

生産システムにおける計算機制御システム

Computer Control in Production System

機械工場や耐久財の製造プラントで、計算機制御の果たす役割はますます重要なものとなりつつある。CRTの普及でマンマシン機能が強化され、マイクロコンピュータの出現により用途の拡大が期待されている。オンライン生産管理には、未来に起こりうべき工程の異常を予測し、人間により高度の判断を行なわせる対話形のシミュレータ(PASS)が開発された。NC加工機やマテリアルハンドリング機器の自動化が進められ、これらを電子計算機で有機的に管理、制御し、工程の最適化と情報処理系との結合を図る統合生産システム(IMS)も実用化された。

小野 光* Ono Hikaru
三森定道** Mitsumori Sadamichi
宮本捷二*** Miyamoto Shōji

1 緒 言

生産システムの中で、本格的に制御用計算機が使用され始めてから数年を経過したが、個々の生産手段の自動化や、ラインの管理・制御などの用途に、欠かせぬ存在として定着した評価を得ている。しかし、生産の主体である企業を取り巻く経済、社会環境は激変しており、計算機制御システムへのニーズも、生産力増強、高効率化から、製品の品質保証や、生産システム内での人間性の回復を重視する傾向に変化してきている。

技術面では、マンマシン対話手段としてのCathode Ray Tube(以下、CRTと略す)ディスプレイの普及が著しく、また、マイクロコンピュータの出現が、大きなインパクトを与えている。応用技術の点でも、実地の使用経験に基づく反省が行なわれ、より高次の命題解決のため、従来、個別に開発されてきたシステムの統合化や、マンマシン機能の円滑化、合理化が図られつつある。

本稿は、機械工場や、自動車、電気機器など耐久財の製造プラントでの、制御用計算機のアプリケーションの動向と、

日立製作所で最近開発された幾つかの技術成果を実施例を交えて紹介する。

2 生産システムにおける計算機制御システム

各種の生産システムで、制御用計算機が広く実用されているが、その機能は生産プロセス・手段の自動化と、生産活動の最適化を目指す生産管理の二つに大別できよう。生産システムの諸機能を図1のような概念図に示した場合、前者は第3レベルの制御を行なうもので、NC加工機械の制御、コンベヤ、マシンハンドなどマテリアルハンドリング(マテハンと略す)機器の制御、立体自動倉庫などの技術が確立されている。後者は同図の第2レベルに相当するもので、各種端末によるデータ収集と、作業指示、ダイナミックスケジューリング¹⁾や生産システムシミュレータ²⁾などの各種技法が開発されている。これらの計算機制御システムをサポートする技術として、上位汎用計算機(同図の第1レベル用)とのリンケージ、二重系構成、フォールバックなどの高信頼化技術も重要である。

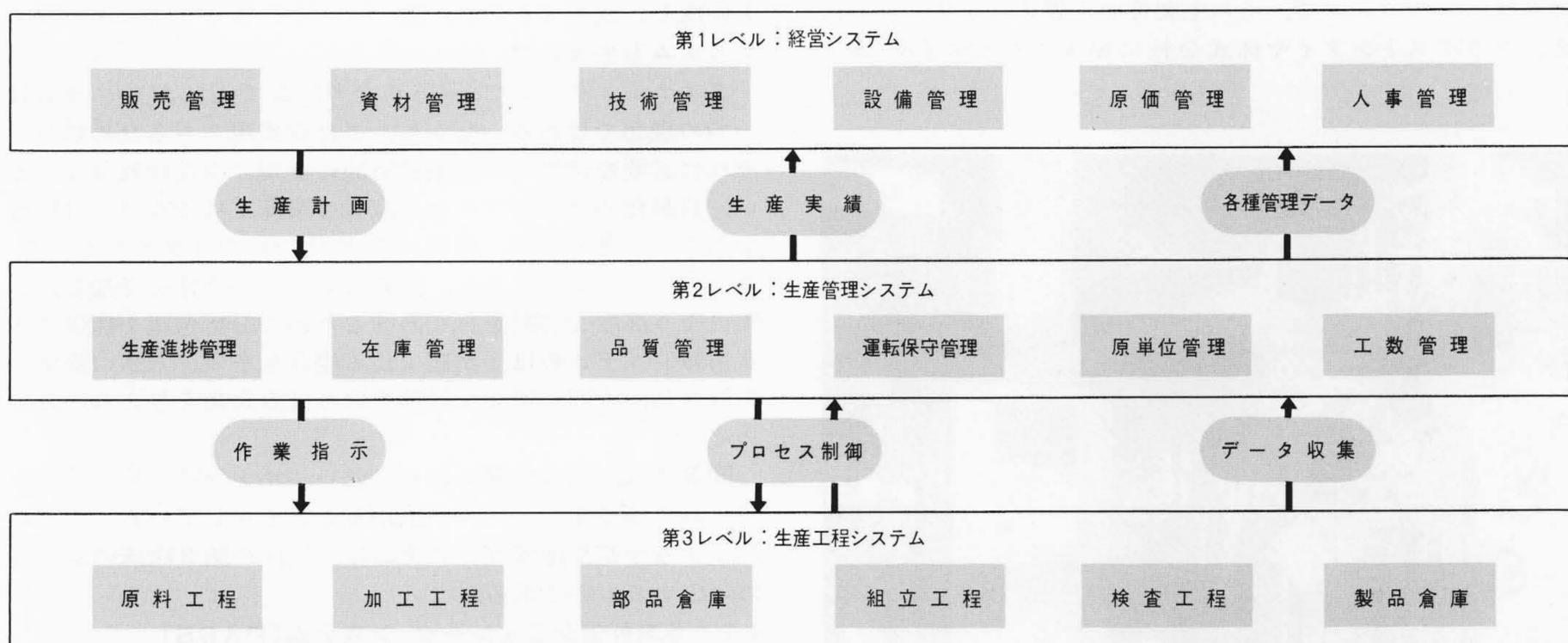


図1 生産システムの機能と構成 典型的な生産システムの階層構成と、各レベルの機能を示す。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所システム開発研究所 工学博士 *** 日立製作所システム開発研究所

日立製作所のHIDICシリーズ制御用計算機を中核として開発されたシステムの中から、幾つかを挙げると、

- (1) 自動車など混合ライン生産工場の生産管理システム³⁾
 - (2) 家庭電気品など多種多量ロット生産のジョブ ショップ及びフロー ショップ コントロール システム⁴⁾
 - (3) 重機械など個別注文生産の機械加工ショップ管理システム
 - (4) 制御器、モータなど多種少量注文生産工場の総合生産システム⁵⁾
 - (5) 部品及び製品自動倉庫管理システム⁴⁾
- などがあり、いずれも人員と棚卸資産の削減、納期短縮などの点で大きな効果を挙げている。

しかし、生産システム自体に対する社会的、経済的ニーズの変化と、絶えざる電子計算機技術の進歩がこの分野にも大きな影響をもたらしつつあり、次章以下にそのすう勢と最新の開発例を述べる。

3 省力自動化システム

3.1 省力自動化システムの動向

製造工程の省力化、自動化を目的とする計算機制御システムでの最近の顕著な傾向を挙げると次のようである。

- (1) 製品の検査、試験や、生産設備の管理、故障診断への適用が広まりつつある。
- (2) 小規模システムでもCRTディスプレイを備えるものが多くなった。
- (3) データ フリーウェイなど、構内データ伝送装置を利用した生産情報の授受や、複数計算機による分散処理が具体化している。
- (4) マイクロ コンピュータの出現で、コストや設置スペースの制約が除去され、適用の大幅な拡大が期待されている。ただし、ソフトウェアや周辺装置は、従来と同様の問題を残している点、注意を要する。
- (5) マイクロ プロセッサを利用したデータ端末や、単一設備ごとのインテリジェント化が進められている。

3.2 HIDIC 08のタイヤ試験設備への適用

HIDIC 08はHIDIC 80の姉妹機として開発された制御用マイクロ コンピュータで、その主要性能を表1に示す。このほど、ブリヂストンタイヤ株式会社に納入されたタイヤ ユニ

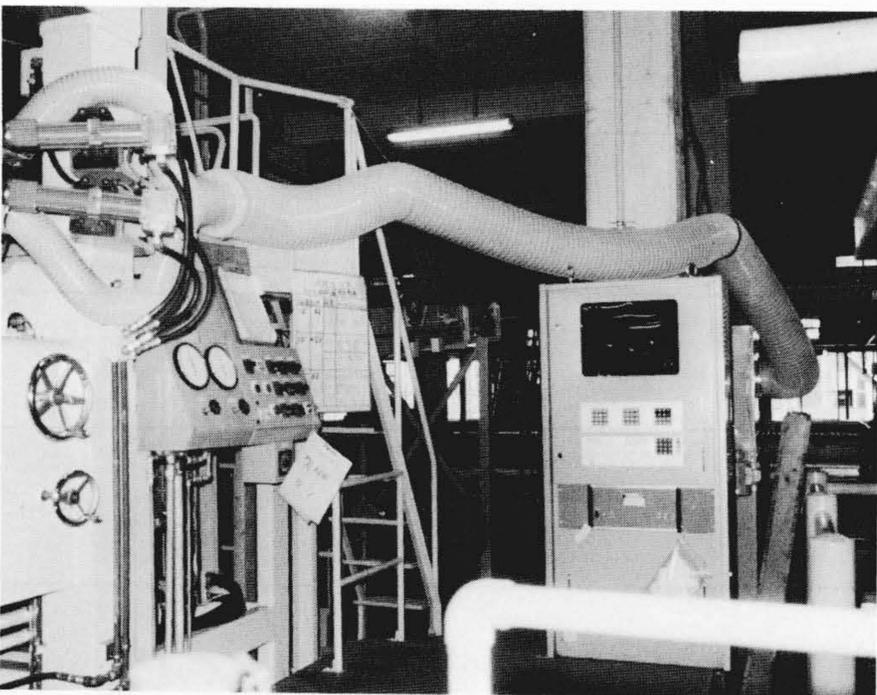


図2 タイヤ ユニフォミティ マシン用HIDIC 08 右方の現場設置用のキュービクルの中に電子計算機本体、CRTディスプレイ及びプロセス入出力装置がコンパクトに実装されている。

表1 HIDIC 08の主要性能 HIDIC 08は、高速、高信頼度の制御用マイクロ コンピュータで、HIDIC 80のソフトウェアをそのまま利用できる。

項目	性能	
語長	16ビット	
命令語	47(基本)+4(オプション) (HIDIC 80コンパチブル)	
記憶装置 サイクルタイム 容 (最大64K語)	コアメモリ 1.2μs 16K語単位	ICメモリ 550ns 4K語単位
演算速度 加減算 乗算 除算	3.5μs 30μs 40μs	3.1μs 30μs 40μs
割込	2レベル 3モード	
周囲条件 温度 湿度	0~50°C 10~95%(湿球30°C以下)	

フォミティ マシン制御用のシステムは、図2に示すように、現場設置用のキュービクルの中に電子計算機本体、CRTディスプレイ及びプロセス入出力装置がコンパクトに実装されている。HIDIC 08の高速性能を生かして、ユニフォミティマシンへのタイヤの装入、試験条件の設定、加工・脱着・仕分けなど一連のシーケンス制御と、回転中のタイヤのユニフォミティ測定、高精度のリアルタイム処理が可能となっている。CRTディスプレイは、試験結果の表示、パラメータの設定、アラーム表示などに利用されている。

4 予測生産管理システム

4.1 オンライン生産管理システムの発展過程

生産管理にオンライン計算機が導入されてきた過程をたどってみよう。最初は、情報収集、表示といった現況把握、指示情報を部署別に分解し伝達するブロードキャストに導入された。次の段階として、現在の異常を分析するシステムが生まれ、更に、工程の状況変化に応じて適切な作業指示を作成し、制御するダイナミック スケジューリングを行なうシステムも生まれた。

ダイナミック スケジューリングにまで進んだシステムは一つの理想ではある。しかし、これが実現できるためには、それに必要な情報の収集が経済的に実現できなければならない。自動化の進んだプロセス産業や量産工場でなければ無理であろう。そのため、判断の自動化を行なうダイナミック スケジューリングよりも、計算機が工程の異常を予知し、人間により高度な判断を行なわせるための分析情報を提供できる情報システムのほうが望まれる場合も多い。未来の異常の先取りは、人間に適切な対策を取らせる余裕を与えるからである。

図3では、円の内側に進むに従い、オンライン生産管理システムの高度化のレベルが上がることを示している。ここに紹介する予測生産管理システムは、同図の第3段階のレベルに対応するものである。

4.2 予測評価シミュレータ システム(PASS)

予測生産管理システムを実現するための汎用システムが、次に述べる予測評価シミュレータ システム(Predictive Adaptive Simulator System以下、PASSと略す)である。これは、図3に示すような、生産管理の各項目(工程管理、在庫管理、原価管理など)別に開発されているがここでは非量産

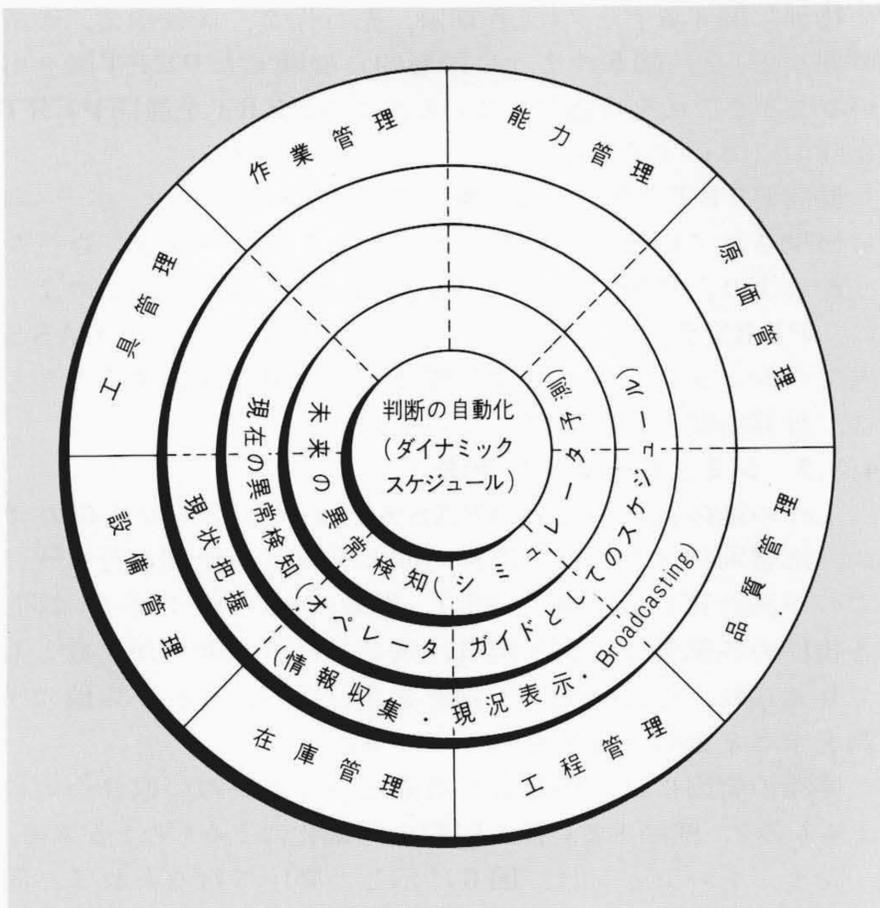


図3 生産管理システムの段階的發展 同心円の内側に進むに従い、オンライン生産管理の高度化のレベルが上がる。

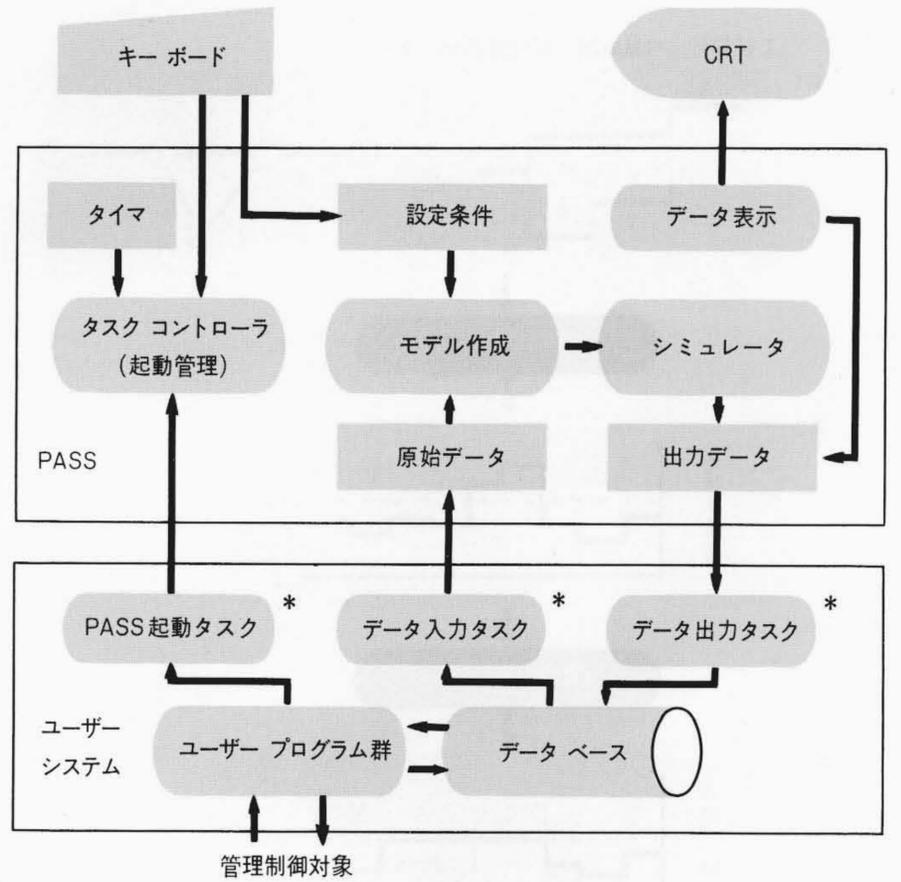


図4 PASSのソフトウェア構成 PASSは、タイマ、キーボード又はユーザープログラムにより起動される。

工場の工程管理用PASSの概要について報告する。

生産管理のためのシミュレータは、今までにも種々開発されてきている。しかし、それらはバッチ処理タイプであるか、個々の生産管理システムに専用のものであった。

PASSは、異常の定量的予測と原因分析とを計算機とインタラクティブに行なう対話型の予測評価システムである。任意のオンライン生産管理システムに組み込まれ、異常予知を行なうだけではなく、人間からの問い合わせに応じて、更に詳細な分析情報を提供できるシステムである。これを実現するために、予測評価の機能を持っただけではなく、CRTディスプレイによるマンマシン機能を備えている。

図4に、PASSの概略構成を示す。PASSには、キーボード、CRTディスプレイが含まれ、計算機本体としては、PASS専用の3K語のコア常駐エリアが必要である。また、補助記憶装置が必要であるが、PASSに必要なワード数は個

個の生産管理システムにより異なる。

PASSのソフトウェア主要部は、モデル作成部、シミュレータ部及びタスクコントロール部とから成っている(図4)。モデル作成部は、キーボード、又はユーザープログラムからの指示により、シミュレーションのためのモデルを作成する。シミュレータ部はシミュレーションの実行と結果の整理を行なう。

ユーザー側のシステムの*印を付けたプログラムは、PASSに登録されているマクロ命令を用いて書かれるものである。

4.3 シミュレーションモデル

多種少量生産工場を対象とした場合の、工程進捗管理のためのシミュレーションモデルについて説明する。

4.3.1 展開PERTによる工程表現

PASSは、部単位、課単位、係単位などのいずれのレベルでのシミュレーションもできるように構成されている。個々

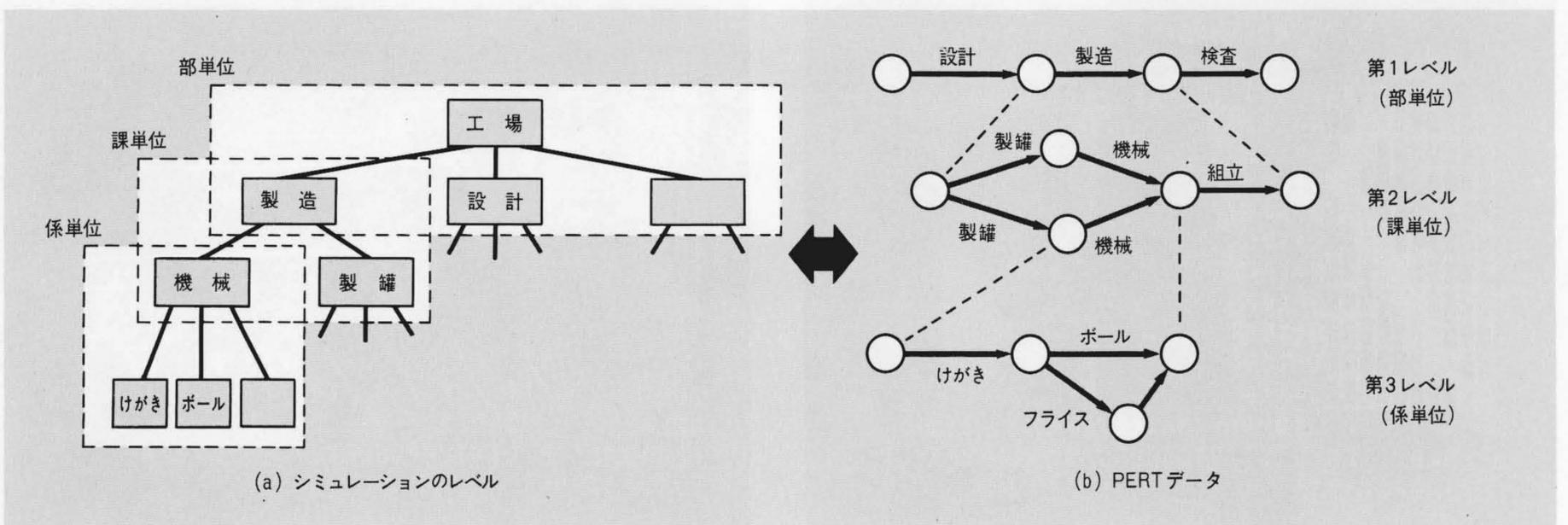


図5 展開PERTによる工程表記法 工程に関する情報が、部、課、係などの階層別に展開されたPERT図で表現される。

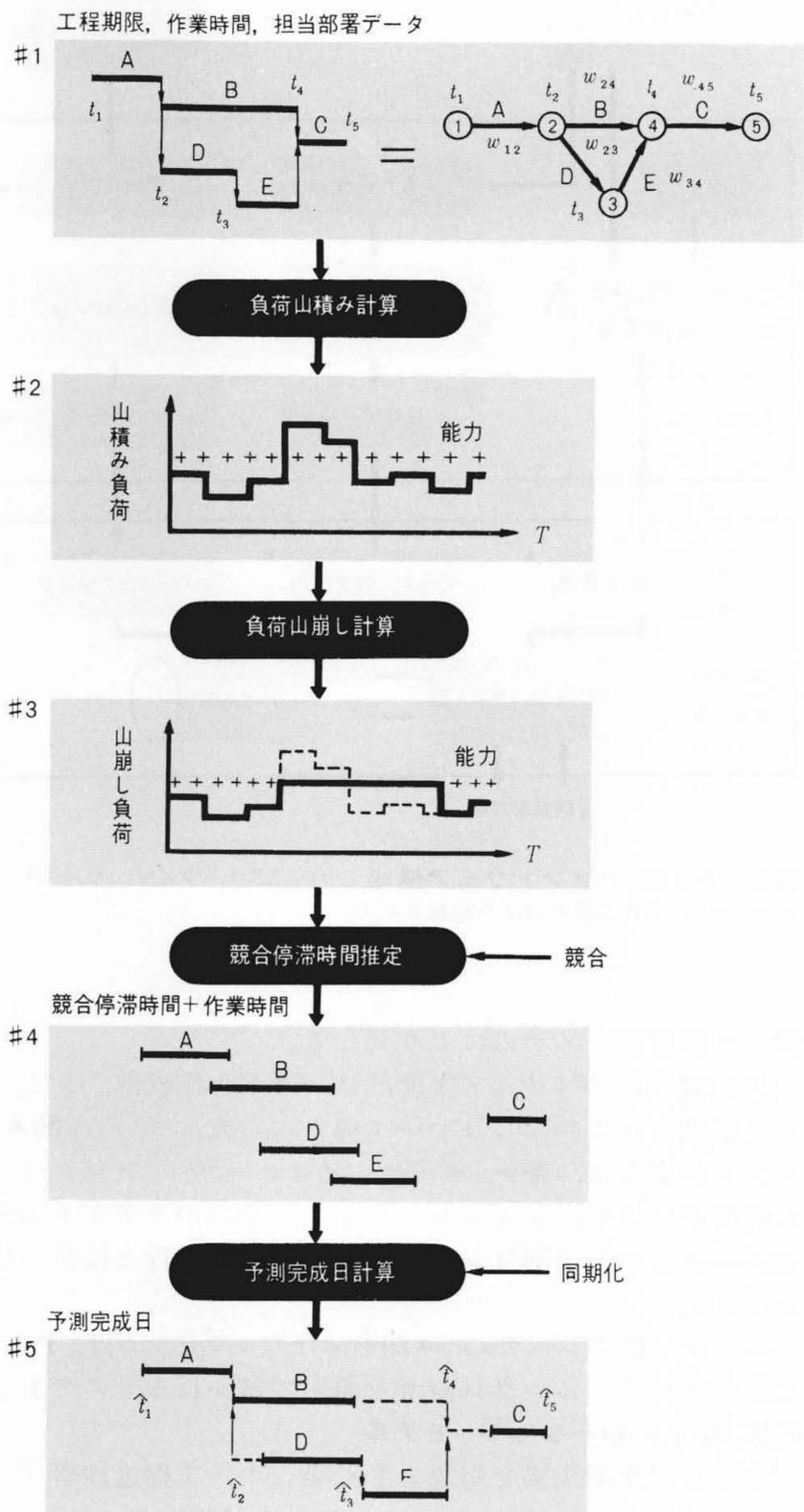


図6 シミュレーションの手順 展開PERTに従い、負荷の山積み、山崩し計算を行ない、工程間の同期化条件を入れて、予測完成日を算出する。

の物件に関するデータ(工程期限, 先行作業, 後続作業, 作業時間など)を, 図5のように階層的に展開したPERT図を用いることでこれを可能にしている。このPERTを展開PERTと呼ぶことにする。

展開PERTのデータは, すべてユーザーのデータベース内に格納されている。どのレベルでのシミュレーションを行なうかにより, PASS内に取り込むようにしている。このように, PERTデータを各レベルに分割することにより, PASS内でのシミュレーションに必要な記憶容量を節約するとともに, 計算時間の短縮も図っている。

4.3.2 シミュレーション手法

工程の進捗管理のためのPASSでは, 部署別の負荷の予測, 部署別物件別の競合停滞時間と完成日の予測を行なう。この予測計算では, 加工, 組立, 運搬のための正味作業時間, 各物件の各部署の完成予定日, 及び各部署の能力が定数として与えられ, 停滞時間の予測をまず行ない, それから他の予測を求めるという方法を採用している。

停滞の要因には, 作業員や設備といった資源の取り合いによるものと, 部品あるいは工程間の同期化によるものがある。

シミュレーションは, 図6に示した順序で行なわれる。同図の#1は, 物件別にPERT図で示した工程期限, 作業時間及び担当部署データである。 t_i はPERT図の(i)の工程期限であり, w_{ij} は標準作業時間であり, A, B, ……は作業部署を示している。

#2は, #1のデータによる部署別負荷山積み計算結果である。これが, その部署の能力との関係で示されている。#3は, その部署の能力の制限のもとで, 負荷の山崩しを行なった結果であり, #4は, これを競合停滞時間の形で表現したものである。ただし, 各作業の工程投入開始日は, 先行作業の工程期限に一致するように定めている。これは, この段階では工程間の同期化を考慮していないことを示している。#5は, 工程間の同期化を考慮して, 各物件の各作業の完成予測日 \hat{t}_i を求めた結果である。実線の部分が作業期間であり, 点線は停滞時間を表わしている。

4.4 PASSの表示画面

入力データやシミュレーションの各過程はCRT画面上に表示することができる。図7のCRT画面は, シミュレーションの結果の要約を示すもので, 各作業部署A, B, ……に対

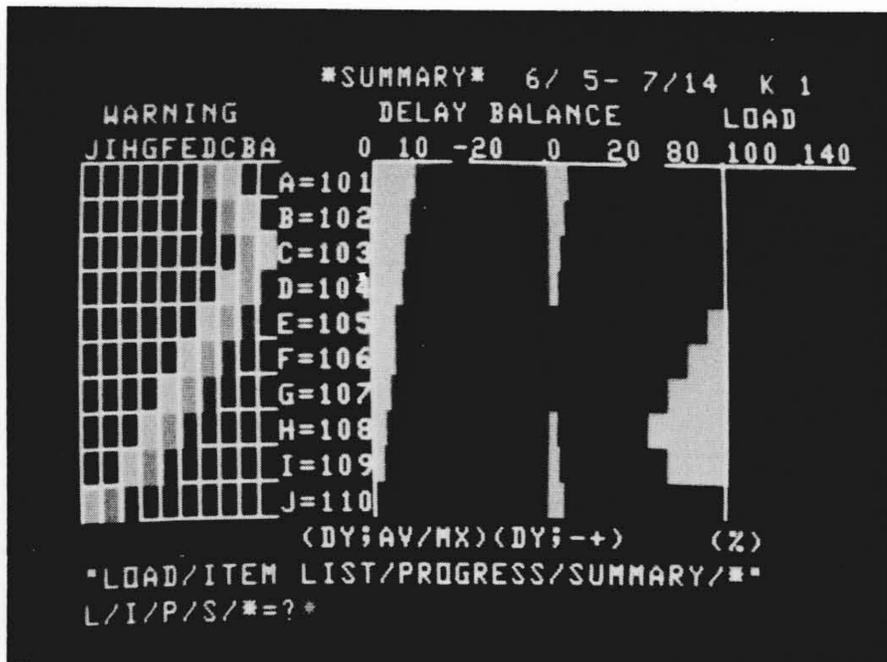


図7 シミュレーション結果のCRT画面(1) 作業部署ごとの負荷, 遅延日数, ばらつき及び相互間の影響度がカラー表示される。

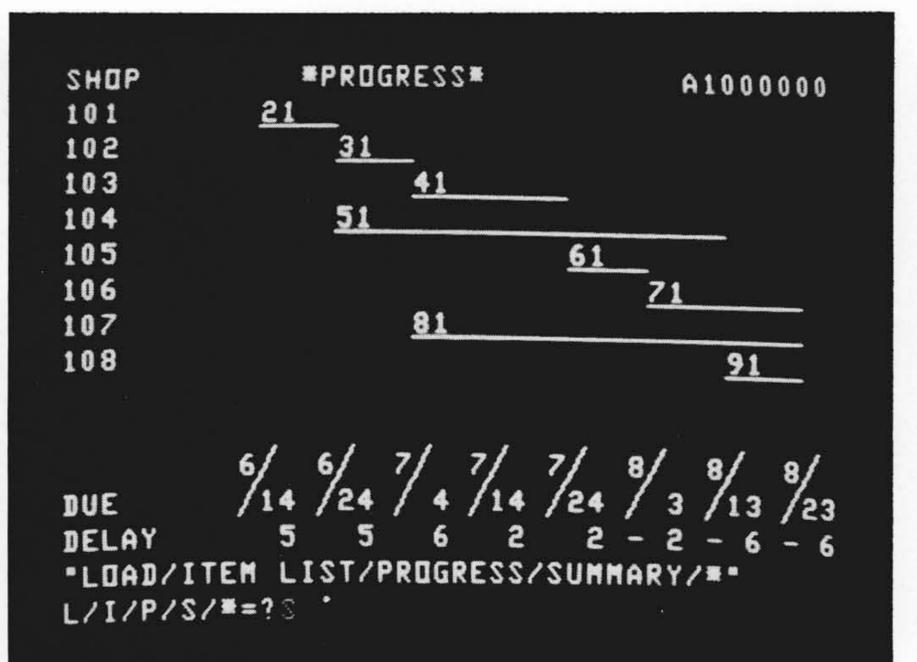


図8 シミュレーション結果のCRT画面(2) ある物件の予測進捗と部署別の計画期限及び予測遅延日数を示す。

して、画面の右側から、作業能力と負荷の比率、作業進捗バランス並びに遅延日数及び作業部署相互間の遅延の影響の度合いのマトリックスがカラー表示されている。

図8は、ある物件の予測進捗を示したもので、作業部署101~108での作業21~91の進捗と、計画期限、予測遅延日数などが表わされている。

5 統合生産システム

5.1 統合生産システム概念

生産システムで、各種情報処理の電子計算機化、製造工程の自動化など、ローカルな自動化は従来からかなりの程度まで進められてきた。しかし、激しい変化を示す周囲の状況に対し、ダイナミックに対処するために、生産システムトータルとしての総合的な自動化が必要となっている。すなわち、(a)需要に対する追従性の向上、(b)省力自動化、(c)生産運営の

効率向上、(d)製品の高品質化及び信頼性の向上などを達成するため、各種の生産機能を統合化した生産システムであり、統合生産システム(Integrated Manufacturing System以下、IMSと略す)と呼ばれている⁷⁾。IMSの概念は図9に示すように、物流系の製造システム、情報系の管理情報処理システム及び技術情報処理システムを電子計算機によって有機的に結合し、最適な工場運営を可能にするものである。なおこの場合、周辺システムとのインタフェースにつき十分な整合をとっておくことが、運営効率向上のために不可欠な条件である。

5.2 IMS汎用コントロールソフトウェア

IMSを実現するに当たっての問題の一つは、そのシステム設計、ソフトウェア開発に要する多大なマンパワー及び時間であろう。我々は、システム開発期間の短縮とソフトウェアの信頼性向上とを目的として、IMSのコントロール機能を

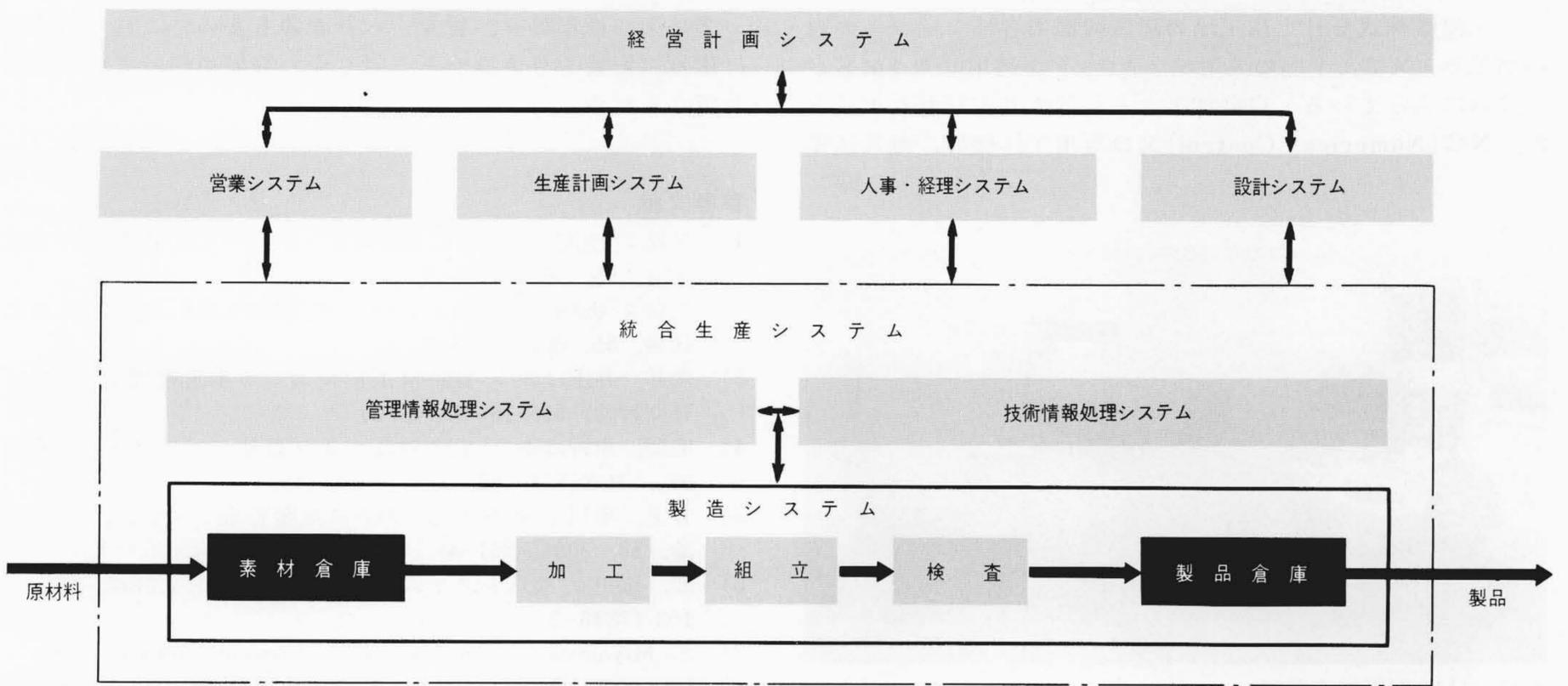


図9 統合生産システム概念図 自動化の進んだ製造工程や運搬、貯蔵手段が、オンライン計算機のもとに統合され、情報処理系との結合が図られる。

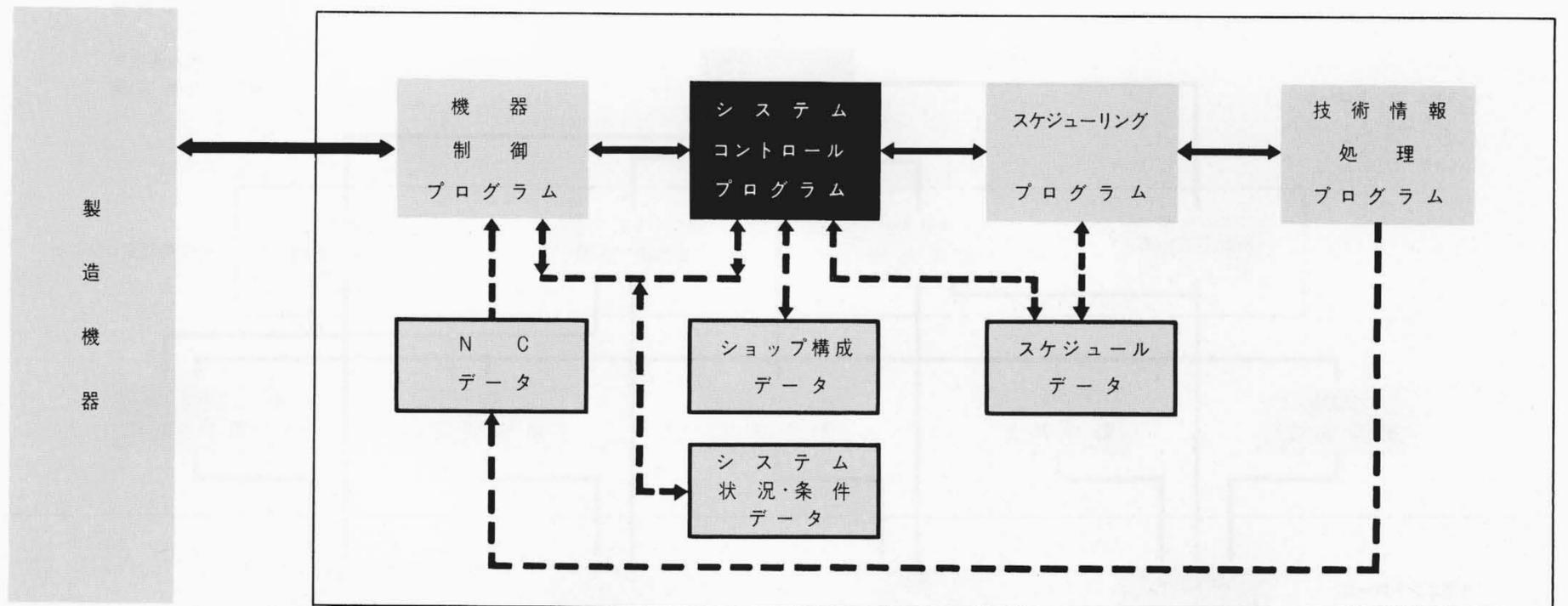


図10 統合生産システム汎用コントロールソフトウェアの構成 ショップ構成データ、システム条件データなどは、適用システムの仕様に応じてテーブル形式で与えられる。

分析し、各種の工場で汎用的に適用可能な管理・制御方式とソフトウェア体系とを開発した。

そのソフトウェア構成は、図10に示すように機能を(a)機器制御ブロック、(b)システムコントロールブロック、(c)スケジューリングブロック、(d)技術情報処理ブロックに分別している。ここで、スケジューリングブロックと機器制御ブロックの間をつなぐ機能として、システムコントロールブロックを設けたことが特徴の一つである。すなわち、スケジューリングブロックで作成された各工作機械などの作業スケジュールに従って、効率よくこれを運転するように、運搬機器、ロボット、自動倉庫などのスケジュールを決めると同時に、その動作タイミングを指令する機能をシステムコントロールブロックに持たせた。更に、このシステムコントロールブロックは、工場の機器構成、機器稼動条件などを適用システムの仕様に応じて、データテーブル形式で与える方式を採用し、ソフトウェアの汎用化を実現したものである。

5.3 シャフト加工ラインの統合生産システム

日立建機株式会社土浦工場の建設機械用各種シャフトの自動加工ラインで、上述の汎用ソフトウェアを適用したIMSが実稼動に入っている。自動加工ラインは天井走行型ロボット群、NC(Numerical Control)又は専用工作機群、無人運搬

車、自動倉庫などから構成され、図11に示すHIDIC 350制御用計算機が、オンラインスケジュールから機器制御のレベルまでを担当している。図12はそのシステムコントロールブロックの構成を示すもので、ラインの各機器の動作監視、製作完了数の把握と次作業の決定、必要に応じて段取指示や計測指示、機器間の連携動作を円滑に行なうためのタイミング制御、スケジュールの更新などの重要な役割を果たしている。

6 結 言

生産システムでの計算機制御の最近の開発成果として、マイクロコンピュータ化の事例、オンライン生産管理への対話形予測シミュレーションの導入及び自動化された生産要素の電子計算機による統合化について述べた。この分野のアプリケーションの絶えざる拡大、高度化及び統合を、それぞれが代表する形となったが、上述のテーマ以外にも、センサやパターン認識、データベース、問題向き言語などのソフトウェア技術の進歩等々、言及すべき課題も多い。これらの技術は相互に影響を与えながら、限りない発展を続けていくものと信じられる。

参考文献

- 1) 三森：「生産システムにおけるスケジューリング理論」, 日立評論, 55, 168 (昭48-2)
- 2) 三留：「汎用生産工程シミュレータ“MAFLOS”の開発」, 日立評論, 55, 801 (昭48-8)
- 3) 武井, 井上ほか：「自動車工業における生産管理システム」, 日立評論, 55, 188 (昭48-2)
- 4) 宅間, 川野ほか：「生産管理および倉庫のオンライン計算制御」, 日立評論, 52, 1157 (昭45-12)
- 5) 井上, 早川：「機械工場における生産管理システム」, 日立評論, 58, 303 (昭51-4)
- 6) 関, 磯田：「生産システムの現状と動向」, 日立評論, 55, 163 (昭48-2)
- 7) S. Miyamoto: "Construction of Control Software for Integrated Manufacturing Systems", Proc. 11th NC/CAM Conf., Toronto, Ont., (1974)



図11 IMS 計算機室概観 右方がHIDIC 350計算機システムで、左方のオペレーターズ コンソール越しにシャフト加工ラインが見渡せる。

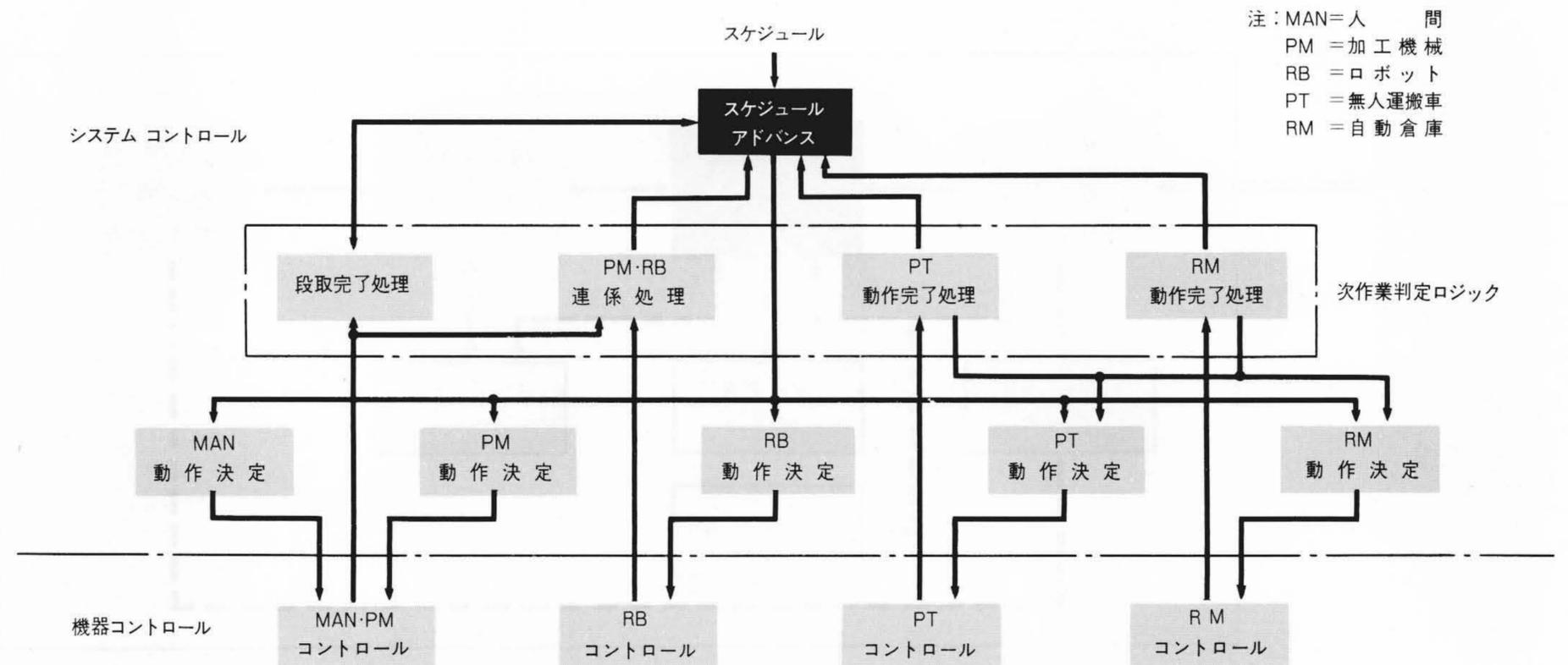


図12 システムコントロールの機能構成 スケジュールの実行監視と更新、次作業判定、機器コントロール間の連携動作などの機能を果たす。