

FAにおける技術動向と展望

Recent Trends and Future of Hitachi Factory Automation

FAは、従来からのオートメーション、すなわち画一的な製品の大量生産を目的としたものとは異なり、ユーザーニーズの多様化にフレキシブルに対応する生産システムでなければならない。したがって、生産設備は従来の専用機から汎用機、ロボットなどフレキシビリティの高いものの組合せとなり、更に加えて生産を支援する技術・管理の情報とも有機的な結合を図ることが重要な課題となる。

FA化は、FAシステムを構成する要素技術の進展と、諸技術の結合によりシステムの最適化を図る技術(システム技術)の両者が高レベルを得て初めて大きな効果が期待できる。

本稿では、FAを構成する主要要素技術(個別技術)に焦点を絞り、その動向について展望する。

三井善夫*
高西忠司**
福地文夫***
桐生隆久*
野里一七****

Yoshio Mitsui
Tadashi Takanishi
Fumio Fukuchi
Takahisa Kiryū
Kazuna Nozato

1 緒言

近年、我が国の産業界は顧客ニーズの多様化、製品ライフサイクルの短期間化、内外市場の競争激化などにより大きな転換期にある。そこで高付加価値の製品をいかに早く、効率よく生産するかが課題となり、その達成の一手段としてFA(ファクトリーオートメーション)化が脚光を浴びている。

FAについては、一般にその概念がようやく固まりつつある段階であるが、日立製作所の提唱するFAとは、「受注から設計・製造・検査・出荷までを最新の情報及びメカトロニクス技術を駆使し、フレキシブルな生産を指向した工場一貫自動化システム」と定義し、目的は次の3点である。

(1) リードタイムの短縮により需要変動即応の生産体制確立

(2) 自動化による生産性向上・品質安定・稼働率向上

(3) 生産管理の徹底による仕掛け削減

また、具体的には、(1) コンピュータによる全工場の生産活動を管理するトータルFA化、(2) 自動倉庫を中心に搬送設備・工作機械・ショップコンピュータなどで構成するFMS(Flexible Manufacturing System)化、(3) 産業用ロボット、各種センサ、画像・音声認識装置などによる個別自動化など、個別から総合に至る各種レベルのFAシステムを構築し提供している。

本稿では、FAシステムを構成するキーコンポーネントのうちFA用画像処理を除く主要機器について取り上げ、その動向を展望する。

2 制御用コンピュータの動向

電力、鉄鋼、化学など大形プラントの自動制御用に端を発した制御用コンピュータも、出現してから20年余りになり図1に示すように発展してきた。「制御」というプラントの中核を握る部分への採用のため、汎用コンピュータに要求されるものとは違った機能の評価があり、その代表的な機能と発展動向について以下に述べる。

2.1 制御用コンピュータの代表的な機能と発展動向

- (1) 高信頼性対策
- (a) システムの固有信頼性の向上
- 具体的な対策としては、部品の厳選(採用部品の検査基準)、製品設計規格の高水準化(製品設計、組立・実装設計)、

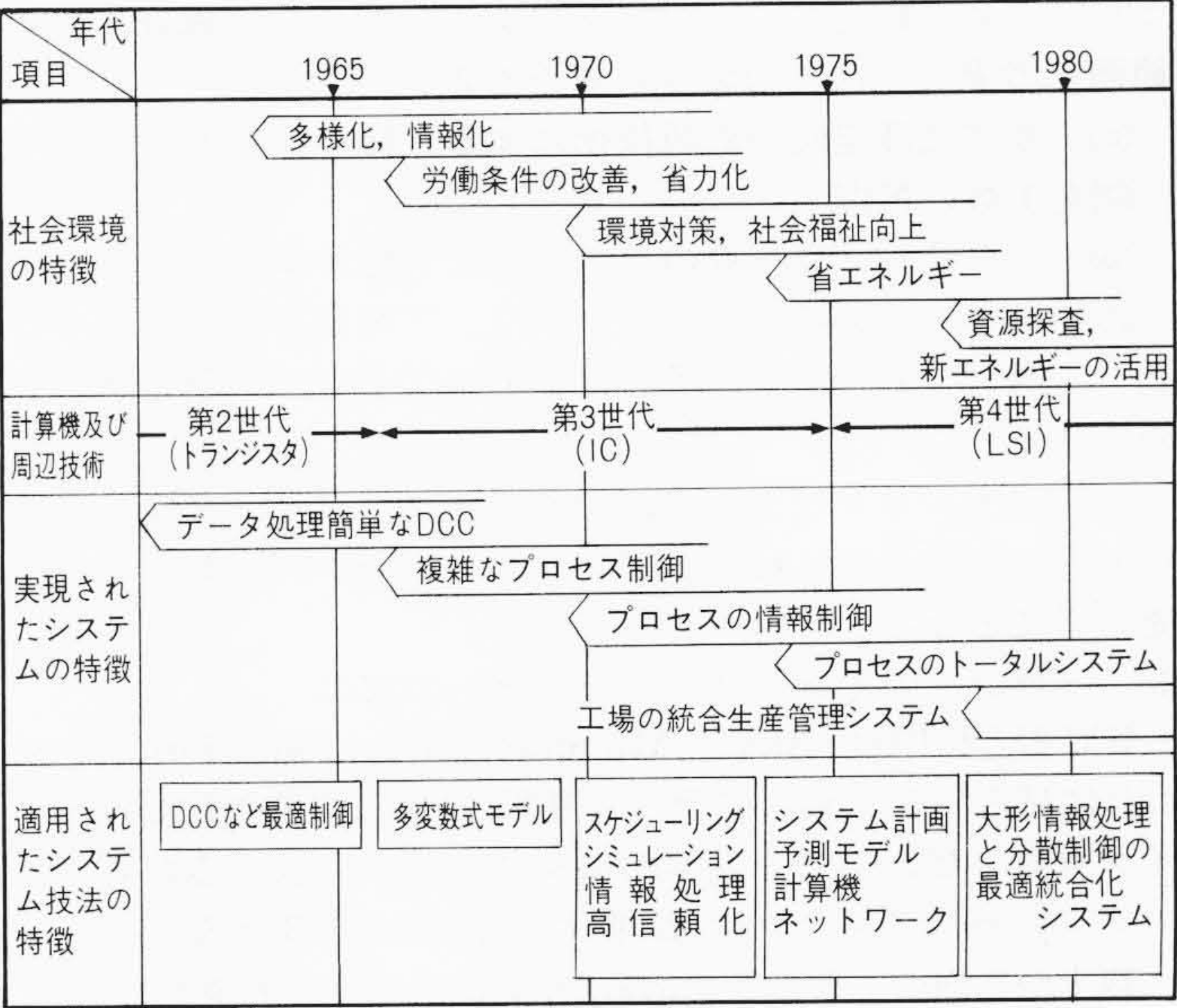


図1 計算機制御システム技法と周辺環境の動向 今後、知識工学などを応用した第5世代計算機の実用化に向けて、プラントの診断やエキスパートシステムを組み込んだFA用計算機システムが実用化されてくる。

- 検査規格の高水準化などが挙げられる。
- (b) 冗長化システム構成制御
- マルチコンピュータシステムを実現する構成制御技術でプラント制御の連続性を確保する。
- (c) 危険分散構成制御
- 多数のプロセッサをネットワークに接続することにより、相互のプロセッサ間で処理の協調性をとり、処理分散による危険分散構成を可能とする。
- (d) 保守体制の充実
- 24時間のプラント運転を前提とした環境で利用されるコンピュータであることを、十分認識した上での保守対応が必要となる。
- (2) 高速化対策
- OS(オペレーティングシステム)のオーバヘッドタイムの短縮を実現するとともに割込処理という概念を導入し、プラン

* 日立製作所機電事業本部

** 日立製作所システム事業部

*** 日立製作所商品事業本部

**** 日立製作所計測器事業部

トからの要求処理に対する応答時間の短縮を図っている。

(3) 改造、拡張への柔軟な対応

プラントの増設、改造が頻繁に発生することを前提に、既設システムの運転を継続しながらシステムの改造、拡張のことができることが必要条件となる。

(4) プラントとの接続手順、装備の標準化

アナログ入出力、デジタル入出力(オンオフ)、コード入出力などを使用したプラントとのインタフェースを準備していることが必要になる。

(5) ネットワーク構成への対応

制御の分散、多端末接続へ対応するためのシステムの広域化対応が必要となる。

以上のような制御用コンピュータの機能と発展動向に対し、今後の課題及び将来展望としては、次のものが代表的な項目として挙げられる。

2.2 今後の課題と将来展望

(1) システム開発環境の整備

ソフトウェアの生産性向上が、今後の最も重要な対策課題として考えられており、ソフトウェアの開発及び保守までの範囲を考慮して次の対応が必要となる。

(a) 要求処理定義の表現技術による正確なソフトウェアの開発工数の把握

(b) ユーザーノウハウのソフトウェア化を簡易にするための知識ベースを採用したソフトウェア開発手順の採用

(2) 流通ソフトウェアの吸収によるソフトウェア開発コストの低減策

パーソナルコンピュータ、マイクロコンピュータのソフトウェアとの融合やリピータアプリケーションパッケージの開発が必要となる。

(3) プラントのインテリジェント化への対応

GM社(米国)のMAP(Manufacture Automation Protocol)に見られるように、プラント機器、設備に実装された各種マイクロコンピュータを効率的にシステムに吸収するためのインタフェースプロトコル(標準化)の開発が必要となる。

以上が当面の主要課題であるが、更に将来への展望としては、

(1) CAD/CAE(Computer Aided Design/Computer Aided Engineering)との融合による設計と現場のダイレクトな接続

(2) 画像処理技術との融合による多次元情報処理技術とOA(オフィスオートメーション)、LA(ラボラトリーオートメーション)、FAなどをトータルシステムとして融合させることなどが挙げられる。

3 CAD/CAMの動向

CAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)が製品の信頼性向上、原価低減、納期短縮などを目的として、機械、電気、電子、自動車、建築などの産業分野で活用されてから10年近く経過した。この間にコンピュータの機能、性能向上とあいまってCAD/CAM関連のソフトウェア、すなわち2次元及び3次元図形処理技術、コンピュータグラフィックス、アプリケーションソフトなどの開発も積極的に推進されてきた。したがって、導入当初は設計の製図支援が主体であったが、最近では解析、シミュレーション、計画設計、NC(数値制御)テープ作成などCAD、CAMの複雑な作業までを支援するに至っている。日立製作所では、CAD/CAMシステムとしてGRADASの開発を推進し、各分野で活躍しているが、以下にCAD/CAMのアプリケーションソフトについて述べる。

3.1 アプリケーションソフトの動向

FAに関連したCAD/CAMシステムのアプリケーションソフトで最も汎用的なものは、2次元設計製図システムで、JIS製図基準に準拠した製図作成機能の充実、パラメトリック図形処理、立体図作成、仮名漢字変換、作表、幾何計算、ユーザーインタフェースのサポートなど豊富な機能を持ち、設計図面の品質及び作成効率が大幅に向上している。また2次元設計製図システムを中核として、NC機械すなわちフライス、放電加工機、レーザ加工機、タレットパンチプレスなどの2次元NCテープ作製までの一貫システムが可能となってきた。3次元設計は汎用的システムの開発が推進されているが、最近の3次元モデリング(ワイヤフレームモデル、サーフェイスモデル、ソリッドモデル)技術などの向上により、専用システムとして3次元金型CAD/CAMシステムや配管CAD/CAMシステムが実用化されている。図2に示す3次元金型CAD/CAMシステムでは、高精度な自由曲面形状生成(サーフェイスモデル)から、粗加工用及び仕上加工用NCデータの作成、カット干渉チェック、カットパス表示・編集などをサポートしている。配管CAD/CAMシステムでは、プラントの機器、配管などの3次元レイアウトCADにはソリッドモデルが使用され、計画段階での建屋の機器、配管レイアウト及び干渉チェックが行なわれ、次工程で配管計画図、配管計画断面図、スプール図などへの自動展開が可能なシステムである。

3.2 今後の課題と将来展望

以上、代表的な2次元及び3次元のCAD/CAMについて述べたが、FAの実現には、製品の計画から開発、設計、製造などすべてを一貫して効率よく処理できるCAD/CAMシステムの開発が不可欠である。このための技術課題は、(1)解析、設計、製造などすべての工程に情報伝達が可能な汎用3次元モデリング技術の開発、(2)各工程で必要とされるデータを保有するエンジニアリングデータベースの構築、(3)各種シミュレータの開発、などが主に考えられる。

4 産業用ロボットの動向

社会のニーズは、より多品種少量生産を必要とする方向へ推移しているので、生産設備としては、よりフレキシブルなFAシステムが求められている。したがって、FAのインテリジェント端末機としての産業用ロボットの重要性はますます大きくなっている。

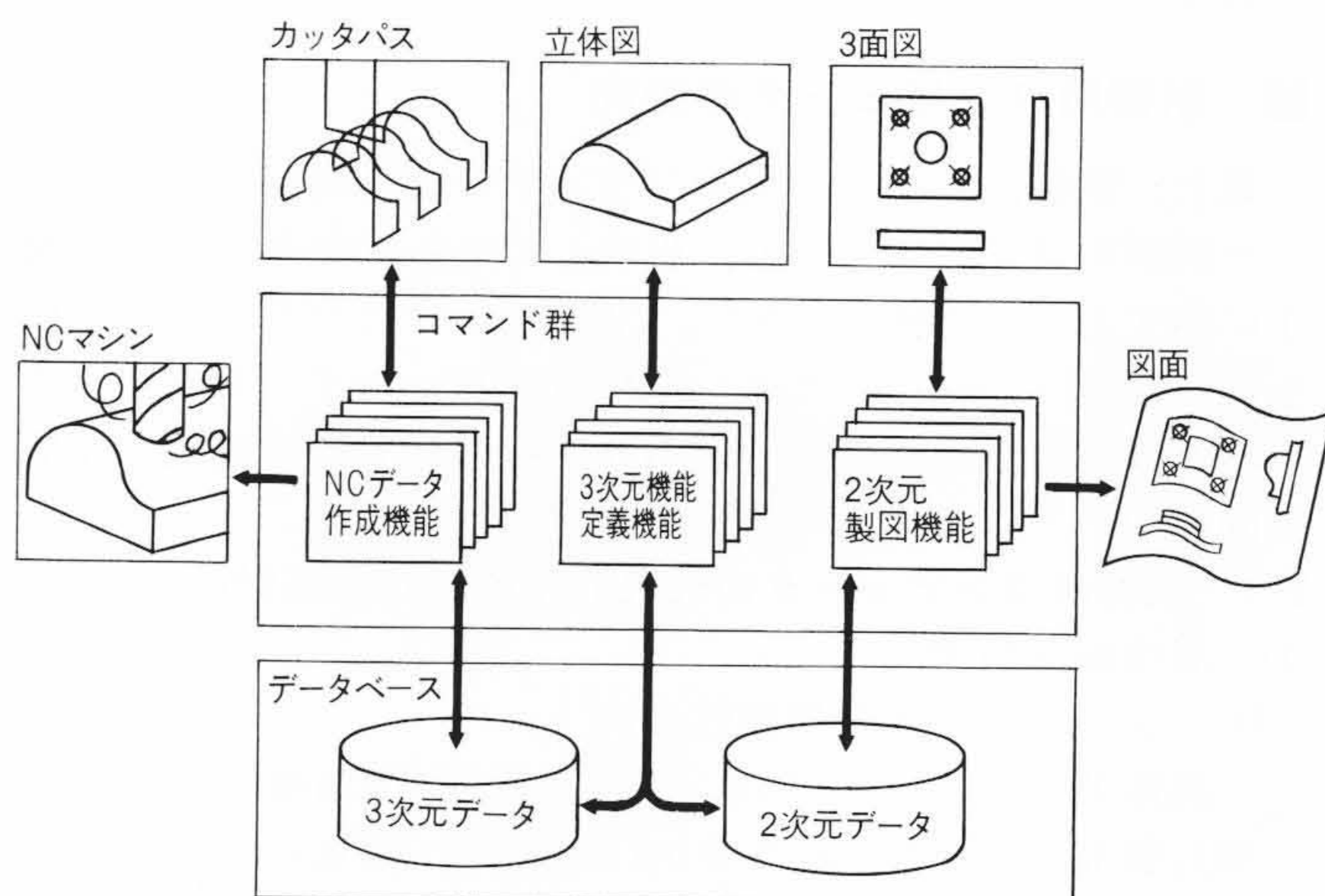


図2 3次元金型CAD/CAM「HIMOLD/3D」 使いやすい3次元形状定義機能、加工ノウハウを生かせるNCデータ作成機能、及び作図工数を半減できる製図機能を一体化した本格的専用CAD/CAMシステムを示す。



4.1 産業用ロボットの機能と発展動向

日立製作所は、図3に示すように各種用途に適用できる多機種 of ロボットを用意している。それらは、いずれもエレクトロニクスなど先端技術を駆使したもので、オプションによっては高機能、多機能となり得るもので、中には高度で複雑な作業を人間と同程度にやり遂げるものもある。またロボット自身を移設して、広範囲の作業を行なうことができるポータブルなものもある。いずれも信頼性は高く、FAへの拡張性を考慮して制御を統一し、LAN (Local Area Network)などを介して上位コンピュータとの接続、その他端末機や要素とも容易に結合できるような通信機能の拡充など、より知能化を進めている。

現在の産業用ロボットは、語源が意味するような人造人間的なものではなく、用途ごとにかなり専用的ではあるが、基本的な機構は数種類で、機能はほとんど共通である。産業用ロボットは既に基本的なものは出そろった感があるが、マイクロコンピュータの導入により高機能、多機能を達成し、ソフトウェアサーボの開発により全動作範囲でどのような姿勢にも関係なく、低速から高速まで安定した制御が可能となり、しかも高速化へと進展しつつある。

4.2 今後の課題と将来展望

産業用ロボットを今のレベルまで効果的なものにしたプレイバック方式も、操作性の点ではほぼ限界に達したと考えられる。これからは単体としての性能や機能の向上もさることながら、CADとの結合などオフラインティーチングの方向へと展開し、より効率的な利用を目指すことになる。そのためにはロボットの絶対精度の向上、基準点の設定など機構部の互換性の向上、設置誤差やロボット相互間のばらつきによるずれ量の正確な補正方法、オフラインで創成されるデータをあらかじめチェックするシミュレーション技術等々の開発が盛んになる。そしてロボットのばらつきや制御精度をカバーし機能を拡大するものとして、センサが大いに活用されることになる。既に組立作業などで位置ずれや形状認識に視覚装置が、アーク溶接作業では位置ずれの確認や、ひずみへの追従のためにタッチセンサやACC (Arc Current Control) センサが活躍し溶接速度を上げて、より薄板への適用を可能にするための安定したレーザセンサの開発など、より高度なセンサの開発競争は激しさを極めていく。

オフラインティーチングの方法はいくつか考えられるが、現在最も力が入れているのは言語入力であろう。日立製作所はFAシステム用関連機器、すなわち産業用ロボット、プログラマブルコントローラ、センサなどに広く適用できる統一言語としてFA-BASICを開発し、製品や社内システムへの適用はもちろん、広く一般産業界に対し積極的に活用を進めるべく資料を公開している。

回顧すると、日立製作所は1970年秋に日立技術展に発表した「積木ロボット」以来、一貫して高度なエレクトロニクス技術を駆使して、「使いやすさ」の追求に努力を傾注してきた。それは時として新しい機能を実現する高機能化であり、信頼性向上や教示方式の改善など安全性の向上を目指したものであり、また部品点数の縮小や機種間での部品やユニットの共通化といったコストダウンであったりした。いずれも実際にロボットの操作をより簡単にし、ロボットの導入をより受け入れやすくするものであり、直接、間接にユーザーの負担を軽減するもので、今後もこの姿勢を維持していく考えである。

5 自動倉庫と無人搬送車の動向

FAシステムでの物流の主機は、自動倉庫と無人搬送車である。自動倉庫は原材料、部品、製品の一時保管を、無人搬送車はその工程間運搬を担うものである。FAでの物流の傾向としては、小形製品の組立ラインに代表される可搬重量が約30kg以下の単位(バケット)で保管搬送する場合と、機械加工ラインなど100~300kgの単位(パレット)で取り扱う場合の2種類に大別することができる。なお最近大形機械(工作機など)の物流のため、2~3tのものを扱う傾向もあるが、まだ実用例は少ない。

5.1 物流の機能と発展動向

小形製品(組立ライン)での物流の動向としては、荷姿の主体となるバケットが、組立自動機との関係で部品種類ごとに専用化の傾向にあり、空バケットとはいっても1バケット単位に供給、回収を行なう必要がある。したがって、自動倉庫ではバケットの払い出し、回収を同時に行なうべく高速の2本フォーク式スタッククレーンの採用、及び無人搬送車としては、上下又は左右に二つのバケットを搭載し、片方に実バケットの供給を、他方に空バケットの回収を行なわせるなど、効率的なハンドリングが要求されつつある。

機械加工ラインでは、空パレット(バケット)の処理より、むしろ各加工工程間の複雑なワークの移動が物流の主な考慮点である。したがって、無人台車でワークを移動させることもあるが、自動倉庫のスタッククレーンをそのまま利用して、工程間搬送も担当させることが効率的かつ経済的であることから多く採用されている。

5.2 今後の課題と将来動向

現状、これら物流システムはフレキシビリティの高い保管、搬送手段として有効に機能している。しかし、これは生産管理用コンピュータの指示のもとに、ライン内又はラインと倉庫間を自由に搬送できるためであって、これを一歩進めてレイアウトに対するフレキシビリティの確保、すなわちフリーレイアウト化となると更に開発が必要となる。例えば、搬送用台車の誘導通信を無方向性の無線方式にし、直接自動倉庫内

へ進入し、自動倉庫用クレーンとの直接受渡しをすることによって不要な固定設備を削減するなどの工夫が必要である。

このフリーレイアウトに対して、更にリレイアウトの容易性を実現するためには、レイアウト変更に伴って発生する運用(コントロール)の変更を容易にすることであり、知識工学などを応用したソフトウェアの利用がこの分野で有効である。これらの技術は、個々的には既に確立したものであるが、最終的な目標達成のためには、どの生産管理システムとも結合できる物流システムを完成することが今後の技術課題となる。

6 計測装置の動向

工業計測の基本要素である温度、圧力、差圧、流量、液位、成分などのセンサ技術は、化学、鉄鋼、一般産業などのPA(プロセスオートメーション：プロセス工業の自動化計装)の発展をもたらしてきたが、近年の国際情勢の変化によるプロセス工業の省エネルギー、省資源、高付加価値化製品への移行は、センサに即ちその計測精度向上、安定性向上、信頼性向上を求めている。これらの要求にこたえて、優れた計測原理構造の開発に加えて、マイクロプロセッサをセンサに組み込んで積極的に環境値の補正を行なうなどにより、耐環境性を大幅に改善する高機能形センサ(インテリジェントセンサ)も実用化されてきている。

また、従来、産業設備には連続プロセス(PAの主体分野)のほかに、固体の処理及びハンドリングから成るディスクリートプロセスが多くある。これらディスクリートなプロセスの計測には、PAでの計測とは違った物理量(形状、寸法、重量、個数など)の計測やパターン計測などが求められる。これらの分野(FA)での計測技術は創成期を迎え、今後急速に発展することが期待されている。もちろん、PAで培ったセンサ技術は、これらの広い範囲の自動化に広げられようが、研究室や実験室用として発展してきた電子顕微鏡や光分析計などの理科学機器の計測技術は、FA分野の物理量の計測やパターン計測に見直されてきており、一部の分野では実用化されてきている。

6.1 パターン計測の動向

プリント基板の回路検査では、プリント基板上の回路の複雑化、高密度化に伴って回路線幅が微細化して、従来から行っていた目視検査が不可能となっており、新しい計測装置の開発が待たれていた。日立製作所では、プリント基板(基材)に紫あるいは紫外光を照射すると基材から微弱な蛍光が発することに着目し、基板パターン表面の性状(汚れ、変色、きずなど)によって影響を受けず、微細な欠陥(最小 10μ)を検出できるプリント基板パターン検査装置を製品化している。これにより、プリント基板上の 0.1mm オーダの線幅の回路形状検査が正確にできるようになり、即ちそうプリント基板の高密度化が進むとともに、高信頼性が期待される(図4)。

SEM(走査電子顕微鏡)は個体表面の凹凸を拡大して計測することができ、倍率も任意に設定することができる($10\mu\text{m}$ 以下まで分解能がある。)ことから、個体の表面などの微細加工された形状を計測するのに最適な計測装置である。特に半導体(IC)のウェーハ上に構成された回路パターンの測定に利用され威力を発揮している。またSEMは電子線を個体表面にスポット照射することから、表面の映像の外に物質の組成を分析することもでき、微細構造の分析に道を開くものと期待されている(図5)。

6.2 今後の課題と将来展望

FAの求める計測は、それぞれ計測しようとする対象によって多種多様な仕様であり、汎用計測器では対応できなくて、

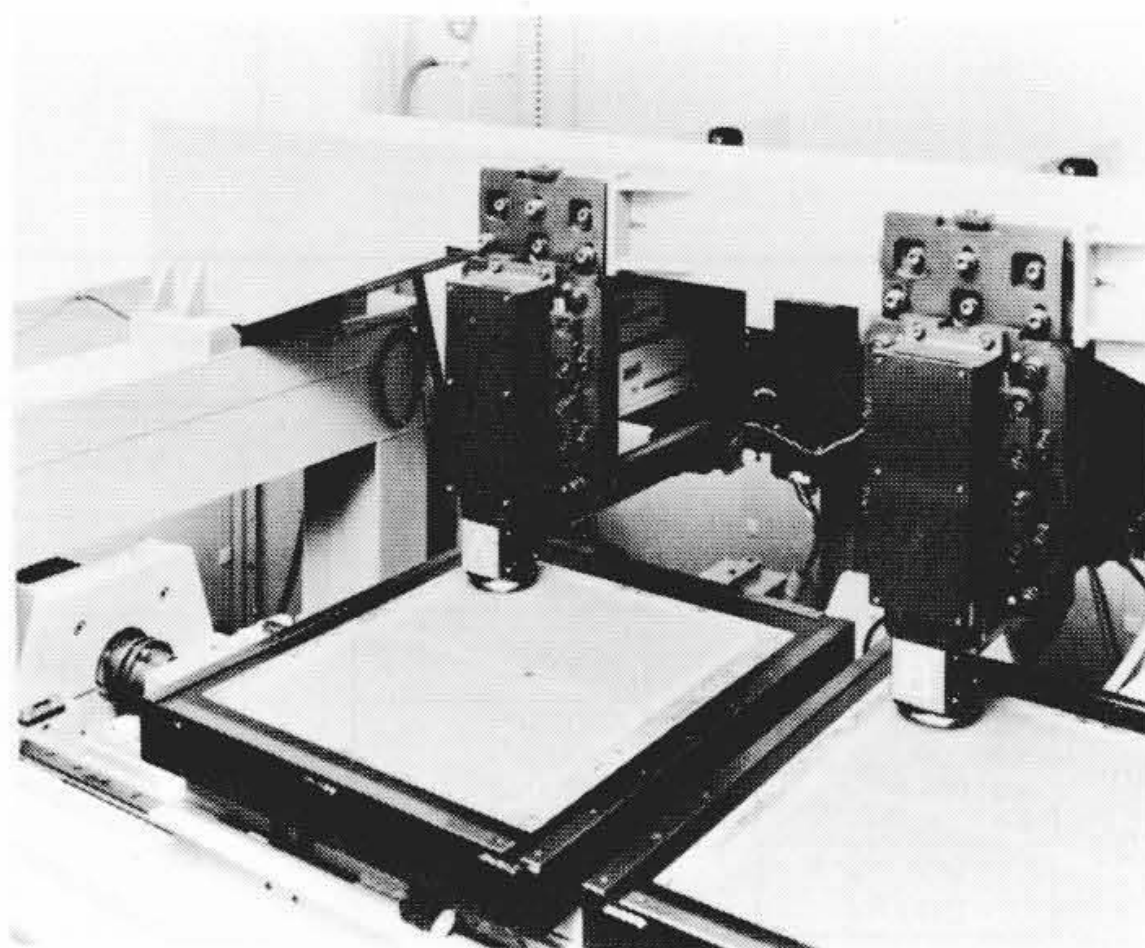


図4 日立プリント基板パターン検査装置(MPI100) パターン表面性状に影響されず、微細欠陥(最小 10μ)の検出を可能にしたパターン検査装置である。



図5 日立FEB測長装置(S-6000) 走査電子顕微鏡を、IC回路の測定に適用した計測装置である。

それぞれの計測対象にあった専用の測定装置が求められる場合が多い。今後はPAで確立された工業計器のFA向け仕様への改良開発のほかに、実験室の中で開発されてきた理科学機器の計測原理と構造に、長期安定性、高い信頼性を求められる工業計器で培った評価技術を加えたFA用計測器の開発、更には、計装システム技術を駆使した(計測制御と情報処理機能を総括的に組み込んでシステム構成した)高機能化した計測装置が開発されるであろう。

7 結 言

以上、FAの要素技術としての主要なものについて、その技術動向と将来展望を紹介した。

FA化はソフトウェア、ハードウェアの急速な発展に伴い、単純なものから高度な複雑なものへと展開してきている。したがって、より良いFAシステムの構築には要素技術の有効活用とあいまって、これら個別技術の組合せ最適化技術の両者が共に優れていることが重要なキーポイントとなる。

日立製作所は、FAのメーカーであると同時にユーザーでもあるという利点を生かし、システム構築に日立最新技術と豊富なノウハウを織り込み、ユーザーニーズに最適なFAシステムを提供するため今後とも大いに努力する考えである。

参考文献

- 1) 松本, 外: FAにおける自律分散制御システム, 日立評論, **65**, 12, 823~828(昭58-12)
- 2) 越智, 外: 日立におけるCADの展開, 日立評論, **65**, 3, 169~172(昭58-3)
- 3) M. Ejiri, et al.: A Prototype Intelligent Robot That Assembles Objects from Plan Drawings, IEEE Trans. on Computers C-21(1972)
- 4) 松園, 外: 拡散形半導体ストレインゲージ応用伝送器, 日立評論, **63**, 2, 85~90(昭56-2)