

AMMC

マイクロマシン

1995・5 No. 11

- 情報の発信・国際交流の推進に向けて
- マイクロマシンの研究紹介
- (財)マイクロマシンセンターの平成7年度事業計画
- 第1回マイクロマシンサミット開催される
- 第2回マイクロマシン技術研究助成金の贈呈式開催
- 第1回マイクロマシンコンテスト表彰式行われる
- 技術の系譜(賛助会員の紹介)
 - ・三菱重工業株式会社
 - ・三菱マテリアル株式会社
- 来日したリチャード・S・ミュラー教授(米国)とのインタビュー
- トピックス
- 入門講座 接合及びマイクロアセンブリ技術
- 平成7年度イブニングセミナー開催予定

財団法人 マイクロマシンセンター

情報の発信・国際交流の推進に向けて

財団法人 マイクロマシンセンター
理事長 稲葉 清右衛門



産業科学技術研究開発制度のもとで、平成3年度から研究開発を進めてきております発電施設用高機能メンテナンス、小型工業製品の製造工程のマイクロ化並びに医療への応用を想定したマイクロマシン技術の基盤技術、要素技術やシステム化技術等の研究開発は、当初の計画どおり成果は順調に挙がってきております。本年度は、本プロジェクトの第1期の最終年度を迎え、このとりまとめに向けて精力を傾けて取り組んでいるところであります。

マイクロマシン技術は、21世紀の初頭に花開く人類の福祉向上に多大の貢献が期待されておりますが、この進展のためには未だ多くの課題が残されております。

例えば、①効果的な R & D ②マルチディスプリナーな技術の融合（多分野融合技術）③アプリケーションの開拓 ④新産業創造・可能性の明確化等が言えます。

これらの諸課題・問題は、各国に共通したものでありますが、国際的な意見交換の場が必要とされます。そこで、当センターが各国に呼びかけ、去る3月、日本において10カ国の参加のもとにマイクロマシンサミットを開催し、前述を含む10の課題について意見交換を行いました。こうした課題について、今後とも引続き意見交換することが合意されました。

マイクロマシンの技術は、工業技術や医療技術をはじめとする広範な分野で革新的な基盤技術になると期待され注目されており、その研究開発は急速な発展がみられてきております。この技術の応用は既にマイクロメカニカルセンサ等部分的に始まっていますが、本格的に応用されるのは21世紀に入ってからと考えられますが、その応用分野は、産業プラント、家電、情報通信、計測機器、医療、宇宙、環境等広い分野での応用が考えられており、当センターが昨年行いました市場予測調査によりますと、2010年には3兆1千5百億円市場規模が想定されております。

マイクロマシン及びマイクロマシン技術の今後の発展をささえていくには、十分なる理解と親しみのもとに新しい創造を芽生えさす環境づくりが必要であります。

当センターでは21世紀を担う子供達、小・中学生を対象に青少年の科学技術に対する夢を育む一助として、絵画コンテストを一部の地域で実施しましたところ、数多くの作品が寄せられ「地震マシン」「小骨取り太郎」等の子供さんらしい夢が描かれております。

当センターでは、引き続き積極的な国際交流を進めていく所存であります。

東京大学 三浦・下山研究室

東京大学工学部機械情報工学科
教授 三浦 宏 文・助教授 下 山 勲

1. はじめに

私たちの研究室では、ロボティクスをバックグラウンドとしてマイクロマシンの研究に取り組んでいます。1989年春よりプラズマエッチング装置、電子線描画装置、スパッタリング装置などの半導体加工装置を導入し、主にシリコンを材料とした1mm以下の微小な運動メカニズムを製作してきました。今春にはクリーンルームが完成し、研究・実験環境の一層の充実により、さらに大きな成果が期待できるようになりました。

2. マイクロ立体構造物

半導体技術では、2次元方向に非常に複雑な構造物を作ることができますが、3次元的な構造物を作るのは難しいという欠点がありました。私たちは折り紙構造を利用することによってこの問題点を解決しました。まず、ポリシリコン薄膜でできた複数の平板をポリイミド製ヒンジでつないだ平面構造を製作します。これが立体構造物の展開図になるわけです。そして、犠牲層法を利用して構造物をウェハから切り離します。最後に、顕微鏡を覗きながらマイクロプローブを使って、ポリイミド・ヒンジを折り目にして折り曲げていくのです。図1にこの方法で製作したマイクロキューブを示します。

この構造は様々な利点をもっています。例えば、ポリイミド・ヒンジを変形させるような運動

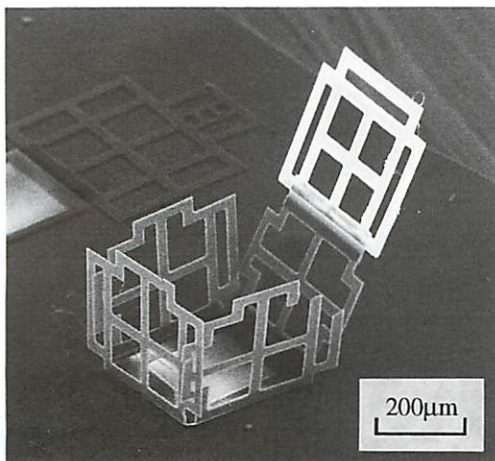


図1 マイクロキューブ (鈴木健司 助手作)

機構を実現すれば、微小世界で支配的となる摩擦を回避することができます。実は昆虫の羽ばたきのメカニズムなどは、これと同じ様な仕組みを利用しているのです。すなわち昆虫の外骨格には柔らかい部分があり、その部分をヒンジにして外骨格を変形させて羽を動かしています。折り紙構造を使えば、昆虫のもつこのような利点を人工的にうまく実現することができます。

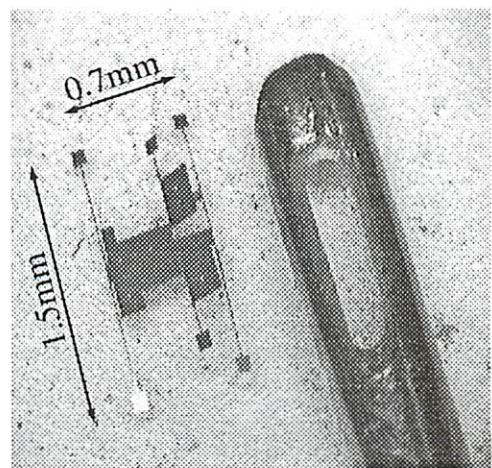


図2 歩行型マイクロロボットの写真 (安田 隆 助手作)

3. 歩行型マイクロロボット

平面上を歩行する寸法1mm程度のマイクロロボットを実現しました。図2に示すように縫い針の穴と比較してみるとこのマイクロロボットの小ささが実感できるでしょう。この研究のねらいは、いかにして微小な運動機構にエネルギーを外部から無線で供給するかということでした。光エネルギーと太陽電池の組み合わせや超音波の利用なども検討しましたが、より簡単で効率のよい方法として床の微小振動にロボットの振動型アクチュエータを共振させるという方法を採用しました。これにより床の機械的なエネルギーを他のエネルギー形態を経ずに直接アクチュエータの機械的エネルギーに変換できるため非常に高効率なエネルギー変換と高速な駆動が実現できました。その仕組みを図3を使って説明します。マイクロロボットは6本の脚をもっていますが、そのうち4本は本体 (body) を支えるための脚 (supporting legs) 2本は床

(base) を蹴るための脚 (kicking legs) です。ポリイミド製の板ばね (Polyimide springs) とおもり (masses) から成る2つのカンチレバーが振動することによって、2本の蹴り脚が床を蹴り前方への推進力を生成します。polyimide springの長さが異なるので、それぞれのカンチレバーは異なる固有振動数を持ちます。したがって、選択的に2本の蹴り脚を大きく振動させることが可能で、直進、左旋回、右旋回をさせることができます。床振幅が $1\ \mu\text{m}$ のときの最高移動速度は $2\ \text{mm/sec}$ でした。

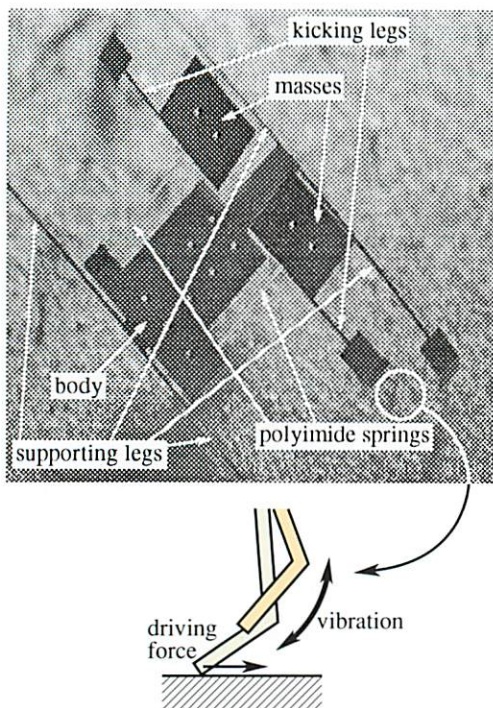


図3 歩行型マイクロロボットの構造

4. 飛翔型マイクロロボット

マイクロロボットの移動形態として歩行が適しているのか疑問です。ロボットの大きさが小さくなればなるほど歩行面の凸凹や障害物が歩行の妨げになるからです。したがって、跳躍や飛行といった移動形態がマイクロロボットには適しているとも言えます。また、埃が空中を漂う様を見ても、 $1\ \text{mm}$ 程度のマイクロロボットを飛ばすことは、それほど難しくないので思え

ます。そこで私たちは、飛行するマイクロロボットの開発を目指しています。メカニズムが微小になるとレイノルズ数が非常に小さくなるため、その飛行方法は飛行機のように揚力を利用するものではなく、羽ばたくことによって得られる抗力を利用することになります。

図4は羽ばたき機構の概略図です。羽の材質はポリイミドとニッケルです。この構造を交流磁場の中に置くことによって、ニッケル薄膜が磁力を受け、羽が羽ばたきます。また、2枚の羽をうまく組み合わせることによって打ち上げと打ち下ろしにおける抗力に差をつけ、羽ばたきの1ストロークで浮力を得られるように工夫しています。現在この構造を半導体技術を利用して、製作しております。

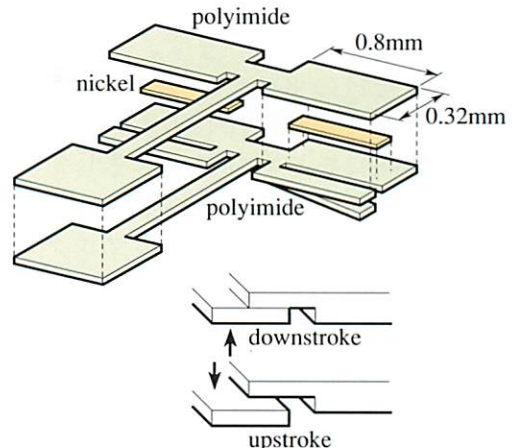


図4 マイクロ羽ばたき機構の概略図

5. おわりに

以上紹介した研究以外にもマイクロマシンに関する様々な研究を行っています。まず、マイクロロボットの歩容を制御するニューラル・ネットワークを構築し、寸法 $30\ \text{cm}$ 程度の6脚ロボットに搭載してその有効性を実証しています。また、実際の昆虫の筋肉をマイクロロボットのアクチュエータとして利用しようとする研究も行っております。さらに、磁場を利用したマイクロマニピュレーション・システムの構築なども行っております。

(財)マイクロマシンセンターの平成7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、標準化の推進を行うことにより、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7年度においては、効率的な研究開発、将来の適用開拓、新産業創出などマイクロマシンの振興を巡る諸問題について各国との意見交換を、また国際シンポジウムの開催などによる我が国からの情報発信を積極的に行う等、前年度に引続き国際交流事業の一層の充実を図ることとし、以下の事業を行います。

2. 主要事業の内容

(1) マイクロマシンに関する調査及び研究事業

工業技術院産業科学技術研究開発プロジェクトは、第1期の最終年度を迎え受託研究を積極的に進め、中間評価に的確に対応していくとともに、諸外国との技術情報の交換、また調査・研究の成果を内外へ発信します。

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)

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、小型工業製品の製造の小型化を行う微小機能要素から構成される微小機械（マイクロマシン）システムを実現するための技術を確立することを最終目標とし、以下の試作・評価を含めた研究開発等を行います。

[発電施設用高機能メンテナンス技術開発]

(i) マイクロカプセルの研究開発

カプセル型の浮遊移動式無索型マイクロマシンについて、マイクロ発電機用磁石・コイル・高速マイクロ軸受、信号発信機構用振動子、探

傷用超音波センサ、位置検出用加速度センサ・マイクロジャイロ、及び磁気利用駆動サスペンション機構等

(ii) マザーマシンの研究開発

検査及び作業モジュール等の運搬、マイクロマシンと外部との通信の中継等の機能を備えたマザーマシンについて、光スキヤニング機構及び光学系、連結機構用ジョイント、マイクロバッテリー、静電利用の人工筋肉、変態制御手法及び行動型制御手法等

(iii) 無索検査モジュールの研究開発

環境認識、駆動、エネルギー供給、通信等の各種機能を備えた管内移動式無索型マイクロマシンについて、伸縮型移動機構用アクチュエータ、エネルギー供給用光起電力素子、マイクロ視覚用 CCD マイクロカメラ機構部、マイクロ光分析用の広帯域光検出器、機能連結のための高機能接合、通信ネットワーク等

(iv) 有索作業モジュールの研究開発

作業ユニットを備えた有索型マイクロマシンについて、管状マニピュレータの機構と駆動用メカノケミカルアクチュエータ、光電変換、昇圧機構の高効率化等

(v) トータルシステムの研究

トータルシステムに関して、発電設備における配管内等の点検・補修作業の実態調査及びマイクロマシン技術動向調査とそのデータベース化、マイクロマシンシステムのフィージビリティスタディと、機能デバイスを複数個組合せ、システムとして機能するプリモジュールの概念の構築
[体腔内診断・治療システム]

体腔内診断・治療システムの実現に必要な要素技術の開発を目指し、脳血管診断・治療システムのための技術を確立することを目標とし、以下の技術について試作・評価を行い、技術課題を明らかにします。

(i) レーザ応用診断・治療技術

(ii) マイクロ触覚センシング技術

(iii) 血圧・血流センシング技術

[マイクロファクトリ技術の研究開発]

小型工業製品の製造工場のマイクロ化を図る

ために、その製造工程で使用される各種のマイクロ機械装置及びシステムの構築に必要な技術（マイクロファクトリ技術）として以下の研究開発等を行います。

(i) マイクロ加工・組立システムの研究開発

小型部品を高精度で加工・把持・搬送及び位置、形状認識するための、マイクロ加工技術、マイクロ組立技術、マイクロ光駆動技術、マイクロ流体操作技術、マイクロ搬送技術、マイクロ検査技術、マイクロ制御技術

(ii) トータルシステムの研究

マイクロファクトリ技術の適用範囲及びニーズの調査、トータルシステムの概念設計と関連技術の調査及びさらなるフィージビリティスタディ

(iii) 省エネ効果測定技術等の研究

マイクロファクトリ技術の導入による省エネ効果等について、評価技術、測定技術を調査研究し、効果の計算機シミュレーションを開始、生産設備を小型化、低エネルギー化した際に生じる生産設備相互の電磁干渉、静電気等の影響、温度上昇等の問題、電気絶縁性の調査研究

② マイクロマシン材料に関する研究開発

マイクロマシン材料に関する研究開発を、工業技術院機械技術研究所と共同研究で行います。

(i) 微小機能要素の作業環境に関する研究

(ii) マイクロマシン用材料に関する研究

(iii) マイクロマシン用材料のフィージビリティスタディー

③ マイクロマシンの設計・製作基盤技術に関する研究

マイクロマシンの設計・製作基盤技術に関する研究を、工業技術院機械技術研究所と共同研究で行います。

(i) 加工基盤技術に関する研究

(ii) 機構のデバイス化に関する研究

(iii) マイクロアセンブリに関する研究

④ マイクロファクトリ共同研究

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の概念構築等を工業技術院機械技術研究所と共同研究

で行います。

(i) 工業生産システムのダウンサイジング動向の現状分析

(ii) マイクロファクトリシステムの構築

(iii) マイクロファクトリの経済性分析

⑤ マイクロマシンの基礎技術に関する調査研究事業

マイクロ理工学、材料工学、設計工学等マイクロマシンの構築に必要な基礎技術について、産・学共同研究により技術シーズを探索し、有望なシーズの抽出と今後の育成方法を明確にするための調査研究を行います。

(i) 基盤技術における技術シーズの探索

(ii) 機能要素技術における技術シーズの探索

(iii) システム化技術における技術シーズの探索

⑥ マイクロマシン技術の導入による産業社会構造への影響に関する調査研究事業

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ています。マイクロマシン技術が多くの分野で導入が図られた場合、21世紀における産業構造の変化及び産業経済・社会生活に与える効果を明らかにし、マイクロマシン技術研究開発の指針を設定し、その技術確立の効果的達成と技術の普及・振興に寄与することを目的とし、併せてマイクロマシン技術導入のための基盤整備を行います。

(i) マイクロマシン技術が産業社会構造に与える効果に関する調査

(ii) マイクロマシンが実用化されることによる社会生活の変化に関する調査

⑦ マイクロマシンデータベースの構築及びメンテナンスに関する事業

マイクロマシンに関する研究データベースとして、以下のマップを調査・構築し、マニュアルレポートとしてまとめ、研究開発に資するとともに、これらのメンテナンスを行います。

(i) 国内外におけるマイクロマシン研究者を対象とした研究内容、研究論文、研究計画等のアンケート調査、研究集会等における発表動向調査、関連研究プロジェクトの内容調査等の結果を技術項目別に整理した研究開発マップ

- (ii) 国内外の企業におけるマイクロマシン技術の応用例、実用例等をアンケート調査、特許、技術誌、新聞等から収集・検討し、応用分野／技術項目別に整理した応用マップ
- (iii) 技術文献、センターの研究事業等の結果から得られた技術情報を整理した技術マップ

(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の提供を行います。

- (i) マイクロマシン情報誌の発行
- (ii) 資料室の整備充実
- (iii) 前年度に引き続き情報通信ネットワークの構築を進めるとともに、情報の検索等管理方式を確立するための検討を行います（マイクロマシンデータベースの構築）。

(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

官学産共同研究の推進事業の一環として研究グラントを、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、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・豪からの有識者の招聘、ミッション等による我が国有識者、研究者を海外派遣し、交流促進を図ります。

③ 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、技術の確立、普及を図ります。

本年度は、特に工業技術院産業科学技術研究開発制度プロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」の中間評価の時期であるので、同プロジ

エクトの研究開発成果発表会を併せて行います。

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

第2回、米、欧、豪、日におけるマイクロマシン分野に関するサミットに参加し、広い範囲における課題について話し合いをします。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・諸課題について話し合いをします。

⑤ マイクロマシンセミナーの開催

マイクロマシン技術の開発が活発に行われている国に対し、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、海外においてセミナーを開催します。

⑥ 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、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、学会へ参加します。

(4) マイクロマシンに関する標準化事業

前年度に策定した標準化事業の進め方に基づいて、(1)関連専門用語の語意の詳細調査を実施するとともに、(2)計測評価法の標準化における技術課題の抽出を進めます。さらに、(3)海外の標準化活動との連携を深めていくこととしています。

(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、啓発を図ります。

① 広報機関誌として、広報誌（和、英）及びニュースレターを定期的に発行し、関係者に配布します。

② マイクロマシンのコンテスト開催、紹介誌の発行、ビデオの製作等により、マイクロマシンに関する普及啓蒙を図ります。また、イブニングセミナーを開催し、産、官、学交流に努めます。

③ マイクロマシンに関する展示会を開催するとともに、次回開催準備を行います。

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1回マイクロマシンサミット開催される

約1年に渡って準備を進めて来たマイクロマシンサミットが、去る3月13日(月)～同15日(水)の3日間、京都・都ホテルで開催され、成功裏に終了しました。

このサミットは、当センターの国際交流事業の一つとして、マイクロマシンの振興を図るために、各国のマイクロマシン関連の大学・研究機関及び産業界のトップクラスが一堂に会して、研究開発から実用化までのあらゆる課題について自由に意見を交換し、さらに、開催することを広くPRして内外におけるマイクロマシンに対する認識を高めることを目的としたものです。

今回のサミットは、日本が各国に呼びかけて開催された初めての会議で、各国代表はサミット開催の主旨を積極的に評価して参加したもので、討議の結果、サミットは、今後も継続して開催するとの合意に達し、第2回マイクロマシンサミットは、1996年春にスイスにおいて開催されることが決定されました。

海外9カ国の計24人からなる代表団とホスト国の日本側代表を合わせ、10カ国の計29人が意見を交わすサミットとなり、オブザーバ等の出席者88名を含めると、合わせて117名となった盛大な会議でした。

討議は、3月14、15日の2日間行われ、ホスト国の首席代表、東京大学工学部の中島尚正教授が議長を務めました。

中島教授を除く日本側の代表は次の通りで、討論において積極的に発言され、サミットの成功に大きな力となりました。

稲葉 清右衛門	ファナック株式会社代表取締役社長
下山 敏郎	オリンパス株式会社代表取締役会長
田中 太郎	日本電装株式会社取締役会長
原 禮之助	セイコー電子工業株式会社取締役副会長

サミットは、産業界、学会を中心にした民間ベースで開催されたものでしたが、議長の開会挨拶に続き、通商産業省から藤野達夫機械情報

産業局産業機械課長及び近藤正幸工業技術院研究開発官が来賓として挨拶されました。

サミットでの討議は、10の課題について行われ、それぞれの課題を各国が分担し、問題点を整理してプレゼンテーションを行い、その後自由討議を行う形で進められました。討議の概要は、次表の通りで、結論として、次の4項目が合意されました。

- (1) 国際交流の中でもマネジメント・政策のあり方に関する議論を進めるためにも、今回のようなサミットを引き続き開催する。
- (2) 将来のマイクロマシンの国際連携を考えたとき、幅広い課題・問題を扱う恒常的な国際組織が必要であり、その前身として、各国の実務者による定期会議も一つの方法である。
- (3) 国際強調による標準化は、緊急の課題であり、ISO/IECなどの国際標準化機関での作業に向けて各国間の対話を開始する。
- (4) アプリケーションの開拓を研究開発と並行して進めることは研究の加速にもつながるので、各国の協調の下にスタディを開始する。

報道関係者には、サミット終了後、会議の成果が発表されましたが、7社が集まり、社会的にもマイクロマシンへの関心が高まって来ていることが示されました。



海外代表によるプレゼンテーション

MICROMACHINE SUMMIT

March 13-15, 1995 Kyoto, JAPAN



サミット代表団

各課題と討議の概要

① マイクロマシンのスコープ

マイクロ化の研究は各国で異なる技術方法で、また異なる技術ベースをスタートにして行われ、その呼び名も異なる。しかし、マイクロマシンを製作する見地から見ると、これら全ての活動が有機的に融合されるべきものである。

② 効果的 R & D

マイクロマシン技術は、加工、組立、材料、システム構築など幅広い技術要素を含む precompetitive な技術である。この研究開発は分散して行われるが、有機的な結合が重要である。このため、各国内、国際間の交流が重要である。

③ マルチディスプリナリーな側面

マイクロマシンは電気、電子、化学、バイオ、材料など異なる技術領域の知識をバランスよく融合する必要がある。研究開発の段階では情報交流、市場化の段階では異業種交流が重要になる。

④ アプリケーションの開拓

マイクロマシン技術は人類のフロンティアを開拓する技術であり、そのアプリケーションは無限であるが、具体的な利用は人類の福祉向上にいかに関与するかによって決まる。この利用開拓には異なる文化・習慣を持つ技術の交流による英知を結集することが不可欠である。

⑤ 既存技術との共生と競争

マイクロマシンはこれまでにない新しい製品を生み出す一方、既存の製品をマイクロマシン技術で置き換えて製品の高度化をもたらす。近未来におけるマイクロマシンの普及は後者のタイプになる。

⑥ 新産業創造の可能性

マイクロマシン技術の特徴は、極めて微細な加工・組立が出来る技術と、これによって実現される機能デバイスである。加工・組立技術をベースとした加工業や各種の適用分野に応じた機能デバイス、マシンシステム製造業の出現が期待される。

⑦ 知的財産権

マイクロマシン技術の進歩には技術交流は最重要課題である。知的財産権は発明者の権利を保護することによって新技術の創造を促進する効果を持つ反面、権利の主張が強くなると普及を阻害する、諸刃の剣である。国際的な知的財産権の制度のハーモナイゼーションを通じた関係者間の合理的な運用、技術の早期公表などが望ましい。

⑧ 標準化

マイクロマシン技術が R & D の段階にあるとはいえ、R & D の支援や普及を図るため標準化を急ぐ必要がある。この場合、国際的なハーモナイゼーションを第一義的に考える必要がある。

⑨ 政府の役割

マイクロマシンの技術体系の確立には幅広い技術領域の努力と長期にわたるリスクの高い研究開発が必要である。また、この技術体系は産業・社会・生活のあらゆる分野における人類の生活に役立つものであるため、政府の積極的な支援も正当化される。

⑩ 国際的な側面

マイクロマシンはマルチディスプリナリーな新しい技術体系であり、国際的に分散して行われている各国の活動の交流は不可欠である。また、国際交流による理解の共通化は将来の貿易など世界経済の円滑な発展にとって良い効果をもたらす。継続的な国際交流を維持するためには、恒常的な国際組織や定期会議の設置も有効である。

第2回マイクロマシン技術研究助成金の贈呈式開催

第2回（平成6年度）研究助成金贈呈式が、3月24日、東京霞が関ビル東海大学校友会館において開催されました。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昨年度より開始したもので、マイクロマシンに関する基礎的な研究に取り組んでいる大学の先生方の研究に助成を行い、マイクロマシン技術の一層の進展を図るとともに、産学交流をさらに促進したいというものであります。今年度も多数の応募がありましたが、審査の結果、別表のように、新規テーマ8件、2年度目継続テーマ3件が選定され、総額1,800万円が贈呈されることになりました。

贈呈式では、稲葉理事長の主催者挨拶、藤野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発表が行われた後、助成対象の11人の先生方に、稲葉理事長から助成金目録が贈呈されました。また、市村教授から助成を受けられる先生方を代表した挨拶があり、その後、新規テーマを担当される8人の先生方から、順次、研究計画要旨の発表が行われました。



稲葉理事長の主催者挨拶



助成対象の先生方

贈呈式に続いて、お祝いと懇談のパーティが開催され、助成を受けられる先生方を囲んで、なごやかに歓談がなされました。

なお、この研究助成制度は、平成7年度も継続される予定で、8月頃より募集が行われます。

第2回（平成6年度）研究助成課題

研究代表者 共同研究者 氏名	所属機関名・職名	研究 題 目	研究期間 (年)
市村 國宏	東京工業大学 資源化学研究所 教授	(平成6年度助成研究) 外部刺激に応答する分子駆動システムの創製	2
片岡 一則	東京理科大学 基礎工学部 教授	優れた生体適合性表面の設計技術の開発	1
安田 隆	東京大学 工学部 助手	昆虫の反射を利用したマイクロロボットの制御	2
松浦 弘幸 藤正 巖	東京大学 先端科学技術センター 助手 同上 教授	振動型人工筋肉素子の生体内運動時の工学的特性に関する研究	2
土田 縫夫 大澤 潤	豊田工業大学 制御情報工学科 教授 同上 助教授	イオンドラッグ力による液体流動を応用したマイクロポンプの研究	2
石田 誠	豊橋技術科学大学 電気・電子工学系 助教授	マイクロマシン用新材料としての単結晶絶縁膜とSi膜による多層 SOI構造の研究	2
早乙女康典 井上 明久	群馬大学 工学部 助教授 東北大学 金属材料研究所 教授	アモルファス合金を用いたマイクロマシンの創製に関する研究	1
鈴木 憲	東京女子医科大学 医用工学研究室 助手	マイクロマシン表面への血液適合性材料の安定固定化	1
宮崎 修一	筑波大学 物質工学系 助教授	(平成5年度助成研究) マイクロアクチュエータ用形状記憶合金薄膜の開発に関する基礎的研究	継続2年度
E Yeatman R Syms	ロンドン大学 インペリアルカレッジ 講師 同上 学科長	表面張力利用マイクロモルディング及びマイクロアクチュエーションの研究	継続2年度
満洲 邦彦 藤正 巖	東京大学 先端科学研究センター 助教授 同上 教授	遠隔微細手術システム開発におけるマイクロマシン技術の応用に関する基礎的研究	継続2年度

第1回マイクロマシンコンテスト表彰式行われる

マイクロマシン技術が21世紀を目指した次世代の基盤技術として注目されており、国内外の大学、研究機関あるいは、企業において活発な研究開発活動が行われています。このような研究開発活動を支えるには、多くの人々のマイクロマシン及びマイクロマシン技術についての十分な理解が不可欠です。そこで、次世代を担う子供たちがマイクロマシンを知り、親しみを深めるために、当センターではマイクロマシンの普及啓発事業の一つとして、小・中学生を対象にマイクロマシンに関する絵画のコンテストを実施し、1月31日に募集を締め切りました。コンテストは今回が初めてであり、当センターの賛助会員企業の協力を得て、長野県伊那市と岩手県雫石町の小・中学校計5校で試行的に行いました。

応募総数は、1,001点に上り、審査委員会で、優秀作品24点が選ばれました。応募の内訳及び、コンテスト参加の小・中学校は次の通りです。

応募総数		参加校
小学校の部	390点	伊那市立伊那小学校
中学校の部	611点	伊那市立伊那東小学校
合計	1,001点	雫石町立雫石小学校
		伊那市立西箕輪中学校
		雫石町立雫石中学校

表彰式は、去る3月27日に霞が関ビル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名が出席しました。



受賞者記念撮影



表彰状の授与 小学校の部最優秀賞 三沢 裕美子さん

通商産業省工業技術院近藤正幸研究開発官の来賓挨拶に続き、審査委員長の三浦宏文 東京大学工学部教授から「楽しい夢のある作品が多数応募され大変嬉しく、このコンテストが長く続き、10年後にどのような作品が現れるか楽しみです」という審査講評がありました。

次いで、入賞作品24点の紹介が行われたのち、最優秀受賞の伊那市立伊那小学校3年生の三沢裕美子さん、雫石町立雫石中学校1年生の福崎美知子さんら入賞者及び協力校の代表の先生方に表彰状、感謝状等が当センターの稲葉理事長から手渡され、最後に、最優秀賞受賞者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。

小・中学生が主役の表彰式のため、当センターが開催するこれまでの式とは趣が異なり、来賓等の挨拶も子供たちを対象とした平明なもので、大変、なごやかな雰囲気の中で行われ、かつ、次代を担う子供たちがマイクロマシン技術発展の大きな原動力になると勇気づけられ、日頃の難しい話を忘れるひとときでした。

なお、審査をお願いした方々は次の通りです。

委員長	三浦 宏文	東京大学工学部教授
委員	島 弘志	(財)機械振興協会顧問
	中村 桂子	生命誌館副館長
	松野 建一	通商産業省工業技術院 機械技術研究所長

第1回マイクロマシンコンテスト入賞者

小学生の部

最優秀賞

地震予知マシン



三沢裕美子 伊那小学校3年生

一等賞

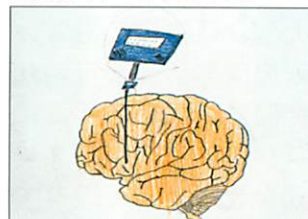
害虫殺しマシン



平澤 元宗 伊那小学校3年生

二等賞

言葉を出すマイクロマシン



北原 誠之 伊那東小学校6年生

二等賞

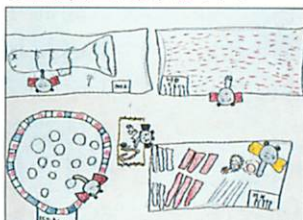
便利君



春日奈美子 伊那東小学校6年生

三等賞

これは食べれるかなマシン



村上 友梨 雲石小学校5年生

三等賞

よちよちてんとう虫君



池上 夏未 伊那小学校3年生

三等賞

自然観察のマイクロマシン



宮下 結実 伊那小学校3年生

佳作賞

そりすべ太郎



佐々木天晃 雲石小学校5年生

佳作賞

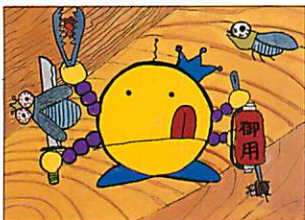
ダニ吸いゾウさん



谷藤香奈子 雲石小学校6年生

佳作賞

対害虫用マシン一号機



村上 平太 伊那東小学校6年生

佳作賞

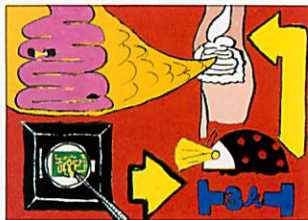
指ネットワーク



岩根あゆ子 伊那東小学校6年生

佳作賞

マイクロマシンの科学

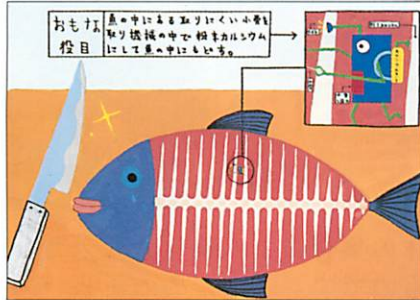


松尾 勇樹 伊那東小学校6年生

中学生の部

最優秀賞

小骨取り太郎



福岡美知子 雲石中学校 1年生

一等賞

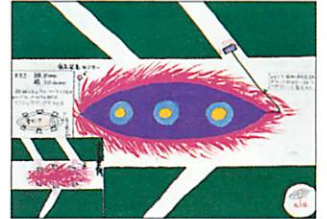
空気清浄マシン



大城小百合 雲石中学校 2年生

二等賞

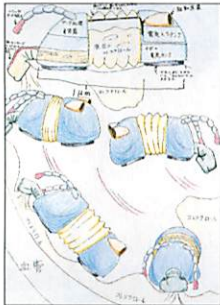
植物の病気退治丸 3号



池上 梓 西箕輪中学校 1年生

二等賞

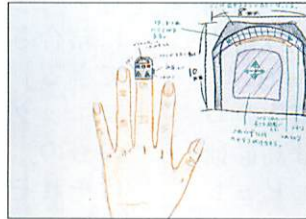
コレステロール取りっ君



小林 英理 西箕輪中学校 1年生

三等賞

爪切りマシン



伊東 志穂 西箕輪中学校 1年生

三等賞

ダイエットマシン



酒井 澄香 西箕輪中学校 2年生

三等賞

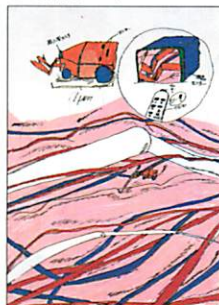
Good Rat



小田内 歩 西箕輪中学校 2年生

佳作賞

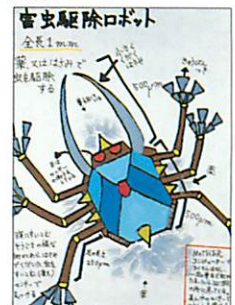
針、とげ抜きマシン



桐野 麻実 西箕輪中学校 1年生

佳作賞

害虫駆除ロボット



和田 千鶴 西箕輪中学校 1年生

佳作賞

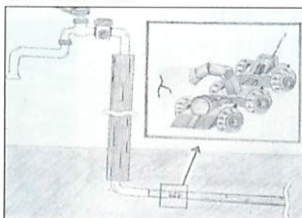
のみ&フィラリア退治マシン



尾崎真理子 西箕輪中学校 1年生

佳作賞

水道管巡回機



高橋 慎也 雲石中学校 1年生

佳作賞

ライト付き耳のお掃除マシン



米倉 優子 雲石中学校 2年生

三菱重工業株式会社

革新的な動機械をめざして

1. はじめに

当社での動機械（ロボット）の研究開発は、約20年前の原子力プラントの燃料交換及び検査装置の自動化に端を発し、それ以後各種のプラントメンテナンスロボットの多岐にわたっています。最近では、適用分野も原子力プラントにとどまらず、火力プラント、船舶、石油化学プラント等に広がりつつあり、初期の原子力プラントでの放射線下での人手作業の低減はもとより、広く、いわゆる3K作業の軽減に向けた高付加価値ロボットの開発・適用へと展開しています。この種の動機械の研究開発は、兵庫県の高砂市（明石市と姫路市の中間に位置し、謡曲の曲名にも唱われている地です）にある技術本部の高砂研究所が中心となって進めています。通産省工技院の大型プロジェクトの極限作業ロボットの技術開発にも参画し、弊社では高砂研究所と神戸造船所が中心となって、マニピュレーション技術に関する先端的な研究開発を担当いたしました。21世紀に向けて高齢化社会の足音が迫る中、内外の産業構造の変革が進みつつありますが、その流れの中で、動機械の活躍の場は、メンテナンスにとどまらず、物流・建設・レジャー（エンタテインメント）さらには福祉といった大きな拡がりを持って今後益々重要になるものと考えられ、これらのニーズが要求するより微細なメカニズムへと活発な研究開発を進めています。

2. マイクロマシン技術への取り組み

動的機械は、上記のように様々な活躍の場の拡大が予想されますが、マイクロマシンの活躍が期待されている微小な世界では、従来の常識を越える現象への対応とそれを扱うことのできるシステムが必要となります。マイクロマシンはスケールの微小化に伴ってその機能も一般的には微小化する傾向にあり、個々の要素単独では有用な機能を発揮しにくくなる側面が存在します。この超小型化に伴って起こる機能面での制約と、ニーズ側からの高い機能要求の落差の問題に対して、現在進めているシステム・制御面からの「群制御」の研究は、一つの解決策と

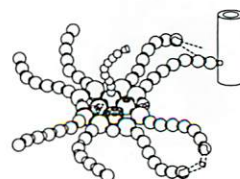


して複数個の個体の集合による群化の考え方を生かそうとするものです。このための新しいメカニズム構成法と制御手法として、「ホロニックメカニズムと変態制御」を提案し基礎技術開発を進めています。

ホロニックメカニズムと呼んでいるメカニズムは、「同一あるいは同種の機能を持つ要素（ホロン）を多数集めて、それをハード（機械）的に結合させてシステム化すると別の機能を発現できる」ものです。下図に示したロボット（ホロニックメカニズム）は、ホロン（図中の球形のもの）を多数連結したものであり、各ホロンはそれぞれ曲る／回転するという単純な機能しか持っていませんが、多数個を連結することで、立体的に様々な形態が可能となり、形態を変化させることで目的に応じた機能を付加することができます。

このメカニズムは、超多自由度を持った新しいメカニズムであり、制御法も新しい方法が必要となります。様々な形態をとりうるホロニックメカニズムにいくつかの基本形態を与え、必要な関節のみを制御して自由度を縮退させ、目的の機能を実現する制御方法を変態制御と呼んでいます。

これにより、プラント内の様々なアクセス環境に対して、マシンの形態がその機能要求に応じて変態して適応することが可能になれば、有用かつ革新的なマイクロマシンの一つになり得るのではないかと考えて、まずその実現性を示すべく研究を進めています。



三菱マテリアル株式会社

1. はじめに

三菱マテリアルは1871年九十九商会（三菱合資会社の前身）が鉱業部門に進出したことに端を発していますが、現在では事業内容、規模とも大きく変化し非鉄金属精錬、セメント製造、金属加工、アルミ缶加工、半導体材料、電子部品など総合素材加工メーカーとして発展しています。

今日はこうした製品の研究、開発を担当しています大宮地区の研究所を訪問いたしました。三菱マテリアルには4研究所・5開発センターがあり、社員全体の1割を越える約1,000名が開発部門に所属していますが、大宮地区には2研究所（中央研究所、セメント研究所）・2センター（メカトロ生産システム開発センター、商品企業化センター）があり研究部門の中核をなしています。

とくに西洋建築の面影をいまに残す中央研究所は1939年大宮に移転して以来この地に根を下ろし、現在では、わが国有数の総合研究機関として資源やエネルギーから原材料、基礎素材、加工製品、新素材、さらにはそれらのリサイクルへと還流する研究開発に取り組んでいます。

2. 技術開発の特徴

三菱マテリアルの技術開発は「オリジナリティー」をモットーとしてエネルギー、リサイクル、情報・エレクトロニクス、を柱とする技術の高度化、高機能化、高付加価値化をめざすとともに総合素材加工メーカーとしての基盤技術の深化にも努めています。

エネルギー分野では、エネルギー効率向上を目的として世界で初めて多段連続製銅プロセス「三菱連続製銅法」の実用化に成功しました。環境保全に貢献する新しいエネルギーの開発は緊急の課題ですが、電気化学的に水素を吸蔵放出する材料である水素吸蔵合金はヒートポンプ、高性能Ni基合金は次世代発電のホープと見なされる燃料電池発電用電極材料、都市の放出熱を利用して発電を行う熱発電素子、さらには地熱を利用した発電など世界のトップレベルの技術を開発しています。さらに、次世代の航空・宇宙輸送システムを支える極超音速旅客機や宇宙往還機用の超高温材料であるニオブ・アルミ金属間化合物をプラズマ溶解ガスアトマイズ法により世界に先がけて開発いたしました。

三菱マテリアルは、過去1世紀の間、地球のめぐみを社会に役立つかたちで提供することを目的に「自然との共生」をテーマとして歩んできました。その具体化のため、アルミ缶の回収及び各種



非鉄金属の再資源化、廃家電・自動車製品の再資源化などリサイクル技術の開発は重要な研究テーマになっています。

情報分野では高度情報化社会の基礎資材であるシリコンの単結晶引き上げからウェハ製造ならびにウェハ特性評価まで高品質化の研究に取り組んでいます。最近の話題としては「連続CZ法」により世界最大長である2mもの高品質シリコン単結晶の引き上げの成功を挙げることができます。その他サージアブソーバーなど各種電子部品が開発されています。

3. マイクロマシン技術への取り組み

21世紀に向けて、素材の機能を生かす技術の進歩は拡大の一途をたどると予想されます。機能を取り出し、それを利用するにはごく微量で充分ですから、社会の流れや技術の進歩はこのような機能を発揮しない、いわば無駄な部分を素材・部品から取り除く方向に働きます。マイクロマシン技術はまさにこのながれに沿った技術開発と言えるでしょう。

素材メーカーにおいても「構造材」から「機能材」への流れは必然です。現在の「マイクロマシン研究」では、1cm³の体積ながら1000cm³もの水素ガスを吸蔵でき、安全性が高く、高容量でしかもリサイクルに適した水素吸蔵合金を利用した二次電池を厚膜や薄膜作製プロセスにより小型化することに取り組んでいます。マイクロマシン技術の中で重要な役割を占める圧電材料の開発では、ゾル・ゲル形成法を開発し各種要素部品の小型化に威力を発揮しそうです。

また、実用レベルで量産されている中では最も直径の細い4.2mmのステッピングモータは強力なNdFeB系磁性材料の開発結果によるものです。その他、シリコンの微細加工技術や機能性材料の薄膜化により培われた各種の要素技術は、マイクロマシンの開発に大いに威力を発揮するものと期待されます。

訪問を終えて、「地球・自然と共生する」ことがテーマである三菱マテリアルがマイクロマシン技術に取り組むことはきわめて自然であるとの感想を持ちながら、所内に武蔵野の面影を残す緑豊かな研究所を後にしました。

来日したリチャード・S・ミュラー教授(米国)とのインタビュー

マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム(MEMS)の権威であり、カリフォルニア大学バークレー校教授兼バークレー・センサー・アンド・アクチュエーター・センター(BSAC)部長のリチャード・S・ミュラー博士が、京都の都ホテルで開催されたマイクロマシン・サミットに出席のため、米国代表団の団長として来日されました。

同博士とのインタビューの機会を得ましたので、米国におけるマイクロマシン研究の現状について伺いました。

Q. BSACでは、マイクロマシン技術についてどのような研究が行われていますか？

A. かなり広範囲に行われています。材料の研究過程から、新しいデバイス、システムなどにわたる研究をしています。ここには4人の部長とBSACの電子工学、機械工学、材料科学、化学工学部門の学生30~40人がいます。このように広範な基礎があるので、さまざまな分野に進出していくことができます。おそらく、我々にとって一番新しい研究分野は、統合化されたマイクロ・エレクトロ・メカニカル・デバイス、特にアナログ・デバイス社が行っている加速度計の研究です。アナログ・デバイス社は、BSACの会員企業20社の中の1つです。ほかの会員としては、加速度計の開発で我々に直接協力しているモトローラ社があります。BSACでアナログ・デバイス社と共同開発しているそのプロジェクトはiMEMS(統合MEMS)と呼ばれて、物理センサーをターゲットにしていますが、またそれ自体がメカニカルな集積回路を使用するデバイスをターゲットにしています。

例えば、周波数発振器やフィルタ用の高精度共振器です。我々は、仲間内でMICSと呼んでいるプロセスを開発しました。これは、従来のCMOSプロセスに、さらに2つの単結晶ポリシリコンのメカニカルな層構造を持たせることができるプロセスです。この研究責任者は、ハウエ教授です。もう1つのプロジェクトは、私自身が指導しているレーザー・ファイバー・カプリングの自動フィードバック・コントロール・システムなどの微小光学装置の研究です。その他、現在実施中の新プロジェクトは、ピサノ教授が率いるマクロ・ディスク・ドライブのような、マイクロ情報の記憶の研究です。ホワイト教授は、2つの分野に力を注いできました。1つは音響ポンプと音響センサーで、もう1つはマイクロ・フルイディスクです。我々はまた、さまざまな材料の機械的性質を明らかにする基礎研究も行っています。

Q. 研究活動の財政的支援は、誰が行っていますか？

A. 予算の50%はBSACの会費で賄われ、あとの50%は政府機関から出されています。

Q. 貴国での機械工学分野では、どのようなマイクロマシン研究が行われていますか？

A. BSACには、相当数の機械技術者がいます。UCLAには電子工学部に教育プログラムがあります。ここで博士号を所得した11人が韓国やスペインの大学を始めとして、さまざまな大学で教鞭を取っていることを、私は大変誇りに思っています。センターに参加している企業にも、多くの人が就職しています。



リチャード・S・ミュラー

Q. 近い将来、マイクロマシン技術の応用とその影響はどうなるでしょうか？

A. 加速度と位置測定用物理センサーは1つの利用法です。DMD(TI)などのディスプレイ分野も、重要な影響を持つだろうと確信しています。医療機器やプロセス・コントロールについても、考えなければなりません。マイクロマシン技術は、メカニカル・デバイスとマイクロ・エレクトロニクスとを組み合わせることによって、従来の信号処理に影響を及ぼすものと思います。BSACでの材料研究により、HEXSIL(六方晶構造ポリシリコンの型枠としてシリコンを用いる技術)と呼ばれる新しいシリコン材料を開発しました。この材料を用いてミリ単位の装置を作るのに、マイクロ技術が利用できます。

Q. マイクロマシン研究の成功に障害となるものは何でしょうか？

A. まず、これを妨げる基本的な障害はないと思っています。マイクロマシンの研究は、もうストップできる段階を越えてしまっています。私にとって最大の障害は費用の点で、この研究を商品化するにはどうすればよいかということです。問題の1つは、開発費用に見合う利用法を持つことです。VLSI技術も、同じ問題に直面してきました。

Q. 日本のマイクロマシン研究あるいは研究活動について、どうお考えですか？

A. 最近のJTECのレポートに要約されているように、全体として非常に印象的です。日本ではマイクロ・メカニカル・システムとはどのようなものかを、非常に広範囲に検討してきました。これに対して、我々はずっと的を絞って検討してきました。多分、皆さんのほうが、正しいでしょう。ポイントは、アプローチが経済的か否かです。

Q. マイクロマシン技術についての先生の夢をお聞かせ下さい。

A. 誰もマイクロプロセッサについて予測できなかったように、私にはMEMSを予測することは不可能です。優れた知恵を多くの分野にもたらすことが、現在では可能です。『VLSI技術は、室一面の架台からコンピュータを取り外して、机の上に置きました。MEMSは、机の上のコンピュータを、ポケットの中に入れるかも知れません。』とケン・ガブリエル博士が言っています。私の夢は、効率的かつ直接的に扱える非常に知的で機能的なシステムを実現することです。

MEMS '95アムステルダムで開催 マイクロマシンセンター訪欧調査団メンバーも多数の発表

今年の「MEMS '95ワークショップ」は、1月29日から2月2日まで、オランダ・アムステルダム市の由緒あるホテル、クラスナポルスキにて開催されました。この会議は、IEEEのマイクロエレクトロメカニカルシステムに関するワークショップで、1988年以来、年に1度、開催地を欧州、米国、アジアと変えながら行われているもので、マイクロデバイス、マイクロマシン、マイクロシステム技術関連の研究発表が集中的に行われる国際会議として定評があります。マイクロマシンセンター訪欧調査団もこの会議に参加しました。

今回の参加登録者は、世界18カ国から247名（内、日本からは43名）で、口頭発表37件（内、招待講演2件）、ポスターセッション43件の研究が発表されました。

発表内容は、アクチュエータ関連が12件（ポスター15件）、加工・製作技術関連が10件（ポスター11件）、センサー関連が6件（ポスター7件）、その他の応用が9件（ポスター10件）であり、マイクロテクノロジーにより何か物を創り出そうとする傾向がますます強くなっているようでした。

パラレルセッションを行わず、一堂に会する全体会議で議事を進めるという伝統をもつこのワークショップでは、大きな講堂のような会議場に、多いときで220人余、少ないときでも180人位の参加者があり、1件当たり25分の持ち時間を時折オーバーしながら熱心に発表、討議が行われました。30日の夕方7時から10時の予定で行われたポスターセッションは、広い会場に、1辺1m、高さ2mほどの四角柱を立て、4面の各々に1件ずつのポスターを展示するというものでした。ビュッフェ形式の食事と飲物の場が隣接して設けられ、参加者はもとより、発表者もグラスを片手に大いに語り合うという雰囲気でした。夜10時半になっても散会せず、会場は非常になごやかで、また熱気に満ちていました。

マイクロマシンセンター訪欧調査団メンバーからも、口頭発表3件（深彫りX線リソグラフィによる圧電複合材の作製、ラジアルギャップ型マイ



MEMS会場での訪欧調査団等

クロ回転機、超音波利用の深溝異方性エッチング）、ポスターセッション5件、（面発光レーザによる触覚センサ、高電圧マイクロ光電変換デバイス、マイクロ振動ジャイロ、マイクロウォブルモータの評価、二次元光スキャナ）の発表が行われ、その活躍ぶりが注目されていました。

日本勢では、他に、東京大学／神奈川科学技術アカデミーの樋口教授のグループの発表（4件）が目立っていました。

外国勢では、地元のトウェンテ大学MESAグループ、カーネギーメロン大学、ケースウェスタンリザーブ大学を始めとする米国グループ、ドイツのカールスルーエ研究所やマインツマイクロ技術研究所が多くの発表を行っていました。

訪欧調査団はこの会議に参加して、主催責任者のエルベンスポック教授（トウェンテ大学）及びドロージ教授（スイス・ヌシャテル大学）をはじめ、世界各地からの参加者と懇談し、情報や意見を交換して、充実した数日を過ごしました。

来年の「MEMS '96」は、第9回国際IEEEワークショップとして、1996年2月11日(日)～15日(木)の予定で、米国カリフォルニア州サンディエゴ市で開催されることが発表されました。

第3回の図1で示しましたようにATTベル研、カリフォルニア大学などのシリコン半導体プロセスによる静電モータや、歯車などの電気機械素子の試作がマイクロマシン技術の発端といわれています。これら表面マイクロマシニングにより製作された素子は、プロセスの制約から非常に薄い二次元に近い形状のものしか得られません。したがって、いかに構造を三次元化し、そこから大きな出力を取り出すかが、マイクロ加工技術の中心課題です。またアクチュエータ、センサ、半導体制御回路の組合せが可能となることがマイクロマシンの利点です。接合技術は、上記の微小構造の三次元化や、アクチュエータ、センサ、制御回路の一体化の問題を扱うマイクロマシン技術の最重要課題の一つといっても過言ではありません。

マイクロマシンを製作する場合の接合技術としては、ウェハレベルの素子群を一括して接合してしまうものと、ひとつひとつの部品を逐次的に接合するものがあります。前者については、陽極接合、シリコン直接接合、表面活性化接合が知られており、またそれらの組み合わせや、他の接合法も提案されています。後者については、電子線やレーザーを利用した接合や微細な溶着、圧着などの通常の大サイズの加工に利用される接合法の高度化、微細化が挙げられます。

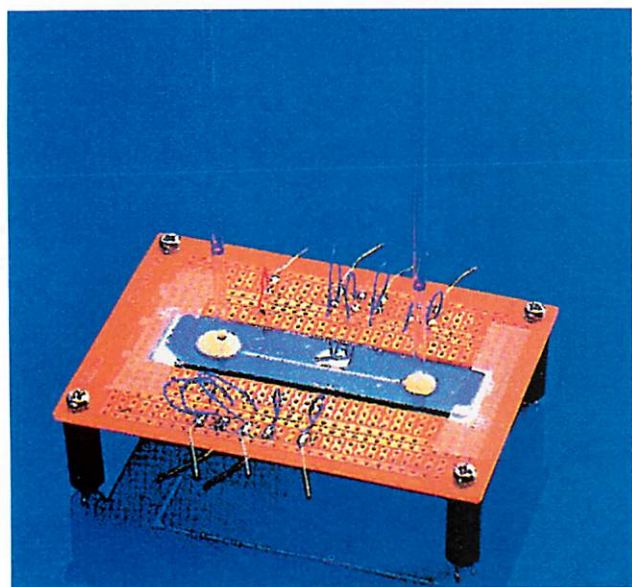


図1 陽極接合で製作したマイクロポンプ
(機械技術研究所、カナダサイモンフレーザ大学)

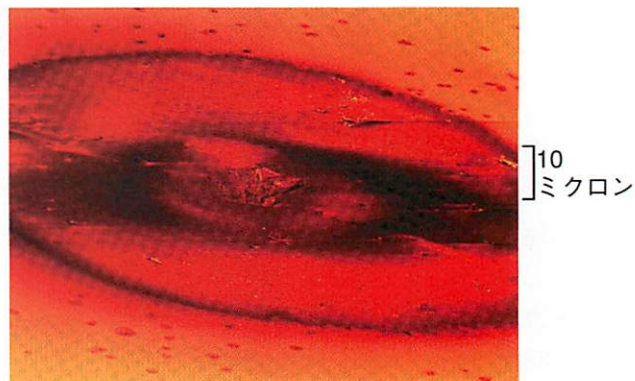


図2 電氣的導通をとるためにパイレックスにあげられた微小穴エキシマレーザー加工、楕円は熱影響相
(機械技術研究所)

1. 一括接合技術

各種一括接合の得失について述べます。

はじめに陽極接合をご説明します。パイレックスガラスとシリコン等を400℃以上に加熱し、高電圧をかけることにより、界面でのイオン移動と静電圧着により接合を達成します。この方法により内部にキャビティを持った構造、例えば容量型圧力センサ、マイクロポンプ等が試作されています(図1)。ここでは低融点ガラスを用いることによりプロセス温度を下げる研究や、ガラス膜を中間バインダとして利用する方法によりガラス、シリコン以外の組み合わせにも適用範囲を広げる研究がなされています。またパイレックスに微細穴をあけ、シリコンと電氣的導通をとる技術も地味ながら極めて重要な研究です(図2)。

次にシリコン直接接合についてご説明します。この技術は日本において開発された技術であり、ウェハ内部に不純物拡散層や絶縁物層を形成するときにも用いられる有力な接合法です。接合原理は以下のものであるといわれています(図3参照)。

まずウェハを洗浄し、乾燥後表面に水酸基を形成した後に室温で張り合わせます。ウェハ同士は水素結合によって結合します。それを1000℃以上に加熱すると脱水が行われ、さらに高温とすると、酸素が除去され、シリコン同士の強固な接合が達成されます。表面に穴あけや溝切り加工を施したウェハを接合すれば、内部

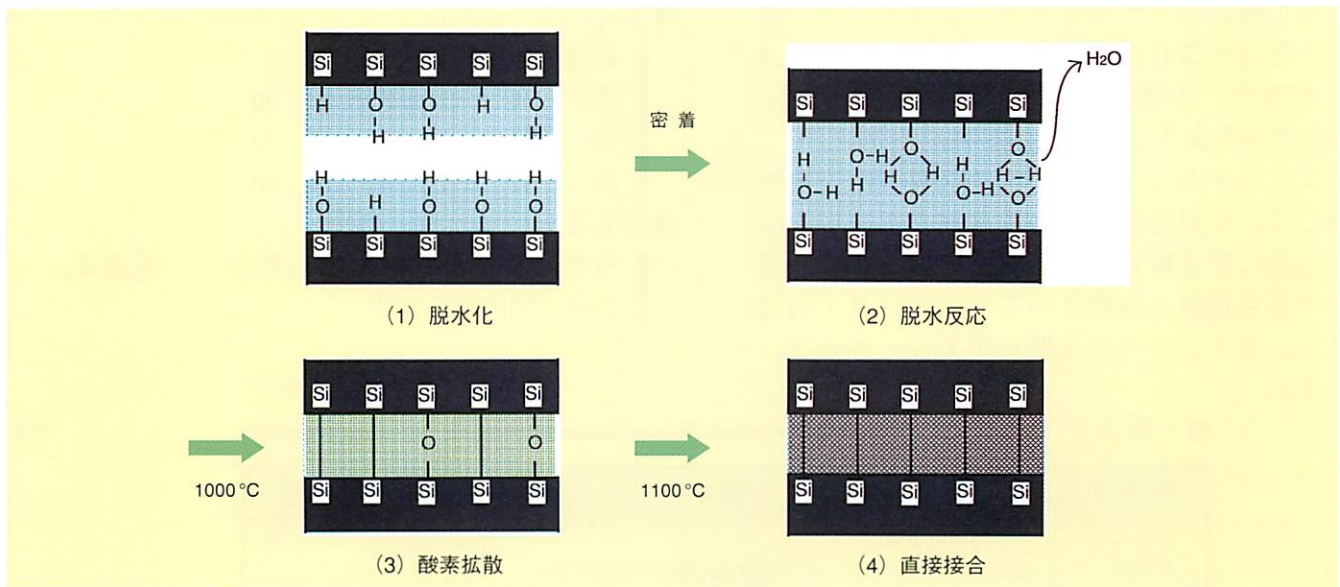


図3 Si直接接合の原理

に微細加工が施された構造を得ることができます。これにより圧力センサや、内部に冷却溝をもったレーザダイオード用の熱交換機等が製作されています。

シリコン直接接合の最大の欠点は、プロセス温度が1000°C以上と高温であることです。より低温で行うプロセスはこの後に行わなければなりません。これに対しプラズマ処理を施したシリコンウエハを450°Cで接合したという報告もあります。これは直接接合というよりは表面活性化接合に近いもので、この接合技術は東大先端研や機械技術研究所のグループが先鞭を付け、日本が世界を大きく引き離れた分野と言えます。金属と圧電素子

を接合し、アクチュエータを製作する研究も現在進行中です(図4)。

2. 逐次接合技術

逐次接合プロセスとしては、リード線を素子に配線する作業、カンチレバーにチップをマウントする作業が微細な作業として考えられます。上述のように、これら作業は、レーザ融着やろう付け、ハンダ付けなどの在来の加工法で行われるのが現状です。作業性を良くするための治具とマニピュレータの開発、光学顕微鏡や、電子顕微鏡とのシステム化などの試みがなされています。これらの技術は、マイクロ組立てやマイクロアセンブリと呼ばれていますが、現状では汎用的な技術といいにくく、今後システムティックな開発(例えばマイクロファクトリ技術)が必要と思われます。

3. まとめ

以上一括接合、逐次接合について概説してきました。今後アクチュエータ、センサの制御回路への統合化、マイクロマシンのシステム化が行われる中でプロセスの低温化、高密度実装、マイクロアセンブリ、セルフアセンブリなどのキーワードのもとにマイクロ接合技術は展開されてゆくであります。

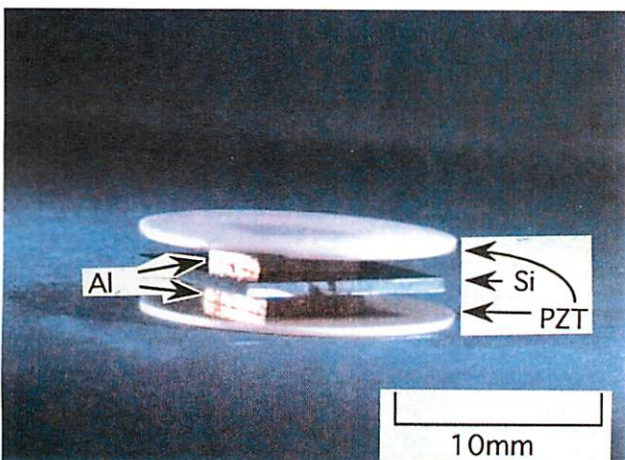


図4 PZTとアルミを接合し、アクチュエータを作成(日本電装)異種材料直接接合事例

平成7年度イブニングセミナー開催予定

毎月恒例となっているイブニングセミナーの平成7年度の5月～9月の開催予定は、次の通りですので、皆様の予定表に記入頂き、是非、ご参加下さるようご案内致します。

イブニングセミナーは、マイクロマシン技術に関して、学識経験者による講演ならびにセミナー参加の関連技術者との質疑応答を行い、官産学の相互理解と親睦を図るために毎月1回開催され、当センターの主要な事業の一つとなっています。

●開催日時（原則）

毎月第3水曜日
講演 15:30～17:00
質疑応答 17:00～17:30
親睦会 17:40～19:00

●開催場所

当センターが移転しましたので、会場は、別途ご案内致します。

●9月までの開催予定

開催日	講演内容(予定)	講師
5月18日 (水)	微小機能要素技術 演題「集積化機能デバイス構築法に関する調査研究」	江刺正喜教授 東北大学工学部
6月21日 (水)	マイクロ理工学(伝熱・流体工学) 演題「マイクロ伝熱・流れ特性に関する調査研究」	西尾茂文助教授 東京大学生産技術研究所
7月19日 (水)	計測評価技術(寸法計測) 演題「マイクロ部品の寸法計測手法に関する調査研究」	井川直哉教授(予定) 大阪大学工学部
8月	お盆につき開催しません。	
9月20日 (水)	計測評価技術(医療応用技術) 演題「医療におけるマイクロ計測手法に関する調査研究」	鎮西恒雄助手 東京大学医学部

財団法人マイクロマシンセンター 事務所移転のお知らせ

このたび当財団は下記に事務所を移転しましたのでご案内申し上げます。

今後ともなお一層のご支援ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

平成7年4月

新事務所

所在地：〒101 東京都千代田区神田司町2-2
新倉ビル5階

電話番号：03-5294-7131

FAX番号：03-5294-7137

最寄駅：JR線 地下鉄銀座線 神田駅
地下鉄丸の内線 淡路町駅
都営地下鉄新宿線 小川町駅

各駅より徒歩5分

業務開始日：平成7年4月24日(月曜日)

略図



編集後記

ほとんどの人が全く考えていなかった大地震が起こりました。地震の様子を克明に伝えるテレビの画面を見ていると、この間の戦争のことが、しきりに思い出されました。

平和な時に戦時にまさる苦難を強いられた阪神の皆様、遅まきながら、心からお見舞い申し上げます。

阪神大震災のあとには、円高の襲来です。

規制緩和、内外価格差の解消等、有効と言われている対策は、遅々として進みません。

その点、マイクロマシン技術の発展が、今後の日本の活路の一つになることは間違いありません。

マイクロマシンサミットも盛会に終わりました。広報紙もご覧のように盛り沢山の内容にすることができました。これもまた、日本のマイクロマシン技術が着実に進んでいることの現れと、大変嬉しく思います。

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 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