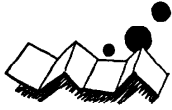


解説

FA 用要素システム



自動倉庫・搬送システム†

篠塚元雄** 吉谷明次**

1. まえがき

FA という言葉が呼ばれるようになって、ようやく一般的な認識が高まってきた近頃であるが、その目的とする“工場の自動化・無人化”の要求は今に始まったことでもなく、また今後ともより高次元のものを追求していかなければならない大きな課題であろうことは誰も認める事実である。従来の工場は、大量生産・大量販売が主流となり、その為の自動化技術が追求された結果、個々の機械の性能が大幅にアップし専用機による高速化が実現した。ところが近年において各個人の好みの多様化などによる多品種少量生産の要求や製品寿命の短命化による生産品目の多品目化が要求されるようになり、従来の生産方式や管理方式では対応できなくなってきたと言う変化が生じ、これがFA化へのニーズとして発芽して行ったものと思われる。次にFAの内面的なもの、即ち、そのコンポーネントとして要求される特性について考えてみると、機械や装置自身の多機能化や自動化の他にコンピュータとの接合度と言う点が挙げられる。これは、とりも直さずFAがコンピュータを核として各装置を一元的に管理していく所にもその特徴を見出すことができる。本稿では、このような観点でFAをとらえ、そのコンポーネントとして有用かつ高機能を有した機器と言う立場で自動倉庫・搬送システムについてまとめてみた。

2. 自動倉庫

自動倉庫は、その名が示す通り“物の保管”を主な機能としてもった装置であるが、従来の倉庫との大きな違いは、それがコンピュータと連動することにより

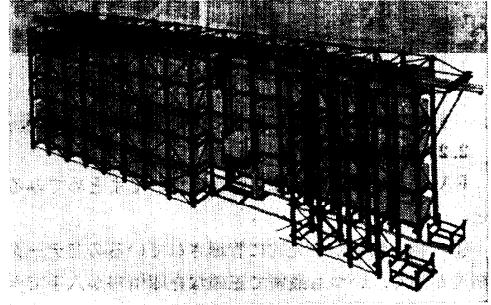


図-1 自動倉庫の構成要素

自動で物の出入れを行うことが可能となり、保管場所と在庫情報が一元的にしかもリアルタイムに把握できる所にある。この機能により、“必要な時に必要な場所に必要な部品を供給する”即ち、JUST IN TIMEのコントロールが可能になる。

最近では、全体的に在庫量の低減化が実施されており、保管機能よりJUST IN TIMEの機能を重視する傾向にある。このような現象を見る限り自動倉庫は、FAにおいては、フローコントローラと呼ばれる方がふさわしい表現と思える。

2.1 自動倉庫の構造と種類

自動倉庫は、ラックマスター*（スタッククレーン）と呼ばれる専用の搬出入装置を中央に配置し、その左右に保管棚を有した一連のものを総称した言葉であり、この組合せが1モジュールとなって保管収容数や出入庫頻度などからその規模が決定される（図-1）。

自動倉庫は、保管する荷姿によって2種類のカテゴリに分類することができる。1つは、パレットを用いて保管するパレット系保管タイプ（図-2）であり、他方は、バケットを用いて保管するバケット系保管タイプ（図-3）のものである。これらは保管対象物の大きさ・重量（バケットの場合5~50kg程度）や搬送ロットの大きさなどによって必然的に決まって行くケース

† Automatic Storage/Retrieval System Automatic Guided Vehicle System by Motoo SHINOZUKA and Akitsugu YOSHITANI (Tokyo Office Engineering Dept., Daifuku Machinery Works, LTD.)

** 大福機工(株)東京支社エンジニアリング部

* ラックマスターは大福機工の商品名

倉庫の棚情報を管理し入庫要求や出庫要求が発生するごとに棚の割付けを行う。入庫要求の場合は、棚の保管状態やラックマスターの負荷状態を見ながら入庫ロケーションを決定する。出庫要求の場合は、要求されている部品を探し出し先入先出の原則やラックマスターの負荷状態を見ながら出庫ロケーションを決定する。この結果は、入出庫の運転モードとロケーションをデータとしてラックマスター地上制御盤(RCP)に指示される。同制御盤は、コンピュータからの信号を受取ると、どのラックマスターに作業をさせるか判別(ロケーションによって作業するラックマスターが決まっている。)した後、該当号機に動作指示を出す。このレベルで出される動作指示は、ロケーションとフォーキング動作で入庫・出庫作業ともこの指示の組合せにより作業が完遂されることになる。ラックマスター地上制御盤から同動作指示を受けるのはラックマスター自身を動作させるラックマスター機上制御盤と呼ばれる装置である。この装置は、各モータの駆動制御を行う他、動作ごとに現在位置や搬送物の有無を検出し、1動作が正しく行われたかフィードバックしながら運転する機能を持ったものである。

3. 搬送システム

搬送システムは、点と点を結ぶ線の役割りを担うものであり、“物の搬送”がその機能となる。FAにおいては、自動倉庫とショップまたはショップとショップの間を、それぞれの要求に応じて無人で搬送する所にコンポーネントとしての意味がある。本装置は、当然コンピュータと連動し、コンピュータの指令に基づ



図-5 RAMRUN FLM ロボット搭載型

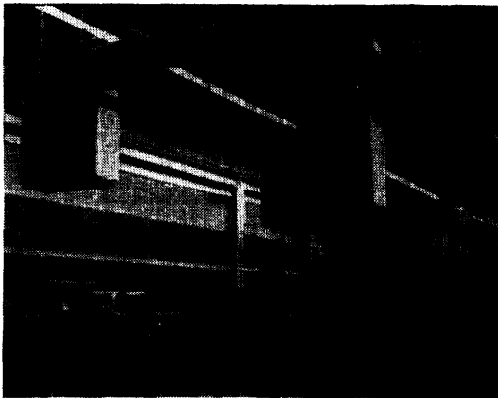
表-1 RAMRUN の諸元

型 式		オーバヘッドタイプ RAMRUN OH	フロアタイプ (キャッチレバー型) RAMRUN FLC	フロアタイプ (マウント型) RAMRUN FLM
主 仕 様	搬 送 荷 重	500 kg	300 kg	500 kg
	走 行 速 度	標準 ●20 m/min. (50 Hz), 24 m/min.(60 Hz) オプション ●7~25 m/minの間の任意速度(定速) ●有段変速 最大速度60 m/min. ●無段変速 最大速度80 m/min.		
	停 止 精 度	標準 ●ストップ無し ±30 mm. ●ストップ停止 ±5 mm オプション ±1 mm		
	電 動 機	標準 ●0.2 kW×4 ^Φ 3相誘導電動機 オプション ●0.2 kW×8 ^Φ または 12 ^Φ , 0.4 kW または 0.75 kW×4 ^Φ 等の3相誘導電動機 ●0.4/0.2/0.13 kW×2/4/3 ^Φ 等の極数変換3相誘導電動機 ●その他, 特殊モータ取付可能		
駆 動 部	制 動 機	電動機直結型 手動開放器付		
	減 速 機	標準減速比1/30 (ハイボイドギヤ減速比1/10×平歯車減速比1/3) オプション 上記平歯車減速比1/3~1/1の間で選択可能		
走 行 レ ー ル	水平ターン	R 1500 mm (Min. 1000 mm)	R 2000 mm (Min. R1500 mm)	R 4000 mm 以上又は直折5°以下
	バーチカルカーブ	オプションにて可能 10°仕様 20°仕様		標準 10°以下 オプション 20°仕様 (減速VCユニット使用)
電 源		AC 200 V 3相 (絶縁トロリ給電方式)		
制 御 方 式		区間制御方式 電車個別自己制御方式		
ハンガ・電車 オプション機能		昇降ユニット 旋回・転回ユニット ランニングフォークユニット 高精度位置決めユニット けん引ユニット		
固定側付属装置		分岐・合流装置 交叉装置 昇降装置 トラバース装置 高精度停止装置		

いて自動制御されるという機能も有したものである。数年前までは、2点間の往復運転や予め数種類の搬送ルートが決まられていて、そのなかから選択すると言った使用。つまり、搬送だけのクローズドシステムであった。この方式が、コンピュータと接続され自動倉庫と接続されることにより JUST IN TIME が実現できたことは、FA 化のツールとして有用性を高め



(a) 機械加工ラインで活躍するソーティングトランスマスタ



(b) TELELIFT 図-6 台車方式

たことは事実である。

3.1 搬送システムの種類とその特徴

FA コンポーネントとしての機能を有した搬送システムについて分類すると以下のものに大別できる。

○連続搬送システム：ローラコンベヤ、ベルトコンベヤ、チェンコンベヤなど

○間欠搬送システム：無人搬送車、モノレール、トランスマスタなど

本稿では、システムのフレキシビリティ。即ち、“必要なときに必要な場所に”と言う観点から“間欠搬送システム”を中心に進めて行くことにする。

間欠搬送システムについても各種分類方法が考えられるが、やはり、フレキシビリティを主眼において考えると、以下の項目に分類することができる。

- 有軌道搬送システム
- 無軌道搬送システム

次にこの2つの搬送システムの主な機能や特徴について述べることにする。

(1) 有軌道搬送システム

有軌道搬送システムは、その名が示す通り軌道。主には専用レールの上を走行しながら物の搬送を行うものでモノレール方式(表-1, 図-5)のものと台車方式(表-2, 図-6)のものがある。モノレール方式は、その名の通り1本のレール上を搬送車が自走しながら物を運ぶ方式で、主に中小物品の搬送を行っている。台車方式は、レール軌道の上を走行する台車が自走しながら物を運ぶ方式で主に大物・重量物の搬送を行っている。搬送は、すべて一方通行で流れ、その上を複数台の搬送車が互いに干渉しない程度の間隔をあげながら物の搬送を行っている。いずれにしても本方式の場合、どこにレールを敷設するのが大きな問題となる。





次に主な特徴を挙げてみると、

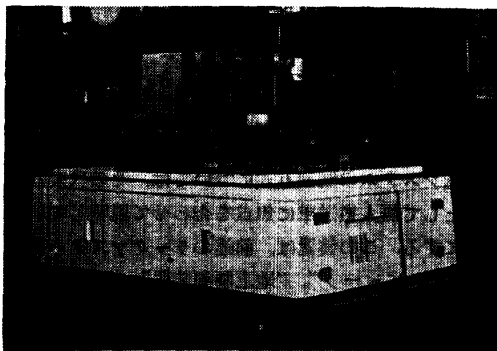
- ① 無軌道搬送システムと比較すると搬送スピードが速く、当然搬送量も多く設定することができる。

表-2 TELELIFT の諸元

		標準型	高速型	重量型
内寸法	縦型	125W×400L×310H (125W×400L×400H)	125W×400L×310H (125W×400L×400H)	
	横型	310W×460L×200H 310W×460L×100H	310W×460L×200H 310W×460L×100H	
積載荷重		10 kg	8 kg	20 kg
走行速度	水平	36 m/分(Max 72 m/分)	42 m/分(Max 72 m/分)	36 m/分
	垂直	24 m/分	27 m/分	24 m/分
モーター		定格 DC 24 V・100 W		DC 定格 24 V 150 W

表-3 無人搬送車の諸元 (a)

シリーズ	コンボイシリーズ								
型式	CV-10	CV-50	CV-50-1	CV-100	CV-100-1	CV-200	CV-200-1	CV-300	CV-300-1
外観									
仕様項目	(a)	(b)		(c)		(d)		(e)	
誘導方法	電磁式(光電式)	電磁式		電磁式		電磁式		電磁式	
積載荷重	100 kg	500 kg		1000 kg		2000 kg		3000 kg	
全長	1200mm(1400)	1700mm	1800mm	1700mm	1800mm	2300mm	2500mm	2500mm	2700mm
全幅	610mm	800mm	1100mm	900mm	1100mm	1200mm	1300mm	1200mm	1300mm
全高	370mm	360mm	580mm	550mm	580mm	650mm	700mm	750mm	800mm
駆動車輪	220φmm	260φmm		260φmm		330φmm		330φmm	
最小旋回半径	600R (12m/min時)	600R (12m/min時)		600R (12m/min時)	700R (12m/min時)	900R (6m/min時)		1000R (6m/min時)	
速度	30-12m/min	60-30-12m/min		60-30-12m/min		50-26-6m/min		40-20-6m/min	
リフト量	無	100mm	20mm +100mm	100mm	20mm +100mm	100mm	20mm +100mm	100mm	20mm +100mm
バッテリー	24V 50AH/5HR	24V 140AH/5HR		48V 145AH/5HR		48V 240AH/5HR		48V 240AH/5HR	
自重	300 kg	700 kg	850 kg	1000 kg	1200 kg	1500 kg	1700 kg	2000 kg	2200 kg
停止精度	±20 mm	±20 mm	±1 mm	±20 mm	±1 mm	±20 mm	±1 mm	±20 mm	±1 mm
自動移載 (オプション)		チェンコンベヤ		ローラコンベヤ		プッシュプル		MCパレット用移載装置	
									
		(f)		(g)		(h)		(i)	



(a) 無人搬送車コンボイ



(b) 無人搬送車プロントウ

図-7 無軌道搬送システム

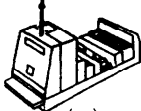
② 専用レールを敷設することからレイアウト変更に対するフレキシビリティに難点がある。

③ 専用レールの上を走っているので停止精度が高く、安定性も高い。

④ 専用レールを設置しなければならないので、搬送ルートが当初計画通り実施できないことも間々発生する。

⑤ 中小物搬送仕様のものは、水平・カーブの他に

表-3 無人搬送車の諸元 (b)

シリーズ	プロントウシリーズ					FFカード	
形式	PT-50	PT-50R	PT-200	PT-500	PT-201	PT-201R	FFC
外観							
仕様項目	(a)		(b)		(c)		(d)
誘導方式	光学式・電磁式		電磁式		電磁式		光電式
積載荷重	600 kg	500 kg	—		1,000 kg		350 kg
牽引総重量	800 kg	800 kg	2,000 kg	5,000 kg	—		—
全長	1,840 mm	2,090 mm	2,010 mm		2,930~3,130 mm		1,200 mm
全幅	860 mm	860 mm	810 mm		1,000~1,300 mm		800 mm
全高	1,516 mm	1,516 mm	1,320 mm		1,710 mm		320 mm
車輪	(前)φ200×63(後)φ250×90		φ304×100		(前)φ267×152(後)φ152×140		(前)φ150×50 (後)φ230×63
最小旋回半径	1,100 mm	1,200 mm	1,320 mm		2,000 mm		1,500 mm (自動運転時)
速度	2.5 km/h		4.0 km/h	0.5~4.0 km/h	0.5~3.0 km/h		15 m/min
前後進	前進	前後進	前進		前進	前後進	前進
リフト	24V(100AH/5HR)		—		—		—
バッテリー	24V(100AH/5HR)		24V 172AH/5HR	48V 201AH/5HR	24V402AH/5HR		24V35AH/5HR
充電器	AC100/200V単相		AC200V 3相 3kVA		AC200V 3相 3kVA		AC100V
自動移載	オプション仕様にて可能		オプション台車により可能		駆動ローラ、プッシュプル方式		—
自重	450 kg	480 kg	800 kg	1,000 kg	1,300 kg		200 kg

垂直搬送が可能のため、空間の有効活用が図れる。

(2) 無軌道搬送システム(表-3、図-7)

無軌道搬送システムは、専用レールの代りに誘導装置に沿って物の搬送を行うもので現在は自走台車による大物搬送が中心となっている。誘導方式には、電磁誘導方式、光学誘導方式、金属誘導方式、不可視光誘導方式など各種あるが、いずれも床下埋設やポイント・ポイントに誘導装置を設置している所にその特徴がある。搬送は、有軌道方式同様一定のルートを一方向通行で流れ複数台の台車が互いに干渉しない程度の間隔をあげながら物の搬送を行っている。

次に主な特徴を挙げてみると、

① 走行ルートに誘導装置を設置する程度なので、レイアウト変更が有軌道方式に比較して制限が少ない。

② 固定設備でないため設置場所を占有しない。このため、フォークリフトなどと共有通路が利用できる。

③ 動力源にバッテリーを使用しており騒音や公害が無く、保守や点検も容易である。

④ 走行ルートが誘導装置によって導かれるので位置精度の高いものを要求されるとき、若干問題がある。

3.2 搬送システムの制御方式

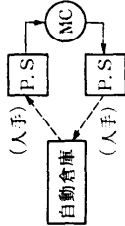
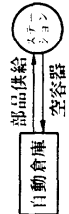
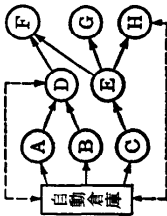
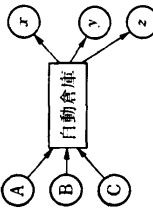
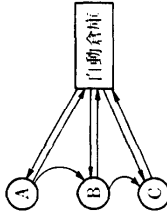
搬送システムの制御方式については、その代表的な装置として無人搬送車に焦点を合わせて説明していくことにする。この装置は、前述のラックマスター同様“FA コンピュータ”、“地上制御装置”、“本体制御装置”の3階層によって構成されており、それぞれの装置の位置づけや役割割り分担もほとんど大差ない方式となっている。基本的に異なる部分は、どの装置によって搬送させるかを決定させるFA コンピュータの運転計画プログラムにある。FA コンピュータは、各搬送車の仕事状態と停止位置及び各ステーションから発せられる搬出入要求を把握している。一方無人搬送車への仕事割付けは、停車中のもの、または、1つの運転

表-4

FMS納入集積例

ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5
<p>計算機構成</p>				
<p>特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> 無人車による、ワークのMICへのダイレクト供給システム 	<ul style="list-style-type: none"> 組立工程への部品供給システム、要求ポイントにCPUにて把握し、無人車によるポイントT.O.ポイントの自動搬送システム。 自動倉庫への人庫はバーコードによる自動人庫システム 計算機二重化システム 	<ul style="list-style-type: none"> 自動生産機に対しては、完全無人によるダイレクト供給および回収。 自動機T.O自動機の完全無人による工程間搬送、(自動機間のタクトのズレに対するハンズリントリッキング調整制御)。 	<ul style="list-style-type: none"> 自動生産機に対しては、完全無人によるダイレクト供給および回収。 生産ラインから回収した物に対しては、バーコードを利用した自動データ管理システム。(オペレーション不要) 成形機のリデータ制御システム。 	<ul style="list-style-type: none"> 機械加工、組立工程に対し、必要な物を無人でタイムリに供給するシステムである。 機械加工は24時間稼働。 保管対象は、素材、加工品、部品、製出である。
<p>規模</p>	<p>ラックマスター ; 3台 (3フューク) コンボイ(無人車); 28台</p>	<p>ラックマスター ; 14台 (ダブルフューク) フロントウ(無人車); 12台 (8マガジン搬送) (人・出庫量; 1200~1500マガジン/日)</p>	<p>ラックマスター ; 6台 (3フューク) フロントウ(無人車); 10台 (5マガジン搬送) (人・出庫量; 800マガジン/日)</p>	<p>ラックマスター ; 6台 コンボイ(無人車); 7台</p>

表-5

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5
ロット切換え指示	無し (先入れ先出し)	無し (先入れ先出し)	人	自動生産機; 自動 人手ライン; 人手	人
マガジン要求方式	センサによる自動要求	センサによる自動要求	センサによる自動要求	自動生産機; センサによる 自動要求 人手ライン; 部品カードによる要求	センサによる自動要求
出庫のタイミング制御	プリセットスタンド(P.S)とMC間の搬送  P.S→MCはMCからの信号に依存	①FromステーションTOステーション 	自動機TO自動機が主流 	7割が自動倉庫を拠点とする 	 機械によるタイミングのズレを自動倉庫により吸収する。
上位システムへの其結果報告	要求即出庫	リードタイム方式 出庫要求の性質に応じてさまざまなリードタイムを計算機が監視し、一回になるべく多数のマガジンを搬送できるようにする。	要求即出庫 要求→供給までの供給リードタイムは、ラインバツプアにより吸収。	リードタイム方式 出庫要求の性質に応じてさまざまなリードタイムを計算機が監視し、1回になるべく多数のマガジンを搬送できるようにする。	各ステーションは、2ピン方式で運用され、一方の在席がOFFになった時、次の該当部品を自動供給する。
	DAILY 報告 1 直作業終了後、ディスプレイによるバツプ報告		1時間ごとのリモートバツプ報告 MTTによるバツプ報告	1時間ごとのリモートバツプ報告	リアルタイムとバツプモードの2系統で伝送

次工程への搬送制御方式

サイクルが完了した直後が条件となる。丁度、無線タクシの管理方法と類似しており、流しながら客を見つける機能が無い方式と考えれば当たらずとも遠からずである。さて、先程の各ステーションからの作業要求に対し仕事割付け可能な無人搬送車を見つけた後、1番早く現地に到着する号車を決定するのが運行計画プログラムである。言葉で表現した限りでは難しさも感じられないと思うが、無人搬送車の台数が多くなり各ステーションの数及び作業要求が数多くなると、どの号車に割付けるのが最良かなかなか難しいものがある。無人搬送車は、いつも停止していないことや作業要求がランダムで発生することから、予測や見込みによる作業割付けができずタイミングのズレによる効率ダウンが大きく目についてくる。悪いケースを例に出すと、仕事をしないでいつも走り放し、動いている割りに働かない輩が出だすともう目に見えて効率がダウンしてくる。FA コンピュータは人情に厚いのか動きしか見ない所に難しさを感じられる。いずれにしても、この問題は間欠搬送システムを採用する限り発生するものである。

4. FA 化への適用例

FA と言う言葉は、一般的に機械加工場での導入例が数多いことから、この分野が中心となって展開されているが、本来の意味は工場の自動化・無人化と表現されており、もっと広範囲の導入例があるはずであ

る。機械加工の加工されていく流れが自動化し易く、比較的高度技術を持った会社によって実証されたことから、より鮮明なイメージが焼きついたものと思われる。ここで、納入例として示しているケースは、組立て工場の自動化が数多く、それぞれ考え方の原点としてFAを指向した導入例である。保管搬送システムが“必要なとき、必要な物を必要とする場所へ”機能満足し、かつ環境条件が満足した結果として稼動したものである。

5. む す び

保管搬送システムは、今まで述べて来たように、それぞれ自動化された道具であり工場全体の自動化と言う観点から見ると、1構成要素に他ならない。FAはトータルシステムであり、核となる計算機システムの管理対象範囲と処理能力。また、全体システムのなかで各要素をどう位置付けし自動化していくかなど、大きな課題が全体的な管理技術レベルとして、また、個々の要素の技術レベルにおいて山積みされていることは周知の事実であろう。保管搬送システムにおいても、FAの有効的な道具として認識されるためにも小型軽量化・高速化、設備レイアウトのフレキシビリティへの追求が必要であり、各種ニーズの多様化に伴う一層の技術革新が必要なことを痛感している。

(昭和58年11月29日受付)

