

# もの作りの技術

## 熟 成

January 20, 1998

No. 15

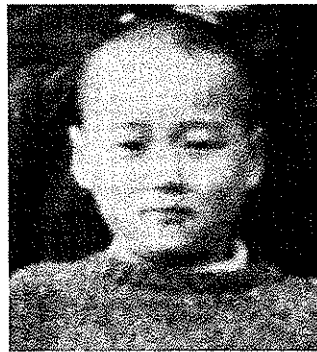
“川上の嘆”

生産加工・工作機械部門長（茨城大学工学部教授） 江田 弘

### 環 境

『子、川の上<sup>ほとり</sup>に在りて曰<sup>のたま</sup>わく、逝<sup>ゆ</sup>く者は斯<sup>か</sup>くの如き昼夜<sup>よる</sup>を舍<sup>や</sup>めず。』

『論語』のこの文章は不断に流れゆく水の流れの如く推移する時間の上に空しく老いていくわが身の不遇を嘆いた悲観的な解釈と、川の流れのように宇宙の流れは無限に持続し、人間もまたそうした持続発展のなかにあるという、人間の無限の進歩に対する希望の言葉であるとする相反する二つの解釈がある。



少年時代（5歳頃）

### 場

過ぎ去った日々は兎に角早い。反面これから先、長く感じるのが人情である。しかし人間“光陰矢の如し”である。

『子、曰<sup>のたま</sup>わく、故<sup>ふる</sup>きを温<sup>あた</sup>めて新<sup>し</sup>しきを知る。以<sup>し</sup>て師<sup>し</sup>と為<sup>な</sup>るべし。』

の如く学問の世界で天分を全うするのは

- 〔I〕 30歳まで寝食を忘れ、外界人と付き合いわず、研究（宇宙）と徹底的に相撲をとる（博士）。

- 〔II〕 30歳代、子孫が食べていく新学術に勇敢に挑み、自分にしかできない学問を創造する。
- 〔III〕 40歳代、自分が創造した学問を引っ提げて世界を行脚、普及し、世を救う。
- 〔IV〕 50歳代、お世話頂いたお礼を世にお返しする。また人に機会を与え、育てる。
- 〔V〕 60歳代、定年まで、自分が築いた普遍妥当性のある創造学術を成書となす。のが基本的な態度であろう。

### 工作機械・生産加工の新秩序形成

1990年を境に学術（工学+技術）のマクロ工学は終焉を迎え、0.1mm以下のマイクロファブリケーションの時代に入った。現在当部門に関する学会発表はマクロ技術が企業の開発・能率研究としてあるがいずれ淘汰されよう。

マクロ（物質-エネルギー）、ニュートンやアインシュタインの世界からマイクロ（情報-物質-エネルギー）の領域に入った。例えば、距離d、時間t、方向は情報形態であるから速度、加速度も情報である。依って、 $F = m\alpha$ は、力=質量×情報となる。

つまり、『情報は、物理学の法則を支配しているすべての数式に内在する要素である』故に情報は組織性の関数となる。この流れは以下の世界を開く。

- （1）手足（動力）+五覚（聴・触・嗅・視・味）+頭脳 $\geq 0.1$ mmのマクロ世界→アクチュエータA+セン

### トピックス

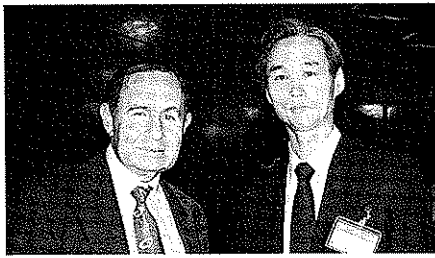
- ・“川上の嘆”
- ・技術レポート：  
2面拘束ツールインタフェース-HSKの標準化  
パラレルメカニズム形切削加工機
- ・部門からのお知らせ

### 部門カレンダー

- 1/30 講習会 -知らないと損をする工作機械  
ISO関連規格最新動向-  
(於 中央大学駿河台記念館)
- 3/5,6 講習会 実習でつかもう「ものづくり精度」  
の勘どころ  
(於 上智大学)
- 3/31~4/3 第75期通常総会講演会  
(於 東京工業大学)

サS+コンピ  
ュータC<  
0.1 mmのマ  
イクロ世界の  
秩序(機能、  
構造)を究明  
する。

(2) 生  
命・生体シス  
テムによるマ



MITのE.Rabinowicz教授と

イクロとマクロワールドのインターフェース構築

例えば『生命システムは情報を利用して以下のことを行うエネルギー変換機である』。i) 仕事をより効率的に行う。ii) ある形態から別の形態へとエネルギーを変換する。iii) エネルギーを情報へと変換する。

## 結 び

現在は、心臓の鼓動、血液の流れ、体細胞分裂等無感覚世界、すなわち五感覚外の世界が研究対象となった。そのツールは情報物理である。

## 2面拘束ツールインターフェース—HSKの標準化

東京農工大学大学院 堤 正臣

### 1. ISOにおけるドイツの世界戦略

日本の製造業発展を支え続けてきた工作機械産業は、過去14年間世界一の地位を占め続けてきた。なかでも数値制御(NC)工作機械は技術的な面でも世界をリードしてきた。ところが、この分野に今までの設備がまったく使えなくなるインターフェースがドイツから提案され、工作機械工業界は、この対策に迫られている。ドイツが、ISO(国際標準化機構)に「HSKツールインターフェース」と称する新しいインターフェースを提案したのが7年前。ドイツは、ISOに国際標準として採用するように働きかけると同時に、アメリカの自動車メーカ、いわゆるビッグ3と航空機メーカのボーイング社に採用を強く働き掛け、世界標準にすべく努力してきた。このインターフェースは、おもにマシニングセンタの主軸と工具とを機械的に接続するためのもので、インターフェースが変わると今までのマシニングセンタが使えなくなるだけでなく、工具も使えなくなるなど、その影響が極めて大きい。ドイツの戦略は、このインターフェースは、従来のものに比べてあらゆる面で優れた性能を持っていることをアーヘン工科大学で行った研究成果をもとに世界各国で宣伝し、採用する企業を増やし続けることであった。しかし、このインターフェースは特許と無関係にどこの国の、どこのメーカでも規格に基づいて製造できると宣伝してきたものの、その裏にはドイツの戦略が隠されていた。つまり、このインターフェースを採用した工具シャンクをクランプするための技術のほとんどはドイツの特許で固められてしまっていた。そのため、特許に関係ないと信じてこのインターフェースをマシニングセンタの主軸に採用すると特許に関する固定装置をドイツから購入せざるを得なくなる仕組みになっていた。

### 2. 信頼できないドイツの主張

アーヘン工科大学で研究された成果を入手し、詳細に調べたところ、ドイツの主張する約10項目のうち、有効性が証明されているものはわずかであり、その大部分が実証するデータのないものであることが分かった。筆者らは、5年前から社団法人日本工作機械工業会に研究

会を組織するように要請するとともに補助金を受けて、研究を開始した。その研究会では、ドイツの主張する性能の確認を行うとともに、データのないものについては、実験と解析とを行い、ドイツの主張のいくつかは裏付けのない主張であり、正しくないことを実証した。日本の製造業界がドイツの主張に耳を傾け、採用したいと考えた最大の理由は、高速化に適しているということであった。日本企業は、この高速化に適しているという宣伝を、今まで数千回転で工具を回転させていたものを数万回転で回転させて切削する、つまり高速切削に適したインターフェースであると理解してしまったところに大きな誤りがあった。筆者らは、アーヘン工科大学を訪問して議論したところ、ドイツの考え方は、高速回転でなく、高速切削であり、そのため、高速回転体に必要な動バランスの狂いに対する対策などは不要であると考え、インターフェースが設計され、ISO規格として提案された。高速切削と高速回転との違いは極めて大きい。

ドイツの主張の中に工具寿命が長くなるというのがあった。工具寿命は生産管理をする上で重要なファクタであり、工具寿命が短いと頻繁に刃先を交換しなければならず、コストを押し上げる要因になる。ところが、工具寿命に関する研究は全く発表されていないために、アーヘン工科大学で工具寿命に関して実験を行ったデータがあれば、それを欲しいと頼んだところ、工具シャンクの寿命が長いのであって、工具寿命については実験していないとの回答で、同行した研究者も苦笑せざるを得なかった。

また、振動ダンピング性能にも優れているとの報告がなされており、そのデータも発表されていたが、アーヘン工科大学を訪問したときに実験室でデモンストレーションを見せてもらい、測定した結果、従来のインターフェースの方が高いダンピングが得られてしまい、ドイツの主張する結果と逆の結果が得られたことに研究者はあわてて弁解する始末であった。

このように、未完のままの新しいインターフェースをドイツは世界に宣伝し、ISO規格として取り上げられることを主張した。その結果、ヨーロッパ主導であるISOは、この規格を議論することを承認し、1997年9月に草案

を提出するところまで漕ぎ着けた。しかし、まだ、草案が固まるころまでは至っていない。

### 3. 日本の対応

この間の日本の業界はどうであったかは、日本の国際化に対する姿勢としてとらえるとよく理解できる。日本の業界は、「ユーザから新しいインタフェースで製作するように要請されれば、いつでも作ります。」というのが基本的な姿勢である。このような態度の業界を引っ張っていくのも大変な労力を必要とし、大学で行った研究成果を披露して、これでも良いかと提案し、やっと全体の意見を汲み上げることができる程度である。日本の業界、筆者は工作機械に関連する業界しか知らないが、日本自らが世界のリーダーになる覚悟はできておらず、決まれば不平を言いながらも従うという図式になっている。従って、ドイツのように世界をリードする役割はとて果たせそうにないのが現状である。

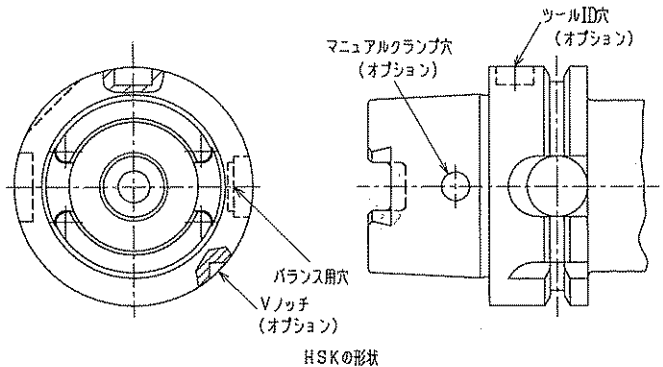
### 4. 産学共同研究の成果をもとに ISO を修正

筆者と上智大学清水伸二教授、慶応大学青山藤詞郎教授との3人とでそれぞれ分担して研究を行ってきた成果をもとに、ドイツ提案に対して修正を迫り、原案を修正させることに成功した。図は、ISO規格原案の一つであるが、

- (1) 動バランスをとるように規格に指定させた。
- (2) マニュアルクランプ用穴をオプションにした。
- (3) Vノッチをオプションにした。
- (4) ツールID用の穴をオプションにした。
- (5) シメシロを大きくした。

これら5項目について修正させた結果、DIN（ドイツ国家規格）とは違ったものになり、ドイツが今まで製造を続けてきたシャンクとは合致しないものになった。

このように多くの修正を迫り、ISO会議に出ている各国を納得させることができたのも、清水教授の献身的な努力と工業界を中心にした研究会のバックアップがあったからである。



## パラレルメカニズム形切削加工機

豊田工機株式会社 技術研究所 要素技術開発室 渋川 哲郎

### 1. はじめに

自動車部品などの切削加工分野では、高速加工による生産性の向上が期待されている。高速加工を実現するための技術として、高速回転主軸、高速・高加速度送り機構等の利用が考えられ、リニアモータを応用したマシニングセンタなどが試作されている。一方、1960年代にスチュワートによって紹介されたパラレル機構(1)は、シンプルな構造で移動体がコンパクト化可能な点から、高速・高加速度送りに適し、次世代工作機械への応用の期待が高まっている。ここでは、切削加工に適応可能な剛性をもつパラレル機構を新規開発し、切削加工機へ応用した試作結果を紹介する。表1に開発機仕様を示す。

### 2. 構成

図1に加工機外観、図2に構成概要図を示す。本切削加工機では、高速回転主軸 (Max 24,000min<sup>-1</sup>) を付加したエンドエフェクタ (移動体) を6本のロッドで支持し、ボールねじを組み込んだアクチュエータ軸のスライダにジョイントを介して結合する構造とした。動作は、各スライダを前後進することにより、ロッドを介してエンドエフェクタの位置姿勢を決定する。従って、ス

ライダを制御する事により、直交動作だけでなく姿勢変更が行え、最適なアプローチ角度で加工を行うことができる。アクチュエータ軸のボールねじを大リード化し両端支持とすることで、高速・高加速度送りを可能とした。また、ボールねじ駆動用サーボモータを固定ベース側に配することによりエンドエフェクタを小型・軽量化することができ、駆動負荷の低減およびモータの小型化が可能となった。制御システムには、内部アーキテクチャが公開されていて、柔軟に制御ソフトの組み込み等を行うことのできるパソコンNCを使用した。システムは、Microsoft Windows NT上に構築され、CAMシステムより出力されたNCデータを入力とし、アクチュエータ軸のスライダ位置を演算し、パソコンNCにサーボの位置指令として出力する。

表1. 開発機仕様

加工範囲 (mm <sup>3</sup> )	φ500×350
先端傾斜角度 (°)	±20
最大送り速度 (m/min)	100
最大加速度 (m/sec <sup>2</sup> )	14.7
繰り返し精度 (mm)	±0.002

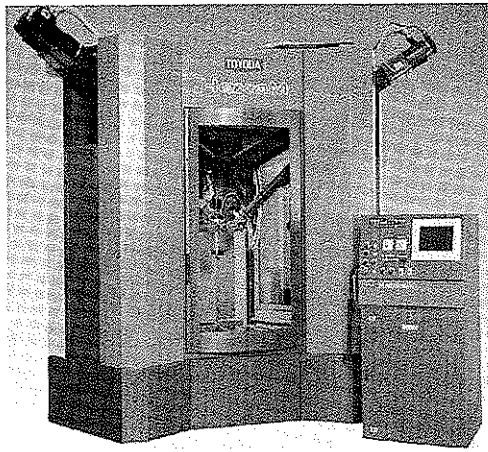


図1 加工機外観図

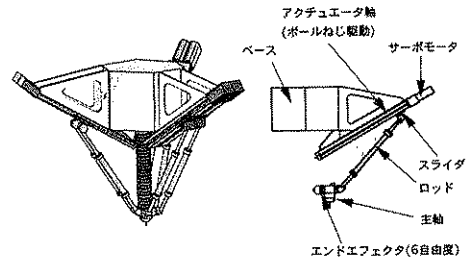


図2 加工機構概要図

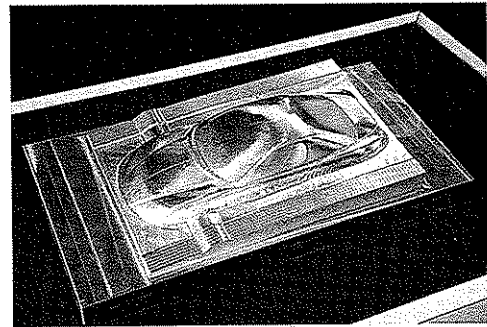


図3 加工モデル (自動車スケールモデル)  
(材質: アルミ)

### 3. 評価結果

評価として、最大速度 100 m/min, 最大加速度 1.5 G, 繰り返し精度  $\pm 0.002$  mm を実験により確認した。また、実際にモデル加工を行い、加工機として性能を評価中である (図3)。

### 4. まとめ

本報は、豊田工機 (株)、トヨタ自動車 (株) と (株) 豊田中央研究所が共同で開発した 1 号機に加え、豊田工機 (株) が改良試作した 2 号機について、評価確認した結果に基づいている。今後、平行機構の切削加工機への応用は、剛性・精度の一層の向上、さらには適切な利用分野の選択と、より具体化した方向が示される段階にさしかかっている。いずれにせよ、従来のマシニング

センタとロボットの特長を併せ持った加工機として、その高速性が活かされた応用結果の出現が待たれる。

#### 文献

- (1) D. Stewart, A Platform with Six Degrees of Freedom, Proc. of the Institution of Mechanical Engineers 1965-1966, Vol.180 Part 1. 15 (1965), 371

## 部門からのお知らせ

### 講習会 —知らないと損をする工作機械ISO関連規格最新動向—

協賛：日本工作機械工業会、日本小型工作機械工業会、日本工作機械工業会、日本工作機械輸入協会、精密工学会、砥粒加工学会、型技術協会

開催日：1998年1月30日(金) 10:30~17:00

会場：中央大学駿河台記念館 670号室

[千代田区神田駿河台3-11-5 電話03-3292-3111, JR中央・総武線「お茶の水駅」下車3分, 地下鉄千代田線「新お茶の水駅」下車 B1・B3 出入口徒歩3分, 丸の内線「お茶の水駅」下車徒歩6分, 都営新宿線「小川町駅」下車 B5 出入口徒歩5分]

趣旨：ここ1, 2年のうちに、工作機械関連の新しいISO規格が相次いで制定されようとしています。このISO規格は、国際間の取り引きだけでなく、国内の取り引きにおいても重要な位置を占めています。JIS化の作業はISO規格となってから行われますが、それを待っているのは輸出業務に支障が出るだけでなく、規格によってはISO規格に準拠した設計や試験を行わなければ、取引のできないものもあります。したがって、これらのISO企画案が正式な規格として発行される前に、その内容を把握し、準備しておくことが望まれます。本講習会では最新のISO-DISの中から代表的な規格を取り上げ、それぞれの専門家の立場から、規格の概要や留意点について解説していただきます。工作機械を導入する立場にある技術者や、工作機械関連技術者にとって無視できない講習会になると思われます。

#### 題目・講師：

挨拶

新しくなった位置決め精度試験方法の概要と対策

従来にない規格：熱変形試験方法及び騒音試験方法

ほぼ固まったマシニングセンタ検査規格

新しいツーリング規格

(社) 日本工作機械工業会 八賀 聡一

(株) 東京精密 大澤 信之

(財) 機械振興協会技術研究所 上野 滋

東京農工大学 堤 正臣

上智大学 清水 伸二

工作機械安全規格のポイント  
質疑応答

(財)日本品質保証機構 阿部 俊男  
司会 慶応義塾大学 青山 藤詞郎

定員：120名、申込先着順により定員になり次第締め切ります。

聴講料：日本機械学会会員及び協賛団体の会員 20000円(学生員 7000円)、会員外 30000円(一般学生 10000円)。いずれも教材1冊分代金を含みます。

教材：教材のみご希望の方は、1冊につき会員 2000円、会員外 3000円で頒布いたしますので代金を添えてお申し込みください。

申込方法：申込者1名につき、別紙行事申込書1枚(コピー可)に必要事項を記入いただき、代金を添えてお申し込みください。(担当職員 遠藤貴子) (東京農工大学 堤正臣)

### 講習会 一生産加工基礎講座— 実習でつかもう「ものづくり精度」の勘どころ

開催日 1998年3月5日(木)、6日(金)

会場 上智大学 理工学部 機械工学科 クループホール

[東京都千代田区紀尾井町7-1、電話(03)3238-3304、JR中央線および地下鉄・丸の内線四ツ谷駅下車、徒歩3分]

主旨：工作機械の熱変形、および各種構造要素の運動精度測定については、誰もがその重要性を認めながらも、これを把握・解決するための基礎力を養う適切な場がないのが実状です。本講習会では第一線の講師陣による座学と実習を通して、参加者の皆様に十分な理解と基礎力を身に付けていただくことをねらいとしています。受講対象者としては、工作機械関連の生産設備設計あるいは製造技術の実務経験を持った若手技術者を考えています。講習は1日単位での申し込みも可能です。多数の皆様の参加をお待ち申し上げます。

なお、本講習会はここ数年来実施して好評を得たものを、内容を吟味して引き続き実施するものです。実習を通しての貴重な体験に、皆様もぜひ参加してみませんか？

題目・講師

3月5日(木) 10:00~12:00 講習

13:00~16:00 実習

「工作機械の熱変形問題のとりえ方」

工作機械の熱変形による加工誤差の問題は、工作機械の加工精度を向上する上で避けることができない。そこで、本講習では熱変形の原因、熱源の探索、各熱源による熱変形挙動、熱変形対策等について、モデルを用いた解析で説明する。実習は講習の内容に対応したものを行う予定。また、現在審議中のISO規格に基づいた工作機械の熱変位測定方法に関しても、その最新動向を概説する。

東京農工大学教授 工学部 西脇信彦

東京農工大学助手 工学部 堀 三計

機械振興協会 技術研究所 部長 上野 滋

3月6日(金) 10:00~12:00 講習

13:00~16:00 実習

「運動精度計測問題のとりえ方」

工作機械の幾何学的誤差は、直線運動誤差、回転運動誤差、および軸の交叉角誤差が工作機械の基準面の誤差の上に組立てられている。これらは直接、工作物の形状偏差および姿勢偏差ならびに表面粗さに影響する。ここではそれらの関係を学ぶとともに、どのような測定・解析を行うかを体得する。実習内容はボールバーによる円弧運動精度測定と切削形状との相関測定、ISO230-3に基づく位置決め測定ほかを予定。

(株)ミットヨ 技術顧問 沢辺雅二

機械振興協会 技術研究所 部長 上野 滋

レニショー(株) 営業技術部 課長 佐藤清志

定員 15名、申込先着順により満員になり次第締め切ります。

聴講料

2日間連続で受講する場合：会員 46 000円、会員外 66 000円。

1日単位で受講の場合：会員 26 000円、会員外 36 000円。

問合せ先 上智大学理工学部機械工学科/岡部真幸

電話(03)3238-3304/FAX(03)3238-3311/E-mail m-okabe@megw.me.sophia.ac.jp

申込み先 編修課 遠藤貴子

(東京都立大学 諸貫 信行)

### 講習会 一学生を対象としたセミナー—

当部門第二企画委員会では、学部生および院生を対象とした最新生産技術の紹介セミナーを企画中です。自動車、工作機械、家電、AV機器、マイクロマシン・・・、その他の工業製品や身の回り製品の生産技術、または企業で行われている最新生産技術の紹介を行います。平成10年7月頃に実施を予定しています。乞うご期待。

(東京都立大学 諸貫 信行)

## 第75期通常総会講演会部門企画

来る3月31日(火)～4月3日(金)第75期通常総会が東京工業大学大岡山キャンパスにおいて開催されますが、生産加工・工作機械部門では以下のような企画を予定しております。大会参加費3000円で下記の企画全てを聴講できますので、多数ご参加下さいますようお願い申し上げます。

特に、International Session「Precision Fabrication」では、我国で研究活動を行っている留学生と国内、海外の研究者の意見の交換や交流を目指しております。今回は4つのセッションに15件の研究発表が予定されております。詳しくは日本機械学会誌2月号に掲載されるプログラムをご参照下さい。多数のご参加をお待ちしております。

3月31日(火)

9:00～13:00 インターナショナルセッション “Precision Fabrication”

“Material Surface and Its Evaluation” (発表4件)

“Measurement and Control in Fabrication” (発表3件)

“Cutting” (発表3件)

“Grinding and Lapping” (発表5件)

オーガナイザ 江田 弘(茨城大学), 柴田順二(芝浦工業大学)

14:00～15:00 基調講演「工作機械・生産加工進化のニューテクノロジー ―知能化アクチュエータ・センサを革新する超磁歪材料―」 講師:江田 弘氏(茨城大学)

15:15～17:45 先端技術フォーラム「工作機械・生産加工のニューテクノロジー」

講演5件およびパネルディスカッション

4月1日(水)

10:00～12:00 新技術開発レポート「工作機械の新技術紹介」

技術紹介5件および質疑応答

13:00～14:00 基調講演「工作機械のハイテクを支える基礎技術」 講師:田中克敏氏(東芝機械)

14:15～16:45 特別企画“第一線の技術者に贈る温故知新チュートリアル”

「実務に役立つ工作機械の基礎技術」 講義(30分) 5件

17:30～19:30 部門同好会 (FAと合同開催で部門賞, 功労賞の贈賞等)

4月2日(木)

10:00～12:30 一般セッション

「工作機械の高精度化技術」(発表4件)

「表面損傷, 油剤, 塗装」(発表5件)

(横浜国立大学 高木純一郎)

## 第76期全国大会「オーガナイズドセッション」講演募集

平成10年10月1日～4日に第76期全国大会が東北大学で開催されますが、生産加工・工作機械部門では以下のオーガナイズドセッションを設け、講演を広く募集いたします。講演申し込みの詳細は会誌3月号をご覧ください。

・「生産加工技術の知能化」

オーガナイザ:青山藤詞郎氏(慶応大学), 斎藤義夫氏(東京工業大学)

・「超精密加工・超高速加工」

オーガナイザ:厨川常元氏(東北大学)

(横浜国立大学 高木純一郎)

Production Engineering

No.15 春季号 1998年1月20日発行

編集兼 生産加工・工作機械部門

発行者 広報委員会

発行者 日本機械学会  
生産加工・工作機械部門

印刷製本 ㈱春恒社