

もの作りの変遷

Evolution of Product Creation

天野 安裕 南部 賢史 森野 毅 依田 正樹
Yasuhiro Amano Kenji Nambu Takeshi Morino Masaki Yoda

要 旨

通信機器製造メーカーとして製造を担ってきた製造部門は、時代の流れと共に変遷し、製品の構成と共にもの作りのやり方を変えてきた。機械加工技術は、創業当初から続く技術であるが、加工設備により大きな変遷を遂げている。

一方、電子部品実装技術は、1980年代から導入した自動機の進化と共に近年著しい変化を遂げている。本稿では、機械加工技術と電子部品実装技術の「もの作りの変遷」を加工設備、自動機の視点から述べる。

Abstract

JRC's Production Department, which has taken on the manufacture of communication devices that are the mainstay of JRC, has changed as the trends of the times have changed. We have made innovations in our manufacturing methods as well as the structure of our products. There is continuity in our machine processing technology from the time of JRC's founding until the present, and moreover we have achieved great improvements in our processing facilities.

Specifically, technology for electronic part installation has evolved since the introduction of automatic devices in the 1980's, and has undergone other great changes in recent years.

This report describes the evolution in manufacturing that have been brought about by new machine processing technology and electronic parts installation technology, from the viewpoint of processing facilities and automatic machines.

1. まえがき

当社の製造部門は、1938年7月に現在の三鷹に工場を移転してから、一貫して当社製品の製造を担ってきた。

高度成長期の1965年の製造部人員は、500名強で、図1の工程フローに示すように、機械加工、組立、配線作業までが製造部の役割りで、総合検査は検査部が行っていた。

現在は、「生産・製造技術を向上させ、受注から出荷まで継続的で効率的な当社独自の生産システムを構築する」を目標に掲げ、400名強の人員で生産を行っている。2005年からは、検査部門の大半を製造部門に移管して、検査、出荷準備、入庫までを担当する機種が増加している。また、ほぼ全機種に、PC板製造、電子部品実装の工程が加っている。現在の工程フローを図2に示す。

工程数が、大幅に増加している中で、人員が減っているのは、省力化加工設備や自動機の導入による生産効率の向上が大きな要因となっている。

この自動化設備を主として使用している製造技術は、機械加工技術と電子部品実装技術が挙げられ、もの作りの変遷を述べる上で、重要な要素である。

次項から両技術の変遷を見ていくが、機械加工技術は、設備導入変遷を通じて生産手法の変化、省力化の流れを、電子部品実装技術は、自動機導入変遷を通じて実装精度向上、及び実装部品小型化の流れを、述べていく。

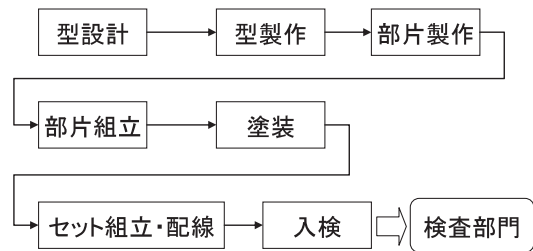


図1 1965年の工程フロー
Fig.1 In the 1965 process flow

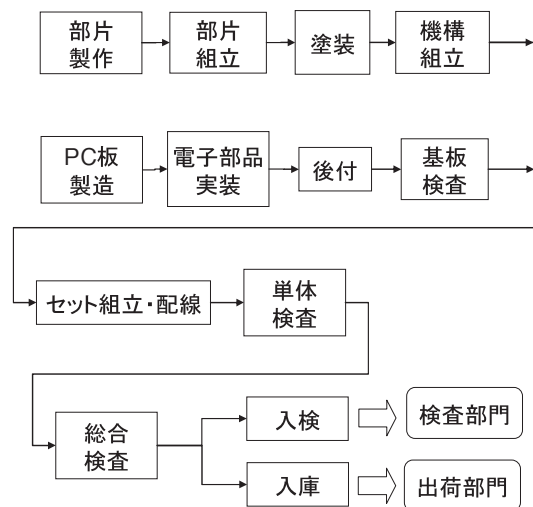


図2 現在の工程フロー
Fig.2 Present process flow

2. 機械加工技術の変遷

当社の製品を生産する上で重要な役割を果たしてきた工作設備と機構部品、板金部品、プレス金型部品加工の変遷について述べる。記載している工作設備は当社が導入してきたものである。

2.1 機構部品加工の変遷

図3は機構部品加工を3分類し工作設備の変遷を表したものである。

旋削加工（丸削り）は、普通旋盤で工程毎に刃物を付替え加工を行っていたが、回転式刃物台を有するタレット旋盤の導入により刃物交換時間が短縮され、生産性が大きく向上した。複数工程の刃物を効率よくタレットに配置し旋削するために旋削加工技術は研究され、技術の飛躍的向上に繋がった。このとき培った技術・ノウハウは、その後導入されたNC旋盤・ターニングセンタの加工プログラム作成の礎となっている。

ターニングセンタは、工具自動交換機能が装備され、旋削加工、フライス加工等、多種類の加工が可能で、多様な工程の集約ができる。また、ワーク着脱機能を装備したことで夜間無人運転が可能となり、変種変量生産を実現する上で重要な役割を果たし且つ工数低減に貢献している。図4はターニングセンタの外観である。

フライス加工は、鋳物・矩形・異形状の平面等を加工することである。フライス盤導入以前は、形削り盤（セーパー）が利用されていたが、生産性に難点があった。生産性の向上に貢献したのは各種フライス盤（立・横・工具）、中ぐり盤（立・横）の導入であった。フライス盤を自在に操り高精度加工を実現するために、旋削加工同様にフライス加工技術が研究され、加工技術は飛躍的に向上し、NCフライス・マシニングセンタの加工プログラム作成の礎となっている。

NCフライス盤が導入されると、直線と円弧を自由に組み合わせた複雑な形状が高精度、且つ短時間で加工できるようになった。また、パレットチェンジャー搭載マシニングセンタを導入したことで、夜間無人運転が可能になり、複雑形状加工の生産性が大きく向上した。図5はマシニングセンタの外観である。

近年は3D-CAD/CAMを導入し、プログラム品質の向上とプログラム作成時間の短縮を実現している。

導波管加工（レーダーに内蔵されている導波管のスリット加工）は、当初は、フライス盤で行われていた。その後1993年には加工精度を向上させるために専用のスリット加工機を自社開発し、更に量産化に対応するためNC装置を搭載した。2009年にはNC装置を更新（自社製作）し現在もフル稼働中である。図6は開発したNCスリット加工機の外観である。

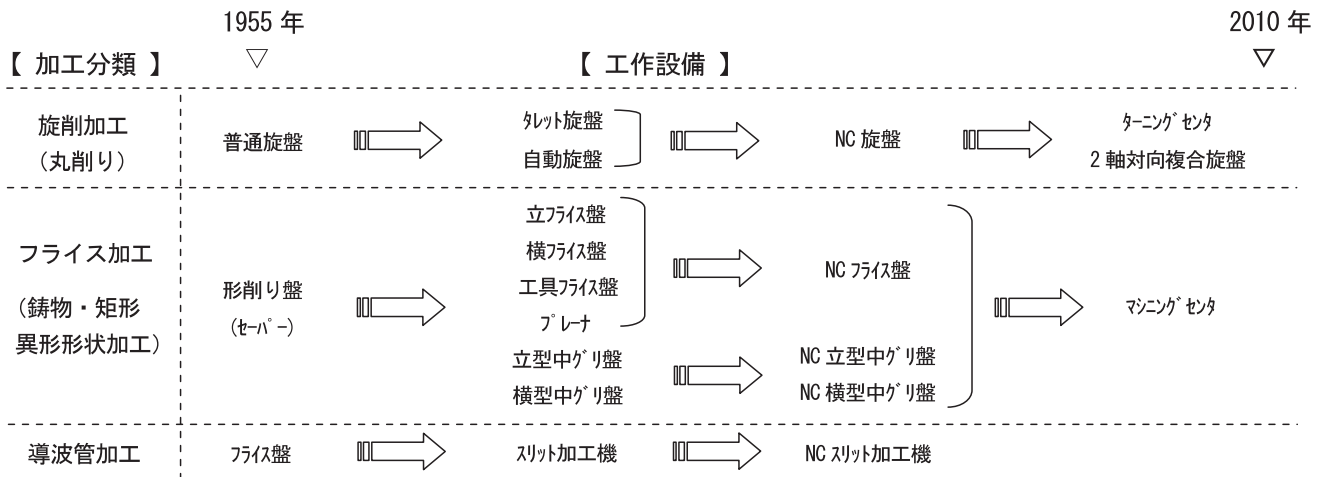


図3 機構部品加工の変遷

Fig.3 Evolution of mechanical parts machining



図4 ターニングセンタ
Fig.4 Turning center



図5 マシニングセンタ
Fig.5 Machining center



図6 NCスリット加工機
Fig.6 NC waveguide tube slitter

2.2 板金部品加工の変遷

図7は板金部品加工を3分類し工作設備の変遷を表したものである。

板金加工は、紙の上に図面を描くと同じように、材料の上に穴あけの位置や、切り出すための基準線を描く、けがき作業を行い、ボール盤で穴をあけ、ネジをきり、ノッチャー、シャーリングで外形加工を行っていた。また、部品穴等の特殊形状はプレス金型を製作し手動プレスで成形加工をすることで工数低減を図っていた。その後、パンチプレスが導入されたことで、けがき作業、ボール盤による穴明け作業が金型による打ち抜きに、成形加工も手動式から動力式（プレスブレーキ）に変わり生産性が向上した。更にNCタレットパンチプレスが導入され、板金部品の生産手法が革命的に変わった。NCタレットパンチプレスは金型を複数装着できるため、1回の段取りで様々な形状が加工できる。このため一枚の材料から複数の製品を取り出すことが可能となり素材の有効利用が図られると共に生産能力も飛躍的に拡大した。また、NC化は部品加工精度の安定、加工時間の短縮にも大きく貢献した。

最も変化を遂げたのは各種筐体である。筐体用部品は山形鋼から板金曲げ部品に、また溶接構造から締結構造になり製作工数低減、筐体精度の向上に繋がった。

これは、けがき線を目印にした取付穴や外形の加工がNCタレットパンチプレスによる打ちぬき加工に変わり、高精度部品が短時間で集約できるようになったことで可能となった。

昼夜連続運転を実現したのは板金加工ライン自動化システムを構築した時である。このシステムには材料交換が無人でできるように自動倉庫が装備された。これにより徹夜作業は皆無となり作業工数削減にも大きく貢献した。図8はNCタレットパンチプレスの外観である。

曲げ加工は、手動式プレスから動力式のプレスブレーキに変わり、加工精度、生産性が大きく向上した。更に、NC化された当初は曲げ位置を決めるバックゲージの制御のみであったが、後にラム軸の複数点下限制御が可能となり、1つのプログラムの中に複数工程を取り入れることができるようになった。また、駆動方式はクランク式から油圧式に変わり安全性が向上した。近年は環境配慮型のACサーボ駆動方式、ハイブリッド方式の設備を導入している。図9はハイブリッドプレスブレーキの外観である。

筒状形状を形成するための丸め加工は、手動式を使用していたが、省力化のため電動バンディングローラを自社開発し生産性を向上させた。図10は開発した電動バンディングローラの外観である。

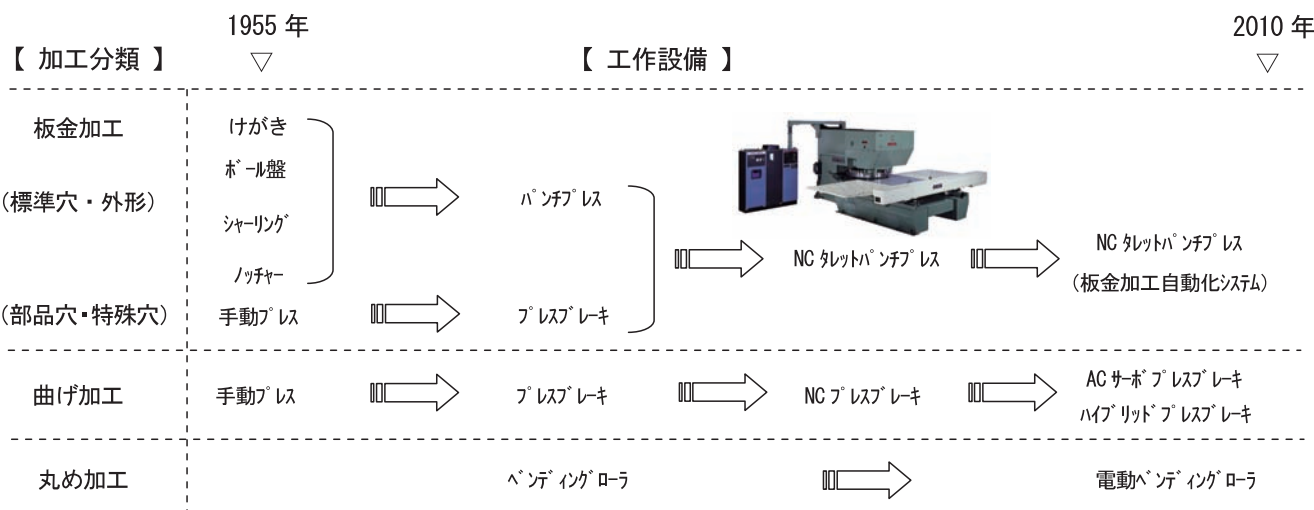


図7 板金部品加工の変遷

Fig.7 Evolution of sheet metal parts processing



図8 NCタレットパンチプレス
Fig.8 Turret punch press



図9 ハイブリッドプレスブレーキ
Fig.9 Bending machine with hybrid drive system installed

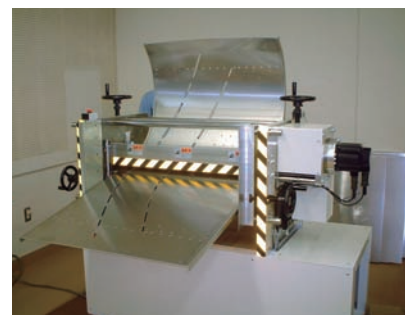


図10 電動バンディングローラ
Fig.10 Electric bending roller

2.3 プレス金型部品加工の変遷

図11はプレス金型部品加工を3分類し工作設備の変遷を表したものである。当社におけるプレス金型製作の歴史は古く、戦後まもなく導入したジグボーラは現在も活躍中である。図12・図13はジグボーラの外観である。

ベース加工は、プレート・ブロック等をフライス盤、工具フライス盤、ボール盤などで加工後、ジグボーラで精密穴加工を行っていた。また、パンチとダイの位置合わせに重要な役割を果たすガイドピンは旋盤加工されていた。後に、円筒研削盤が導入されたことにより焼入れ後の精密加工が可能になり金型の加工精度、耐久性が向上した。

異形パンチ・丸パンチは旋盤、工具フライス盤、けがき、ヤスリ仕上げ、ヤスリ盤により加工を行い、焼入れ後パンチとして使用していたが、成形研削盤、円筒研削盤の導入により焼入れ後の精密加工が可能となり加工精度、耐久性が向上した。

後に、ワイヤー放電加工機の導入によりヤスリ加工、研削加工が皆無となり生産性の向上に大きく貢献した。図14はワイヤー放電加工機の外観である。

ダイ加工は、材料にけがき線を入れ、削り取る部分にボール盤で穴を明け、タガネで除去し、ヤスリで仕上げることで形状を造りこんでいた。その後、バンドソー導入によりボール盤、タガネによる作業は無くなり作業性は大きく改善された。更に、放電加工機、ワイヤー放電加工機が導入されると、パンチ加工と同様に生産性が向上した。

プレス金型に関しては、早期にQDCシステムを構築し金型部品の共通化、金型設計時間の削減、金型交換時間の短縮による生産性の向上、保管場所の省スペース化に取り組んでいた。現在もQDCシステムの運用は継続しているが、標準化されたプレート、ブロック、ガイド、ピン、パンチ等を市販購入品として調達し、主要形状のパンチ、ダイの加工に専念し工期短縮に努めている。

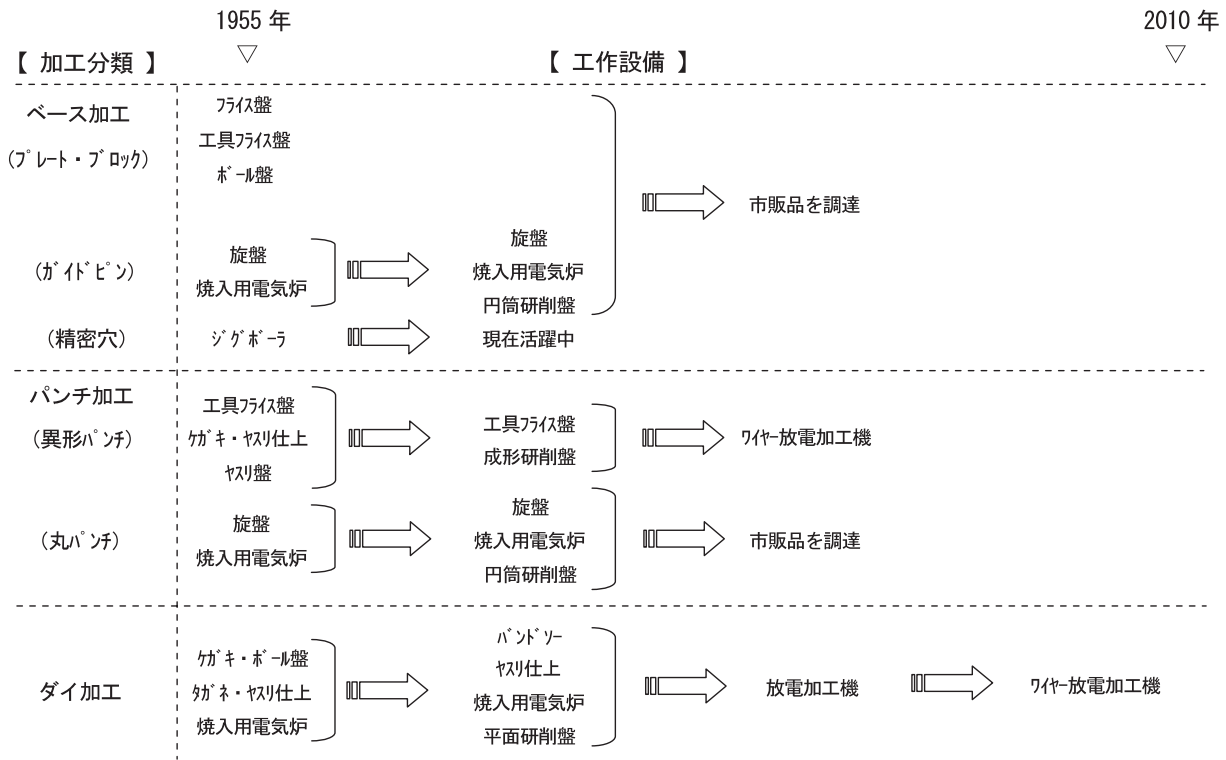


図11 プレス金型部品加工の変遷

Fig.11 Evolution of press mold parts processing



図12 ジグボーラ1号機
Fig.12 Jigborer unit1



図13 ジグボーラ2号機
Fig.13 Jigborer unit2



図14 ワイヤー放電加工機
Fig.14 Wire electrical discharge machine

3. 表面実装技術の変遷

電子部品の配線にプリント基板が使われるようになったのは、1950年代である。当時は電子部品のリードを穴に挿し込み、その裏側からはんだ付けする「スルーホール実装」であった。

しかし「チップ部品」の登場とともに、1980年代にはスルーホール実装に代わり、チップマウンタによる「表面実装」が主流となった。

当社においては、1983年4月に「民需の新分野開拓」達成のため設立した「FA工場」で、自動実装が導入され、現在に至っている。

3.1 表面実装時代の推移 (1983年から1995年)

図15に1983年から1995年の、実装関連設備の変遷を示す。

FA工場設立当初の設備は、チップマウンタMI/MII-A、ラジアル挿入機RH、IC挿入機UIIが導入された。チップサイズも3.2mm×1.6mmサイズと大型で、チップ部品よりも挿入部品の使用比率が高かった。また自動化された荷姿の部品が少なかったため、人手による挿入も実施して、はんだ付けは、溶けた半田を噴流によりプリント基板に当ててはんだ付けする、フローはんだ付けが主流であった。

当時のチップマウンタは部品を実装するヘッドが数本で、

1部品の実装に2~3秒と時間がかかっていた。

しかしタクシー無線機等の生産開始に伴い、生産台数の増加とチップ部品の使用比率が増加したため、ヘッドを10本有し、実装スピードが向上したマウンタ：MRを1985年に導入した。これより1部品の実装時間は1秒以下の時代へと入っていった。

1989年に船舶用及び車載用GPSの生産開始に伴い、今までの3.2mm×1.6mmサイズから2.0mm×1.2mmサイズのチップ部品が採用されたため、2125部品実装に対応したチップマウンタ：MK-1Cを導入した。

1991年には、品質・生産性向上のため、インライン型クリームはんだ印刷機SP10P-Mと、はんだ付け後のインライン型外観検査装置VC22C-MAを導入した。

また市場からはんだ付け不良による返却品を撲滅するため、窒素雰囲気中ではんだ付けを行うリフロー炉：NRS-255を導入した。

この頃より、さらに小型の1.6mm×0.8mmサイズのチップ部品が使用されるようになってきた。またチップ部品の使用比率が高まり、挿入部品の使用比率が極端に減少してきた。そのため1991年にIC挿入機を、1995年にラジアル挿入機を廃棄した。

これにより挿入部品の時代からチップ部品の時代へと大きく流れが変わっていった。



図15 実装関連設備の変遷1

Fig.15 Transition of equipment related to mounting1

3.2 表面実装時代の推移 (1996年から現在へ)

図16に1996年から現在の実装関連設備の変遷を示す。

更なる製品の軽薄短小化の流れで1.0mm×0.5mmサイズの部品の出現が見込まれていた。そこで1.0×0.5mmチップサイズにも対応できるチップマウンタ：CM86C-M2を導入した。

チップ部品のはんだ付けを行うためにはまず、部品実装の前工程で、プリント基板のはんだ付けをする部分にクリームはんだを印刷する。そして部品実装後にリフロー炉で基板全体に熱をかけ、はんだ付けを行う。この方式をリフローはんだ付けという。

当時クリームはんだを印刷する工程で発生している不具合が、実装後のはんだ付け不良の大半を引き起こしていたが、不良が発見できるのはリフローはんだ付け後であり、はんだこてを使用した手直しとなっており、工数の増加・品質の低下を招いていた。

そこで品質向上と手直し工数削減のため、部品実装前のクリームはんだ印刷工程で不具合を撲滅する目的で、インライン型はんだ印刷検査機IPJ-Vを導入した。インライン型外観検査機の導入により、より早い不良の発見が可能となり、不良の大量発生防止に大きく貢献した。

これまでのマウンタは大型で、一度設置すると移動が困難であった。しかし世の中の製品寿命の短命化により容易に増設・移動が可能なモジュラーマウンタが出現する。

2002年には0.6mm×0.3mmチップサイズに対応したモジュラーマウンタ：CM202-DS/CM301-Dを導入し、2005年には0.6mm×0.3mmチップサイズの量産実装に対応するため、モジュラーマウンタCM402-M/DT401-Mを導入した。

2008年にはモジュラーマウンタの導入と共に、BGAのように部品下ではんだ付けされる部品の採用が高まってきた。このような部品は、はんだ付け状態がリフローはんだ付け後に確認できない。そのため、クリームはんだ印刷量のよりシビアな管理が求められるようになった。そこで3次元で計測できるはんだ印刷検査機：BPC-707ADXを導入した。

これにより、部品下ではんだ付けされる部品はもとより、他のチップ部品のクリームはんだ印刷量をシビアに管理・計測する事により、不良率10ppm以下ではんだ付けの信頼性を確保し、高品質を維持し続けている。

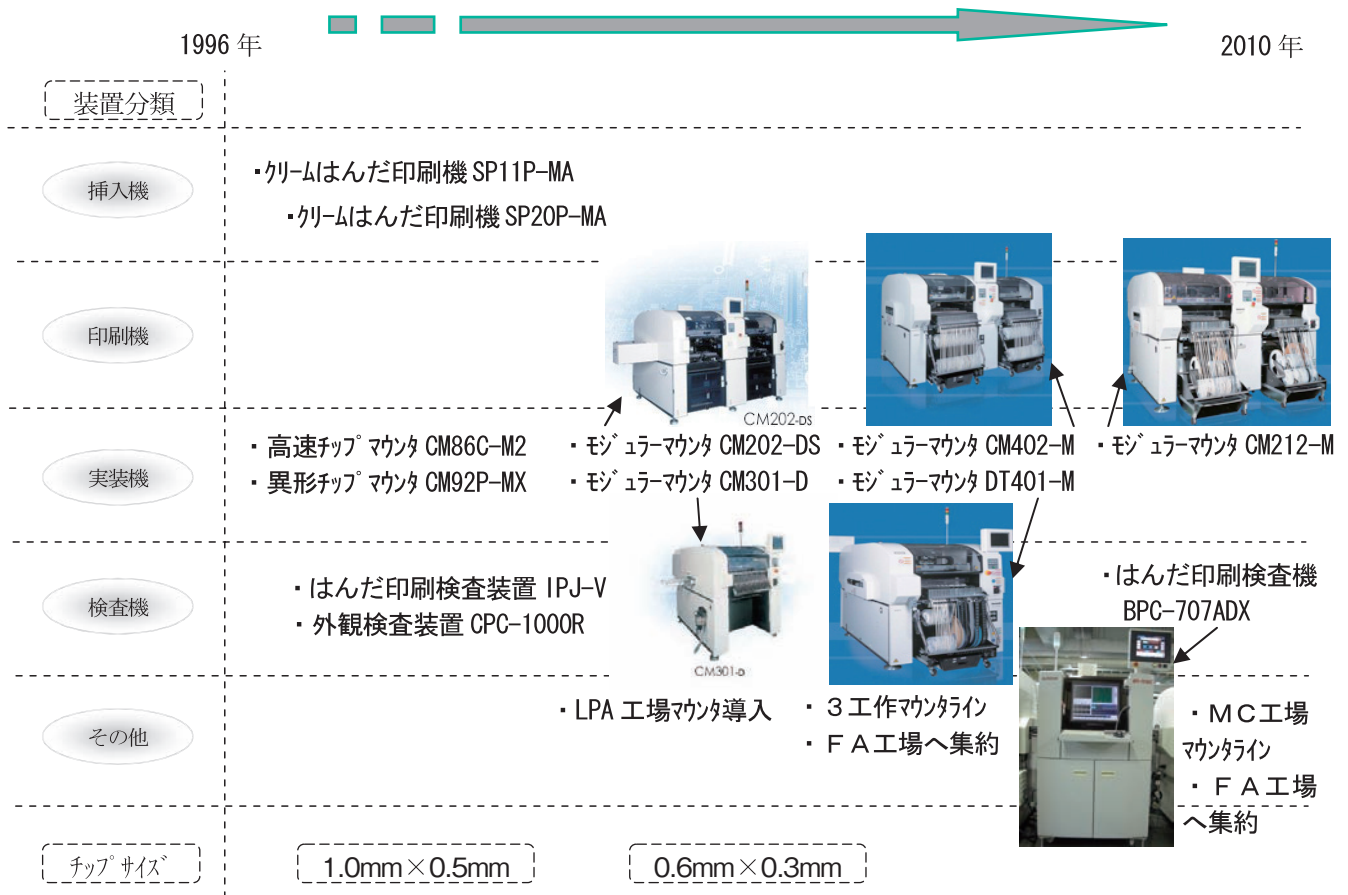


図16 実装関連設備の変遷2

Fig.16 Transition of equipment related to mounting2

4. まとめ

当社の製品を生産する上で重要な役割を果たしてきた機械加工技術、及び電子部品実装技術を通してもの作りの変遷を見てきたが、数十年の間に製造技術や製造設備は大きく変化してきたことがわかる。

機械加工技術では汎用機械からNC機械に、そしてターニングセンタ・マシニングセンタや板金加工自動化システムに変貌を遂げ、熟練技能者のノウハウは人から人へ、そして加工プログラムに受け継がれてきた。また、市場から調達できない工作機械は自社開発するなどして、加工精度の向上と作業効率向上に努めてきた。

電子部品実装技術においては挿入部品から表面実装部品へ変遷し、部品の小型化も急速に進み、現在最小チップサイズは0.6mm×0.3mmとなっている。

今後も「より小型に、より高精度に」の要求に応えるため、部品の小型化や設備の変化に伴う製造技術の進化が求められるであろう。また、現在ではハイテクな電子機器分野においても海外の新興国が実力を付け、低コストを武器に台頭してきており、日本国内のもの作りにおいては更なる高付加価値化が必須となっている。

製造部門はこれらの変化を見据えた製造技術力を確保し、設計者の独創的なアイデアと設計マインドを引き出すような高付加価値製造技術を追求していく必要がある。

また、設備を動かし技術を具現化するのは人である。製造技術者・技能者の育成はもの作りの基本であり、最重要課題であることは言うまでもない。

用語一覧

3D-CAD/CAM	: コンピュータを利用して立体的に表現されたデータを入力データとして加工用のNCプログラムを作成するツール
IC挿入機	: IC (主に半導体で構成された電子回路が複数の端子を持つ小型パッケージに封入されている部品)をプリント基板に挿入する装置
NCタレットパンチプレス	: プレス機械の一種。金型をタレットと呼ばれる金型ホルダーに装着し所定の位置に打ち抜き、成形加工を行う数値制御工作機械
QDCシステム	: Quick Die Change systemの略。 金型の交換を半自動的に交換する機械装置
外観検査機	: カメラ等により、部品のはんだ付け状態を確認する装置
クリームはんだ	: はんだの粉末にフラックスを加えて、適当な粘度にしたもの
クリームはんだ印刷機	: プリント基板のパッド上にクリームはんだを塗布するための装置
シャーリング	: 金属板に必要な寸法に切り出す機械
旋削加工	: 工作物を回転させ、バイト(刃物)を移動することにより削り取る加工
ダイ	: プレス金型における下型のこと
タレット旋盤	: 普通旋盤に旋回式の刃物台を取り付けたもの
ターニングセンタ	: 工具の自動交換機能を備え、工作物の取付け替えなしに旋削加工のほか多種類の加工を行う数値制御工作機械
チップマウント	: 電子部品をプリント基板に配置する装置
ノッチャー	: 切断機
ハイブリッドプレスブレーキ	: ACサーボモータにより油圧を制御するプレスブレーキ
バックゲージ	: 曲げ位置を決めるための補助装置
パンチ	: プレス金型における上型のこと
フライス加工	: 多数の切刃を持つ刃物を回転させ、平面削り、溝削りなどの加工を行う加工
プレス金型	: 材料に大きな力を加え目的とする形状に加工するための金型
プレスブレーキ	: 薄板の鋼板やアルミ材等を曲げる機械
フローはんだ付け	: はんだ槽に溶かしておいたはんだの表層にプリント基板の下面を浸すことによって、はんだ付けを行う方法
マシニングセンタ	: 工具の自動交換機能を備え、工作物の取付け替えなしに多種類の加工を行う数値制御工作機械
モジュラーマウント	: 小型で多様な部品に対応でき、色々な構成が可能なチップマウント
ラジアル挿入機	: 部品ボディから垂直方向にリードが延びている部品(ラジアル部品)をプリント基板に挿入する装置
リフローはんだ付け	: プリント基板にはんだペーストを印刷し、その上に部品を載せてから熱を加えてはんだを溶かす方法