

# 塑性加工における CIM/IMS 化と ヒューマンファクターに関する調査研究

(社) 機械技術協会 (東京大学 生産技術研究所)

教授 木内 学

(平成5年度研究開発助成 AF-93021)

## 1 目的と背景

1970年代後半以降、我国の経済規模の急激な拡大とそれに伴う生産量の増大、製品の多様性に対する市場ニーズの高まり、国際競争力確保のための生産性の向上、等々に対応するため、製造業各分野において生産ラインの高度機械化および自動化を図る動きが強まり、FMS, FA の開発と導入が広範囲に行われた。この様な FMS, FA の発展動向を把握し、将来に向けての適切な対応策を検討することを目指して1983年度に(社)機械技術協会の中の生産技術分科会に塑性加工 FMS・WG が組織され、塑性加工分野における FMS に関する調査研究が行われ、その成果は1984年度および1985年度に「生産技術高度化に関する調査研究(塑性加工における FMS)」と題する報告書にまとめられ公表された。その後の10年間に、生産環境は大きく様変わりし、コンピュータの利用による情報処理技術、ネットワーク技術の進歩と相俟って、FMS, FA は CIM, IMS へと進化している。我国における塑性加工の将来を考えると、これらの技術の動向を見定め、研究開発資源を効率的に投入することが、技術的優位性の確保に繋がる筈である。この様な認識に基づき、現在我国において稼働中の塑性加工の FMS, FA, CIM, IMS について種々の角度から調査し、それらを全体的・総合的に分析することにより、現状と問題点を把握し、将来への展望を図ることを目的として調査研究を行った。同時にこのような技術動向に対応する人的問題(ヒューマンファクター)についても、その重要性への認識から調査研究を行い、実態を明らかにし、今後の指針を得ることを目指した。これらの結果は1996年4月に

調査研究報告書としてまとめられた。本稿はこの研究結果の概要を示している。

## 2 調査方法と調査項目

まず最初に、関連する文献の収集調査から始め、次に FMS, FA, CIM, IMS 等にかかわるコンポーネントメーカーおよびシステムメーカーと連絡をとり、メーカー側から提供可能な情報の収集を行い、これらから現在稼働中の各種塑性加工システムを所有する企業名とその所在地についての情報を整理し、大枠を把握した。次に目的とする調査内容について検討を行い、調査の目的を達成しうる調査項目を整え、調査票を作成し、上述の関連企業106社150件に回答を依頼した。幸い多くの企業の協力が得られ(58社61件)、その結果を集計・内容の分析を行い、必要と思われたシステムについては実地調査、ヒアリング調査等も併せ行い、それらを総合して調査研究をまとめた。なお、企業によっては、一部の調査項目に企業秘密に関するので回答できないとの返事を頂いたものもあったが、止むをえぬものと考えた。

主要な調査項目は次の通りである。

\* システムの特徴、\* 導入の目的とその効果、\* 主要製品の寸法・形状、\* システムの加工設備の仕様、\* 搬送/マテハン設備の仕様、\* その他の設備の仕様、\* ネットワークの概要、\* システムのトラブルとその対策、\* システムの開発の概要と特徴、\* システムの問題点と今後の課題、\* ヒューマンファクターに関する調査

## 3 調査結果 1 (生産システム関連)

得られた回答は番号と記号を付し、ユーザー名を伏せて一覧表にまとめた。さらに委員が分担して、加工機の機能、システムの現状、管理・制御とソフトウェア、システム導入の目的及び効果、等の項目に対し分析を行った。本稿ではその概要の一部を紹介する。

1) **加工機の機能**：塑性加工システムとして最も数が多い'板金加工システム'において用いられている加工機械について、簡単に10年間の進歩を述べる。タレットパンチプレスは依然主力の加工機械であるが、加工速度(ヒットレート; 1分当りのパンチストローク)は向上している。一方、ヒットレートを多少犠牲にし、騒音を大幅に減少させたものもある。機械的駆動方式からパンチ速度を制御しやすい油圧駆動にしたものが増加しているが、サーボモーターによる駆動を採用したものも現われている。

レーザー加工機; 発振機は1ないし1.5Kwが主力となり、小型化し価格が低下して普及が進んでいる。加工ヘッドを固定し、板を移動するタイプから、板を固定し加工ヘッドを移動するタイプ(フライング・オブティクスタイプと称することがある)が主力になりつつある。加工スピードの向上が認められ20m/minを超えるものや、軟鋼板で19mmの厚さをせつ断できるものも現われた。パンチングプレスとの複合加工機も普及している。用途も切断から溶接へ関心が移りつつあり、テーラード・ブランク材が自動車業界で普及しつつあるが、システムとしては表に現われていない。

曲げ加工機; プレスブレーキのハンドリングをロボットが行うシステムが出現、普及し初めている。特定のプレスブレーキと専用ロボットを組合わせたタイプや汎用ロボットを利用するものもある。金型交換できるプレスブレーキは10年前にも存在したが、交換できる金型の数は極めて少なかった。交換可能な金型の数が増えた曲げ加工センター的な機械が開発されている。溶接ロボット; アーク溶接ロボットが普及し初め、大規模システムにおいて用いられている。

2) **システムの現状**：図1 a, b に現在及び10年前のシステムの加工内容を示す。基本的な変化は見られず、薄板のせん断/切断システムが多い。溶接を

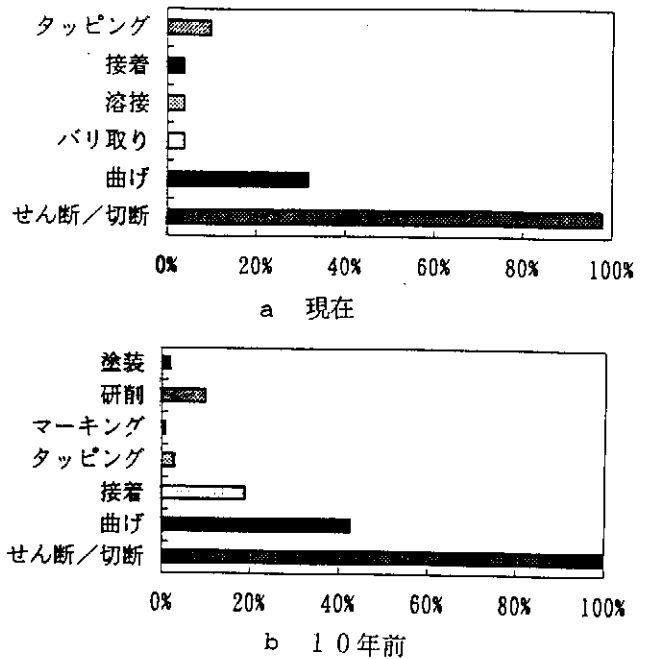


図1 システムの加工内容

行うシステムがでてきたことは注目すべきであろう。前述の溶接ロボットの普及によるものと思われる。図2 a, b に1システムでの加工機の台数を示す。10年前に比べ、1台のみのシステムが増えている。これ

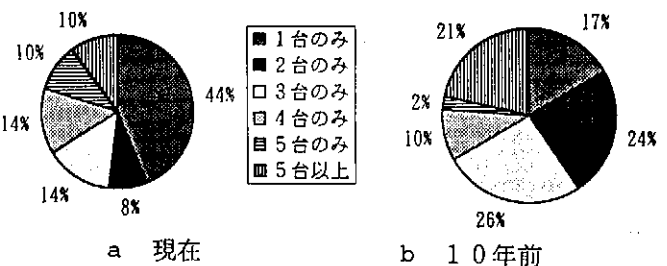


図2 1システム当りの加工機台数

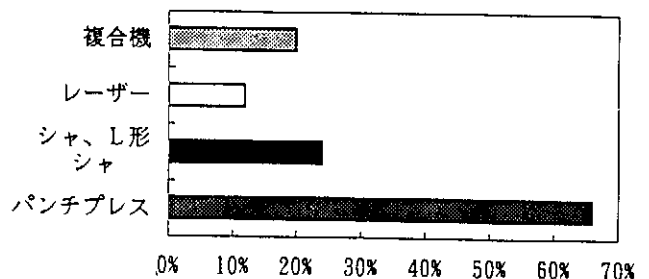


図3 せん断/切断に用いられる機械

は板のせん断/切断において1)で述べた加工機械の性能の向上によるものと思われる。図3にせん断/切断に用いられている機械の割合を示す。パンチプレスが多いが、レーザー加工機、複合機を合わせると3割

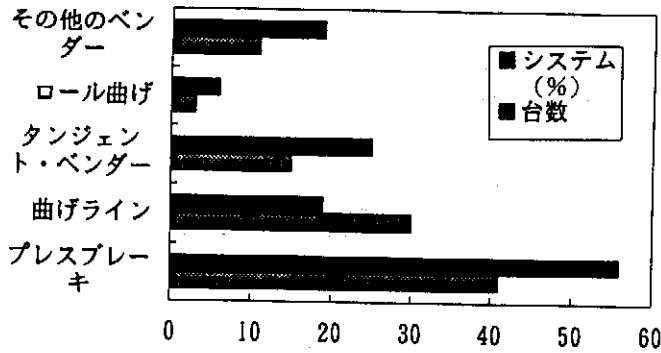
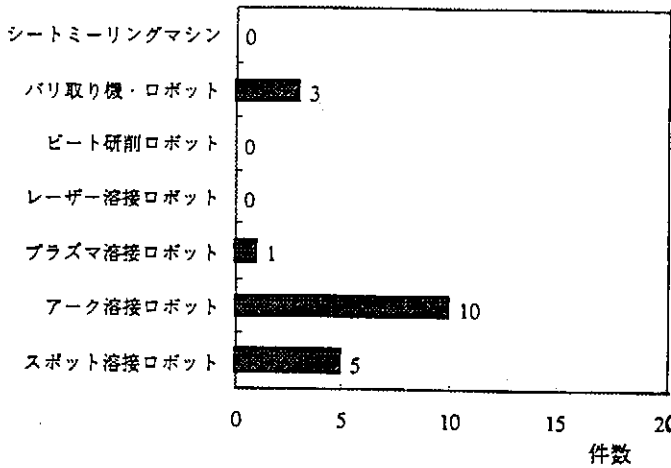
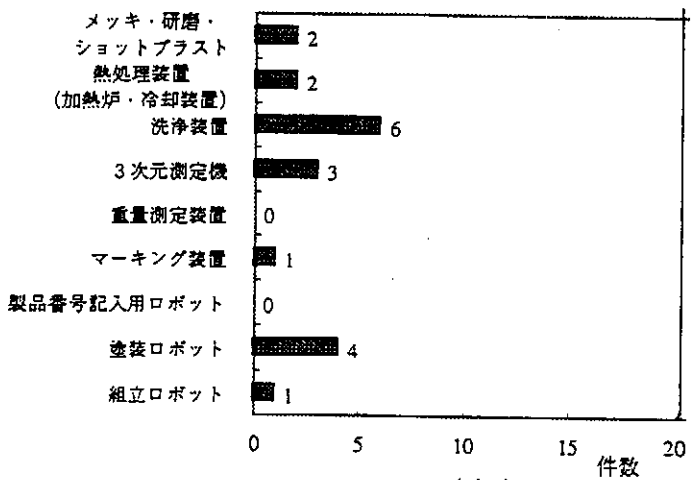


図4 曲げ加工機の割合



(a)



(b)

図5 塑性加工以外の加工設備件数

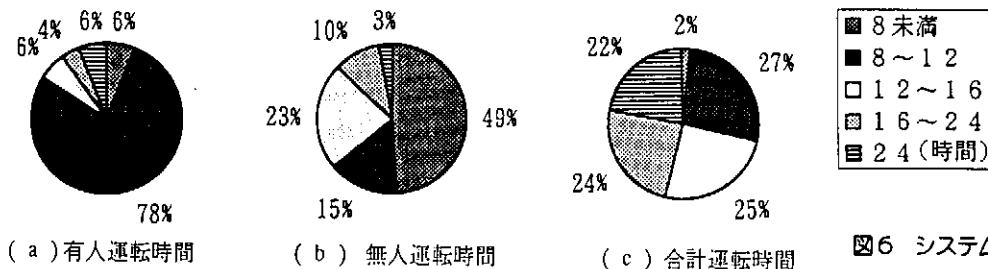


図6 システムの運転状況

を超えるまでになっている。なお、図3において、1システムで複数のせん断/切断加工機が用いられる場合があるため、合計は100%を越えている。図4は曲げ加工を含むシステムにおける曲げ加工機械の割合を、台数とシステムについて示している。例えば、曲げラインは20%のシステムで用いられているが、加工機は30%あり、1ライン当り複数の加工機が用いられていることがわかる。図5は塑性加工以外の加工設備の件数を示しており、溶接ロボットをはじめ各種のロボットの使用が目につく。図6はシステムの運転状況を示しており、3/4のシステムが有人運転は8時間未満であり、1/4弱が24時間運転を行っている。まさに「人間は8時間、機械は24時間」という時代になりつつある。これも前述のロボットの普及と関係しているものと考えられる。このような変化はシステムの形態にも影響する。表1はワークフローによるシステムの分類を表わしている。10年前には見られなかったツリー型のシステムが現われている。これは従来、ワークフローは一方に限定されていた塑性加工システムにおいて、ワークの逆走が見られたことを示している。夜間、無人でタレットパンチプレスを運転し、加工されたワークをストックに再び戻し、昼間に曲げ加工を行っていることが推測される。

C I M においてはコンピューターによる管理・制御の範囲から6階層に分けられ、最上位は全社的に行われているレベル6、工場単位で行われているレベル5、エリアレベルのレベル4、ラインのみのレベル3以上がシステムとみなしうる。図7はC I M の階層の割合を示したもので、10年前はレベル5クラスがやっとなり、この分野の進歩が窺える。

3) システム導入の目的と効果 : システムの導入に対し、考え得る目的を13項目取り上げ、前回同様

(a) 有人運転時間

(b) 無人運転時間

(c) 合計運転時間

表1 ワークフローによるシステムの分類

型	例	種類	記号	システム数
ライン		ストレート	A <sub>1</sub>	25
		分次	A <sub>1</sub>	11
		分枝	A <sub>1</sub>	2
		複合	A <sub>1</sub>	0
ループ		単一	B <sub>1</sub>	0
		多重	B <sub>1</sub>	0
		分枝	B <sub>1</sub>	0
ネット			C	3
ツリー			D	7

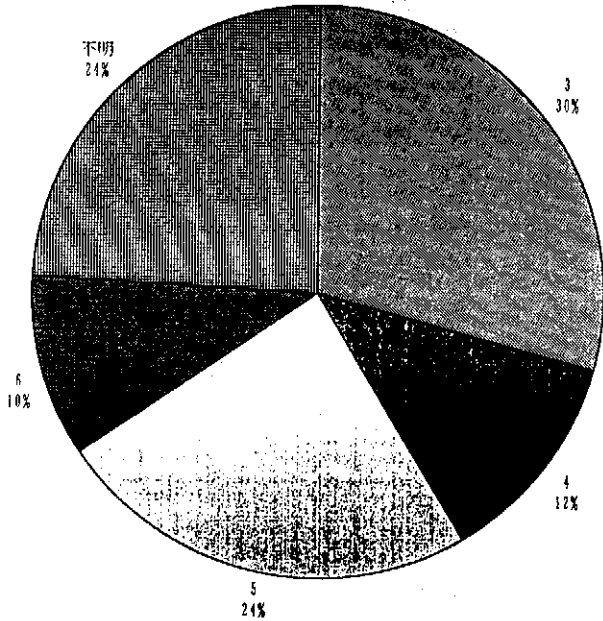


図7 CIMの階層の割合

主たる目的は一つ、従たる目的は二つ以上選択してもらった。結果を表2に示す。前回の調査では製品の多様化への対応と省人化が大きな目的でほぼ同数であったが、今回は省人化が第1位で、第2位がリードタイムの短縮、第3位が製品の多様化への対応となり、さらに夜間無人運転、生産量の増大が続いている。特に、主たる目的で見ると、生産量の増大は省人化に次いで2位を占めている。システムをなるべく長時間無人で運転することは、省人化、生産量の拡大、リードタイ

ムの短縮に効果がある。このあたりに企業の狙いがあるのではなかろうか。一方、多品種少量生産への対応は10年前には主たる目的の第1位であったが今回は第4位、従たる目的でも第4位（第2位が二つある）とランクダウンしている。ロットサイズの調査結果から考え、板金加工システム（本調査で最も回答数が多かった）では多品種少量生産があたりまえと考えられているのではないと思われる。

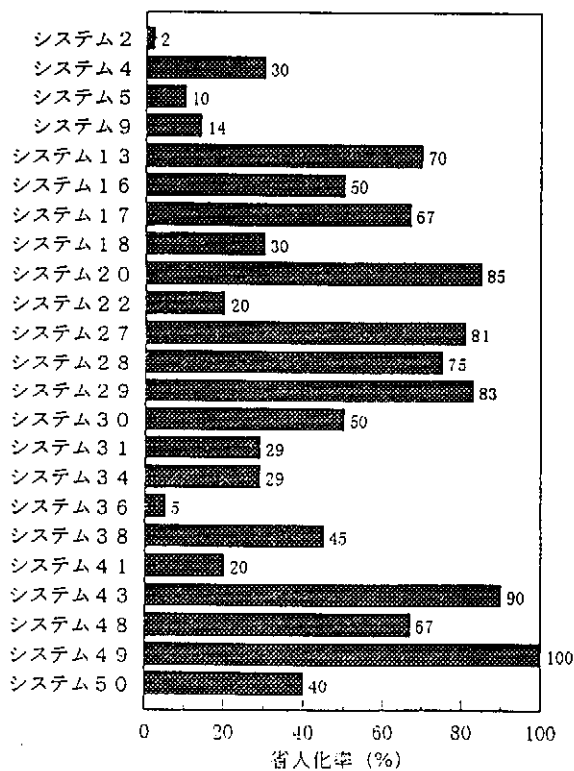
一方、導入の効果については、今回は定量的に把握することを試みた。導入の効果の1例として、省人化率の結果を図8 a, b に示す。図 a は製造部門の省人化率であり、驚くべきことに100%という企業がある。製造現場から人間をなくすことが正しい選択であるかどうかという疑問が生じる。システムの導入により製造部門のみならず、管理部門の省人化が図れた企業もあることが図 b に示されている。さすがに製造部門に比べ省人化率が低いのは当然であろうが、CIMの構築により管理部門のコンピューター化が進んだからではないかと考えられる。

#### 4 調査結果2 (ヒューマンファクター)

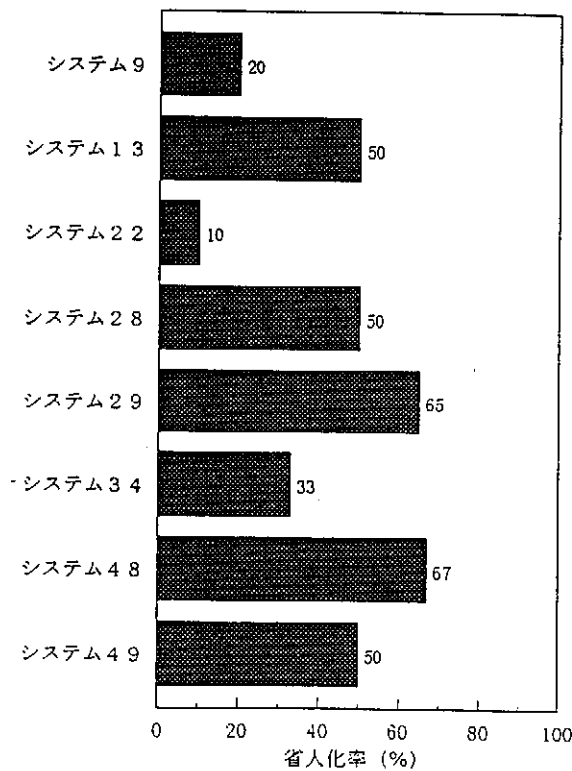
前述のように各企業は省人化を狙い、システム導入により目的をある程度果たしている。10年前もシステム導入の大きな目的の一つは省人化であった。コス

表2 導入の目的

導入の目的	主たる目的		従たる目的		主及び従たる目的	
	システム数	割合(%)	システム数	割合(%)	システム数	割合(%)
省人化	20	37.7	25	12.6	45	80.4
在庫削減	0	0	12	6.1	12	21.4
リードタイムの短縮	7	13.2	27	13.6	34	60.7
管理業務の効率化	0	0	14	7.1	14	25.0
加工精度の向上	1	1.9	8	4.1	9	16.1
生産量の増大	12	22.6	23	11.6	25	44.6
夜間無人運転	3	5.7	25	12.6	28	50.0
熟練技術の補足	0	0	9	4.5	9	16.1
製品の多様化に対応	6	11.3	24	12.1	30	53.6
24時間以上連続運転	1	1.9	10	5.1	11	19.6
振動・騒音対策	0	0	6	3.0	6	10.7
3K対策	0	0	8	4.1	8	14.3
その他	3	5.7	7	3.5	10	17.9
合計	53	100.0	198	100.0		



a 製造部門



b 管理部門

図8 導入の効果

トとしてのの件費は10年前以前から世界で最高であったが、10年前は'人不足'が深刻ななかでの省人化であり、近年稀に見る失業率の高さとなっている現在とでは省人化を図る背景も異なっていることが考えられる。人件費が高いからといって、完全無人化企業

というもの成立しえないし、人件費が安い海外へ製造拠点を移してもうまくいくとは限らない。むしろうまくいっていない例の方が多いという話もある。このようにシステム化に関わる人的問題(ヒューマンファクター)を各企業がどのように考えているかという問

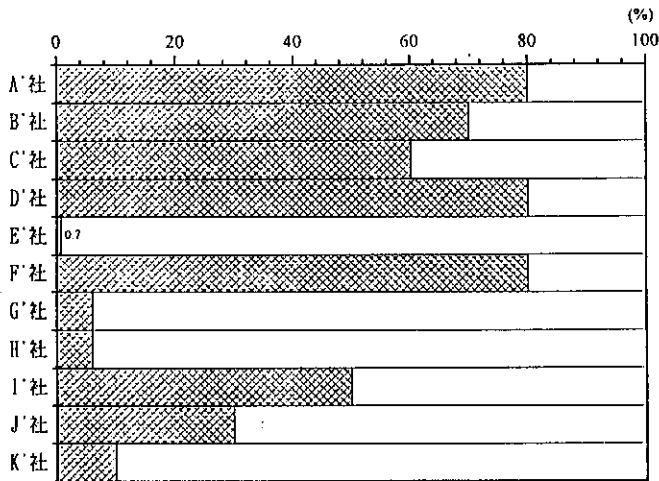


図9 経営資源の配分

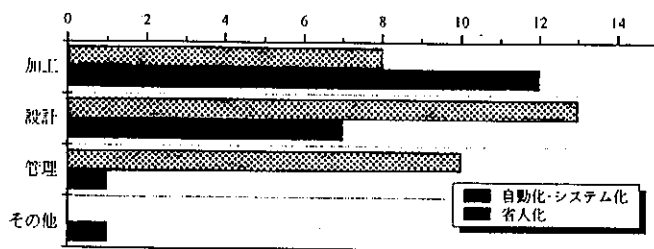


図10 自動化・システム化したい部門

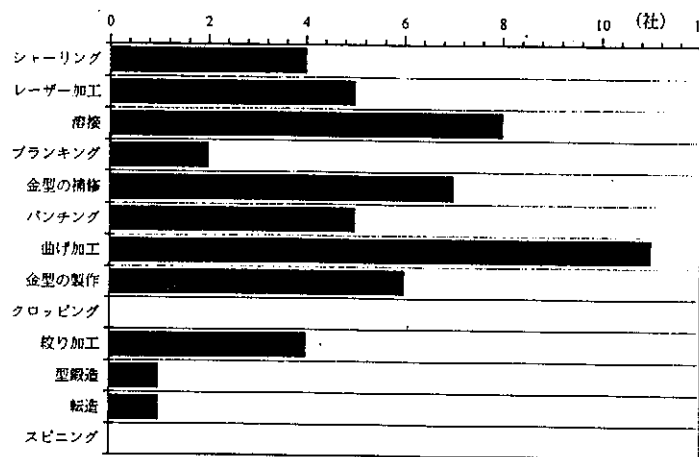


図11 技能が必要とされる職種

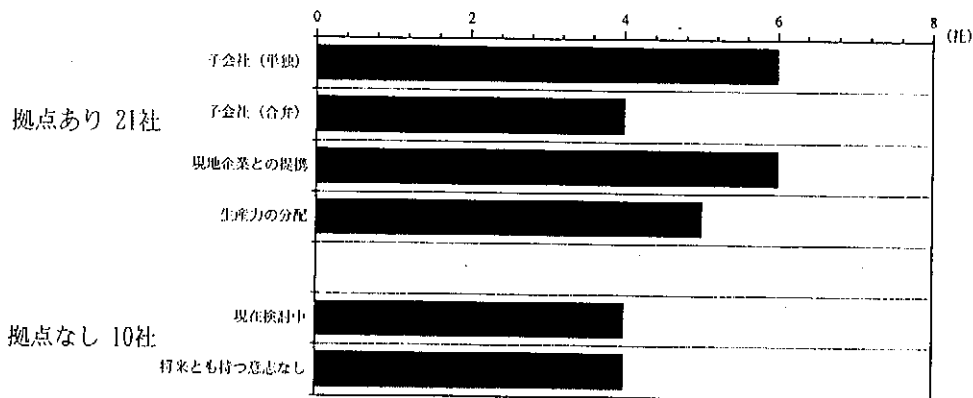


図12 海外生産拠点

題は我国製造業の今後を考える上で極めて重要であると言わざるを得ない。

図9は各企業が自動化・システム化/省人化に経営資源をどの程度割こうとしているかを示したものである。多くの企業が自動化・システム化/省人化に経営資源の多くを配分しようとしているが、一方、これには経営資源を費やすつもりがないとする企業もある。企業にはそれぞれの特長があるからどの方法が正しいといえないが、かなりの企業が自動化・システム化/省人化を更に進めるつもりであることがわかる。そこで自動化・システム化/省人化を図りたい分野について調べた結果が図10である。設計部門や管理部門を自動化・システム化したいという企業が多いが、省人化をしたいと考える企業はそれほど多くない。加工部門については、省人化したい企業数が自動化・システム化を上回っている。製造現場よりも間接部門にまだ合理化の余地があると考えられているのではなかろうか。一方、製造現場においても自動化・システム化が難しい職種が存在する。図11は現在および将来とも技能が必要と考えられる職種についての回答である。曲げ加工、溶接、金型の製作と補修をあげた企業が多いが納得のいく結果である。なお、技能者の育成方法としては、社内ではOJT、社外ではメーカーの講習会をあげた企業が多かった。

人件費の削減を目指しての生産拠点の海外移転が問題となっているが、海外生産拠点について調べた結果が図12である。回答企業の2/3が既に何らかの形で海外に生産拠点を有し、生

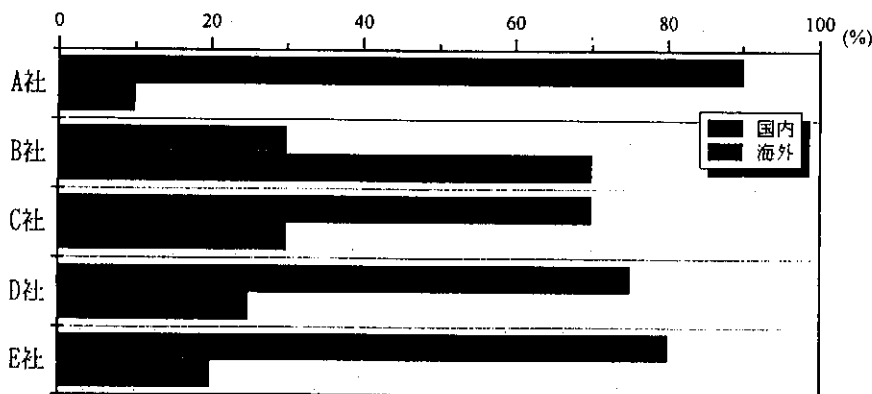


図13 生産能力の分配

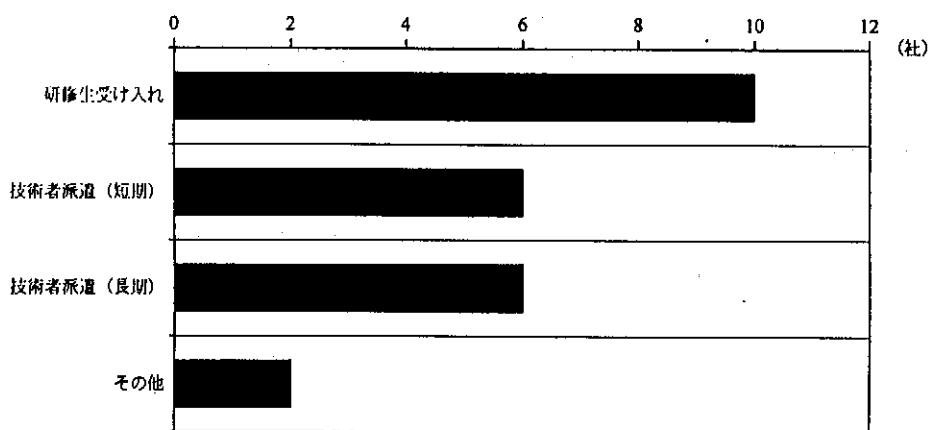


図14 海外生産における技能移転の方法

産拠点を持たない企業の半数が現在検討中としている。好むと好まざるとに関わらず、海外との関わりが生じてくる。生産拠点を有している企業において、国内と海外の生産能力の配分について調べた結果が図13である。平均すれば国内7割海外3割であるが、海外を7割とした企業もある。

このような海外移転の最大の問題は人的問題即ち、ヒューマンファクターであって、日本側では送出す人材、海外では「移転先の人材の質と能力の問題」である。図14は海外移転における技能移転方法に対する回答で、研修生受け入れと長期または短期の技術者派遣がほぼ同数とみなしうる。海外での生産移転は決して簡単ではなく、文化の違いを視野にいれる必要があり、日本人の真の国際化が問われよう。

## 5 今後の技術的課題

本調査研究により塑性加工システムの現状が明らかにできたと考える。同時にシステム化技術、自動化・

無人化技術、情報処理に基づく生産管理技術にはまだまだ開発すべき技術的課題が多い。特に次にあげる技術的課題は将来に向けて重要と思われる。

- 1) 多機能加工機の開発
- 2) 多目的・多機能金型の開発
- 3) 金型・工具の交換・支持・固定に関する技術開発
- 4) 素材・製品の搬送・挿入・取出し技術の開発
- 5) インライン高度計測技術の開発

6) 知識集約型システムの開発  
これらの開発課題は既に10年前に指摘したものであるが、我国の塑性加工のシステム化にとっては必要不可欠な課題であり、製造業がなくなる限り続く課題でもある。

## 6 おわりに

本稿は天田金属機械技術振興財団の援助の下に(社)機械技術協会塑性加工におけるCIM/IMS化とヒューマンファクターに関する調査研究委員会が行った調査研究報告書の概要である。委員会の構成は、主査；木内学(東大、生研)、幹事；遠藤順一(神工大)委員；中沢克紀(機技研)、小野宗憲(大同工大)、松原茂夫(能開大)、真鍋健一(都立大)である。ページ数の制限から報告書の概要のみを記しているの、詳細については報告書を参照されたい。

本調査研究は財団の研究助成なしには行い得なかったものであり、財団の見識に敬意を表するとともに、その支援に深甚の謝意を表します。