

# 生産管理および倉庫のオンライン計算制御

On-line Computer Control of the Production and Warehouse

宅 間 豊\* 浅 田 正 彦\*  
Yutaka Takuma Masahiko Asada  
川 野 正 一 郎\* 三 森 定 道\*\*  
Shōichirō Kawano Sadamichi Mitsumori

## 要 旨

大量かつ多様化する需要に応じながら、同時に生産効率を向上させるため、最近各方面で生産管理計算制御や、これらの多様化した生産および需要に即応するための自動倉庫計算制御システムが適用されるようになってきたのでその実施例をあげ、システムの構成、働き、オンライン制御のアルゴリズムについて述べる。

## 1. 緒 言

1970年代は多種多量生産の時代である。

情報化社会を迎え需要はますます多様化し、かつすみやかにこれにこたえねばならない。また同時に生産効率の向上、省力化の要求もますますきびしい。

これらの要請にこたえ、生産の場において、需要の生産への反映、生産設備稼働状況の生産計画への反映、生産結果の需要への対応引当てなどを、刻々変動する状況に合わせてオンラインで制御し、最適化を図るオンライン生産管理が各方面で使用されるようになった。また、これらの生産、需要に対する流通機構の一環として、自動倉庫が導入されるようになってきた。これらのシステムにおいては、情報を流通せしめ、かつ最適化のアルゴリズムに従い、現場の状況に適合させる作業情報の制御がダイナミックに行なわれている。ここに必要な技術は、(1)情報の流通のための計算機システム技術、(2)最適化スケジューリングのアルゴリズムに関する技法、(3)および各適用の場における生産技術に対するエンジニアリングである。

日立製作所は、世界に先がけてこれらの技術を開発し、HIDIC-100、HIDIC-500などの制御用計算機を用いて実用化してきた。ここに、それらのシステムの構成、はたらき、アルゴリズムなどについて、例をあげて述べる。

## 2. 生産のオンライン計算制御

### 2.1 オンライン生産管理

20世紀前半において、流れ作業方式による多種多量生産が確立されたが、消費の要求は仕様の多様化に向かい、情報化社会を迎えて生産は多種多量な需要に即応する必要が生まれてきた。

ここにおいて生産の管理は、従来のスタティックな管理から脱して、需要、生産設備稼働状況、生産の進行状況、結果に即応したオンラインのダイナミックな制御が必要となった。

日立製作所はこのような社会の要請に基づき、オンライン制御に適した計算機システムと、オンライン生産管理アルゴリズムとを開発し、種々の産業に納入してきた。

これらは大小各種の規模、用途にわたり、生産計画の作成指示、生産状況の把握(はあく)、部品の同期化などに活躍して、生産の現場で効果を発揮しており、今後さらに広い分野に導入されるであろう。

計算機システムとしては、情報を制御する性格上、なんらかのオンラインあるいはインラインのコンピュータ間リンケージを有する

\* 日立製作所大みか工場

\*\* 日立製作所中央研究所

こと、生産現場の人間とのマンマシン・リンケージに工夫を要すること、ある評価尺度のもとで最適な順列を求めるなど、従来の微分法的な手法では求められない制御アルゴリズムを必要とすることなどの点で特徴を有する。

以下、小形計算機によるオンライン生産管理システムを、その代表的な例をあげて述べる。

### 2.2 生産管理システムへの適用例

#### 2.2.1 生産計画

一般に工場の生産計画は、工場専用設置される制御用計算機に、入力として外部から与えられる場合が多い。これは、たとえば月産台数とか月産トン数達成のための生産計画、あるいは要求納期達成のための工程督促など、本社あるいは中央などで大形事務用計算機により処理が行なわれ、編集されて各工場へ生産指示(命令)の形で与えられるものである。しかし、ここでいう制御用計算機における生産計画とは、もっと実操業に近いものであって、「与えられた生産指示に基づき、一工場内の各現場や部署などにおける具体的な作業の手順を立てること」であり、日ごと、あるいはソフトごとの「各現場の作業員、設備の負荷バランスを考慮しながら生産効率最大化を図り、さらに状況の変化に応じて(たとえば日程計画からのずれ、設備の故障発生、作業員の勤休状況、休止時間の変更など)ダイナミックに計画を立て直して対処してゆく」ところが特長である。例として

- (1) 鉄鋼業分塊工場における均熱炉圧延ラインの鋼塊の装入、抽出段取計算による圧延計画の作成
- (2) ガス原料炭輸送ラインにおけるコンベヤおよび混合槽、貯炭槽運転計画の作成
- (3) 自動車産業組立工場における生産ラインの分岐合流スケジュール計算による生産順序、日程計画の作成
- (4) 鉄鋼業製鉄原料管理における原料ヤードおよび荷役機器、焼結、高炉用貯鉄槽を含む生産計画の作成
- (5) セメント業原料銘柄の混合比率計算を含む日程操業計画の作成
- (6) 鉄鋼業製鋼工場からの指示に基づく副原料秤(ひょう)量、輸送計画の日程作成

などがあげられる。

#### 2.2.2 生産作業指示

生産工場では制御用電子計算機を工程管理の面で、作業員に対するオペレータガイドとして使っている例が数多く見受けられる。工場全体の中での情報のフィードバックループに作業員が介在する場合といえよう。その例として自動車の組立工場における生産作業指示について述べる。自動車の組立工場は前工程である車体工場から回送されてくるホワイトボデーを塗装し、トリムラ

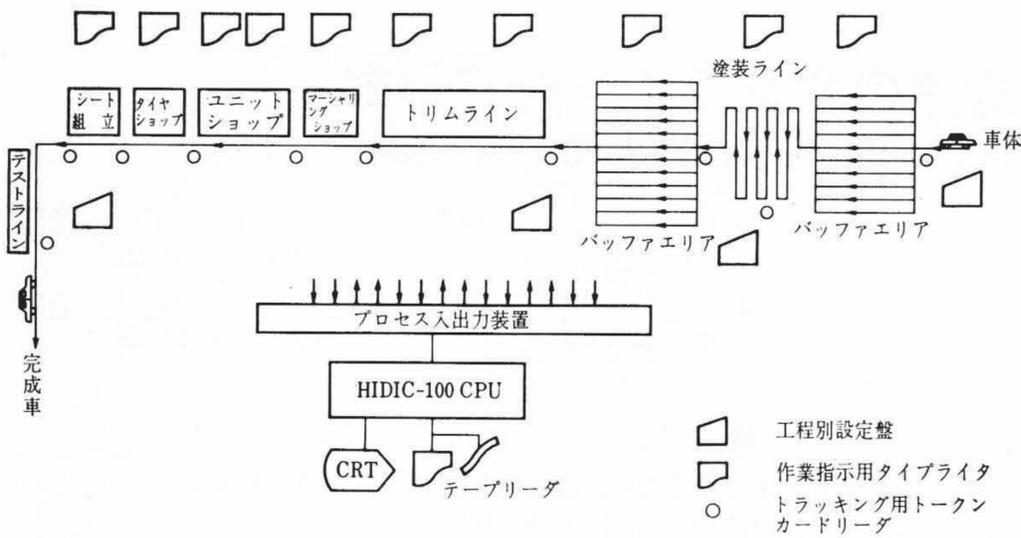


図1 生産作業指示計算制御システムと機器構成

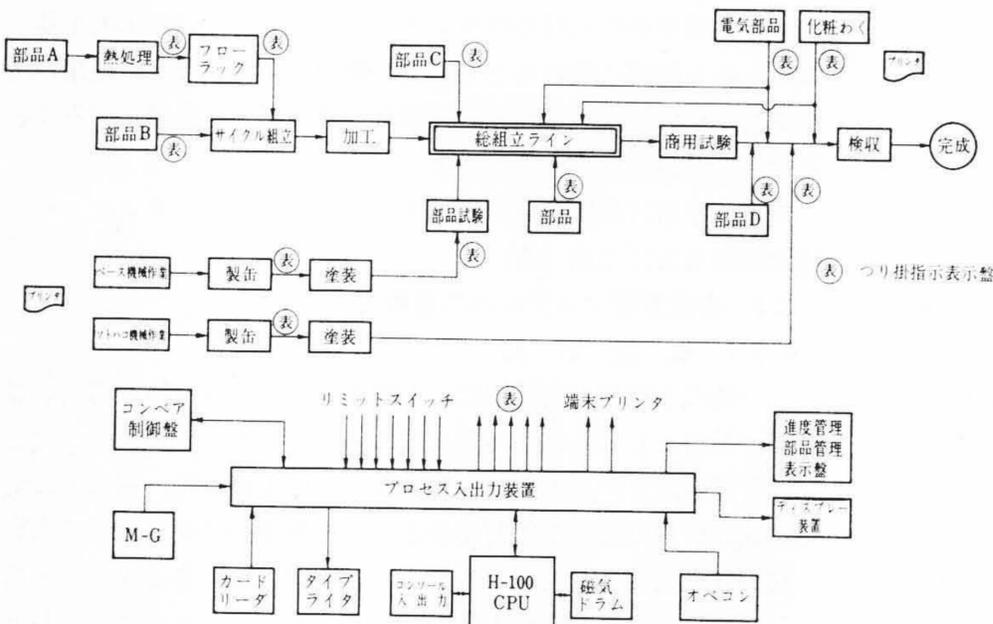


図2 部品同期化計算制御システムと機器構成

インにて内装、外装、電装を施し、シャシを組み、エンジン、タイヤを着けて最後に検査に至り、完成車となる一連の工程を含む流れ作業の工場である(図1)。制御用計算機のおもな役割は、(1) 車体の各工程のトラッキング、(2) コンベヤクレーンの分岐合流の自動制御と順序決め、(3) 各工程作業員への作業指示、(4) 管理資料として生産実績、遅延状況、納期リクエストに対する応答などの出力などがあげられる。

組立工場は大量生産ではあるが、ライン上の各車の生産仕様が1台ごとに異なる車種が流れるいわゆる多種注文生産である。このために作業員に対して詳細な仕様をタイムリーに指示してやる必要がある。その具体例としては、

- (1) ライン上車体の移動に伴うトラッキングチェックポイントを通過するとき、たとえば車体に付加したトークンカードを読み込むなどの方法により、合理性の論理チェックを行ないその確認をするが、もしこのチェックをパスしない場合にはその旨の報知をし、対策を指示する。
- (2) 移動中、要修理車を作業員が発見した場合には、修理回送を計算機に入力し、コンベヤの流れを自動切換するとともに作業員に順序変更の旨を指示する。
- (3) 車体が塗装工程にはいるとその車種および車体ナンバーに対する塗色と塗装仕上目標日、組立完成予定日を現場のタイプライタにより塗色指示票の形で出力する。
- (4) コンベヤのルートに車体が間違えて投入されたことが検知されるとその旨報知し、対策を指示する。
- (5) トリムラインに車体が投入される時点で、後(あと)工程であるマーシャリング・ショップ、ユニット・ショップ、タ

イヤ・ショップ、シート組立ショップにその車体に関するアセンブリ指示票をタイプ出力し、作業準備を指示する。

以上は現場作業員への計算機からの指示であるが、コンベヤの分岐合流に関する指示などは直接出力されて、すべて自動的に制御される。図1はこのような生産作業指示を特長とする計算制御システムの機器構成を示したものである。

### 2.2.3 部品同期化

生産計画に基づき工場を操業する場合に、制御用計算機により組立ラインに部品を同期化させて供給する実施例として、ルームクーラーや洗たく機などの生産工場について述べる。一般に家電製品のような大量生産工場におけるロット単位の生産方式をとる場合には共通の問題といえよう。図2はこのような工場の一般の形態を示し、中央には総組立ラインがある。必要な部品としては外箱、ベース、底板、大物部品、電気品、化粧わく、その他種々のものがある。

これらの部品を組立現場に同期化するように供給してやらなければならない。各部品は途中、加工工程を経るので、時間的に一定の工数分だけ先行してコンベヤにつり掛けさせる必要がある。

これらの工場は複数の種別を同時生産しており、それぞれの形式はロット単位でラインに流され、1台あたり数分のタクトで生産される。ロットは1日に数回変わる。生産計画についてはあらかじめ計算機によりスケジュールがたてられる。計算機には部品表テーブルを記憶しているので、生産順序および製品本体に必要な部品の指示が計算機により

出力可能となる。工程の進捗状況は組立ライン内に設けられたカウンタスイッチの通過信号を計算機に入力し、計算機内にて員数カウントしながら把握する。そしてこの旨を確認のうえ、次の部品のつり掛けを各部品現場に出力し表示させる。各表示盤には今回分および次回分の部品仕様を表示する。このようにして計算機は、工場内の多くの部品加工工程を含めた流れが製品本体の主流ラインと同期しながら、有機的に一体となるように操業を行なわしめ、中間加工部品だや仕掛在庫を減少するように制御をしている。図2は本計算機システムの機器構成をあわせて示している。

### 2.2.4 生産実績の把握

工場の生産実績カード出力、実験室などでのデータ記録、計装関係のデータ記録など、生のデータを出力し、残すという場合に比べて制御用計算機では、アプリケーション・ソフトウェアの柔軟性を利用して、後処理に便利な様式に分類したり、編集しなおして出力するような使い方が盛んに行なわれる。これは生産工程の管理資料が整理しやすい形式で、日報あるいは番報、エンジニアリング・ロギングとして、リアルタイムに入手することができるから、「使いやすい制御用計算機」といわれるための重要な演出の一つでもある。

このようなオンライン性を生かした実施例としてある鋳造部品の生産管理システムについて述べる。この工場では別工程であるユニット工場からの生産要求に従い、月間の生産スケジュールを立てることのほか各種のオンライン実績情報をファイリングして、日報、月報を出力する。スケジュール関係では、原単位情報として、設備の稼働率、歩どまり、勤務体制、仕上重量、リード

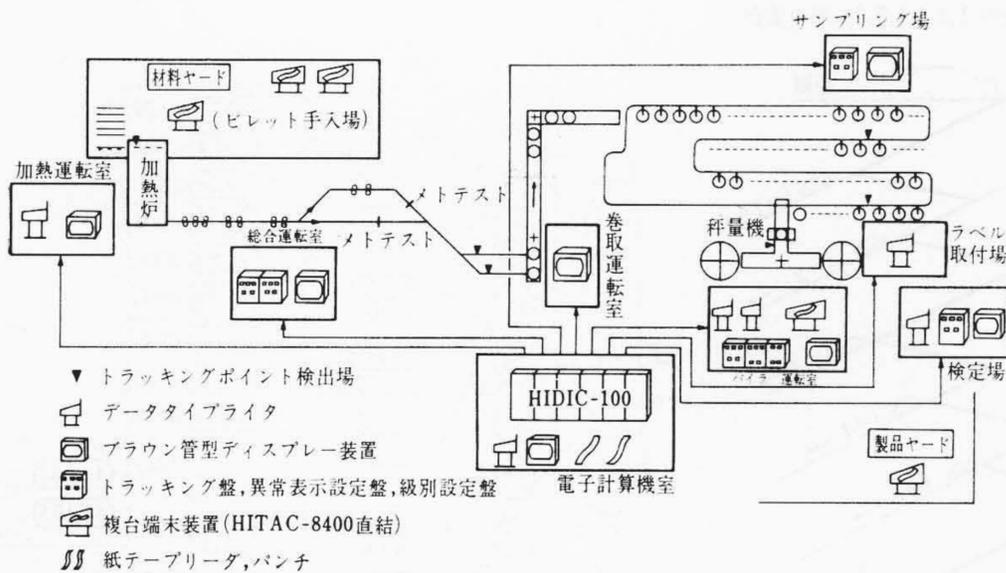


図3 線材工場工程管理情報処理システム略図

タイム標準在庫, 最多・最少在庫, 正味サイクル, 標準仕掛数, 個取数, 各種荷姿, 原材料使用率など, またスケジュール表として部品鑄込み, 中子生産, 部品倉庫, 部品出荷などのスケジュールが与えられる。これに対しオンライン実績情報関係では, 原単位関係で個取数, 原材料使用単位, 原材料納入単位, 各種荷姿数, 単位溶解トン数, 型ライフ命数, 定期補修命数などを出力するとともに下記の実績表を編集して, 1日に数回出力する。

- ① 部品鑄込み実績表 ② 部品出荷実績表 ③ 中子生産実績表
- ④ 原材料納入実績表 ⑤ 検査記録表 ⑥ 不良統計表 ⑦ 型管理実績表 ⑧ モニタレポート

これらにより製品仕掛量の的確なる把握, 適正在庫の実績収集が可能となり, また原材料の適正在庫量の確保ができるとともに実績収集のための人員の大幅な削減を実現した例がある。

### 2.2.5 生産結果の引き当て

ここでは注文データに基づいて生産された成品の注文ファイルへの引き当てを制御用計算機により, ダイナミックに行なっている例として, 鉄鋼業における線材工場の場合を述べる。

この工場は直径9~32mmの高級線材を生産する工場を手入れされたビレットを加熱炉で加熱し, 粗圧延, 仕上圧延ののちコイルに巻き取り, 成品検査, 秤量の過程を経て成品ヤード送りするまでの工程を含む。その模様は図3に示すとおりである。

この過程ではまず制御用計算機とオンラインで結合された中央の事務用計算機から, 生産計画データと注文データが送信されて

くる。制御用計算機側ではこれを編集し, トラッキングファイルと, 注文ファイルを作成する。またこの計画に従ってビレットがロット単位に工場に送り込まれるが, 加熱, 圧延, 冷却, 秤量, 検定の各工程において発生するデータ, たとえば成品重量, 成品級別, 成分, ロットナンバー, 成品サイズなどが, トラッキングファイルに付加されていく。そしてトラッキング上の最終工程である検定場からの発信により, 成品の注文ファイルへの引き当てが行なわれる。その方法は

- (1) 注文ファイルの中の引き当てナンバーを優先順序として同一圧延サイズ継続中に引き当てる。
- (2) 圧延サイズが変更された場合には, オーバロール (Over Roll) 成品については中央計算機側で引き当てを対策することにし, 注文の未定についてはショート処理 (Shortage) のため中央に通報する。

- (3) 工場計算機側では, 注文ファイル100個分のデータエリアを保有し, ショーティジについては中央からの指令があれば記憶を消去する。
- (4) 引き当てはダイナミックに行なわれる。すなわち検定場からの発信により, 成品コイルごとに引き当て可能な注文ファイルを検索し, 最優先 (注文不足品を最優先とする) のものから引き当てるようにしている。
- (5) オーバロールはその都度, 中央側に伝送し, 中央計算機の計画ファイルから落とす。

などである。これらの演算がロットごとに中央計算機とデータを通信しながらダイナミックに行なわれ, 引き当てに従って両者の注文ファイルをメンテナンスしていくところが大きな特長といえよう。これにより制御用計算機は大容量ファイルを保有せずすみ, かつオーバロール, ショーティジの効果的な対策を時々刻々行なうことができる。

この工場の制御用計算機のシステム構成は図4に示すとおりである。この計算機は多くの役割を演じているが, ここでは引き当ての機能についてのみ紹介した。

図5は現場運転室で生産管理用に稼働中の制御用計算機の周辺装置を示したものである。

### 2.3 オンライン・ダイナミック・スケジューリング

制御用計算機は, データロガーが, SCC, DDC 的用途からさらに守備範囲を広げて, 一工場全体の生産性向上を企てるような範囲まで使われるようになってきている。工場内の単一機器のデータを入出力して, 高能率運転を図るだけにとどまらず, 操業中に発生する多くの情報, たとえば, 機器故障, 休止時間の変更, 作業員の勤休, 前後工程の勘案など投入順

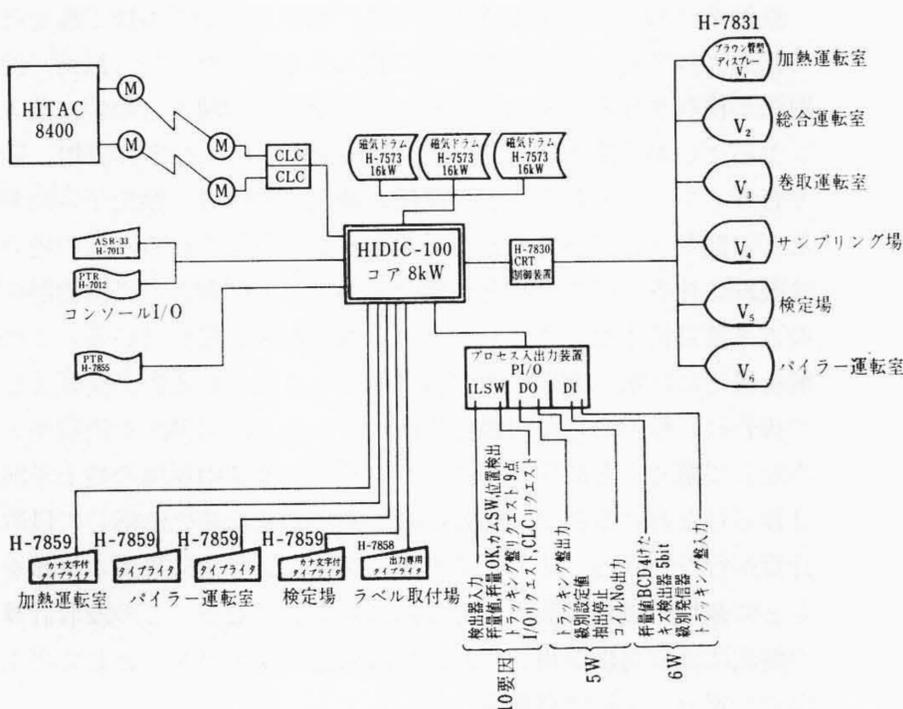


図4 線材工場計算制御システム機器構成

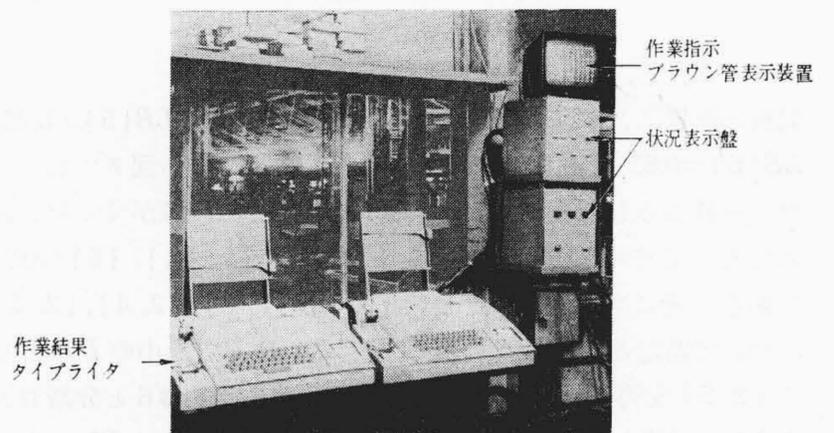


図5 生産管理における実用例

序の乱れをフィードバックし、一つの工場を有機的なシステムとしてとらえて、この中で総合的な見地から生産性をあげるための最適解を算出して、これに基づいて作業しようとするものである。このような用途は省力化と生産性向上を旗印に行なわれる計算機導入の意図にかなうものであり、大きな投資効果が期待される。特に工場の生産管理面での計算制御においては、オンライン情報をダイナミックに修正しながら最適解を適用する方式、ダイナミックスケジューリングに関する数式モデルがいろいろの分野で実用化されつつある。

2.3.1 最適配列順序決定におけるBBMの適用

自動車組立工場は需要の増大に伴い車種も増し、顧客の好みに合った塗装色、ドア、シート、エンジンその他の部品に

至るまで、各種各様の仕様が要求され、多種多量の生産方式をとっている。特に組立工程は1本のライン上を1台ごとに工数の異なる車種が一定の速さで動くコンベヤに乗って、一定のタクトで流されるので、ある作業、たとえば、シートを取り付ける仕事を専門に行なう作業組の作業員軌跡が、時間とともに一定間隔のゾーンからはみ出したり、復帰が困難な状態になることを避けなければならない。図6はその模様を示したものである。このためには組立ラインにはいる前に設けられている数十台を収容するバッファエリア上のいくつかの車種から、ライン上のゾーンのおのおのの工数と前後関係を考慮のうえ、作業員軌跡が最もバランスを保つような順序を選んで投入してやる必要がある。

この最適配列順序の決定を例により説明する。いま、6台の車種  $i, i=1, 2, 3, 4, 5, 6$  の配列順序を求めるとする。作業員の初期作業位置は  $c=0.4$  とし、あるゾーンでの各車の工数を、作業軌跡上の位置のずれ、すなわち1台分の作業終了後、常に一定の速さでラインの流れに逆行して戻する場合の作業前との位置の変分として表わすものとし、6台のおのおのについては表1に示すとおりあったとする。ここで先頭の車種  $i$  を仮定した場合の目的関数、すなわち作業位置変分の集合の下限値  $LB$  を  $\{i\} \geq LB\{i\}$  と書くことにすると、

{1} の場合には

$$LB\{1\} = \max [x(1), x(1) + \sum_{i \in J_1} \Delta i, \max_{i \in J_1} \Delta i]$$

$$= \max [0.4 + 0.18, 0.4 + 0.18 + (-0.6), 0.22] = 0.58$$

ただし、 $J_1 = J - (1) = (2, 3, 4, 6)$  の部分集合を表わす。

{2} の場合には

$$LB\{2\} = \max [x(2), x(2) + \sum_{i \in J_2} \Delta i, \max_{i \in J_2} \Delta i]$$

$$= \max [0.4 + (-0.32), 0.4 + (-0.32) + (-0.1), 0.22] = 0.22$$

ただし、 $J_2 = J - (2) = (1, 3, 4, 5, 6)$

同様の計算により  $LB\{3\} = 0.6, LB\{4\} = 0.22, LB\{5\} = 0.22, LB\{6\} = 0.62$  を得る。この計算過程を示したのが図7である。ツリー状に示した図7において#1の部分まで計算がすすんだことになる。この中で最小の  $LB$  をもつのは {2}, {4}, {5} = 0.22 である。そこで車種順序として {2, 1}, {2, 3}, {2, 4}, {2, 6} について前記と同様  $LB$  の計算を行ない、その最小の  $LB$  として {2, 5} を得る。以下同様にして #3, #4, #5, #6 と分割および  $LB$  の計算を行なう。#6 を計算した段階で、最小の  $LB$  をもつツリーの先端は {4} である。したがって、#6 の次には #7, #8,

車種順序 1,2,3,4,5,6の順の場合

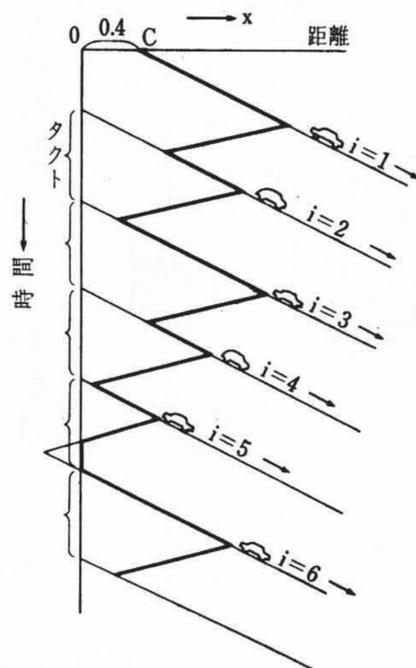


図6 一つのゾーンで作業員の軌跡

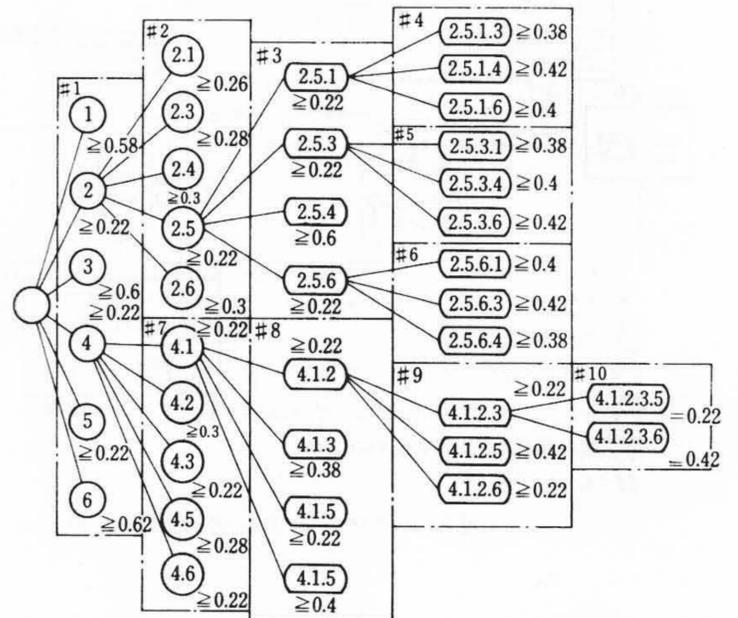


図7 最適配列順序決定過程

表1 計算例 (6台の作業位置変分)

仕様 $i$	1	2	3	4	5	6
作業変分 $\Delta i_c$	0.18	-0.32	0.2	-0.4	-0.3	0.22

初期作業位置  $C=0.4$

#9, #10 と計算が行なわれる。#10 から {4, 1, 2, 3, 5, 6} が最適配列順序であることがわかる。

この計算で6個の仕事の配列順序は  $6! = 720$  とおりあるのに対し、この方法によれば、 $6 + 10 + 8 + 12 + 2 = 38$  回ですむので、大幅に計算時間が短縮される。したがってオンラインダイナミックな計算制御が可能となった。一般には組立ラインは多数のゾーンから成っているが上記の拡張をすればよい。この方法をBBMと称し、配列を分割し (Branching), 目的関数の下限計算式 (Bounding) より解を求めていく方法 (Method) である。

実際には1回に約数十台ないし20台位までの順序決めを行ない、その台数にタクト時間を乗じた周期で計算をする。その結果をバッファエリアから組立ラインへの引き込みのゲートを制御して、コンベヤの自動切換運転を行なっている。なおBBMは汎用性をもたせた標準ライブラリとして完成している。

2.3.2 最適段取計算におけるLP (Linear Programming) の適用

鉄鋼業における分塊圧延工場では、転炉工場から型抜工程を経て輸送されてくる鋼塊を均熱炉に装入するにあたって、最適な段取法が検討される。すなわちチャージ単位の鋼塊をどの炉に装入したらよいか装入待時間 (= 空炉から到着予定までの時間)、隣り合うクレーンの競合、炉の位置、焼上予測時間、抽出予定時刻などの関数として与えられる係数をもとに計算される。この内容は製鉄各社各工場それぞれ異なるが、目的関数としては均熱炉のガス流量最小化、すなわちコスト低減などを用いている。この解を得るには輸送問題の中の特異例として知られる割当問題として扱われ、転炉からの出鋼を生産地とみなし、均熱炉を消費地とみなして解くことに帰着する。オンライン作業中鋼塊の焼上予測計算が行なわれる都度、あるいは均熱炉の状況変化に応じて段取計算が行なわれる。そのダイナミック性により常に最新の情報をもとに鋼塊の最適な装入が行なわれることになる。この段取計算の解法には双対法が用いられ、やはり標準ライブラリとして当工場の計算センターに登録されている。

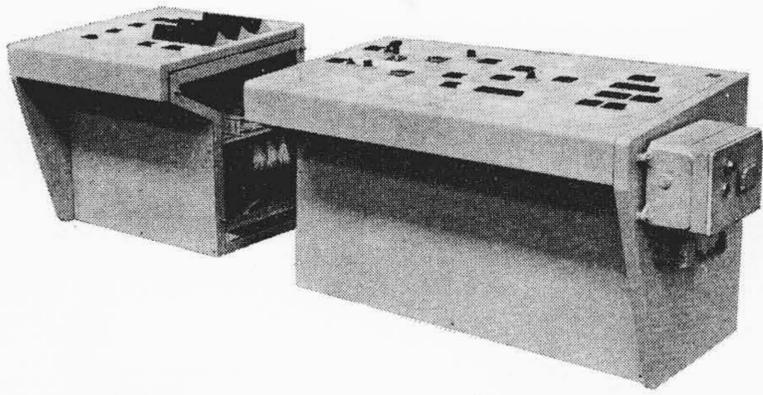


図8 オペレーターズコンソール (右側にトークンカードリーダーを取り付けたところ)

2.4 生産管理計算制御システムの特長

2.4.1 トータルシステムにおけるコンピュータリンク

トータルシステムにおいて生産計画を各工場に徹底し、かつ全体としての生産性も考慮した操業を行なう場合に複数工場間の情報を連絡するために、計算機間を有線で結合して、総合的見地より有機的な演出を行なわしめる。このような例は新設製鉄所などで大胆かつ大規模に計画され、成功している。またこのような例のほかにも、たとえば荷役機器が自ら装備したミニコンピュータを生産管理用の制御用計算機とオンラインで結び、機器の自動制御を行なうような場合もある。

2.4.2 CRT (ブラウン管表示装置)の使用

CRTはオンライン計算制御の現場各所で好んで使われる趨勢(すうせい)にある。これは

- (1) 表示速度が速く(13行×40字/8秒, 16行×40字カラー/1秒), リアルタイムの要求にマッチしている。
- (2) タイプライタ, ラインプリンタなどのように消耗品を使わないので実用的である。
- (3) キーボード操作により問合せが可能であり, 計算機内情報を容易に迅速に表示することができる。
- (4) カーソル操作により, データの変更を確認しながら容易に行なわれる。
- (5) IC化した装置を採用しているため機械的な動作部分がないので, 故障が少なく信頼性に富む。
- (6) カラーの区別により, 多彩な情報をわかりやすく表示できる。

などの長所を備えているためである。

CRTは使い方の面でもプログラム処理上 IOCS (Input/Output Control System) の管理下に登録されていて, ほかの入出力機器と同様に簡単に取り扱うことができるように標準化されている。

2.4.3 トークンカードリーダー

生産管理上, おもにシステムの状況把握用データ入力の方法としてトークンカードが使われる。これは設定盤などの操作の煩わしさがなく, プラスチックカードのために損傷も少なく, 現場に適しているためである。また計算機との結合はプロセス入出力装置を介して行なわれ, 設備上配線だけを考えれば特別の準備も不要である。入出力信号の点数は12行22カラムのカード(標準)の場合に

割込信号	1点	(読込発信用)
DI	264点	12行×22列 (文字用)
	66点	3文字×22列 (パリティチェック用)
DO	1点	(カードリセット用)

である。適用例としては

- (1) 製鉄転炉工場原料秤量システムにおける原料輸送のチェック用——トークンカードリーダーは野天の秤量所にあり, ダンプカーの運転手が使う。

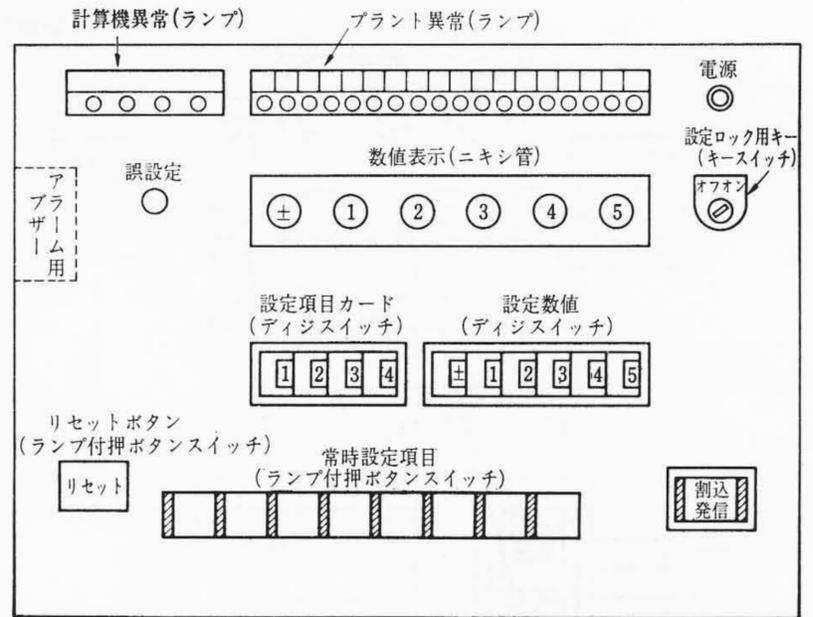


図9 万能標準設定盤盤面

- (2) ガス原料炭輸送システムにおける原料混合比率, データ入力用——制御盤操作室にあり, 作業員が使う(図8)。
- (3) 多量多品種流れ工程システムにおける製品のトラッキング用——トラッキングチェックポイントが各所にあり, 現場組立員が使う。

などがあげられる。

2.4.4 オペレーターズコンソール

オペレーターズコンソールはマンマシン・インターフェースの機器の中で重要な部分を占める。このため一般にはそのプロジェクト用の盤を形, 盤面, 機能ともに専用に設計し, その便を図っている。しかし, 特殊設計による工程, 価格面での問題がないわけではない。このため, システムによってはもし設定項目をコード化することが許されるならば, 万能の標準設定盤を使うことができる。その盤面配置は図9に示すとおりである。

これは計算機またはプラントの異常を知らせるアラームランプ, コード化された設定項目を入力するためのデジタルスイッチ, 常時設定用項目を専用のスイッチで入力するようにしたPBL (Push Button Lamp Switch), 設定すべきデータを与えるためのデジタルスイッチ, 発信スイッチ, 数値表示管などから成っている。すなわちどのような設定項目についてどのようなデータを入力するか, または反対に問合せするかなどができるようになっている。常時設定項目としては日常使用頻度(ひんど)の高い項目について専用化しておくもので, たとえば現在時刻, データ呼出表示, 定刻動作変更, 時刻修正, 任意印字要求, 係数設定, リセットなどがある。

3. 倉庫計算制御システム

3.1 自動倉庫の考え方

多種多量生産の時代においては, 生産あるいは流通の過程で, 多種多様な需要の要求するものを, 要求する場所で, 要求するタイミングで供給することが必須となる。したがって, 最近では倉庫も製造あるいは流通過程の一作業工程とみなすいわゆる流通倉庫の考え方が一般化してきた。このような目的の倉庫においては, 入出庫の効率, スピードの向上および省力化のために, スタッカークレーンを用いた立体倉庫と計算機システムとを結びつけた自動倉庫の導入が盛んになりつつある。

自動倉庫の利点は, 入出庫の所要時間が短いこと, 設備の稼働効率の良いこと, 格納効率が高いこと, 省力化されていること, 在庫品の記録, 入出庫記録がオンラインで, 誤りなく, 直ちに得られることなどである。

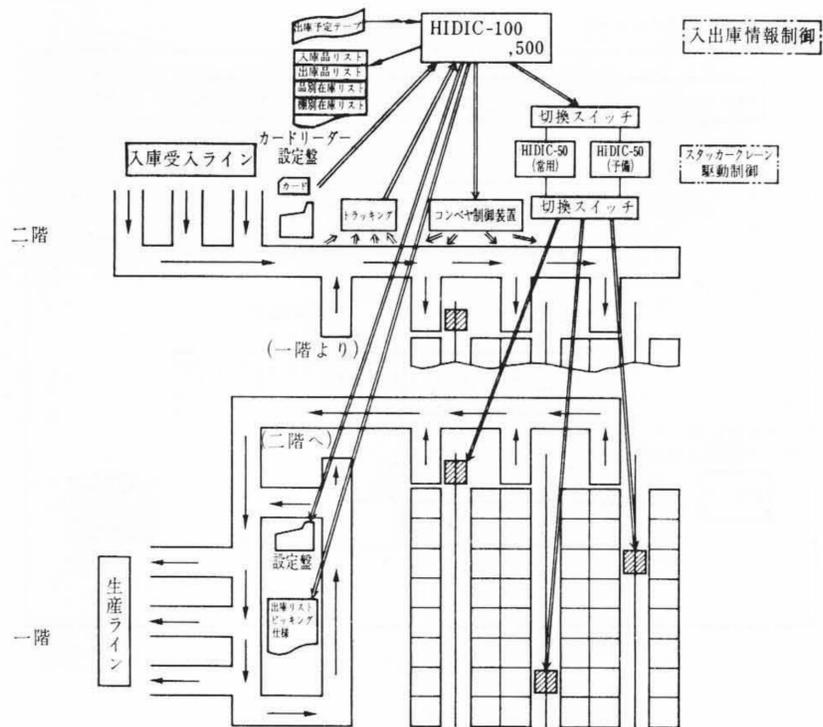


図10 自動倉庫システムの一例

これらの自動倉庫の利点を完全に発揮させるには、スタッカークレーン、コンベヤなど倉庫そのものの設備のエンジニアリングとともに、倉庫システムが生産あるいは流通ラインの一部としてダイナミックな働きをするよう、発注、入荷、受払い、生産、出荷などのシステムとの最適なリンケージを計画する必要がある。

また、倉庫システムを自動運転する計算機と、これを管理運営する人間との間の、現場におけるマンマシン・インターフェースの方法も重要なポイントである。

日立製作所は、生産のオンライン制御において多数の実績を有する制御用計算機やオンライン機器により、特徴ある倉庫制御用計算機システムを完成、現在数セットの設備を設計製作中である。また日立製作所大みか工場には、制御盤用部品自動倉庫を建設し、計算機制御およびその運用面における試験を行なっている。

### 3.2 自動倉庫の構成と働き

自動倉庫の制御は、機能的には在庫情報ファイルの制御とスタッカークレーンなどの駆動の制御に大別することができる。図10は一例を示したものである。

#### 3.2.1 倉庫制御の機能

在庫情報の制御は、① 入庫品情報インプットによる収納棚 (たな) 位置 (ロケーション) の決定。② カードリーダーあるいは設定盤などの出庫要求により、その収納棚位置の在庫ファイルからの取り出し。③ 入出庫棚ロケーションのスタッカークレーン駆動制御への出力。④ 入出庫品の情報の記録の作成、などである。

スタッカークレーン駆動制御はスタッカークレーンの位置ぎめ制御、速度制御、荷くづれチェック原点戻しバックアップ制御などである。

#### 3.2.2 自動倉庫制御方式

自動倉庫の制御方式を図11に示す。

- (A) リモートコントロールでは、上述のファイル制御は、オフラインの別の計算機あるいはマニュアルで行ない、決定されたロケーションを駆動制御用の小形計算機に入力し、スタッカークレーンの位置ぎめ、入出庫駆動のみを自動的に行なうものである。ロケーションの入力は、カード読取機あるいは設定盤上のスイッチにより行なわれる。
- (B) オンライン・カスケード、コントロールには、ファイルコントロール用オンライン計算機を設置、駆動制御と接続、ロケーションを駆動制御計算機に与えて、駆動制御を行なわせる。この方法はファイル制御計算機故障時には切替ス

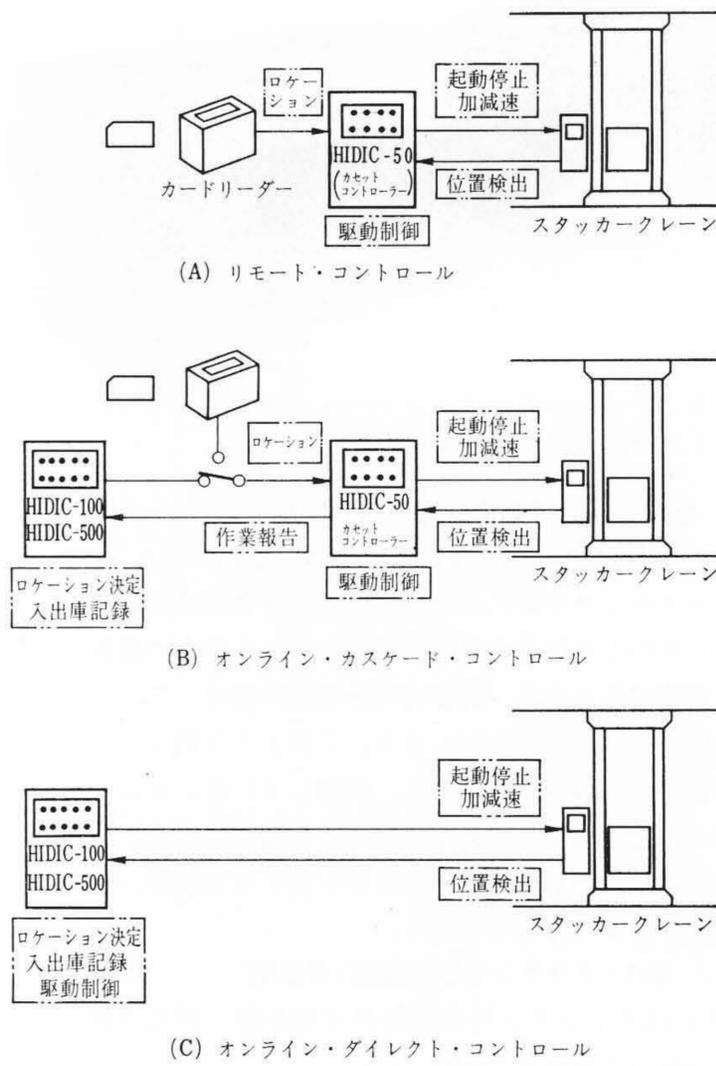


図11 自動倉庫制御方式

イッチにより、(A)のレベルでの運転を行なうことができる。

- (C) オンライン・ダイレクト・コントロールは、1台の計算機によりファイル制御、駆動のための位置検出器のカウンタおよび速度制御などの駆動制御を行なうものであり、経済的な方法である。

### 3.3 倉庫制御計算機システム

#### 3.3.1 スタッカークレーンの駆動制御と HIDIC-50

スタッカークレーンの駆動制御を図12に示す。

積荷の安定と、入出庫の能率向上のためには、スタッカークレーンの高速かつなめらかな起動停止が必要である。スタッカークレーンの駆動電動機としては、直流電動機あるいは極数変換誘導電動機が用いられるが、超小形計算機 HIDIC-50 (カセットコントローラ) は、定められたプログラムに従い、位置検出器出力をカウンタし、現在位置を検出、与えられた目標ロケーションとの差を演算、最適速度を決定し、電動機駆動回路を制御する。HIDIC-50はカセット形の固定記憶装置をもった超高速超小形の汎用デジタルコントローラである。

速度および位置制御およびチェック回路の複雑なロジックも標準化し、パッケージ化した読出し専用記憶装置「カセットメモリ」として組み込んであるため、停電や操作ミスによっても記憶は破壊されず、600 ns という高速の演算処理により高性能の制御が行なわれる。

#### 3.3.2 入出庫情報制御計算機システム

入出庫オンライン制御計算機システムは、下記の機能を必要とする。

- ① 現場からの多数の割込みに応じて、適切なタイミングで多重のプログラム処理を行なうプロセス用のモニタシステム
- ② 在庫情報を記憶しておき、必要に応じて取り出すことのできる大容量記憶装置

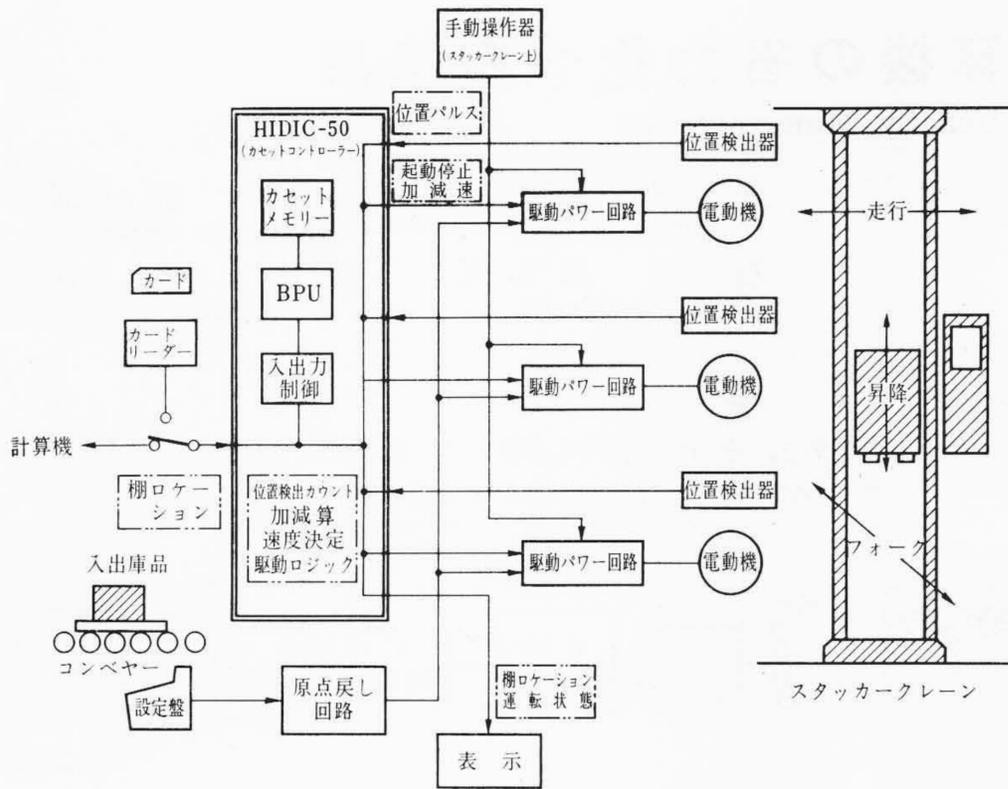


図12 スタッカークレーン駆動制御

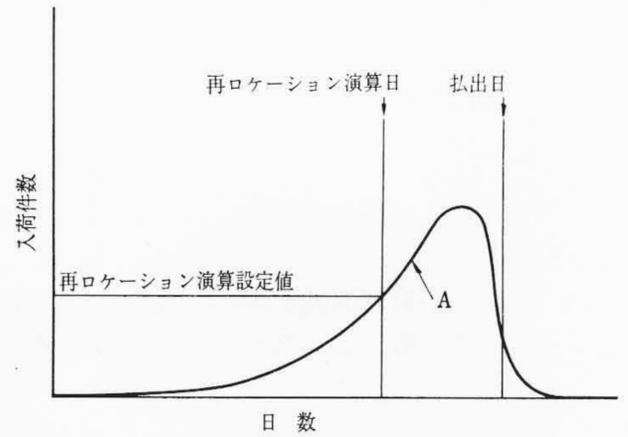


図13 入荷件数密度分布

③ 現場の設定情報、コンベヤ、スタッカークレーンなどの駆動指令や検出、現場表示などのプロセス入出力装置

④ 倉庫の操業の間常に稼働している高い信頼性

HIDIC-100 および HIDIC-500 は、これらの条件をすべて満たすとともに、マンマシン・インターフェース用などの豊富な入出力機器を備えており、多様なシステムの要求にこたえることができる。HIDIC-100 は比較的小中形の倉庫用、HIDIC-500 は大形倉庫用である。

### 3.3.3 マンマシン・インターフェース

倉庫の円滑な運用のためには、マンマシン・インターフェースとして、現場における各種の入出力装置が必要になる。

#### ① カードリーダ

現場において、入庫品の検収終了時、あらかじめ発注時に作成したカードをカードリーダにかけることにより、入庫品の品名、員数、向け先などを計算機に入力する。

80 欄の紙カードのもの、小形のプラスチックのトークンカードなどがある。

#### ② 設定盤

現場からの入力には、カードが準備されていない場合には、設定盤上のスイッチに上記情報を設定、発信することにより同様に入力することができる。

#### ③ 表示盤

入出庫の品番、ロケーションを現場のコントロールルームに表示し、チェックをさせる。

#### ④ ブラウン管表示装置

コントロールルームにおいては、ブラウン管表示装置のインクワイアリキーボードにより、計算機に問合せメッセージを発生し、在庫品情報、ロケーションなどを任意に得ることができる。

#### ⑤ ロギングタイプライタ

入出荷の際に入出庫記録をタイプアウトし、また一定時刻に、在庫記録をタイプアウトする。多量の情報を扱う大形倉庫では、ラインプリンタを使用する。

### 3.4 倉庫システム運用のアルゴリズム

自動倉庫システムの設計には、その運用方式、機械設備、計算機システムにわたる総合的エンジニアリングが必要である。すなわち、対象収納品およびその生産あるいは流通形態により、それぞれ異なる

倉庫構成となる。たとえば、入出庫頻度の高い流動部品は、入出庫の容易な構成として設備および計算機システムを設計しておく必要があり、入出庫頻度の少ない緩動部品は、比較的に入出庫速度は遅くても設備を簡素化するほうが望ましい。また同一設備内であっても、機器運用の最適化により倉庫能力を高めるエンジニアリングが必要である。一例として、機械組立工場の部品倉庫において、組立てる製品ごとの部品収納棚のロケーションについて説明する。この場合、組立製品に対する必要部品の入荷件数の日数に対する割合は図13のAの曲線で表わされる。これらの入荷品は同一製品用なので、同一ロケーションであるから、入荷のたびにパレットを出し入れする必要がある。図13でみるように、入出庫頻度の高くなる日数は比較的短いので、ロケーション決定のアルゴリズムにおいて、最初は入出庫所要時間の大きなロケーションとし、入出庫頻度確率が一定値を越えるQ点において、再度ロケーション決定を行ない、入出庫に便なロケーションを割り当てることにより、入出庫効率をあげることができる。そのほか、コンベヤなど付属設備の能力も重要な要素であり、前述の生産管理における場合と同様に、システムとしての最適化を図ることが必要である。

## 4. 結 言

生産および倉庫のオンライン計算制御について述べた。これらは、生産や流通の現場がダイナミックに制御され、MIS (経営情報システム) にも直結される段階に進むもので、従来の生産あるいは在庫の管理と一時期を画するものである。しかし、現在における適用例は、現生産あるいは流通ライン中のごく一部に過ぎない。今後多くの産業に取り入れられ、同時にシステム間の情報のリンケージが進められ、ハイアラーキ構成に進み、ネットワーク化して行くであろう。それに伴い、計算機システム技術、制御アルゴリズムなど解決すべき問題も多い。

終わりに各システム開発に携わられたユーザー各位、および開発に協力していただいたかたがたに深く謝意を表す。

### 参 考 文 献

- (1) 宮崎, 藤木: 日立評論 51, 176 (昭44-2)
- (2) 穂坂, 浅田: 日立評論 52, 696 (昭45-8)
- (3) 小淵, 三森: 日立評論 51, 171 (昭44-2)