

# マイクロマシン

## MICROMACHINE

- 巻頭言／2
- 研究室紹介／3
- MMACの事業活動紹介／5
- 賛助会員の活動紹介／14
- 海外だより／16
- 講座「最近の微細加工技術」(第1回)／18
- お知らせ／20

M I C R O

M A C H I N E

M I C R O

M A C H I N E

M A C H I N E

M A C H I N E

M A C H I N E



財団法人マイクロマシンセンター

No. 31

# マイクロマシン 絵画コンテストによせて



東京芸術大学  
助教授 山下 了是

「マイクロマシン絵画コンテスト」の審査に参加させていただいて、3回になりました。このコンテストは、小学生の部と中学生の部に分かれていて、応募もかなりの人数にのぼるのですが、とても興味深い内容を持っています。

小学生や中学生にとって、“マイクロマシン”は現実には存在するものではなく、“未来のマシン”であり、“想像のマシン”です。従って、このコンテストは“想像画”のコンテストです。審査は単に絵画として優れたものを選ぶのではなく、作者が絵に表現した(或いは表現しようとした)発想・提案・希望など、“マイクロマシン”についての作者自身の思考そのものが重要な対象となります。

周知の通り、絵画はいろいろな意味で人の内面を豊かにしますが、特に想像画を描くことは、柔軟な思考力を養う上で、非常に効果的なトレーニングになります。

頭の中にある想像は、ジグソーパズルのように断片的で、全体像が常にぼやけています。しかし、絵にする事によって、ぼやけている部分を埋める感覚が働きます。埋める事によって想像はさらに広がります。

埋める感覚と広げるエネルギーが、脳の働きを活発にするのです。

「何かを考える時に、絵にすると分かり易い。」という事を発見して、私が有頂天になったのは小学校5年生の時です。いちばん好きな「図画工作」と、楽しい「体育」と、少し好きな「理科」の時間以外は、学校嫌いだったのですが、ある時、先生が「この問題は難しいぞ、みんな、解いてごらん。」と言いながら黒板に、ひとつの算数の問題を書いた事がありました。その問題を見ていて、ふと頭の中に絵が浮かんできたのです。

ノートにその絵を描いてみました。

問題はすぐに解きました。

それからは、想像して絵にできる問題なら、クラスの誰よりも早く解けるようになりました。

学校の勉強が面白いと思えた唯一の時期でした。

現在、私は染色という技法を用いて自分の作品を作りながら、学生の指導に当たっています。

美術の世界も、絵画・彫刻・工芸・デザインというように、さまざまなジャンルに分かれていますが、どのジャンルでも基本になるのは絵を描く事です。

作品を作る時、頭の中のイメージから、いきなり作品にする事は殆どありません。

まず、イメージを絵にしています。それは人に見せるためではなく、自分の目で見て、そのイメージが作品に出来るかどうか、自分で判断するための絵です。完成された絵である必要はありません。自分で判断できるところまで描けばいいのです。アイデアスケッチとか、イメージデッサンと呼ばれる段階です。作品を作るためには、この段階がいちばん重要です。

絵をイメージに近づけるために何枚も描きます。ところが、何枚も描いているうちにイメージが変わってきます。イメージが変わってもいいのです。頭の中にあるイメージは曖昧なものです。自分の手が描いた絵を見る事によって、触発されて頭が働き、イメージも動きだすのです。

最初は手がイメージを追いかけているのですが、いつのまにかイメージが手を追いかけているような状況になります。それが最も望ましい状態です。絵は頭の中のものを描くというよりも、絵を描く事によって、頭の中のもの動かすのです。

時々、「まだ何も描いていませんが、イメージは頭の中にあります。」と言う学生がいますが、それは間違っているのです。曖昧で流動的なはずのイメージが、動かさないでいるために、観念的な錯覚として固定されてしまった状態です。決して作品にはなりません。手を動かして、目に見える形にしたものが本当のイメージなのです。

「マイクロマシン絵画コンテスト」の審査をしていると、「絵を描くことによって、頭脳と感覚が柔軟性を持って動いている。」ということを感じる作品が沢山あります。

もしかしたら、彼等の中から21世紀のレオナルド・ダ・ヴィンチが出てくるかも知れません。

## 触覚でミクロの世界を探る

静岡理科大学理工学部機械工学科 助教授 大岡昌博

### 1. はじめに

当研究室の名称は「知能センシング研究室」とい、触覚を通じてロボットに知的な作業を実現することを目的として、主に触覚センサ、触覚情報処理、触覚呈示システムに関する研究を進めています。マイクロマシン関連のテーマとしては、触覚センサを極限まで小さくすることに挑戦する「マイクロ触覚センサ」に取り組んでいます。

### 2. マイクロ触覚センサ／呈示システム

顕微鏡型のマイクロロボットは管壁と接触する機会が多いことから、管路の破損の防止やロボット自身の保護のために触覚センサの搭載が有効と考えられます。触覚センサと言えば、通常接触によって生じる圧力分布を計測するセンサのことを指します。しかし、管壁に沿って運動する顕微鏡の姿勢制御には、接触圧力の分布だけでなく摩擦方向に働くせん断応力の分布の検出も重要と思われま

す。また、マイクロロボットが接触によって獲得した触覚情報を操作者に効果的に呈示できれば、より巧みな操作が実現できると思われま

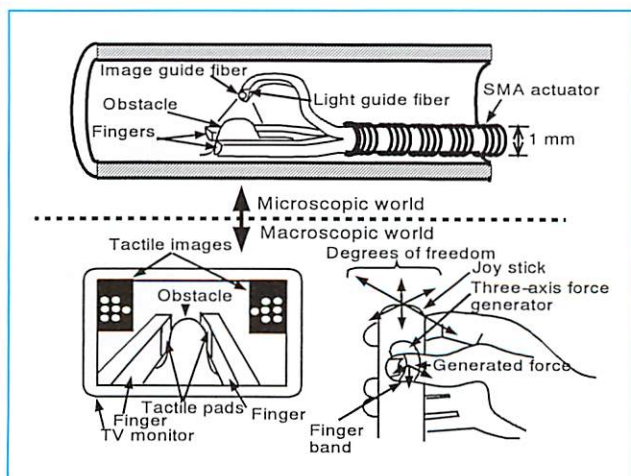


図1 マイクロ触覚センサ／呈示システム

図1のシステムは、本研究の最終目標を示しており、現在これを実現するための要素技術の研究開発を行っています。財団法人マイクロマシンセンターから研究助成金をいただき、図1のマイクロロボットに装着することを目的とした触覚センサを開発しました。さらに、触覚呈示装置搭載のマスタマニピュレータも併せて試作しています。以下ではこれらについて説明します。

### 3. マイクロ触覚センサ

本触覚センサは、光導波路とゴムシートが接触すると接触部分で散乱反射が生じる現象を利用しています。ゴムシートの光導波路と接触する面に円錐形の小さな突起のアレイを形成すると、圧力に比例して円錐形の突起の接触面積が増加します。このため、図2に示すように円錐形の突起の接触部分をCCDカメラにより撮影して輝度分布を計測することによって接触圧力の分布を求めることができます。また、せん断力の大きさに比例して円錐形の突起が水平移動するため、移動量の計測によってせん断応力の分布が求められます。

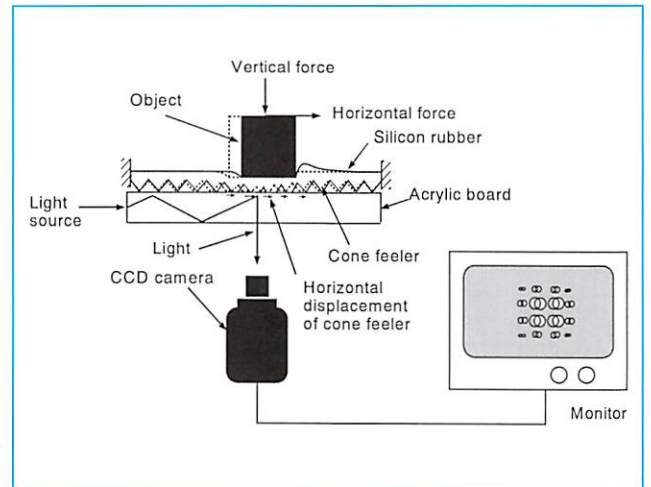


図2 マイクロ触覚センサの原理

以上の原理を確かめるため、図3に示す実験システムを構成しました。本装置は、触覚センサ本体、ボア・スコープ、電子天秤、平行ばね式荷重計、動ひずみ計などから構成されています。これらの内電子天秤は垂直力の較正用に使

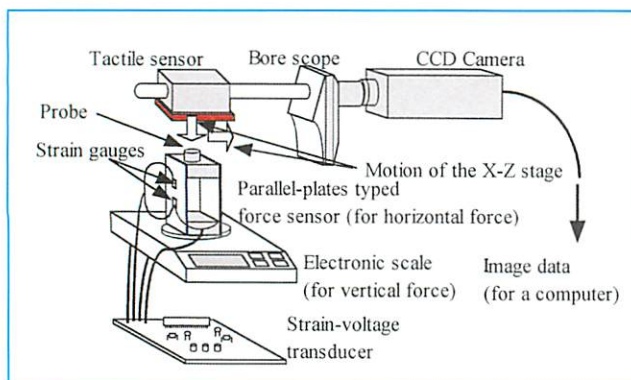


図3 マイクロ触覚センサシステムの試作

垂直力の検出特性を図4に示します。図4からわかるように、荷重と輝度値は高い線形性を示します。また、水平力の検出特性を図5に示します。図5からわかるように、水平力と水平移動量の関係にも線形特性があります。

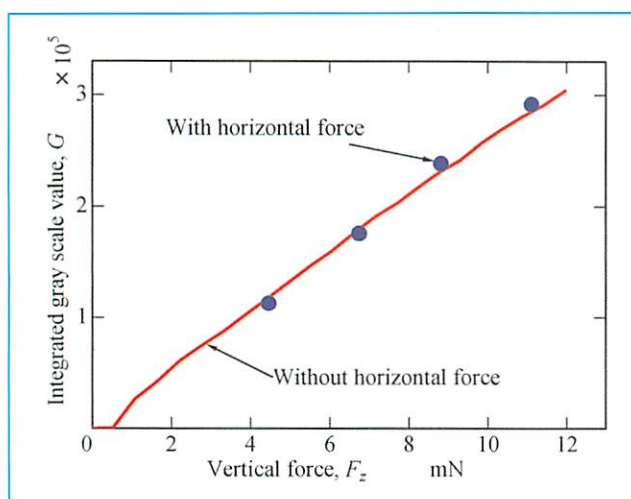


図4 垂直力の検出特性

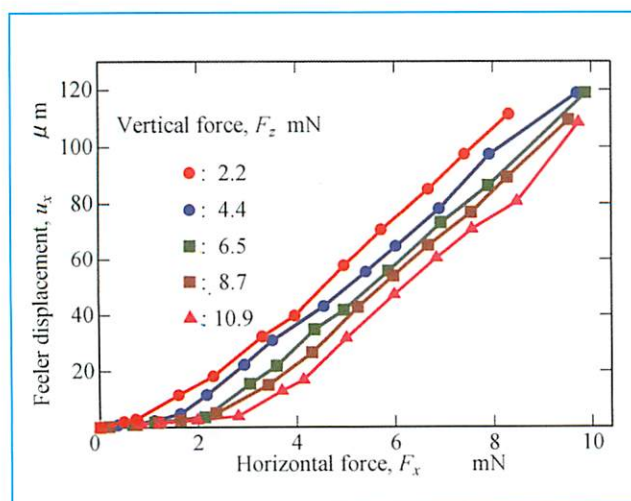


図5 水平力の検出特性

#### 4. 触覚呈示システム

本マイクロ触覚センサは、三軸力の分布を計測できる能力があるので、このセンサが計測した触覚情報を呈示する装置にも三軸力を呈示する能力が求められています。本研究室で研究を進める触覚呈示システムも最終的には三軸力の分布を呈示できるように発展させる予定です。ここで紹介するのは、その初めの段階として試作した圧力分布呈示形の触覚呈示システムです。

図6に示す実験装置は、本システムは空気軸受け方式のX-Yテーブル、エンコーダ、DCモーター、触覚呈示装置から構成されています。触覚呈示装置の上面には圧力を指に伝達する突起が2×2のアレイ状に配列されています。操作者は指をこの呈示ポイントのアレイに押し付けた状態でこの呈示部を二次元平面内で自由に動かします。その運動はエンコーダによって計測されるので、その値に従ってスレーブロボットを動かすことができます。スレーブロボットのエンドエフェクタに前述の図3の触覚センサを搭載すれば、冒頭の図1と類似なシステムが実現できます。現在、触覚呈示部のアレイの規模を増加することと、せん断力の呈示方法について検討しているところです。

#### 5. おわりに

現段階の達成レベルは、最初に述べた将来構想にはまだ程遠く、今後も研究を進める必要があります。触覚センサの小型化を進めるほど、触覚センサの部品加工により高度な技術が求められるとともに、除振されたしかもクリーン度の高い実験環境が必要なことを痛感しています。

このため、実験環境を整えることに努めるとともに、別原理の検討も行いつつ打開策を探っています。例えば、AFM（原子間力顕微鏡）を触覚センサとして使用してその検出結果をここで紹介した触覚呈示装置に呈示する実験も計画しています。ナノ・メートルの世界を触って感じることも近い将来に実現できるかもしれません。

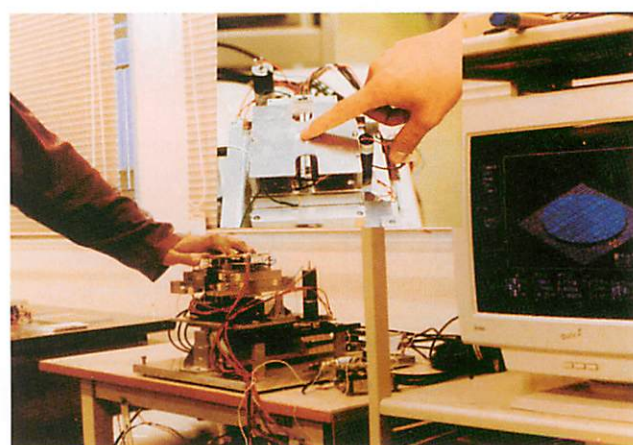


図6 触覚呈示装置の試作

## 平成12年度事業計画の概要

財団法人マイクロマシンセンターでは、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に向け、平成12年度において、マイクロマシンに関する①調査及び研究事業、②情報収集及び提供事業、③内外関係機関との交流及び協力、④標準化の推進、⑤普及啓発の5つの事業を実施します。

### I. マイクロマシンに関する調査及び研究事業

第2期の最終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、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します。

#### 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、又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認することを目標とします。

平成12年度は、以下の研究開発を行います。

#### (1) 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（管内自走環境認識用試作システム）

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、マイクロ視覚及び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（細管群外部検査用試作システム）

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、減速・走行デバイス及び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（機器内部作業用試作システム）

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、姿勢検出デバイス及び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。

人工筋肉、マイクロジョイント、磁気ベアリング等低摩擦サスペンションデバイス、リチャージャブルなマイクロバッテリー及び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。

分散マイクロマシン群のパターン形成技術、階層型群制御技術、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概念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。

#### (2) マイクロファクトリ技術開発

① システム化技術の研究開発（マイクロ加工・組立用試作システム）

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、ビーム加工用微小電子銃の高性能化に関する研究を電子技術総合研究所との共同研究で行います。

## (3) 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。更に、医療用マイクロマシンの走査型撮像ユニットの研究開発を推進します。

## ② 総合調査研究

将来の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、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. マイクロマシンベースドシステムの産業化の応用展開に関する研究開発（機械工業振興受託事業）

マイクロマシンベースドシステムの産業化の将来的な応用展開の予測調査を行いマイクロマシン技術の実用化の道筋を示します。これによりさまざまな産業分野における新技術の導入を加速させることを目的として、①各分野における最新状況調査及び各分野におけるキー技術のロードマップ調査、②各分野におけるマイクロマシンベースドシステムの応用展開に関するロードマップの調査及び他分野、新しい利用方式への応用展開調査を行います。

### 3. マイクロマシン技術への多分野萌芽技術の適用に関する研究開発（機械工業振興受託事業）

マイクロマシン技術の多様化と実用化を促進するために必要な多分野における萌芽的な技術シーズの探索、及びそのマイクロマシン技術への適用性、融合性の検証を官学産共同で行います。本年度は、バイオ分野、科学系分野及び物理系分野の3分野について萌芽技術シーズ探索を行います。

### 4. マイクロマシン材料に関する研究開発

機械技術研究所と共同で、①微小機能要素の作業環境に関する研究、②マイクロマシン用材料に関する研究、③マイクロマシン用材料のフィージビリティスタディーの研究を行います。

### 5. マイクロマシン技術国内外研究開発動向調査事業

急速に拡大発展する内外のマイクロマシン研究開発の最新状況を分析し、マイクロマシン技術開発の基礎的技術情報を整備します。

## II. 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及び資料の収集を行い、センターで実施した調査資料とともに整備し、センター資料室において閲覧・検索に供するとともに、インターネット等により内外広く情報の提供を行います。

## III. 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、①第6回マイクロマシンサミットを広島で開催、②第6回国際マイクロマシンシンポジウムの開催、③官学産共同研究を推進する一環として、大学等に対し、マイクロマシン技術に関する研究助成、④海外との交流促進を図るため、海外の有識者の招聘・我が国有識者の派遣、⑤海外へのミッションの派遣、⑥海外での共同セミナー・ワークショップの開催等を実施します。

## IV. マイクロマシンに関する標準化事業

### 1. 新規産業支援型国際標準開発事業「マイクロマシン材料の特性評価方法の標準化」（新エネルギー・産業技術総合開発機構からの受託研究）

厚さ10 $\mu$ m、幅100 $\mu$ m程度以下の各種薄膜材料の機械的特性計測評価を可能とする標準的な引張試験方法を開発し、国際標準化を図ります。具体的には、荷重やひずみの計測方法、試験片の装着法、試験片の形状、寸法等について明らかにし、現在提案されている各種方式の試験方法の改良や統合化、適用範囲の明確化等を行い、国際規格案を作成することを目標とします。

本年度は、同一の試験片を用いて異なる方式の試験方法によりラウンド・ロビン・テストを行います。

### 2. 標準化に関する調査研究

平成10年度に策定した標準化事業の進め方に基づいて、①平成10年度に開設したマイクロマシン国際標準化フォーラムを強力に推進し、かつ有効利用を図り、②専門用語については、平成10年度に発行した「マイクロマシン技術専門用語」に基づき、同フォーラムを活用して得られた結果を反映させながら、国際標準化の観点から内容をより充実させ、③計測評価法については、本年度、過去の調査研究結果を総集的にまとめた「マイクロマシンの計測評価法」を発行し、これに基づき、具体的な標準化必要項目とその技術課題についての検討を進めます。

## V. マイクロマシンに関する普及啓発事業

マイクロマシンの普及を図るため、①広報機関誌の発行・配布、②マイクロマシン絵画コンテスト・セミナーの開催、③第11回マイクロマシン展の開催、④マイクロマシン事務局の運営等を実施します。

## 第7回研究助成の研究課題決まる

第7回(平成11年度)マイクロマシン技術に関する研究助成の対象課題が、3月の理事会で決定しました。多数の応募の中から、厳正な審査の結果、別表のように新規研究課題7件、2年度目の継続研究課題6件が選定され、総額2,030万円の助成金を贈呈することになりました。この研究助成の事業は、当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27日、研究助成金贈呈式が霞ヶ関ビル内の東海大学校友会館に於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、通商産業省藤田産業機械課長の来賓挨拶、官学産共同研究委員会梅谷委員長から審査結果報告が行われた後、助成対象者の13名の先生方に助成金目録が贈呈されました。また東京大学北森教授から、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、新規対象課題を研究される7名の先生方から、それぞれ研究概要の発表が行われました。贈呈式に続き、お祝いと懇談のための記念懇談会が開催され、助成を受けられた先生方を囲んでなごやかな歓談が成されました。

なお、この研究助成は引き続き平成12年度も7月から10月まで募集を行う予定です。



通商産業省藤田産業機械課長の来賓挨拶



平成11年度研究助成の先生方

NO.	研究助成課題	研究代表者 共同研究者	機関名	所属	役職	研究期間
(平成11年度研究助成 新規)						
1	温度応答性高分子を利用した非侵襲的一細胞マニピュレータの開発	大和 雅之	東京女子医科大学	医用工学研究施設	助手	2年
2	刺激応答性ゲルの微細加工による微小レンズアレイ構築の基礎技術の確立	伊藤 嘉浩	徳島大学	工学部 生物工学科	教授	2年
3	生体分子反応をエネルギー源とするマイクロポリマーアクチュエータの研究	石原 一彦	東京大学大学院	工学系研究科 材料学専攻	助教授	2年
4	MIセンサを用いたカテーテル先端位置検出システム	芳賀 洋一	東京大学大学院	工学研究科	助手	2年
5	ナノ構造の電気・熱・機械特性の測定と評価に関する研究	橋口 原	香川大学	工学部 知能機械システム工学	助教授	2年
		藤田 博之	東京大学	生産技術研究所	教授	
		安宅 学	東京大学	生産技術研究所	助手	
6	マイクロマシンパーツのためのパラレルメカニズム型三次元座標測定機	大岩 孝彰	静岡大学	工学部 機械工学科	助教授	1年
7	人工臓器を目指した化学システムの集積化	北森 武彦	東京大学大学院	工学系研究科	教授	2年
		久本 秀明	東京大学大学院	工学系研究科	講師	

### (平成10年度研究助成 継続)

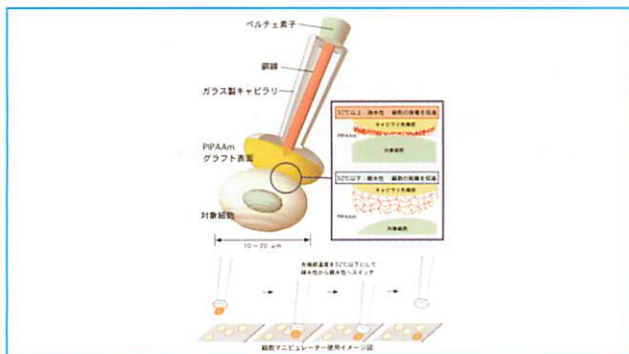
1	マイクロシステムによるDNAのモレキュラーサージェリーの研究	鷲津 正夫	京都大学大学院	工学研究科 機械工学専攻	教授	継続2年度
2	高分子の自己組織化を利用したケミカル・ナノマシンの創成とその標的治療への展開	片岡 一則	東京大学大学院	工学系研究科 材料学専攻	教授	継続2年度
		原田 敦史	同上	同上	助手	
3	生分解性超分子を用いた医療用マイクロマシンに関する研究	大谷 亨	北陸先端科学技術大学院大学	材料科学研究科	助手	継続2年度
4	マイクロマシンシステムの微小光学スマートピクセルへの応用	年吉 洋	東京大学	生産技術研究所 第3部	講師	継続2年度
		藤田 博之	同上	同上	教授	
5	マイクロマシンング技術を援用したマイクロチャンネル内の流体の流動及び熱伝達に関する実験的研究	西尾 茂文	東京大学	生産技術研究所 第2部	教授	継続2年度
		高野 清	同上	同上	助手	
6	Low-noise Feedback interferometry for micromachine servo actuators	T.H.Barnes	University of Auckland	Physics Department	Ass. Pro.	継続2年度

## 第7回（平成11年度）研究助成 新規研究課題の概要

### 温度応答性高分子を利用した非侵襲的一細胞マニピュレータの開発

東京女子医科大学 大和 雅之

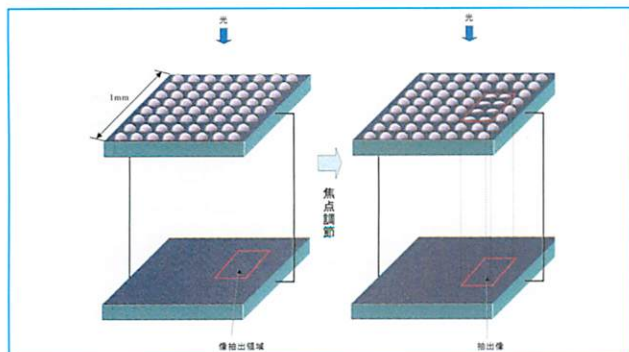
近年、培養細胞を用いた次世代型人工臓器や複数の細胞種からなる組織中の細胞間相互作用の研究の要求が高まり、一細胞レベルで細胞を配置し三次元的に整列化させる技術の開発は急務となっている。また遺伝子導入や核交換等においても一細胞を操作できるマニピュレータは有用である。本研究では先端部表面に温度に応答して水との親和性を大きく変化させる温度応答性高分子を固定化し、小型のペルチェ素子を用いて温度制御を行うことにより、細胞の接着・脱着を任意にスイッチする一細胞マニピュレータを開発する。



### 刺激応答性のゲルの微細加工による微小レンズアレイ構築の基礎技術の確立

徳島大学 伊藤 嘉浩

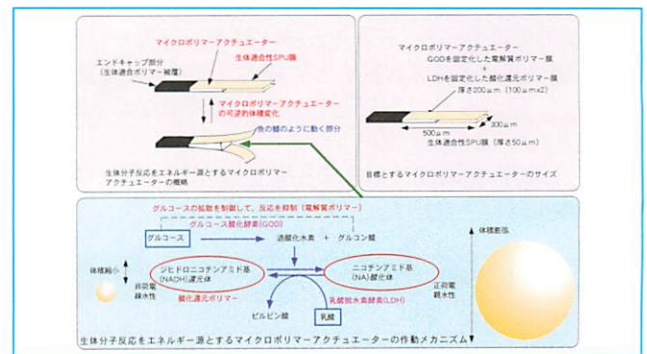
本研究では、電気刺激に応答して伸縮するゲルを微細加工して焦点距離が可変の微小レンズアレイを製作する。これにより、一旦受光面に取り込まれた画像から特に鮮明にしたい画像に対応する領域だけのレンズの焦点距離を調整し、画像処理の効率をあげることができるデバイスを作製する。さらに、曲面基板上にレンズ・アレイを作製して新しい複眼システムへの応用を図る。このような刺激応答性のインテリジェント・ゲルの微細加工は、将来マイクロマシン工学の重要な基盤技術になることが期待される。



### 生体分子反応をエネルギー源とするマイクロポリマーアクチュエーターの研究

東京大学大学院 石原 一彦

生体内でマイクロマシンを動作させるには、外部からのエネルギー供給ではなく、その場でエネルギーを作り出すことが不可欠である。そこで本研究では生体内に存在するグルコースと乳酸を利用して、これらを酵素を用いて特異的に化学情報に置き換え、これに反応して構造変化する電解質ポリマーと酸化還元ポリマーの組み合わせで、アクチュエーターを作製する。また、生体適合性を改善した医療用エラストマー膜をアクチュエーターにより作動させ、あたかも魚の鱗のように動くデバイスを作製する基礎技術を開発する。

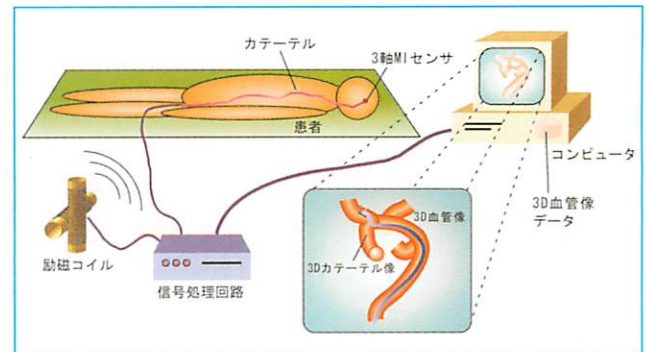


### MIセンサを用いたカテーテル先端位置検出システム

東北大学 芳賀 洋一

医療用カテーテルに微小な磁気ベクトルセンサを搭載して外部コイルからの磁界を検出し、カテーテル先端の3次元位置・姿勢(向きとねじれ)を検出するシステムを開発する。

このセンサシステムをカーナビゲーションシステムに例えると、カテーテル先端が車に、血管が道路に相当する。術前に造影CTやMRIなどを利用して3次元血管像をコンピュータに取り込んでおき、カテーテル先端の3次元位置・姿勢を検出し、ディスプレイ上で血管像へスーパーインポーズする。このシステムは内視鏡への応用も期待される。

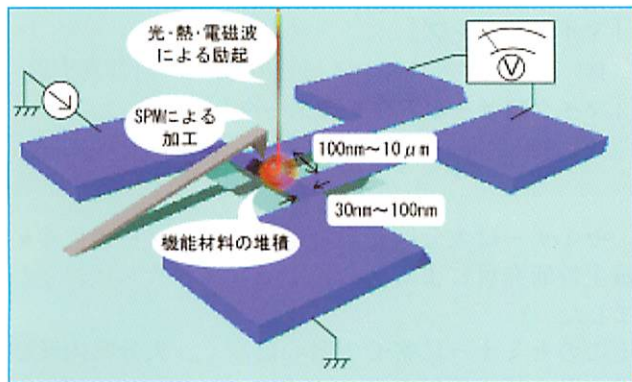




## ナノ構造の電気・熱・機械特性の測定と評価に関する研究

香川大学 橋口 原、  
 東京大学 藤田 博之、安宅 学

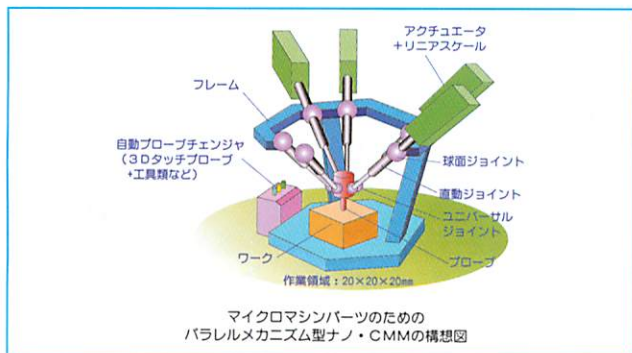
近年ナノメートルオーダーの機械構造物による新機能デバイス開発への期待が高まっている。しかしながら、ナノ構造物に関する物理的特性の知見は極めて少ないのが現状である。本研究は、ナノ構造物の物理量—電気量変換特性をナノ4端子デバイスにより精密に計測し、その特性を明らかにすることを目的としている。ナノ4端子デバイスの線幅及び厚みは30nm~100nm程度のもので作製する予定である。本研究の成果により、ナノ構造物を利用した超高性能センサーやデバイスの実現が期待できる。



## マイクロマシンパーツのためのパラレルメカニズム型三次元座標測定機

静岡大学 大岩 孝彰

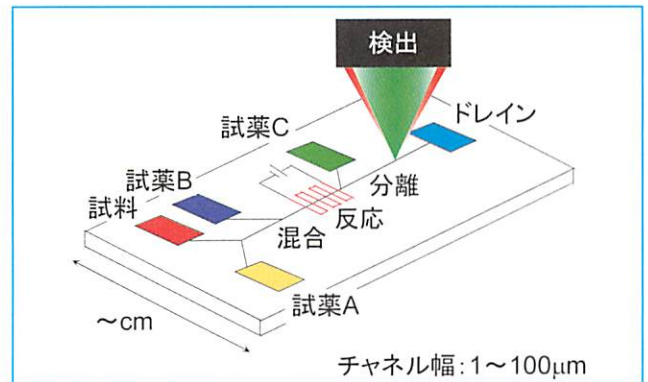
近年、立体的で複雑な形状を持つ精密なマイクロパーツの加工が現実となりつつあるが、その幾何偏差測定は三次元的に行う必要がある。本研究では、20×20×20mm程度のマイクロパーツの幾何偏差を、高精度に三次元測定するための小型の三次元座標測定機（CMM）の研究を行う。このため、従来の直交座標型のようなスライドメカニズムは使わず、高剛性・高精度・高速であるパラレルメカニズムを用いる。さらに、摩擦や磨耗の影響のない弾性ヒンジを回転対偶（ジョイント）として用いた小型CMMを提案する。



## 人工臓器を目指した化学システムの集積化

東京大学大学院 北森武彦、久本秀明

ガラスマイクロチップ内にマイクロチャネルネットワークを微細加工し、液相化学反応と反応生成物の分離・検出システムを集積する。本研究では、液相微小空間における分子挙動と化学反応に及ぼすサイズ効果を明らかにし、高効率化学反応とその制御に関する方法論を開発する。特に、液相微小空間における液体と液体の境界、すなわち液液界面が生体細胞に類似するであろうことを実証し、生体類似化学システムを構築して、免疫反応や酵素反応などを集積した診断素子や解毒素子など、人工マイクロ生化学システムを実現する。



## 大分マイクロマシンセミナー開催される

大分マイクロマシンセミナーは、平成12年2月10日（木）の午後、当センター及び大分県産業科学技術センターが主催、(財)大分県産業創造機構、大分県工業技術研究会、大分県機械技術研究会の後援により、大分市の大分県産業科学技術センターで開催されました。

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の研究開発」の概要説明と4件の具体的成果が紹介されました。

また、休憩時間には、会場に持参したマイクロマシン技術のポータブル展示品「レーザー光を用いたマイクロポンプ」((株)アイシン・コスモス研究所)及び「配管内マイクロ検査マシン」((株)デンソー)について、河野貴士氏及び矢田恒二調査部長より展示説明が行われ、マイクロマシン技術について聴講者に知って頂くよい機会となりました。

大分県産業科学技術センターの後藤幸臣機械電子部長に司会を、また、同センターの佐藤辰雄主幹研究員に座長をして頂きました。

講演では、大分県産業科学技術センター築根秀男センター長の挨拶に続き、MMC新井肇理事、湘南工科大学北原時雄教授、MMC矢田恒二調査部長がそれぞれ「MMCの事業について」、「マイクロマシ

ンの特徴」、「第2期マイクロマシンプロジェクトの概要」について講演を行いました。

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。

### 「マイクロコネクターの開発」

住友電気工業(株) 播磨研究所

羽賀 剛氏

### 「マイクロジャイロの開発」

(株)村田製作所 技術開発本部

川合浩史氏

### 「マイクロポンプ」

(株)アイシン・コスモス研究所

河野貴士氏

### 「マイクロサーボアクチュエータ」

(株)安川電機 つくば研究所

中村裕司氏

セミナーは大分県産業科学技術センターの佐藤辰雄主幹研究員による閉会の辞で盛況のうちに終了しました。

このセミナーに寄せる関心は高く、大分県内及び熊本県の精密機械工業やディスプレイ、レーザ加工工業、半導体プロセスに関連する30社からの聴講者43名と、大学・研究所・公的機関等からの聴講者17名を合わせて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。



大分マイクロマシンセミナー風景



マイクロマシン技術のポータブル展示風景

## 第6回マイクロマシン絵画コンテスト表彰式開催される

小中学生を対象として、当センターが主催しているマイクロマシン絵画コンテストは、今年で第6回となりました。今回は、当センター賛助会員の三洋電機株式会社、松下技研株式会社、三菱電機株式会社、及び科学技術館（東京）の協力を得るとともに、さらに第1回～第3回の絵画コンテスト応募校の協力を得て、兵庫県尼崎市、伊丹市、大阪府枚方市、愛知県刈谷市、長野県伊那市、神奈川県中井町、川崎市、千葉県習志野市、茨城県つくば市、および岩手県雫石町の小学校23校、中学校12校の児童・生徒の間で行われました。

小学校の部では1,511点、中学校の部では1,704点、合計3,215点の応募があり、過去最高となりました。

応募参加校は次の通りです。

### 参加校

#### 小学校

兵庫県尼崎市立園田北小学校  
 \* 〃 〃 園田小学校  
 〃 〃 園田東小学校  
 〃 〃 上坂部小学校  
 〃 〃 園和小学校  
 〃 〃 小園小学校  
 〃 伊丹市立昆陽里小学校  
 大阪府枚方市立中宮北小学校  
 愛知県刈谷市立衣浦小学校  
 〃 〃 富士松南小学校  
 〃 〃 双葉小学校  
 愛知県刈谷市立住吉小学校  
 〃 〃 小高原小学校  
 〃 〃 富士松東小学校  
 長野県伊那市立伊那小学校  
 神奈川県中井町立井ノ口小学校  
 〃 〃 中村小学校  
 〃 川崎市立三田小学校  
 千葉県習志野市立大久保東小学校  
 茨城県つくば市立並木小学校  
 岩手県雫石町立雫石小学校  
 科学技術館受付分（個人2校）

#### 中学校

兵庫県尼崎市立園田東中学校  
 〃 〃 園田中学校  
 \* 愛知県刈谷市立雁が音中学校  
 \* 〃 〃 刈谷南中学校  
 〃 〃 刈谷東中学校  
 〃 〃 衣佐美中学校  
 〃 〃 朝日中学校  
 〃 〃 富士松中学校  
 長野県伊那市立西箕輪中学校  
 神奈川県中井町立中井中学校  
 〃 川崎市立南生田中学校  
 茨城県つくば市立竹園東中学校

（\*印：学校賞受賞校）

これらの作品の中から次の方々からなる審査委員会で小学校の部15点、中学校の部15点の入選作品が選ばれました。入選作品は、次のページに掲載してあります。

委員長 三浦宏文 工学院大学工学部機械システム工学科教授  
 委員 大山尚武 通商産業省工業技術院機械技術研究所長  
 中村桂子 JT生命誌研究館副館長  
 山下了是 東京芸術大学美術学部助教授  
 平野隆之 (財)マイクロマシンセンター専務理事

表彰式は、さる3月28日に東京・霞ヶ関ビル35階の霞ヶ関東京會館において行われ、最優秀賞、一等賞を受賞した小中学生と父兄及び学校関係者、来賓、審査委員を始め、約50名が出席しました。

表彰式では来賓の通商産業省工業技術院の山口佳和研究開発官は、挨拶の中で参列した子供達に、マイクロマシンの研究開発が必要な理由を分かり易く説明した後、「マイクロマシンの実用化にはまだまだ時間がかかるため、このコンテストを機会に今後皆さんの中からマイクロマシンに限らず科学技術、研究開発の方面に進む人が1人でも2人でも出てきて頂けたらと期待しています。」と話しかけられました。

又、審査委員長の工学院大学工学部機械システム工学科三浦宏文教授から、審査経過と講評がありました。三浦教授はその中で、「今回の最優秀賞は偶然に2点とも世の中の環境問題がテーマになっており、一等賞は共にIT(情報技術)関連の応用が描かれており、子供達が世の中のニーズの変化を見事にとらえていることに感心しました。私自身が非常に考えさせられたとともに、非常に楽しい審査でした。」と話されていました。

入選作品の紹介に続いて、小学校の部最優秀賞の愛知県刈谷市立双葉小学校6年生松井香織さん、中学校の部最優秀賞の同刈谷南中学校3年生鈴木崇史君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それぞれに学校賞と副賞が授与されました。

受賞者挨拶をした鈴木君は、「今回、このコンテストを通してマイクロマシンの可能性の大きさを痛感し、それと同時に、その可能性を生かすも殺すも全ては人間の発想力にかかっていると思いました。自分もこれから豊かな発想力を身につけて行くように努力します。」と決意を述べていました。

会場では、表彰式終了後、マイクロマシンのポータブル展示品が6点実演展示され、子供達は無論、付き添いの父兄、先生方は、初めて見る実物の動くマイクロマシンに目を輝かせ、熱心に見入っていました。



受賞者記念撮影

# 第6回マイクロマシン絵画コンテスト入選作品

## 小学生の部

### 最優秀賞

家庭用ミニ浄水器、たい肥機能付



松井 香織 双葉小学校 6年生

### 一等賞

指輪型、けいたい電話



寺田 有喜  
中宮北小学校 6年生

### 二等賞

マイクロマシンのリトル  
かんごふ・ピチ・ミニャ



中村明日佳  
伊那小学校 4年

### 二等賞

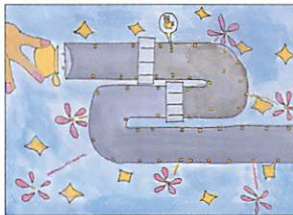
糸とおし



古屋 大樹  
井ノ口小学校 4年生

### 三等賞

はいすいこうをとってもきれいにする君



葛迫 彩  
園田小学校 6年生

### 三等賞

科学マシン



糸井 伶  
中宮北小学校 6年生

### 三等賞

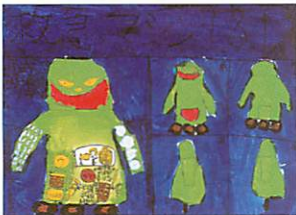
地球にやさしくくり返し使  
える洗ざいマイクロマシン



塚本 裕昌  
富士松南小学校 4年生

### 佳作賞

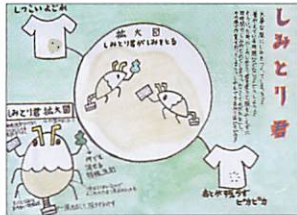
救急マシン181



小玉 崇弘 中宮北小学校 6年生

### 佳作賞

しみとり君



後田実歩子 富士松東小学校 6年生

### 佳作賞

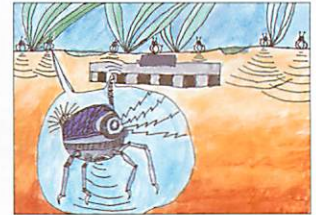
きれい好きなかたつむり



狭間 砂季 中宮北小学校 6年生

### アイデア賞

地雷感知君



太田 善隆 園田東小学校 4年生

### アイデア賞

コンタクトはんのうマシン



小林 佳奈  
園田小学校 5年生

### アイデア賞

なんでもマシン



伊藤 謙  
伊那小学校 4年生

### 努力賞

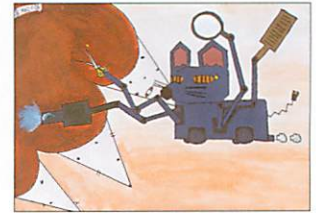
コミュニケイトマシン



大澤 良章 富士松東小学校 5年生

### 努力賞

動物(ペット)美容シチュー

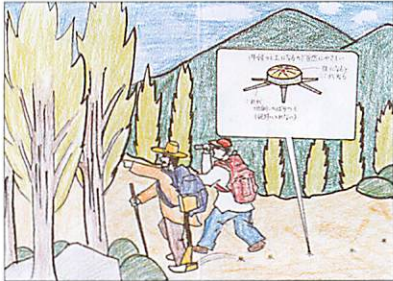


平原 桜子 中宮北小学校 6年生

中学生の部

最優秀賞

遭難防止マシン



鈴木 崇史 刈谷南中学校 3年生

一等賞

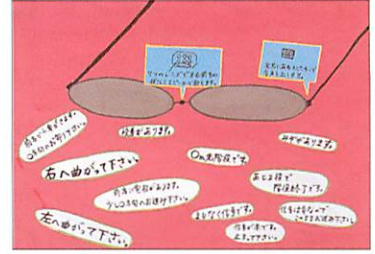
何カ国語でもOK! 小型日本語やく機



実村のぞみ 園田中学校 3年生

二等賞

セーフティー・アイ



大野 晶子 刈谷南中学校 3年生

二等賞

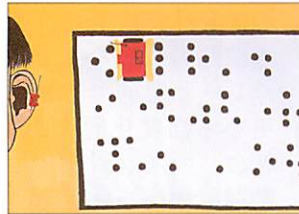
もの忘れ防止用刺激キャップ



富川友香理 雁が音中学校 3年生

三等賞

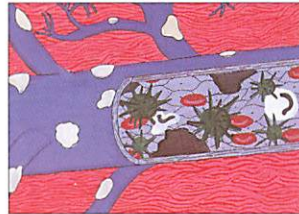
点字読みマシン



金子いつみ 中井中学校 3年生

三等賞

動脈硬化防止機



原 政弘 中井中学校 3年生

三等賞

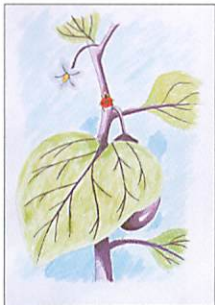
災害時・人間探知機



鈴木 妙 中井中学校 3年生

佳作賞

M・M(マイクロ・マシン)テントウ



小川 勝丈  
雁が音中学校 3年生

佳作賞

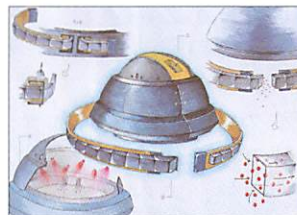
危険お知らせ機



杉浦佳誉子  
刈谷南中学校 3年生

佳作賞

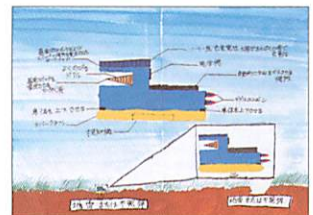
吸引燃焼型対ウイルス用マイクロマシン



大瀬良 茜 園田東中学校 3年生

アイデア賞

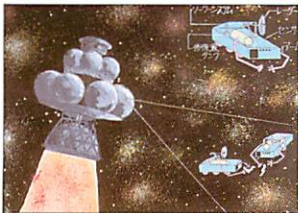
地雷発見固定機



土屋 敦嗣 雁が音中学校 3年生

アイデア賞

ロケット修復マシン



ボヴェ 啓吾 中井中学校 3年生

アイデア賞

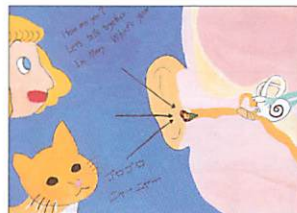
小さな小さな床屋さん



小清水瑞穂  
中井中学校 3年生

努力賞

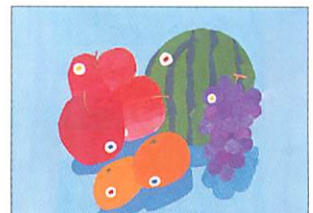
瞬間通訳ピアス



近藤 由貴 刈谷南中学校 3年生

努力賞

食べごろ探知機



大橋亜理沙 園田中学校 3年生

## 株式会社 アイシン・コスモス研究所

### 1. マイクロマシン技術への取り組み方針

マイクロマシン技術はアイシン精機の事業分野である自動車部品や生活関連機器を革新する可能性が高い基盤技術と捉え、重点テーマとして研究開発を推進しております。この5年間はマイクロマシンに関わる基礎技術の蓄積を目指し、要素機能部品の小形化の追求に焦点を定め、研究活動を進めてきました。その課程でマイクロマシン技術のメリットや実用化に向けての課題が明らかになり、今後は蓄積した技術をベースにして実用化に向けた研究開発が重要であると考えています。その為には小形化のみならず、信頼性・耐久性の向上、低コスト化も視野に入れた取り組みが必要であり、早い段階での市場への展開が実現する様、研究開発活動を推進したいと考えています。

### 2. マイクロマシン技術開発の状況

当社ではレーザー光をエネルギーとする蠕動型マイクロポンプの小形化の研究開発を通してマイクロマシン基礎技術の蓄積を図ってきました。この蠕動型マイクロポンプはマイクロファクトリシステムにおいて微小部品を組み立てる際に、マイクロマニピュレータの先端に装着した状態での微量の接着剤吐出に利用します。この研究開発では粘性や熱、エネルギー供給といった要素機能部品をマイクロ化する上で課題となる多くの技術開発要素を含んでおり(図1)、この研究開発によってマイクロマシン技術の理

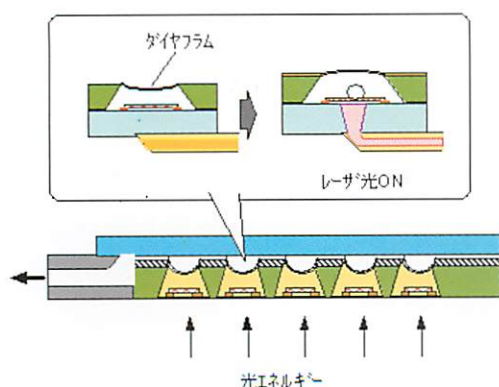


図1 蠕動型マイクロポンプ原理



取締役社長 稲田 雅巳

解を深めることができる、と考えています。そのために大変位ダイヤフラムの開発、液体の相変化を利用した光アクチュエータの開発、光アクチュエータのアレイ化、レーザー光の面外放射機能を付加した光導波路の開発などを行ってきました。現在、試作したレーザー駆動マイクロポンプ(図2)の機能検証と、更なる高度化研究を実施している段階であります。特に、マイクロポンプでは小形化をはかりながら蠕動運動機構を採用し、流体通路での圧力損失を抑えつつ、連続的輸液は勿論、双方向輸液と微量吐出を可能としています。現在、光駆動塗布デバイスのポンプ部は断面3.5 x 1.8mm、長さ14.5mmの大きさで、数10nlレベルの接着剤塗布が可能なることを確認しています。

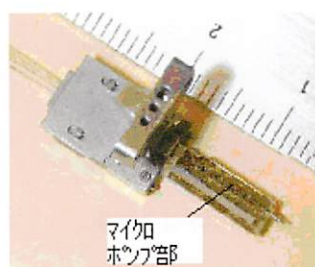


図2 光駆動塗布デバイス

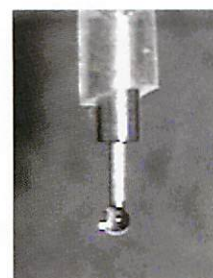


図3 微量吐出の様子

### 3. 今後の取り組み

近年、マイクロマシン技術は当初のセンサー分野から流体応用分野へ拡大しておりますが、蓄積してきたマイクロポンプ技術も含め、市場のニーズにマッチした商品に直結した技術へとより一層磨きをかけて参りたいと考えています。

# オムロン株式会社

## 1. 「半導体センシング」への取り組み

社会の多様化、個別化の進行につれ、センサやリレーなどの制御コンポーネントにも単なる小型化にとどまらず、さまざまなニーズに合致する性能が求められています。オムロンの半導体センシングとは、半導体にセンサやリレーなどの可能性を追求し、「知恵の構造体」とも呼ぶべきミクロン単位の微小メカをチップ上に構成することで、機器のダウンサイジングの要求に応えながら、産業・社会・生活それぞれの場面に大きな価値を与える技術といえます。オムロンではすでに、半導体製造技術をベースとしたマイクロマシニング技術を用い、静電容量型加速度センサや圧力センサ、マイクロレンズアレイなどのMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)商品を開発し、血圧計などの商品へ搭載してきました。

## 2. 産技プロジェクトでの研究成果

産技プロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」では次世代技術の研究開発として、発電機のタービンブレード等に発生した微小きずの大きさを計測するための超小型光走査式イメージセンサの実現を目標に、マイクロマシン技術と光技術を融合した光マイクロマシン技術の研究開発に取り組んでいます。今までに、2自由度振動子を用いた2次元マイクロ光スキャナと、そのスキャナを駆動するための高性能圧電薄膜素子を開発してきました。また光スキャナを用いた認識センサ（イメージセンサ）をマ

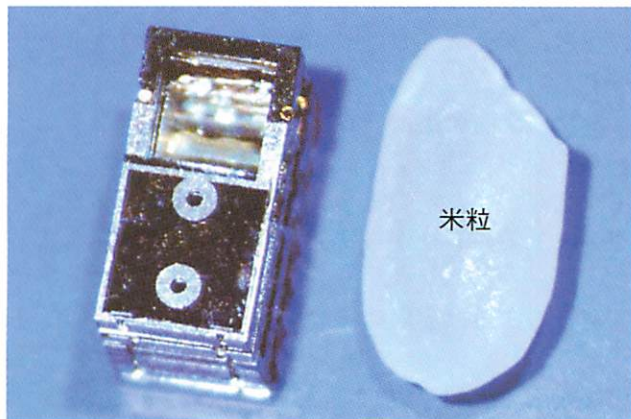


図1 光走査式物体形状認識センサ



執行役員常務 技術本部中央研究所長 山下 牧

イクロ化するために、複数の基板にセンサを構成する各機能素子（光源、微小光学素子、受光素子、2次元マイクロ光スキャナ）をそれぞれ配置し、それらを積層一体化した基板積層型デバイス集積構造を考案することで、外形2mm×4mm×3mm（米粒大）の光走査式物体形状認識センサを実現しました。また、本センサは距離計測機能も有しており、検出した対象物のイメージ情報と対象物までの距離情報を用いることで、超小型ながら、測定範囲50mm±10mmにおいて0.5mm以下の分解能で対象物の寸法計測が可能となります。

## 3. 今後の取り組み

産技プロジェクトにおいて、超小型光走査式物体形状認識センサのキーデバイスである2次元マイクロ光スキャナの基礎技術の構築ができました。今後の課題としては、パッケージ技術、および量産に適したプロセスの開発等が挙げられ、これらを1つずつクリアしながら本センサの実用化、および他のアプリケーションへの適用を目指していきたいと考えています。



図2 テストパターン（外径9mmの円）の寸法計測結果

## MEMS 2000 参加報告

第13回MEMS国際会議がIEEE Robotics and Automation Society主催、マイクロマシンセンター協賛のもと、平成12年1月23日から27日までの5日間、宮崎シーガイアコンベンションホールで開催されました。

うち4日間は会議に当てられ、招待講演3件、口頭発表41件、ポスター発表97件の、合計141件の発表が行われました。

投稿数(アブストラクトで投稿)は、過去最大の319件とのことで、採択率43%と厳しい審査が行われています。

発表件数(ただし、招待講演を除く)を国別に見ると、日本の48件、米国の45件を筆頭に、スイス9件、韓国8件、オランダ8件、中国7件、ドイツ5件、フランス3件、スウェーデン3件、台湾2件でした。

事前参加登録者433名(登録者リスト)を国別に見ると、日本258名、米国79名、韓国25名、スイス13名、オランダ12、台湾9、ドイツ9、中国8、その他であり、特に韓国からの参加者が目立ちました。最終的には、参加者は521名にのばりました。産技プロ「マイクロマシン技術」参加企業からも多数の参加があり、表1に示す6件の発表が行われました。

セッション構成に従って発表内容を見ると、静電、圧電を含めたアクチュエータ関連が23件、圧力・加速度・ジャイロセンサを含むセンサ技術21件、マイクロフルイデクス関連17件、オプトMEMS関連16件、アプリケーション関連16件、ノーベルテクノロジー16件、その他3D構造、バイオ、接合・実装、材料・計測、モデリング・デザインなどがありました。

アクチュエータ23件の内訳は、静電アクチュエータ9件(うち5件が、スイッチ、光、流体、位置決めステージ具体的な応用を目指して開発されたもの)、圧電アクチュエータに関するもの7件(うち、 $\mu$ fluidicsへの応用を目指したもの2件)、SMAアクチュエータに関するもの3件(うち、1件がカテーテル応用を目指したもの)、空圧アクチュエータに関するもの2件、高分子アクチュエータに関するもの3件、電磁アクチュエータに関するもの1件、その他1件



写真1 レセプションパーティ風景

でした。(複数の分野に跨るものは複数回カウントしています。)

センサ21件の内訳は、加速度/ジャイロセンサ6件、圧力センサ4件、流量センサ2件、熱関連センサ3件、等になっています。

マイクロフルイデクスに関する発表は17件あり、マイクロポンプ2件、マイクロピペット2件、マイクロ集積流体素子2件、バルブ、スラスタ、ミキサー、デフューザ各1件、等の発表が行われました。

アプリケーションのセッションでは、AFM、スペクトロメータ、音響素子2件、マイクロリレー2件、インクジェットプリンタ等の発表が行われました。また、マイクロ飛行メカニズム2件、減速機、カテーテル、マイクロロボット、変位拡大メカニズムなど、メカニカルな面からの研究も発表されています。

また、講演会場前のロビーではマイクロマシンセンターから試作システムの紹介、さらにデンソー、三洋電機、住友電気工業、横河電機、安川電機、三菱電線工業の各社から研究紹介パネルを展示しました。

初日の夕方は会場隣接のシーガイアオーシャンドームでレセプションが開催されました(写真1)。会場は人工波の押し寄せる浜辺に面したレストランで





写真2 バンケット風景

ショー、サーファーのデモンストレーション等を楽しみながら、大学の先生方々、参加企業の幹部の方々はじめ多くの参加者と交流を深めました。本当に裸の付き合いをするセッティングがなされておりました。最後に噴水煙幕に投影されるレーザーショーを見ながら自然解散となりました。

3日目夜には、講演会場を模様替えして、盛大なバンケットが開かれました(写真2)。大和太鼓のアトラクションのほか、次回開催の会場となるスイス・インターラーケンの紹介も行われました。

次回開催は2001年1月21～25日、投稿アブストラクトの締め切りは2000年8月15日となっています。

のバイキングスタイルのパーティ形式、参加者は水着着用が原則で、浜辺での遊泳、南国情緒のダンス

表1 MEMS2000で発表された産技プロ「マイクロマシン技術」の研究成果

- (1)"Ultrasonic Micromixer for Microfluidic Systems" (POSTER SESSION)  
Z. Yang, H.Goto, M.Matsumoto, and R.Maeda/Mechanical Engineering and Omron Corp.
- (2)"Optimization of Mechanical Interface for a Practical Micro-Reducer" (POSTER SESSION)  
H.Takeuchi, K.Nakamura, N.Shimizu, and N.Shibaike/Matsushita Research Institute Tokyo, Inc.
- (3)"Profile Measurement of High Aspect Ratio Micro Structures Using a Tungsten Carbide Micro Cantilever Coated with PZT Thin Films" (POSTER SESSION)  
M.Yamamoto\*, I Kanno\*\*, and S. Aoki\*/ \*Matsushita Research Institute Tokyo, Inc., \*\*Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.
- (4)"Torque Measurement Method Using Air Turbine for Micro Device" (POSTER SESSION)  
H.Ota, T.Ohara, L Luming, M.Takeda, H.Narumiya, and K.Namura/Mitsubishi Electric Corp.
- (5)"A New Smart Vision System Using Quick Response Dynamic Focusing Lens" (POSTER SESSION)  
T.Kaneko, N.Mitsumoto, and N.Kawahara/Denso Corp.
- (6)"Development of Chain-Type Micromachine for Inspection of Outer Tube Surfaces (Basic Performance of First Prototype)" (ORAL SESSION)  
M.Takeda\*, K.Namura\*, K.Nakamura\*\*, N.Shibaike\*\*, T.Haga\*\*\* and H.Takada\*\*\*/ \*Mitsubishi Electric Corp, \*\*Matsushita Research Institute Tokyo, Inc., \*\*\*Sumitomo Electric Industries Ltd.

## エッチングで形をつくるーバルクマイクロマシニング

名古屋大学工学研究科教授 佐藤一雄

本号から4回にわたって、微細加工を目的とした最近の加工プロセス技術を概観する。全体の構成は、今回を含めて、以下のとおりである。

- (1) エッチングで形をつくるーバルクマイクロマシニング
- (2) 薄膜で複雑な構造をつくるー表面マイクロマシニング
- (3) 機械加工の微細化をきわめるー精密機械加工技術
- (4) 形を転写して量産するー型取り加工技術

マイクロマシンは、インクジェットプリンタヘッドやビデオプロジェクト素子など、我々の身近な道具としてすでに使われはじめた。これらを実現したのがマイクロマシニング(微細加工)技術である。とりわけ、上記の(1)(2)(4)の技術は、多数の微小機構要素を正確な配置に並べて作る、あるいは、均質な製品を大量に作る、といった一括製造プロセスの特徴をいかして、産業化に大きな成功を納めている。今回のテーマの「バルクマイクロマシニング」とは、次回の「表面マイクロマシニング」と対比される技術であり、被加工材料基板(バルク)にエッチングで構造体を作るプロセス技術である。

### 1. エッチング方法の分類

エッチング加工とは、加工対象となる基板表面にエッチングマスクを施し、マスクの一定領域にホトリソグラフィで微細な開口パターンを形成し、そのパターンにしたがって基板材料を選択的に除去するプロセスである。具体的にどんな薬剤で基板を除去するのかを表1に示した。

表1 エッチング方式と薬剤の分類

ウェットエッチング(湿式)	酸 : (例) フッ酸、硝酸 アルカリ : (例) KOH, アンモニア類
ドライエッチング(乾式)	ガス : (例) XeF <sub>2</sub> , BrF <sub>3</sub> ラジカル : (例) F イオン : (例) Ga, Ar, Cl, フッ化炭素 アトム : (例) Ar

ウェットエッチングの薬剤やドライエッチングのなかでも反応性の高いガス、ラジカル、イオンは、基板材料と化学反応して材料を除去する。一方、反応性の低いイオンやアトムビームはそれらの粒子を加速して基板表面にぶつけることで材料を物理的に除去する。このように、一口にエッチングといっても、材料除去のメカニズムがさまざまなので、エッチング特性もまた以下に述べるように多様である。

### 2. エッチングの特性を利用する

エッチング特性には等方性、異方性の別があり、加工した断面形状は大きく異なる。一般にマスク開口からエッチングを進めると、加工は表面の法線方向に進行すると同時に、マスクの下部にも及ぶ。これをサイドエッチングあるいはアンダーカットと呼ぶ。エッチング薬剤(エッチャント)の供給と反応生成物の排出が円滑で、しかも被加工材が均質で方向性がなければ、サイドエッチングの量はエッチングの深さとほぼ等しくなる。このような系を等方性エッチングと呼ぶ。その加工断面を模式的に図1に示す。等方性エッチングでは深く加

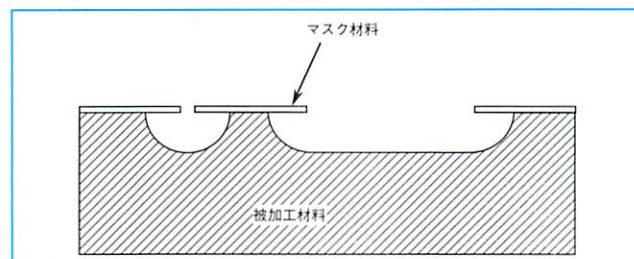


図1 等方性エッチングの加工断面

工するとマスクパターンの情報が失われてしまうので、マイクロマシンのような構造体加工への適用には限界があるが、逆に、限られた目的では使い途がある。例えば、等方性エッチングではすべての方向に等しい速度でエッチングが進むので、点状の開口をもつマスクからエッチングを施せば微細な凹球面が加工できる(図1の左を参照)。この特性を利用して、単結晶シリコンに超音波顕微鏡凹面レンズを形成した例がある。これとは逆に、円盤状のエッチングマスクの周囲からエッチングしてアンダーカットが円の中心に達したところでエッチングを止めれば鋭い針先ができる。この特性を利用して電子を放出するカソードなどを作った例がある。

等方性エッチングと対照的に、サイドエッチングを極力抑えて、マスクパターンにしたがって表面から深く加工するエッチング特性を異方性エッチングと呼ぶ。その

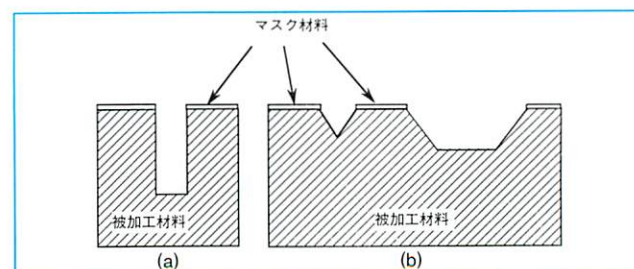


図2 異方性エッチングの加工断面

加工断面を模式的に図2に示す。マスクのパターン情報に従って深く加工できるので一般にマイクロマシンデバイスの加工に好適である。これを実現するには、被加工材とエッチャントの組み合わせ、その他の加工条件に特別な工夫が必要である。ドライプロセス(乾式)、ウエットプロセス(乾式)でそれぞれ特徴ある異方性エッチング技術が、ここ数年の間に大きく進歩した。

異方性ドライエッチングの代表的なものが反応性イオンエッチング(RIE)である。真空容器内に例えばCF<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>などのフッ素系のガスを導入し、電極間に高周波電圧を印加してプラズマを発生させ、シリコン基板に垂直な方向のエッチングを優先的に進行させる。マイクロマシンの研究用途では、近年、誘導結合型装置による高密度プラズマ(ICP)の使用によって、例えばアスペクト比15:1でエッチング深さ300~500μmに達するような加工が5μm/minというエッチング速度で可能になっている。図3(a)はこの方法で加工されたインクジェットプリンタノズルの段付き孔の断面写真であり、細い孔の径は28μmである。

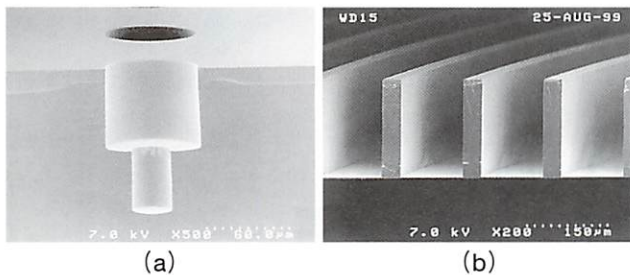


図3 インクジェットプリンタヘッドの加工例  
(a) 乾式エッチングによるノズル孔の加工、  
(b) 湿式エッチングによるインクリザーバの加工  
(いずれもセイコーエプソン(株)のご提供による)

一方、ウエットエッチングで異方性を得るものに、被加工材料自身の異方性を利用した結晶異方性エッチングがある。加工に要する設備が安価なので、ドライエッチングよりもはるかに多くの実用デバイスの生産に使われている。シリコン単結晶はダイヤモンド結晶構造をもち、結晶方位によってエッチング速度が100倍も異なり、強い異方性を示すので、そのエッチング形状は結晶構造を反映して特殊な3次元形状を呈する。すなわち図2(a)(b)に示すような多面体構造が簡単に得られる。エッチャントとして、KOH水溶液、4メチル水酸化アンモニウム(TMAH)水溶液、などが知られている。図3(b)は、KOH水溶液でエッチングしたプリンタ用インクリザーバの断面写真である。それぞれの隔壁はポンピング動作をする厚さ2.2μmのダイヤフラムを底面に残して均一にエッチングが施されている。さらに、シリコン基板の表と裏からエッチングを加えると、一層複

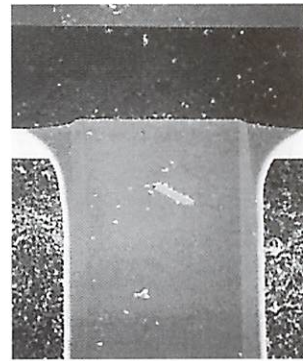


図4 結晶異方性エッチングによる曲面加工の例

雑な3次元構造が作られる。図4は加速度センサに使われるシリコン梁の付け根の曲面加工の例であり、従来、多面体しかできないと考えられてきた結晶異方性エッチングで滑らかな立体曲面が実現している。このように複雑な3次元構造を加工するには、1回だけのエッチングでなく、複数のマスクパターンを使った複数回のエッチングプロセスが必要である。基板の結晶方位とマスク形状の関係、エッチング液の組成と温度が出来上がりの加工形状を決める。このようなプロセス設計を可能にするエッチングシミュレーションシステムとシリコンのエッチング特性データベースが近年開発され、実用化している。

結晶異方性エッチングはシリコン単結晶の他、水晶、GaAsなどの結晶材料にも実行可能である。

### 3. ウエット・ドライエッチングの比較

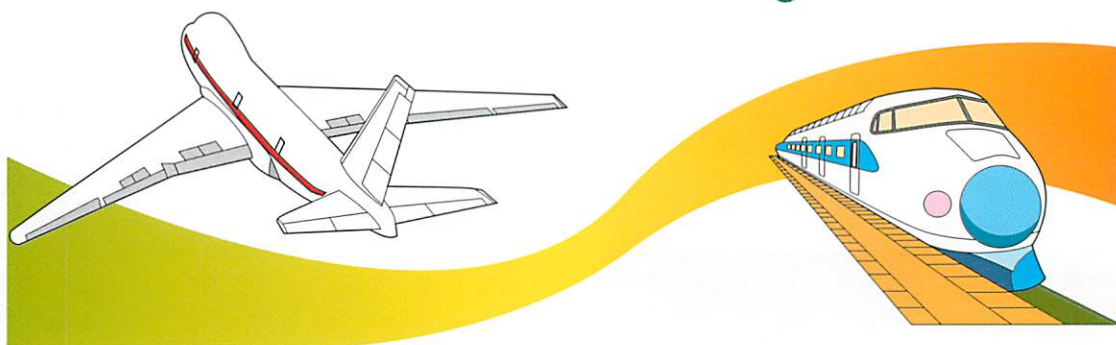
乾式と湿式のエッチングの優劣をいくつかの項目について比較して表2に示した。どちらを適用するかは、必要とする加工特性によって選択すべきであり、さらに工業的には設備投資の回収を考慮しなければならない。マイクロマシンの開発においては、エッチング方式の選定がデバイス設計と直接的に関わっており、どんな加工技術を持っているかによって、製造できるデバイスのタイプも決まってしまう。言い換えれば、設計と加工が一体になった開発体制がマイクロマシンデバイス開発には要求される。

表2 異方性エッチングにおける湿式と乾式の比較  
(+：優れる、-：劣る)

	湿式エッチング	乾式エッチング
加工の微細性	+	++
清浄性、電子回路との一体化が容易	-	++
任意の2次元パターンでエッチングが可能	---	+++
加工深さの制御性	++	+
加工深さの均一性	++	-
特殊形状の加工ができる	++	+
加工に要する設備費用	+++	--

## ご案内

**第6回**  
**国際マイクロマシンシンポジウム**  
2000年11月9日(木)・10日(金)  
科学技術館 サイエンスホール



**第11回**  
**マイクロマシン展**  
2000年11月8日(水)～10日(金)  
科学技術館

詳細は追ってお知らせします。

表紙のことは：マイクロマシン絵画コンテスト入賞作品：上から、ハチ型ロボット、目の不自由な人のためのナビゲーター、立体コピーロボットありんこ、取る撮るちゃん

### 編集後記

2000年度に入って最初の広報誌をお届け致します。さて、本広報誌では、平成6年から9年まで13回にわたってマイクロマシン技術全般に関する入門講座を連載しましたが、本号より「最近の微細加工技術」という視点に絞って、名古屋大学の佐藤一雄教授のご執筆による「講座・解説」を新たにスタートさせ、今後全4回の子で連載させて頂くことになりました。前回の入門講座の時代より約3年が経過し、その後の加工技術の進展ぶりをご紹介頂けると幸いです。どうぞご期待下さい。また、本号では先頃行われた第6回の中小学生によるマイクロマシン絵画コンテストの表彰式の模様と入選作品をご紹介しました。今回はこれまで最高の応募数があり、入選作品はその何れもが子供達ならではの大変夢のある作品であると思います。マイクロマシンのもつ夢といった点で、大変示唆に富んでいるように思いますが、いかがでしょうか。

発行 財団法人マイクロマシンセンター

発行人 平野 隆之  
〒101-0048 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.ijnet.or.jp/MMC/