

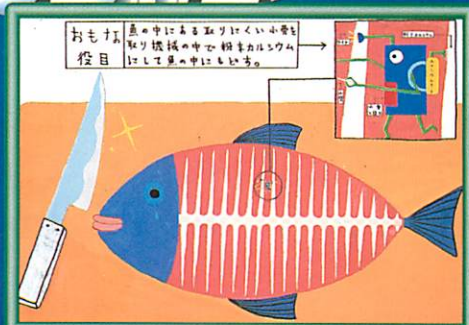


マイクロマシン MICROMACHINE

1997.10

- 巻頭言 / 2
- 研究室紹介 / 3
- MMCの事業活動紹介 / 5
- 賛助会員の活動紹介 / 12

- 海外だより / 14
- トピックス / 16
- 講座「生物とマイクロマシン」(第2回) / 18
- お知らせ / 20



No.21

マイクロマシン技術に 期待する

通商産業省 工業技術院

院長 佐藤 壮郎



「マイクロマシン技術」は、機械分野の発展に寄与するものとして、工業技術院では産業科学技術研究開発制度のもと平成3～7年度までの第1期、平成8～12年度までの第2期の計10年間の計画で研究開発プロジェクトを実施しているところです。

「マイクロマシン技術」の研究開発プロジェクトの円滑な推進に関しては、(財)マイクロマシンセンターには多大な御協力を頂き、御礼申し上げます。

さて、日本の科学技術は、キャッチアップ型からフロントランナー型へその構造を大きく転換する時期に来ているとの認識のもと、科学技術創造立国を目指して平成7年11月に科学技術基本法が制定されました。さらに、経済のグローバル化が進展する中、我が国が十分な経済の発展を遂げていくためには、新規産業の創出を通じ、経済的な構造改革を図ることが重要であるとされ、平成9年5月に、「経済構造の変革と創造のための行動計画」が閣議決定されたところです。

この中で、今後推進すべき15の分野が掲げられておりますが、「マイクロマシン技術」は、新規産業を創出する独創的・革新的な技術の創成に資する研究開発として、着実な研究開発の推進を図ることが記述されており、社会的要求に合致した産業構造の実現のために「マイクロマシン技術」への期待の大きさが伺われます。

一方、工業技術院でも、次世代の技術開発を担う立場から、分野別に研究開発の方向性を検討する会議を開催し、技術開発戦略の重点分野を設定いたしました。この中で機械分野に関しては、今後とも「知能化」と「マイクロ化」という2つの方向性を継続してゆくべきことを確認しております。

また、プロジェクトのより効率的かつ効果的な推進のため、平成8年度には、プロジェクト運営体制の見直しや厳格な評価体制等を盛り込んだ産業科学技術研究開発制度の制度改革を実施したところです。

世界経済の一員としての我が国の政治、社会の大きな潮流を踏まえた上で、しかもそれに迎合するのではなく牽引してゆくことが今後、我が国の科学技術開発においてますます重要になっております。工業技術院といたしましても、今後さらに我が国の産業基盤全体の活性化に資するプロジェクトを推進して参りますので、その一層の充実のため、皆様のご協力を賜れば幸いに存じます。

早稲田大学工学部電子・情報通信学科

庄子研究室 教授 庄子 習一

1. はじめに

21世紀のニーズにあったマイクロセンサとマイクロマシンの開発を目指して、その実現のためのシリコンを中心としたマイクロマシーニング技術とその応用デバイスへの応用に関する研究を行っています。マイクロデバイス単体の開発とともに、それらを集積化したマイクロシステムの実現を目標としています。特に医療、工業計測ならびに環境計測を目的としたマイクロセンシングシステムが現在の主なテーマです。また、マルチメディアの情報通信網を有効に利用したセンシングシステムの開発も行っていきますが、これはマイクロマシン技術が広く社会に貢献する分野として期待しています。

2. 研究テーマ

2.1 マイクロマシーニングの基礎技術

バルクシリコンのエッチング、高濃度ボロン拡散層を用いた選択エッチングなどを用いてマイクロセンサなどのマイクロデバイスの製作を基本としています。最近ではマイクロセンサと回路あるいはアクチュエータと回路など、集積システム化が世界的な傾向で、マイクロ構造体と集積回路製作プロセスとの整合性を考えたマイクロマシーニングが必要となってきています。そこで、Si陽極化成やメッキなど電気化学的反応を利用した低温でしかもダメージの少ないマイクロマシーニングについて研究を行っています。マイクロシステムのアセンブリ技術として重要なシリコン、ガラスなど基板同士の接合技術がありますが、結晶化ガラスを用いた陽極接合、常温化学接合など接合技術について系統的な研究を行っています。この技術はマイクロセンサのパッケージングのキーテクノロジーとしても注目されています。

2.2 生体情報計測用マイクロシステム

急速な高齢化社会を迎える日本では、個人の健康管理や病氣予防がこれまでも増して重要となっています。現在、情報通信ネットワークの整備が進められています。我々はこのネットワークを利用して個人の生体情報を随時、病院の医師に送り、診断結果を受け取れる図1に示すような新しい医療システムの実現を目指しています。そのためには人間とネットワークと

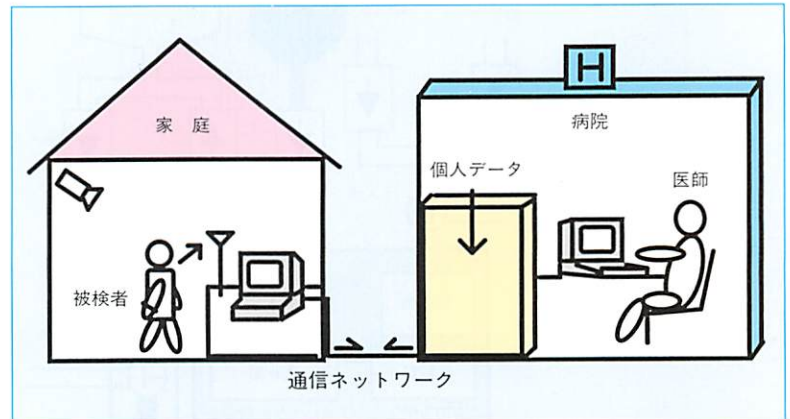


図1. 情報通信ネットワークを利用した生体情報計測システム概念図

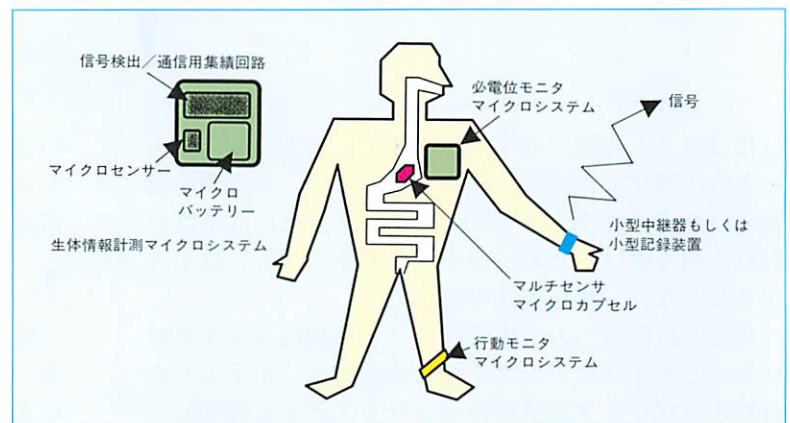


図2. 生体情報モニタマイクロシステムの例

のインターフェースとなる図2に一例を示すようなマイクロセンサとテレメータからなる生体情報計測マイクロシステムの開発が不可欠となります。我々は体に装着する多数のセンサシステムからの情報を一度中継器に集めてそこから外部へ送信または記録するシステムを考え、そのセンサ部、テレメータ部および通信方式について検討を行っています。現在、薄膜型電池で駆動できる心電位計測用の体表面装着型マイクロシステムと消化管内の圧力、温度、pHなどの計測用にマルチマイクロセンサを用いた経口型マイクロカプセルの開発を行っています。マイクロカプセルは次世代内視鏡の基礎技術開発を意図しています。

2.3 マイクロ化学分析システム、マイクロバイオシステム

マイクロマシーニングにより、従来の化学分析システムを小型化して基板上に形成したマイクロ化学分析システム (Micro Total Analysis System: μ TAS) はサンプルおよび試薬の微量化、分析時間の短縮などを実現できます。特に、酵素など計測に必要な試薬の値段の高いバイオセンシングシステムにおいて、マイク

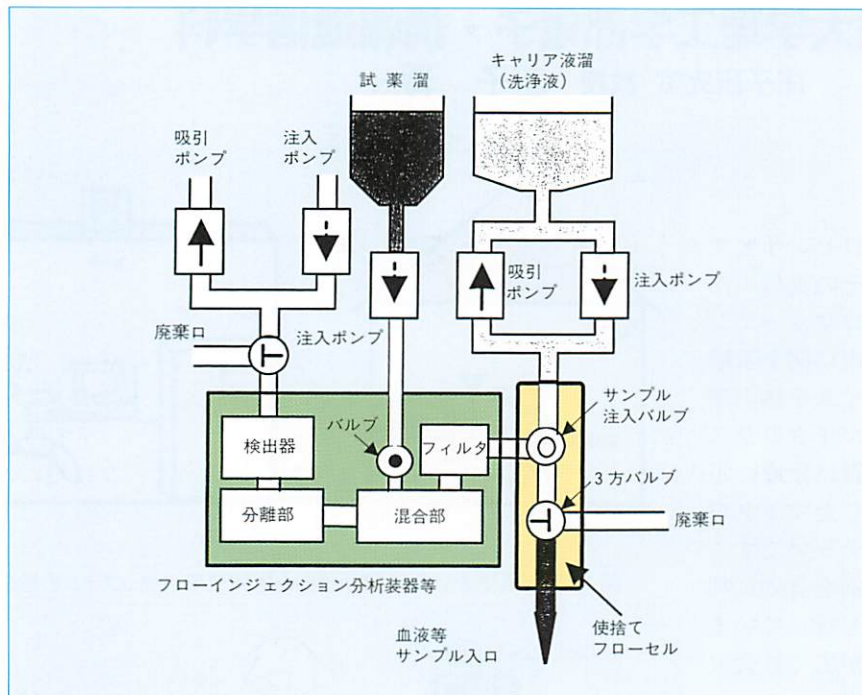


図3. サンプル機構を持つマイクロ化学分析システム

ロ化はコストの面で非常に有利です。一方、流体システムの小型化で流路の寸法が μm オーダーとなる微小流路ではレイノルズ数が100以下となり、流れは粘性の影響を強く受けるため、微小流体素子の設計には工夫が必要となり、現在興味の対象です。

私たちは医療への応用を目的とし機械的なマイクロバルブとマイクロポンプを組合せた図3に示すような自動サンプリング機構を持つ分析システムを提案しています。このシステムは少量のサンプルを自動的に取り込み、検出部へ送ることにより、ポンプやバルブ部、検出部の汚れを低減できるため、血液などの分析に適しています。化学分析システムとしては流体制御にマイクロバルブやマイクロポンプなど機械素子を用いたものおよび電気浸透など電気現象を用いたものについてそれぞれ研究しており、それぞれの利点を活かした分析システムの実現を目指しています。また、分析だけではなくタンパク質の合成などを行う生化学実験用マイクロベンチの基礎研究も進めています。マイクロ化学分析システムは医学分野の応用のみならず環境中の化学物質の検出を行う環境センシングシステムへの応用も期待できます。情報通信ネットワークとリンクすることにより、広域の環境モニタリングシステムの実現も可能であると思います。

2.4 微小構造体を用いたマイクロセンサ

高濃度ボロン拡散層選択エッチングによるシリコンの微小構造体を用いたマイクロセンサの研究も行っており、低流速用熱式フローセンサや揚力を利用した高流速ガス用翼型マイクロフローセンサの開発を進めて

います。また、熱容量の小さい吸収体と高感度の温度センサからなる人工衛星搭載を目的としたマイクロ宇宙線センサなどの研究も行っています。

3. 人員構成および研究協力

研究室の構成は教授1名、修士学生11名（M1：7名、M2：4名）、学部学生9名の合計21名となっています。学生はそれぞれ独立したテーマを持っていて、研究テーマによりマイクロマシーニング、ME、流体システム、マイクロセンサの4つのグループに分かれ、その中で、互いに協力しながら研究を行っています。

2節で述べた研究テーマの中のマイクロバイオシステムや宇宙線センサは理化学研究所および宇宙化学研究所の研究グループと共同研究を行っています。その他、企業と共同で行っているテーマも多数あります。

4. おわりに

私たちはマイクロマシーニング技術を利用して作る実用的なマイクロセンサ、マイクロセンシングシステム、マイクロマシンの開発を目指しています。特にマイクロ化学分析システム、生化学実験用マイクロベンチの研究は欧米に比べ日本はやや立ち後れているくらいがあるので、現在、最も力を注いでいるテーマです。また、所属している学科が情報通信を専門としていることもあり、マルチメディア時代に対応したマイクロシステムの研究も重要なテーマとして位置付けています。

平成8年度「マイクロマシンの基礎技術の研究」その1

(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8年度には7テーマについて調査研究を行ってまいりましたが、今回材料編3テーマの報告要旨をここに掲載いたします。

バイオセンサ材料に関する調査研究

東京大学先端科学技術研究センター 佐々木 聡・軽部 征夫

マイクロマシン技術はバイオセンサーを構築するうえで非常に魅力的な手法だと考えられます。バイオセンサーは、二十数年前から今日にいたるまで、医療、食品製造過程、環境分野などの幅広い分野にわたり、ますますその有用性が認められつつあります。しかもその性能は、生物化学およびエレクトロニクスデバイスの開発技術の発展とともにますます高くなっています。バイオセンサーは、酵素や抗体などの生体物質の持つ高い分子認識能を利用した分析デバイスです。たとえば、グルコース酸化酵素（グルコースオキシダーゼ）を電極上に固定化したグルコースセンサーが広く開発されています。グルコースが酵素によって酸化反応が触媒されると、反応に伴い酸素が消費され、過酸化水素が生成します。電極で酸素もしくは過酸化水素を測定していれば、グルコース量の変化に応じた酸素もしくは過酸化水素の量の変化が電極からの信号として検出されます。このように、バイオセンサーは、酵素や抗体のような分子認識素子と、反応を電気信号に変えるトランスデューサーとの二つの部分から構成されます。この二つの組み合わせを目的に応じて選ぶことにより、より高性能なバイオセンサーの製作が可能になります¹⁾。医療分野における分析法に要求されていることは、できるだけ患者に苦痛を与えず、かつ症状に影響を及ぼさず、さらには測定の際に感染したりしないということです。そのため、必要とするサンプル量が少ないこと、患者を傷つけないか、あるいは傷つけてもほとんど小さな傷だけですむこと、さらにセンサー自体が使い捨て型であるといったことが求められます。食品分野における分析方法には、非破壊であること、サンプル量が少ないこと、また、単に一つの物質の量だけでなく、複数の化学物質の組み合わせの結果もたらされる味やにおいといった成分の評価が求められます。環境分野における分析では、メンテナンスフリーであることと、より携帯性に優れていることが求められています。マイクロマシン技術を用いて作られるバイオセンサーは、以上のような条件をみたくすることが可能です。もともとのセンサー測定部分（センサーチップ）の大きさが小さいので、必要とするサン

プル量は少なくすむし、仮に患者や食品をさし込むことがあっても苦痛や破壊度は非常に小さくて済みます。さらには携帯も可能です。また、さまざまな成分測定用のバイオセンサーを一体化することにより、複数の成分を同時に測定することも十分可能です。大量生産することが可能であるので、センサーチップ一つ一つは非常に安価であるため、使い捨てが可能になります。そのため医療用で用いても感染の心配がないし、メンテナンスはまったく不要になります²⁾。以上のようにマイクロマシン技術を用いて作られるバイオセンサーの利点は多いのですが、反面欠点もあります。まず、サンプル量が少ないので、測定中にサンプルの組成や濃度が変わってしまうことがあげられます。また、応答が小さくなる場合が多いので、測定データの信頼性や検出下限が劣化する可能性があります。これらの問題を解決する様々な工夫がなされています^{3,4)}。

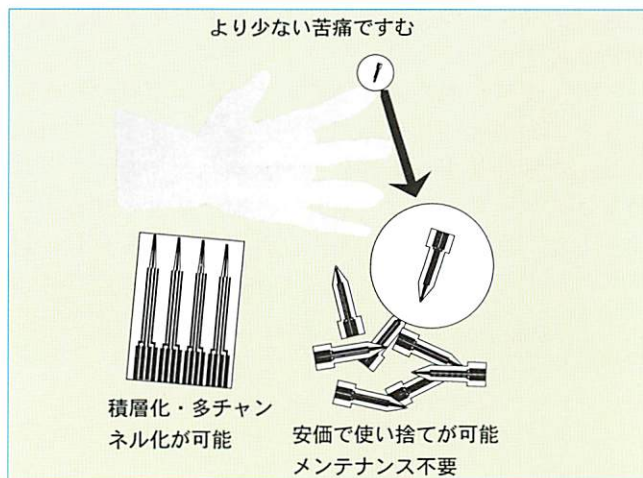


図 マイクロバイオセンサーの利点

(参考文献)

- 1) 軽部征夫：バイオセンサー、共立出版（1986）1
- 2) 軽部征夫：絵でわかるバイオテクノロジー、日本実業出版社（1992）114
- 3) Kenji Yokoyama, Eiichi Tamiya and Isao Karube, Anal. Lett., Vol. 22, No. 15 (1989) 2949-2959
- 4) Kenji Yokoyama, Eiichi Tamiya and Isao Karube, J. Electroanalytical Chem. Vol. 273, (1989) 107-117

新しい医療用マイクロマシン素材

東京医科歯科大学医用器材研究所 石原 一彦

マイクロマシンを医療用に应用する場合には、生体内環境下においても確実、安全な動作をすることはもちろんのこと、生体に対して為害性を示さないことは極めて重要なことです。これまでのマイクロマシンはいかに小さく作るか、いかにうまく動作させるかとの観点より研究が進められてきており、生体適合性や血液適合性を考えるには至っていません。本研究はこの観点に立ち、医療用マイクロマシンを実現するための新材料を分子のレベルで設計し、合成、評価することを目的としています。特にマイクロマシンを動かすという点に着目して、可動部分に利用できる生体適合性弾性体（エラストマー）の合成について検討しました。医用エラストマーとしてはセグメント化ポリウレタン（SPU）が、利用されていますが、現状では生体適合性、血液適合性に関しては満足のいくレベルからは程遠く、何らかの方法でこれを改善することが強く求められています。SPUの化学修飾について列挙すると、(1)不活性なタンパク質の選択的吸着を目的とした表面修飾、(2)生体成分の吸着及び粘着抑制を目的とした表面修飾、(3)生理活性分子の固定化によるSPUの血液適合性改善、(4)血液適合性ポリマーの被覆、(5)両親水性ポリマーのブレンドによるSPUの表面改質、があります。

一方、優れた血液適合性を示す新しいポリマーが生体膜の表面構造に着目して合成されています。これはリン脂質極性基を有する2-メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリン（MPC）を一成分とするポリマーです（図1）。このMPCポリマーをSPUに対

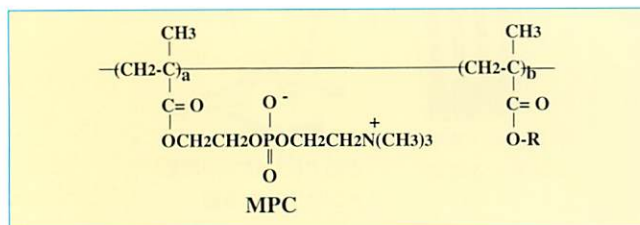


図1. MPCポリマーの化学構造：MPCユニットは生体膜を構成するリン脂質分子と同じ極性基を持っています。する添加材としました。SPUの機械的強度を維持するためにはMPCポリマーの添加量が少ない方がよいと考えられます。しかしながら血液適合性の発現にはある程度以上のMPCユニットが表面に存在してはなりません。また、SPUがおかれる環境、使用される状態を考えると、力学的な変形を伴うことが多く、この過程でMPCポリマーの脱離、溶出が認め

られてはなりません。そこでSPUとMPCポリマー間の相互作用を制御し、表面近傍にMPCポリマーが濃縮するような分子設計を行ないました。

SPUと共通溶媒に可溶であること、またSPUのソフトセグメント及びハードセグメントとの親和性を考慮して、2-エチルヘキシルメタクリレート及びシクロヘキシルメタクリレートを共重合モノマーとしたMPCポリマーを合成しました。塩化メチレンとエタノールの混合液を溶媒とし、SPU及びMPCポリマーをそれぞれ溶解し、これを混合後、溶媒を留去して成膜しました。SPUに対するMPCポリマーの重量比は5～20%です。得られた膜は極めて良好な形状と柔軟性を示していました。ブレンド膜の表面分析の結果、MPCポリマーブレンド膜にてリン脂質極性基が確認されました。ブレンド膜ではSPU膜と同様の力学特性を示しました。すなわち、MPCポリマーをブレンドした場合においてエラストマーであるSPUの機械的性質に影響を与えてない事が明らかとなりました。

血小板は血栓形成に重要な役割を果たすために、これの粘着性を調べることは血液適合性の評価に有効です。SPU膜では多数の血小板が粘着し、粘着した血小板に活性化が見られ変形しているのが認められました。SPU/MPCポリマーブレンド膜では血小板の粘着を効果的に抑制しました。また粘着した血小板の活性化及び変形は認められませんでした。SPUは医用デバイスの可動部分及び動的ストレスを受ける場所に使用されています。したがって、このような条件の元での血液適合性の評価をすることが望まれます。そこで試作した歪み負荷装置を用いて動的条件下での血小板粘着を評価しました。静的条件下と比較してSPU膜では歪み負荷によりさらに粘着した血小板の活性化が起き、偽足形成が顕著に認められました。SPU/MPCポリマーブレンド膜では動的条件下においても血小板の活性化及び偽足形成を抑制しているのが認められました。

SPUに対してMPCポリマーをブレンドする事により機械的性質を維持しつつ、血液適合性にできることが明らかになりました。この材料を用いると直径100 μm程度の中空糸を作成する事もできます。これは脳内毛細血管にまで到達するカテーテルやセンサーの開発に直接つながる極めて重要な技術であると確信しています。

インテリジェント材料のマイクロマシンへの適用に関する調査(その1)

— インテリジェント材料の定義とその材料例 —

東京農工大学・大学院生物システム応用科学研究所長 教授 宮田 清蔵

1. はじめに

21世紀を目前にした現在、次世紀を支える新しい産業の創出が強く望まれています。このような現状において新コンセプトに基づく材料とその応用に関する研究開発は最も重要な課題の一つであります。

そのなかでセンサ機能、プロセッサ機能、アクチュエータ機能を材料中に内在させた新材料“インテリジェント材料”の概念が提唱され、現在活発な研究開発が行なわれています。このような材料が創製されれば、従来独立に構成されていた多くの部材や制御系コンピュータなどが不必要になり、省資源、省エネルギーなどに大きく寄与すると考えられます。一方社会のニーズが多様化し、特殊な環境や狭い空間などで動作する機械、人間の健康や福祉の向上に役立つ機器の開発も重要な課題であります。このような状況を背景にしてマイクロマシンの研究開発が行なわれているが、更にそれを力強く前進させるためには新材料の新機能をマイクロマシン設計に導入することが必要であります。

本調査研究ではマイクロマシンの適応性を考慮に入れたインテリジェント材料の可能性について検討した。

2. インテリジェント材料の例

生体内などの閉じられた空間で活動するマイクロマシンは一旦動作させると、故障しても修復が困難なので、如何に材料自体に破壊のセンシング機能や自己修復性といったインテリジェント性を導入できるかについて調査した。

金属の自己修復性に関して18-8系ステンレス鋼が挙げられます。これはセリウムを添加することにより、硫黄を除去し、さらにチタニウムを加えて、残った硫黄をチタンを含む酸化物として固定すると、表面が変化しても熱処理で自己修復することが確かめられています。また薄膜化した形状記憶合金はマイクロアクチュエータとしての機能、例えばマイクロバブル、ミラーの駆動などへの応用があります。

セラミックス材料に関しては、ジルコニア系材料が破壊センシング機能、高破壊抵抗特性、自己修復性を示すこと、さらにウィスカー強化窒化ケイ素が有効であることを示しています。

半導体材料は超LSIデバイスに使われておりその超微細加工技術がマイクロマシンの発端になったが、

ここではそのインテリジェント性からの観点で検討を行なった。ガリウムヒ素単結晶の両端に電圧を印加するとある電圧以上で電流が振動するガン効果が発現します。またこの結晶に深い準位を付与することにより、非線形電流-電圧特性が観測されます。これらの現象を利用することにより新しいセンシング機能を有するマイクロマシンが創製できるのではないかと考えられます。

有機材料は多種多様なものがありますが、ここではポリペプチドを取りあげました。ゲルはコンニャクなどが代表的なものです。ポリペプチドで作製したゲルは特定の分子を認識して体積変化をしたり、血液中の血糖値を検出してインシュリンを放出したり、熱を感じて耐熱剤を放出するなどの機能を果すようにもできます。すなわち外界の状況をセンシングして、それに対応したアクチュエーティング機能を有しています。

生体材料においてはカルシウムに対して分子の形を変化させるカルモジュリン/ホスホジエステラーゼ超分子系や大気汚染物質に対して発光するTOLプラスミドに関して調査しました。これらはいずれもたん白質であり、たん白質をうまく構築することにより新しいマイクロマシンができるのではないかと考えています。

3. マイクロマニピュレーション及びエネルギー供給

マイクロマシン作製に対して、微小な部品をトラップし、これを築み上げる技術が必要とされます。この技術の一つにレーザートラッピング法があります。これはレーザーの平行光線を対物レンズで絞り、レーザーが再び広がる位置にマイクロ部品を置いて、その時の運動量の変化を利用してトラッピングを行ないます。その特徴として、使用するレーザー光が全てトラッピングに関わるので、エネルギー効率が良い。プログラムを変えることにより、ソフト的にパターンを変えられるなどの利点があります。

一方マイクロマシンにどのようにエネルギーを供給するのが大きな問題であります。これに対して高分子をイオン伝導体や電極に用いたバッテリーが有望であると考えられます。

以上この調査ではマイクロマシン用材料に望まれるインテリジェント機能及びその作製技術、エネルギー問題について明らかにした。

インテリジェント材料のマイクロマシンへの適用に関する調査(その2)

— インテリジェント材料としてのポリマーネットワークとマイクロマシン —

横浜国立大学工学部 助教授 渡邊 正義

マイクロマシン用のインテリジェント材料として、化学情報を変換するセンサーを構築するための材料は不可欠である。従来化学情報変換材料としては、しばしば酵素、抗原・抗体といった生体高分子が用いられてきた。しかし、この生体高分子は、耐久性、利用環境の制限などといった問題を有する。ネットワークポリマーを利用した化学情報変換素子は、従来のバイオセンサーでは成し得ないインテリジェントセンサーを実現する可能性を有する。

架橋密度が低くかつ溶媒に充分膨潤したネットワークポリマーは、しばしばゲルと呼ばれ、その膨潤度が外部溶液の組成、pH、イオン種やイオン強度、温度、光、電場、化合物濃度などの微小な変化によって大きく変化するため、近年新しいインテリジェントマテリアルとして期待されている。本研究では、このインテリジェントゲルを微小電極上に化学固定した素子が、ゲルの外部環境変化による膨潤度変化を電流値変化に変換可能な化学情報変換機能を有することを示した。

一方、ネットワークポリマーを合成する際の架橋剤濃度を著しく高くし、かつモノマーと相互作用の期待できる特定の分子を鑄型として（鑄型分子、ゲスト分子）重合し、できた三次元に高密度に架橋されたポリマーから、鑄型となった分子を取り除くと、高度な特

異吸着性（分子認識能力）を有する架橋樹脂が合成できる（分子刷込法、Molecular Inprinting）ことが明らかにされて来ている。これは、鑄型分子に相補的な“型”となる鑄型高分子を作り出す方法である。この分子刷込法によって得られるネットワークポリマーを用いることによって、鑄型分子に対して選択的に応答する、電界効果型キャパシター、アンペロメトリックセンサー、光ファイバーセンサーなどが構築可能であることを示した。

以上は、インテリジェント材料の持つべき機能のうち、センシング機能のみをネットワークポリマーを用いて実現した例であった。そこで、ネットワークポリマーにセンシング機能のみならず、プロセッシング機能、さらにアクチュエーター機能を賦与することを試みた。具体的には、分子認識してマクロな形状変化を誘起するゲルを設計する方法論の確立を図った。その結果、ゲスト分子存在下、重合中に相分離が進行しながらゲル化が生起するような条件を選択してゲルを合成すると、低架橋密度でありながら外液中のゲスト分子の濃度を感知し、その濃度に応じて体積を変化させるゲルを実現することが可能となった。さらにこのインテリジェントゲルは、分子認識能力のみならず、分子選択性も有していることを明らかにした。

富山マイクロマシンセミナー開催される

富山マイクロマシンセミナーは、地元の(株)富山県機械工業会、(社)富山県電子電機工業会及びとやま技術交流クラブの後援のもと、当センターと富山県及び(財)富山技術開発財団が主催して、平成9年9月19日(金)の午後、富山市の富山県市町村会館で開催されました。

本セミナーでは、最近のマイクロマシン技術を解説するとともに、現在(財)マイクロマシンセンターを中心に進められている産業科学技術研究開発制度プロジェクト「マイクロマシン技術開発」の中から、4件の具体的成果が紹介されました。また、講演休憩時間には、会場に持参したマイクロマシン技術のポータブル展示品「光電変換デバイスを用いたてんとう虫型アクチュエータ」(三洋電機(株)製)について、樽井久樹氏より展示説明が行われ、マイクロマシン技術について聴講者に知ってもらうよい機会となりました。講演では、MMC新井 肇理事・事務局長、工業技術院機械技術研究所石川雄一室長が、それぞれ「MMCの事業活動」、「マイクロ機構設計の現状と課題」について講演を行い、更に、次の内容の産業科学技術研究開発制度プロジェクトの成果紹介を行いました。

「ホロニックメカニズムの群制御」

三菱重工業(株) 高砂研究所 井辺智吉氏

「ブロック技術のセルフパッケージへの応用」

(株)フジクラ 先端技術研究所 佐藤倬暢氏

「CCDマイクロカメラ」

(株)東芝 機械・エネルギー研究所 古賀章浩氏

「マイクロ光電変換デバイス」

三洋電機(株) ニューマテリアル研究所 樽井久樹氏

富山県では、平成9年度の産業・地域政策の一つとして、活力のある中小企業の育成に取り組むとともに、中小企業の新分野への進出、新産業の創出、及び県内企業が大学および公設試験研究機関と行う高度技術課題についての共同研究を支援しています。富山県には、微細な機械加工技術、精密金型加工技術、半導体製造工程におけるリソグラフィ技術等、マイクロマシン及びマイクロメカニズムに応用できる技術を有する企業が多数あります。また、マイクロマシンを製作するのに使われる有機材料等を取り扱う関連産業も多数あります。これら県内の精密機械工業や精密電子工業に関連する企業は、今後の振興と発展を図るには、日頃の生産活動において構成部品の精密化、高度化、複雑化等が必要であるとの認識から、現状を超えた精密加工技術に対して強い関心をもっています。そのため、このセミナーに寄せる関心は高く、富山県内の精密機械工業や精密電子工業に関連する企業20社からの聴講者37名と大学・高専・工業高校・研究所(国立富山大学、富山県立大学・富山工業高等専門学校、富山県工業技術センター機械電子研究所)からの聴講者124名を合わせて161名が参加し、講演に対して活発な質疑応答が行われ、有意義なセミナーとなりました。



富山県マイクロマシンセミナー風景



マイクロマシン技術のポータブル展示

第3回国際マイクロマシンシンポジウムいよいよ開催

当センターでは、マイクロマシン技術の振興と普及啓発のために国際交流事業を進めており、その一環として、1995年から「国際マイクロマシンシンポジウム」を毎年開催してきています。

本シンポジウムは、それまで当センターがマイクロマシン研究会（世話人代表：藤正 巖埼玉大学教授）と共催していたマイクロマシンシンポジウムと通商産業省工業技術院の産業科学技術研究開発制度プロジェクト（産技プロジェクト）の研究成果を公開するための成果発表会とを併せたものにし、更には、国際的な情報交換と人的交流を促進するため「国際マイクロマシンシンポジウム」としたものです。欧米からも講演者を招き、また海外にも広く参加を呼びかけ同時通訳を採用するなどして、一層の国際的な展開を図っています。内外からの参加者は第1回が505名、第2回が430名の多数に上り、極めて高い評価を受けています。

昨年は、フランス国立研究機関からの調査ミッションがシンポジウムに参加しましたが、今年は、招待講演者でもあるProf. DOREYを団長とする英国貿易産業省の「OSTEMSプログラム」に基づく政府ミッションが参加することになっています。これは海外の科学技術等を視察するための英国政府のプログラムで、6名の英国のマイクロマシン関係者が来日する予定です。

今回のシンポジウムは、組織委員会（委員長：中島尚正東京大学教授）が企画立案を行い、プログラム委員会（委員長：佐藤知正東京大学教授）がプログラムと招待講演者を選定し、さらには、今年4月カナダ・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参加の欧米諸国の首席代表8名からなるアドバイザリーボードを設置し、10月30日・31日の2日間、東京北の丸公園内の科学技術館サイエンスホールで開催されることとなりました。

第1日目は招待者による講演を行います。開会冒頭の「オープニング」のセッションでは通商産業省、工業技術院、新エネルギー・産業技術総合開発機構からの来賓挨拶に続き、特別講演として、東京大学の軽部征夫教授の「バイオ技術のマイクロマシンへの適用」が予定されています。マイクロマシン技術とバイオ技術とを結びつける研究の第一人者の興味ある講演が大いに期待されることです。

今年の海外からの招待講演者は4名で、この中にはECのNEXUS (Network of Excellence in Multifunctional Microsystems) の委員長が含まれ、ECのMEMS / MSTの研究開発に関する役割とその活動についての

講演が予定されています。

昨年のDGⅢのMr. FORSTERに続くもので、ECが本シンポジウムを重要視していることが窺えます。また、米国からは、NSFの産業技術プログラム実施の責任者が米国のマイクロ加工の研究についての現状とNSFの取り組みについて講演します。海外からの招待講演者とその講演タイトルは次の通りです。

Mr. Gaëtan MENOZZI/欧州委員会 NEXUS委員長

Role and Action of NEXUS within the European MEMS/MSTs R&D Structure and Programmes

Dr. Jay LEE/米国 National Science Foundation

Overview of Microfabrication Research in the U.S. and Current NSF Initiative

Prof. Howard DOREY/英国 Imperial College of Science

Overview on the Micromachine Activities in the U.K.

Prof. Roberto HOROWITZ/米国 University of California at Berkeley

MEMS for Ultra-high Density Hard Disk Drives

一方、その他の国内招待講演者は10名で、DNAチップ、地球環境、標準化、材料等をテーマに幅広く様々な分野の専門家をお願いし、ユニークな講演となるものと期待されます。本年は「マイクロマシン考」のセッションを設け、小学校教諭、社会学、文化人類学の専門家による講演が予定されており、マイクロマシンを技術以外の分野から考えて頂く機会を提供しようとするものです。

講演者とその講演タイトルは次の通りです。

陶山明/東京大学大学院総合文化研究科

DNAチップーDNA診断およびDNA計算機のための化学集積回路

田尾博明/工業技術院資源環境技術総合研究所

地球環境保全から見たマイクロマシン技術への期待

三井公之/慶應義塾大学理工学部

計測評価の標準化

年吉 洋/東京大学生産技術研究所

光マイクロマシン

早乙女康典/群馬大学工学部

アモルファス合金を用いたマイクロマシンの創製

由井伸彦／北陸先端科学技術大学院大学材料学研究科
血液適合性高分子表面の設計
下山 勲／東京大学大学院工学系研究科
昆虫ロボット
望月あや子／習志野市立大久保小学校教諭
子供の考えるマイクロマシン
鵜飼正樹／京都文教大学人間学部
文化としてのマイクロマシン
竹村真一／東北芸術工科大学人類学情報文明論
文化・技術・マイクロマシン

2日目は、通商産業省工業技術院の産技プロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」の進展状況のプレゼンテーションを行うもので、工業技術院の岡崎誠研究開発官による総論と3国研（機械技術研究所、電子技術総合研究所、計量研究所）におけるマイクロマシン技術の研究紹介と当センターの研究開発部会長とシステム化技術のワーキンググループ主査による産技プロジェクト第2期研究開発の概要のプレゼンテーションが行われ、さらにいくつかの最新の成果の発表が研究賛助会員各社の研究者より行われます。岡崎研究開発官を除く講演者とその講演タイトルは次の通りです。

安藤泰久／工業技術院機械技術研究所
マイクロマシンのトライボロジー
平井成興／工業技術院電子技術総合研究所
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
梅田 章／工業技術院計量研究所
計量研究所におけるマイクロデバイス、マイクロ材料の評価技術
柳沢一向／(財)マイクロマシンセンター研究開発部会長
第2期研究開発について
川原伸章／(財)マイクロマシンセンターW/G主査
管内環境認識システムについて
成宮 宏／(財)マイクロマシンセンターW/G主査
細管群外部検査試作システムについて

太田 亮／(財)マイクロマシンセンターW/G主査
機器内部作業試作システムについて
安宅龍明／(財)マイクロマシンセンターW/G主査
マイクロファクトリ試作システムについて
河合知彦／ファナック(株)
超精密マイクロVみぞ格子加工
佐藤倬暢／(株)フジクラ
ブロック技術のセルフパッケージへの応用
中澤治雄／(株)富士電機総合研究所
2次元マイクロ搬送デバイス
Dr. Ronald ZMOOD/豪州 Royal Melbourne Institute
of Technology
Micro Magnetic Bearings and Suspension Mechanisms
田名網健雄／横河電機(株)
マイクロマシンの高速形状計測
大築康生／川崎重工業(株)
マイクロマシン群のパターン生成技術の研究
井辺智吉／三菱重工業(株)
ホロニックメカニズムの群制御

なお、第8回マイクロマシン展が同じ科学技術館1階において10月29日から併催され、当センターの研究賛助会員を始め、マイクロマシンに関連する70の企業・大学・団体等からの展示が行われます。賛助会員企業と3国研からは産技プロジェクトを中心とするマイクロマシン関連の具体的な成果が展示されます。本シンポジウムの2日目は午後3時35分に終了しますので、講演と併せ、マイクロマシン展を見学することにより、効率的にマイクロマシンを理解する絶好の機会を提供します。

本シンポジウム参加者はマイクロマシン展に無料で入場出来ます。

シンポジウム参加登録申し込みは、10月15日が期限ですが、席に余裕がある限り、当日でも受け付けますので多くの方々の参加をお待ちします。

住友電気工業株式会社

1. マイクロマシン技術への取り組み

マイクロマシン技術は、半導体加工技術の飛躍的な進歩によって大きく進展しましたが、その後も、より立体的な機械部品を目指して新たな3次元微細加工技術の研究開発が進められています。当社では小型シンクロトロン放射（SR）光源を用いてLIGAプロセスと呼ばれる微細構造製作技術を開発してきました。この技術は立体的な微細構造を極めて高精度に製作できることから、マイクロマシン製作のためのキーテクノロジーの一つとして注目されています。また、材料の制約が少なく、量産性にも優れていることから、マイクロマシンのみならず、情報通信、医療など様々な分野における小型化、高機能化のニーズに応える技術として幅広い応用が期待されています。このようにLIGAプロセスは波及性の高い技術であり、当社事業における新製品開発への適用を進めながら、応用拡大を目的とした加工技術の更なる高度化に取り組んでいます。

2. マイクロマシン技術の開発

マイクロマシンに搭載可能な微細な機能デバイスを実現するためには、まずその製作技術が問題となります。当社は産技プロジェクト第1期において、水配管内のマイクロマシンから音波信号を送信する信号発信デバイスに不可欠な圧電セラミックスの微細加工技術開発に取り組みました。水中で伝搬可能な音波の周波数は400kHz以下であり、通常用いられる圧電セラミックス（PZT：チタン酸ジルコン酸鉛）をそのままこの周波数に適用すると寸法が約5mm以上と大きくなって、マイクロマシン搭載困難となります。そこで樹脂と複合化してヤング率を低下させ、発信周波数を下げることがあります。一方、圧電性を大きく落とさずに複合化させるには、PZTを微細かつ高アスペクト比（幅に対する高さの比）の構造にすることが必要です。ところが従来の加工方法では微細化に限界があったため、LIGAプロセスの適用を考えました。

LIGAプロセスの基本となる深いリソグラフィーは透過性の高い短波長X線を必要とするため、従来、大規模な中型SR光源でしか行うことができませんでした。当社では、高感度レジストおよび高コントラストX線マスクを新たに開発し、小型SR光源でも短時間で数百 μm の深さのパターニングができる独自のプロセス開発に成功しました。

図1は試作した直径20 μm 、高さ140 μm のPZT



研究開発部門支配人・播磨研究所所長 野田 伸雄

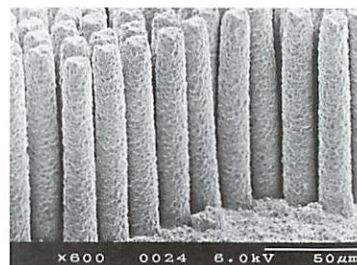


図1. PZT柱アレー（直径20 μm 、高さ140 μm ）

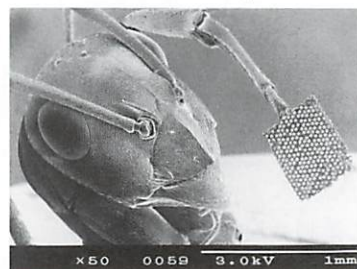


図2. 複合圧電振動子（寸法400×500 μm^2 、厚さ100 μm ）

柱アレーで、従来の加工方法では100 μm 程度が限界であったPZT寸法を約5分の1まで微細化することができました。図2の蟻が持っているものがPZT柱アレーの隙間に樹脂を充填した複合圧電振動子の例であり、水中信号伝達に十分な圧電性があることを確認しています。

3. 今後の取り組み

開発した微細複合圧電振動子は、現在、医療用超音波診断の分野で実用化すべく検討を進めております。また産技プロジェクト第2期では、マイクロマシン同士を自動的に連結／分離するマイクロコネクタを開発しており、更なる加工技術の高度化とシステム化技術の開発に取り組んでいます。

21世紀に向けてマイクロマシン技術は産業を支える基盤技術に成長するものと期待されています。当社も開発した微細加工技術を幅広い分野で実用化し、世の中に役立つ多くの製品を生み出していきたいと考えています。

（住友電気工業(株)

研究開発部門支配人兼播磨研究所所長 野田伸雄）

セイコーインスツルメンツ株式会社



取締役 守友 貞雄

1. マイクロマシン技術への取り組み

産業革命以来たえまなく発展し続けた工業技術は、人類の生活を飛躍的に豊かにしてきました。しかし、利便性とコストダウンの要求を重視した科学技術の進展は、重厚長大の路線を突き進み、環境問題、エネルギー問題などの地球規模でのひずみが生まれています。

当社では、創業当時からの生産対象としての腕時計に軽薄短小を推進してきました。今後は、これを一步推し進め、製造環境をも含めた概念で、少省軽微を推進していきたいと考えています。この推進における中核技術としてマイクロマシン技術に積極的に取り組んでいきたいと考えています。

2. マイクロマシン技術の開発

腕時計は、全体体積がおよそ 2cm^3 程度の非常に小型の機械で、それを構成する部品は、ほとんどが mm レベルのものです。しかし、腕時計を製造する装置について見てみると、組立装置のみでも 40m 程度の長さがあります。正確さと生産性を追求した有用な装置であるとの自負はありますが、対象物と比較すると、その大きさは桁違いに大きく、ある種の矛盾を感じます。

そこで、当社では、将来の製造システムの革新をめざした「マイクロファクトリ技術開発」に取り組んでいます。特に、従来の精密機械加工技術の延長線とは異なる微細構造体の製造技術として、電気化学STM（走査型トンネル顕微鏡）を応用した加工技術の技術開発を推進しています。図1にこの新しいマイクロ電解加工のため実験機の写真を示します。

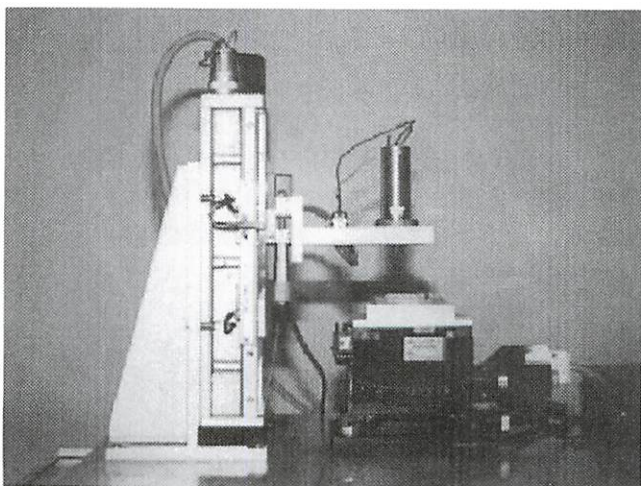


図1. 新しいマイクロ電解加工試作実験機
(STMの機構を用いた超精密加工機)

この加工技術は、金属の除去加工、付加加工を同一の装置内で実施することができ、しかも、STMモードでの精密観察もできます。また、装置サイズは制御装置を除けば、机の上に充分にのる大きさです。

図2にこの装置で加工したサンプルの写真を示します。パターン形状は、当社のロゴマークを形取ったものでありますが、従来の機械加工技術では不可能なサイズを実現しています。

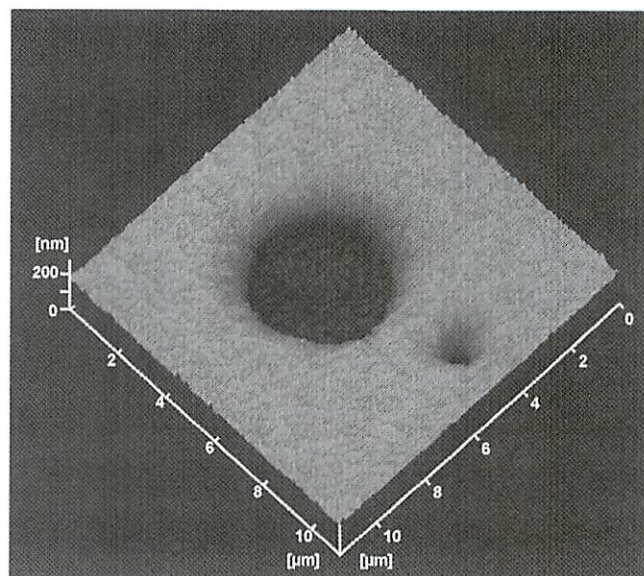


図2. マイクロ電解加工の加工例
(クロム薄膜を 200nm 分解能でエッチング)

3. 今後の取り組み

マイクロファクトリは、単に製造装置のダウンサイジングを行うのではなく、製品の完成にいたる製造のトータルな仕組みに変革をもたらし、私たちの生活環境をより豊かにする可能性を持った重要な技術として、基礎的な研究開発に取り組んでいきたいと考えています。

(セイコーインスツルメンツ(株))

技術総括部 総括部長 安宅龍明)

TRANSDUCERS'97報告

Transducers'97は6月16日から19日まで4日間シカゴのダウンタウンにある大きなホテル、Hyatt Regency Hotelで開催されました。この会議は1981年にボストンで第1回目が開催され、今回で第9回目を迎えますが、これまでに日本でも2回開催されています。今回の会議はミシガン大学のWise教授のところが主催しており、参加者はおよそ1200名という大人数で、世界各国（日本人は約120人）から参加しています。

TRANSDUCERS'97の発表内容

分類は執筆者が行ったもの

分類	内容	発表	ポスター&レイトニュース
	Plenary	3	
Sensors	Magnetic Sensors	5	7
Sensors	AFM & Related Sensors	5	2
Sensors	Inertial Sensors I, II, III	13	0
Sensors	Accelerometers	5	8
Sensors	Vibratory Gyroscopes	5	1
Sensors	Physical Sensors	5	13
Sensors	Acoustic Chemical Sensors	5	6
Sensors	Ion Sensors	5	1
Sensors	Force and Flow Sensors	5	3
Sensors	Gas Sensors	5	8
Sensors	High Temp. Gas Sensors	5	9
Sensors	Pressure Sensors	5	9
Sensors	Chemical Sensors	5	0
Sensors	Immunosensors	4	1
Sensors	Biosensors	4	0
Sensors	Artificial Noses	4	0
Devices	Actuators I, II, III	14	6
Devices	Resonant Structures	5	3
Devices	Acoustic Devices	5	2
Devices	Device Modeling	5	6
Devices	Data Storage	4	0
Devices	Dynamic Dev. Modeling	6	5
Devices	Microrelays	5	3
Devices	Microchemical Reactors	5	0
Devices	Micropump	5	2
Devices	Microfluidic Devices	5	5
Systems	Optical Microsystems I, II	9	9
Systems	Intelligent Systems	4	3
Systems	Whole-Cell Systems	4	1
Systems	Analytical Systems I, II	10	7
Systems	Telemetry Systems	4	2
Systems	Bioanalytical Systems	5	3
Tech.orProc.	Process Technology	5	9
Tech.orProc.	Packaging Technology	4	5
Tech.orProc.	Bonded & HARM Technology	5	5
Tech.orProc.	Bulk Micromachining	5	9
Tech.orProc.	Novel Materials & Processes	6	7
Prop.orMat	Mechanical Properties	4	5
	合計件数	212	165

発表件数は口頭発表とポスターセッションで合計約370件程度です。発表者の多くは大学関係者による先導的研究で、日本からも多くの発表が行われております。産技プロジェクト関係からは服部前研究開発部長他5件の発表が行われました。

発表内容はセンサ、アクチュエータ、デバイス、シ

ステム、プロセスなど、また応用分野は自動車用、データ記憶装置用、光学用、流体用、化学分析用、医療診断・治療用など多くの分野に渡っています。製作テクノロジーの多くは基板としてシリコンを用いた、薄膜形成とエッチングに基づくマイクロ加工を駆使したものが多く、米国ではカリフォルニア大学バークレー校およびロスアンジェルス校、ミシガン大学、コーネル大学、ドイツではベルリン工科大学等の大学において芸術的とも思える微細な加工ができるようになっております。

次に内容についてトピック的に取り上げて見てみます。

センサ

センサの発表では用途が自動車用と思われるものに慣性センサ、加速度メータ、ジャイロ스코ープなどがあります。共通していることは、中心のマスが細い橋梁で縁に繋がっている形態のものが多いことです。橋梁は目的に応じて1軸または2軸となっています。また、車輪が回転するような方式で角速度を測定するものが報告されております。ジャイロ스코ープでは3軸必要ですが、マスの回転を裏側にとりつけた扇型電極との電気容量で検出する方式、2軸のものを立体的に組立てる方式等が報告されています。変位の検出方法としては、互違いの楕円電極により電気容量を検出する方法、キャップに取付けた永久磁石から受ける磁気量の変化で検出する方法、橋梁に取り付けた圧電体で検出する方法などが報告されています。

流体関係のセンサでは流量センサ、圧力センサ、などがあります。流量センサの検出方式は2つのフォトダイオードの間にフローティングエレメントを形成し隙間から光量の差を検出するもの、弥次郎兵衛の傾きを検出するもの、2つの静電型圧力センサに加わる圧力差を検出するものなどが発表されています。これらは機械的に検出するセンサですので、流体の種類を検出することはできません。流体の種類を検出するには化学反応を使用するのが一般的です。無機物の表面での反応を利用するものとして、H₂、CO、CH₄、NO、NO₂、O₃等のガスセンサ、エタノールセンサ、湿度センサなどが報告されています。

その他のセンサではバイオセンサ、免疫センサ、医療用センサ、匂いセンサ（Artificial Nose）等の報告がありました。

デバイス

小さければ小さいほど喜ばれるのはデータ蓄積装置で、そのためにはディスクの読み出し書き込みのヘッドが小さく且つ微小で正確な移動が必要です。従って、マイクロマシンに適した用途の一つであるといえます。この分野では平面型磁気ヘッド、トラッキングシステム用アクチュエータ、ジンバル等の報告の他、AFMのカンチレバーを利用してデータピットを開ける方式が提案されています。

マイクロポンプでは、弁付きのもの、弁なしのものがありますが、弁付きのものでは弁の作製方法、弁なしのものでは、効率良いポンプの設計方法、特に流体の出入り口の設計が重要であり、今回もこれについて発表されています。

音波デバイスでは、難聴者の耳に埋め込む補聴デバイス、小型マイクロフォン、スピーカ等の報告がありました。

また、マイクロリレー（スイッチ）はカンチレバーを用いた片持梁式リレー（熱駆動型および静電駆動型）、橋梁式リレー（静電駆動型および電磁駆動型）などが報告されています。

システム

最近発表が増加している分野はマイクロ光学システム分野とマイクロ分析システム分野です。前者ではシリコン表面にマイクロマシン法で要素を作製し、立体的に組立てた上、アクチュエータによってx、y、z方向の光軸の調整を可能としたもの、シリコン基板上で、ミラーを3軸方向に回転可能としたものなどが報告されています。それらの適用例としてはディスプレイ用の微小な平面ミラーの配列、光導波路スイッチ用の立体ミラーの配列など、いずれもカリフォルニア大学を始めとするシリコンのマイクロテクノロジーを駆使したものでした。

分析システムでは電気泳動による分離、光吸収による分析、蛍光による分析、血液中の粒子サイズの分布測定など分析手法が種々報告されていますが、いずれも用途としては血液の分析に期待しているようです。バイオ分析システムのところでは、血液分析、DNA鑑定、など医療関係の分析診断に関連する報告がありました。

医療用システムとしてはテレメトリシステムが報告されています。ここでは人体の種々のデータをマイクロ波を使って外部に取り出す方式、及び心臓のデータを微小電流でレコーダを取り付けた手に送る方式が報告されています。

バンケットは第1日目はマンモス像と恐竜のいる博物館で、第2日目はミシガン湖のLake Cruiseでしたが、windy cityとは思えない風のない湖を揺れない船でゆっくり沖に出ると夜のシカゴの高層ビルの明かりが美しく、その上花火のサービスまであって楽しいひとときでした。第3日目は、ホテル内でWise教授の司会で、功労者への記念品の授与、また次の開催が予定されている仙台の紹介が東北大学の江刺教授によって行われました。



ポスターセッションでの討論の風景

第1日目のバンケットはマンモス像と恐竜のいる博物館で行われました。



マイクロマシン技術のポータブル展示

産技プロジェクトにおけるマイクロマシン技術開発の成果のアピールのため、平成8年度に関係企業の協力により作製されたマイクロマシン技術の4つのポータブル展示品；

- ・「レーザー駆動を用いたマイクロポンプ」
：(株)アイシン・コスモス研究所
- ・「光電変換デバイスを用いたてんとう虫型アクチュエータ」
：三洋電機(株)
- ・「1mmφ SMA (形状記憶合金) アクチュエータ」
：オリンパス光学工業(株)、
- ・「配管内マイクロ検査マシン」
：(株)デンソー

が、7、8月に外部機関によって開催された以下の2件のイベントで活躍しました。

(1) MIPE'97

日本機械学会100周年を記念して7月20日(日)～23日(水)に東京：有楽町の東京国際フォーラムで開催されたMIPE'97(マイクロメカトロニクス国際会議)に併設して、7月21日(月)、マイクロマシン技術のポータブル展示品のデモンストレーションが行われました。

これは日本機械学会知能情報精密部門の依頼により行われたもので、MIPE'97の発表会場とは別室のMIPEインフォメーションデスクの隣りに、マイクロマシンセンターの展示コーナーを設置し、今年1月、名古屋で開催されたMEMS'97の時と同様に、マイクロマシンセンターの事業紹介ポスター2枚と、前記の4つのポータブル展示品および各説明ポスターが展示されました。



MIPE'97における展示状況

展示時間は午後4時から6時半という非常に短い間でありましたが、MIPE'97の参加者の内、日本の研究者の他、中国、韓国、欧米の研究者も含め、のべ80名程が、展示コーナーを訪れ、小さなマシンの動きに驚きや興味を示すと同時に、その中に使われている技術や応用分野等について展示説明担当者と熱心に議論している姿が見られるといった反響がありました。

(2) 産業技術歴史展テクノフェスタ21

8月8日(金)～28日(木)の21日間、横浜のみなとみらい21の中にあるパシフィコ横浜で開催された「産業技術歴史展テクノフェスタ21」において、マイクロマシン技術の展示が行われました。

この産業技術歴史展は(社)産業研究協会の産業技術歴史展実行委員会の主催で、日本の産業技術の歴史継承に関する普及啓発活動の一環として、特に子供たちを対象として、産・官・学の協力により開催されたもので、開催初日の8月8日(金)には、通産省政務次官、学術情報センター所長、(社)日本工学会会長、横浜市長をはじめとして、産業技術に関わる多くの団体からの来賓が招かれ、盛大な開会式が行われ、その後引き続き来賓による内覧会も行われました。また、会場入り口には子供たちの描いた21世紀の社会についての絵画展入選作品が展示され、子供たちに親しみやすいように演出されていました。

展示会場では、鉄、自動車、生活、機械、航空宇宙・鉄道、国土・エネルギー、化学・セラミックス、電子・情報・通信といった分野について、展示コーナーが設置され、それぞれにおいて戦後50年の日本の産業技術の軌跡が展示されました。また、共通展示コーナーとして、これからの技術課題をテーマに先端技術の展



産業技術歴史展テクノフェスタ21開会式

示がなされ、マイクロマシンの展示ブースはその一角に設置されました。

マイクロマシンの展示ブースでは、マイクロマシンセンターから、前記の4つのポータブル展示品の他、H8年度に製作された子供向けビデオ「マイクロマシンって何？」の放映と、過去3回のマイクロマシン絵画コンテストの優秀作品の展示も行われました。またすぐ隣のブースでは機械技術研究所によりマイクロ旋盤の展示も行われていました。

今回の展示は、21日間フル稼働というこれまでに経験したことのない長丁場である上に、4つのポータブル展示品は見学者自身がマイクロマシンを操作できるように工夫がされているため、どのような取り扱い方をするかわからない子供たちを対象に、展示会終了まで展示品がもちこたえられるかが心配されましたが、途中、子供たちに展示品を壊されそうになったり、ちょっとしたマシンの故障はあったものの、大きなトラブルはなく、21日間をなんとか乗り切ることができました。

テクノフェスタ21の総来場者数は5万1千人余りで、マイクロマシンの展示ブースにも子供から大人まで幅広い年齢層の人たちが訪れ、マイクロマシンの動きに関心し、驚きの表情を見せていました。この展示会では、研究開発レベルの先端技術には全く触れることのない多くの一般の人たちに、マイクロマシン技術のことについて知ってもらうよい機会になりました。

なお、前記のポータブル展示品は、通常はマイクロマシンセンターで保管され、マイクロマシンセンターを訪れる国内外の来客の方々に、産技プロジェクトにおけるマイクロマシン技術開発の成果をアピールするのに活用されていますが、今後も外部団体の主催するイベントに活用されることが予定されていますし、さらに今年度、新たなポータブル展示品も追加されることになっており、これらは今後ますます産技プロジェクトにおけるマイクロマシン技術開発の成果のアピールに貢献していくことでしょう。



産業技術歴史展テクノフェスタ21マイクロマシン展示ブース



産業技術歴史展テクノフェスタ21における展示状況



第2回 センサのヒント「感覚器」

東京大学大学院工学系研究科機械情報工学専攻 助教授 下山 勲

1. 視覚センサ：複眼

昆虫の感覚器としてよく知られているものは、複眼であろう。複眼は図1に示すように複数の個眼が集まっ

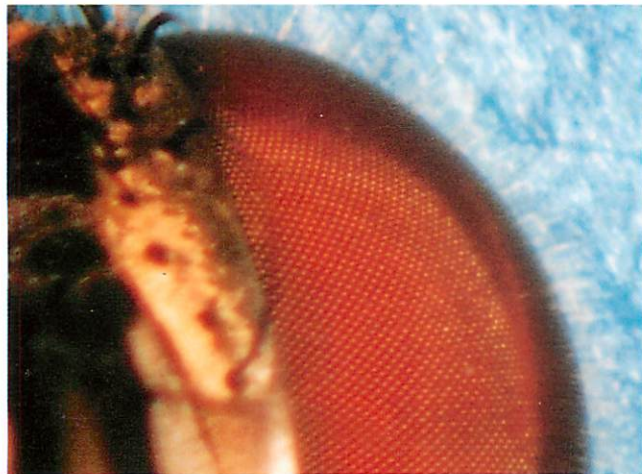


図1 ハエの複眼

て出来たものである。ハエでは1万個程度の個眼が集まって複眼を構成していて、それぞれの個眼の中には光受容細胞がある。個眼のレンズを通った光情報は光受容細胞で神経系の情報に変換される。光受容細胞にはそれぞれ特異的に反応する光の波長があり、たとえば、紫外線よりの波長に敏感だったりする。これは、太陽光のもとで活動するには都合がよいと解釈されている。

ハエが複眼を通してどのように外界を見ているかは議論がある。個眼のレンズを通して入ってくる図2の

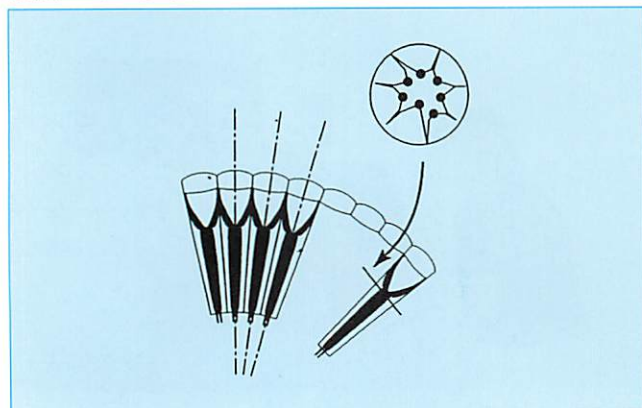


図2 複眼断面の模式図

ような光情報を受け取る光受容細胞の数が例えば数個なので、各個眼からの情報は光受容細胞の数で決まる数ビット程度の情報量であるらしい。人間の眼の光受

容細胞に比べてはるかに粗いので、ハエの複眼から得られる情報はモザイクがかかったようなものであるらしいが、これも議論があるようである。なぜ昆虫が複眼を自然選択の中で獲得したかはわからないが、多分広い空間角を単純ではあるが効率よくカバーするには都合がよいのであろう。

われわれの研究室では複眼を3次元で工学的に作るようとしている。そのための技術としては、マイクロレンズアレイ、光センサアレイ、光センサからの情報の処理回路、曲面の加工技術などが必須である。また、光センサアレイからの出力の情報は、時間に関するローパス/ハイパスフィルタと、空間に関する視覚情報のネットワーク処理で実現できるという報告があり、これらの技術と知識を総合すると寸法が1mmくらいの複眼が可能であると考えている。この複眼は全空間を1個の複眼でカバーすることができ、光センサアレイからの信号処理もIC技術で同時に作り込める可能性がある。われわれの人工複眼は視覚情報のコントラストの違いを抽出するだけであり、形の認識や距離の計測などは考えていない。マイクロロボットにはほかのセンサも搭載できるので、これらを統合すれば障害物を避けて進む合目的なロボットもできそうである。

2. 風センサ：尾葉

人工的な風のセンサとしては熱線流速計がある。細いワイヤに電流を流すと、ワイヤのまわりの流れによってワイヤの温度が変動する。そこでワイヤの温度を一定に保つようにフィードバックをかければ、制御量を流速に換算できる。このような熱線流速計はMEMS技術を使ってすでに微小化されている。

ところで、ゴキブリやコオロギの尾葉は逃避行動を引き起こすための貴重なセンサである。たとえば、尾葉に風を吹きかければ、逃避行動が現れる。尾葉には図3に示すように細かい毛が密に生えており、風を受けると毛が倒れて、毛のねもとにある神経が活性化する。この毛を倒す力は空気の流体力であるが、これは空気の粘性の影響が強く出る、いわゆる低レイノルズ数の領域の現象である。コオロギは、毛の幾何学的な寸法を変えることで、空気の振動に対する周波数応答の特性を変えている。周波数特性の異なる毛が尾葉に密に生えているので、全体として逃避行動を引き起こすセンサになっている。

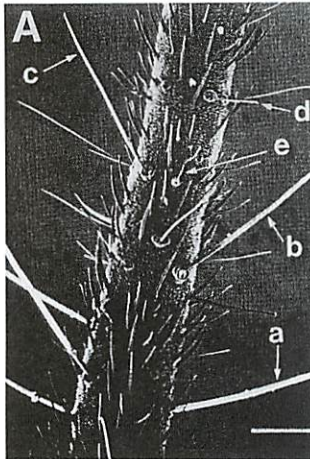


図3 コオロギ尾葉の感覚毛

(T. Shimosawa, M. Kanou: J. Comp. Physiol. A (1984) 155:485-493)

このように、マイクロマシンの特徴は、幾何学的な設計にある。通常の機械は、メカトロニクスということばがよく表すように、幾何学的な機械をソフトウェアに置き換えてきた。しかし、マイクロマシンでは寸法の制約から、機械の知能が幾何学的な機構に左右されることになる。

3. 匂いセンサ：触覚

図4の雄のカイコガの触覚は雌のカイコガが出す匂



図4 カイコガの触角

い物質（フェロモン）の高感度なセンサである。雄の

カイコガはフェロモンがない状態ではじっとしているが、フェロモンが触覚に届くとフェロモンの流れをトラックして雌に接近し交尾を行う。カイコガの寿命は羽化して1週間ほどであるが、この間、これ以外の行動はみられない。触覚に到達したフェロモンは触覚にある神経を活性化してフェロモン情報を脳に伝えるが、この触覚は非常に感度の高いフェロモン匂いセンサの役割を果たしている。昆虫ではこの例やアリ、モンシロチョウのように匂いで情報を受け取る例は多い。

人工的に作ったバイオセンサを小型化できれば、このような匂い情報の獲得も可能になる。化学物質を使えば、簡単にマーカを置くことができる。風や拡散によって情報が空間的に広がるので、これを都合よく利用できる場面もある。また、化学物質は小さな隙間や曲がった部分も通るのでこれを利用する手もある。

4. 特殊性の利用

昆虫にも人間の五感に相当するセンサが備わっている。それぞれは複眼や触覚のように単純であり、何でもできるというわけではないが、行動にとって不可欠なものである。マイクロマシンでも、これまでのロボットに期待していた一般性を追求するのではなく、目的を絞り込みそれに必要な単純な構造や機能を考えることが重要であると考えられる。

先日、マイクロマシンセンタの会議で、桃谷先生（京都国際大学）の折り紙の話がうかがう機会があった。その際、「生物学ではこれまで種の間で共通している一般的な事実が興味の対象であった。しかし、マイクロマシンの手本として、種を丁寧に観察すれば、これまで見過ごされてきた、種に固有の特殊性が大きなヒントになることもある。」という趣旨の発言があった（とわたしは解釈している）。これはとても印象に残った発言であった。生物学の教科書に一般的事実として書かれていること以外にも、それぞれの生物には、マイクロマシンの大きなヒントが隠されていそうだ。

参考文献

立田栄光、三村珪一、富永佳也、小原嘉明：昆虫の神経生物学、昭和55年、培風館

平成9年度（第5回）マイクロマシン技術に関する 研究助成 課題募集の締切り迫る

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より受託し、その研究開発を進めると共に、自主事業として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事業を行っております。この自主事業の一環として、本年度もマイクロマシン技術に関する基礎的研究課題に対して研究助成を行っていますので、下記の要領をご参照のうえ、ふるってご応募下さい。

記

1. 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。

2. 研究期間

平成10年3月下旬～平成11年3月31日 (テーマA)

若しくは、

平成10年3月下旬～平成12年3月31日 (テーマB)

3. 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9年7月1日～10月31日

決定時期：平成10年3月上旬

助成金の交付：平成10年3月下旬

4. 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。

5. 応募資格

下記の学協会等に所属する大学教員（教授、助教授、講師及び助手）。

インテリジェント材料フォーラム、(社)応用物理学会、(社)計測自動制御学会、(社)高分子学会、次世代センサ協議会、(社)精密工学会、(社)電気学会、(社)日本エム・イー学会、(社)日本機械学会、日本人工臓器学会、日本生物物理学会、日本DDS学会、日本バイオマテリアル学会、(社)日本ロボット学会、(社)パーソナルコンピュータユーザ利用技術協会、マイクロマシン研究会（東京）、マイクロマシン研究会（名古屋）
〈以上五十音順〉

6. その他

(1) 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)

(2) 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。

(3) 問合せ先：財団法人マイクロマシンセンター研究部（担当：村上・波瀬）

〒101 東京都千代田区神田司町2-2-11 新倉ビル5階

電話：03-5294-7131

FAX：03-5294-7137

編集後記

冷夏の予想が外れ、9月に入っても厳しい残暑が続きましたが、ようやく秋の気配が感じられるようになりました。しかし、センターにとっては、これから11月にかけてマイクロマシンに関する様々の行事が始まり、なお一層暑さが続きます。

9月19日の富山セミナーを始めとして、同29日からは北京において日中共同ワークショップの開催、さらに10月28日には標準化のワークショップが開催されると同時に第8回マイクロマシン展も始まります。また、翌30、31日には第3回国際マイクロマシンシンポジウムが東京北の丸公園で開催されるなど10月最終週はマイクロマシン週間といった感があります。

マイクロマシンに関する研究開発も第2期の2年目に入り、その成果も大いに注目されているところであり、今年のシンポジウム及びマシン展は例年にもまして賑わうことと期待されています。その他11月には平野専務の英国電気学会マイクロエンジニアリング専門家委員会における招聘講演、マイクロマシンのアプリケーションに関する欧州調査団の派遣などセンターの実力を世界に向けて発信する忙しい秋となりそうです。

なお、シンポジウムなどの開催結果等につきましては、次号の「マイクロマシン」をご覧ください。

発行 財団法人マイクロマシンセンター

発行人 平野 隆之

〒101 東京都千代田区神田司町2-2 新倉ビル5階

TEL.03-5294-7131 FAX.03-5294-7137

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

無断転載を禁じます。