

第5章

未来に夢を育む生産技術の胎動

〔生産技術の歴史と展望〕

生産技術開発部長 堀場 三慶



5.1 まえがき

当社の生産技術は大きくは4つの分野から構成されている。高密度実装技術、部品の小型化、自動化技術およびF A化情報技術の分野である。これら4つの技術は歴史的に振り返ると、各事業部の中でそれぞれの経緯をへて誕生し、今では当社を特徴づける技術まで成長している。

高密度実装技術は創立以来のはんだ付け技術に始まり、他社との品質、価格競争の中でたえず先端技術に取り組みねばならないことを背景に成長した。

次に部品の小型化で、特徴のあるH I C

(Hybrid Integrated Circuits) の内作技術の確立は、小型化を狙って購入したH I Cの品質問題が引き金でスタートしており、今では将来に向けて有用な高品質を追求する技術が育ちつつある。

次に自動化技術であるが、電子機器メーカーが抱える検査の複雑さを解消させるための自動化からスタートしていると言える。そして、その後の機器の高機能化で組立工数が増大し、この対応策としての自動化を進めた。

最後のF A化情報技術の生い立ちは最も新しく企業内管理の合理化と設備の自動運転を狙いとして誕生した。

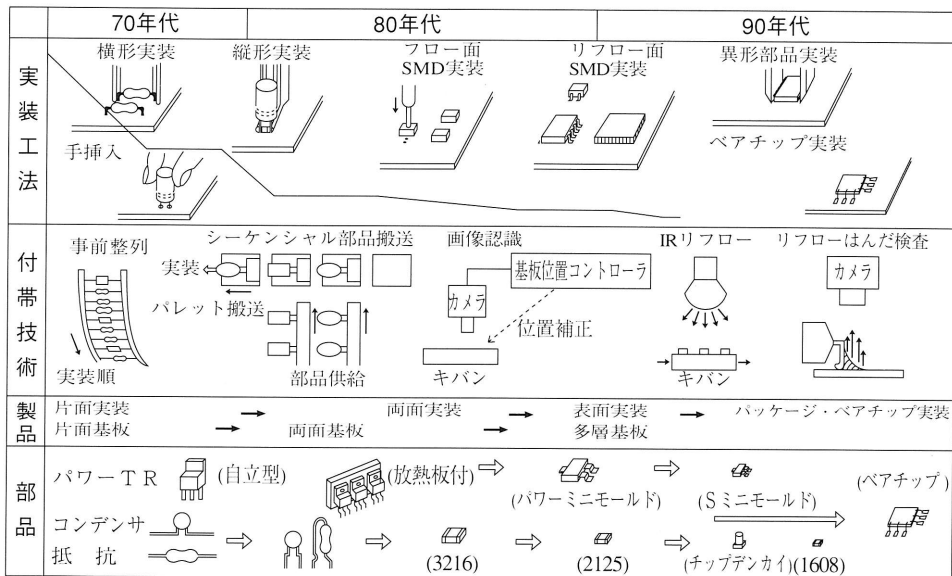


表5.1 部品実装工法の推移

益々強まる品質原価への対応はもとより地球環境への貢献、さらには労働環境の変化への対応のため、これらの生まれも育ちも違う技術が今一つになって活躍する時期が到来している。

5.2 高密度実装技術の開発

プリント基板部品実装工程の機械化、自動化は、A V C、モートロニクスを問わず操業以来の先端工法と先端設備の導入である。自動車用電子機器を製造する当社としては、信頼性の観点からはんだ付けに関する技術を中心に、かなりのノウハウを蓄積している。

高密度実装は、その対象となる部品の形状とこれらをプリント基板に実装する工法が重要である。これらについての今までの推移は、表5.1に示すとおりである。部品の形状はこの20年間で個別の形状から次第に標準化が進み、今では何の部品であるか判断できないところまで統一が進んだ。また、そのサイズにおいて、体積が1/100 以下になったものも多い。これらの電子部品の急速な変化の中で、当社はこれらに対応する工法を絶えず変化させてきた。ここでの生産技術の役割は、工法の変化に応じて、製品品質のレベルを上げることと価格競争力をつけることであつた。そのためには、いつも、これらについての技術を他社に先駆け、標準を確立し、設備を早期に導入することである。

これらを考えるあまり、高価な設備が短命に終わったときもあった。1980年代に入りフローはんだ付け面のSMD実装化にあたり、当社はその工法をいち早くマスターして、整列した多数の部品を一度に実装するマルチマウント方式の設備を導入した。しかし、世の中の変化は早い。一部品ずつを高速で実装するワンバイワン方式の効率の良

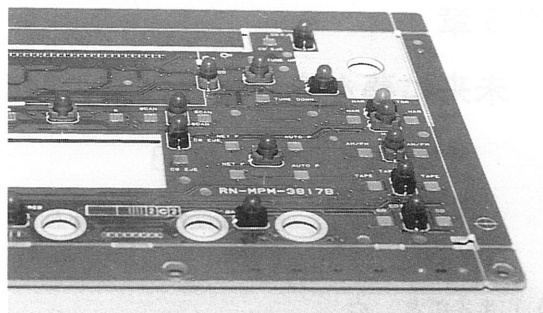


図5.1 世界初のランプのリフロー実装

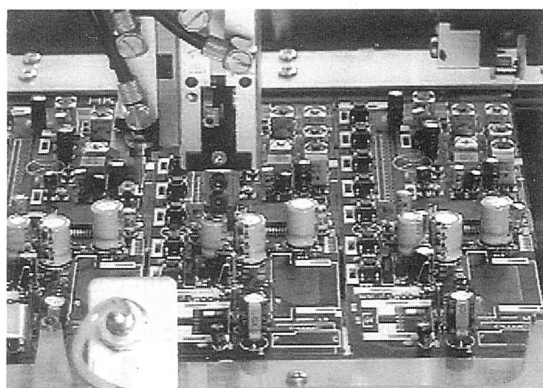


図5.2 インライン実装機での実装状態

い設備がすぐ後に開発され、急いで導入した設備は有効活用の期間が非常に短かった。この後、設備導入について、今まで以上に慎重になったのは言うまでもない。当社の実装機は基本的には購入に頼る部分が多く、購入にあたっては、飛躍的な品質要求と効率の追求から改造仕様を盛り込むのが常である。したがって、これらの設備での改造仕様は、当社の一つのノウハウとなっている。図5.1は、これらのノウハウを積み重ねて、昨年実現した世界初のランプのリフロー実装である。また、図5.2は当社の内作設備のインラインタイプ実装機による部品実装状態を示すものである。

はんだ付け工法の主流は、この20年間でフローはんだ付けからリフローはんだ付けに移ってきた。この間、付帯技術は大きな進歩をとげた。そのひ

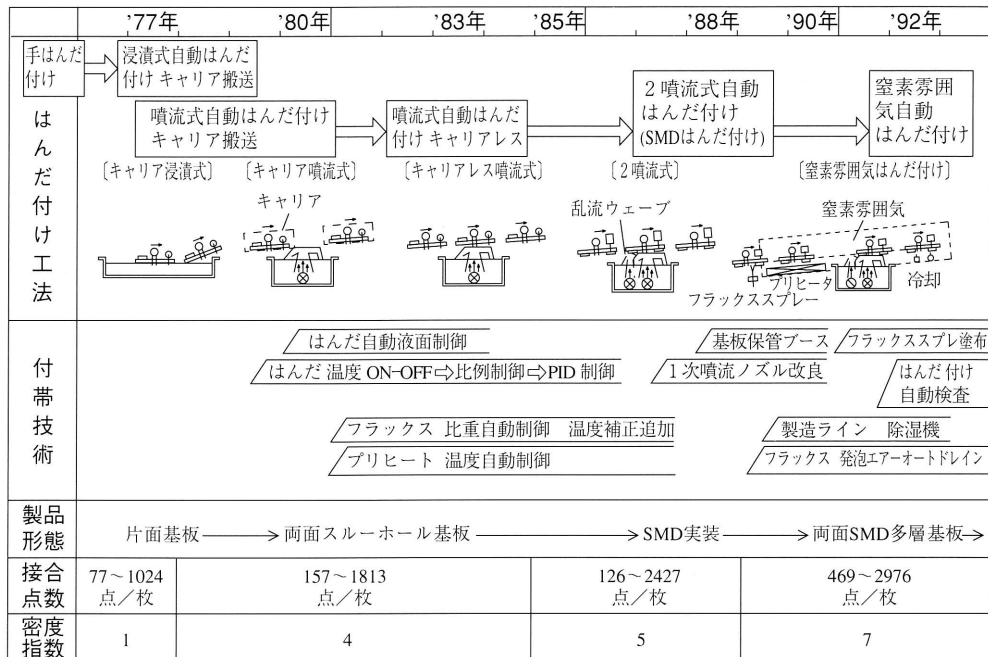


表5.2 はんだ付け工法の推移

とつは品質向上を狙いとするはんだ付け精度の追求の歴史である。当社も、ご多分に漏れず、はんだ付けでは苦い経験を持っている。しかし、後になれば、このときに得た経験が技術的進歩につながっている。

表5.2は付帯技術を何度となく見直し、絶え間なく改善をしてきたことを示す。はんだ付け問題は、多岐にわたるが、要約すれば、はんだ付け後のストレングスの確保とストレスの除去が最大の問題である。ストレングスの確保は、はんだ組成とはんだ量を狙いどうりにすることが必要である。そこで、4 M (Man, Machine, Material, Method) についての管理標準の確立・遵守ならびに設備面での精度追求を繰り返し実施することが必要であった。ストレスの除去では、技術部門と一体となった ①プリント基板のそりを生じさせない材質、形状の検討 ②部品リードの適正処理の検討

③設備、治具の見直し、などを実施してきた。

また、はんだ付け精度の向上は湿度の防止が肝要であり、技術の確立のみならず、現場と一体となった活動を推し進めてきた。はんだ接合点は表5.2に示すとおり、年を追う毎に増加し、部品サイズは微少化の一途で益々その取り扱いが難しくなっている。したがって、今後も新しい技術に取り組み、さらなる品質向上に挑戦していくことになるだろう。

高密度実装技術の開発で、今、我々は自動車用電子機器のダウンサイジングのため、設計部門と連携した生産技術の開発に取り組んでいる。これらを実施するには、窒素雰囲気中でのはんだ付け装置、レーザパターン認識のはんだ付け検査装置の使用拡大と1005チップ(1.0×0.5mmサイズ)の使用、PACKAGE ON BOARDでのTSOP (Thin Small Outline Package), VMC (Vertical Mount

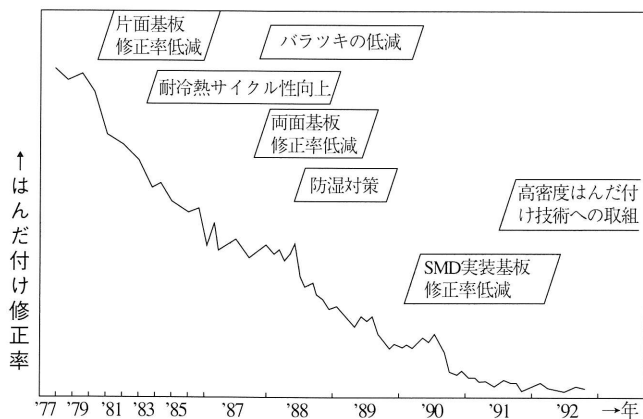


図5.3 はんだ付け品質の推移

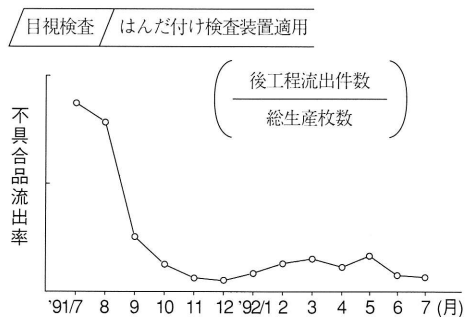


図5.5 はんだ付け検査装置の導入効果



図5.4 はんだ付け条件監視装置

Chip), TAB(Tape Automated Bonding) などの対応を考えている。その中で品質第一を念頭に頑張っていきたい。

図5.3は今までのはんだ付け品質の推移である。図5.4は当社で開発したはんだ付け条件監視装置である。

また、図5.5は微細チップ実装工程へパターン認識のはんだ付け検査装置を導入したときの効果を示すものである。

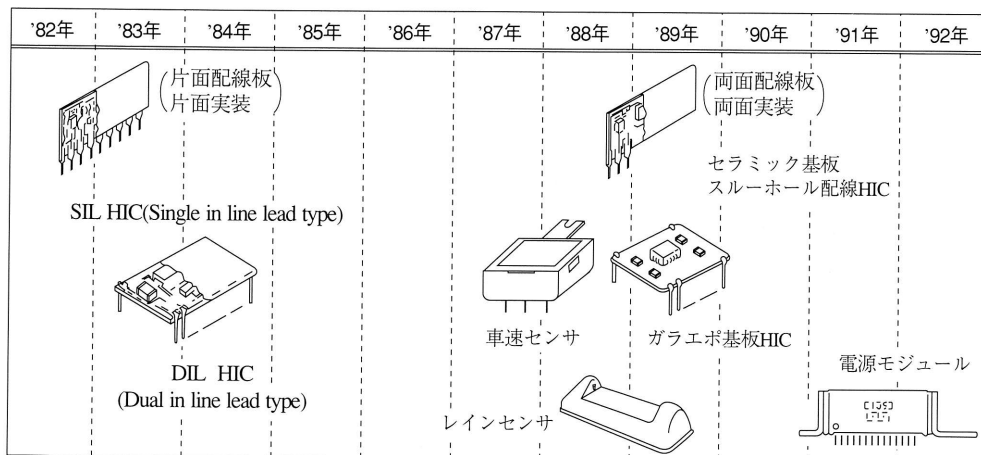


表5.3 デバイス製品の変遷

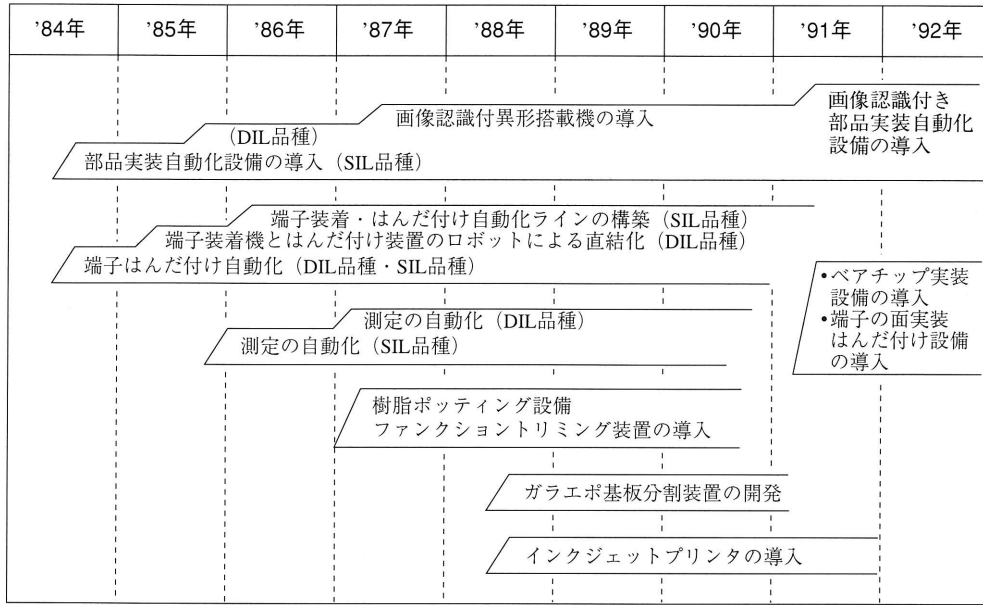


表5.4 デバイス製造工程機械化の歴史

5.3 部品の小型化

当社の部品の小型化への取り組みの推移は、先の表5.1に示すとおりであるが、特徴的なものとしては、昭和52年（'77年）からのH I Cの採用、57年（'82年）からのその内作の実施がある。

3章5.2で詳述したようにH I Cは、小型化と短納期の生産対応に大きな利点があったが、その品質確保は、難しい問題であった。特に、我々は仕

入れ先の工程を見たとき、がく然とさせられた。セラミック基板工程は、製造条件において熟練工の経験に頼るところが多く、歩留りが非常に悪かった。また、部品実装工程は、手作業が多く、作業品質問題が多かったことを今でも覚えている。このままではH I Cは使えない、自分達で作らなければ当社の製品が駄目になると言う危機感をいだいたのが内作の動機である。

ところが、H I Cの内作にとりかかったものの初めは、いろいろな苦労があった。H I Cのコーティング材の決定を例にとっても当時は信頼性の観点から適切な材料が見つからず、量産立ち上げ寸前まで、必死に検討し、やっとの思いで決定したものである。

このようにして、内作してきたデバイス製品の変遷が表5.3である。品質面では極力、手作業を排除した製造工程機械化の状況を表5.4に示す。

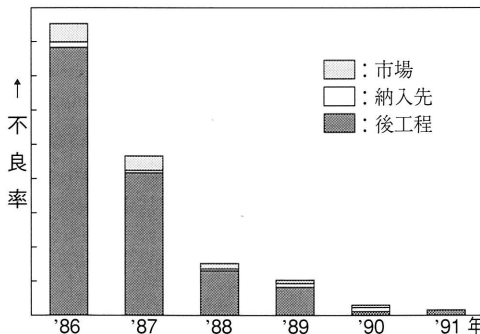
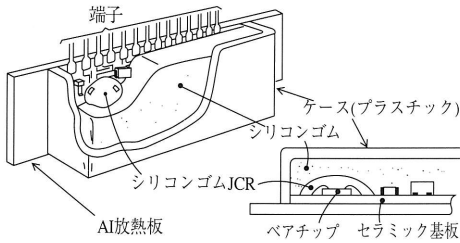


図5.6 H I Cの不良率推移

現在、セラミック基板の印刷・乾燥・焼成工程

1) 樹脂充填…例) 電源モジュール



2) 細線接合 (Auワイヤーボンディング) 例) 電源モジュール

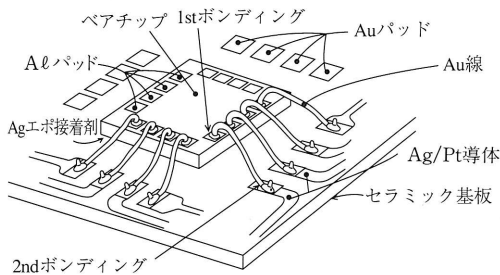


図5.7 モジュール化技術例

は全てマガジン単位で自動機に装着し、全く手に触れることはない。

部品実装工程は一貫ライン化をめざし、検査での測定はすべてロボットを活用することとした。自動化が十分に行き届いた平成2年(’90年)には、他の努力もあるが品質は当初の約30倍に向上した。それを示すのが図5.6である。昭和62年(’86年)生産当初の製品でも、購入したものと比べ3倍の品質があったので、内作により約100倍の品質

向上があったと考える。これらの過程で、次の3項目が大いに苦労したところである。①最先端設備の取り組みでの機械の安定性確保 ②工法の信頼性確保での製造標準の確立 ③途中からのプリント基板面実装との価格競争である。③について補足すると、プリント基板へのチップの実装がHICのメリットを半減させてしまったのは周知の事実である。そこで、推し進めたのが61年(’86年)頃からのセンサ、モジュールの開発である。

これらの開発には図5.7に示すような今までの工法にベアチップ実装技術および樹脂充填技術などを取り入れ、さらなる高品質、小型化を図っている。今後は、これらをさらに進展させ、プロジェクションおよびレーザスポットなどの溶接ならびに細線接合などの技術力を確立し、表5.5に示すようなセンサ、モジュールを次々に生み出す技術に成長させることである。

5.4 自動化技術の開発

当社の自動機の取り組みは、オーディオならびにモータロニクスの高機能化に始まる。品質向上を狙い測定入力信号の設定・調整ならびに出力信号の合否判定を自動化することでスタートをきった。

検査項目は、20年前に比べ、製品の高機能化お

		現状	’92年	’93年	’94年	’95年	’96年	’97年～
製品	モジュール HIC	電源モジュール HIC			マルチチップ モジュール		汎用パワー モジュール	SMD 型 モジュール
	ECU センサ アクチュエータ	車速センサ レインセンサ		Gセンサ		Yセンサ Sセンサ	E/Gルーム 搭載ECU アクチュエータ 一体型ECU	Sモジュール

表5.5 デバイス製品今後の動向

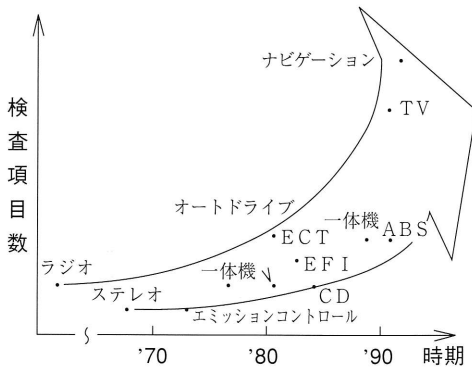


図5.8 製品の検査項目数推移

よび品質目標の向上で10倍以上に増加している。図5.8は、電気的性能検査項目数の推移概要である。この検査項目の増大は、そのままでは大幅な工数増大と検査作業ミスにつながる。如何に早く測定し、誤判定をなくすかが自動化への要望であった。言い換えれば、如何に測定の先端技術を導入し、安定した測定システムを作るか、また、その中で、効率的な測定プログラムをどれだけ開発できるかが自動機の課題であった。

この課題を克服するため、表5.6に示すような技

術を駆使してきた。

思い起こせば、自動機の開発はスイッチシーケンサを簡単なチェッカに組入れたところから始まった。

それ以後、パソコンの普及、メモリーの発展に助けられ検査項目の急激な増加にもかかわらず、測定のスピードアップとシステムのコンパクト化に取り組み当初の課題を解決してきた。

また、最近では、車の電子化も加速され、ナビゲーションシステム等に見られるように、最先端の技術のため、その測定方法を自分たちで確立していかないと自動化できないものも出てきている。また、製品の機能の増大ならびに高性能の要求から部品の特性値を調整しながら製造しなければならないものも増えつつある。これらの調整は、技術の進展により、次第に無調整化されていくがその過程では、自動化に頼らざるをえない。調整は、特に微細な機械的作動が必要であり、調整ビットの制御にも高度な技術が必要である。特に、当社が誇れるのは、これらの自動検査装置の開発であると思う。図5.9は、一貫自動化ライン中の3段式の調整・測定機能をもつ自動機である。また、図

	'79年	'85年	'87年	'88年～'92年	'93年～
代表的検査装置名	RATS-3 AR自動測定	HAMS AR自動測定	FLASH AR自動測定	BAAS (AR自動調整) EXCEED (CD自動測定) AQCCS (CS自動測定) TLAMS (TV自動測定)	XFLEX (すべての検査機を1種に集約)
CPU	16ビットボードマイコン	16ビットパソコン	16/32ビットパソコン	16/32ビットパソコン	32ビット FAコンピュータ
プログラム	マシン語	BASIC言語	C言語	C言語	C言語+検査言語
計測デバイス	A/Dコンバータ	デジタル電圧計	デジタル電圧計	デジタル電圧計	デジタル電圧計
計測器制御	専用インターフェイス	GPIO	GPIO	GPIO	GPIO
測定条件	規格値以外 ほぼ固定 (ハード設定)	規格値・待ち 時間などの条件は全て パラメータ	ワークごとに条件を最適化設定 (ソフト設定)	ワークごとに条件を最適化設定	ワークごとに条件を最適化設定
検査シーケンス	固定	ほぼ固定	組み換え自由	組み換え自由	組み換え自由

表5.6 自動検査機の動向

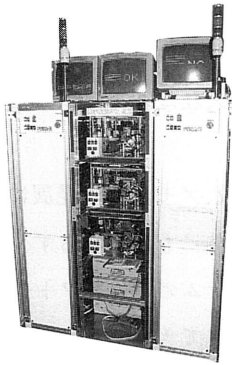


図5.9 3段式の調整・測定装置

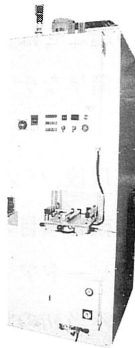


図5.10 高温エージング装置

5.10は一定時間、高温室内に放置し、性能を測定できる高温エージング装置である。

次に、組立の自動化であるが、これらは、表5.7に示すごとく、54年（'79年）頃より、組立工数の削減と人手による不安定な作業の除去を狙いとして、自動機の開発を本格化した。対象工程は、アセンブリ工程のうちで作業量の多い、はんだ付け、ねじ締め、爪曲げ、コーティング材塗布などである。

今では、汎用市販設備では実装できない異形部

品実装機を製作できるレベルにまで至っている。これら設備の内作化への道を選んだのは、「将来の品質、価格競争を考え、他社をリードする生産技術が必要である。」と言う、現石井社長ならびに役員の判断によるものである。このことは、後日、当社がトヨタ品質管理賞（T賞）を受賞するにあたり、大きな役割を演じることになる。

T賞の目玉である生産方式の改革の中では、デスクトップ型安価自動機による中少量フレキシブルU字ラインの構築およびフロアスタンド型高精度自動機による大量一貫ラインの構築が行なわれ、当社の工程を変えようさせたが、ここに使用した設備の大半が内作によるものである。（図5.11 参照）

また、T賞受賞直前の平成3年（'91年）4月にトヨタ自動車の自動化研究会に参加し、トヨタ自動車およびこの研究会のメンバー会社のご指導により、一層の進展が得られている。

これらの技術は①事業展開を容易にする技術の蓄積 ②自社に適した使いやすい設備の製作③短

	'79年～'85年	'86年	'87年	'88年	'89年	'90年	'91年	'92年	'93年
背 景	T 賞 受 賞 活 動								
	座り作業		立作業		仕掛削減		省スペース化、検出力向上		
					かんばん方式導入、自 主 研、混流生産				
	コンベアライン		U字ライン			大・中・小量各適合ライン			
自動化動向	単一作業 不安定作業の自動化						複合作業 高精度・難作業の自動化		
	専用自動機ライン					標準型自動機ライン			
	専用小型自動機				汎用小型自動機		汎用ベースマシン		
開発自動機	自動測定機		ねじ締め機 はんだ付け機		爪曲げ機 異形部品実装機 ライトマスク塗布機		デスクトップ型ベースマシン フロアスタンド型ベースマシン		

表5.7 自動化内作設備

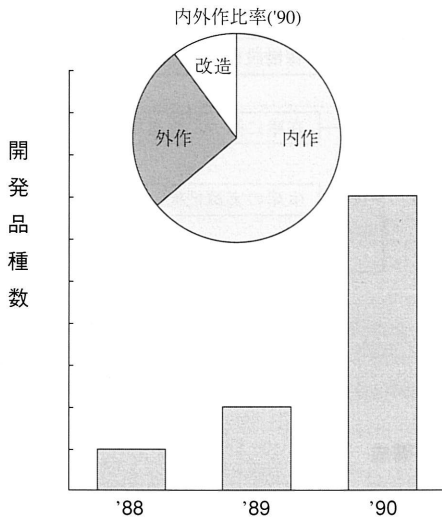


図5.11 自動機開発件数と内外作比率

納期での生産準備、などを実現しつつある。

最近の自動機の開発で変わってきたことは ①付帯作業を考えたワークの着脱、搬送、段替への取り組み ②作りながら品質を確認する検出機能の盛り込み ③設備投資を高めるための化ける設備の製作の3ポイントである。①②については、説明するまでもないと思うので割愛するが、③について、少し補足をしておきたい。当社の設備開

発は、部品実装、組立、検査の機能別に機構開発に取り組んできたが、これらを今、共通の機構づくりで効率を上げようとしている。開発の効率化、設備の活用性および大量生産によるコストダウンを考え、この道を歩み出したところである。すなわち、化ける設備とは、現場の中で当初の役割を終えても、すぐに再生して他用途に使える設備のことである。少し脱線すると、今までは製品の変遷につれ、ラインが変わるたびに、その設備の処理に困ってきた。近年、地球環境がとりざたされる中、捨てないで活用できる設備ができれば、大きな資源の有効活用になるだろう。図5.12は63年('88)～平成4年('92年)にラインの中へ普及させたデスクトップタイプのベースマシンと応用例である。

図5.13は平成3年('91年)から開発を進め、4年度からラインへの普及を図っているフロアスタンド型ベースマシンである。これについては、先に述べたような考えを盛り込んだ設備で、今後のラインづくりの柱となるものである。

図5.14は当社の自動化技術を結集し苦勞の結果作り上げた一貫ラインの全景である。

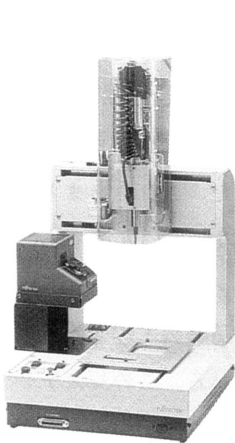


図5.12 デスクトップ型マシン

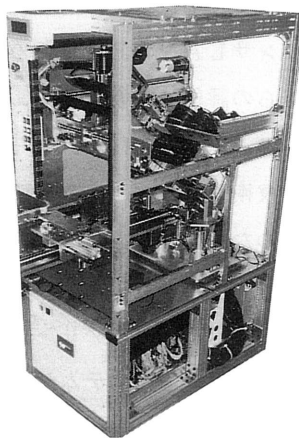


図5.13 フロアスタンド型ベースマシン



図5.14 T賞目玉の一貫ライン

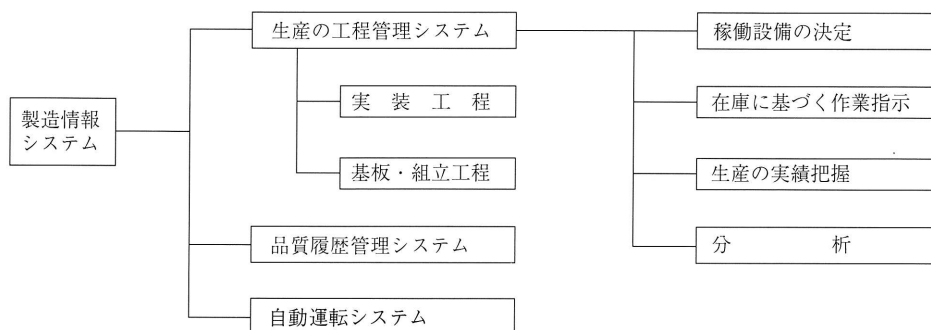


図5.15 製造情報システムの構成

今後は、現在取り組みを開始したスカラロボットさらにはツーマームロボットの開発で学習機能およびファジィ制御などを取り入れ、スピードと精度を追求し、高品質、高生産性のラインを作り上げていこうと思う。

5.5 F A化情報技術の開発

当社のF A化情報技術の開発は、T賞受賞に向けての製造工程の改革にスタートがあり、それ以後、継続開発を進めている。

F A化情報技術で当社の現在めざしているものは、まず、製造情報システムの構築である。製造

情報システムは、図5.15 に示すごとく、生産の工程管理システム、品質履歴管理システムおよび自動運転システムからなる。これらの構築には、情報のネットワーク作りが必要であり、図5.16のように標準インタフェースの使用、シーケンサLANによる接続、並びに直接接続の3接続方式を採用している。このネットワークづくりのめざすところは、マルチ、リアルタイムの実現であり、実装機との接続容量は50台以上、また、シーケンサLANでの機器への接続容量は10台以上で、応答時間は3秒以下を狙っている。また、これを実現するにあたって、ネットワークOSおよびシーケンサLANの評価技術の開発が必要と考え、これらの評価に必要なシミュレーションソフトの開発に力を入れている。もちろん、ここに至るまでに技術的な種々の体験を積んできた。これらをまとめたものが、表5.8のF A化情報技術の変遷である。先に述べたような総合システムとしては未完成ではあるが、プリント基板部品実装工程での生産工程管理システムが稼働している。このシステムは稼働設備の決定、在庫に基づく作業指示、さらには生産実績の把握と進捗、在庫などの分析を可能にした。また、中津川工場でもシーケンサL

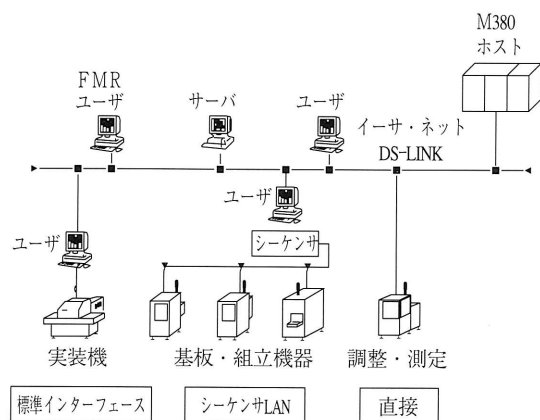


図5.16 ネットワーク

		'86年	'87年	'88年	'89年	'90年	'91年	'92年	
OS		APCS					MS-DOS		
ネットワーク	ハード	イーサネット							
	ソフト	C-SERVER				MS-NETWORKS		NETWARE LANマネージャ	
コンピュータ		8BIT		16BIT			32BIT		
データ	形式	バイナリ形式					BTRIEVE形式		
		テキスト形式							
	保管形態	バブルメモリ		フロッピー			光ディスク		
		ローカルハードディスク				ネットワークハードディスク			
入出力デバイス	端末	キーボード		タッチパネル				バーコード	
	機械	デジタルI/O							

表5.8 FA化情報技術の変遷

ANと調整・測定装置からの情報をもとに生産実績の収集とその応用管理を可能にした。

今後は、これらの実績をもとに、自前の技術を使って、総合システムを構築し、効率的で、かつ、品質の誇れる生産工程を作っていきたい。さらには、近い将来これらの技術を駆使した無人化工場をひとつぐらいつくり上げたいと考えている。

5.6 むすび

今後、日本の企業が生き残っていくためには、品質向上および原価低減で今まで以上の活動が必要になってくる。また、近年台頭した地球環境問題と労働環境の変化は、今までと違う角度からの

生産技術への要望と期待を生み出していく。今まで述べてきた技術の結集にとどまらず、プレス、樹脂成形などの基盤技術の取り組みを拡大し、製造工程の形態、さらには製品設計そのものを変えねばならないと思う。デバイス・モジュール技術、自動化技術および基盤技術を駆使した製品のダウンサイジングおよび情報化技術を用いた生産性の高い製造工程の構築、さらには無人化工場の建設である。したがって、今まで培ってきた、これらの技術をうまく結集し、さらなる飛躍と全社での展開ができれば、お客様への満足度の向上と社会への貢献が必ずできるものと信じ、今後も、努力を続けていきたい。

