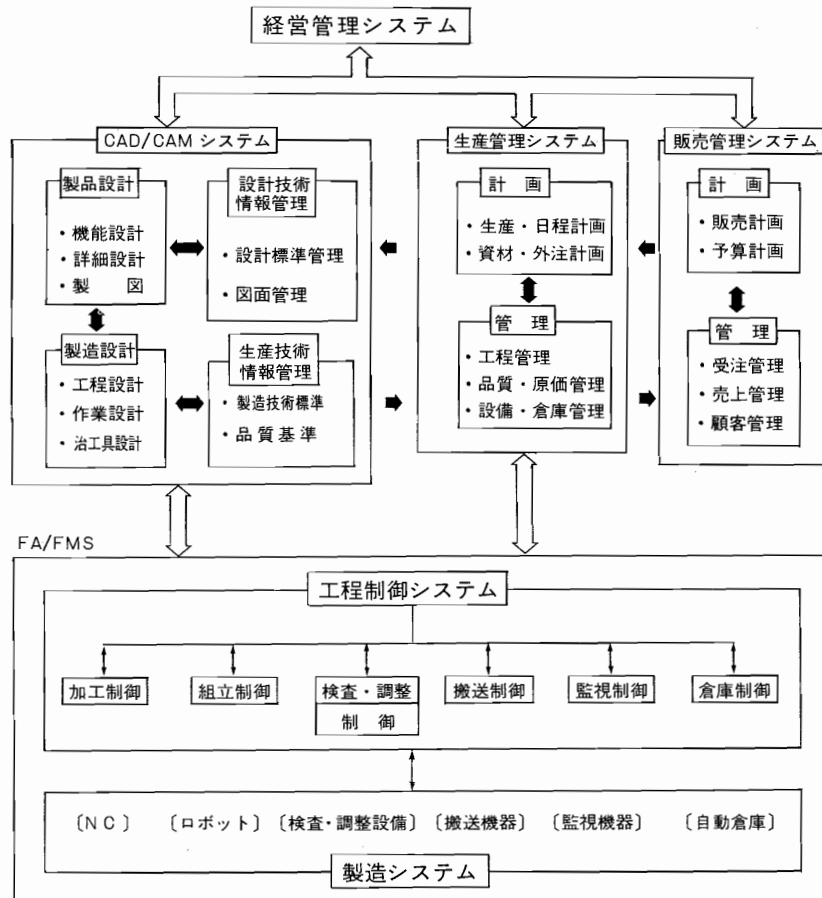
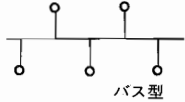
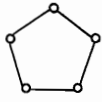
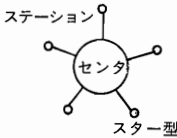


図2. トータルFAの情報構造

表3. LANの基本構成要素と方式

伝送媒体	信号伝送方式	物理的配置構造	プロトコル
(1)同軸ケーブル 従来から高速伝送用として一般的によく使われている。伝送特性も良く、又耐ノイズのためのシールドタイプもある。	(1)デジタルベースバンド方式 電圧又は電流パルスのデジタル信号波形を伝送する方式でモデムを必要としないので低コストになる。 周波数帯域幅が伝送レートに対して広がるため同じ伝送媒体を使っても他の方式に比べ伝送レートが低くなるか、伝送距離が短くなる。	(1)バス構造 すべてのステーションがトラックと呼ばれる一本のケーブルにタップを介して接続される。タップとステーション間はドロップと呼ばれる短いケーブルで結合する。 1つのステーションが故障しても他に影響しないこと及び新たなステーションの追加が容易でありFA向きである。 	(1)ポーリング方式 ネットワーク状に親ステーションと子ステーションを設ける。通常親ステーションは1つである。 親ステーションは順次子ステーションにポーリングメッセージ（伝送要求の有無の問合せ）を行う。子ステーションは伝送要求がなければ否定応答を、あれば肯定応答を親ステーションに送り、続けて伝送先ステーションに一定時間情報伝送を行う。
(2)ツイストペア線 低価格で作業性も良く、電磁干渉の影響を受けにくいように2本の電線をより合わせたものである。	(2)アナログブロードバンド方式 周波数帯を分けて多数の情報を同時に伝送する方式である。帯域幅の中間に通信に使用しない緩衝用の周波数帯を設けて、それより低い周波数帯の信号はセンター（ヘッドエンド）に対する上り方向の伝送に使用され、それより高い周波数帯の信号はセンターからの下り方向の伝送に用いられる。2つの周波数帯を使い送受信する。	(2)リンク構造 各ステーションは1対のケーブルでリング状に接続される。信号はステーション内部で増幅して伝送する。 1つのステーションの故障がネットワーク全体に影響するのでケーブルの2重化や他の方法により信頼性を考慮している。 	(2)コンテンション方式 各ステーションは個々にネットワーク上の伝送信号状態を常に監視し、伝送路が空いていればどのステーションも伝送を開始することができる。万一複数のステーションが同時に伝送を開始すれば衝突が起るが、この衝突を検出してうまく伝送出来るような処置が取られている。
(3)光ファイバケーブル 石英(ガラス)又はプラスチックの導線で変調された光信号を伝送する。伝送容量は大きく長距離伝送が可能であり電磁気ノイズの影響を受けないため現場向きである。	(3)アナログキャリアバンド方式 アナログブロードバンド方式とは異なり1つの周波数帯で送信と受信を行うため、アナログブロード方式のようなヘッドエンドでの復調機能が不要であり、その分低価格が可能である。	(3)スター構造 センターからすべてのステーションに対して放射状に1対1で接続される。ステーションやケーブルの故障は他に影響を与えることが少ないが、センターの故障はネットワーク全体に影響する。 	(3)トークンバス方式とトークンリンク方式 ただ1つのトークンと呼ばれるアクセス権（トークンを得たステーションだけがネットワークにアクセスできる）を示すメッセージはステーションに巡回させる。従って衝突は発生しない。またネットワークのアクセスに待たされる時間は確定的に決まることになる。 トークンバス方式はバス型ネットワークで使用された時にこの名で呼ばれ、リンク型ネットワークで使用された時はトークンリンク方式と呼ばれる。

としてのWAN (Wide Area Network)と、前述した工場内の同一建物や同一構内程度で使用される、管理レベル用または制御レベル用ネットワークとしてのLAN (Local Area Network), およびセンサ、アクチュエータ、スイッチなどの信号やPCのI/Oラインとしてのフィールドバスがある。

3.3.1 LANの概要⁴⁾

LANはそれに接続される端末間の情報伝送の信頼性をいかに高くするかが重要である。そのため、LANの基本構成要素に対して種々の方式があり(表3), 各応用に適した方式を採用したLANが使用されている。

LANはトータルFAシステムを構築するうえで重要なキーポイントであると述べて来た。しかし現在、LA

N上に接続されるべき各機器は、情報交換のためのプロトコルが各製造メーカー毎に異なるため、容易に接続出来ない。また、異なるLAN同士の結合も困難な状態にある。したがってプロトコル、ソフトウェア、ハードウェアの全体にわたって標準化、統一化を目的として現在、国際的な規模で開発が進められているものにMAP/TOP (Technical & Office Protocol) がある。

図4にFAの階層化ネットワークの例を示す。

3.3.2 MAP概要⁵⁾

MAPは米国のGM社が提唱したFAのための通信規約である。1980年末にGM内のMAPタスクフォースで開発をスタートしたが、1982年10月に概要が明らかとな

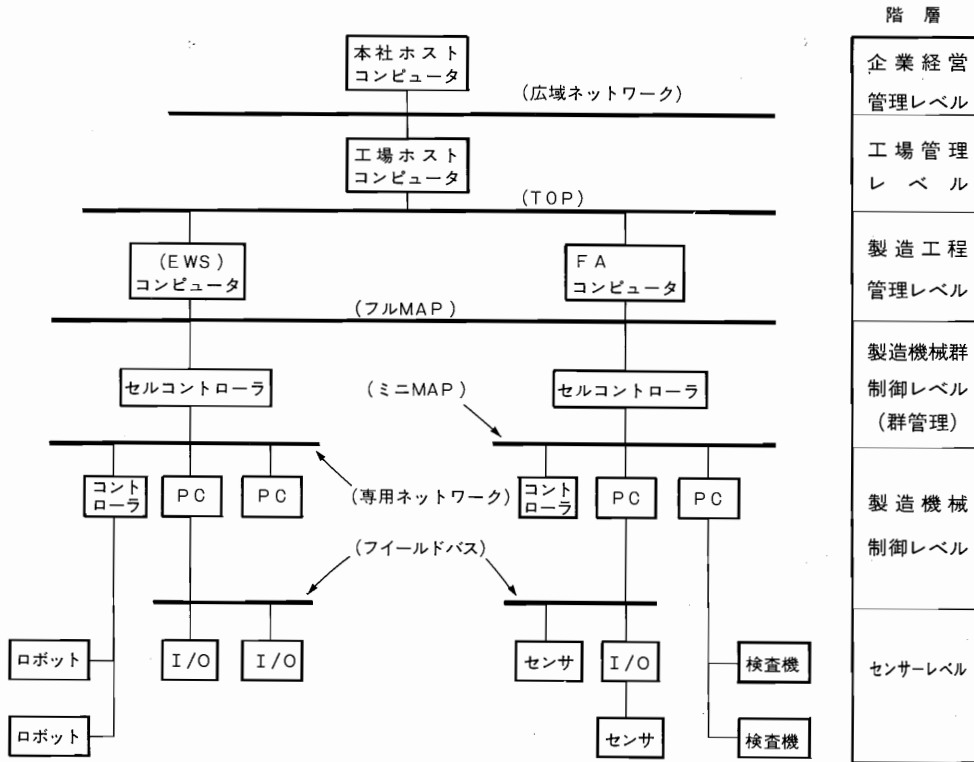


図4. 階層化ネットワークの例

り、MAPを導入しようとする企業の集まりであるSME内に設立されたMAP/TOPユーザグループによって開発が推進されている。

現在バージョン3.0が公開され、その接続実演(ENE'88)が今年6月にボルチモア(米国)で行われ、その結果を反映して最終仕様となる予定である。

日本では(財)国際ロボット・FA技術センター(IRIFA)がSMEの日本側窓口となりMAP事業を展開している。

MAPは、通信規約の国際標準であるISO/OSIに準拠している部分とMAP独自の部分があり、前者がフルMAP、後者がミニMAPと呼ばれている。なお、現在伝送媒体に光ファイバを使用する光ミニMAPも検討されている。

MAPを採用することの主なメリットは次の通りである。

- (1) フルMAPはトークンバスのブロードバンド方式であるため、一本の同軸ケーブルで異なった多数の情報伝送でき、設置および線材コストが削減できる。
- (2) 通信プロトコルが標準化されるので、使用するユーザは個別対応のソフトウェアが不要となりソフト開発、保守に係わる費用が削減できる。
- (3) 今後、MAP対応の機器・装置が多数開発されると複数ベンダ製品が選択でき、最適なシステムの構築が容易になる。

MAPの今後の主な課題としては次のことが考えられる。

- (1) 低価格化への努力が必要である。

現在かなり高価であり、MAP市場開拓とMAPチップの開発が待たれる。

- (2) 仕様の安定化

MAPのバージョンは1.0~3.0迄5回の変遷があり、MAP対応製品を開発するうえにおいても安定化が望ましい。そのためにも今以上に、国際的に認証されたワークショップの設置が必要である。

- (3) MAP対応機器の相互接続時における整合性の確認が容易に行えること。

現在国際的な相互認証方法が確立されていない、また、日本国内に確認できるセンターが必要である。

- (4) 光MAP化への対応

光ファイバは耐ノイズ特性が良くFA向きであり大容量高速伝送が可能などメリットが大きいが、光伝送の多重化は時分割多重に限定されている。波長多重化が可能になる高性能光素子の開発が待たれる。

以上、MAPの概要について述べたが本格的な普及はこれからであり、前述した課題の解決が先決である。

また、国内では、種々のFA機器を相互接続して統合化するための制御手順、FAIS(工場自動化相互接続システム)を63年度からスタートさせた⁶⁾

これはミニMAP~フィールドバスの範囲のものであ

り、MAPの補完と互換性を配慮したものである。実際の研究開発はIROFAのFAIS開発室で行い将来はJIS化をめざしている。

4. トータルFAシステムにおけるPCの役割

PCは米国で開発されてから今日まで約18年経過したが、その間、社会情勢の変化によるニーズの変化、エレクトロニクスなど要素技術の発達等によって、より高度化、高機能化され、今日では広く各産業界で使用されている。

一方、産業界では前述したように生産システムの改革が進みつつある。このような状況下においてPCが果たすべき役割について以下考察する。

FAシステムでは必ず物と情報の流れがあり、これらが目的に応じた形で相互に関連して制御されている⁷⁾。

図5にこれらの関連を示す。

製造プロセスでの物の流れは、まず素材、材料が搬入され倉庫に保管される。次に素材、材料は加工→組立→検査→梱包などの各工程を経て製品として出荷される。これら各工程間では材料、部品、工具などの搬送が行われる。以上の制御を行う部分を工程制御と仮称する。

工程制御には上位より生産指示情報、工程制御データ(設計、製造に関する技術情報)が工程管理を通して与えられる。工程制御ではこれらの情報を各工程にダウンロードさせ各工程を実行させると共に各工程間の協調を取る。

また、工程制御は各工程でのプロセス情報を吸い上げ、制御情報として製造プロセスにフィードバックすると同時に、品質情報、設備情報として工程管理へ送る。

以上が物と情報の流れの概要である。これをハードウェアから見た階層的なシステム構成例を図6に示す。

製造プロセスにはロボット、CNC、コンベア、無人搬送車、検査装置などがありそれぞれの機能は異なる。これらに制御目的に応じた制御指令を与えるのが工程制御機器である。これらはPCであったり専用のコントローラであったりす。

FAコンピュータは図5の工程制御データに従って制御指令やNC加工データ、ロボット制御データを工程制御機器に送り工程の進捗を管理する。

以上、FAシステムにおける物と情報の流れについて一例を述べたが、このことから分かるようにPCは物と情報の接点に位置し、制御と管理情報のトラッキングを行う重要な役割を持っている。

通信機能の充実と数値演算処理の高速化、更には情報処理機能などによってPCの用途が拡がり、管理そのも

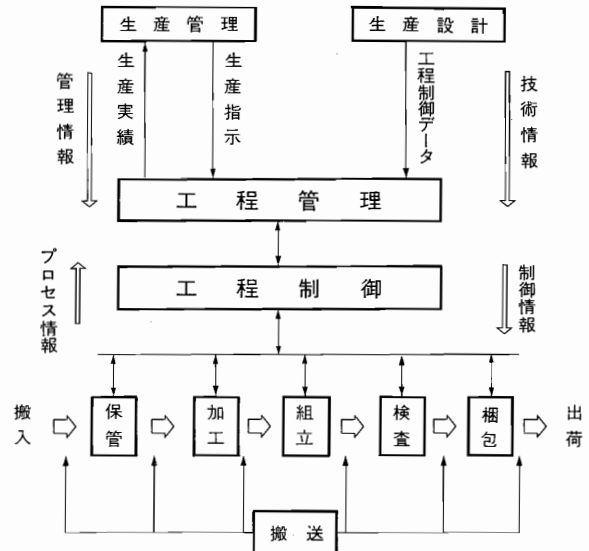


図5. 物と情報の流れ

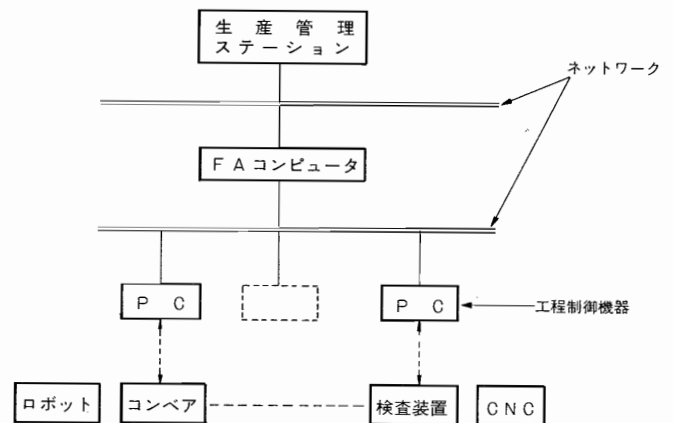


図6. ハード的FAシステム例

の処理も可能となり、理想的なトータルFAシステム構築に一役を担うと考える。

5. トータルFAにおけるPCの課題

今日のPCは、産業界のニーズとエレクトロニクスを初めとする技術要素の発達によるニーズによって発展してきた。その結果、使用目的に最適なPCが選定可能となり広く産業界で使用されている。

一方、産業界はすでに述べた背景により急速にトータルFA化に向かっている。

このような産業界の「部分的FAからトータルFAへの変革」は、FAシステムの中核コンポーネントとして位置づけられるPCに対しても当然の変革を促がすであろう。

また、トータルFA時代においても同様にPCは、シ

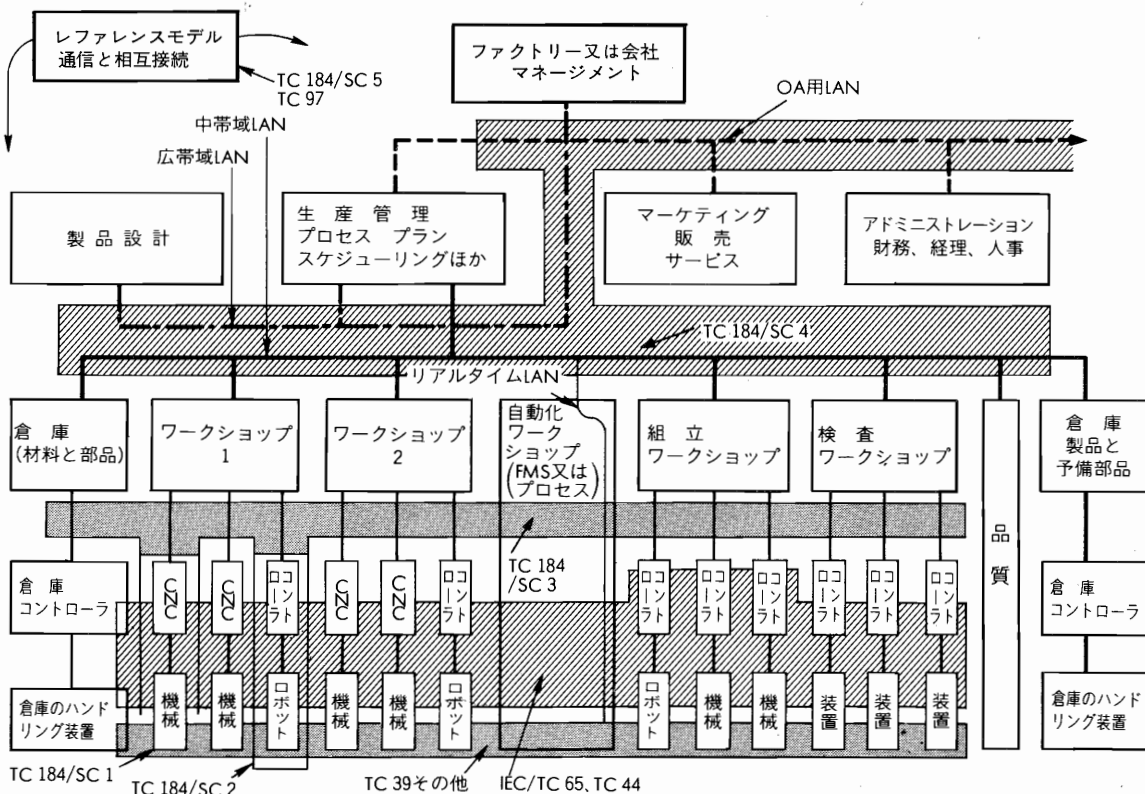


図7. レファレンスモデル⁵⁾

システムの中核コンポーネントとし位置づけされるべく発展するであろう。

このような観点からトータルFA時代におけるPCの課題について以下考察する。

5.1 標準化推進と対応

現在、PCおよび各構成機器は、各メーカ独自で開発しており相互の互換性がない。このため、PCの技術的發展にもかかわらずFAシステムの統合化、複雑化、広範化に伴い、PC応用における最適なシステムを構成することが難しくなっている。

また、PCの基本的、共通的な事項、例えばプログラミング言語、用語、性能および表現、試験および評価などが統一されておらず、メーカ、ユーザなどでの認識が異なり、特に使う立場での混乱を招いている。この事はPCの発展、普及を妨げるものであり、これらの要因を排除することが急務である。

国際的なPCに関する標準化としてはIEC/TC65/SC 65A/WG6がある。ここでは機能、プログラミング言語、機器の要求事項、試験、ユーザガイドラインに加え、今年からMMS（製造通信サービス）についての検討も行うことになっている。

また、関連する標準化としてはISO/TC184（産業オ

ートメーションシステム）での作業が進んでいるが、この中でも特にSC 5が関係する。SC 5では製造システムのインテグレーションおよび通信と相互接続について審議されている。標準化の立場からレファレンスモデルが提案されているので図7に示す。

なお、日本からも代表委員を派遣して日本案の提示を行い審議に加わっている。

国内での標準化活動としては、前述したISO、IECの各項目に対して工業技術院の指導のもと、工業会、学協会等からなる国内審議団体を設置し対応している。

また、JIS規格については工業技術院の原案作成委託によって工業会、学協会等が原案を作成し、日本工業標準調査会の審議の後、各部会で審議され、JISとして制定・改定されるようになっている⁸⁾。

表4に工業技術院発表のFA標準化推進5ヶ年計画(案)のうち、PCに関係すると思われる制定規格について記す。特にPCに関する調査、出荷統計、標準化および国際規格の日本案検討などの具体的活動は、昭和53年よりNECA（日本電気制御機器工業会）が中心となり推進してきた。

標準化については「PCの用語」、「ラダー図記号」、「オンオフ入出力モジュール」、「PCの正しい使い方」、「標準試験方法」、「伝送インターフェイスとフォーマット」

表4. PCおよび関連の(JIS)制定規格一覧

64 年	65 年	66 年	67 年
FA用語	<ul style="list-style-type: none"> • 工場自動化用通信手順 • PCの用語 • PCのラダー図記号 	<ul style="list-style-type: none"> • 工場自動化システム用参照モデル • PCのオンオフ入出力モジュール 	<ul style="list-style-type: none"> • グローバルプログラミング言語 • FAシステムの安全通則 • FAシステムの特・機能の表し方 • PC通信システム • PCの性能、構造及び試験方法

尚、63年度は特に関連する項目はないので省略した。

および「カタログ仕様」などについて発刊又は現在審議中である。

また、JEMA（日本電機工業会）も本格的にPC事業に取り組むため、専門委員会や分科会を発足させた。今後は両団体の協調により、PC業界の発展を図って行くものと思われる。

以上、国内・外の標準化活動について述べたが、これからのPCは相互の有機的な結合によるFAシステムを構築するうえにおいても、またPCの発展のためにも、これら標準化に対応した製品であることが要求される。

5.2 通信機能の強化

トータルFAシステムにおいては通信が中核的役割を果たすが、システム構成機器として、PCの通信機能強化は最も重要な要素である。

PCの通信機能強化の方向は次の2つが考えられる。

- (1) 異機種PC間接続のための通信機能
- (2) 低価格、高性能、高信頼度の専用通信機能

今日、PCの通信機能はかなり充実したものになっている。しかし、各メーカーにより通信仕様が異なるため、目的に応じた最適なFAシステムを構築するうえで、メーカーの異なるPCを混在して使用することが出来ない状況にある。

このような異機種PCを接続するためには、標準化された通信規約に基づくことが必要であり、現在の所すでに述べたミニMAPが有望視されるが、PCが設置される周囲環境は悪く、特に耐ノイズ性能のよいネットワークが必要となるため日本では、光ミニMAPが注目されている。また、上位コンピュータと接続する上位リンクにはフルMAPが有望である。

これら通信機能のMAP対応については消極的意見（静観状態）と積極的な意見がある。消極的である理由としては、高価格なMAPが日本市場に浸透することを疑問視する意見である。MAP対応にはソフト・ハードな

ど大きな投資を必要とする。しかしMAP動向には注目し研究に着手している所が一般的である。

一方、積極的に展開している所は対米などへの輸出を含む戦略的傾向が強い。

現状から、MAP対応に対する考えは「ハード・ソフトを内製化するよりも外部購入または、提携による技術供与が妥当」と考える。そのため、PCの内部バスを汎用バス（マルチバス又はVMEバスなど）化する方法も一案である。市販のMAP対応インターフェイスを購入出来るからである。

当社としては種々の状況から判断し、ミニMAP対応を最優先にした展開を図っている。

もう一つの動向である低価格、高機能の専用ネットワークについては、先に述べた異機種PC間の接続は出来ないが、MAPに比べ低価格である、すでに実績があるなどの他、現在MAPが抱えている種々の問題（3.3.2 MAP概要参照）を解決するには、相当時間がかかることおよび、ネットワーク化に対するユーザの要求が強まったことに起因している。

PC専用ネットワークとしては下記のものがある。

- (1) 上位リンクのためのネットワーク
- (2) PC間リンクのためのネットワーク
- (3) I/O リンクレベル

上位リンクのためのネットワークは上位集中管理系のコンピュータ、監視モニタ装置や、FAコンピュータなどと通常リンクされ、制御データや加工、組立などに対する生産指示情報、製造からの計測情報などが伝送される。このネットワークは高速処理が必要でリアルタイム性が要求される。

従って、更に高速処理化を図り、リアルタイム機能をアップすると共に高信頼性を確保する必要がある。

PC間リンクのネットワークは分散制御に効力を発揮する。ますます複雑、広範化するFAシステムでは重要な要素である。

特に、今後増加する情報量への対処が必要であり、多階層のネットワークが構成できることが条件となる。

一例として、当社PCのFA-2シリーズで構成した上位リンクおよびPCリンクネットワークの例を図8に示す。これらのネットワークは光ファイバ形と同軸ケーブル形があり、使用目的に応じて選択できる。

上位リンクのネットワークにはパーソナルコンピュータに対し、最大32台のFA-2シリーズPCをリンクさせる

ことができる。FA-2内のタイマ、カウンタ、レジスタや入出力状態などの各データおよび、制御プログラムの伝送に加えPCの起動、停止などの制御が可能である。従ってトータルな監視、制御およびデータ管理が実現出来る。また、PCリンクのネットワークには一階層当り16台のPCがリンク出来、しかも必要に応じて多階層のPCリンクが可能な構造になっている。ネットワーク上で各PCは7ワード(112ビット)の共有メモリを介して情

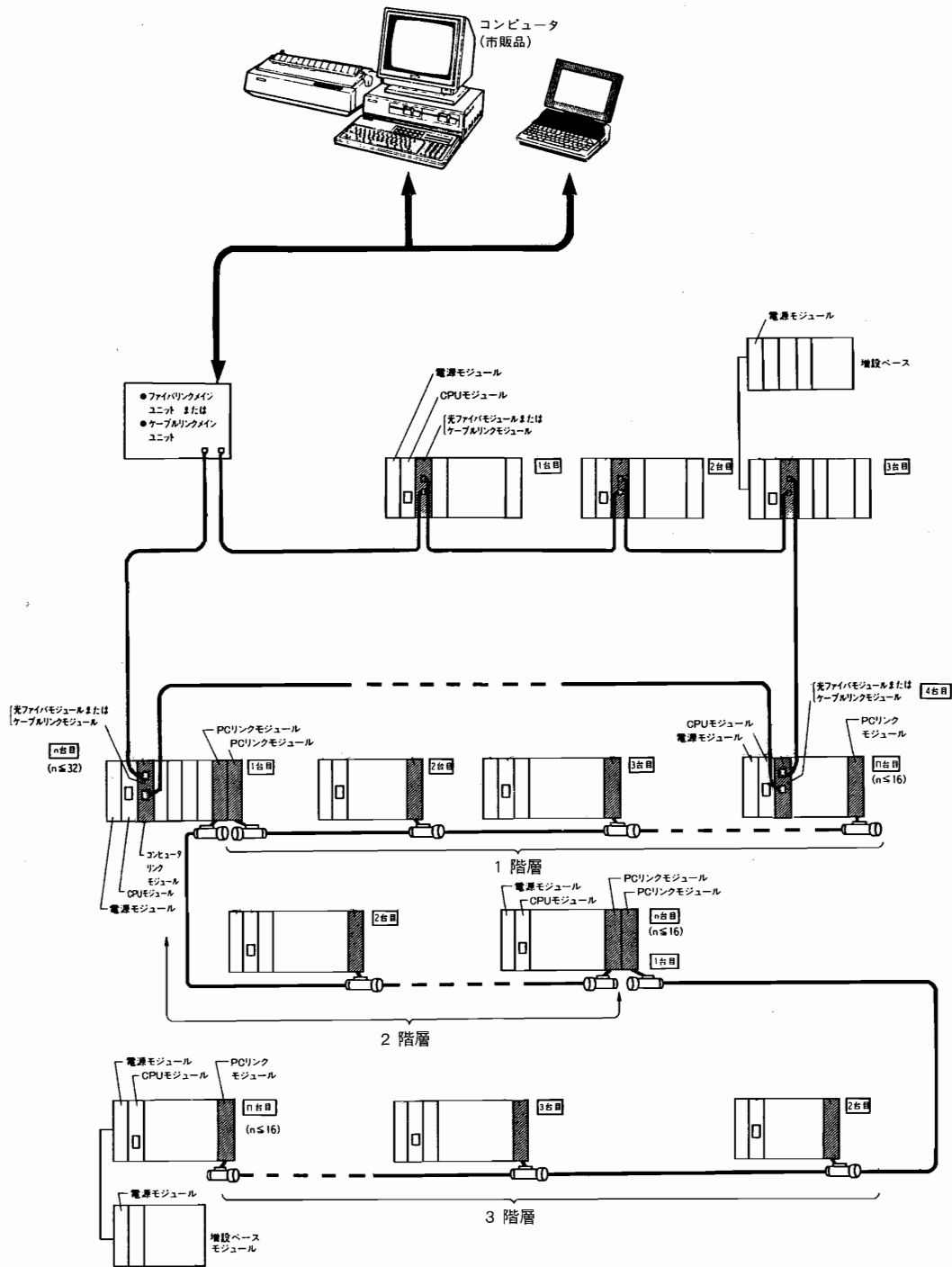


図8. ネットワークの例

報交換を行っている(16台最大で112ワード)。プロトコルはHDLC方式により信頼性を高めている。

I/OリンクレベルはリモートI/Oやセンサレベルの信号系である。操作盤など入出力が集中している所や、本体とI/O部を離す必要がある用途には配線の省力化、保守・保全が容易などの効果がある。

このレベルにおいては特にセンサレベルの通信系の開発が今後重要となり、低コストでしかもリアルタイム性が最も要求される。フィールドバスとして標準化の動きがあり(FAIS)、今後の動向に注目する必要がある。

5.3 PCの高速化、高機能化

現在のPCは当初から見ると格段に高度化、高機能化されている。従来PCは、小形軽量化への方向と中・大規模PCに見られた高機能化の方向に2分され、開発されて来た。しかしここに来て、小形の小規模PCにおいても通信機能の充実、高度演算命令、外部の表示器やプリンタへの文字出力命令など、中・大規模並みに高機能化されたPCが出て来た。(図9)

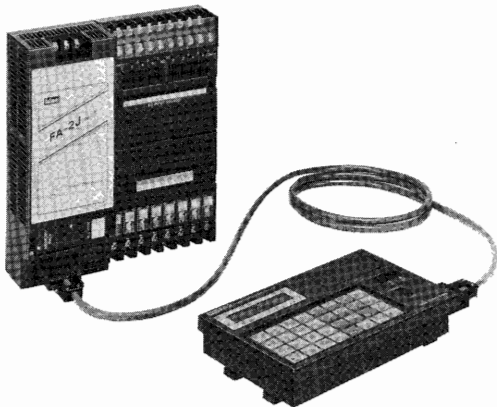


図9. 小形高機能PC(当社製FA-2J)

しかし、全体的にトータルFAシステム対応のPCとしては、更に高機能化が必要である。

マルチCPU化、32ビットマイクロプロセッサの採用、更には専用カスタムのプロセッサ、ゲードアレイなどによって高速処理化は進んでいる。たしかに論理演算は $1\mu\text{sec}$ 以下/1命令と高速化した。数値演算については速くなったものの数 μsec ~数 $10\mu\text{sec}$ /1命令のオーダーである。

今後増々情報を扱う機会が増えるため、数値演算やその他高機能命令の高速処理化が必要である。データ操作が多い応用ではプログラムを組んでみると、データ処理に関する命令が多くなり、結果的にはスキャンタイムが

遅く、使用上支障をきたす場合もありうる。論理演算用プロセッサ、数値演算やデータ処理用のプロセッサ、通信用プロセッサ、I/O処理用プロセッサなどを使ったマルチプロセッサ方式も解決策であるが、いずれにしてもいかに高速処理を低価格で実現するかが課題である。

また、PCがFAシステムの情報と物の流れの接点的役割をするためには、演算機能に加え、トラッキングやデータハンドリングを容易にするためのファイル処理機能などデータ管理に関する機能の強化も重要である。

I/Oについては、高密度実装によって1モジュール64点I/Oなどがあり、省スペース化が図られている。またPID、位置決め、高速カウンタ、ASCIIユニットなどインテリジェント化されたI/Oも充実して来た。更に今後FA機器、装置および機械と直接インターフェイスして制御およびデータの制御ができるインテリジェントI/Oが増えるものと思われる。これらのI/Oは独自で処理する機能を持っているのが一般的であり、PCの内部構造とハード的、ソフト的に如何に結合させるかが重要なポイントになる。

5.4 知能化

人工知能(AI)は研究が始まって以来30年以上経過しているが、実用化が活発になったのは1980年代になってからである。AIの応用として考えられるのが、エキスパートシステム(専門的問題解決)、自然言語処理、音声認識および、自動翻訳などであるが、この中でも、エキスパートシステムの実用化が最も進んでいる。

FA分野でのエキスパートシステムの実用化も種々発表されているが、AIについてはまだまだ解決すべき問題がある。今年開催された第7回知識工学シンポジウムによれば、今年3月までの日本国内におけるエキスパートシステムの事例は、2000件以上に達しているが、デモ段階のものが約90%、プロトタイプ段階が約10%、実用化約1%とのことである。このことから、本格的実用化はこれからであるといえる。

AIにおける問題の1つとして、あいまいさの表現と処理がある。このあいまいさは、従来避けて通って来た感があったが、1965年米国カリフォルニア大バークレイ校のZadeh教授の“FUZZY SETS”に端を発したファジィ理論は、その後の研究により発展し、今日、多に注目を集めている。

実用化もここ2年程前から活発になってきており、地下鉄(仙台)の運転制御における実用化や、PIDコントローラのパラメータ調整への応用などの他、多くの実用例が広く産業界から発表されている。¹⁰⁾

また、ハードウェアレベルでは、ファジィ推論動作を高速で実行するVLSIチップ¹¹⁾が開発されており、高速処

理を必要とする制御分野では特に有効である。

PC機能の向上と共に、FAシステムにおけるPCの重要性が増々高まって来ている中で、PCの知能化による対応も重要な課題である。AIやファジィ理論を応用したPCの知能化で、まず考えられるのは故障診断エキスパートシステムを掲げることができる。

FAシステムにおいて万一、PCに故障が発生するとシステムダウンとなり、システム全体の運用に大きな影響を与える。トータルFAシステムにおいてはシステムが広範・複雑となるため、更に重大な問題になる恐れがある。故障が発生した際、原因が早期に発見でき、しかも復旧対策の決定が速く下せれば、システム回復時間を大巾に短縮でき、しかも、被害を最少限に抑えることができる。これら故障箇所の発見と対応処置が、使用者サイドで簡単に行なえるようになると、更に効果は大きくなる。更にメーカーのサービスセンターと使用者側の故障診断エキスパートシステムを、公衆回線で結ぶことによりシステムの状態監視・管理ができデータの蓄積によって故障の予防保全も可能になる。

その他、検討を加えて行くことにより更に大きな効果が期待できる。

また、PCとのマンマシンインターフェイス分野においても知能化は有効な手段となるであろう。

システム検討から導入、システム立上げの過程において、PCのプログラム作成からシステム立上げ段階のデバッキングは、システムが大きくなればなるほど大変な時間と労力を要する。

プログラム作成段階における生産性向上のためのプログラムライブラリーの管理、作成したプログラムの合理性確認、プログラム実行のオフラインシミュレーション、ターゲットシステムデバック時における種々のデバック支援機能などに知能化を図った支援ツールが出来れば、プログラム作成からデバッキングに至る時間の削減など効率向上が図れる。

PCの知能化は、これからの分野であり今後活発な研究・開発が行われるであろう。

6. おわりに

トータルFA化は、始まったばかりである。トータルFA化への変革は単にPCだけでなく、制御機器全般に新たな進展を要求しているといえる。

このような時代になるとますます1つの技術、1つの分野だけでは通用しなくなり広範な技術、分野における知識や知恵の結集が必要になって来る。

PCをはじめとするシステム機器の開発に際しては品質、価格は勿論のこと、5I(Idea, Intelligence, Interface, Integrate, International)を追求していく所存である。

なお、ここで言う5Iとは下記のことを意味している。

- ・アイデアが結集されているか。
- ・知能化がなされているか。
- ・インターフェイスが有機的また容易であるか。
- ・統合化が図られるか。
- ・国際的に通用するか。

本稿では、トータルFAは情報と物の流れの管理、情報の一元化、部分的FAの統合化など、主にハード、ソフトにおける生産システムと、中核コンポーネントとしてのPCについて述べたが、当然、人間系を含めた統合化が必要であることを付記しておきたい。

参考文献

- 1) 長谷川：80～90年代を支えるCIMシステム、データベース、国際標準化、日経メカニカル別冊「インテリジェント工場」171/172(1986)
- 2) 岩田：FAの新しい展開、IROFA, FAとMAP講演会予稿集 35/39(1987)
- 3) 中森：今後の製造業の進むべき方向とCIMの現状と将来、講演会予稿集 10(1987)
- 4) 松下：コンピュータ・ネットワーク、培風館(1986)
- 5) 和田、他：MAP、財団法人日本規格協会(1988)
- 6) 日本工業新聞 昭和63年1月20日
- 7) 長谷川：FA総論、計測と制御、26-7、(1987)
- 8) 森田：FAの標準化方策について、IROFA, FAとMAP講演会予稿集 2/22(1987)
- 9) 廣田：あいまい性の情報処理、ファジィ制御の実際、電気・情報関連学会連合大会予稿集 5-132/5-135(1987)
- 10) 実用期に入ったファジィ理論 日経エレクトロニクス 130/152(7-27 1987)
- 11) Togai, M. and Watanabe H.: A VLSI Implementation of Fuzzy Inference Engine toward an Expert System on a Chip, Proc. of 2nd Int. Conf. on AI and Applications (IEEE), 192/197(1985).