

生産管理システム特集

生産システムの現状と動向	63
生産システムにおけるスケジューリング理論	68
生産システムにおける省力機器	74
BMプロセッサによる生産管理情報データベースの確立	81
自動車工業における生産管理システム	88

生産システムの現状と動向

Production Systems: States of Arts and Trends

Recent patterns of production system are witnessing a gradual shift from conventional order-oriented intermittent production or inventory-oriented continuous production systems to a system of partial inventory lot production, following a vehement change of product itself, diversification of product specifications and demand for quicker delivery. Under such situation automatization is becoming instrumental in cutting production costs.

An important step in adopting a total system for production is to develop such management and control techniques as production information control system including data bases and dynamic scheduling method. Presently, efforts are being made for developing and putting them to practical uses. Also, to realize automatization and speeding up of production processes such as metal cutting and material handling, the concept of computer-controlled integrated manufacturing system has arisen, and there are already available a few examples of their application.

Technology for the planning of an optimum production system complete with equipment layout and relevant control methods is much needed but has not yet reached its full growth. However, simulators for the behaviors of production systems have already been developed and it is expected that these simulators will accelerate the completion of such technology.

関 進* Susumu Seki
磯田賢一* Ken'ichi Isoda

Ⅰ 緒 言

生産とは工場における生産計画立案、原料・部品の購入、加工、組立、検査、発送などに関連する複雑に入り組んだ諸活動を総称したものである。この生産の全体としての方式は、顧客の要求仕様・納期に応じた製品供給の円滑化と、工場における生産効率の向上、ひいては低コスト化との2面を考慮して定めなければならない。

最近における生産の周囲情勢の特徴的なものは、

- (1) 顧客の製品に対する要求仕様の多様化
 - (2) 企業間競争激化による製品の短納期化と低価格化
 - (3) 製品変化の激化による製品ライフサイクルの短期化
- などである。このような周囲情勢のもとで、現在では従来から存在した種々の生産方式の間に転換が発生しつつあるが、その転換の方向とこれを発生させる要因との関連を示すと図1のようになる。すなわち、生産方式は顧客への製品供給に関する面から見ると、

(1) 仕込生産

顧客全体の需要動向を予測し、標準仕様の製品をこの予測量に応じて作る生産方式

(2) 部分仕込生産

最終製品は個々の顧客からの受注と仕様とに応じて作られるが、これらの製品に要する共通性の高い部品や部分組立品を仕込生産で作る生産方式

(3) 受注生産

個々の顧客からの受注に応じて原料購入から最終製品の製作までを行なう生産方式

の3方式に大別されるが、仕込生産は顧客仕様の多様化に応

ずる多種の製品仕込在庫を持つことに伴う危険の問題があり、また受注生産は生産期間が長大化し短納期化に対処しにくいという問題があって、いずれも部分仕込生産へと転換してい

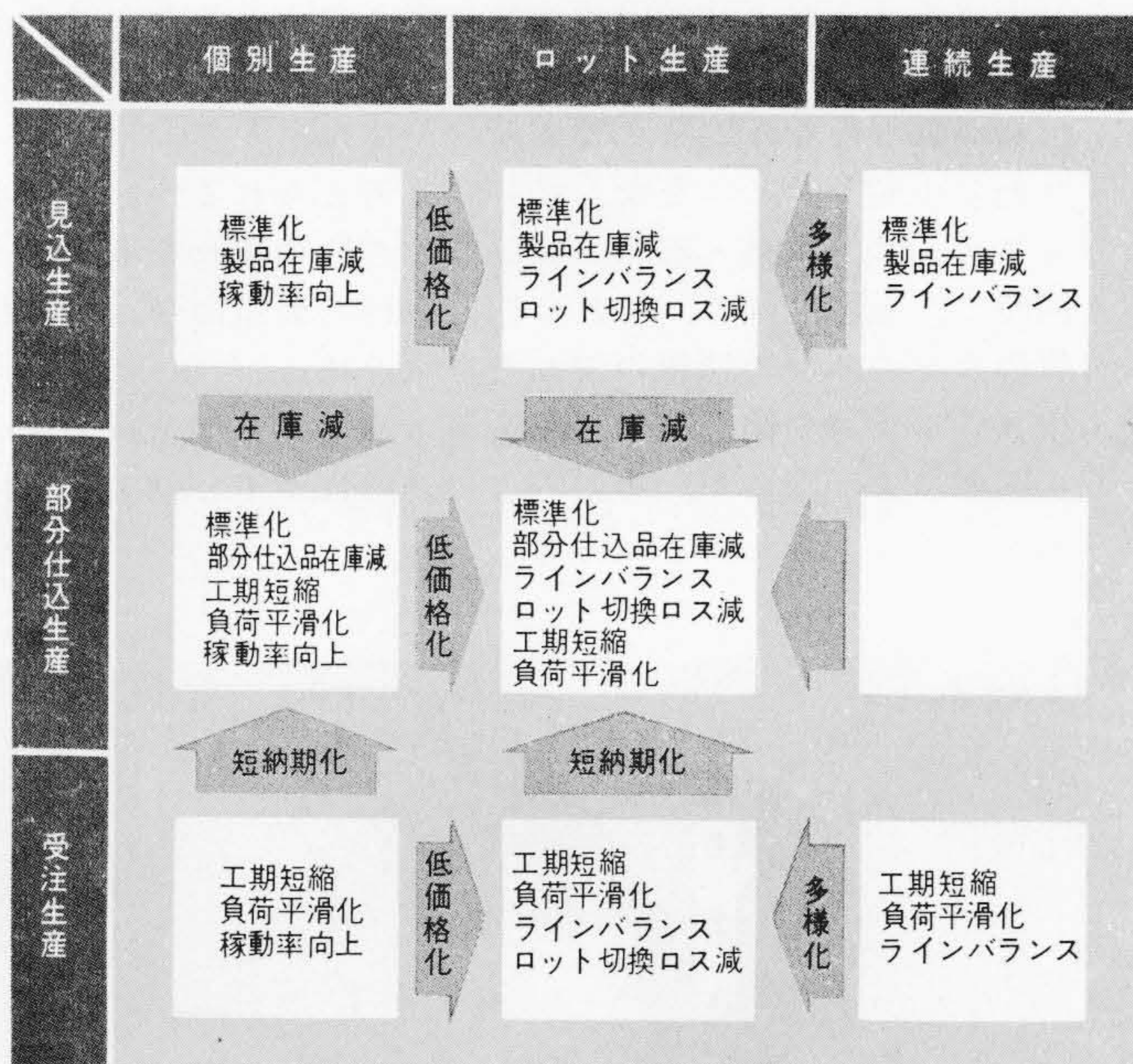


図1 生産周囲情勢に対応する生産方式の変化 受注・個別生産、見込・連続生産はいずれも部分仕込・ロット生産へ移行しつつある。わく内に各生産方式の主要問題を示す。

Fig. 1 Trend of Transition in Production Method

* 日立製作所中央研究所

く傾向にある。

一方、生産方式は工場における生産効率に関する面から見ると、

(1) 個別生産

個々の部品・製品の加工・組立に対して全体として共通の設備・人員を割り当てる生産方式

(2) ロット生産

同種類でしかもほぼ同じ時期に必要な部品・製品を集めてロットを形成し、各ロットに対して全体として共通の設備・人員を割り当てる生産方式

(3) 連続生産

あらかじめ部品・製品の各種類に対し専用の生産ラインを設け、各ラインで連続的に同一種類の部品・製品を作る生産方式

の3方式に大別できるが、連続生産は顧客仕様の多様化や製品ライフサイクルの短期化を考慮すると各専用ラインの稼働率や有効寿命の点で問題があり、また個別生産は生産進行速度がおそく管理が複雑で生産コスト低減がむずかしいなどの問題があり、いずれもロット生産へと転換していく傾向にある。

しかし、一般にこのような生産方式の転換は従来のその工場の生産方式を基礎として徐々に行なわれ、一挙に転換されることは少ない。一般にある種の生産方式の有効性がかれこれ言われ始めてからこれが定着するまでに10年間程度はかかるほど、生産の基本的な方式の変化はおそい。これは過去になされた設備投資の償却の問題、方式変更に伴う混乱の問題などがあるからで、それゆえにこそ生産方式設定に際しては10年先の生産の情勢をも見込んだ十分な検討が必要になる。

2 生産システムの管理・制御技術

生産の方式選択や、その管理・制御にあたって考慮すべき生産の目的は図2に示すように、顧客要求の多様性や、顧客要求の総体的な変化による製品内容の変化への生産の追従性を増大することおよび労働生産性の向上によるコスト低下を目的とした省力化とである。

生産活動を行なう工場の諸機能の全体は、一つのシステム、すなわち生産システムをなしていると考えられるが、この生産システムは、原料・部品・製品などの物の流れを取り扱うと同時に、生産計画や、それに伴う各種の製造命令、生産状況報告などの諸々の情報の流れをも取り扱う。

生産システムの速応性は、物流系の速応性、情報系の速応性の両者により定まり、その一方の速応性が十分効果を発揮

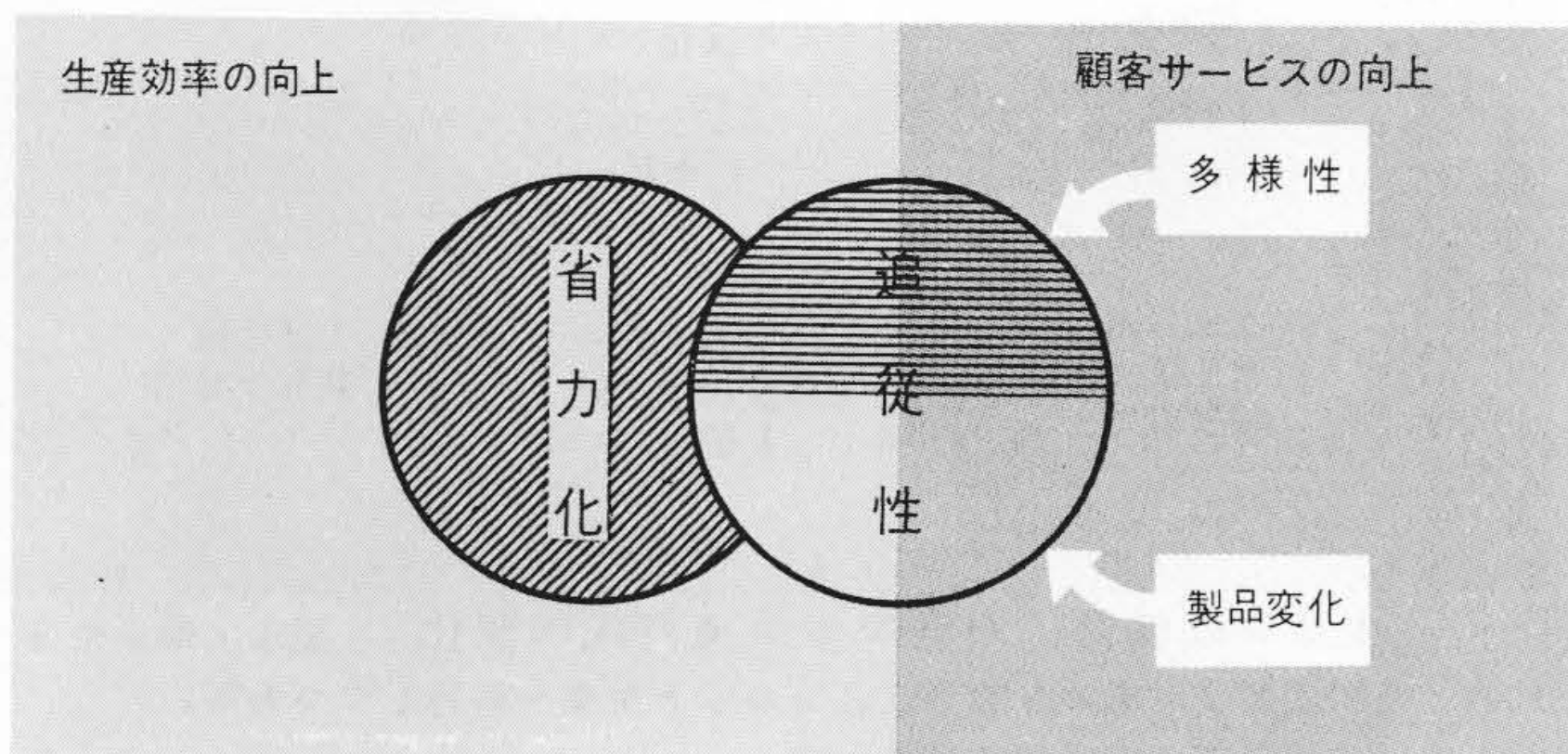


図2 生産システムの二大目的、追従性と省力化 多様性と変化に追従しながら低コストで生産することが必要である。

Fig. 2 Two Dominant Objectives in Production: Quick Response and Automatization

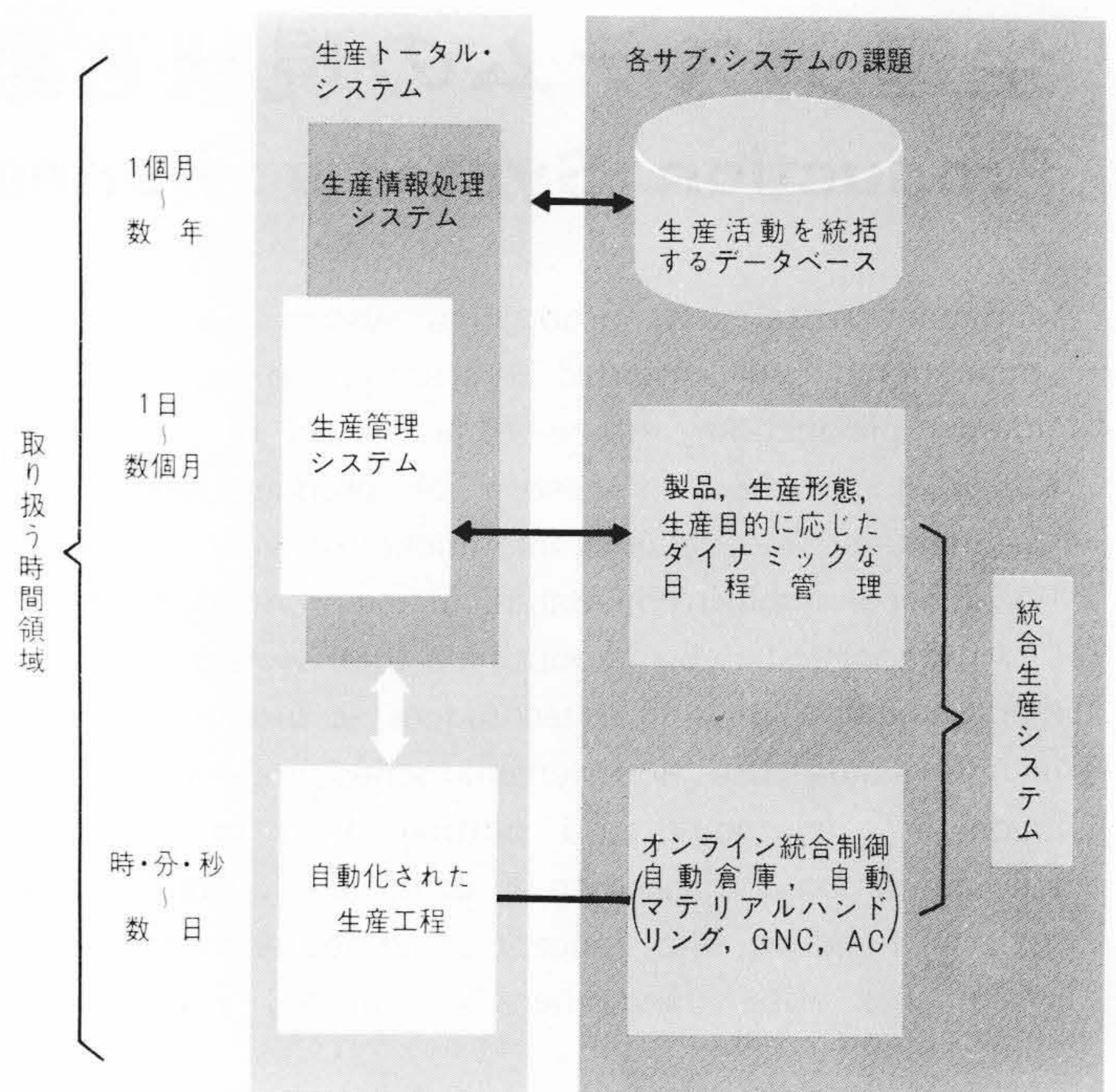


図3 生産トータル・システムの階層構成と各サブシステムの課題 データベース、日程管理法、自動化された工程が主要課題である。

Fig. 3 Hierarchy Structure of Production Total System

するには他方の速応性がそれに見合った調和のとれたものであることが必要である。

従来、製造業における生産のシステム化は、生産管理のための諸帳票のコンピュータによる自動作成を中心に進められてきており、主として生産管理における情報系の高速化および省力化に貢献してきた。しかしながら物流系の速応性向上をめざしてのシステム化はその必要性が高いにもかかわらずまだほとんど実現されていない状況である。しかし、機械加工ショップでのNC工作機の実用化を契機として、物流系の速応性向上を図るコンピュータによるシステム化の可能性が急速に認識されてきた。そして、このような一歩進んだ速応性を有する物流系に比べて、従来の帳票の自動作成を中心とした情報系では速応性がまだ不十分であることも認識されてきた。ここで生産における物流系と情報系とを総合的にとらえて、生産システムをトータルシステムとして見直すとともに、管理・制御の技術を導入することが要求されるようになってきた。

生産のトータルシステムを構成するサブシステムを階層的に大別すると、図3に示すように最も下位には、直接に物流を取り扱う生産工程がある。その上部には、この生産工程の管理を行なう生産管理システムがあり、ここでは主として各種の情報に基づいた管理的な判断処理が行なわれる。このような生産工程や生産管理システム間の情報伝達を行なう媒体として生産情報処理システムがある。生産工程では直接に物流を扱うに必要な範囲での情報の判断処理も行なわれる。これは一般的な生産管理というよりもむしろ制御といったほうがよい判断処理である。生産工程がコンピュータを用いて高度に自動化されてくるにつれて、このなかでの判断処理の内容も複雑化してくるので生産管理との境界はしだいに明確でなくなってくる。このような階層的なサブシステムでは、それぞれ将来計画の立案、その実行、実行結果と計画との比較、再計画というような、いわゆるplan-do-seeのサイクルがく

表1 工程形態と管理目的との関係 工程の形態により各管理目的の重要度は異なる。

Table. 1 Relation between Shop Structure and Control Objectives

工 程 形 態	適 用 範 囲		工 場 内 シ ョ ッ プ 結 合				ショッピ内設備結合	
	名 称		集 約 形	直 列 形	発 散 形	ネットワーク形	フローショップ形	ジョブショップ形
	レイアウト							
管 理 目 的	適用生産方式		切 換 生 産	混 合 生 産 切 換 並 列 生 産	切 換 生 産	切 換 生 産	混 合 生 産 切 換 生 産	切 換 生 産
	納 期 順 守		○	○	○	○	○	○
	稼働率向上	仕 掛 削 減	○	○	○	○	○	○
		期 間 短 縮	○	○	○	○	○	○
		同 期 化	○			○		
		ラインバランシング	○	○	○	○	○	○
	段 取 削 減		○	○	○	○	○	○

り返されるわけであるが、その取り扱う時間領域がサブシステムの位置する階層によって異なる。

生産工程では、秒、分からせいぜい数日の範囲であり、生産管理システムの下位の部分では1日から数ヶ月の範囲であり、生産管理システムの上位の部分では1ヶ月から数年の範囲であるのが普通である。図3の右方にこのような生産のトータルシステム化を図るために解決すべき各サブシステムにおける主要課題を示してある。

生産情報処理システムでの主要課題は、生産活動の基礎になる各種の情報がすべての各サブシステムで共通かつ有効に利用できる形で格納されているようなデータベースを構成することである。生産管理システムの主要課題は、製品の性質、生産形態、生産管理目的に応じたダイナミックな日程管理方式、すなわちスケジューリングの方法を確立することである。生産工程における主要課題は、自動化された生産工程実現のために自動倉庫や自動マテリアルハンドリング機器、適応制御形NC工作機などより成る生産設備群を連係させて制御するオンライン統合制御方法を確立することである。

生産管理システムにおいて達成すべき管理目的と工程形態との関係は表1に示すようになっている。管理目的は大別して納期順守、仕掛削減、稼働率向上であり、これらはさらに工期短縮、同期化、ロードバランシングおよび段取削減などの下位の管理目的に分割されるが、このような管理目的のどれを重視すべきかは生産工程の形態によって異なってくる。

実用的な日程管理法は、このような各種の工程形態と管理目的の組合せの一部に対してしか開発されていないので、早急に他の組合せに対するものの開発が望まれている。

3 統合生産システム

統合生産システム (Integrated Manufacturing System) とは端的に言えばコンピュータを中心にしてシステム化が図られた自動化の程度の高い生産体系である。

機械加工工場では多数台のNC工作機をオンラインコンピュータで制御する群制御NCシステムはすでに実用の域に達している。機械加工工場における統合生産システムの具体的な形は、この群制御NCシステムをさらに発展させたもので、制御される対象となる設備としては、NC工作機のほかにローダ・アンローダやコンベヤなどの自動マテリアルハンドリング装置や自動倉庫をも含み、これらの運転が相互に連係して行なわれるようにオンラインコンピュータが全体の動作を

統合的に制御する。さらにこのコンピュータ、またはこれに連結された上位のコンピュータにおいて、生産の進行状況に応じたダイナミックな日程管理が行なわれる。

機械加工工場におけるシステム化の主要な目的は図4に示すように、省力化、速応化、設備稼働率向上、仕掛削減、品質向上などであるが、それらの展開の結果として考えられる施策は、生産管理の計算機化、部品分類と標準化、設備レイアウトの合理化、工作機のNC化、マテリアルハンドリングの自動化などであり、これらを統合的に実現したものが統合生産システムにほかならない。この統合生産システムのかなり明確な概念の発生は、イギリスMolins社のSystem 24の発表にさかのぼるが、最近1～2年の間にこのような概念に基づく種々の形態の統合生産システム例が各社から発表されており、この統合生産システムは、製造業における無人化工場の実現の手段として今後着実に発展して行く情勢にあるといえよう。

統合生産システムは、いわば、高度に自動化された生産工程をコンピュータで管理・制御する生産システムを表わす概念であるから、その具体的実現における工程形態には種々のものがあり、典型的なものとしてさきに例示したMolins社のSystem 24に代表されるジョブショップ形や、フローショップ形などがある。

このような統合生産システムでは実現される具体的な工程形態にかかわらず統一的に適用可能な管理・制御の基本的な方式があることが望ましい。この場合各NC工作機における仕事順序を与える作業スケジュールの作成方法は、工程形態や、管理目的などによって異なるので、統一的なものとするべきではないが、このような作業スケジュールと各機器の接続関係とが与えられれば、これらに基づいた工作機械、マテリアルハンドリング装置、自動倉庫などの連係動作を図る制御方式は統一したものとするのが可能である。

日立製作所ではこの思想に基づいて統合生産システムの汎用的な管理・制御のソフトウェアを開発した。その構成は図5に示すとおりである。これはすでに開発したNC工作機群制御のソフトウェアを基礎として発展させたもので、各工作機などの作業スケジュールを与えるトータル・スケジュールと、各機器の連係動作を図るローカル・スケジュールとの概念を導入し、後者に工程形態にかかわらず適用可能な統一的な方式を用い、全体としてトータル・スケジュールからローカル・スケジュールへの管理の受け渡しを容易にしている。

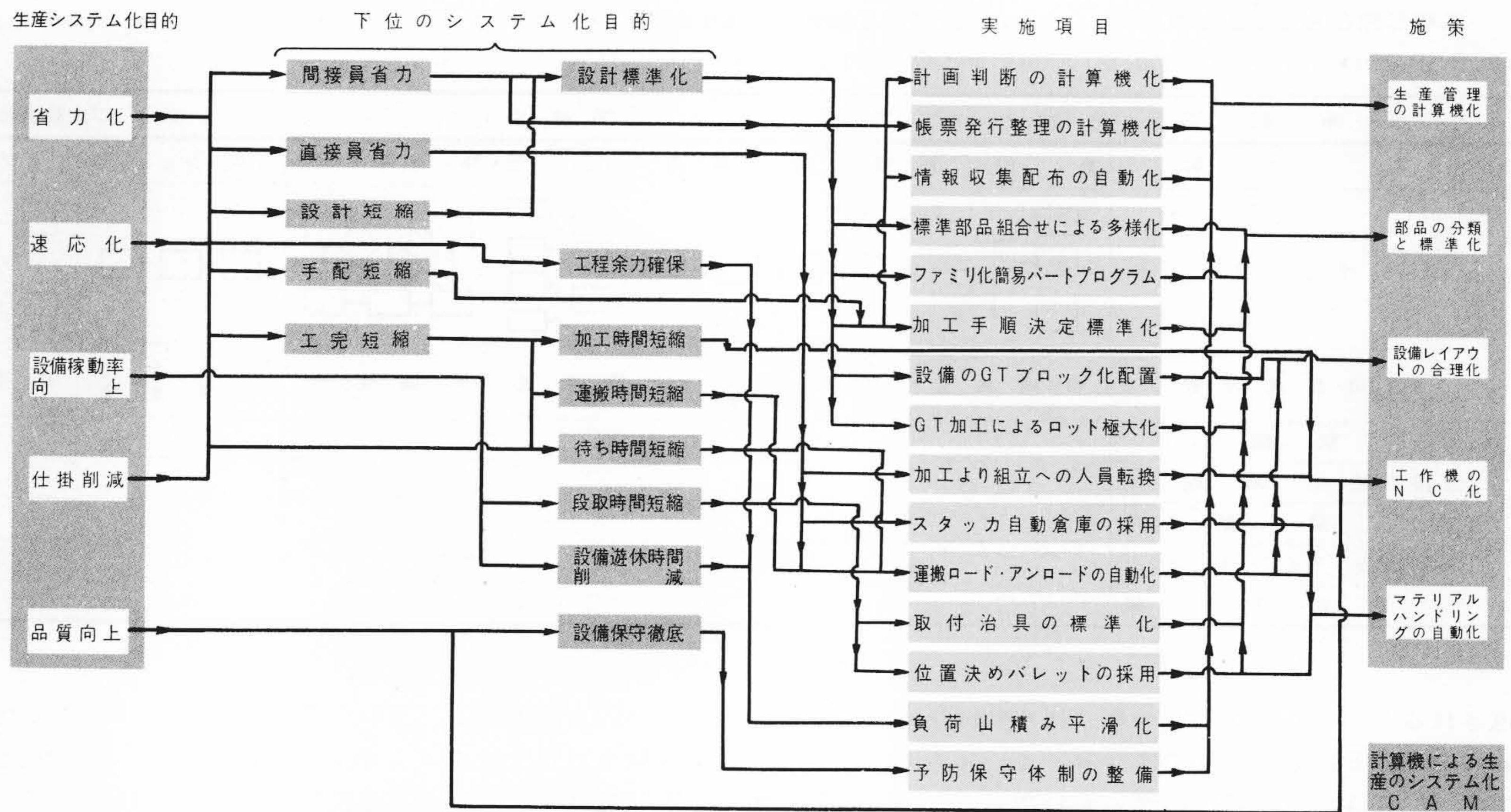


図4 機械加工工場のシステム化の目的と施策 究極の方向はコンピュータ化された自動工場である。

Fig. 4 Objectives and Measures for Machine Factory Systematization

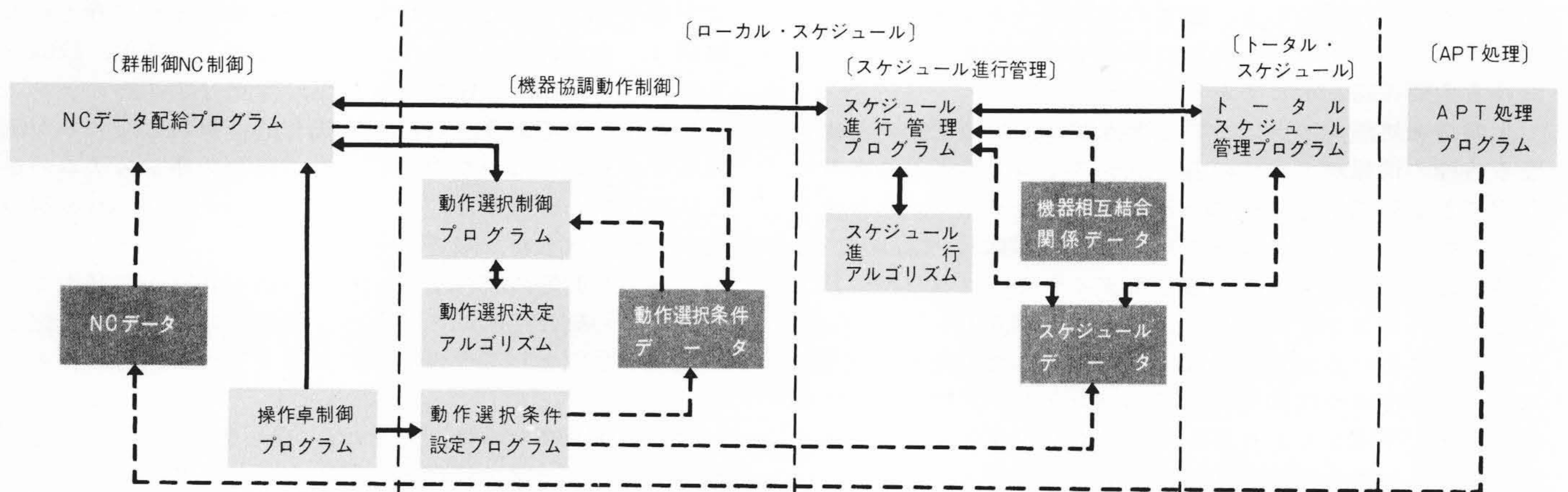


図5 統合生産システムの管理制御のソフトウェア構成 トータルスケジュールからローカルスケジュールを作る機能が重要である。

Fig. 5 Control Software Structure for Integrated Manufacturing System

統合生産システムでは多くの自動機器の連係動作を図るローカルスケジュールに関する部分とその管理制御ソフトウェアのなかでの主要な部分を占めるので、この部分が汎用的なソフトウェアとされることにより、従来多くの日時を要した統合生産システムの管理・制御のソフトウェアの構成が大幅に簡易化されるようになった。

4 生産システムの計画技術

生産を有効に実行するためには生産の管理と制御の技術が有用であるが、その効果は生産設備の容量や配置などで制限を受ける。いわば、生産設備の容量や配置は管理・制御技術の適用の境界条件を与えるものであるから、この境界条件を、管理・制御の技術を適用した場合に管理目的が達成されやすいように設定する生産システムの計画技術はきわめて重要である。

従来、生産設備の配置を定めるレイアウト技術はあるが、これは生産システムとしての管理・制御を容易にするという観点に立っての配置決定はあまりなされていない。すなわち、従来の生産工程のレイアウト技術では、たとえば生産工程の形態が与えられたとき、その形態を限られた面積、形状を有

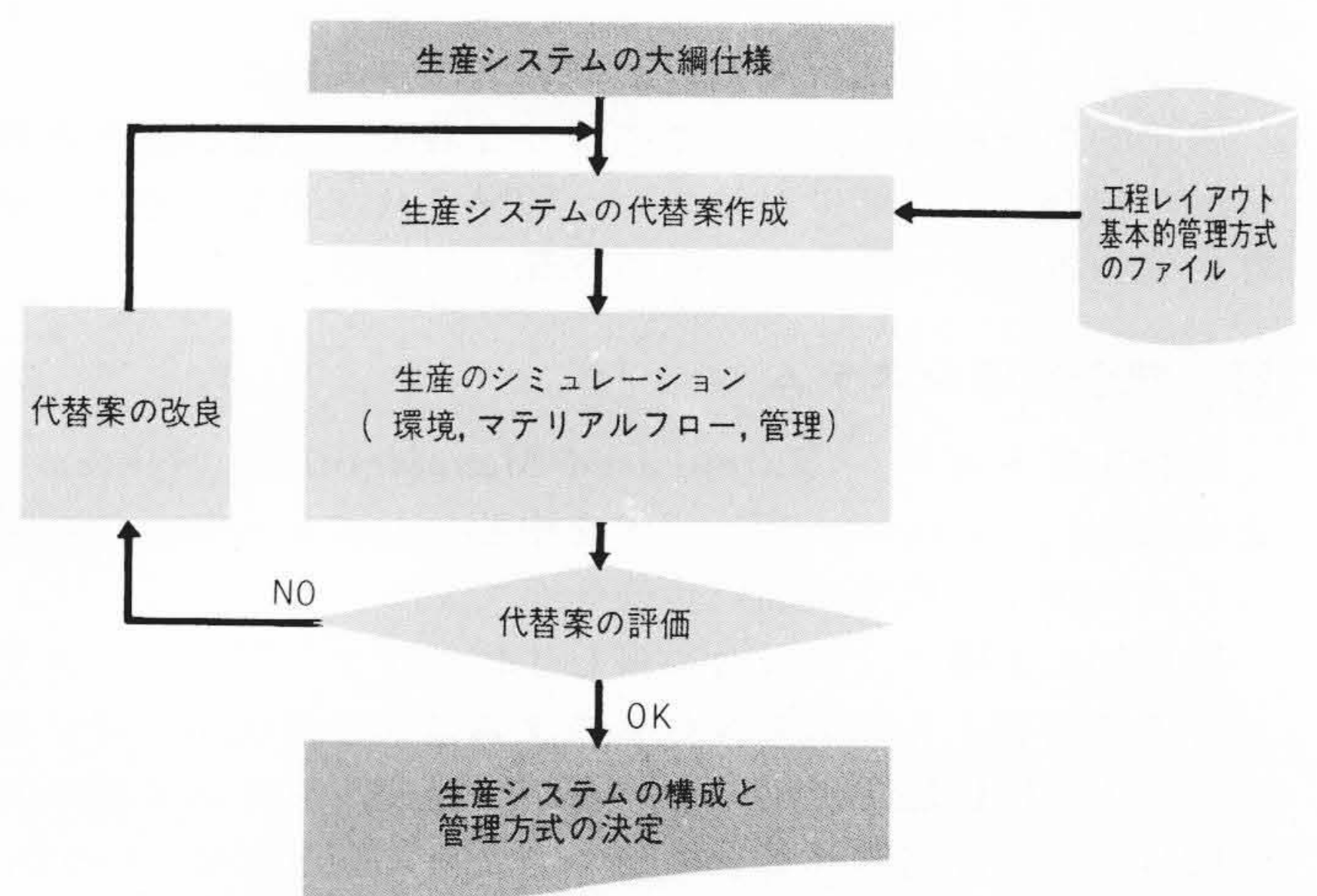


図6 生産システム計画の手順 レイアウトと管理法に関するノウハウとシミュレーション技術が生産システム計画の基礎技術である。

Fig. 6 Steps for Production System Planning

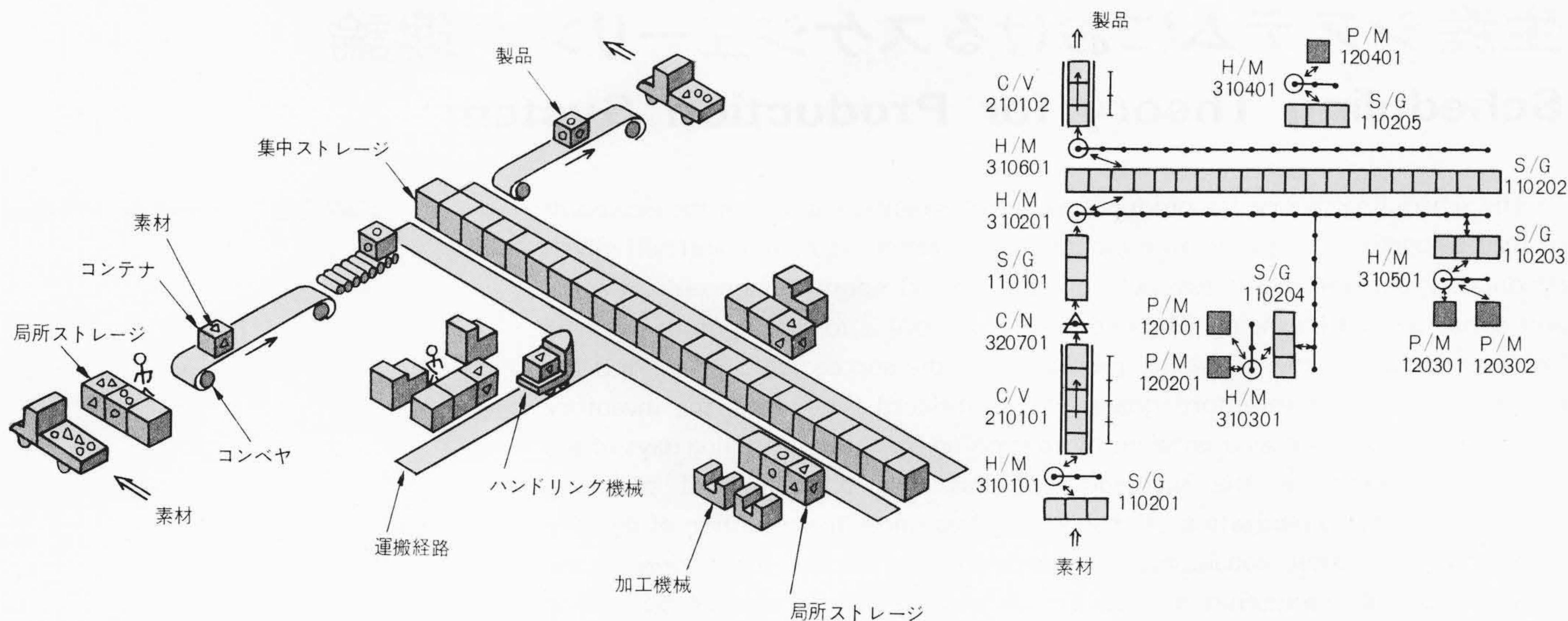


図7 生産システムシミュレータMAFLOSにおける工程記号表示
MAFLOSでは七つの工程記号で工程構成表現が容易にできる。

Fig. 7 Shop Structure Schema with MAFLOS Symbols

する敷地の中にいかに運搬量を少なくするように配置するかという問題は考えられているが、ある製品を作るに適した工程の形態を管理の容易性も考慮に入れて決定することはなされていない。これは従来のレイアウト技術が生産システム計画技術としてまだ不十分な点である。

しかし、このレイアウト技術以外に工程形態の選択や、設備容量の決定を管理の容易さという観点から行なう生産システム計画技術はほとんど未発達の状態にある。

このような生産システム計画の技術が完成されたとき、その計画の手順は多分図6に示すようになると考えられる。すなわち、まず生産システムの大網的な仕様として、製品の性質、生産量、生産を規制する外部条件、生産管理で重視すべき管理目的などが与えられ、これらに基づいてまずこの仕様をほぼ満足するような工程形態と、これに対する基本的な管理方式とが過去の事例を収めたファイルの中から選び出されて、いくつかの生産システムの代替案が作られる。この各代替案は、生産システム内での物の動きを管理方式と関連づけて詳細に模擬できるシミュレータによってその管理特性が求められ、評価にかけられてその中の一案が選ばれる。もしいずれの代替案も満足すべき管理特性が得られないならば、それらの代替案が改良されて再びいくつかの代替案が作られる。このような計画手順の各ステップは必ずしも自動的にコンピュータで行なわれなくともよい。むしろ代替案の作成やシミュレーション結果に基づく各代替案の評価、または各代替案の改良などは人間の英知にたよることが多いであろう。

しかし、各代替案において、生産システム内の物の動きを管理方式と関連づけて詳細に模擬するシミュレータはコンピュータの助けを借りることが是非必要で、そのためのシミュレータソフトウェアが汎用性のある使いやすい形で要求される。

日立製作所ではこのための生産システムシミュレータMAFLOSを完成した。このMAFLOSは任意に外部より与えた管理のアルゴリズムのもとにおける生産工程内の物の動きの詳細を模擬することを可能としたシミュレータであり、またあらゆる生産工程の構成を内蔵する7種の工程要素の組合せにより表現することができる。

この7種の工程要素に対し、それぞれ特定の記号が定められており、実際の生産工程の構成をこの記号で表記してみる

と、これをMAFLOSの工程構成データに変換することは容易であり、MAFLOSのユーザーはプログラムの詳細な知識はなくとも済む。図7は生産工程の配置をこの7種の工程要素記号で表記した例である。この工程要素記号は直観的でわかりやすく、また特にさきに示した統合生産システムの構成表示に便利である。

また、任意に外部より与えた管理アルゴリズムのもとでの物の動きが模擬できることは、従来の種々のシミュレータに比べてMAFLOSの適用範囲を著しく拡大するもので、生産システムの計画にはもちろんのこと、管理アルゴリズムの検証などに広く用いることができる。

5 結 言

生産の方式は製品変化の激化、製品仕様の多様化、短納期化などへ追従するために、受注・個別生産や見込・連続生産よりしだいに部分仕込・ロット生産へと変化しており、また低コスト化のための省力化も強く推進されている。

このような状況のもとで生産のトータル・システム化を図る主要な手段としては、データ・ベース、情報伝達系などを含む生産情報処理システムや、外乱にただちに生産を追従させるためのダイナミックな日程管理法などの管理技法が重視され、その開発と実用化とが進められている。また、実際の生産工程における加工・ハンドリングの省力化と高速化を図るため、電子計算機で管理・制御される無人工場をめざす統合生産システムの概念が発生し、その具体的な実現例も出てきている。

最適な生産システムを、設備配置や管理方法をも含めて計画する技術の必要性は非常に高いが、今日まだ十分に発達していない。しかし生産システムの挙動のシミュレータがすでに開発されており、これを中心に今後このような生産システム計画技術は発展するであろう。

日立製作所自体が生産システムの供給者であり、またユーザーでもあるので、今後は社内における生産のシステム化の実績を積み、また顧客との密接な共同研究を行なっていくことが、日立製作所として生産システム化に大きく貢献できるうえで重要であると考えられる。