

- ●年頭所感/2
- ●研究室紹介/4
- ●MMCの事業活動紹介/6
- [特集] 産技プロ成果/6-10 ●賛助会員の活動紹介/24
- ●海外だより/26
- ●国際交流/27
- ●トピックス/28
- ●講座「マイクロマシン技術関連専門用語」(第4回) /30

No. 30

●お知らせ/32



財団法人 マイクロマシンセンター









# 年頭所感

2000年の新春を迎え、謹んでお慶び申し上げます。

我が国経済は、各種の政策効果の浸透などにより緩やかな改善が続いておりますが、民間需要に支えられた自律的回復に至ったとは言い難い状況にあります。こうした中で、自動車産業、電機・電子産業、産業機械産業といった日本の経済成長の牽引役となってきた機械産業と、潜在的な市場規模も大きく、かつ非製造業も含め広く他産業の経営に波及効果の高い情報産業は、ともに日本経済の命運を担う産業であり、今後の機械情報産業の発展が日本経済の再生にとって非常に重要であるとの認識に立って、経済の実態を細心の注意をもって見守っていく考えであります。

政府といたしましても、公需から民需へのバトンタッチによって、我が国経済を本格的な回復軌道に乗せるとともに、21世紀の新たな発展基盤を構築することを目指して、昨年11月に経済新生対策を策定いたしました。今次の経済対策は、単に短期的な景気回復策にとどまらず、21世紀型社会への新たな考え方の確立と基盤の整備への契機を創ろうという考え方に立って策定された今後の経済運営の指針であります。

これを踏まえて編成された平成11年度第二 次補正予算には、ベンチャー・中小企業等の 情報化支援事業や、ミレニアム・プロジェク トの先導的役割を果たす各種技術開発プロジ



通商産業省機械情報産業局長 太田 信一郎

ェクトの推進といった施策が盛り込まれております。まずはこれらの施策を速やかに実施 に移していくことこそが我が国経済を新たに 再生させるための第一歩となると認識しております。

さらに加えて、新たな千年紀(ミレニアム)の最初の一年に当たって、昨年末閣議決定されました平成12年度予算の具体化をはじめとして以下の四つの課題に真剣に取り組んでまいります。

第一は経済・社会全体の効率化・発展にむけた情報化です。経済・社会の情報化は、急速なスピードで迫ってくる「デジタル革命」を迎えようとする今日においては、国際競争力強化と経済再生への鍵であります。そこで「情報経済における基盤整備」、「情報化人材の育成」、「情報技術開発の推進」の3つを骨格として情報化の推進に向けた様々な施策に取り組んでまいります。

「情報経済における基盤整備」については、 行政の情報化(電子政府の実現)や電子署 名・認証に係る関連法制の整備、セキュリティ対策、個人情報保護対策など安心かつ安全 に電子商取引を行うための環境整備を進めて まいります。

また、「情報化人材の育成」については高度 情報通信社会の担い手である人材を確保する ため、学校向けコンテンツ開発手法や、社会 人向け情報化人材育成カリキュラムの開発等 により、国民各層における情報活用能力を備 えた人材の育成に努めてまいります。さらに、 我が国産業の競争力強化を目指し、中堅・中 小企業の戦略的情報化を推進するための環境 整備を図ってまいります。

一方、「情報技術開発の推進」については、 情報技術における重要な課題であるコンピュ ーティング、デバイス、ネットワーク等につ いての開発を強力に推進するための各種支援 を行ってまいります。

第二は将来性のある高付加価値の新規産業 分野を創出することであります。新規産業分 野の創出につきましては、機械情報産業において特に今後飛躍的な成長が見込まれる分野 として、情報通信関連分野に加え、航空・宇 宙関連分野、新製造技術関連分野、医療・福 社関連分野といった産業があげられます。

特に、航空分野では、国際的な航空機産業の構造変化に対応し、我が国航空機産業の一層の高度化と我が国主導の機体開発の早期実現を図る必要に迫られております。そのため航空機の輸送効率等の飛躍的な向上を図る技術(アビオニクス)の開発に着手するなど、革新的なシステム・インテグレーション基盤技術を開発し、世界に提供し得る我が国独自の技術基準の確立を目指しております。

第三は経済発展に伴って生じ得る環境制約 や資源制約に対応した経済システムの構築で あります。具体的にはまず、いわゆる家電リ サイクル法の平成13年度の本格的施行に向け、 種々の調査活動や普及啓発活動に取り組んで まいります。加えて将来の循環型経済社会の 構築に向けたブレークスルーを図るために、 革新的リサイクル技術等の開発への取り組み をも推進してまいります。具体的には企画・ 設計段階における循環型製品の設計支援デー タベースシステムの開発、廃棄物の少ない循 環型プラスチックの製造技術開発等、幅広い 製品に適用可能な基盤的技術の開発を考えて おります。

第四は規制緩和・制度改革等への取り組みであります。基準認証等については、計量制度等において国際的な相互承認への対応や自己確認・検査の民間移行を基本とした制度へ移行させるための法律改正が昨年なされております。引き続き、国が関与する範囲の必要最小限化、国際整合化等への観点から見直しを行い、必要な法令改正等の措置を講じます。

以上のような施策にあわせ、ものづくり基盤の強化のための施策の実施や産業活力再生特別措置法の円滑な施行に努め、事業の再構築に鋭意取り組まれている企業の方々のご努力を側面から支援させていただくことを通じ、当面の景気回復に全力を傾けるとともに、目前に迫った21世紀に向けて、次世代を見据えた機械情報産業の更なる発展と、それに伴う日本経済の再生と飛躍に向けて精一杯の努力をしてまいる所存であります。

改めて、皆様の新年の御多幸を祈念いたし まして、ごあいさつとさせていただきます。

### 豊田工業大学工学部制御情報工学科 教授 土田縫夫

### 1. まえがき

当電子制御研究室では、システム・制御及びセンサに関する研究及び、電気・機械のエネルギー変換デバイスに関する研究を行っています。前者に関するものとして、ロボットによる移動物体に対するはめあい作業用のシステム、センサ信号・アクチュエータ制御信号等の非干渉多重伝送システム、及者に関するものとして、高トルク、かつ力率可変な高効率誘導電動機及び、高トルク密度を有するアキシャルコイル型(超)小型モータの研究、さらにイオンドラグカを用いたマイクロソーラボート、マイクロモータ、マイクロポンプなどマイクロマシン及びマイクロマシン用のアクチュエータの研究を行っています。以下にマイクロマシンに関係するものについて紹介いたします。

### 2. イオンドラグ力を用いたマイクロアクチュエータ

大きな力が必要なところで使用されるアクチュエータとして油圧シリンダ、油圧モータなど流体を用いたものが多く使われています。マイクロマシンの分野でも流体を応用する高性能なマイクロアクチュエータが実現されれば、その波及効果は非常に大きいと考えられます。

通常の電気・磁気を応用したモータでは、一方向の力を得るために、電流の向きを切り替えるスイッチ回路もしくは整流子・刷子を必要としています。しかし、筋肉や鞭毛モータなど生物の持つモータでは、そのようなものは見あたらず、それらに変わる何か精妙な機構が用意されていると考えられます。

筆者は生物モータのこのような興味ある動作に着目し、イオンの振る舞いを巧妙に利用して、スイッチ回路を要しない全く新しい駆動原理のイオンドラグアクチュエータを考案しました。

イオンドラグアクチュエータは絶縁性液体に浸された電極により、液体中のイオンを加速します。そして、イオンとマトリクス流体との間の粘性力により液体の流動を起こし、そのときの圧力によって駆動力を得るアクチュエータです。この原理を応用するアクチュエータでは一般に、多段電極によって連続的加速力を得ることは難しく、特に回転モータを実現することは不可能でした。

しかし、ここで紹介するイオンドラグモータでは 図1のリニア展開図に示すように、電極の片側半分 に絶縁(SiO)バリア層を形成してイオンと電極の間の 電荷の交換を阻止する電極構造とし、さらに、イオ ン源として正・負のイオンに成り易い両極性物質を 採用することによりこの問題を解決しました。

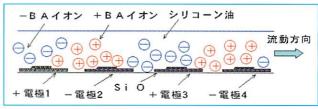


図1 一方向流動の発生原理

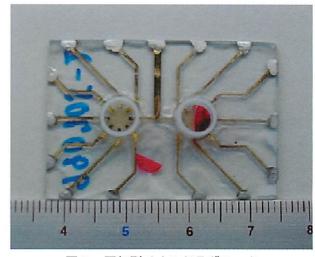


図2 回転型イオンドラグモータ

図1のように交互の電極に正・負の電圧が印加されている場合、正に保たれている1の電極のむも出しの部分に接触する両性イオン物質であるブチルス負の電極である2の電極の方向に加速されます。自の電極である2の電極の方向に加速されます。これので、集まってきた反対極性(正)イオンの多電極ので、集まってきた反対極性(正)イオンの多電極ので、集まってきた反対極性(正)イオンの多電極ので、集まってきた反対極性(正)イオンの多電極のもによる液体の流動とともに2の電が力による液体の流動とともに2の電かった。これらの負イオンはもと来た左側ではなった。これらの負イオンはもと来た左側ではなった。これらの負イオンはもと来た左側ではなった。これらの負イオンはもと来た左側ではなった。これらの負イオンはもと来た左側ではなった。これらの負イオンはもと来た左側ではなった。これらの現象が次々と連続的に起こるので、ブチルではここので、ブチルではないる。これらの現象が次々と連続的に起こるので、ブチル

アルコール分子は交互に正・負のイオンになりながら右側に一方向に加速されます。そしてイオンとマトリクス液体であるシリコーン油との間にドラグ力を生じ、液体の流動が引き起こされます。

もし図2に示すように電極を放射状に配置したものにシリンダを取り付け、両性イオン物質を含む絶縁性液体を注入して電圧を印加すると、液体は回転流動します。そこで同右図に示されるように、液体中にロータを沈めておけば、ロータは回転力を得て回転します。このように本モータは一般の静電モータ及び電磁モータとは異なり、スイッチ回路が全く不要という点で極めてユニークなものです。現在3500 rpm程度で回転するものが得られています。また、このモータは電極の絶縁被膜被覆部分を独立した補助電極とすることにより、回転方向を純電気的に自由に制御できるものもできています。

一方、図3のように金網の片面を絶縁物で覆い、多数重ねたものに、正・負の電圧を交互にかけてやれば、全く同様の仕組みによりポンプ動作をさせることができます。このポンプは、電界から直接的に圧力を得る簡単な構造であり、機械的な可動部品が不要であるので、小型化に適しています。また回転型モータ同様、独立した絶縁被覆電極を設けることにより電気的に加圧方向を逆転させることが可能となります。

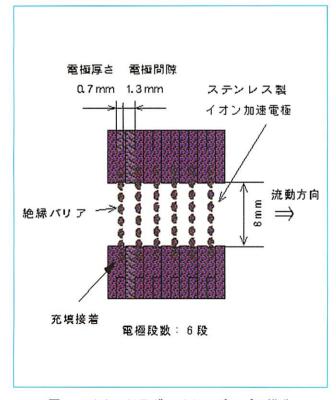


図3 イオンドラグマイクロポンプの構造

### 3. マイクロソーラボート

上記2種のアクチュエータの他に、同じインドラグカによる液体流動を応用するものとして、バクテリアや水中昆虫のように水中を泳ぎ回ることができるマイクロソーラボート(MSB)の研究を行っています。

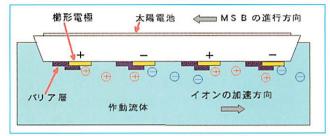


図4 マイクロソーラボートの断面図

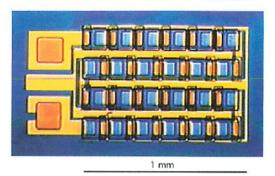


図5 MSB上面部24連マイクロ太陽電池

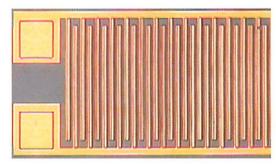


図6 MSB下面部イオン加速電極

MSBは図4の断面概略図に示されるように、上面に設けた太陽電池によりエネルギーを得、下面の多段加速電極でイオンを加速して、その反力によって移動させるものです。図5、6は上面に作られた太陽電池、下面の櫛形イオン加速電極を示した図です。6連の太陽電池で移動することが確かめられたので、現在は24連太陽電池を作り、数mm/s以上で移動可能なMSBの実現を目指しています。また将来はMSB上に電子回路、センサなども作り、独自に開発中の準デジタル式非干渉SS多重通信方式を応用して、外部から自由に制御できるシステムを実現したいと思っています。

## 産業科学技術研究開発制度「マイクロマシン技術の研究開発」 プロジェクトの成果(4試作システム)

### マイクロ加工・組立用試作システム(マイクロファクトリ)

#### 1. はじめに

マイクロ加工・組立用試作システムは、マイクロマシン技術のアプリケーションのひとつである「マイクロファクトリ」を実現するためのシステム化技術を検討する試作システムです。この研究は、(株)アイシン・コスモス研究所、セイコーインスツルメンツ(株)、(株)日立製作所、ファナック(株)、(株)富士電機総合研究所、三菱電線工業(株)、(株)安川電機の7社が共同して実施しています。

本試作システムは、加工ユニット、組立ユニット、 搬送ユニットからなり、その大きさは、およそデス クトップサイズです。試作システムのイメージを図 1に示します。



図1 マイクロ加工・組立用試作システム イメージ図

システムとしてのコンセプトは、「マルチプロセスインテグレーション」です。すなわち複数の機能(工程)をシステム内に含み、それらの機能が相互に関連しあって複雑な仕事をすることです。このシステムでは、部品加工の際に、一部組立工程を組み込むことで、軸付き歯車の加工を行います。

#### 2. 試作システムの開発状況

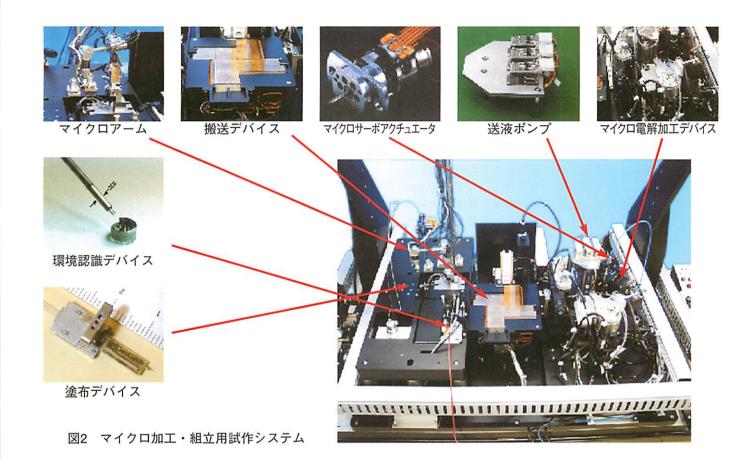
図2に、一次試作システムと主要なデバイスの写真を示します。

#### 2.1 加工ユニット

加工ユニットでは、加工セル内に設置した金属基 板に、加工プローブを近づけ、電圧を印加すること により、電解エッチングを施します。この加工プロ ーブを走査すれば任意のパターンの鋳型を製作する ことができます。その鋳型に、犠牲層をメッキで形 成し、その後、部品を電鋳加工で作り、犠牲層の部 分をエッチングすると、部品が型から離脱します。 この一連の加工を行う場合に、複数の加工液、洗浄 液等を使用します。この試作システムには、小型で 流量の大きなトロコイド型の送液ポンプが搭載され ています。また、加工した後の状態を観察するため のデバイスも搭載しています。直径3mmのカテー テルにイメージスコープと触覚センサを組み込んだ 環境認識デバイスです。この環境認識デバイスを所 定の位置までミクロンオーダーの位置決めをしなが ら運ぶのに、サーボ機構を内蔵したモータを利用し ています。現在までのところ、自動の加工液、洗浄 液交換、電解エッチング加工、および、電解加工で 形成した歯車形状を検査ユニットで観察できること を確認しています。

#### 2.2 搬送ユニット

従来の工場で利用される搬送システムは、ベルト コンベヤによる一方向の搬送が普通です。この方法 は、決められた経路で大量の搬送を行う場合に適し ていますが、マイクロファクトリの搬送システムと しては不適切です。マイクロファクトリでは、限ら れたスペースで、フレキシブルに部品等を運べるこ とが必要です。そのひとつの答えが2次元搬送です。 そこで、本試作システムでは、1mm□の電磁石を 敷き詰めたコイルダイオードモジュールを構成し、 適宜、電磁石を切り替えて駆動することで、永久磁 石を張り付けたパレットを運びます。また、CCD カメラの画像を演算処理してパレットの位置を検出 し、所定のルートから離脱した場合も復帰できるよ うになっています。また、搬送途中の位置決め分解 能は、電磁石サイズの1mmですが、搬送の終点で は、位置決め機構 (Vブロック) により±20 μm 分解能での位置決めを行います。現在までに、重さ



0.2g (パレット含む)をあらかじめ決めた搬送プログラムに従って、2次元に搬送できることを確認しています。

#### 2.3 組立ユニット

このユニットでは、関節部分に高トルクな超音波 モータと高分解能エンコーダを組み込んだマイクロ アームが作業内容にあわせて、種々の作業ツールを 持ち替えることにより、いろいろな部品を把持して 組立作業を行います。作業ツールは、3種類の把持 デバイスと、塗布デバイスを搭載しています。ピン 形状のものを把持するのには真空チャックを用いま す。マイクロアームの動きの障害にならないように、 小型で振動の少ないスクロール型の真空ポンプを開 発しています。重い磁性体を把持するデバイスとし て高出力電磁チャック搭載し、小さくて軽い対象を 把持する超小型電磁チャックも搭載しています。塗 布デバイスは接着剤を用いた部品の固定を行います。 対象が小さい場合に組立て後の固定にネジ締めを用 いることは困難になるからです。このような用途の 塗布デバイスは、微量な量の接着剤を吐出できる必 要があります。この塗布デバイスは、レーザー光を 順次、光吸収体に照射することにより、流路に設け たダイアフラムを動かして、極微量(分解能:数十n1) の塗布を行うことができます。組立作業を行うには、ステージも必要です。本試作システムではマイクロサーボアクチュエータを組み込んだ回転ステージを搭載しています。これらのデバイスが協調的に稼働することにより、微小な部品を精密に組み立てることができます。現在までに、塗布デバイス、組立ステージ、マイクロアームの連動による微量接着剤塗布、電磁チャックとマイクロアームによる微小歯車の把持、環境認識デバイスと組立ステージによる対象物の観察ができることが確認できています。

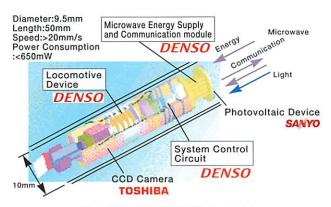
### 3. おわりに

マイクロ加工・組立用試作システムについて、主要なユニットの機能を中心に紹介しました。現在までに、各デバイスがシステム上で、その主要な機能を発揮することを定性的に確認しました、また、同時に、各デバイスが発生する磁気、光、熱などが、他のデバイスに影響を与える度合いがいろいろとわかってきました。今後は、各デバイス、ユニットの機能を定量的に把握しながら、抽出された課題とその対策を検討していくと同時に、省エネルギー効果などの評価を実施していく予定です。

### 管内自走環境認識用試作システム

#### 1. はじめに

産技プロジェクトにおいて、デンソー、東芝、三洋電機の3社で管内自走環境認識用試作システムの研究開発を行っています。本システムはワイヤレスで内径10mmの細い配管内を移動し、配管内壁の画像を撮像し無線伝送する機能を持つものです。システムに必要なエネルギーはマイクロ波と光で供給します。本システムはCCD素子を搭載した環境認識デバイス、配管内を移動するための移動デバイス、外部との通信とシステムの制御を行うための通信制御回路、無線エネルギー供給と通信を行うためのマイクロ波デバイス、光電変換デバイスの開発を行い、99年度は、システム化の第1ステップとして複数のデバイスを組み合わせた3つのサブシステム(1次プロト試作システムA、B、C)を開発しました。



管内自走環境認識試作システム

### 2. 1次プロト試作システムの開発状況

#### a) Aタイプ

無線での配管内の移動、コマンド制御による移動開始、停止、方向転換等の機能を検証するためAタイプ試作システムを開発しました。これには、移動デバイス、通信制御回路、マイクロ波デバイスが搭載されています。サイズを小型化するため、制御回路は高密度基板へベアチップをフリップチップ実装しています。このシステムでは、マイクロ波によるエネルギー供給と通信を両立するための2周波に対応したアンテナを開発し、エネルギ供給下での制御コマンド通信を検証しました。

### b) Bタイプ

光とマイクロ波による同時エネルギー供給の機能を検証するためBタイプ試作システムを開発しました。これは、三洋の開発した光電変換デバイスと一体化したマイ

クロ波アンテナと、電圧安定化回路を搭載しています。 光電変換デバイスによってマイクロ波アンテナの受信効 率が大きく低下しないように工夫した新規構造のアンテナを開発し、マイクロ波と光の同時エネルギー供給が実 現できました。

#### c) Cタイプ試作

マイクロ波通信による画像伝送の機能を検証するため、Cタイプ試作システムを開発しました。これは、東芝の開発した環境認識デバイスとデンソーの開発した通信制御回路を搭載しています。画像伝送をするためには一般にはフレームメモリを必要としますが、そのような回路ではチップサイズ大型化しシステムに搭載できないことが分かりました。そこで、CCDカメラからの画像データをライン毎にパケット化して送信する方式を考案し、チップサイズ4mm角程度の世界最小の画像通信機能を持つチップを開発しました。これにより、毎秒3フレームの無線画像伝送を実現できました。

### 3. おわりに

1次プロト試作システムの開発を通して、システムとしての機能の検証と課題の抽出を行ないました。課題として、各デバイス間の電気的及び機械的接続方法、発熱、電気的ノイズ等が明らかになりました。今後はこれらを踏まえて、すべてのシステム機能を搭載した2次プロト試作システムの開発を行なっていきます。



Aタイプ試作システム



B タイプ試作システム (アンテナ部)



C タイプ試作システム (環境認識デバイス部)

### 細管群外部検査用試作システム

#### 1. はじめに

発電施設の熱交換器の中には多数の細管が狭い間隔で並んでいます。このような細管の外側を検査するには、1つのマイクロマシン(単体マシン)は細管の間の狭い隙間を通過できるように小型化する必要があり、多くの機能を設けることができません。一方、検査では、ある程度大きな作業領域をカバーすることや、多くの機能を満足させることが必要となります。これらの相反する要求を満足させるためには、小さな単体マシン毎に必要最小限の機能を分散させ、作業は多数の単体マシンを連結させて協調的に行うという多数分散型マイクロマシンステムの概念が必要となります。通産省のマイクロマシステムの概念が必要となります。通産省のマイクロマシステムとして、細管群外部検査用試作システムを住友電気工業(株)、松下技研(株)、三菱電機(株)の3社で1996年度より共同開発しています。

### 2. 試作システムの開発状況

試作した単体マシンの外観を図1に示します。図に示すように、単体マシンは機能毎にブロック化した駆動デバイス、減速・走行デバイス、マイクロコネクタ、探傷デバイスの4デバイスから構成されています。大きさは縦5mm、横9mm、高さ6.5mmで6つの磁石車輪により水平面及び垂直面の走行が可能です。また、上部左右に配置した電磁石を有するマイクロコネクタにより、隣接した単体マシンと自動連結/分離が可能です。主要構成要素の概要について以下に説明します。

駆動デバイスは直径1.6mm、長さ2mmのラジアルギャップ型有心電磁モータです。高アスペクト比多層化技術により製作した微細プロセスコイルを採用することで、小型化を達成し、40,000rpmを実現しています。

減速・走行デバイスは片側 5 × 5 × 1.5mmで、微細放電加工機等で加工した減速比1/200の遊星歯車減速機構な

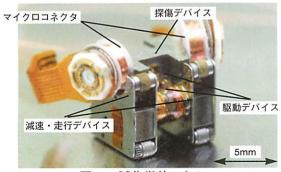


図1 試作単体マシン

らびに永久磁石車輪を搭載しています。永久磁石車輪を採用したことで、走行面との間の磁石吸引力により強いトラクション力が得られます。そのため、これまで、マイクロになると不利であると言われていた車輪駆動方式により、高速走行(10 mm/s)と自重(0.42g)の2倍以上の重さの1円硬貨(1g)を押す力があることを実証しました。

マイクロコネクタは直径3mm、厚さ2mmの電磁石方式のコネクタです。ディープX線リソグラフィーで形成した微小端子を有する端子部がジンバルばねで支えられ、内部に搭載した永久磁石を電磁石で移動させることで、端子部の挿抜を実現しています。内部の永久磁石により、連結/分離時以外には電力の供給がなくても連結が維持できます。自動の着脱の様子を図2に示します。

また、3台の駆動マシン(駆動デバイスあり)と7台の連結マシン(駆動デバイスなし)を直径22mの細管の回りにマイクロコネクタで連結し、3台の駆動マシンで7台の連結マシンを引っ張って上昇下降可能なことを実証しました(図3)。

#### 3 おわりに

今後は本システムを発展させ、最終目標の細管群間の 狭所移動及び細管回りでの10台連結上下移動による細管 外部の探傷の実現とその要素技術の確立を図る予定です。



(a)分離状態



(b)励磁状態



(c)連結状態

図2 マイクロコネクタの自動着脱の様子

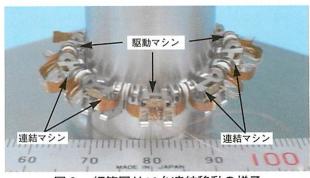


図3 細管回り10台連結移動の様子

### 機器内部作業用試作システム

#### 1. はじめに

オリンパス光学工業 (株)、オムロン (株)、(株)村田製作所の3社が協同で研究を進めている機器内部作業用試作システムは、複雑な機器を分解せずに機器内部に進入し、検査及び軽度な補修作業を行う機器内部点検用マイクロマシンに発展する前段階のシステムです。本試作システムの研究では、微小寸法計測や補修などの作業を可能にする狭所作業技術の確立が第1の目標です。この狭所作業として蒸気タービン内の検査・補修作業を想定し、それに必要な多くの機能を細径管状本体の長手方向に集積化する細径集積化技術を確立することが第2の目標です。



図1 機器内部作業試作システム(コンセプト図)

#### 2. 試作システムの開発状況

#### 2.1 デバイス開発

表 1 各社開発機能デバイス

デバイス名	目標性能
多自由度湾曲環状ユニット	外径;8 mm、湾曲部数; ≥3
補修用マニピュレータ	外径;3 mm
溶接デバイス	YAGレーザ溶接、外径;3 mm
姿勢検出デバイス	サイズ; 4.5×2×3.5 mm、
(株式会社 村田製作所)	感度; 1°/sec
モニタリングデバイス	サイズ; 4.5×2×4 mm
(オムロン株式会社)	傷検出分解能; ≥0.5 mm(at 50mm)

表1に各社が開発を担当している機能デバイスと その開発目標を示します。

#### 2.2 システム化技術

### 2.2.1 細径集積技術の開発; MIF実装技術

モニタリングデバイスや姿勢検出デバイスなどの 機能デバイスを高密度に実装する技術として、第1期 に開発した多機能集積薄膜(MIF)技術を応用した 実装手法の開発を進めています。

まず機能デバイス駆動用の集積回路を形成したシリコンウエハ上に機能デバイスを実装し、その後、不要なシリコンのエッチング等を行い、平面状の実装モジュールを製作します。このモジュールを折りたたむことにより、3次元的に各機能デバイスを配置します。このMIF実装技術は、狭い空間内で様々な向きに機能デバイス及びその周辺ICを立体的に且つ高密度に配置する、すなわちマイクロマシン用実装技術として最適な方法と考えています。

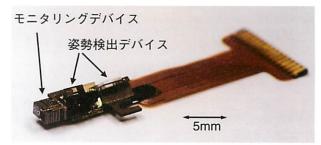


図2 ヘッド部電装系ユニットの外観写真

#### 2.2.2 狭所作業技術の開発

本試作システムが行う作業として、非接触作業が可能であり、システムに熱的な影響が比較的少ないレーザ溶接を選択しました。これまで、迷光対策及び冷却機構等の開発を行ってきました。その結果、SUS板に対して溶け込み深さ0.5mm以上の溶接能力が有ることを確認しています。現在は、補修用SMA(Shape Memory Alloy;形状記憶合金)マニピュレータ及び溶接デバイスを装着した補修ユニット、1次システムを試作して、補修性能の評価を行っています。

#### 3. おわりに

来年度は、これらの技術の集大成として最終試作システムの試作評価を行います。この試作システムの研究を通して細径集積化技術、すなわち高密度マイクロマシン実装技術と「作業する」という機能を持たせたマイクロマシンの可能性を追求して行きます。

### 第5回国際マイクロマシンシンポジウム開催される

1999年10月28日・29日の2日間、東京 北の丸公園の科学技術館において、第5回国際マイ クロマシンシンポジウムが開催されました。

初日のオープニングでは通商産業省機械情報産業 局太田信一郎局長、工業技術院梶村皓二院長および NEDO松井秀行理事長に来賓挨拶を頂きました。 2日間の全登録者数は421名に上りました。

初日の冒頭では、東京大学名誉教授の石井威望先生に、「マイクロマシンが21世紀にもたらすもの」と題した特別講演を行なって頂きました。デジタル情報化という技術文明の大きな潮流の中での、マイクロマシン技術の位置付けと期待を語って頂きました。お話は、ネットジェネレーションの特性、ネフットワーク(フットワークとネットワークを一体化した新しい概念)、デジタル情報化に伴うミームプール増大とマイクロマシンへの道、等々、多岐にわたり、大変、刺激、勉強になるものでした。なお、当日配布したシンポジウム予稿集に掲載された先生のご原稿(和文原文)を、本誌次頁より掲載させて頂きますので、是非ご一読をお勧め致します。

第1日目は、石井先生の他に、海外の5名(うち1名、代読)を含む16名が招待講演者に、それぞれ極めて有益なご講演を行って頂きました。海外からの講演者は次の通りでした。

Franz van de WEIJER/NEXUS
Karen W. MARKUS/MCNC
Francois GREY/Technical University of Denmark
Ronald B. ZMOOD/Melbourne Institute of Technology
Nico F. de ROOIJ/University of Neuchatel (司会者代読)
Chih-Ming HO/UCLA
Chang Jin "CJ" Kim/UCLA

また、セッション5の「マイクロマシン考」は、 内容がユニークで好評でした。その講演の概要を本 誌に載録しましたので、併せてご一読下さい。

第2日目は、産業技術研究開発制度に基づく国家プロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」の進展状況について、工業技術院山口佳和研究開発官の概況報告、および工業技術院機械技術研究所など3国研における研究開発の状況と将来展望の紹介があり、さらには、当センターの研究開発部会安宅龍明部会長が第2期の研究開発の現状について、また、研究開発部会のワーキンググループ主査4名による技術動向調査の発表がおこなわれるとともに、産技プロジェクトの成果について7件のプレゼンテーションが行われました。

シンポジウム終了時に会場で行ったアンケートでも、多くの参加者から、企画・講演内容について高い評価を頂きました。なお、当日は、交通機関の事故等、幾つかのハプニングが重なりやむを得ず講演順序を変更しました。参加者にはご迷惑をおかけしましたことをお詫び致します。

次回の日程・開催場所は次の通りです。 第6回国際マイクロマシンシンポジウム開催予定 会期 2000年11月9日(木)・10日(金) 会場 東京北の丸公園・科学技術館サイエンスホール



シンポジウム会場風景

### マイクロマシンが21世紀にもたらすもの

東京大学 名誉教授 石井威望

### 1. はじめに

「マイクロマシンが21世紀にもたらすもの」という表題から、常識的に連想することとしては「かなり長期(最長百年程度)」にわたる、マイクロマシンの進歩・発展・普及と、それに伴なって起こると予想される産業・社会・生活・文化などへの全般的影響であろう。これは、真っ正面から取組もうとすれば、あまりにも問題が大きく困難な未来予測といわざるを得ない。

そこで、本稿では以下に述べるような限定的な制 約條件を付けた上で、方法論的にも相当大胆なアプ ローチを採用したい。まず「21世紀」といっても、 もっぱらその前半を想定することにする。21世紀 後半つまり数十年先となれば、あまりにも不確定で 未知の要因が多くなりすぎるからである。たとえば、 マイクロマシン技術への影響が強い隣接関連分野と くに情報通信技術やバイオテクノロジーなどは当分 爆発的拡大が続くと予想されるため、以前なされた 予測がたちまち役立たなくなってしまう。この事実 は過去に出版された諸文献が急速に陳腐化していく ことを意味しており、未来予測の調査報告書はそれ が実施された時点の歴史的資料になってしまう場合 も少なくない。もちろん、歴史的な観点自体は極め て重要であって、必ずしも全て利用価値がなくなる のではない。結局、本稿では技術文明の歴史的潮流 を捉えてマクロな視点から展望するアプローチを採 用したい。この場合、頻繁に新しい個々の(ミクロ の) 技術開発の成果が加味されて絶えず予測のミク 口的修正作業がなされることが前提であり、その結 果「作業仮設」的な色彩が強くなることは避けられ ない。

それにしても、まず第一にマイクロマシンの技術 文明史上におけるマクロな位置付けが必要になる。 端的に言えば、マイクロマシンが"21世紀の新しい機械文明をもたらす鍵"の役割を果たすか否かという問題である。ホモ・ファーベル(作るヒト)として人類が在来の工業製品の域を超えた新しいタイプのマシン作りの時代(新世紀)に移っていくのかどうか。この新旧マシンの交替のドライブは、恐らく今日人類自身がデジタル情報化という"進化"(恐らく直立二足歩行以来の大変革かも知れない)の渦中にあるという事実に根ざしている。そのような進



化をとげるとすれば、それに対応した新しい道具・ 機械が必要になり、それはまさに技術革新の加速に ほかならない。

### 2. デジタル情報化とネット・ジェネレーション

近代工業技術体系において、「道具を作る道具」で ある工作機械(machine tool)の精度(precision)が全体系 の精度の限界を決めている。その意味から、数値制 御(Numerical Control、略してNC)の工作機械の実用・ 普及化は極めて重要な出来事であった。NCでは製品 精度の保証がデジタルの数値表示になる結果、品質 の均一性 (バラツキが少ないこと) への信頼が高ま り非価格競争力が向上したばかりでなく、従来不可 能であった複雑な曲面を高精度で数値計算を行なっ てNC加工(たとえば、プラスチック製の非球面レ ンズ用金型)をすることが可能になった。いわゆる メカトロニクス生産技術革命と呼ばれる質的変化で ある。また、溶接や塗装などの工程の無人化 (unmanned)いわゆる産業用ロボットにおいても、効 率向上に加えて質的に高度な精密加工分野の開拓が 可能になった。このメカトロニクスの進歩と同時期 に、情報通信におけるデジタル情報化の技術進歩が 著しく、半導体集積回路(semiconductor IC)を始めと して電子部品 (ハードウェア) の小型化 (ダウンサ イジング)が進みパソコン時代が始まった。さらに、 インターネットのような情報通信網へ多数のパソコ ンの接続ができたことは決定的であった。その結果、 それまで孤立化状態(stand alone)で分離(isolated)・散 在していた小型コンピュータ群が、自律分散型 (autonomous distribution)ネットワーク・システムに生 まれ替り、それが日常生活の中にまで行きわたった ことである。

このようなネットワークが社会基盤として当り前 になった21世紀の生活環境の中で育っていく人々 いわゆるネット・ジェネレーションが、どのような 特性をもつかによって21世紀前半の技術文明の様 相が左右されるに違いない。最近の調査研究の結果 によれば、少くともネット・ジェネレーション特有 の二つの特徴が判ってきている。第1は、電子メー ルの使用が増加するとともに人に会ったり集会に参 加したりする空間運動(モビリティ)が明らかに増 加し、部屋の中に独りでこもり切りになってデスク トップ・パソコンばかりに没頭するいわゆるコンピ ュータ・オタクのイメージとは違う。むしろ、ノー トブック型パソコンのような携帯情報端末が急激に 増加してきた最近の傾向に見るとおり、「モバイル・ コンピューティング」(以下モバイルと略称)の傾向 が強い。

ネット・ジェネレーションがもつ特性の第2は、 仕事の処理方法として同時に複数の並列処理を好む ことである。たとえば、前述のモバイルの場合でも、 単なる空間移動(フットワーク)に専念するので仕事 を行なうわけで、フットワークかネットワークを接続した情報端末で仕事 を行なうわけで、フットワークが有いとでも こ者択一ではない。ちょうど、「音響」が存在して おいればならないように、モバイルという一の は振動数と持続時間の両方が同時に認知の なければならないように、モバイルと存を集約して なければならないように、さらに、モバイルより 意味させる方が良さそうだ。さらに、 第2の一ク(Nefootwork)」(筆者の新造語) という方が新しい概念(工業社会における分業・ ないに対峙する)として強調するのには適当かも れない。

今まで主流の地位を占めてきたデスクトップ・パソコンの場合は、フットワークを犠牲にして専らネットワーク接続での作業を "GUI" (Graphical User Interface)で行なってきた。ネフットワークになれば、GUIではなくPUI(Perceptual User Interface)が中心になるであろう。PUIとは、視覚以外に聴覚など他の感覚まで使って環境の情報を収集し、情報入力においてもキーボード以外の音声入力などを多角的に利用するインターフエイスである。その結果、GUIに比べてかなり両手が自由になり上述のネット・ジェスト・ジェネレーションの第1特性「モバイル」とPUI

の関係が、GUIからの拡張性を一層鮮明に示しており、次節でそれをやや詳しく述べよう。

### 3. モバイルとバーチャル・リアリティ

ノートブック・サイズのパソコン (略称PC)やパー ム・トップ(掌上形)PCの誕生などいわゆるダウンサ イジングの背景には、まずハードウェア生産面にお ける前述の超微細加工技術の発達や市場ニーズに即 応できる商品開発のスピードアップが先に存在して いた。確かに"ダウンサイジング"はモバイルという ネット・ジェネレーションの第1特性をハードウェア の面から支援する重要な技術的成果ではあるが、単 なる形状・寸法の比例縮小に終るのではGUIのミニチ ュア・モデルに過ぎず、必ずしも本質的にモバイル への貢献にはならない。たとえば、指で操作不可能な 程キーボードのサイズを縮小したとしたらモバイル 用に使えない。むしろ、「データグローブ」(商品名、 以下DGと略称)のように指の動きを感知するセンサーを 縫い付けた手袋(glove)の方が情報入力としてキーボ ード以上に有効であろう。バーチャル・リアリティ (略称VR)の研究の初期に登場したDGの基本コンセプ トは、身体(この場合はそのごく一部分)の空間的運動 をセンスしてデジタル情報化(これを一般にモーショ ンキャプチャーというが、以下ではMCと略記)した 点が極めてユニークであった。ちなみに、最近はビ デオ・ゲームの格闘シーンなどのCG製作にふんだんに 応用されて効果を挙げており、ネット・ジェネレー ションにとっては周知の事である。つまりMC的アプ ローチにおいては、指にせよ身体全部にせよ、その リアル・ワールドにおける運動とそれに対応する一 群のデジタル情報は等価(equivalent)でデュアル(dual) な関係にある。DGはVRへの情報入力用インターフェ イスとして開発されたが、メカニカルのタイプライ ター以来定着していたキーボードというハードウェ アに内在するモバイルに対する不適合性を原理的に 払拭した。つまり、ハードウェアのダウンサイジン グ以上に、ソフトウェアすなわちMCによるデジタル 情報化プロセスこそがモバイル成立への基本的條件 であると納得できたことが重要である。

一方、ディスプレイでもかなり以前から HMD(Head Mounted Displayの略称、頭部搭載型表示装置)がVRにおける代表的道具の一つであり、空間 固定方式のディスプレイと比べて原理的にモバイルに適している。しかし、現存のHMDはまだまだダウンサイジングの余地が大きい。21世紀に、その本格的ダウサイジングに成功すれば極めて有望なモバイル・ツールになるであろう。要するに、上述のとお

りDGでもHMDでもVRの入出力機器は、GUIの機能 を含んでおりかつモバイル対応であることからGUI の機能が拡張されていることは確かである。さらに、 VRとPUIの関係に関連して、ネット・ジェネレーシ ョンを取りまく21世紀の情報環境を見極めておこう。 遠からず、20世紀末の標準的PCは無くなってしまう と予想されている。勿論、PCが担っていた機能は 色々な形で残る筈だが、現在のGUIのPCが姿を消し 結局PUIになるというシナリオである。一方、ビデ オ・ゲームの高度な映像に慣れ親しみながら育つわ けであるから、VRは当り前になっている。むしろネ フットワークによって得られる現場の生の原情報へ アクセスすることが重視されるようになるであろう。 しかし、その際ネフットワークの特色として同時に ネットワークからのデジタル情報を現場へ取寄せた り遠隔と直接(映像でも)連絡をとったりできる。 つまり現場の「リアリティ」と、VR的情報を各種組 み合せることによって、単なる現実感を拡張したり 一層強化している。これを、AR(Augmented Reality)と 呼ぶ。PUIはARに対応する技術と位置付けられてお り、従来のVRも当然含むことになる。

### 4. ネフットワークの生物学的基礎

ネット・ジェネレーションの上記二つの特性が生 じてくるルーツを生物学的に考察し、マイクロマシ ンへのつながりを考えてみよう。まず、第1特性 「モバイル」に関連して、その通信ネットワークが成 立する過程を、生物学的ならびにシステム論的立場 から考察してみたい。「ネフットワーク」を説明した ところでも述べたとおり、ネットワーク (情報系) は本来フットワーク (運動系) と一体であり、生物 学的にも出生直後の新生児を観察すると、両系は密 接な関係にあることが判かる。そもそも、個体発生 は系統発生を操り返すという生物学の法則がある。 したがって、新生児での観察は人類の進化史の一部 を示唆している。胎児期における視覚を使わない母 体との交信では直接化学物質の接触モード(近接的 情報)が中心的役割を果たしているが、出生後は視 覚や聴覚も含めた遠隔的情報の送受モードに重点が 移る。このモードの移行が人類の系統発生すなわち 進化の中で、水中から陸上の生活環境へと変ったと きに相当しているのかも知れない。遺伝子(gene)がも つ情報として、たとえば新生児にあらわれる原始歩 行(stepping reflex)の存在は、フットワークの生物学的 基礎だと考えられる。哺乳類の四足歩行による高速 移動に対して、遠隔的情報送受モードが有利である ことは明らかであるが、加えて直立二足歩行が可能

になった人類は両手の自由と、脊椎による頭部の垂 直支持が脳の巨大化への進化を可能性にした。陸上 での高速移動つまりフットワークの向上が、遠隔ま での環境情報収集能力獲得と一体化した上に、この 直立二足歩行の効果が加わったのである。また、自 由になった両手(前肢)は退化の途を辿らず、脳の 発達とともに道具の操作や高度なモノ作りを始める ようになる。直立二足歩行は樹上生活からサバンナ の生活に移って始まったが、樹上生活の頃に爪が鉤 爪から平爪に、手のひらの指掌紋様、母指対向性の ある五指(独立に動く)などの進化があり、グルー ミング(シラミ卵取りの毛づくろい行動)や殻物の 粒をつまむような器用な作業ができるようになった。 この延長線上の遙か彼方に、マイクロマシンが位置 するわけだが、その距離を埋めるには遺伝情報だけ では不十分であり、遺伝子以外の情報(meme、ミー ム)の蓄積が必要になる。ミームには、言語・記号・ 文字・数字データ・図形・映像・録音やコンピュー タのプログラムなどのいわゆるソフトウェアにとど まらず、明文化されない見よう見まねの後天的に獲 得される広義の情報も含まれている。

### 5. マイクロマシンへの挑戦能力

ミームは模伝子と訳す人もいるように、「模倣」行動を通じて世代間継承がなされていく。遺伝情報の集積(gene pool)と同様に、その挙動(behavior)は擬似的遺伝子(pseudo-gene)的である。たとえば、日本語が口真似で伝えられていく場合がそれである。一般に言語の習得能力は子どもが抜群に優れている。ミームが後天的なのに対して、遺伝子が肉体的かつ先天的に伝承される点は異なるが、両者を一括して広義の世代間継承情報全体として考える立場もあろう。過去2年程の観察調査によれば、ネフットワークに対する日本の子どもたちの受容能力は極めて高く、これがミーム・プールに加わり、活性化源になるのは確実のようだ。

ネット・ジェネレーションの第2特性「同時並列」的 処理については、工業社会へ徹底的に適応した世代 からは、(分業化とか各時間へ一種類の業務を割り振 る方式に慣れ過ぎているためか)必ずしも歓迎され ない。しかし、最近では2あるいはそれ以上の複数 の専門(たとえば博士号)をもつ人々が海外の一流 研究機関では珍らしくない。ダブル・メィジャーと かマルチ・メイジャーと呼ばれている。第2特性も 少子化のような個体数の減少下でのミームの増加に 役立つ。要するに、21世紀にかけて上記のネット・ジェネレーションの二つの特性がミーム・プー ルの増大に拍車をかけるものと予想される。とりわけ、ミームの中でもデジタル情報の部分が情報技術革新によって自已触媒的(self-catalytic)に増殖するであろう。

通常、情報技術革新といえば空間の問題とは切り 離して考えられているが、上述のネフットワークで 強調したように切り離さずに一体の存在として考え る方が良い。技術文明史で空間の拡大は常に情報 (狭義にはその表現媒体、いわゆるメディア)の技術 革新と表裏一体であった。ルネッサンスの大航海時 代における印刷(プリント)メディアや、現在の字 宙開発とデジタル情報化などが好例である。しかも、 人類の活動する空間の範囲は何も大宇宙(Macrocosmos)に限っているわけではなく、小宇宙(Microcosmos)つまり人体内部も含めた極微小の世界にも拡 がっていく。進化の過程で人類は樹上生活に適応した 遺伝子を獲得し、器用な手作業ができるようになっ たことは前述のとおりであるが、ジーン・プールだ けではミクロ・コスモスへの挑戦は殆んど絶望的で あり、マイクロマシンの世界までの遙かに遠い隔た りの空間を埋めるミームの膨大な蓄積が必要であっ た。その解決の糸口がデジタル情報化の成功であり、 漸くマイクロマシンを確実に射程距離内に捉える技 術文明史的展望が開けた。別の言い方をすれば、ネ フットワークの例でも明らかなように、キーボード がDGに置き換わり、MCのデジタル情報こそが核心 だと判れば、ハードウェア機器のダウンサイジング は遠慮会釈なく進行し、やがてPCというまとめ方 (形式) は姿を消しマイクロマシン化するであろう。

#### 6. おわりに

マイクロマシンの最初の応用分野として「医療」が挙げられることが多い。ルネッサンスでも、明治維新でも、人体というミクロ・コスモスへの挑戦は、新しい解剖学として開花している。空間に関する基礎的知識である幾何学と、体内の形態学である解剖学が抜本的に変化する時、まさに時代が変わるといわれている。今、まさにその時代を迎えており、X-CTやMRI-CTから最新の光トポグラフィーに至るまでデジタル映像が医療に与えている貢献は絶大である。また、内視鏡(endoscopy)や電子顕微鏡やレーザー顕微鏡(confocal laser microscopy)やSPMが空前のインパクトを与えている。

これらを踏まえて、マイクロマシンが始めて実用化へ進むことができる。勿論、これらはハードウェアの進歩(超精密機械など)もさることながら、バイオ・インフォマティックスと呼ばれている(対象としてゲノムをも含む)分子生物学的ソフトウェア技術の発展も不可欠になっており、一種のVRに近い世界である。

「医療」に始まり、他の新しい応用分野については本シンポジウムでも、それぞれの研究者から多く紹介されるであろう。まだ、普及するマイクロマシンの具体的効果が明らかではないが、恐らく21世紀に最重要分野になることは確かであろう。

### 青少年の生活・価値観のトレンド

筑波大学教育学系 教授 門脇 厚司

マイクロマシンセンターでは、将来、マイクロマシン技術を担ってゆく、あるいは生活の中に取り入れる可能性のある若者達に、マイクロマシンの魅力、可能性を発信することは重要な役割りと考えています。門脇先生は、青少年の生活・価値観の変化についての東京都の調査に長年携われています。これまでの調査から見えてくる最近の青少年の価値観、考え方などについてお話を伺いました。

### 講演概要

東京都では、1976年より3年ごとに、東京都に在住する青少年(15歳~29歳の男女)を対象に、その生活実態や生活意識、社会意識や価値観の調査を行っています。このような継続調査は世界でも例がなく、(1)青少年に及ぼす社会変化の影響と(2)思春期から成人期へのライフステージの変化に伴う青少年の変化を比較検討できる唯一の調査です。

同じ東京で暮らす青少年でも、その価値観や行動 は異なります。調査では、彼らの価値観の違いをも とに、青少年を以下に示す4つの典型的なタイプに 分け、時代とともにどのダイプが増えどのタイプが 減るかを追跡しています。

<u>「コツコツ型(堅実型青少年)</u>:これまで大人が保持してきた社会規範をわがものとしているまじめな青少年。多少の辛さは我慢してがんばるタイプ。

[ふわふわ型(安穏型青少年)]:理屈や理想へのこだわりが薄く、関心の対象はほとんどが私事。世の中で何があってもワレ関せず。将来のことより今が大事という現実派でもある。

[イライラ型(不満型青少年)]:世の中のすべてのことが不満のタネで気に食わないことばかりという不平派青年。さりとて何がどう不満かははっきりしない。人間への不信が強く、押し付けや説教には反抗的。

[ゆうゆう型(自立型青少年)]:状況を読み、時に応じて自分で判断、適切に行動するマイペース型。大人の価値観には懐疑的。自分の価値観へのこだわりは強い。正義感は強いが、感情はクールな知性派。

調査を始めてからこの20年間に、男女とも「コツコツ型」と「ゆうゆう型」が減少し、「ふわふわ型」と「イライラ型」が増加しています。しかし、バブル期を境にその変化の傾向は「穏やか」ないし「揺り戻し」気味です。バブルがはじけ、社会が厳しくなっている状況が影響しているものと考えています。

本調査で行った他の設問結果ともあわせてみると、現代の日本の青少年について一般的に次のように言えます。

(1)大人不信の高まり:社会の現状(政治や社会体制)



への不満と大人への不信感、大人がよしとする価 値観や生き方への反発を強めている。

- (2)「ひとり志向」の強まり:大人への反抗心はあるが、 さりとて社会を改革する志向や意欲はなく、また、 自分たちの共有できる価値観やライフスタイルを 作り出す試みをする訳でもない。
- (3)「自分なりの価値」へのこだわり:物質的に豊かな 現在の生活を肯定し、恩恵を享受し、その中で 「自分のお気に入りの世界」にこもる。

日本の若者は経済的な豊かさの中で、社会とのかかわりを嫌い、小さな"自分の城"に閉じこもる傾向を強め、大人とは違う「異界」の住人となりつつあると言えます。

このような青少年の傾向にはプラス面とマイナス 面があります。

プラス面:これまでの日本人の集団主義的行動、横 並び意識から抜け出す可能性がある。これに伴い、 例えば、ファッションやゲームなどの新産業を起業 する可能性がある。

マイナス面:他人や社会へ無関心となり独り善がりの世界に埋没する人間が多数になる危険性が危惧される。

われわれ大人がなすべきことは「ゆうゆう型」の 青少年を大量に育てることと考えています。彼らは これまでの大人の価値観や生き方に代わる新しい価 値観を自分のものにし、それに基く生き方を実行し ていくタイプだからです。

(質問に答えられて):このような傾向の若者は、マイクロマシンに関心を持つと思います。人間同士の Face to faceの関係を絶つことのないようなマイクロマシンの技術の発展を期待します。

(本稿は、門脇先生の講演および原稿をもとに、事務 局でまとめました。)

### 科学技術館:展示としてのマイクロマシン

(財)日本科学技術振興財団 理事 林達郎

科学技術館では、本年4月より、賛助会員企業で開発した3種類のマイクロマシンの実演、展示を行っています。(財)日本科学技術振興財団 林 達郎理事には、この経験を通して、展示物としてのマイクロマシンの意義、青少年への効果的な見せ方、青少年の反応、などについて語って頂きました。

### 講演概要

科学技術館は青少年に「科学・産業技術に親しむ 事の喜びと素晴らしさ」を伝える諸活動を展開して います。身近に在りながら気づかないことが多い科 学・産業技術の世界の扉を開く手助けをしたいと考 えています。

そのために、自ら手に触れ、発見する事の喜びと 素晴らしさを体験させる方法をとっています。

今回のマイクロマシン (以下MM) 展示のコンセプト (展示が青少年に伝えたいこと) は次の3点でした。

- (1) 未知なる世界、明日の世界を探求する心を刺激したい、
- (2) 日本の未来技術を感じてもらいたい、
- (3) 背景となる技術のすばらしさを示したい

具体的には、次の3件のMMを展示し、その動く 様子を観察してもらっています。

- ・マイクロ光電デバイスを用いたテントウムシ型アクチュエータ: 伸縮型圧電アクチュエータ技術を用いた配管内マイクロ検査マシン:任意に動かせる光のスポット内をテントウムシ型アクチュエータ(lcm×1.5cm)が自律的に移動します。
- ・<u>伸縮型圧電アクチュエータを用いた配管内マイク</u> <u>口検査マシン:</u> 外部からの制御により透明な細管 内を前後に移動して、細管の異常部を検出します。 (直径5.5mm、全長20mm)
- ・<u>形状記憶合金アクチュエータを用いたマイクロマ</u> ニピュレータ:マイクロマニピュレータ

(直径1 mm、全長80 mm、5 自由度) を操作して小さなピアノ鍵盤を叩きます。

展示にはインストラクタを常時1名配置し操作の 指導、CCDカメラ、ビデオ、パネルによる細部の紹 介を行っています。

展示の効果を高めるために見学者にアンケートを実施しました。その質問内容と回答状況を紹介します。 O1: MMを知っていましたか?

MMの知名度は約50% (大人も小中学生もほぼ同じ)。



Q2: MM展示をどう感じましたか? 青少年は全員、大人は60%が「面白い」と評価 しました。

O3: 何に興味を持ちましたか。

興味の所在は「小ささ」「動きの確かさ」にある様です。それは回答の中の「凄い」と言う表現に代表されるようにMMの技術の素晴らしさが感覚的に捉えられたものと考えます。

Q4:もっと知りたいことはありますか? 小学生は動きのメカニズム、中学生以上は「メカニズム」他、「利用法」。

以上から、今回の展示では下記が伺えます。

- (1) ほぼ全員がMM展示を「面白く・興味深く」捕らえています。また、それを支える高度、複雑な科学・産業技術の世界も体感的に捕らえ得たようです。この傾向は低学年の方が顕著に感じられました。
- (2) 知りたい事として「メカニズム」「利用法」等が挙げられた事は青少年に対しMMの関心を確実に高めることが出来たと評価できます。また「利用法」については、入館者にも考えて頂けるようMMC主催の絵画コンクールの応募をお願いしました。
- (3) テントウムシ型アクチュエータの展示では「触ってみたい」という要求が多く出ました。実際に触り、近親感を高める「レプリカ」の用意等も展示効果を高める上で大切と考えます。

今回の成果を参考に更に効果的な展示へと発展させて行きたいと思います。MM技術は夢の固まりです。夢の在るテーマで科学技術館を満たして行きたいと考えています。

(本稿は、林先生の講演および原稿を基に、事務局で まとめました。)

### UCLAにおけるMEMS教育プログラム

Professor Chang-Jin "CJ" KIM/UCLA

大学におけるMEMS教育について、UCLAのKIM先生にお話を伺いました。UCLAではMEMSの教育プログラムが作られており、体系的な教育が行われています。

### 講演概要

まず初めに、何故MEMS専門の教育プログラムが必要か?についてお話ししたいと思います。

MEMS技術は今までの工学とずいぶん異なります。 加工技術をとってみても、従来は、主に3次元空間 において物理的加工が行われていましたが、MEMS では平面的な化学的加工が中心になるし、また自己 組織化といった手法も重要になってきます。

マイクロビームや薄膜をとってみても、従来の工学では通常扱わなかったスケールの領域です。このため、MEMS設計の際に、これまでの工学とは異なったスケール効果の理解、考慮が必要となります。

このためには学際的なアプローチが必要であり、 専用の教育プログラムが必要なのです。

UCLAのMEMS教育プログラムは、大学院での教育を中心に作られています。本プログラムの目的は、従来の工学とMEMSの根本的な違いを理解させることと、マイクロスケールの世界がどのようなものかを学ばせることです。

1994年に、UCLAの機械航空工学科と電気工学科の間でプログラムを作りました。この時点ではまだ公式のプログラムではなかったのですが、1997年より機械航空工学科における公式の博士課程のプログラムとなりました。

プログラムは、coreと呼ばれる基礎的な科目と specialtyとよぶ専門科目から構成されます。coreコースでは、マイクロ領域における材料、機械、電気といった基礎を学びます。その後学生は、MEMS、航空、光、バイオといった各分野に進みます。以下にその概要を示します。

#### Core

### Introduction to Micromachining and MEMS Lab.

現在は学部学生に対して行われており、リソグラフィ加工の基礎について学びます。学生は10週間かけてクリーンルームで基礎的なマイクロデバイスの加工実習を行います。

### MEMS fabrication

MEMSの研究開発に必要なさらに進んだMEMS加工とそのバックグラウンドについて学びます。

#### Microsciences

マイクロ領域における、例えば、流体力学、伝熱、トライボロジーといった科学について学びます。

#### MEMS device physics and design

圧電、電磁、静電等、様々な変換原理と、実際に



MEMSデバイスがどのように設計、加工されるかを 学びます。ここでは、デバイスのレイアウト方法や 設計ルールとともに、幾つかのファンダリーサービ スについても紹介します。

### Specialty

Coreコースの後、興味や専門性に応じて専門コースをとります。学生ごとに専門が異なりますので、ここで扱う内容はかなり広範囲になります。学生はこの中から2~4のコースをとります。以下にその例を示します。

#### Sensors, actuators and signal processing

マイクロトランスデューサについて学びます。

#### Microsensors and microinstruments

マイクロセンサと計測の最新情報を学びます。

#### Experimental mechanics for MEMS

MEMS構造物の、材料特性、機械特性、強度、疲労等について学びます。

### **Advanced MEMS**

MEMS領域の最新トッピクスについて学びます。パッケージングや商用MEMS事例といったトピックスも取り上げます。

これらのコースの後、学生は6時間の総合的な試験と3時間の口頭試験を受けることになります。 MEMS PhDプログラムに進むには、この試験の合格に加えて、MEMS以外の他の専門分野において3コースを終了することが必要です。

現在までに20名以上のPhDと多くのマスター修 了生を出しています。現在は70名の学生と7名の 教授で構成されています。

この分野は日々ダイナミックに進歩しています。本 教育プログラムも、研究の進展、社会のニーズに応 じて、常に調整、拡張を行っています。

(本稿は、KIM先生の講演および原稿をもとに、事務局でまとめました。)

### 第10回マイクロマシン展開催される

第10回マイクロマシン展が、1999年10月27日~29日の3日間、東京・北の丸公園の科学技術館において、第5回国際マイクロマシンシンポジウムと併催する形で開催され、成功裏に閉幕しました。

出展者は、当センターとその賛助会員企業22社を含み、これまで最大の86の内外の企業・団体・大学・研究機関でした。この展示会では、マイクロマシンに関する最新技術や研究成果などが出展され、日本はもとよりアジア地域における最大規模のマイクロマシン技術の専門展示会として、年々規模、内容とも充実してきています。

今回は特に、10年計画で進められてきた通商産業省の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の研究開発プロジェクト」参加企業から9年間の研究開発の集大成である第1次試作システムが一同に集められて初めて公開、デモンストレーションされました。

マイクロマシンの研究開発に係わる企業にとっては、技術、装置、製品をPRするための機会、大学や研究機関等にとっては、研究成果の発表の機会、また、新規参入の企業にとっては、製品・技術発表のための絶好の機会となっています。



内外の見学者で賑わう会場

また、展示会が報道でも取り上げられ、10月27日夕刻フジテレビ「スーパーニュース」およびテレビ東京「ワールドビジネスサテライト」でマイクロマシン展が放送されました。

3日間の入場者は、初日午後の激しい雷雨にも拘わらず約3、600名となりました。多くの人が時間をかけて熱心に展示を見学したり、質問していたため、会場は大変な熱気と混雑でした。また、展示会終了後のアンケート結果によると、出展者にも非常に好評で来年度の出展希望が83%に達しています。

# 回顧録 録 政策研究院 教授 藤正 巖

忘れもしない、1988年の夏、通産省系の委員会で隣に 座った東京大学の中島尚正教授に、埋込み人工心臓の 小型化で困っていて、医療ではこれから小さい部品が必 要になることを話した。彼も小さな機械部品はこれから の産業界でも必要になるには同意見だった。その頃私 たちが一緒の仲間となった東京大学の先端科学技術研 究センター(先端研)には、それに興味を持つ研究者が多 数いて、夏休み明けの8月26日に暑気払いもかねて打ち 合わせ会を開いてみようということになった。先端研に 集まったのはわれわれの他に医用材料の専門家の井街 宏医学部助教授、組織工学の専門家の松本博志客員教 授、バイオセンサーが専門の民谷栄一助教授等で、10月 11日に第1回目の立ち上げの研究会を先端研の生体計測 分野で行うこととなった。現在手元にある写真を見ると、 最初の会合には、上記の人たちの他に、半導体素子製 造の専門家の白木靖寛教授、軽部征夫教授、渥美和彦 医学部教授、生産技術研究所の藤田博之助教授、工学 部の畑村洋太郎教授、広瀬通孝助教授などの顔ぶれが 見える。早速研究会の名前を付けようということになり 「マイクロマシン研究会」ではどうかという話になった。

マイクロマシン展の第1回目は1990年3月に港区芝公園の機械振興会館で行われた。通産省によるマイクロマシンの大型プロジェクトが立ち上げが決まり、日本産業用

ロボット工業会が共催してくれたおかげで、初回にしては ある程度の会社や研究所が参加した。

第2回のマイクロマシン展は1991年1月30日から2月2日にかけて、日本で最初に開催されたIEEE主催のMEMS(微小電気機械システム)ワークショップに併設されて、奈良市の公会堂(ビッグルーフ)で行われた。この年からMESAGOジャパンがオーガナイザーとなって展示会が運営されるようになった。この年からマイクロマシンの大型プロジェクトが立ち上がることもあって、参加者も多く、藤田、江刺両氏の努力もあって盛大なシンポジウムと展示会となった。

現在のように北の丸の科学技術館でマイクロマシンシンポジウムとマイクロマシン展が併設されるようになったのは、1993年開催の第4回のマイクロマシン展からである。主催者は(財)マイクロマシンセンターとマイクロマシン研究会で、1994年までは毎年春に開催された。国際マイクロマシンシンポジウムとなった1995年からは、マイクロマシン展は毎年10月に開催されるようになって、現在に至っている。

マイクロマシン・プロジェクトが運営されてきたこの期間に日本は不況に陥ったが、幸いにしてマイクロマシン展は年々その規模が拡大し、現在、世界最大のマイクロマシンショーとなっているのは、最初に展示会を企画した一人としてうれしい限りである。ここまで展示会を育てた研究所や企業の参加者と運営に携わってきた関係者に大きな拍手をおくりたい。

### 平成10年度「マイクロマシンの基礎技術の研究」その2

(財)マイクロマシンセンターでは多様なマイクロシステムの構築に必要な理工学を始めとする技術シーズの探索によって基礎技術の強化を図るために学、官、産共同で平成4年度から種々の技術シーズを調査テーマとして取り上げてきました。平成10年度には9テーマについて調査研究を行ってきましたが、前号に引き続き残りの4テーマの報告要旨をここに掲載いたします。

## 高次複合構造実現のための加工・集積・結合・組立技術に関する調査研究

東京工業大学精密工学研究所精密機械システム専攻 教授 堀江 三喜男

本調査研究グループは、標記題目のもと、次の四 つのテーマに関して、調査研究を行った。

- 1)大変形弾性ヒンジを用いたマイクロマシンメカ ニズムに関する調査研究
- 2)大変形弾性ヒンジを用いたマイクロアクチュエータに関する調査研究
- 3 )シリコンの結晶異方性エッチングによる三次元 構造形成に関する調査研究
- 4 ) 平面からの折り曲げによる三次元マイクロ機構 の製作に関する調査研究

これらのテーマは、1)、2)基板(薄膜)内にある要素が基板内のアクチュエータで二次元以上の高次の運動を実現するための技術、3)厚さのある構造体の形成技術、4)薄膜を三次元に組み上げる技術という、各自特徴ある高次構造実現のための加工・集積・結合・組立技術に関してのものである。

「大変形弾性ヒンジを用いたマイクロメカニズム に関する調査研究」(東京工業大学・総合理工学研究 科/精密工学研究所(学内兼務)·教授 堀江三喜男 担当)では、運動する三次元構造体に関する調査研究 が行われ、マイクロサイズの三次元運動変換機構に 関して、数の総合に基づき、2自由度5節PRRRP機 構(P:Prismatic pair;進み対偶、R:Revolute pair;回転対 偶) 内の対偶部をヒンジで置き換えた大変形弾性ヒ ンジからなる機構の提案、その機構について、マク ロサイズ機構の変位特性、力特性を理論的に解明し、 これに基づき、三次元運動変換機構を半導体微細加 技術で作製するための作製プロセスおよびそれによ り作製したマイクロサイズ機構(マイクロメカニズム) を示している。同時に、最近の国際会議における本 分野の動向調査[KACC'98、日仏メカトロニクス国 際会議98、SPIE'98]がなされている。

「大変形弾性ヒンジを用いたマイクロアクチュエータに関する調査研究」(東京工業大学・精密工学研究所・助手 神谷 大揮 担当)では、マイクロメカ

ニズムのためのアクチュエータに関する研究として、金属皮膜高分子製くし歯形静電アクチュエータについて、その製作プロセスの提示、試作、実験が行われ、くし歯形静電アクチュエータの駆動特性を明らかにしている。同時に、動向調査[MST-98] がなされた。

「シリコンの結晶異方性エッチングによる三次元構造形成に関する調査研究」(名古屋大学・大学院工学研究科・教授 佐藤一雄 担当)では、シリコンの結晶異方性エッチング特性をエッチング液の種類、濃度および温度をパラメータとして広範な条件下で測定評価し、シリコン単結晶の三次元構造加工の新しい可能性について論じている。同時に、動向調査[Transducers-97、 MEMS-9、 Work Shop (Physical Chemistry of Wet Chemical Etching of Silicon (1998))、MEMS-98およびMEMS-99] がなされた。

「平面からの折り曲げによる三次元マイクロ機構の製作に関する調査研究」(東京大学・大学院・工学系研究科・機械情報工学専攻[下山勲研究室・助手相当] 竹内 昌治 担当)では、平面から「折り紙」を折る要領に基づく三次元の閉ループ構造の組み立て技術、組み立ての際に用いるローレンツ力利用の試み、ポリイミド、ハンダによる熱変形などを用いた自己組立式の三次元構造体の製作の試みについて報告がなされている。

優れた機能を有するマイクロマシン実現のためには、高次複合構造実現がその一つの道であり、多層にわたる構造体自体の複合化技術、極微機能要素・高密度電子回路作製のための薄膜技術と厚い構造体作りに適するLIGAプロセス技術との複合等まったく異なる製作プロセス技術の複合化などが今後ますます進展されよう。

### マイクロ化効果利用機能システムに関する調査研究

神戸大学工学部機械工学科 教授 大前伸夫

マイクロトライボロジーの究極は原子を1個1個操作するという、いわゆるアトミックマニピュレーションに帰着すると考えられる。事実、IBMのEiglerらが走査トンネル顕微鏡(Scanning Tunneling microscope; STM)を用いて原子で文字を書いたという報告は、衝撃的であった。本調査研究では、マイクロ化効果=固体材料のサイズを限りなくカットダウンすること、近接場\*=両表面を限りなく近づける、という2つの物理現象がマイクロトライボロジーの原点といかに相互関連があるかについて調査し、解析的検討を加えた。

原子の移動からスタートして、これがクラスター の単位あるいはもう少し大きいメゾサイズで実現化 すればマイクロマシンのトライボロジー問題の解決 に大きな一歩を踏み出すことになる。そこでまず、 走査プローブ法(Scanning Probe Microscopy; SPM)を用 いたアトミックマニピュレーションの研究例を調査 し、その中から上記のメカニズムを理解するための 方向性を考察した。その結果、アトミックマニピュ レーションを成功させた実験はSTMに限られており、 奇妙なことに原子間力顕微鏡(Atomic Force Microscope;AFM)を用いたものは超微粒子のハンドリ ングを除けば皆無に等しい。一見すれば、原子間の 相互作用を利用してチップに相手の原子を引きつけ て(あるいはその逆に)持ち運べば立派なクラスタ ーマニピュレーションになるはずである。言うまで もなく、STMとAFMの原理的相異はトンネル現象と 原子間力であり、特にSTMではチップサンプル間バ イアスとして電界が作用する。したがって、電界の 作用という事実がアトミックマニピュレーションの 鍵を握っているように思われる。

格子間Siの放出(10<sup>7</sup>V/mの電界)、電界電子放出(10<sup>6</sup>°V/mの電界)電界蒸発(10<sup>10</sup>V/mの電界)なよく知られている表面現象である。このように、下トミックマニピュレーションの根源は電界の作用のではかな電界蒸発による可能性が極めているではなかちSTMを用いたアトミックをパルルスを開いたではないができます。ではパルスの変化を与えるのではなけずであるいはパルスの変化を与えるのではなけずがあるいはではないよりに近づけてトンネル抵抗を少ないは、あるいは明有所を誘起する(基板原子の破壊、あるいは吸着原子の移動)という2つのケースに集約された。

したがって、電界の作用下で両表面が接近するとポテンシャル障壁が著しく狭あい化するため、電子のトンネル現象が活発化して最表面間の原子の解離再結合が生ずる可能性が極めて高いものと考えられる。また、電界イオン顕微鏡(Field Ion Microscope;FIM)を用いてSiの原子構造を観察していると、大規模な電界蒸発とは別に、(111)面テラス上で位置を変える原子を見ることがある。このような原子の移動は局部電界の変化に伴うものであって、アドアトムによる表面再構成を考えることで説明できる\*\*。電界の作用下ではこのように、原子の移動はかなり頻繁に起こるように思える。

電子特性からの解析だけでなく、分子動力学的な考察もこれから要求されるところである。本調査研究においても分子動力学法に関する検討を続けたが、正確なポテンシャルを構築するためにも表面の電子物性の規定が先決であるとの指針に至った。ただし、材料に不均質構造を付加し、金属学的に十分緩和と時にその不均質構造が弾性定数に影響するかを分子動力学法的に見つもると、そのサイズは10nm程度となる。すなわち、10nm以下に材料をカットダウンとなければ表面や界面の特異性が認められないことになる。このあたりはアトミックマニピュレーションと大きなギャップが存在しているわけで、前述の物理モデル構築の必要性を示唆している。

- \* 近接場の概念は大山尚武(機械技術研究所)の ターミノロジーによる。
- \*\* 研究結果未発表。

### 生物における刺激応答機能とマイクロマシンへの適用に関する調査研究

筑波大学生物科学系 助教授 神崎 亮平

植物は一見物静かであるが、さまざまな外界刺激に対して肉眼的に観察できる顕著な運動をする場合がある。オジギソウや食虫植物の運動の速さは骨格筋の収縮速度にも匹敵する。しかし、その運動機構は収縮性蛋白質を使用した骨格筋システムとはまったく異なる物理的な膨圧運動であり、傾性反応といわれる。傾性とは、植物体の運動反応が外界からの刺激の方向性とは無関係に起こる性質をいう。一方、植物は太腸光を求めて明るい方向に成長したり、横に倒れると重力を察知して上方に屈曲するなどの、刺激の方向と一定の関係をもつ屈性も示す。この屈性は、植物体の部分的な成長能力の違いによって生じる。

このような巨視的な運動以外にも、植物は細胞レベルでの微視的な運動も示す。原形質流動は、植物細胞内における細胞小器官の流動運動であり、物質輸送に不可欠である。その力の発生は筋肉と同じアクチン・ミオシン系が関与する。また、植物体は気孔という葉の表面にある小さな穴で呼吸する。気孔は外部環境に応じて開閉が調節されるが、その開閉は孔辺細胞の膨圧運動によって制御されている。

本調査研究では、以上のような植物体の外部環境の変化に対する微視的、巨視的運動である(1)原形質流動、(2)傾性反応 [膨圧、成長運動]、(3)気孔開閉、(4)屈性に着目して、その現象および機構を調査した。

原形質流動に関与する微小システムであるアクチ ン・ミオシン系による力発生の機構は、基本的には 筋収縮などに関与するアクチン・ミオシン系と同じ である。しかし、ミオシン分子の一部の機能が異な ることにより、細胞内における構築に違いが生じる。 その結果、原形質流動と筋収縮という全く異なった 運動が引き起こされる。進化の初期においては、同 じ様な機能を持っていたのであろうが、進化の過程 でその生活形態に適した機能を獲得したと予測され る。動物ではカルシウムがアクチン・ミオシン系を 活性化するのに対して、植物の原形質流動では阻害 されることも同じ様な理由であると思われる。シャ ジクモ類の原形質流動に関与するミオシンは動植物 すべてのミオシンと比べて桁違いに速く動くことが 見いだされている。アクチン・ミオシンの滑り機構 をマイクロマシンに適用する場合には見落とせない 特徴である。

原形質流動はアクチンとミオシンという主として 二つの機能素子によって組み立てられたシステムで あるのに対して、傾性、気孔開閉、屈性は非常に多 数の機能素子としてのタンパクの協同的な作業によ って初めて発現する。

植物に特有な現象の一つは細胞壁が存在することによる膨圧の発生である。この膨圧そのものは植物細胞の形の維持やその伸長生長に重要であるのみならず、組織の一部の細胞において、膨圧が減少することによって植物体の運動が起こる。また、気孔の開閉にも関与している。オジギソウなどにおいてはその運動速度は骨格筋にも匹敵するが、その力発生機構は全く異なるものである。

近年、膜生物学の分野で、多くの輸送分子が動植物に共通のものとして明らかにされつつある。これらの分子が実際にどのようなネットワークを形成し、さらにはタンパク質からなる微小構造がどのように連関することにより植物体の刺激一反応系が組み上げられるのかを解明することが今後の大きな課題である。





ハエジゴク (上) とムジナモ (下)。いずれもよく似た 携帯の補虫葉をもっている。

### 化学・生化学分析/合成システムおよび物理化学反応システムのマイクロ化に関する調査研究 早稲田大学理工学部電子・情報通信学科 教授 庄子 習一

昨年度行なった化学分析/センサー技術(μTAS)に関する調査研究で、化学分析システムのマイクロ化についての動向を調査した。この分野は欧米を中心に益々研究の広がりを見せており、1998年10月にカナダのバンフで開催された3rd Micro Total Analysis System Workshopには、150件を越える研究発表があり、参加者も400名と前回の会議の2倍に増加している。また、マクロマシン関連の国際会議でもこの分野の研究発表が増加しており、μTAS の実用化へ向けての研究の速度が速まっていることが感じられる。

μTASは欧州を中心に研究が進められて来たマイクロポンプやマイクロバルブなどの機械式流体制御機構を持ついわゆるMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)型ものと米国・カナダが中心の電気浸透現象を利用した非機械式の流体制御機構を利用した非機械式の流体制御機構を利用したチできる。これに対したが連続的に混合/反応・分離、検出と一連の作業を行なうフロー型のシステムである。これに対して、マイクロマシン技術によりである。これに対して、マイクロマシン技術にその中で一連の反応・分析を行なうバッチ型のシステムの研究も進んでいる。

今回の調査では、98年度に開催された関連の国際会議の論文を中心に化学・生化学分析システムの進展について調査を行なった。また、化学・生化学合成や物理化学反応の観点からこれまで報告されてで報点がある事例を調査した。まず、システムの原用が観点がですイクロシステムの製作技術について述べ、マイクロシステムの製作技術について述べた。次に分析を中心にバイオ分野への応用についてと化よいで生化学合成反応への応用例を紹介した。また、最近報告されたマイクロ物理化学反応システムについて述べた。

マイクロフルイデイクスの研究はフロー型のシステムの開発には不可欠の要素であり、引き続き研究が行なわれている。この中で、電気泳動や電気浸透などのelectrokinatic 現象を利用した電気泳動チップ研究が盛んになるとともにその設計を支援するツールとしてマイクロ流体解析CADの開発などが進んでいる。従来の機械式マイクロバルブやマイクロポンプについては実用化に向けた研究が中心となっているが、マイクロ化されたシステムに合った流体制御の

新しい試みも報告されている。マイクロシステムの 製作技術に関してはマイクロチャネルの製作方法が 中心に検討されており、無機材料、有機材料、金属 材料それぞれに製作方法が提案されている。また、 システムの要素ごとに様々な製作技術が開発されて いる。一つの流れとして、製作コストの削減のため プラスチック材料を用いたモールデイングによる素 子製作の報告が増えており、この点でも実用化を意 識した研究に推移していることが伺われる。分析シ ステムについては米国・カナダにおける研究は目的 が明確であり、DNA分析を中心にバイオ研究への応 用を目指した研究が盛んで、キャピラリー電気泳動 のチップ化やDNAチップは本格的な応用に関する研 究が進行中である。検出方式としては蛍光を用いた 光学式のものが主に用いられている。最近、酵素、 プロテオーム、抗原・抗体など皿に分子量の大きい 生体物質をターゲットとした生化学分析の例も見ら れるようになってきた。その場合には分解能の高い 質量分析器を検出器として用いる例が増えている。

化学・生化学反応を行なう反応器(リアクタ)の マイクロ化に関する研究も盛んになっている。生化 学合成システムに関してはPCRのようなDNAを対象 としたものと、タンパク質などの高分子の生化学反 応を目指したものとが報告されている。微小な反応 容器をアレイ状に並べたバッチ型のものや微小流路 内の連続流を利用したフロー型のシステムが開発さ れているが、いずれも合成反応の効率化の実現を目 指している。物理化学反応を対象としたマイクロシ ステムは例が少ないが、リアクタのマイクロ化と流 量や温度等のセンサの集積化により反応の精密な制 御を実現している。特に体積の急激な変化を伴う反 応、特に爆発の危険がある反応ではマイクロ化によ り安全に反応を行なうことができるなどの利点が指 摘されている。欧米に比較して日本の研究発表の数 は少ないが、当該分野への関心は高まっているので 高い技術力を活かした研究が期待される。

# 株式会社安川電機

### 1. マイクロマシン技術への取り組み

私たちの現代生活は、自動車・コンピュータ・携 帯電話など多くのハイテク商品に取り囲まれていま す。これらを量産し世界中に普及させた功労者は日 本です。この背景には機械とエレクトロニクスの融 合を示すメカトロニクスという考え方があります。 この概念は当社が1969年に発案し、1982年までは商 標として登録されていました。当社製品の中ではロ ボットが代表的ですが、さらにこのコンセプトを発 展させた「超メカトロニクス」事業に挑戦し、1987 年に世界初の真空ロボットを開発しました。クリー ン・真空ロボット、複合搬送システムなど半導体製 造装置関連製品を開発しています。これら機器の心 臓部となるのがサーボアクチュエータです。現在、 地球環境、エネルギー、高度情報化など多くの問題 が生じていますが、「マイクロマシン技術」はこれら 課題解決のためのブレークスルーとなると確信して います。当社もマイクロサーボアクチュエータの開 発やシステム化技術開発に積極的に取り組み課題解 決に貢献したいと考えています。

### 2. マイクロマシン技術の開発

「マイクロマシン技術研究開発」プロジェクトでは、加工、搬送、組立、検査など多工程を実行する機器類を統合化したデスクトップサイズの「マイクロファクトリ」の研究開発に参画しています。当社はこのシステム化技術の研究開発の中で、歯車列などマイクロ部品の加工状況や組立状態を観察・検査する検査ユニットおよび組立ステージやこれらの駆動デバイスとなるマイクロサーボアクチュエータの開発を進めております。アクチュエータは、環境認識デバイスや回転テーブルを目標位置に高速に、高精度に位置決めできることを求められます。このた

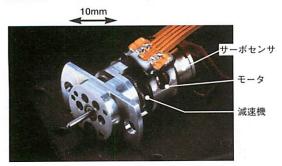


図1 マイクロサーボアクチュエータ



基礎研究所長 住本 正

め小型で高トルクであるとともに高精度な位置・速度制御が可能なサーボ機能が必要となります。現在外径5mmと10mmの世界最小ACサーボアクチュエータを開発しています。また検査ユニットおよテムに指載し機能評価を行いました。検査ユニットおよっでは位置決め分解能2μm以下で精細な検査画像を得ることができること、また組立ステージでは分解能0.09。以下で高精度位置決めや一定速度回転が可能を10.09。以下で確認できました。プロジェクトの最終年度による平成12年度にはモータ構造の最適化やサーボの高分解能化、制御アルゴリズムの最近とをできました。対極直により、さらにマイクロサーボアクトや組立ステージの小型化、高性能化を進めていく予定です。

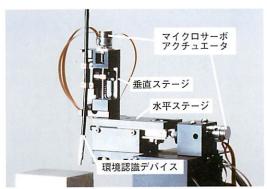


図2 検査ユニット (三菱電線工業(株)と共同で開発)

#### 3. 今後の取り組み

本プロジェクトで開発した超小型アクチュエータは、自在に速度、位置を制御できるサーボ性能を有しています。したがって、FA、OA、情報機器や医療機器など既存製品の小型化、インテリジェント化に貢献し、さらにはマイクロロボット、マイクロマシン製造装置システムなどのキーデバイスとして幅広い用途に展開できると思われます。今後はマイクロサーボアクチュエータのさらなる高性能化、信頼性向上、低コスト化など実用化に向けて取り組んでいきたいと考えています。

# 横河電機株式会社

### 1. マイクロマシン技術への取り組み

社会ニーズと求められる技術が大きく変貌して行く中で、当社の技術分野である「計測・制御・情報」技術も質的革新を進めてきました。社会の進む方向は、情報・通信技術の進歩により、ネットワークが社会システムの中で中核的基盤となってきています。当社では、ネットワークを通して価値ある情報をリアルタイムで提供する技術である「フィールド・コンテンツ on Web」を新しい技術コンセプトとして、技術開発、事業を進めています。

マイクロマシン技術もこの方針に沿って、「フィールド・コンテンツ on Web」の要素技術として研究開発と商品化に取り組んでいます。

### 2. マイクロマシン技術の開発

産技プロジェクトでは、マイクロマシンを実現するために必要となる共通基盤技術として下記の計測技術の研究開発を行っています。

#### 2.1 形状・寸法計測技術の開発

マイクロマシンや要素部品の3次元形状や高速動作を、共焦点顕微鏡の原理により、ボケや散乱光の影響を除去し非接触で高速・高精度に計測する技術です。研究開発用、及び部品の評価、標準化のニーズに応える目的です。共焦点顕微鏡のニポウデスクをマルチビーム化する事で高速化し、またレンズや受光部などの大型化、最適化を行うことで、大きな開口数を持つ広視野光学ユニットを開発しました。計測時間1msec/画、計測範囲10mmの3次元形状と寸法計測技術が開発できました。





図1 高視野光学ユニットでのコインのレリーフ像 (左:従来法 右:本研究 傾斜面も測定可能)

#### 2.2 カ・トルク計測技術の開発

市販測定器では不可能な、マイクロアクチュエータが発生する1mN以下の微小な力・トルクの測定技



常務執行役員 技術開発本部長兼中央研究所長 佐薙 守

術を開発しました。センサプローブに当社の持つ半導体センサ/MEMS技術を活用し実現しました。測定したい力やトルクを、 $10\mu$  mのプローブ先端径のセンサプローブの梁に形成した歪抵抗に変換する原理で、微小かつ局所的な力・トルクを $1\mu$  N、ダイナミックレンジ1000の広い範囲で測定できます。

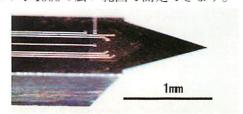


図2 微小カプローブ

### 2.3 マイクロ光分析デバイスの開発

管内の異物検知等の応用を目的に、大きさ1 cm³以下で冷却機構が不要なマイクロ光分析デバイスを開発しています。波長フィルタとして、可動部がなく位置によって透過波長特性が異なるフィルタと、シリコンマイクロ加工による赤外検出素子、および赤外光源で構成する拡大モデルを試作しました。これを用いて、光路長45mmで分解能100ppmのCO₂標準ガスの濃度測定が可能であることを実証しました。管内での分析が可能な目標サイズの1 cm³以下が達成できる見込みです。



図3 シリコン赤外検出素子

#### 3. 今後の取り組み

21世紀に向けて、社会、技術が更に急速に変貌 していく中で、その進む方向を見定め、事業の差別 化に必要な要素技術を先行して開発するという方針 でマイクロマシン技術の開発と実用化を進めていき ます。

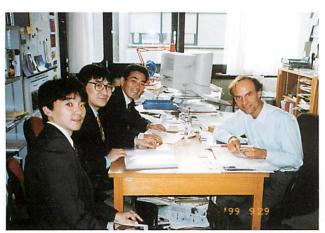
### 海外マイクロマシン技術応用調査報告

ヨーロッパでのマイクロマシン技術の応用状況調査のため、9月26日~10月2日の日程でオランダエンスへデにあるTwente Micro Products、University of Twente MESA、スイスのローザンヌにあるEcole Polytechnique Federale Lausanne(EPFL)、ローザンヌ近郊のMedtronic Europe S.A.の訪問と、ドイツのシュツットガルトで開催されたMicroEngineering99へ参加してきました。参加メンバーはMMC調査部の服部正部長、岩田裕司課長、セイコーインスツルメンツ株式会社の篠原潤氏の3名で調査に行ってきました。

最初に訪れたSEMIのcommitteeでもあるTwente Micro Products社長のJob Elders氏はロードマップや経済効果に対して非常に高い関心持っており、この点について有意義な意見交換を行うことができました。この会社は1995年にTwente大学のMESAのバックアップを受けて設立されたベンチャー企業で、MESAで開発された技術を産業化することを中心の業務としております。またフィリップス社と連携してMSTのセンサ等の開発を行なっています。

次に訪問したUniversity of Twente MESAでは、Prof. Albert van den Berg氏を訪ねMESAで行われている MEMS、MSTの研究開発について説明を受けました。Berg教授は $\mu$ TASを専門としており2000年の5月に同大学で $\mu$ TASの国際会議が開かれるとのことでした。MESAでは実験エリアの近傍に企業を受け入れるスペースを設け、研究開発を企業と共同で取り組んでおり産業化への強い意気込みが感じられました。

Ecole Polytechnique Federale Lausanne (EPFL)訪問ではProf. Hannes Bleuler氏を訪ね、今年運用が開始された3層構造を持つMEMS用クリーンルームの見学と、さらに同教授の研究テーマである磁気軸受けをHDD



EPFLのBleuler教授室にて

に用いる研究や腹腔内手術のシミュレータについて 担当者から説明を受けました。この大学の研究予算 については約40%が外部との共同研究や研究開発 プロジェクト等から調達しており現在同大学のμエ ンジニアリング全体で30社余りの企業と共同で研 究開発を実施しているとのことでした。

Medtronic Europe S.Aでは製造部門の責任者である Dominique Glauser氏の案内により工場内の見学をさせていただきました。このメドトロニック社は米国のミネアポリスに本社と研究部隊をもつ医療機器メーカーです。今回訪問したローザンヌ郊外にある工場は、ペースメーカーを製造しており世界市場の56%を占めております。一個あたりのペースメーカーの値段は2000~5000DMで、寿命はバッテリーの容量で決まり約5~10年とのことでした。体内に埋め込む医療機器のため品質管理は、非常に厳しく行われておりました。組み付けは自動化されておらず、手作業による部分がかなり見受けられました。ペースメーカーの体積の半分はバッテリーで、今後の小型化は高性能バッテリーがキーポイントになると思われます。

最後に、Messe Stuttgart International で開催された MicroEngineering99の展示会を見学してきました。出展は、ほとんどがドイツのベンチャー企業で40社程度の参加がありました。特にIMM研究所が興したベンチャーやLIGAを用いた歯車や、さらに小型モータ、センサ等の展示が行われていました。展示品の例を挙げると、焦点振動の深いレーザー顕微鏡、熱輸送を用いた微量ガス流量センサ、ピエゾ駆動マイクロバルブ、マイクロリアクター、マイクロモータ、プロセス技術等の展示が行われ、開発担当者との熱心なやり取りが行われておりました。



ME99会場風景

### マイクロマシン米国セミナー開催される

99年11月12日(金)、米国クリーブランドにおいて、
"Micromachine and Microtechnology; Bio-medical and Industrial Prospects" と題するセミナーを開催しました。マイクロマシンセンターでは、日本からの情報発信、海外の情報収集、および交流を目的として、これまで欧州を中心に海外セミナーを開催してきましたが、今回、初の米国開催となりました。セミナーは、マイクロマシンセンター、日本貿易振興会(JETRO)シカゴ事務所、ケースウェスタンリザーブ大学の三者の共催で、バイオメディカルと産業応用の2つの大きなテーマを掲げ、企画、実施しました。下記に講演者および題目を示します。

"The Future Prospects of Micromachines"

T.Hirano, Micromachine Center

"MEMS Activities in the Midwest Region"

M. Mehregany, Case Western Reserve Univ.

"The Microfactory" T. Ataka, Seiko Instruments

"In-Pipe Wireless Microbots"

N. Kawahara, DENSO CORP.

"Multiple Distributed Micromachine System"

M. Takeda, Mitsubishi Electric Corp.

"Laser Micro Processing for Micro Photovoltaic Devices and Systems"

T. Sakakibara, Sanyo Electric Co., Ltd. "Medical Applications of Micromachines"

H. Mizuno, Olympus Optical Co., Ltd.

"Bio MEMS Electrochemical Immunoassay"

W. R. Heineman, University of Cincinnati

"Micro Technology for MIS [Minimal Invasive
Surgery] Devices"

T. Kudoh, Terumo Corp.

"Silicon Based Chemical Sensing Micro
Systems"

E. Zdankiewicz, Micromechanical Systems Inc. "New Transducer for Ultrasonic Diagnosis Using X-Ray-Deep Lithography"

Y. Hirata, Sumitomo Electric Industries "MEMS and Wireless Communications"

D. Young, Case Western Reserve University

オハイオ州周辺を中心に約90名の参加者を得、大変盛況でした。セミナー終了後のアンケートではセミナー全体の評価として、Excellent:47.5%、Very good:48.8% と高い評価を得ました。特に日本側からは産技プロジェクトの成果についてビデオを使って

具体的に示し、関心をひいたようです。

セミナーの前には、米加の関連研究機関を訪問して、情報交換および業界交流を行ってきました。以下、訪問先と概要を記します。

### (1) Alberta Microelectronic Corporation

カナダ、エドモントン、11月8日(月) アルバータ大学から独立した会社で、 $\mu$  fluidicsデバイスの事業化を積極的に進めています。

### (2) Laboratories of National Research Council

カナダ、オタワ、11月10日(水)

カナダの国立研究機関です。企業からも多くの参加者がありました。

アルバータ、オタワとも、州政府およびカナダ政府の高官も参加し、 $\mu$  fluidicsやcommunication用など、事業化への強い意気込みを感じました。

#### (3) Cleveland Clinic財団

クリーブランド、11月11日(木)

最新の研究と臨床を行っている、全米でもトップ クラスの病院です。人工心臓、超音波血管内視鏡等 の説明を受けました。医学系と技術系の協力体制が 組織的に整っている印象を受けました。

今回の派遣では、米加とも、telecommunicationとbiomedical用 $\mu$ fluidicsへのMEMS技術応用に意欲的に取組んでいる様子が改めて強く印象づけられました。



クリーブランドでのセミナーの様子

### 最近の特許の動向:特にマイクロマシン関連特許分類新設について

通商産業省特許庁審査第三部生産機械 審査官 神崎 孝之

### 1. マイクロマシン関連特許分類の新設

平成12年1月1日より、国際特許分類に、マイクロマシン関連分類「マイクロ構造技術;ナノ技術」が新設され、アメリカ、ヨーロッパを含む関係各国で運用されることとなりました。これを受け、日本特許庁も、日本の公開発明、特許発明の分類に、このマイクロマシン関連分類の使用を開始しています。今後、この分類における審査は、特許庁審査第三部生産機械が担当します。

この分類は、世界知的所有権機関(WIPO: World Intellectual Property organization)において、1996年頃よりアメリカやヨーロッパを中心とした世界各国の特許専門家によるワーキンググループで活発な議論が重ねられ、今回ようやく実施されることとなったものです。

### 2. マイクロマシン関連特許分類の概要

この分類では、マイクロマシンを、その技術的特徴が光学顕微鏡を用いなければみることができない、またはその技術的特徴の寸法がサブミリからサブミクロンオーダーであるもの、と定義しています。また、原子・分子レベルの構造に関しては、特にナノ技術として、他のマイクロマシン技術と区別しています。マイクロマシン関連の発明の特徴として、製造できることを示すことが必要不可欠となることから、マイクロマシンとその製造方法の分類とが、並列して配置されています。

マイクロマシン関連分類の主な技術と関連技術の 関係については、以下の図のようになります。(英数 字4文字は国際特許分類(IPC)を示します。)【マイ クロマシン分類概要説明図参照】

### 3. マイクロマシン関連特許分類による出願動向

特許庁でこれまで各技術分野の審査官が独自に把握していたマイクロマシン関連出願(200件強)と、これ以外に、財団法人マイクロマシンセンターの協力により得られた、産業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"(いわゆるマイクロマシンプロジェクト)関連の出願(50件強)とにマイクロマシン分類を付与して、出願

動向を調べました。白い「未公開」の部分は、出願 の公開準備(または取り下げ)のため、現在解析中 となっています。【マイクロマシン関連技術における 出願件数の推移参照】

1993年頃から急速に出願が増加し、以降ほぼ年間100件程度の出願がされています。マイクロマシンプロジェクトが終了した後、その成果を基礎としたマイクロマシン関連出願がさらに増加していくことも予想されます。この出願動向の把握は、マイクロマシン分類の運用が進むにつれ、より精度の高いものとなります。

### 4. 今後の特許庁における取り組み

現在、アメリカやヨーロッパにおける情報を収集、 把握し、国際視野に立った特許審査に役立てるべく、 マイクロマシン分類について、ヨーロッパ特許庁の 特許審査官と意見交換を始めたところです。今後と も特許庁は、日本が、21世紀の世界における技術 の先駆的存在となるよう、サポートしていきたいと 考えています。

マイクロマシン分類に関する問い合わせ先: 特許庁審査第三部生産機械マイクロマシン分類担当 TEL.03-3581-1101内線3364 FAX.03-3501-0530

特許文献検索システムの例 (詳しくは以下のサイトをご覧下さい。):

IPDL(特許電子図書館);

http://www.jpo-miti.go.jp/indexj.htm
PATOLIS (Patent on-line Information Service) ;
http://www.japio.or.jp/japio.htm

#### (参考:マイクロマシン分類)

#### マイクロ構造技術;ナノ技術

B81 マイクロ構造技術

B81B マイクロ構造装置またはシステム、例.

マイクロマシン装置

B81B 1/00 可動の、または可撓性の要素がない装置、

例. マイクロ毛細管装置

B81B 3/00 可撓性の、または変形可能な要素、例. 弾性上のある舌片または薄膜、からなる 装置

B81B 5/00 相互に移動可能な要素、例. スライド可能な、または回転可能な要素、からなる装置

B81B 7/00 マイクロ構造システム

B81B 7/02 ・その機能に特に適した、別体の電気的 または光学的装置を含むもの、例. マイ

クロ電気機械装置(MEMS) (7/04が優先)

B81B 7/04 ・同種のマイクロ構造装置のネットワーク、または配列

B81C マイクロ構造装置またはシステムの製造 または処理に、特に適合した方法または 装置

B81C 1/00 基層中または基層上での装置またはシステムの製造または処理(3/00が優先)

B81C 3/00 個別に処理された構成部品からの、装置 またはシステムの組立

B81C 5/00 グループ1/00~3/00に分類されない方法

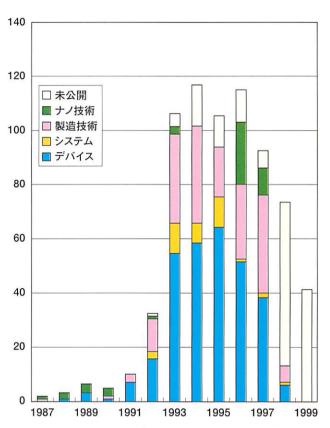
または装置

B82 ナノ技術

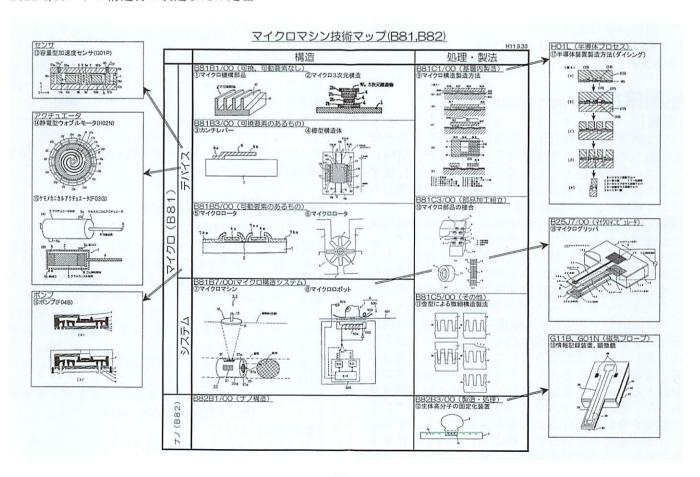
B82B ナノ構造物;その製造または処理

B82B 1/00 ナノ構造物

B82B 3/00 ナノ構造物の製造または処理



マイクロマシン関連技術における出願件数の推移 [1999年6月11日まで:全件数701件(うち未公開99件)]



## 講座 マイクロマシン技術関連 専門用語 [第4回]

MMCテクニカル・レポート「マイクロマシン技術専門用語 (MMC TR-S001(01)-1998)」から主要用語を 抜粋して掲載する第4回です。参考資料など詳細については、MMCテクニカル・レポートをご覧ください。

# シリコンフュージョンボンディング

### (Silicon fusion bonding)

【定義】 親水化されたシリコンや酸化シリコン等の基板を、まず水素結合で貼り合わせた後、加熱処理をしてSi-O-Si結合により接合する技術。

少なくともどちらかが酸化されているシ リコンウエハ同士を貼り合わせることにより、ウエ ハ内部に不純物拡散層や絶縁物層を形成するときに 用いられる。また不純物の種類や濃度の異なるウエ ハを接合することにより、高温長時間を要する深い 不純物拡散や、エピタキシャル成長の代替技術とし て用いられる。本技術の最大の欠点はプロセス温度 が高いことであり、より低温で行わなければならな いプロセスはこの後に行わなければならない。プラ ズマ酸化処理等を施した後に、接合することにより プロセス温度を低下させる試み、シリコン以外の材 料の接合に本技術を応用する試みなどが盛んに研究 されている。酸化ウエハの貼り合わせにより、絶縁 層をシリコンでサンドイッチした構造、SOI (Silicon on Insulator) 構造を得ることができる。 SO Iは集積化された素子を酸化物などの誘電体により 分離し、高性能化する技術に利用され、フォトダイ オードアレイの製造等に利用される。また穴あけ、 溝切り加工を施したウエハを接合すれば内部に微細 加工が施された構造を得ることができ、圧力センサ や、内部に冷却構造を持ったレーザダイオード用の 熱交換器の製作等に利用されている。

【参考資料】(4)

### 陽極接合【Anodic bonding】

【定義】 可動イオンを含むガラスとシリコンウエハや金属等を密着接合する方法。重ね合わせた基板を加熱して、ガラス側を軟化させる。また、同時にシリコン側を陽極として両者の間に高電圧を付加することにより、電気的二重層を発生させ、静電引力により基板どおしを接合する。

【解説】 接合は固相で行われるので、高精度の接合が達成される。シリコンフュージョンボンデイン グほどではないが、接合強度は表面の平坦度に大ラス等を接合し、容量型圧力センサやマイクロポンプス等を接合し、容量型圧力を持合するためには変の内コン同士やシリコンと金属を接合するためには変わりま画にガラス薄膜を形成しれている。薄膜を明電にが近る方法が試みられている。薄膜を関いというする方法が試みられている。薄膜を関いというできないというできないというできないというできないというできない。 代紙下し、十分な電圧が印加できりに起める。 常温に下げる試みもなされている。 常温に下げる試みもなた力に起因する ひ オキ変形などの諸問題が解決し、精度の向上や、材料

の選択性が広がる等の多くの利点がある。 【参考資料】(1)(2)(3)(4)

### 非接触ハンドリング

### [Non-contact handling]

【定義】 非接触で物体の捕捉や移動を行うこと。 【解説】 たとえば細胞操作では、細胞をガラス製のミクロピペットで吸引し機械的に取り扱うのが一般的であるが、接触により試料を傷めたり、物理的、化学的な条件を変えてしまうという問題がある。これに代わる非接触の操作法の一つとしてレーザ捕捉(レーザトラッピング)がある。これは光が物体に及ぼす力(放射圧)を利用して試料を非接触・非破壊的に操作する方法である。電磁理論によると1mWのレーザ光で発生する力は7pNといわれている。

【参考資料】 (59)

### マイクロマニピュレータ

### [Micro-manipulator]

【定義】 遺伝子、細胞、微小部品、微小工具など の微細な対象物を操作することを目的とした機構。

【解説】 駆動方式としては、純機械式タイプ、空気圧駆動タイプ、油圧(水圧)駆動タイプ、電磁力駆動タイプ、電動モータ駆動タイプ、圧電駆動タイプがある。細胞操作用マイクロマニピュレータは、一般に微動用と粗動用とで別々の駆動方式を用い、これらを組み合わせた構成となっている。制御方式としては、顕微鏡やカメラなどから得られる視覚情報を用いて、マニュアル操作で、その微小位置の制御を行っているのが主流である。将来、微小対象物を組み立てる微細力作業や、マイクロテレオペレーションシステムを実現する際には、力制御機構を有するマイクロマニピュレータの開発が望まれる。

【参考資料】 (1)(2)(4)(5)(6)

### 生物化学エネルギー

### [Biochemical energy]

【定義】 生物の体内の物質に保有されていて化学 反応に伴って放出されるエネルギー。

【解説】 生物は機械的仕事、物質輸送、物質の合成などをするのに化学エネルギーを使う。アデノシン三リン酸(ATP)は、化学エネルギーの変換において重要な役割をはたす。ATPは短期間のエネルギー貯蔵分子である。長期のエネルギー貯蔵には炭水化物、タンパク質、脂肪が利用される。これらの化学エネルギー源を、生体内で利用するマイクロマシンのエネルギー源として利用できると、マイクロマシンの性能を飛躍的に高められる。

【参考資料】(61)

### アスペクト比 [Aspect ratio]

【定義】 立体形状の垂直(高さ):水平(幅)の 寸法比で、構造物の相対的な厚みを示す指標。

【解説】 シリコンプロセスでつくられる形状のアスペクト比はせいぜい10:1といわれ、厚みのある立体形状はつくりにくい。異方性エッチングやLIGAプロセスを用いるとアスペクト比が100:1以上の深穴や溝等をつくることができる。

【参考資料】 (1)(3)(6)(7)

# 走査プローブ顕微鏡(SPM)

[Scanning probe microscope (SPM)]

【定義】 原子レベルの大きさの先端を持つプローブを試料に近接させた状態で、試料の表面との間で発生する物理量を計測しながらプローブをラスタ走査することで画像情報を得る顕微鏡。

### マイクロサージェリー

### [Microscopic surgery, Micro-surgery]

【定義】 顕微鏡下で行われる外科手術。

【解説】 今日の手術のうち注目されている技術の 一つに、実体顕微鏡の下で行われる手術がある。顕 微鏡下の外科手術という意味でマイクロスコピッ ク・サージェリーと呼ぶのが正式であるが、わが国 ではマイクロサージェリーと呼ばれている。耳鼻科、 眼科、脳外科、血管外科、形成外科などで、このよ うな顕微鏡下の手術が実施されている。現在最も微 小なレベルの手術では、直径800 um程度の動脈、静 脈や神経を、直径20 μm程度の針付きの糸で縫合す ることも行われている。しかし、医者が持針器、ピ ンセットやメスを手で持って通常の手術と同じよう な動作をするので、この程度の太さの血管や神経の 縫合が限界だと言われており、マイクロテレオペレ ーションなどのマイクロマシン技術が今後期待され ている。【参考資料】 (4)(5)(6)

### スマートピル [Smart pill]

【定義】 生体内で計測や薬剤送達を行うロボット。 【解説】 現在提案されている例として、消化管用 スマートピルがある。この提案されたスマートピル は、計測検体を採取するサンプリング装置、シリコ ンウェハの上に作られたインテリジェントセンサー 回路、信号の増幅制御器、治療用薬剤のタンクとそ の放出メカニズム、マイクロ電源などによって構成 されている。【参考資料】(4)(6)

### 能動力テーテル [Active catheter]

【定義】 湾曲動作用のマイクロアクチュエータを 搭載し、外部からの操作信号により自由に湾曲して、 目標地点に到達することが可能なカテーテル。

【解説】 曲がりくねった管腔臓器内でもカテーテルを外部からの操作で確実に自由に曲げることが可能になれば、血管でつながった体内の必要な場所に、治療などのための器具を容易に挿入することができる。能動カテーテルが実現化するためには、今後様々なマイクロアクチュエータやマイクロ機構の開発が重要である。【参考資料】(1)(2)(4)

### マイクロファクトリ [Micro-factory]

【定義】 小型工業製品のサイズに見合った小型の 製造システム。

【解説】 時計、カメラ、カセットレコーダのよう な小型の機器では、多数のミリ寸法の部品が使用さ れている。従来、この種の微小部品の加工や小型機 器の組立も、メートル寸法の工作機械や組立用ロボ ットによって行われている。従って、このような製 造システムにおける微小部品の加工工程や組立工程 では、部品の加工や機器の組立に要する動力に比べ て工作機械や組立用ロボット自体の運動に費やされ る動力が著しく大きくなっている。また、このよう な製造システムでは扱っている部品・製品の大きさ に比べてきわめて大きな空間、資源を必要とする。 取り扱う部品や製品の大きさに見合った各種マイク ロマシン技術を利用した微小な部品や製品の製造シ ステム技術をマイクロファクトリ技術と呼び、従来 の生産システムに比べ、大幅な省エネルギー・省資 源・省スペースが達成できる。

【参考資料】 (19)

# 管内点検マイクロロボット

(Pipe inspection micro-robot)

【定義】 配管内に入り込み異常箇所等を点検する ロボット。

【解説】 配管内を移動し、損傷箇所の点検を行うマイクロロボットはマイクロマシンの最も有望な応用分野であると考えられている。管内点検マイクロロボットは一つあるいは複数のセンサを搭載し、配管内を移動し、損傷箇所を発見し異常の種類と場所を特定する。移動方法としては、配管内の流体の流れに乗って移動する浮遊型と能動的移動機構によって移動する自走式があり、それぞれについて有索(エネルギー供給用、通信用等のケーブルを有する)と無索の二種類がある。

【参考資料】 (19)

# 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。

表紙のことば:マイクロマシン絵画コンテスト入賞作品:上から、そうじロボット「くりん」、洗太郎君、マニキュマシーン、おそうじ君

編

2000年明けましておめでとうございます。

皆様のコンピューターは無事動きましたでしょうか。

集

本年は、4月に広島で、2000年サミットが開催され、また、1991年に10カ年計画で開始されました工業技術院の産業科学技術研究開発制度による「マイクロマシン技術」の研究開発も順調に推移し、20世紀最後の年に最終年度を迎えることとなりました。来る21世紀にはこのマイクロマシン技術の成果が産業のみならず、日常の生活に貢献することと思います。

本号は、この研究開発に携わった方々によりその成果をご紹介して頂くとともに、昨年10月に開催されました

後

記

第5回国際マイクロマシンシンポジウム、及び同シンポジウムの石井教授の特別講演及び皆様方のご協力により 第10回目を迎えましたマイクロマシン展の報告を中心にお届けします。

### 発 行 財団法人マイクロマシンセンター

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

