

高密度面付プリント板組立CIMシステム

CIM System for High Density Surface Mount Technology Printed Circuit Board Assembly

コンピュータの高速化、高信頼化などのニーズにこたえるため、その心臓部ともいえるプリント板は半導体の高集積化ともあいまって、高密度化、高精細化が急速に進んでいる。M68Xシリーズに代表される大形コンピュータにも、これらのことから超高速LSIを搭載した高密度面付プリント板が使われている。このプリント板の組立を行うには、高精度で信頼度の高い組立設備(ライン)の構築が必須(す)であり、またコンピュータ1台当たりでは高密度化が進んだことから、プリント板、部品ともに典型的な多品種少量生産形態とならざるを得ない。そこで大形コンピュータの製品開発に同期して、これらの特徴に対応したトータルな生産ライン(システム)を開発した。今回開発したシステムの特徴は、(1) 高密度、高精細対応の自動組立設備(ライン)と、それをサポートする (2) CAM コンピュータのもと、ネットワーク、バーコードなどを駆使した生産システムが統合された製造CIM (Computer Integrated Manufacturing) システムである。これにより組立日程の大幅短縮、製品信頼度の向上、直接、間接工数の低減が達成できた。

小島明夫* Akio Kojima
加藤一雄* Kazuo Katō
小林 守* Mamoru Kobayashi
辻 喜寿** Yoshihisa Tsuji

1 緒 言

近年、エレクトロニクス製品の需要増加に伴い、コンピュータ機器をはじめとするプリント板製造技術は急速に進歩してきている。スルーホールタイプ基板や小形化をねらった面付部品搭載プリント板の生産ラインについては、種々の事例が報告されている。日立製作所神奈川工場で生産しているHITAC Mシリーズの大形、超大形コンピュータに使用されるプリント板は、高速化、高信頼化を目的に、22層、部品リードピッチ、20ミル(0.508 mm)、接続ポイント数約2万ポイント/枚ときわめて高密度な面付部品搭載プリント板となっている。生産形態も典型的な多品種少量生産であり、無欠陥一貫生産プロセスとその生産管理システムがきわめて重要となってくる。これらの状況に対応して、今回「確かなものを、低価格・短納期で」という顧客ニーズに基づき、製品開発と同期化して開発、稼動させたシステムは、プロセスや自動化設備はもとより、物流、設計情報、生産、品質管理情報をコンピュータ利用によって統合した生産システムである。以下、その概要について述べる。

2 開発の背景と対象製品

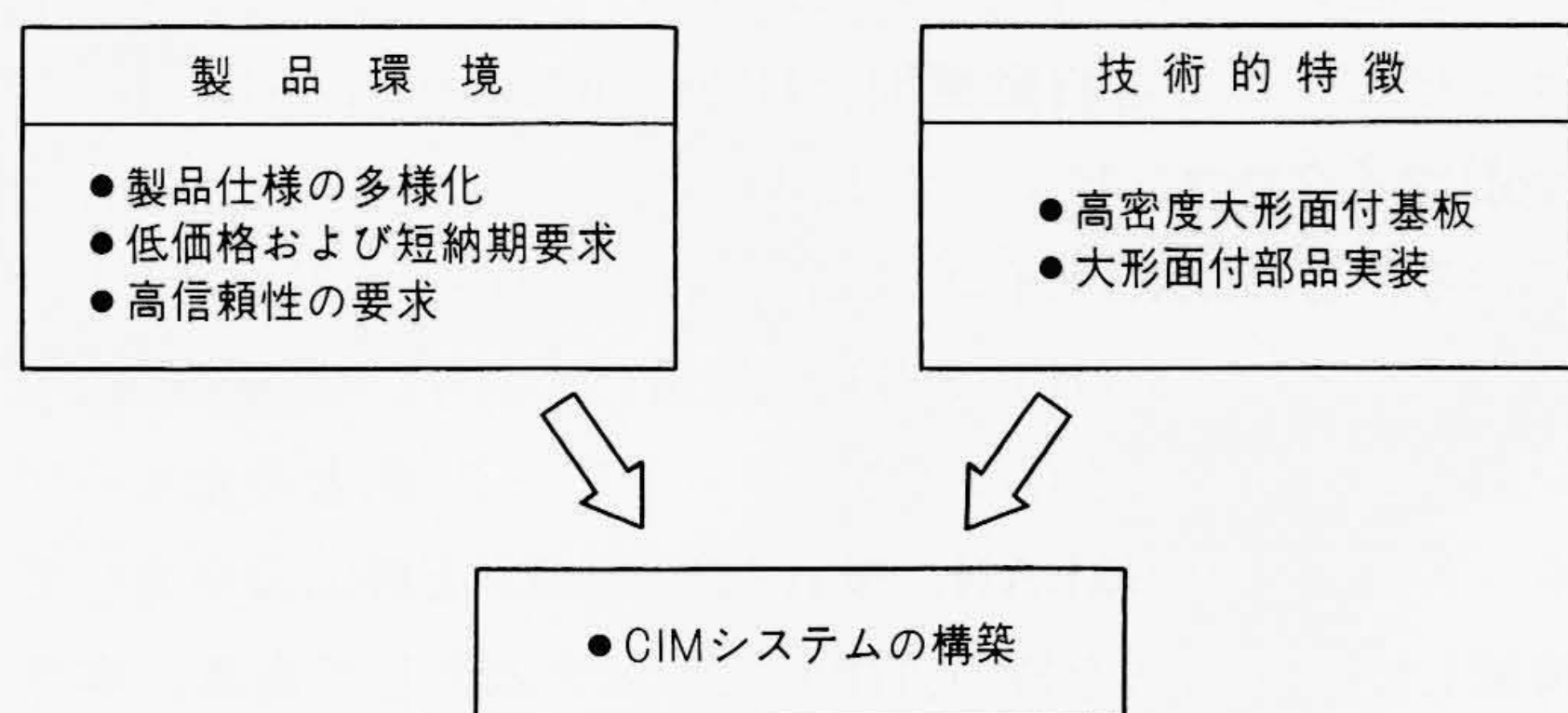
図1に示すように、コンピュータ機器を取り巻く製品環境、

およ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ことが必須である。

また、今回CIM化を対象としたプリント板の外観とその概略諸元を図2に示す。

3 開発システム概要

今回開発したシステムの概要を図3に示す。組立ラインは



注：略語説明 CIM (Computer Integrated Manufacturing)

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

* 日立製作所神奈川工場 ** 日立コンピュータエンジニアリング株式会社

外

観

LSI

RAM. MOD

概 略 諸 元

No.		項 目	仕 様
1	基 板	基板サイズ	280 mm×419 mm
		チャンネル本数・格子間隔	2本チャンネル・1.27 mm
		層 数	22層
2	搭載部品	LSI ピン数・リードピッチ	160ピン・0.508 mm
		RAM ピン数・リードピッチ	96ピン・0.762 mm
		抵抗 ピン数・リードピッチ	44ピン・0.635 mm
3	実装技術	実装形態	全LSI+RAMモジュール
		実装密度化	17
		はんだ付けポイント数	約20,000
4		プリント板の種類	数百種

注：略語説明 RAM.MOD (Random Access Memory Module)

図2 プリント板の概要 CIM対象のプリント板を示す。搭載部品は、フラット パック タイプのLSIメモリ、抵抗などである。

部品準備工程、プリント板にLSI、RAMモジュールなどを表面実装(部品搭載)し、接続を行う前工程とコネクタおよび各種機構部品の組付けを行う後工程、さらに搭載部品のチェック、エージング、性能テストを行うチェックおよび検査工程から成り、各自動機間のつながりは主として前工程は自動機間を直結し、後工程以降は無人の自走車で自動化を図っている。また、これらラインを制御するシステムとしては、NC(数値制御)データの作成、供給、プリント板のバーコード情報管理、進捗、作業来歴管理などを行う中形クラスのCAMコンピュータ(M-220)を中核に大形コンピュータ(M-680ほか)を使ったCADコンピュータおよび工場全体の生産管理を行うコンピュータと光ループネットワーク(H-8644)で接続し、さらにCAMコンピュータと各自動機間はDNC(Direct Numerical Control)マイクロコンピュータ(以下、マイコンと略す。)で結合している。このDNCマイコンには、日立製作所の汎(はん)用ワークステーション(HT-2020)を使用しており、ワークステーション間どうしもさらに小さいネットワーク(前者の光ループネットワークを幹線LAN、後者を部門LANと呼ぶ。)を介して接続し、機能階層を持つ自律分散システムとしてある。本ラインに投入するプリント板および部品は、顧客ごとの注文単位である。従来¹⁾の中量生産プリント板組立とは異なり、1回に生産するプリント板は典型的な多品種少量生産である。また、通過工程もほぼ同じであることから、いわゆるロット編成は行わずプリント板1枚ごとに管理する方式をとっている。このシステムでの作業の流れを前工程を例に簡単に述べると、まず顧客の注文単位に投入された実装部品を、プリント板単

位に自動仕分けしてマガジンに入れ、部品搭載のための前処理を行った後、プリント板との同期化を図るためストッカに収納しておく。一方、プリント板は1枚ごとに識別用にバーコードラベルをはり付ける。このプリント板に必要な処理を施し部品搭載機に送り込む。このときプリント板のバーコード情報を読み取り、必要な部品(マガジン)を前述のストッカから自動的に取り出し部品搭載機にセットする。部品搭載に必要なNCデータも、このバーコード情報をもとにCAMコンピュータから自動供給する。部品搭載作業が終了すると、作業完了報告、各種作業実績報告がこの装置のDNCマイコンからCAMコンピュータに送られ、進捗管理・作業来歴管理のデータとして扱われる。他の自動機でも部品搭載機と同様バーコード情報をもとに、NCデータの供給、進捗、作業来歴情報などの収集を自動で行っている。このように本システムは高機能な自動化設備と、バーコードおよびコンピュータを利用した制御と管理が統合化されたシステムである。このシステムの特徴をまとめると図4のようになる。

4 各サブシステムの概要

4.1 自動化設備

CIM化を実現するためには、無人化はもとよりラインの信頼性の向上も含めて、個別設備の機能向上やつながり設備による一貫ライン化が重要となってくる。今回、CIMシステムの構築に際し開発した一貫ライン化の主要設備について、高速搭載装置を中心とした部品搭載ラインを図5に示す。これらの開発によってラインの無人運転が可能となった。以下に開

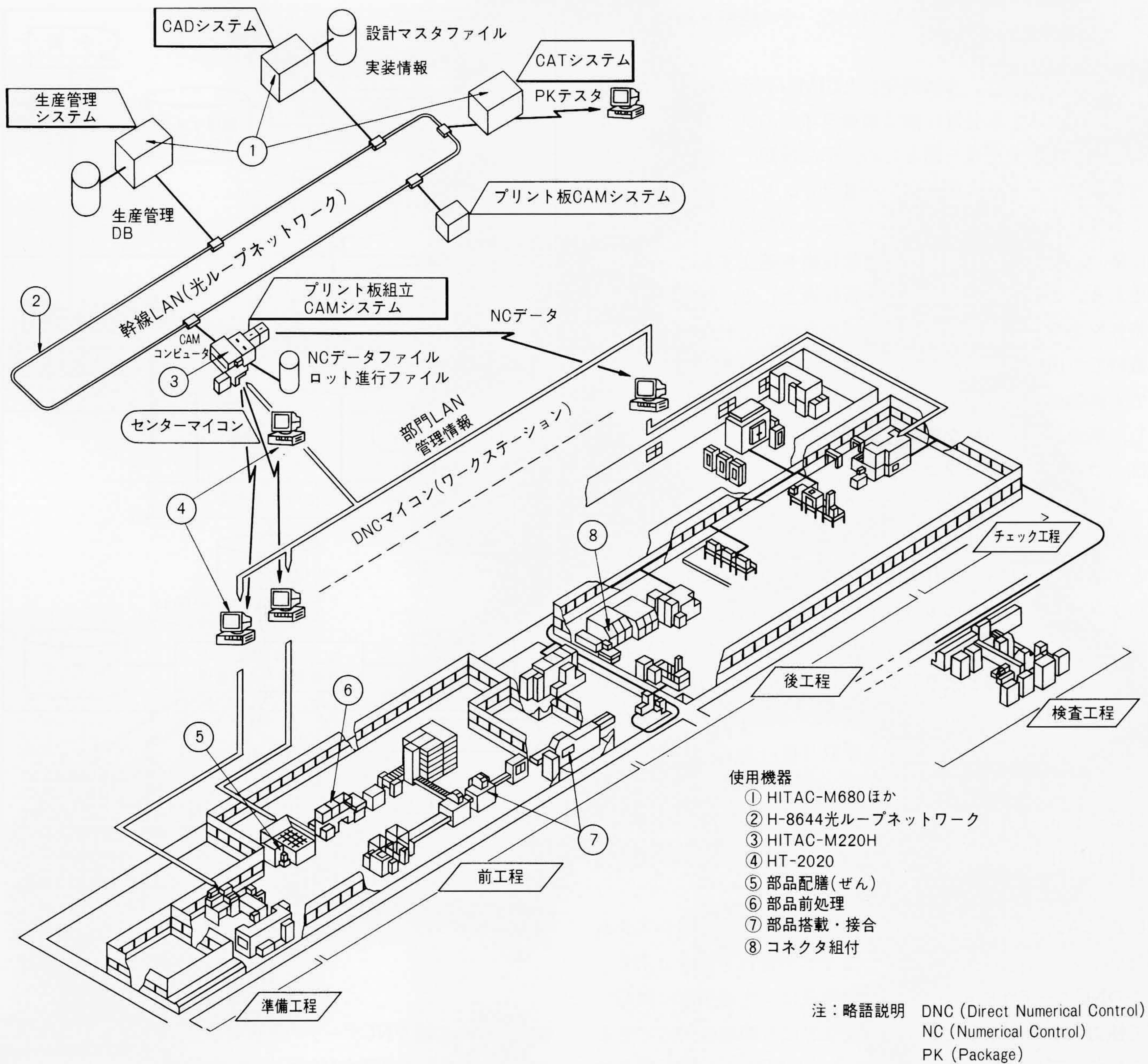


図3 CIMシステムの概要 全自動部品搭載機をはじめとする自動化ラインと、それをサポートするCAMコンピュータ、DNCマイコンなどの制御システムから成る。

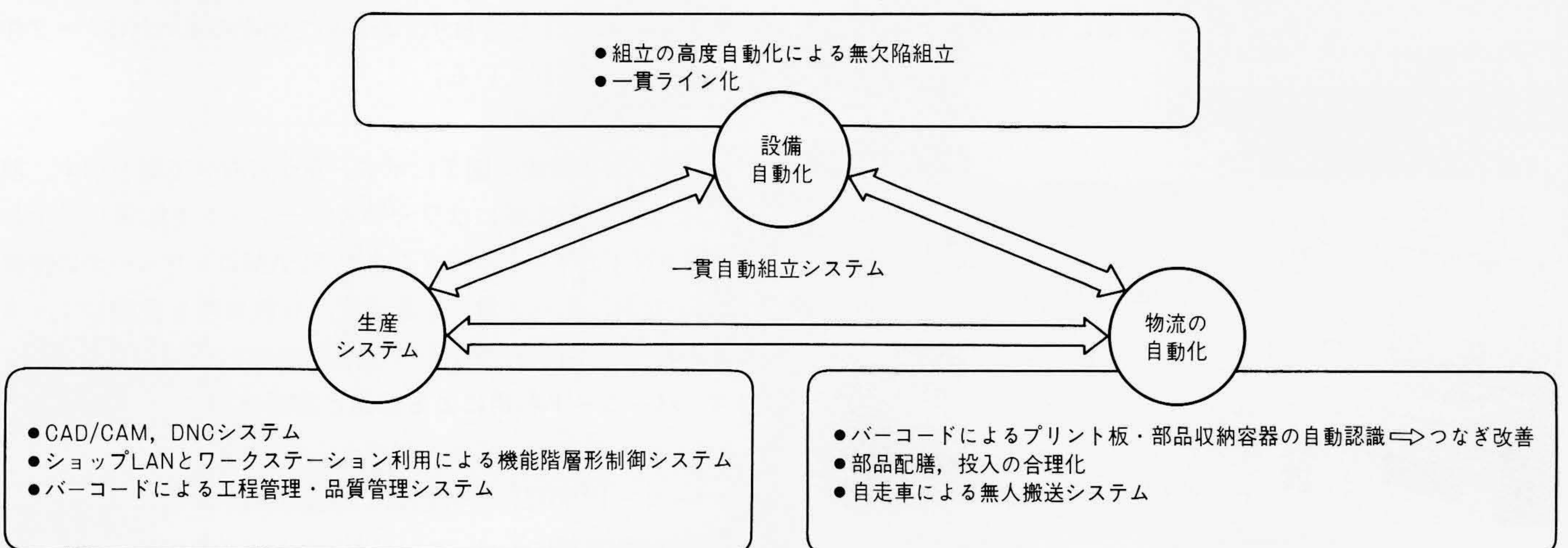


図4 システムの特徴 設備自動化、生産システム、物流の自動化の三つがトータル的にバランスのとれた統合システムである。

発した主要設備のいくつかについて、その概略を説明する。

(1) 高速搭載装置

高速搭載装置は、今回開発したCIMシステムのかなめとなる設備である。本装置は部品搭載ラインのタクトバランスを考慮し高効率な生産を図るため、部品種類で分割した複数の専用機をハード的に結合し、一貫ラインとして構築したものである。また、プリント板のパターンや部品リードの微細化に伴い、従来にない高精度な搭載技術確立することが必須である。このため、画像処理の新技术として、対象物の波長特性を応用した検出方式や光学系の光軸の工夫によって、搭載時での100%の検出率と位置決めを実現している。処理速度でも画像処理装置のデュアル化、パラレル処理化などを開発し、高速で高信頼度な自動化を図った。

(2) コネクタ組付リフロー装置

本装置はプリント板にコネクタのリードをばねアクションで仮固定した後、リフローによって無欠陥接続を実現しようとするものである。これらはプリント板の表裏に形成されたパターンに、1,000ピン以上ものリードを高精度に位置合わせするために、リード広げのカム制御方式や電気マイクロメータ方式による制御と板厚計測、さらにパターンの高精度位置計測などを開発し、高品質・高信頼度の装置化を図ってきた。また、組立と接合の工程間の人手取り扱いや、プリント板の着脱などによるリードの位置ずれ、浮き不良を発生させない対策が必要であり、このため組立と接合工程の一体化による一貫自動化設備を開発し、無人化による高品質の確保を図っている。

4.2 CAD/CAM, DNCによるNCデータの一貫供給システム

ラインに供給するNCデータシステムの流れを図6に示す。このNCデータ作成供給システムの特長は、生産手配に同期して極力人手を介することなく変更などにも即座に対応できるフレキシブルな点にある。すなわち、CADから一貫して自動で現場の自動機まで供給するシステムである。CADシステムで作成したプリント板の部品実装情報に、生産手配情報と生産技術情報を加えて、ラインでの作業に同期してNCデータを作成する。このNCデータはCAMコンピュータで管理される。

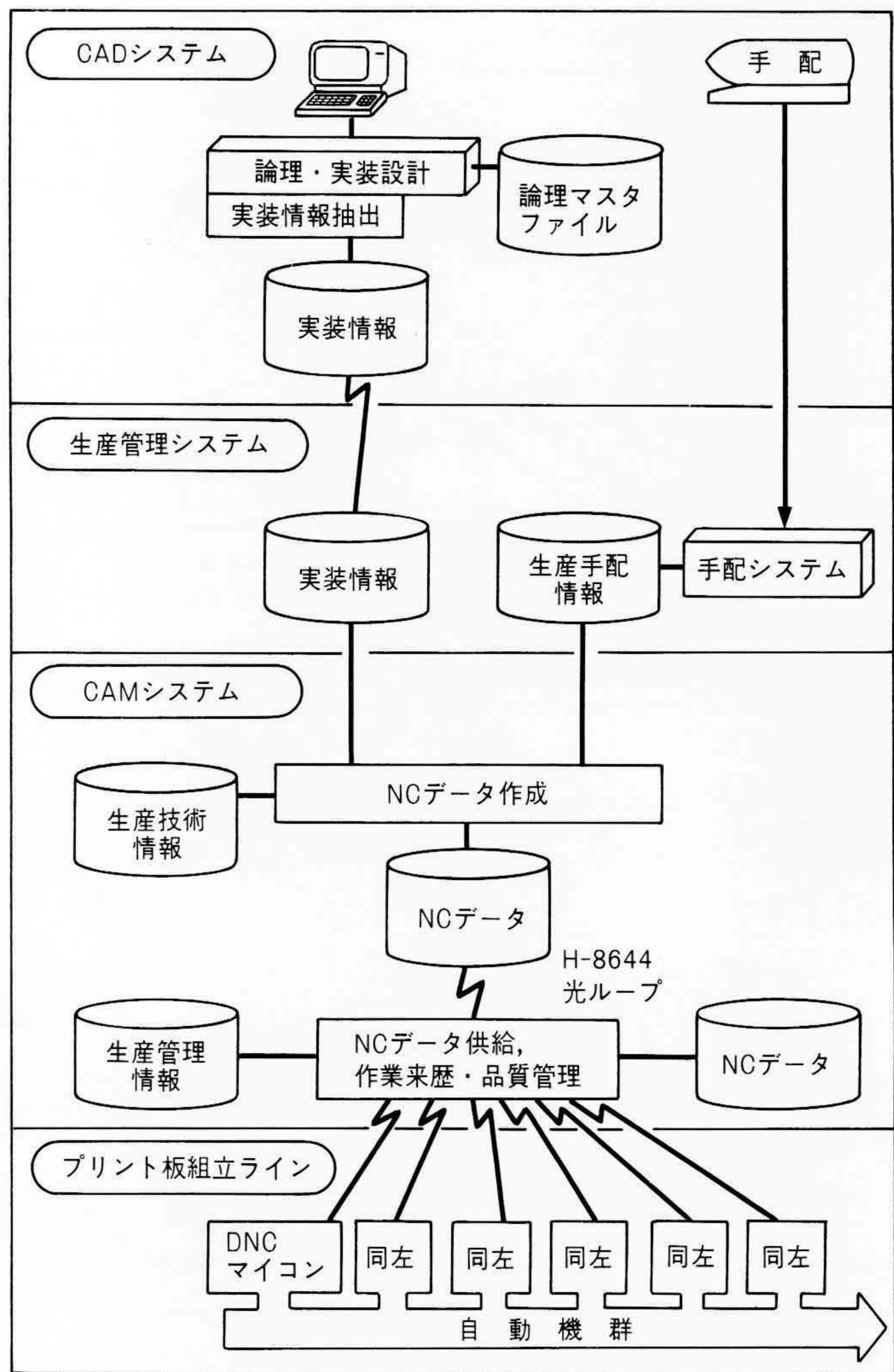


図6 NCデータ供給システム CAD・生産管理・CAMシステムの結合により、生産に同期化して設計変更にも即座に対応できるシステムである。

自動機から必要なNCデータの送付要求があったときは、CAMコンピュータから必要なNCデータを抽出し、さまざまな制御・管理機能を持つDNCマイコンを通してオンラインで自動機に供給する。このラインで生産するプリント板はすべてこのシステムでサポートしており、きわめて効率の良いNCデータ作成、供給が行われている。

4.3 部門LAN構成

部門LANの構成を図7に示す。左から右へ工程を示す。前述したように各工程にはワークステーションを配置し、それらをLAN1のネットワークを介してCAMコンピュータに接続した。なお、データ量、応答速度、分散処理を考慮して、ネットワークは同図に示すような階層構造を採用した。

4.4 バーコード利用による部品と基板の自動認識

バーコードに関しては、従来から採用しているプリント板のバーコード¹⁾のほか、今回新たに図8にその一例を示すように部品収納容器にもバーコードをはり付けたものを採用した。これら各種バーコードを関連づけ、その属性情報を後工程に



図5 自動化設備の概要 CIM化のために、図に示す一貫ラインを構成する高信頼度な自動化設備が不可欠である。

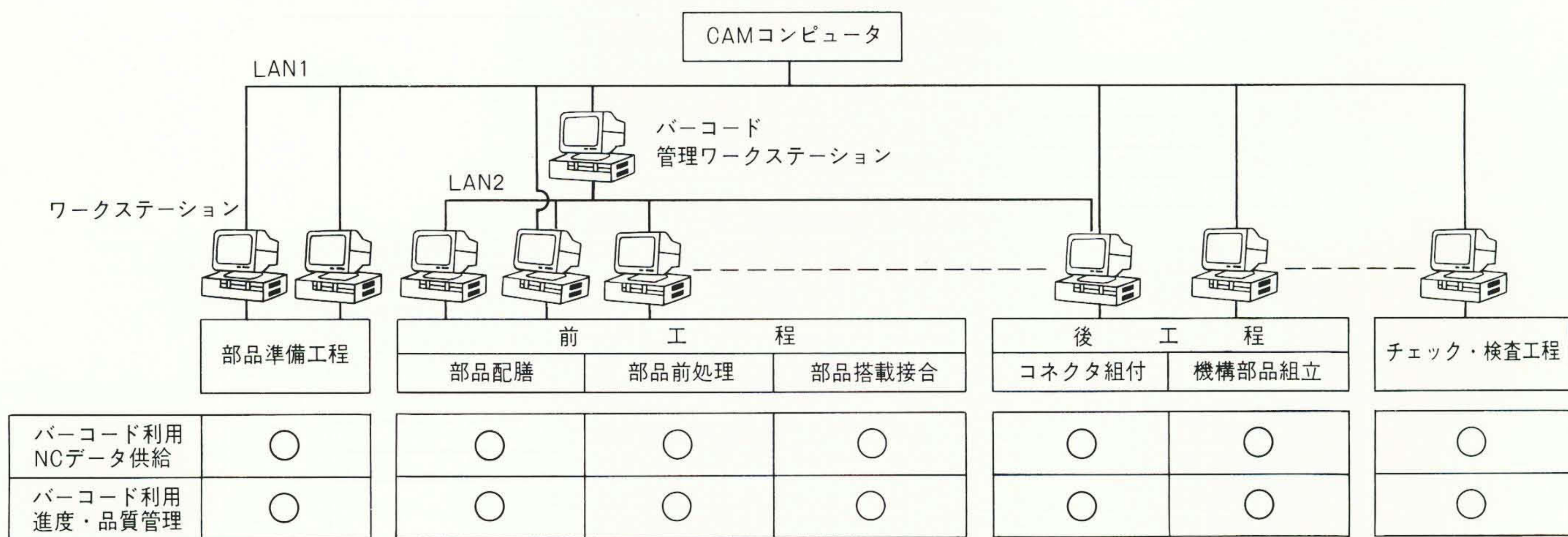


図7 部門LAN構成 CAMコンピュータと各工程の接続を示す。部門LANを介した分散システムである。

送るため図7のバーコード管理ワークステーションがLAN2を介して各ワークステーションを制御するようにした。これにより図7下部の表に○で示すように、プリント板を扱う自動機はもちろんのこと、部品を扱う自動機も、バーコードを読み取ることによって自動的にNCデータの供給を受けることを可能とした。

なお、プリント板にはり付けるバーコードラベルは、面付部品固有のプロセスによって、従来のスルーホールプリント板のものよりいっそう耐熱性・耐溶剤性が要求され、新たなバーコードラベルを開発した。

4.5 オンライン進捗管理・品質管理

バーコードを利用して各工程の作業報告をCAMコンピュータへ送ることによって、図7下部の表に○で示すように、各工程の進捗管理および品質管理を実施可能とした。また、そ

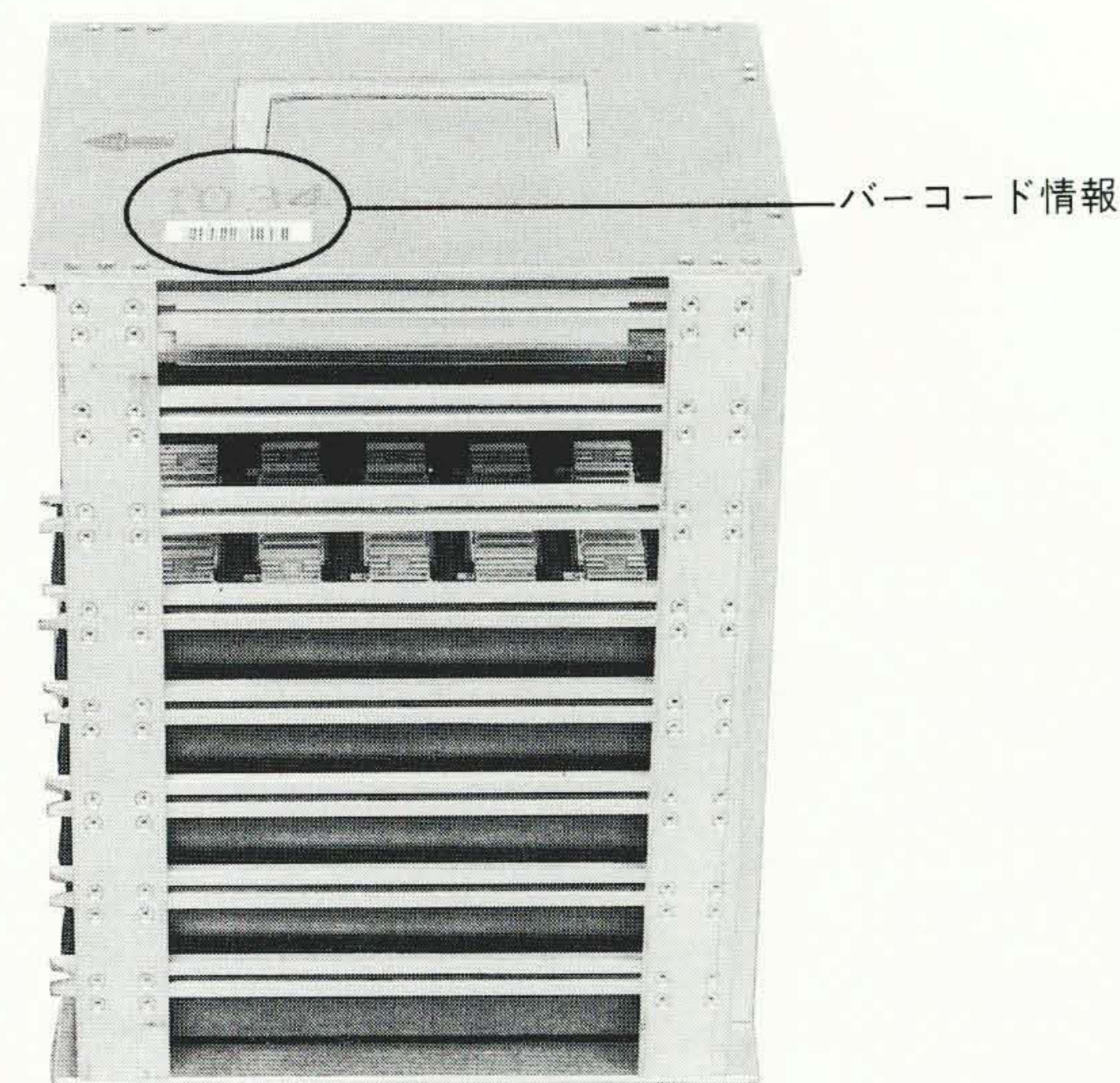


図8 部品収納容器 プリント板に搭載する部品の収納容器を示す。バーコードを利用してプリント板との対応をとる。

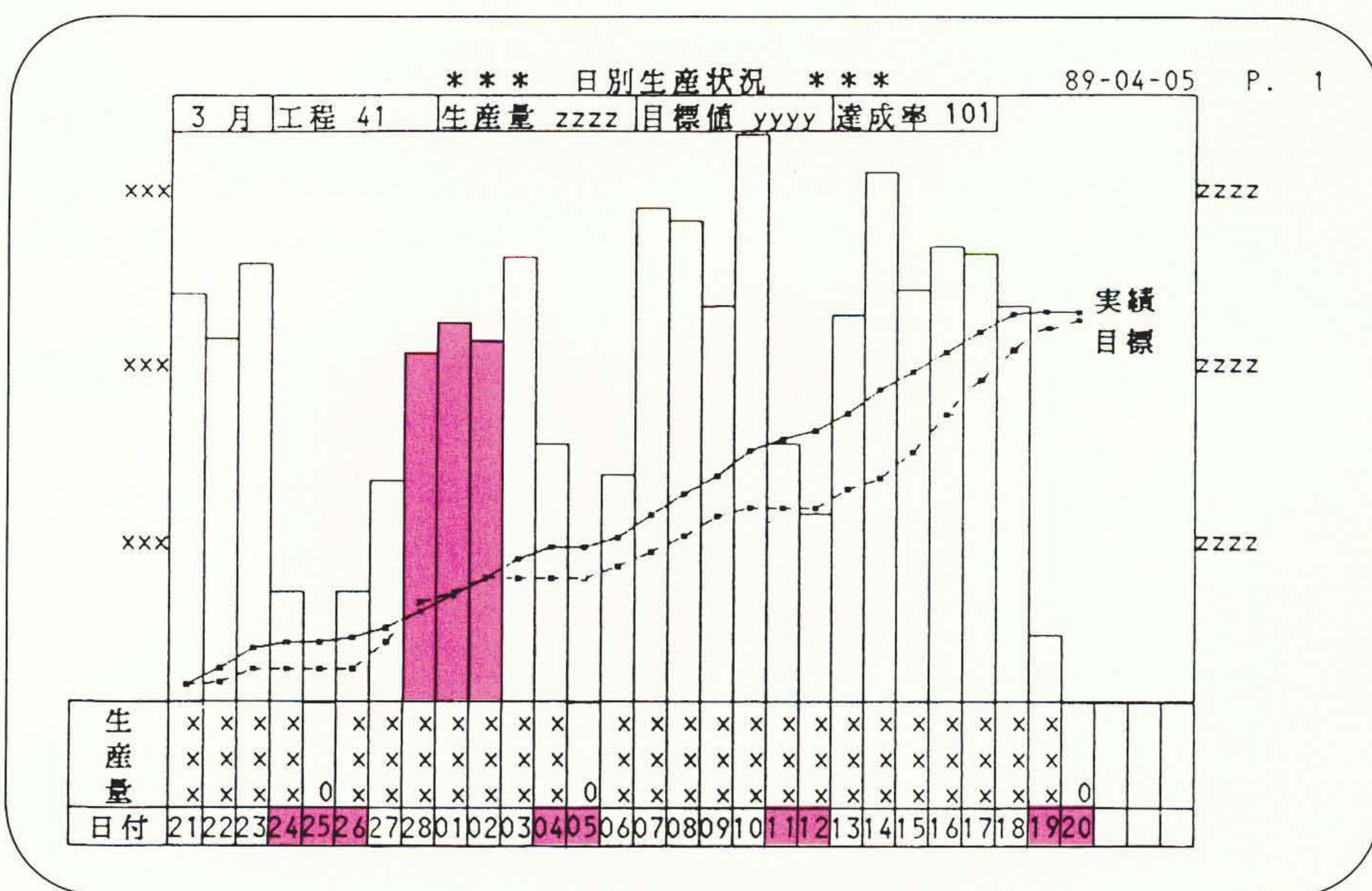


図9 画面の例(1) プリント板の日別生産量を棒グラフで、累積生産量を折れ線グラフでそれぞれ示す。

プリント板組立来歴表

88-04-20

ロット番号	XXXXXXXX	製番	E32105
PK品名	UA038-AG	タイプ	U01
基板-REV	9		
基板シリアルNO	7Z4866P	バーコード	008829001271

NO	工程	月/日	氏名	時刻	作業条件
1	投入	63-01-xx	日立1	09:10	
2	部品配膳	63-01-xx	日立2	13:02	
3	xxx	63-01-xx	日立3	18:24	号機 U-3 粘度 r.CP ロット3
4	xxx	63-01-xx	日立4	21:30	号機 U-2
5	xxx	63-01-xx	日立5	22:40	
6	xxx	63-01-xx	日立6	08:57	
7	xxx	63-01-xx	日立7	15:23	
8	xxx	63-01-xx	日立8	18:45	作業条件 A 適用
9	xxx	63-01-xx	日立9	15:32	
10	xxx	63-01-xx	日立A	11:17	
11	xxx	63-01-xx	日立B	13:12	
12	xxx	63-01-xx	日立C	15:17	
13	xxx	63-01-xx	日立D	16:19	
14	検査	63-01-xx	日立E	10:56	合格

図10 画面の例(2) プリント板の各工程ごとの作業日、時刻、作業者名および作業条件の実績を示す。

のデータをCAMコンピュータで加工し、各ワークステーションに図9、10に示すような管理情報をグラフィック表示やカラー表示することによって、各工程での管理工数を低減した。

4.6 無人搬送システム

一般的に工程間搬送には、コンベヤによる一貫連続方式と無人搬送車による搬送方式とが考えられる。今回、開発した生産ラインのうち、特に後工程ではエリア効率や洗浄回数が多いことを考慮し、洗浄を中心に各工程を循環する繰り返しの工程経路を形成することとした。このため、搬送にはフレキシビリティのある無人搬送車を導入し、かつ工程経路の繰り返しを利用することによって、洗浄を中心とした進捗管理を容易にし、これらの管理機能を折り込んだ無人搬送システムの開発を行ってきた。システムの概要を図11に、その特徴を以下に示す。

- (1) レイアウト変更や工程の変更、またラインの機能拡張にも対応可能なフレキシブル搬送システム
- (2) 生産工程の進捗管理を可能とした搬送システム

5 今後の課題

今回開発したシステムをベースに、さらにCIM化の充実を図ってゆく。

- (1) CIM化のために開発した諸設備の信頼性向上
- (2) システム運用面および操作性に関するソフトウェアの機能の充実
- (3) 工場全体CIMシステムへの有機的な結合

6 結 言

大形・超大形計算機用の超高密度面付プリント基板組立ラ

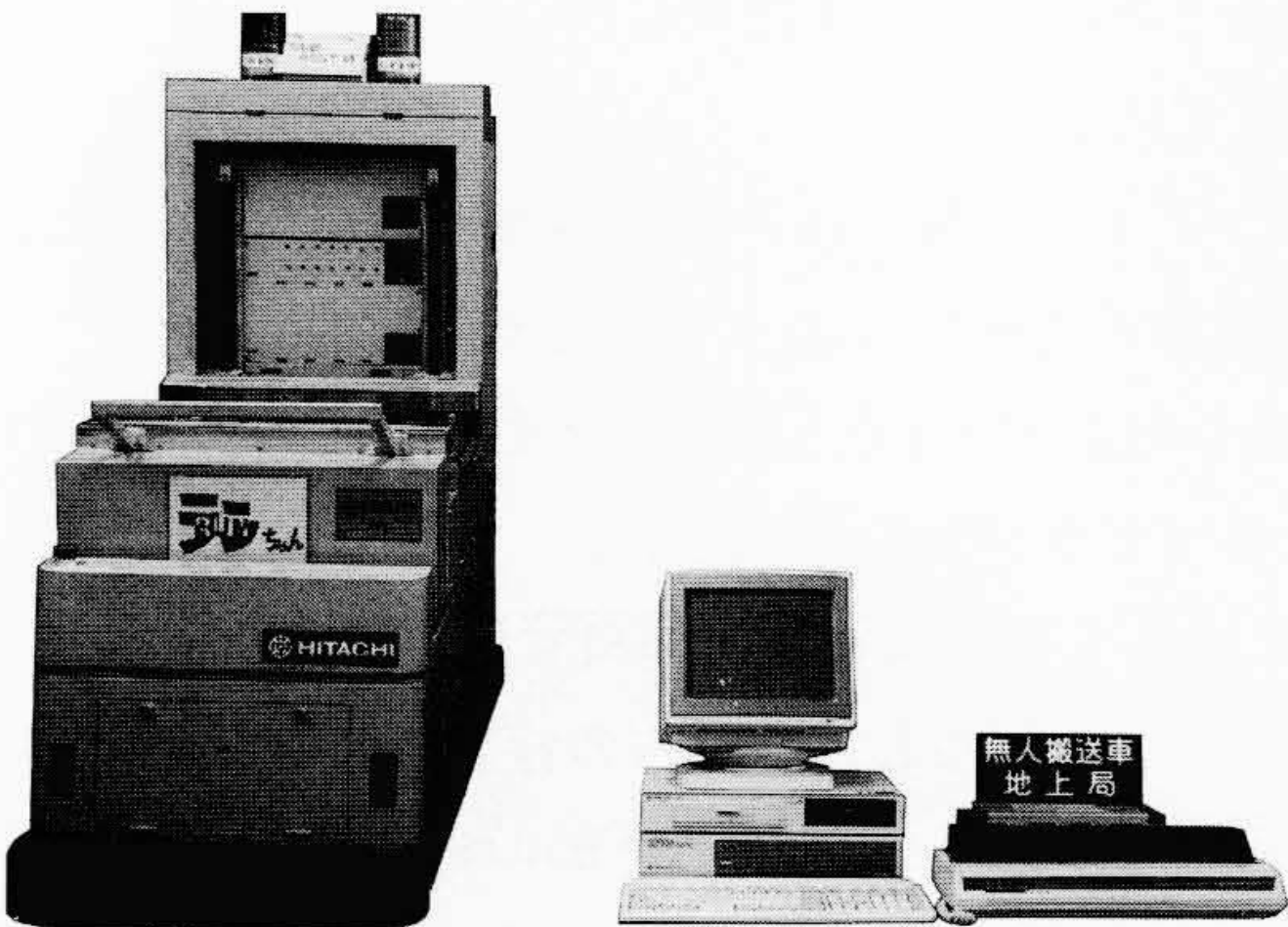


図11 無人搬送システムの概要 進捗管理が可能な無人搬送システムの構築が必要となった。

インを対象として、バーコード情報をベースに自動化設備、物流生産管理、品質管理面でコンピュータを駆使したCIMシステムを開発し稼働させ、下記に示す効果を得ることができた。

- (1) 無欠陥組立ラインの確立(高品質化)
- (2) 組立日程の短縮
- (3) 組立時間の大幅な短縮
- (4) 間接業務効率の向上

参考文献

1) 小島, 外: 多品種中・小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—, 日立評論, 68, 11, 881~884(昭61-11)

2) 小林, 外: 大型コンピュータM680/682Hの処理方式とハードウェア技術, 日経エレクトロニクス, 1985, 11-18, No.382