

機械加工工場におけるFMS

高戸 謙一(たかと けんいち)

小串 泰三(おぐし たいぞう)

国貞 克史(くにさだ かつし)

① まえがき

低成長時代の今日、市場ニーズの多様化、製品の短納期化、低価格化、製品ライフサイクルの短縮などにより、製造の自動化では、ますます FMS の要求が高まっている。

こうした要求に対応して、富士電機では十数年前から、加工、組立、試験などのフレキシブル化を推進してきた。機械加工分野の FMS あるいは FMC の初期の例としては、日本経済新聞社の FA 賞を受賞した“モータシャフト・ロータ加工の DNC”（三重工場）がある。

FMS のシステム構成は、当時から一貫して階層化・分散化の方式をとっているが、最近では、コンピュータの高速大容量化、LAN の低価格化などで容易に高機能・低価格のシステムを構築できるようになった。

本稿では、最近の例として、遮断器の部品加工ラインを紹介する。

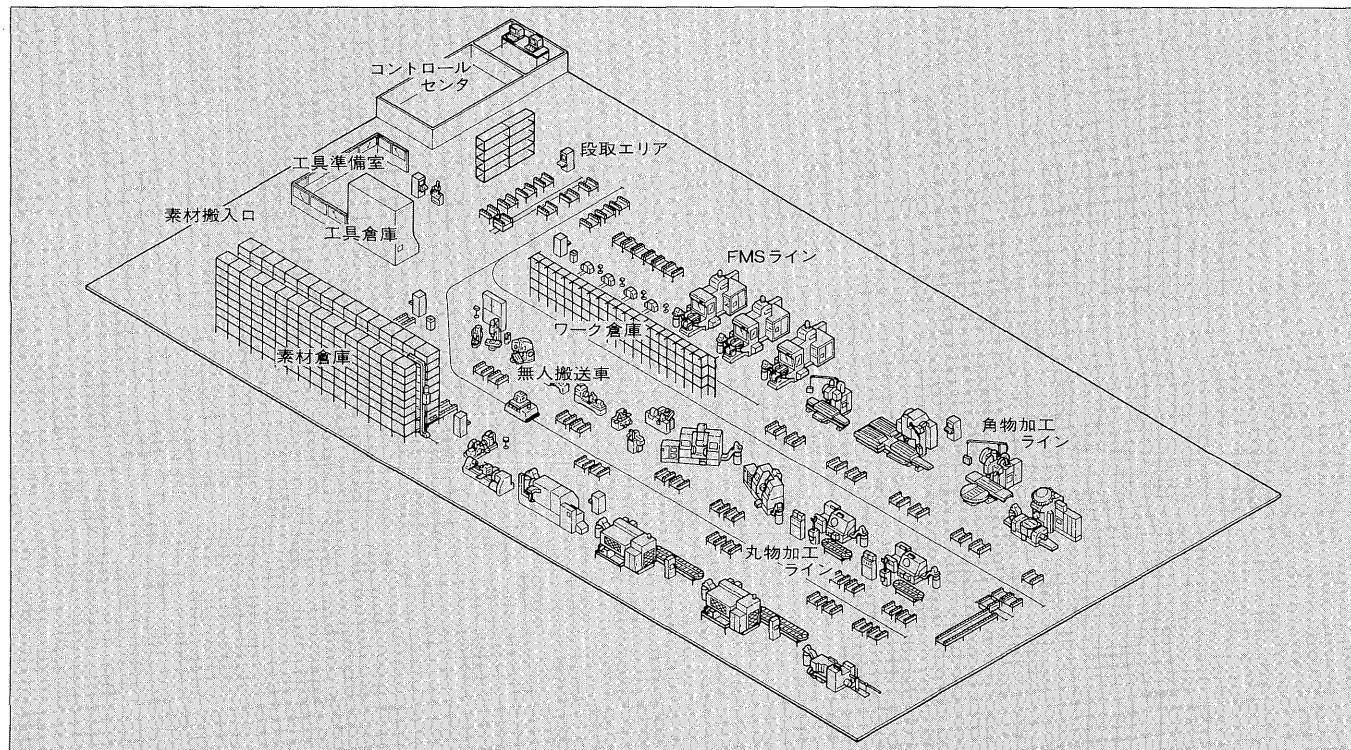
② 遮断器部品加工ラインの概要

本加工ラインの対象部品は約1,000種類あり、平均ロット10~50個の多品種少量生産である。この工場の鳥かん図を図1に示す。

素材搬入口に到着した素材あるいは一部加工済みのワークは、素材倉庫に入庫され、スケジュールに従ってこの加工ラインで加工され、次工程の組立ショップに送られる。

加工ラインは、立形マシニングセンタで構成される角物加工ライン、NC 旋盤と新鋭の複合加工旋盤で構成される丸物加工ライン、新鋭の横形マシニングセンタと立体倉庫

図1 遮断器部品加工ライン



高戸謙一

昭和46年入社。工場自動化システムの開発に従事。現在、生産管理センター生産技術部主任。



小串泰三

昭和35年入社。エネルギー機器の製造技術に従事。現在、川崎工場製造部主幹技師。



国貞克史

昭和36年入社。回転電機の設計、製造技術、生産管理に従事。現在、川崎工場製造部課長補佐。

で構成される FMS ラインからなる。更に、素材倉庫（素材、中間加工物、治具を対象）、工具倉庫、無人搬送車などライン全体に共通する自動化設備と、それらを管理制御するコンピュータシステムがある。

FMS ラインと丸物加工ラインの一部では、夜間の無人運転を行っている。

③ システム概要

本システムは、加工ライン全体を管理する「製造管理システム」と三つの加工ラインを制御する「ライン制御システム」、ワーク・治具の管理・搬送を行う「倉庫・搬送システム」、工具の保管とプリセッタデータを管理する「工具管理システム」、段取作業の管理に用いられる「段取端末」で構成され、それぞれに、NC 機、自動倉庫、無人搬送車などの自動化設備が接続されている。

システムの構成は図 2 に示すとおりで、7 台のコンピュータと NC 加工機は LAN で接続されており、NC データ、スケジュールデータ、各種コマンドが LAN を通して送受信される。

システムは、階層化・分散処理化されており、それぞれ独立して運転可能になっているが、全システムが稼動して、システム間が有機的に接続された状態で、システムは最高の機能を発揮する。

3.1 生産管理機能

工場全体の生産管理システムからの生産指令を受けて製造管理システムでは、月間スケジュールと週間スケジュール(1週間分の機械別日々スケジュール)を作成して、日々スケジュールをライン制御システムに送信する。

各ラインでは、受信したスケジュールに従って加工を進め、その進度情報(着手、完了)を製造管理システムに送

信する。これによって、製造管理システム内で、全スケジュールの最新の進ちょく状況がリアルタイムに管理される。

段取スケジュールは、加工スケジュールに先行した形で作成されるが、各機械の加工進度状況がリアルタイムに把握されているので、段取着手順位をダイナミックに決定することができる。

また各機械の稼動時間も、各ライン制御システムから報告があるので、一括集計して日報・月報が作成される。

3.2 製造技術データの管理と DNC 機能

主な製造技術データとして、①工順・手順データ②NC プログラムデータ③使用治具データ④工具レイアウトデータ⑤工具プリセッタデータなどがある。

①～④は基本データとして製造管理システムに登録され、管理される。この基本データの準備状況は、スケジューリングの条件としてチェックされ、スケジュール画面に表示されるので、新規が発行された場合、関連するデータの登録を督促することができる。

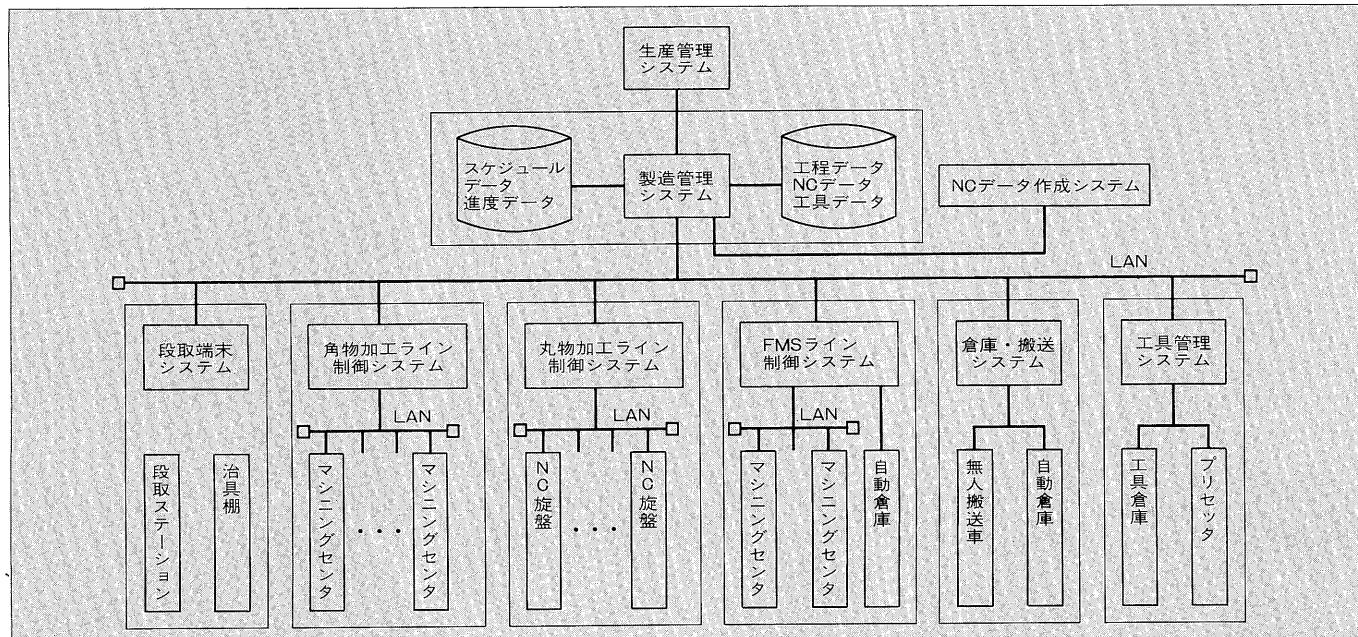
⑤は再研磨後、工具倉庫に入庫される際、プリセッタで自動計測され、工具管理システムに、各工具のプリセッタデータとして格納される。

プリセッタと工具倉庫をオンライン化したことにより、工具補正の自動化が可能になった。

すなわち、ある生産指示に対して工具が選択され、出庫される時、その工具のプリセッタデータから工具補正值が算出され、工具管理システムから製造管理システムに送信される。このオフセットデータは、NC プログラムデータに付加されて、NC 機に送信される。

なお、NC プログラムデータの送信の引金は、各ライン制御システムからの NC プログラム転送要求であり、スケジュールに基づいて自動的に行われる。

図 2 システム構成



3.3 ライン制御機能

ライン制御システムは、必要に応じて製造管理システムにスケジュールを要求できる。受信したスケジュールには、最新のステータス（材料や製造技術データの準備状況、加工進度など）が付加されている。これによって、スケジュールが着手可能かどうかを知ることができる。

FMS 加工ラインを例にとると、このスケジュールに従って、倉庫・搬送システムにワーク・治具の搬送要求をし、外段取りを行う。段取済みワークはスタッカクレーンで移載ステーションに運ばれる。機械上のワークの加工が完了すると、APC (Automatic Pallet Changer) に指令を出して、ワークの入れ替えを行い、新しいNCデータのダウンロードを確認して、マシンスタートを行う。

加工完了ワークについては、スケジュールの消込みを行い、製造管理システムへ加工進度を報告する。

なお、ライン制御システムでは、初物の試加工時、NCデータチェックを機械上で行い修正した場合、NCデータをアップロード（逆取り）することができる。

また、各機械の稼動時間を集計し、定時刻に製造管理システムへ報告する。

3.4 ワーク・治具の搬送と管理

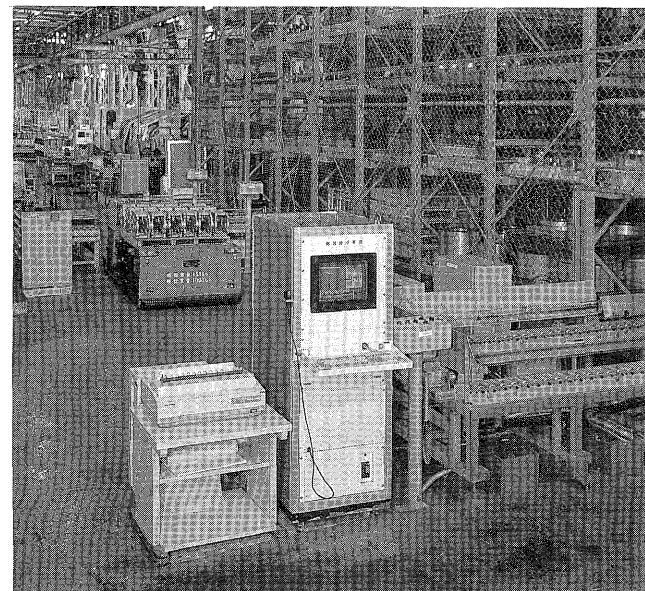
搬送は、ライン制御システム又は段取端末からの倉庫・搬送システムの要求を引金にして行われる。

通常は、スケジュールに従って要求内容が決められるが、オペレータが入力指示することもできる。

また、素材を素材倉庫に入庫してから、次の組立に送るまで数工程を要し、同一ロット品でもワークごとの工程進度の差を識別する必要がある。

そこで、パレット上のワークに対応する識別コードの一部を加工進度に応じて、コンピュータ内で自動的に変化さ

図3 素材倉庫と無人搬送車



N89-4966-7

ることにより、ワークの管理を行っている。

4 FMS ラインの概要

既に述べたように、本例の加工ラインは、三つのラインで構成されているが、その中で最も自動化レベルの高いFMSラインについて述べる。

4.1 ライン構成

FMSラインは、APC付横形マシニングセンタ3台、自動倉庫、段取ステーション4基で構成されている。

4.2 FMS ラインの管理方式

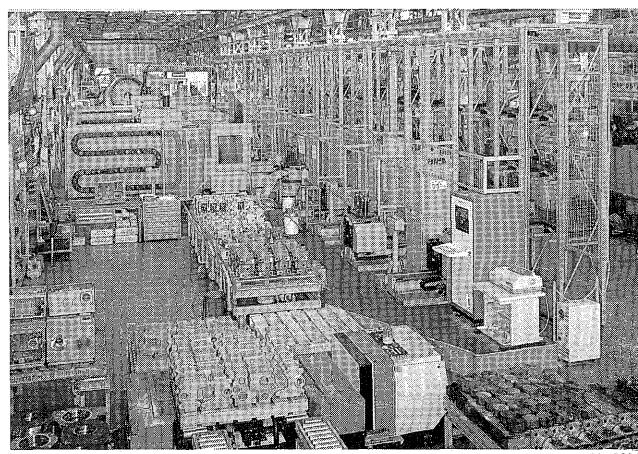
マシニングセンタでは、治具を介して加工用テーブルにワークが取り付けられ、加工はこのテーブル単位に進められる。小さなワークは、1個のテーブルに複数個取り付けられる。したがって、FMSライン制御システムは、日々スケジュールとして、テーブル単位のスケジュールを受信し、これに基づいてラインを管理する。

4.3 FMS ライン内のワークの動き

段取作業には、空テーブルに、治具とワークをセットする初段取りと、ワークを交換するだけの段取りがある。

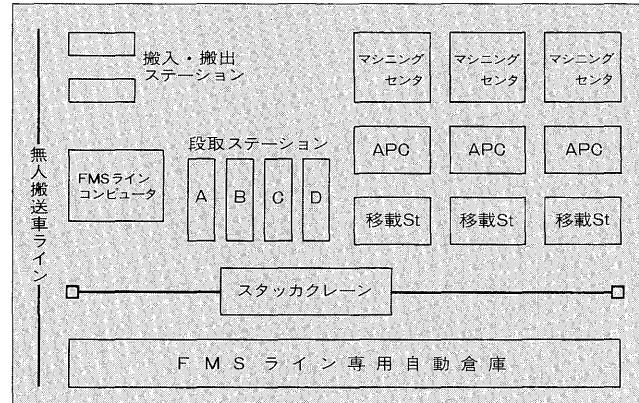
段取済みワークは、それが次に加工されるワークであれ

図4 FMS ライン全景



N89-4966-5

図5 FMS ラインの配置



ば、移載ステーションに送られ、それ以外の場合（例えば、夜間無人運転用など）は、自動倉庫内に格納される。

移載ステーションに送られたワークは、前のワークの加工が完了した時点で、APCを介して機械ヘローディングされる。一方、加工完了品は、移載ステーションから段取ステーションに運ばれ、ワーク交換が行われるが、夜間無人運転の場合は自動倉庫内に格納される。

4.4 夜間無人運転への対応

4.4.1 段取済みワーク及び加工済みワークの保管

夜間無人運転をするためには、昼間あらかじめスケジュールに沿って、テーブルに治具とワークをセットし、段取済みワークとして自動倉庫に格納する。また、無人運転時の加工済みワークは、自動倉庫に格納しておく。

4.4.2 工具交換を発生させないスケジュール

FMSラインのマシニングセンタでは、ATC工具ポジションを数ゾーンに分割、管理している。すなわち、ある部品の加工に必要な工具セットは、任意のあるゾーンに割り付けられる。使用工具が多い場合は、複数のゾーンを使用できる。NCデータは、実際の加工時に、選択されたゾーンに合わせコンバートされる。

このGT化された工具セットにより、夜間無人運転時にも工具交換なしで多種類のワークを加工できる。

4.4.3 故障監視と加工終了時の自動電源切断処理

夜間無人運転時に故障が発生した場合は、警務室へ異常を知らせる。また、FMSライン制御を無人運転モードにしておくと、3台の機械のスケジュールが全部完了した場合、FMSライン制御システムは自動電源切断する。

5 ソフトウェア

分散処理システムの開発では、システム間の機能配分と整合性が重要である。このため、要求仕様を機能チャートにまとめ、システム間の役割分担と必要な通信コマンドの整理を行った。

図6 機能配分

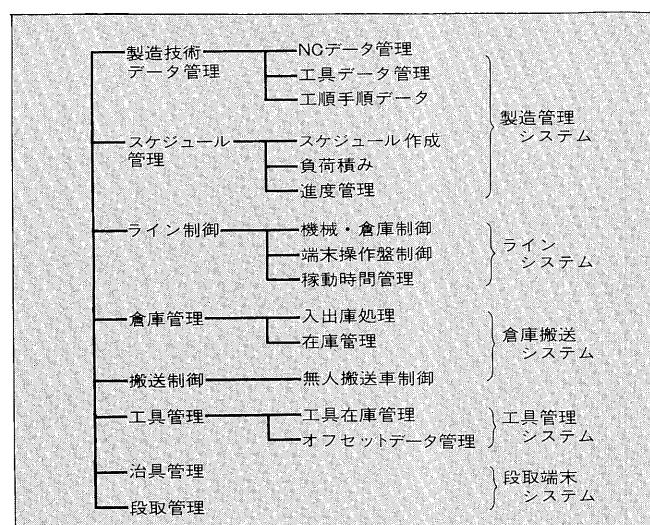


図7 システム間のデータの流れ

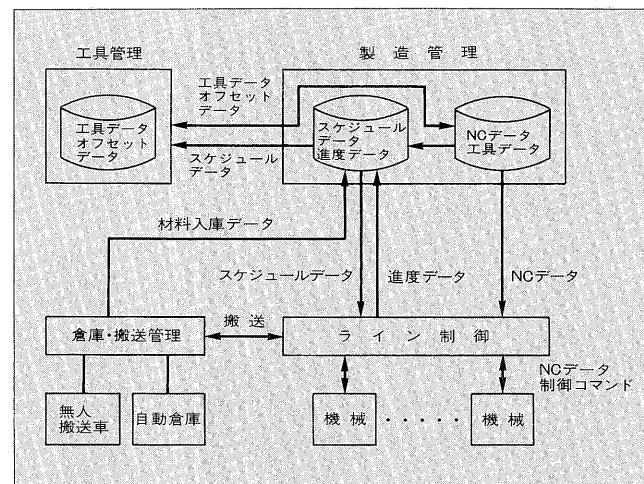
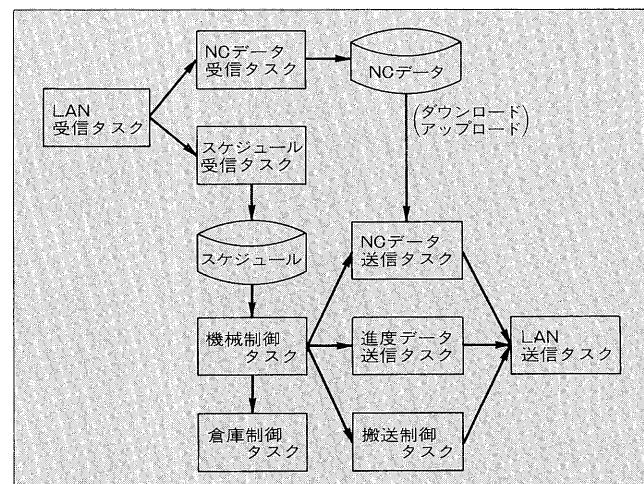


図8 FMSライン制御システムのタスク関連図



5.1 機能チャートと機能配分

要求仕様の機能チャート化と各サブシステムの機能配分の概要を図6に示す。

5.2 通信手順の標準化

機能分散化することにより、システム間のデータの受渡しが必要になる。本例では、図7に示すようなデータの受渡しがあり、数十種類のコマンドと通信手順、データフォーマットの標準化を行った。

コマンドやデータをLAN経由で受信し、ラインを制御する例を、図8にタスク関連図として示す。

6 あとがき

このFMSシステム導入により、生産能力が2倍となり、また、リードタイム50%削減と大幅な工数低減が図れた。

このシステムは、LANなどの使用によりシステムの追加、変更などにフレキシブルに対応できるので、機械の増設や他システムの接続など、システムのレベルアップや拡大が容易に図れる。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。