



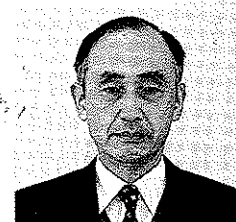
# Production Engineering

## 未来の生産

生産加工・工作機械部門 第二十三号レターNo.2

April 1992

### 21 世紀の生産技術



機械技術研究所 佐藤 壽 芳

21世紀まで10年足らずとなつて、ヨーロッパ社会主義国家群が解体し、歴史的に大きな転換点に立っている。第二次大戦後、我国は自由主義体制の下であつて民生工業製品の生産にいそしみ、加工貿易国として国家の存立を図つてきた。社会主義国家群の解体は、その社会システムが、技術高度化の趨勢に対応できなくなつたことも、一つの理由として挙げられている。

一方、わが国では、新技術の積極的な応用、徹底した品質管理、顧客ニーズへの迅速な対応等を指針とした製造業が、国内における激しい競争を背景に製品の輸出に努めてきた。かくして、蓄積された我国経済力は、今や欧米先進諸国にとって脅威とさえ映るに至つている。その反省として、よい製品を安く大量に供給するというこれまでの製造業運営の指針について、共生を考える方向へ転換することの必要性が識者から指摘されている。

このような状況の中で、我国の基軸として生産技術とその周辺について、今後のあり方を考える時、地球環境の変化／人口構成の変化／国際交流の進展／基礎研究の指向等を見据えた取り組みが望まれる。

大気中のCO<sub>2</sub>の増加、フロン層のオゾン層破壊等を典型的な例とする地球環境の変化は、製造業のあり方にも影響を与えており、排出ガスや工業製品の廃棄物処理のあり方が問われている。EC諸国では、自動車廃車の際、生産国が処理に責任を持つとする方策も考慮されていると聞く。20年以上前から行われている“カーベキュー”や近年特に目立つ路上

への野曝し放棄等は、物づくりに注がれる精緻な努力とは懸け離れた精神の産物と思わざるをえない。工業製品の生産に、環境と調和を図つた新たな思考、方策が問われる所以である。このことには経済負担の問題も関連し、先進国と発展途上国の間のみならず、先進国相互間にも考えの相異が生まれており、解決策の探索が急務である。

我国が長期的に経済基盤を確保し、ゆとりと豊かさを実現し、国際的にも貢献を果たしてゆくには、製造業による付加価値の創出は変わらぬ基本である。我国の産業構造は多くの中小企業が基盤の役割を果たしてきた。人口構成の変化によって若年層が減少し、製造現場の作業者の不足は既に現実の問題である。この結果、国外からの来訪者を作業者として受け入れつつある。文化的背景の異なつた作業者が製造現場に入つても、生産技術を継持するためには、機械設備の高機能化、自動化を一段と推進することに加え、理解し易い作業手順のマニュアル化、異文化を背景とする人間の相互理解等がこれまで以上に必要である。中小企業に留まらず、大企業を含め、生産技術のあり方が対応を迫られている。

その上で、高い技能水準、品質管理の小集団活動、同時進行型生産技術等にみられる我国の特質を如何に生かすかが課題である。このことは我国企業が海外に生産拠点を持つに際して、国内で培つた生産技術を文化の異なる他国の土壌に如何に生かすかという点にもつながっている。我国にとっては国内、国外とも国際交流の深化に伴う初めての経験であるが、克服されねばならない課題である。

我国製造業の強さ、日本の経済力の充実が称揚されるにつれ、我国が基礎研究を疎かにしていると指摘されている。工作機械技術を例に見るに、歴史の長さが異なることもあるが、殆どの革新的な要素技術が欧米で生まれていることは確かである。一方、我国は応用技術を展開し、ユーザ・ニーズに応える商品を生み出してきた。このこと自体は製造業として意義のある貢献である。しかし、今後は基礎研究にも力を注ぎ、付加価値が大きく、独自性に優れた

画期的技術を生み出し、我国の立場に応じた役割を果たしてゆかなければならない。

与えられた課題にお応えは出来ず、課題を見るばかりとなってしまった。これらの課題は何れも、米・欧・日と言われる先進国三極の一角を占めるに至った我国として、初めて体験する難題である。生産加工部門委員会が、その活動の中でこれらの課題を見据え、この解決に貢献されることを心から願って止まない。

## 最先端の工作機械性能評価方法

### — ISO 規格の動向 —

東京農工大学工学部 堤 正 臣

ISO は先端技術による工作機械の性能評価を積極的に取入れ始めた。従来の枠に捕らわれずに、現在開発の段階の技術までも規格化しようとしている。その典型的な例が、いま審議中のマシニングセンタの検査規格だ。規格原案の全容が明らかになったのも最近のことで、規格書は13部からなる膨大なものである。NC工作機械の性能試験方法を初めて規格にするだけでなく、新進気鋭の若手のメンバーが次世代の規格を目指してアクティブに活動しているからだ。

ISO/TC 39 (工作機械) では、検査規格の5年度ごとの見直し、改訂のほかに、新規格の作成を行う。見直し作業中の代表的なものに「位置決め精度試験方法通則」(ISO 230-2)、作成中のものは、マシニングセンタのほか、放電加工機がある。今後の計画にはターニングセンタがあがっている。

#### 従来の枠にとらわれない規格体系

現在のISO規格に関する考え方は、マシニングセンタの規格案による表れている。規格原案はほとんどがイタリアから提出され、それに基づいて審議が行われる。シュレジンガーの時代に確立した規格体系によらず、次々と新たな試験方法を提案している。工具及びパレット交換時間の試験、直線及び円弧補間精度試験、振動試験、熱変形試験がその典型的な例。

そのほか、例えば、1972年版のANSI規格をもとに制定された位置決め精度試験は、昨今のCNC化された工作機械に適用するにはいくつかの問題が生じている。その当時と比べて、CNC工作機械の最小設定単位と送り速度が大幅に向上しただけでなく、測定機器の精度も格段に向上したことから、精度評価方法を見直さなくてはならない時期にきているのは間違いない。

#### 円弧補間運動試験方法も標準化

NC工作機械特有の試験方法が2軸同時制御による補間運動試験、既に性能試験方法の通則(ISO

230-1)に採用されている。来春には、通則はJISとして制定する予定だ。この試験方法は、NC工作機械の幾何学的運動精度だけでなく、送りねじの精度やNC装置の能力までも判断できる測定方法である。

マシニングセンタの検査規格にこの円弧補間精度試験が採用されていることは間違いないが、専用の測定機がなければ測定できないところが従来と大きく異なる。いままでは汎用の測定器具ですべての検査が行えた。例えば3種の神器であるダイヤルゲージ、直定規、水準器では検査できないわけである。逆に言えば、従来にない試験方法を採用しなければならないほど、いまのCNC工作機械は高度化しているわけである。

こうした背景から、ISOをはじめとして各国で円弧補間精度試験方法の標準化の議論が始まっている。ANSI/ASMEは昨年、マシニングセンタの試験方法として、X、Yの2軸だけでなく、空間的な精度を評価するためにこの試験方法を採用することとした。

#### 標準化のための研究

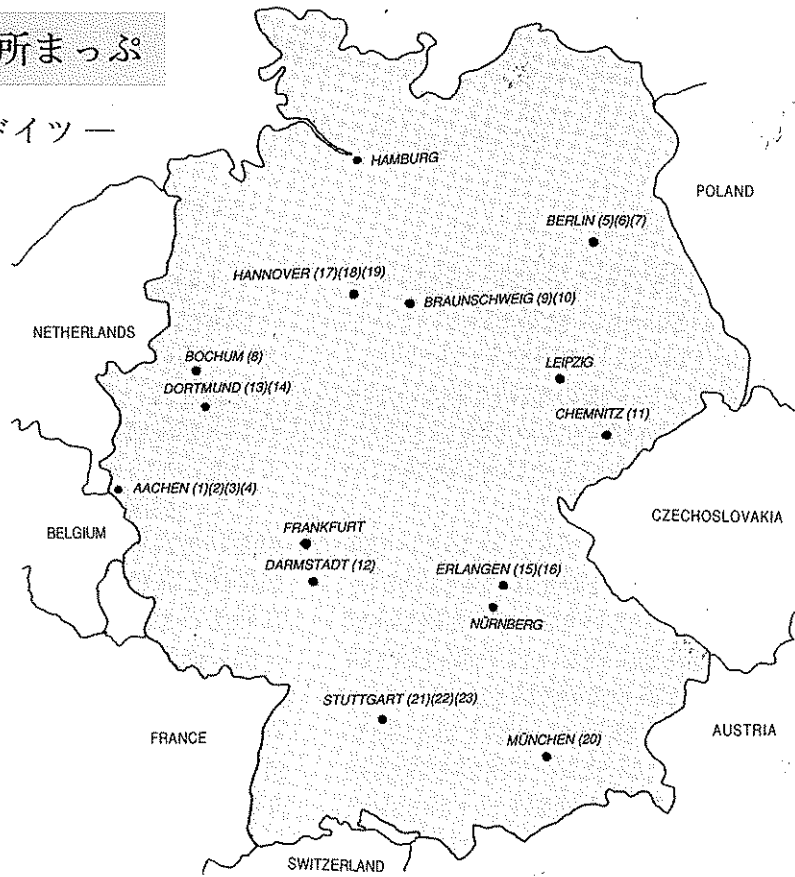
性能評価方法に関する標準化作業は、たとえそれが従来からある規格の見直しを行う場合でも、調査だけでなく、実験的研究を必要とする場合がある。そればかり従来の方法に代わる新たな方法を提案しなければならないこともある。位置決め精度の評価方法がまさにその典型的な例だ。

ISOは、熱変形試験、振動試験、補間精度試験など次々と評価基準の定まっていなかった試験方法を提案している。提案されたこれらの試験方法を確認するにも、反論するにも、さらには新たな提案をするにも実験的な研究なくしては説得力を持たない。単にコストがかかるから反対する、よくわからないから反対するという姿勢は国際的な場所で通用しない。国際貢献のためにも、標準化のための研究は世界一の生産量を誇る日本に課せられた義務でもあろう。

# 世界の大学・研究所まっぷ

## — ドイツ —

慶應義塾大学 青山藤詞郎



(1)  
Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen & Betriebslehre  
Prof. Dr.-Ing. M. WECK  
RWTH Aachen  
5100 Aachen  
組立、成形、工作機械、生産システム、精密計測

(2)  
Lehrstuhl für Technologie der Fertigungsverfahren  
Prof. Dr.-Ing. W. KOENIG  
RWTH Aachen  
5100 Aachen  
切削、研削、特殊加工

(3)  
Laboratorium für Werkzeugmaschinen & Betriebslehre  
RWTH Aachen  
Prof. Dr.-Ing. W. EVERSHEIM  
Steinbachstr. 53  
5100 Aachen  
組立、生産システム

(4)  
Institut für Maschinenelemente & Maschinengestaltung  
RWTH Aachen  
Prof. Dr.-Ing. H. Peeken  
Schinkelstr. 8  
5100 Aachen  
機械要素

(5)  
Institut für Werkzeugmaschinen & Fertigungstechnik  
T. U. Berlin  
o. Prof. Dr.-Ing. G. SPUR  
Pascalstr. 8-9  
1000 Berlin 10  
組立、切削、設計、工作機械、生産システム

(6)  
Institut für Werkzeugmaschinen & Fertigungstechnik - Bereich Montagetechnik  
Produktionstechnisches Zentrum Berlin  
Prof. G. SELIGER  
Pascalsstrasse 8/9  
1000 Berlin 10  
生産加工

(7)  
Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik  
Prof. Dr.-Ing. F.-L. KRAUSE  
Pascalstr. 8-9  
1000 Berlin  
生産システム

(8)  
Institute for Automation Research Production Systems and Process Control  
Ruhr University Bochum  
Prof. Dr.-Ing. W. MASSBERG  
Universitätsstrasse 150  
4630 Bochum 1  
工作機械、生産システム

(9)  
Lehrstuhl & Institut für Werkzeugmaschinen  
T. H. Braunschweig  
Prof. Dr.-Ing. G. FAHLITZSCH  
Langer Kamp 19  
3300 Braunschweig  
切削、研削、特殊加工

(10)  
Fertigungsmesstechnik Physikalisch Technische Bundesanstalt - PTB  
Prof. Dr.-Ing. H. KUNZMANN  
Bundesallee 100  
3300 Braunschweig  
精密計測

(11)  
Institute of Production Measuring Tech. & Quality Assurance  
T. U. Chemnitz  
Prof. Dr.-Ing. habil. H. TRUMPOLD  
P. O. Box 964  
9010 Chemnitz  
精密計測

(12)  
Institut für Umformtechnik  
T. H. Darmstadt  
Prof. Dr.-Ing. D. SCHMOECKEL  
Petersenstr. 30  
6100 Darmstadt  
成形

(13)  
Lehrstuhl für Umformende Fertigungsverfahren  
Universität Dortmund  
Prof. Dr.-Ing. E. VON FINCKENSTEIN  
Baroper Str. - Postfach 500 500  
4600 Dortmund 50  
成形

(14)  
Institut für Spanende Fertigung  
Universität Dortmund  
Prof. Dr.-Ing. L. CRONJAEGER  
Postfach 500500  
4600 Dortmund 50  
切削

(15)  
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung & Produktionssystematik  
Universität Erlangen-Nürnberg  
Prof. K. FELDMANN  
Egerlandstr. 7-9  
8520 Erlangen  
生産加工

(16)  
Lehrstuhl für Fertigungstechnologie  
Universität Erlangen-Nürnberg  
Prof. M. GEIGER  
Egerlandstrasse 11  
8520 Erlangen  
生産加工

(17)  
Institut für Fertigungstechnik & Spanende Werkzeugmaschinen Universität  
Hannover  
o. Prof. Dr.-Ing. H. K. TOENSHOFF  
Schlosswender Str. 5  
3000 Hannover 1  
組立、切削、研削、特殊加工、工作機械、生産システム、精密計測

(18)  
Institut für Fabrikanlagen  
Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. H. P. WIENDAHL  
Callinstrasse 36  
3000 Hannover 1  
組立、生産システム

(19)  
Lehrstuhl & Institut Umformtechnik  
Universität Hannover  
Prof. Dr.-Ing. E. DOEGE  
Wellengarten 1A  
3000 Hannover 1  
成形

(20)  
Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen & Betriebswissenschaften  
T. U. München  
Prof. Dr.-Ing. J. MILBERG  
Arcisstrasse 21  
8000 München 2  
組立、工作機械

(21)  
Institut für Steuerungstechnik der  
Werkzeugmaschinen/Fertigungseinrichtungen  
Universität Stuttgart  
Prof. Dr.-Ing. G. PRITSCHOW  
Seidenstrasse 36  
7000 Stuttgart 1  
組立、工作機械、生産システム

(22)  
Institut für Umformtechnik  
Universität Stuttgart  
Prof. em. Dr.-Ing. D. h. c. K. LANGE  
17 Holzgartenstr.  
7000 Stuttgart 1  
成形

(23)  
Fraunhofer Institut für Produktionstechnik & Automatisierung (IPA)  
Prof. Dr.-Ing. H. J. WARNECKE  
Holzgartenstr. 17  
7000 Stuttgart 80  
組立、工作機械、生産システム、精密計測

「マップの作成にあたっては十分注意致しましたが不備な点がありましたらご了承下さい」

# 英国サリー大学における超精密加工，評価技術

— ナノメーター加工の真の評価法に取り組むサリー大学 —

日立製作所 生産技術研究所 山坂 稔

筆者は、1990年9月25日から1年間、英国サリー大学 (University of Surrey) 物理学科のパティック教授 (Professor Puttick) の研究室において、ナノメータ加工時のダメージ層の精密評価についての研究を行った。この海外研究生活の体験をもとに、サリー大学における超精密加工とその評価技術について、紹介をさせて頂く。

サリー大学は、図1に示すように、ロンドンの南西約50 km、サリー州ギルフォード市の中心にあり、その歴史は、前身であるバターシー技術専門学校の設立から100年を数える。パティック教授は、破壊現象の実験解析をもとに専門とし、そこから、クランフィールド工科大学のジー博士と、NPL (国立物理学研究所) および SERC (科学技術研究振興会) の協力で、脆性材料の延性モード加工及びその評価、解析の研究に展開されている<sup>1)</sup>。現在、英国ナノテクノロジープロジェクトの推進者の一人である。

私の研究テーマは、脆性材料としてシリコン単結晶ナノメータ加工したときのダメージ層の深さ測定およびその性状の解析を、高精度に行い、その加工技術の評価するものである。このダメージ層の深さ測定には、ラザフォード後方散乱法 (RBS/Channelling) を用いた。材料表面の結晶軸方向に照射イオンは、結晶の奥深くまで進入していくが、格子欠陥等のため原子が正規の位置からずれると照射イオンは後方散乱されイオン収率が大きくなる。本方法はこの原理を利用するものである。この散乱イオンをエネルギー分析すると、図2に示すようにスペ

クトル曲線の右端にピークを呈し、この幅が、イオンの散乱された深さ、すなわち結晶構造の乱れたダメージ層の深さを示す。この方法によって、ダメージ層深さを、高分解能 (6 nm : He<sup>+</sup>使用時) で、しかも非破壊のため、高能率に測定することが初めて可能となった<sup>2)</sup>。

さて、英国でも、日本と同様、理工系学生の製造業離れが大きな問題となっているとの事である。5%程度と言われる大学進学率で、しかも、ある意味で厳然と身分階級の残っている英国社会では、ごく一部の優秀な人材が、政治・経済、および産業界を引っ張ってきた感があるが、生産技術を支えるには数が足りず、最近ようやく産学官共同でこの問題を解決しなければならないとの認識を持ち、各種政策が行われ始めているとの事である。また、物理、化

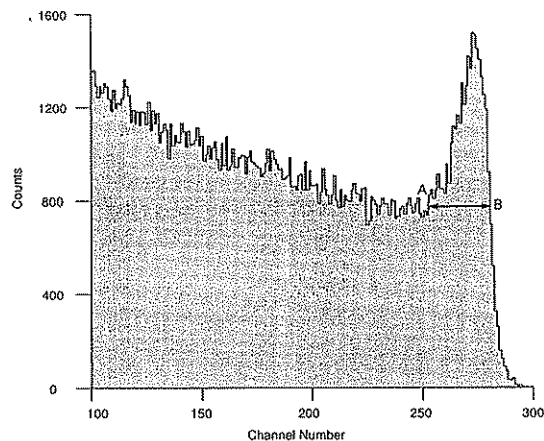


図2 ラザフォード後方散乱法による加工変質層の深さ測定例

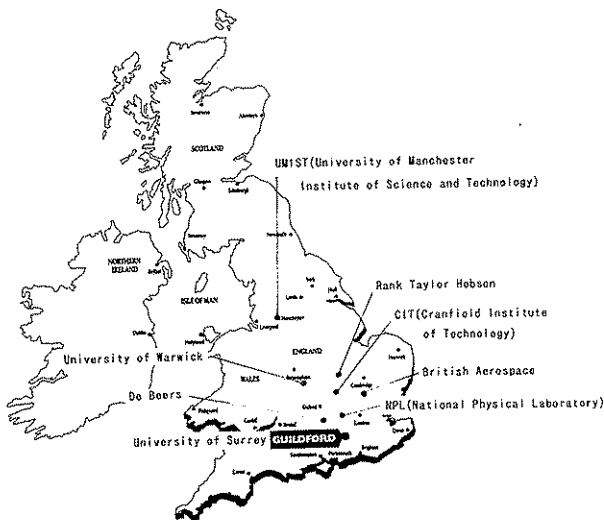


図1 サリー大学および主要研究機関の所在地



図3 古代の超精密加工のストーンヘンジを後に左から、芝浦工業大 柴田教授、サリー大 ルドマン氏、クランフィールド工大 チャオ氏、サリー大 パティック教授、筆者

学，機械学会のジョイントミーティングが定期的  
開催されているなど，他の分野との交流が積極  
的に行われているが，企業からの参加が少なく，  
せっかくの良い企画がまだ十分に生かされてい  
ない印象を受けた。今後の課題となろう。

## 参考文献

- 1) K.E.Puttićk, A.Frank et al : Single-point Diamond Machining of Glasses, Proc.R. Soc. A 436, (1989) 19-30
- 2) K.E.Puttićk, M.Yamasaka et al : Surface Damage in Nanoground Silicon, IMechE, Tribology in Metal Cutting and Grinding, '92 April, to be published.

## 工作機械に PM を！

上智大学名誉教授 伊 藤 鎮

アメリカで装置工業の製造現場に予防保全 (Preventive Maintenance) として導入された PM 思想は，やがて生産保全 (Productive Maintenance) へと進化した。PM は従来の事後保全 (Breakdown Maintenance) に対し先手を取った手法で，画期的なものとして賞賛された。さらに進めば保全予防 (Maintenance Prevention) へと発展するのは自然の成り行きである。

一方機械工業は自動車工業 (含部品工業) に歴然とするように，部品生産と組立作業のドッキングであり，流れ作業となり，すなわちあたかも装置工業的生産と紛うばかりに進展してきたので，その設備に PM 思想を取り入れるべきことは必然趨勢であろう。

ところで，工作機械メーカー自らも工作機械のユーザとして，自社製品を含めて工作機械を大量に設置しているのであるし，工作機械そのものの機能高度化，構造の複雑化，自動運転化を考えると，設計段階から故障しにくい，万一故障の折りにはその部

位の容易な交換可能な設計であるべきであり，さらには設備は常に進歩すべきであると考えるとき，修復機能の中には，改良保全をも含ませることも望まれ，また，自動運転の長期持続を考えると，その稼働工程中に，監視，異常検出，診断そして修復機能を持たせることも当然考えられなければならない。

最近 QC が TQC となったように，PM も TPM を唱えている。この T (Total) は機械の新設から廃棄までの意味もあり，設備の寿命までの期間における新設備，運転費，保全費に対する総生産高の割合で機械性能を評価する LCC (Life Cycle Costing) の考えを通して性能評価がなされていることも参考とすべきであろう。

最後に，何社かの工作機械メーカーが TPM を導入して成果を上げていることと，さらに幾つもの会社が TPM に興味を示していることを付け加えて置く。

とにかく，工作技術には地道な泥臭い道程を経て成果を上げるものが多いようである。

## 用語の解説

### —超砥粒ホイールのツルージングとドレッシング—

旭ダイヤモンド工業 (株)  
技術研究所 大原保之

研削砥石は高速度で回転しながら用いられる。このため砥石は真円であると同時に被削材への作用面は鋭利な切れ刃をもった砥粒が必要となる。これらの条件を満たさない砥石は特性が被削材や研削条件に合致しているとしても研削工具として役立たない。

$Al_2O_3$  や  $SiC$  を砥粒とした焼成砥石では各種のダイヤモンドドレッサにより形状修正 [ ツルージ

ング ] と切れ刃の発刃 [ ドレッシング ] が簡単にしかも同時にできる。ダイヤモンドや CBN を砥粒とした超砥粒ホイールは砥粒が硬いことや砥粒を保持するボンド剤が無気孔であることなどからツルージング，ドレッシングが容易でない。超砥粒ホイールの中では有気孔ビトリファイドボンド CBN ホイールがダイヤモンドロータリードレッサによりツルージング，ドレッシングが比較的容易に同時にできるた

め、研削の自動化や高精度化に寄与している。レジンボンドあるいはメタルボンドのCBN ホイールはツルージングとドレッシングを明確に区別する必要がある。CBNの硬さはダイヤモンドの約1/2のため、これら工具でツルージングすることができる。しかしツルージングされたホイール表面は砥粒が破壊あるいはカットされるとともにボンド剤も除去された平滑な面となる。これでは研削ができない。正常な研削のためにはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>砥粒などによるドレッシングが必要となる。

ダイヤモンドホイールはSiCなどの遊離砥粒や砥石でボンド剤を摩耗させ、その結果突出したダイ

ヤモンド砥粒を脱落させてツルージングする。また同じ作業を続けドレッシングするためツルージングとドレッシングをはっきり区別することができず両者が同時に行われることが多い。

超砥粒ホイールは切れ味と同時に耐摩耗性を重視した設計がされておりツルージングやドレッシングは一般の焼成砥石に比べ難しい。上に述べた機械的方法以外にも電気的あるいは化学的方法が提案されており、適切なツルージングとドレッシング方法を選ぶことは正常な研削をするための不可欠な条件となっている。

## 部門からのお知らせ

### 1. 講習会およびセミナー

- ① [学生を対象とした先端技術紹介セミナー  
—これが私たちのカイシャ(業界)です—]

製造業の活性化を支援することを目的に、企業と卒業前の学生との交流を図る「先端技術紹介セミナー」を企画しました。各企業から先端技術や会社概要を紹介していただき、製造業に対する学生の興味を喚起しようという主旨です。

- (1) 日時：平成4年4月21日(火) 10:00～17:20 その後、懇親会を予定  
(2) 場所：機械振興会館地下2階ホール(港区芝3-5-8)  
(3) 講演企業：帝人、新潟鉄工所、豊田工機、日立精機、東芝タンガロイ、三菱重工、岡本工作機械製作所他10社(予定)  
(4) 対象：東京近郊の理工系学生(卒業研究前の学部生及び修士論文前の修士学生)150名(予定)

(5)参加費：無料

- ② [明日を創る精密転写技術]

- (1)日時：4月22日(水) 9:30より  
(2)場所：航空会館

- ③ [加工の知能化]

- (1)日時：6月5日(金) 9:30より  
(2)場所：東京大学

- ④ [第2回 デザイン・エンジニアリング・プラザ  
テーマ名：最新の生産加工技術—加工から計測まで—]

- (1)日時：平成4年6月26日(金) 10:00～12:00、  
14:00～17:00  
(2)場所：幕張メッセ国際会議場

- ⑤ [伝統工芸にみる先端技術の草創と伝承]

- (1)日時：平成4年7月2日(木)～3日(金)、あるいは9月3日(木)～4日(金)を予定  
(2)場所：大阪建設会館

申し込み方法：会告をご覧ください。

### 2. ニュースレターへの投稿のお願い

本部門のニュースレターの目標の一つとして会員相互のコミュニケーションの場の提供を掲げております。900字以下で普段思っていることや、ニュースレター掲載情報についてのご意見、ご希望などをお寄せ下さい。

送付先：〒102 千代田区紀尾井町7-1  
上智大学理工学部機械工学科  
清水伸二  
TEL 03-3238-3859

### 編集後記

本号は表紙のタイトル見出しを「未来の生産」としました。内容的にもそれにふさわしいものになったのではないのでしょうか。また本号より新しい連載で「世界の大学・研究所まっぷ」をスタートさせました。皆様が世界でグローバルに活躍される時の参考になればと思います。「本部門のニュースレターの内容はどれも保存して置きたいものばかりなので保存しやすくして欲しい」との意見が多数寄せられました。そこで皆様の便宜をはかるため本号より綴じ穴および綴じ代付きにしましたので大いにご活用下さい。また本部門のイメージカラーは若草色ですが、記事のコピーが取り易いように地を白抜きにいたしました。今後も皆様のご意見を反映しながらより良いニュースレター発行に努力して参りますので、ご愛読の程宜しくお願い申し上げます。(S.S)

Production Engineering

No.2 春季号

1992年4月7日発行

編集兼 生産加工・工作機械部門

発行者 広報委員会

発行所 日本機械学会  
生産加工・工作機械部門

印刷製本 (株)春恒社