

# 塑性加工における FMS/FA/CIM/IMS の現状

木内 学\*

遠藤 順一\*\*

中澤 克紀\*\*\*

小野 宗憲\*\*\*\*

松原 茂夫\*\*\*\*\*

真鍋 健一\*\*\*\*\*

これについては別稿としたい。

## 1 まえがき

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、国際競争力の確保の為に生産性の向上、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。このような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調査分科会に塑性加工FMS調査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<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>にまとめられ、さらに「世界の塑性加工FMS事例集」<sup>3)</sup>が刊行された。これらの調査研究の成果は、その後の我国の塑性加工の研究開発に大きな影響を及ぼしたものと調査・研究に参加した著者らは自負している。

その後の10年間に生産環境は大きく様変わりした。円高に伴う生産拠点の海外移転や、バブルの崩壊による景気の落ち込み等の経済的な問題は、我が国の素形材産業の基盤をゆるがせている。ここに、コンピューターの利用による情報処理技術、ネットワーク技術の進歩等を取り入れ、省人化/無人化を指向したシステムの進歩、すなわちFMS, FAからより進歩したCIM, IMS化への積極的な取り組みが見い出せる。我国の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。このような認識に基づき、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。その成果は1996年4月に調査研究報告書<sup>4)</sup>としてまとめられた。本稿はこの調査研究の概要を述べる。なお、著者らはこの研究において、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、調査分析を行い、実態を明らかにすることができたが、

## 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。この際、通商産業省機械情報産業局鑄鍛造品課長竹田原昇司氏の協力依頼書を添えることができた。幸い多くの企業の協力が得られた(58社61件)。得られた回答は番号と記号を付し、企業名を伏せて一覧表にまとめた。さらに内容の分析を行い、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。

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。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、止むをえぬものとした。

分析の内容としては、\*加工機の機能、\*システムの現状、\*管理・制御とソフトウェア、\*システムの導入の目的および効果、\*ヒューマンファクター等である。

## 3 10年間における加工機械の進歩

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、10年間の進歩を簡単に述べる。

\*タレットパンチプレス：現在でも板金加工システムにおける主力機械であるが、この10年で加工速度(ヒットレート；1分当たりのパンチストローク数)は向上している。ニブリング時のヒットレートで200~300 S.P.M.で

あったものが、一番早い機械では 800~1000 S.P.M. がでている。一方、加工速度を多少犠牲にし、騒音を大幅に減少(100 dB 以上から 85 dB 程度へ)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え、サーボモーターによる駆動を採用したものも現われた。その結果、逐次成形が可能となった。レーザー加工機の普及に伴い、より加工のフレキシビリティを増やす意味から、保有金型数を大幅に増加させたパンチングセンターともいべき機械も開発されているが、本調査には現われていない。今後はレーザー加工機の高速化に伴い競合することは避けられない。

\*レーザー加工機：発振機は1~1.5 Kw が主力となり、加工速度も最大で1500 mm/min から2000 mm/min へと向上している。加工できる板厚も軟鋼板で6~9 mm であったものが、19 mm のものまで切断可能となっている。レーザーノズルを固定し、板を移動するタレット型から、板を固定しレーザーノズルが移動する、フライングオプティクス型へ移りつつある。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、板金システムには現れていない。パンチングプレスとの複合加工機も普及しだしている。

\*曲げ加工機：10年前には殆どなかったシステム適合機が開発された。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普及し始めている。特定のプレスブレーキと専用ロボットを組合せたタイプや汎用ロボットを利用するものなど様々である。問題はロボットを動かすプログラムにあり、多品種少量生産には適応しきれていない。ブレード長が可変なタンジェントベンダー方式の曲げ加工機が普及し始めたが、製品形状は限られている。交換可能な曲げ金型の数が多いベンディングセンターともいべき機械もいくつか開発されたが、普及するのはこれからで、システム内には取入れられていない。

\*ロボット：前述のプレスブレーキ用の他にアーキ溶接やバリ取りにロボットが使用され始めている。問題は曲げと同様に運転のプログラムにある。ロボットは中種中、大量生産に適している。

#### 4 10年間におけるシステムの変化

##### 4.1 システムと加工

板金加工システムにおいてどのような加工が行われているかについて、10年前と現在の比較を図1に示す。10年前と同様、せん断/切断がシステムの主たる加工であることがわかる。

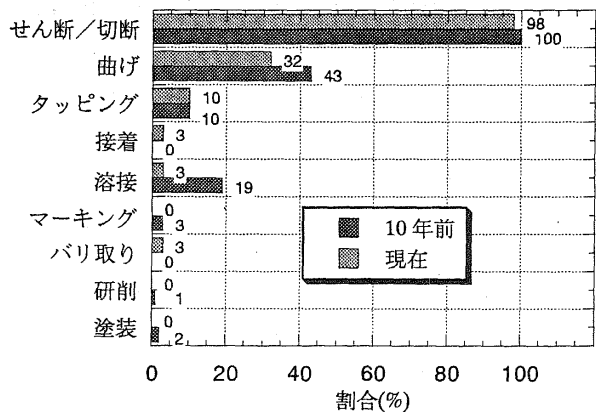


図1 システムの加工内容

曲げ加工の比率が下がっていることは注目すべきである。10年前には4割強のシステムが曲げ加工を取入れていたのに対し、現在は1/3に減っている。10年前はプレスブレーキに追従装置が付いた程度のもので、極めて簡単な曲げにしか対応できなかった筈で、複雑な曲げは人間が介助していたものと思われる。前述のように、この10年で曲げ加工のシステム適合機が開発された。従って、より複雑な曲げ加工を自動的に行うことができ、システムに入れているのではないかと予想していたが、実際はそうではなかった。この理由として、システムの加工範囲が広がり、より複雑な曲げが要求され、開発された曲げ加工機がこれに対処しきれないこと、ロット数が小さすぎ、ロボットでは対応しきれないこと等が考えられる。

10年前のシステムには取入れられていなかった加工として、接着とバリ取りがある。板金加工の流れは、板のせん断/切断>曲げ>接合・結合となるから接着が取入れられるのは当然であろう。接着剤に対する信頼性が向上したものと思われる。一方、溶接の割合は減少している。薄板の溶接は一般に熱ひずみによる寸法精度の悪化が問題とされている。レーザー溶接か接着が接合の主力となるのではなからうか。バリ取りにロボットが利用されているようである。バリ取りは重要な作業ではあるが付加価値が低く、自動化しにくいもののひとつである。バリの生じないせん断/切断法を考える必要がある。

図2は使用されている加工機の台数を示している。タレットパンチプレスが多いのは図1と併せて考えれば当然である。しかし、調査したシステムの総数は61でこの中には板金以外のシステムも含まれているが、10年前に比べると比率は下がっている。これをより明確に示したものが図3で、せん断/切断加工に用いられている加工機の割合を示したものである。タレットパンチプレスが2/3、レーザー加工機とレーザー・パンチング複合機を合わせると1/

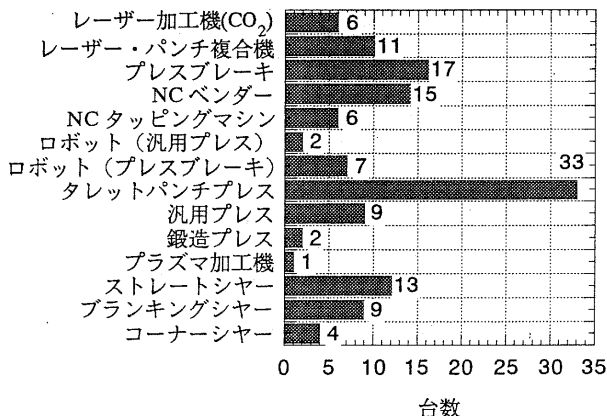


図2 使用されている加工機

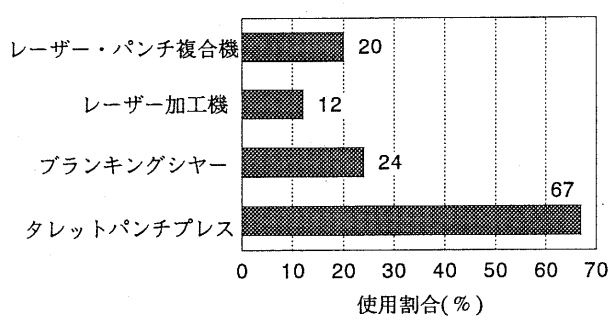


図3 せん断/切断に使用されている機械

3となる。10年前にはレーザー加工機を用いたシステムは殆どなかったことを考えれば、レーザー加工機の普及が著しいことがわかる。システムで加工するワークの形状がより複雑なものとなっていることを窺わせる。

図4は1システムで用いられている加工機の台数を示している。10年前と比較して加工機1台のみというシステムが増加していることがわかる。図5はシステムにおける加工の種類数の分布を示している。6割弱が加工の種類が1種のみである。この加工がせん断/切断であることは明らかである。図4と5から、せん断/切断のみのシステムでは加工機が1台のみのものが多いことがわかる。10年前もせん断/切

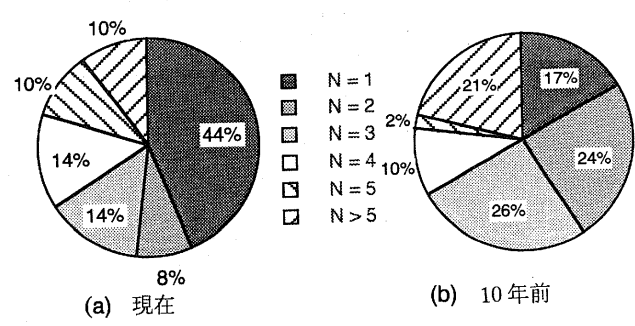


図4 1システム当りの加工機台数

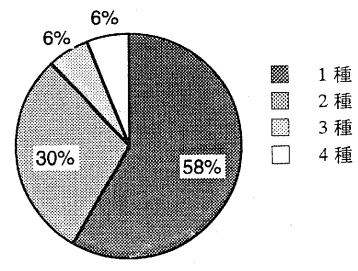


図5 システムの加工種類

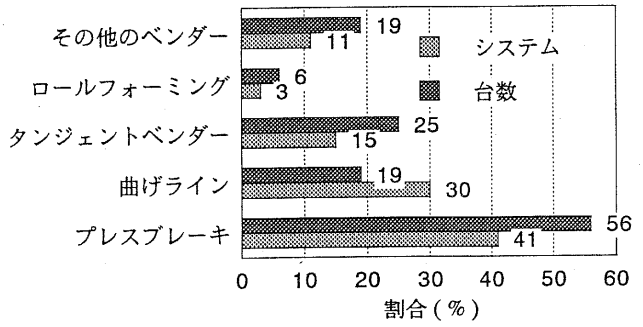


図6 曲げ加工機の割合

断のみのシステムは多かったが、加工機1台のみのシステムは17%にとどまっていた。このような変化が生じた理由としては、加工機械の加工能力が増したことが考えられる。また、せん断/切断システムが普及し、従来、単体機のみを導入していた中小企業が、タレットパンチプレスまたはレーザー加工機に前後装置を加えて、システムとして導入し、省人化・省力化を図るようになったことも考えられる。加工機3台までのシステムの数は、現在も10年前同様全体の約2/3で変わっていない。

せん断/切断の次に重要な曲げ加工について、どのような加工機が使用されているかの割合を示したものが図6である。この図では、システムにおいて占める割合と台数において占める割合の双方を示した。プレスブレーキは4割のシステムで使用されているが、台数で占める割合は5割以上である。すなわち、プレスブレーキは1システムで2台以上使用されることが多いことがわかる。タンジェントベンダーも同様の傾向を示す。

塑性加工機械および搬送/ハンドリング装置を除いた機械はどのようなものが用いられているかを示したものが図7である。各種のロボットが用いられていることがわかる。アーク溶接が一番多く、スポット溶接、塗装、バリ取り、組立て、プラズマ溶接にロボットが使用されている。10年前には殆どロボットは使用されていなかった。10年でロボットの普及が板金加工システムに及んできたことがわかる。

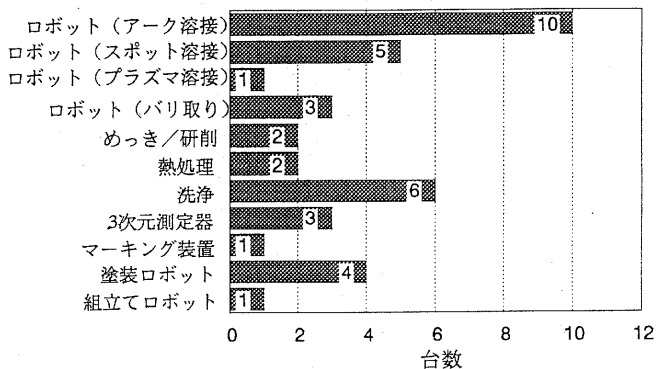


図7 加工、搬送等を除いた機械の種類

#### 4.2 システムの運営

図8にシステムで加工される製品の平均ロットサイズと品種数を示す。10年前とあまり変わっていない。平均値をとると、平均ロットサイズは10年前が93.8、現在は86.2、品種数は10年前は3930、現在は1930でいずれも減少しているように見えるが、景気の変動を考えれば誤差範囲と見ても大きな誤りはないものと考えられる。

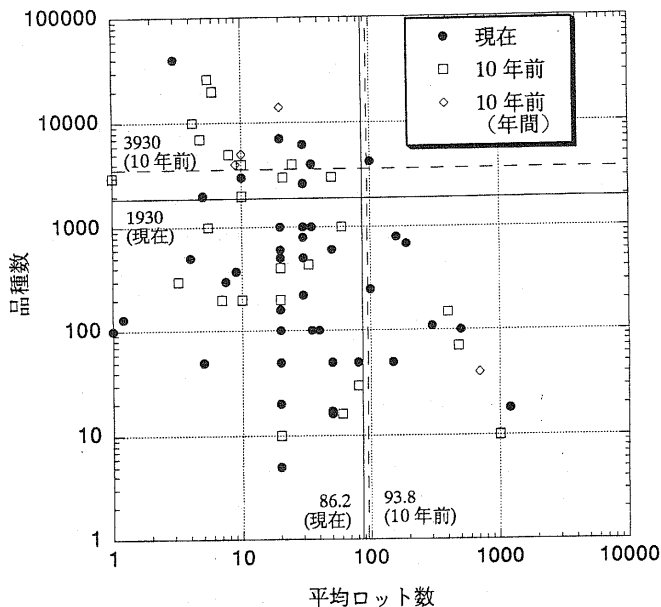
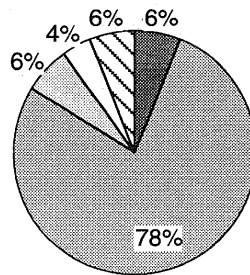
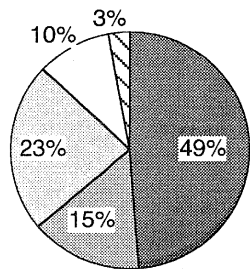


図8 平均ロットサイズと加工品種数

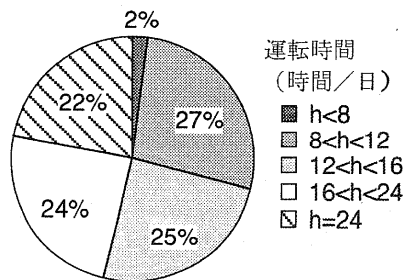
図9はシステムの運転時間を見たもので、図9 a は有人運転時間、b は無人運転時間、c は全運転時間を示す。全運転時間を見ると、8時間未満が約1/4、8~12時間が1/4、12~16時間が約1/4、16時間以上が約1/4となっているが、有人運転時間は全体の3/4が8時間未満である。即ち、8時間以上のシステムの運転は無人で行われている。無人運転時間を見ると、約半数が8時間未満である



(a) 有人運転時間



(b) 無人運転時間



(c) 合計運転時間

図9 システムの運転時間

が、24時間も3%あり、12~16時間も約1/4存在する。全体の約3/4のシステムが8時間以上運転されており、その内の8時間を超える分は無人で運転されているケースが多いようである。これが大量生産方式、例えばプレスラインであれば驚くには当たらないが、図8で示されている多品種少量生産で行われていることに注目すべきである。このように多品種少量生産を無人で行うには、多くの技術的な問題を解決せねばならなかったことが推察される。表1は、システムをワークフローで分類した結果を示している。10年前には一つも存在しなかったツリー形のシステムが7つもある。ツリー形システムの特徴はワークの逆送があることである。システムを無人で長時間運転するために、自動倉庫から出たワークを、せん断/切断加工後に、再び自動倉庫に戻している。この様

表1 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	A0	25	38
		分流	A1	11	
		分岐	A2	2	
		複合	A3	0	
ループ		単一	B0	0	0
		多重	B1	0	
		分岐	B2	0	
ネット			C	3	
ツリー			D	7	

CIM階層

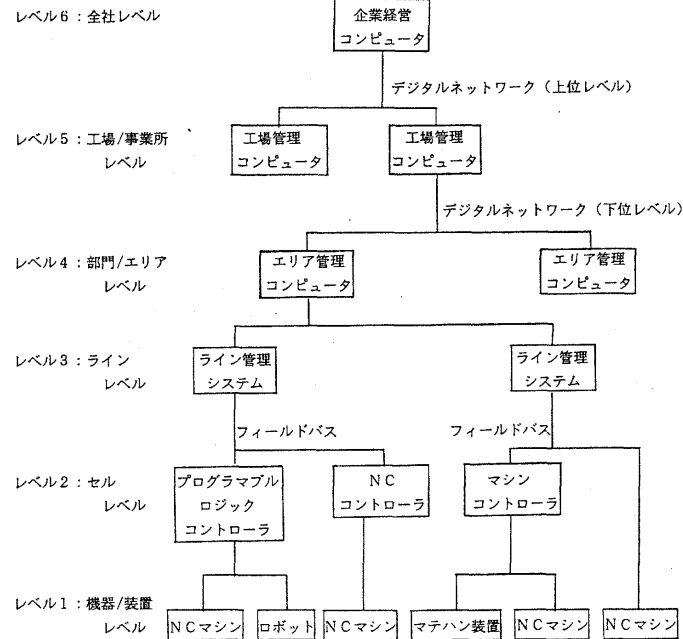


図 10 CIM 6階層モデル

な形態は特に夜間無人運転をするシステムで見られる。せん断/切断後のワークは板状のまま集積効率がよいが、曲げ加工後のワークは3次元形状となり、集積効率が悪い。曲げ加工後のワークはなるべく早く次工程に送るべきであることがわかる。

長時間無人でシステムを運転する為には、情報処理系にもそれなりのレベルが必要である。

図10はいわゆるCIM 6階層モデルを、図11はシステムレベルの割合を示している。レベル6が1割存在する。また、レベル5以上が1/3を占める。10年前はレベル5は殆どなく、レベル4がせいぜいであったことを考えると、情報処理系が大幅な進歩を遂げたことがわかる。図12は情報処理の内容を示している。CAMのみのシステムも1/3存在するが、

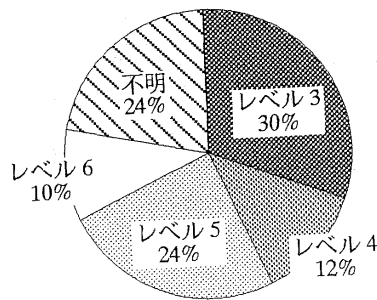


図11 システムレベルの割合

CAD/CAM を接続したシステムが1/3あり、工場内LAN は1/3が、スケジューリングは半分の企業がコンピューター処理を行っている。この10年でモノ作りの現場にコンピュータによる情報処理が積極的に取入れられていることが窺われる。

### 5 あとがき

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」が行った調査研究の内、塑性加工特に板金加工システムの現状についてまとめたものである。

我国の生産環境は依然厳しいものがあり、その為に解決すべき技術的課題は多い。モノ作りにおいてはハードとソフトの両面からの進歩が必要である。その為には

- 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とそれを用いる知能化加工技術の開発
  - 6) 知識集約型システムの開発
- 等が必要と考える。

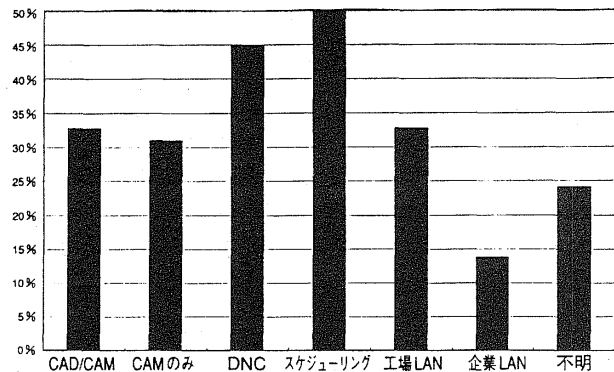


図12 情報処理の内容

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る。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。また、調査にご協力頂いた各企業およびご助力頂いた通産省機械情報産業局鑄鍛造品課に感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) （社）機械技術協会：昭和58年度生産技術高度化に関する調査研究（塑性加工におけるFMS）58EP15、（1984）
- 2) 同上：昭和59年度生産技術高度化に関する調査研究（塑性加工におけるFMS）59EP12、（1985）
- 3) （社）機械技術協会編：世界の塑性加工FMS事例集、マシニスト出版、（1987）
- 4) （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報告書、（1996）

\* 東京大学 生産技術研究所 教授  
 \*\* 神奈川工科大学 機械システム工学科 教授  
 \*\*\* 通商産業省工業技術院 機械技術研究所 所長  
 \*\*\*\* 大同工業大学 材料科学技術研究所 教授  
 \*\*\*\*\* 職業能力開発大学校 生産機械工学科 教授  
 \*\*\*\*\* 東京都立大学 機械工学科 助教授