

多品種中・少量プリント板組立における ファクトリーオートメーション—コンピュータ機器—

Factory Automation System for Printed Circuit Board Assembly Line with Diversified and Small or Middle Lot Size

コンピュータ利用分野での分散処理化・ネットワーク化の進展の中で、近年特に小形端末機器の需要が増大傾向にある。このため、更に徹底的な原価低減・短納期生産・信頼性向上が今後の重要な課題となった。ところがコンピュータの主要構成部品であるプリント板の組立作業は、典型的な多品種中・少量生産形態であり、この特徴に対応したトータル的な合理化ラインの構築が必要となった。今回開発したシステムの特徴は、(1)設備の自動化、(2)生産管理、(3)物流の自動化を含めた高度なトータルFAシステムであり、これによって直接・間接工数の低減、日程短縮、信頼性向上など、大幅な合理化効果を得た。

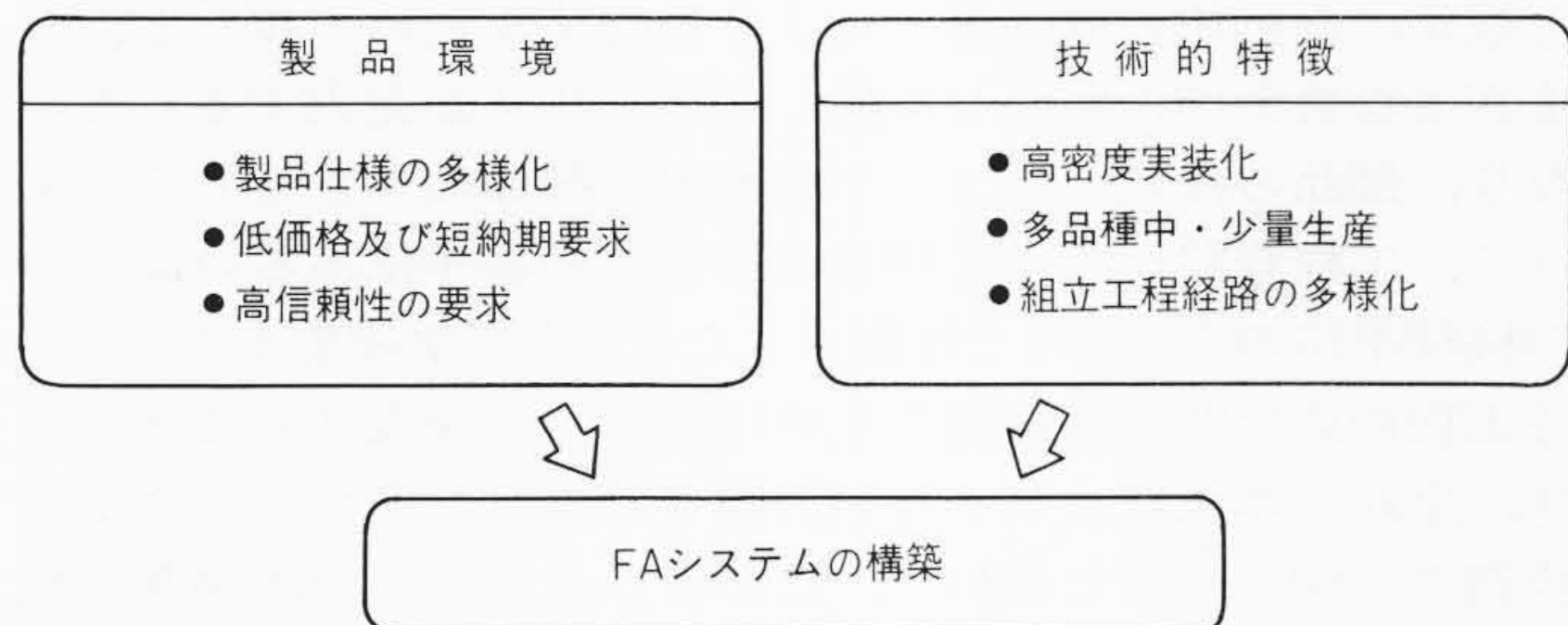
佐川達成* Tatsunari Sagawa
小島明夫* Akio Kojima
平原道男* Michio Hirahara
井上博夫* Hiroo Inoue
都島 功** Isao Tsushima
原田 治*** Osamu Harada

1 緒 言

エレクトロニクス製品の需要増加に伴い、製造業界でのプリント板組立作業の重要度は近年極めて高くなってきた。従来、量産向きには、種々の自動化一貫ラインが確立されているが、多品種中・少量生産に対応しては、まだ有効かつ高レベルなFA(ファクトリーオートメーション)システムの考え方が明らかにされていないと言える。コンピュータの製造組立では、高密度化及び多種の周辺機器接続のためのオプション類が多く、同一プリント板繰返し枚数が極めて低く、典型的な多品種中・少量生産形態となっている。これらの状況に対応して、今回開発、稼動させたシステムは設計・生産管理・物流ラインを含めたコンピュータ利用による高度なトータルFAシステムであり、その考え方及び稼動実績は、コンピュータ技術利用によるプリント板組立FAシステムの今後の一つの方向を示唆するものであると言える。

2 開発の背景

図1に示すように、コンピュータ機器を取り巻く製品環境及び技術的な特徴により、コンピュータの心臓部であるプリント板を、低価格・短納期・高信頼性を確保して組み立てるためには、コンピュータ制御をベースとしたFAシステムの構築が必要となってくる。



注：略語説明 FA(ファクトリーオートメーション)

図1 製品環境と技術的特徴 コンピュータ機器を取り巻く製品環境及び高密度実装・多品種中・少量生産などの技術的特徴から、FAシステムの構築が必要となった。

3 プリント板の概要

今回FA化を対象としたプリント板の概略諸元を図2に示す。また、コンピュータ市場では、分散化、ネットワーク化などにより端末・小形機器の大幅な需要増加が見込まれており、FA化によるプリント板組立に関する直接部門及び間接部門の大幅な合理化が必要になってくる。

4 開発FAシステムの概要

図3に、開発したFAシステムの概要について示す。組立ラインの設備としては、自動倉庫、自動・半自動組込機群、チェック装置、エージング装置などがあり、各自動機間あるいは作業ステーション間を1台の自走車でつないだ形をとっている。本ラインに投入されるプリント板は、それぞれ受注顧客別に手配される生産単位のことを、それぞれの自動機、作業工程などが同一のもの20枚程度に集約した小ロットに再編成し、各自動機の前で基板の仕分け作業が発生しないように、いわゆる工程経路GT(Group Technology)に基づく、ロット編成システムを採用している。本GTコードは、生産技術部門で工程設定した情報をもとに、生産手配時に自動的に付

プリント板	部 品
サイズ：226mm×433mm 板 厚：1.6mm	DIL-IC, R, C
	接 続 方 式 アキシャルリード形
	ピ ン 数 14～48ピン
	リード間隔 2.54mm
	平均搭載個数 140個/枚

図2 プリント板の概要 FA対象プリント板を示す。搭載部品は、アキシャルリードのLSI, IC, 抵抗, コンデンサなどである。

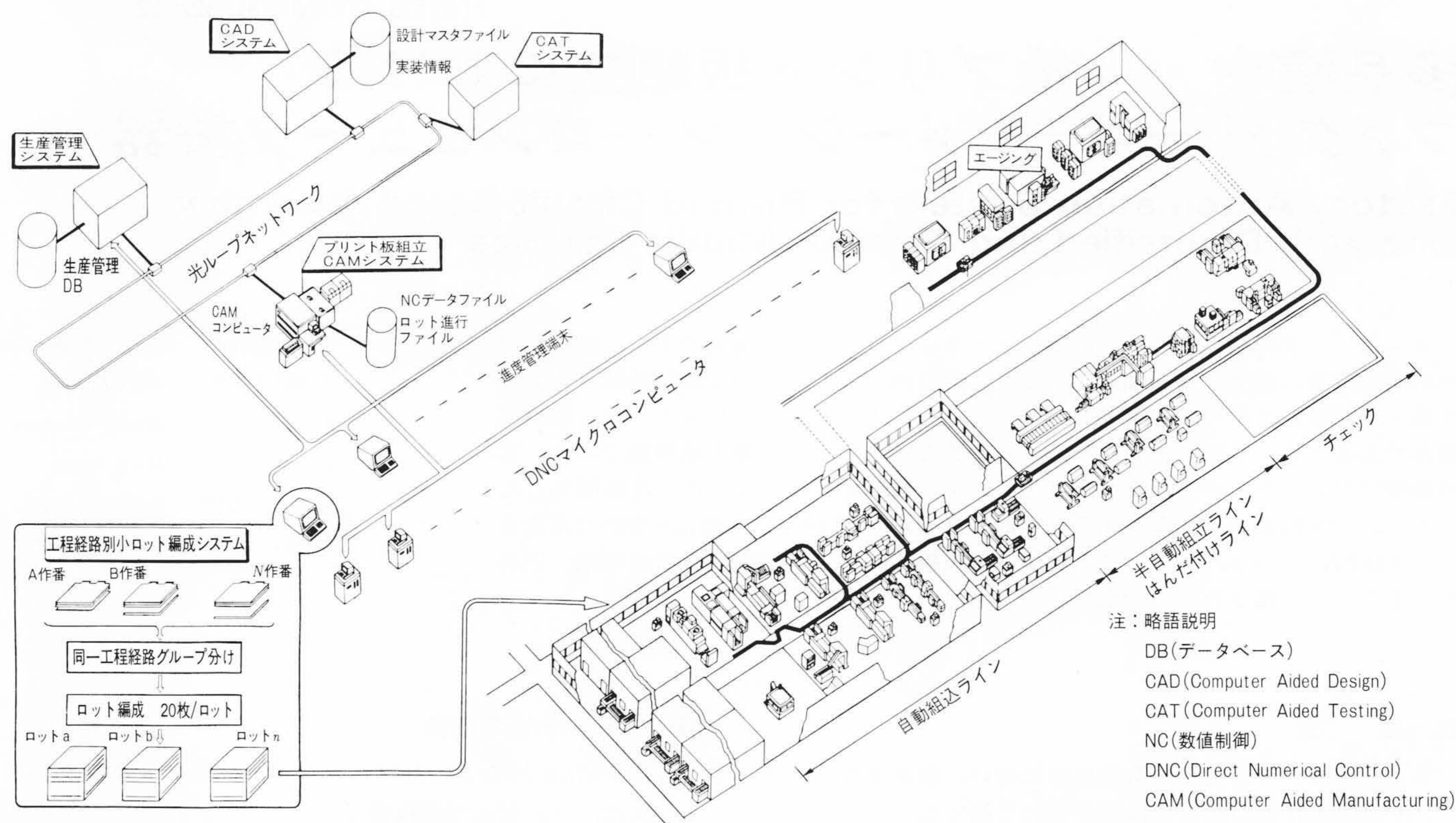


図3 FA組立ラインの概要 自動倉庫、自動組立ライン、半自動組立ライン、はんだ付け、チェック、エージングから成るプリント板一貫組立ラインを示す。

与され、ロット編成作業をサポートする帳票類に明記される。

プリント板のCAD(Computer Aided Design)には、大形はん(汎)用機を使用しており、プリント板製造及び組立に関するすべての技術情報が蓄えられている。また、生産手配に関する情報、部品同期化管理情報、進捗情報なども、生産管理システムとして別の大形コンピュータの中に蓄えられている。これらの情報は、構内ネットワーク(LAN: Local Area Network)により、下位の製造部門を統括する中形クラスのCAM(Computer Aided Manufacturing)コンピュータにも送られる。このCAMコンピュータと自動機間を直接つなぐものがDNC(Direct Numerical Control)マイクロコンピュータであり、およそ自動機2台について1台の割合で準備されている。このDNCマイクロコンピュータには、日立製作所のワークステーションを使用しており、自動機と上位システムとのつなぎ、自動機の無人運転に大きな効果を発揮している。更に、プリント板の形式を自動認識し、NC(数値制御)データ診断データの呼び出し作業などに関してオペレータフリー化を

図るため、プリント板1枚ごとにバーコードラベルをはり付け、プリント板のオートローディング機構上で自動的に読み取るシステムを開発している。また、自動機などで組込み完了してマガジンに詰められたプリント板を搬送するために自走車を導入し、自動機側の作業状況を見ながら無人搬送を行なう高度な搬送制御システムを開発した。これらの特徴をまとめると図4に示すようになり、FA化のためには設備・生産管理・物流の面からコンピュータを利用したトータルのバランスのとれた自動化が必要になってくる。

5 各サブシステムの概要

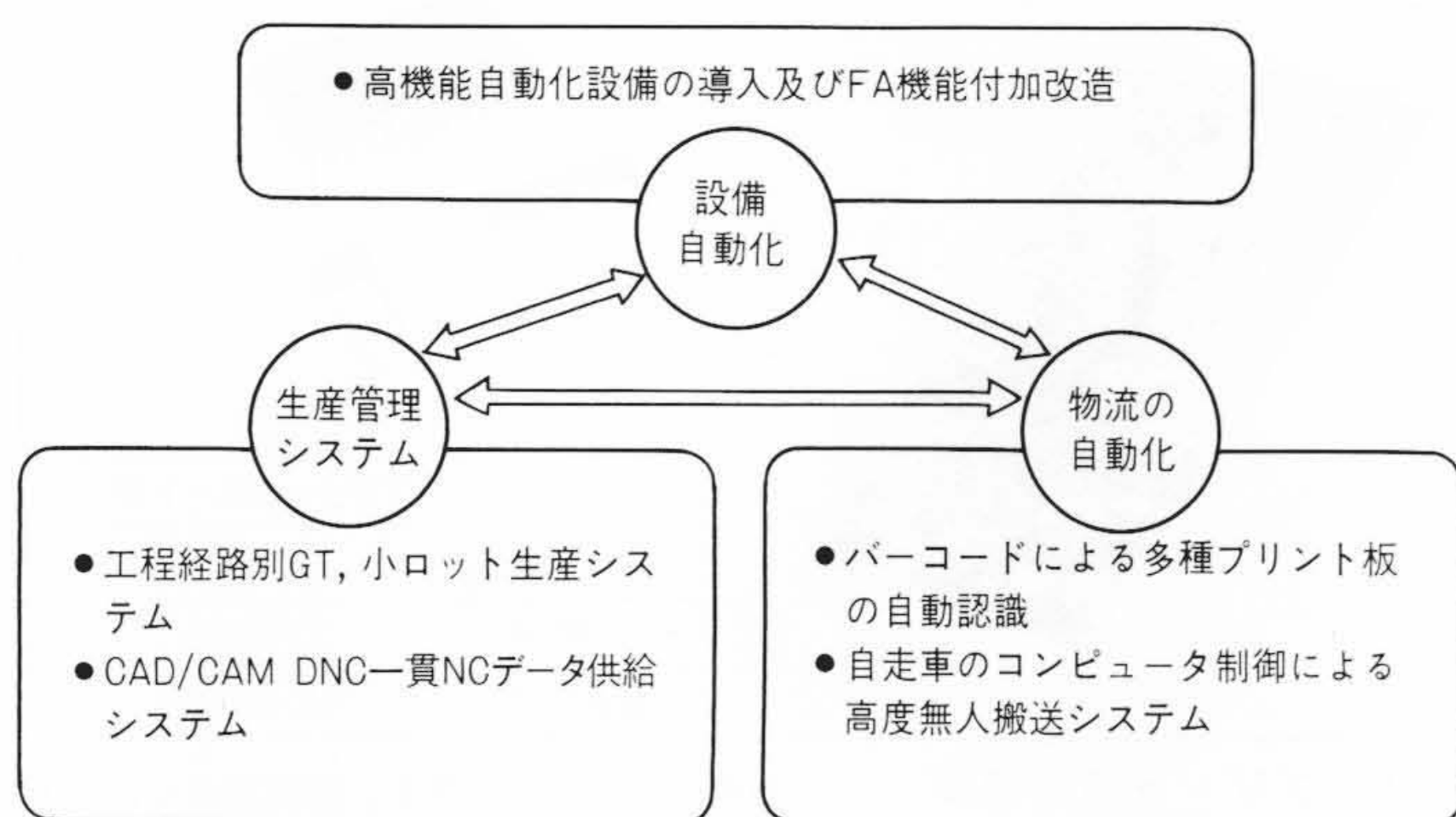
5.1 自動化設備の導入とFA化機能の付加改造

FA化のためには、無人化はもとより信頼性の向上も含めて、個別設備の改造が必要になってくる。

例として、図5に自動機の改造前の構成及びFA化を阻害する要因と、FA化改造後の構成についての比較を示す。これらの改造により、自動機の無人運転が可能となった。

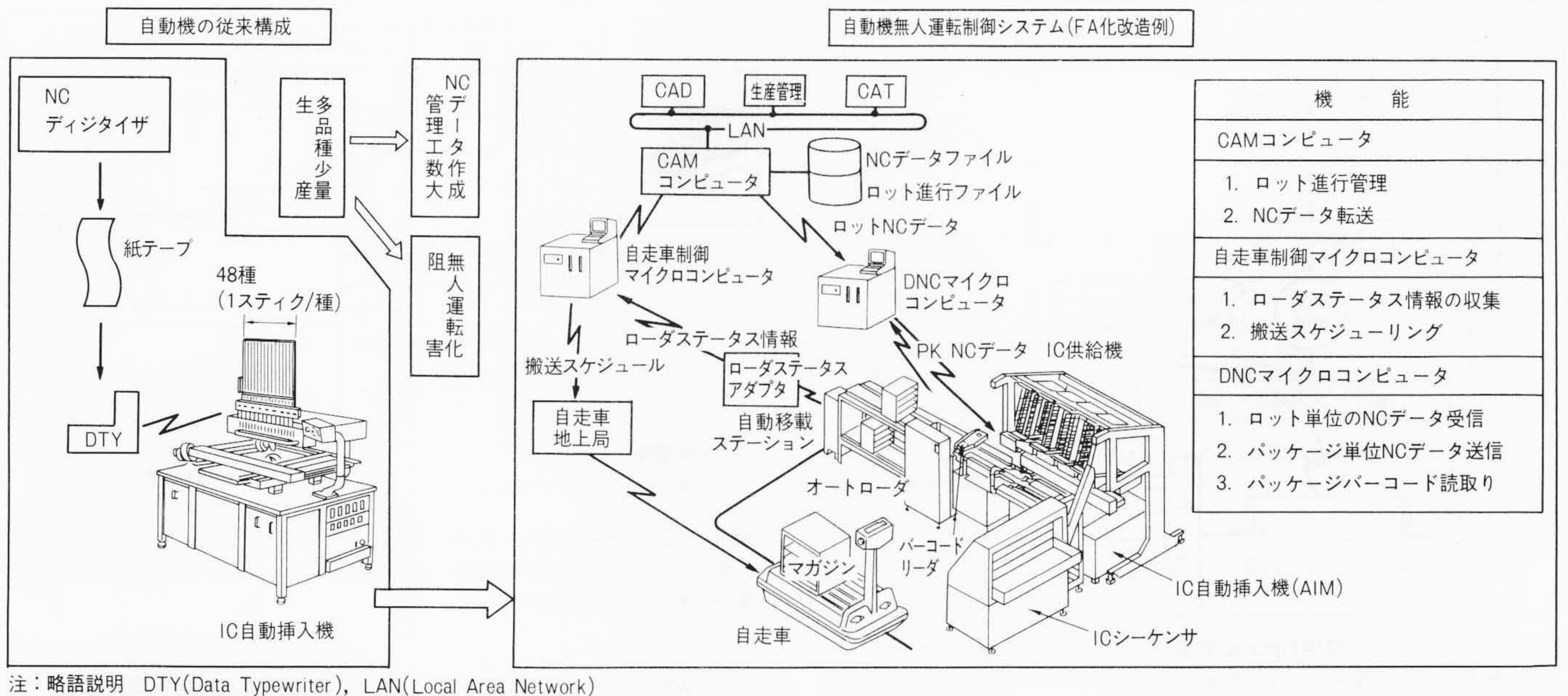
5.2 工程経路別GTによる小ロット生産システム

最新の自動化設備の導入により合理化を進めてゆくと、さまざまな自動機の組合せを通して組立作業が完成することになり、部品の種類、プリント板形式の種類の多さともあいまって、工程経路が非常に複雑になる。顧客単位あるいは一つの機種単位のまとまりで手配されたロットで生産することは、各工程の前で非常に複雑な仕分け段取作業を要することになり、生産効率上好ましくない。図6はプリント板の組立工程経路の一例を示したもので、このような生産工程の場合、理論的にはその経路が幾とおりも発生してしまうことになる。事実上、実際の生産ラインの場合、約30とおりの場合分けが発生するが、これら投入から完成まで同一工程経路を通るものをファミリーと称してグルーピングし、ファミリーコード(5けた)を設定する。このコードは、図面から組立工程が設定されたときに自動的に付与され、仕分け及び小ロット編成作業をサポートする帳票類に記述される。ロット編成作業は



注：略語説明 GT(Group Technology)

図4 多品種少量プリント板組立FAシステムの特徴 開発したFAシステムは、設備自動化・生産管理システム・物流の自動化の三つがトータルのバランスのとれた自動化を目指したものである。



注：略語説明 DTY(Data Typewriter), LAN(Local Area Network)

図 5 FA機能の付加改造例 IC自動挿入機を例としたFA化改造内容を示す。CAD, 生産管理, CATと結んだCAMコンピュータの下で無人運転制御を可能とした。

毎日行なわれ、ロットのサイズは自動機用のマガジンの収納容量、及び1回の作業量を考慮して約20枚/ロットを基準としている。この時点で編成された小ロット単位に、生産がすべて進行管理されることになる。例えば、NCデータの供給、進捗管理、品質管理もすべてこの単位で行なわれ、搬送もこのロット単位に格納されたマガジンを自走車で運搬することによって行なわれる。対応する進捗管理システムは、ロット単位に発行されるロット進捗管理表に付けられたバーコード情報を各ステーションで実績値として入力し、進捗情報の検索、作番まとめり状況などを把握可能とする仕組みとなっている。

5.3 CAD/CAM, DNCによるNCデータの一貫供給システム

図 7 にFAラインに供給するNCデータシステムの流れを記す。多品種中・少量生産のNCデータ供給サポートのポイントは、生産手配に同期化して、紙テープなどの媒体を介さずに、変更などにも即座に対応できるフレキシブルなNCデータの供給システムを提供することにある。本FAラインでのNCデータ供給は、CADから一貫して現場の自動機まで、NCデータを供給する仕組みであり、本例は、コンピュータによるコンピュータの生産システムのモデルというべきものである。その特徴を数点挙げると下記のようなになる。

- (1) プリント板の100%CAD/CAMサポート実施
- (2) CADとCAMの機能分担、インタフェース情報の明確化
- (3) 工場内でのNCデータの運用に関する責任分担の明確化

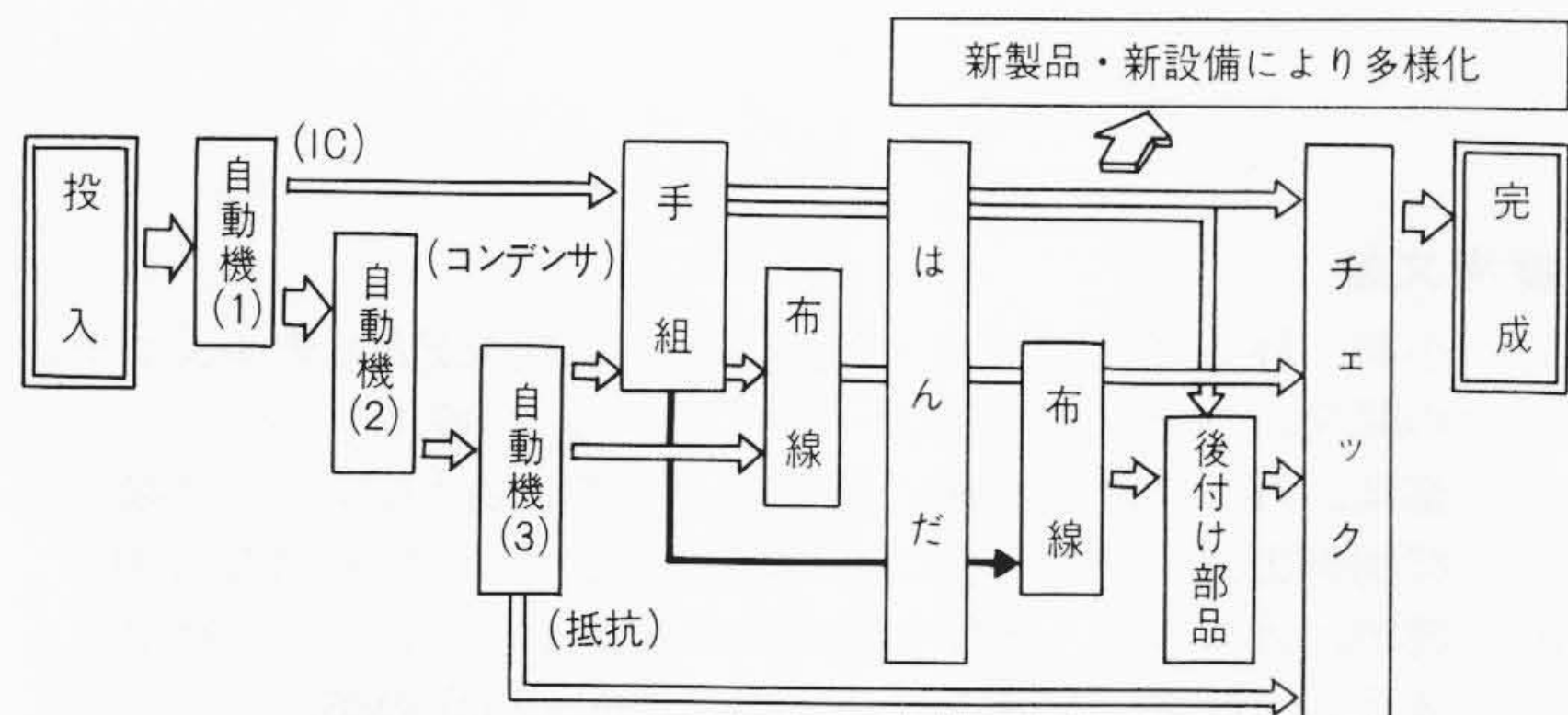


図 6 組立工程経路の一例 プリント基板に搭載する部品の種類により、幾とおりもの工程経路が発生する。投入から完成まで同一工程経路を通るものをファミリーとしてグルーピングする。

- (設計部門, 生産技術部門, 生産管理部門及び現場部門)
- (4) 生産手配(小ロット単位, シリアルNo.)に対応したNCデータ供給の実施
- (5) 自動機とCAMコンピュータ間にDNCマイクロコンピュータを設置することによるCAM及びDNCによるオンライン一貫NCデータ供給システムの確立

5.4 バーコードによるプリント板自動認識システム

多品種少量プリント板生産工程を自動化していくと、最後にどうしてもデータ供給や生産実績を入力するために、プリント板形式を指定したりする人手の作業が残ってしまう。この問題解決のため、認識コードを直接プリント板に印刷したり、ラベルをはり付けることにより情報を得ることが考えられる。

プリント板の認識に利用するコード内容としては、表 1 に示すようにOCR(光学式文字読取り装置)文字、穴コードなど他にも考えられるが、同表に評価を示すとおり、現状ではバーコードによるものが最も有効であると考えられる。また、その印字品質を考えるならば、プリント板に直接印刷する方式に比べ、ラベルはり付け方式が勝っている。しかし、プリント板の組立工程は、はんだ付けやフラックスの塗布、その洗浄など、耐熱、耐有機溶剤性が要求され、そのニーズにマッチしたバーコードラベルが存在しないために、一部、はんだ付け洗浄工程後の検査工程あるいは組立完成後の来歴管理への利用にとどめられていた。ところが、近年これらのプロセス上の問題を解決した耐熱・耐有機溶剤ラベルが開発されてきたため、部品の自動組込工程からの利用が可能となり、本FAラインでも前述の小ロット編成作業の直後に、ラベルはり付けを実施し、自動組込機でオートローダ上に設置したバーコード読取機で自動的にプリント板形式を認識し、NCデータ、診断データの自動読出しを可能にさせている。また、これにより作業実績収集も可能となるわけである。また、本システムのソフトウェア上の特徴としては、バーコード情報の内容として、プリント板1枚ごとにユニークなシリアルNo.を採用している点であり、この単位に製造来歴情報を格納しておく、製品レベルで万一事故などが発生したとき、速やかに品質来歴の調査やそのアクションが起こせるので、コンピ

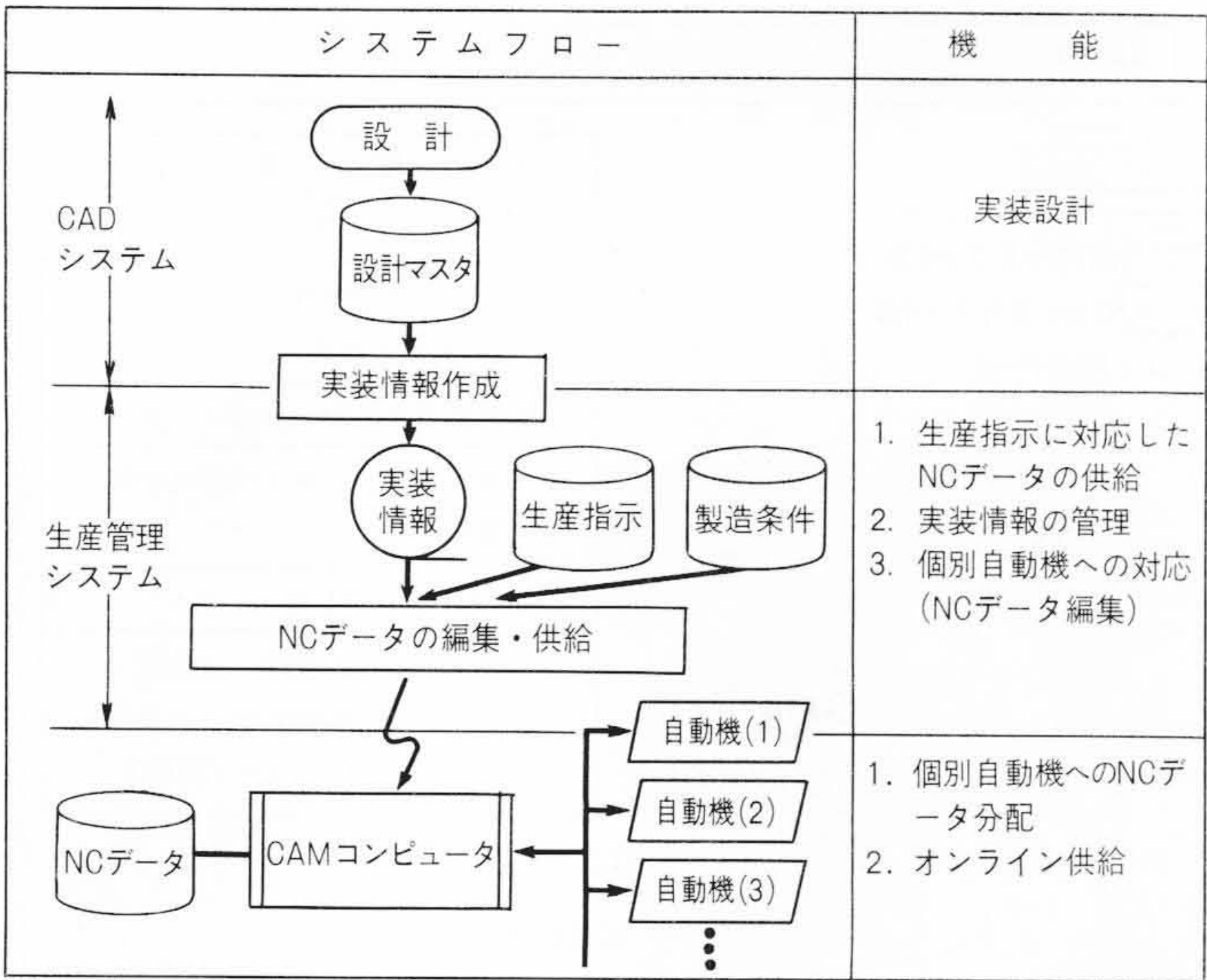


図7 NCデータ一貫供給システム CAD・生産管理・CAMの結合により、生産手配に同期化し、設計変更にも即座に対応できるNCデータ供給が可能となった。

ユーザハードウェアの信頼性向上に極めて大きな意味をもつものである。

5.5 自走車による工程間無人搬送システム

プリント板の工程間搬送には、コンベヤによる一貫連続方式と自走車による搬送方式の二通りの方式が考えられる。一般に、民生用プリント板のように少品種多量生産を行なうものは、工程期間の短縮上、コンベヤによる方式が望ましく、現実にも多くの実績を上げている。一方、コンピュータのような多品種中・少量生産の場合あるいは実装技術の進歩などにより、対応する自動機・生産環境が流動的な場合、その搬送方式はよりフレキシブルな自走車を利用したほうが有効なことが考えられる。

今回開発したFAラインでは、工程経路別の小ロット生産体系に合わせた形として、各自動機間を自走車が無人搬送する方式を開発した。しかし、マガジン単位のロットの工程経路が多様であり、自動機のオートローダ上に搭載できるマガジンの数も3～4個と限られている状況で、自動機の稼働ロスを防止するような搬送計画システムが必要になる。図8に、今回これらの問題を解決するために開発した搬送制御システム²⁾を紹介する。自走車制御用マイクロコンピュータ内には、レイアウト変更や搬送優先順位などのプログラミングが、ユーザーレベルで容易に行なえ、かつ高速推論が可能であるルール形制御ソフトウェアSCD(Station Coordinator)を採用している³⁾。本SCDは、日立製作所の研究所が開発した知識工学ベースの簡易言語であり、搬送制御のほか自動倉庫、ロボット制御などにも利用され大きな効果を出している⁴⁾。本搬送制御システムの特徴をまとめると下記のようなになる。

表1 プリント板の認識コードの評価 本表に示す評価項目のすべてに、評価の高いバーコード方式を採用した。

評価項目	バーコード	磁気	OCR文字	穴コード
1 付加情報信頼性	○	○	△	○
2 付加情報密度	○	○	×	×
3 読取信頼性	○	○	△	△
4 メディアコスト	○	×	△	○
総合評価	○	×	×	×

注：略語説明 OCR(光学文字読取り装置)

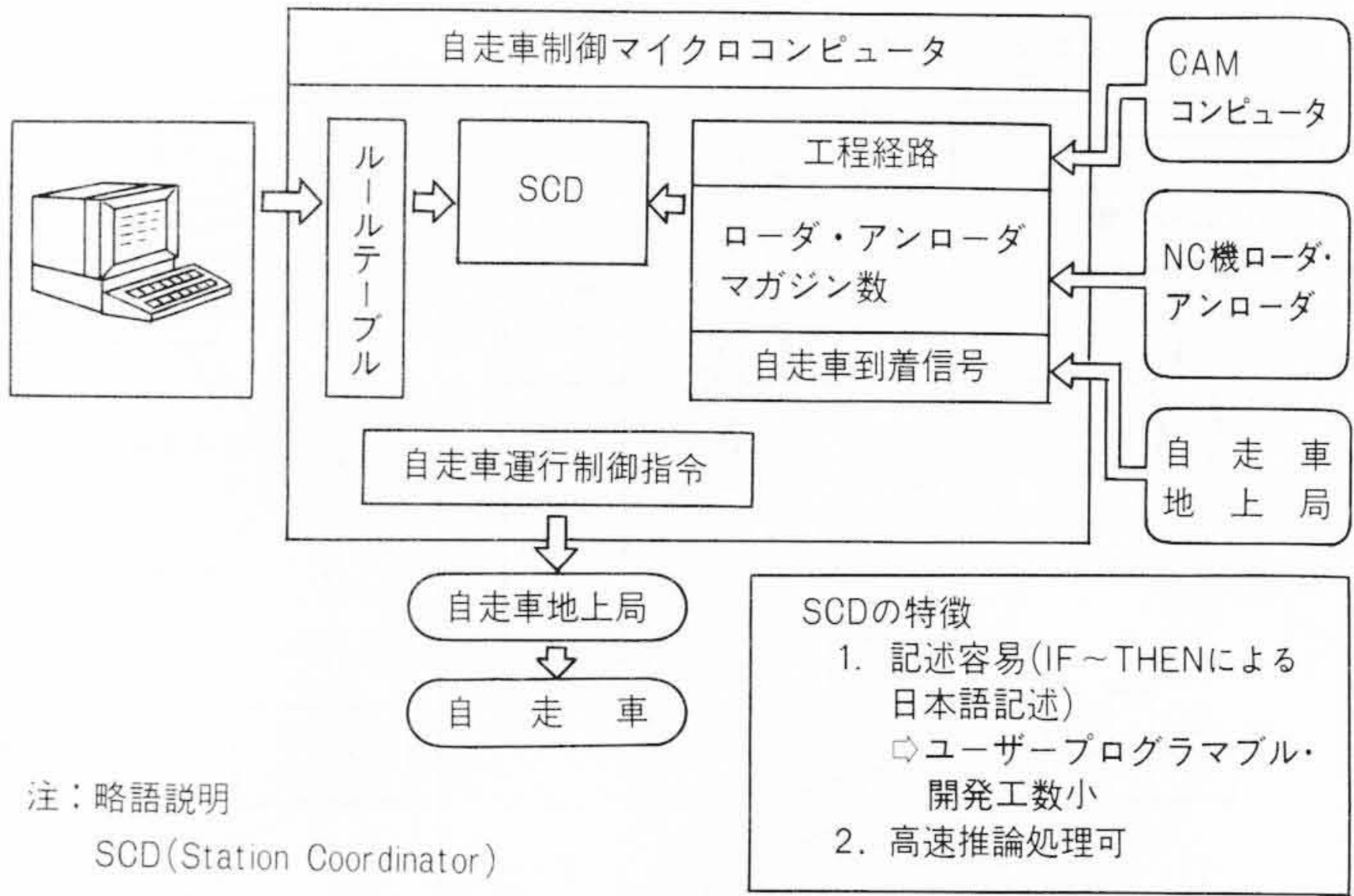


図8 自走車制御システムの概要 SCDによる自走車制御システムを示す。レイアウト変更や搬送優先順位のプログラミングが容易で、かつ高速推論が可能なシステムを実現した。

- (1) 多様な工程経路に対応した自動機間搬送を実現した。
- (2) オートローダ上のマガジン数で搬送優先順位を判定し、自動機の作業待ち発生を防止するシステムである。
- (3) レイアウト変更、自動機増設に容易に対応可能なフレキシブルシステムである。

6 今後の課題

本FAラインを有効に稼働させ効果を得るためには、下記の内容が重要である。

- (1) FA化のために改造した諸設備の信頼性向上
- (2) システム運用面及び操作性に関するソフトウェアの機能の充実
- (3) 各工程間情報ネットワーク化の推進

7 結 言

今後のエレクトロニクス製造業界で重要な位置づけにあるプリント板の組立、とりわけ多品種中・少量生産のプリント板組立FAとして、自動化設備の無人運転化、生産管理面及び物流面でコンピュータ利用によるFAシステムを開発・稼働させ、下記に示す大幅な生産合理化効果を得ることができた。

- (1) プリント板1枚当たりの組立時間短縮
- (2) 組立直接人員の削減
- (3) 組立間接人員の削減
- (4) 組立日程の短縮
- (5) 信頼性の向上

今回開発したシステムをベースに、今後更にCIM(Computer Integrated Manufacturing)構築計画の中で、いっそうの機能の充実化を図ってゆきたい。

参考文献

1) 小島, 外: 多品種少量生産プリント板組立FAモデルシステムの開発, ファクトリーオートメーション'86.6
2) 都島, 外: プリント基板組立ショップにおけるルール型搬送車群制御方式, 第4回知識工学シンポジウム(昭和61年3月)
3) 薦田, 外: ルール形制御技術のFA物流システムへの適用, システムと制御, Vol.30, No.5, 296~302(1986)
4) 田代, 外: ルール型制御ソフトウェアシステムSCD(Station Coordinator)の開発, 情報処理学会論文誌, Vol.27, No.5 (1986年5月)