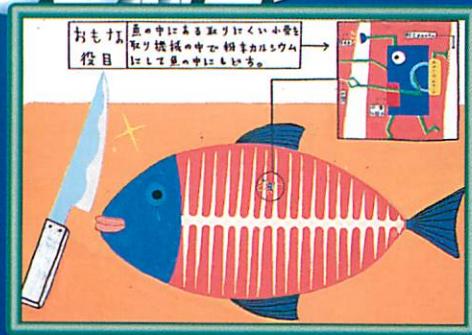
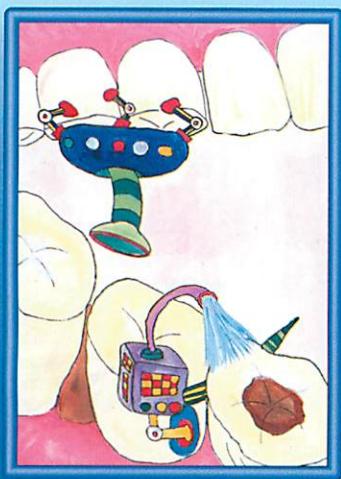


MMC
マイクロマシン
MICROMACHINE
1998.7

- 巻頭言／2
- 研究室紹介／3
- MMCの事業活動／5
- 賛助会員の活動紹介／17

- トピックス／19
- 講座「マイクロマシンポータブル展示品」(第2回)／22
- お知らせ／24



No.24

ピギーバック衛星とマイクロマシン

工学院大学（東京大学名誉教授）

教授 三浦 宏文



本年の4月から、宇宙開発事業団（NASDA）の招聘研究員として、週に一度、筑波の宇宙センターで宇宙技術に携わる機会を得ている。本格的に宇宙技術と向き合うのは久しぶりなので、いろいろ刺激を受けて、エキサイティングなときを過ごしている。宇宙技術で最近目立つのは、経済性重視のように思われる。

従って、以前では考えられなかった民生品の活用なども積極的に進めようとしている。宇宙開発すなわち、巨大プロジェクトというコンセプトも少しづつ崩れつつあり、世界中で行われている人工衛星の小型化への努力は、経済性重視を如実に示す一例かもしれない。我が国で開発が進められている小型衛星のひとつにピギーバック衛星がある。ピギーバック（piggy-back）という言葉は、辞書では「背に乗って」とか「小型飛行機が大型機に運ばれるように、他の乗り物に乗って」と説明されている。

すなわち、ピギーバック衛星というのは、大型衛星などを打ち上げる際に生じるロケットの余剰能力を活用するために、一緒に打ち上げられる小型衛星の総称である。要するに、ロケットにできる隙間に小さな衛星を積み込んで、打ち上げ費用の節約を図ろうとするものである。我が国では、具体的には、H-IIロケットの隙間に50kg級のものを搭載して打ち上げ、新しい計算機、PPT（Peak Power Tracking）制御による電源技術、三軸姿勢制御技術などの先端技術の軌道上実証実験をはじめとするミッションを考えられている。衛星実験の低コスト化にはまさに名案である。

小型衛星はピギーバック衛星に限られているわけではない。小型衛星は外国でも積極的に開発されていて、英国のSST社（Surrey Satellite Technology LTD.）などは、1980年代から小型衛星の有効性を主張しており、既に10個以上の小型衛星を打ち上げて、地球観測などに役立てている。ドイツのベンツ社などもロシアと共に、小型衛星を打ち上げている。小型衛星は重量によって、表1のように分類されているようである。我が国では、まだ、明確な定義はない。

さて、これまでの衛星の小型化は、エレクトロニクスの小型化をそのまま採用したことがその実現を押し進めてきたといえる。小型CCDカメラ、軽量携帯電話、ウォークマンなど、家電の小型化には、目を見張るものがある。以前は、民生品と宇宙用品には、厳然たる差が存在して、コンピューターなどでも一世代前の、十分デバッグされたものが使われていたが、現在では、民生品の信頼性は向上し、宇宙でも使用可能と考えられ始めている。それが小型衛星開発を盛んにしているのである。

ところで、小型衛星では、可動部を出来るだけ無くそうとしている。それは、可動部の動きが、衛星の姿勢を狂わせる反力を生み出すからである。従って、大型衛星で用いられるミラーの揺動によるスキヤニングなどは採用されないので可視範囲が狭くなる。ここなどは、マイクロマシン技術による、マイクロスキヤニング機構などの絶好の出番であろう。姿勢制御のためのホイールも嫌われ、磁気トルカーや用いられたりする。リレーも嫌われる。マイクロマシンは、たとえ可動部が存在しても、反力は極小だし、それをキャンセルするためのカウンターウエイトを付加するにしても極小で済む。

可動部の無い部分でも小型化することは、衛星にとって絶好の要素である。マイクロエレクトロニクスが衛星の小型化のきっかけとなつたが、マイクロマシン技術がこれを益々進めることは必定であろう。

表1 小型衛星の呼称と重量

ミニ衛星 (Mini-Satellite)	100 - 500kg
マイクロ衛星 (Micro-Satellite)	10 - 100kg
ナノ衛星 (Nano-Satellite)	1 - 10 kg
ピコ衛星 (Pico-Satellite)	< 1 kg

研究室紹介

慶應義塾大学理工学部機械工学科 教授 三井 公之

1. はじめに

次世代の機械技術としてマイクロマシンが大きな期待を集めています。このためには、多くの標準的な部品が供給されることが必要と考えられ、それに伴い部品の形状精度、寸法精度を評価する手法が必要になります。私たちの研究室では、マイクロ部品の形状精度・寸法精度の評価法の研究に取り組んでいます。

2. 測定原理と装置の構成

図1に示すような構成の測定装置により、探針と電

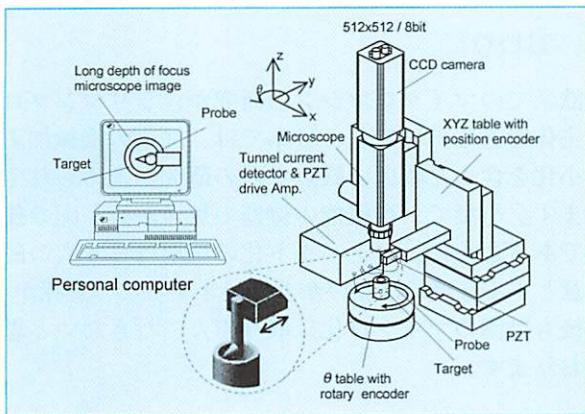


図1. マイクロ部品測定装置

導体の測定試料との間に流れるトンネル電流を検出することで探針と測定対象の接近を検出します。トンネル現象を発生させるために複雑な装置を必要としないこと、探針の接近に対する応答が高速なこと、光を利用した測定と異なり、測定対象表面の傾斜が大きい場合にも測定が可能など特長があります。

測定位置の座標値は、微動ステージに内蔵のリニアエンコーダにより検出し、微動ステージの制御とデータ処理をパーソナルコンピュータにより行います。

3. マイクロ放電加工による探針の製作

各種のマイクロ部品の形状測定を行うためにはそれに適した形状の探針が必要となります。例えば穴の内面を測定する場合には、穴に挿入することができるよう十分に径が小さく、かつ横方向に突起を持つ探針が必要です。

図2は型彫り放電加工により探針を製作する手順を示したものです。まず、金型を作成するために使用する円錐状の工具電極を製作し（ステップ1）、この円錐状工具電極を回転させながらブロック材に円錐状の穴を加工します（ステップ2）。次に、ステップ2

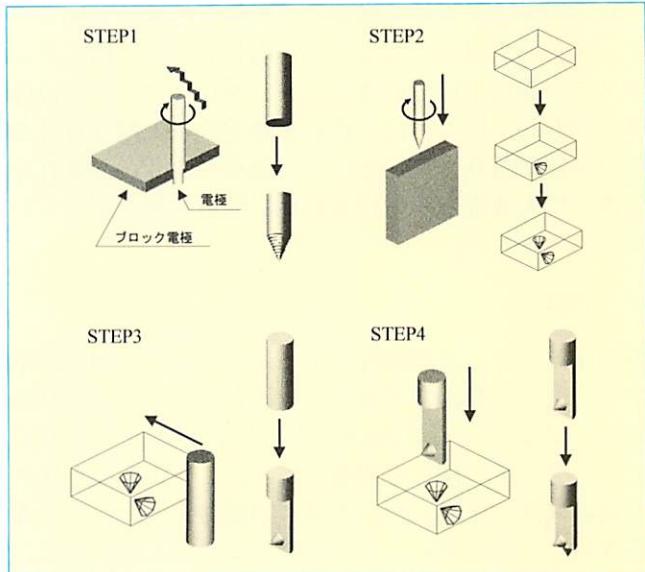


図2. マイクロ放電加工による探針の製作法

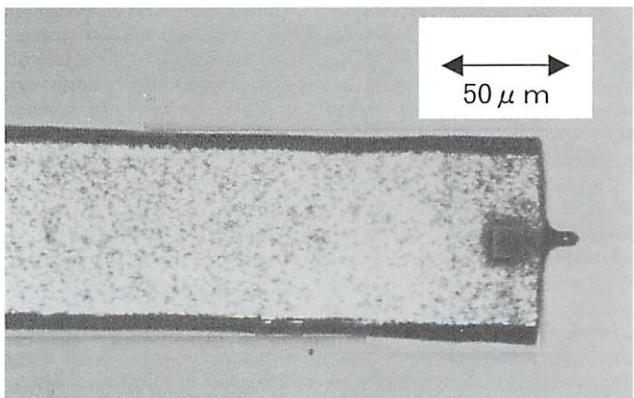
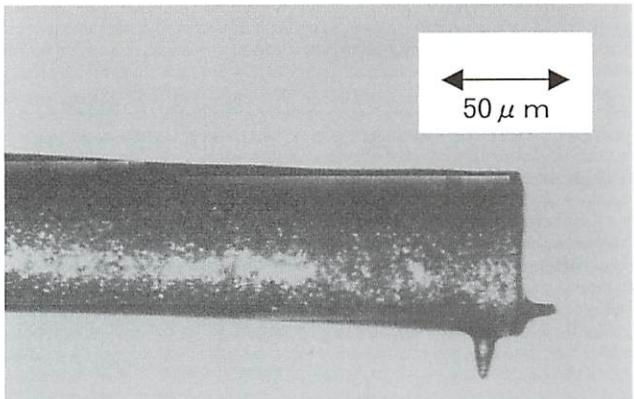


図3. 放電加工により製作した探針

で作成したブロック状金型を工具電極として使用し、円錐状の穴が加工された部分に探針素材を押し当て、金型の穴形状を転写させることで、横方向に突起のある探針が完成します。さらに、金型の上面に同様な方

法で加工された円錐穴を用い、ステップ3にて作成したX型探針を上方から押しつけることにより下面にも突起を持つX-Z型探針を製作することができます。

以上の4工程を経て試作したX-Z型探針が図3です。探針の素材としては、当初円錐状電極と同じタンゲステン線を用いていましたが、タンゲステン線は弾性変形しにくいために、探針を測定装置に取り付ける際に先端が折れやすいという問題点があり、作業性を考慮して大変形に耐え得る形状記憶合金線を用いています。

4. 測定例

図4は、X-Z型探針による段差試料の測定結果です。段差試料は、アルミニウム合金製で、型彫り放電加工により、高さ2mmの歯形形状を形成したもので、X-Z型探針の使用により、このような形状の試料の底面、側面、上面を試料の姿勢を変えることなく連続して測定することができました。また、表面形状だけではなく、底面と側面の間の直角度、底面と上面の平行度なども評価することができます。

5. 長焦点深度顕微鏡観察

微少な部品の測定を行うには、測定箇所を認識したり、細い穴内部に探針を挿入したりする作業のために、顕微鏡を使用することが必要です。ところが光学顕微

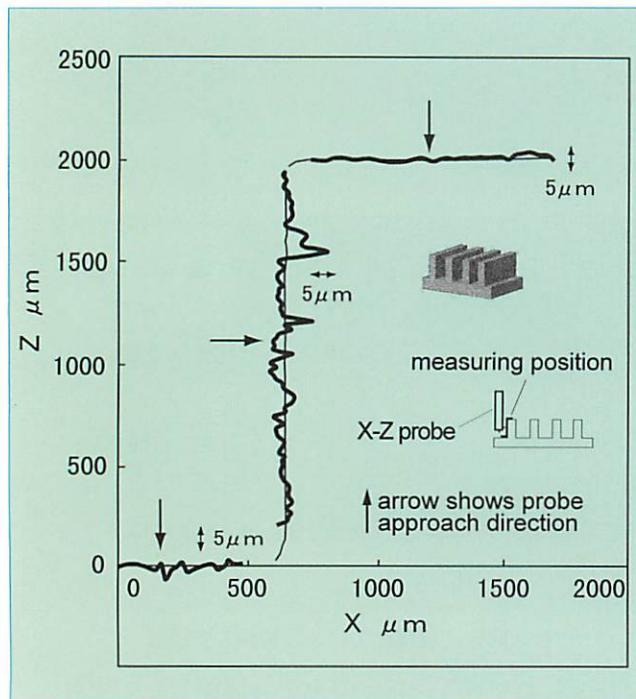


図4. 段差試料の測定結果

鏡は焦点深度に制約があり、特に像を大きく拡大しようと高倍率の対物レンズを使用するほど、焦点深度が浅くなり、ある箇所にピントを合わせると他の部分がぼけてしまい全体像を見ることができません。このため、図1に示すように、CCDカメラを装着した光学顕微鏡を使用しますが、焦点深度が不足するため、画像処理により長焦点深度顕微鏡画像を合成するシステムを使用しています。

図5が観察結果の一例で、小型のリレーを見たものです。上2枚及び左下に示す部分的にピントのぼけた画像のうちのピントの合った部分を合成して、右下のように鮮明な像を得ることができます。穴の内部へ探針を挿入する過程などに、この長焦点顕微鏡画像を併用し、良い結果を得ています。

6. おわりに

欧米でのマイクロマシンの研究が、シリコンプロセス主体であるのに対し、日本では、従来の機械加工の微小化を含めた幅広い観点からの研究が進められています。小型で、高機能の機器の製造が我が国の独壇場であるように、コンパクト化の技術は日本人の最も得意とする分野ではないかと思います。この意味から、今後も計測のマイクロ化に取り組んで行きたいと思っております。

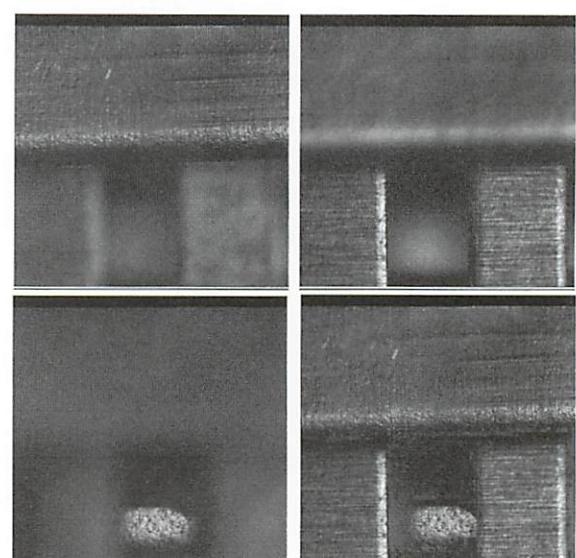


図5. 長焦点深度顕微鏡観察

平成9年度事業報告の概要

I マイクロマシンに関する調査及び研究

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」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立することを目標とし、平成9年度は以下の研究開発を行いました。

(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した。移動デバイスや、マイクロ波及び光によるエネルギー供給・通信デバイス、異物等の画像を撮影・伝送するマイクロ視覚デバイスのシステム化等の研究開発を行いました。

② システム化技術の研究開発（細管群外部検査システム）

多数の単体マシンが検査対象の形態に応じて連結や分離をすることが可能な機能をもつマイクロマシン試作システムの作製を通じてシステム化技術の研究開発を行いました。本体を駆動する駆動デバイスと減速・走行デバイス、及び単体マシンを複数個連結するためのマイクロコネクタのシステム化等の研究開発を行いました。

③ システム化技術の研究開発（機器内部作業システム）

多様な構造の機器内部に進入し、内部の微小傷の計測や補修作業が可能な機能をもつマイクロマシン試作システムの作製を通じてシステム化技術の研究開発を行いました。多自由度湾曲管状機構や補修用マニピュレータ、小型ジャイロによる姿勢検出デバイス、及び光スキャナによるモニタリングデバイスのシステム化等の研究開発を行いました。

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した。人工筋肉、マイクロジョイント、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及び光駆動自由関節デバイス等の研究開発を行いました。

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した。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行いました。

⑥ 総合調査研究

将来の発電施設の保全作業に必要なメンテナンス

用マイクロマシンの基本設計を行うメンテナンス用マイクロマシンの調査研究、及びメンテナンス分野での活用が期待されるマイクロマシンシステムについての先導的な調査研究を行うマイクロマシン技術総合調査研究を行いました。また、工業技術院機械技術研究所と微小デバイスの特性解析に関する共同研究を行いました。

(2) マイクロファクトリ技術開発

① マイクロ加工・組立技術の研究開発

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

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行いました。また、工業技術院機械技術研究所と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、将来のマイクロファクトリシステムの概念構築等のマイクロファクトリ技術に関する共同研究を行いました。

(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」の主要構成要素の機能デバイスとな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行いました。また、医薬品をはじめとして種々の液体を正確かつ極微量に調合できる超小型の液体合成システム実現のための研究を行いました。

② 総合調査研究

将来医療応用分野におけるマイクロマシンシステムの活用についての先導的な調査研究を行うマイクロマシン技術総合調査研究を行いました。また、工業技術院機械技術研究所とマイクロマシンの設計・製作基盤技術に関する共同研究を行いました。さらに、国際共同研究事業（NEDOバイオ、新素材に関わる国際共同研究事業）として、「LIGAによる微細放電加工用電極の作製に関する研究」を米国のウェスコン大学に研究員を派遣して共同研究を行いました。

2. マイクロマシン用材料に関する研究（機械技術研究所との共同研究）

マイクロマシン材料に関して工業技術院機械技術研究所と共同研究で、①微小機能要素の動作環境に関する研究、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を行いました。

3. マイクロマシンの基礎技術に関する調査研究（日

本小型自動車振興会からの補助事業:産学共同研究の推進)

多様なマイクロマシンシステムの構築に必要なマイクロ理工学及び設計技術に関する8テーマについて、技術シーズを探査し、産学共同研究を行いました。

4. マイクロマシン技術による新産業創出に関する調査研究 (社)日本機械工業連合会からの受託研究)

マイクロマシン技術の主要な応用分野及びアプリケーションを抽出し、既存の産業・社会構造の変化及び新規の産業の創出へ与える効果について調査研究を行いました。

5. 21世紀の生活様式におけるマイクロマシンの応用可能性に関する調査研究 ((財)機械システム振興協会からの受託研究)

マイクロマシン技術のアプリケーション調査研究として、21世紀(四半世紀後)の日常生活の視点からのマイクロマシン技術の応用可能性に関して調査研究を行いました。

6. マイクロマシン技術国内外研究開発動向調査

マイクロマシン関連の研究に取り組んでいる内外の大学・研究機関・民間企業を抽出して、研究者、研究課題、研究内容、研究成果及び研究組織等について調査を行い、研究開発動向を分析・整理しました。

7. 長期技術構想の検討

21世紀における当財團のマイクロマシン振興の方策を検討することを目的に、21世紀においてマイクロマシン技術が新産業創出の中核となるために必要な今後の研究開発課題を抽出しました。

II マイクロマシンに関する情報の収集及び提供業務

①マイクロマシンに関する情報並びに資料として定期刊行物、図書、その他の資料を収集・整備しました。②このうち主要資料については抄録誌「マイクロマシンインデックス」として、定期的に発行し、関係者に提供しました。③また、インターネットを利用し、英文広報誌及びマイクロマシン技術関連イベント情報等を発信しました。

III マイクロマシンに関する内外関係機関との交流及び協力事業

1. マイクロマシン技術に関する研究助成

マイクロマシンに関する基礎的な研究に取り組んでいる大学の研究者に対し研究助成を行い、マイクロマシン技術の一層の進展と、産学交流の一層の促進を図るため、平成9年度(第5回)の研究助成課題の募集を行い、新規8課題、継続4課題、合計12課題の「研究助成」を行いました。

2. 第3回マイクロサミットへの参加

平成9年4月にカナダのバンクーバーで開催された「第3回マイクロマシンサミット」に参加しました。会議では、首席代表による各国・地域のマイクロマシンに関する活動状況の紹介に加え、標準化、ヘルスケア、環境、新展開&新材料、輸送、技術情報といった観点でのマイクロマシン技術について討議が行われました。

3. 欧州セミナー及びイスセミナーの開催

平成9年6月にフィンランド、デンマーク、フランスで、現地研究機関と共同で「欧州セミナー」を開催し、産業界との技術交流を行いました。また、平成10年2月にスイスのインターラーケンで、JETROと協力して、日本とスイス相互の技術交流を目的とした「ス

イスセミナー」を開催しました。

4. 中国清華大学との日中共同ワークショップの開催

平成9年9月に中国の北京の清華大学で、当財團及び清華大学共催の「日中共同ワークショップ」を開催しました。

5. 第3回国際マイクロマシンシンポジウムの開催

平成9年10月に東京の科学技術サイエンスホールで、「マイクロマシン技術-次世代の産業技術の基盤」をテーマとした第3回国際マイクロマシンシンポジウムを(財)日本産業技術振興協会との共催で実施しました。本シンポジウムでは、マイクロマシン技術に関し、各国における研究開発成果、適用状況等の発表とともに、第2期計画の2年度である工業技術院の産業科学技術研究開発制度プロジェクトの紹介を通じて、内外の学識経験者の意見交換を行いました。

6. MEMS98への参加

平成10年1月にドイツのハイデルベルグで開催された「MEMS98に参加」するとともに、訪欧調査団を派遣しました。

IV マイクロマシンに関する標準化の推進 (一部)

(社)日本機械工業連合会からの受託研究)

平成8年度に引き続き、マイクロマシン技術の標準化に必要とみなされる220語の関連専門用語のうち、残りの117語の英訳を行い、英語用語集を作成した。また、計測評価法は、平成8年度までのデータの見直しを行うとともに詳細な調査を行い、材料特性に関する計測評価法は、JIS規格の現状と対比し調査を継続しました。さらに、初めての「マイクロマシン標準化国際ワークショップ東京'97」を開催し、今後の基本展開の共通認識を得ました。

V マイクロマシンに関する普及啓発事業

1. 広報誌の発行

和文・英文広報誌を各4冊を発行しました。

2. マイクロマシン絵画コンテストの実施

賛助会員の協力を得て、「第4回マイクロマシン絵画コンテスト」を実施しました。茨城県千代田町、兵庫県明石市、長崎県飯盛町の小中学校合わせて5校から411点の応募があり、入選作品14点について表彰しました。

3. ポータブル展示品の製作

産業技術研究開発制度のプロジェクトの成果を出来るだけ具体的な形にして多くの方々に理解して頂くための「マイクロマシンポータブル展示品」を賛助会員の協力を得て昨年度の4点に引き続き、本年度は5点を製作しました。

4. 事業紹介・普及啓発用ビデオの制作

産業科学技術研究開発制度プロジェクトの最新成果を簡潔に纏めたビデオを作成しました。

5. 国内マイクロマシンセミナーの開催

マイクロマシン技術の研究開発に关心を持つ方々を対象として、平成9年9月に富山市、平成10年1月に那覇市で「国内マイクロマシンセミナー」を開催しました。

6. 第8回マイクロマシン展の開催

平成9年10月に東京の科学技術館で「第8回マイクロマシン展」を開催しました。出展者は、企業・大学・団体48の70企業・団体で、3日間の来場者数は約3,300名でした。

第4回マイクロマシン技術研究助成の概要

財団法人マイクロマシンセンターは、通商産業省工業技術院の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」を新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）より受託し、その研究開発を進めるとともに、マイクロマシン技術に関する各種の調査研究や普及啓発を図るための各種の自主事業を行っております。

この研究助成制度はマイクロマシンセンターの自主事業の一環として、平成5年度より募集を開始したも

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うとともに、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ようとするものです。

このたび、第4回（平成8年度）研究助成で、研究期間が1年間の3テーマと平成7年度より継続していました6テーマが終了しましたので、主な研究成果の要旨を次頁以降にまとめました。

マイクロマシン技術に関する研究助成課題

研究課題	研究代表者 共同研究者 氏名	所属機関 名称・職名	研究期間
(平成7年度助成研究)			
可逆的マイクロポンディング	細田直江	東京大学 先端科学技術研究センター 助手	2年
マイクロ光造形法を用いたマイクロ集積流体システムの研究	生田幸士	名古屋大学 工学部 教授	2年
ON-OFF特性をもつ高分子ミクロスフェアの機能開発	川口春馬	慶應義塾大学 理工学部 教授	2年
高アスペクト比X線リソグラフィによる分布型マイクロアクチュエータの研究	杉山進	立命館大学 理工学部 教授	2年
マイクロ流れの3次元計測技術の開発	鳥居薰 西野耕一	横浜国立大学 同上 教授 助教授	2年
ER流体を用いた光マイクロアクチュエータの研究	中田毅	東京電機大学 工学部 教授	2年
(平成8年度助成研究)			
センチサイズロボット群によるマイクロデバイス生成法の開発と応用	青山尚之 佐々木彰	電気通信大学 機械制御工学科 静岡大学 工学部 助教授 教授	1年
レーザ加工を用いたフレキシブルチューブアクチュエータの製作	南和幸	東北大学 工学部 講師	1年
誘導電荷による圧電アクチュエータの状態認識	古谷克司 毛利尚武	豊田工業大学大学院 工学研究科 同上 講師 教授	1年

第6回（平成10年度）「マイクロマシン技術に関する研究助成課題の募集要領」

- 研究助成の対象
マイクロマシンの基盤技術、機能要素技術、システム化技術に関する基礎的研究。
- 研究期間
テーマA：平成11年4月～平成12年3月31日
テーマB：平成11年4月～平成13年3月31日
- 課題募集期間と課題決定及び助成金交付時期
募集期間：平成10年7月1日～10月31日
決定時期：平成11年3月上旬
助成金の交付：平成11年3月下旬
- 応募方法
応募用紙の請求は、下記財団法人マイクロマシンセンターへ送付先を明記のうえ、Faxにて請求してください。
(Fax: 03-5294-7137)

- 応募資格
マイクロマシン連合に加盟する学協会等に所属する大学教員（教授、助教授、講師及び助手）
- その他
 - 助成金総額：1,500万円程度
(1件につき、テーマAは200万円、テーマBは300万円を限度とする)
 - 本事業は、産学交流の促進を目的の一つとしているため、助成の決定後、マイクロマシンセンターの賛助会員企業等との共同研究をお願いすることがあります。
 - 問合せ先：財団法人マイクロマシンセンター研究部
(担当：程野)

可逆的マイクロボンディング

東京大学 先端科学技術研究センター 微小製造科学分野 助手 細田 直江

地球規模の環境破壊は現代人の抱える深刻な問題の一つとなっています。地球の環境は循環という閉ループによってこれまで安定を保っていましたが、人類の大規模な工業的生産活動を開始して以来そのバランスが崩され、循環機能がうまく働かなくなっています。こうした状況に至ったのは工業的生産活動の中に広い視野での物質の循環という思考が欠如していたためです。このような思想による生産活動の結果として資源の枯渇、環境の悪化、廃棄物の増大などを引き起こしています。現在、盛んに研究が進められているマイクロマシンのミクロの世界での環境問題はどうでしょうか。ミクロの世界においてもほとんどの場合物質の循環という思考での設計・開発は行われていないのが現状です。環境保護の立場からマイクロマシンに於いても部品や材料レベルでのリサイクル設計を取り入れたアセンブリ技術の開発は重要な課題です。

本研究では、循環型製造物の設計にとって重要な要素技術となる可逆的インターコネクションをマイクロマシンのアセンブリに取り入れることを提案し、試みました。

ここで提案している方法は異種材料を低温で接合し、水素を利用して界面で分離するものです。分離は水素を吸収すると膨張し、微粉化する性質を持つ水素吸蔵合金をインサート層としてあらかじめ界面に挿入することにより実現するものです (Fig. 1)。接合体は界面

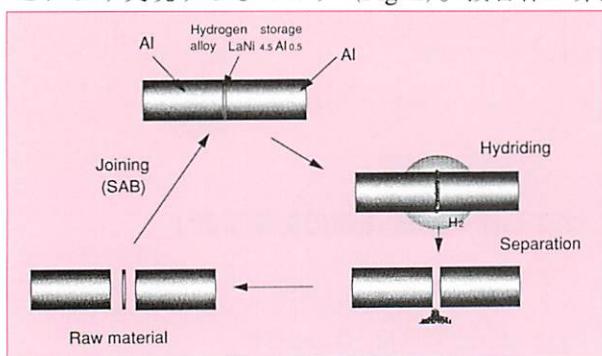


Fig.1 Reversible micro-bonding using hydrogen storage alloy.

に挿入した水素吸蔵合金が微粉化して分離するため、水素吸蔵合金及び接合されていた材料は精錬プロセスなしに再利用することができます。また分離するときに使用した水素も回収して繰り返し使用することも可能です。ここでは、水素吸蔵合金の一つである $\text{LaNi}_{4.5}\text{Al}_{0.5}$ を例として実験を行いました。接合界面で分離することのできる可逆的マイクロボンディングを

実現するために、界面で反応層を形成するものは望ましくないため、接合は低温で行うことが望ましくここでは、表面活性化による常温接合法(SAB)を適用し、検討しました。

真空中でアルゴン高速原子線を接合材料表面に照射し、オージェ電子分光分析により表面上の不純物元素の変化を観察し、接合強度との関係を調査しました。その結果、接合界面の凝着力は表面上の不純物元素の減少とともに増大することが確認されました。 $\text{LaNi}_{4.5}\text{Al}_{0.5}$ と Al、ハンダボールは常温でも接合が可能であり充分な強度が得られる事が確認されました。

分離実験は接合体を 3MPa の水素ガスに曝して行いました。合金は $1\ \mu\text{m}$ 程度のサイズまで微粉化しながら接合体界面から剥離しました。これに対し Cu と $1\ \mu\text{m}$ 厚さの $\text{LaNi}_{4.5}\text{Al}_{0.5}$ 合金薄膜の多層構造の場合は、水素への露出によって薄膜が膨張し、基板から薄膜状のまま剥離することが観察されました (Fig. 2)。微粉化の

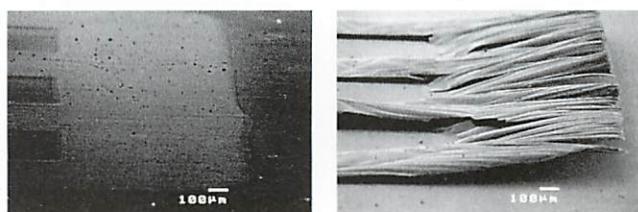


Fig.2 Separation of $\text{Cu/LaNi}_{4.5}\text{Al}_{0.5}$ film from Cu substrate using hydrogen.

最小サイズと水素吸収による内部歪みは相関あると考えられ、薄膜が微粉化しなかったのは $1\ \mu\text{m}$ 程度の厚さでは十分な応力が蓄えられず、さらに薄膜の水素吸収量がバルクより通常小さい事などが原因として考えられます。合金の厚さによって剥離の形態は異なるものの水素吸蔵合金を利用した接合体は界面で分離できることが確認されました。合金薄膜の面積を $0.16\text{--}25\text{mm}^2$ の間で分離実験を行いましたが微小な面積においても水素で剥離できることが確認できました。

本研究では、リサイクル性の高いマイクロマシンの設計を接合という視点から考え直し、これまで考慮されていなかった複合材料の界面での分離をデザインした接合技術を提案し、研究を行ないました。水素をマイクロマシン分離のツールとして利用することで複雑な位置に存在する細かい接続部であっても一度に全個所を分離できる事が期待できます。可逆的マイクロボンディングは、循環型のマイクロマシンの製造技術の新たな手法として貢献していくものと今後期待されます。

マイクロ光造形法を用いたマイクロ集積流体システムの研究

名古屋大学 工学研究科 マイクロシステム工学専攻 教授 生田 幸士

1. 緒 言

近年、医療、バイオテクノロジ、生化学などの分野で、分析や合成を目的とした化学装置のマイクロ化に大きな期待が寄せられている。

筆者らは1993年に「マイクロ集積流体システム」(Micro Integrated Fluid System : MIFS) を提案し開発研究を行ってきた。

MIFSの基本概念は、シリコンプロセスで製作するセンサや演算回路を含む基盤上に、光硬化性樹脂を順次硬化させミクロンスケールの任意3次元構造を作製する「マイクロ光造形法 (IHプロセス)」を用いて立体的な流体回路を一体成形するものである。

本手法は従来のシリコンプロセスで流体システムを製作する場合の限界を打破する可能性を秘める。さらに最近では、MIFSの概念を生化学系などより広範な化学反応系に拡張した「化学IC」へと発展させてきた。

今回の研究では、タンパク合成反応のリアルタイム検出・制御を目的とした光センサ型マイクロリアクタと反応制御システムを開発し、ホタルの発光タンパクの化学活性の動的制御を実証した。

2. 光センサ型マイクロリアクタ

図1が今回試作した光センサ型マイクロリアクタである。反応検出用光センサと増幅回路を含むシリコン基盤上に、マイクロ光造形法を用いてポリマー製リアクタ、流路を製作した。リアクタサイズは $1.8 \times 2.2\text{mm}$ で、容量は 3.5pL である。リアクタは3つの注入口と1つの排出口を持つ。注入用マイクロ流路からサンプル液、反応試薬、洗浄液を送り込むことができ、リアクタ内で合成された生成物は排出口から取り出すことができる。

各マイクロ流路とリアクタとの結合部分は逆流防止形状にした「バルブレス構造」となっている。本マイクロリアクタではリアクタ内で生じる化学反応を発光強度や吸光度変化として検出できる。

本試作チップの特長は下記である。

- 1) 非接触式センシング……長期安定性
- 2) 光検出型……高応答性
- 3) バルブレス構造……シンプルな製作
- 4) 透明デバイス……内部観察容易

3. 生化学反応制御の実証実験

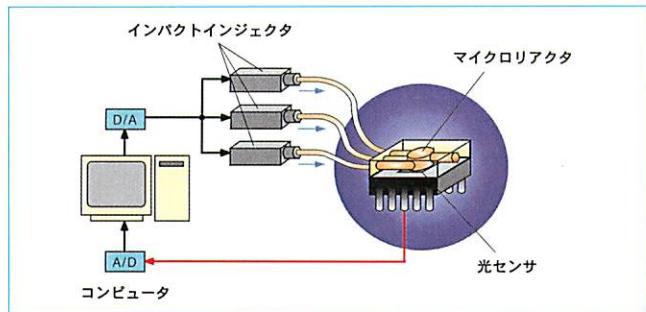


図2. 生化学反応フィードバック制御システム

図2が生化学反応を制御するための反応フィードバック制御システムである。光センサ型マイクロリアクタの他に、マイクロコンピュータ、マイクロインパクトインジェクターで構成されている。

このマイクロインパクトインジェクターは、市販のインジェクターで pL の分解能の流量制御は不可能なため、本研究室で新規開発した。

図3がマイクロリアクタ内で発光反応が起こっている状態である。リアクタが透明であるためリアクタからの発光が外部から容易に観察される。リアクタでの発光反応の発光量を光センサで検出し、

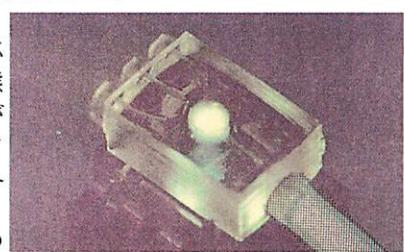


図3. マイクロリアクタ内での発光反応状態

電気信号の変化としてマイクロコンピュータに取り込み、目標発光量に追従するようマイクロインパクトインジェクターの液送り量を制御している。この結果、任意パターンの反応制御が可能となった。

反応制御システムを用いて生化学反応の検出・制御を試みた。ホタルの発光酵素であるルシフェラーゼを用いて検出実験を行った。微小空間においても生化学溶液の良好な混合と、極微量の生化学反応の検出制御に成功した。これより、本システムがタンパク合成など生化学反応に対しても有効であることが確認できた。

4. 結 言

化学ICチップの基本単位の1つである光センサ型マイクロリアクタを試作した。さらに化学反応、生化学反応を制御するための反応制御システムの構築を行い、検証実験を通してシステムの有効性を示した。現時点ではマイクロポンプ等能動素子はIC内部にはないが、今後研究を進め医用やバイオテクノロジを始めとするマイクロ化学制御装置へ発展させたい。

ON-OFF特性をもつ高分子ミクロスフェアの機能開発

慶應義塾大学 理工学部 教授 川口 春馬

1 はじめに

本研究ではサブミクロンの温度応答性高分子微粒子をマイクロマシンと考える。例えば、転移温度をもつ高分子をシェル層とし、疎水性コア部にユビキノンを担持するコアシェル粒子（図1）は、低温では媒体中

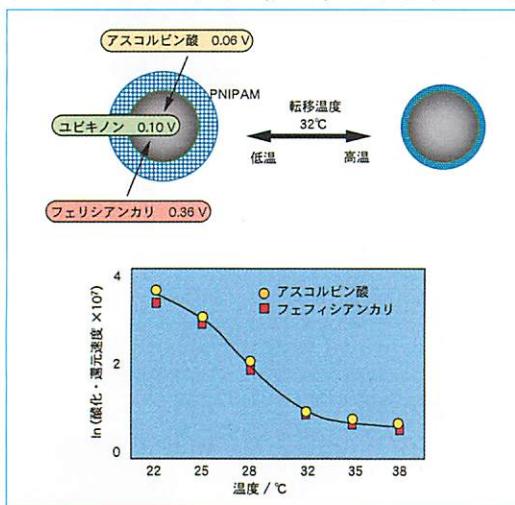


図1. 感温性高分子シェル層を介しての酸化還元反応速度の温度制御化合物の数値は酸化還元電位

の還元剤・酸化剤と酸化・還元反応を行うが、高温では反応を止めてしまう温度応答性マイクロリアクターである。感温シェル層をもつ微粒子はその他に、電気泳動のON-OFFや、タンパク質の着脱を温度で制御できる素子である。

ところがこれらの特性が、高分子の転移温度でなかなかシャープにON-OFFされない。本研究では、温度変化に対してシャープにON-OFF対応する高分子微粒子を創製することを目的とする。感温性高分子としてN-イソプロピルアクリラミド（NIPAM）のポリマー（PNIPAM、転移温度32°C）を用い、転移温度での応答のシャープさは微粒子のハイドロダイナミックサイズ（流体力学的直径）の変化から評価した。

2 研究成果

2.1 シェルがゲルである粒子の作製と特性

これまで我々が扱ってきた温度応答性高分子微粒子は、図2Aに示す2段階ソープフリー乳化重合、あるいはコア粒子上への感温成分の沈殿重合で作製されるものである。これらの粒子のシェルの架橋密度を減らしていくと粒子の温度応答性の（ここではハイドロダイナミックサイズの変化）幅およびシャープさが増してゆく。しかし、転移温度で不連続に変化するまでにはいかない。そこで、2段目の重合を架橋剤を加えず、行ってみたが、得られた粒子はシェル層が固定されず、温度応答性の乏しいものであった。ゲルのシェル中の

イオン基に、分子鎖の反発・シャープな応答発現を期待したが有効でなかった。

2.2 シェルがヘア層である粒子の作製と特性

コア粒子から感温性高分子鎖がヘア状に水相にでている粒子が、シャープな温度特性を示すと考えた。ヘアシェル粒子は、図2Bに示すコア粒子へのグラフト

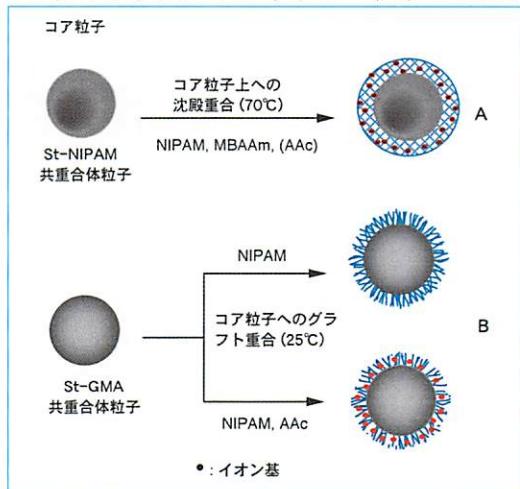


図2. 感温粒子の作製

重合により作製した。アクリル酸を共重合することによりイオン基を導入した。イオン基を含まない粒子および大量のイオン基を含む粒子は緩慢な温度応答性を示した。それに対して、適度の量のアクリル酸解離基を含むヘア層をもつ粒子は、極めてシャープな温度応答を示した。すなわちAAcを1%、0.1%、0.02%含むPNIPAM鎖はそれぞれpH4.0、5.0、7.4の時、最も顕著な不連続を示した（図3）。この不連続性は電気泳動移動度でも確認された。

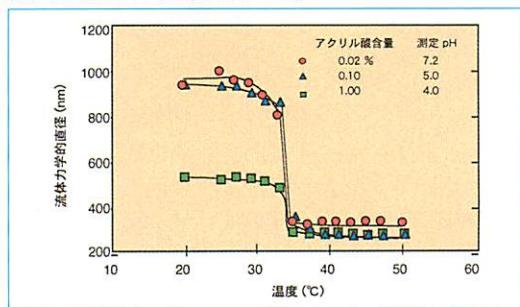


図3. イオン基を含む感温ヘアをもつ粒子のサイズの温度依存性

3 まとめ

感温高分子を、化学架橋も物理架橋も形成しないヘア状にしたシェル層をもつ粒子は感温高分子の転移温度でON-OFF応答を示した。上記の条件を満たすのに必要なゲル中イオン基量は0.02%で十分で、バルクゲルの場合と著しく異なることが明らかになった。

高アスペクト比X線リソグラフィによる分布型マイクロアクチュエータの研究

立命館大学 理工学部 ロボティクス学科 教授 杉山 進

1. はじめに

LIGA (Lithographie, Galvanoformung, Abformung) プロセスは $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上の厚い高分子レジストに、X線リソグラフィーによって高アスペクト比（幅に対する深さの比が大きい）の溝加工を行い、これを鋳型としてめっき浴に金属を堆積（電鋳）させる転写プロセスです。X線源として直進性の良いシンクロトロン放射（SR）光を用いることから高精度の立体構造を作ることができ、超精密マイクロパーツや高機能マイクロセンサ、アクチュエータの加工に期待されています。

本研究は1996年4月に稼働開始した立命館大学の超伝導小型SR光源「AURORA」を用いたLIGAプロセスの開発とマイクロアクチュエータへの応用研究です。

2. 研究成果

厚いPMMA（ポリメチルメタクリレート）レジストの形成を、ポリマー、モノマー、重合開始剤、硬化剤の混合剤からなる未重合レジストを型枠内に滴下し重合させるキャスティング法と、あらかじめ重合させ厚さ調整済みのPMMAシートをモノマーで基板に接着する方法の二つを使い分け、金属やSi基板上に $50\text{ }\mu\text{m} \sim 2\text{mm}$ 厚のPMMAレジスト層を形成することができました。

SR光源のエネルギー575MeV、光源からの距離3m、X線エネルギー領域1.7~8 keV（波長0.15~0.73nm）、ビーム電流約300mAにおいて露光し、GG現像液（60% 2-(2-butoxy-ethoxy) ethanol, 20% tetra-hydro-1,4-oxazine, 5% 2-amino-ethanol-1及び15%水）を用い、厚さ1mmまでのPMMAレジストを加工することができました。

X線吸収体として $5 \sim 7\text{ }\mu\text{m}$ 厚のAu、メンブレンとして $2\text{ }\mu\text{m}$ 厚のSiCまたは多結晶Siを用いたX線マスクを開発し $200\text{ }\mu\text{m}$ 厚以上のPMMAレジストにパターン転写・加工することができました。

転写・加工した $200\text{ }\mu\text{m}$ 厚のPMMAレジストを鋳型とし、めっき浴に350g/lのスルホン酸ニッケル、30g/lのホウ酸の混合液を用い電鋳めっきを行い、高さ $200\text{ }\mu\text{m}$ 、最小線幅 $2\text{ }\mu\text{m}$ 、最大アスペクト比100のNi構造体を加工することができました。図1にその加工例を示します。

以上の要素プロセスを組み合わせマイクロアクチュエータの基本構造を試作しました。図2は高さ $100\text{ }\mu\text{m}$ 、最小電極間ギャップ $2\text{ }\mu\text{m}$ の歯車電極型リニアアクチュエータの試作例を示します。負荷1mg、印加電圧70Vにおいて共振周波数3.2kHz、可動範囲 $\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ が期待できます。図3は直径1mm、高さ $100\text{ }\mu\text{m}$ 、最小電極間ギャップ $2\text{ }\mu\text{m}$ のワブルモーターの試作例を示しま

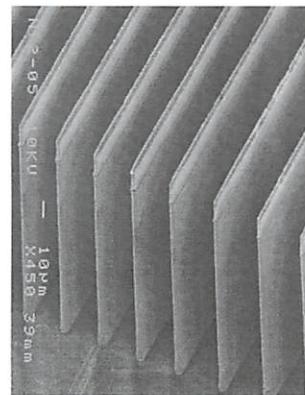


図1. 最小線幅 $2\text{ }\mu\text{m}$ 、高さ $200\text{ }\mu\text{m}$ 、最大アスペクト比100のNi構造体のLIGAプロセス加工例。

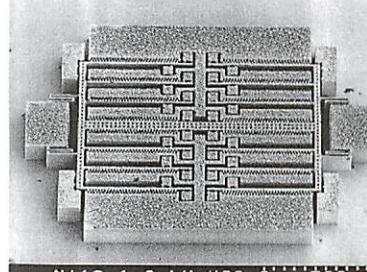


図2. 外形 $1.6\text{ mm} \times 1.2\text{ mm}$ 、高さ $100\text{ }\mu\text{m}$ 、最小電極間ギャップ $2\text{ }\mu\text{m}$ の歯車電極型リニアアクチュエータの試作例。

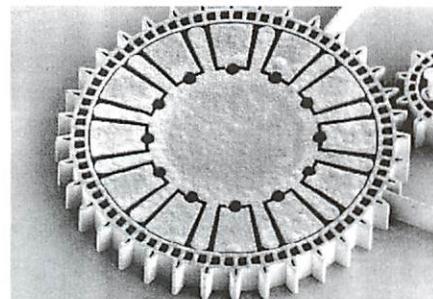


図3. 直径 1 mm 、高さ $100\text{ }\mu\text{m}$ 、最小電極間ギャップ $2\text{ }\mu\text{m}$ のワブルモーターの試作例。

す。駆動電圧80Vで 2.8nNm の静止トルクが期待できます。

3.まとめ

超伝導小型SR光源「AURORA」がLIGAプロセスに十分適応できることを示し、X線リソグラフィー、電鋳めっきの実験結果を通じLIGAプロセスの可能性と課題を明らかにすることことができました。プロセスコストと製品の付加価値とのバランス、サーフェスマイクロマシニングや集積回路との適合をはかり、マイクロセンサ、アクチュエータの高精度、高出力化や、光学、情報通信、バイオ、医療機器分野などでの新しい応用展望が期待できます。

「マイクロ流れの3次元計測技術の開発」研究成果概要

横浜国立大学 工学部 生産工学科 教授 鳥居 薫

横浜国立大学大学院 工学研究科 人工環境システム学専攻 助教授 西野 耕一

1. はじめに

マイクロマシンは微小であるが故に周囲流体からの流体力学的な影響を強く受ける。周囲流体が混相流体や非ニュートン流体の場合には流体力学的影響の解析的・数値的評価は未だ困難で、何等かの方法で計測せざるを得ない。しかしながら、これまでのようなセンサ挿入型の計測手法はマイクロ流れには適用できず、新たな計測技術の開発が望まれている。本研究の目的は、マイクロ流れの3次元速度場計測を目指して、顕微鏡ステレオ撮影を利用した非挿入型・非接触型の新しい計測技術を確立することにある。さらに、水あるいは希薄高分子水溶液を作動流体とするマイクロチャネル流を測定し、本計測技術の検証ならびにマイクロ流れにおける非ニュートン流体効果の理解を目的とする。

2. 計測原理と方法

本計測技術は流れの中の微小トレーサ粒子の動きを追跡するPTV (Particle Tracking Velocimetry) を原理とする。短い時間間隔で撮影された2時刻のトレーサ粒子像の移動距離から流速を算出する。計測の空間分解能はトレーサ粒子径で定まり、光学的には $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度にまで空間分解能を高めることが可能である。

マイクロ流れの速度分布を測定するためには、トレーサ粒子の3次元位置を精度よく知る必要がある。本計測技術では2台のCCDカメラを用いた顕微鏡ステレオ撮影を行うことによって、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度の測定精度でトレーサ粒子の3次元位置を特定することができる(図1)。CCDカメラの視線交差角は60度で、発光半値幅3 μs のストロボ装置を用いてダブルパルス照明を行う。

3. マイクロチャネル流の測定

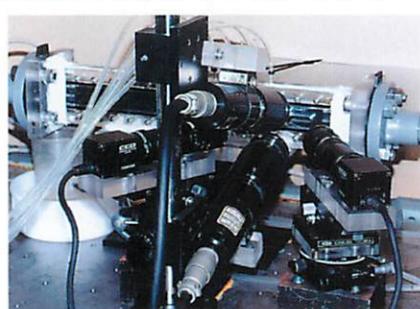


図1. マイクロ流れの3次元計測システム

チャネル高さ2mm、幅20mmの水を作動流体とするマイクロチャネルを作成し、速度3成分の測定を行った。まず、レイノルズ数=9.5の低速の層流状態を測定し、流れ方向平均速度分布が理論解と一致することを確認した。次に、中心流速4.8m/s、レイノルズ数=9700の乱流状態を測定し、流れ方向平均速度分布が過去の測定結果と良好に一致し、速度変動3成分のrms値についても測定結果がほぼ妥当であることを示した(図2)。これらの検証実験により、本計測技術が低速から高速までのマイクロ流れに適用可能であることを示した。

極少量の鎖状高分子を溶解させた水溶液は乱流状態

で劇的な摩擦抵抗低減を示すことが知られており、Toms効果と呼ばれる。乱流状態にあるマイクロ流れでは乱れの長さスケールが鎖状高分子の長さスケールに近づくため、これまで知られている乱流摩擦抵抗低減とは異なる効果の出現が期待される。また、マイクロマシンが動作する周囲流体には種々の非ニュートン流体が含まれており、希薄高分子溶液の測定はその第一歩として重要なである。本研究ではポリエチレンギリコール(製品名:アルコックス、分子式: $\text{HO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)を300ppm溶解させた水溶液を作動流体としてマイクロチャネルに流した。測定の結果、マイクロ流れでは摩擦抵抗低減は高々5%程度に過ぎないこと、流れ方向平均速度分布は極度に平坦化し、通説である層流化とは全く異なる分布を示すこと(図3)、分子量の大きな高分子の方がそのような特徴が顕著であること、などを明らかにした。

4. まとめ

顕微鏡ステレオ撮影に基づくマイクロ流れの3次元計測技術を開発し、水を作動流体とするマイクロチャネル流の測定によって低速から高速まで幅広く適用可能であることを検証した。また、非ニュートン流体の一種である希薄高分子溶液の乱流状態を測定し、従来の乱流摩擦抵抗低減では説明できない現象が出現することを明らかにした。今後のさらなる研究が必要であるが、本研究成果は流れのマイクロ化が混相流体や非ニュートン流体の運動に新たな効果を及ぼし得ることを示唆するもので、今後のマイクロマシン関連の流体研究にとって意義深いものと考えられる。

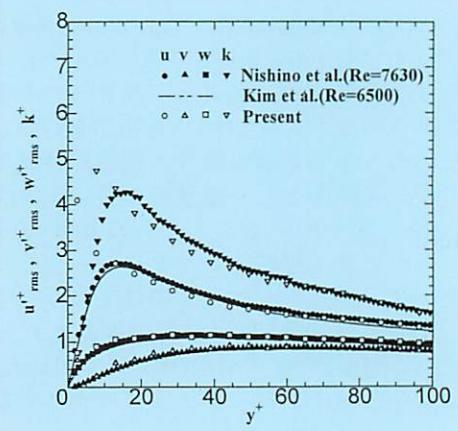


図2. 水を作動流体とするマイクロチャネル流の速度変動3成分のrms値と乱れエネルギーの測定結果

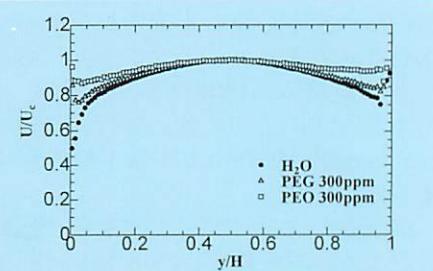


図3. 希薄高分子水溶液における平均速度分布

ER流体を用いた光マイクロアクチュエータの研究

東京電機大学 工学部精密機械工学科 教授 中田 肇

1. はじめに

圧電現象、静電現象など新しい原理に基づいたマイクロアクチュエータの開発とその高性能化、高機能化など多様なマイクロアクチュエータ技術の確立が強く求められています。本研究では、動力伝達媒体としてER流体を、また光電源としてPLZT素子を用いることにより無索で、電磁ノイズ干渉に強いマイクロアクチュエータ系実現の可能性を明らかにすることを目的としています。

2. 光マイクロアクチュエータ系の原理

ER流体は、絶縁性油中に分散質としてある種の微小粒子を分散した二相流体です。図1に示す平行電極

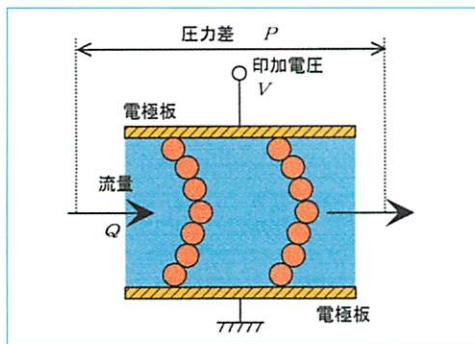


図1. ER効果とERバルブの原理

板間にER流体を流し、電極板間に電界を加えると、その強度の増加とともにER流体の見かけの粘度が増加するという特性(ER効果)を有しており、機械的可動部の無い制御弁(ERバルブ)が実現できるものと期待されています。一方、PLZT素子(図2)は、波

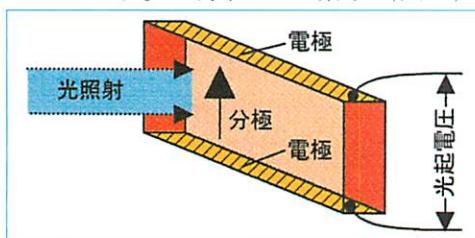


図2. PLZT素子の光起電力効果

長が365nm程度の紫外光を照射すると約3kV/cmという高い光起電圧を誘起する特性(光起電力効果)を有する機能性圧電セラミックスです。

したがって、ER効果を用いた流体駆動系とPLZT素子の光起電力効果を用いたエネルギー供給系の両者を融合すれば、構造が簡単かつ、無索で電磁ノイズ干渉

に強い光マイクロアクチュエータ系(図3)が実現可能と考えられます。

3. 研究成果

図3に示す光マイクロアクチュエータ系実現の第一

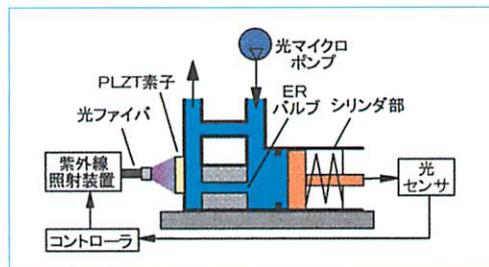


図3. 光アクチュエータの概念図

歩として、PLZT素子を用いた光電源によるERバルブの制御可能性を検討しました。すなわち、図1に示す平行板電極(ERバルブ、電極間距離は0.1mm)に光電源として図2に示すPLZT素子を接続し、ER流体を流した状態において、この素子への紫外光の照射、遮光を行い、そのとき素子に誘起される光起電圧とERバルブ前後の圧力差を実測しました(図4)。その際、PLZT素子とERバルブのインピーダンス整合を最適化する必要があり、理論解析結果にもとづいてPLZT素子の形状の最適化を図っています。図4によれば、紫外光の照射、遮光とともに圧力差の変化が認められ、光電源によるERバルブの制御の可能性が明らかになりました。

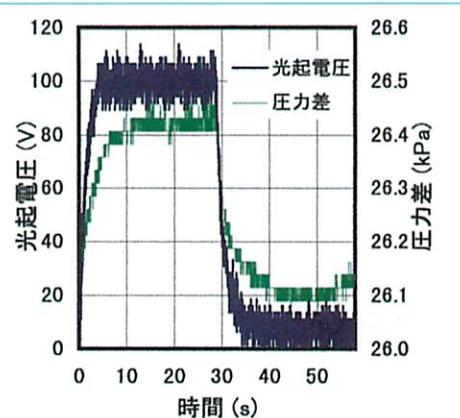


図4. PLZT素子の光起電圧とERバルブの圧力変化

4. おわりに

ER流体など各種機能性流体のアクチュエータへの応用・開発研究が進められていますが、PLZT素子をはじめとする光エネルギー供給系との融合により新しい概念の光マイクロアクチュエータ系の将来が拓かれました。

センチサイズロボット群によるマイクロデバイス生成法の開発と応用

電気通信大学 機械制御工学科 助教授 青山 尚之

1. はじめに

本研究では超精密な作業を行うセンチサイズロボット（圧電素子と電磁石で構成される）を使用して、これらを蒸着やスパッタなどの物理加工法と融合させ、新たな特性を有する微小素子や微細半導体デバイスを低コストで生成することを目的としている。

従来の機械技術を用いた微細加工法では、機械のサインズに起因する位置決めの不確実性のためもはや加工精度の限界に達していると指摘されている。一方、LSI 製造技術に代表されるマイクロデバイスの生成法では莫大な費用とエネルギーが必要であり、各種反応性のガスは環境への影響も懸念されている。これまでに医療や挾持検査などへの応用を目的として、様々なマイクロ機構が開発研究されてきたが、超小型機械の特徴の一つである、超精密作業性を利用してさらに小さいマイクロデバイスを生成させる方法を提案し、システムの構築と基礎的な実験について検討を行った。

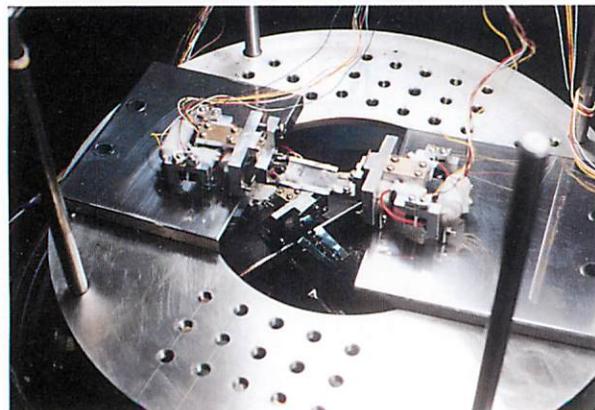
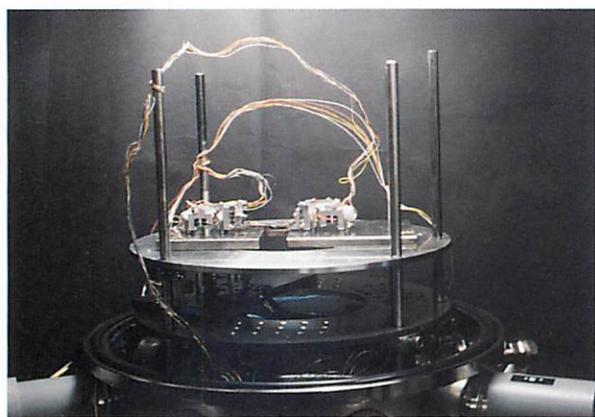


図1. 試作した実験装置

2. 研究経過と成果

図1に試作した実験装置を示す。内部には大きさが3 cm × 3 cm × 3 cmで、重さが約50gの微細作業用センチサイズロボットがあり、遠隔制御が可能である。この本体の前後には電磁石でできたコの字型の脚があり、この脚の間に取り付けた1対の圧電素子と前後の電磁石の吸着と圧電素子の伸縮のタイミングを同期させると“尺取り虫”的原理で精密に移動することができる。移動の分解能は最高で0.1ミクロンである。図2に微細素子の生成工程を示す。実験では3台のミニロボットを使用し、マスクを持ったミニロボットと試料を持ったものが精密に位置決めしながら、同時にもう1台が金属粒を高温るつぼに投入し、必要ならば熱処理を施すことで異なる金属の薄膜パターンを自在に生成することが可能であることを確認した。

3. おわり

今後、新しい微細デバイスを低コストで生成するため、さまざまな微細作業機能を有するセンチサイズロボットを数多く製作し、これらを作業課題に応じてグループ編成し自動作業できるように研究を進める。

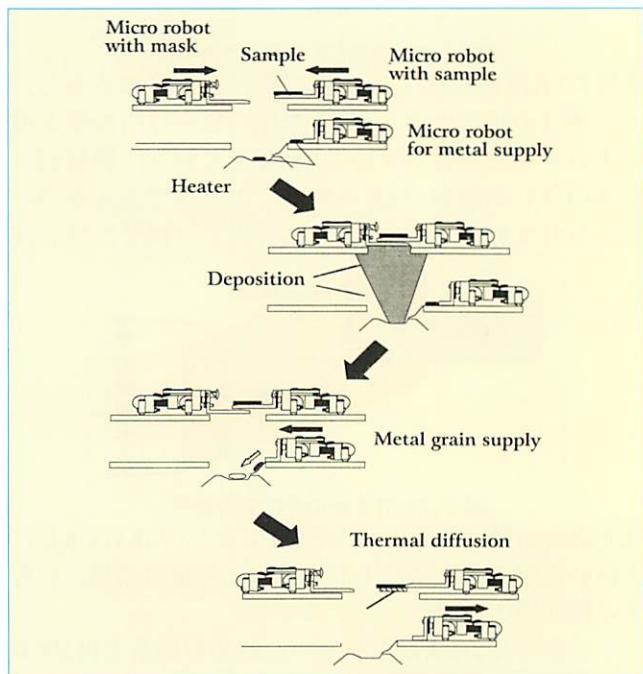


図2. 微細素子の生成工程

レーザ加工を用いたフレキシブルチューブアクチュエータの製作

東北大学大学院 工学研究科 機械電子工学専攻 講師 南 和幸

1. はじめに

マイクロマシンの重要な要素にマイクロアクチュエータがある。実用的なマイクロマシンは3次元的にセンサ、アクチュエータ、制御回路などが配置されたシステムと考えられるが、平板上に作製された微小なアクチュエータを3次元的な構造体上に実装することは困難であることが予想される。

本研究では、マイクロマシンの例として能動カテーテルのようなチューブ状のマイクロマシンを念頭に置き、上記の問題を解決するために、柔軟なチューブ状の構造体に静電アクチュエータ構造を作り込んだフレキシブルチューブアクチュエータ（ペローズ型静電マイクロアクチュエータ）を提案し、製作を行った。

2. アクチュエータの製作

図1に製作するアクチュエータの概略図を示す。静電マイクロアクチュエータ部は、薄いポリマーのペローズ状の構造体内に静電引力を発生させるための対向電極が形成されたものである。対向電極間に電圧を印加することにより収縮し、電圧を除去すると、構造体の弾性力によりもとの形状に戻る。電極が螺旋状につながっているため、外部からの配線はアクチュエータの

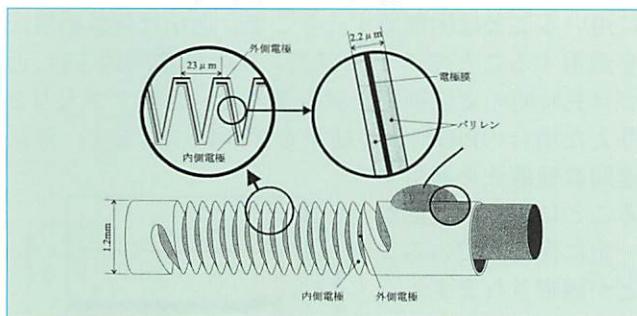


図1. フレキシブルチューブアクチュエータの概念図

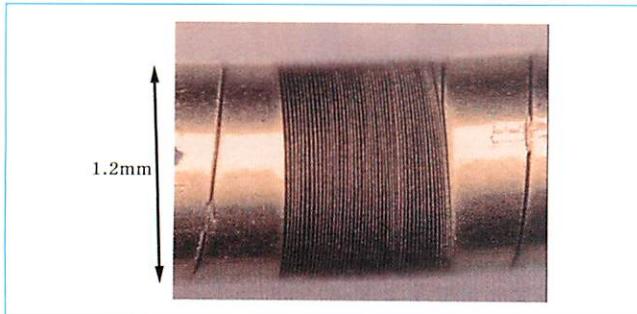


図2. 製作したフレキシブルチューブアクチュエータ

端だけに施せばよいので配線作業が容易になっている。

製作は以下のように行う。まず、外径1mmの真鍮パイプに厚さ100μmのポリイミドをコーティングし、これにエキシマレーザを用いたレーザアブレーションで螺旋状の溝を形成する。レーザアブレーションの加工特性を利用して、開口部の幅が20μm、底が5μmの静電アクチュエータに適したV字型の溝が形成できる。この上にパリレンと呼ばれるポリマーと金電極を蒸着し、最後に真鍮パイプとポリイミドをエッティングで除去して配線を付ける。

図2に製作したアクチュエータ部を示す。アクチュエータ部の長さは約1mmであり、約44山のペローズが形成されている。

3. アクチュエータの動作評価

電圧を印加することにより収縮動作を行うことが確認された。100Vで30μm変形し、変形にかかった時間は0.5msec以下であった。また、電圧-変形特性にはヒステリシス特性が見られた。そこで変形量を電極間の静電容量変化として求め、基準値と比較して駆動電圧を制御するフィードバック回路により駆動したところ、図3に示すように、ヒステリシスの無い駆動が可能になった。

4. まとめ

チューブ状の構造体に静電マイクロアクチュエータの構造を作り込んだアクチュエータを作製し、動作を確認した。レーザを用いた立体的微細加工により、3次元的な構造体に微細なアクチュエータ構造を作製できることを示した。

駆動電圧をさらに減少させる工夫と、収縮だけでなく屈曲等の動作が行える構造の実現が今後の課題である。

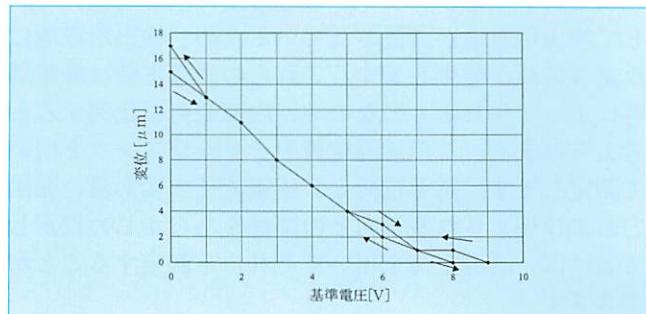


図3. 制御回路による駆動

誘導電荷による圧電アクチュエータの状態認識

豊田工業大学 大学院 工学研究科 講師 古谷 克司
同 上 教授 毛利 尚武

1. はじめに

圧電素子は小型で、微小変位が可能で、高応答性を持つアクチュエータです。そのため、各種の位置決め機構に適用されています。一般に、圧電素子の変位は印加電圧を変化させることにより制御されています。しかし、印加電圧と変位量の間にはヒステリシスが存在するので、それを低減するために、さまざまな方法が提案されています。

一方、積層型圧電素子は平板コンデンサと同様の構造を持っています。電圧印加時には、圧電素子の内部電極と平行な外壁には誘導電荷が発生します。この誘導電荷は内部に充電されている電荷に応じて変化すると考えられるので、これを測定することで、圧電素子の状態を推定することができると考えられます。誘導電荷を検出するため付加する回路は圧電素子に並列に接続されており、駆動回路とは独立に設計できるため、駆動回路の特性を制限することができません。

2. 変位の測定原理

本測定法を積層型圧電素子に適用する場合の原理を図1に示します。積層型圧電素子は、圧電体の薄板と内部電極とが交互に重ねられた構造を持っています。圧電素子の両端にその内部電極と平行に検出用電極を設置します。圧電素子に電源より電圧を印加すると、内部電極に電荷が充電されます。最も外側の内部電極に対向して検出用電極が設置されているため、検出用電極には誘導電荷が発生します。これらの誘導電荷は静電誘導によって生じるものなので、内部電荷に比例すると考えられます。この誘導電荷をチャージアンプを用いて測定します。誘導電荷と、圧電素子の変形量、発生力および加えられる外力との関係をあらかじめ校正しておけば、誘導電荷を用いてそれらを測定することができます。

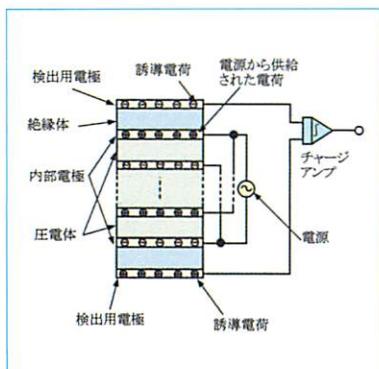


図1. 誘導電荷を利用した変位測定の原理

3. 誘導電荷の応答と位置決めへの適用

圧電素子の変位量と誘導電荷によるチャージアンプの出力電圧の関係を求めました。定常状態における関係を図2に示します。同図(a)は印加電圧と変位の関係を示し、同図(b)は誘導電荷を測定したチャージアンプの出力電圧と変位の関係を示しています。圧電素子にステップ状の電圧を印加した場合の変位と誘導電荷の過渡応答を比較した結果、ほぼ一致していました。

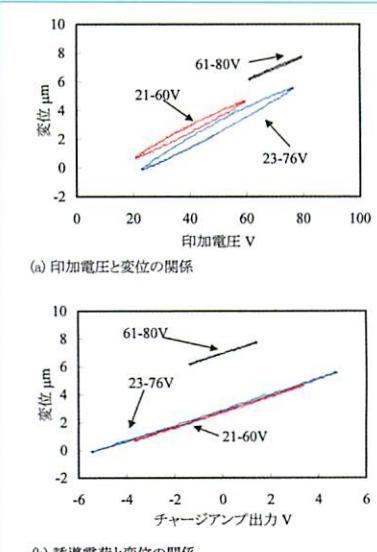


図2.ヒステリシスループ

チャージアンプは、ハイパスフィルタ

ルタと同様の周波数特性を持つため、遮断周波数により決まる時間よりはるかに長い時間にわたる変位制御に用いることは困難です。そこで、逆伝達関数補償法を適用することでチャージアンプの伝達関数を1に近づけ長時間の変位制御を試みました。ステップ入力を与えた場合のPID制御の結果を図3に示します。逆伝達関数補償法を適用することにより、変位が一定に保たれていることが観察されます。

4. まとめ

圧電素子の変位と誘導電荷の比は、振幅、バイアス電圧によらず一定でした。また、ヒステリシスはありませんでした。そのため、誘導電荷を用いると圧電素子を線形素子として扱うことができます。誘導電荷をフィードバックすることで、圧電素子の変位量を制御した結果、変位フィードバックと同様の結果が得られました。

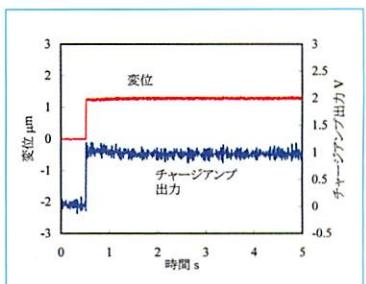


図3. 逆伝達関数補償を適用した誘導電荷フィードバックによる圧電素子の変位制御

賛助会員の活動紹介

株式会社 東芝

1. マイクロマシン技術への取り組み

平成3年度から開始された「マイクロマシン技術の研究開発」は要素技術開発からシステム化技術開発のフェーズに突入しました。当社では開発目標である「マイクロ視覚」を一つのサブシステムと捉え、その実現に必要な要素技術として、微細加工技術、高密度三次元実装技術、微小アクチュエータ構築技術、マイクロカメラ技術などの開発を進めると共に、それらを一体化する組立技術や小伝送容量下での映像構築技術など、システム化に関わる技術開発を併せて行ってきました。

2. マイクロマシン技術の開発

「マイクロ視覚」(図1)は視線変更が自在のCCDマイクロカメラです。管内自走環境認識システムの先端に搭載され、発電施設にある直径10mmの配管の内壁にある $20\mu m$ の傷の検査と、移動時の前方観察を、視線を切り替えながら行います。レンズ部は $\phi 2 \times 1mm$ の反射屈折光学系(図2)で、光を反射膜で凹凸レンズの中に畳み込んで極薄化を実現しました。また高密度化を図るためにレンズ鏡筒は焦点調節用の静電リニアモータと一体化され、更にこの周りには反射鏡付の二台の静電回転モータが造りこまれているので、反射像をCCDで撮影すれば配管内の任意位置の観察が可能です。熱プレスで成形するレンズ+鏡筒と、ミクロン単位の静電電極の精度とを共存させて構築する技術



研究開発センター 機械システム研究所長
山本 節雄

がポイントとなります。

各要素部品をマイクロ視覚として一体化するには高密度三次元実装技術が重要です。例えば、CCD制御に必要な複数個の異形状ICはペアチップのままで積層され、ICの切断端面で電気接続が為されます。ちょうど辞書の側面に見出し文字を書く要領です。これをCCDのフレキ基板と共にすれば、CCDを含め全ての構成部品が最密充填構造で立体的に積み重なり、撮像素子をモジュール化することができます。

またマイクロ視覚を移動機構等の他デバイスにシステム統合するには、機械的および電気的な締結を確保しなければなりません。静電モータとCCDの配線は約50本。電圧も-7Vから80Vまで多岐に及びます。これらを狭い筐体の中で引き回すのは不可能です。そこで立体的な絶縁材に微細な金属パターンを施し、言わば配線素材で筐体を形成する技術を開発しています。

3. 今後の取り組み

この様にしてマイクロ視覚は管内自走環境認識システムとして統合化されますが、今後はその運用法が問題になると思います。微小環境に進入できるマイクロマシンの特徴は、逆に活動領域の制限やエネルギー供給・通信の難しさとなって現れます。これらの問題の解決を図ると共に、マイクロマシンのポテンシャルを上げ、当社は21世紀に向けて真のマイクロマシンの実用化を目指していくつもりです。

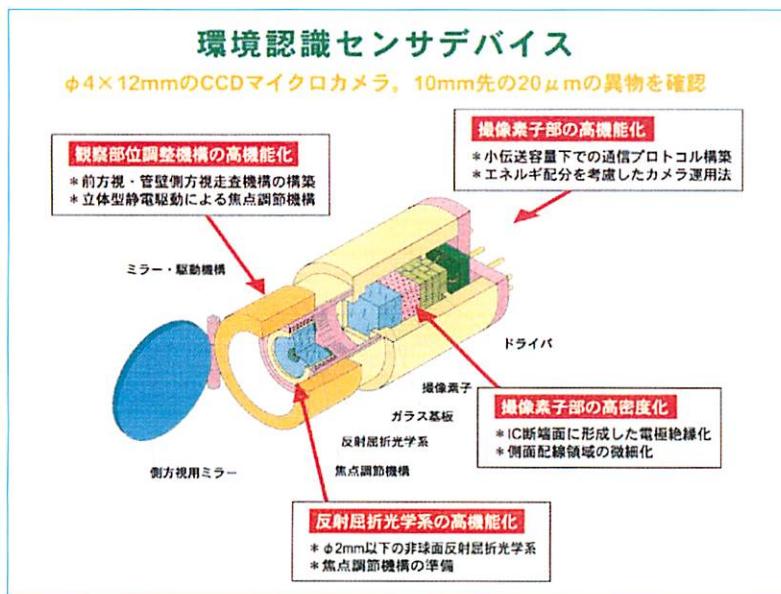


図1. マイクロ視覚の構成

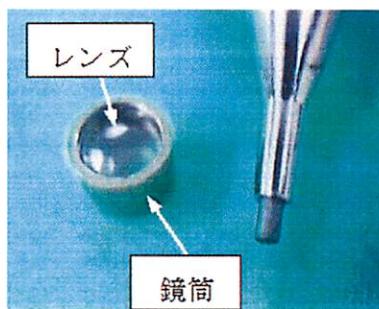


図2. 反射屈折光学系

財団法人 発電設備技術検査協会

1. マイクロマシン技術への取り組み方針

日本における発電施設は火力発電と原子力発電が発電電力量の約90%を占め、日常生活や産業に必要不可欠な電力エネルギーを供給しています。既設の発電施設には運転開始からの年数を重ね高経年化が進んでいるものもあることから、稼働率及び安全性向上のために点検検査が一層重要となり、点検検査技術の高度化や精度向上が望まれています。また、近年では地球温暖化防止のためのCO₂削減の観点から原子力発電施設が注目されていますが、高経年化の対策が各方面で検討されており、ますます発電施設における設備の点検検査技術の高度化が必要とされています。設備の点検検査のために火力及び原子力発電施設では定期的にプラントを停止して検査等の保全作業を行っていますが、検査対象部位が狭隘で検査が難しい機器もあることからマイクロマシンによる点検検査が期待されています。このようなマイクロマシンの発電施設におけるニーズを踏まえ、当協会では「メンテナンス用マイクロマシンの調査研究」に取り組み、マイクロマシン技術の開発が効率よく、かつ効果的に推進されるよう研究を実施しています。

2. マイクロマシン技術の調査研究

「メンテナンス用マイクロマシンの調査研究」において、火力及び原子力発電施設を対象に第一期では電力会社のニーズに基づいた夢のマイクロマシンの概念構想を行いました。第二期では将来の発電施設での実用化を想定した検討を進めており、メンテナンス用マイクロマシンに必要とされる機能の難易度の観点からより実現性の高いメンテナンス用マイクロマシンシステムの構築を行っています。

発電施設の保全作業への実現性の高いマイクロマシンとしては、単体で機能するのではなく、従来技術による自動機やロボットと組み合わせて対象機器・部位にアクセスするマイクロマシンシステムが有力と考えています。この一例として、図1に示すような親子式マニピュレータ（マイクロマシンとフレキシブルマニピュレータの組合せ）を考え、蒸気タービンのように入り口が比較的広いが、内部が狭隘な機器に適用が期待できます。このほかにも発電施設への適用が期待できるマイクロマシンシステムが考えられ、今年度にさらに検討を行います。



理事長 児玉 勝臣

本調査研究の実施項目のひとつである発電施設における保全技術の将来動向、自動機・ロボットの導入状況、設備診断装置の現状等の調査については、当協会で「発電施設用メンテナンスシステム技術検討会」を主催し、電力会社とプラントメーカーの委員からのご指導を頂いております。また、想定したメンテナンス用マイクロマシンの発電施設への適用性や課題についても、ご指導を頂く予定です。このように電力会社とプラントメーカーの意見や要望を参考にして、当協会においてより実現性の高いメンテナンス用マイクロマシンシステムの構築を図っています。

3. 今後の取り組み

これまでの調査研究の成果により、将来の発電施設におけるメンテナンス用マイクロマシンシステムの構想がまとまりつつあります。発電施設に使用する装置や技術に対して信頼性と安全性が強く要求されることから、マイクロマシン技術を導入するに当たっては、段階的に対象機器の適用範囲を広げて行き信頼性を高めていくような手順を踏む必要があります。このような状況を踏まえ、今後はメンテナンス用マイクロマシンを発電施設に実際に導入する場合のシナリオ及び課題の検討に取り組んでいく予定です。

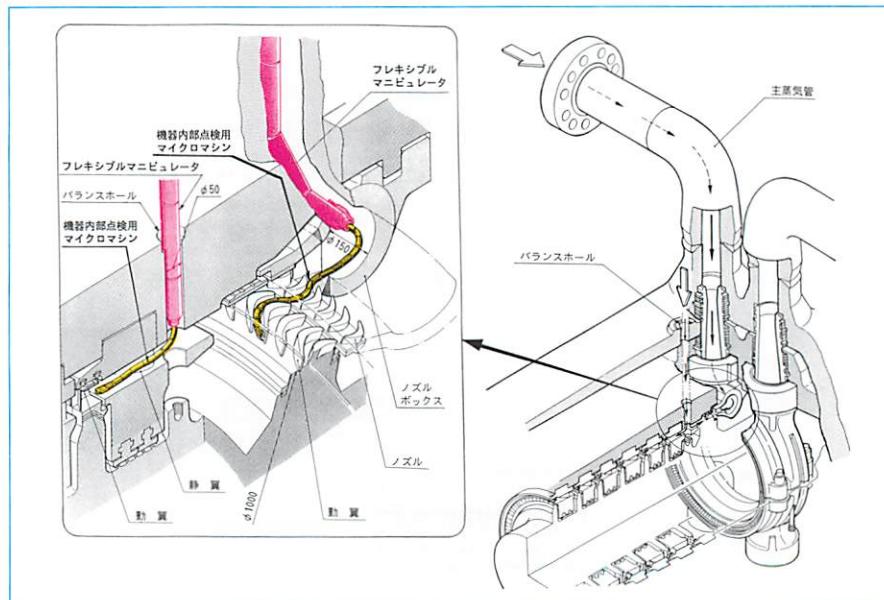


図1. 蒸気タービンへの適用構想例

'98マイクロマシン豪州・ニュージーランドミッション

豪州・メルボルンにて開催された第4回マイクロマシンサミットへのオブザーバー参加を機会に、豪州及びニュージーランドの大学・研究機関を訪問する調査ミッションを4月25日から5月6日の間、派遣しました。東京大学工学部長の中島尚正教授を団長とし、当センター及び賛助会員から構成される14名で、豪州とニュージーランドの6つの機関を訪問し、その研究開発状況の調査及び研究者との交流を行うとともに、産技プロジェクトを中心とした我が国の研究開発状況を伝え、相互の理解を深めました。

訪問した大学・研究機関の概要は次の通りです。

(1) 南オーストラリア大学

訪問したのはアデレードの北に位置するレベルズ・キャンパスにあるマイクロエレクトロニクス・センターで、1970年に、学部学生のマイクロエレクトロニクスの研究のために設立された研究所でしたが、その後、産業界の後押しにより、シリコン技術をベースとしたセンサの研究を行うようになり、マイクロエンジニアリングの研究分野へ活動領域を拡大し、研究開発活動が活発となっています。しかし、資金的には政府の支援がなく、同センターの運営費は年間約1.4億円、研究開発費は、年間約4,000万円程度で、産業界との共同研究に力を注いでいます。具体的には、味覚センサ、メカニカルヒューズ、ダイアフラム型マイクロポンプ、非破壊検査用の渦電流センサなどの研究開発を行っていますが、いずれもシリコンのマイクロマシニングでした。

(2) 王立メルボルン工科大学

オーストラリアの工学系では、最大規模の大学で、今回は、産技プロジェクトの研究開発を担当しているZMOOD講師の研究室を訪問しました。この研究室は極低摩擦サスペンションデバイスの研究開発を行っており、マイクロギアトレインの軸摩擦を低減するための磁気浮遊式のマイクロペアリング機構の研究をしていました。

今回訪問した研究施設の中では、マイクロマシンのための設備が最も充実しており、オーストラリアにおけるマイクロマシン研究の先導的な機関で、国外からの優秀な研究者を受け入れています。

(3) Bionic Ear Institute(人工内耳研究所)

この研究所は、メルボルン大学(University of Melbourne)の耳鼻咽喉学部に隣接し、その学部に所属した研究機関です。研究及び、支援スタッフはそれぞれ約20名で、年間予算は約1.8億円(大部分はメルボルン大学から)で運営され、聴覚障害の原因を解明するための研究を行うとともに、主として聴覚障害者の聴覚機能回復あるいは補聴器などの器具の開発を行っています。

人工内耳は22チャンネルの電極セルを聴覚細胞に刺してその電極を刺激して音の感覚を脳に伝えるもので、耳の外には、マイクと発信用アンテナが装着され、これに対応する体内に受信用アンテナが埋め込まれ、音の情報を22チャンネルの電気信号に変換し、電極に送られるシステムとなっています。この開発成果は実際に子供に適用して効果をあげていることも紹介されました。

(4) CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization—連邦科学産業研究機構)

1926年に設立された国立研究所で、オーストラリア全土に事務所や研究所など32の部門に分かれ、約3,000人の科学者を含む7,000人以上のスタッフで構成されています。

国立研究所ですが政府からは30%の資金しか受けおらず、他は民間や軍からの研究委託を受けているとのことでした。

今回訪問した製造科学技術部門は、研究者約340名、研究費約41億円(内、受託研究費は約15億円)で運営されています。ここでの研究分野は、鍛造/铸造、接合&熱処理プロセス、生産システム・オートメーション、材料プロセス、ホトニック・マイクロマシニングで、電子線リソグラフィー装置を用いたマイクロエンジニアリングシステムの研究が盛んで、マスクアプリケーション、印刷の新技法の開発などマイクロ加工やマイクロエレクトロニクス研究が行われています。

そのほかホトレジストを用いたファインリソグラフィー技術やマイクロチップアナライザー(化学分析デバイス)等の研究を行っているとのことでした。

(5) Industrial Research LTD. (IRL 産業研究所)

IRLは、当初、ニュージーランド政府の科学産業研究省の産業部門として設立されましたが、現在は、公益法人として民間からも資金を得て運営され、オークランド、ウェリントン、クライストチャーチの3都市に研究所があります。研究資金は、過去5年間では年平均約33億円でこのうち政府からの分は68%のことでした。

スタッフは、現在は約370名(内、PhDは約120名)で、今回訪問したウェリントンには約270名が所属しています。

運営の基本は、国家利益の追求と民間への技術移転で、特許等の知的財産のライセンス供与に力を入れています。研究は、政府の施策に沿い、省エネルギーと農林畜産に主体が置かれ、基礎から応用まで幅広く行っており、エネルギー技術(地熱、風力、太陽電池)、自然品(木材、酪農、食肉)の生産プロセス、製造技術の研究開発を行っています。

(6) カンタベリー大学

1873年に州立の単科大学として設立され、1957年から現在のカンタベリ総合大学となったもので、7つの学部(芸術学部、理学部、工学部、法学部、経済学部、農学部、音楽学部)があり、在籍者の学生数は10,000名を超えていました。工学部は、ニュージーランドで一番古く1887年に設立された名門で、約900名の学生が在籍し、中でも電気電子学科は1902年からスタートした最も大きい学科で、約350名の学部学生、80名の大学院生、23名の教授、20名の補助スタッフで構成されています。

今回訪問したのは電気電子工学科の光学式ナノ加工技術の研究に関連しているNEST(Nanostructure Engineering, Science and Technology)研究グループでした。この研究グループは1997年から活動を開始したばかりですが、ニュージーランドの工業化の使命を担って、研究・開発活動を行っている様子が見られ、遅れている電子工業界の建て直しや、大学として最先端の研究を進めていくのに不可欠な要素技術であるマイクロやナノの加工技術習得に、今まさに手を着けた所という感がしました。

両国とも日欧米とは工業技術の水準がやや異なり、先端科学技術への資金が潤沢ではありませんが、研究者の意欲は高く、自国の産業に貢献する形での研究開発が進められていました。

第4回マイクロマシンサミット開催される

4月30日から5月1日の間、豪州のメルボルンにおいて、第4回マイクロマシンサミットが開催されました。王立メルボルン工科大学工学部副学部長のIan BATES教授がホストを務め、同大学のストーレイ・ホールに、日本をはじめ、合わせて13の国と地域から代表46名とオブザーバ28名が集まりました。日本からは、東京大学工学部長の中島尚正教授を首席代表とし、(株)デンソーの石丸典生会長、オリンパス光学工業(株)の下山敏郎会長、セイコー精機(株)の守友貞雄社長と当センターの平野隆之専務理事からなる代表団と、MMC及び賛助会員の中から14名がオブザーバーとして参加しました。

会議では、カントリーレビューによる各国・地域のマイクロマシンに関する活動状況の紹介を始めとする合わせて7つのトピックスを取り上げ、マイクロマシン技術の応用を主体とした観点で議論が行われました。討議の概要は次の通りです。

(1) カントリーレビュー

参加各国・地域の代表より、昨年同様、研究開発状況、主要研究開発機関名等が紹介されました。ホスト国の豪州は政府の支援によるプロジェクトはありませんが、大学を中心としてマイクロマシン関連技術の研究開発が活発化しているということでした。その他の各国・地域については政府等の支援を受けたプロジェクトを中心として研究開発が続けられていて、新しい動きとしてはフランスで昨年、三次元的なマイクロマシンシステム構築を目指した新しいプロジェクトがスタートしました。これはCNRSの4年計画のプロジェクトで、日本の産技プロジェクトと同様の3次元的な構造体を作製するための新しい加工・組立技術の開発に加え、マイクロシステムのためのCADツールの開発、 μ TASやバイオチップ等のケミカル分野を取り入れたマイクロマシンシステムの開発をターゲットにしています。なお、化学の分野を取り入れたマイクロマシンシステムの開発は他国でも新たにターゲットとして組み入れられていました。

日本からは中島教授が、マイクロマシン展のビデオを用いて産技プロジェクトの状況を紹介し、各国の注目を集め、また、当センターの長期技術構想検討委員会で抽出した次期研究開発課題等を報告し、日本の長期的な研究開発が各国の関心を集めました。

(2) 主要産業にまたがる応用

いわゆるシリコンマイクロマニニングをベースとした種々の応用例として、台湾より、安価で高性能なマ

イクロボロメータのホームセキュリティシステムへの応用例、英国からは航空分野におけるマイクロマシンの応用例、米国より、表面マイクロマニニング技術を用いたマイクロ光学デバイスが紹介されました。技術的には特に目新しいものはありませんでしたが、どれも市場ニーズに即して実用化のための開発が行われていることが窺えました。

(3) 市場予測と商業化への途

独仏よりマイクロマシン分野の市場予測結果について報告が行われました。この報告はいずれもNEXUSの市場調査プロジェクトの予測結果をベースにして纏めたもので、2002年には世界(日欧米)のMSTの市場規模は、独は約430億US\$、仏は約340億US\$(それぞれ約5.8/4.6兆円)になると予測しています。ただし、この市場のほとんどは既に世の中に存在しているインクジェットプリンタヘッド、ハードディスクヘッド、圧力・加速度センサの市場であり、新規なマイクロマシンシステムの市場は、まだ数十億US\$程度と予想し、マイクロマシンシステムの市場として今後の展開が大きいものとしてケミカル・バイオ分野のマイクロ分析システムを挙げていましたが、その他には革新的な用途は例示されませんでした。

(4) 地球規模の問題の解決

環境、健康、公害等世界的に共通した地球規模の問題解決に対するマイクロマシンの貢献として、中国より、マイクロセンサやマイクロレコーダ等、オリンパス光学工業の下山会長よりマイクロマシン技術を用いた将来の医療技術、米国よりマイクロ流体操作デバイス等、スイスより体内埋め込み型のDDS(ドラッグデリバリーシステム)等が紹介されました。下山会長の発表の中では低侵襲治療や在宅医療等の将来の医療現場の様子がCGと実写を交えたビデオで紹介され、注目を集めました。

(5) マイクロマシン産業と新製造技術構築のシナリオ

マイクロマシン産業の構築のシナリオとしては、英、国より欧州における各種マイクロマシン関連プロジェクトにおける産業振興策、豪州よりSR装置を用いた新産業構築のシナリオが紹介されました。欧州では特定の企業や研究施設が、その保有するマイクロマシン製造技術を他の多くの人々にも利用できるような仕組み(EUROPRACTCE等)を作り、マイクロマシン産業振興を図っていることが窺えました。

新製造技術としては台湾より、マイクロマシン技術によって化学繊維製造に使う微細な紡績突起口を作る

アイデアが紹介されました。LIGAプロセスを使うことで複雑な形状の紡績突起口を製造することができるとのことでした。

また、このセッションでは当センターの平野専務理事より昨年10月に東京で行われた国際標準化ワークショップの報告も行われました。この中で標準化に関するネットワーク構築についての提案を行われましたが、インフォーマルな情報交換の場ということで認知され、関心の高いいくつかの国・地域が参加して活動が推進されることになりました。

(6) マイクロマシンの教育・研究への取り組み

イスより、企業や大学に対するマイクロシステム技術の教育プログラム、スウェーデンより、大学におけるマイクロシステム技術の教育プログラムについて紹介されました。ここではマイクロマシン技術の進展のためには、マイクロマシン技術の有用性に対する“Awareness (啓蒙)”が重要であることが強調されました。

(7) 日常のライフスタイル改善のための応用

日常生活向上につながる応用例として、当センターの平野専務理事より、日本の将来のライフスタイルとマイクロマシンとの関わり、豪州より、耳の不自由な人のための人工内耳、(株)デンソーの石丸会長より、当センターで行ってきた絵画コンテストから得られた子供達のアイデアが紹介されました。人工内耳は既に実際に実用化されているもので、耳の不自由な子供に適用して言語能力が向上した例がビデオで示され、マイクロマシン技術の有用性が実際に証明されたものとして高い関心を集めました。

また、ホスト側が地元の小中学生を対象に当センターと同じような絵画コンテストを実施し、その入賞者に

石丸会長の発表(マイクロマシンへの子供の夢)を聴講させた後、それぞれの作品を自己紹介させ、さらに、石丸会長が賞品の授与も行うという企画が加えられました。会場は和やかな雰囲気に包まれ、サミットの最後を飾るにふさわしい素晴らしい演出となりました。

議長サマリー

閉会に際して、議長は討議の概要を次のように締めくくりました。

- (1) 標準化については、日本で開催されたワークショップでの結果を踏まえインターネットを利用した標準化推進のための国際ネットワークを日本をキーにして構築し、積極的な国・地域からコンタクトパートナーを出す。
- (2) 1999年の開催地は英国のスコットランド、2000年の開催地は日本とし、2001年は米国で開催することを提案。米国は前向きに検討することを表明した。この他、ドイツ、デンマークが開催を希望している。
- (3) シンガポールの活動が顕著になったとして、次回からメンバーに加える。
- (4) 日本より提案のあったサミットのホームページを(財)マイクロマシンセンターのweb siteに開設する。当面、過去のプログラム、参加者、議長サマリー及び将来の開催計画を掲載する。

今回でサミットは4回目となり、参加各国・地域のマイクロマシンに対する認識のレベルが合致してきたように感じられ、21世紀におけるマイクロマシンの発展に対して、ますます積極的な取り組みが必要であることが認識されたと思われました。

各 国 首 席 代 表

国 名	氏 名	所 属
日本	中島尚正	東京大学大学院工学系研究科長(工学部長)
豪 州	Prof. Ian BATES	Associate Dean Faculty of Engineering, RMIT
ベネルックス	Dr. Albert van den BERG	MESA Research Institute, University of Twente
カナダ	Gordon GUILD (Dr. P. Dawson 代行)	President, MTC Micromachining Technology Center Simon Fraser University
中 国	Prof. Zhaoying ZHOU (周兆英)	Chairman, Dept. of Precision Instruments & Mechanology, 清華大学
仏	Prof. Daniel HAUDEN	Director, LPMO-CNRS
独	Dr. Wolfgang MENZ	Institute fuer Mikrosystemtechnik, Universitaetsgelaende Flugplatz
伊	Prof. Paolo DARIO	ARTS Laboratory, Scuola Superiore Sant'Anna
北 欧	Prof. Jan-Ake SCHWEITZ	The Angstrom Laboratory, Uppsala University
ス イ ス	Prof. Nico de ROOIJ	Institute of Microtechnology, University of Neuchatel
台 湾	Dr. Minh-Shyong LIN (林敏雄)	Executive Vice President, Industrial Technology Research Institute
英	Prof. Howard DOREY	Dept. of Electrical & Electronics Engineering, Imperial College
米	Prof. Richard MULLER	Dept. of EECS, University of California at Berkeley

三洋電機(株) 光だけで動くてんとう虫型アクチュエータ

1. マクロマシン技術の研究開発

当社は発電施設の配管内を無索で移動し、異物などの状況を外部へ伝送する管内自走環境認識用試作システムに、光を用いて無索(ワイヤレス)でエネルギーと信号を伝送する光エネルギー伝送のシステム化の研究を行っています。

本研究では、マイクロ光電変換デバイスをベースとして、新たに光通信機能を融合した光エネルギー伝送デバイスの高度化とシステム化の研究を行っています。この開発のポイントとして、光電変換デバイスの高性能化及び、システムとしての機能一体化やマイクロリソースマネジメントに取り組んでいます。

2. ポータブル展示品の概要

【展示品の製作意義】

独立したマイクロマシンの大きな課題としてエネルギー供給があります。当社は第1期よりこの課題に取り組み、光エネルギー供給によるマイクロマシン駆動を実証してきました。本展示品もその一環として開発しました。

第1期の成果からマイクロマシン表面へフレキシブルな光電変換デバイスを実装し、光エネルギーを供給することでマイクロマシンのセンサやアクチュエータを駆動することができます。このようにエネルギー供給としてマイクロマシンの表面を利用することは、微小化した際のスケール則(表面積／体積の増加)により、有利となります。そこで、本展示では、昆虫型アクチュエータにデバイスを実装し、外部から光を供給するだけでエネルギーが供給可能であることを実証しています(図1)。

【展示品説明】

本展示品では、てんとう虫をイメージした昆虫型アクチュエータ(図2)をデモ機として使用しています。背中に載っている2枚のフィルム状の



図1. ポータブル展示品

物が、光を電気に直接変換することができる新たに開発した曲面実装マイクロ光電変換デバイスです。このてんとう虫に太陽光程度の光を照射するだけで半永久

的に動作し続けます。また、てんとう虫の目に見える部分は、フォトセンサーになっており、光を感じてスポット光の中だけを動き回ります。

【展示品のポイント】



図2. てんとう虫型アクチュエータの動作図

てんとう虫型アクチュエータ(サイズ：1cm×1.5cm、駆動電力：約1.3mW)に搭載している曲面実装マイクロ光電変換デバイスは、薄膜でフレキシブルなアモルファスシリコンを用い、レーザ微細加工技術により図3に示す構造で約2.5Vの電圧発生が可能で、最小2mmの曲率半径まで実装が可能です。さらに、マイクロデバイス技術と加工技術を用い、図4に示すような1cm²で207Vの世界最高電圧を発生する高電圧マイクロ光電変換デバイスも開発しています。

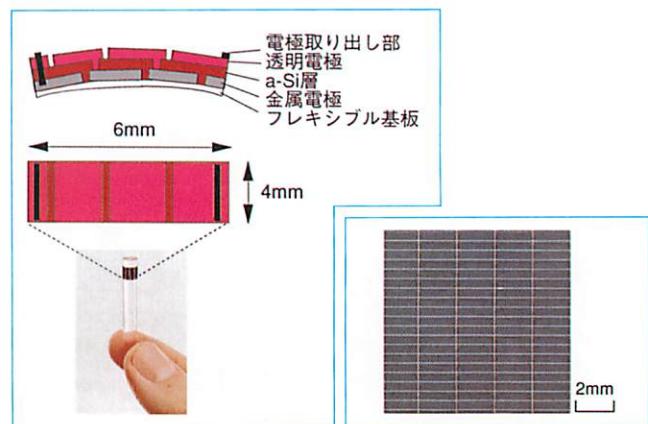


図3. 曲面実装マイクロ光電変換デバイス構造図
図4. 高電圧マイクロ光電変換デバイス

3. 将来への応用

今後、マイクロマシンの実用化に向けた重要技術としてエネルギー供給技術を進展させ、さらに他機能との集積化・一体化及びマイクロリソースマネジメント技術としてより高度なエネルギー供給を目指します。そして、この技術の各種携帯機器への展開を目指した研究開発を進めます

(株)デンソー 配管内マイクロ検査マシン

1. マイクロマシン技術の研究開発

当社は発電施設等の複雑な配管内部を自走して検査するワイヤレスの管内自走環境認識試作システムの研究を行なっています。その中でも当社は管内自走のための移動デバイス、マイクロ波エネルギー供給・通信デバイス、および、制御回路や実装などシステム全体を構築するためのシステム化技術の研究を行なっています。(図1)

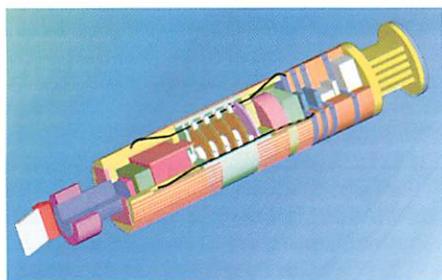


図1. 管内自走環境認識試作システム

2. ポータブル展示品の概要

【展示品の製作意義】

この管内自走環境認識試作システムのようなマイクロマシンでは、様々な状況変化に対応して移動を行なうマイクロ機構や、周囲の検査を行なうマイクロセンサ、また、それらの微小な部品を機械的かつ機能的に組み合せる加工技術といった様々な要素技術が必要となります。

この展示品(図2)の製作を通して、配管内を移動するための移動デバイス、配管の亀裂を検出するための探傷デバイス等の動作検証を行うとともに、これら複数のデバイスを集積するシステム化技術の課題抽出



図2. ポータブル展示品

を行うことを目的としました。

【展示品の説明】

マイクロ検査マシンの体格は、直径5.5mm、全長20mm、重量1gです。移動のメカニズムは、内蔵した圧電アクチュエータに振幅100V、周波数2kHzのノコギリ波を印加して慣性体に衝撃力を繰り返し加え、このとき圧電アクチュエータが受ける反力をを利用して、配管との間で摩擦保持されているクランプの位置を移動していく慣性駆動方式を採用しています。これによって内径8mmの配管内を最高速度6mm/secで移動しながら検査を行なうことができます。(図3)

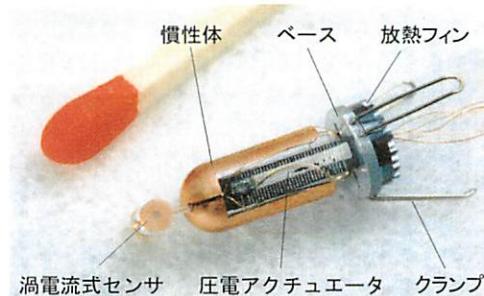


図3. マイクロ検査マシンの内部構造

【展示品のポイント】

移動デバイスでは、配管の内面が濡れて摩擦状態が変化する場合を想定して、配管の一部に液体が入っています。そのような状態でも、乾いている場合と同様に移動することができます。

また、先端に取付けられた直径2mmのコイルから構成される渦電流式探傷センサは、金属配管の100μm程度の傷を検出することができます。

これらのマイクロマシンの構成部品が微小化すると、構造材と機能材の区別が無くなるといわれています。そのため、システム化においても部品の持つ機能にダメージを与えない方法が必要となります。このマイクロ検査マシンでは圧電アクチュエータの熱を放熱するための放熱フィンを取付ける際に、熱障壁となる接着剤層を持たない異種材料接合技術が適用されています。これにより接着剤を用いた接合に対して冷却効率を向上させることができました。

3. 将来への応用

このマイクロ検査マシンで検証された慣性駆動方式は、管内自走環境認識試作システムに適応すべく、さらに小型低消費電力のアクチュエータの実現を目指して研究を進めています。また、異種材料接合技術などの加工技術は、将来の高密度実装技術として応用することができます。

第4回 国際マイクロマシンシンポジウム開催ご案内

開催日時 平成10年10月29日(木) 9:30~17:10
(懇親会: 18:00~20:00)
同 30日(金) 9:30~15:50

開催場所 科学技術館 サイエンスホール
東京都千代田区北の丸公園2-1

主催 (財)マイクロマシンセンター
(財)日本産業技術振興協会

後援(予定) 通商産業省、工業技術院、
新エネルギー・産業技術総合開発機構

協賛(予定) マイクロマシン連合、マイクロマシン研究会、
マイクロメカトロニクス研究会、

参加費 (社)日本ロボット工業会、財発電設備技術検査協会、(社)日本機械工業連合会
15,000円(予稿集代・懇親会費用を含みます)

参加申込み 平成10年10月15日までに(財)マイクロマシンセンター宛に所定の申込用紙に記入の上、FAXにてお申込み下さい。先着順に受付し、定員になり次第締め切らせていただきます。

問い合わせ先 (財)マイクロマシンセンター 国際交流部
Tel:03-5294-7131 Fax:03-5294-7137

プログラム

10月29日

セッション1: 「オープニング」

9:30 開会の辞
9:30~9:35 開会挨拶
9:35~9:43 来賓挨拶(予定)
9:43~9:51 来賓挨拶(予定)
9:51~10:00 来賓挨拶(予定)
10:00~10:45 特別講演「マイクロメカニズムの世界」

平野隆之/(財)マイクロマシンセンター 専務理事
石丸典生/(財)マイクロマシンセンター 理事長
通商産業省 工業技術院
新エネルギー・産業技術総合開発機構 林輝/桐藤横浜大学 工学部長

セッション2: 「マイクロマシン産業への途」

10:45~11:05 「21世紀の生活様式とマイクロマシン」

城所哲夫/東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻

市場の展望

11:05~11:25 「NEXUS-Results of the Market Analysis」

Mr. Gaetan MENOZZI/NEXUS、欧州委員会、仏国

医療への応用

11:25~11:55 「Application of MEMS to Cochlear Implants and Aids to Hearing」

Dr. John HUIGEN/Bionic Ear Institute、豪州

インフラの整備

11:55~ 「マイクロマシン研究・開発におけるマイクロ加工ファウンドリの役割」

杉山進/立命館大学理工学部機械工学科

~12:30 「Foundry and Product Development Activities in the USA」

Ms. Karen W. MARKUS/MCNC、米国

12:30~13:30 昼食

セッション3: 「マイクロマシン者」

13:30~13:50 「子供とマイクロマシンの出会い」

中島尚正/東京大学大学院工学系研究科

13:50~14:10 「生物とマイクロマシンの出会い」

神崎亮平/筑波大学生物科学系

14:10~14:30 「折り紙とマイクロマシンの出会い」

桃谷好英/京都インターナショナルユニバーシティ

セッション4: 「海外の活動」

14:30~15:00 「MEMS Research/Development at Case Western Reserve University, USA」

Prof. Wen H. KO/Case Western Reserve University、米国

15:00~15:30 「Current MST Programme at CNRS」

Mr. Jean-Jacques GAGNEPAIN/CNRS、仏国

15:30~15:50 休憩

セッション5: 「革新研究紹介」

15:50~16:10 「可逆的マイクロポンディング」

細田直江/東京大学先端科学技術研究センター

16:10~16:30 「ダイヤモンド微粒子を用いた光放射圧マイクロ加工」

三好隆志/大阪大学大学院工学研究科

16:30~16:50 「光ペンチ研究の概観(仮)」

藤田博之/東京大学生産技術研究所

16:50~17:10 「Overview on μ TAS R&D(仮)」

Dr. J. Michael RAMSEY/Oak Ridge National Laboratory、米国

18:00~20:00 懇親会(於 如水会館)

10月30日

セッション6: 「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" の進展状況」

9:30~9:40 「産業科学技術研究開発制度とマイクロマシン技術の研究開発」 岡崎誠/通商産業省工業技術院 研究開発室

国立研究所におけるマイクロマシン技術の研究と展望

9:40~9:55 「機械技術研究所におけるマイクロマシン研究の現状と将来展望」

榎本祐嗣/通商産業省工業技術院機械技術研究所

9:55~10:10 「電子技術総合研究所におけるマイクロマシン技術の研究」

築根秀男/通商産業省工業技術院電子技術総合研究所

10:10~10:25 「計量研究所におけるマイクロマシン研究の成果と将来課題・展望」

梅田章/通商産業省工業技術院計量研究所

マイクロマシンセンターにおける研究開発

10:25~11:10 「総論-第2期研究開発の現状-」

柳沢一尚/財マイクロマシンセンター研究開発部会長

●研究開発事例(1)

11:10~11:30 「マイクロ波による配管内エネルギー供給」

笹谷卓也/㈱デンソーグループ

11:30~11:50 「レーザCVD配線による光伝送システムの集積化」

橋井久樹/三洋電機㈱

11:50~12:10 「マイクロマシン運動機能シミュレータ」

武田宗久/三菱電機㈱

12:10~12:30 「減速走行デバイス用超小型遊星減速機構」

清水紀智/松下技研㈱

12:30~13:30 昼食

●研究開発事例(2)

13:30~13:50 「マイクロ溶接デバイス」

中田秀人/オリンパス光学工業㈱

13:50~14:10 「走査型近視野顕微鏡を用いたマイクロ光加工」

光岡清幸/セイコーアクセルメント㈱

14:10~14:30 「表面処理技術を用いたマイクロ液体操作デバイス」

原田武/㈱日立製作所

14:30~14:50 「カテーテルへのマイクロマシン技術の応用」

工藤剛/テルモ㈱

14:50~15:00 休憩

●技術動向調査

15:00~15:15 「マイクロマシン計測技術の動向調査」

山岸秀章/財マイクロマシンセンター研究開発部会SG主査

15:15~15:30 「マイクロマシン設計・シミュレーション技術の動向調査」

後藤博史/財マイクロマシンセンター研究開発部会SG主査

15:30~15:45 「マイクロアクチュエータ技術の動向調査」

中澤治雄/財マイクロマシンセンター研究開発部会SG主査

セッション7: 「クロージング」

15:45~15:50 閉会挨拶

林暉/財日本産業技術振興協会 専務理事

編

集

後

記

暑中お見舞い申し上げます。この広報誌が皆様のお手許に届くのは、まだ夏の真っ盛りの頃と思われます。ようやく原稿が揃った今は、梅雨たけなわの時期ですが、日照時間が平年の半分程度です。今年はエルニーニョ現象が終息するといわれており、いつもの夏が早く巡って来て欲しいものです。

本号では、第4回マイクロマシン技術研究助成の対象となった9つの研究成果の概要、第4回マイクロマシンサミット報告、98豪州・ニュージーランド調査ミッション報告等と、中身の充実した内外の記事が盛り沢山です。マイクロマシンサミットについては、次回が、英国・スコットランド、記念すべきミレニアム(2000年)の第6回サミットは、日本での開催がそれぞれ決まり、さらには、米国、ドイツ、デンマークが開催に積極的で、少なくとも第9回(2003年)まではマイクロマシンサミットが継続する見通しです。京都での第1回サミットを主宰した当センターの国際展開が着実に実を結んでおり、秋の第4回国際マイクロマシンシンポジウムにも力が入ろうというものです。

発行 財団法人マイクロマシンセンター

発行人 平野 隆之
〒101-0048 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/>

無断転載を禁じます。