

日産自動車株式会社相模原部品センター納め

# 自動倉庫計算機制御システム

## Computer Controlled Automatic Warehousing and Information System for Sagami-hara Parts Center of Nissan Motor Co., Ltd.

The HIDIC-700 computer control system has recently gone into operation at the Sagami-hara Parts Center, Nissan Motor Co., Ltd. With its huge multi-storied, automated warehouse, this Parts Center serves as a distribution center where parts for all types of Nissan automobiles are controlled for distribution to after-service stations both in Japan and abroad. In its scale and function this distribution center for service parts ranks among the largest in the world.

The HIDIC-700 computer system installed here is intended for high efficiency, smooth operation of the Center performing such functions as supervising and control of inventory, control of load handling machinery, dispatching of orders, exchanging of information with upper order computers concerning warehousing, distribution and inventory of parts. For this purpose, the computer has incorporated such new techniques as warehouse scheduling, algorithm for adjusting balance of load between machinery and workers, tracking and automatic control of load handling machinery, complicated information processing, convenient inquiry system, etc.

- 安島 敏夫\* *Toshio Ajima*
- 川村 忠良\* *Tadayoshi Kawamura*
- 宅間 豊\*\* *Yutaka Takuma*
- 川野正一郎\*\* *Masaichiro Kawano*
- 高木 照夫\*\* *Teruo Takagi*
- 浜田 亘曼\*\*\* *Nobuhiro Hamada*
- 都島 功\*\*\*\* *Isao Tushima*

### 1 緒 言

技術革新による新技術の開発および情報化社会における多様化、サービス性の向上などの社会的ニーズとがあいまって、産業界の姿は大きく変わろうとしている。流通業界や各種の製造業をはじめ各産業界の流通部門においても、従来の人手にたよる方式から、新技術をフルに採り入れた新しい流通システムへと脱皮すべく、各種の開発が進められている。中でも倉庫と呼ばれる部分は、流通システムの中核となる部分であり、合理化の必要性が大きく叫ばれている。しかし、これら流通関係の本格的な計算制御システムは、開発の日はまだ浅く、ソフトウェア、ハードウェアともに多くの改良、開発が進められつつある。今回の日産自動車株式会社相模原部品センター(以下、部品センターと略す)の計算機制御システムは、多くの新しい技術を採り入れた本格的な自動倉庫制御システムである。

### 2 部品センターの概要

#### 2.1 日産自動車株式会社のサービス部品受注出荷システム

部品センターは、自動車補修用部品のサービスセンターであり、国内約470店および海外各地約200店の販売店に対し部品を供給する。この部品センターの説明に先だち、まず日産自動車株式会社のサービス部品総合管理システムにつきその概略を図1によって説明する。全国の各販売店からの注文の形態は、定期注文、不定期注文および緊急注文の3種類がある。定期注文は、各販売店ごとに毎月決められた日に注文書が計算センターに郵送され、不定期および緊急注文は、テレックスまたは電話により注文が受け付けられる。これらの注文品は計算センターでまとめられて、部品センターに送ら

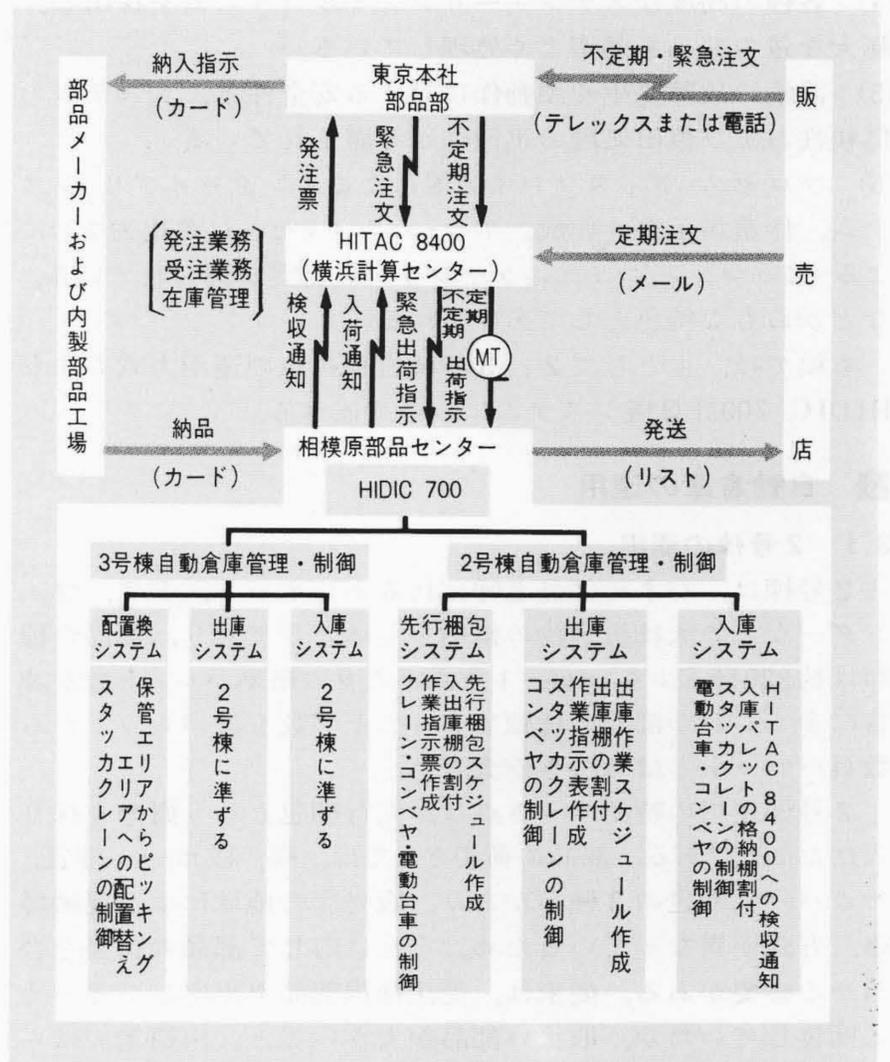


図1 サービス部品総合管理システム サービス部品の受注から出荷に至るまでの部品総合管理システムおよびHIDIC 700の主要処理業務を示す。

Fig. 1 Total Management System for Service Parts

\* 日産自動車株式会社相模原部品センター \*\* 日立製作所大みか工場 \*\*\* 日立製作所日立研究所 \*\*\*\* 日立製作所システム開発研究所

れる。部品センターでは、HIDIC 700により出庫スケジュールをたて各販売店ごとに部品をまとめて出荷する。なお、HIDIC 700のおもな業務内容は図1に示すとおりである。

### 2.2 部品センターのレイアウト

この部品センターは、オール日産の各販売店に対し、部品を円滑、迅速に供給することがその任務である。センターは、格納部品の性質によってこれを大きく4ブロックに分割し、1号棟(とう)(平屋)には特殊長尺品を、2号棟(高層自動および平屋)にはパネル品を、3号棟(高層自動)には小物品をそれぞれ格納しており、また4号棟(平屋)は輸出部品の集約、梱包(こんぼう)場となっている。この中の2、3号棟の自動倉庫においては、入出庫管理、在庫管理、機械の制御、作業指示などすべての管理業務および運営が、HIDIC 700によって行なわれ、さらに入出荷および在庫関係の情報がHIDIC 700と横浜の計算センターにある上位計算機、HITAC 8400との間で交換されている。図2は部品センターのレイアウトを示すものである。

### 2.3 部品センター計算機制御システムの特徴

- (1) 上位計算機を含めたハイアラキ構成をとり、内外の日産自動車株式会社の各ディーラー向け全部品を一括管理し、注文に応じて短納期に納入サービスができるシステムとなっている。
- (2) 広範囲な情報処理を行ない、緊急注文、機械故障時の対策、在庫管理上の問題などの異常処理対策もきめ細かく行なわれている。
- (3) クレーン、コンベヤなどの機械の自動制御を行ない、運搬の省力化を図っている。
- (4) 各種の高度なスケジューリングアルゴリズムを採用し、膨大な量の部品を効率よく処理している。
- (5) 設備の故障発生や誤動作に対する安全性と、システムの信頼性および復旧処理の迅速性が考慮されている。
- (6) プロセスディスプレイ装置によるインクワイアリシステム、作業指示書の作成、アラームメッセージの出力などによるマンマシンコミュニケーションの充実が図られている。などがおもな特色としてあげられる。

本稿では、主として2、3号棟自動倉庫の運用方式およびHIDIC 700計算機システムについて述べる。

## 3 自動倉庫の運用

### 3.1 2号棟の運用

2号棟は、パネル部品と呼ばれるボンネット、ドア、フェンダーなどの大物板金物の格納を主体としており、部品の種類は約320種と少ないが、1部品あたりの格納パレット数が非常に多く、かつ部品の種類によってその数も数パレットから数百パレットとばらつきが大きい。

2号棟運用の特記すべき点は、先行梱包という概念を採り入れたことである。部品の荷姿としては、裸、段ボール梱包、ピロパック梱包の3種類があり、販売店の地域により運搬経路、方式が異なっているため、それに応じて部品の荷姿を合わせる必要がある。従来は、受注後裸部品を出庫してそろえて梱包していたが、取扱い部品が大きいこと、出荷量のばらつきがそのまま梱包作業に影響して、梱包資材の手配、作業人員にロスが生じ、さらに受注から発送までの期間が長くなるために、本システムでは、あらかじめ梱包品の出荷量を過去の実績から推測して、数日前に梱包し保管しておく方法をとった。これにより、梱包作業負荷の平滑化およびサービス期間の短縮をねらったものが先行梱包システムである。

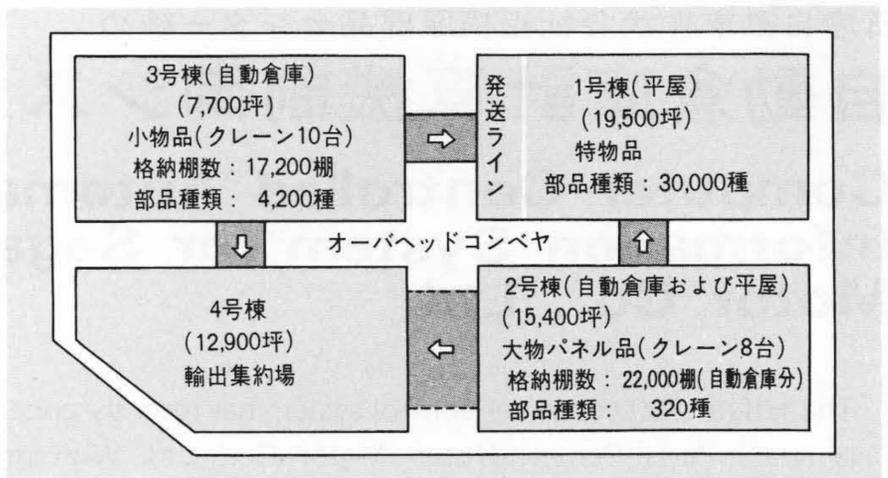


図2 部品センターのレイアウト 部品センター全体のレイアウトで、2、3号棟の自動倉庫の位置付けを示す。

Fig. 2 Layout of Sagamihara Parts Center

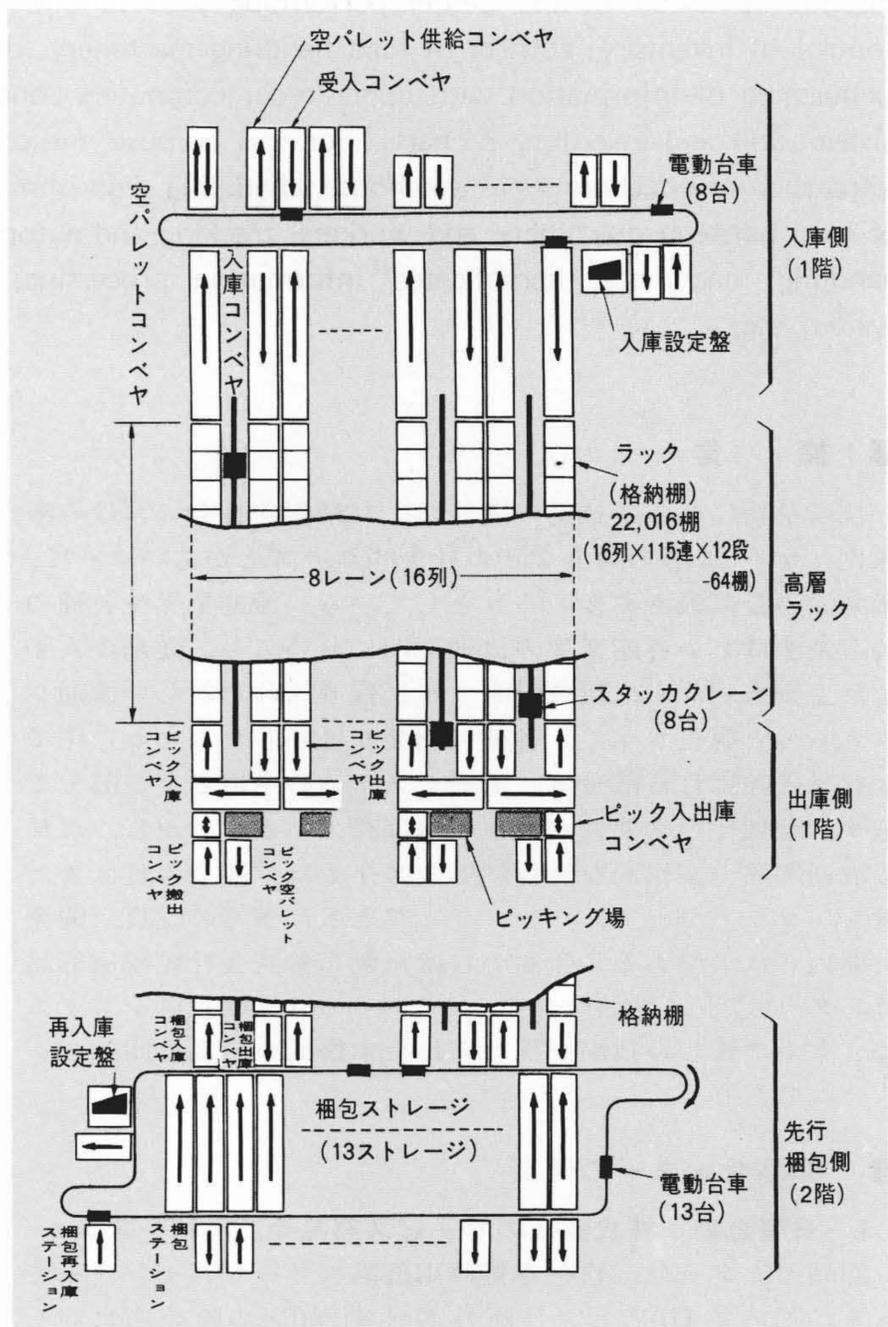


図3 2号棟レイアウト 2号棟大物パネル物品自動倉庫の概略レイアウト(平面図)を示す。

Fig. 3 Layout of the Automated Warehouse for Large Assembly Parts

次に2号棟運用の概要を図3によって説明する。

#### (1) 入庫

パネル部品を積んだトラックがパレタイズ場に到着すると、入庫作業者がパレタイズを行なう。パレタイズに必要な空(から)パレットは、作業者の要求により自動的に空パレット供給コンベヤに供給される。パレタイズされた部品は、受入れ

コンベヤ上に一時待機し、くぎりのついた所でパレット数が設定されるとこれが計算機に登録され、以降は計算機により自動的に入庫される。

受入れコンベヤ上のパレットは、電動台車に載せられる。電動台車は、入庫設定盤の前で停止し、部品名、員数、パレット番号などがカードおよびスイッチにより設定された後、入庫コンベヤの所まで移動しパレットを降ろす。パレットは入庫コンベヤにたくわえられ、スタッククレーンが入庫サービスに入るまでここにとどまる。

空車になった電動台車は、空パレットコンベヤから空パレットをとって元にもどる(空のままもどる場合もある)。

スタッククレーンは、出庫サービスの休憩時間および出庫終了後に入庫サービスを行ない、入庫ストレージ上のパレットを棚(たな)に格納する一方、棚から空パレットを空パレットコンベヤ上に運び出す。

(2) 先行梱包

昼間スタッククレーンは入庫、出庫サービスに専念しているため、棚と梱包作業場間のパレットの出し入れは、入出庫作業の終了後に行なわれる。

まず梱包すべき部品のパレットが、スタッククレーン、梱包出庫コンベヤ、電動台車を経て梱包ストレージ上に並べられる。これらのパレットは翌日の昼間に電動台車により梱包ステーションに送られ、梱包場へ出される。梱包されたパレットは次々に梱包再入庫ステーションに運ばれ、電動台車によって再び梱包ストレージに送られる。このとき、電動台車は途中再入庫設定盤前で一時停止し、パレット情報が設定される。

梱包ストレージ上の梱包済みパレットは、電動台車、梱包入庫コンベヤ、スタッククレーンによって運ばれ、再び棚に格納されて注文を待つ。

(3) 出庫

出庫作業は昼間の大部分の時間スタッククレーンを独占してしまう。クレーンはスケジューリングされた順序に棚の指示された位置からパレットを運び出し、ピック出庫コンベヤを経てピックアップ場まで搬送する。ピック作業者は、作業指示書やピック表示盤の指示に従って作業を行なう。通常のピックアップを行なうときは、必要員数だけピックし、これを対

面の集荷用パレットに積み替える。ピックの終了したパレットはピック入庫コンベヤ、スタッククレーンによって再び棚に格納される。

パレット内の全部品を出庫するユニット出庫の場合には、ピック出庫コンベヤからピック入出庫コンベヤを経て外部へ出庫される。

3.2 3号棟の運用

3号棟格納部品は、すべて小物部品であり、部品の種類は約4,200種と2号棟に比べてはるかに多い。そのため3号棟では多品目の部品の組み合わせから成る多様な出庫要求に応じて、該当パレットから必要な数の部品をピックアップし、組み合わせる作業が重要なポイントとなり、販売店ごとの部品の同期比と機械設備の負荷バランスとの競合が問題となる。本システムではこの両者を両立させるような運用スケジュールアルゴリズムが考慮されている。(6)(7)

2号棟格納部品とのおもな相違点は、部品点数が多く、1部品あたりのパレット数が少ないために、1部品1アイルになっていること、入庫と出庫が同じ側にあること、作業者がスタッククレーンに乗ってピックすることおよび先行梱包を行なわないことなどである。

以下に3号棟運用の概要を図4によって説明する。

(1) 入庫

トラックで入荷した部品は、パレタイズされ受入れ検査ストレージコンベヤで検査された後、受入れストレージコンベヤに並べられる。所要量がストレージされると、入庫設定盤から各パレットの情報が設定され、計算機によって行先アイル(レーン)が決定され、電動台車、入庫コンベヤを経てスタッククレーンにより所定の棚に格納される。所定の入庫コンベヤが満杯(ばい)の場合は、いったんパレットをオーバフローコンベヤに待避させることにより、後続のパレットの動きを妨害することなく入庫作業が続行される。

(2) 出庫

出庫は、トレー付スタッククレーンに作業者が搭(とう)乗し、計算機で決定された棚を順次ピックアップしつつ移動する。作業者は、出庫要求のある部品の棚から、販売店別、部品別に要求数量をピックアップしバケットに入れる。そして、行先集約ラインを光電管分岐用マーカにセットし、バケットをトレー

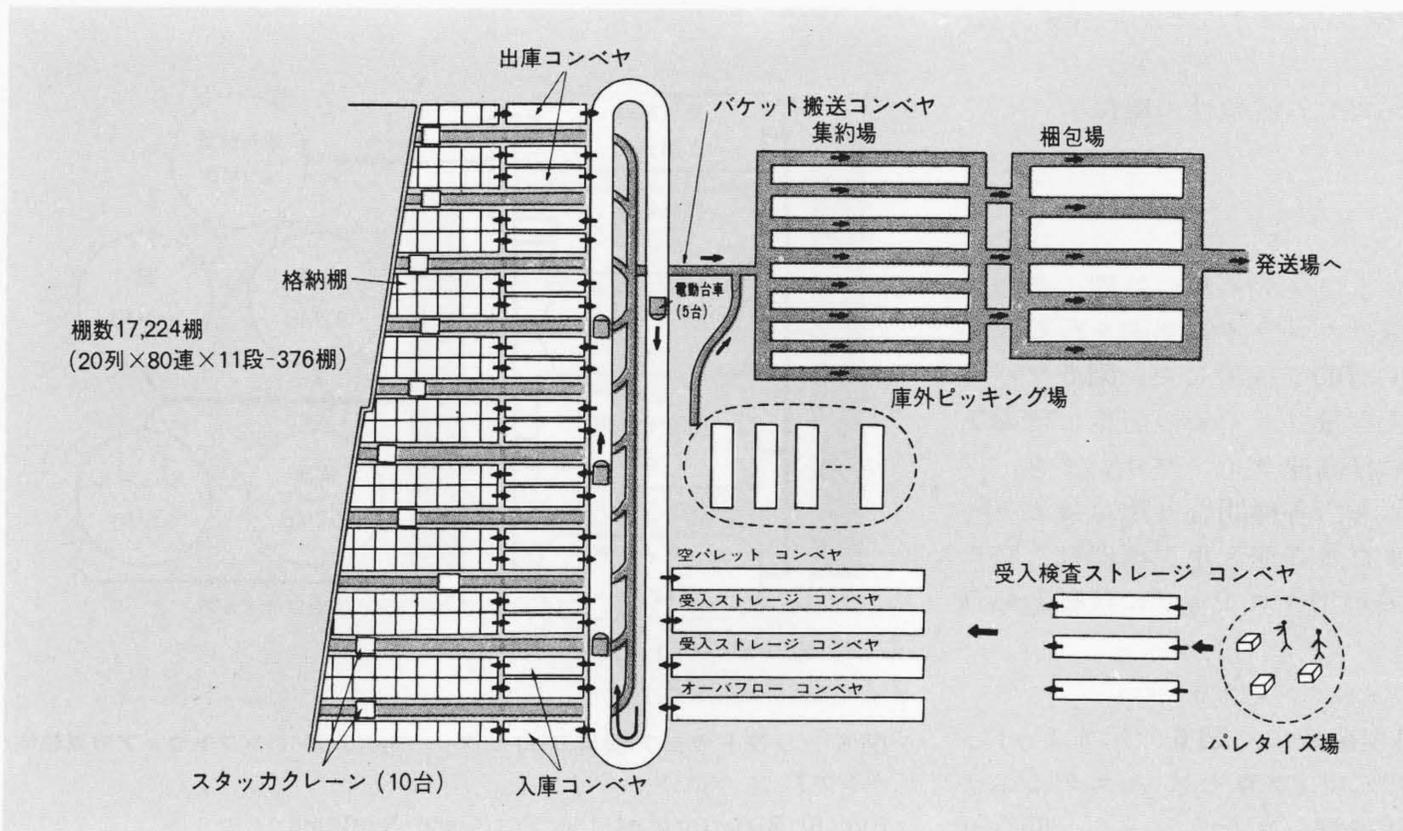


図4 3号棟レイアウト  
3号棟小物部品自動倉庫の概略レイアウト(平面図)を示す。

Fig. 4 Layout of the Automated Warehouse for Small Assembly Parts

に載せる。バケツはバケツ搬送コンベヤを経て集約場へ送られる。

また、出荷要求量が1パレット以上になる場合には、パレットごと庫外に出庫し、複数人員でピックする。この場合は、スタッククレーン、出庫コンベヤ、電動台車を経て受入れストレージコンベヤへと搬送され、庫外ピッキング場へ運ばれる。

なお、ピッキングにより空になったパレットは、スタッククレーンにより出庫コンベヤへ搬出され、電動台車、空パレットコンベヤへと運ばれ、パレタイズ場へ供給される。

(3) 配置換え

3号棟は、各アイルとも三つのブロックに分けられている。これらは入庫側から奥の方向へ順次入庫エリア、出庫エリア、保管エリアと呼ばれる。主として、入庫エリアはパレットの入庫、空パレットの保管に、出庫エリアはピッキングに、保管エリアは部品の保管に使われる。

入庫時間は短時間であるため、一時入庫エリアに入庫しておき、回転率の低い部品のパレットを後で保管エリアに移す。またピッキングで空になったパレットは、翌日ただちに出入庫できるように出庫エリアから入庫エリアに移す。これにより空(あ)いた棚には保管エリアからパレットを移してピッキングに備える。

これらの作業は、格納棚間のパレットの移動作業であり、これを配置換えと称する。

3.3 技術的課題

本システムの設計にあたり取り上げられた技術的課題のおもなものは次のとおりであり、以下に述べる計算機制御システムおよび運用スケジュール方式は、これらの課題を満足するよう考慮されたものである。

- (1) サービス時間(受注から出荷まで)の短縮
  - (2) 省人化
  - (3) 設備能力の有効活用
  - (4) 安全、確実、効率の良い倉庫の運用
  - (5) 作業負荷の平滑化
  - (6) 複雑、多岐にわたる情報の迅速、正確な処理
  - (7) 大容量ファイルのオンライン高速処理と高信頼化
  - (8) 自動倉庫機械のオンライン制御
  - (9) 人間工学的に配慮されたシステム
  - (10) 使いやすく充実したマンマシンコミュニケーションシステム
- (11) 2, 3号棟の同時処理とシステム信頼性の確保

4 計算機制御システム

4.1 機器構成

本システムは、膨大な情報およびファイルの処理、多数の高速入出力機器および荷役機械のオンライン制御を行なう必要上、大形制御用計算機HIDIC 700を採用した。図5にハードウェア機器構成を示すが、大容量ファイルの記憶には磁気ディスクを、大量の帳票出力には高速ラインプリンタを、プログラムの格納には磁気ドラムを、各種問合せ用にはカラーディスプレイ装置を採用し、また各高速入出力機器は、特にHIDIC 700特有の入出力高速処理用プロセッサに接続し処理能力の向上を図っている。

4.2 ソフトウェア

本計算機システムのおもな処理機能は、図6に示すように、オンライン用システムプログラム(プロセス モニタ システム)のもとに、機械制御、情報処理、スケジュール、問合せ

処理、ユーティリティなどのアプリケーション プログラムがあり、さらに各情報ファイル群の一括管理を行なうファイル管理プログラムがあって、これらが有機的に結合し効率よくオンライン処理が行なわれる。同図の括弧内の数字は各プログラムの容量比率を示し、ファイル群の数字は各ファイルの容量をメガバイト単位で示したものである。なおプログラム量は合計約320k語である。

4.2.1 システム ソフト

オンライン タスクのスーパーバイザ リプログラムであるプロセス モニタ システムと本格的なデータ ベース システムに対するファイル サポート用プログラムとしてデータ マネジメント システムが採用されている。

4.2.2 在庫ファイルの構造

在庫ファイルは、部品番号をキーとした1トランズアクションごとに処理できるように、ランダム ファイルとする必要がある。本システムでは、ランダム処理だけでなく、スケジ

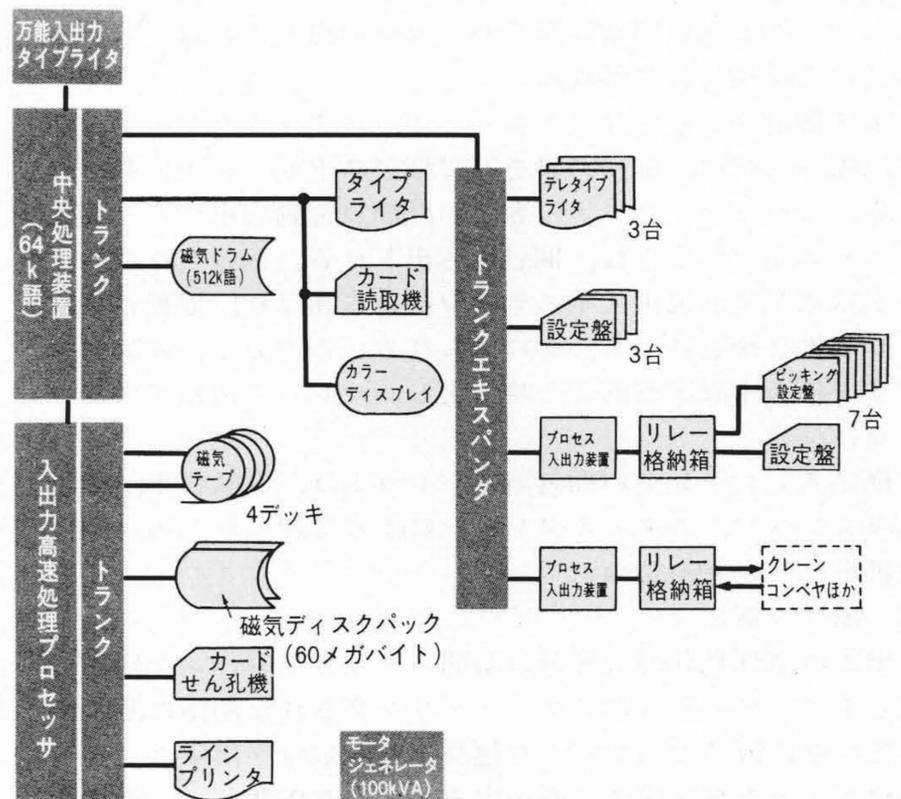


図5 HIDIC 700システムハードウェア機器構成 HIDIC 700システムのハードウェア機器の概略構成を示す。

Fig. 5 Hardware Structure of H-700 Computer Systems

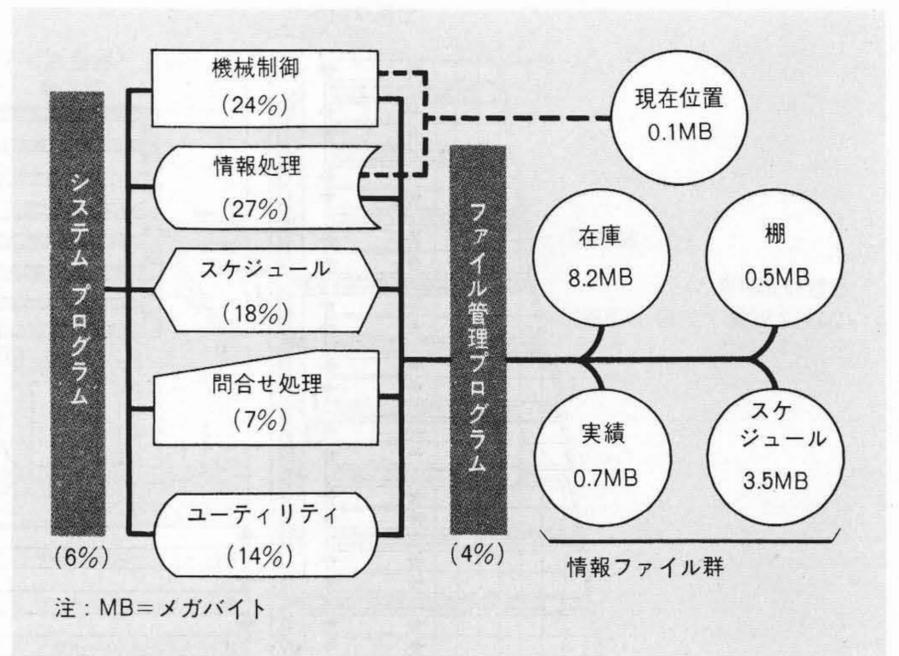


図6 ソフトウェア機能ブロック HIDIC 700のソフトウェアの概略体系を示す。

Fig. 6 Structure of the Software Systems

ユーザ、帳票作成のためにシーケンシャル処理もあるので、インデックス、シーケンシャルファイルとした。このため、制御用トラッキングテーブルにもEBCDIK12けたの部品番号をそのまま記憶するのではなく、部品番号のシーケンス番号で代用することができ、ファイルサーチ時間の短縮、記憶容量の削減にも役だった。

#### 4.2.3 ユーティリティ

##### (1) ソートマージ

ファイル処理は、処理時間短縮のためにシーケンシャル処理を主体としているが、レコードを部品番号順、販売店順、注文番号順と処理の途中で何度も並べ替える必要がある。このため、専用タスクとしてソートマージを設けた。これは、コンソールから単独にでも、他のスケジュールタスクなどからでも起動することができる。

##### (2) ジャーナル

磁気テープに計算機の処理経過を記録しておき、処理内容の分析や、システムのバックアップに利用する。

- (a) プロセス入出力装置と外部機器との信号授受の記録
- (b) 在庫ファイル、棚ファイルなどへの書込み記録
- (c) 設定盤などからの入力記録

#### 4.2.4 オンライン入出力機器処理プログラム

今回のシステムには、タイプライタ、プロセスディスプレイなどのような低速または小容量の出力機器とラインプリンタのような高速大量のデータ出力用機器が多数接続されている。そのため、各機器がその特長を生かした使い方ができるようなソフトウェア、ハードウェア上の考慮を払い、処理遅れの少ないプログラム構成にしている。

#### 4.3 マンマシンコミュニケーション

多数の機器を駆使し、大量の物と情報を相手に運営される自動倉庫システムでは、マンマシンコミュニケーションはきわめて重要である。たとえば、在庫情報や移動物品の情報の確認、情報の修正、機器故障の状況把握と迅速な処置、誤操作や機器の誤動作の摘出と人への連絡など、各種の情報が人間と計算機および機械の間でひんぱんに交換される。そのため本システムでは、プロセスディスプレイ装置を使ったインクワイアリシステムを採用するとともに、誤操作や機械の故障、その他各種異常内容の印字および重要事項の確認印字を行なうための専用タイプライタを設置した。図7は、プロセスディスプレイ装置の一例を示すものである。

また、現場への作業指示や、現場からの設定情報を入力するための設定盤も、倉庫システムとして欠かすことのできないものの一つである。図8はその一例を示すものである。

### 5 運用スケジュール

#### 5.1 運用スケジュールの基本思想

この部品センターの自動倉庫システムにおいては、一定の設備をできるだけ効率よく使用し、しかも円滑に運用することが重要なことである。そのためには、システム運用の最適スケジュールを立て、これに従った運用を行なうことが必要となる。ここにその最適運用スケジュールの基本思想について、図9により説明する。

倉庫システムの機能は、格納、入庫、梱包、出庫のサブシステムに分けることができる。一方、設備能力としては、格納能力、すなわち実質的にどれだけの品物が格納できるかという能力と、稼働能力、すなわちどれだけの品物を単位時間に倉庫内外に出し入れできるかという能力の二つが基本となる。本システムの最適運用スケジュールにおいては、まず第

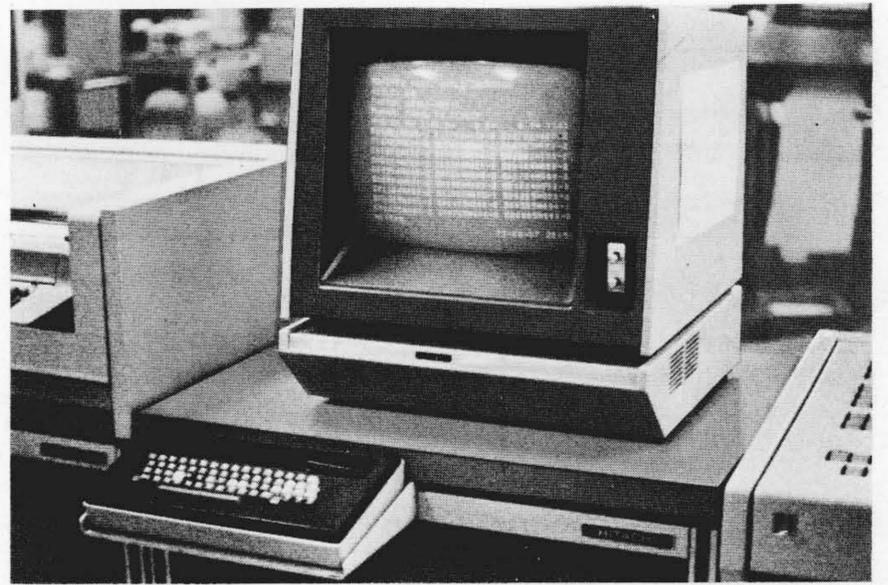


図7 プロセスディスプレイ装置 プロセスカラーディスプレイ装置の一表示例を示す。

Fig. 7 Process Display

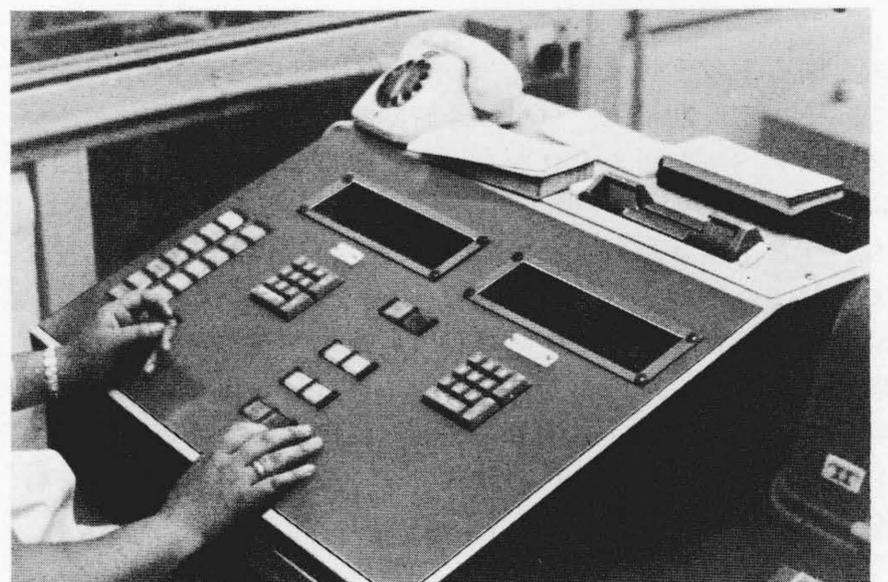


図8 設定盤 現場設定盤の一例を示す。

Fig. 8 Operator's Console

一に、これらの設備能力を各サブシステムに対してどのように配分するのが最も効率よく、経済的であるかということと、第二に、クレーンの故障、アイル間の在庫量の不平衡、注文形態の変化など、各種の条件変化によって生ずる設備能力の低下を最小限に押えうるような適応制御方式を追求した。

この適応制御方式は、たとえば稼働効率と格納効率との間の融通性を図ること、すなわち特にクレーンなどが忙しく、稼働能力が問題となる場合には、格納効率を多少ぎせいにし、稼働効率を上げたり、あるいは格納ブロック間の融通性を強化することなどを考慮したものである。

#### 5.2 運用系の目標分担

図10は、以上の基本思想に基づき、部品センターの目標を各運用系の目標としてブレイクダウンし、各サブシステムにどれだけの効果を分担させているかを概念的に示したものである。各目標の分担量は同図に示すとおりであるが、これらの目標を各サブシステムに分担させる際には、どれだけの効果があるか、プログラムの処理性はよいか、具体的に評価できるかを検討したうえで決定されなければならない。

最適運用の手法としては、ヒューリスティックな手法によるもの、線形計画法や整数計画法などの高度な数学的手法を用いたものなどを有効に使い分けている。

#### 5.3 運用スケジュールの多段階構成

上記の運用系における運用スケジュールを実現するにあたっては、時間軸上において、アイル間、各設備間の負荷の balan

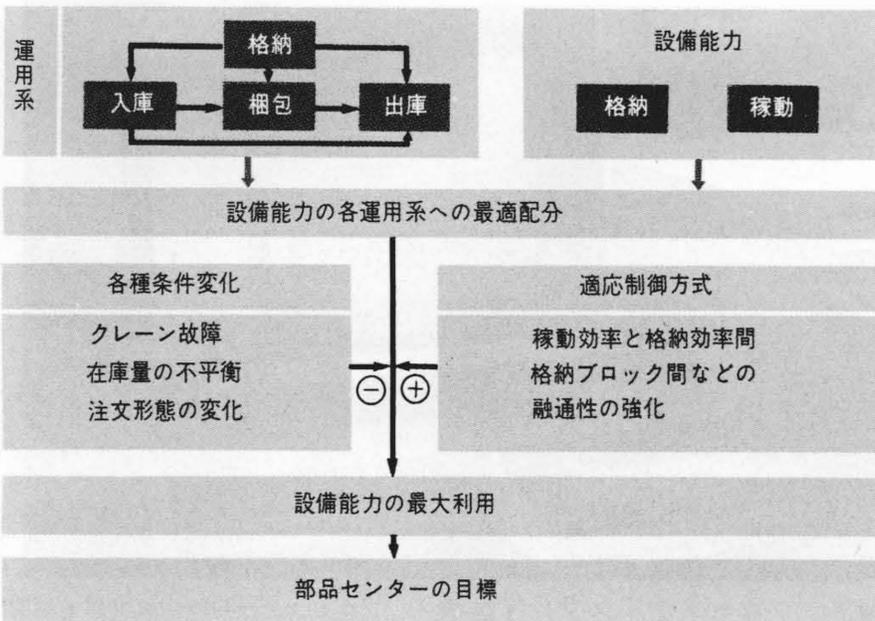


図9 運用スケジュールの基本思想 部品センター運用のための最適スケジュールの基本的な考え方を示す。

Fig. 9 Philosophy of Scheduling Algorithms

スを図る手段を対象サブシステムの負荷の変動周期に応じて、それぞれ期単位、日単位、時間単位、時々刻々など、マクロなレベルからミクロなレベルに至るまでを分類し、図11に示すような運用スケジュールの多段階構成をとる。これは、ちょうど生産計画の大日程、中日程、小日程計画の考え方に似ている。

期単位の管理には、格納品目の最適アイル割付、販売店の最適集約ライン割付などがあり、これらはシステム立上りの時点では最適に部品を配置しても、長期にわたる需要パターンの変化によって、それが最適でなくなるために再割付を行なうものである。

日単位、時間単位、時々刻々の管理についても、ここにあげた運用スケジュールによって最適運用が行なわれている。

5.4 運用スケジュールのシミュレーション結果

以上の最適運用スケジュールに対する評価のためにシミュレーションを行なったが、その結果の一例について述べる。

出庫の際の販売店アイル割付方式によっては、1台のクレーンが故障した場合、スケジュールによりカバーしない場合には、他のアイル間負荷バランスが25%程度悪くなるのに対して、スケジュールにより10%程度改善され、また出庫パレット割付方式によっては、クレーンが忙しいために稼動能力を上げることが目的として、わずかな端数パレットを作り、格納効率を1.5%下げることにより、稼動効率を約10%向上させることができる。その他の各スケジュールについても同様で、目標に対する効果が確認されている。

6 結 言

- 本部品センターは、昭和48年8月から稼動を開始したが、この相模原部品センターの設立および計算制御システムの導入によって、日産自動車株式会社の補修用部品のサービス体系は一段と前進した。本システム導入によるおもな効果をあげると、
- (1) サービス部品の納期の短縮が実現し、部品販売店へのサービスが向上した。
  - (2) 大幅な省人化が達成された。
  - (3) 情報の一元管理による管理能率の向上と信頼性の向上および有力なインクワイアリーシステムの導入による情報の即時入手が可能となった。
  - (4) 作業負荷の平滑化が図られた。
  - (5) 輸送効率の向上ならびにマテリアルハンドリング、流通

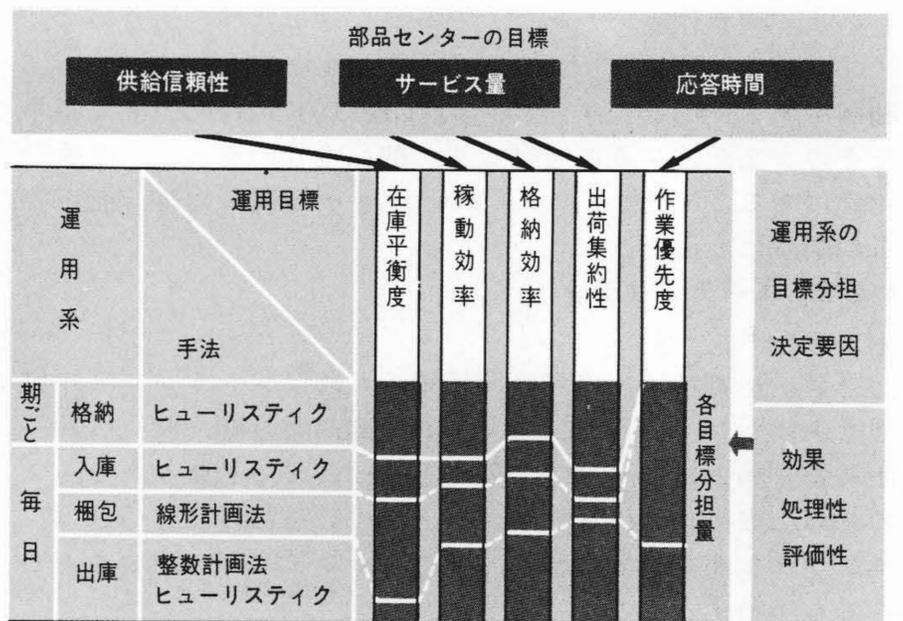


図10 運用系の目標分担 各運用サブシステムの各目標に対する効果の分担量を示す。

Fig. 10 Objectives Shared by Each Subsystems

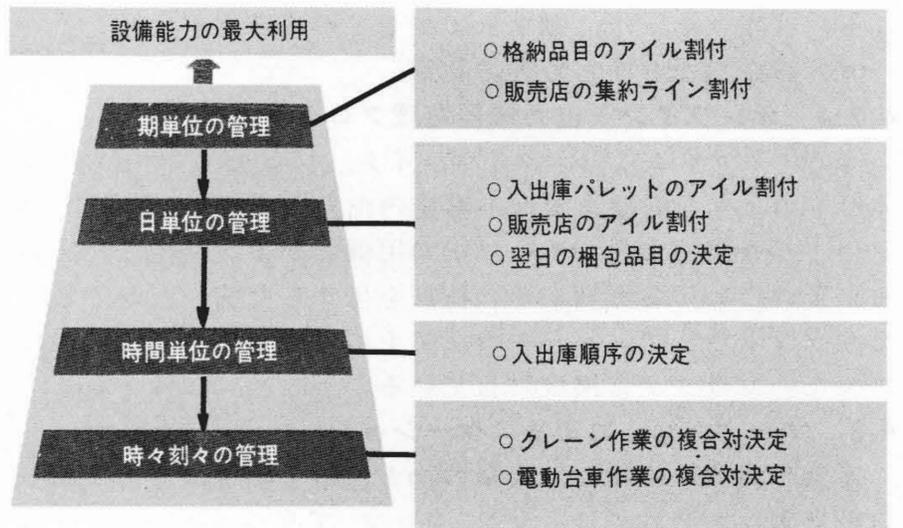


図11 運用スケジュールの多段階構成 運用スケジュールをマクロなものからミクロなものまでに分類し、これをハイアラキ構成とし、各スケジュールを有機的に結合させていることを示す。

Fig. 11 Scheduling Hierarchy

経費の節減が図られた。などである。

今後ますます流通システムの合理化が進められ、流通センターを中心に、生産工場からユーザーに至る流通ネットワークシステムがクローズアップされてくることであろう。本稿の内容が多少なりとも役だつことになれば幸いである。

最後に、本システムの完成にご協力いただいた石川島播磨重工業株式会社、大福機工株式会社の各位ならびにその他の関係各位に深謝する次第である。

参考文献

- (1) 科学技術庁計画局編：「2000年までの科学技術」：科学技術と経済の会（昭46-10）
- (2) 宅間，浅田，川野，三森：「生産管理および倉庫のオンライン計算制御」，52，1157日立評論（昭45-12）
- (3) 森田，川崎，川本，平井：「日立制御用計算機HIDICシリーズ」，55，509日立評論（昭48-5）
- (4) 桑原，桜川，片岡，神内：「HIDICオペレーティングシステム」，55，521日立評論（昭48-5）
- (5) 高橋：「倉庫の自動化設計」，日刊工業（昭46）
- (6) 都島，三森：「物流変換機構」，電気学会全国大会（昭47）
- (7) S. Mitsumori, T. Sato, I. Tsushima: "A Nem Automatic Warehouse System With High Picking Efficiency", ORSA/TIMS/AIIE. Joint National Meeting, Atlantic City (Nov. 1972)