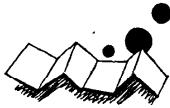


解説

FA の実例



無人化工場†

松本源次郎††

1. まえがき

FA の実例として、FANUC 富士コンプレックスにあるロボット製造工場と、モータ製造工場の2例について紹介する。両工場は、山梨県富士山ろく、山中湖近くに建設されたもので、ロボット工場は1980年末に完成し、その建物は100m×200mの平屋建である。またモータ工場は、ロボット工場の隣接地に1982年8月に完成し、その建物は80m×100mの2階建の工場である。

ロボット工場は、ロボット、ワイヤカット放電加工機、ミニ CNC 工作機械の製造を目的として建設され、現在その中の機械加工部門が FA 化されているが、近く組立部門も FA 化される予定である。

モータ工場は、サーボモータ、スピンドルモータの製造を目的として建設され、機械加工(1階)、組立(2階)ともに FA 化されている。

従業員はロボット工場が約100名、モータ工場が約60名で、それぞれ月産300台、月産10,000台の生産能力を有している。

2. FA システムの考え方

両工場ともシステムの構成単位として、加工セル、組立セルを基本としている。しかし取り扱う部品点数、1ロット部品個数、部品の形状や大きさ等、製品の性格が若干異なるため(ロボット工場は多種少量生産であり、モータ工場は多種中量生産的な性格をもっている。)具体的運営では、両者の間で若干の差異がある。いずれの工場も立体自動倉庫と無人搬送車を使用し、これらを制御用コンピュータにより制御する点は変わらない。しかしロボット工場の加工部門では、部品の供給、移送指令は、加工セルからの要求によって行う方式(いわゆる引張り方式)を採用しているのに対し、

モータ工場では、生産スケジューリングに合わせて、自動的に供給、移送を行う押し方式を採用している所が大きく異なっている。多種少量生産工場では、あらかじめ立てたスケジューリングの変更が頻繁に行われる可能性が多い。このため、中央集権的でなく、現場に情報ならびに物流の双方について緩衝をおきながら、全体を集中的に管理する方が実用的と考え、ロボット工場には引張り方式を採用した。モータ製造の方はほぼスケジューリングに従って生産が行える形態になっているので、押し方式を採用した。ただ後述する切粉処理方法や、不測の事態にも対応できるようにするため、セルからの引張りも可能になっている。

以下に、ロボット製造工場と、モータ製造工場の FA の具体的内容について紹介する。

3. ロボット製造工場の FA

3.1 構成

この工場は前述のように、ロボットの他に、ワイヤカット放電加工機とミニ CNC 工作機械を生産している。加工部品の点数は約450点で、ロットサイズは5ないし20という典型的な多種少量の工場である。

工場の構成を図-1に、加工部門の外観を図-2に示す。

3.2 加工セル

加工セルは、現在35セルあり、ロボットあるいは APC (Automatic Pallet Changer) により、加工品の取付け取外しができるようになっている。旋盤作業や小型マシニングセンタ作業のセルは、図-3のような構成である。図-4、図-5はそれぞれ旋盤、小型マシニングセンタのセルの写真である。

大物部品の加工には12面前後の APC 付のマシニングセンタの加工セルが使われている。

これらの加工セルは、自動工具交換、自動工具補正、NC 指令データの保管自動選択、加工品の自動着脱、異常の監視、稼働実績の集計などの機能をもつ。

† Unmanned Factory by Genjiro MATSUMOTO (Automation System Laboratory, FANUC LTD.).

†† ファナック(株)

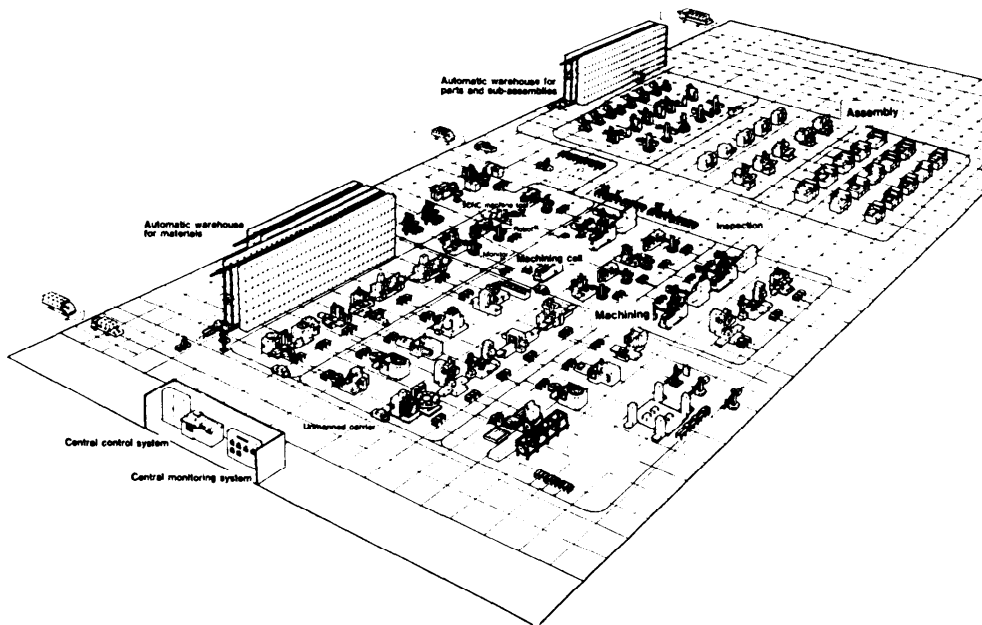


図-1 工場の構成



図-2 加工部門の外観

NC 指令データの保管は、CNC 内蔵の磁気バブルメモリなどを利用して行われる。このメモリは小形で高信頼性を有する大容量の不揮発性メモリであって、電源断でもその内容は保存される。また加工セルには加工品の自動識別や、自動寸法計測機能を有するものもある。これらの機能により、加工品の混流生産や、加

工精度保持が可能となり、24時間無人運転が行える。

3.3 運用

システム運用図を図-6 に示す。

工場に納入された素材は、まず素材倉庫に格納される。加工セルからの出材要求（引張り）に基づき、自動倉庫から出材された素材は、パレットごと無人搬

送車に積み込まれ、床面に埋設したケーブルからの信号に誘導されて、加工セルの固定ステーションに配送される。加工セルは図-7のように平面的であり、無人搬送車は任意のセルからセルへ、随時加工品を運ぶことができる。このため、加工品待ち時間は最少限で済み、また機械の増設、レイアウト変更も比較的容易で、製品の変更、増産などにフレキシブルに対応ができる。

これらの作業は中央管理装置および中央監視装置によって管理されている。

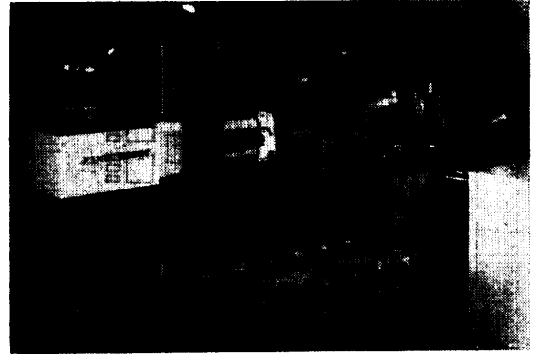


図-4 ロボット付加工セル（旋盤）

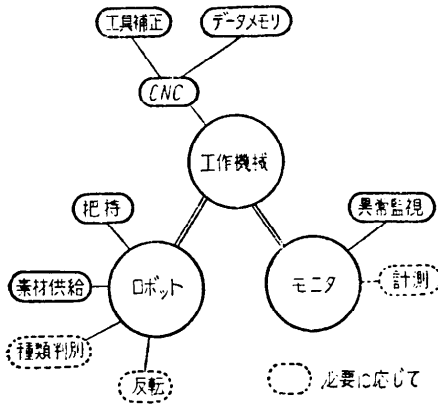


図-3 加工セル

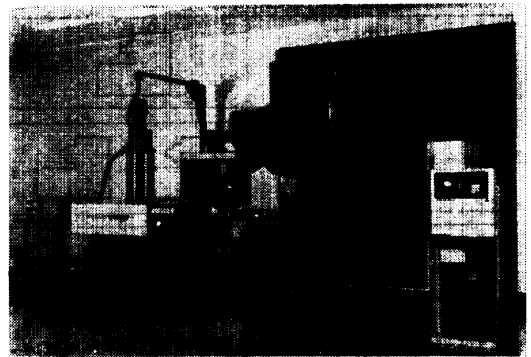


図-5 ロボット付加工セル（小型マシニングセンタ）

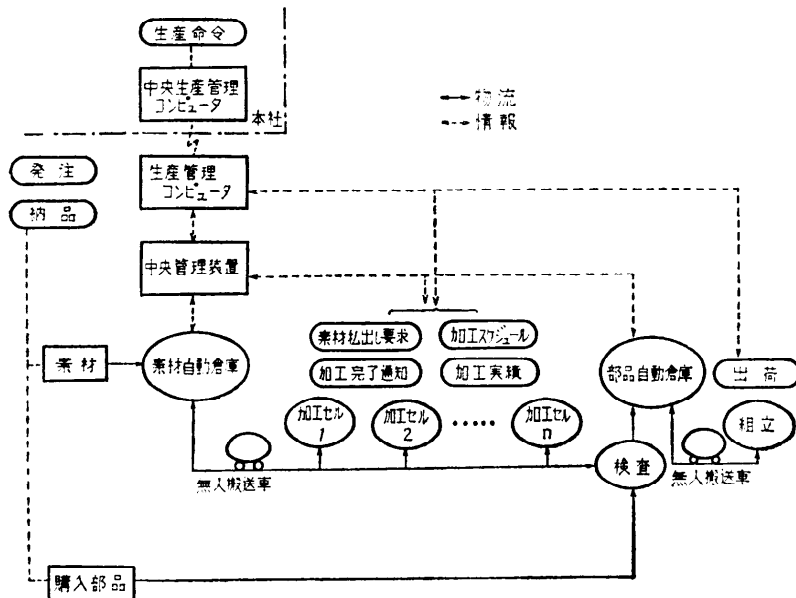


図-6 システム運用図

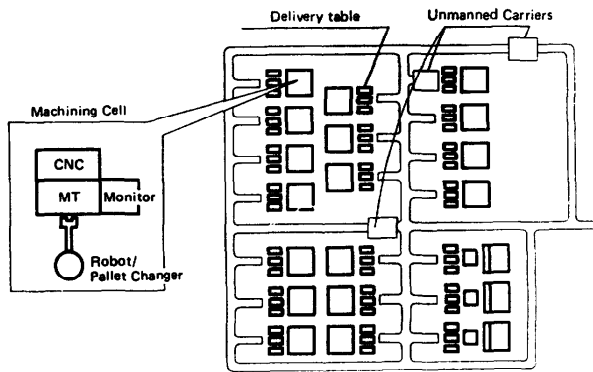


図-7 加工セルの配置

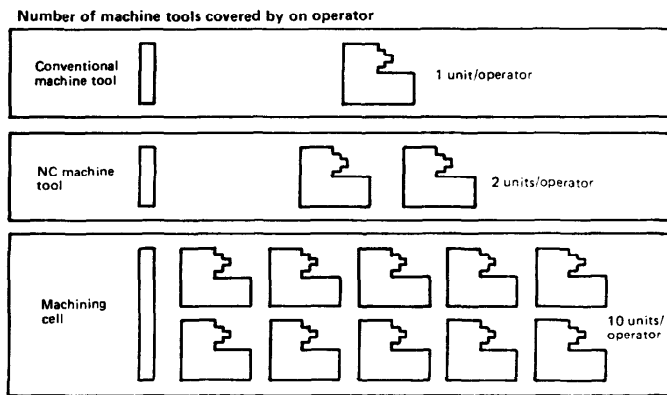


図-8 FA の経済性

この工場では、昼間8時間の間に加工品の段取り替え、工具のセットアップ、工具補正量の確認や設定、切粉の清掃などを、夜間の無人運転にそなえて行っている。夜間の16時間は、1人の監視者を残して無人で運転される。現在夜間の生産量は昼間のそれとはほぼ同じである。したがって作業者1人当りの生産量は、昼間だけ動く場合の約2倍になる。一般に汎用機の場合、作業者1人が1台の機械を運転する。NC機だと1人当り2台運転できる。この工場では1人当り5台のセルを担当している。前述のように夜間無人運転を行うから、等価的には1人当り10台のNC機を運転していることになり、通常のNC加工工場の約5倍の能率を上げていることになる(図-8)。

4. モータ製造工場のFA

4.1 構成

この工場では、約40種のACスピンドルモータ、サーボモータ(AC、DC)の部品加工から組立、試験まで

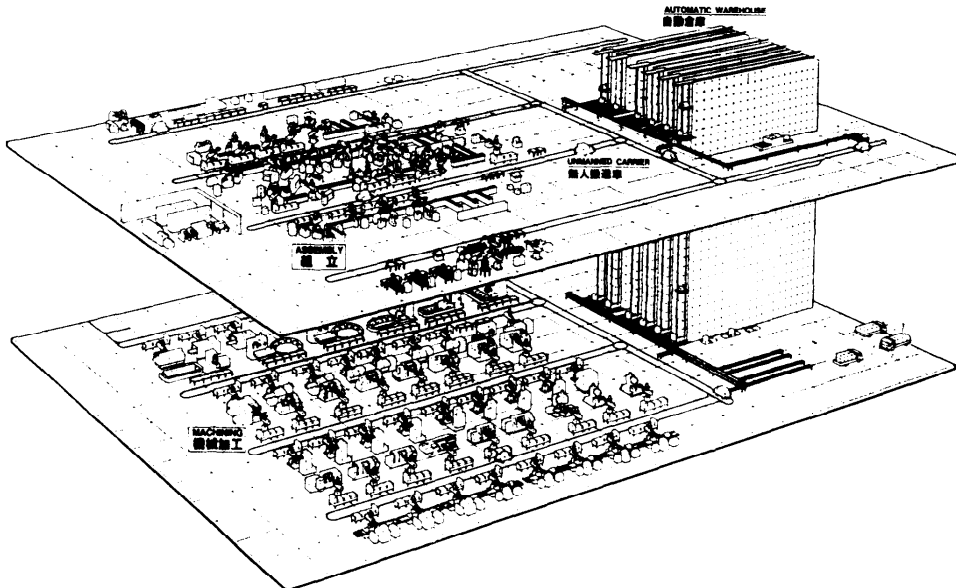


図-9 工場の構成

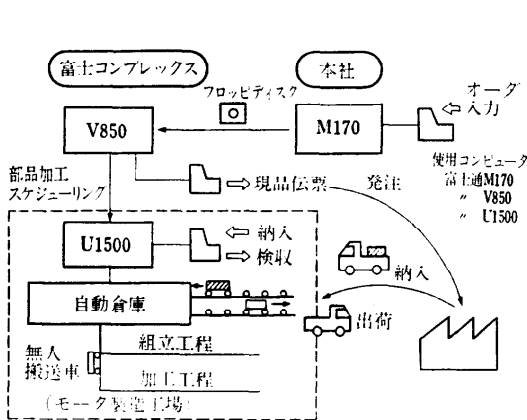


図-10 システム運用図

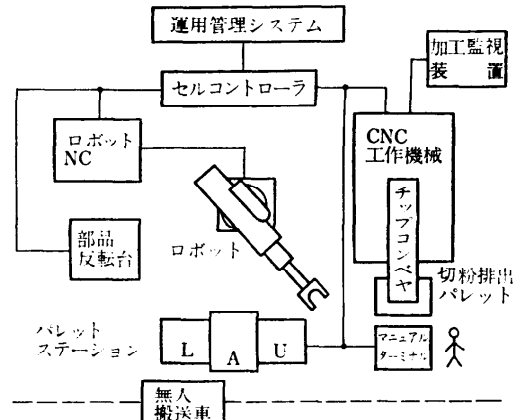


図-11 加工セル

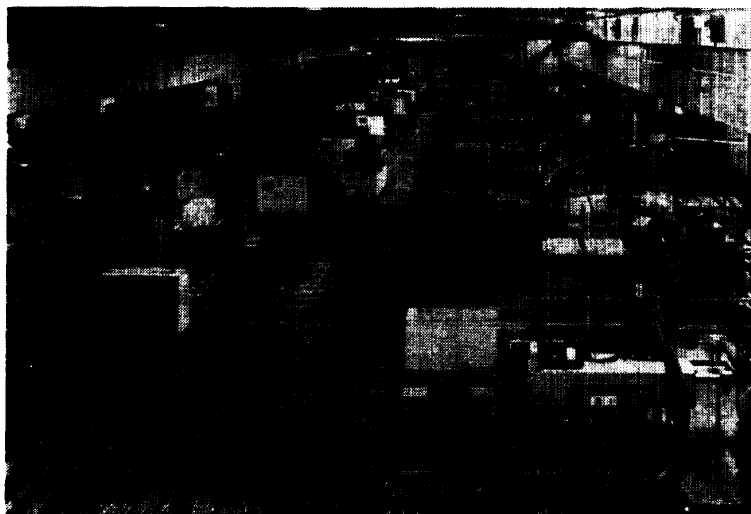


図-12 加工部門の外観

を一貫して行っている。部品点数は約 900 点、ロットサイズは 20 ないし 1000 である。図-9 に工場の構成を示す。

1階が部品加工工場、2階が組立工場になっており、2階の床をおち抜いて両者に共通に自動倉庫がある。1階で加工された部品は一旦自動倉庫に収められ、2階の組立順序に応じて自動倉庫から引き出される。

4.2 システム構成

図-10 は本システムの構成図である。

生産計画に基づいて本社で入力されたオーダーは、M170 で単品に分解され、フロッピディスクにて富士

コンプレックス内の V850 に入力される。V850 はこの情報をもとに発注業務を行う。素材および購入品は現品伝票とともに納入され、自動倉庫を管理するコンピュータ U1500 に入力され、自動倉庫に収納される。加工および組立の指示は、スケジュールに基づき V850 に入力され、V850 が U1500 を通じて自動倉庫の運営を司る。工場内の素材や完成品の運搬は U1500 に制御された無人搬送車により行う。

4.3 運用

4.3.1 機械加工工場

ここは V850 のスケジュールに併せて U1500 が素材を出す押し出し方式を採用している。52 台のロボ

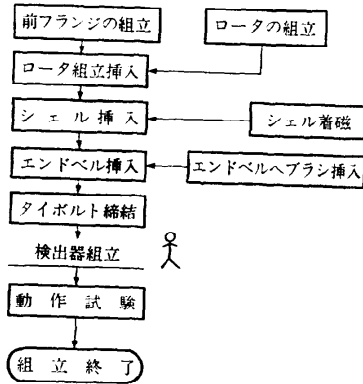


図-13 DC サーボモータ組立工程



図-15 自動組立ライン

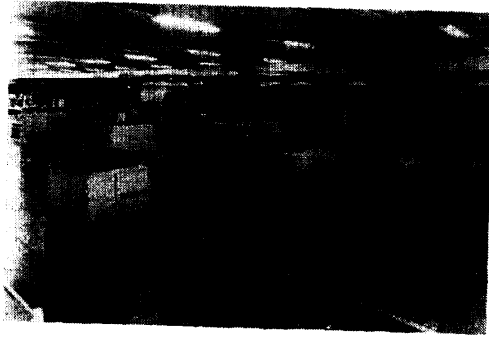


図-14 組立工場

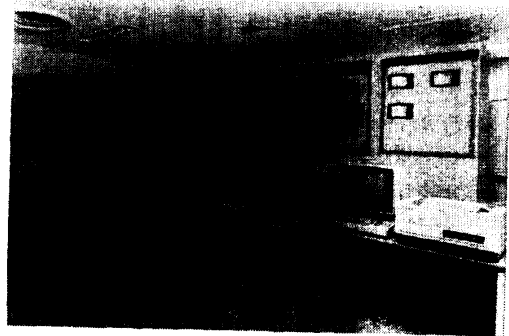


図-16 中央管理室

ットを含む60の加工セルがあり、2台の無人搬送車により加工品の搬送が行われる。加工セルの内容を図-11に示す。加工数量等の加工情報は、運用管理システムのU1500から与えられ、セルコントローラに中継され、ロボット制御装置に指令される。したがって一度無人搬送車により素材パレットがLAUに渡された後は、部品の加工完了までロボットによる支配の下に加工セルが運用される。研削盤には機械内に検査装置が内蔵されており、完成品情報はロボットに記憶され、1パレット分の加工終了時にセルコントローラを通して該当パレットの完成品数量がU1500に通知され、無人搬送車が完成品を取りに行く。この際、次工程のセルが空の場合、無人搬送車は次の加工セルに運ぶこともあるが、通常は一旦自動倉庫に収納される。

切粉処理は、切粉排出パレットが満杯となったとき、作業員によりマニュアルターミナルから無人搬送車が呼ばれ、切粉排出コンベアへ自動的に運ばれる。

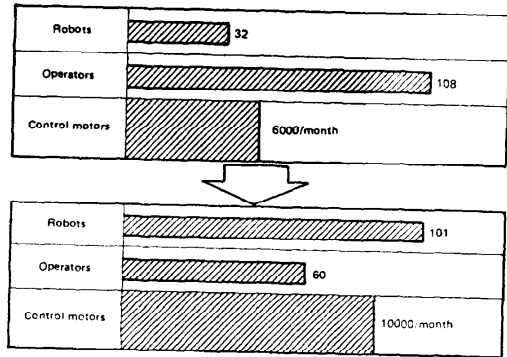


図-17 FAの生産性

図-12は機械加工工場の外観写真である。

4.3.2 組立工場

2階の組立工場には4つの自動組立ラインがあり、計49台のロボットを含む25の組立セルが稼働している。加工セルと異なり、組立セルでは複数台のロボットが協調して1ステーションにおける組立作業を

行うため、ロボット間インタロック、個別作業完了のチェック、パーツフィーダ、移送用コンベアの制御をロボットが行っており、各組立セル間の情報の伝達を各セルのメインロボットと結合されたセルコントローラ同士が行っている。例として DC サーボモータの自動組立工程を図-13 に示す。現在はケーブルの配線、コネクタ締結を含む検出器の組立は人手により、他の部分は自動化されている。個々の組立内には、ベアリングの圧入、ロックタイト塗布、タイボルトの締結、ナット締め、オイルシールの圧入作業等が含まれており、特に着磁されたシェルを挿入し、磁力によって引き寄せられるロータを保持してエンドベルを挿入する箇所には、ロボット及びロボットより制御されるプレス装置等を利用した様々な協調作業が見られる。また AC スピンドルモータの組立ラインでは、視覚センサを利用して、ケーブル束の位置を検出し、ロボットの位置を補正してフランジにケーブル束を通す作業も行われている。またラインの末端には検査機があり、組立の終わったモータは、ここで自動検査される。

図-14 に組立工場の写真を示す。図-15 は自動梱包ラインで、完成したモータは無人搬送車でこのラインに運ばれる。梱包されたモータは一旦自動倉庫へ収納され、逐次出荷される。

4.3.3 中央監視と効果

以上説明した一連の作業は図-16 のようなコンピュータで制御され、かつ各階の稼働状況はこの中央監視装置及びモニタテレビで監視できるようになっている。図-17 はシステムの生産性が従来に比べて3倍になっていることを示している。

5. むすび

FA の実例として当社の2つの工場を紹介した。いずれも全工場規模のもので、当社の主力工場として大きな成果をあげている。さらにロボット製造工場の組立部門の FA 化や、モータ製造工場組立部門の完全無人化に向かったの努力が現在進行中である。

(昭和58年12月6日受付)

