

機械工場における立体FMSと工程管理に関する研究

岡山 忠*・石松 尚武**

A Study of an FMS with Automated Storage
and Process Control for a Machine Shop

Tadashi OKAYAMA, Hisatake ISHIMATSU

Based on mechatronics, many FMS (Flexible Manufacturing System) have been developed to save labor at the production site when used in production lines.

However, these FMS lack application flexibility, because they have been introduced mostly by machine tool manufacturers and are big systems taking a large amount of investment.

An FMS requiring a low amount of investment and matching production needs was designed from the viewpoint of a variety of users.

This FMS is a total system with the introduction of a control computer and automated storage retrieval system and has maximum flexibility owing to its capacity to extend automating to all manufacturing processes.

This FMS was completed in December, 1985 and satisfactory results were obtained.

1. ま え が き

市場ニーズの多様化に伴い、製品の種類も多様化し、製造ラインのフレキシビリティは不可欠の問題である。また、一方では市場の競争は極めて厳しく、生産性の向上は企業に課せられた大きな問題である。

そこで、メカトロニクスの進歩と相俟って登場したのが、FMS (Flexible Manufacturing System) である。FMSといえば、高機能のマシニングセンタやNC機がズラリと並んで、それぞれ違ったワークを加工し、その間を無人搬送車がつなぐという大掛かりなシステムのイメージが強い。

このような概念にとらわれることなく、生産規模、ロット数、許容投資額など工場の事情に応じた個性的なFMS化が必要な時期にきている。

機械工場の無人運転化については、部分的にマシニングセンタやNC機に多面パレットやロボットなどを採用してきたが、投資額が高いこと、パレットプールな

どに多くのスペースを要すること、無人運転時間が限定されることなどの問題があり、管理面の自動化を含めた全体の合理化が遅れていることを痛感していた。

これ等の問題を解決するためには、トータルシステム指向により、将来への拡張性に富んだコンパクトなFMSが必要と考え、その具体的手段として、立体自動倉庫を使った新しい生産システムを提言し、これを立体FMSと名付けることとした。

この生産システムを新しい機械工場に適用し、昭和60年12月に立体FMSを完成させ、昭和61年1月より順調に稼動しており、その実績から多機種生産ラインに通用することが検証できたので、その概要について述べる。

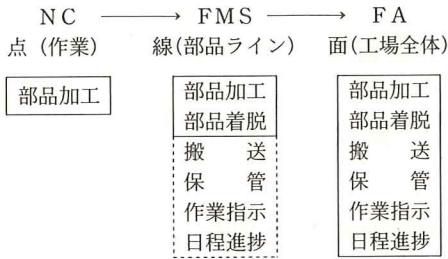
2. F A工場へのアプローチ

現状の生産システムの自動化・合理化の展開は、大雑把に見れば、図1に示す通りである。

*管理工学科教授

**管理工学科客員教授

1987年5月26日受付



(注) □ 枠は自動化されたもの
FA = Factory Automation

図1 各種生産システムの自動化レベル

FMSについては、その対象部品についてすべて自動化・合理化されている筈であるが、現状は部品加工及び部品着脱など作業の自動化に重点が置かれ、搬送、保管、作業指示及び日程進捗など工場全体の管理という観点から見ると、必ずしも大きな効果は期待できない。

工場全体の管理面の効果は、FMSの適用が拡大し、FAレベルに達するのを待たねばならないが、これを順次拡大すれば多額の投資を必要とするので、FMSの拡大は困難となり、FA工場の実現は難しい。

そこで、FA工場へのアプローチとして、工程管理の自動化・合理化に重点を置いた新しい生産システムの考え方即ち、立体自動倉庫を核に機械配置したFA指向の立体FMSを提言する。従来のFMSとの比較を、表1に示す。

この立体FMSは、特定部品、素材から部品完成ま

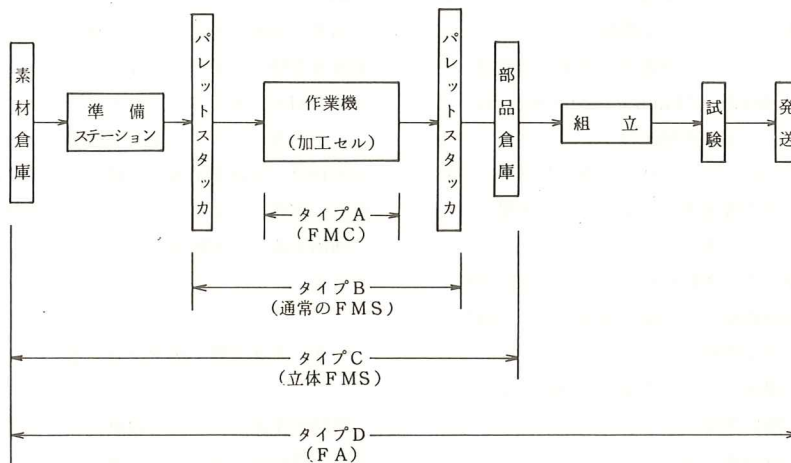
表1 従来のFMSと立体FMSとの比較

システム 項目	従来のFMS	立体FMS
対 象	特定部品、特定機械	特定部品、全工程
レイアウト	平面配置 (素材置場等分散)	立体自動倉庫を核に配置
搬送・供給	無人搬送車 (加工システムに限定)	スタッククレーン (全体をカバー)
保 管	分散 (マニュアル保管)	ラックに集約 (自動保管)
工程変更	対応困難	対応可 (NC機, 汎用機)
加工レベル	自動化	一部自動化 (順次拡大)
投 資	多額一発投資	少額順次投資

での全工程を対象とし、搬送及び保管を含めた工程管理の自動化を実現し、加工の自動化については順次弾力的に拡大することで、部品工場のFA化を実現しようとするものである。

これを部品加工システムとして考えた場合、先ず、工程間搬送に定石となっている無人搬送車を使ってないこと、汎用機を含めた機械群が対象になっていることなどユニークなもので、しかも、素材を含めた部品の状況が自動的に分かり、フレキシビリティも満足するシステムといえる。

この立体FMSを、生産工程規模で分類すると、図2に示すように、タイプCに位置づけできよう。FMSの分類と概要を、表2に示す。



(注) FMC = Flexible Manufacturing Cell

図2 生産工程規模とFMSの分類

表2 FMSの分類と概要

タイプ	名 称	規 模	概 要
A	FMC	個々作業	単一作業機に搬送装置を加えてユニット化し、無人運転化にもっていく
B	通常のFMS	部分ライン	部品単位に数台の作業機グループを対象に搬送、管理装置も加えて加工サブシステムとして無人運転化
C	立体FMS	部品加工全工程	部品単位に全工程を対象に倉庫管理、搬送も含め無人運転化
D	FA	工場全体	製品単位に倉庫管理、運搬、加工及び組立、試験、発送までをシステムとして工場全体を無人運転化

このたび、新しい機械工場を建設するに当り、工場面積60%以下、所要人員50%以下で生産規模は変えないという方針が示され、徹底した無人化、省人化並びに物流の合理化を図る必要があった。

新工場は油圧機器の部品加工工場であり、生産機種20種という中小物の多品種少量生産である。

工場計画を展開するために、次の5項目を具体的実施方針とした。

- (1) 長時間無人運転化
- (2) 保管、搬送の自動化、省スペース化
- (3) 天井クレーンレス工場化
- (4) 工法・工程変更への対応
- (5) 部品管理、工程管理の簡素化、自動化

これらの条件と許容投資額を満足するためには、多面パレット化やロボット化など従来の延長線上での合理化では対応できないことがはっきりした。

油圧機器の部品特性から考えても、先に提言した新しい生産システム即ち、立体FMSが適していると判断し、この機会に立体FMSの採用に踏み切った。

具体的には、西部電機製の立体自動倉庫を使って立体FMSを完成させ、所期の成果が実証できた。

3. 立体FMSの構想

立体FMSと称する新しい生産システムは、立体自動倉庫と生産管理コンピュータの導入がベースとなっており、その構想は次に示す通りである。

- (1) 工場の真中に立体自動倉庫を設置する。
- (2) 立体自動倉庫に素材、治具、完成部品のすべてを格納する。
- (3) 立体自動倉庫の両側に機械を配置する。
- (4) モノレールスタッカクレーンと機械を直結させワークの授受を行わせる。

即ち、工場全体の管理面の自動化に主体を置いたFA指向のシステムで、加工面の自動化は段階的に移行できる仕組みになっている。

この立体FMSの主な特徴は、次の3点に集約できる。

- (1) コンパクトなFMS
 ラックを中心に両側に機械を配置したスペース効率のよい、簡単なシステムで、スタッカクレーン直結のコンパクトなFMSである。
- (2) レイアウトフリーのFMS
 スタッカクレーンが必要なとき、必要な場所にワークを供給するので、機械の配置に関係なく、ワークは順序よく加工される。工法、工程の変更により機械の配置を変える必要もない。即ち、変化への対応性のある、レイアウトフリーのFMSである。
- (3) 拡大型のFMS
 ワークを自動的に供給するステーションもあれば、作業者が手で取り出すステーションもあるといった構成でもよい。自動化は加工ラインの実情をにらみ弾力的に進め、段階的に高度なシステムに移行できる。即ち、順次投資が可能な、拡大型のFMSである。

4. 立体FMSの概要

機械工場の加工部品は約100種類であるが、各部品について加工工程が2～6工程で、平均4工程あるので、加工品種はおよそ400種の多品種となっている。ロットサイズは2～20個で、平均10個の小ロット加工である。

今回導入した新しい生産システムの構成を、図3に示す。

又、このシステムの仕様を、表3に示す。

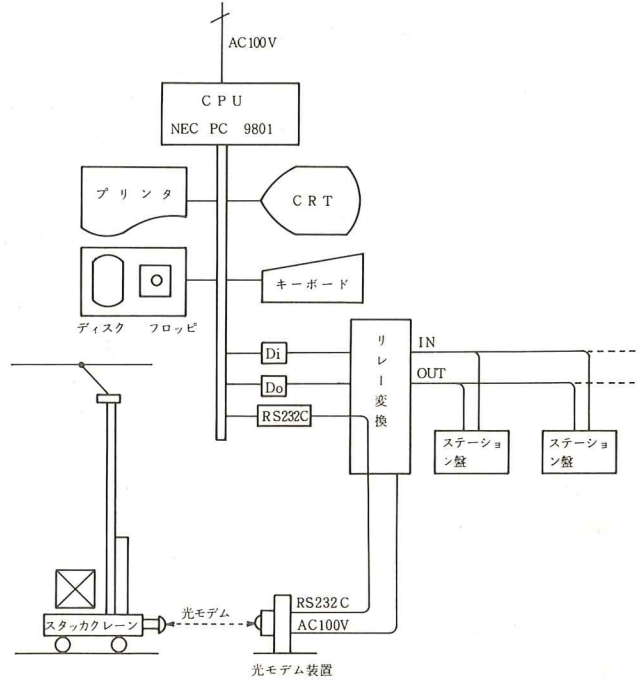


図3 システム構成図

表3 システムの仕様

項目	内容	
設備機械 (20台)	横型マシニングセンタ	5台 (内2台スタッククレーンと結合)
	立型マシニングセンタ	2台
	ターニングセンタ	1台 (ロボット付)
	NC立旋盤	2台
	NC旋盤	5台 (内1台ロボット付)
	NCタレットフライス	1台
	歯切盤	2台
	ホーニング盤	1台
	専用機	1台
モノレール スタッククレーン (1台)	定格荷重 800kg 走行速度 最大 100m/min 荷姿 最大 900W×1000L×1100H	
棚 (ラック)	全高 7.3m×全長 50m 格納パレット数 480 (2列×6段×43行)	
ステーション (36)	入庫ステーション	1 段取ステーション 2
	出庫ステーション	1 M/C段取ステーション 2
	マシン入出庫ステーション	28 中間ステーション 2
取扱物	素材, 治具, 完成部品, マシンパレット, 木パレット	
保管方式	単品/棚	
管理機	NEC PC9801	
管理情報項目	品目コード, 品名, 棚種別, パレット種別, 治具番号, JOBNo, オーダNo	
動作モード	入庫: ステーション → 各棚	
	出庫: 各棚 → ステーション	

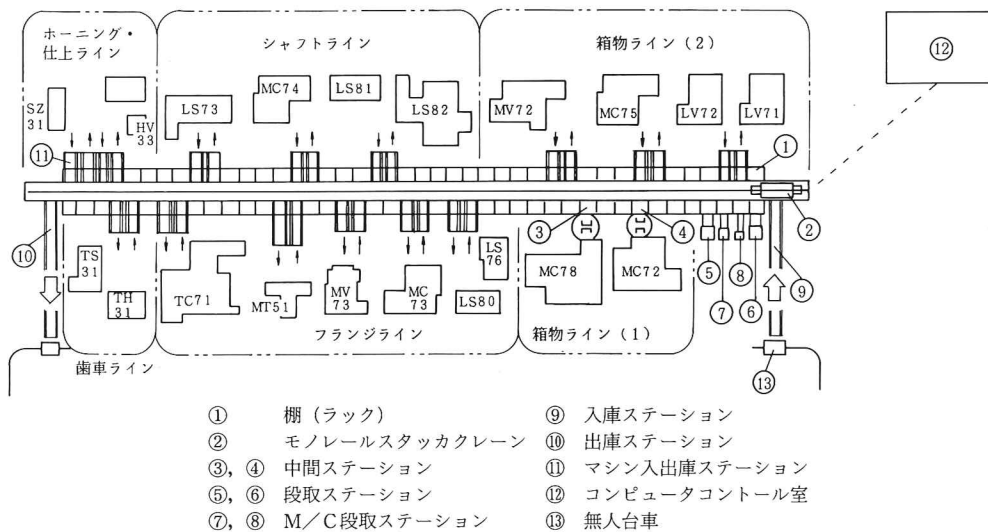


図4 立体FMSの全体レイアウト

この立体FMSの全体レイアウトを図4に、その外観を図5に示す。

図4から分かるとおり、箱物ライン(2ライン)、シャフトライン、フランジライン、歯車ライン及びホーニング・仕上ラインから成っている。

以下、立体FMSの概要について説明する。

(1) ラック

中央にラック (7.3mH×50mL、パレット容量800kg、パレット数480)を配置し、素材、パレット、治具、完成部品を格納し、モノレールスタッカクレーンで両側に配置した工作機械にワークの授受を行なう。

(2) モノレールスタッカクレーン

専用マイコンを装備した制御盤を搭載し、管理コンピュータとは光ファイバケーブルによって相互のデータの授受を行なう。モノレールスタッカクレーンが、作業を完了するとその位置で待機し、コンピュータの指令により次の作業を行なう。

なお、モノレールスタッカクレーンに搭載の制御盤のデジスイッチによる機側自動運転も可能である。

モノレールスタッカクレーンの外観を、図6に示す。

(3) コンピュータ



図5 立体FMS全景



図6 スタッククレーン

管理コンピュータはNECのPC9801で、10MBのハードディスクを使用している。外観を、図7に示す。

(4) 入出庫ステーション

ラックの両端に入出庫装置をおき、外部からの素

材の入庫、完成品の出庫を行なう。このステーションの前後の搬送には、無人台車1台を使用している。入庫ステーション及び無人台車の外観を、図8に示す。

(5) マシニングセンタ

箱物ライン(1)のマシニングセンタで、横型2台で構成され、モノレールスタッククレーンと直結させ、24時間無人運転を可能にした。呼出しに応じて、治具、ワークが出庫され、M/C段取ステーションで予め治具に組付ける。組付完了と共に再入庫し、工程に応じてマシニングセンタに呼び出される。マシニングセンタとモノレールスタッククレーンとの授受は、中間ステーション(ローディングステーション)にセット後AWC(Automatic Work Changer)にて授受する方式を採用している。機械にセットされたワークは、加工が完了すると、AWCを介してモノレールスタッククレーンで受取り、ラックに格納される。一方、AWC上のワークは、自動的に機械にセットされ加工に入る。

ラックに格納された加工完了品は、M/C段取ステーションに出庫され、治具から取外し、木製パレットに規定数量積載して、再びラックに格納され、工程に応じて出庫ステーションを通じて組立に送られる。

マシニングセンタ、AWC、中間ステーションの外観を図9に、段取ステーションの外観を図10に示す。

(6) その他工作機械



図7 管理コンピュータ



図8 入庫ステーション

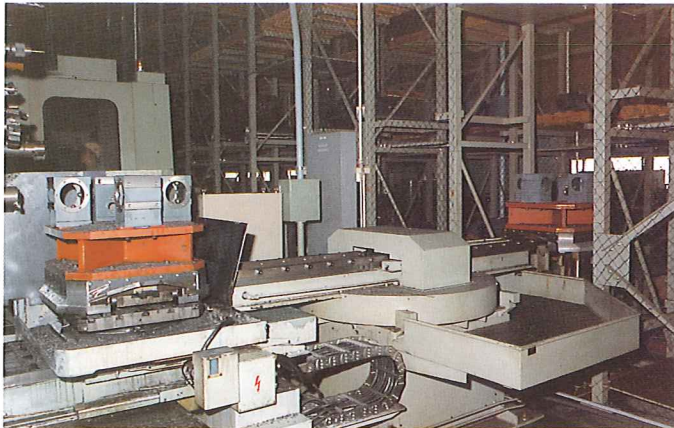


図9 マシニングセンタ

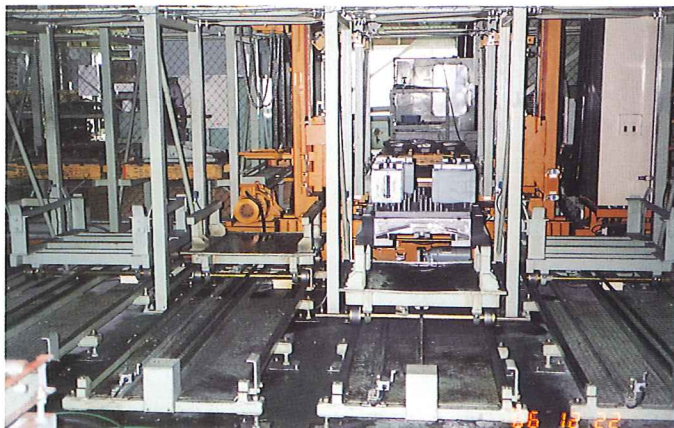


図10 段取ステーション

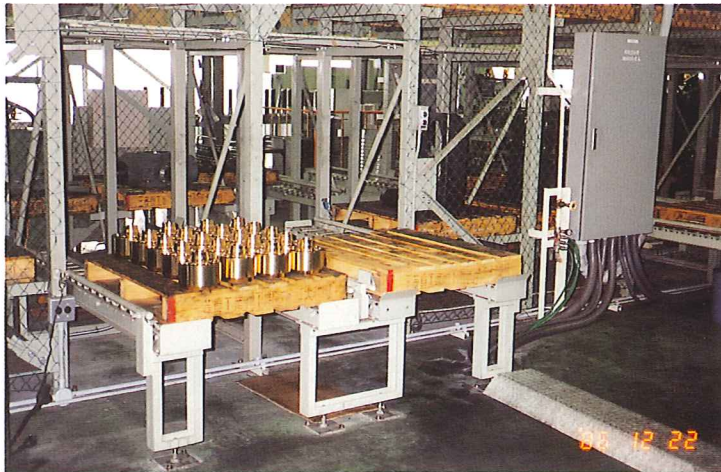


図11 マシン入出庫ステーション

工程に応じてワークパレットが、ステーションに入庫される。機械へのワークの着脱は人手で行ない、1パレット分加工完了するとラックに格納され、次のワークが供給される。但し、ターニングセンタ1台、NC旋盤1台については、ワークフィダにワークをのせれば、マテハンロボットがワークの着脱を行なう。

なお、ワークパレットはスタッククレーンで作業者の近くまで押し出される。機械との間は人手または手押車を用いるが、重量によってはジブクレーンを使用する。

マシン入出庫ステーションの外観を、図11に示す。

(7) 品種登録

本システムの管理を行なうための基本ファイルとなるもので、システムの運用に先立って行なう重要な作業である。予め品種ごとに高荷・低荷の棚種別、規定数(1棚に入る数量)、該当パレット番号、該当治具番号、JOBNoを登録し、日常のスケジュール等は、品種コードと数量を設定するだけでよい。

(8) 入出庫設定

入出庫ステーションから入出庫する時は、品種コード、数量を設定して行なう。ラックには高荷、低荷に対し、高棚、低棚があり、高低を間違えて格納することがないようにインターロックをしている。

(9) ステーション管理

コンピュータは、各ステーションの完了信号を監視し、完了信号が出るとスケジュールに従って次のワークを供給する。ステーションは、機械へのワー

クの授受、段取、入出庫と36箇所設置している。

(10) 在庫管理

加工対象部品点数は約100種類、最多工程数は6である。各種の治具の格納、工程順序管理も行なうので、実行管理対象は、おおよそ600種となる。

これらの在庫管理では、棚番地ごとに品名、数量、オーダ、入庫日を管理すると共に品名ごとに先入れ・先出しの管理をする。また、棚種別の空棚数、棚番地も管理する。

(11) 工程計画と管理

生産計画に基づき、各機械ごとの加工スケジュールを立て、機械ごとに品種、数量を一度に20品種までインプットできる。

加工が完了すると、マシニングセンタでは自動的に完了信号が出て、次のワークが供給される。同時に、該当加工プログラムもJOBNoとしてマシニングセンタに指令される。他の機械は、押ボタン操作により完了信号が出て、次のワークが供給される。また、NCプログラムは、作業者が機側操作により呼び出す。

このように、加工に必要なワークが、必要なとき、必要なだけ自動的に供給されるので、順序よく加工される。また、加工完了したワークは、ラックに格納するとき自動的に該当工程完了が記録されるので、工程の進捗状況は随時確認することができる。

(12) その他

各種の問い合わせ、管理資料のプリントアウトが可能である。問い合わせ内容は、棚情報、品目在庫

情報、空棚情報、オーダーNo別在庫情報等である。

主な管理資料及び様式は、次の通りである。

ア. 登録品目一覧表

分類	品目コード	品名	棚種別	規定数	J O B No	パレット種別	治具No

イ. 棚卸一覧表

棚番	コード	品名	数量	入庫日	オーダーNo

ウ. 品目別在庫一覧表

分類	品目コード	品名	棚番	数量	オーダーNo

エ. オーダーNo別在庫一覧表

オーダーNo	コード	品名	数量	棚番	入庫日

オ. 加工実績日報, 月報

ステーションNo	マシン	コード	品名	数量

5. 立体FMSの成果と今後の方向

この立体FMSは、昭和61年1月より順調に稼働している。この1年間の稼働実績から各種の成果が確認でき、新しい生産システムは多機種生産ラインに十分適用できることが検証できた。

主な成果を、表4に示す。

その他、管理費の低減、棚卸資産回転率の向上、職場環境の改善など多くの成果があった。

今後は、NC機の長時間無人運転に重点を置き、工具寿命、切粉処理などの問題を解決し、スタッククレーンとの結合を拡大し、立体FMSのレベルアップを図る考えである。また、物の搬送・情報伝達の自動化、合理化という点から考えると、機械加工だけでなく、組立ライン等を含む多機種生産ラインの合理化に適用できる生産システムであることの確認を得たので、組立工場へ拡大し、部品の自動供給に適用し、真のFA工場の実現に努力する所存である。

6. むすび

従来のFMSの概念にとらわれない、立体FMSを提言し、これを機械工場に適用した結果、多機種生産ラインとして十分適用することが検証できた。

アプローチの仕方としては、機械工場のFA化を指向し、管理面の自動化から入り、加工面の自動化は弾力的に拡大するという方法をとった。

この立体FMSは、

- (1) すべての物をラックに格納するので、省スペース

表4 立体FMSの成果

項目	成果
マシニングセンタ連続無人運転時間	24H
工場面積の縮減	40%
所要人員の削減	50%
フロータイム短縮	40%
加工時間の低減	40%

スでコンパクト

(2) 保管・搬送が自動化されているので、レイアウトフリー

(3) 順次投資による自動化の拡大が可能などのフレキシビリティをもった極めてユニークなもので、大掛かりなFMSへの投資とは対照的な手堅い手法といえる。この点からも、多機種生産ラインに適したFMSといえよう。

この生産システムは、機械加工だけでなく、組立などすべての分野に共通の概念であり、他分野にも拡大され、FA工場へ進展することを期待する。

参考文献

- 並河紘一；精密機械 第48巻第4号(1982. 4) P 18~25, 生産加工工場における物流システム自動化の事例と経済性
大西順雄；日経メカニカル(1981. 8. 17) P 50~55, 日本輸送機・本社工場のFMS
福村・長江・水門；機械設計 第26巻第1号(1982. 1) P117~123, MAZAK FMFの概要と

導入メリット

- 馬嶋武彦；応用機械工学(1979. 12) P128~133, マシニングセンタの無人運転システム
福喜多孝；日経メカニカル(1981. 8. 17) P42~50, 直線的レイアウトのFMS 2例
福喜多孝；日経メカニカル(1981. 3. 2) P42~47, 大規模で実用的なFMS目指した富士通ファナック工場
小林・稲葉・松本；日本機械学会誌第85巻762号(1982. 5) P56~60, フレキシブル生産システム
大星重雄；日本機械学会誌第85巻第762号(1982. 5) P49~55, 工具製造にFMSの思想を取り入れた生産システムの一例
福喜多・武岡・大西；日経メカニカル(1982. 6. 7) P42~49, MCごとに加工品種を固定した大隈鉄工大口工場のFMS

〔脚注〕 本論文は、著者(岡山 忠)が三菱重工業(株)下関造船所在動中に作成したものである。