



# FMSの動向と適用要素技術

岸野清孝/小倉正弘

## ■業界の動向

近年のFA（FMS，生産物流）システムは、急速な進展を見せている。これは低成長下での競争力強化のための合理化，ユーザーズの多様化に伴うフレキシブル生産システムの確立が主目的である。従来は部分的な自動化が多く，今後はその基盤に基づく統合的システムへと進展するものと予測される。この進展の形態としては，製品形態の多様化，ライフサイクルおよび仕掛の短縮等のニーズに対応すべく以下のようなものが掲げられる。

### (1) FA・OA・LAの一体化

設備制御，生産事務，設計，開発などの周辺機能が生産現場を中心としてダイナミックに環境の変化に対応するフレキシブルなシステムの整備。

### (2) 生産物流の合理化

製品およびその構成部品の荷姿，積付数，流量頻度等その特性に合った供給，回収を可能とする生産現場でのトータルな物流環境の整備。

### (3) 検査ラインの自動化

多種少量混合生産方式が要求されており，生産ラインに密着した品質管理精度向上および検査処理の高速化。

### (4) プロセス診断のシステム化

製品の早期開発，設計変更，生産ラインの早期安定化は重要であり，このための解析・フィードバックをする生産支援・計画支援ツール（例：知識工学応用）の開発と適用。

### (5) CIMへの移行

市場環境，生産環境が複雑化してくる中で，よ

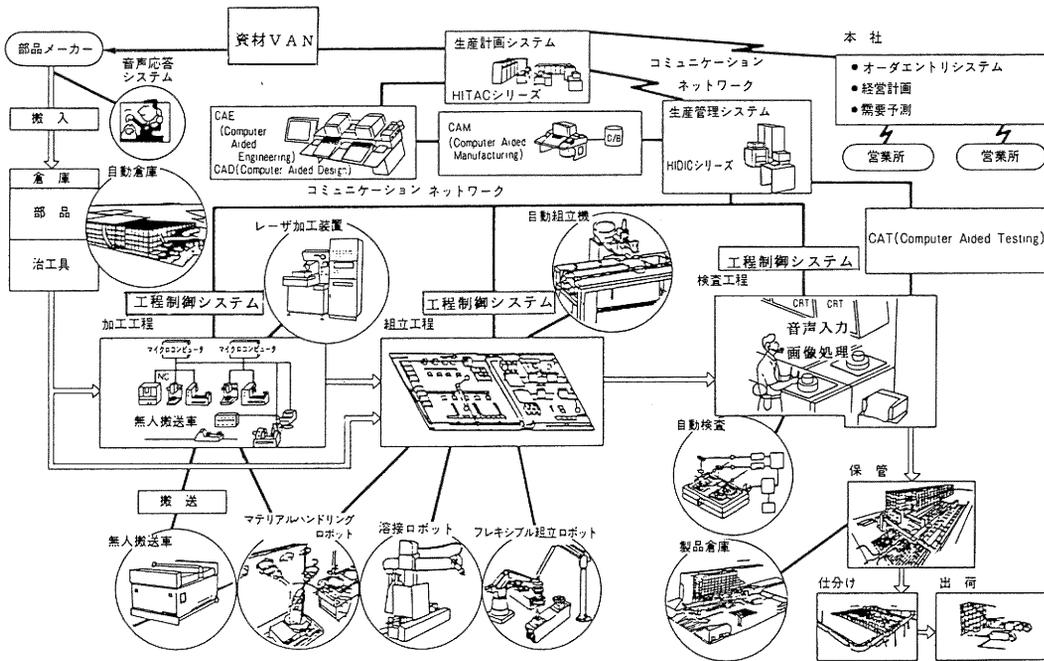
り効率的な企業活動を展開するためには，広域に分散した情報を総合的に利用し意思決定する必要が出てくる。製品需要予測，製品流通状況，購入資材の市況状態など，従来はあまり厳しい時間制約要素にならなかったこれらの情報を，タイムリーに生産状況にリンクさせる環境づくりが必要となる。

これらの対応策によりでき上がる統合化システムの例を図1に示す。このような統合化の動向の背景としては，冒頭述べた低成長下の競争力強化および部分的FA（FMS，物流）化の普及だけでなく，シーズとしてネットワーク技術の発達も掲げられる。近年はLANの高機能化・低価格化が進み，また標準化も進んでいる。一方広域ネットワークとしても，INS，VANなどの進展があり，統合化に対する重要な基礎技術としてネットワークが発達したことも重要な要因である。

統合化の特徴としては以下が掲げられる。

- (1) 情報の一元化によるトータルシステム
- (2) 作業の標準化・簡素化によるオフィス生産性向上
- (3) ネットワーク領域の拡大
- (4) 物と情報の流れの同期化による納期短縮・仕掛削減

これらの特徴を言いかえると，今後のFMS，生産物流は統合システムの一部であり，全体システムの運用如何で生産・物流設備の価値の有無が決まると言えよう。



注：略語説明 CRT(Cathode Ray Tube)

図一 統合化FAシステムの例

ネットワークシステムの活用により、工場内だけでなく本社・営業所、外注部品メーカーまでを包含したトータルシステム

## ■当社の考え方と推進状況

### 1. 概要

近年、製品の多様化が進み、従来の設備の自動化だけでは対応困難となってきたため、1982年から社内の工場のNC、ロボット、物流機器によるFMS化および生産情報をコンピュータ管理して有効活用する総合合理化を推進してきた。

本推進に当たっては、FA委員会を中心とした組織を核に社内、系列のスタッフの総合力を結集し、装置・CPU・ソフトウェア開発を行ない、これを適用し、早期立上げを図った。

今までに24システムをモデルFAとして推進し、この内15システムが完成し稼働中であり、今後、統合化し、CIMを推進していく予定である。

### 2. システムの概念

企業活動を支える統合化システム概念図を図一に示した。このシステムは大きくとらえると、(1)技術情報システム、(2)管理情報システム、(3)製造システム、(4)その他(経営、財務、販売)シス

テムをコンピュータネットワークで効率的に結合することが基本である。

これらの統合システムの中のFMS、生産物流等製造関係を含めたFAシステムを当社では以下のように定義づけしている。

「受注から設計・製造・検査・出荷までをオンラインで結合した統合生産・管理システムにより、フレキシブルな生産と製品の信頼性向上を指向した無人化工場」

したがって、システムの基本的な条件としては次の点が重要である。

- (1) CAD/CAM/CAT/MISがコンピュータで結合されていること
- (2) フレキシブルな生産を指向した無人化工場であること
- (3) 材料投入から製品出荷までの物流・マテハンが一貫自動化されていること
- (4) コンピュータによる高度な管理システムであること

これらのことを成立させれば、製造現場の究極

目標である、夜間無人運転化あるいは完全無人運転化とペーパーレス管理が実現できる。

### 3. FA 推進計画

1982年に第1期8工場10システムを着手し、既に完成している。1983年から第2期7システムを、1984年から第3期7システムを構築中である。その推進計画を図-2に、内容を表-1に示す。

第1期は、組立、切削、製缶溶接、塗装、半導体など幅広い作業分野の代表工場をモデルに推進してきたのが特徴で、第2、3期は繁忙製品を中

項目	期システム	1982		1983		1984		1985		1986		1987			
		上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下		
推進方法	—	FA委員会										HICIM 委員会			
FA第1期	10	→													
FA第2期	7		→												
FA第3期	7			→											
FA第4期	6									6	N倍化				
	4								4	トータルFA					

注：略語説明 HICIM(Hitachi Computer Integrated Manufacturing)

図2 FA 推進計画

FAは1982年からFA委員会を中心に、4期に分けて34システムを推進してきた。

心にシステムを選定し、工場相互間で技術交流や共同開発をしやすくし、開発効率の向上に努めた。生産規模の点からは量産から非量産に渡り、分野では基板組立が全体の29%、機械組立が21%、機械化工、電工組立、塑性加工が各々13%となっている。

### 4. 当社のセールスポイント

今までに述べたことをもとに以下の点が掲げられよう。

- (1) 総合メーカーとしての実績、ノウハウを十分に反映しシステムの一貫まとめが可能
- (2) 豊富な実績による信頼性のあるシステムの提供
- (3) 各種診断ツールを用いたシステムの評価、提言が可能
- (4) ユーザとしての生産技術、ノウハウ、経験の提供活用により全面的にバックアップ可能  
その他、新技術、SE人員の充実等ユーザーズに対して、トータルとしての対応体制がとられている。

## ■FA・FMS 適用要素技術

### 1. 管理制御 (CPU) システム

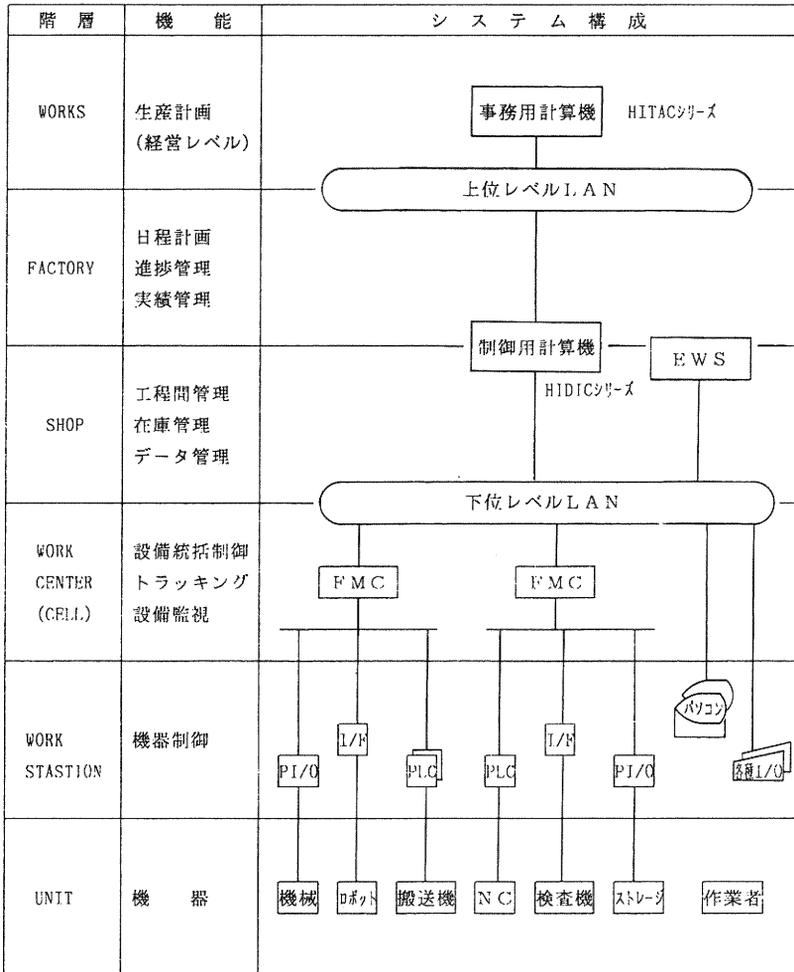
#### (1) 自律分散形システム

FMS、生産物流を含めたFAシステムではシステムの柔軟性と早期立上げ、設備計画に合わせ

表-1 日立FA (FMS) モデルシステム一覧

期	工場	システム名	期	工場	システム名		
第一期	日立	タービンプレード	第二期	栃木	エアコン熱交換器		
		原子力配管		岐阜	基板組立		
		中形回転機		神奈川	高密度実装パッケージ組立		
	水戸	エレベーター意匠製缶		旭	端末装置組立		
		佐和		スタータ	那珂	プリント基板組立	
				東海	VTR	栃木	冷蔵庫用圧縮機
	第二期	小田原		HDA製造	東海	基板組立	
		武蔵		MOSロジックIC	戸塚	電子パッケージ組立	
		大みか		制御用計算機基板	第三期	神奈川	高密度面付けパッケージ組立
		清水		店舗用小形空調機		小田原	5m円板加工
第二期	習志野	小形標準モートル	小田原	5m磁気ディスク装置			
	多賀	全自動洗濯機	茂原	カラーディスプレイ管組立			

注：略語説明 VTR(ビデオテープレコーダ)、HDA(Head Disc Assembly)  
MOS(Metal Oxide Semiconductor)



FMC:Flexible Manufacturing Cell Controller  
 PI/O:プロセス入出力機器  
 I/F:インターフェイス装置  
 NC:数値制御機械  
 PLC:Programmable Logic Controller  
 LAN:Local Area Network

図-3 FAシステムの構成

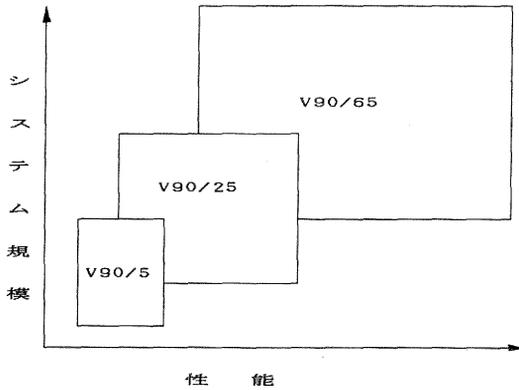
た段階的システム構築を可能とする拡張性、各機能または工程毎の分離自律性、および現場オペレータによるプログラム作成と保守性が要求される。これらを実現するために、高機能制御用マイクロコンピュータ、制御用ソフトウェアとネットワーク技術による自律分散制御システムを提供している(図-3)。

自律分散システムを実現する上で必要となるのが制御コンポーネントのインテリジェント化であ

る。すなわち自ら機能を果たすための自律可制御性と他に迷惑を及ぼさないための自律可協調性を満たすことである。このコンポーネントとして図-4に示すHIDICV90シリーズを準備しており、小型から大型のシステムまで各種引合いに対応している。

(2) SCD・SCR・SCT

システムのソフトウェアを簡単に開発でき、柔軟に変更できることは重要であり、これにこたえ



図一四 日立制御用計算機 HIDIC V90 シリーズ

るため事象駆動形のモデル化技術を応用した新しい制御用基本ソフトウェアを準備している。

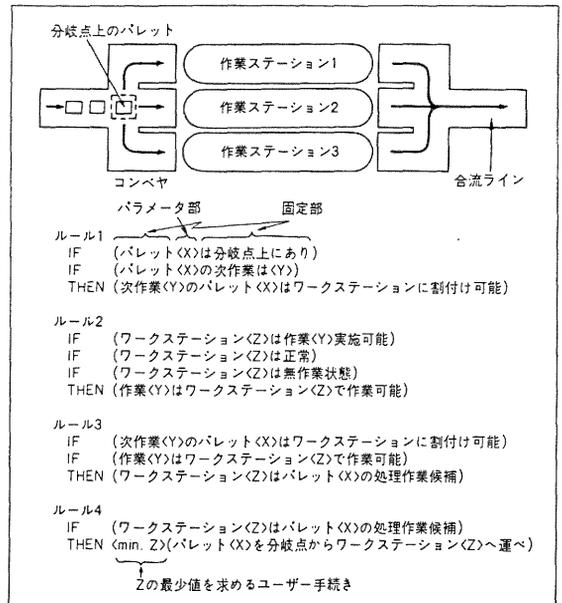
- ①ルール記述の条件組合せ形制御用 SCD
  - ②動作フロー記述の順序組合せ形制御用 SCR
  - ③グラフ記述による工程監視形制御用 SCT
- の3つがそれぞれであり、高い生産性とエンドユーザーによるシステム構築を可能としている。以下にその概要を述べる。

●SCD (Station Coordinator)

SCD は制御規則を「IF (条件) THEN (中間/最終結論)」のルールで断片的に与えておけば、自動的にシステムのその時の状況と合致するルールを順次適用し、制御指令を自動的に決定する。SCD のルール表現の例を図一五に示す。特徴としては、(1)制御論理を日本語による IF—THEN 形ルールで入力でき、非専門家でもソフトの開発、保守可能で効率も良い、(2)制御論理の変更に対応可能、(3)状況モニターによる効率的チェックの可能、等がある。

●SCR (Station Controller)

SCR での動作フロー記述は、動作を表わすボックス、その動作状態を表わすトークン、ボックス間のトークンの移動を制御するゲート、およびボックスとゲートの接続関係を示すアークの4つの構成から成る C-net と呼ぶ拡張ペトリネットモデルにより行なわれる。動作の順序に従い動作を記述すると、C-net でのトークンの動作規則に従ってトークンが移動し、同期



図一五 SCD による制御ルールの記述例

分岐点に到着したパレットをコンベヤで作業ステーションへ搬送し、作業完了後、払い出しラインへ搬送する各ステーションは複数種の作業を実施でき、その能力は設備番号の若いほど大とする

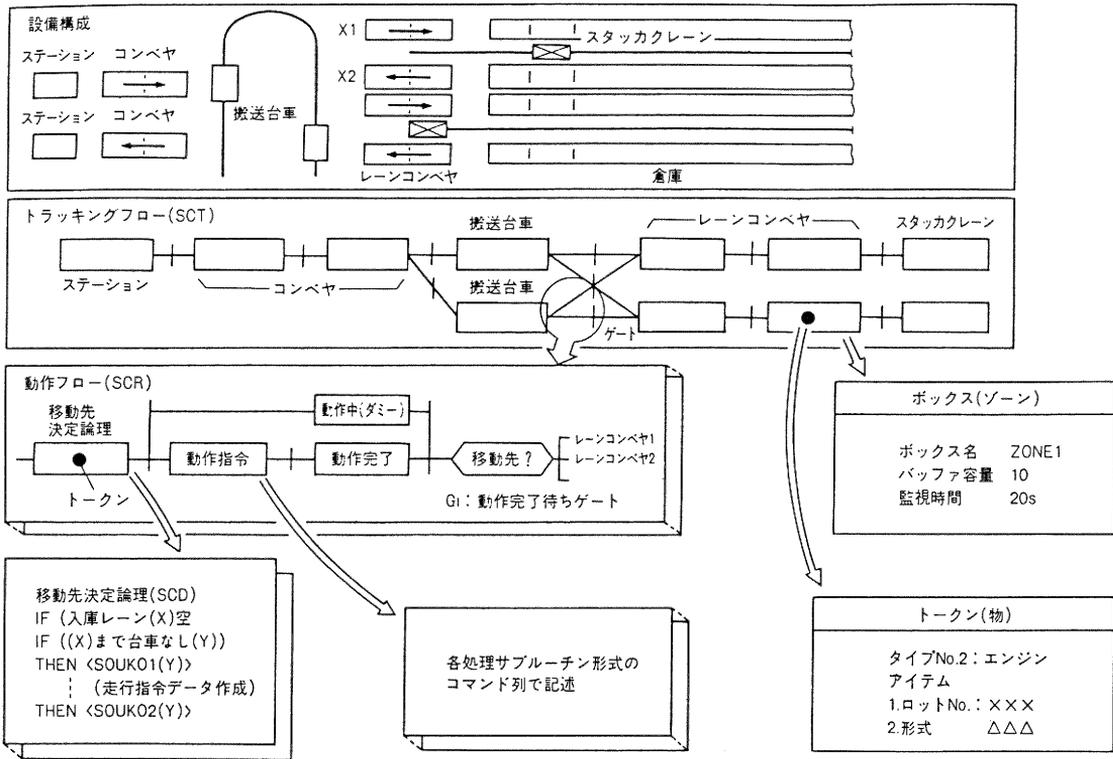
・排他条件を満たしながら制御が実行される。主な特徴は、(1)動作フローを C-net で記述するだけ良く非プログラマ化が可能、(2)動作状況をトークンの動きでモニターでき、システム立上げ等効率が良くなること、である。

●SCT (Supervisory Control and Tracking Software)

SCT はシステム内の物や工程の流れをグラフ形式で記述することで、発生するイベントに基づき、トラッキング、進捗状況監視、必要な制御起動などの工程監視処理を行なうシステムを実現するものであり、対象システムのレイアウトにほぼ近い形でトラッキングフローを記述し、SCT が提供するマクロコマンドを用いて定義できる。特徴として、(1)めんどろなテーブル設計が不要、(2)複雑なトラッキングが簡潔記述可能、(3)モニター・修正等簡単である等があり、SCD～SCT 適用例を図一六に示す。

(3) 知識処理 (EUREKA)

熟練義術者のもつプロセス運転・診断ノウハウ



図一六 物流FAシステムへのSCD・SCR・SCT適用例  
 まずSCTを用いてトラッキングフローを明確化し、個々の制御はSCR, SCDで記述する

を入力することにより、人間と同水準の高度な判断処理を代行させることを可能とする知識処理システム構築用ソフトウェア“EUREKA”をHIDICおよびEWSに搭載することにより、専門家の代行を可能としている。

知識処理の特徴である前向き、後向き推論、あいまい性処理等を推論処理の高速化を図っており、リアルタイム環境下での運用制御に今後威力を発揮するものと期待される。

## 2. 物流システム

### (1) 自動倉庫

製造現場での合理化の核となり、運用次第では納期短縮、仕掛削減に大きな働きをするのが物流ストレージ設備である。この導入については現状にこだわりすぎると大きな効果が出ないだけでなく、制約要素になりかねないため、製品、部品の特性をよく把握し、改善すべき事項は徹底して改めることが生産物流システム構築の鍵となる。自動

倉庫自体は今後はコンピュータコントロール式が主流であり、中小規模のシステムにおいても、信頼性、操作性、保守性の向上とシステムの拡張性に自由度が要求されている。当社ではこのようなニーズに対応するためシステムの自由度にポイントをおいた「F & F 自動倉庫システム (Flexible Control & Free Layout Systems)」を準備しており、図一七にその概略を、以下に特徴を示す。

#### ① スタッククレーンの制御方式

走行、昇降の位置制御には、ロータリエンコーダによるパルスカウント方式を採用しており、最適速度制御により図一八に示すようにサイクルタイムを約10%~20%短縮している。また機上制御盤面上にLEDにより保守情報、異常内容等を表示するようにしている。また、これらのコントロールは、CPUを3台並列に機能分割し動作させるマルチ処理とし、処理の高速化を実現している。

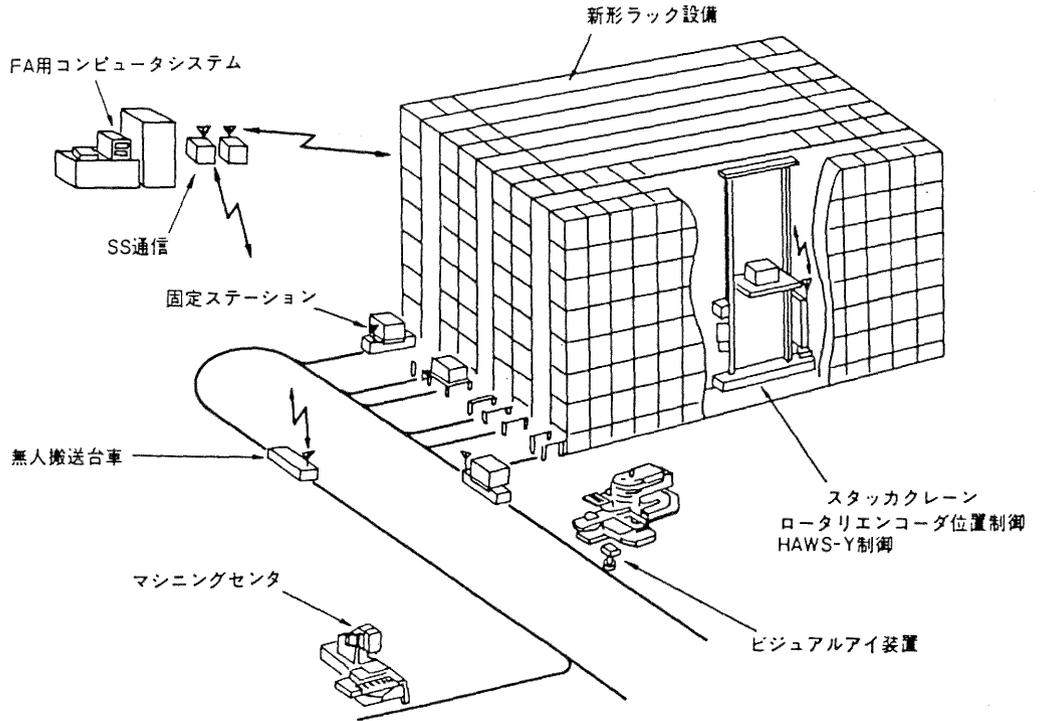


図-7 F & F 自動倉庫システムのレイアウト

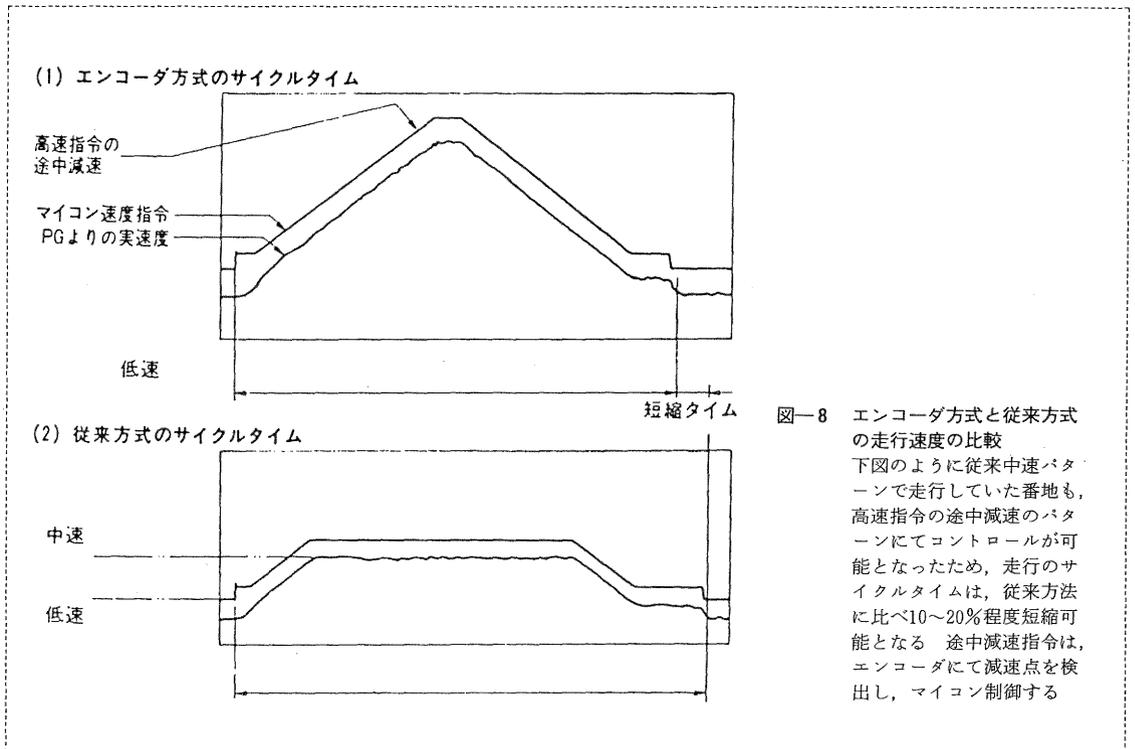


図-8 エンコーダ方式と従来方式の走行速度の比較  
 下図のように従来中速パターンで走行していた番地も、高速指令の途中減速のパターンにてコントロールが可能となったため、走行のサイクルタイムは、従来方法に比べ10~20%程度短縮可能となる。途中減速指令は、エンコーダにて減速点を検出し、マイコン制御する。

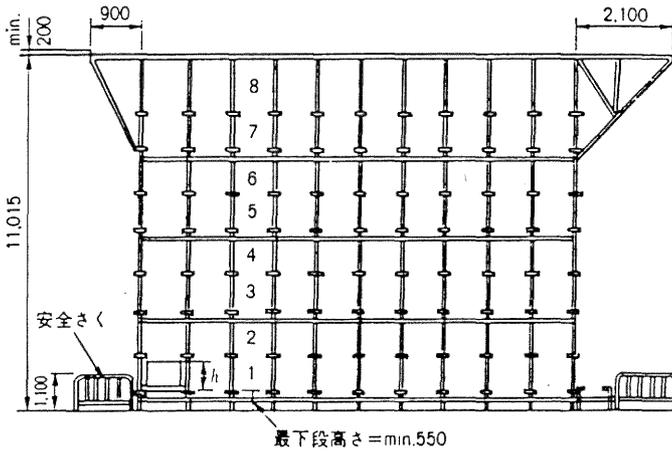
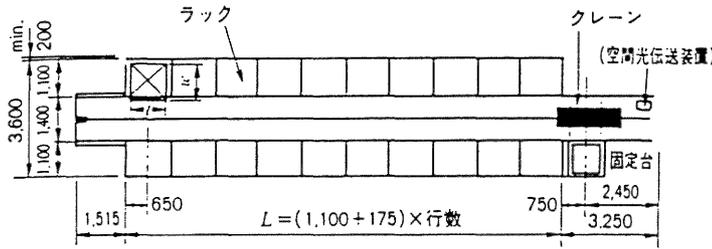


図-9  
ラック寸法の例  
(a)上記寸法は、下記条件の場合の値を示す。  
取扱物 W1,100×L1,100×H1,000(mm)  
1,000kg  
段数 8段

② ラック設備

大型CPU構造解析プログラムを用いて最適部材の選定を行ない、軽量化および構造評価が可能で、ニーズに合わせて設備が選択できるシリーズ化(例を図-9に示す)を完成させている。

(2) 無人搬送車

最近、自動倉庫の周辺設備としてコンベヤに代わって伸長の著しい無人搬送車などのFMS移動機器の通信情報システムは、従来地上の床面に誘導線、信号線を埋設する方式を多用していたが拡張性、自由度に問題があった。こうした問題を解決するため、SS通信(スペクトラム拡散無線通信)を無人搬送車の広域通信方式として開発しており、他の方式との比較、諸元を表-2、3に示す。この方式を採用した場合以下のような運用が可能となる。

- ① 任意の地点で信号授受が可能のため、きめ細かな運用が可能
- ② 実稼働率の高い(設備台数削減)運用が可能

③ 無軌道搬送による地上ステーション位置・形態に自由度が高い

これらは、FMS・生産物流のシステム化の強い武器となるものと予測される。

次に無人搬送車の特徴について、SS通信以外の「F&F自動倉庫システム」として開発されている点を記述する。

- シミュレーション手法による最適台数算出
- 蛇行量が極端に少なく(±10mm以内)、小型小回り走行で省スペース化が図れる
- 走行速度がクラスNo.1・標準60m/分(オプションMAX120m/分)
- 密着型イメージセンサ視覚使用による直進性・停止精度、ノイズ耐久性・信頼性の向上
- 移載方式が多彩、かつシステムレベルにバリエーション有り(手動方式～オンライン運転)、追加変更容易

これらは社内外ニーズを分析し、性能的に十分応えられるものとなっている。

3. 画像処理

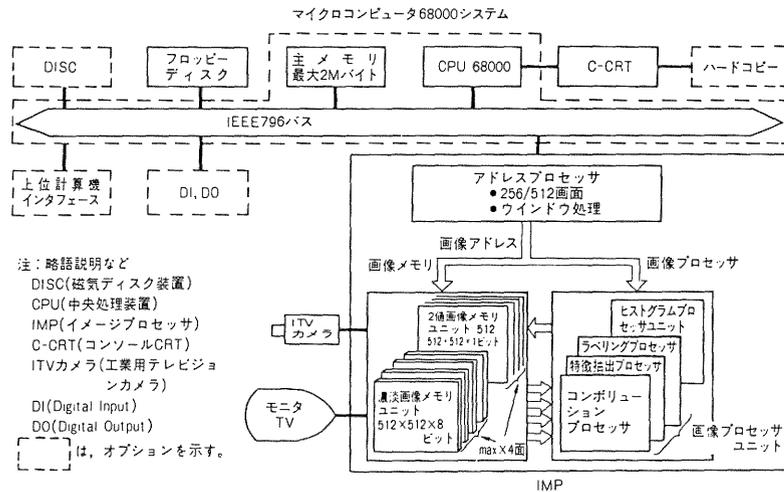
製造現場の自動化のためには、画像、視覚技術

表一 2 移動体通信方式の比較

項目	通信方式	SS通信	光空間伝送	無線(FM)	誘導無線	電磁結合
1.レイアウトの自由度		◎	○	◎	△	△
2.床布線工事		不要	不要	不要	要	要
3.多局間通信		○	×	○	○	○
4.電波法認可		不要	不要	不要	要	不要
5.耐雑音性		◎	◎	○	○	○
6.屋外使用		○	△	○	○	△

表一 3 SS通信装置仕様諸元

No.	項目	仕様
1	搬送周波数	100~400 MHz 中の1波
2	変調方式	二相位相変調
3	帯域幅	±10 MHz
4	送信電力	1mW程度(電波法の規制を受けない微弱電波)
5	信号伝送速度	10 k bps
6	信号誤り検出方式	反転二連送照合 パリティチェック
7	通信範囲	約150 m(環境条件により増減あり)



図一10 HIDIC-IPシリーズのハードウェア構成

各種画像処理演算を画像処理LSI内蔵のコンポリューションプロセッサと付加プロセッサで167 ns/画素と高速に処理できる。更に、マイクロコンピュータ68000によって認識結果による制御も可能である。

は今後欠かせない要素技術である。検査の自動化によるインライン自動検査、自動マテハン(仕分・分類)、ロボット用センサー等々この分野でのニーズは多い。これらの期待に対し、濃淡画像を高速処理できる画像処理LSI-ISP(Image Signal Processor)を開発し、これを搭載した汎用画像認識装置HIDIC IPに適用している。

また応用支援ソフトウェアとして、会話形式で

簡単に画像処理アルゴリズムを開発できる会話形画像評価ソフトウェア、および認識対象を教示するだけで高速な認識アルゴリズムを実現できる学習機能認識ソフトウェアを開発利用している。現状これらツールにより本HIDIC IPを多様なニーズにこたえる汎用装置として供給しており、その特徴について以下に述べる。

本IPには、オンラインリアルタイム認識指向

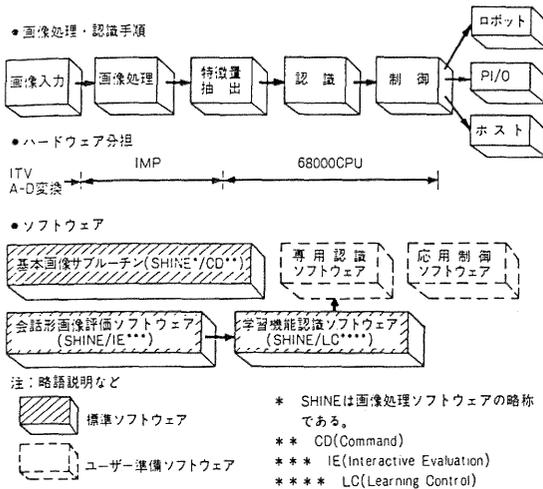


図-11 HIDIC-IP シリーズのソフトウェア構成  
 HIDIC-IP シリーズでは、画像入力から認識までの一連の処理手順に対応して、標準ソフトウェアが準備されている

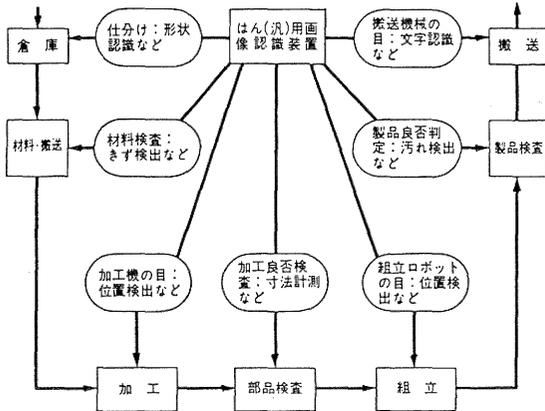


図-12 FA分野での画像処理の応用範囲  
 今後は検査の自動化がFA分野では最大の課題であり、画像処理応用の最も期待される場所である

型(10)、画像処理・認識アルゴリズム開発機能強化型(20)、ターゲットマシン(5)の3シリーズがあり、以下のような特徴がある。

- (1) 小型・多機能・高速ハードウェア  
 処理機能のLSI・ハードウェア化による小型多機能化を図り、167 ns 濃淡画像処理/画素を実現
- (2) アルゴリズム開発支援ソフトウェアが充実
- (3) 色彩距離分類等色調に対するインテリジェンス有
- (4) 画素数/接続機器はクラス最高

処理：原画像→画像間演算→ヒストグラム  
 判定：ヒストグラムから下記を判定する。

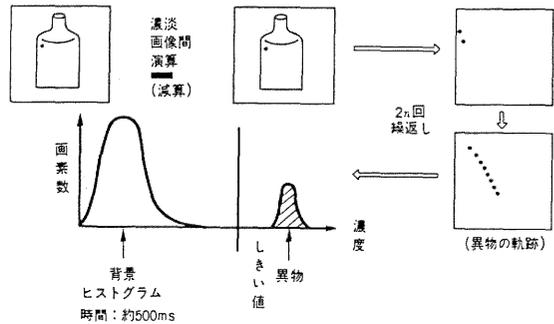


図-13 薬液内異物検出システムの概要  
 薬液内の異物は、画像間のヒストグラムにより検出される

ハードウェア構成を図-10、ソフトウェア構成を図-11、FA分野での応用範囲を図-12に、またユニークな事例として薬液内異物検出システムの概要を図-13に示すが、この場合、(1)容器の回転、(2)時間差をおいた数回繰り返した画像ヒストグラムにより約500 msにて判定している。

#### 4. シミュレータ (FA・FMS 設計技法)

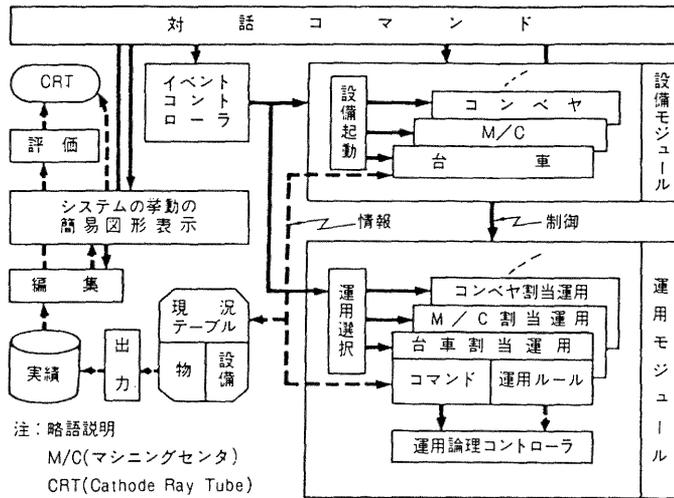
システムの開発にあたり、要求の多様化、問題の複雑化などに伴い、システム要求、レイアウト、最適な運用方式などを短時間でまとめるには、科学的手法を用いた計画設計技法が不可欠である。

近年、メカトロニクス機器や高度な自動化設備、またそれらを生産スケジュールや現場の情報によって制御する計算機制御システムが取り入れられており、このような計画を短期間で行ない実現するためには、従来のように勘や経験に頼っていた方法では設備の柔軟性や拡張性に欠け、最適なシステムを構成するのは困難である。当社ではこのような複雑なシステム計画のために科学的手法を用いた計画技法や評価技法を開発しており、各方面で利用されている。内容的には以下の4区分に大別でき、その手法は表-4に示す通りである。

- (1) システム要求分析技法として、システムに対する要求を体系立てて行なう標準手順と多様な要求を目的樹木の形に階層的に整理支援する方法
- (2) システム代替案評価技法として、計算機シミュレーションにより行なう方法
- (3) 設備能力・レイアウト計画技法として、入

表一4 FAシステムの計画技法

設計手順	経営	生産・流通
ニーズの探究	●システム要求分析技法 (PPDS) ●工場診断法	
システムの計画	●経営情報システム設計法	●生産設備能力計画法: CASE-PLANET REPLICIA ●物流設備能力計画法: UNSORS CAD-WH ●生産進行・在庫シミュレータ: BRAIN GPSS利用
システムの設計	●意思決定支援システム設計法 (EXCEED)	●生産ライン工程編成法: CADAP GROUP ●生産性評価法: 加工性 組立性 ●スペース配置計画法: ALPS SPACE
システムの運用	●需要予測法	●生産管理法: BRAIN SCOPE ●工程管理法: SIGNAL PRINCE



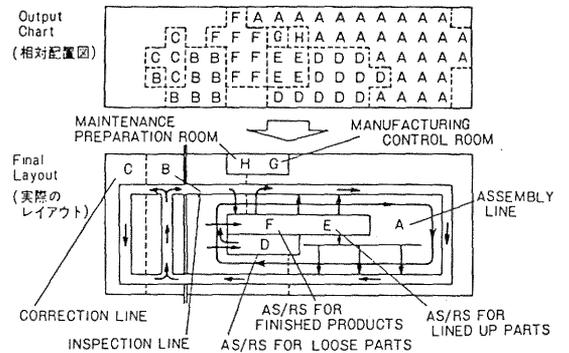
図一14 CASE-PLANETの構造

運用ルールを分野の言葉でそのまま入力すれば、運用論理コントローラは、システム現況に即した最適ルールを自動決定する

ACTIVITY	CODE	PROXIMITY WEIGHT	REASON
ASSEMBLY LINE	A	-8	① TRANSFER INTENSITY
INSPECTION LINE	B	-8	
CORRECTION LINE	C	0	② MONITORING FREQUENCY
AS/RS FOR LOOSE PARTS	D	0	
AS/RS FOR LINED UP PARTS	E	4	③ CONFIRMING FREQUENCY
AS/RS FOR FINISHED PRODUCTS	F	4	
MANUFACTURING CONTROL ROOM	G	1	④ COMMON OPERATION
MAINTENANCE PREPARATION ROOM	H	1	

図一15 近接性評価テーブル

近接性の程度によって、A=8、E=4、I=2、O=1、U=0、X=-8の重みを付けている



図一16 ALPSによる設備配置結果

実際のレイアウトは、このように相対配置図を基に、詳細な面積を補正して決定している

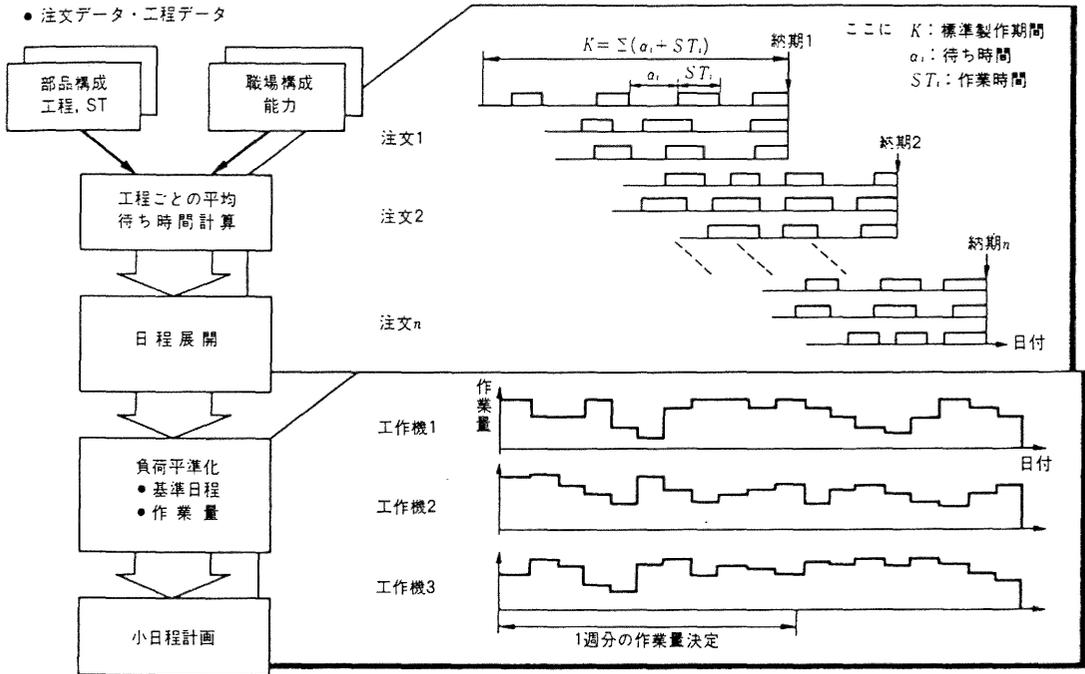


図-17 SCOPEの処理概要  
 納期を考慮した日程展開を優先し、次に負荷平準化を行なう

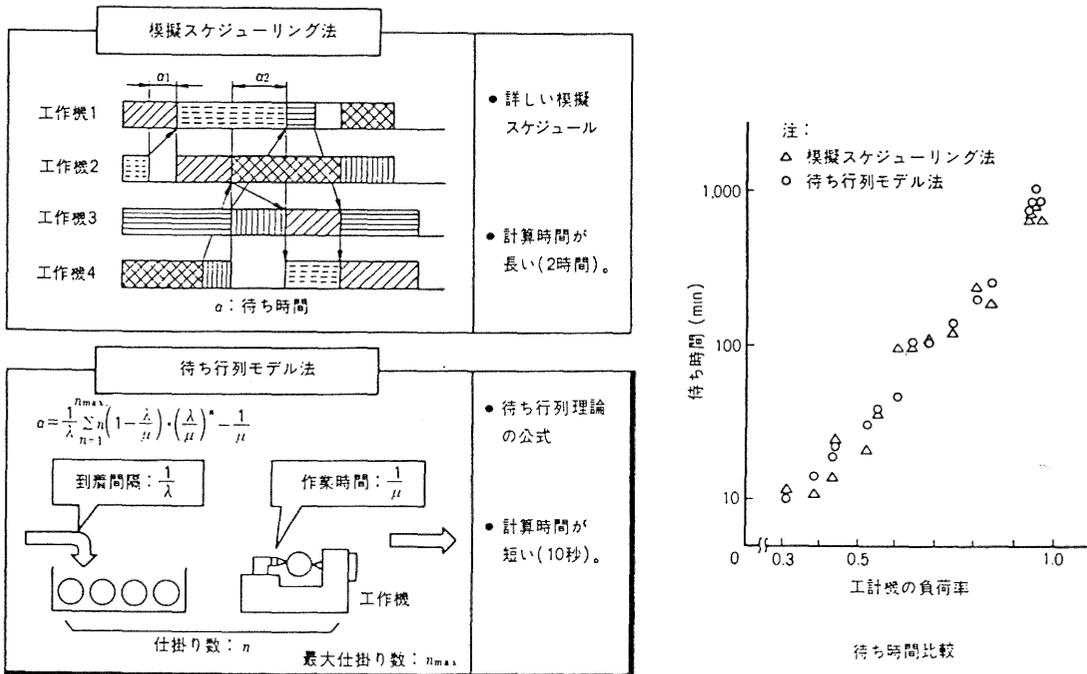
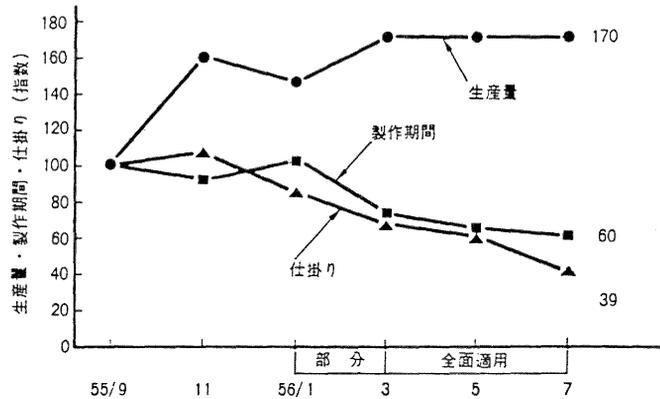


図-18 待ち時間の推定法  
 SCOPEの待ち行列モデル法は、群細なスケジューリング法と比べて計算時間が圧倒的に短く、精度も大差はない



図一19 SCOPEの適用効果例

SCOPEを、家庭電気品工場の金型職場に適用したときの効果を示す

手容易な最少限のデータにより設備構成および運用方式を出力する方法

(4) 現状分析技法として、既設工場のあらゆる問題点を定量的に短期間評価する方法

また、この他にもシステムの運用のために計画、管理実績収集を行なう技法も準備している。以下にその一例を紹介する。

① 生産設備能力計画技法“CASE-PLANET”

本技法は最適な設備構成、運用方法を短期間で計画・設計可能とするためのもので、その構造を図一14に示す。また特徴は以下の3つが掲げられる。

- 運用規則を“IF, THEN”形運用ルールで入力すれば状況に応じて、自動的に最適ルールを編集し設備モジュールを制御する。
- 設備・運用の2つのモジュールに完全分離した構造で、設備モジュールは既に用意されており、運用モジュールを作成するだけでも良い。
- シミュレーション結果に基づく、システムの動的な挙動や異常が簡易図形表示される。

② スペース配置計画技法“ALPS”

ALPSは、生産設備や倉庫スペースの空間的配置効率の最適化を行なう目的で開発した。10～50種類の設備に関する望ましい近接性を強い順にA（絶対必要）からE, I, O, U, X（離反関係）の6段階に評価（図一15）すると与えられた面積の中に自動的に配置する（図一16）。

③ 生産変動を考慮した日程計画“SCOPE”

個々の製品の納期と各生産設備の稼働率を考慮し、毎月の生産変動の影響を工程間停滞時間の変化として推定計算し、計画に反映しているのがSCOPEである。

SCOPEの処理概要を図一17に示すが、大きな特徴としては待ち行列理論による工程間待ち時間の推定を行なうことであり、図一18に示すように現実と良く一致し、計画の高速化がはかれ、また中、小日程計画が同時立案できるため最新の生産変動の予測に基づいた日程計画を作成できる。SCOPEは社内8工場その他で適用されておりその効果例を図一19に示す。

■おわりに

今回、計算機アプリケーションを中心に技術紹介したが、総合電機メーカーとして、システムトータルのプランニングから個々の設備供給まで、ユーザの立場に立って対応する体制をとっており、前章までに述べた要素技術その他の社内ノウハウを活用し、顧客に満足いただけるシステムを提供していく所存である。

\*

\*