

中・少量機械加工におけるファクトリー
オートメーション—磁気ディスク装置工作—

Factory Automation System for Machining Shop

磁気ディスク装置の部品は高精度が要求されるとともに、生産変動への対応及び短納期化が強く求められている。特に部品加工は加工精度や原価の面で重要性が高く、これらの部品の機械加工で機械の高精度化、インプロセス計測の適用による高精度化を図り、更に自動倉庫や無人搬送車の導入により素材投入から完成までを合理化した。全体ラインはミニコンピュータで制御しており、(1)生産指示、(2)進捗管理、(3)設備管理などを行ない、光ネットワークによりそれぞれの設備の自律分散制御を行なっている。生産指示の自動化及び自動倉庫、無人搬送車、マシニングセンターなどによる部品加工のフレキシブル化により小ロット生産を実現し、中・少量生産での高精度部品加工のFAシステムを完成することができた。

丹羽忠嗣* Tadatsugu Niwa

河北俊邦* Toshikuni Kawakita

沼 武良* Takeyoshi Numa

1 緒 言

日立製作所小田原工場の主要製品である磁気ディスク装置は、高性能化が著しく、部品加工や組立作業の高精度化、高品質化の要求が強い。また、他社との競争も厳しく低価格化も急務である。

磁気ディスク装置の主要機構部品であるHDA (Head Disc Assembly)の外観を図1に示す。このHDAの部品加工は、従来NC(数値制御)工作機械や作業ロボットなどの導入による部分的なFMC(Flexible Manufacturing Cell)で対処してきたが、機械加工の一貫した自動化を行なって品質のばらつきを少なくし、大幅なコストダウンを実現するとともに、受注の増大や対象機種の変更などの生産変動に追従でき、またHDAの組立との同期のとれた新しい生産システムの実現が重要な課題である。

今回開発したHDAの機械加工ラインは、自動倉庫や無人搬送車を導入し、ライン全体をスーパーミニコンピュータHITACE-800(以下、E-800と略す。)で管理を行ない、光ネットワークで各設備を自律分散処理することにより、高精度部品に対応できるフレキシブルな自動化ラインを構築することができた。

以下に、今回開発した工作FA(Factory Automation)ラインについて概要を説明する。

2 FA導入の背景

2.1 背 景

磁気ディスク装置のHDAの工作FAラインの概要を表1に示す。これらの機構部品は高精度が要求され、従来はNC工作機械とロボットなどの移載機の組合せによる自動化を行ってきたが、数種類の部品と機械との組合せを固定化し、高精度を確保するよう考えられているため、部品変更の場合は治工具の段取替えとか、精度出しなど段取替え時間が大幅にかかっていた。このような工作加工ラインの問題点を表2に示す。

加工設備を自動化するとか、高能率の設備に切り替えるだけでは十分でなく、品質のばらつきの少ない高精度化への対応が必要であり、インプロセス計測、ポストプロセス計測によるデータのフィードバックが必要である。また、設備全体の稼動をコントロールする管理システムとして設計情報、素材情

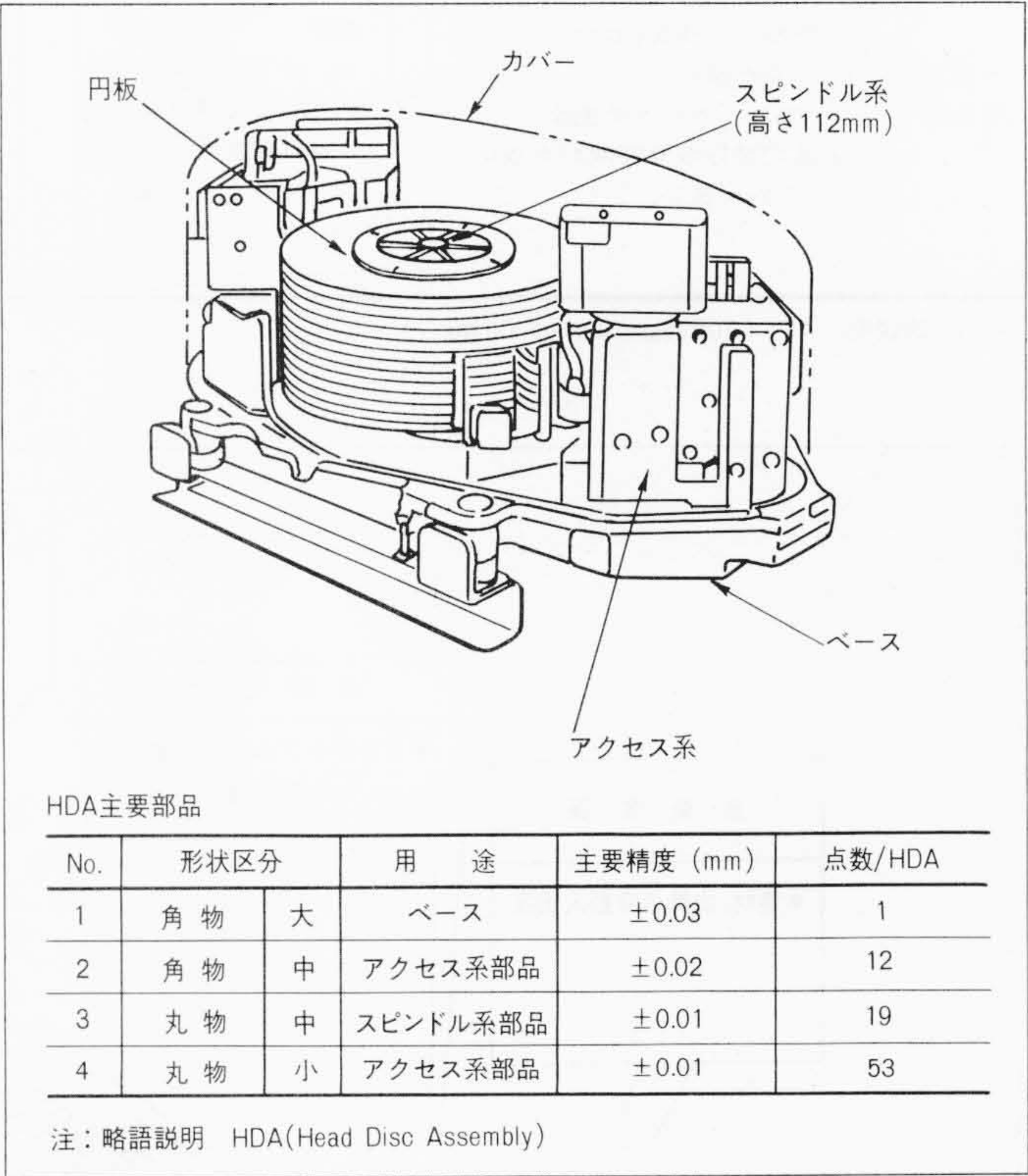


図1 HDAの外観 HDAの内部が見えるように透視して示した。

表1 工作加工ライン概要 工作ラインの規模を設備台数、被加工部品などで示した。

No.	項 目	内 容
1	機械設備数	31台
2	主要加工部品数	40点
3	ロットの大きさ	40～300個
4	平均工程数	Min. 5 ～Max. 10工程

* 日立製作所小田原工場

表2 工作加工ラインの問題点と対策 個々の問題点を解決するとともに、総合的な合理化が必要である。

項目	問題点	FA化の方針
精 度	1. 加工精度のばらつきが大きい。 (1) 工作機械や高精度化の遅れ (2) 環境温度, 工作機械発熱による精度の時間的变化 (3) 切削工具摩耗, 治具取付けひずみによる精度のばらつき	(a) 機械の高精度化 (b) インプロセス計測化
無 人 化 高スループット化	1. 機械のそばでの人手によるワークの取付け, 取外し 2. ばり取り, 計測が人手作業 3. 工具交換時間, APC交換時間, 送り速度などの機械動作時間が遅い。	(a) ワークセットの集約化 (b) ばり取りの自動化 (c) 高性能機の導入
フレキシブル化	1. 生産計画の変更が人手対応 2. 機械への作業指示が人手対応 3. 工期が長い。 (1) 大ロットバッチ生産 (部品切替段取り時間が大きい。) (2) 工程が長い。	(a) 上位との一元化した情報による生産指示 (b) オンライン進捗情報によるダイナミック作業指示 (c) 小ロット生産 (d) 複合加工

注：略語説明 APC(Automatic Pallet Changer)

報, 組立情報などを含めた総合的な管理システムが確立されない限り, 生産変動に即応した高効率な設備稼働は望めない。
高精度対応の設備(ハード)と情報(ソフト)の一元管理によるFAを開発することが不可欠となった。

3 FA計画の概要

3.1 FA構成の基本方針

工作FAラインの構成を図2に示す。
このラインは加工設備を同一機能グループ別に配置を行ない, 加工のグループ化を図り, 人手作業を集約して自動化を図った。自動倉庫は材料及び完成品の入出庫をし, マシニングセンターなどの加工機への無人搬送, 無人移載を行なうことにより, 生産ラインの自動化を進めた。
システムは32ビットスーパーミニコンピュータ(E-800)と16ビットマイクロコンピュータ(HD68000)を光ケーブルADL(Autonomous Decentralized Loop)で接続し, 各設備に対しては同一機能のワークセンター単位に8ビットマイクロコンピュータ(HD6800)を接続している。
これらは階層的に自律分散形として生産管理機能, ラインコントロール機能, 設備制御機能を構成している。
LAN(Local Area Network)としては工作職場の特徴を考慮し, 耐ノイズ性, 自律分散処理, 拡張への柔軟性を重視して自律分散光ネットワークADLを用いた。
機能構成の基本的方針は「管理は集中, 制御は分散」のもとに各コンピュータは階層形構成とし, 分散処理システムを設計した。

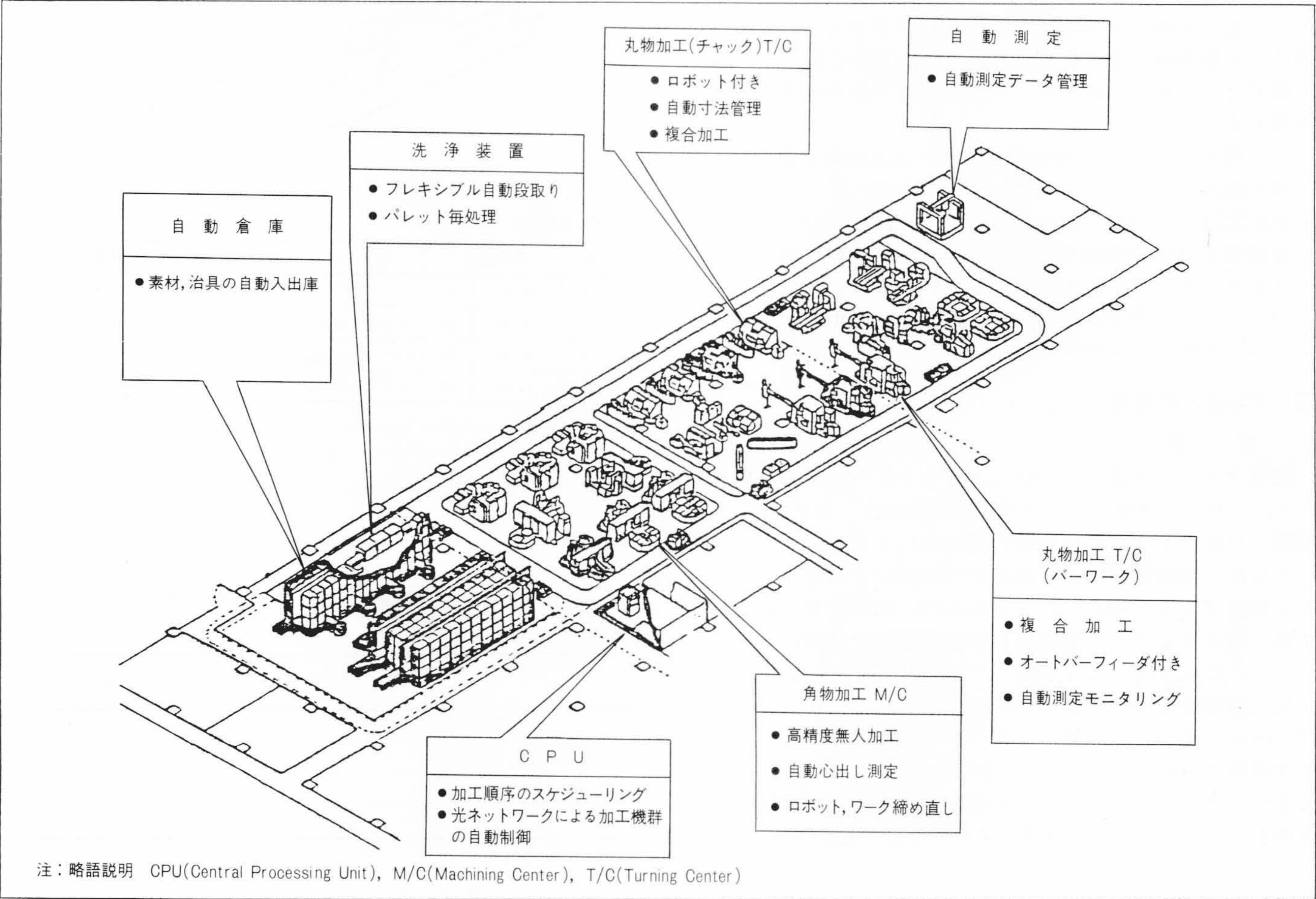


図2 工作FAラインの構成図 工作FAラインの設備の全体配置を示した。

4 工作FA設備の概要

4.1 工作FA設備の課題

工作FAラインを構築するに当たり、(1)機械の高精度化、(2)無人搬送車の高精度位置決め、(3)LANの選定とインタフェースの標準化、(4)ばり取り洗浄など技術的な課題があった。

これらの技術的課題を開発することにより設備の実用化を図った。

4.2 主な自動化設備

4.2.1 マシニングセンターほかNC加工機

工作FAラインに導入したNC加工機には、以下のような仕様をもたせた。

- (1) 高精度対応
 - (a) 主軸冷却などによる主軸熱変位の最小化
 - (b) 静的位置決め精度 $5\mu\text{m}$ 以下
 - (c) インプロセス計測
 - (d) 環境温度のコントロール
- このような対策により加工精度のばらつきを従来の $\frac{1}{2}$ 以下にすることができた。
- (2) 複合加工化

一工程で複合加工ができるようにし、工程間の移動をできるだけ少なくする。
- (3) 段取替えへの対応
 - (a) 工具の段取替えがないようパーマネントセットできる工具配置
 - (b) 治具パレット認識によるNCテープの自動交換
- (4) 工具長寿命化
 - (a) ダイヤモンドコンパックスツールなどの適用により、工具寿命の長期化と加工寸法の安定化及び工具交換の最小化

4.2.2 無人搬送車

生産指示に基づいて最適な加工ワークをNC加工機に搬送し、また加工完了したワークを速やかに搬出する無人搬送車はFA加工ラインを有機的に稼働させるためには大変重要である。今回開発した無人搬送車(日立機電工業株式会社製)の概要を図3に示す。

特徴としては下記の仕様をもたせた。

- (1) 無軌道電磁誘導方式
- (2) 二種搬送形体混載、自動移載機能
- (3) 停止位置決め精度 1mm (ファインポジショナ使用時)
- (4) 零 R (半径)旋回

4.2.3 自動倉庫

無人搬送車と連動して素材、完成品のストック及び搬出入機能としての自動倉庫も重要である。生産状況のシミュレーションにより、最大3日間の素材、完成品が保管できるスペースとした。

自動倉庫の概要を図4に示す。

4.2.4 洗浄装置

加工完了のワーク及び取付け治具は切削油、切粉が付着しており、それらを自動洗浄する装置を開発した。

4.2.5 ばり取りロボット

HDA部品はばりがあつては性能上問題があり、従来は多くの人手をかけていた。

今回、ばり取りロボットを導入し、自動化を図るとともにばり取りの信頼性を向上した。

5 管理システムの概要

5.1 システム構成

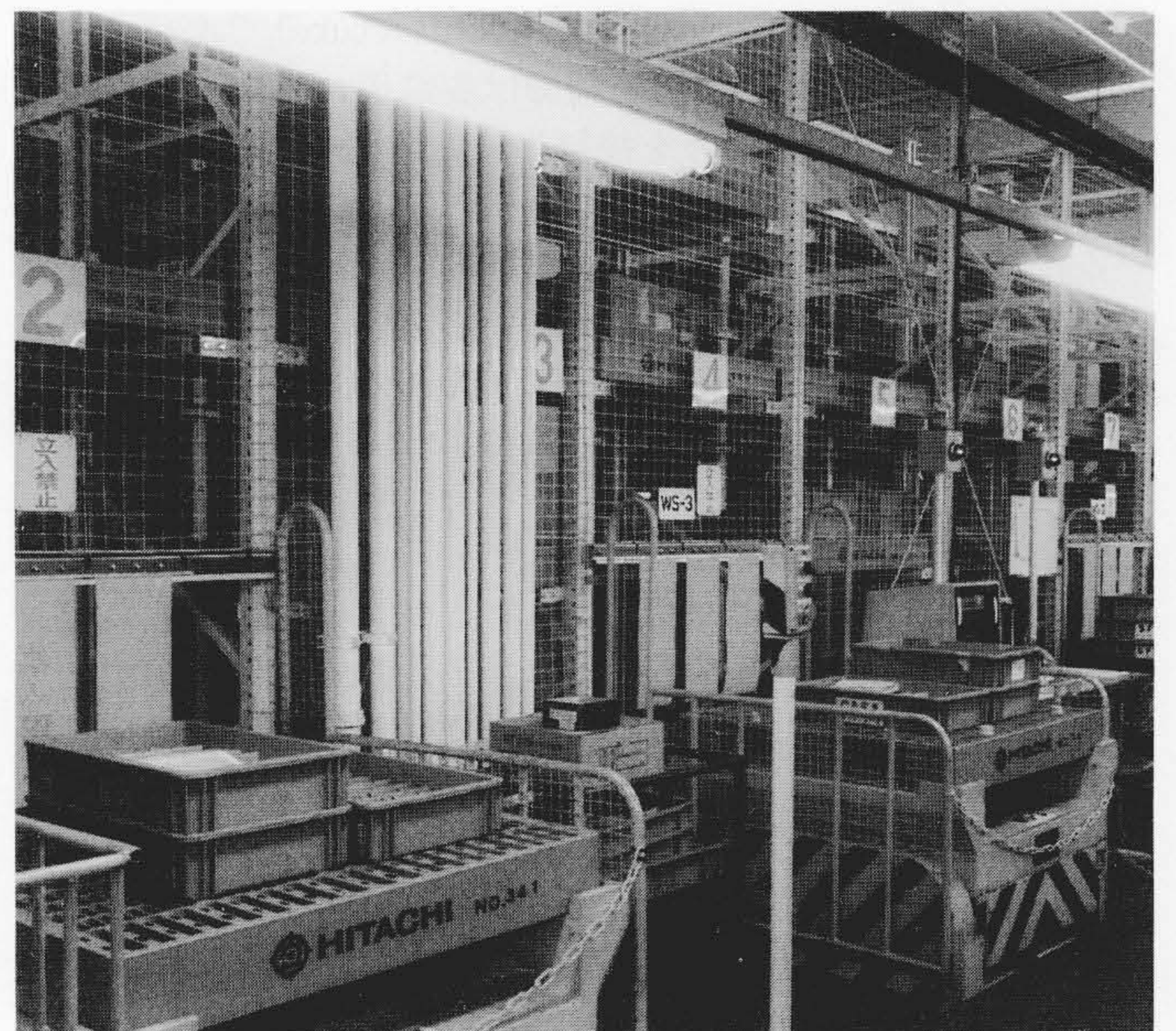
管理システム構成を図5に示す。工場中央の大形コンピュータM-260Hの下に工作職場を管理する専用のコンピュータ



仕様

項 目	仕 様
走行速度	12~60m/min
停止精度	±20mm (アドレス停止)
旋回半径	0mm (スピントーン)
制御方式	プログラム設定方式

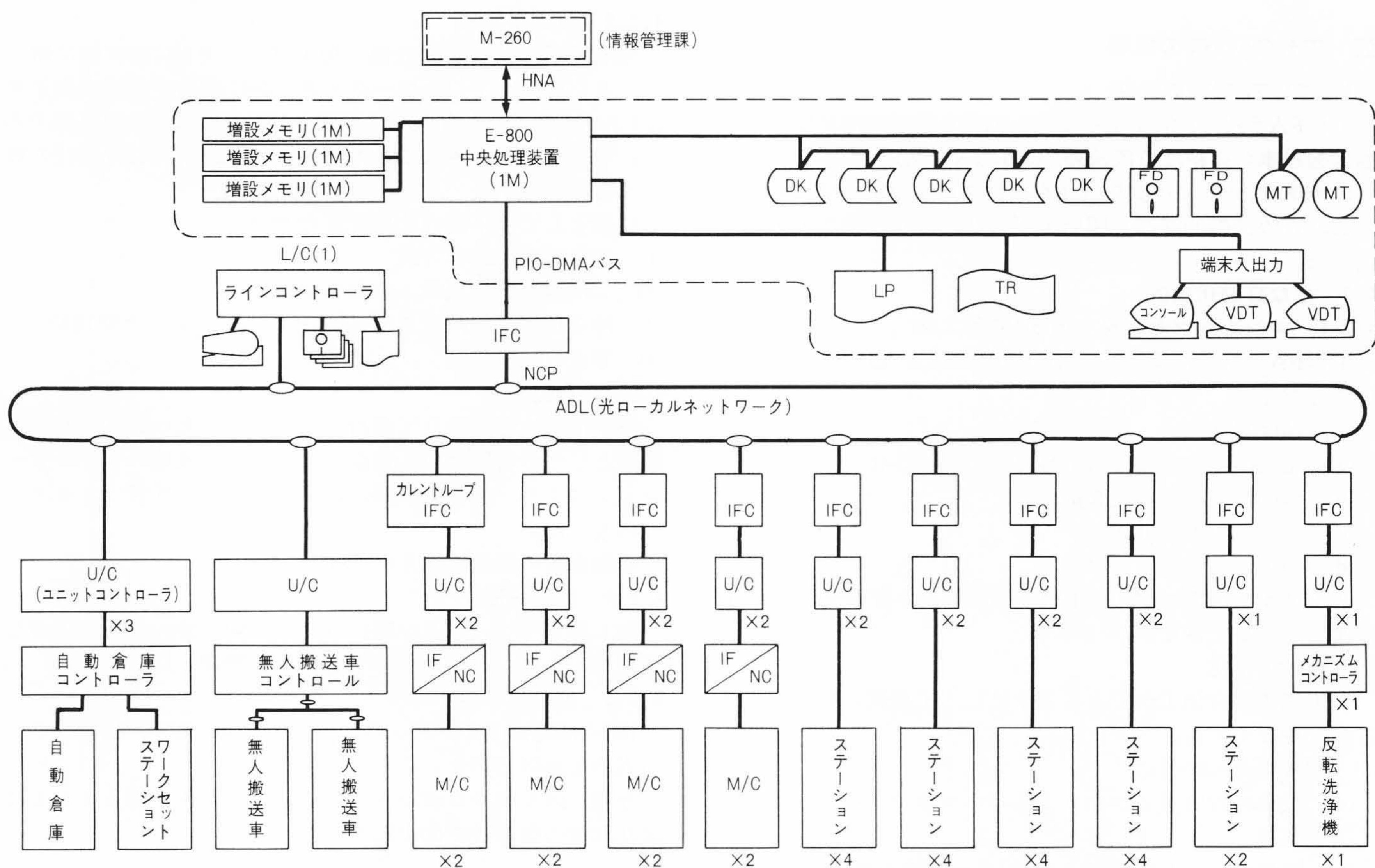
図3 無人搬送車 無人搬送車とM/Cのパレット移載状況を示す。



仕様

取 扱 物	樹脂パレット	マシンパレット
寸 法 (mm)	幅1,100×長さ1,100×高さ600	幅640×長さ600×高さ800
積 載 重 量	500kg	750kg
柵 数	296	88
移動クレーン	2基	1基
クレーン交信方式	空間光伝送方式	

図4 自動倉庫 自動倉庫と材料出庫の状況を示す。



注：略語説明 HNA(Hitachi Network Architecture), IFC(Interface Changer), U/C(Unit Controller)
L/C(Line Controller), NCP(Network Control Processor)

図5 システム構成 工作FAラインのシステム構成を示す。

として32ビットスーパーミニコンピュータ(E-800)を配置し、両者をHNA(Hitachi Network Architecture)でオンライン接続している。また、設備の制御は各設備に8ビットマイクロコンピュータ(HD6800)を接続し、更にライン全体の制御用として16ビットマイクロコンピュータ(HD68000)を設置している。これらE-800, HD68000, HD6800群を接続するLANとして光ネットワークADLを用いている。各設備からの動作信号はこのADLを介してE-800とHD68000の両者が受信できるため、E-800がダウンしてもHD68000によってラインの制御が可能となっている。

5.2 システム機能

機能構成は各コンピュータは階層型構成とし、分散処理システムを設計した。図6にそのシステム機能概要を示す。

上位のM-260H及びE-800は手配管理、投入計画、進捗管理などの管理機能を、中位のHD68000はラインコントローラとして各設備間のつなぎの制御を、また下位のHD6800はユニットコントローラとして各設備別の制御を分担させた。次に各機能のポイントを説明する。

(1) 生産計画(E-800)

生産計画機能は組立計画に同期した工作小日程計画の立案に際し対話形の負荷山積を行なって平準化を図り、ロット別の投入日及び納期を決定し、納期変動があれば再処理を行なう。

(2) 生産指示

設備の稼働率向上と組立計画に同期し、生産変動に追従できるダイナミックな生産指示を図ることがこのシステムのねらいである。図7に生産指示の概要を示す。

(a) ワークセット指示(E-800)

マシニングセンタの取付け治具にワークを人手セットするとき、自動倉庫のセット済みパレット数の最小のものから作業指示を行なう。このとき、該当部品を自動的にワークセットステーションに出庫させている。

このようにして人手ワークセットを集約化することにより、セット指示を一元化することによる納期管理のレベル向上を図っている。

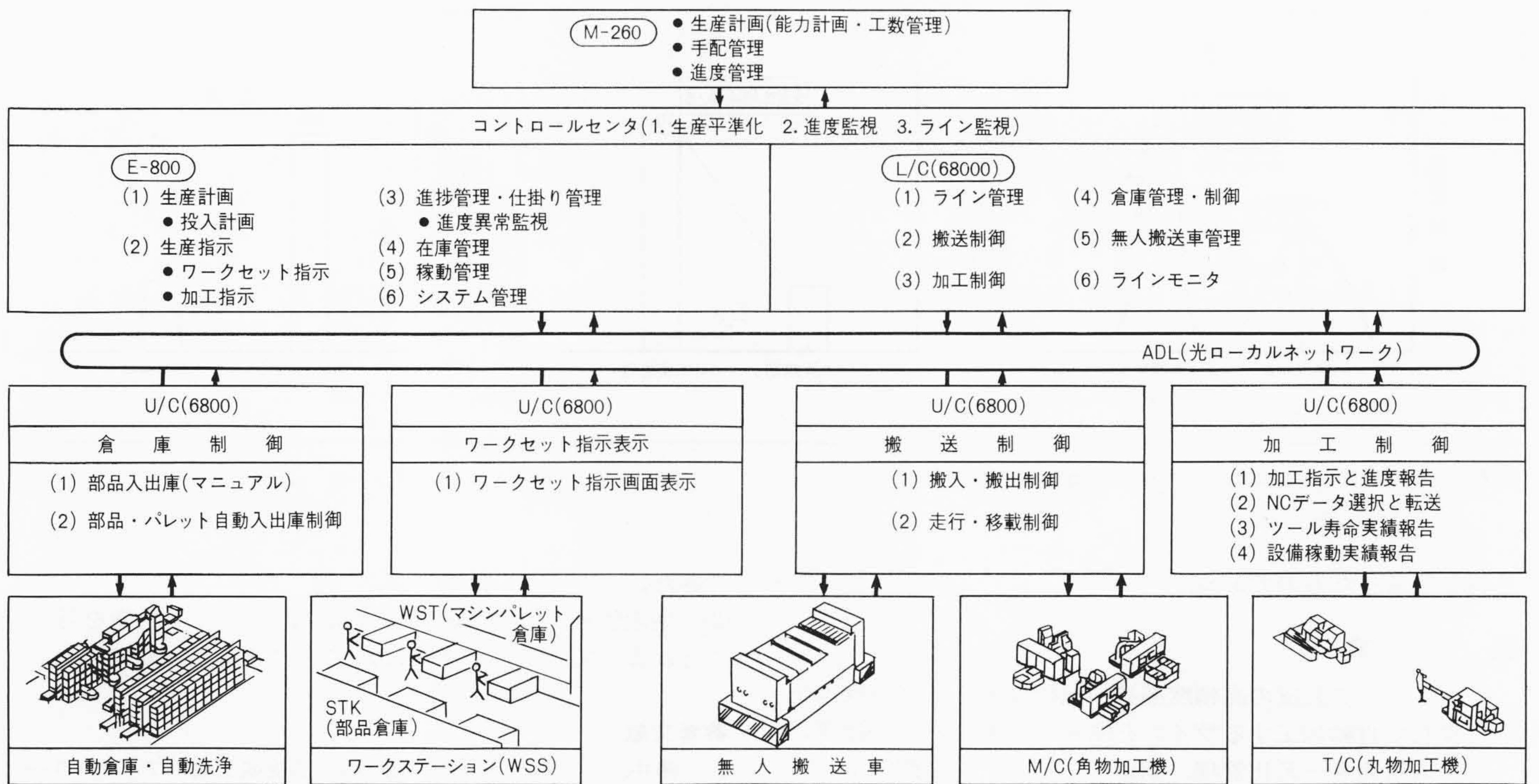
(b) 加工指示(E-800)

初工程の投入については先ほどの生産計画の投入順序に従って加工指示をHD68000に指示する。また、加工途中の部品については、加工仕掛け数の小さいものから加工指示することにより、部品待ちのための不稼働を起こささないようコントロールしている。また、完成品の引取りについては、組立計画に基づいて行なっている。こうすることにより、生産計画を守ってゆく中で機械の不稼働を起こさないような加工指示をしている。

(c) 搬送指示(HD6800)

マシニングセンタからの加工完了信号を受けて、E-800からの加工指示の順序に従って各マシニングセンタへの搬入・搬出指示をダイナミックに行なっている。マシニングセンタの不稼働時間を最小にするため、サービスの優先順位の選択や複合搬送などきめ細かいアルゴリズムを採用している。

また、マシニングセンタの取付け治具ごと搬送することにより、従来多くの時間を要していた部品段取替えは自由



注：略語説明 WST(ワークストック), STK(ストック)
図6 システム概要 工作FAラインの機能分担を示した。

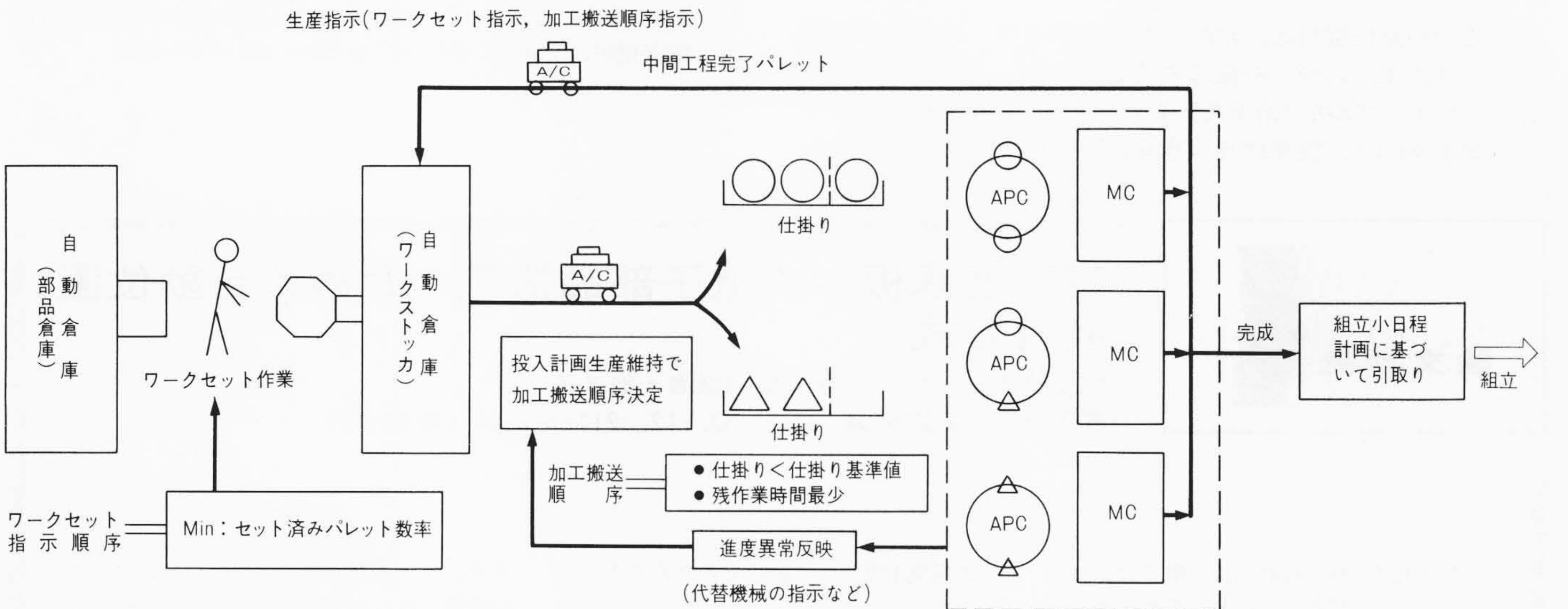


図7 進行制御方式 仕掛りの少ないものからセット指示をする。

に行なえるようになっており、生産変動にフレキシブルに対応しても機械の不稼働を起こさなくて済むとともに、小ロット切換え生産が可能になった。この小ロット生産により工期を $\frac{1}{3}$ に短縮させた。また、このような小ロット生産による段取変えを頻繁に行なっても、従来に比べて稼働率を15%向上させた。

(3) NCデータの自動読み出し

ワークの搬入指示と同時にNCデータ番号を6800に指示することにより、マシニングセンタの制御装置のメモリからNCデータの自動読み出しを行なっている。

(4) 進捗管理・稼働管理(E-800)

マシニングセンタと無人搬走車及び自動倉庫からの動作完了信号を受信することにより、各部品の進捗管理及び設備の

稼働管理を行なっている。

5.3 システムダウン対策

E-800がダウンしてもシステム全体をダウンさせないために、E-800からのワークセット指示及び加工指示は常に約1時間分はHD68000に蓄えさせておくことにより、この間のHD68000での単独運転を可能にさせている。

6 成果

高精度中・少量生産での機械加工のFAシステムの成果を図8に示す。なお、本システムは、社内4事業所及び日立精工株式会社、日立機電工業株式会社、八洲電機株式会社、朝日ビジネスコンサルタント株式会社、日立東商品エンジニアリング株式会社、株式会社ニック及び株式会社吉河電機の協力

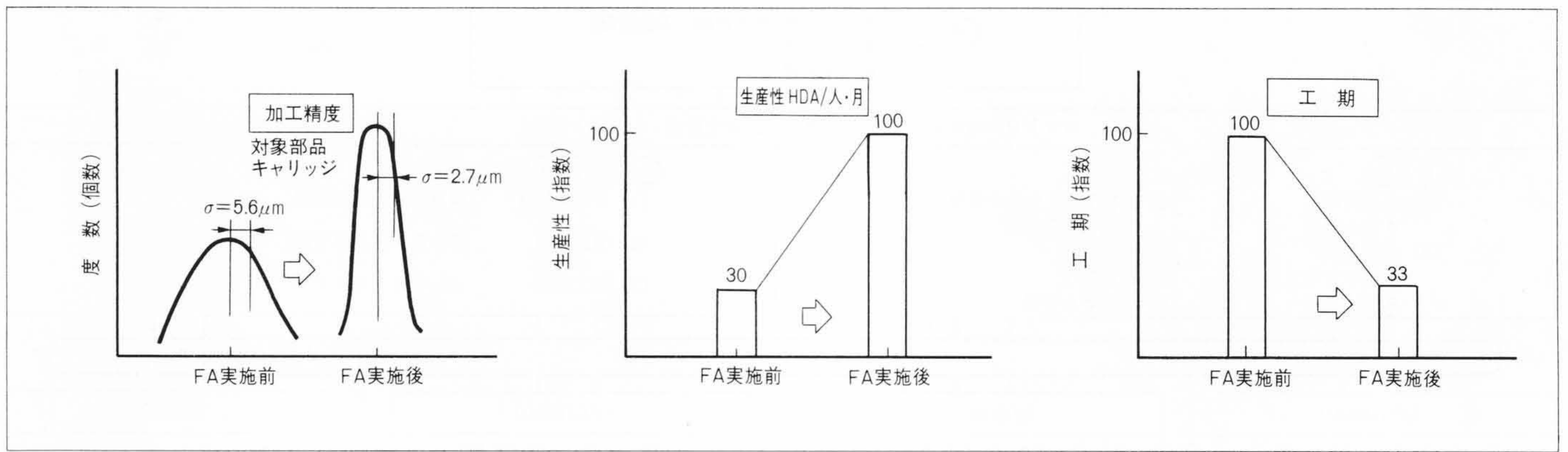


図8 FAの成果 品質向上及び生産性の向上が得られた。

を得て開発したものである。

7 結 言

磁気ディスク装置の高精度部品の機械加工を素材の投入から一貫して自動加工するラインを開発し、上位の生産管理システムの情報を一元化管理、制御するシステムを構築することによって工作FAラインを実現することができた。

本システムを導入することによって、以下の効果を得ることができた。

- (1) 設備の高精度対応、切削工具、切削条件、付帯条件の確立により加工ばらつきを従来の $\frac{1}{2}$ にできた。
- (2) フレキシブルな工作FAラインの構築により、自動化レベルの向上を図り、従来に比べ生産性を3倍に向上することが

できた。

- (3) 生産管理システムの開発により、小ロット生産を行なうことによって、工期を従来に比べ $\frac{1}{3}$ にすることができた。

参考文献

- 1) 藤井，外：エレベーター意匠構造品生産工場のファクトリーオートメーション，日立評論，9，673～676(昭60-9)
- 2) 小林：工作機械，情報処理，Vol.25，No.4，p.296～302(昭59-4)
- 3) 並河：生産工場における物流システム自動化の事例と経済性，精密機械，Vol.48，No.4，p.434～441(昭57-4)

論文抄録

高密度基板への電子部品搭載のための自動位置検出方式

日立製作所 嶋 好博・柏岡誠治・他2名

電子通信学会論文誌 J68—D，12，2141～2151(昭60-12)

基板組立工程の自動化は、電子機器の製造でコスト、信頼性の面から重要な課題である。この基板の組立とは、端子(リード)をもつ電子部品を、これらのリードに対応して形成されているプリント配線基板上の微細な配線端子上に正確に搭載する作業のことである。

ここで対象とする基板は高密度形であり、搭載する電子部品も、例えばLSIのように、極めて狭い間隔で多数の細いリードが配列されたものである。したがって、これらリードと基板上の配線端子との間で、搭載時に許容される位置ずれの範囲は極めて小さい。このため、従来から行なわれているような、あらかじめ決められた数値に従って部品を目標位置に移動させるという単純な制御動作では、部品を所定の位置に正確に搭載することは極めて困難である。このため、人工視覚を用いた高精度な位置検出方

式の開発が基板の自動組立のための重要な課題である。

また、特に、このような基板組立では、異なった形状をもつ異種の電子部品に対しても位置検出ができることが要求され、更に部品には同一形状をもつリードが多数存在すること、リードの表面パターン及び基板の配線パターンには接着用のはんだが盛ってあり、位置検出の対象となるこれらのパターンは安定でないこと、などの特徴がある。このため、基板の自動組立工程で、部品及び基板の位置を高い精度で検出する実用的な方法を新たに提案した。

この方式は、部品の位置検出過程と基板の位置検出過程から成る。このうち、部品位置検出過程では、部分画像の類似性を求めるパターンマッチング法に基づいて複数のリードの位置を検出し、それらをもとに部品の位置・姿勢のずれを算出する。その

ため、リード数本分がテレビジョンカメラに撮像されるような大きさに視野を設定し、更に、この視野を任意の位置に移動することができるように対物レンズをX、Y2方向に移動させている。また、基板位置検出過程では、基板上に印刷されている2箇所のマーク位置を検出し、これらのマーク位置をもとに基板の位置・姿勢を算出する。

また、本方式の有効性を実験により評価するため、実際の電子部品とプリント配線基板のそれぞれの2値画像に対して、高速にテンプレートマッチングが実行できる専用の画像処理装置を用い、これらの位置検出実験を行なった結果、実用上十分な位置精度を達成する見通しが得られ、現実の組立工程に応用する際の有効な方式であることを確認した。