

AMAC

# マイクロマシン

1995・7 No. 12

- マイクロマシン開発への期待
- マイクロマシンの研究紹介
- (財)マイクロマシンセンターの平成6年度事業活動
- 第1回マイクロマシン技術研究助成成果の概要
- マイクロマシン技術の経済効果(技術予測)に関する調査研究結果の概要
- 技術の系譜(賛助会員の紹介)
  - ・ 三菱電線工業株式会社
  - ・ JUKI株式会社
- トピックス
- 入門講座 マイクロアセンブリ技術
- イベントのお知らせ

財団法人 マイクロマシンセンター

# マイクロマシン開発への期待

社団法人 日本ロボット工業会  
会 長 森 下 洋 一



ロボットに対するニーズと期待は、産業分野にとどまらず社会経済のあらゆる分野に拡がりつつある。しかしながら、今後無限に拡がっていくと考えられるロボットへのニーズに対応し、実用化を実現し、さらに企業化を推進していくためには、革新的ロボット技術の研究開発が前提となることは言を待たない。

通商産業省工業技術院の大型工業技術研究開発制度（本制度は1993年より産業科学技術研究開発制度に改編）により1991年からスタートした「マイクロマシン研究開発」プロジェクトは、機器・システムの小型化を極限まで追求しようとするもので、その具体的な研究テーマは、「発電施設用高機能メンテナンス技術の開発」、「医療用マイクロマシン技術の開発」、「マイクロファクトリの研究開発」の3つで、それぞれマイクロマシンを使った発電施設等の高機能メンテナンスシステムの開発、医療分野における体腔内診断・診療システムの開発、超小型製造装置による生産システム（マイクロファクトリ）構築のためのマイクロ加工技術、操作技術および組立技術の開発などが進められている。

これらマイクロマシンの開発成果の応用分野は、産業プラント、家電、情報通信、計測、医療、宇宙、環境等の多分野に及び、2010年には、約3兆2,000億円の市場規模が予測されており、将来に大きな夢と期待を抱かせるプロジェクトといえることができる。

一方、ロボット普及の展望は、ロボット技術のめざましい発展とともに、そのニーズは従来の製造業分野にとどまらず、原子力分野、医療福祉分野、建設業分野、海洋開発分野など非製造業分野での需要が着実に拡がっており、さらにこれら産業分野だけでなく高齢者、身障者の生活支援や作業支援など社会福祉用はもちろん、家庭用やレジャー用といった非産業用のパーソナル分野でのロボットの利用に大きな期待が寄せられている。

このような背景に立脚して、社団法人日本産業用ロボット工業会は昨年6月に社団法人日本ロボット工業会に名称変更し、産業用分野に限らず、非産業用分野を含めたロボットの技術開発と普及促進のための体制整備を推進しているところである。

社団法人日本ロボット工業会の需要予測によれば、製造業分野、非製造業分野、非産業用分野を合わせた2005年時点での総需要は、2兆円規模にまで達するものと予測されている。

また、パーソナルロボットの需要は、2005年に2千億円、2010年に1兆7千億円と予測され、さらに21世紀末には自動車産業並みに成長するとの予言もある。

先に述べたようにこれらロボットの発展は、「マイクロマシン技術」の研究開発の進展に負う所が大であり、ロボット開発の大きな命題である小型化、高機能化、高精度化、高速化が飛躍的に向上するとともに、その適用分野の拡大も大きく加速されることになろう。

特に、パーソナルロボットの発展は、マイクロマシン技術が鍵を握っている。

また、「マイクロマシン技術」の確立は、このようなロボット技術の発展を促すことはもちろんであるが、省資源、省エネルギーの面でも重要な役割を演じ、これにより少資源国である我が国の経済の活性化・発展に大きく寄与するとともに、新しい産業の創成につながるプロジェクトとしても、その成果が大いに期待される。

# マイクロメカトロニクスの研究

山口大学工学部機械工学科メカトロニクス研究室  
教授 栗林 勝利

本研究室ではマイクロメカトロニクスを中心とした教育研究を担当しています。特に形状記憶合金マイクロアクチュエータを用いたマイクロマシンの研究を特色としています。研究内容は大きくわけてミリサイズマイクロマシン、ミクロンサイズマイクロマシン及びSi系微細加工装置開発研究の分野にわけそれぞれ以下のような内容で研究を行っています。

## 1. ミリサイズマイクロマシンの研究

形状記憶合金（SMA=Shape Memory Alloy）が力/重量比が大きいこと、さらにマイクロ化すると表面積/体積比が大きくなり速応性が大きくなることに注目し、SMA細線、SMA薄板（50  $\mu\text{m}$ 厚程度）を用いたミリサイズマイクロマシンの試作と制御を行い、種々の問題点の検討及びその解決法の研究を行っています。図1はマイクロマニピュレータの例であり、SMA薄板（50  $\mu\text{m}$ 厚）アクチュエータをスパイラル状にしてアームの関節軸を回転させるように設計されています。SMAは平面状に形状記憶されているので、リード線により電流加熱されますと、スパイラル形状が真直になろうとし、その回復トルクにより軸を回転させます。又軸の裏側に別のSMA



図1 スパイラル型SMA 1軸マニピュレータ

薄板が逆スパイラル状に取り付けられており、このSMAを電流で熱することにより、逆回転されます。

蛇管ワイヤ系はワイヤの引張り強度あるいは蛇管の座屈強度までの大きな力を伝達することができるので、医用カテーテル等への応用研究が多くなされています。図2は腹腔内手術用マニピュレータの基礎研究として試作されたグリッパ（4自由度）で、つまみ動作以外に指先でのころがし操作も可能です。つまみ時の力はグリッパ近くに取り付けられたマイクロ力覚センサにより検出し、マスター側へブレーキ力としてバイラテラルフィードバックされています。したがってつまみ対象物の硬軟も識別することが可能です。一方蛇管ワイヤ系は摩擦力が大きいので、振動を加えて摩擦を軽減する方法についても研究を行っています。

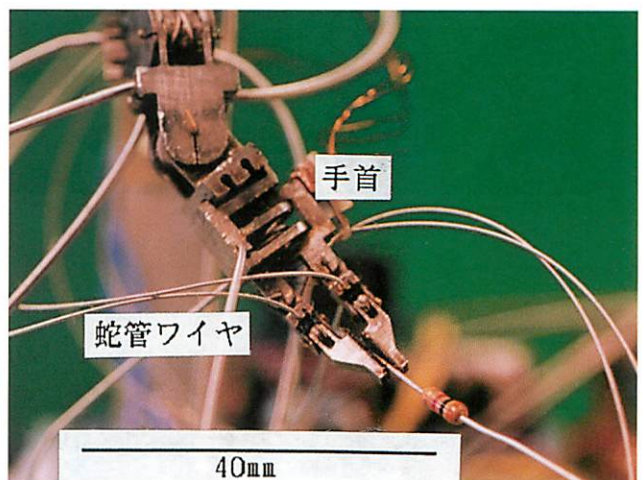


図2 蛇管ワイヤ（ $\phi 100 \mu\text{m}$ ）を用いたミリサイズハンド

## 2. ミクロンサイズマイクロマシンの研究

さらに小さいサイズのSMAを用いたマイクロマシンを開発しようとするれば、数  $\mu\text{m}$ のSMA薄膜が必要であり、上記のミリサイズマイクロマシンで用いたような製造法ではもはや不可能です。

本研究室ではスパッタ法により  $5\ \mu\text{m}$  程度の SMA 薄膜の製作にいち早く成功し、これを中心としたミクロンサイズマイクロマシンの試作研究を行っています。図 3 は薄膜ではあるがマクロタイプの中間試作例です。これは可逆型 SMA 薄膜アクチュエータであり、円弧状に形状記憶したもので、加熱冷却するのに応じて円弧形状が(a), (b), (c)のように変化します。可逆型の場合はバイアスバネ等を用いた構造にする必要がないのでシンプルであり、しかも SMA アクチュエータの加熱のための電圧も数 (V) でよいこともありマイクロマシン用アクチュエータ材として極めて有望です。

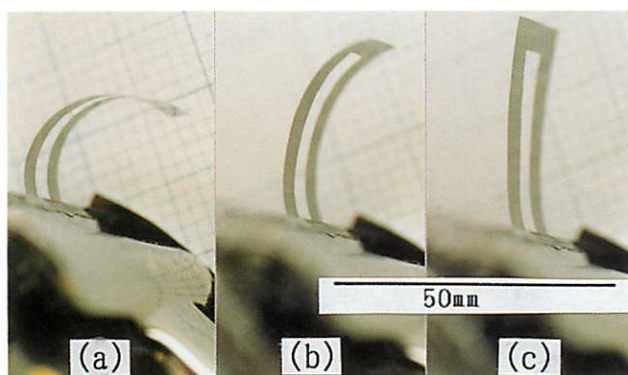


図 3 可逆型 SMA 薄膜

あとは Si プロセス等との融合が研究課題ですが、図 4 は Si ウエハ上に SMA と Cu を成膜し、ウエットエッチングを行ったものであり、2 自由度グリッパ付のマニピュレータの作成プロセスの途中のものです。これを立体構造にする第 1 歩として図 5 は Si ウエハ上に作成した SMA カンチレバーです。

### 3. マイクロマシン開発用 RIE の研究

反応性イオンエッチング装置 (RIE) の低温化により異方エッチングが高速化できることに注

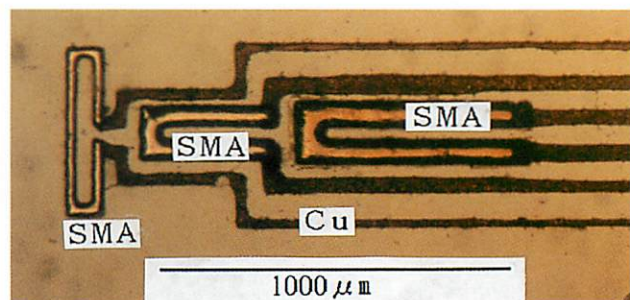


図 4 グリッパ付 2 自由度マイクロマニピュレータの Si 上パターン

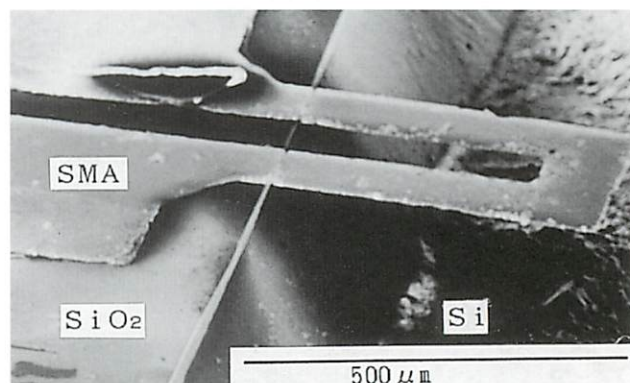


図 5 Si ウエハ上の SMA 薄膜カンチレバー

目し、装置の試作と特性研究を行っています。図 6 は特性研究中に得た結果の 1 例であり、比較的良好な結果を得たと思います。RIE の研究の他 CVD、スパッタ装置等のマイクロマシンに特化した装置の開発研究も行っております。

なお本研究室ではマイクロマシン研究の博士課程学生、研究生等を募集しています。

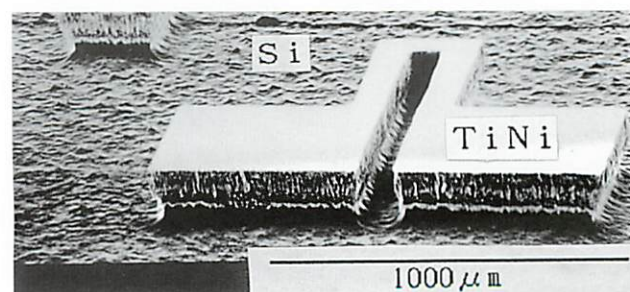


図 6 RIE による Si のエッチング例 (マスクは TiNi)

## (財)マイクロマシンセンターの平成6年度事業活動

平成6年度は、微細で複雑な作業を行う大きさ数mm以下の機能要素から構成された微小機械＝マイクロマシンに関する調査及び研究、情報の収集及び提供、内外関係機関等との交流及び協力等を行うことにより、マイクロマシンの基礎技術の確立及びマイクロマシンの普及を図り、我が国の産業経済の発展及び国際社会への貢献に寄与することを目的とし、以下の事業を行いました。特に事務局体制の基盤整備・強化を図るとともに、国際交流事業の拡大に務めました。

### 1. マイクロマシンに関する調査及び研究事業

#### ①工業技術院産業科学技術研究開発制度プロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」の研究開発（新エネルギー・産業技術総合開発機構からの受託研究）

発電プラント等の複雑な機器及び生体内の狭小部において移動し、自律的に高度な作業を行い、また、小型工業製品の微小部品の製造を行う微小機能要素から構成される機械（マイクロマシン）システムを実現するための技術を確立することを最終目標とします。

本研究開発は4年目に入り、前年度までの研究開発に加えて平成6年度より新たに「マイクロファクトリ技術開発」が開始されました。全体としての研究開発は、当初計画通り順調に進みましたが、去る1月に発生しました兵庫県南部地震の影響により、一部次年度に繰越さざるを得ない状態が生じています。

#### [発電施設用高機能メンテナンス技術開発]

発電施設用高機能メンテナンスシステムを構成するマイクロカプセル、マザーマシン、無索検査モジュール、有索作業モジュールに関する各要素技術について試作、作業実験、評価を含む研究開発を行いました。

#### [マイクロファクトリ技術開発]

マイクロ作業機構、マイクロ駆動機構に関する各要素技術について試作、作動実験、評価を含む研究開発を行いました。更に、機械を小型化した際の省エネ効果の測定、機器の小型集積化に伴う機器間電磁波ノイズや静電気の影響等についての問題点の検討を進めました。

#### [医療応用技術]

医療用マイクロマシンシステムとして、体腔内診断治療システム中の脳血管診断治療用マイクロカテーテルを想定し、これに必要な要素技術として、マイクロ触覚センシング用圧電式触覚センサ・光学式圧覚センサ・圧覚伝達機構、レーザ診断治療用マイクロレーザ・カテーテル、血圧血流センシング用センサ等について、試作、作動実験、評価を含む研究開発を行いました。

#### ②マイクロマシンの設計・製作基盤技術に関する研究（機械技術研究所との共同研究）

マイクロマシンを設計、製作するための基盤技術を確立するため、工業技術院機械技術研究所との共同研究を行いました。

#### ③マイクロマシン用材料に関する研究開発（機械技術研究所との共同研究）

材料技術はマイクロマシンの基礎技術として極めて重要であることから、工業技術院機械技術研究所との共同研究により「マイクロマシン用材料に関する研究」を実施しました。

#### ④マイクロマシン基礎技術の調査研究（日本小型自動車振興会からの補助事業：産学共同研究の推進）

多様なマイクロマシンシステムの構築に必要なマイクロ理工学及び設計技術に関する11テーマについて、技術シーズを探索し、産学共同研究を実施しました。

#### ⑤マイクロマシン技術の経済効果（技術予測）に関する調査研究（社）日本機械工業連合会からの委託調査事業）

イ. マイクロマシン技術に関する開発予測調査  
ロ. 各種産業におけるマイクロマシンシステムに関する経済効果調査

対象分野としては、平成5年度の情報通信機器分野、精密機器分野、医療応用分野、計測分野、自動車分野の5分野を加え、新たにナノテクノロジー分野、マイクロファクトリ分野、メンテナンス分野、環境分野、航空宇宙分野、ホビー分野を追加し、これにより調査研究に一区切りがつけました。

なお、試算としては、2010年に市場規模を約3兆2,000億円と予測しています。

#### ⑥マイクロマシン技術国内外研究開発動向調査

(社)日本機械工業連合会からの委託調査研究)

イ. マイクロマシン技術開発状況

ロ. マイクロマシン技術動向の分析をアンケートや研究論文により、関連する研究に取り組んでいる日・米・欧の大学、研究機関、民間企業を抽出して研究者、研究課題、研究内容、研究成果、研究組織等の調査を行い、研究開発動向を分析・整理しました。

## 2. マイクロマシンに関する情報の収集及び提供事業

### ① マイクロマシンに関する情報の収集

マイクロマシンに関する情報ならびに資料として定期刊行物、図書、その他の資料を国内外の大学、産業界、公的機関等から収集し、当センターで実施した調査資料とともに、資料室に保管整備しました(平成6年度収集図書112冊、累計301冊)。

### ② マイクロマシンに関する情報の提供

上記で収集した資料を基に、資料室で関係者に閲覧提供しました。

### ③ マイクロマシン技術情報データベースの構築調査

本調査では、当センターで望ましいデータベースに関して、①データベースに蓄積すべき情報の種類、②データベースの利用者が提供を期待する情報形態、③上記を満足するシステム形態を調査検討しました。

## 3. マイクロマシンに関する内外関係機関との交流及び協力事業

官学産共同研究の推進事業として研究グラントを、マイクロマシンサミット、セミナーの開催等による研究者及び有識者の招聘、交流等内外関係機関等との提携、交流及び協力の諸事業を行いました。

### ① マイクロマシン技術に関する研究助成

マイクロマシンに関する基礎的な研究に取り組んでいる大学の教員に対し研究助成を行い、マイクロマシン技術の一層の進展と、産学交流の一層の促進を図るため、平成6年度(第2回)の研究助成対象課題の募集を行い、多数の応募のもとに厳正に審査した結果、2年度継続研究を含めて11課題の研究助成を行いました。

### ② マイクロマシンに関する国際交流事業

### 1) 第1回マイクロマシンサミットの開催

平成7年3月13日～15日、京都・都ホテルにて、マイクロマシンの振興を図るために、各国のマイクロマシン関連の大学・研究機関及び産業界のトップクラスが一堂に会して、研究開発から実用化までのあらゆる課題について自由に意見を交換し、さらに、本サミットの開催を広くPRして内外におけるマイクロマシンに対する認識を高めることを目的としました。

代表者10カ国、28名。参加者数計約120名。

今回は、1996年スイスで開催することが決定しました。

### 2) マイクロマシン技術交流セミナーの開催

技術交流を深めるため、欧州3カ国において技術交流セミナーを開催しました。

(i) スイス・クランモンタナ 平成6年6月28日～29日 参加者48名

(ii) イギリス・ロンドン 平成6年6月21日 参加者30名

(iii) ベルギー・ブラッセル 平成6年6月24日 参加者25名

### 3) ミッション等の受け入れ

中国、米国、スイス等、延べ8カ国から来訪、産技プロ「マイクロマシン技術の研究開発」、当センターの事業活動等について意見交換をしました。

### 4) ミッションの派遣

(i) '94春マイクロマシン訪欧調査ミッションの派遣

「スイス日本技術交流セミナー」参加と同時にフランス及びスイスの大学・研究機関を訪問し、マイクロマシン技術の研究開発動向について意見交換しました。

参加者数16名(平成6年6月21日～7月3日)。

(ii) '94第2回マイクロマシン訪欧調査ミッションの派遣

オランダ・アムステルダムにて開催されたMEMS '95へ参加するとともに、3グループに別れ、欧州諸国のマイクロマシン技術関連の研究機関を訪問し、意見の交換を行うとともに、研究開発動向を調査しました。

参加者数16名(平成7年1月28日～2月8日)。

### 5) マイクロマシン技術に関するシンポジウムの開催、参加

(i) 第5回国際シンポジウムを名古屋市、(財)中

部産業活性化センター、マイクロマシン連合等との共催により開催しました。

8カ国、参加者数400名（平成6年10月2日～4日／於名古屋）。

#### (ii) MUST '94への参加

オランダ・フェルトホーフエンにて開催されたシンポジウムMUST '94に参加するとともに、オランダ・スイス・ドイツの大学・研究機関等を訪問しました（平成6年9月19日・20日）。

#### (iii) MEMS '95への参加

オランダ・アムステルダムにて開催されたMEMS '95へ参加しました。当センター関連の発表は、口頭発表4件、ポスターセッション5件。

参加者数224名（平成7年1月29日～2月2日）。

## 4. マイクロマシンに関する標準化の推進事業

㈱日本機械工業連合会からの委託調査研究のもとにマイクロマシン技術と関連度の高いと考えられる用語183語について用語の階層構造を含めた整理、体系化を行うとともに、これらの用語中で、平成5年度に語意未調査であった用語（103語）の語意調査を行いました。また、前年度実施しました、マイクロマシン技術に必要な基盤計測評価研究項目に関するアンケート調査結果をより詳細に検討するとともに、重要と考えられる項目について、技術データを収集し、測定方法、測定に対する具体的要求事項、問題点・将来的技術課題等について分析を行いました。また、海外の標準化活動との連携に努めました。

## 5. マイクロマシンに関する普及啓発事業

### ①広報機関誌の発行・配布

平成6年度においては、和文（第7号から10号）及び英文（第7号から10号）を発行しました。

### ②平成6年度マイクロマシン技術研究開発成果発表会の開催

当センターが新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）より受託した「マイクロマシン技術の研究開発」の成果発表会を、(財)日本産業技術振興協会と共催により平成6年11月16日、東京北の丸・科学技術館において、開催しました。

講演発表11件、展示発表30件、参加者数約400名。

### ③第6回マイクロマシンシンポジウムの開催

平成6年5月11日～12日、東京北の丸・科学技術館サイエンスホールにおいて開催しました。

講演数は23、参加者数約400名。

### ④マイクロマシンに関する展示会の開催

#### 第5回産業用マイクロマシン展の開催

平成6年5月11日～13日、東京北の丸・科学技術館において、第6回マイクロマシンシンポジウムと同時に、「夢をはぐくむ技術・マイクロマシン」をテーマとして開催しました。

出展者数57、来場者数約3,700名。

### ⑤絵画コンテストの実施

#### 第1回マイクロマシンコンテストの実施

次世代を担う子供達が、マイクロマシンを知り、親しみを深めるため、当センターではマイクロマシンの普及啓発事業の一つとして、小・中学生を対象にマイクロマシンに関する絵画のコンテストを実施し、優秀作品を選んだ。コンテストは、今回が初めてであり、当センターの賛助会員の協力のもとに、長野県伊那市と岩手県雫石町の小・中学校5校を対象に試行的に行いました。

応募総数、1,001点。入選作品、24点。

表彰式、平成7年3月27日。

### ⑥イブニングセミナーの開催

マイクロマシン技術に関する調査研究の成果等の普及及び交流の場として、イブニングセミナーを開催しました（毎月第三水曜日開催、平成6年度は8回開催）。

### ⑦産業グラフの発行

次世代を担う子供達へのマイクロマシンに対する啓発を目的として(財)日本経済教育センターの協力を得て、小・中学校及び高等学校の社会科の副教材として「産業グラフ」174号「マイクロマシンとその技術」を発行しました。発行部数50,000部。

## 6. マイクロマシン連合への参画

各学術領域毎に異なっている各団体の特徴と機能を十分に発揮し、併せてマイクロマシン関連情報の交流及び研究協力の促進を図ることを目的に発足したマイクロマシン連合の事務局としての業務を行い、運営協議会を開催しました。

# 第1回マイクロマシン技術研究助成成果の概要

この研究助成の制度は、マイクロマシンセンターの自主事業として平成5年度より開始したもので、日頃マイクロマシンに関する基礎的な研究に取り組んでおられる大学の先生方の研究に対し助成を行い、マイクロマシン技術の一層の進展を図るとともに産学交流をさらに推進することを目的としています。

このたび、第1回(平成5年度)研究助成で、研究期間が1年間の5テーマが終了しましたので、研究成果の要旨を次にまとめました。なお、この成果は9月22日(金)、当センター会議室において報告会が行われます。また平成7年度の研究助成は10月31日まで公募しております。詳細は、当センター迄お問合せ下さい。

## マイクロ部品の寸法・形状精度評価法に関する基礎研究

慶應義塾大学 理工学部機械工学科  
三井 公之

マイクロマシンを製作するためには、その構成部品の寸法・形状精度を正しく評価することが必要になる。現状では直径0.5mm以下の微細穴の内径、深さすら正確に測定するのは困難であり、一般的な機械加工部品に対し行われている寸法精度の測定、例えば真直度、真円度、直角度といった形状精度の測定技術の整備に関してはほとんど手つかずの状態にあるものといえる。今後、マイクロマシン技術の発展、微細加工技術の進展に伴い、微細部品の寸法や形状精度を評価する技術の確立が強く要請させるようになるであろう。

そこで本研究では、探針と導電体の試料との間に電圧を印加し、両者を1nm程度まで接近させたときに生ずるトンネル現象を利用した非接触形状測定装置の開発を試みた。

試作した装置の概念図を図1に示す。測定対象はX・Yステージ上に置かれる。Z軸ステージ上には圧電素子を介して0.25mmのタングステン線を電解研磨した探針が取り付けられている。X・Y・Z各軸微動ステージはGP-IBインタフェースを介してパーソナルコンピュータにより制御され、ステージの座標は内蔵エンコーダによって知ることができる。これにバイアス電圧の印加、トンネル電流の検出、圧電素子の駆動をおこなうアナログ回路系がA/Dコンバータを介してパーソナルコンピュータに接続されている。

探針が取り付けられている圧電素子を伸ばした

状態、つまり圧電素子に電圧を加えた状態でステージを測定点に向かって移動させていく。探針と観察対象との距離が近づきトンネル電流が発生した時点で探針を瞬時に後退させ、測定対象との接触を回避すると同時に、微動ステージの移動を停止し、その位置を読みとる。

マイクロ部品の測定では、目視により測定位置に的確に探針を誘導することが困難であることから、著者らが既に開発している画像処理により長焦点深度の拡大画像が得られる光学顕微鏡システムを併用し、モニタ上に表示された測定対象の画像を見ながら測定点や探針の進入方向を指示している。

図2は金属板にφ1mmのドリルであけた穴の内径を測定したものである。図1に示すように、探針後退機構をターンテーブルに設置し、プローブの後退方向を水平360度の任意の方向に設定できる装置構成にて測定している。

図3はM2規格のねじの形状の測定例である。この場合には探針はZ方向に伸縮する圧電素子に取り付けられ、Z軸微動ステージにより測定を行っており、X方向に30μm、Y方向に50μm間隔で高さを測定した結果である。

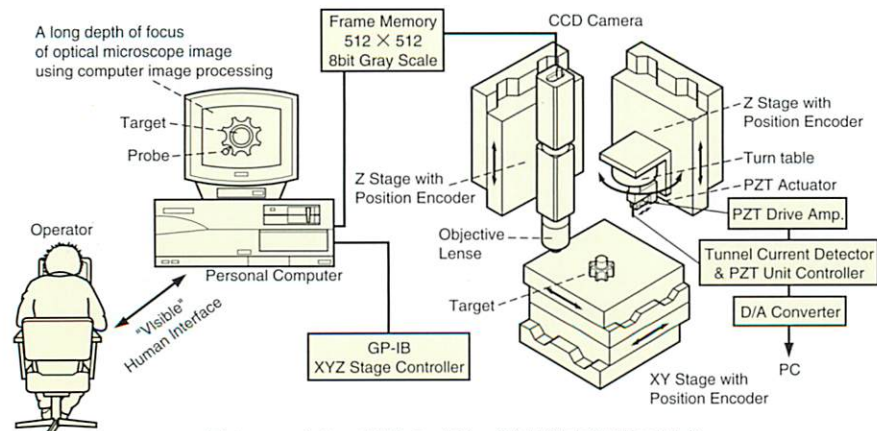


図1 マイクロ部品の寸法・形状測定装置の構成

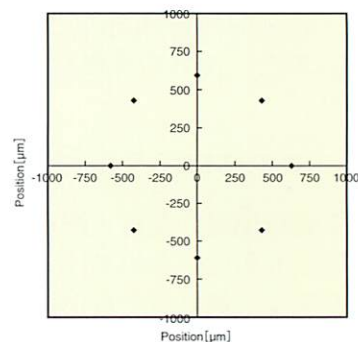


図2 穴内径の測定結果

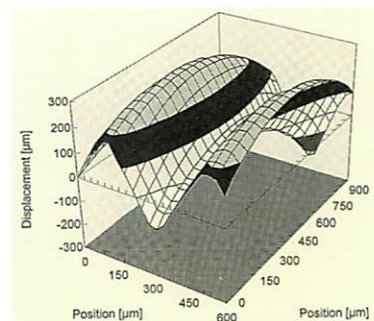


図3 M2ねじ形状測定結果



# 機能性流体を用いたマイクロ制御弁の開発

東京工業大学 精密工学研究所  
横田 眞一、吉田 和弘

## 1. まえがき

原子炉細管内検査ロボットなど実用的マイクロマシン実現のため、著者らは出力密度が高い流体パワーを用いたマイクロマシンの研究を進めており、高性能なマイクロ制御弁が必要とされている。そこで本研究では、ER流体（電気粘性流体）や磁性流体という機能性流体を用いた、加工誤差の影響が大である摺動部がなく漏れがないマイクロ制御弁を提案、試作し、基礎的検討をおこなった。

## 2. ER流体を用いたマイクロ制御弁の試作

ER流体は印加電界により粘度が変化する流体であり、近年、優れた特性のものが開発されている。

本研究では、無機・有機複合粒子をシリコン油に分散させたER流体（藤倉化成株製）を作動流体として使い、平行平板電極間を通過するER流体流量を印加電圧で制御する制御弁（以下、ERバルブ）を提案し、まず平板電極を12層積層したマクロモデルを試作した。実験の結果、流量によらず印加電界に比例し圧力を制御できること、30Hzまで応答可能なことなどが確認された。

つぎに、図1のように4組のERバルブをブリッジ構成した22mm立方のマイクロERバルブを試作した。各ERバルブの電極は、十分な管路長を得るため、くし形とした。図2は、試作弁で小形シリンダを位置制御し、正弦波駆動した結果の例である。

## 3. 磁性流体を用いた流量制御弁の試作

磁性流体は磁界により吸引される機能性流体であり、完全密封のシール材などに利用されている。

本研究では、磁性流体を管路に垂直に印加した磁界で保持し弁体として利用し流路の開閉をおこなう制御弁を提案する。具体的には、たとえば図3(a)のような磁極を用い、印加磁界により水平断面における磁性流体が図3(b)、(c)のように移動し開度が変化することを利用するものである。

図4は試作したマクロモデルの流量制御特性である。磁界は電磁石で印加し、磁性流体には磁性流体シール用流体（日本精工株製）、作動流体には水を用いた。ヒステリシスはあるがコイル電流で流量を制御できることが確認された。また弁多段化で制御圧力を向上できることも確認されている。

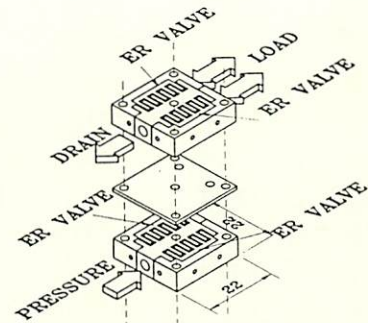


図1 試作したマイクロERバルブ

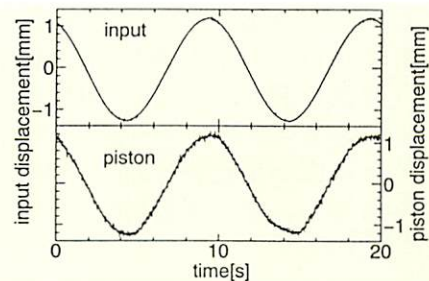


図2 ERバルブによる小形シリンダの正弦波駆動例

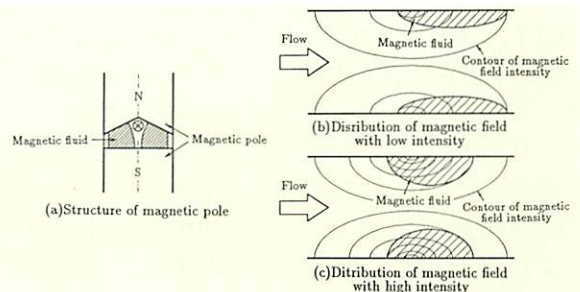


図3 磁性流体を用いた流量制御弁の動作原理

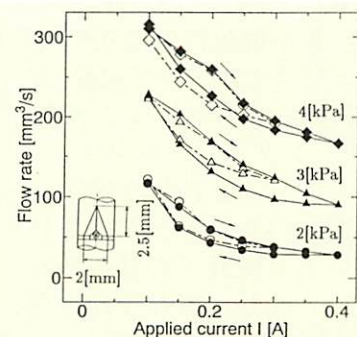


図4 磁性流体を用いた制御弁の流量制御特性

## 4. あとがき

本研究では、ER流体および磁性流体を用いたマイクロ制御弁を提案、試作し、基礎的特性を明らかにした。今後、それぞれの特性をさらに検討するとともに、管内走行マイクロマシンなどへの応用研究を進める予定である。

# レーザーマニピュレーション法による超精密ハンドリング技術の開発

徳島大学 工学部機械工学科  
三澤 弘明

## 1. 序論

微小物体を精密に遠隔操作する技術は、マイクロマシンのハンドリング技術や、駆動制御技術などとも密接に関連しており、極めて重要な研究課題となる。最近、このような微小物体をハンドリングする手法としてレーザーマニピュレーション法が注目されている。この方法は、レーザー光が物質により反射・屈折したときに発生する「放射圧」を利用し、マイクロメートルサイズの微粒子を遠隔操作する手法であり、簡便でありながら、しかも優れた空間制御性を持つという特徴を有している。本研究においては、レーザー走査マニピュレーション法により、微粒子からなる微小構造物を単一のレーザービームにより保持し、その保持特性について検討したので報告する。

## 2. 実験

図1に本研究で用いたシステムの構成を示す。捕捉用のCW Nd:YAGレーザー(1064nm)は、ビームスプリッターにより2本に分割され、それぞれ1対のガルバノミラーにより2軸方向に走査する。これらのビームを再び同軸にした後、光学顕微鏡の対物レンズ(100倍、開口数1.30)により約1 $\mu$ mのスポットに集光した。また、捕捉用ビームと同軸にアブレーション用のQスイッチNd:YAGレーザー(532nm、パルス幅30ps)を導入した。微小構造物の組立や揺れの様子は、CCDカメラとビデオによって記録した。

微小構造物は、ポリスチレン微粒子(粒径3.0 $\mu$ m)をエチレングリコール中に分散し、捕捉レーザービームによって2個の微粒子を接触させ、その接触界面にパルスレーザーを照射し、アブレーションにより微粒子の接着を行った。この様な操作を繰り返し、微粒子が2個、3個、4個からなる棒状の構造物を作製した(図2)。

## 3. 結果と考察

微粒子が2個、3個、4個からなる微小構造物をそれぞれA、B、Cとし、それぞれの長軸方向に捕捉レーザー光を走査し、その保持特性を検討した。走査距離(Ls)がそれぞれの構造物A、

B、Cの両端の微粒子の中心同士を結ぶ距離をLo(A:3.0 $\mu$ m、B:6.0 $\mu$ m、C:9.0 $\mu$ m)とするとA、B、Cいずれの場合も $Lo+0.2\mu\text{m}<Ls<Lo+2.0\mu\text{m}$ の場合のみ保持される。この時構造物の揺れはレーザー光の走査速度( $U_s$ )とレーザーパワー(P)に強く依存した。また、その揺れ幅は $Ls$ に比例し、また、 $U_s$ の増大に伴い揺れ幅が減少することが明らかになった。今後、微小構造物の駆動制御についてはLoに対する適切なP、 $Ls$ および $U_s$ を選択することによりかなり厳密に行うことができるものと考えられる。一方、 $Lo=Ls$ の場合には、A、B、CいずれもPや $U_s$ によらず約100nm程度の揺れ幅が観測された。この現象をさらに詳細に検討するために色素溶液を用いて捕捉レーザービームのスポット位置を観測したところ、100nm程度の位置揺れが認められた。したがって、 $Lo=Ls$ では構造物の揺れ幅はガルバノミラーの精度により決定することが示された。今後、レーザー走査マニピュレーション法によりさらに複雑な形状の微小構造物の保持について研究を進めていきたいと考えている。

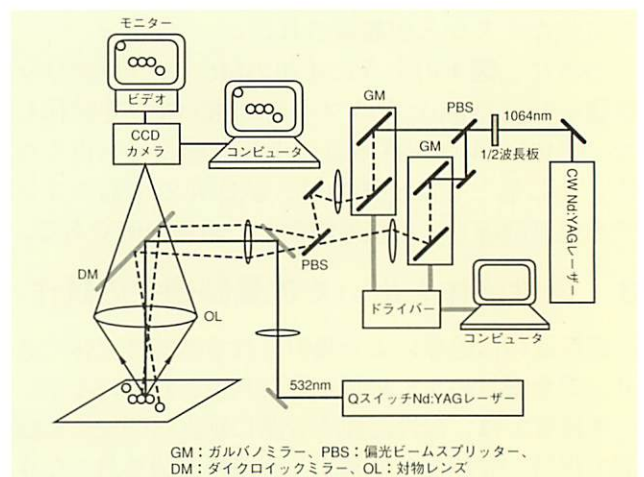


図1 レーザー走査マニピュレーションシステム

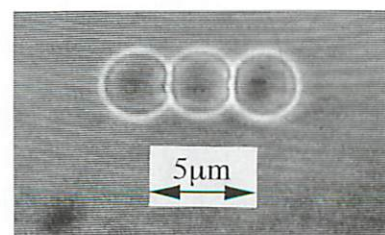


図2 ポリスチレン微粒子3個からなる微小構造物

## 1. はじめに

医療用マイクロマシンの実現には、駆動系や制御系だけでなく素材の開発が不可欠である。特に医療用マイクロマシンの開発には、循環器系や消化器系など使用環境に適した材料を用いることが要求される一方で、体内からの回収方法についても一考を要する。すなわち、医療用マイクロマシン素材としては、体内での医療行為を可能にするために血液適合性などの生体適合性を確保するだけでなく、使用後も生体系に悪影響を与えることなく体内から回収（排泄）することへの配慮が必要である。著者らは、この課題に対する一つの解答が、マイクロマシンとしての役割を終えた後に体内で分解（自壊）する材料を設計することにあると考えている。医療行為の実行後に体内で分解し排泄されるマイクロマシンであれば、回収が不要である。また一方では血液適合性の確保の点から親水性材料（ヒドロゲル）が望ましいことから、医療用マイクロマシン素材としては生体内分解性ヒドロゲルが有効と考えられる。

## 2. マイクロマシンとしての生体内分解性

医療用マイクロマシン素材として生体内分解性ヒドロゲルを考える場合、どのような生体内情報に基づいて分解するよう設計するかが重要である。特に材料自身がマイクロマシン機能として各種の医療行為を実施するには、材料が疾患などの体内変動を感知・識別する必要がある。しかしながら、これら体内変動は、実際にマイクロマシンが医療行為の実行を期待される体内の特定部位だけに生起するとは限らないことから、マイクロマシンとしての医療機能を時間的あるいは空間的に制御するには、複数の体内変動に基づいた多角的・総合的な感知・識別機能が要求される。こうした機能は、各種の生化学的検査結果を総合して疾患の種類や程度を特定（診断）する実際の医療と同じであり、とりわけ複数の疾患を合併している場合には、より不可欠であろう。

## 3. 複合刺激にตอบสนองして生体内で分解するヒドロゲルの設計

そこで著者らは、複合的な体内変動にだけ応答

して生体内で分解するヒドロゲルのモデルとして、ペプチド分解酵素および多糖分解酵素のどちらか一方の酵素の存在には応答せず、二つの酵素が同時に存在する場合にตอบสนองして分解するヒドロゲルを設計した。このヒドロゲルはオリゴペプチド鎖を両末端に有するポリエチレングリコールとデキストランとから構成されており、二つの親水性高分子網目が化学構造上は独立に存在しているが、その二つの高分子網目がお互いに絡み合った相互侵入高分子網目（IPN）構造を形成していることが特徴である。このIPN構造の形成により、二つの高分子網目の一方を加水分解可能な酵素が単独に存在している時には、表面近傍の一方の高分子鎖が加水分解されるものの、もう一方の高分子網目によって酵素反応が立体的に障害を受けるために、ヒドロゲル全体としては分解が進行しない。また、二つの酵素が存在する場合には、二つの高分子網目がそれら酵素によって順次加水分解され、ヒドロゲル全体としての分解が進行する（図1）<sup>1, 2</sup>。このような複合刺激応答機能を有する生体内分解性ヒドロゲルの設計は前例がなく、表面親水性により血液適合性などの生体適合性を確保するとともに、多角的・総合的な感知・識別結果を基に生体内分解を制御出来ることから、医療用マイクロマシン素材としての応用展開が大いに期待される。

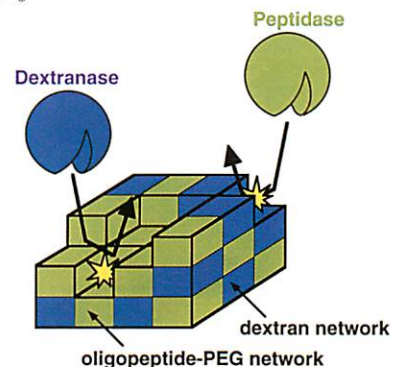


図1 複合刺激応答型生体内分解性IPNヒドロゲル

## 4. 参考文献

1. 栗沢元一、由井伸彦、高分子学会予稿集、44、印刷中（1995）
2. M. Kurisawa, M. Terano, N. Yui, Macromol. Rapid Commun., submitted.

## PVDFフィルムを利用した3軸力覚／滑り覚センサの開発

豊田工業大学 制御情報工学科

山田 陽滋

これまで多くなされてきた分布圧覚型（圧力センサ素子を縦横に並べるタイプ）の触覚センサに関する研究は、「ヒトが指の腹で物体をつまみ上げるとき、どのような情報をたよりに把握力を調節しているのだろうか？」という素朴な疑問になかなか答えられない。上述の疑問を解くカギはヒトの指の振動覚にあり、センサと物体からなる接触系の静摩擦係数の検出や、物体が滑り落ちる初期段階の局所的な滑り振動に関するさらに注意深い観察が必要である。

筆者らが開発した表題の触覚センサは、物体と多点接触した場合に、各接触点において発生する(1)接触力の3軸ベクトル成分、および(2)相対的な滑り変位に伴うセンサ素子の振動を検出することができるものである。これによれば、物体との接触の程度や、物体の形状・柔らかさといった従来の分布圧覚タイプのセンサでも可能とされる検出対象の他に、物体の接触運動や接触状態の変化を微視的に推定できるようになる。

図1は、センサ素子の構造図である。素子は、ベース部と触覚ヘッド部から成り、ベース部は、ガラスエポキシ基板上に三角錐形状の凹部を彫り、この凹部各斜面にPVDFフィルムを貼り付けたものである。他方、触覚ヘッド部は、 $\phi 2\text{mm}$ のスチールボールをシリコンゴムで覆うと同時に、導電性シリコンゴムを介して信号線を接続したものである。それぞれを製作後、ボールは三角錐溝に頭を少々出した状態で埋め込まれる。

物体からの接触力は、スチールボールにより三角錐溝斜面に分散して伝達される仕組みであり、

ボールに加わるベクトルの大きさ・方向に応じて3斜面の力トランスデューサから得られる信号の大きさが変化するわけである。一方、振動覚は、凹斜面電極とスチールボールとで構成される機械的なスイッチが、物体の滑りに伴うスティックスリップ振動により高感度にON・OFFを繰り返すため、これを電圧変化に変換して信号として出力する仕組みである。

本研究で重要な役割を果たすPVDFフィルムは、圧電性により厚さ方向の高感度な力検出ができるものであるが、構造的に柔軟で、微細な電極パターンの加工も容易なため、触覚素子の高密度化や検出回路の集積化に有利である。しかし、PVDFトランスデューサは、後段に採用したカー電圧変換回路と合わせた系で捉えた場合に、動特性（PD特性）を示す。そこで、要求仕様に適合する周波数特性、ステップ応答特性が得られるように検出回路を設計した。

図2は、本研究で製作した触覚センサからの出力イメージ例である。これは、対象物（直方体）を同図右上から左下方向に押し当てながらずらしたときの1シーンである。図中、各接触点において物体から作用する力ベクトルが棒の大きさと同方向によって、また、運動する対象物体の進行方向前方には局所的な滑りが、それぞれ表されている。

以上が、筆者らが開発した触覚センサについての簡単な報告である。本研究は、「第1回マイクロマシン技術研究助成金」のご援助により達成されたものであり、関係者一同あらためて深謝申し上げる次第である。

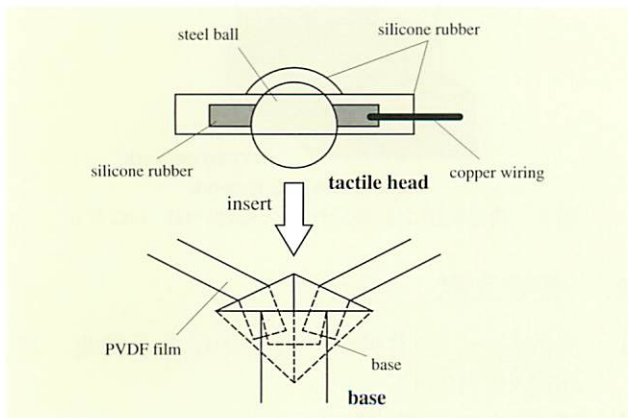


図1 センサの構造図

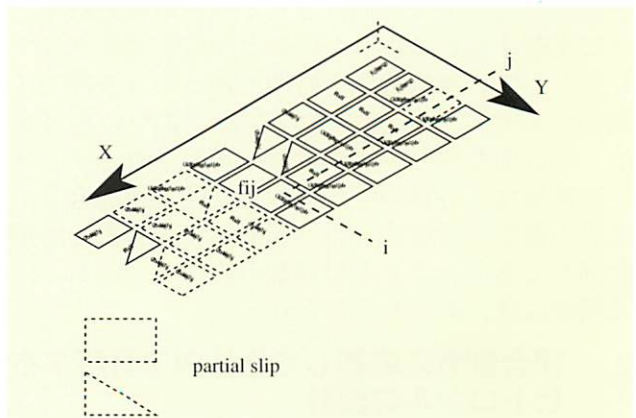


図2 触覚センサの出力イメージ例

# マイクロマシン技術の経済効果（技術予測） に関する調査研究結果の概要

当センターでは、中央大学の板生 清教授を委員長とする委員会のもとで、昨年度に引き続き標記の調査を行い、3月末に報告書を纏めた。

本調査研究は、マイクロマシン技術の長期的な技術予測を試み、種々の産業分野へマイクロマシン技術が導入されることによりどのような効果が現れ、2005年、2010年には市場規模がどのようなものになるか、今後の技術導入の可能性とアプリケーションを検討し、経済効果予測のアルゴリズムを構築して試算を行った。

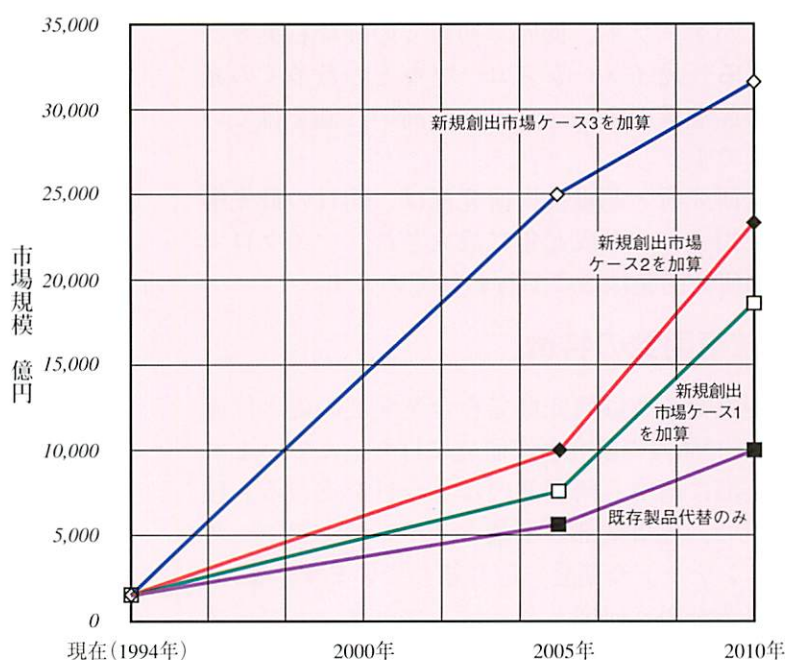
昨年度の対象は、情報通信機器分野、精密機器分野、医療応用分野、計測機器分、自動車分野の5分野であったが、本年度は上記分野の補足と新たに、ナノテクノロジー分野、マイクロファクトリ分野、メンテナンス分野、環境分野、航空宇宙分野、ホビー分野の6分野について検討した。

これでマイクロマシン技術において期待されているすべての対象分野を網羅したことになる。

既存の製品をマイクロマシン技術で代替していくようなアプリケーションの市場規模が2005年に約5,700億円、2010年には約1兆円と試算された。

さらに、この試算結果に、マイクロマシン技術によって新規に切り開かれるようなアプリケーションの市場を、3通りの市場成長ケースを考え、その中のケース3（パーソナルコンピュータの市場成長曲線を利用）の場合を加えると、2005年に約2兆5千億円、2010年には約3兆2千億円の市場規模が試算された（下図、表参照）。

ちなみに昨年度の場合は同ケースで2010年で1兆9,000億円であり、本年度で1兆3,000億円が補完された。



単位：億円		現在	2005年	2010年
既存製品代替型アプリケーションの市場		1,390	5,702	10,144
新規市場創出型アプリケーションの市場	ケース1	40	1,974	8,546
	ケース2	40	4,301	13,199
	ケース3	40	19,335	21,450
マイクロマシンの市場（合計）	ケース1	1,430	7,676	18,690
	ケース2	1,430	10,003	23,343
	ケース3	1,430	25,037	31,594

マイクロマシン技術の経済効果

## 三菱電線工業株式会社

### 1. 会社の概要

三菱電線工業株式会社は明治40年に産業用電線メーカーとして創業しました。現在では情報通信、航空・宇宙、エレクトロニクス、医療、エネルギー利用等のミクロの世界から宇宙にいたる、広い分野を対象として活動を展開しています。

今日は、このように幅広い製品を生み出している同社伊丹地区を訪れました。ここは大阪と神戸の間ほどに位置しており、通信ケーブルのメイン工場として昭和37年に創業を開始して以来、無線通信に欠かせない高周波製品をはじめとして時代の最先端技術である光通信を支える高品質の光ファイバケーブル、世界で初めての純粋石英ガラスによる長尺イメージスコープなどの数多くの光関連製品を世の中に送り出し、高い評価を得ているそうです。

中央研究所・基礎技術研究部は、明日の最先端技術を担うべく平成元年に設立され、マイクロマシンの研究開発はここで行われています。

### 2. 技術開発の特徴

三菱電線工業は研究開発を企業発展の礎と位置づけ、約350人の研究者が研究に打ち込んでいます。

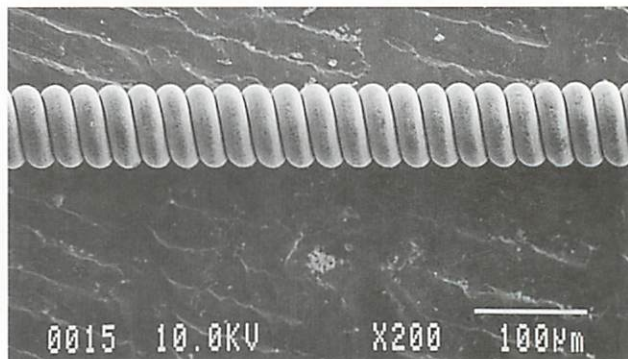
事業部に属する研究部門は「今日を支える」技術を担い、各事業部の事業ドメインの中でニーズオリエンテッドな開発に取り組んでいます。また、新規事業を担う研究としては、マーケットニーズを重視した製品開発を基本ポリシーとして、カーオプト・エレクトロニクス、エネルギー利用技術、エレクトロニクス部品などの「明日に備える」研究開発にも力を注いでいます。

さらに、「未来を創造する」技術開発は中央研究所が担当し、マイクロマシン、光半導体、高温超電導材料、高機能材料の基礎研究に重点を置いています。特にマイクロマシンは21世紀に向けて大きく発展する産業とされていることから、数ある研究開発テーマの中でも、最も社内外に影響を及ぼすものの一つとして大きく期待されています。この様に三菱電線工業では広範な領域と幅広いテーマに取り組んでいます。



### 3. マイクロマシン技術への取り組み

今まで見えなかった小さな世界が見える。今まで触れられなかったものに触れられる。そのことにより未知の現象が明らかになり、様々な分野の問題が解決される。こんな夢を与えてくれるのがマイクロマシン技術の研究開発であると考えているそうです。同社が開発した世界一細い（外径0.25mm）医療用内視鏡は、脳、目、耳、鼻、肺、心臓等の細部に入り込み、今までは直接は見えなかった患部の診断・治療に役立っています。また、形状記憶合金を用いたマイクロアクチュエータ（外径約80 $\mu$ m）は、加熱・冷却により伸縮動作をするフレキシブルなアクチュエータとして期待されています。このアクチュエータを内視鏡内蔵有索型マイクロマシンのマイクロ機構先端部に適用すれば、自由な屈曲動作が可能になり、非常に細かい観察や作業ができるようになります。これらの他に、同社が長年培ってきた光応用技術を駆使したマイクロアクチュエータやマイクロセンサの研究開発にも取り組んでいます。今後はこれら要素技術の更なるマイクロ化と高度化を目指すとともに、今まで見えなかった世界を見たり触ったりできるマイクロマシン・システムの実現に貢献したいとのことでした。



# JUKI 株式会社

## 1. はじめに

当社は1938年、緑豊かな落ち着いた環境の武蔵野の一角に創立されました。1945年に事業の転換をはかり、家庭用ミシンの製造を開始、その後工業用マシン事業の分野に進出、現在では5つの分野でグローバルに事業を展開しています。

あらゆる縫製分野に対応してアパレルトータルシステムサプライヤーとして世界160カ国で信頼されるようになった工業用マシン。超マイクロエレクトロニクス社会を支える電子産業分野の電子部品表面実装装置。データベース・マーケティングを支援するメール処理システム等の電子機器。あたたかく、心豊かな暮らしを演出する家庭用マシンやインテリアまで、新しい価値と技術を創り、多様化する市場ニーズを把握し企画からサービスまで全社が一体となって、総合品質経営を推進しています。

## 2. 研究開発体制の変遷

1980年代の初期迄は、各事業部の中に開発部門を位置付けし、技術研究所ではアパレル機器を中心に分担していました。1983年にさらなるレベルアップを目指し以下のような狙いで各事業部の技術開発機能を統合し総合技術研究所を足踏させました。

- 全社的・長期的視野にたった研究・開発の強化
- 事業部の要求するもうかる新製品をタイムリーに開発
- 技術、人事の交流と管理の改善
- 開発支援スタッフ部門の充実と活用

技術行政の一元化による問題点の改善を推進して、研究開発の効率化を図ることが出来ましたが、機能統合をして10年目を迎えた1992年度に、それまでの技術開発構造改革の経過を総合的に整理して、研究開発効率を阻害する重点問題点の再評価と、今後の基本方針を明確にしました。

そして、1993年より21世紀に向けて「研究開発体制の再構築」を図りつつあります。

この時期には研究開発体制においても本社総合技術研究所に加え、生産拠点の特異技術を生かした開発拠点を構築し、研究所の地方分散化も推進するようにしたよしです。

さらに現在、重点方策の一つの柱として技術企画機能を強化し、技術戦略を明確にして中長期展望にたった研究開発体制の再構築を推進中です。

## 3. 技術開発の特徴

当社の21世紀に向けての戦略は、「人」と「環



境」と「情報」の調和を基本コンセプトとして掲げています。

それを基に、環境の多様化に対応できるグローバルな社会に向けて、技術の進歩による「モノづくり」側にも「消費者」側にも不便を与えない取り組みをしていく事ではないかと考えています。

特に当社の主力製品であるアパレル機器分野では、通産省の大型プロジェクト「自動縫製システム」にも参画し、要素技術の研究において、縫製準備加工技術、縫製組立技術、生地ハンドリング技術、システム管理・制御技術、トータルシステム等の技術蓄積を推進してきました。

さらに競合他社に先駆けて単製品から自動機、省力機、さらにアパレルの総合効率を追求したシステム化に向けて、全部門の協力で取り組み、開発部門においてもこれを達成する具体的な方策を基に、アパレル機器メーカーのトップを維持できる研究開発の強化に取り組んでいます。

## 4. マイクロマシン技術への取り組み

当社においても差別化技術をコンセプトに掲げていますが、一般的にそれぞれの分野に求められていると同様、一層の軽量化、小型化、無調整化、制御の高度化等が求められてきています。

各製品分野における今後の取り組み方について、マイクロマシン技術とその応用面からみると、微小機能要素技術においては、

- ・アクチュエータ技術
- ・センサー技術
- ・機能結合技術

システム化技術の制御技術においては、

- ・運動制御技術
- ・自律分散制御技術
- ・ヒューマンインターフェース技術

等が中核技術として必要と考えているよしです。

今回の賛助会員入会を契機に、会員各社から新しい技術の情報収集と、技術の協力を得て、マイクロマシン技術の応用化への取り組みをすすめたものと期待しております。

## 欧 州 報 告

去る4月6日、2nd European Strategic Round Table on Microsystems and MEMS の会議がスイスのジュネーブで開催され、日本から当センターの平野専務理事が招待を受け講演を行った。

この会議は、ESPRITプロジェクトMUST、NEXUS、SEMI、LETIが主催し、欧州におけるMicrosystem Technology (MST) を普及、促進させるためMSTのユーザー、製造者、供給者に会議の場を提供するというものであるが、今回は国際的な面を拡大するということで、日本におけるマイクロマシン技術開発の状況と、3月に京都で開催された第1回マイクロマシンサミットの成果について講演することを求められたものである。

会議前半は、日本、ECを含めた各国のマイクロマシン技術開発の現状と今後の展望についての講演があり、日本からは、平野専務理事が前述の講演を行い、メカトロニクス指向の開発を進めており、欧米とは異なったアプローチを用いていることを理解させ、またマイクロマシンサミットを主催したことで日本の役割が大きいことを印象づけた。

会議の後半では、欧州各国のアプリケーション開発の現状が発表されたがセンサーへの応用が主で、シリコンベースの技術から抜け出せていない印象を受け、アクチュエータなど「動くもの」の開発成果についての発表はなかった。討論の中で日本の状況を説明し、メカトロへも関心を持つよう発言があったが、このような考えは、欧州ではまだ少数派のようで、方向転換はなかなか難しいと思われる。また、欧州におけるMSTに関する情報収集と供給などの役割を

果たす「Service Center」の概念が提案された。

この会議には、先の第1回マイクロマシンサミットの代表の何人かが運営に参加しており、盛会であった。

会議に前後して、スペイン、フランスのマイクロマシン関連の施設を訪問した。

### 1. スペイン

#### マドリッド工科大学

昨年、マドリッド工科大学のマイクロマシン関連調査団が、訪日した際、当センターを訪問したことへの答礼を兼ねて訪問した。

マイクロマシン技術関連の研究は、The School of Telecommunications Engineeringで、3年ほど前からProf. Elias Munoz MERINOを中心に、基礎的なものを始めており、圧電材料を用い、半導体をセンサーに利用する研究を行っている。スペインには、2つしかないMBE（分子線エピタキシャル成長法）システムを用いた研究や、種々のデバイスの基礎的な計測の研究を行っている。しかし、MEMS関連の論文発表は、これからとのことであった。

スペインでは、工業は、北部のバスク地方が中心だが、産業規模が小さく十分な競争力がないため、マイクロマシン技術に関しては、まだ、関心を持っている段階でしかないとのことである。

スペインでは、科学部門よりも、工学、医学へ進むが学生が多く、基礎研究に若い人材を集めるのに苦労している様子が窺えた。

ついで、同工科大学の太陽エネルギー研究所（Instituto de Energia Solar 所長Prof. Antonio LUQUE）を訪問した。職員数は、約45名。年間



予算は、約3億円である。この研究所では、光電変換の研究、特に、南ヨーロッパの豊富な太陽光を電気エネルギーに変換する研究を専門的に行っており、光電変換の効率を高めることと、製造コストの低減に力を入れている。光電変換の効率を高める方法として、特殊形状のレンズ（直径約30mm）を用い集光するシステムを開発中であった。

Prof. Tomas RODRIGUEZの研究室では、モジュールセンサーの開発を行っており、Bolometerの研究および、Dry etchingの研究を行っている。

## GAME

GAMEは、1990年設立され、スペインにおけるMEMS研究開発促進の受け皿となっており、企業に研究開発資金を提供し、また広報活動をするなど、当センターと同様な活動を行っており、スペイン語のGrupo Activador de la Microelectronica en España（英文名：Group Activator for Microelectronics in Spain）の頭文字を取ったものである。Mr. Jose Ramon Garcia MARTINEZが事務局長をつとめており、1993年からは、GAME IIとして事業を展開している。職員数は、専従が4名。組織は、工業エネルギー省、大学、産業界、学会、ECから数名ずつ参加した委員会から構成され、事業方針を決めて実施している。

## 2. フランス

### LETI

2nd European Strategic Round Table on Microsystems and MEMSの主催者の一つである

LETIの招待を受け、訪問した。

LETIはCEAの主要な部門で、CAEは、英文名で、Atomic Energy Commission-Franceであり、原子力エネルギー関連の軍事目的の研究を主体に行っているが、LETIは、非原子力への応用を研究しており、約1,000名の職員がいる。その中で、Microtechnologyを研究しており、約150名の専門家が研究開発に従事している。予算は、約170,000,000フラン（約37億円）。資金の80%は、企業等との契約で賄っており、毎年約80件の契約を結んでいる。

主な研究テーマは、次の通り。

- ①シリコンベースの回路技術、機能をハイブリッド化するための接合技術
- ②磁気記録、磁気センサ
- ③Micromanufacturing技術
- ④Thin film electronics
- ⑤電子工学用の新材料の研究開発
- ⑥レーザービームによる微細加工

機能のハイブリッド化の研究では、半導体メモリの容量を大きくするため、メモリチップを多層化したり、opto-electronics deviceの機能を複合化するためなどに、各コンポーネントを多層化することが研究されており、solder microbumpsによる接合を実用化している。

また、磁気ヘッドの微細化の研究では、メモリ容量の増大、媒体の小型化のために、磁気ヘッドの微細化を実現し、民間企業にライセンスを与え商品化している。

## 1. 今後のマイクロマシン製作技術の鍵

マイクロアセンブリ技術とは、未だ定義の定まっていない用語です。1991年に、東京大学先端科学研究センターの須賀先生が精密工学会に、この名前を冠した研究会を発足させたのが最初ではないかと思われます。この言葉は専門分野の違いにより、各人の受け取り方がずいぶん変わるのではないのでしょうか。事実この研究会も良くいえば学際的で混沌とした、悪くいえば参加者同士がお互いに何を考えているのかわかりにくい研究会であったような気がします。このような状況で、あれこれマイクロアセンブリについて云々するのは適当ではないと思われるかもしれませんが、今後の研究開発の方向を議論する材料になることを願い、あえて解説させていただきます。

さてこれまで、半導体加工技術として知られるフォトリソグラフィ、SR光を使用するLIGA技術、ビーム加工、通常の機械加工法等をご説明して参りました。これら加工技術は、そのほとんどが、いわば部品を作る技術と言っても良いでしょう。もちろんフォトリソグラフィは部品加工のみならず、ある程度の組立もできます。しかしアクチュエータ単体、あるいはセンサ単体の製作以上には、なかなかいっていないのが現状では無いのでしょうか。今後すべてのマイクロマシンがこのようなモノリシックなワンチップになるとは考えられません。そこでそれらマイクロ部品を自律的に移動し、判断し、作業を行うマイクロマシンまでに完成させる技術、これがマイクロアセンブリ技術であるところでは定義します。

アクチュエータやセンサ、構造体等のマイクロ部品の研究開発は現在盛んに進められています。今後これら部品をモジュール化、システム化する場合の重要技術がマイクロアセンブリであると考えられます。

## 2. 一括アセンブリと逐次アッセンブリ

アセンブリにもまとめて一括で処理してしまうものと、1個1個順番に作業を行うものが

あります。前者は部品を複合化するという意味で、一括接合と極めて近いものです。すなわちウエハレベルでできた部品群（アクチュエータ、センサ、構造体、通信制御回路等）を一体化してしまおうというものです。この技術の研究要素は、如何に低温、低圧力で位置決め精度良く一体化を行うかにあります。一方逐次アセンブリは現状のマシニングセンタなり、ロボットアームを如何に小型化し、微細な作業を行わせるかに、研究の主目的があります。エンドエフェクタおよびそれを動かす原理により、様々なマニピュレーション、ハンドリングが可能となっています。

微小物体を捕捉する方法としては、機械的に直接に行うグリッパ、2本の針を箸のように使うマニピュレータ等（図1）が開発されています。機械的接触でハンドリングすると微小物体では、粘着性が高く、引き剥がすのに苦勞する問題があります。そこで電磁場や超音波による

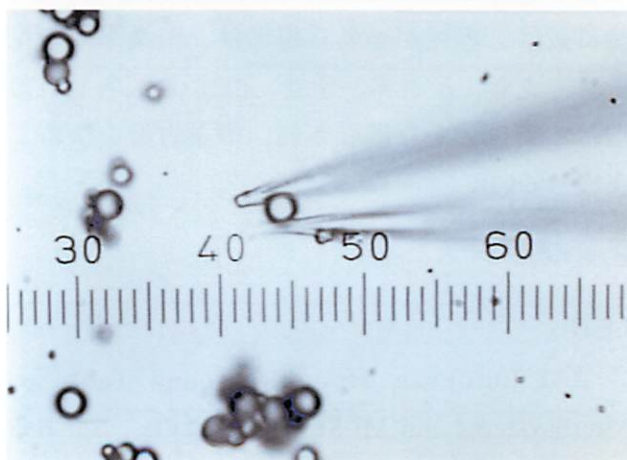
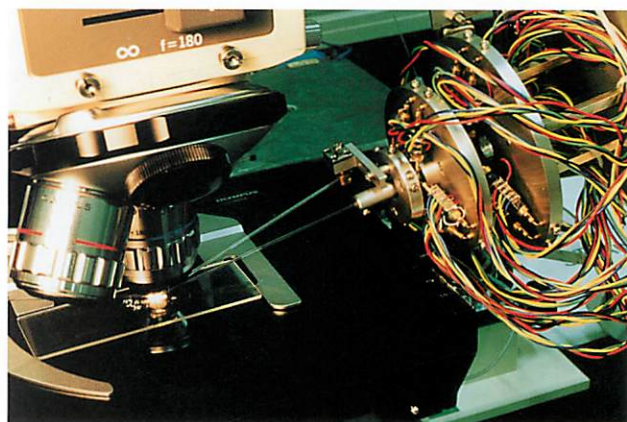


図1  
(工技院・機械技術研究所 新井氏提供)

場によって捕捉する方法も提案されています。レーザの光圧を利用して、ハンドリングする手法も期待されています。捕捉できる対象物質に制限があります。

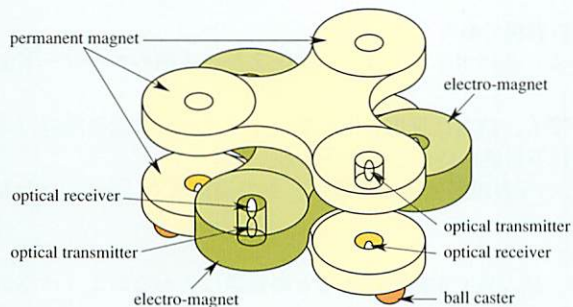
実際の切る、削る、つける等の加工に関してはまだ研究は、これからと言って良いでしょう。この方面の研究は、現在東京大学の畑村、佐藤両先生により、研究開発が精力的に進められています。これはいわばマシニングセンタを電子顕微鏡の中に閉じこめてしまおうというものです。アトムハンドリングも、この言い方をすれば、走査型トンネル顕微鏡に加工機能をもたせたものです。ただし加工は、鋭く尖った針の先と被加工物の間に強い電界をかけることにより行います。FIB（集束イオンビーム加工）も、これらの作業ができるという点では類似ですが、作業ツールとしては液体金属ガリウムをイオン源としたイオン銃を用いています。それぞれに得意分野がありますが、原子単位で加工を行えば、精度は向上する代わりに、加工能率は低くなります。今後の課題は、加工精度、能率の両立と、ある作業に対して如何に最適のツール及

び最適の加工モニタリング手段を選ぶかにあります。

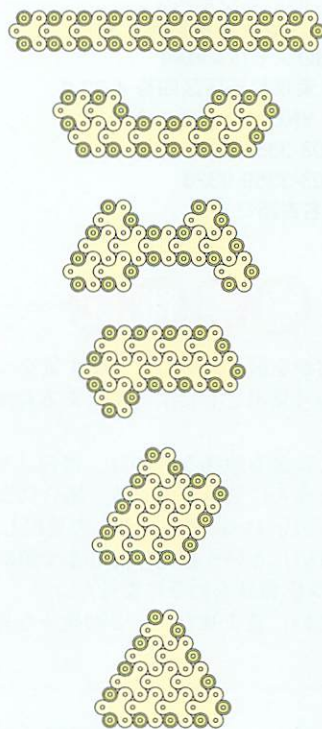
### 3. 自然界のアセンブリ技術

上記のアセンブリ手法は、いわば外界から力づくで組立、加工を行ってしまうものでした。ところが天然に存在する構造物は自然が作り出したものです。このような自然の秩序構造を作る傾向（自己組織化）を利用した組立をセルフアセンブリと言います。この手法によりますと、部品がいかに小さくとも組立作業が可能なのです。このような例としてはロンドン大学のロウ材の表面張力を利用した微小箱の製作や平面の折り曲げ加工があげられます。またカルフォルニア大学バークレイ校では、台形に製作したGaAsのLEDを、シリコン基板中に台形をくり貫いた穴の中に配置する技術を開発しています。大きさは現在マイクロではありませんが、磁気双極子の配列を利用した機械システムの構築も現在研究開発が進められています（図2）。今後電場や磁場を利用した秩序構造の製作等の研究開発が盛んになるものと思われます。

自律機械細胞による  
機械の構成  
—自己組織と自己修復—



試作した機械細胞のプロトタイプ  
(フラクタム)



自己組織アルゴリズムによる形状生成

図 2

(工技院・機械技術研究所 村田氏提供)

# イベントのお知らせ

## 第6回マイクロマシン展

マイクロマシンは、各種産業設備プラントをはじめ、宇宙、海洋分野、また、医療福祉、生活関連分野等、極めて広い分野にわたって応用されることが期待されており、将来マイクロマシンが経済社会の広範な分野に普及し、中核的な役割を担っていくものと考えられていますが、まだ様々な技術の開発及び交流が必要とされています。

1991年度からマイクロマシンの基盤技術の確立を目的として、通商産業省工業技術院産業科学技術研究開発制度のプロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」がスタートし、マイクロマシン技術が今後飛躍的な発展を遂げることと強い関心が寄せられています。

このような状況の中で、当センターは、あらゆる分野において活躍する第一線の技術者・研究者が互いの情報を提供し、他分野での研究情報の集積や、新たな技術の可能性の発見、あるいは、技術開発上での様々な課題を解決する糸口を得るための場となるよう、マイクロマシン展を企画しました。

今回は第6回目となり、しかも、本年度はプロジェクトの第1期の最終年度でもあり、その成果が展示され、広い理解を得て、内容の一層の充実が図られ、マイクロマシン技術の確立ならびに国際交流への貢献を目指して、今後の我が国の産業経済のますますの発展に寄与することを目的とし、次の予定で開催いたします。

**会 期：**平成7年10月31日（火）～11月2日（木）

**会 場：**科学技術館  
東京都千代田区北の丸公園2番1号

**主 催：**財団法人マイクロマシンセンター  
マイクロマシン研究会（東京）

**後 援：**通商産業省（予定）

**出展の申し込み・問い合わせ先：**

マイクロマシン展事務局

MESAGOジャパン(株)内

〒106 東京都新宿区四谷 4-32-8

YKBサニービル3F

電話：03-3359-0894

FAX：03-3359-9328

担当：名古屋ひろみ

## 第1回国際マイクロマシンシンポジウム

当センターでは、マイクロマシン技術に関して、各国における研究開発成果、適用状況および技術振興の方策などの発表を通じて、マイクロマシン技術の確立およびその普及を図るために会期が2日間の国際シンポジウムを開催することとし、その具体的な準備を始めました。また、今年は、産技プロジェクトの中間評価の時期でもあり、内外の学識経験者との意見交換をおこない、今後の計画推進に役立てることにしています。

第1回国際マイクロマシンシンポジウムの開催を内外にアピールするため、次の産業技術が創出できるか、次の世代の技術が見えるかという観点で、「マイクロマシン技術一次の産業技術の基盤」をテーマとすることにしました。

準備体制としては、東京大学工学部の中島尚正教授を委員長とする組織委員会を設置し、その下にプログラム委員会、国際アドバイザーボード、実施ワーキンググループを置いています。プログラム委員会は、プログラムの具体的な計画の立案および招待講演者の選定をおこなうもので、国際アドバイザーボードは、国際的見地から助言を得るために、先の第1回マイクロマシンサミットに参加した海外首席代表9名をメンバーとするものです。実施ワーキンググループは、シンポジウム運営の実務を処理するためのものです。

このシンポジウムの第1日目には、基調講演と招待講演をおこないます。招待講演には、海外からの招聘者数名を含む予定です。第2日目は、産技プロジェクトの成果を中心とする発表とし、できるだけ多くの方々に発表して頂くことにしています。

**会 期：**平成7年11月1日（水）～11月2日（木）

**会 場：**科学技術館  
東京都千代田区北の丸公園2番1号

**主 催：**財団法人マイクロマシンセンター

**後 援：**通商産業省

**(予定)** 工業技術院  
新エネルギー・産業技術総合開発機構

## 編集後記

人に文章で何かを伝えたい時に、まず気をつかうのはタイトルの表現であろう。

新聞報道でも「見出し」によって、ある程度の内容が予測できる。そのポイントは、一番伝えたい事柄のキーワードをどれにするかだ。

こういうことに最も敏感なものは、週刊誌やスポーツ新聞だ。でも、読者は見出しから受けるイメージと記事内容のズレに、読んでいるうちに気付いてくる。場合によっては、記事内容に不信感を持つことすらある。

例えば、「〇〇氏ついに逮捕…か」の見出しの場合、「逮捕」という表現が強烈なために、その後に続く「か」（しかも他の字よりも小さい）という推測の記号まで頭が回らない。

マイクロマシン広報誌も12号になった。

読んで頂きたい、読ませたい、との色々な思惑はあるけれども、読み易く正確に伝えるとの意識は失わないように心がけたい。

## 発行 財団法人マイクロマシンセンター

発行人 平野 隆之

〒101 東京都千代田区神田司町2-2 新倉ビル5階

TEL. 03-5294-7131 FAX. 03-5294-7137