

# F A生産システム構築の基本体制に関する考察

## Some Considerations on the Fundamental Organization of FA Productive Systems

佐藤 勝尚<sup>(註)</sup>, 山崎 匡毅

Katsunao Sato and Masaki Yamazaki

### はじめに

わが国の生産システムは1970年代後半から急速に変革しはじめている。この背景として、マイクロエレクトロニクス(ME)技術革新の進行によって製造工程の機械化・自動化が可能になったことであるが、今日のファクトリーオートメーション(FA)化は、製造工程の部分的な自動化をいうのではなく、もっと系統的な生産システムの変革を意味する。つまり、従来から製造工程の省力化を狙ってNC工作機械、マシニングセンター、産業用ロボット等が個々に導入されていたが、最近では個々のFA機器を連続的かつ体系的に配置することにより、高度な生産体制への移行を志向している。

一方、わが国の経済社会が成熟化するにつれ、消費形態が多様化し、そのことが生産面にも大きな影響を与えるようになってきている。

すなわち、多品種少量生産への移行であり、そのことが生産効率やコスト、さらには生産管理に重大な影響を及ぼすようになっており、従来の生産システムでは対処できなくなってきたのである。

このような状況に対応するためには、多品種少量生産に適合したフレキシブルなFA生産システムが求められているが、近年その技術革新には目覚ましいものがあり、その特徴を述べると、

- ① 多品種少量生産への対応として、ライン型からセル型へ、専用機型から汎用機型への移行
- ② 総合生産システムとしての受注から出荷までの一貫化を目標に、CAD/CAMの一貫化、生産管理と工程抑制の一貫化、加工・組立の一貫化を目指すこと。
- ③ 最終的には工場の無人化への志向などがあげられる。

本稿の目的は、このようなFA生産システムを構築するためには企業はどのような基本体制をとるべきか、機械工業をとりあげて検討し若干の考察を試みようとするものである。そのために、まずFA化の契機とその背景を探り、次にFA生産システムはどのような構造を持っているかを概観する。さらに、この点を踏まえて、FA生産システムを構築するための基本体制のあり方を論述することにした。

### 1. FA化への契機と背景

今日FA化といわれている生産システムの変革は、従来のオートメーションという工場自動化の延長線のみでは扱えなくなっているが、このようなFA化への契機と背景は何であろうか。この問題に対しては、いろいろな角度から答が用意されるけれども、次のような側面から考えることが妥当であろう。

#### (1) 製品の多様化、多品種少量生産への対処

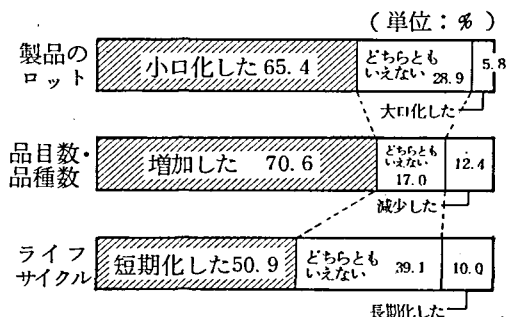
かつての高度経済成長期においては、規格化された量産型工業製品の生産が主流になっていた。ところが、2度にわたるオイルショック以後、経済は低成長に移行したばかりでなく、消費構造にまで地殻変動が生じ、それが、生産システムに変革を迫ることになった。つまり、大量生産・大量消費から新しい質の豊かさへの欲求の転換が生じ、画一的な量産製品よりも個性的な多様性を好むという時代の到来である。

このような消費構造の変化は、生産面からみると、生産品目数・品種の増加、製品ロットの小口化現象となって現われている。さらに、製品のライフサイクルも短期化している。これら傾向は企業規模の大小に拘らずみられるものである。たと

(註) (株)日本コンサルタント協会勤務

例えば、昨年行われた「中小企業経営実態調査」(中小企業庁)によると、多くの企業で製品の小口化、品目数・品種数の増加、ライフサイクルの短期化が進展している(図表1)。

図表1. 製品の多品種少量短サイクル化の進展



資料: 中小企業庁「中小企業経営実態調査」61年2月

(注) 四捨五入のため合計は100にならない。

一方、経済の低成長期では、マクロ的需要はそれほど増加しないことから、製品のシェア・アップや製品価格のアップは困難となっている。その反面、人件費などはじわじわと上昇しており、製品コストの引き上げ圧力になっている。

このような状況においては、多品種少量化する製品を円滑に生産システムに組み入れ、しかも製造コストを低減させる生産体制を確立することが重要であり、当然それは従来の大量型オートメーションのような生産システムでは対処できなくなっている。つまり、多品種少量生産に対して柔軟に対応が可能であり、かつ生産性向上やコストの低減にもつながりうる生産システムが求められているが、これに対応しうるものとして、フレキシビリティあるFA生産体制が登場してきたのである。

## (2) ME技術革新の進展と波及

さて、このようなFA化を可能にした技術的背景は、何といてもME技術の急速な革新である。

1970年代以後、集積回路(IC)を中心とした半導体技術の進歩は急速であり、その技術はコンピュータばかりでなく、あらゆる分野の製品に大きな変化を促した。たとえば、カメラ、時計、家電などの分野でエレクトロニクス化が進み、品質向上、軽薄短小化、低価格化がみられた。

生産面からみても、コンピュータと機械加工が結びついたNC工作機械が現われ、機械加工に大

図表2. FA機器の導入状況

業種 企業規模	製造部門へのME機器導入状況					
	導入	検討中	関心なし	不明	計(企業数)	
全体*	31.6	35.9	28.0	4.5	100.0 (3,149)	
食品	15.9	44.3	36.4	3.4	100.0 (352)	
繊維・衣服	22.2	37.3	34.9	5.6	100.0 (338)	
木材・家具	14.7	34.5	44.5	6.3	100.0 (238)	
印刷業	45.7	32.3	17.3	4.7	100.0 (127)	
窯業・土石	28.5	39.9	27.8	3.9	100.0 (281)	
計	43.9	31.6	19.9	4.6	100.0 (1,183)	
金属・機械	鉄鋼・非鉄金属製品	31.5	32.2	29.5	6.8	100.0 (146)
	一般機器	38.0	34.8	23.7	3.5	100.0 (316)
	電機機器	47.0	30.9	18.1	4.0	100.0 (249)
	輸送機器	53.0	28.0	13.8	5.2	100.0 (232)
	自動車	36.5	36.5	22.2	4.8	100.0 (63)
	精密	52.7	29.7	12.2	5.4	100.0 (74)
プラスチック	49.5	29.1	17.5	3.9	100.0 (103)	
その他	34.9	42.9	20.6	1.6	100.0 (126)	
その他	23.5	39.6	32.6	4.3	100.0 (417)	
1~19人	15.4	29.0	47.6	7.6	100.0 (628)	
20~49人	25.7	39.0	30.8	4.5	100.0 (1,136)	
50~99人	36.6	38.8	20.8	3.8	100.0 (732)	
100人以上	52.8	33.7	11.5	1.9	100.0 (617)	

\* 不明をふくむ。

(出典) 亀山直行編著『技術革新下の中小企業』P 90、日本労働協会、1985

きな変化を促した。さらに、人間の作業を一部代替しうるような、多様な可能性をもった産業用ロボットが実用化した。また、生産に関する様々な機器や周辺機器においてもME機器の導入がなされるようになった。今日、大企業はもとより、多くの中小企業においてME機器が導入されたり、導入が予定されている(図表2)。とくに、この表からもわかるように、機械、電機、精密などの加工組立業種においてME機器の導入が進んでいる。

今日注目を集めているフレキシブルなFA生産体制は、このような各種のME機器が導入されたことが前提条件になっており、それが基盤になって確立してきたと考えられる。ただ、数年前から普及しはじめたME機器の多くは、生産工程の一部を自動化する役割を担うものであったが、今日FAという場合、もっと系統的で包括的な生産体制を意味することが多くなり、受注・生産・出荷の一貫した生産システム化を目指している。このように複雑な工程を総合的に抑制することが可能になった背景は、何といてもコンピュータやメカトロ機器の性能向上と低価格化に依拠しており、それは、わが国が最も得意とする改良技術・複合システム化技術である。

### (3) FA化を容易にする社会・組織的背景

いかに革命的技術の発見や発明があっても、それが容認される社会的土壌と組織的背景がなければ、円滑に技術革新が進むことはない。

とくに、先駆的技術を受け入れる組織の柔軟性が不可欠の条件になる。

多少蛇足になるが、戦国時代に武田勝頼の騎馬軍団が織田信長軍に敗れた主因は、周知のように、武田軍が鉄砲という技術革新の導入に遅れをとったからである。ただ、このことは武田が鉄砲の威力を知らなかったわけではない。武田の首脳陣は鉄砲の革命的意義を承知していたはずである。しかし、武田はあまりにも強力な騎馬隊を有し、それが無敵の如く信じられていたため、騎馬隊を不用にするような鉄砲の導入は、組織として受け入れられなかったのであろう。そこに武田軍の悲劇があった。

今日のMEに代表される技術革新にも、同様のことがいえる。ロボットの語源はチェコ語の「ロ

ボタ」に由来するといわれるが、ロボタとは奴隷を意味する。したがって、欧米では、ロボットという語句には暗いイメージが付きまとい、それがロボットの社会的普及を阻害している。

そのうえ、欧米は日本と異なり、労働組合が企業別ではなく、職種別になっているからFAなどの合理化につながる生産革新はなかなか進まない。わが国では、ロボットなどに対する抵抗感が小さく、企業別組合で企業単位で激しく競争しなければならぬから、ロボットなどの導入は企業が生き残るために必要不可欠となる。当然、わが国においては、FAなどの生産技術革新は欧米よりも速く進展することになる。

### (4) 技術革新を促進させる産業政策

さて、以上のような背景の他に、わが国においては新技術開発を促進させる産業政策が常にあるのではないかといわれ、この点が欧米などから批判の対象となる。産・官が一体となった「日本株式会社」と呼ばれるものへの批判が代表的なものである。

ME技術革新に関しても、そのような立場から日本の優位を指摘する人も多い。たとえば、ミカエル・オームは、日本のマイクロエレクトロニクス技術を促進させた要因として、一つは、1970年代後半から日本の輸出環境の悪化に伴い産業の再整備を迫られたこと、他には、日本の企業は民間・銀行・政府の三者が一体となって「計画開発機関」として連盟を組み、企業の自己資金の限度をこえて大量の設備投資が可能であったことを強調している。

わが国の産業育成に関し、官(政府)の役割に対してはさまざまな評価がなされている。確かに、産業が成熟していない初期の段階においては、幼稚産業の保護・育成のための官の役割は決定的といえるほどの重みをもつが、産業や技術が高度化するにつれ、政府の役割は小さくなるのが普通である。このような観点から最近のME技術の進歩をみると、官の力というより民間活力によるところが大きいと考えられ、わが国の民間企業のME技術は、世界のトップレベルに達している。企業の技術開発に自走力がついていることから、今後は民間中心に、FA化のような技術は進展していくと考えられる。

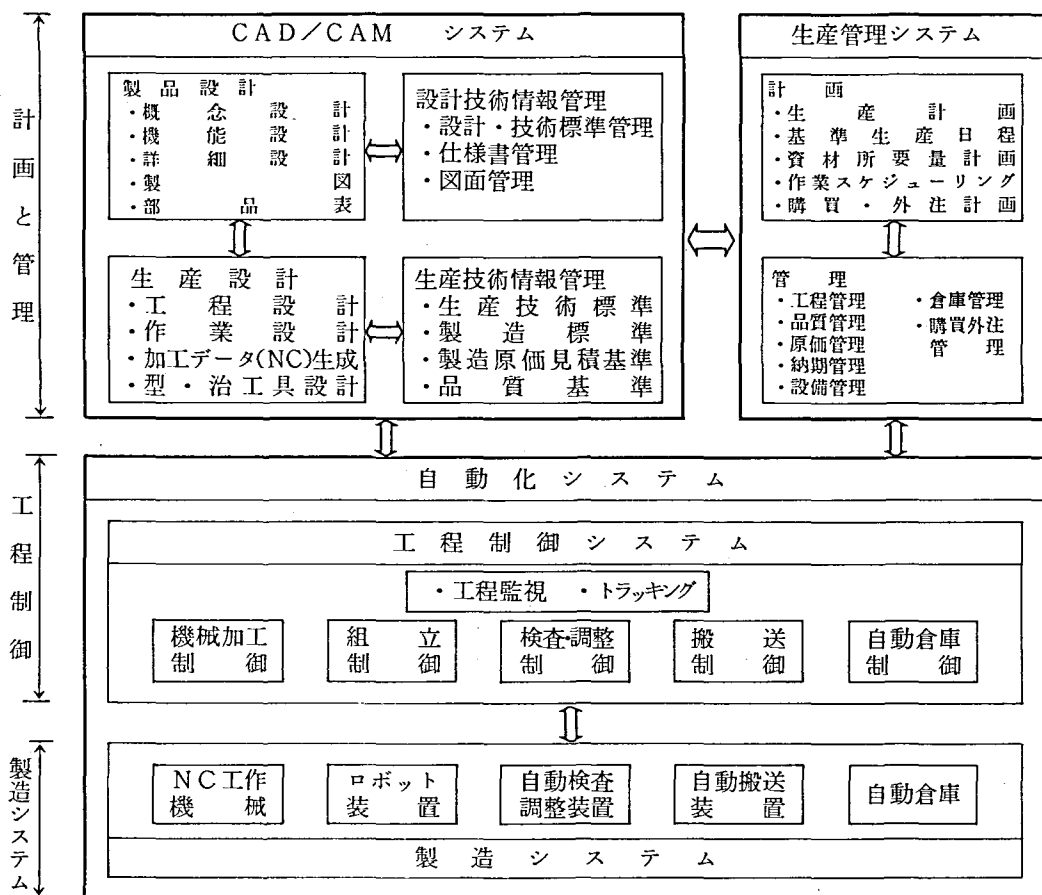
### 3. FA生産システムの構造

FA生産システムを構築するための基本体制はどうあるべきかを考察するには、FA生産システムとはどのようなものを明確にしておく必要がある。

「FA生産システムとは何か」を明確に統一した定義はなく、現状では自動システムを生産するメーカーによってかなり異なっている。たとえばコンピュータメーカーでは工場全体を省力化システムとして定義し、メカトロニクス製品メーカーは自動化システムを部分的にとらえて定義していることが多い。また、オートメーションの流れの中に位置づけて生産システムにおける「物の流れ」の自動化をはかるものをFA生産システムと称している研究者もいる。しかし本稿では企業においてFA生産システムを構築するための基本体制のあり

方を考察することが目的であるので、生産システムを企業経営活動のサブシステムとしてとらえてFA生産システムを次のようにとらえることにする。すなわち、「FAシステムとは受注から出荷に至るまでの生産活動（主として加工や組立）における生産システム全体の効率的な管理と制御を行うこと」とする。具体的にはFA生産システムは図表3に示すように工場における生産活動の自動化システムおよびそれらを効率的に管理、制御を行うCAD/CAMシステムと生産管理システムにおける活動を対象としている。このようにFA生産システムをとらえると各サブシステムでのソフトウェアがモジュール化しやすいために多品種少量の生産に柔軟に対応しやすいこと、さらにサブシステムを変更する場合、比較的容易に対処できる利点がある。以下にこれらサブシステムの内容について概観していくことにする。

図表3. FA生産システムの構造



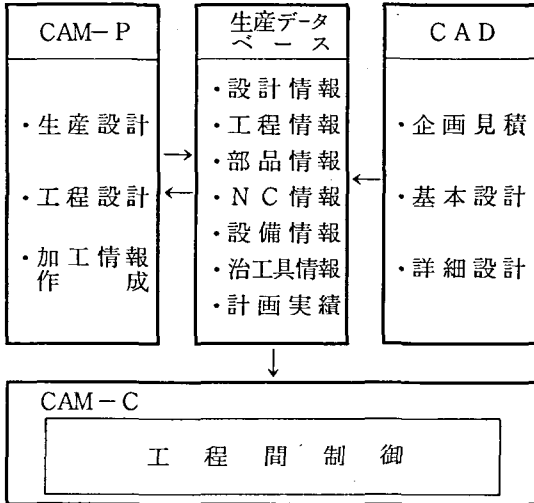
### (1) 計画と管理

生産の計画と管理においては技術情報および生産管理情報をいかに製造システムにソフト面からバックアップするかを焦点としている。このためのシステムがCAD/CAMシステムであり生産管理システムである。

#### ① CAD/CAMシステム

CADとは精機学会総合生産システム研究分科会編の『機械生産システム用語辞典』によると、「コンピュータおよび関連情報機器を利用して、目的関数が定式化されていない設計を適切かつ自動的に行うこと」と定義している。一方CAMとは、「適切な製造設計仕様ならびに生産要求情報をコンピュータに入力して、工程設計、作業設計などの情報処理を行うとともに、生産工程を自動的に制御すること。広義には、人間とコンピュータのそれぞれの特徴を活かしながら、製品の製造に関する経営、管理や作業などの制御を行うこと」と定義されている。図表4.にそのCAD/CAMシステムの構成の1例を示している。

図表4. CAD/CAMシステムの構成



ここではCAMをCAM-P (CAM-planning)とCAM-C (CAM-control)に分けている。CAM-Pとはコンピュータの製造データベースまたはデータファイルを用いて、生産設計、工程設計、加工情報作成を行うことであり、CAM-Cとは、CAM-Pで作成された情報に基づいて設備制御、工程間制御、データ収集を行うことをいっている。

このCAD/CAMは理想として、CADにより決定された部品や製品が直ちに自動生産(CAM)されることを理想としているが、現在のCAD/CAMはまだそこまでは至っていないのが実状である。

たとえば、現在CAD/CAMシステムとして利用されているものは大型汎用コンピュータをホストコンピュータとするロッキード社の開発したCADAMからパソコンを使ったシステムまで国内外の各メーカーから数多く販売されており、それらの価格はハード、ソフトの両方で数億円から数百万円までとその幅は広い。

#### ② 生産管理システム—MRPシステムを中心として—

生産管理システムは顧客の要請する受注内容に基づいて具体的な生産目標を設定し、それによって生産過程を適切に稼働させることにより、全体として効率的な生産を行なわせることを意図した仕組みである。この仕組みでは、次のような諸活動が行なわれる。

- ・生産の計画と統制
- ・工程管理
- ・原価管理
- ・設備管理
- ・倉庫管理
- ・購買外注管理
- ・環境管理

この中で生産管理システムの中核となる生産の計画と統制についてフレキシブルな生産管理を基本思想として持つMRP(Material Requirements planning)システムについてみてみることにする。

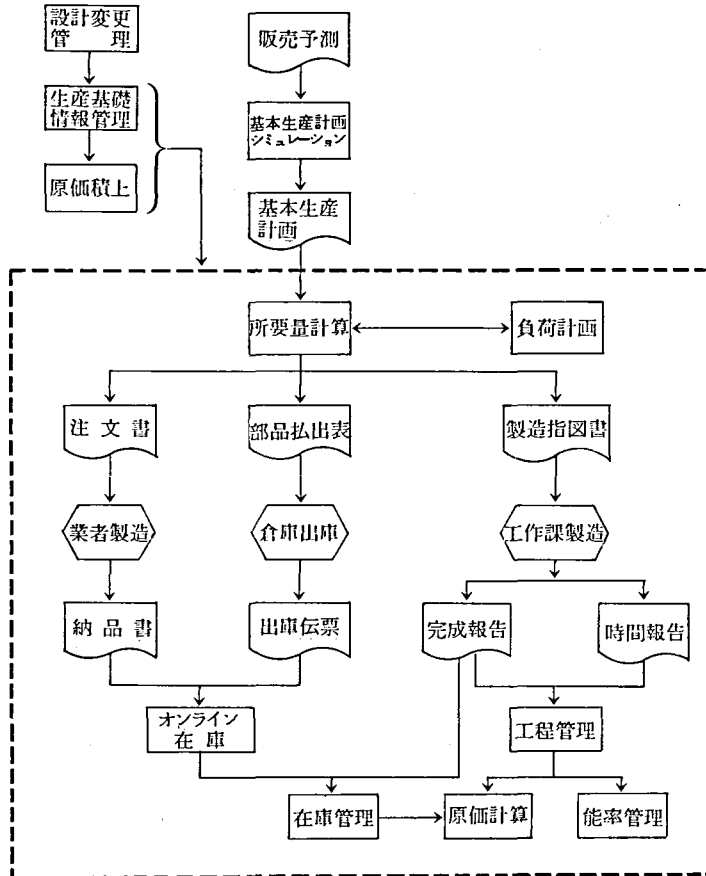
MRPシステムはコンピュータによりリアルタイムで生産、在庫を管理する総合的なシステムである。その主要テーマは必要な日時に、必要な場所へ、必要な材料、部品を入手することである。このMRPシステムの構成とその流れは図表5に示されている。

MRPシステムの計算プロセスは、基準生産計画、部品構成表、部品関連情報、指示済オーダー明細の4種類の情報をもとに図表5に示されるように行なわれる。ここでは次の6項目の計算が行なわれる。

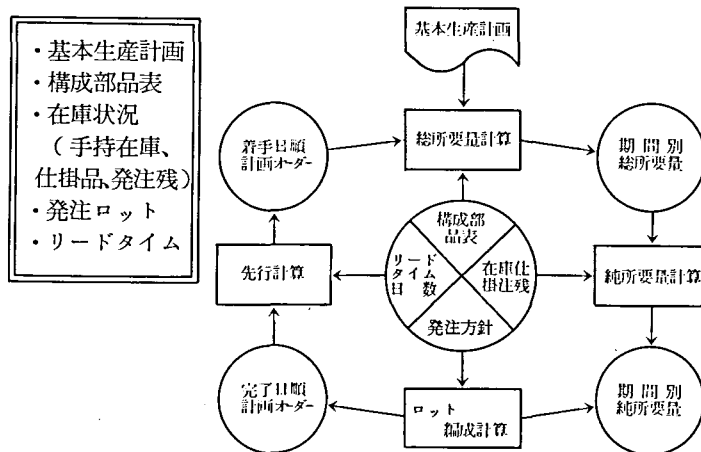
- ・総所要量計算
- ・純所要量計算

- ・ロット編成計算
- ・報告オーダー
- ・先行計算
- ・進捗訂正報告

図表 5. MRPシステムの全体



図表 6. 所要量算出のシステム



※ 下位レベルの総所要量計算に移り、構成部品表最下位品目にたどりつくと、MRP計算を終える。

## (2) 工程の制御システム

工程の制御はスーパーミニコンを使った工程制御コンピュータシステムのもとで生産機械設備が有機的に結合されて管理される。代表的な機械設備として次のものがあげられる。

### ㉞ NC工作機械

ワークを加工する。

### ㉟ ロボット装置

部品の加工、搬送等を行い組み立てる。

### ㊱ 自動検査・調整装置

部品、製品を必要なところで測定し、所定の範囲内に調整する。また品質の良否を検査する。

### ㊲ 自動搬送装置

部品、製品を移動させる。

### ㊳ 自動倉庫

部品、製品を一時的に保管する。

これら生産機械設備および作業者のコンピュータ入出力端末装置に対して工程制御のコンピュータシステムの処理は生産計画に従って作業、材料・部品・製品、機械設備の3者間のデータを制御することになる。

処理としては、たとえば以下のことを行なう。

- ・ホストコンピュータとの計画と実績の交信
- ・作業への作業指示のための入出力端末装置への表示
- ・各作業、設備に対する生産計画の詳細スケジューリング
- ・作業進捗管理、在庫管理
- ・機械設備の稼働状況の監視
- ・NC工作機械へ指示すべきNCテープの転送と管理
- ・材料・部品・製品の搬送指示
- ・検査装置からの品質データの統計処理
- ・機械設備に対する計測制御指示

このような工程制御コンピュータシステムの処理内容は処理すべき機能が多様化し増大化する傾向にある。このため制御するプログラムは多量になるので機械設備に関するものは機械設備のマイコンに行なわせる分散処理があたりまえになってきた。したがって、工程制御コンピュータシステムでは、工程経路のどこに製品、部品があり、どのような状態にあるかということを追跡

して、適宜、機械設備のマイコンに対して、起動、停止、分岐などのトリガの制御機能のみを支えるのが一般的となっている。

以上のようなことから工程制御コンピュータはハードウェアの機能として、多様なインターフェース装置、最小の線材で配線できるデータハイウェイ装置、二重化等高信頼構成、物の流れを無人で追跡可能とする識別センサ、処理性能の余裕度とメモリ容量の拡張性、等の条件を備えておくことが必要とされる。またソフトウェアの機能としては、高速応等性とリアルタイムOS、容易に変更、検索等の管理を行うデータベース、リアルタイム用の高級言語、簡単に会話ができるパッケージソフトを備えることが重要とされる。

## (3) 製造システム

生産機械設備は加工、組立、検査・調整、搬送等から成る。このような生産機械設備は大量生産の時代には特定用途に対してそれぞれが機能していればよかった。しかし現代のように多品種少量の生産の時代には生産機械設備は製品のライフサイクルに応じてそのメカニズムを容易に変更可能にできること、一定のサイクルタイム内において複雑な動作を伴う多機能をもつこと、これらを融通性高くしておくことが必要となってきている。このためマイコンの効果的な導入により機械設備に対する制御が行なわれてきている。ここでよく使用される生産機械設備をみてみることにしよう。

### ㉞ NC工作機械

NC工作機械は工具台とワークを搭載してあるテーブル等、対象とする機械の可動部の位置と移動速度を数値制御情報によって自動的に加工する機械である。このNC工作機械はNC装置部、機械動力部、機械動作部から構成されている。その基本原理はNC装置部に数値制御情報を入力するとパルス列の電気信号に変換されて、このパルス列がサーボ機構の入力となって機械動作部が駆動しワークが加工されることになる。

NC工作機械の種類は多くNC旋盤、マシニングセンタ、NCフライス盤、NCボール盤、NC研削盤、NC中ぐり盤などがあり、さらにその他特殊加工機としてNC放電加工機、NCワイヤ放電加工機、NCガス切断機がある。またレーザー

加工機等幅広く利用されている。

このようなNC工作機械は自動化による生産性向上だけでなく、いろいろな利点を持つ。たとえば、製品品質の均一性向上、機械の稼働率・生産性の向上、治工具類の工具費やスペースの節約、生産リードタイムの短縮等であり、これらの利点により大きな普及をしている。

図表 7. 産業用ロボットの分類(JIS B-0134-1979)

マニュアル・マニプレータ	人間が操作するマニプレータ
固定シーケンス・ロボット	あらかじめ設定された順序と条件および位置に従って動作の各段階を逐次進めていくマニプレータで、設定情報の変更が容易にできないもの
可変シーケンス・ロボット	あらかじめ設定された順序と条件および位置に従って動作の各段階を逐次進めていくマニプレータで、設定情報の変更が容易にできるもの
プレイバック・ロボット	あらかじめ人間がマニプレータを動かして教示することにより、その作業の順序、位置およびその他の情報を記憶させ、それを必要に応じて読み出すことにより、その作業を行えるマニプレータ
数値制御ロボット	順序、位置およびその他の情報を、数値により指令された作業を行えるマニプレータ
知能ロボット	感覚機能および認識機能によって行動決定のできるロボット

## ② ロボット装置

ロボット装置は産業用ロボットとして図表 7. のように分類されて定義されている。

現在の主力は固定シーケンス・ロボット、可変シーケンス・ロボットが多い。1980年の生産統計によれば固定および可変のシーケンス型のロボットの機種数の合計は全体の74%を占めている。用途別ではプラスチック成型加工用、切削研削加工用の機種が多い。特にこのような産業用ロボットは一般に周辺機器を含めて高額であり、その設置にあたっては経済的見地から有効性の検討が不可欠とされる。

## ③ 自動検査装置

自動検査装置は材料・部品・製品に対する自動検査と生産機械設備に対する保守、点検の2つがある。材料・部品・製品に対する自動検査はこれらが果たすべき機能と性能を制御情報あるいは認識情報によって、あらかじめ準備された基準値のなかから、それに相当するデータを選び出して測定データと比較して偏差をはじき出す等により品質の保証範囲にあるか否かを判断して行なう。たとえば加工中の測定、検査では光による加工面の反射特性や、回折特性を検出して形状、表面状態の検出を行う。また物体の立体形状の測定ではタッチセンサー付きのプローブや非接触式近接センサーを使った3次元測定がある。

一方、保守、点検のための検査は生産機械設備が正しく稼働しているかどうかを、異常現象の有無によって把握することが主となる。たとえば、電源や油圧の急変等の異常がないか、稼働状態はよいか、工具類の寿命は大丈夫か、等工程制御コンピュータシステムから常時、生産状態を監視することにより自動検査がなされる。最近では機械設備の中にマイコンが組み込まれていることが多いので、それにより状況を詳しく把握して、異常時には作業者に知らせると同時に工程制御コンピュータに信号を送って対処をさせることが多い。

## ④ 自動搬送装置

自動搬送装置はFA生産システムが有機的なシステムを構成させるという点において、この部分に特色がある。搬送の対象物は加工品、組立品、取付具、切削工具、切り屑等であり、これらを2定点間あるいは自由度の高い2点間を水平方向、垂直方向およびそれらの組合せた方向に搬送する。これら搬送の動きに対する制御の方法はコンベアのように地上側設備に対して指示する方法、無軌道台車のように移動する装置側に指示する方法の2つがある。作られる製品の種類や工場の中の設備により種々の搬送装置が用いられる。図表 8 はよく使用される搬送装置の種類とその特徴と短所を示している。

## ⑤ 自動倉庫

自動倉庫の基本的な機能は収容物を随時保管しておき、必要に応じて出すことである。

このために単に貯蔵ないし保管の役割を果たす



図表 8. 搬送装置の種類と特徴

種 類	特 徴	短 所
コンベア (ローラコンベア) (チェーンコンベア) (エアコンベア)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大物から小物までの搬送が可能である</li> <li>・パレット搬送に適する。</li> <li>・安価である。</li> <li>・搬送能力が大である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・経路が固定的で自由度が小さい。</li> </ul>
ロボット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・搬送とワークの自動機への取付けを同一ロボットで可能とさせる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・搬送範囲が限定される。</li> <li>・可搬重量が小さい。</li> <li>・高価である。</li> </ul>
軌道式台車	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軌道を走るので安定性がよい。</li> <li>・高速搬送、重量搬送も可能である。</li> <li>・停止精度も高い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・経路固定のため自由度小である。</li> <li>・床面積を多く必要とする。</li> </ul>
無軌道台車 (無人車)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・走行経路は電磁誘導式、光学誘導式、磁気誘導式による。</li> <li>・通路の有効利用、レイアウトのフレキシビリティが大きい。</li> <li>・小型から大型まで利用可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・走行速度は遅い。</li> <li>・停止精度も悪い。</li> <li>・高価である。</li> <li>・床面の整備が必要である。</li> <li>・バッテリー式の場合は充電時間の制約がある。</li> </ul>
シャトルカー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ラックピニオン、回転軸方式などで駆動する。</li> <li>・大形から小形まで利用可能。</li> <li>・比較的安価である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基本的には固定されたレール上を走るだけであるので融通性に欠ける。</li> </ul>
オートローダ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天井走行形ロボットともいふべきもので、軸、歯車類の丸物の搬送と供給を同時に行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レイアウト上の制約をうける。</li> <li>・機械の中心軸とオートローダの走行レールの方向とを一致させる必要がある。</li> </ul>
スタッカークレーン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シャトルカーに上下方向の搬送機能がプラスされた装置である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・搬送範囲が限定される。</li> </ul>

だけでなく、品物の種類と数量など現在の特点での最新情報を記憶して在庫管理の機能も求められている。したがって自動倉庫はワークの流れの自動化と保管に合致した機構をもつこと、ワークの保管重量や保管個類などの条件に適合した構造をもつこと、コンピュータ指令によりワーク保管、ワークの姿勢制御を行うことが必要となる。このような要件を持つ自動倉庫は次の4つの種類がある。

④ 立体自動倉庫(スタッカークレーンを用いた高層ラック)

総収納個数は拡張性がある。そこで保管できる

単位重量はバケット使用の場合50kg前後、パレット使用の場合は1～3トンが標準である。

⑥ 水平型回転ラック

保管・運搬・管理の3機能をシステムとしてもっている。建屋内の一時ストレージとして使われることが多い。バケット単位の積載荷重は20～50kg程度、格納個数は最大200個程度である。

⑦ 垂直型回転ラック

これは機構上のフレキシビリティがないので保管物の大きさに制限がある。棚の空間は高さ30cm、奥行30cm、幅2m程度が最大である。1棚あたりの積載荷重は100～200kgであるが、バケット単

位あるいは、保管物単位では1kg~10kgである。

#### ④ 流動ラック

保管棚がローラコンベアで構成されているため、容器のまま保管できるのが特徴である。積載荷重は数百kg~1トン程度が標準であるが、特殊なもので1kg以下に適用されるものもある。

### 4. F A生産システム構築に求められる基本体制

成熟市場における今日の動的な多品種少量生産のための以上述べたような構造を持つF A生産システムを構築するには企業としてどのような基本体制が求められるのであろうか。

一般に、企業が生産システムを作り上げていくに際しては、本質的に創造的な側面と分析的な側面が等しく必要になるといわれている。というのは、生産機械設備およびそれらを動かすソフトウェア等から成る生産システムは期間的に見ると固定化される傾向にある。一方企業に要請される顧客からの品種、性能、コスト、品質等の受注内容は大きく変動する。このような状況下における生産システムの構築は市場や顧客の未来動向を見定めた上で、まず創造的に市場や顧客の動きそのもののなかから新しい技術可能性の芽を探り出し、その後に論理的な分析力で現実性あるシステム案を練り上げることにあるからである。

そこで動的な多品種少量生産の生産システムを構築するために、F A生産システムとして成立する条件とは何かをまず確定し、その上で具体的にどのような基本体制が必要とされるかを考えてみることにしよう。

#### (1) F A生産システムの成立条件

前述したようなF A生産システムを構築するためには、F A生産システムをハード面、ソフト面、経済的側面からとらえると次の条件をととのえていることが必要と考えられる。

##### ① ハード面

フレキシブルな生産工程の設計がなされており、さらにNC工作機械、ロボット装置、自動搬送装置、自動検査装置、制御装置等の生産設備機械が統合化されていることが必要である。そのためにはグループテクノロジーによるセル概念を導入し、部分最適がはかられていると同時に、全体的

に有機的に各設備機械が結合されて、適応的な変化が可能な構造にしておかなくてはならない。

##### ② ソフト面

ハードの部分を円滑に動かすソフトが完備していることが必要である。これは各設備機械を作動させるための自動プログラミング、生産の対象となる多様な製品・部品・材料を選択する生産計画、生産過程を計画管理するための工程計画、日程計画、製造システムを保全するため設備保全等に関する情報処理システムが確立していなくてはならない。またフレキシビリティある製造体制を早期に検討できるための精度の高い生産予測も大切となる。これらは製造システムのソフト面を完備させて生産性を保証することに他ならない。

##### ③ 経済面

一般にF A生産システムには高額の投資がなされる。このために投資理論の立場から生産システムを評価しておかなくてはならない。また費用対効果を高めるために無人運転、3交代制、稼働率、操業度等の検討が十分吟味されていることが必要である。すなわち経済性が保証されていなくてはならない。

#### (2) F A生産システム構築のための基本体制

上で示したようにF A生産システムの成立条件を満たすには、F A生産システムを構築するにあたって次のような基本体制が必要と考えられる。

その第1はF A生産システムを構築するために企画・構想時における基本体制として総合エンジニアリング体制をとることである。第2はこの企画構想にそって生産システムをどう運用するかの運営体制のあり方を考察することである。以下これらについて述べてみよう。

##### ① 総合エンジニアリング体制のあり方

F A生産システムはこれまで示してきたように企業における生産にかかわるすべての部分を対象としたシステムである。したがってF A生産システムを構築するにはまず企業がその中長期計画に基づいた生産システムを自ら構想・企画し、既存の生産工程の検討と再編成、構成する機械・設備の開発を含めた選定、レイアウトの設計、そして製造システムを効果的、効率的に運用するためのソフトウェアの開発など総合的なエンジニアリン

グの体制をとることが大切と考えられる。この体制はロボット等単体の機械設備の導入にあたって、程度差はあれ同様の配慮が本来は必要とされる。特に今まで必要な時に必要とされる機械設備をその時々導入してきた企業ではトータルで生産システムを見直してみると不都合な部分がある

というのはこの総合エンジニアリングの視点が欠けていることによると考えられる。

図表9は総合エンジニアリングの推進手順とその業務を示したものである。F A 生産システムを構築するにはここに示した段階を確実に踏むことが必要であろう。

図表 9. 総合エンジニアリングの推進手順と業務

phase	エンジニアリング機能	総合エンジニアリングの業務				
phase - I	<b>フィージビリティ</b> ① システムの目的と目標の設定 ② 関連市場技術調査 ③ 概念設計 (本案代案) ④ フィージビリティスタディー ⑤ マクロプラン、事前評価	<b>目的と目標設定</b> ・目的、目標条件 ・評価の考え、項目、基準など <b>市場技術調査</b> ・市場、環境法規 ・技術、資源事例 ・ノウハウ、データ分析	<b>概念設計</b> ・現状分析 ・将来予測 ・ニーズの把握 ・問題の抽出 ・概念づくり ・概念設計図 ・新システムの構成と重要技術の検討	<b>フィージビリティスタディー</b> ・調査検討 ・データ解析 ・新システムの概念に基づく将来予測 ・具体的方式の決定 ・実行可能試算 ・立地、配置計画 ・環境条件、安全性	<b>マクロプラン</b> ・概念設計 ・研究開発計画 ・プロジェクト計画案 ・コスト	<b>事前評価</b> ・総合評価 ・課題、問題点、対策
phase - II	<b>システム基本設計</b> ① 複数案の策定、分析、実験研究および最適システムの決定 マスタープラン ② システム基本設計 ③ プロジェクト計画・評価	<b>最適システムの決定</b> ・科学、技術的解析 ・経済、社会的分析 ・本案および代案の策定 ・実験研究、モデルプラントテスト ・運用、経済性検討 ・最適化シミュレーション ・総合評価、決定 ・トータルシステム概要	<b>マスタープラン</b> ・システムの構成 ・総合開発計画 ・投資運用概算 ・経済性、条件 ・環境、安全対策 ・関連法規、許認可事項	<b>システム基本設計</b> ・システム基本設計 ・運用システムの基本設計 ・サブシステムと構成機能の決定 ・構成機器の主要諸元の決定 ・収益、コストの分析 ・システム評価	<b>プロジェクト計画</b> ・プロジェクト基本計画 ・工程、予算、資金計画 ・要員、組織 ・クリティカルパス ・各情報管理システム ・プロジェクトマネジメント計画 ・保証条項 ・契約体系	<b>総合評価</b>
phase - III phase - IV phase - V phase - VI	<b>詳細設計</b> <b>調達</b> <b>建設</b> <b>運用、保証評価</b>	<b>詳細設計</b> ・トータルシステムの設計 ・サブシステムの設計 ・要素機械システムの設計 ・発注仕様書	<b>調達</b> ・機械、機器 ・工事 (土木、建築、機械、電機) ・輸送 ・付帯設備	<b>建設</b> ・土木 ・建築 ・機械、電機据え付け ・電気、計装工事 ・保安	<b>運用</b> ・試運転、操業 <b>保証</b> ・保証、教育 ・サービス技術	<b>評価</b> ・システムの目的、目標条件に対する完成システムの総合評価
(共通)	プロジェクトマネジメント	プロジェクトマネジメント				

(出典)木上進「F A ・ロボットシステム設計法」P 148, 149, 日刊工業新聞社, 1986 (一部削除)。

このような総合エンジニアリングの体制をとってF A生産システムを構築することは次のような利点があるからに他ならない。第1は生産システムそのものの目的・役割がより明確化されること、第2に生産システムの各構成要素はシステム全体の中でのバランスが考慮されて、よりよいものを選択できること、第3に企業環境の変化により適応が可能なこと、第4に生産システムの評価が確実に行なわれることである。

## ② F A生産システムにおける工場運営体制のあり方

工場のF A化が進展すると工場における組織も人も変化せざるを得ない。工場の変化のまず第1は現場の構成員の変化である。F A化の進展により、あまり熟練を要する仕事は減り、そのかわりに、NCテープなどソフトウェアを担当する人、機械操作だけを行う人、機械・設備のメンテナンスをする人、等に分離されてくる。一方、F A化に取り残された部分の仕事が残る。バリ取り、仕上、前加工、等の非常に単純な作業が増えると考えられる。したがってこれら単純作業を行う労働者の増加が考えられる。第2は勤務体制の変化である。前述したようにF A生産システムは経営にとって巨大な投資を必要とする。このため経営としては生産システムの稼働率を向上させざるを得ない。一般的にはF A化の進展により、稼働率は2～3倍に上げることが必要であろう。これにより、勤務体制の変更が必要とされる。従来1直のものを、2直3交替、あるいは3直4交替などの勤務体制を変更することになる。第3はコンピュータソフト、高度の機械・設備のメンテナンス等の知識レベルを要求される。作業者は間接的に機械・設備を操作するだけにとどまらず監視、メンテナンス、ソフトウェアの作成等多様な業務を要求される。これは従来と異なった高度の知識レベルが必要となる。

以上のような工場の質的变化により、工場における運営体制のあり方として以下のことが考えられる。

第1は小人数による工場運営である。F A生産システムの導入により経営としての成功不成功は投資回収がうまくいくかいかないかによる。このために必要最少人員で工場運営を行なわなければ

ならない。しかしながら、現在のように市場の成熟化は市場開拓、シェアアップを困難とさせている。したがってF A化の進展は既在人員に余力を生じさせることにつながる。こうしたことから小人数による工場運営体制を確立する時には事前に生産余力人員の活用策を練っておくことが重要となる。特に省力化を図るためのF A化は事前に組合との協議も重視される。

第2は作業者の教育・訓練である。F A化された工場は高度にコンピュータが活用されている。したがって作業者といえどもコンピュータソフト技術とは無縁ではありえない。これらの技術を持つ要員を養成するのは短期的には困難であるのでF A化導入とあわせた育成計画が必要となる。さらにF A化された製造システムは、新たなマン・マシン作業編成のもとで、従来と異なる運転要員、保全要員、コンピュータ支援要員と生産技術の強化が必要となる。F A化の効果を最大限に発揮させ、それを安定維持していくためにはそれを操作する作業者の力に負うところが大きい。ロボット等のハードウェア技術だけではなく、ソフトウェア技術を駆使していくため教育・訓練には十分な配慮が必要である。このためには企業内の育成を前提とした長期的な視点に立った教育・訓練の制度が必要となる。教育プログラムとしてはF A生産システム全般にわたる幅広い知識、NC工作機械、ロボット等のF A機器の運転の知識、NC機械、ロボット等の指令、入力のためのプログラム作成に関する知識、各機械設備の保守に必要な技術等F A生産システムの運用に必要とされる基本的な事項の教育は欠かせないであろう。

第3は保全体制の充実をはかることである。F A生産システムは単に機械・設備を導入し、ソフトウェアを整備すれば十分機能するというものではない。計画する、保全保守をする、実際に機械設備を運転する、等これらすべての面における運営体制がととのっていないと成功するものではない。さらにメーカーとの協調も大事で、運転指導をしてもらったり、運転状況の検討をしたりして完全な運用状態に近づけていくことが大切である。このためには設計・技術部門、製造部門、その他関連する部門を含めたトータルな保全体制を生産システム導入時より検討すると共に、運用段階に

においても徹底を図っていかねばならないであろう。

## む す び

生産システムのFA化は、工場の無人化を志向し、すでに多くの企業で試みられている。しかし、FA生産システムを維持するためには、人間の高度な知能や技能が必要であり、この意味でFA生産システム全体として無人化が可能になるわけではない。

FA生産システムの特徴としてもつ生産の柔軟性は、完全に個別の一つ一つの製品・部品の生産への対応を可能にするものではなく、そこには限界が存在する。つまり、新しい設計では、設計や生産技術に関する人間の知的活動が必要であるし、新しい製造技術の変化に対しては、熟練した高度の技能や経験が求められている。

今日、すでに多くの工場で昼夜を問わず無人で稼働しているが、人間が全くいないというわけではない。システムを円滑に作動させるために、工程制御や監視を行う指令室があり、それが決定的役割を担っている。この意味で、人間と機械の役割を指令側と稼働側とに明確に分離して、人間は知能レベルが高い仕事をするということが、FA化された工場の姿として考えられるのである。

さらに、一企業だけでなく他企業との競争の中で、また機械工業だけでなく他産業との競合の中でどのような生産戦略の下にFA生産システムを構築すべきか、という重要な問題がある。この点、本稿では触れなかったが、企業間競争が激しくなり、業態革新が進む今日の経営環境においては、ますます重要な戦略的問題になると考えられる。

## 〈参 照 文 献〉

- (1) ミカエル・オーム著『エレクトロニクス革命』日本能率協会 1981
- (2) 涌田宏昭・人見勝人著『FAとOA』日刊工業新聞社 昭和58年
- (3) 日本機械学会編『メカトロニクス入門』(6章 生産システム)技報堂出版 1984年
- (4) 古賀久雄著『FMSの設計』日刊工業新聞社 昭和60年
- (5) 水上進著『FA・ロボットシステム設計法』日刊工業新聞社 昭和61年
- (6) 大阪市立大学経済研究所 巽信晴・濱田博男編『先端技術と産業体制』東京大学出版会 1985年
- (7) 吉谷龍一・中根甚一郎著『MRPシステム』日刊工業新聞社 昭和52年
- (8) 中根甚一郎著『統合化MRPシステム』日刊工業新聞社 昭和59年
- (9) 日比宗平著『経営管理の理論と実際』同文館 昭和61年
- (10) 中小企業庁編『昭和61年版中小企業白書』大蔵省印刷局 昭和61年
- (11) 岩崎武司著『フレキシブルオートメーション』日本工業新聞社 昭和58年
- (12) 北浦孝一著『産業メカトロニクス』東洋経済新報社 昭和61年
- (13) 岩井正和著『日立・東芝・松下「FA」の最前線』ダイヤモンド社 昭和61年