

電子回路パッケージフレキシブル生産システム

Flexible Manufacturing System for Electronic Circuit Package

情報通信機器は、電子化、デジタル化に伴い電子回路パッケージの原価占有率が高くなっている。しかし、生産は同時に数百種類の電子回路パッケージを1ロット当たり10枚以下で製作する典型的な多品種小ロットの形態である。このため、生産品種切替え時の段取工数、生産にかかわる管理工数が多く作業習熟も得られにくい、などの問題点が生じている。これらの問題点に対処するため、多品種小ロット生産形態に適合した「電子回路パッケージフレキシブル生産システム」を開発した。本システムは、様々な電子回路パッケージを1本のラインで生産できるように工程選択機能を備えた搬送装置と自動組込機から成るフレキシブル生産ライン、及びこのラインに制御データを供給し、生産指示を行なう情報システムで構成されている。本システムの稼動によって、大幅な省人効果が得られた。

井上一仁* Kazuhito Inoue
野村浩昭* Hiroaki Nomura
木村 勇* Isamu Kimura
小中敏憲* Toshinori Konaka

1 緒 言

情報通信機器は、顧客の多様化に伴い、製品の種類は増加の一途をたどっている。これら製品の主要構成部品である電子回路パッケージ(以下、単にパッケージと呼称する。)の部品実装はますます高密度化され、部品自体は高集積化、複合化が強力に推進されている。このため、従来機器間で汎用性をもっていたパッケージは、機器ごとに専用化されている。この結果、生産は同時に数百種類のパッケージを1ロット当たり10枚以下で製作する典型的な多品種小ロットの生産形態となっている。また、製品は電子化、デジタル化が進み、製品原価にパッケージの占める割合はますます高まっており、製品原価を低減するには、パッケージの原価低減の寄与するところが大きい。

本稿は、多品種小ロット生産形態でのパッケージ組立のトータルコスト低減を目的に確立した「電子回路パッケージフレキシブル生産システム」の検討経過と概要について述べるものである。

2 フレキシブル生産システムの概要

2.1 現状分析

情報通信機器用パッケージのサンプルを図1に示す。また、パッケージ製造上の問題点は下記のとおりである。

- (1) パッケージは、一般に図2に示す工程を経て生産される。出庫、配膳した部品を、各々のインサータ又は手作業で組込、はんだ付け、後付けの工程を経て、調整、試験を行なって完成する。このパッケージの組立工程経路は、搭載される部品及び要求される機能、精度によって種々変化する。更に、プリント基板の種類(多層基板、両面基板、マルチワイヤ基板など)によって、はんだ付け条件が各々異なり、これらを組み合わせると、パッケージの工程経路は数十通りにもなる。したがって、経路選択にはベテラン作業者の判断が必要である。
- (2) 図3はパッケージ組立工数の分析結果を示すものである。同図(a)に示すように部品組込の比率が高い。したがって、組込の合理化が必須である。また、同図(b)はワークサンプリングによる組立作業の分析結果であるが、多品種小ロット生産

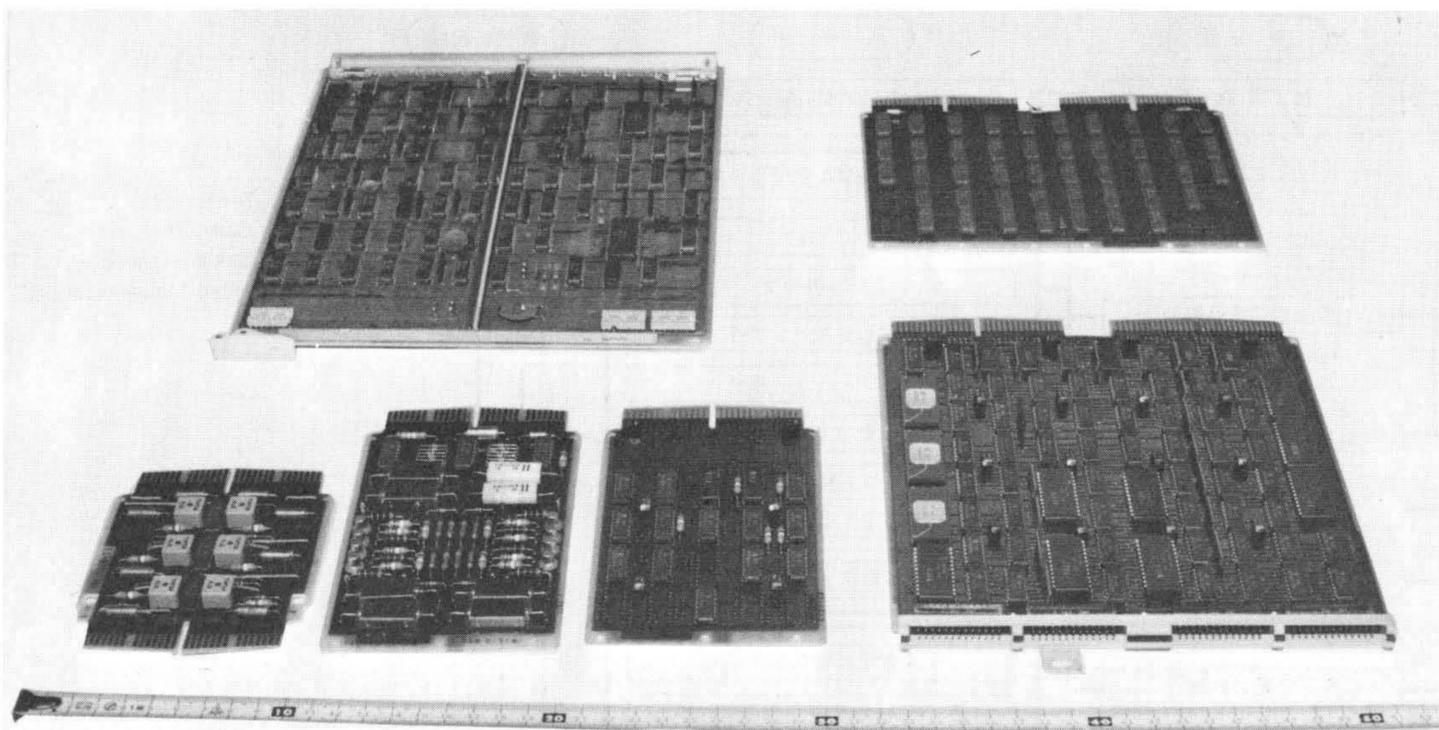


図1 電子回路パッケージ
電子回路パッケージの一例を示す。部品の集積化、複合化に伴い基板種類、回路種類とも多様化の傾向にある。

* 日立製作所戸塚工場

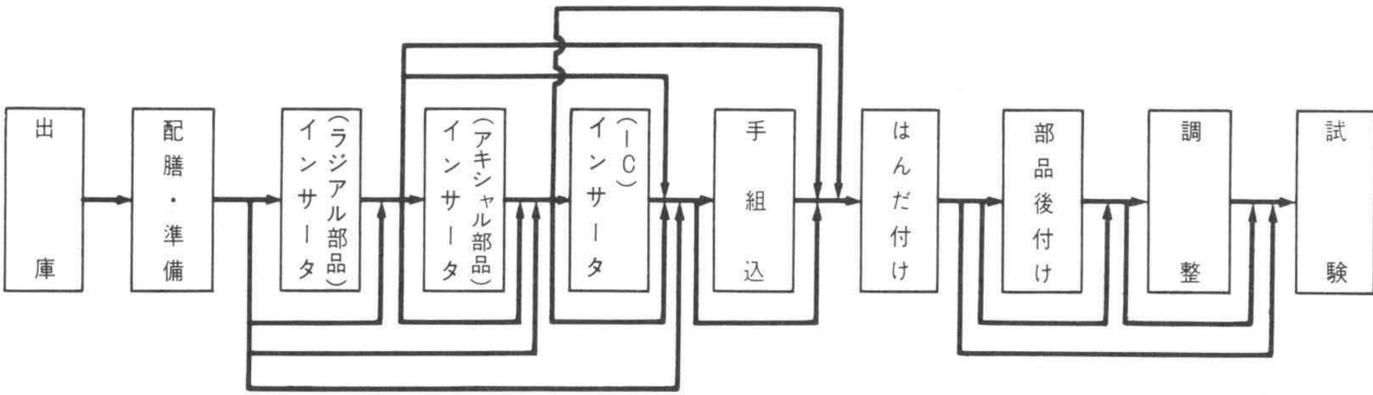


図2 パッケージ組立工程
パッケージ製作工程は、搭載される部品や要求機能、精度などによって複雑多岐な経路をたどる。

のため、正味時間の割合が低く、その中でも実際に加工する時間、すなわち付加価値を直接生み出す時間は全体のわずか31%である。

(3) 電子部品は、実装密度を上げるため、集積化、複合化、小形化され、プリント基板は、高密度の細線パターンで配線され、大形化の傾向にある。このため、パッケージの設計は人手では対処できず、CAD(Computer Aided Design)化を強力に推進している。

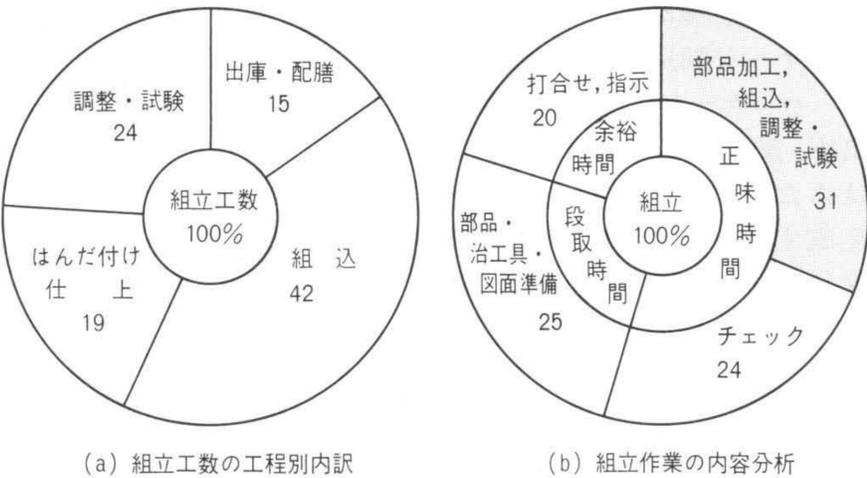


図3 組立工数の内容分析 工数比率は組込工程が高い。また、作業内容では多品種のパッケージが流れるため、打合せ、段取時間が多く、付加価値を生み出す時間が非常に少ない。

2.2 合理化方針

多品種小ロットのパッケージ生産を合理化するには、単に組立作業だけに着眼したのでは不十分で、設計・計画から組立・試験までを包括した総合的な改善によって、トータルコストを低減すべきである。図4に多品種小ロットパッケージ生産上の問題点と合理化施策を対応して示す。

フレキシブル生産ラインは、各種合理化設備の導入と、その設備間を、パッケージが自動的に必要工程に振り分けられる工程選択機能をもった搬送装置で構成することにした。

一方、このフレキシブル生産ラインを確実に稼働させるためには、

- (1) 生産計画の作成・指示
- (2) NC(数値制御)データの作成・供給
- (3) 工程経路の設定・工程選択の指示

など膨大な諸情報を迅速に作成し、的確に供給する必要がある。そのため、これらのデータ作成を機能化した情報システムを確立することとした。

前述した生産ラインは、この情報システムのもとではじめて稼働することができ、双方合わせて、フレキシブル生産システムとして機能する。

2.3 システム構成

図5に、フレキシブル生産システム構成の概略を示す。

CADシステムによって、部品搭載位置、回路記号など設計情報を抽出する。これに、部品各单位に組込工程を指示する

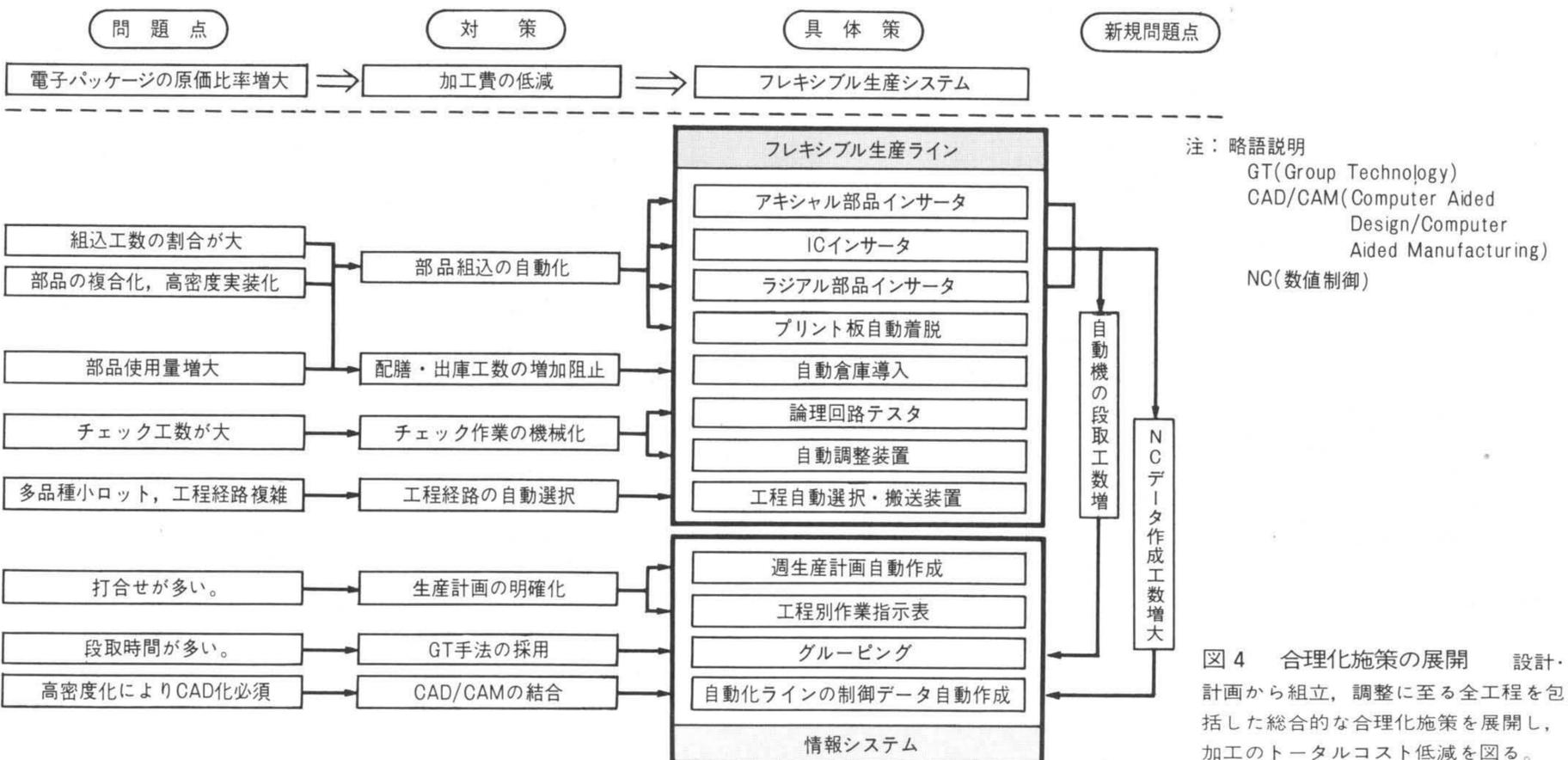


図4 合理化施策の展開 設計・計画から組立、調整に至る全工程を包括した総合的な合理化施策を展開し、加工のトータルコスト低減を図る。

工程コード及びパッケージ単位のNCデータ作成条件など生産技術情報を加え、マスタファイルとする。

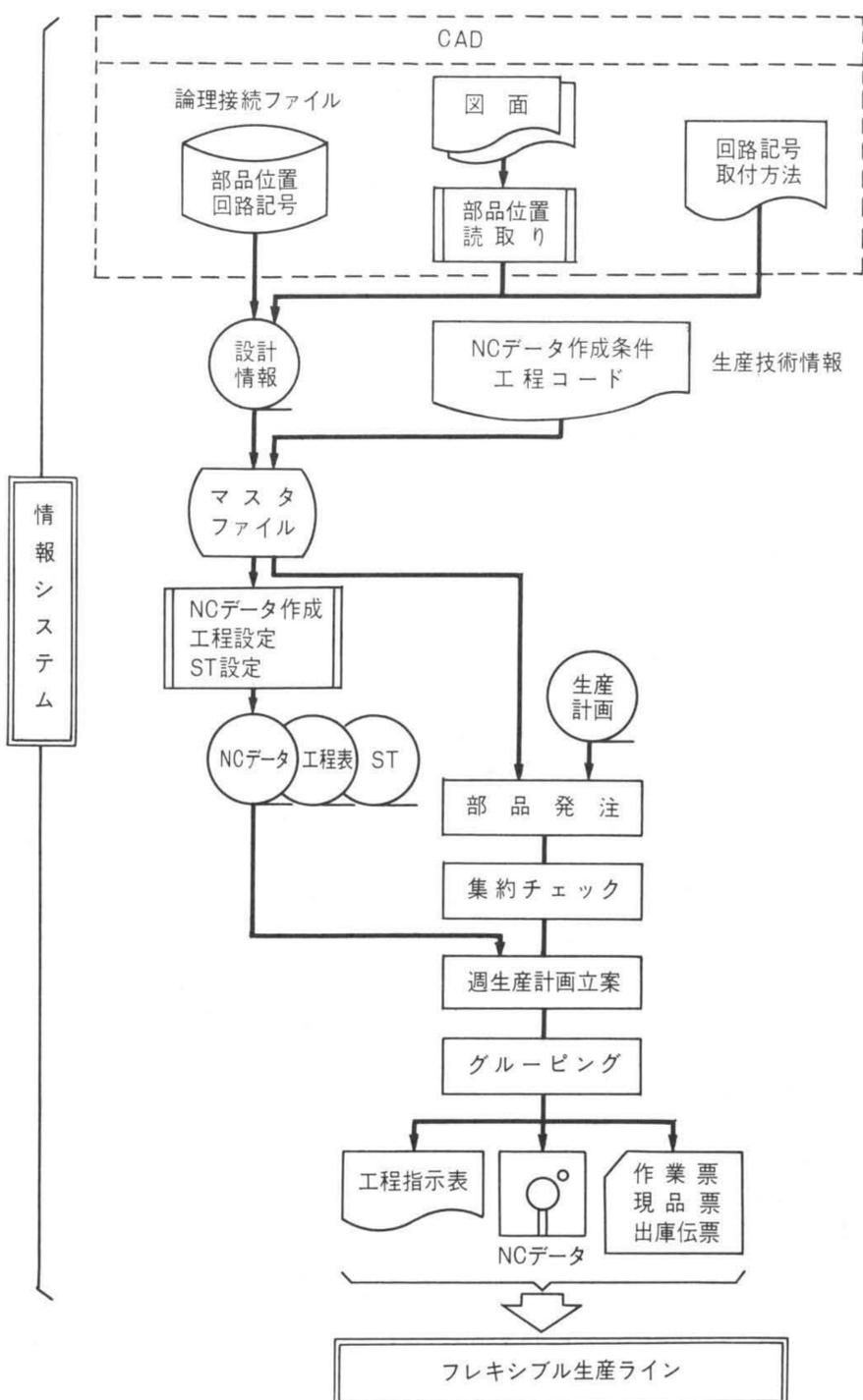
本システムのデータは、すべてこのマスタファイルに集約されている。このマスタファイルから適宜情報を取り出して、NCデータの作成、パッケージごとの工程設定、組立のST(標準時間)設定を行ない、各々データファイルに登録する。

生産計画は、装置本体の計画から電子パッケージに展開し、週単位のパッケージ生産計画を作成する。更に、計画を部品レベルに展開して、在庫伝票を打ち出す。また、各種ファイルから週生産計画に該当するパッケージのNCデータ、工程ごとの作業指示表、作業票を作成し、フレキシブル生産ラインへ供給する。

ラインでは、NCデータを各インサータにセットし、生産計画の順番どおりプリント基板を投入し、各工程指示表に従い部品をインサータに装てんすることによって所定のパッケージの生産が可能となる。

3 フレキシブル生産ライン

多品種小ロット生産のパッケージ組立の自動化を達成するためには、合理化設備を投入して効率を上げるだけでなく、



注：略語説明 ST(標準時間)

図5 システム構成 多種類のパッケージを組み立てるフレキシブル生産ラインと、生産ラインに指示情報を与える情報システムで構成する。

段取、確認、余裕時間などの付帯作業を含めて合理化することが重要な課題である。本章では、その概要について述べる。

段取時間短縮のためには、自動段取化を推進し、また、付帯作業合理化のためには、製品の自動搬送、自動着脱を行ない、流れ化を推進する必要がある。

3.1 ライン構成

図6は、上記の諸問題を解決するために構築した製造ラインを示すものである。

ラインの主な特徴を次に述べる。

- (1) 多種形状パッケージの自動搬送及びハンドリングの自動化
- (2) 工程経路の自動判別
- (3) 段取(インサータ用組込プログラム、各装置の条件)変更の自動化

また、主要構成設備は、プリント基板供給装置、各種インサータ、はんだ付け装置などと、これらを結ぶ搬送装置から構成されている。

ライン能力は、板サイズ最大400mm×400mmまでを無制限に適用可能であり、全ラインをコンピュータコントロールする全自動フレキシブルラインで、ライン長は90mである。

3.2 設備構成

パッケージ製造工程に従い、各工程の主要設備について説明する。

- (1) キーコード捺印装置

ラインを流れるパッケージを自動識別するためのキーコード、パッケージ品名などを捺印するもので、供給排出を自動化し、無人化している。

- (2) プリント基板供給装置

ラインの最初に位置し、ラインからの要求に応じて、プリント基板を適宜供給する。複数種類の供給ステーションをもっており、ラインを構成している各装置の負荷状況によって、供給すべきプリント基板が自動的に選択され、搬送コンベヤに送り込まれる。

- (3) 工程選択装置

搬送装置で送られてきたプリント基板は、工程選択装置内のOCR(光学的文字読取り装置)で、キーコードが読み取られる。読み取り結果を生産情報と対照して、ラジアル部品インサータで作業すべきか否かを判断し、当該作業が必要なものは、インサータに付随する支線コンベヤへ、また作業不要のものは本線コンベヤへ各々選択し送り込む。

- (4) インサータ

インサータは、ローディング装置、アンローディング装置をもち、プリント基板の自動位置決め機能をもっている。これらは、工程選択装置内のOCRで識別した情報に基づき、自動的に基板サイズに対応した段取替を行なう。ローディング装置、アンローディング装置は、基板把持用のチャック幅寸法が自動的に変更され、インサータへ基板をセットするための取付治具基準ピン位置も自動的に変更される。更に、基板種類に応じて、インサータの挿入プログラムも自動的に選択される。

- (5) 基板ストック

各種インサータを有効に稼働させ、ライン効率を高めるため、前述したプリント基板供給装置から投入するプリント基板種類を制御するとともに、更に細部にわたるコントロールが必要である。ライン内の各インサータの間に設置された本装置は、負荷平準化用のバッファとして設けてある。収納数量は50枚であり、負荷がオーバーフローした際に一時保管し、負荷軽減時に自動的にラインへ再投入する。

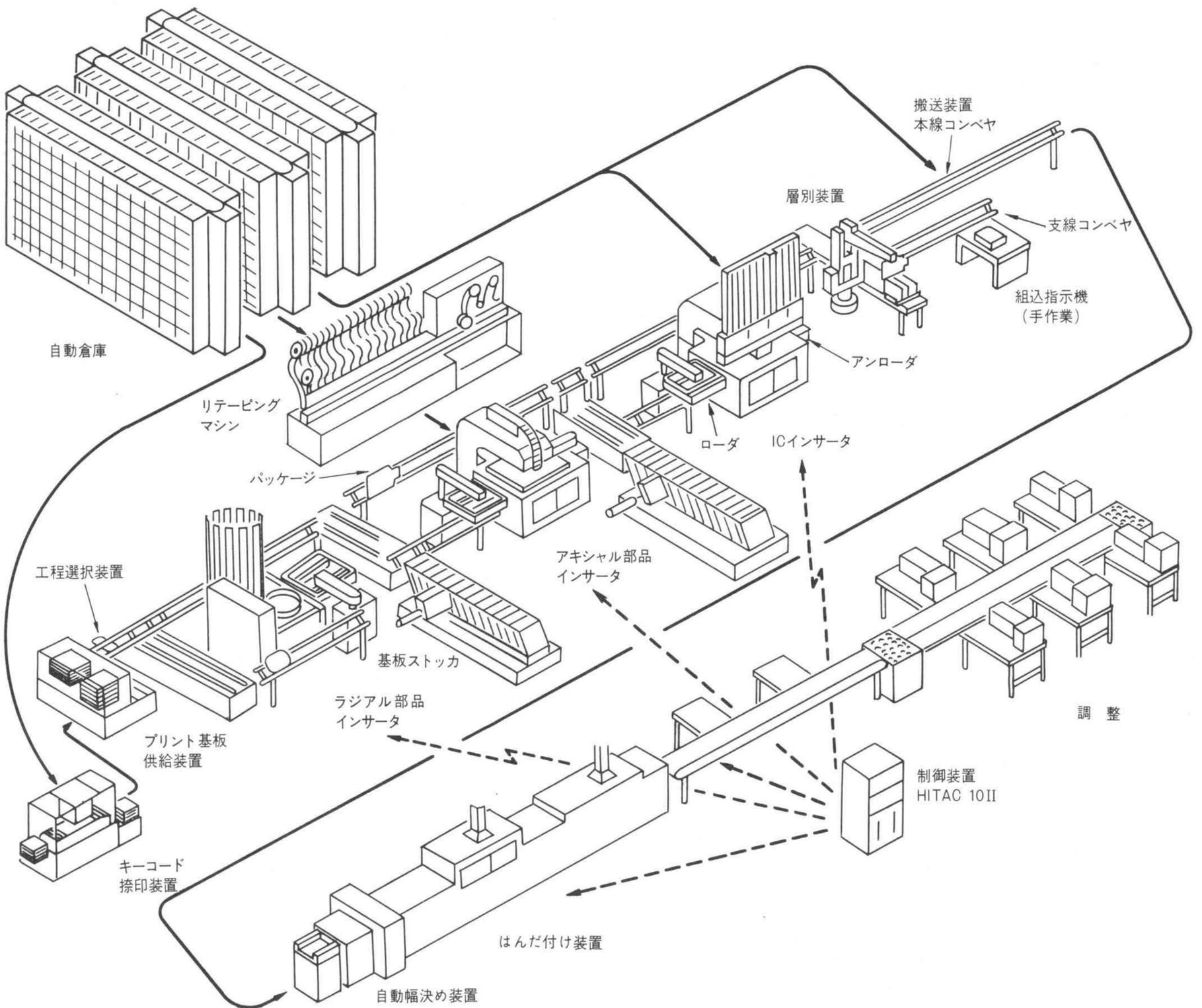


図6 フレキシブル生産ライン構成 ラインを構成する合理化装置間をつなぐ搬送装置に特徴をもち、プリント基板単体を全自動で工程選択し、組立てを行なう。

(6) はんだ付け装置

はんだ付け装置は、洗浄装置及びリードカット装置を内蔵しており、一貫ラインを構成している。

プリント基板の変更に対しては、固定搬送用キャリヤの幅及びはんだ付け条件の自動設定機能をもっている。

(7) 搬送装置

各設備間をつなぐ搬送装置は、プリント基板サイズの制約をなくし、かつ一定基準端面を確保するため傾斜させてあり、ローディング時、アンローディング時に姿勢変更をして、プリント基板の授受を行なう。

3.3 制御システム

図7に、ラインコントロールシステムの構成を示す。マイクロコンピュータで、インサータ、はんだ付け装置、搬送装置などを制御し、必要情報をミニコンピュータで処理する分散処理方式に構成した。

ミニコンピュータの機能は、大きく下記項目をもっている。

(1) 負荷配分

各インサータの負荷をコントロールし、バッファである基板ストックへの収納、取出し指示を行なう。

(2) 段取変更指示

ライン内のOCRから得られるプリント基板種類の情報によって、インサータ用組込プログラムの設定、ローディング装置、アンローディング装置のつかみ寸法設定、はんだ付け条件の設定にかかわる指示を行なう。

(3) ライン管理、生産管理

生産順序、工程経路の指示及びライン内仕掛り管理などを行なう。

(4) トラブル監視

ライントラブル発生時に、発生場所を表示し、稼働率、挿入率データの収集機能をもっている。

4 情報システム

フレキシブル生産ラインに、生産指示情報、制御データを供給する情報システムの概要について以下に述べる。

4.1 生産計画及び生産指示

4.1.1 週生産計画の確定

生産計画は、2.3節でも述べたように、装置の生産計画から展開されたパッケージの必要時期に基づいて、週単位にパ

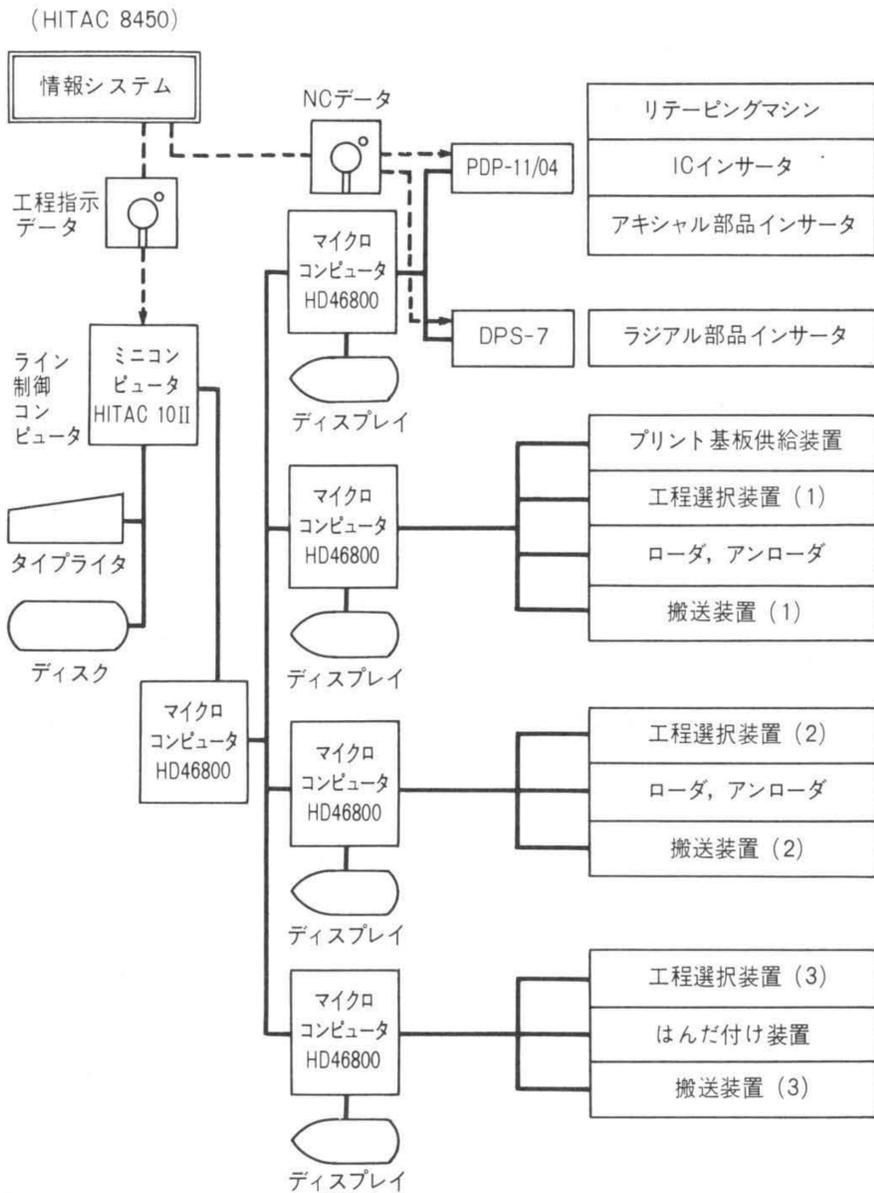


図7 ラインコントロールシステム ミニコンピュータから必要情報を受けたマイクロコンピュータで、ラインをブロックごとに制御する分散処理方式である。

パッケージ品名、数量を抽出する。抽出したパッケージに使用する部品の集約状況をチェックし、未集約部品については、督促リストを打ち出す。この時点では、パッケージを必要時期から見て抽出しているため、週ごとに組立工数のばらつきが大きくなる。そこで生産ライン側で未集約部品の集約状況を加えて日程調整を行ない、工数負荷を平準化して週生産計画を確定する。

4.1.2 グルーピング

多品種小ロットのパッケージ生産では、インサータの段取工数を小さくするため、グルーピング手法を用いている。グルーピングとは、インサータに一度に装てんできる最大の種類数で部品をまとめ、その範囲の部品が搭載されているパッケージをまとめて自動組込することによって、インサータの段取工数の増加を抑制する方法である。

図8は、多品種小ロット生産形態の産業機器用パッケージのグルーピング例を示したものであるが、IC総使用量の90%を自動組込しており、このときのIC種類は250種で、パッケージは8グループにまとまっている。しかし、本報告対象パッケージでは、同図に示すように650種と部品種類が多く、先の例に合わせて累積パーセント90で区切ると、524種でグループ数は35にもなり、段取工数から見て実用できない。そこで本システムでは、その週に生産するパッケージだけで、段取工数が最小となる「最適グルーピング」を行なうこととした。この手順は、同一週内の同一品名のパッケージを、一度にまとめて生産するように、品名のグルーピングをまず行な

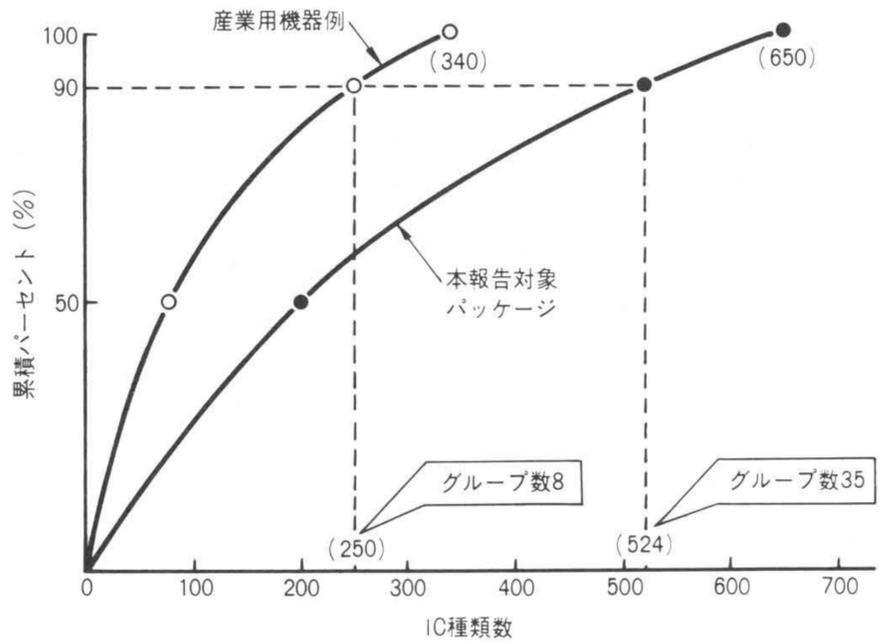


図8 IC種類数とグルーピング数比較 情報通信機器のパッケージは、使用部品種類が多いため、グループ数が大きくなり、従来のグルーピング手法は実用的でない。

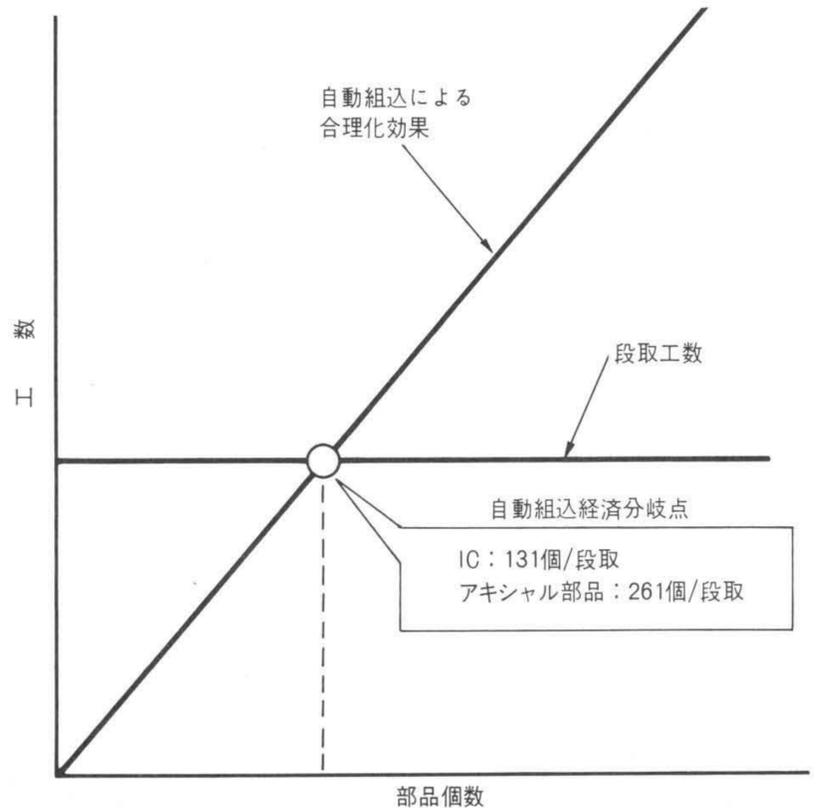


図9 自動組込の経済分岐点 自動組込効果が段取工数に見合わないときは、そのグループは自動組込から手組込に移す。

い、次にインサータの機種によるグルーピングを行なうものである。この最適グルーピングによって、自動組込適用率は、理論的には100%になる。しかし、グループ替えの段取工数と自動組込効果は、図9に示すように経済的に見て分岐点がある。本システムには、この経済性をチェックし、段取工数に見合う部品数に達しないグループは、自動組込をやめて手組込へ移す機能をもたせている。

グループ化した時点で、パッケージの生産順に週生産計画別に通し番号を付与し、生産ラインでのNCデータをはじめとする諸データの選択キーコードとしている。

次に、グルーピングの結果に基づいて、ステージと称するインサータの部品装てん箇所割付けを行なう。このとき、部品の供給、装てん工数を少なくするため、グループ間で同じ部品を使う場合は、同一ステージに割り付けるアルゴリズムを取り入れている。

4.1.3 生産指示

生産ラインに週生産計画を実行させる各種指示表を次に示す。

(1) 週生産計画表

当該週に生産するパッケージの品名、数量をグルーピング

部品番号		部品名		使用数量	回路記号	実装位置情報				実装方法	工程コード	
PKG.ズパソ PKG.ヒソ	10698480A RF64A314AA ASSY			00	1	シワケ	ハヤサ	タカサ	アラウ	ナツイン	コート	TF-KEY
コウシ.ズホウ	-X +X -Y +Y	002.54	264.16	002.54	215.90	SL	1	1	1	0	0	
ホウコウ	ハハ NO ケンテン-カ イトヒソ					キシ	1	1	1	0	0	
DP DULR	0127 1 043801 051046			047120	000240	ハ-7ホシ	シヨソ(1)	ハ-7ホシ	シヨソ(2)	オ7セツトX	オ7セツトY	△キ
IC LRUD	0127 2 043825 051037			045800	000170	000600	000140	-006265	-006290	3		
アヒソ.ズパソ	アヒソ.ヒソ	QTY	AJ	カド	X1	Y1	X2	Y2	△キ	ト7	コウテイ	コマ
830066000	HD74LS00P	1		IC12	36	40			0	0	0	6352
830066000	HD74LS00P	1		IC20	54	8			0	0	0	6352
830066002	HD74LS02P	1		IC03	16	56			0	0	0	6352
830066002	HD74LS02P	1		IC24	54	72			0	0	0	6352
830066004	HD74LS04P	1		IC00	16	8			0	0	0	6352
830066004	HD74LS04P	1		IC01	16	24			0	0	0	6352
830066004	HD74LS04P	1		IC04	16	72			0	0	0	6352
830066008	HD74LS08P	1		IC02	16	40			0	0	0	6352
830066008	HD74LS08P	1		IC10	36	8			0	0	0	6352
830066008	HD74LS08P	1		IC21	54	24			0	0	0	6352

図10 マスタファイルリスト 情報システムに必要なデータは、すべてマスタファイルに集約される。

で決定した投入順に指定している。

(2) 現品票

パッケージに必要なすべての部品を対象に、出庫、配膳、準備を指示する。

自動組込部品は、インサータのグループ別にステージ番号まで指示する。

手組込部品は、組込前の準備条件(例えば、アキシャル部品の取付けピッチ、部品リードのチューブ要否)が指示され、組立図面を見ることなく準備作業を行なうことができる。

(3) 工程指示表

生産ラインの工程ごとに、当該週にその工程に流れるパッケージの品名、数量が指示される。

自動組込工程では、インサータ別に、部品名とその部品を装てんするステージ番号をグループ別に指示し、更に、NCデータの選択キーコードをパッケージ単位に明示して、生産ラインがマニュアル操作できるように配慮している。

はんだ付け工程では、パッケージごとのはんだ付け条件を指示している。

4.2 NCデータ作成と図面変更管理

マスタファイルには、図10に示すように、パッケージ品名ごとに、使用部品、数量、NCデータ作成条件が登録されている。更に、部品ごとにプリント基板上の搭載位置をX、Y座標で示し、その部品がどのインサータ又は工程で組み込まれるか工程コードで指定している。

NCデータは、インサータ別に次の手順で作成する。

- (1) マスタファイルから各インサータの工程コードを検索し、各部品の位置情報を抽出して、組込時間が最短となるように部品の組込順序を決定する。
- (2) インサータは、部品をつめでチェックしてプリント基板に組み込むが、部品が近接して搭載される場合、このつめによって先に組み込んだ部品を押しつぶすことがある。そこで、別に登録している部品形状ファイルから形状寸法を抽出し、インサータのつめを加味して、部品同士又は部品とつめの重なりをチェックし、重なる場合は組込順序を変更し、なお重なる場合は手組みに移す。これをシャドウチェック機能と呼んでいる。
- (3) シャドウチェック後、プリント基板上のX、Y座標で示す部品位置を、インサータの機械原点からの組込位置($\frac{1}{100}$ mm

単位)に変換し、NCソースデータが完成する。

設計変更による図面変更の来歴は、版数を付与して管理している。当初、設計が完了した時点で版数は“00”を設定し、図面を変更するたびに、“01”、“02”と更新する。マスタファイルには、パッケージ情報を版数単位で登録して世代管理を行なっている。したがって、NCデータも同じように各々世代版数でもっている。

本情報システムは、版数の更新を含め、マスタファイルの変更及び新規登録を行なった場合、NCデータの作成とSTの設定をシリーズワークで一貫処理するよう構築している。

5 結 言

以上述べたように、多品種小ロット生産形態の電子回路パッケージに適合したフレキシブル生産システムを確立した。

本システムの稼働による効果は下記のとおりである。

- (1) 生産計画の作成、生産指示、進捗状況フォローなど、生産管理業務の効率が大幅に向上するとともに、パッケージ組立工数を低減した。
- (2) パッケージ製作工程での所要時間(リードタイム)を、従来の2週間から2日間に短縮した。
- (3) パッケージ製作工程中に発生する不良を半減した。

今後は、形状・寸法・梱包形態の異なる電子部品を、倉庫から各インサータへ自動で供給、装着する部品供給システムを開発し、手作業工程の機械化推進と合わせて、ラインの無人化を目指してゆく考えである。

参考文献

- 1) 奥村, 外: コンピュータ・エイデッド・テクノロジー, 共立出版社(1983)
- 2) 関, 外: 生産管理情報システムの現状と動向, 日立評論, 60, 9, 621~626(昭53-9)
外部環境の変化に対応した生産管理システムのあり方を、事例をもって説明している。
- 3) 中里, 外: プリント基板組立日程計画へのクラスター分析の適用, OR学会予稿集・春(昭56)
本稿でも述べたグルーピング手法について記述している。
- 4) 汎用製造データでCAD, CAM連結 プリント板から構造部品へ展開図。日経メカニカル, 81~86(1982-3)
CAD/CAMに適した情報管理システム例を紹介している。