

---

 解 説
 

---

## 立体自動倉庫の情報処理

吉 田 恪 郎\*

## 1. はじめに

近年生産工程の自動化により、大量生産を前提とした製品の品質向上、原価の低減は実現したが、これらの恩恵を最終消費者の利益に結びつけるには、大量流通を前提とした流通チャネルの合理化・近代化が必要である。この流通チャネルは商流と物流の2つの側面を持っているが、立体自動倉庫は物的流通 (Physical distribution) 分野の1つの構成要素として登場したものである。最近の土地価格の高騰、人件費の上昇と荷役作業などの単純労働の忌避、品種の多様化と食品、特に冷凍食品などに必要とされる先入れ先出しの厳守など、時代の要求を背景とし登場した立体自動倉庫の必然性は、次に掲げる因果関係により理解することが出来る。

1. 土地の価格騰貴→倉庫の立体化
2. 人件費の上昇、入出庫量の大量化→入出庫作業自動化のためのスタックークレーンの採用とパレットによる棚 (Rack) 保管
3. 品種の多様化、先入れ先出しの厳守→入出庫管理・在庫管理への電算機の応用

これらの立体自動倉庫には入庫・出庫に伴う荷物の品種別分類、品揃え、パレタイズ、仕向地別仕分けなどのための周辺荷役装置である分類コンベア、パレタイザ、トラックローダなどが付け加えられ、1つのマテリアル・ハンドリング・システムを形成する。またこれらはシステム内の物の流れを管理する情報処理システムと表裏一体をなし、物と情報が一対一に対応され、それに基づいてマテハン機器の操作が行われる。これが立体自動倉庫が別名情報倉庫と呼ばれる所以である。立体自動倉庫の応用の場は大きく分類すると下記の分野があり、それぞれ異った特徴を持っている。

1. 生産工場の原材料製品倉庫 購買システム販売出荷指図システムとの関連性強く、原材料倉庫の場合は供給が止ると生産がストップするので特に

信頼性が要求される。

2. 生産工場の仕掛品倉庫 立体自動倉庫の情報システムは生産管理システムのサブシステムとして有効に機能する必要がある。
3. 港湾・空港・ターミナルなど輸送の節点における倉庫 輸送システムとの関連深く、輸送手段の回転率向上のため短時間に大量の出入仕分けを行う能力が要求される。(流通センターとも呼ばれる)
4. 消費地周辺の倉庫 大口輸送と小口輸送の節点を成し、多品種の品揃え仕分け機能が重視される。(配送センターとも呼ばれる)

以上説明したように本来立体自動倉庫は全体物流システムのサブシステムとして把え周辺との関連において論じなければならない性格のものであるが、本稿では紙面との関係もあり、典型的立体自動倉庫の数例について、その制御システム、情報処理システムを中心に、実際のシステム設計の際の参考にも資するよう具体的な解説を試みる。

## 2. 物の流れについて

そもそも立体自動倉庫に要求される機能は如何なるものかを具体的物の流れに沿って考察する。

## 2.1 入庫

## (イ) 品種別分類

例えば工場から生産された製品ケースが入庫するとき、多品種が同時に生産入庫される場合にはパレタイズの準備過程として分類コンベアによる品種別分類が必要になる。分類コンベアでは供給コンベアから流される製品ケースが分岐装置により各分類コンベア上に品種に従って分岐する。分類コンベアの1系列上に1パレット分の同一品種の製品の個数が揃うと、それらはパレタイザに向って払い出される。

## (ロ) パレタイズ

数個ないし数十個の製品ケースをパレットに積付け、入出庫及び庫内のマテハンパレット単位に行うことにより、荷役作業能率を高めることが出来、ラッ

\* 東レエンジニアリング(株)

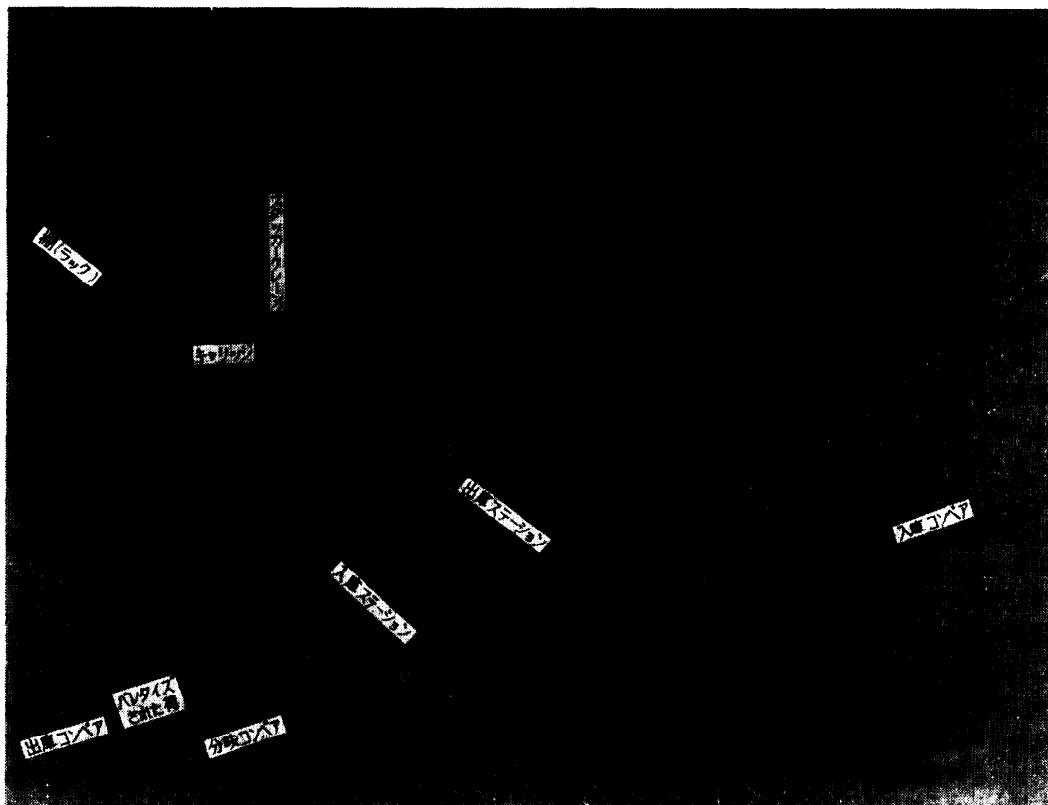


Fig. 1 立体自動倉庫

ク内の保管単位も纏まって保管効率の向上も達成出来る。パレットの製品ケースの積付パターンはパレット運搬に際して荷崩れが生じないように、各層ごとにパターンを交互に変え、ケース相互間の摩擦により滑らないよう工夫することが出来る。多様なサイズのケースを取扱う必要のある輸送会社などに対して、製品ケースのサイズをオンライン端末からインプットするとパレット積付パターンをオンラインで表示してくれる、オンラインデータサービスも実用化している。

#### (ハ) 棚入れ

パレタイズされた製品ケースは入庫コンベアにより該当するクレーン系列に分岐され、スタックークレーンにより所定の棚間口に格納される。

### 2.2 出庫準備

出庫に際してはパレット単位以下の個数の製品ケースを1つの客先に向けて出荷する場合には、パレットから必要個数を取る作業が必要でこれをピッキングと言う。通常は輸送の都合から出庫時間帯は夕方の短時間に集中するのが一般的傾向なので、出庫の準備作業

であるピッキング品揃え棚包宛名貼り作業は平準化するため、事前に品揃え棚包宛名貼りし、庫内に一時仮入庫しておく方法が採られる。

#### (イ) 棚出し

スタックークレーンにより棚間口から搬出されたパレットは、人手により必要個数ピッキングされ棚包単位別に品揃えコンベア上に分類される。ピッキングされて残った山欠けパレットは再入庫される。

#### (ロ) 棚包仮入庫

品揃えコンベア上の製品ケースは1棚包単位の品揃えが完了するごとに棚包され、宛名が貼られ、出荷時間帯までに時間があれば、パレットに載せられて庫内に入庫される。このようにすれば出庫荷捌場の床面積を節約出来る。

### 2.3 出荷

出荷時間帯になれば、予め定められた配車計画に従い、仮入庫されたパレットがスタックークレーンで出庫され、仕向地別（またはトラック別）に分類コンベアで仕分けられてトラックに積込まれて発送される。

### 3. オンライン電算機による制御について

#### 3.1 階層制御 (Hierarchy 制御)

オンライン電算機制御されている立体自動倉庫の多くは、通常は直接電算機がマテハン機器を制御するDDC (Direct Digital Control) ではなく、スタッカークレーン、分類コンベアの制御装置を介して間接的に制御する階層制御方式を採用している。これは電算機に故障が生じた場合にも通常は電算機の出していた信号を、人が代って操作卓から押釦によりスタッカークレーン、分類コンベアに与えることにより、それらの操業を多少能率は落ちても一応は継続出来る利点があり、DDC の場合は電算機故障の際に全システムが完全にストップする。

#### 3.2 クレーン制御装置

棚の各間口には番地 (Address) が対応してつけられている。運行するクレーンが走行方向、キャリッジの昇降方法の番地を検出する方法に相対番地方式、絶対番地方式がある。前者は水平及び垂直方向に通過する間口数を数えて目的の番地を持った間口の場所を検出する。絶対番地方式には近接リレーによる方法、コード化された番地標示板を光電管で検知する方法がある。

クレーン制御装置はオンライン電算機から荷物の棚入れ棚出しする間口の番地を受取り、クレーンの走行モータ、キャリッジの昇行モータを制御し与えられた番地の間口に停止させる。モータ制御は高速、中速、低速などの如く何段階にも分けて加減速を行い、クレーンが移動距離の大小に拘らず最小時間で必要な動作が出来るようになっている。クレーンの動作には入庫のみ、あるいは出庫のみのシングルサイクル、入庫した帰り道の途中で出庫動作を行わせるデュアルサイクルの2種類がある。

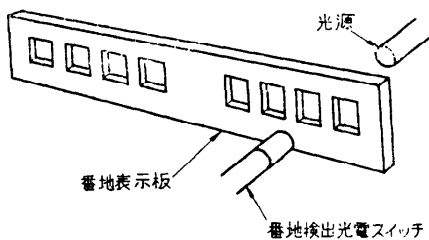


Fig. 2 光電式番地検出装置

#### 3.3 分類コンベア制御装置

同期コンベアを使う場合には、同期コンベアと同期して動くボールホイール制御装置のボールにより分類

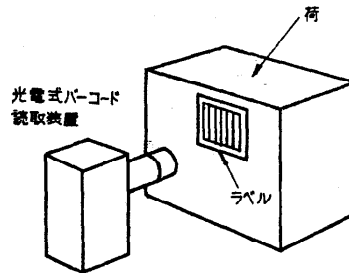


Fig. 3 光電式バーコード読取装置

すべき分類コンベアを選択する分岐装置を動かすことも可能である。この場合はオンライン電算機からは分類コンベアの系列番号をボールホイール制御装置に与えればよい。通常コンベアを使う場合はDDCになるがこの場合はバックアップとしてはコンベアを使用しない方法を(例えばフォークリフト)用意する必要がある。このほかに各ケースに直接バーコードにより品種を表示し光電管で読取る方法も実用化されている。

### 4. データ処理について

立体自動倉庫のオンライン電算機システムによる情報処理は大別するとリアルタイムジョブとバッチジョブに分れ、特に電算機故障時の対策(異常処理)及び故障回復時の通常処理への復帰手順が相当膨大かつ複雑なシステムになるのが通常である。更にリアルタイムジョブが1日中間断なく行われる24時間操業の場合はその複雑さは相当高度なものになる。特にオンライン電算機の信頼性を向上させるために中央処理装置あるいは記憶装置を2重に持つデュアルシステムの場合は最高に複雑になる。棚数が千を超える場合にあっては一旦棚ファイルが破壊されるとその復元は不可能に近いので、デュアル・システムは極端な例で普通は余りその必要はないが、ファイル復元の方策は万全を期する必要がある。

#### 4.1 インプット・データ

##### (イ) 入庫製品の品種コード

入庫製品の品種は、作業員が製品ケースごとに品種コードを分類コンベアの前の供給コンベアの近くに設置された操作卓からキーインするか、あるいは前述のような製品ケースに印刷されたバーコードを光電管で読取る方法によりオンライン電算機にインプットされる。

##### (ロ) 出荷指図データ

この例ではほとんど大部分の出荷については例えば

前日のうちに出荷先別品種コード別数量がインプットデータとして準備されていて、当日インプットされる出荷指図は例外的な緊急出荷に限ると仮定する。この緊急出荷指図のインプット締切時刻は予め取決めておかねばならない。

4.2 リアル・タイム・ジョブ

(イ) 入庫分類処理

入庫分類コンベアの系列数には限りがあるので1時に入庫する品種の種類を予め知り、1品種で何パレット分も入庫する品種については分類コンベアの系列を割当て、1品種で1パレットに満たない品種はその他系列に混合して流す。この分類コンベアと品種の対応関係は電算機にインプットしてやる。電算機は分類コンベアの系列数を表す信号を分類コンベア制御装置に送り分岐装置を動作させ、また正規の品種を割付けられた分類コンベアに1パレット分の製品ケースが蓄積されると、その分類コンベアに対して払出し信号を送り製品ケースをパレタイザーに送り出す。

(ロ) 棚入れ

オンライン電算機は空棚ファイルより入れるべき空棚番地を探し、当該系列の入庫コンベアに分岐信号を出し、続いてスタックークレーンに入庫すべき棚間口番地を与え入庫動作を起させる。

(ハ) 仮出庫

インプットされた出荷指示に基づいてオンライン電算機は品種コードをキーにして Fig. 5 の棚ファイルから当該品種の入っている棚間口の番地を探し、それ

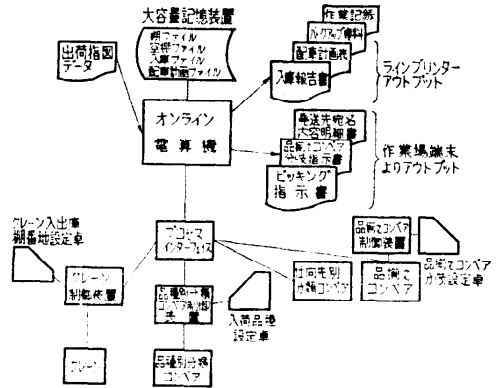


Fig. 5 オンライン電動機のインプット・アウトプット

をスタックークレーンに与えて出庫動作を行わせる。

(ニ) ピッキング指示

スタックークレーンで出庫されたパレットは次にピッキング作業員により必要個数だけ製品ケースがピッキングされるが、このためピッキング指示書をオンライン電算機が出す。

(ホ) 品揃えコンベア

オンライン電算機は品揃えコンベア系列に対して発送先の割付けを行い、ピッキング作業員に対して品揃えコンベアへの分岐指示書をアウトプットする。

(ヘ) 山欠けパレット再入庫

ピッキング作業完了信号をピッキング作業員から受けオンライン電算機はパレットに未だ製品ケースが残って山欠けパレットになっている時には再入庫番地をスタックークレーンに与え再入庫させる。

(ト) 箱入れ梱包済みケースの仮入庫

品揃えコンベアの末端には梱包作業員が居て、製品ケースの箱入れ梱包を行い、また近くの端末からオンライン電算機がアウトプットする宛名及び内容明細書などを梱包ケースに貼る。オンライン電算機はこれらの作業完了信号を作業員から受け仮入庫番地をスタックークレーンに与え、仮入庫させる。

(チ) 出荷

出荷時間帯になると、梱包宛名貼りが終り仮入庫された荷をスタックークレーンにより出庫させ、更に仕向先別分類コンベアに対して、出庫した荷を分岐させる信号を与える。

4.3 バッチ・ジョブ

(イ) 入庫報告書作成

1日の入庫作業が終った時点で、入庫品種別数量を

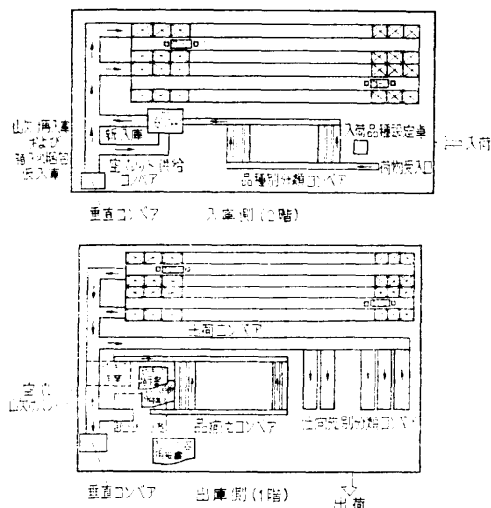


Fig. 4 立体自動倉庫の物の流れ

プリントし入庫報告書を作成する。

(ロ) バッチ・ピッキング計算

1日の計画出荷分全体を考える場合、1つの品種が沢山の発送客先に共通に出荷され、しかもどの客先に対してでも1パレット以下の単位で出荷が行なわれる時には、それらの発送客先に対する品揃えを1バッチとして行えば、品揃えの過程で余分な山欠けパレットの発生を防止し、スタッカークレーンの能率向上に役立つ。

このようなピッキングの方法をバッチピッキングと呼び、成る可くバッチピッキングの効果が上るように発送客先をうまくバッチに組み分けるデータ処理が必要になる。実際には計画出庫分について数回に分けてこの計算を行い、1番最後の分に緊急出荷分を加えて最後に計算することになる。

(ハ) 配車計画

1日の発送客先別出荷量から、トラックを何台どの地方へ配車するかをの計画を樹てる。緊急出荷の追加に

より多少の変更が生ずる場合もある。

(ニ) 入出庫頻度の変更

次項で説明するように、入出庫頻度の大小により品種を属別し、保管する場所を区別する場合について考えよう。例を繊維二次製品のような流行性あるいは季節性の若い物にとれば、季節あるいは流行の移り変りに従って品種ごとの入出庫頻度が変わることになる。この場合には庫内で荷物の間口間の移動が必要になるが、全体のバランスをよく考慮に入れた上でこの移動を行う必要がある。因みに繊維二次製品で最盛期（最もよく売れる時期）まで備蓄生産の行われる種類については、備蓄生産時期は入庫のみで出庫はほとんど0、需要期に入り出庫頻度が高くなり、最盛期を過ぎれば残った製品は売れ残りになり、勿論入出庫共なくなる。

4.4 ファイル構造

オンライン電算機の保持するファイルの種類は下記の4種類になる。

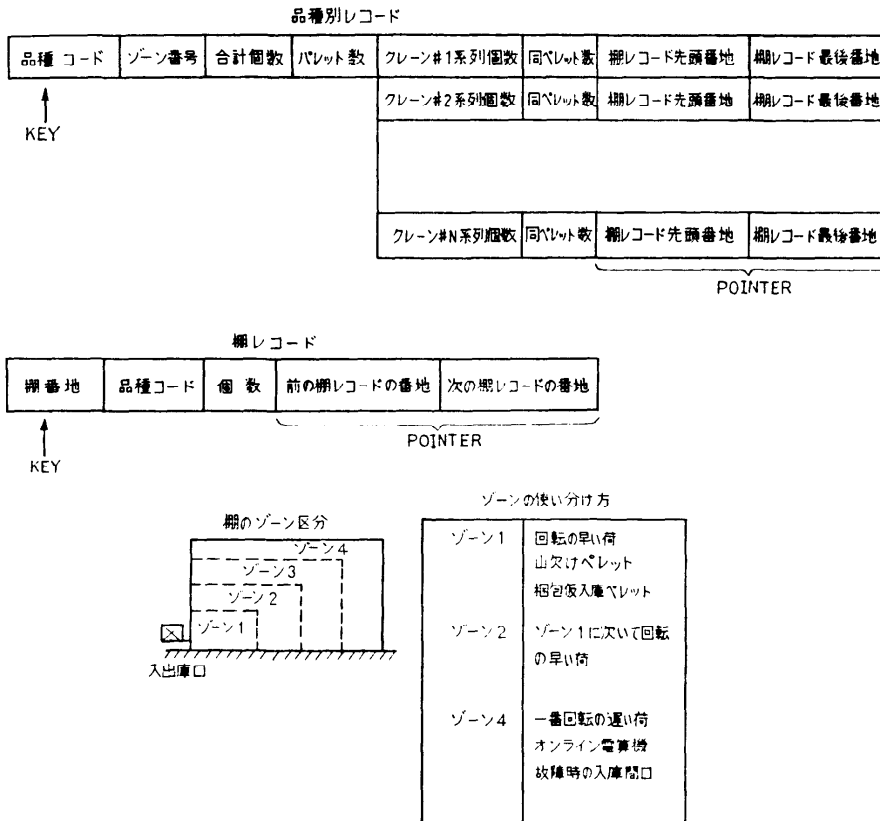


Fig. 6 棚ファイル

## (イ) 棚ファイル

これは先入れ先出しを可能にするため Fig. 6 (前頁参照) の通りのリスト構造を採っている。また同一品種が各スタッカークレーン系列に対してほぼ均等に分散して格納される (スタッカークレーンが万一1台故障しても直ちには出庫に支障を来さないための対策)、入出庫口に近い棚に入出庫頻度の高い品種を、入出庫口から遠い所に入出庫頻度の低い品種を格納する (ゾーン区分) などのため、品種コード以外のクレーン系列番号、ゾーン区分、棚番地をキーとしてファイルをサーチ出来るような構造になっている。

## (ロ) 空棚ファイル

スタッカークレーン系列及びゾーン区分に空棚をサーチ出来る構造になっている。

## (ハ) 入庫ファイル

入庫品種別に1日の入庫数量をファイルする。

## (ニ) 配車計画ファイル

1日の全出庫量を仕向地別に集計し、容積あるいは重量に応じて適当な台数のトラックを割当てる。このファイルはトラック番号をキーとして当該トラックに積む荷の仮入庫した間口の棚番地が引けるようになっている。

## 4.5 ファイル更新のタイミング

立体自動倉庫において、庫内で扱われる物とオンライン電算機に記録される情報が正しく一対一に対応するためには、ファイル更新のタイミングに対し十分細かい注意を払ってシステム設計を行い、また電算機あるいはマテハン機器故障時の取扱いについて例外処理方法を確立しておく必要がある。

## (イ) 棚ファイルの更新

入庫に伴う棚ファイルの更新はスタッカークレーンが荷物を入庫する棚間口にフォークで格納し終った時に行く。もしスタッカークレーンに対しオンライン電算機が入庫間口の番地を与えた時点でファイル更新を行うと、その時点で降スタッカークレーンの棚入れ完了までの間に万一同停電ないしクレーン故障の事故が起ると棚ファイルには荷物が入って居り、現実には荷物はクレーン故障修理などのため入出庫コンベア上に待避させてあるというような物と情報との間に不一致が生れる。

出庫に伴う棚ファイルの更新は同様な理由により、クレーンが荷をフォークで掬った時に行く。

## (ロ) 空棚ファイルの更新

入庫に伴う空棚ファイルの更新はスタッカークレーン

ンに与える入庫棚番地を決定した時点で行うが、これは棚間口の予約の意味を持つ。出庫に伴う更新のタイミングは棚ファイルと同じである。但しスタッカークレーンが入庫あるいは出庫動作を完了しない時点で故障が起きた場合は、その間口が空間口にも拘らず在庫しているようになるので、これに対する適切な処置が必要になる。

## 4.6 バックアップ対策

立体自動倉庫にあっては、マテハン機器あるいは電算機の何れが故障しても一応の入出庫作業に支障を来さないだけの対策を樹てておく必要がある。

## (イ) クレーン故障

空棚ファイル及び棚ファイルから入出庫棚番地を探す場合、故障したスタッカークレーン系列の棚番地を避けて選ぶことが出来るようシステムを工夫しておく。これは前掲の棚ファイル構造を前提とすれば容易である。勿論故障が直った時にはスタッカークレーン系列間で起きた同一品種のパレットのアンバランスを是正する作業も可能にする必要もある。

## (ロ) オンライン電算機故障

オンライン電算機故障の際にはスタッカークレーンや入出庫コンベアは遠隔自動操作で操作卓からスタッカークレーン系列や入出庫棚番地を指示出来るよう1日に1回次のリストあるいは紙テープなどの媒体に記録したものを残す必要がある。

## ●棚ファイルリスト (紙テープ)

ファイル破壊を伴う故障のために用意しておく。

## ●在庫棚番地リスト (紙テープ)

品種コード別に在庫棚間口番地のリストを作成しておく。順番は先入れ順、必ずしも全棚分のリストは必要なく、当日出庫分に見合う分があれば十分である。

## ●空棚リスト (紙テープ)

以上は当日作業開始時における状態に基づくリストで、故障発生時の状態に更新するためのデータとして下記の作業記録リスト (紙テープ) を作業を行いながら随時出してゆく。

## ●入庫番地記録リスト (紙テープ)

入庫品種と入庫棚番地のリスト

## ●仮出庫番地記録リスト (紙テープ)

仮出庫パレットの品種と出庫棚番地のリスト

## ●仮入庫番地記録リスト (紙テープ)

包装梱包した荷の発生宛先の客先名とその荷を入庫した棚番地のリスト

- 山欠け再入庫番地記録リスト（紙テープ）

山欠けパレットの再入庫棚番地のリスト

- 出庫番地記録リスト（紙テープ）

仮入庫した包装梱包した荷を出庫した棚番地のリスト

これらのリストは実際にはオンライン電算機のプリンターあるいは紙テープ出力装置の台数の制約から別々のリストに分けて作ることは難かしく、全部の種類データの入り混った状態でアウトプットされる。

幸いにこれらのリストは物事が起きた順序に従って記録されているから、これらのリストから手作業による消込み作業により、あるいは別個にオフライン電算機が使用出来る場合はそれらを使って故障発生時の状態を正確に反映した在庫棚番地リスト及び空棚リストを作成する。これらを基に出庫指図データを見ながら出庫作業を行う。入庫作業の方は空棚ファイルがあれば出来る訳であるが、実際問題として空棚ファイルの更新は非常に複雑な手順になり、特定の1つの棚番地を取上げて考えた場合、そこに何回もの出・入庫が1日の間に繰返して行われる場合には手作業では非常に間違い易い。従って通常はオンライン電算機故障時の入庫に備えて特定の棚間口を一括して確保しておく（例えば出入庫口から一番遠い所）方が实际的である。

以上説明したのが作業指示の手段としてどうしてもオンライン電算機に頼らざるを得ないスタッカークレーンの動作のバック・アップであり、分類コンベア類は目で見れば荷物と品種を確認出来るのだから、多少人手をかければ何とか操業を継続は出来る。

#### 4.7 故障回復後の正常復帰

理論的にはオンライン電算機故障時の遠隔自動操作によるマテハンの記録4種を通常時と同様紙テープなどに記録して置き、電算機故障回復時に、それらの作業記録テープにより、各種ファイルの更新を行えばよいことになる。実際問題としてはオンライン電算機がないと品種コードの作業記録テープの記録に手がかかったりするので、作業記録を手作業で別個に作成した方が便利な事もある。

棚ファイルの破壊を伴う故障の復元には、当日作業開始時における棚ファイルリスト紙テープと故障回復時までの作業記録テープを使う。故障回復時において各種コンベア、パレタイザなどの上の荷物についての情報は手作業で作成してオンライン計算機にインプットする方法もあるが、データ作成が非常に煩雑であるので、一旦それらの荷を出荷し、あるいは棚入れして

それらの部分を全部空にしてから、正常復帰作業を行うのが实际的である。

#### 5. オフライン電算機バッチ処理による在庫／棚管理可能の条件について

以上説明したものはオンライン制御用電算機による情報処理の例であるが、経済的な理由によりオフライン事務用電算機によるバッチ処理で在庫管理、棚管理を行わせることは広く行われている。これが可能なためには次の諸条件が満たされることが望ましいと考えられる。（1日1回オンライン電算機が使える場合）

1. 当日出庫する品は大部分前日未在庫から出す。
2. 当日入庫する棚間口は大部分前日未空棚になっている。
3. 従って1つの間口単位に考えた時1日に起り得る場合として、●空棚→入庫 ●在庫棚→出庫 が大部分で、例外的に ●空棚→入庫→出庫 ●在庫棚→出庫→入庫が大部分である。

更に大部分の入・出庫分について計画性があり、例えば

1. 大部分の入庫分については、生産計画などから前日に品種別の入庫量の情報が得られる。
2. 大部分の出庫分についても、同様に前日までに情報が得られる。

なる条件が満たされ、それらの情報が電算機にインプットされる場合には、入庫・出庫の作業指示書をオフライン電算機で作成することが出来、また1日の作業終了後のオフライン電算機へのインプットは例外情報に限られ、非常に合理的な運営が可能になる。

#### 6. ジョブショップへの応用について

ここで紹介する例は注文生産の機械加工・組立工場の部材・仕掛品保管用に立体自動倉庫を応用する例である。この例では棚の一番下の間口を全部出入庫間口とし、部材仕掛品を工場内の工作機械に一番近い出入庫口から供給し、1ステップの加工を終った仕掛品を再び同じ出入庫間口に返してやり、そこから再入庫する方法を採っている。また2組の棚間の荷の移動は往復台車で自動的に行われる。この方式のメリットとしては

1. 工作機械の周辺に加工を待つ仕掛品の山積がなくなり、その結果工場内の床面を有効に使用出来る。
2. 運搬については工作機械の最寄りの棚出入庫間口から出庫し、また同じ間口へ返すことになるので、

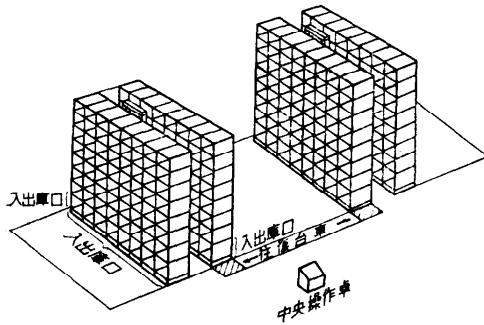


Fig. 7 仕掛品保管用立体自動倉庫

運搬距離が最短になる。

3. 仕掛品在庫管理は集中的に中央操作卓の進行掛が確実に行うので、工作機械の作業員が仕掛品を探して走り回ることがなくなる。

次にこの倉庫の操業方法について説明する。

1. クレーンの操作は中央操作卓にいる進行掛が集中的に行い、棚番地カードにより、入庫間口番地及び出庫間口番地を指定する。入庫間口と出庫間口を夫々別の棚に指定すると荷物は一方の棚から自動的に移動台車で他方の棚に運ばれ指定された棚にスタックークレーンで格納される。

2. 工作機械の設置された工場現場と中央操作卓間の連絡方法は現場の要所要所に取付けられた電話及び

棚の入出庫間口に取付けられた押し釦に対応して中央操作卓に入出庫間口の数だけ取り付けられた表示灯によって行われる。

3. 中央操作卓に用意された入出庫管理用の資料は、注文番号別に用意された封筒に入っている。その中にはその注文番号の製品の加工組立に必要な原材料の格納された棚間口の棚番地カードと夫々の原材料の格納棚番地、加工の種類とその順序が記録してある用紙が入っている。

4. 工作機械の作業員は電話により注文番号、その工作機械で行う加工の種類、空いている入出庫間口の番地を進行掛に連絡する。進行掛はその注文番号の封筒の中から必要な棚番地カードを取り出し、また一方入出庫間口の表示灯ごとに取りつけられたカード棚から所定の入出庫間口の棚番地カードを取り、その2枚のカードによりスタックークレーンの出庫動作を行わす。2枚の棚番地カードは元のカード棚に戻す。

5. 加工を終った時工作機械の作業員は仕掛品を元の入出庫間口に戻し、その間口に取付けられた釦を押す。進行掛は表示灯の点灯により仕掛品が戻された事を知り、表示灯の下のカード棚から2枚の棚番地カードを取り出して仕掛品をそれが前に格納されていた間口に戻すようスタックークレーンを操作する。

(昭和49年7月5日受付)