

量産基板組立における ファクトリーオートメーション—VTR用基板— FA System for Automatic Component Insertion on Printed Circuit Boards

近年、製品の電子化が急速に進み、それに使用されるプリント板の設計CAD及び電子部品の自動挿入など、プリント板のFA化が量産工場、非量産工場を問わず進められている。

一方、VTRのプリント基板の部品挿入FAシステムは、コストパフォーマンスや設備信頼性の点から、異形部品の挿入自動化が遅れていたが、低価格のはん(汎)用ロボットの活用と、挿入成功率予測による部品別専用チャックの開発などにより、自動化を実現した。本論文は、異形部品自動挿入ラインを中心に、FAシステム化について説明するとともに、FA導入時の一助とする。

井下智司* *Satoshi Inoshita*
大井輝男* *Teruo Ôi*
山田旭司** *Asaji Yamada*
種田幸紀*** *Yukinori Taneda*
小野真幸**** *Masaki Ono*

1 緒言

近年、家庭電化製品やエレクトロニクス製品をはじめ、一般産業機械や機器でも電子化が進み、その主要回路構成部品であるプリント板製造技術の重要性は急激に高まり、かつ急速に進歩してきた。このような状況の中で、電子部品の挿入の自動化は、アキシシャルリード(同軸)部品の自動挿入機を米国のメーカーから輸入し自動化することが出発点となり、続いてラジアルリード(縦形)部品の自動挿入機の導入とリード付き部品の自動化が進んできた。

更に、テレビジョンの需要拡大に伴い自動化の規模の拡大にはずみがつき、コンピュータ、OA(オフィスオートメーション)機器に代表される産業用基板の多品種小ロット生産分野まで自動化が浸透していった。一方、前記のリード付き部品以外の異形部品の挿入自動化に関しては、設備のフレキシビリティや投資効果の面から小形の異形部品の自動挿入機の開発から進められたが、ここ数年来の半導体とエレクトロニクス製品の急成長及び組立ロボットの普及から、今まで取り残されていた異形部品に対し、カラーテレビジョン^{1),2)}やオーディオ製品³⁾などの量産品工場での自動化が始まった。この動きは、更にプリント板全体のFA(ファクトリーオートメーション)化に発展し、量産品だけでなく多種少量生産の工場⁴⁾でも、変化に対応できるFAシステム作りが進められている現状である。

以上のような状況にあって、東海工場では、異形部品の挿入の自動化に挑戦し、自社製のはん用ロボット(A4010)を中心とした自動挿入率98%、タクト6秒/枚の異形部品自動挿入ラインを開発した。同時に、はんだ及び調整工程の一貫自動化を図りVTR(ビデオテープレコーダ)基板自動挿入FAラインを実現した。本稿では、このFAラインの紹介を中心に、量産品の基板に絞って電子部品の自動挿入FAについて述べる。

2 電子部品挿入自動化の発展過程

電子部品の自動化は、部品、設備メーカーと設計・製造部署がそれぞれ協調して問題を解決したことにより実現したと言える。

例えば、フェノール樹脂系プリント基板は、加熱後に挿入穴のプレス打抜きを行なうため、寸法精度は良くないが、基

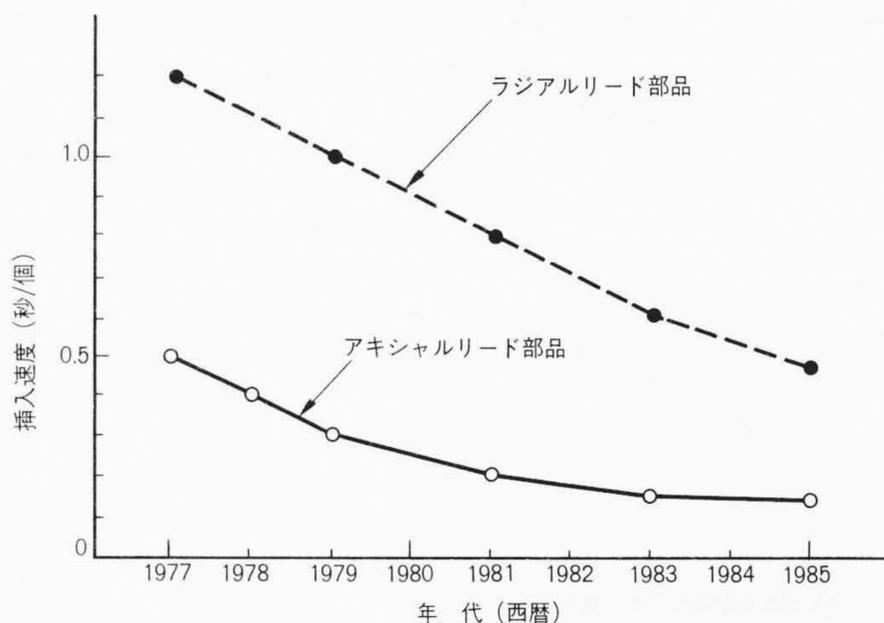


図1 挿入機の挿入速度推移 挿入速度は年々改善されている。これは挿入部品寸法の精度、プリント基板の精度及び挿入機の進歩によるところが大きい。

板メーカーで、電子部品のリード線を挿入する側の孔径が大きくなるように打ち抜きするとか、インサータでのNC(数値制御)データの補正など各部署で改善を行なっている。これに対し、部品ではリードのテーピングにより供給の自動化を可能としたが、リードの先端精度も相当のばらつきをもっており、設備上でリード整形などの補助手段が取られ挿入精度を上げている。

また、製品設計上も部品干渉などの自動化の配慮が当然なされており、結果として図1に示すように部品の挿入速度が年々改善されると同時に実装密度の追求も行なわれ、 $\frac{1}{16}$ W抵抗器の5mmピッチ挿入も可能となっている。これらの自動挿入の信頼性の向上は自動挿入率を年々上げる結果となり、総合的にプリント板製造技術の向上につながった。自社内の例で見れば、図2に示すように基板の自動組立てのもう一つの問題であるはんだの信頼性は、自動挿入率の向上とともに改善されており、自動化の推進が製品の信頼性に大いに寄与していることが想像できる。

* 日立製作所東海工場 ** 日立製作所生産技術部 *** 日立製作所生産技術研究所 **** 日立製作所栃木工場

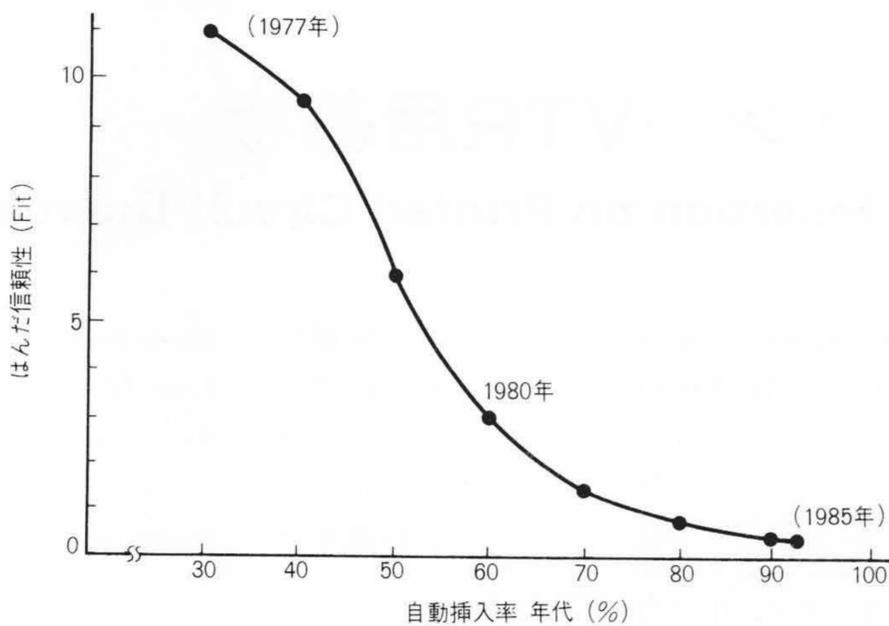


図2 自動挿入率とはんだ信頼性の関係 自社内の部品の自動挿入は年々増加していくが、同時にはんだ付けの信頼性も強い相関をもって減少している。

3 VTR基板の自動挿入

VTRのプリント板は、機能及び方式の違いなどから基板の枚数が多く、製造現場の理想とする大形1枚化が困難で大幅な自動化が進まなかった。また、部品の構成上、全体の約90%を占めるアキシャル部品及びラジアル部品から挿入の自動化が進められた。異形部品については手挿入が主であったが、小形の異形部品の挿入から自動化が始まり、日立製作所でも各種異形部品に合わせた回転式のヘッドを持ったもの、及び一つの挿入ヘッドで同時に3~4個の部品をチャックするもの、又はICなど異形部品の形状に合わせ数種類のハンドを備えておき、ロボットによって部品に合ったハンドを取り替え

挿入するAHC(Auto Hand Changer)付きの異形部品挿入機が開発され、基板の種類が多く、小中量生産のFMS(Flexible Manufacturing System)ラインに効果があった。

しかし、最近のVTR需要の増大に伴う大量生産と、VTRの設計技術及び半導体技術の進歩に伴う基板の大形1枚化への改善により、VTRのメカニズム⁵⁾の自動組立てラインのような、大量生産向けのラインタイプの生産方式が基板の生産にも適するようになってきた。このような理由から、ロボットを使ったフレキシビリティの高い異形部品の自動挿入ラインの構築が今後の自動化の一方向であると考えている。

4 VTR基板自動挿入FAラインの構築

4.1 FAラインの概要

異形部品自動挿入ラインの構築に当たり、まず第一に基板サイズの統一、使用部品の標準化、挿入ルールの取決めなど、自動化の基本事項を設計と明確にした。同時にラインに対する種々の制約、職場の要望、自動化方針などを基に、次に述べるようなラインコンセプトを決めた。

- (1) 機種切換えに対応できるフレキシビリティをもっている。
- (2) 生産立上げが容易で、コストパフォーマンスが高い。
- (3) 設備のトラブルなどによる生産量の低下がない。

前記(1)、(2)項に対して、挿入の容易な部品の挿入ステーションでは低価格の自社製軽量組立てロボットと簡易クリンチ機構の開発により対処し、挿入困難なものについては生産技術研究所で設備開発を行ない自動化を実現した。

また、(2)、(3)項については、VTRメカニズムの高速自動組立てラインのノウハウを基に“Simple is the Best”の思想でOne by Oneの1ステーション1部品組付けの考えで計画を進め、図3に示すFAラインを構築した。主な設備は同図の付表に示すとおりで、設備のMTBF(平均故障間隔)の長い高稼働

異形部品自動挿入ライン構成

No.	設備名	員数
1	はんだ(汎)用ロボット挿入機	47
2	専用異形部品挿入機	5
3	自立形抵抗挿入機	3
4	クリスタル挿入機	1
5	クリンチユニット	3

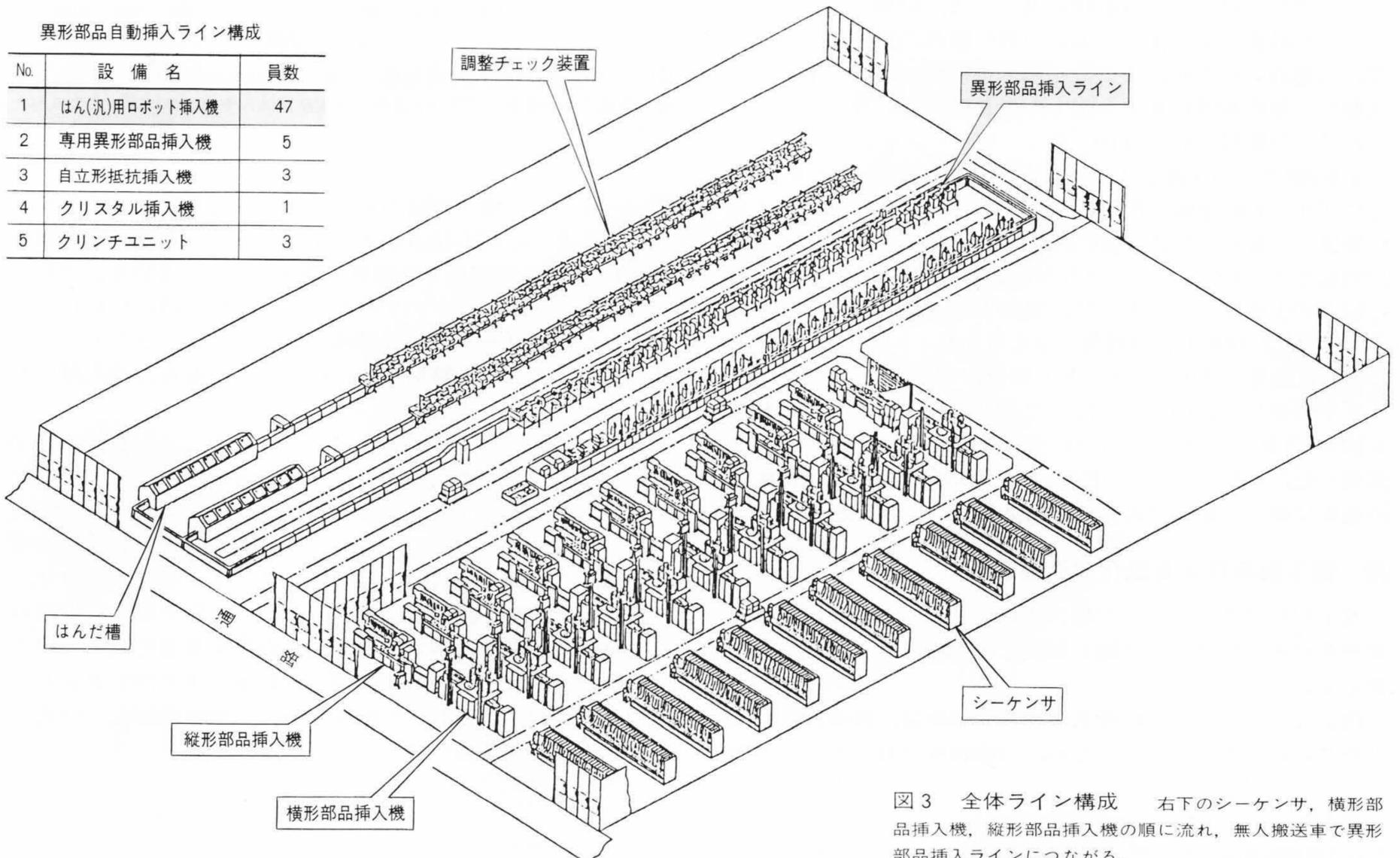


図3 全体ライン構成 右下のシーケンサ、横形部品挿入機、縦形部品挿入機の順に流れ、無人搬送車で異形部品挿入ラインにつながる。

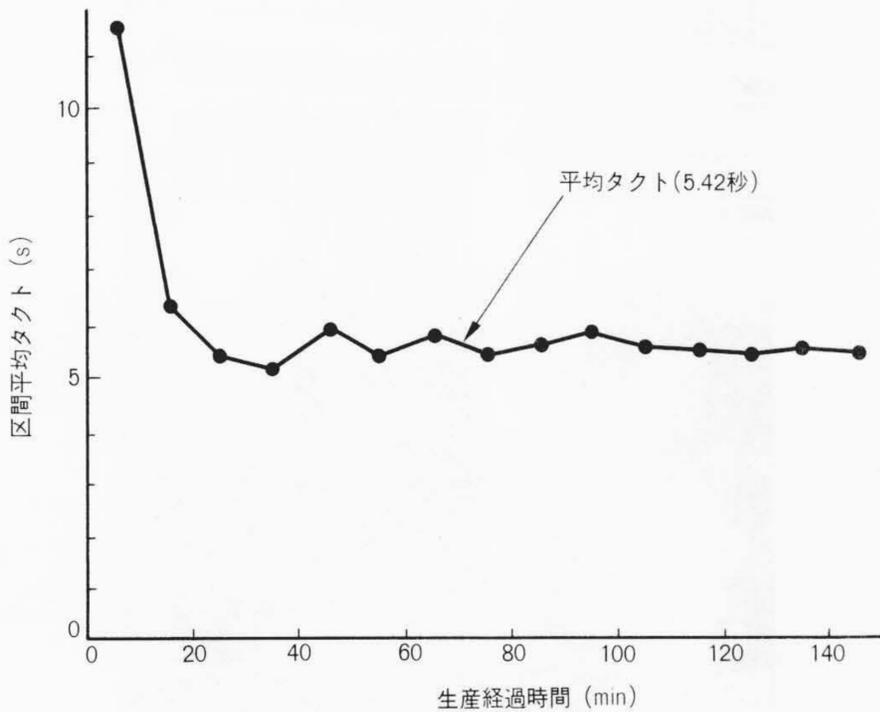


図4 GPSS(General Purpose Simulation System)による稼働率シミュレーション結果 事前にラインが目的仕様を満足するか、過去の稼働率データを基にシミュレーションで確かめておく。

率のラインをねらい、ラインタクト6秒/枚を達成するため、**図4**に示すように事前にGPSS(General Purpose Simulation System)言語によるシミュレーションにより稼働率の評価を実施し、実現への見通しを得た。その他、アキシャル部品、ラジアル部品のインサータについては、従来のジョブショップからシーケンサと各インサータを組み合わせたセルシステムとし、無人搬送車で異形ラインと接続した。また、はんだ調整工程はタクト12秒のため2ラインで構成し、挿入ラインと一貫ライン化を図っている。

4.2 異形部品挿入ライン

ラインはフリーフロー方式のダイレクトフィードで、1ステーションごとに独立したベースマシンを連結する構造である。部品の供給部と挿入ロボットはすべてラインの裏側に配置し、**図5**のようにラインの前面はオープンスペースとすることで、監視員が挿入状態のチェックや挿入エラーの復帰が短時間でできるように考えてある。

また、異種基板の混合生産を前提に、基板に機種情報を印刷し、各ステーションのセンサでその情報を読み取り、各ロボットや調整の自動機に指示を出せる構造となっている。

自動挿入を対象としているプラグ類、IC、モジュール、半固定抵抗は異形部品の $\frac{2}{3}$ を占め、その他の部品としてコイル、トランス類がある。しかし、まだ全部品の約2%に相当するチューナなど大形部品やチェーンモジュールなどの部品は、投資効率の点から今回自動化を見送った。一方、前記の自動挿入対象部品のリード寸法を実測してみると、IFT(中間周波トランス)コイルなどは $\sigma=0.2\text{mm}$ という非常にばらつきの大きいものもあり、自動化に対しなんらかの方法でリード寸法精度を向上させることが不可欠であることが分かり、**図6**に示すように理論挿入成功率をばらつきデータを入れて算出した。部品リードの精度のよいものは、スカラーロボットのコンプライアンスを利用して挿入成功率の向上をねらった。ロボットは自社製の軽作業用に開発したA4010Hを使い、タクトの厳しいステーションは**図7**に示すような同サイズの高速度タイプのA4010Sを使いタクトのバランスを取っている。挿入した部品の脱落を防ぐクリンチは、簡易形で位置決め簡単なものを開発した。同時に、ICリードなどが完全に挿入された

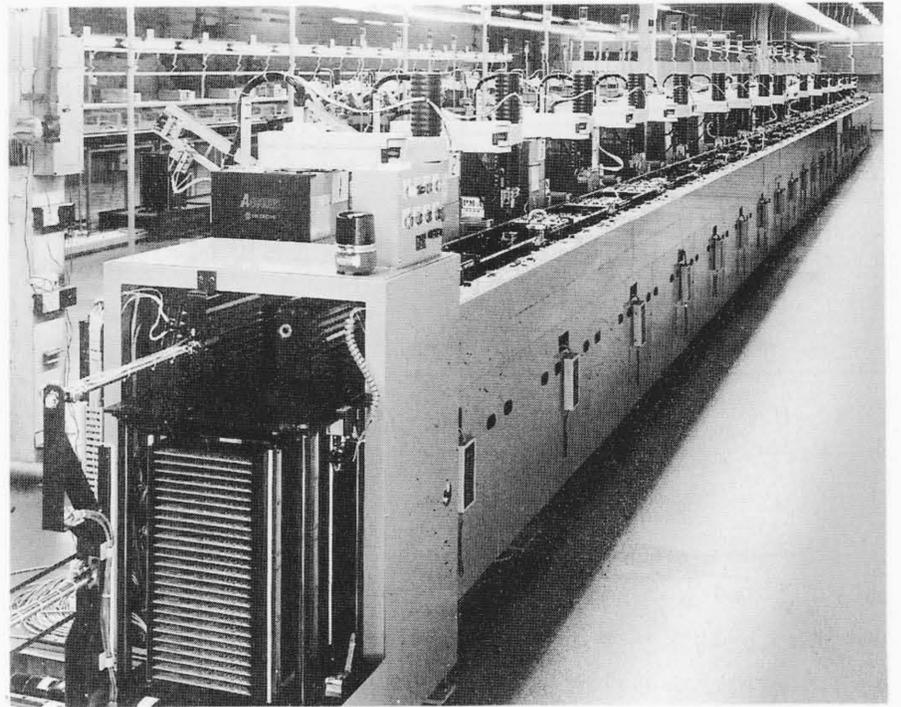
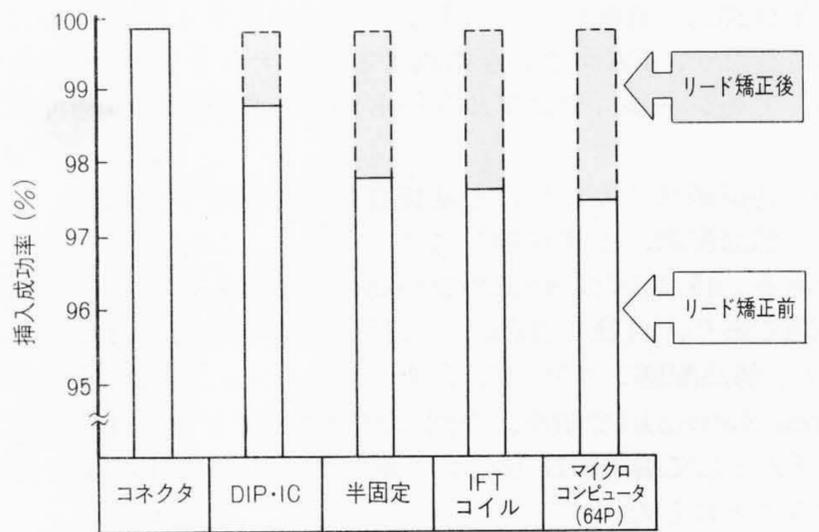


図5 異形部品自動挿入ラインの外観 異形部品を大規模に集約して生産するシステムで、自動挿入率を98%まで高めることができた。



注：略語説明 DIP(Dual In-line Package)
IFT(中間周波トランス)

図6 理論挿入成功率 リード曲りのばらつきや各部位の精度のばらつきから挿入確立を求めた。成功率の低いものはリードの矯正が必要である。

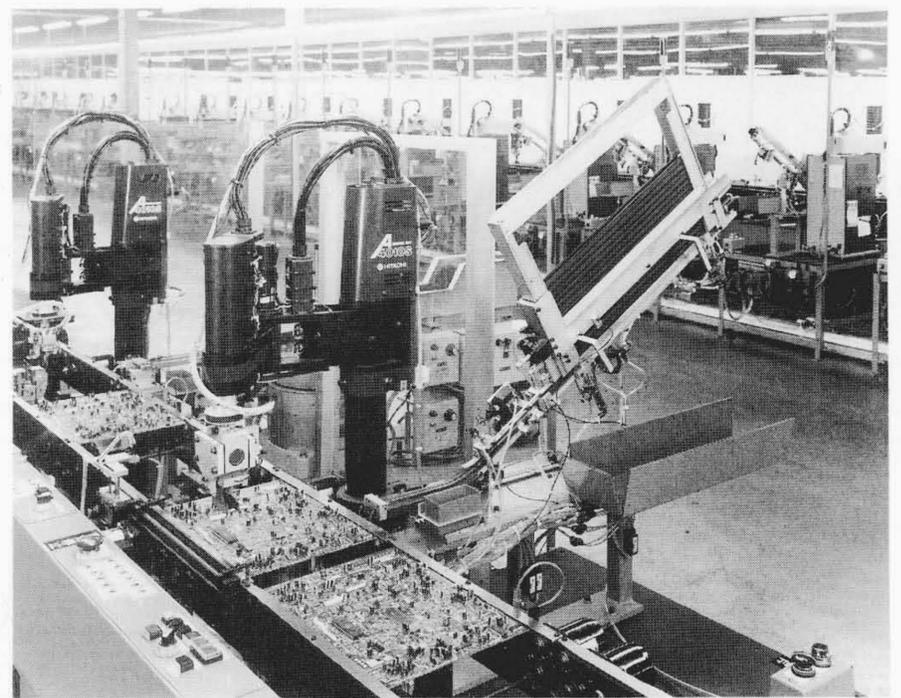


図7 日立ロボットA-4010Sを使った自動挿入ステーション 組立ロボットは、電子部品の自動挿入に適している。日立A-4010シリーズは軽作業用ロボットで、この種の作業での実績が多い。

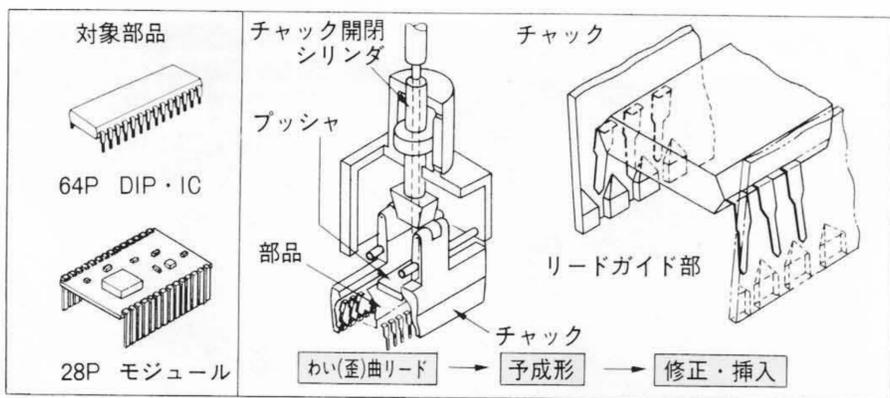


図8 リード矯正チャックとフローティングチャックの例 ICのリードはチャックの内壁に設けられたガイド部で修正する。

かどうかのチェック機能やリトライ機能も付けてある。一方、特に挿入成功率が悪いと予想される部品については、リード矯正を前提に生産技術研究所で設備開発を行ない、例えば図8に示すようなリード矯正ガイド付きチャックの開発により挿入性を改善した。本機は図9に示すようにX-Yロボットで、挿入ヘッドとクリンチ部が連動する構造である。

4.3 基板挿入一貫ラインのシステム化

基板挿入の自動化を、異形部品自動挿入ラインを中心に述べてきたが、FAラインを構成するシステムをまとめると、

- (1) アキシャル、ラジアルリード部品と異形部品自動挿入ライン
- (2) 高信頼性はんだ付けと基板自動調整検査システム
- (3) 部品配膳、生産管理システム

である。特に後付け修正のない高信頼性はんだ付けは重要な課題であり、自社で自動はんだ付け装置の開発を行なった。また、部品配膳システムは、倉庫とステーションをLAN(Local Area Network)で結び、今回は図10に示すように自律分散システムとして端末のB-16とローカルコンピュータE-800で構築することにした。

5 結 言

VTRの異形部品の自動挿入ラインの紹介を中心に、基板挿入のFAについて述べてきたが、量産品のラインでは1ステーション、1部品組付けのラインタイプのシステムが設備の高稼働率化に適しており、また、ラインの早期立上げとフレキ

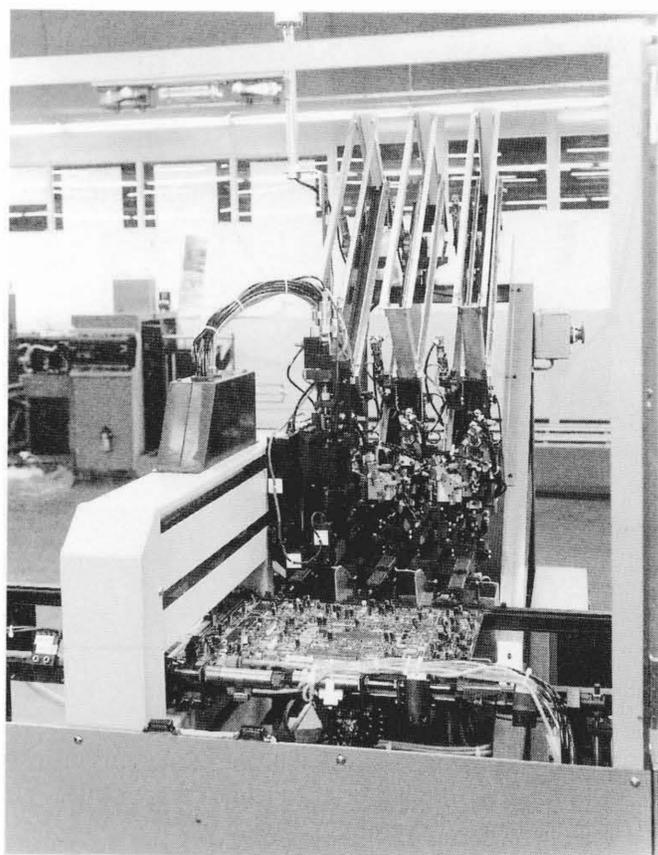
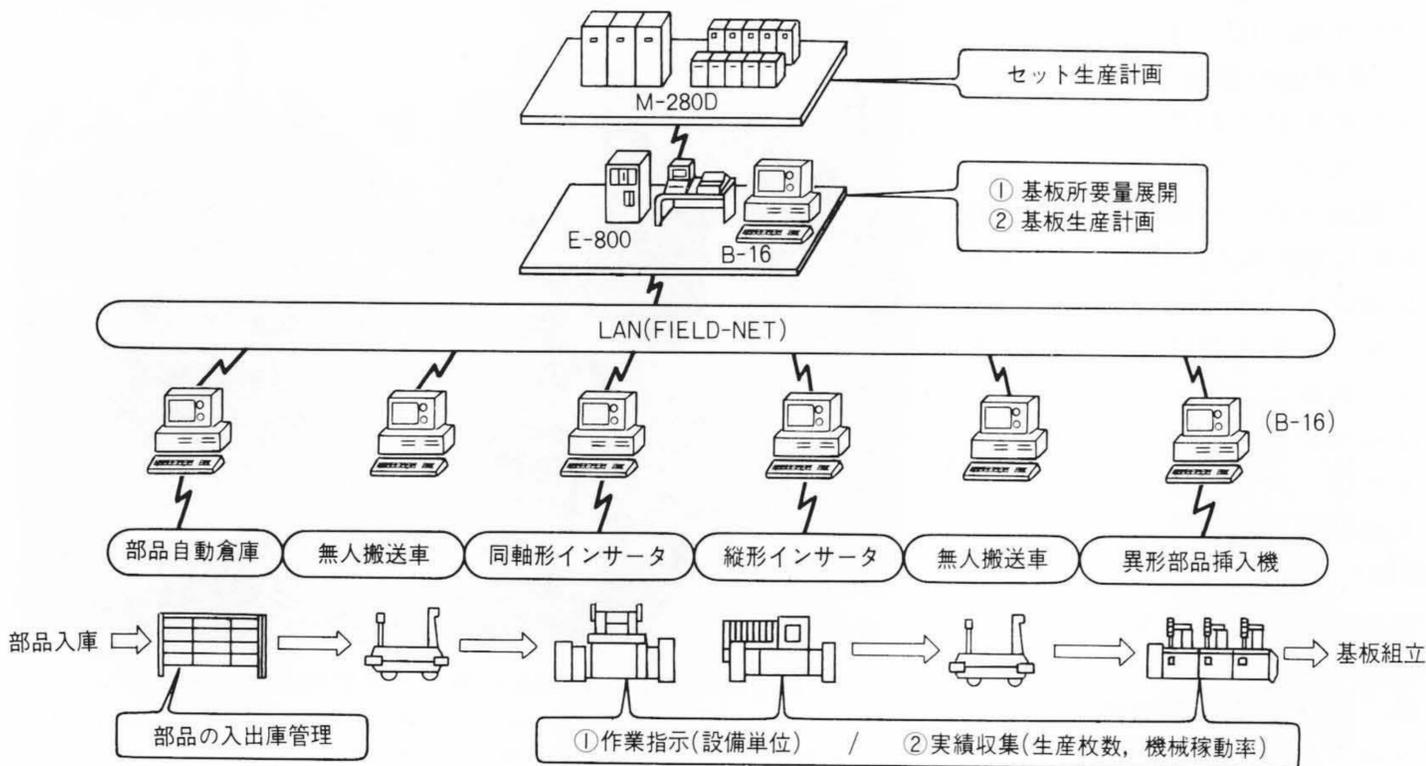


図9 リード成形機能付きクリンチ同期形挿入機 挿入ヘッドとクリンチ機構が連動する挿入機で、リードの精度向上のための補正機能が付加されている。

シビリティの点で有利な小形組立てロボットがタクト及びコストパフォーマンスの面でも使用が可能となった。今後はCAD(Computer Aided Design)を中心にコンピュータ化を強力に進め、間接業務の合理化をも含めた総合FAからCIM(Computer Integrated Manufacturing)への展開を考えている。

参考文献

- 1) 永谷, 外: 異形部品インサートシステム, 電子材料, 28~31 (1984-7)
- 2) ロボットで異形部品を自動挿入, 日経メカニカル, 84~93 (1983.8.1)
- 3) 本地: 電子部品組付けのFMS, 日本の最新技術シリーズ(13) FA百科, 日刊工業新聞社, 70~71
- 4) 小島, 外: 多品種小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・オートメーション, 34~40(1986-6)
- 5) 松永, 外: 量産工場における組立ロボット応用システム, 日立評論, 65, 12, 847~852(昭58-12)



注: 略語説明
LAN(Local Area Network)

図10 自動挿入ラインの生産管理システムの概要 部品配膳, 生産管理情報はLANとB-16端末によってサポートされている。