

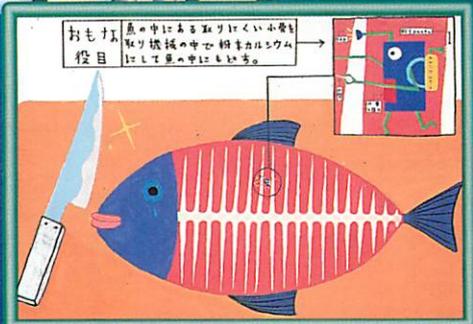
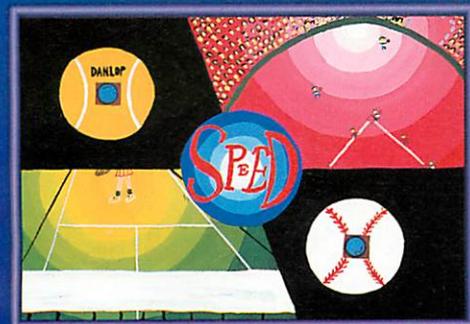
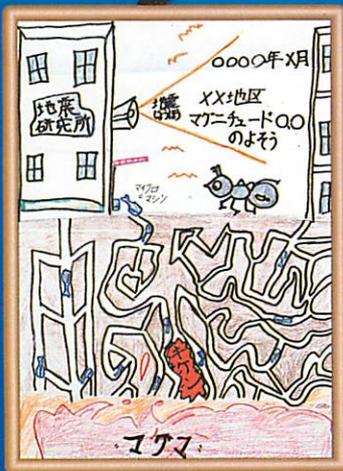
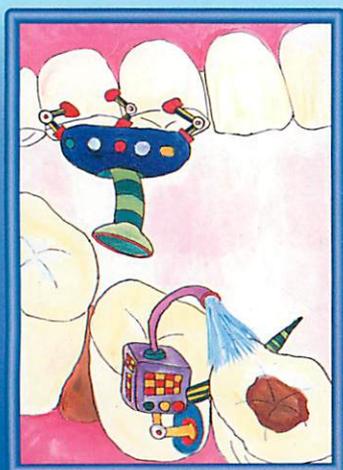


# マイクロマシン MICROMACHINE

## 1997.4

- 巻頭言／2
- マイクロマシンの研究紹介／3
- MMCの事業活動紹介／5
- 賛助会員の活動紹介／15

- 海外だより／17
- トピックス／20
- 入門講座「マイクロマシン技術の応用」(第3回)／22
- お知らせ／24



# No. 19

# そろそろ現場を



埼玉大学大学院政策科学研究科  
教授 藤 正 巖

私がマイクロマシンに関わるようになって、そろそろ10年がたとうとしている。マイクロマシンがすべての産業の基盤技術となり、将来の人間社会を支える技術となることは間違いない。これまで開発が進められてきた日本のマイクロマシンプロジェクトをみても、そのなかに多くの次世代の産業技術の種になるような技術が見え始めている。国のプロジェクトとしては、基盤技術の形成が重要であることは言を待たないが、一般社会でこのような技術が開花するには、もっと重要なファクターがあることも忘れてはならない。それは、現場主義ということである。

どのような基盤技術であっても、基本的な技術の概念とそれを育てるための理学的な基盤が確立された後には、それが使われる場を見つけた技術のみが成長して行くことになる。半導体産業のような基幹産業となっている技術でも、トランジスタラジオやコンピュータのような具体的開発目標があってはじめて技術の普及がおこる。技術が本質的で革命的であればあるほど、ひとにその効用をわからせる、いわゆる実需が必要である。

私は、数年前から医学の領域でどのようにマイクロマシンが使われ得るかを調査してきた。その結果として驚かされたのは、医学、医療においては、予想外に小さな機械が多いことであった。しかもそれは、次の世代の治療技術を目指したもののほど小型化が要求されることにあった。現在開発中のあるものは先端技術的なシーズからスタートし、あるものは医療の中のやむにやまれぬ実需から開発がスタートしているが、その内で「もの」になった技術を調べてみると、医療の実際の必要性から生じた技術が殆どだったという事実も私の驚きだった。そしてそれらは、1980年代の後半から医療ことに治療技術を激変させてきた技術群でもあった。

調査をしてみると、そのなかでももっとも微小技術を用いるのは、インターベンショナル治療と呼ばれる細いカテーテルや針を使った治療法である。それに最近はやりの直達鏡下手術が加わる。この領域で開発される技術の多くは、開発の当初、医者が手作りの機械で臨床を始めたものが多く、それらの開発の進められ方も、動物実験を延々と続けて、それから臨床へ移行するという経過ではなく、いきなり臨床をやってみるといふパターンが多いようだ。それらの技術は、これらの技術はいずれも、最初の人へのトライアルからおよそ10~15年後に現実の技術となっている。そして、そのひとつひとつの技術は、現在では体内に使われる用具一つが、小型のバイクから大型の乗用車に匹敵する価格を持ち、市場も全世界で年間数十万件にも達した技術がある。各種の治療用カテーテルや微小なステント（血管を閉鎖しないようにする筒）やペースメーカーはその代表例だ。

このような技術の背景には、内科医に外科的な治療法が急速に採用されつつあることが挙げられる。侵襲内科と呼ばれるこの概念は、人の死因の6割以上を占める心臓血管系の病気を取り扱う領域に著しくみられ、カテーテル技術によって多くの治療法を生みだしている。そこで使われる機械は、どれもがミリ以下の寸法の部品を持つ機械であり、それらは大量生産されている。残念なことは、ここにはわが国発の機械は殆ど存在していない。それらの技術は、刻々と外科と内科の技術の間の垣根を取り払い始め、最近に至っては、外科医も冠動脈のバイパス形成術を直達鏡下で侵襲を少なくやってのけだしている。しかし、日本でこのような試みを行う医師はまだいない。どこにその違いはあるのだろうか。

このような状況を眺めてみると、やはり、マイクロマシンの領域でも、実需をベースにするプロジェクトを少しは立てるべきだと思われる。それには、今のマイクロファクトリー・プロジェクトもいいたろうが、やはり本命は医療だろう。このプロジェクトの中にいくつかの医療関係の応用プロジェクトを作り、そのなかに関発的な医師を迎えてみてはどうだろうか。治療技術だから、場合によっては、マイクロマシンセンターが技術問題で告発されることもあるかもしれない。しかし、それを恐れては、何も次の世代の仕事はできない。ここまで技術の発展をみせているマイクロマシン技術を、日本の医療産業の基盤技術とすることを試みてはどうだろうか。

# マイクロマシンの研究紹介

## マイクロマシン

滋賀医科大学永田研究室 医学博士 永田 啓

### はじめに

医学部の研究室は、工学部とはちょっとちがって解剖学や生理学といった基礎系・内科や眼科といった臨床系で、講座単位でなりたっていることが多く、〇〇研究室という呼び方はあまりされていません。大学院でも講座単位の呼び方をしているところが今でも多くをしめています。というわけで、工学系の学会や研究会などでは、工学系にあわせて永田研究室と名乗らせていただいておりますが、医学系では、私は滋賀医科大学の医学情報センターの所属ということになります。今回は、研究室紹介ということで、私のかかわっていることをマイクロマシンも含めて、ご紹介したいと思います。

滋賀医科大学医学情報センターは、医学の研究・教育に関するコンピュータとネットワーク利用から病院情報システムの開発研究にいたる、さまざまな医療とコンピュータ・BME (Bio Medical Engineering) に関する範疇をカバーしています。

これは、滋賀医科大学が、医学部の中に医学科と看護学科をもつ医科単科大学であり、工学部を擁する総合大学のように専門的な工学者のサポートを得られないためです。私の研究室では医療と工学の境界領域を医療サイドからあつかうことをそのスタンスとしており、多くのコンピュータやBMEの研究者との違いは臨床サイドに基盤があることです (図1)。医学部で

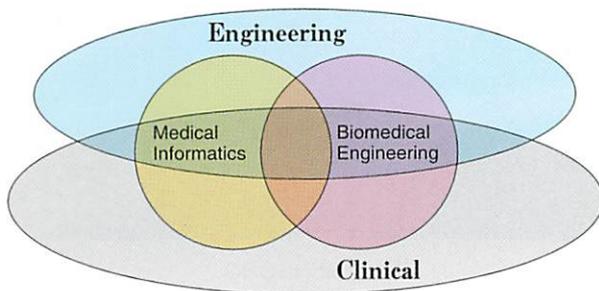


図1

は、多くの人間が現場での診療と研究を平行して行っており、特定の講座や研究室に所属して研究のみに専念できるのはほぼ大学院生の時にかぎられています。このため、医学情報センターでは、診療をしながら、研究をする方をサポートするようにこころがけています。医学情報センターにはさまざまな臨床分野の方々が併任という形で参加していただいて、システムのサ

ポートや研究などを行っています。

### 研究分野

私の研究室は大きく分けると、医療におけるコンピュータ・ネットワーク利用に関する研究とBMEに関する研究と2つのテーマをあつかっています。

医療におけるコンピュータ・ネットワーク利用については、

- 1) 新しい概念に基づいた統合型の医療情報システムの研究開発および附属病院におけるその導入と運用
- 2) 教育研究用のキャンパスネットワークの構築とその運用

を行っています。

いづれも、システム設計がフィールドと密接にむすびついた研究であり、特に統合型の病院情報システムは、通常の工学者ではなかなか経験できない診療現場の臨床に深くむすびついたものです。

BMEに関しては、医療用のマイクロマシンの研究・バーチャルリアリティーに関する研究をはじめとして、新型の心臓カテーテルの研究、医療用画像のクオリティーに関する研究など、さまざまな研究をいろいろな臨床系の研究者と協力して横断的に行っています。

### 臨床と工学のはざまにおけるスタンス

私の研究室では、原則として医療現場の経験のない方は、研究に参加していただいていません。最近では、医学部を卒業して、すぐに工学分野や他分野との境界領域に進む人がおります。こうした方々は、他分野、特に工学系の方々から見ると「お医者さん」や「人間については詳しく知っている人」また「病院や医療の現場を経験してきている人」にうつるのですが、実際には医学部を卒業しただけでは、ほとんど臨床の経験はないのです。これは現行の医師免許のシステムによるものです。医学部を卒業して医師免許を取得しなければ、実際に患者さんに医療行為を行う事ができないわけです。したがって、病院の現場で、実際に責任を持って患者さんの主治医や主看護婦としてたずさわる経験を数年しないと臨床経験とは言えません。また、こうした経験を積んだ人でも、ひとたび臨床の現場からはなれてしまうと、その知識や経験はその時点で止まってしまうのです。

そこで、医学情報センターで研究にたずさわる人に

は、完全に臨床現場から足を洗うことは許可しておりません。臨床からはなれてしまっただけでは生きた医療情報システムはつくれませんし、BMEに対する本当のニーズがわからないと考えています。

私自身が滋賀医科大学の卒業生であり、今でも眼科の日常臨床を続けながら研究を続けておりますので、研究室に参加していただいている研究者の方々も、このスタンスに関しては十分理解していただいているものと思っています。

## 医療情報システムとヒューマンインタフェース

医療情報システムは、病院におけるコンピュータネットワークの導入という形で、多くの大学病院で研究がはじまりました。工学の立場から、こうしたシステムを見る場合には、どうしても情報のフローやストック、ネットワークの効率化、現行病院業務のコンピュータ化を考えてしまうのですが、私の研究室では、患者さんを中心に考えて、業務形態を含めて、医療情報システムを統合設計しています。自分たちが、実際に患者さんを診察したり、ケアしたりしていないと、どの業務のどの部分が実際には不要であるか、とか、情報の流れのどこが無駄で、どこが必須のものであるかということが、わかりません。

こうした考えから、人の動きなど病院自体のシステムも含めて考えた統合型医療情報システムを1986年から研究開発し、実際に附属病院に導入して改良をかさねています。

この分野では、医師からの情報発信をキーとしたオーダーリングシステムや蓄積された医療データのさまざまな後利用などが実用化されていますが、ヒューマンインタフェースの部分がまだ弱く、電子カルテをにらんだ、よりダイナミックなシステム研究が必要となっています。これが、最近の私の研究テーマです。

## 医療サイドからのマイクロマシン研究

BMEのフィールドに関しては、さまざまな医療分野の方々と、工学者をむすびつけるのが私の仕事の大切な部分だと考えており、いろいろなアプローチを行っていますが、今回はマイクロマシンの事を紹介いたします。

マイクロマシンの研究は、工学分野ではかなり進んできており、さまざまなアクチュエータの発明や微細加工など眼を見張る研究が進んでいます。しかし、医療にマイクロマシンを使おうとすると、こうしたマイクロマシンそのものの開発とともに、マイクロマシンの人間の体内における動きやコントロール・疾患に対するアプローチ方法など、ソフトウェアの部分が非常

に重要になります。

よく、医療用のマイクロマシンのコンセプトアニメで、マイクロマシンが血管の中を走って、自分で病気の場所を見つけて、それを治療するというものがあります。この段階にいたるためには、いくつかのステップが必要です。まず第1段階として、体内におけるマイクロマシンの動向に対する膨大なデータを蓄積して、あやまって脳の微細血管から組織に入って神経を傷つけたり、血管の中を泳ぐときに血管壁にふれて、血管内皮細胞に損傷をあたえないようにするといった安全性を確保する必要があります。その次の段階として、医師がコントロールする手術機器のひとつとしてマイクロマシンを使用し、治療にどのようなマイクロマシンの機能が必要で、どのようにマイクロマシンを使ってさまざまな疾患に対応するかという知識ベースを構築しなければなりません。その後、はじめて人間の体の中にマイクロマシンを注入し、安全にマイクロマシンを動かしてターゲットとする部位までマイクロマシンを送り込み、手術・処置などを行って、無事に体外にマイクロマシンを取り出す、というマイクロマシンを中心とした治療の研究がはじまります。そして、最後に自走式のマイクロマシンの登場となるわけです。

現在、私の研究室ではマイクロマシンの体内動向およびマイクロマシンのコントロール方法の研究を行っております。また、医療用マイクロマシンのそなえる要件を、広く一般の方々にも知っていただくために、[GENGORO] (図2) というマイクロマシンのコン



図2 GENGORO

セプトモデルを作っています。

将来は遺伝子工学とからめて、白血球のように病気を予防したり、疾患を初期段階で治療できる、遺伝する「バイオタイプのGENGORO」といった夢を持ちながら、研究にいそしんでおります。

連絡先：nagata@sums.shiga-med.ac.jp

<http://www.shiga-med.ac.jp>をご覧ください。

## 平成9年度事業計画

### 1. 事業計画の基本方針

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盤技術の確立及びマイクロマシンの普及を図り、もって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、平成9年度においては、前年度に引き続き我が国からの情報発信を積極的に行うことを基本方針として以下の事業を行います。

- (1) マイクロマシンに関する調査及び研究
- (2) マイクロマシンに関する情報収集及び提供
- (3) マイクロマシンに関する内外関係機関等との交流及び協力
- (4) マイクロマシンに関する標準化の推進
- (5) マイクロマシンに関する普及啓発

### 2. 主要事業の内容

#### 2.1 マイクロマシンに関する調査及び研究事業

第2期の2年度である工業技術院産業科学技術研究開発プロジェクトについて、研究開発基本計画（第2期）の研究開発目標の達成を目指し、研究開発体制を一層整備して、受託研究を積極的に進めていくとともに、諸外国との技術情報の交換及び調査・研究の成果の内外への発信を行います。

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

第1期計画における基本的構成要素に関する技術の研究開発成果等を踏まえ、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、または、小型工業製品等の部品の生産作業を行う、微小機能要素から構成される機械システムである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目標とします。

平成9年度は、以下の研究開発を行います。

##### 〔発電施設用高機能メンテナンス技術開発〕

#### (1) システム化技術の研究開発(管内自走環境認識システム)

湾曲部を含む金属配管内において、無索にて水平、垂直方向に前進、後退、停止ができ、異物など周囲環境の認識が可能な機能をもつマイクロマシン試作システムの作製を通じてシステム化技術の研究開発を行います。

本体となる移動デバイスやマイクロ波によるエネルギー供給・通信デバイスの開発等による管内自走環境認識試作システム、異物等を撮影して画像信号を低消費電力で伝送するマイクロ視覚及び光によりエネルギー供給と通信を行う光

エネルギー伝送のシステム化等の研究開発を推進します。

#### (2) システム化技術の研究開発(細管群外部検査システム)

多数の単体マシンが検査対象の形態に応じて連結や分離をすることが可能な機能をもつマイクロマシン試作システムの作製を通じてシステム化技術の研究開発を行います。

本体駆動源となる駆動デバイスの開発等による細管群外部検査試作システム、駆動デバイスの動力を走行機能に変換する減速・走行デバイス及び単体マシンを複数個連結するためのマイクロコネクタのシステム化等の研究開発を推進します。

#### (3) システム化技術の研究開発(機器内部作業システム)

多様な構造の機器内部に進入し、内部の微小傷の計測や補修作業が可能な機能をもつマイクロマシン試作システムの作製を通じてシステム化技術の研究開発を行います。

本体となる多自由度湾曲管状機構や補修用マニピュレータの開発等による機器内部作業試作システム、小型ジャイロによって構成される姿勢検出デバイス及び光スキャナを応用したモニタリングデバイスのシステム化等の研究開発を推進します。

#### (4) 機能デバイスの高度化技術の研究開発

将来のマイクロマシンシステムを実現するために必要な構成要素であり、マイクロマシン技術としての先進性がある機能デバイスについて、マイクロ化、高性能化、複合機能化等の高度化技術の研究開発を行います。

駆動や作業に用いる変位と発生力が共に大きなアクチュエータである人工筋肉、結合面が互いに異なるデバイスを連結し、信号とエネルギーの受け渡しが可能なマイクロジョイント、マイクロ駆動部の摩擦を低減する磁気ベアリング等低摩擦サスペンションデバイス、マイクロマシンが外部からエネルギー供給を受けられない場合に非常用の安定電圧電源としてのリチャージャブルなマイクロバッテリー及びレーザー光の光電変換で発電した電力で駆動され、作業用ツールの精密位置決めをする光駆動自由関節デバイス等の研究開発を推進します。

#### (5) 共通基盤技術の研究開発

マイクロマシンシステムを実現するために必要となる制御、計測、設計、評価技術等基盤となる共通的な技術の研究開発を行います。

多数のマシンが作業に適したパターンを形成して、同時に検査などを行うことができるような分散マイクロマシン群のパターン形成技術、狭隙で複雑な環境内を移動するための超多自由度のホロニックメカニズムの実現を目指す階層型群制御技術、マイクロマシンの微細形状や動的挙動及びアクチュエータ等の微小な力やトルクを測定し、また管内の異物等を検知するマイクロ光分析を行うマイクロマシンの計測技術等の研究開発を推進します。

#### (6) 総合調査研究

将来の発電施設の保全作業に必要なメンテナンス用マイクロマシンの基本設計を行うメンテナンス用マイクロマシンの調査研究及びメンテナンス分野での活用が期待されるマイクロマシンシステムについての先導的な調査研究を行うマイクロマシン技術総合調査研究を推進します。

また、工業技術院機械技術研究所と微小デバイスの特性解析に関する共同研究、計量研究所と微小力・トルク計測に関する共同研究を行います。

#### 〔マイクロファクトリ技術開発〕

##### (1) マイクロ加工・組立技術の研究開発

限られた狭所空間の中に、加工、組立、搬送、検査などの多数の工程に係わる機器類を統合化して組み込み、実際に、小型部品の製品モデルを作製出来る機能をもつマイクロ加工・組立用試作システムの作製を通じてシステム化技術の研究開発を行います。

マイクロ加工技術、マイクロ組立技術、マイクロ流体操作技術、マイクロ光駆動技術、マイクロ電気駆動技術、マイクロ搬送技術、マイクロ検査技術の研究開発を推進します。

##### (2) 総合調査研究

マイクロファクトリ化により各種デバイスが集積化、高密度化した場合の電磁波干渉等の問題点等の調査研究を行うマイクロファクトリ化影響調査研究及び生産分野での活用が期待されるマイクロマシンシステムについての先導的な調査研究を行うマイクロマシン技術総合調査研究を推進します。

また、小型工業製品等の製造システムを小型化することにより、大幅な省エネルギー、省スペース、省資源を達成するマイクロファクトリ技術について、生産システムのダウンサイジング動向の調査、マイクロファクトリの経済性分析等を行い、将来のマイクロファクトリシステム概念構築等の研究を工業技術院機械技術研究所との共同研究で行います。

#### 〔マイクロマシン技術の研究開発〕

##### (1) マイクロマシンシステムの研究

医療分野の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である「脳血管診断・治療マイクロカテーテル」の主要構成要素となる機能デバイスであるマイクロレーザカテーテル及びマイクロ触覚センサカテーテルのマイクロ化と機能複合化の研究開発を推進します。

また、医薬品をはじめとして種々の液体を正確かつ極微量に調合できる超小型の液体合成システムを実現するための技術確立を目指します。

##### (2) 総合調査研究

将来医療応用分野におけるマイクロマシンシステムの活用についての先導的な調査研究を行うマイクロマシン技術総合調査研究を推進します。また、工業技術院機械技術研究所とマイクロマシンの設計・製作基盤技術に関する共同研究を行います。

#### 2.1.2 マイクロマシン材料に関する研究開発（工業技術院機械技術研究所と共同研究）

##### (1) 微小機能要素の作業環境に関する研究

マイクロマシンの導入が予想される分野（産業・医療等）における微小機能要素の作業環境が材料に求める諸特性を整理することとします。

##### (2) マイクロマシン用材料に関する研究

マイクロマシンの機能要素への適用が試みられている各種の材料についての詳細調査を行います。

##### (3) マイクロマシン用材料のフィジビリティスタディー

微小機能要素の耐環境性向上、微小機能要素材料における力学的スケール効果、微小機能要素材料の材料工学的手法による製作法等についての実験的検討を推進します。

#### 2.1.3 マイクロマシンの基礎技術に関する調査研究事業（機械工業振興補助事業）

多様なマイクロマシンシステムの構築に必要なシステム化基礎技術及び他分野における萌芽的な有望な技術シーズを探索、検証し、その育成を産学共同で推進してマイクロマシンの基礎技術の強化を図り、その普及振興に寄与することを目的としており、次の基礎技術の調査を行います。

##### (1) システム化基礎技術における技術シーズの探索

マイクロマシンのインテリジェント化による制御手法、システム化において不可欠な計測手法等有望な技術シーズの探索と検証を行います。

##### (2) 他分野萌芽技術における技術シーズの探索

微粒子性マイクロマシン要素部品の構築に必要な材料と機能、将来のマイクロマシンの高機能化に不可欠なインテリジェント構造材料、微小生物の優れた機構・機能に関する制御方式、マイクロマシンとの融合により将来の展開性が高い各種高機能システム等有望な技術シーズの探索と検証を行います。

#### 2.1.4 マイクロマシン技術による新産業創出に関する調査研究事業（機械工業振興委託事業）

微小な機能要素で構成された高機能な機械システムを実現させるマイクロマシン技術の研究開発は、着実に実績を上げ、既に部分的には商品に組み込まれ、社会生活に有用な効果を示しつつあるが、その本格的な活用は、実用技術として体系が整備される21世紀になってからと考えられます。

今年度は、マイクロマシン技術が多くの分野で実用化された際に、産業構造の変革及び新規産業創出に与える効果を予測することとします。

#### 2.1.5 マイクロマシン技術のアプリケーションに関する調査研究事業

研究開発中のマイクロマシン技術のプロジェクト及び次世代マイクロマシン技術の新分野でのアプリケーションを開拓して、技術の一層の発展を図ることを目的とし、開発中及び次世代の技術を体系化するとともに国内外において適用分野ごとに技術ニーズを探索することとします。

今年度は、(1)21世紀の生活様式におけるマイクロマシン技術を応用したシステム概念の構築、(2)欧米現地調査による技術調査を実施します。

#### 2.1.6 マイクロマシン技術国内外研究開発動向調査事業

マイクロマシン技術の開発は急速な拡大をしており、内外の研究開発の最新状況を把握しその分析結果を関連する技術者・研究者に提供することは、マイクロマシン技術開発の促進に寄与するものであり、かつ継続して調査することが重要であり、今年度も昨年度に引き続き実施します。

#### 2.1.7 その他調査研究開発に附帯する事業

研究開発の円滑な推進を図るため、研究部会、分科会及び総合研究会の開催等の事業を行います。

### 2.2 マイクロマシンに関する情報収集及び提供事業

国内外の大学、産業界、公的機関等におけるマイクロマシンに関する情報並びに資料の収集を行い、センターで実施した調査資料等とともに整備し、センター資料室において閲覧に供するとともに内外に広く情報を提供します。

#### (1) 資料室の整備充実

平成8年度に引き続き、技術文献・資料を収集し、資料室に収蔵するとともにデータベース化し、検索・閲覧が容易にできるようにします。

#### (2) マイクロマシン情報誌の発行

平成8年度に引き続き、技術文献・資料の抄録をまとめた「マイクロマシンインデックス」を定期的に発行し、賛助会員、関連機関等に提供します。

#### (3) ニュースレターの発行

マイクロマシンにかかわる研究動向、行政動向などの情報について、毎月定期的に賛助会員にファクスにて提供します。

#### (4) データベースの構築及び情報管理システムの管理運営等

マイクロマシンに関する研究動向を調査し、アニュアルレポートとしてまとめるとともに、技術情報のデータベースを構築します。

### 2.3 マイクロマシンに関する内外関係機関等との交流及び協力事業

内外関係機関との交流を図るため、大学等における研究へのグラント、研究者及び有識者の招聘及び派遣、マイクロマシンサミットへの参加、国際シンポジウム、セミナーの開催等内外関係機関等との提携、交流及び協力事業を行います。

#### (1) マイクロマシン技術に関する研究開発への助成

マイクロマシン技術の研究開発を円滑、かつ、効率的に促進するため基盤的・基礎的研究に関し、官学産共同研究を推進する一環として、大学等に対し、引き続き研究助成を行います。

#### (2) マイクロマシン技術に関する研究者の交流

米、欧、豪等からの有識者の招聘、我が国有識者・研究

者の海外派遣を行い、交流促進を図ります。

#### (3) 海外へのミッションの派遣

欧州及び米国にミッションを派遣し、大学その他マイクロマシン関連研究機関との情報交換を行い、交流を促進します。さらに、海外で開催される国際シンポジウム、学会への参加を行います。

#### (4) マイクロマシンサミットへの参加及び2国間技術交流の実施

日、米、欧、豪等におけるマイクロマシン分野に関する第3回のサミットに参加し、広い範囲におけるマイクロマシンに関する課題について討議を行います。

また、2国間の技術交流の場を設け、マイクロマシンに関する技術・諸課題について検討します。

#### (5) マイクロマシン技術に関するシンポジウムの開催

マイクロマシン技術に関し、各国における研究開発成果適用状況及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、普及を図ることとし、今年度も引き続き国際マイクロマシンシンポジウムを開催します。

#### (6) 海外での共同セミナー／ワークショップの開催

マイクロマシン技術の開発に関心の深い国に対し、専門家交流を補い、我が国の研究成果を積極的に幅広く提供するため欧州とアジアにおいてJETRO等の協力を得て、現地機関との共同セミナーやワークショップを開催します。

### 2.4 マイクロマシンに関する標準化事業（一部機械工業振興委託費）

前年度に策定した標準化事業の進め方に基づいて、(1)関連専門用語を体系化し、専門用語集を英訳するとともに、(2)計測評価法の個別詳細調査による標準化における技術課題の抽出を進めます。さらに、(3)国際標準化の早期確立を目指し、海外の標準化活動との連携を深めていくこととします。

### 2.5 マイクロマシンに関する普及啓発事業

広報機関誌の発行・配布、セミナー、展示会等を開催し、広くマイクロマシンに関する普及、啓発を図ることとします。

(1) 広報機関誌として、広報誌（和、英）を定期的に発行し、関係者に配布するとともに、インターネットwwwホームページを、有効に活用することとします。

(2) マイクロマシンの絵画コンテストの開催、パンフレットの発行、ビデオの制作等により、マイクロマシンに関する普及啓蒙を図ります。また、東京及び地方においてセミナーを開催し、産官学の交流を図ります。

(3) 産技プロジェクト第2期のこれまでの成果等を展示する第8回マイクロマシン展を開催します。

#### (4) マイクロマシン連合

マイクロマシン連合の事務局として、マイクロマシン関連団体の連携、強化に努めます。

## 第4回マイクロマシン技術研究助成課題決まる

第4回（平成8年度）マイクロマシン技術研究助成対象の課題が3月の理事会で決定されました。今年度も多数の応募があり、厳正な審査の結果、別表のように、新規テーマ7件、2年度目継続テーマ6件が選定され、総額1,964万円の助成金を贈呈することになりました。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。

3月25日、研究助成金の贈呈式が東京霞ヶ関ビル東海大学校友会館において開催されました。贈呈式では

石丸理事長の主催者挨拶、中嶋産業機械課長の来賓挨拶、梅谷官学産共同研究委員会委員長からの審査結果の報告が行われた後、助成対象の13名の先生方に、石丸理事長から助成金目録が贈呈されました。また、青山静岡大学助教授（現在は電気通信大学助教授）から助成金を受けられた先生方を代表して挨拶があり、その後、新規テーマを担当される7名の先生方から、それぞれ研究計画要旨の発表が行われました。贈呈式に続き、お祝いと懇談のパーティが開催され、助成を受けられた先生方を囲んで、なごやかな歓談がなされました。

なお、この研究助成は、平成9年度も継続され、7月から10月まで募集を行なう予定です。

研究者 (共同研究者)	所属機関名・役職	研究課題	研究期間
青山尚之 (佐々木彰)	静岡大学 工学部 同上	・助教授 ・教授 センチサイズロボット群によるマイクロデバイス生成法の開発と応用	1年
大岡昌博 (三矢保永)	静岡理工科大学 理工学部 名古屋大学 工学部	・助教授 ・教授 マイクロ三軸触覚センサの開発に関する研究	2年
進村武男	宇都宮大学 工学部	・教授 磁気研磨法によるマイクロマシン用精密部品の高精度鏡面加工	2年
南和幸	東北大学 工学部	・講師 レーザー加工を用いたフレキシブルチューブアクチュエータの製作	1年
亀田正治	東京農工大学 工学部	・助教授 音響キャビテーションを利用したマイクロジェットポンプの開発	2年
古谷克司 (毛利尚武)	豊田工業大学大学院 工学研究科 同上	・講師 ・教授 誘導電荷による圧電アクチュエータの状態認識	1年
三好隆志 (高谷裕浩)	大阪大学 工学部 同上	・教授 ・講師 レーザー光放射制御ダイヤモンド微粒子を利用したマイクロ加工に関する基礎的研究 (平成7年度助成課題)	2年
細田直江	東京大学 先端科学技術研究センター	・助手 可逆的マイクロボンディング	継続2年度
生田幸士	名古屋大学 工学部	・教授 マイクロ光造形法を用いたマイクロ集積流体システムの研究	継続2年度
川口春馬	慶應義塾大学 理工学部	・教授 ON-OFF特性をもつ高分子ミクロスフェアの機能開発	継続2年度
杉山進	立命館大学 理工学部	・教授 高アスペクト比X線リソグラフィによる分布型マイクロアクチュエータの研究	継続2年度
鳥居薫 (西野耕一)	横浜国立大学 工学部 同上	・教授 ・助教授 マイクロ流れの3次元計測技術の開発	継続2年度
中田毅	東京電機大学 工学部	・教授 ER流体を用いた光マイクロアクチュエータの研究	継続2年度



石丸理事長の主催者挨拶



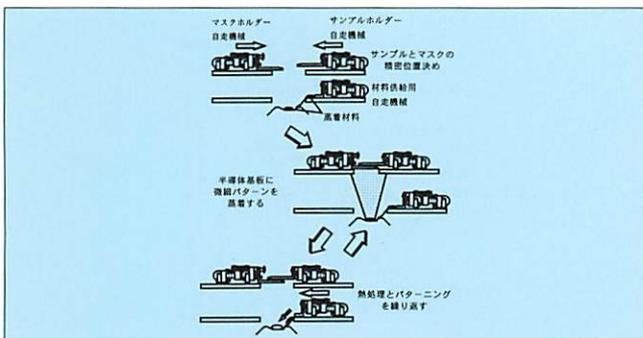
8年度助成対象の先生方

## 平成8年度研究助成テーマの概要

### 「センチサイズロボット群によるマイクロデバイス生成法の開発と応用」

静岡大学 助教授 青山 尚之  
(現在は電気通信大学)

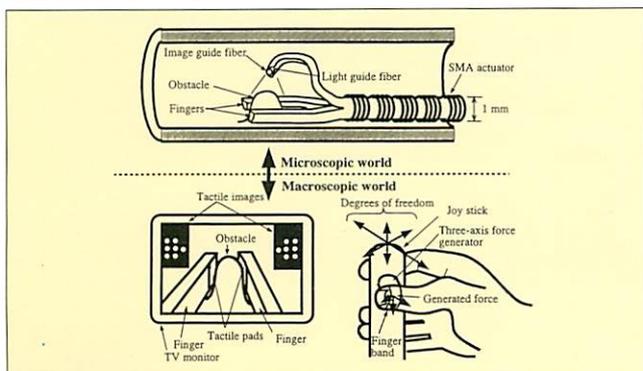
研究者らは自由曲面を超精密に移動可能なセンチサイズロボット（圧電素子と電磁石で構成されている）を開発し、表面微細加工機などを搭載し、微細作業をさせている。高真空内でも動作するように改造され、薄膜パターンの生成にも成功している。本研究ではこれらの機器群や計測機器およびコントローラを汎用機械上で分散制御し、共存協調するシステムを構築する。マイクロファクトリ技術としておおいに期待できる。



### 「マイクロ三軸触覚センサの開発に関する研究」

静岡理工科大学 助教授 大岡昌博

マイクロスコープに搭載できるマイクロな三軸触覚センサで、力を検出するのにアレイ状にセルを配列した構造では必然的に複雑になり大きくなるため、実現が困難視されていた。本研究では光導波路形一軸触覚センサを用い、円錐状の超小型接触子（シリコンゴム）の変化を画像処理で検出し、接触面積の変化から垂直力を、原点からの移動量（二自由度方向のズレ）より水平分力を検出するためのアルゴリズムを提案する。これにより、マイクロな三軸触覚センサを提供することが期待できる。



添付図1 マイクロ触覚センサ搭載マイクロスコープ

### 「磁気研磨法によるマイクロマシン用精密部品の高精度鏡面加工」

宇都宮大学 教授 進村武男

マイクロマシン用微細機器部品の比較的簡単な形状創成法としては精密切削、精密研削、マイクロ放電加工などがある。これらの加工法ではエッジに微小なバリが形成され、加工面もいわゆる鏡面ではない。本研究では磁性砥粒を用いることにより長さ2～5mmのフレキシブルな磁気ブラシを形成し、ブラシの中で微細機械部品を回転させることにより、3D微細複雑曲面形状の凹凸面に沿って研磨し、形状精度を損なうことなく鏡面仕上げとバリ取りをすることができる。非常に応用範囲の広い加工技術として期待できる。

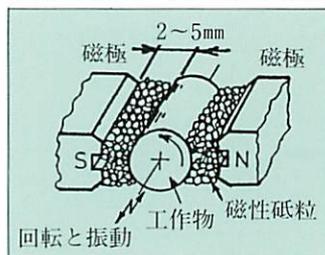


図1 磁気研磨法の加工模式図

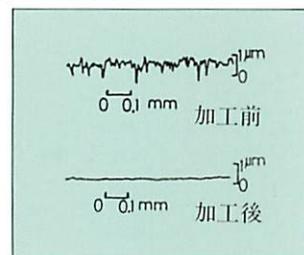
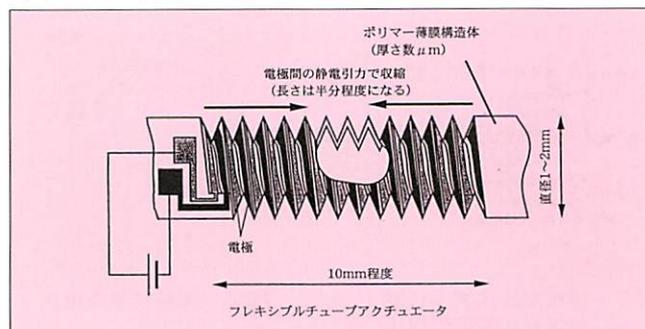


図2 加工前後の表面粗さプロフィール

### 「レーザー加工を用いたフレキシブルチューブアクチュエータの製作」

東北大学 講師 南 和幸

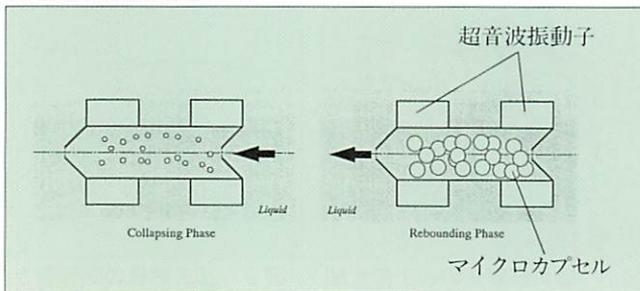
能動カテーテルなどの円筒状の表面にアクチュエータを実装することは難しく実用的でない。本研究では3次元レーザーアブレーション加工による形状生成とポリマー蒸着等の3次元薄膜堆積技術を組合せ、外径が血管カテーテルと同様でありながら、その構造体の内部に微細なベローズ構造と金属電極を内蔵させた、フレキシブルチューブアクチュエータを製作することである。電極に低電圧を加えることにより、静電引力で収縮する。静電アクチュエータのため低電圧駆動でありながら、大きな力と大きな変位の発生が期待できる。



## 「音響キャビテーションを利用したマイクロジェットポンプの開発」

東京農工大学 助教授 亀田正治

DOD式インクジェットプリンターでは圧電素子の変位を用いインクを噴射している。本研究では圧電素子の変位の替わりに、音響キャビテーション (acoustic cavitation) と呼ばれる振動圧力場中における気泡の共振現象を利用した、小形で大流量のポンプを開発することを目的とする。開発するポンプでは、シリンダの両端に片方向に流動を制約する弁を取り付けその内にマイクロカプセルを封入し、カプセルが外部振動子による内部液体の変動圧力で膨張・収縮運動することにより、液体を片方向に搬送する。動作原理が簡単でスケールの可変性も高く、精密な噴射や医療用ポンプ等にも応用範囲が広い。



音響キャビテーションを利用したマイクロポンプ概念図

## 「誘導電荷による圧電アクチュエータの状態認識」

豊田工業大学大学院 講師 古谷克司

圧電素子にはヒステリシス現象があるため電圧増加時と減少時では変形量が異なる。したがって、変形量の軌跡を制御する必要がある場合には、変位センサなどを付加する必要があるが、変位センサや力センサは形が大きいので、圧電素子をいくら小さくしてもなかなか小形化できない。本研究では変位のヒステリシスを低減するため、圧電素子の内部電荷により外部導体に誘導される電荷を測定することで、変形量や発生力を推定し変位センサなどを配置する必要が無く、変形量の軌跡を制御するシステムの小形化を目指す。

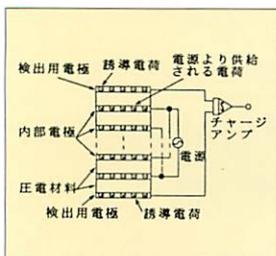


図1 積層型圧電素子に誘導される電荷の検出法の概念図

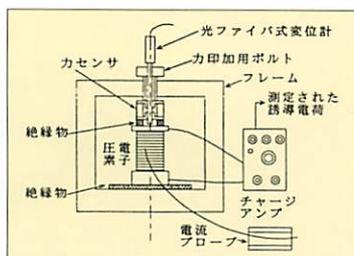


図2 実験装置の構成

## 「レーザ光放射圧制御ダイヤモンド微粒子を利用したマイクロ加工に関する基礎的研究」

大阪大学 工学部 教授 三好隆志

医療用マイクロマシンなどで個人差に対応した特殊仕様にするために、その都度マイクロマシンの一部分を修正加工する必要がある。こんな場合、局所的な修正加工や仕上加工、組立工程などを考慮した微細加工技術の開発が必要になる。本研究はレーザトラッピング技術を利用し、ダイヤモンド微粒子の高速な振動・回転運動を積極的に利用して、複雑な形状や微細な形状に対する3次元マイクロ加工に関する基礎的研究である。また、複数の砥粒を同時に駆動・制御ができれば局部ラッピング等応用範囲も広がる。

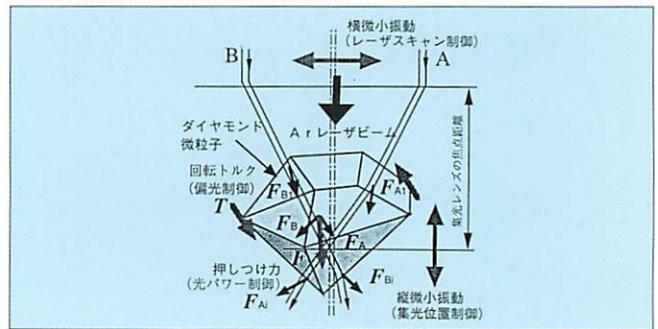


図1 レーザ光放射圧制御によるダイヤモンド微粒子の駆動

## 第3回マイクロマシン絵画コンテスト表彰式行われる

マイクロマシン絵画コンテストは、21世紀の社会を担う小・中学生にいち早くマイクロマシンを理解していただき、親しみを深めていただくために、はじめられたものですが、今回で3回目となりました。第1回目と第2回目の作品は、当センターの広報誌の表紙に掲載されるなど、広報及び普及活動に種々利用され、効果を上げています。

第3回目の募集は、前回と同様に、当センター賛助会員企業の協力による神奈川県足柄上郡中井町及び京都府長岡京市の小・中学校と千葉県習志野市から参加された小学校を加えて実施されました。

小学校の部では184点、中学校の部では192点の応募があり、一次審査を経て、20点の作品が入選しました。応募参加校は次の通りです。

### 参加校

#### 小学校

- 中井町立中村小学校
- 中井町立井ノ口小学校
- 長岡京市立長法寺小学校
- \*習志野市立大久保東小学校

#### 中学校

- \*中井町立中井中学校
- 長岡京市立長岡第四中学校
- (\*印：学校賞受賞校)

表彰式は、去る3月26日に東京都千代田区霞ヶ関ビル33階の東海大学校友会館において行われ、受賞者、来賓、審査委員を始め、約40名の出席がありました。当センターの石丸典生理事長の挨拶の後、通商産業省工業技術院の濱野径雄研究開発官の来賓挨拶があり、その中で「自身が皆さん（子供達）と同じ年頃に30年後の21世紀になったら何ができるか考えた夢、例えば動物と話ができるのでは、癌が治せるようになるのでは、鉄腕アトムのようなロボットができるのでは、といったことは残念ながらまだ実現していない。しかし、一方では、コンピュータの小型化のように当時の想像を超える技術の進歩もみられる。世の中は便利になったが、いいことばかりでなく、今日では、花粉症、エイズ、地球の温暖化などが人間社会に大きな影響を及ぼし始めている。やはり、これからも暮らしを良くする努力が必要であり、その実現には技術開発、研究開発が重要である。21世紀は、皆様の時代であり、夢の実現には、たゆみない努力を必要とするが、夢を忘れないで、将来に向かって一步一步努力をしてほしい。」と参列した子供達に技術開発、研究開発の重要性を述べられました。

審査委員長の三浦宏文東京大学教授は審査経過の紹介と審査講評として、審査された時の上位入賞作品について感想を述べられました。

今回以前にはなかった花粉症を扱った絵が小学校の最優秀賞を得ています。花粉症の絵で感じたことは、花粉症を治すには、空気をきれいにする必要があります。一方、マイクロマシンを作るのにも、きれいな空気が必要であり、両者には共通したところがあるということです。マイクロマシンは、クリーンルームの中で写真の現像作業のようなことをして作ります。1立方フィート中に数百個の埃が存在するクリーンルームで蟻の形をしたマイクロマシンを20匹作りますと、途中で蟻の体に埃が付いて不良になってしまい、完成時には、5～6匹になってしまいます。電子回路の製作には、もっと高いクリーン度を必要とします。そういったクリーンルームに花粉症の人が入ると花粉症は治るのではないのでしょうか。

つぎに、中学校の部の最優秀賞の絵画の修復作業にマイクロマシンを活用する絵ですが、マイクロマシンが目に見えないところに着目して、機械として利用したアイデアが素晴らしいと思いました。通常の修復作業では、カーテンで覆いをして外部から鑑賞できませんが、埃と絵の具を見分ける機能をもったマイクロマシンで修復作業を行えば、修復作業中でも名画の鑑賞ができるものと思われます。小中学校それぞれの一等賞の作品については、バイキンをみつけるマイクロマシンは、人類の夢であり、消しゴムを再生するマイクロマシンは、すごいアイデアだと思います。素晴らしいアイデアを楽しく審査させていただきました。引き続き、入選作品の紹介ののち、小学校の部最優秀賞の中井町立中村小学校6年生の三宮由美さん、中学校の部最優秀賞の中井町立中井中学校3年生ボヴェ太郎さんら入賞者に表彰状と賞品が手渡されました。また、コンテスト実施に際し、多数の応募があった小中学校2校に学校賞が授与されました。

最後に、最優秀賞を受賞した2人から、受賞の喜びと、マイクロマシンへの夢と期待を込めた挨拶がありました。式後、懇談会場で、始めて見るマイクロマシン技術のポータブル展示品に目を輝かし和やかな雰囲気での懇談が行われました。



受賞者記念撮影

# 第3回マイクロマシン絵画コンテスト最終審査結果

## 小学生の部

最優秀賞  
花粉症もこれでへっちゃら



三宮 由美 中村小学校 6年生

一等賞  
O157探知撃退機



小澤 麗 井ノ口小学校 6年生

二等賞  
オゾン破かいガスすい取り機



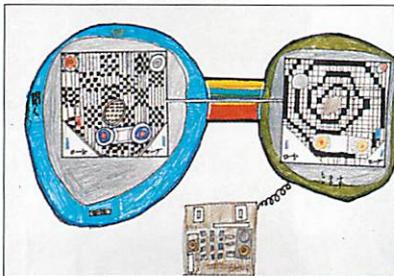
小澤 裕真 井ノ口小学校 5年生

二等賞  
害虫をやっつけろ



藤林 亮平 井ノ口小学校 5年生

三等賞  
全国みんなと通話電話



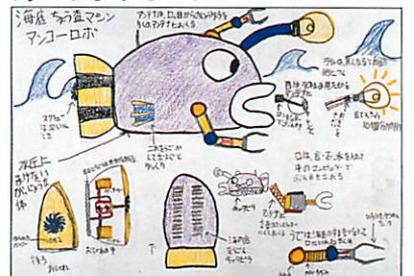
長谷山 哲也 井ノ口小学校 5年生

三等賞  
受粉マシーン



白壁 友也 井ノ口小学校 6年生

三等賞  
海のちょうさマシン アンコーロボ



山田 康介 大久保東小学校 5年生

佳作賞  
虫たいじ



中原 隆裕 井ノ口小学校 6年生

佳作賞  
DENTISTマシン



近藤 光弘 長法寺小学校 5年生

アイデア佳作賞  
マイクロけいさつバチ



福田 えり子 大久保東小学校 6年生

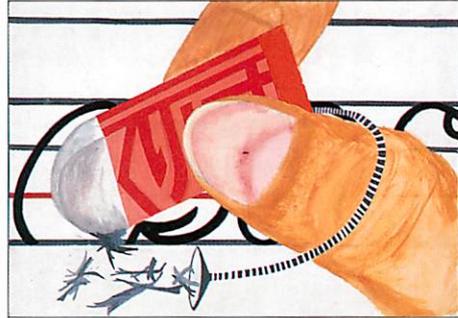
中学生の部

最優秀賞  
美術品の修復補助マシン



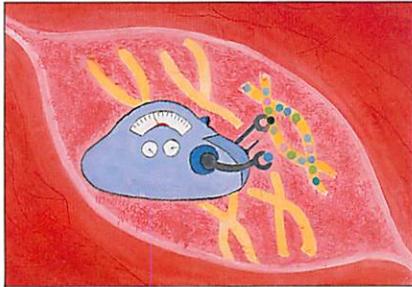
ボヴェ太郎 中井中学校3年生

一等賞  
くり返し使おうね



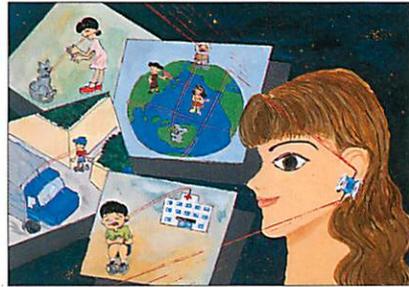
宮 邦子 中井中学校3年生

二等賞  
遺伝子くみかえ装置



近藤 聖子 中井中学校3年生

二等賞  
パーソナル・サテライト



諸星 由布子 中井中学校3年生

三等賞  
カプセル胃カメラ



倉橋 朋子 中井中学校3年生

三等賞  
Loving Eye



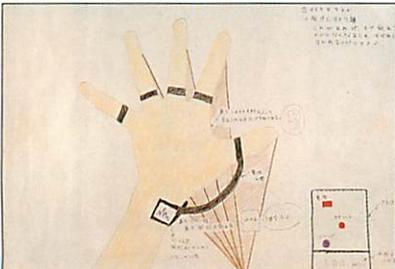
牧田 ひろみ 中井中学校3年生

三等賞  
衛星を修理する機械



山口 佐和 中井中学校3年生

佳作賞  
脈はくはかり機



滝野 真希 長岡第四中学校1年生

佳作賞  
骨の治療するマイクロマシーン



城所 尚吾 中井中学校3年生

アイデア佳作賞  
断鉄線補修マシーン



篠嶋 由佳 中井中学校3年生

## 高松マイクロマシンセミナー開催される

高松マイクロマシンセミナーは、平成9年1月16日（木）の午後、当センター及び（財）四国産業・技術振興センター共催、四国通商産業局、四国工業技術研究所、四国経済連合会及び四国生産性本部の後援のもと高松市のホテルニューフロンティアで開催されました。

本セミナーでは、最近のマイクロマシン技術を解説するとともに、現在（財）マイクロマシンセンターを中心に進められている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研究開発」の成果の中から、具体的成果が紹介されました。

講演では、（財）四国産業・技術振興センター横澤明良普及啓発部長、四国工業技術研究所木村錫一所長、徳島大学木内陽介教授、愛媛大学清水顕教授の4名に司会をして頂き、通商産業省工業技術院総務部濱野径雄研究開発官、MMC新井肇事務局長、工業技術院機械技術研究所須藤徹也主任研究官が、それぞれ「産業科学技術研究開発制度におけるマイクロマシン技術開発」「MMCの事業活動」、「マイクロマシン技術の概要」について講演を行い、特別講演では徳島大学工学部三澤弘明教授による「レーザーを用いた三次元加工法とハンドリング」について講演が行われました。

さらに、産業科学技術研究開発制度プロジェクトの

成果紹介では次の講演を行いました。

「マイクロポンプについて」

（株）アイシン・コスモス研究所 成瀬 好廣氏

「ロータリ型マイクロアクチュエータ」

（株）安川電機 つくば研究所 梶島 武文氏

「探傷デバイス」

松下技研（株） 超機構研究所 青木新一郎氏

「環境認識デバイス」

三菱電線工業（株） 中央研究所 遠山 修氏

四国では、今回のセミナーでご協力いただいた主催者及び後援者等が中心となって各種のセミナーやイベントを開催して独創的・先端的な研究開発の推進や新産業の創出を支援し、四国内の各県の企業の振興と発展を目指しています。そのため、マイクロ理工学、微小機能要素技術などの多様な技術分野の融合であるマシン技術を産業、社会、生活の多方面で有効に活用するための契機として、このセミナーに寄せる関心は高く、四国全土から参加した企業数約20社に2大学関係者及びセミナーの主催者・後援者を合わせて約60名が参加し、講演に対して活発な質疑応答が行われ、有意義なセミナーとなりました。



高松でのセミナー風景

# 賛助会員の活動紹介

## オリンパス光学工業株式会社

### 1. マイクロマシン技術への取り組み

マイクロマシン技術の研究開発は1980年代後半から始まったシリコン微細加工技術を用いた微小機械要素の研究や、1991年からスタートした通産省マイクロマシンプロジェクトの研究が契機となって活発化してきており、現在情報通信分野、医療分野、基礎科学分野など様々な領域でその応用が探求されています。当社は医療・健康、映像・情報、工業関連市場で事業を展開していますが、こうした市場に提供する商品の付加価値を高めコストダウンを図るために、マイクロマシン技術は重要・不可欠になってきています。例えば、医療現場においては体を傷つけることのより少ない（低侵襲な）診断・治療技術が、高齢化社会を迎える21世紀に向けて益々求められています。こうした医療ニーズの実現に向けて、マイクロマシン技術を利用した微小センサやアクチュエータ等の機能要素開発や、これらを実現する微細加工組立技術の研究開発に取り組んでいます。

### 2. マイクロマシン技術の開発

狭隘な体腔内で診断・治療を行う極細径内視鏡やカテーテル、あるいは低侵襲体腔内外科手術システムでは、観察機能や処置機能を所定の場所に遠隔的、能動的に誘導する技術が必要になります。図1はこのようなアクセス機能を研究するために試作した「多自由度管状マニピュレータ」の一例です。このマニピュレータは直径1mmの湾曲構造を長手方向に複数組み合わせさせて多自由度を持たせ、また観察機能や処置機能をマニピュレータ内部に配置できるよう中空構造になっています。マニピュレータを湾曲させるアクチュエータに薄い形状記憶合金の板（SMAプレート）を利用していますが、ヒステリシスの大きなSMAプレートを湾曲制御するために、SMAを加熱駆動するヒータや温度・歪センサをポリイミド薄膜に集積化し、この機能を持ったポリイミド薄膜をSMAプレートと一体化するこ

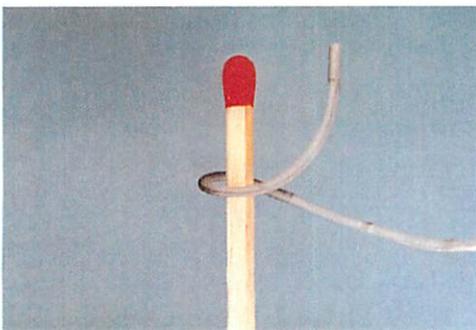


図1 多自由度管状マニピュレータ



基礎技術研究所長 遊佐 厚

とによってマニピュレータの湾曲制御を実現しました。

また内視鏡やカテーテルを体内に挿入する際に、術者はこれらの末端を把持して体腔内壁との接触状況を直接手に感知しながら挿入操作を作っていますが、内視鏡等のマイクロ化が進むとこうした触覚情報が得られにくくなるので、挿入性の向上や生体への安全性確保の点からも触覚を検出する機能（触覚センサ）の開発が必要になります。

図2は光学式マイクロ触覚センサの一例です。このセンサは光源に面発光レーザー（SEL）

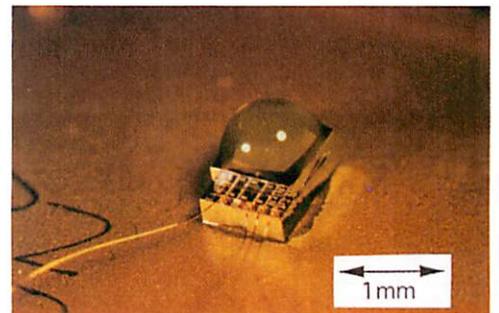


図2 光学式触覚センサ

を用いSELの上部にシリコンダイヤモンドフラムで形成した外部ミラーを、下部にはSEL出力検出用フォトダイオード（PD）を配置して微小な複合共振器を構成しています。シリコンダイヤモンドフラムを覆っている受圧部（シリコンゴム）に外力が加わるとダイヤモンドフラムが数 $\mu\text{m}$ 変位し、この変位に伴うSELの出力変化をPDで検出しています。この光学式センサはマイクロ化しても十分な信号出力が得られる点に特徴があります。

### 3. 今後の取り組み

マイクロマシンの微細加工技術や微小なセンサ、アクチュエータ等の機能要素技術に関しては、着実に研究開発が進んでいます。今後マイクロマシン技術を実用化するに当たっては、複数機能を集積化する技術や組立技術の開発が重要になってきており、我々もこうした方向での研究開発に取り組んでいきます。

（オリンパス光学工業(株) 複合精密技術部；柳沢一向）

## 川崎重工業株式会社

### 1. マイクロマシン技術への取り組み方針

いわゆるメカトロ製品の代表である産業用ロボットは当社の製品のひとつでもあります。日進月歩のエレクトロニクス技術の恩恵を受けて、制御装置の小型化、高性能高機能化が進んでいます。しかし、ロボットの機構系、電装系に関して少し客観的に眺めてみると、この10年間で桁違いに小さくなったという印象は特に受けないことがわかります。エレクトロニクス技術の進歩だけではロボットの構造を劇的に変化させるのは難しいようです。

マイクロな機構やセンサを開発することは勿論興味深いテーマですが、その技術をマイクロマシンの中だけに閉じ込めておくのはもったいない話です。マイクロマシン技術を何らかの形で応用することで今とは違う機構をもつロボットが作れるのではないだろうか、今とは全く違う分野にロボットが応用できるのではないだろうか、という大きな期待をマイクロマシン技術に向けたと思います。

### 2. マイクロマシン技術の開発と応用

当社は、平成3年度から7年度までの第一期は3自由度アクチュエータの機構、制御技術に関する研究を行なってきました。そして、平成8年度からの第二期は、マイクロマシン群のパターン形成技術に関する研究に取り組んでいます。

図1は第一期で試作した「3自由度アクチュエータ」です。このアクチュエータは複数の圧電素子を協調制御して駆動することにより、

3自由度の回転運動が可能です。このアクチュエータには小型化できるという構造的特徴があるため、プラント等の狭隘部の点検・検査を行うマイクロマシンの結合機構や移動機構に適用することを提案しています。

一方、その機構面でのメリットに着目してロボットアームの関節機構への応用を考えてみますと、一つの

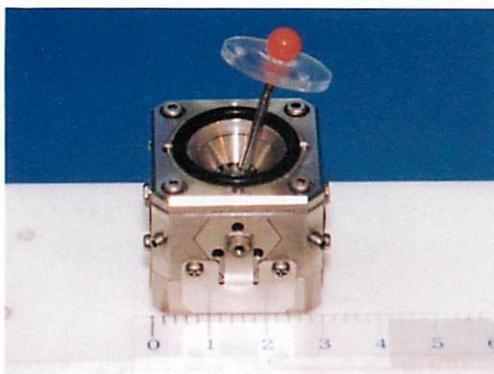


図1 3自由度アクチュエータ



理事 黒崎 泰充

関節機構で3自由度の運動ができるということで、モータと減速器との組み合わせによる従来のロボットアームの構造を劇的に変化させる可能性があります。

そこで、当社ではプラントの点検・検査ロボットの他に、宇宙空間での作業ロボットにもこのアクチュエータを応用できないか、その可能性を検討しています。宇宙では、無重量のため発生トルクに対する要求が低いのですが、その代わりに小型軽量化への要求が強く、従来の概念にとらわれない発想でのロボットアームの設計が必要だからです。

このように、マイクロマシン技術は地上の微小空間でも、壮大な宇宙空間でも面白い応用が考えられそうです。

### 3. 今後の取り組み

第一期の成果は、従来にないアクチュエータ機構がプラント内の点検・検査用のマイクロマシンや宇宙用のロボットアームにも応用できそうだという可能性を示してくれました。その可能性を具体化するには、基礎データの収集、駆動回路の小型・低消費電力化などの問題に取り組まなければなりません。その成果によりマイクロマシン応用のさらなる発展が期待できます。

第二期では、マイクロマシン群のパターン形成技術について研究を進めています。このパターン形成で重要な技術は通信と制御に関する技術です。限られた能力、限られた環境下でどのような通信方法が成立するのか、不自由な通信環境下でどうすればマイクロマシンが群として行動できるのか、いずれも興味深い課題です。

機構面のマイクロ化と同時に、マイクロマシンに適した通信・制御技術の研究に取り組むことが、マイクロマシン技術のより広い応用につながると考えます。

(川崎重工業(株) 技術総括本部

電子・制御技術開発センター長 理事；黒崎泰充)

## AITC '97報告 (Asian industrial Technology Congress 1997)

### 1. 概要

当センターが協賛しているAITC '97が、平成9年1月6日(月)～8日(水)にわたり、香港で開催されました。

主催：香港工芸大学  
(The Hong Kong Polytechnic University)

開催場所：香港 Convention and Exhibition Center

AITC '97は、製造技術、通信技術及び環境関連技術に関して、香港及びアジアにおける産業活動に役立つ新技術・新製品の発表の場及び産業界・学界に新技術を紹介する場であります。

賛助会員各社及び当センターからは、加工および組立の先進技術に関する発表を行うため、4名が参加しました。

### 2. 講演者及び演題

賛助会員各社及び当センターからの講演者・演題は次の通りです。

- ・上口 賢男 ファナック(株)  
The Intelligent Machine with AI Function
- ・船本 宏幸 セイコー電子工業(株)  
Development of Superplastic Forging Technique for the Mass-Production of Titanium Alloy Watch

### Cases

- ・甲村 司 (株)デンソー  
Application of a Silicon Dynamic Focusing Mirror to Bar Code Readers
- ・高橋裕一郎 (財)マイクロマシンセンター  
Microfabrication Process of Micromachine Technology

香港の1月は、気温が18度前後と過ごしやすく感じました。会議は3日間にわたり、各国から約150件の講演が、Convention and Exhibition Center内の6つの小会議室に分かれて行われ、活発な討議がなされました。日本からは他に大学、国立研究所(機械技術研究所等)からも数名の参加者がみられ、技術発表が行われました。

講演は、アジア(香港、中国等)地域を中心に、ヨーロッパ、北米からも行われ、多くの方が参加するなかで盛況の内に終了いたしました。

マイクロマシンセンターからは、製造技術のセッションにおいてマイクロマシン技術、特に第1期の成果の中から加工および組立技術についてVTRを交えての技術発表および質疑を行いました。また、マイクロマシンセンターのホームページの紹介も併せて行いました。発表終了後、香港や中国の方々から質問を受け、マイクロマシン技術への関心の高さを感じました。



図1. Convention and Exhibition Center

## アジアセミナー

アジア諸国・地域とのマイクロマシン技術の交流とネットワーク作りを図るため、海外アジア地域では初めてのセミナーがJETROの協力を得て、マレーシア及びシンガポールで開催されました。

### ① マレーシアでのアジアセミナー

「Forum on Micromachine Technology」

【開催日時】1997年1月14日(火)

9:00~12:30

【開催場所】SIRIM Berhadの講堂

【主催】・(財)マイクロマシンセンター  
・JETRO KUALA LUMPUR CENTER  
・SIRIM Berhad

【講演者及び演題】

平野隆之／(財)マイクロマシンセンター 専務理事  
“Importance and Future Prospect of Micromachine”  
服部 正／(株)デンソー 基礎研1部長  
“Current Status of the Micromachine Technologies in Japan”  
矢田 恒二／オムロン(株) 技術本部顧問  
“Micro 2-D Recognition Device”  
太田 亮／オリンパス光学工業(株)技術開発本部課長  
“Medical Application of Micromachine”

マレーシアでは大学、企業、研究機関等から約180名が参加しました。

質疑応答ではいくつかの技術的質問に続き、自国マレーシアとしてどのようにR & Dプログラムを進めるのが適切か等についても質問があり、また、終了後の談話の中でも、現地学者・研究者間で、是非マレーシアにおいてもマイクロマシン技術の開発を進めるべきだ、それにはどうすべきか等の意見も聞かれ、本セミナーは技術の伝播に大いに成功したものと思えました。

### ② シンガポールでのアジアセミナー

「Asia Seminar in Singapore:-Developments in Microsystem Technology and Micromachines」

【開催日時】1997年1月17日(金)

9:00~17:00

【開催場所】Gintic Institute of Manufacturing Technologyの講堂

【主催】・(財)マイクロマシンセンター  
・Gintic Institute of Manufacturing Technology

【講演者及び演題】

日本側講演者および演題はマレーシアと同じ。現地シンガポール側からは3件の発表が行われました。

Dr. Tay / Singapore National University

“Some MEMS development work in NUS”

Dr. Zou / Nanyang Technological University

“Miniature Silicon Condenser Microphone with Corrugation technology”

Dr. Zheng / GINTIC INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

“Laser Micro-machining”

シンガポールでは約50名が参加しました。質疑応答では技術的な質問が多く交わされました。また、シンガポールではマイクロマシンの研究のスタートをファンダメンタルなものから始めるべきか、シンガポールではどのような開発が良いかなどの質問では、その質疑応答の中でシンガポール特有の、国際交流を重視した産業環境が如実に感じ取れました。

昨年の10月に開催したアジアフォーラムに続き今回のセミナーでさらに両国の多くの方々マイクロマシン技術の研究開発を紹介し、また、交流を持つ事が出来、非常に有意義なセミナーとなりました。両国とも

関心は深く、研究開発を具体的に進める方策についての談義も語られる等、今後のアジアでのマイクロマシン技術への取り組みが期待されます。



シンガポールでのアジアセミナー風景

## MEMS '97名古屋で開催

MEMS'97ワークショップ (IEEE)が、1月26日(日)から1月30日(木)まで、日本・名古屋市の「ホテルナゴヤキャッスル」にて開催されました。

今回のMEMSは、記念すべき第10回の国際ワークショップであり、参加登録者は15カ国から442名(昨年のサンディエゴでのMEMS'96は401名)にもものほり、過去最高の参加者数となりました。国別では、開催地である日本が287名と圧倒的な割合を占めていましたが、米国57名、スイス19名、ドイツ11名など欧米からも多数の参加者がありました。また今回、日本で開催されたこともあり、特に韓国の28名をはじめとしてアジア諸国からの多数の参加(日本、韓国を除くアジア15名)が目立ちました。(参加登録者の4分の3がアジア)

発表件数は95件で、口頭発表39件(内、招待講演4件)、ポスター発表56件が行われました。日本からの発表は45件と約半数を占め、その他、米国25件、スイス11件、韓国、ドイツ各5件が主なところでした。産技プロジェクト関係では、(株)デンソーから2件、三菱電機(株)、(財)SRIインターナショナル、(株)アイシン・コスモス研究所、三菱電線(株)、オリンパス光学工業(株)から各1件ずつの計7件の発表が行われました。

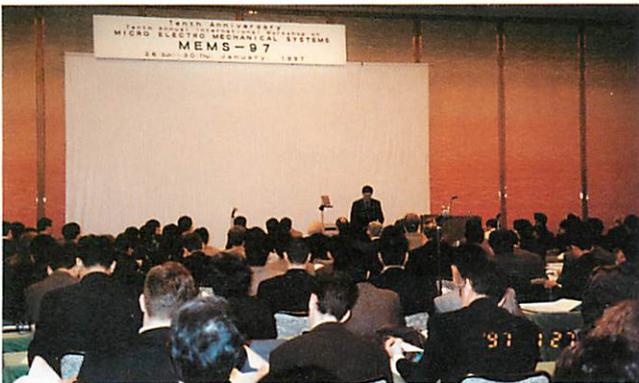
発表内容をおおまかに分類すると、光学、流体関連を含む応用デバイス/システムが36件、パッケージング、集積化技術を含む製作・加工技術が27件、アクチュエータが10件、センサが9件、デザイン・モデリングが3件、材料特性が3件、その他7件といったところで、昨年に比べると、単独のアクチュエータやセンサと

しての発表ではなく、それらを応用したデバイスやシステムに関する発表の増加が目立ちました。

このワークショップは、パラレルセッションを行わず、一堂に会する全体会議で行われる伝統をもっているため、約400名が着席できる大会議場で発表が行われました。なお、会議開催中は、常に満員に近い参加者があり、1件当たり25分の時間の中で、発表と活発な討議が行われました。また、28日午後にはポスタセッションが行われましたが、各発表ブースで非常に熱意にあふれた討議がなされました。

さらに、27日、28日には会議場隣りにマイクロマシンセンターの展示コーナーを設置し、マイクロマシンセンターの事業紹介ポスター2枚と、アイシン・コスモス研究所のレーザー駆動を用いたマイクロポンプ、三洋電機のもんどう虫型アクチュエータ、オリンパス光学工業の1mmφSMAアクチュエータ、デンソーの配管内マイクロ検査マシンの4つのポータブル展示品および各説明ポスターの展示を行いました。多くの国内外の研究者から注目され、小さなマシンが本当に動いているのに驚きや興味を示すと同時に、研究者らしく、その中に使われている技術について展示説明担当者と一緒に議論している姿が見られるなどの反響がありました。

今回のMEMS'98は、1998年1月25日から29日まで、ドイツのハイデルベルグで開催される予定で、発表申し込み締め切りは1997年9月15日です。



MEMS'97会議風景



マイクロマシンセンター展示コーナー

## 第3回マイクロマシンサミットいよいよ開催

当センターでは、マイクロマシン技術の振興と普及のために国際交流事業を進めており、その一環として当センターが1995年に京都において第1回目を主宰して始められたマイクロマシンサミットは、着実に進展し、多くの成果を上げてきています。

昨年スイス・モントルーで開催された第2回の会議では、会議記録の保存と次の開催をフォローするために当センターが永久事務局となることが決定されるとともに、第3回目がカナダで開催されることが合意されました。

第3回サミットには、これまでのメンバー国の日本、豪州、カナダ、仏、独、蘭、スイス、英国および米国の10ヶ国に加え、より一層の展開を図るため、新たにスウェーデン、中国、韓国、台湾の4つの国と地域から代表が派遣されることになり、カナダ・Simon Fraser大学のGUILD氏を中心とする組織委員会により準備が進められ4月28日～30日の三日間、バンクーバーにおいて開催されることとなりました。

日本からは、5名の代表団と賛助会員からなるオブザーバー合わせて19名が参加することになっています。日本代表団は次の通りです。

首席代表	中島尚正	東京大学大学院工学系研究科教授
代表	下山敏郎	オリンパス光学工業(株)代表取締役会長
同	石丸典生	(株)デンソー 代表取締役会長
同	守友貞雄	セイコー電子工業(株)代表取締役副社長
同	平野隆之	(財)マイクロマシンセンター専務理事

今回のサミットでは、14の国・地域の首席代表がそれぞれ自国・地域のマイクロマシン関連の状況の報告(カントリーレビュー)を行うほか、次の6つのトピックスについて討議を行うことにしています。

1. 標準化
2. 健康管理
3. 環境
4. 新展開と新材料
5. 輸送
6. 情報技術

予定される各国首席代表は表1の通りです。

表1

国名	首席代表	所属
日本	中島尚正教授	東京大学
豪州	Prof. Ian BATES	Royal Melbourne Institute of Technology
カナダ	Mr. Gordon GUILD	Micromachining Technology Centre
中国	Prof. Zhao Ying ZHOU	清華大学
フランス	Prof. Daniel HAUDEN	LPMO-CNRS
ドイツ	Prof. Wolfgang MENZ	Albert-Ludwigs-Universitaet Freiburg
イタリア	Prof. Paolo DARIO	Scuola Superiore Sant'Anna
韓国	Prof. Min-Koo HAN	Seoul National University
オランダ	未定	
スウェーデン	Dr. Ingemar LUNDSTROM	IFM-Linkopings Universitet
スイス	Prof. N. F. de ROOIJ	University of Neuchatel
台湾	Dr. Min-Shyong LIN	Industrial Technology Research Institute
英国	Prof. Howard DOREY	Imperial College
米国	Prof. Richard MULLER	University of California, Berkeley

## 来日したMark G. Allen教授(米)とのインタビュー

アメリカ・アトランタにあるジョージア工科大学のMark G. Allen教授が、名古屋で開催されたMEMS'97に出席するため来日されました。同教授にインタビューする機会を得ましたので、同教授らの研究室における最近のマイクロマシン研究の現状を伺いました。



Q：先生のいらっしゃる大学および研究室について教えてください。

A：ジョージア工科大学はアメリカ・ジョージア州のアトランタにある科学工学を専門とする大学で、マスターコース及びドクターコースを含めて、約13,000名の学生が在籍しています。私は1989年にこの大学にきて、マイクロマシンに関する研究を始めました。現在、私の研究室では約20名の研究スタッフでMEMS分野の研究を行っています。

主な設備としては約700m<sup>2</sup>のクリーンルームと、クリーンルームではない計測や実装等のための、いくつかの小さな実験室をもっています。

Q：研究室での研究内容についてお聞かせ下さい。

A：我々の研究室では、(1)磁気応用アクチュエータ、(2)パッケージング、(3)電子回路パッケージの中に、抵抗、コンデンサ、インダクタのような受動素子を集積化するためのマイクロ加工・組立技術といった分野の研究を中心に行っています。また、流体応用アクチュエータ、高温用センサについての研究も行っています。

Q：近い将来、マイクロマシンの分野で、どのような新しい技術の研究が必要となるとお考えでしょうか。

A：一つには、マイクロマシンデバイスを作製するときに用いる基板の大口径化が重要であると考えています。ミリメートルサイズの素子が搭載できるもっと大きな基板が、特に磁気応用アクチュエータの分野では必要だからです。したがって、ミリメートルサイズのデバイスをバッチプロセスで作製するために、もっと大きな面積のフォトリソグラフィの技術が重要になるでしょう。

また、マイクロマシンデバイスに使われる新材料も重要であると思います。シリコンやそれに関係する材料の技術はこれまでよく開発されてきましたが、役に立つマイクロマシンを実現するには、金属やその他の

材料の技術もシリコンと同様に開発される必要があると考えています。

Q：最近のMEMSの研究開発状況について何かご意見をお持ちでしょうか。

A：MEMSに関しては、今、非常にエキサイティングな時期にきていると思います。多くの企業や研究者の間では、MEMSデバイスを商品化レベルにまで達成させてきていますし、研究開発は単なる興味の段階から実用化の段階に動いています。そして今後MEMSの技術の重要性はもっと多くの人に認知され、これまで以上に速いスピードでこの分野は成長していくと考えています。

Q：日本のマイクロマシンの研究状況についてどう思われますか。

A：前回のサンディエゴでのMEMS'96では、日本から多くのすばらしい研究成果が発表されたと思います。また、今後産技プロジェクトの中で研究開発されていくデバイスは独創的で大変すばらしい構造のようですし、プロジェクトの第2期が、このような実用的なシステムを掲げ、始まったことを知って非常に喜ばしく思います。

Q：最後にマイクロマシン研究における先生の夢がありましたらお聞かせ下さい。

A：私の夢は、マイクロマシン技術が一般の人々の日常生活の重要な一部となり、人々が気づかないようなところで、マイクロマシンデバイスがしっかりその役割を果たしているようになることです。そのような状況になったとき、私はマイクロマシンデバイスが真に、現実の世界に大きなインパクトを与えられると思っています。

(マイクロマシンセンター；鶴田和弘)

# 入門講座 マイクロマシン技術の応用 (第3回)

今回は、マイクロマシン技術の応用の最終回としてメンテナンス分野を取り上げて、マイクロマシン技術によって実現される、また実現が望まれているメンテナンスロボットとその応用例を紹介します。

## 1. はじめに

近年の機械設備・装置は、年々発展し、より精密、より複雑になっており、その機能を維持したり、保守したりするメンテナンスは、より一層困難になってきています。しかし、メンテナンスは、設備等の安全性、信頼性、品質、経済性を確保する上で、必要不可欠なものです。そのため、最近では、設備、装置等を設計する場合、そのメンテナンス性を設計に盛り込むことも今や常識となっています。

こういった中で、人が入れない狭隘部、分解しないとメンテナンスが出来ない箇所、危険な場所において、検査や修理を行う小型のメンテナンスロボットのニーズは非常に高まっています。また、メンテナンス作業には、いわゆる3Kと呼ばれる作業も多く、この面でもメンテナンスロボットのもたらす効果は大きいと言えます。

適応分野としては、輸送機械、発電所、ガス配管、鉄鋼・石油・化学プラント等多岐にわたり、これらは今日の産業社会を支えている重要な社会設備、施設であり、経済の基盤でもあるため、そのメンテナンスは非常に重要です。

輸送機械については、航空機のジェットエンジンのメンテナンスに既にマイクロカテーテルが使われており、分解なしでタービンの状態が検査されています。また、ジェットエンジンだけでなく、安全性を確保するために必要なメンテナンスに、マイクロマシン技術が適応できる分野は多いと考えられます。

表1に示す様に、製造業におけるメンテナンスにかかる費用は、9兆円に達すると言われ、電力、サービス等の非製造業のメンテナンス費用を含めると年間23兆円にも達すると言われています<sup>1)</sup>。

分野	設備保全費用 (兆円)
製造業分野	9.50
非製造業分野	
①水道業界	0.235
②電力業界	2.00
③通信業界	1.40
④ガス業界	0.10
⑤航空業界	0.21
⑥ビルメンテナンス業界	2.20
⑦土木建築業界	7.50
合計	約23兆円

表1 国内における年間のメンテナンス費用

## 2. 発電施設用高機能メンテナンス技術開発

産技プロジェクトでは、大型発電施設において、その安全上とメンテナンスコストの低減を図ることを目的とし、熱交換器や配管系等を分解することなしに、その複雑で狭隘な場所における異常箇所を綿密に迅速に検査・補修することができる高機能メンテナンスシステムをひとつのターゲットとして研究開発を行っています。発電施設において熱交換器と蒸気タービン、その間で熱媒体を循環させるための配管群などには、20mmに満たない狭間が多く、かつ複雑に入りこんでいます。これらの定期検査などでは、タービンや熱交換器などの装置を分解して検査が行われています。特に、原子力発電所では、1～2年に一回原子炉を停止して、定期検査を行っており、検査に100日程度要すること、作業員の被爆の問題もあり、分解→検査→補修→組立の一連のメンテナンス作業を、分解することなく行われる高機能メンテナンスシステムをマイクロマシン技術によって実現されることが強く望まれています。

発電施設内メンテナンスシステムには、狭く複雑な通路を通してメンテナンスすることが強く求められる場合と、狭さよりも広大な範囲をメンテナンスすることを求められる場合があります。前者の場合は、カテーテル型のシステムが有効であるし、熱交換器の細管のメンテナンスでは、複数のロボットによるメンテナンスが有効であるし、機器の外部を広範囲にわたってメンテナンスする場合は、複数のロボットが協調するような群ロボットシステムが有効と考えられています<sup>2)</sup>。このメンテナンスの要望に応えるため、産技プロジェクトでは、図1に示す3つのメンテナンスシステムの実現を目指して研究開発を進めています<sup>3)</sup>。

## 3. マイクロ検査マシン

図2は、産技プロジェクトで開発されたマイクロ検査マシン<sup>4)</sup>です。直径5.8mm、全長20mmで直径8mmの配管内を貫性駆動<sup>5)</sup>により移動し、先端に取り付けられた渦電流センサにより配管のひびを検出します。この検査マシンは、将来発電所の配管を検査するマシンへつながるプロトモデルです。

貫性駆動は、アクチュエータの伸縮動作を利用した移動方式です。単純な構成(伸縮アクチュエータ、貫性体、クランプ)によって前後進動作ができ、機構内部で摩擦、磨耗が発生しないといったマイクロな移動

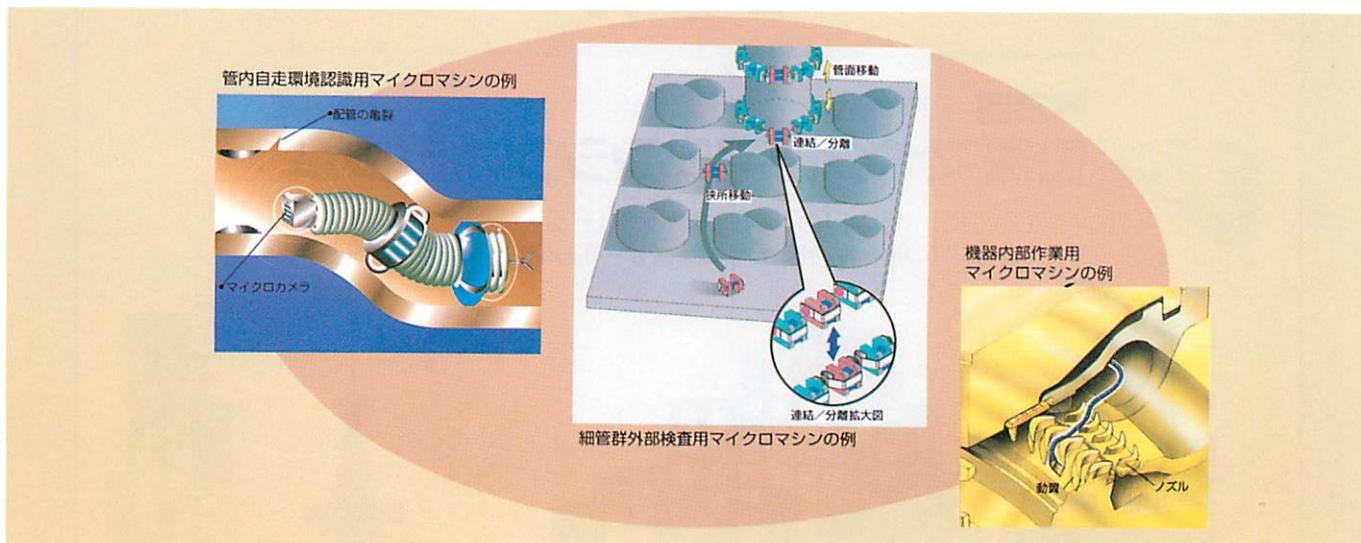


図1 「発電施設用高機能メンテナンス技術開発」  
マイクロマシンセンターパンフレットより

方式に適した特徴を持っています。

マイクロ検査マシンで使用しているPZTスタック型圧電アクチュエータ（サイズ：2×3×9 mm）は、パッケージに内蔵されています（図2ではパッケージをカットしています）。このパッケージは、厚さ60 $\mu$ mで重さ0.084 gという超軽量構造体です。この3次元極薄構造体は、精密加工技術、メッキ技術、エッチング技術といった異なる分野における加工技術を複合したプロセスで構成されています。

また、アクチュエータ動作時には100℃以上に温度が上がるため、シリコンでできた放熱フィンが取り付けられています。この放熱フィンと、熱の障壁となる接着層のない異種材料直接接合技術<sup>6)</sup>で取り付けることにより、放熱効果を高めています。

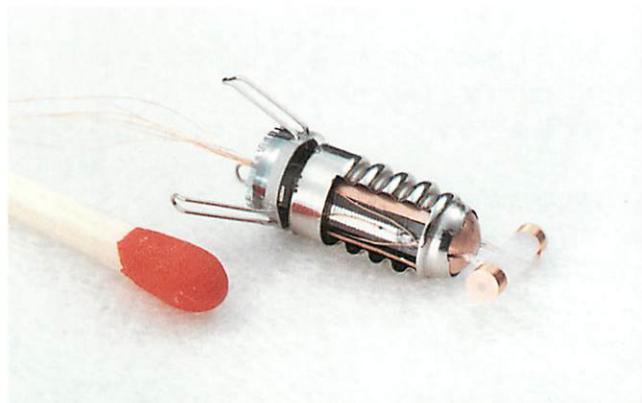


図2 マイクロ検査マシン（株デンソー提供）

頭部の渦電流センサは直径2 mmで、50 $\mu$ mのワイヤを約200ターン巻いて形成しています。このセンサにより10 $\mu$ m程度の亀裂が検知可能です。なお、このマイクロ検査マシンは空気中のみならず液体中（フロリナート）の動作も可能です。

#### 4. まとめ

図2のマイクロ検査マシンは、まだ移動機能と検査機能を持っただけの単純なシステムです。今後、産技プロジェクトで研究されている各種デバイスの省電力化や制御機能との一体化、デバイスの集積化といったシステム化技術が進むことによって、図1に示されるような、より高度なメンテナンスシステムが実現されていくことでしょう。

#### 参考文献

- 1) マイクロマシン技術の経済効果に関する調査研究報告書（1995）（財）マイクロマシンセンター発行
- 2) マイクロロボット開発に関する調査研究報告書（1994）社日本産業用ロボット工業会発行
- 3) マイクロマシンセンターパンフレット
- 4) T. Idogaki et al., Symposium on Micro Machine and Human Science, 193-198, (1995)
- 5) T. Higuchi et al., JSPE-54-11, 2107-2112, (1988)
- 6) M. Nagakubo et al., Proc. of IARP workshop on Micromachine Technologies and Systems, 78, (1993)

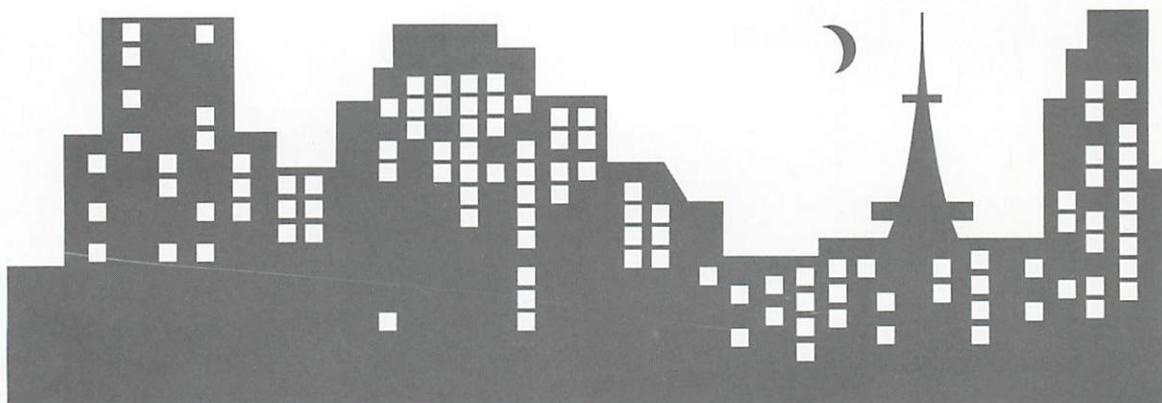
## ご案内



### 第3回 国際マイクロマシンシンポジウム

【会期】1997年10月30日(木)・31日(金)

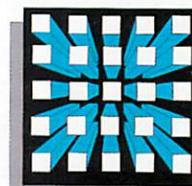
【会場】科学技術館サイエンスホール/東京・北の丸公園



### 第8回 マイクロマシン展

【会期】1997年10月29日(水)～10月31日(金)

【会場】科学技術館/東京・北の丸公園



詳細は追ってお知らせいたします。

## 編集後記

新しい平成9年度となり、(財)マイクロマシンセンター事業計画の内容紹介を重点に、広報誌第19号をお届けします。

初めに、当センターがマイクロマシンの基盤技術の確立とその普及を通じて、わが国の産業経済と国際社会に貢献することを目的に、平成4年に産声をあげて以来、早いもので、去る1月24日で満5年を経過いたしました。

この間、当センター中核事業のマイクロマシンプロジェクトにおける研究開発の着実な進展等とともに、それらの成果を毎年、マイクロマシン展で公開し続けており、又、併設の国際マイクロマシンシンポジウム並びに当センターが提唱し先進各国の賛同を得て始まったマイクロマシンサミットは、今年度で第3回目を開催することになります。

このように、マイクロマシンは21世紀の新しい産業基盤の構築に向けての一翼を担いながら、世界的な広がりの中で各国が切磋琢磨する第2ステージを迎えております。わが国としても中長期的な展望のもとに、レベルアップを図っていくことが肝要であり、一層の努力をしていきたいものです。

### 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

WWWホームページ: <http://www.ijinet.or.jp/MMC/>

無断転載を禁じます。