

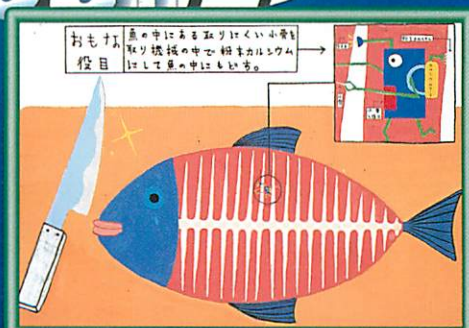
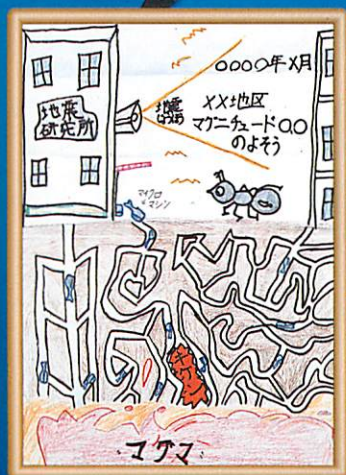


マイクロマシン MICROMACHINE

1996.7

- 就任ご挨拶／2
- マイクロマシンの研究紹介／3
- MMCの事業活動／5
- 海外だより／17

- トピックス／19
- 入門講座「微細作業技術」(第10回)／22



No. 16

就任ご挨拶

(財)マイクロマシンセンター 理事長

石丸 典生



稲葉前理事長の後任として、このたび（財）マイクロマシンセンターの理事長に就任しましたのを機会に日頃の考えを述べ、就任の挨拶とさせていただきます。

ご存知のように、マイクロマシン技術は、高精度のマイクロ加工とエレクトロニクスの基盤技術の組み合わせによる各種情報通信機器や精密機器、また、マイクロサージェリー、人工臓器、診断や治療に必要な高度医療システムの形成に欠くことのできないものであります。また、小型機器などの生産システムの省エネルギー化、省資源化の推進に役立つと共にメカトロ設備の飛躍的な高度化や高信頼化に応えることができる唯一の技術分野であると思います。21世紀には各種産業設備や、プラントの高度で精緻なメンテナンスが必要な産業分野をはじめとし、医療分野、福祉・衛生分野、余暇生活分野、住宅環境分野、家電・情報機器分野、宇宙・航空分野など幅広い分野での応用が期待されています。また、マイクロマシン技術の研究開発の結果、実現するマイクロマシンは、機械システム等の超小型・高機能化を通して、省エネルギー・省資源などの社会的要求に合致した産業構造や社会生活の実現に大きく貢献できると考えております。

しかしながら、マイクロマシン技術はまだ歴史が浅く、対象とする分野が多岐に亘るため、様々な技術開発が必要とされております。平成3年度よりスタートいたしました工業技術院産業技術研究開発制度によるマイクロマシン技術の研究開発プロジェクトの第1期では、マイクロマシンの基本的構成要素に関する技術確立を目標に幅広く研究開発が行われ、各機能デバイスのレベルで従来技術に比べ大幅な進展が得られました。一方、マイクロマシン特有の各機能デバイスの技術課題とともに、マイクロマシンをシステムとして実現するために必要な各要素技術の高度化、システム化に向かって取り組むべき課題も明らかになってきました。平成8年度からの第2期ではマイクロマシンをシステムとして実現するための各要素技術の高度化、システム化、基盤技術の確立の3つを目標に研究開発が行われるわけですが、このような技術開発は企業、国立研究機関、大学などが個別に取り組んでもできるものではなく、体系的なマイクロマシン技術の確立が求められており、その達成にはなお一層、官学産が一体となった研究開発が必要であります。

また、マイクロマシンの研究は今や世界中の研究機関で精力的に行われており、去る4月末スイスで開かれた第2回マイクロマシンサミットの様これまで以上に海外の機関との技術的、人的交流を深め、国際的に共通の理解を得た活動を推進して行かなければなりません。

豊かな未来の産業構造や社会生活の実現に貢献するため、上記に示しましたような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国際的普及に向けて、今後とも当センターが中核となって推進してまいりたいと思います。

私も微力ながら、皆様のご支援のもと精一杯努力して行きたいと考えております。

今後とも、当センターの事業にご理解を賜り、従前にも増してご指導、ご支援を賜りますよう宜しくお願い致します。

マイクロマシンの研究紹介

立命館大学におけるマイクロマシン研究

Research on Micromachine at Ritsumeikan University

杉山 進 (立命館大学 理工学部 ロボティクス学科 教授)

Susumu Sugiyama (Ritsumeikan University, Faculty of Science and Engineering, Dept. of Robotics, Professor)

浮田宏生 (立命館大学 理工学部 光工学科 教授)

Hiroo Ukita (Ritsumeikan University, Faculty of Science and Engineering, Dept. of Photonics, Professor)

田畑 修 (立命館大学 理工学部 機械工学科 助教授)

Osamu Tabata (Ritsumeikan University, Faculty of Science and Engineering, Dept. of Mechanical Eng., Associate Professor)

小西 聡 (立命館大学 理工学部 機械工学科 専任講師)

Satoshi Konishi (Ritsumeikan University, Faculty of Science and Engineering, Dept. of Mechanical Eng., Assistant Professor)

1. 理工学部概要

立命館大学理工学部は、1994年4月に琵琶湖南東に位置するびわこ・くさつキャンパス (BK C) を開学し拡充移転しました。現在6学系10学科から構成され、学部学生約5000人、大学院学生約700人、教員約170人を擁しています。本年4月、小型シンクロトン装置「オーロラ」(図1)を備えたSRセンターを開設すると同時に、本学ではマイクロマシン研究への積極的な取り組みを始めました。

2. 研究設備概要

バルクマイクロマシニング、サーフェスマイクロマシニング、LIGAプロセスを融合させた先端的なマイクロマシン研究を推進するために、LIGAプロセス専用のビームラインと総床面積300m²のクリーンルームよりなるマイクロプロセスLab.を設置しました。

LIGA用の専用ビームラインはSRセンター内に設置されています。図2に予備実験で得られた200 μ m厚のPMMAに30分の露光で形成した線幅20 μ mの格子パターンのSEM写真を示します。

マイクロプロセスLab. (図3)にはリソグラフィ設備として電子線描画装置、片面アライナおよび両面アライナ、成膜設備として抵抗線加熱蒸着、電子ビーム蒸着、高周波3元スパッタ、プラズマCVD及びメッキ装置、エッチング設備としてRIEおよびウエットエッチング設備、熱処理設備として拡散炉およびアニール炉が設置されています。その他にダイシング、ボンディング等の組立設備も備えています。

3. 研究室紹介

これらの研究設備を用いてマイクロマシンに関連する研究を行う主な研究室を紹介します。

3.1 杉山研究室(ロボティクス学科)

「センサ、アクチュエータおよび処理回路を一体化したマイクロ電気・機械システム (MEMS) の実現と産業応用」を目標に、(1)デバイス設計技術、(2)マイクロプロセス技術、(3)処理回路技術、を3本柱とした研究を進めて行きたいと考えています。各研究概要は次の通りです。

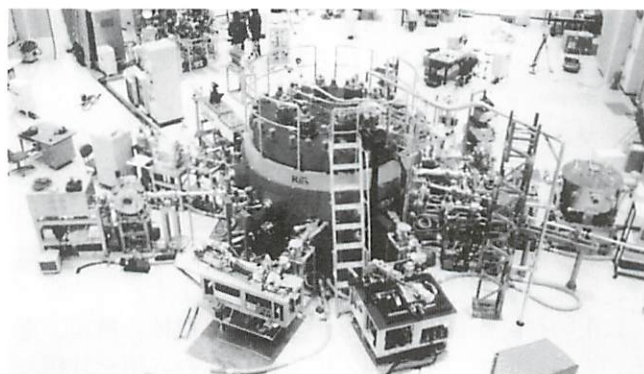


図1 小型シンクロトン装置「オーロラ」
Fig.1 Compact SR system "AURORA"

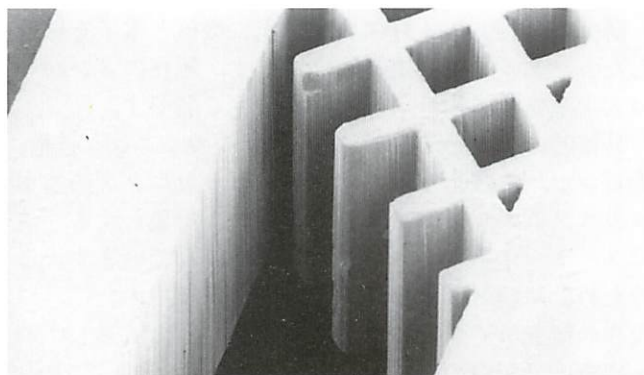


図2 200 μ m厚PMMAに形成した線幅20 μ mの格子パターン
Fig.2 PMMA structure with width of 20 μ m and height of 200 μ m

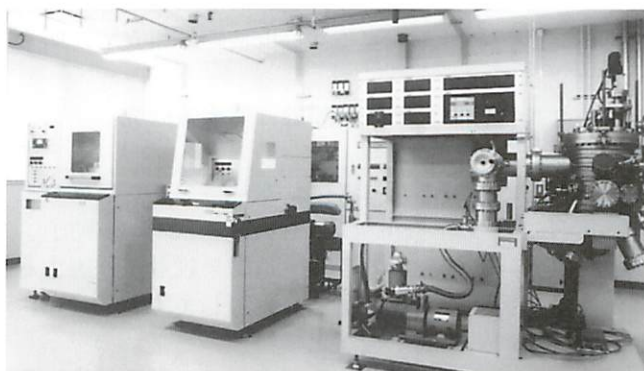


図3 マイクロプロセスLab.
Fig.3 Microprocess Lab.

- (1) デバイス設計技術：センサは圧力、力、加速度など機械量を中心にした物理センサを、アクチュエータは静電型、圧電型、電熱型などマイクロ化に適した方式を取り上げ、検出原理から掘り下げた新規デバイスの研究。さらに同一基板上にセンサ、アクチュエータおよび処理回路を一体集積したMEMSのデバイス化に関する研究。シミュレーションなど机上研究のみでなく実際に「もの」を作りその性能評価にも取り組みます。
- (2) マイクロプロセス技術：バルクマイクロマシニング、サーフェスマイクロマシニングおよびLIGAプロセスの三つの先端加工技術を応用、融合し、新規三次元マイクロストラクチャの加工プロセス技術の開発とMEMSへの応用研究。個別プロセス技術にとどまらず実際に「もの」を作り上げる総合的な技術確立を目指します。
- (3) マイクロセンサ、アクチュエータのそれらが有する最高の性能を引き出し、最も効率良く動作させるための周辺処理回路技術の研究。温度特性や非線形性の補償、計測・制御システムとのインターフェイスの設計、評価および標準規格化に取り組みます。

以上の研究を通し、ロボティクス、機械、精密、電子、光学、医療、その他、広く産業への応用を目指します。

3.2 浮田研究室（光工学科）

研究室は1995年4月に発足、光に機械と電子を融合したトータル技術を追及しています。現在のメンバーは大学院修士課程5名、学部4年生6名です。

具体的には光記録技術、光マイクロマシニング技術、光ピンセット技術などのオプトメカトロニクスの基本メカニズムからデバイスまでを扱い、対象とする寸法はメートルからナノメートルまでに及んでいます。このため、原理となる物理化学法則も多様です。

現在の研究テーマは

- ・高密度光記録の研究
- ・複合共振型半導体レーザー応用の研究
- ・光によるマイクロ振動の研究
- ・光ピンセットによるマイクロ構造物の組立てに関する研究
- ・マイクロ物体の光圧駆動制御に関する研究

研究を進めるにあたっては、本学のマイクロプロセスLab.でマイクロ機械要素部品、マイクロ振動子、マイクロ光回転体などの各種構造物を設計・作製するとともに、学外の関連機関とも協力します。

3.3 田畑研究室（機械工学科）

「マイクロ・ナノ領域における加工・計測技術の確立とマイクロ・ナノマシンへの適用」を目標に、(1)微

細加工技術、(2)計測・評価技術、(3)MEMSへの応用、を3本柱とした研究を進めていきたいと考えています。各研究テーマの概要は次の通りです。

- (1) 微細加工技術：超精密加工の観点から行う物理化学現象を利用した加工技術およびこれらの新規な加工技術を利用した生産システムに関する研究。レーザあるいはシンクロトロン放射光等の紫外線エネルギービームを除去、付加、改質のアシストに用いず加工にも取り組みます。
- (2) 計測・評価技術：微細加工工程の基礎解析、工程管理に必要な種々のプロセスパラメータの計測・評価技術、および微細加工技術で加工した部品の形状、特性の計測・評価技術に関する研究。新規な微細加工技術をメカニズム等の基礎から応用までの広い視点で理解するために、加工表面の原子レベルの解析といったミクロな計測・評価から加工された部品の強度といったマクロな計測・評価までを取り扱います。
- (3) マイクロ機械・電気システム（MEMS）への応用：新規な微細加工技術を利用して実現できる機械システムあるいは機械と電気が融合したシステムの概念を示し、微細加工技術の有用性を実証すると共にさらなるニーズを明らかにする研究。微細加工技術をシーズとすれば新たなニーズを自ら創生するための研究です。

3.4 小西研究室（機械工学科）

私たちの研究室では「マイクロメカトロニクスの特徴をうまく生かしたシステムの構成を通して、社会に役立つものを提示していく」ことを目指しています。機械要素の微小化技術として注目されている半導体マイクロマシニング技術は、従来の加工技術とは異なるさまざまな特徴をもっています。「機械・電気要素の融合」は、マイクロメカトロニクスの特徴を生かしたひとつの理想的な形です。

私たちは、「(1) マイクロデバイスの開発（設計・製作・評価）」はもとより、「(2) システム化（構成・制御手法、実装技術…）」のようなマイクロメカトロニクスの“特徴の生かし方”というテーマにも取り組んでいきたいと考えています。今注目しているのは、たくさんの賢いマイクロマシンを散りばめた分散型マイクロメカトロニクスによるシステムの構成です。比較的単純な要素デバイスが群をなして協調動作することで、より複雑な仕事を実現するようなシステムの開発を考えています。もちろんシステムは、個々の要素デバイスによる精密動作を生かした機能も併せ持つことが可能です。具体的には、現在進めている「マイクロアクチュエータアレイによる物体のポジショニング」に関する研究を手始めに、広い視野に基づいてマイクロメカトロニクスの可能性を追及していきたいと考えています。

私たちの発想がシーズとなり、社会のニーズに応える形で社会とお互いに刺激しあいながら研究を進めていきたいと思っています。

産技プロジェクト「マイクロマシン技術」(第2期)研究開発基本計画

工業技術院は「産業科学技術研究開発制度」の一つである「マイクロマシン技術」の第1期プログラムが多くの成果を得て終了したことを受けて、第2期に向けた研究開発の基本計画を決定しました。

1 研究開発の目標

- (1) 第1期計画における微小機能要素から構成される機械システム（マイクロマシンシステム）の基本的要素技術の研究開発成果等を踏まえ、以下の作業を行う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する。
 - ① 発電プラント等の複雑な機器内の狭小部における移動及び自律的な作業
 - ② 生体内の狭小部における移動及び自律的な作業
 - ③ 小型工業製品等の部品の生産作業
- (2) この目標を達成するため、別表に掲げる「システム化技術」、「機能デバイスの高度化技術」及び「共通基盤技術」の研究開発を行う。
- (3) 上記の研究開発と併せてマイクロマシン技術のトータルシステム像と将来の展開を明確にするための総合調査研究を行う。

2 研究開発の実施方式

- (1) 以下の集中管理型共同研究方式による統合的な運営の下、研究開発を行う。
 - ① 「システム化技術」の研究開発については、マイクロマシンシステムの前段階である機能デバイスを統合した試作システムの製作により、システム化技術の確立のための研究開発を行うこととし、試作システム毎に、研究開発の取りまとめを行う機関を拠点にした集中的研究を行う。
 - ② 「システム化技術」、「機能デバイスの高度化技術」及び「共通基盤技術」の研究開発については、マイクロマシン技術の基幹となる技術分野毎に研究グループを構成して、相互の情報交換と切磋琢磨による体系的な研究開発を行う。
- (2) 効率的、効果的に上記の研究開発を進めるために、上記の各グループが相互に研究協力を行って有機的な連携を図りつつ並行的に進める。

3 研究開発期間

平成8年度から5年間（全体期間は10年間）

4 研究開発費総額

約150億円（全体総額は約250億円）を想定

5 評価

最終年度においては、研究開発期間中に生じた産業科学技術上の進展や社会情勢の変化を十分に勘案した上で、研究成果を総合的に評価して、マイクロマシン技術の実用化へ向けた発展へつなげる。

システム化技術	・ 複雑な機器の狭小部に用いることを想定した管内自走環境認識用、細管群外部検査用及び機器内部作業用試作システム、及び小型工業部品の生産に用いることを想定したマイクロ加工・組立用試作システムの製作を通じたエネルギー供給技術、設計・製作技術等のシステム化技術 ・ 個々の機能デバイスの統合、マイクロ化、高性能化による試作システムへの実装化技術
機能デバイスの高度化技術	・ 駆動技術である人工筋肉、連結技術であるマイクロジョイント、極低摩擦サスペンション、エネルギー技術であるマイクロバッテリー等の先進的な機能デバイスのマイクロ化、高性能化を図る技術 ・ センサ、レーザを複合化したマイクロレーザカテーテルの技術 ・ センサ、能動湾曲機能を複合化したマイクロセンサカテーテルの技術
共通基盤技術	・ マイクロマシン群制御技術 ・ 力、トルク等の計測技術 ・ 微小機能の要素等の評価技術

(財)マイクロマシンセンターの平成7年度事業活動

平成7年度は、微細で複雑な動作を行う大きさ数mm以下の機能要素から構成された微小機構＝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等を行うことにより、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、以下の事業を行いました。平成7年度においては、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、国際交流事業の一層の充実に努めました。

1. マイクロマシンに関する調査及び研究事業

1.1 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を行い、また、工業製品の微小部品の製造を行う微小機能要素から構成されるマイクロマシンシステムを実現するための技術を確認することを最終目標とします。

本研究開発は5年目に入り、平成7年度は第1期の最終年度にあたり、当初の目標を達成し、第2期の研究開発への課題が抽出できたとの中間評価を受けました。

【発電施設用高機能メンテナンス技術開発】

マイクロカプセルの研究開発、マザーマシンの研究開発、無索検査モジュールの研究開発、有索作業モジュールの研究開発、トータルシステムの研究を行いました。

また、将来のマイクロマシンの設計指針を明確にするため、本プロジェクトの第1期の目標に対して、「成果課題」をまとめました。

【マイクロファクトリ技術開発】

マイクロ作業機構、マイクロ駆動機構に関する各要素技術について試作、作動実験、評価を含む研究開発、更に、機械を小型化した際の省エネ効率の測定、機器の小型集積化に伴う機器間電磁波ノイズや静電気の影響等検討を進めました。

【医療応用技術】

医療応用技術として、マイクロマシントータルシステム技術の研究、マイクロ触覚センシング技術の研究、レーザ応用診断・治療技術の研究、血圧・血流センシング技術の研究について、実験評価を含む基礎検討を行いました。

1.2 マイクロマシン用材料に関する研究(工業技術院

機械技術研究所との共同研究)

マイクロマシン材料に関する共同研究を行いました。(1)微小機能要素の動作環境、(2)マイクロマシン用材料、(3)マイクロマシン用材料のフィジビリティースタディー。

1.3 マイクロマシンの設計・製作基盤技術に関する研究(工業技術院機械技術研究所との共同研究)

マイクロマシンシステムを設計・製作するための基盤技術の共同研究を行いました。

1.4 マイクロマシンの基礎技術の調査研究(日本小型自動車振興会補助事業：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9テーマについて、技術シーズを探索し、産学共同研究を実施しました。

1.5 マイクロマシン技術の導入に伴う産業社会構造への影響に関する調査研究((社)日本機械工業連合会受託調査事業)

平成7年度の調査研究では、21世紀においてマイクロマシンが実用化されることによりもたらされる産業活動および社会生活に与える影響について、以下の4つを骨子としてまとめました。

(1)産業および社会へのマイクロマシン技術の導入(技術オリエンテッド)、(2)産業および社会の要請(需要オリエンテッド)、(3)技術革新の事例分析(産業化プロセスの雛形)、(4)産業化のシナリオ(マイクロマシンの産業化プロセス)

1.6 マイクロマシン技術国内外研究開発動向調査(自主事業)

(1)マイクロマシン技術開発状況、(2)マイクロマシン技術動向の分析をアンケートや研究論文により、関連する研究に取り組んでいる日・米・欧の大学、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、研究組織等の調査を行い、研究開発動向を分析・整理しました。

1.7 マイクロマシンデータベースの構築

1.8 マイクロマシン技術のアプリケーションに関する調査研究(機械システム振興協会、国際ロボット・エフ・エー技術センターからの受託研究)

マイクロマシン技術の新しいアプリケーションの調査研究を、地球環境分野、都市生活分野、生活・レジャー分野、生産(建築・農業)分野等に関して、調査研究を行いました。

2. マイクロマシンに関する情報の収集および提供事業

2.1 マイクロマシンに関する情報の収集

マイクロマシンに関する情報ならびに資料として定期刊行物、図書、その他の資料を国内外の大学、産業界、公的機関等から収集し、当センターで実施した調査資料とともに、資料室に保管整備しました（平成7年度105冊、累計377冊）。

2.2 マイクロマシンに関する情報の提供

2.3 マイクロマシン技術情報データベースの構築調査

本調査では、当センターで望ましいデータベースに関して、(1)データベースに蓄積すべき情報の種類、(2)データベースの利用者が提供を期待する情報形態、(3)上記を満足するシステム形態を調査検討し、収集するデータのフォーマットを決めました。

3. マイクロマシンに関する内外関係機関との交流および協力事業

官学産共同研究の推進事業として研究グラント、国際マイクロマシンシンポジウム、セミナーの開催等による研究者および有識者の招聘、交流等内外関係機関等との提携、交流及び協力の諸事業を行いました。

3.1 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教員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、産業界交流の一層の促進を図るため、平成7年度（第3回）の研究助成課題の募集を行いました。厳正に審査した結果、2年度継続研究を含めて12課題の研究助成を行いました。

3.2 マイクロマシン技術に関する国際交流事業

(1) 第1回国際マイクロマシンシンポジウムの開催

平成7年11月1日～2日、東京北の丸公園の科学技術館サイエンスホールにおいて「マイクロマシン技術——次代の産業技術の基盤」をテーマとした第1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。本シンポジウムは、これまで当センターが、マイクロマシン研究会（東京）と共催してきた「マイクロマシンシンポジウム」と産技プロジェクトの研究成果を公開するために(財)日本産業技術振興協会との共催で実施していた「成果発表会」とを併せ、更には、国際的な情報交流を促進するために欧米からも講演者を招き開催しました。

国内465名、海外40名。

(2) マイクロマシン技術交流セミナーの開催

欧州においてJETROの計画に協力して技術交流セミナーを開催しました。

①ドイツ・シュツットガルト 平成7年11月28日 参加者約60名

②イタリア・ミラノ 平成7年12月1日 参加者約90名 併せてマイクロカー、光電変換アクチュエータ等の展示も行いました。

(3) ミッション等の受け入れ

米国・英国・韓国等、延べ9ヶ国から来訪、我が国におけるマイクロマシン技術の研究開発、当センターの事業活動等意見を交換しました。

(4) ミッションの派遣

①95マイクロマシン訪欧調査団の派遣

スウェーデン・ストックホルムで開催されたTransducer'95/Eurosensor VIへの参加を機会に、スウェーデン、ノルウェー、デンマーク、フランスの大学・研究機関を訪問し、マイクロマシン技術の研究開発動向調査を兼ね、意見を交換しました。

参加者数 11名 訪問機関 6ヶ所

実施期間 平成7年6月24日～7月7日

②95マイクロマシン訪米調査団の派遣

米国・サンディエゴで開催されたMEMS'96への参加を機会に、米国及びカナダのマイクロマシン技術関連の大学・研究機関を訪問し、意見の交換と、研究開発動向を調査しました。

参加者数 9名 訪問機関 2ヶ所

実施期間 平成8年2月10日～21日

(5) ワークショップの開催

(財)国際ロボット・エフ・エー技術センターからの受託事業として調査研究を行いました。そのプログラムの一つとして、マイクロマシンの農業へのアプリケーションに関するワークショップをオランダ・トウェンテ大学の研究者を中心とするグループと開催しました。

参加者数 ヨーロッパ約10名、日本9名

実施期間 平成7年10月2日～3日

(6) 国際会議・セミナーへの参加

①2nd European Strategic Round table on Microsystems and MEMSへの参加

日本のマイクロマシン技術研究開発の現状及び、第1回マイクロマシンサミットの成果について講演を行いました。

会期 平成7年4月6日

②Microelectronics'95への参加

豪州におけるMicroelectronicsに関する会議で、マイクロマシンの産技プロジェクトの研究内容と当センターの事業概要を基調講演として発表しました。

会期 平成7年7月17日～19日

③Transducer'95/Eurosensor VIへの参加

スウェーデン・ストックホルムで開催され、マイク

ロマシン技術の最新技術調査と技術交流を行いました。

参加人数 約1,150名(約20ヶ国)

口頭発表 約260件、ポスター発表約250件。

会 期 平成7年6月10日～19日

④MEMS'96への参加

米国・サンディエゴにて開催。

参加人数 約401名、(19ヶ国)

口頭発表 41件、ポスター発表 50件。

会 期 平成8年2月11日～15日

産技プロジェクト関連 口頭発表3件、ポスター発表7件。

⑤International Conference on Precision Engineeringへの参加

(社)精密工業会とシンガポールの大学の研究機関が共催し、当センターから「日本におけるマイクロマシン技術の研究開発の現状とその将来」と題して、基調講演を行いました。

会 期 平成7年11月21日～24日

開催場所 シンガポール

⑥PHOTONICS-WEST'96への参加

Biomedical Optics, Optoelectronics, Laser & Application, Electronic Imagingの3学会の合同総会であり、併せて2,500件以上の発表が行われた非常に大きな学会でした。当センターからは、産技プロジェクトと最近の成果を、光応用の技術と関連付けて発表しました。

会 期 平成8年1月27日～2月2日

開催場所 米国・サンディエゴ

4. マイクロマシンに関する標準化の推進

(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に重要とみなされる用語220語について用語の階層構造を含めた整理、体系化を行いました。また、マイクロマシン技術分野における計測技術に関する基礎資料を蓄積するとともに標準化を推進するための技術課題を明確にし、データをより抽出し易くする工夫を行いました。「材料特性」に関する計測評価法については調査が開始されました。また海外の標準化活動との連帯に努めました。

5. マイクロマシンに関する普及啓発事業

5.1 広報機関誌の発行・配布

平成7年度においては、和文・英文とも第11号～14号を発行しました。

5.2 平成7年度マイクロマシン技術研究開発成果の発表

当センターが新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)より受託した研究開発プロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」の第1期の成果を、第

1回国際マイクロマシンシンポジウムの2日目に発表しました。

開 催 場 所 東京北の丸公園科学技術館サイエンスホール

講 演 発 表 21件

参加登録者数 505名(うち海外40名)

5.3 マイクロマシンに関する展示会の開催

(1) 第6回マイクロマシン展の開催

第1回国際マイクロマシンシンポジウムと同時に、東京北の丸公園科学技術館にて、「夢をはぐくむ技術・マイクロマシン」をテーマに、産技プロジェクト第1期の成果を主体に展示会を開催しました。

出展者数 69、来場者数 約3,500名。

5.4 マイクロマシン絵画コンテストの実施

次世代を担う子供達が、マイクロマシンを知り、親しみを深めるために、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ました。今回は、第2回目であり、当センター賛助会員の協力を得て、茨城県つくば市、愛知県刈谷市及び福岡県北九州市の小中学校合わせて19校から応募を得ました。

応募総数 1,373点 入選作品 26点

5.5 イブニングセミナーの開催

マイクロマシン技術に関する調査研究の成果等の普及及び交流の場として、イブニングセミナーを開催しました。(毎月第3水曜日開催。平成7年度は9回開催)

6. マイクロマシン連合への参画

各学術領域毎に異なっている各団体の特徴と機能を十分に発揮し、併せてマイクロマシン関連情報の交流及び研究協力を図ることを目的に発足した、マイクロマシン連合の事務局としての業務を行い、運営協議会を主宰しました。

第2回マイクロマシンサミット開催される

第2回マイクロマシンサミットが4月24日～26日の3日間、スイスのモントルーにて開催され、昨年当センターが主宰した第1回のサミットに続き大きな成果をもたらして閉幕しました。

今回のサミットは、第1回サミット参加の欧州側6ヶ国の首席代表等から構成される組織委員会の下で、スイス政府の資金援助を得て、スイス・ニューシャテル大学のde Rooij教授が中心となって準備を進めてきたもので、同教授がサミットの議長を務めました。

24日の歓迎パーティでは、スイス科学研究省大臣が来賓挨拶をし、スイス政府としてもサミット及びマイクロマシン技術を非常に重要視していることが窺えました。また、会議冒頭の基調講演は、1984年のノーベル物理学賞受賞者のDr. Heinrich Rohrerが行い、21世紀へ向けてのマイクロマシン技術の重要性と期待を強調していました。これらのVIPを迎えることが出来たということでスイス側のマイクロマシン技術の振興・普及に並々ならない意欲を感じ取ることが出来ました。

サミット合意事項の主なものは次の通りです。

- (1) 標準の重要性を認識し、各国が協力してマイクロマシンの標準化を進める具体的行動を起こす。

- (2) マイクロマシンの一層の進行のためには、教育が極めて重要であり、その具体的な実施に努力する。

- (3) 第3回サミットは、カナダのブリティッシュコロンビア州において来年4月下旬に開催することとし、再来年は、豪州にて開催する方向で検討する。

- (4) サミットの主催は、ホスト国が行うが毎回のサミットの記録保存と今後の開催スケジュールのレビューのために永久事務局を設置することとし、(財)マイクロマシンセンターを指名する。

日本からは、5名からなる代表团と賛助会員からなるオブザーバー等合わせて20名が参加しました。日本代表团は次の通りです。

首席代表 中島尚正 東京大学工学系大学院研究科教授
代 表 下山敏郎 オリンパス光学工業㈱代表取締役会長
同 石丸典生 日本電装㈱代表取締役会長
同 守友貞雄 セイコー電子工業㈱代表取締役副社長
同 平野隆之 (財)マイクロマシンセンター専務理事
カントリーレビュー及びトピックスのプレゼンテーションは表1および2の通りです。

表1. カントリーレビュー発表者 (各国首席代表)

国	首席代表名	役 職 ・ 所 属
日本	中島 尚正	教授 東京大学
米国	Richard Muller	Director, University of California Berkeley
カナダ	Gordon Guild	President, Simon Fraser University
豪州	Ian Bates	Professor, Royal Melbourne Institute of Technology
仏	Daniel Hauden	Director, LPMO
英国	Howard Dorey	Professor, Imperial Collage of Science
伊	Arnaldo D'Amico	Professor, University of Roma Tor Vergata
蘭	Jan H. Fluitman	Director, University of Twente
独	Wolfgang Menz	Director, Albert-Ludwigs Universitaet Freiburg
スイス	Nicolaas F. de Rooij	Director, University of Neuchatel

表2. 第2回マイクロマシンサミットプレゼンター一覧

トピックス	発表者	所属・国
マイクロマシンの スコープ	Pfluger, Peter	CSEM S.A. Chief Executive Officer スイス
	中島 尚正	東京大学 教授
標準化	Menz, Wolfgang	Albert-Ludwig 大学 Institut für Mikrosystemtechnik, Director 独
研究と教育	生田 幸士	名古屋大学 教授
	Najafi, Khalil	University of Michigan Professor, EECS 米
	Fluitman, Jan H.	University of Twente MESA Institute, Director 蘭
研究開発計画と 政府の役割	Crawford, Deborah	National Science Foundation Program Director 米
	Gabriel, Kaigham	DARPA Electronics Technology Office Deputy Director 米
	Menozzi, Gaetan	NEXUS Chairman EU
	Gagnepain, Jean-Jacques	C. N. R. S. Department Science pour l'Ingenieur, Director 仏
	平野 隆之	(財)マイクロマシンセンター 専務理事
社会と産業に与える インパクト	Dorey, Howard	Imperial College of Science Professor 英
	下山 敏郎	オリンパス光学工業(株) 代表取締役会長
産業からの要求	石丸 典生	日本電装(株) 代表取締役会長
	Rudolf, Felix	CSEM S.A. Section Head スイス
市場	Axelrad, Constant	CEA-DTA Marketing Manager 仏
	Hu, Chang-Tze	National Science Council German Office, Director 台湾
	守友 貞雄	セイコー電子工業(株) 代表取締役副社長
	Giachino, Joseph M.	Ford Motor Company Electronic Division, Program Manager 米
	Hocker, G. Benjamin	Honeywell Technology Center Principal Research Fellow 米

サミットこぼれ話

サミットの公式晩餐会は、モントレイ近くのレマン湖畔にあるシヨン城で行われました。このお城は中世以来のもので、バイロンの詩でも有名です。サミット組織委員会事務局が私たち参加者のためにシヨン城まで専用の船を準備してくれました。船は静かな湖上を、シヨン城めざし進み、船着き場に着くと思いきや、船先を沖に向け私たちにレマン湖畔の夕景色を堪能させるという憎い演出を見せ、再び沖合からシヨン城に向かって進んで行きました。お城が大分近くなった頃、乗っている船が汽笛を鳴らしました。その時は大して気にも止めなかったのですが、暫くすると古城の方角からファンファーレが聞こえてきました。これが、なんと私たちを迎えるものだったのです。中世の騎士の衣装を纏った二人が奏でるファンファーレは、私たちが上陸し、お城に入るときも吹奏されましたが、晩餐会の席でも料理が変わる度に、料理名の紹介とともに私たちの目の前で吹奏されました。これがヨーロッパの古式ゆかしい歓迎の仕方なのかと感心し、また、エリザベス英女王がスイスを訪問された時も、ここで歓迎晩餐会をしたという説明を聞きながら食事を楽しみました。ただ、この歓迎がどの程度特別なことなのか、この時はわかりませんでした。実は日本のミッション参加者の中に、晩餐会の時間を間違えた暢気者がいました。ミッション事務局がホテルに言付けた連絡を聞いて、あわててタクシーで駆けつけ晩餐会にだけは間に合ったのですが、彼によると、まずホテルでタクシーを呼ぶときに、「シヨン城で晩餐会をするはずがないから、たぶん通り向かいのレストランだろう」と言われ、タクシーでそのレストランに行ってみますとそんな予約ははいていない。シヨン城内で晩餐会だと言っても、「シヨン城で晩餐会をするのは、政府の要人が来たときだけだ」と言って信用してくれなかったそうです。仕方なくホテルに帰ろうとした矢先、先ほどのレストランの主人が「シヨン城からカメラマンが出てきた」と知らせてくれ、やっと信用してもらえて城内に入ることが出来たというのです。つまり私たちは政府の要人並のもてなしを受けていたのだというわけでした。



公式晩餐会でのファンファーレ吹奏

第2回マイクロマシン技術研究助成成果の概要

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2回（平成6年度）研究助成で、研究期間が1年間の3テーマと平成5年度より継続していました3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。なお、9月下旬にこの成果を成果報告書にまとめ、これを基に当センター会議室において報告会が行われますので多数の参加をお待ちしています。

マイクロマシン技術に関する研究助成課題

研究代表者 共同研究者 氏名	所 属 機 関 名 称 ・ 職 名	研 究 課 題	研究 期間 (年)
宮 崎 修 一	(平成5年度助成研究) 筑波大学 物質工学系 助教授	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	2
E Yeatman R Syms	ロンドン大学 インペリアルカレッジ 講師 同 上 教授	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	2
満 洲 邦 彦 藤 正 厳	東京大学 先端科学技術センター 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	2
片 岡 一 則	(平成6年度助成研究) 東京理科大学 基礎工学部 教授	優れた生命適合性表面の設計技術の開発	1
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 医工工学研究室 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

第4回（平成8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」

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9年3月下旬～平成10年3月31日

(テーマA)

若しくは、平成9年3月下旬～平成11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8年7月1日～10月31日

決 定 時 期：平成9年3月上旬

助成金の交付：平成9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。

(Fax：03-5294-7137)

5. 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）

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：植田・波瀬）

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

筑波大学 物質工学系 宮崎修一

1. はじめに

マイクロマシンを動かすためには、高性能の超小型駆動源（マイクロアクチュエータ）を開発することが必要である。マイクロアクチュエータとしては、いくつかの材料と機構が提案されているが、その中でも形状記憶合金は、動作と発生力がいずれも圧電材料の場合の10倍と極めて大きく、しかも数ボルトの電圧で加熱駆動できるために、形状記憶合金薄膜の開発が強く望まれてきた。

本研究では、マイクロマシンを動かすための強力なマイクロアクチュエータ材料を開発するために、形状記憶合金の中で最もアクチュエータ特性の優れたTi-Ni二元合金及びそれに第三元素としてCuを添加したTi-Ni-Cu三元合金の薄膜を、スパッタ法により作製し、その特性評価を行った。

2. 研究成果

まず、初年度に、Ti-Ni二元合金薄膜の開発を通じて、バルク材と同等のアクチュエータ特性を有するスパッタ薄膜の作製法を確立した。最大変位量は5.5%、最大回復力は500MPa以上が確認できた。マルテンサイト変態とその逆変態が、それぞれ60℃と87℃という高い温度で現れる試料も作製できることが確認できた。いずれも、常温よりかなり高い温度であるため、特殊な冷却法を工夫しなくても容易に駆動できることになる。

図1(a)には、Ti-Ni合金薄膜のマルテンサイト変態に伴う形状記憶特性が、繰り返し変形によりどのように変化するかを示している。これは、Ni過剰の試料を時効処理したものであるため変態温度は低い。しかし、250MPaもの高い応力を加えた状態で、冷却加熱により形状変化を繰り返したにも拘わらず、形状記憶特性は初期の少しの変化を除いて、極めて安定していることが判る。この試料は、二段階の形状変化を示しており、一段目の変化はR相変態に伴うものである。図1(b)にR相変態のみによる変形を繰り返したときの挙動を示すが、二段目のマルテンサイト変態に伴う変形より小さいのが特徴であり、形状記憶特性に全く変化がなく極めて安定である。

マルテンサイト変態に伴う変形の応答性を高めるには、変態温度ヒステリシスを小さくするか、変態温度を上げればよい。このためには、CuかPdを第三元素としてそれぞれ添加すればよく、Ti-Ni-X(X=Cu, Pd)三元合金薄膜の開発も重要である。本研究の2年度に

は、Ti-Ni-Cu三元合金薄膜を作製した。図2には、液体化処理材の変態温度ヒステリシスに及ぼすCu添加の効果を示している。Cuが0%の2元合金のヒステリシスは27Kであるが、Cuを約8%以上添加した場合には11Kにまで減少し、添加の効果が明瞭に現われている。二元合金と同様、このような三元合金薄膜でも完全な形状記憶特性が実現できた。

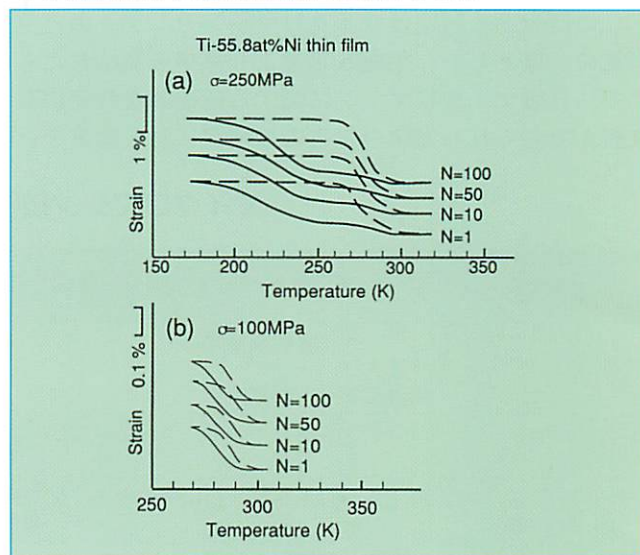


図1 時効材の繰り返し特性、Nは繰り返し数

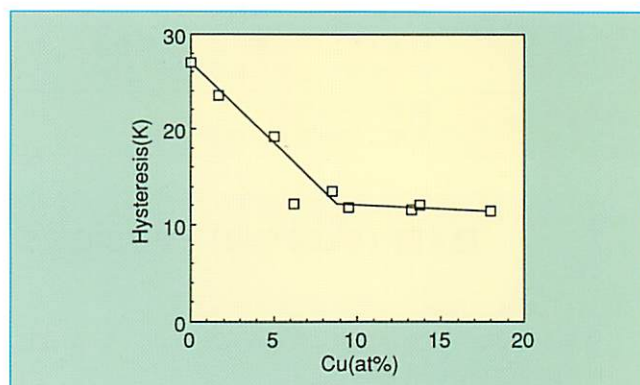


図2 Ti-Ni-Cu薄膜の溶体化処理材における変態温度ヒステリシスのCu濃度依存性

3. あとがき

従来、バルク材料と同等の特性を示す形状記憶合金薄膜が世の中に無かったため、マイクロアクチュエータとして用いる試みは、圧電材料のように広くは行われていない。本研究を通じて開発された薄膜は、変態温度、変位量、発生力、安定性の面でバルク材に匹敵するものであり、これをきっかけとして、各方面での利用の試みが行われることを期待している。

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

東京大学 先端科学技術研究センター 満洲邦彦、藤正 巖

【はじめに】

本研究の最終目的は、バーチャルリアリティ技術を用いて、術者が手術対象から遠く離れた場所にいながら、あたかも手術の場所にいる感覚で、しかも「拡大された手術野」という仮想空間を作成してやることにより、通常のスケールの手術を行うのと全く同じ感覚で微細手術（マイクロサージェリー）を行いうる遠隔微細手術システムの開発と、それにおけるマイクロマシン技術の応用に関して検討を加えることにある。本研究において、我々は、個々の技術要素に関するマイクロマシンの観点から見た問題点に検討を加えると共に、遠隔操作微細手術システムのプロトタイプを作成し、直線距離で約10km離れた場所から実際に遠隔操作によって手術操作を試行してみたので、これらについて概説する。

【個別要素に対するマイクロマシン技術の応用とその問題点】

この領域における「マイクロマシン」は基本的には「ミニチュアマシン」の範疇に属する。感覚系で最も重要な視覚系の入力装置としては、今回はマイクロサージェリー用の顕微鏡、及び、大きさが小さく、また管腔臓器内にも適用できるという利点を持つ極細径のイメージファイババンドル（有効部外径0.65mm, 6000画素）を用いた。後者に関しては、最初2本のファイババンドルを用いて立体視を行ったが、観察対象との距離に応じてファイバ間の距離を調節する（accommodation reflexに相当）必要があることへの対応と、サイズ縮小の観点から、1本のファイババンドルを用いて、これを圧電素子をアクチュエータとして振動させ、これに同期させて左右眼の視野に対応する画像を取り込むというシステムを作成した。また、アクチュエータとしては、メカニカルな変位・力の伝送系を用いたマイクロアクチュエータを考案・試作中であり、これを同時に反力のフィードバックシステムおよび圧センサとして利用するシステムへと発展させている段階である。また、術者にフィードバックする感覚系に関しては、感圧ゴムを用いたマイクロ圧分布の検出機構、および圧（反力）・温度を、画像あるいは音として術者にフィードバックするシステムの開発、及び神経繊維の直接刺激による人工感覚の創出に関する研究も同時に行っている。

【遠隔手術システムの試作とその操作】

試作したシステムでは、実際に手術操作を行うスレーブマニピュレータは東京大学医学部（本郷キャンパス）に設置し、術者は約10km離れた東京大学先端研（駒場第2キャンパス）に設置されたマスタマニピュレータを操作することによって手術操作を行い、画像情報、マニピュレーション情報等のやりとりには、2本のISDN回線を用いた。実際の手術野を拡大して術者に提示するために、マイクロサージェリー

用の立体視顕微鏡を用い、beam splitterによって分離した左右の視野に相当する画像を、2台のCCDカメラに入力し、この情報を2セットの変換器（テレビ電話）を用いてISDN回線を介して術者側に伝送し、術者側でこの信号を再度画像への変換を行った後、ゴーグルタイプのhead mounted displayを用いて術者に立体視させるという方法をとった。今回の実験では、実際に手術操作を行うスレーブマニピュレータとしては、6軸の自由度を持つロボットハンドを用い、この先端のグリッパーに、マイクロサージェリー用器具、あるいは、レーザー照射用のファイバプロープなどを把持させ、これらの操作により、動物の組織などに対する手術操作を行った。一方、術者が操作するマスタマニピュレータとしては、今回は、3次元ジョイスティック、及び、レーザー照射のためのトリガーを用いた。

今回の画像はピクセル数は352×288（静止画では704×480）で、伝送においてはdata reductionを行い、また、1秒あたりのフレーム数も5～10程度に圧縮されているが、立体感は十分に得られ、平面的な2次元画像を用いて操作を行った時よりも良好な操作性が得られた。なお、感覚系では、touching sensationの術者に対する何らかの形でのフィードバックが操作性の改善に対する大きな要因であると考えられ、また、今回の実験系では、マスター側の操作とスレーブ側の操作との間に、主として画像データの圧縮・変換などデータ処理に要する時間に起因する約0.5秒近い時間遅れを生じた（2点間の距離とは無関係）。

【結論】

遠隔微細手術システムの有用性に関しては言を待たないが、実際の臨床の場に使用するためには、まだ、個々の技術要素に関する改善・開発が必要と考えられる。特に、1）視覚の入力系にファイバを用いる際の立体視機構、先端部分の光学系など、2）スレーブマニピュレータ（微細手術）側における、触覚・圧覚、及び位置のセンシングシステム及び作動機構、などに関してマイクロマシン技術は不可欠である。データ転送による時間遅れも今後情報量の増加に伴い、大きな問題となってくると思われるが、これは基本的には通信技術の問題である。本研究においては、個々の技術要素における開発研究と総合的システムのプロトタイプの試作を行ったが、マニピュレータを含め、現在まだ進行中の部分も多く、さらに時間をかけて、今回明らかとなった問題点の解決と、開発・改良を今後も行っていく予定である。

【謝辞】

本研究は、アイシンコスモス研究所、及び同研究所中澤秀夫氏の協力により行われた。

優れた生体適合性表面の設計技術の開発

東京理科大学 片岡一則

マイクロマシンが体内でその機能を適切に発揮するためには、まず、体内における異物認識機構から免れること（ステルス性）が不可欠である。さなければ、折角、高度の機能を有するデバイスを作成したところで、体内に導入した途端に、我々の体に本来備わっている異物処理機構の攻撃を受け、充分にその機能を達成することなく終わってしまうであろう。我々の体内は常温常圧ということで、どちらかというと温和な条件と思われている。生化学の教科書にも酵素は温和な条件で働く触媒であると書かれている。しかし、この事は、視点を変えてみると、体の中というのは、本来生体外では、例えば、高温高压でなければ進行しないような反応がいとも簡単に行われているという環境なのである。一種の極限環境といってもよいであろう。したがって、マイクロマシンを作る材料についても、極限的な環境で用いるのだということを充分に認識しておく必要がある。

マイクロマシンの体内への導入については様々な経路が考えられるが、最も一般的な方法は、血管系を通じてということになる。この事は、特にねらった患部に薬物や生理活性物質を運んだり、また、標的部位で作業を行ない、局部的疾患を治療するマイクロマシンにおいて重要である。このような目的に用いるマイクロマシンにおいて、特に考えておかなければならないのが、如何にして細網内皮系（Reticuloendothelial system, RES）からの認識を免がれるかということである。RESとは、血流やリンパ流に直接的に接する部位に位置する貪食細胞系を総称するものであり、本来は、古くなった血球や外部から侵入してくる病原菌を認識し、これを貪食処理する働きを有している。RESは、したがって、外来から侵入する粒子類に極めて敏感であり、マイクロマシンの場合も、まず確実に、このRESによる認識を受けることになる。RESは、肝臓、肺、脾臓で特に発達している。いわば、血管中に設けられた関所と言ってもよいであろう。また、血中に投与するマイクロマシンにおいては、マ

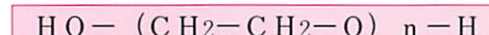


図1 ポリエチレングリコール（PEG）の構造式

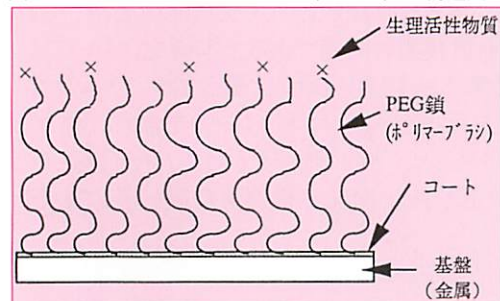


図2 ポリエチレングリコール（PEG）鎖による金属表面処理

シン本体に対する血小板の粘着とそれに続く血栓形成を防ぐことも重要な課題である。

本研究においては、マイクロマシン表面を簡

便且つ的確にステルス化する為の基盤技術として、金属表面に容易に結合し、かつその表面を生体適合化する親水性の高分子鎖の合成とその金属表面への配列技術の確立を推進した。本研究で着目したのは、親水性の高分子として知られるポリエチレングリコール（PEG）である。PEGは図1の構造式からもわかる様に、主鎖に酸素原子が入ることによって、回転障害が小さくなり、その結果、極めて柔軟な骨格構造を有している。また、水中で水が配位する（水和）ことによって、比較的広がった分子形態を有する。このような柔軟な構造と、水和して広がった分子形態を取る結果、水中でものが付着しにくくなり、タンパク質や細胞との相互作用を小さく保つことができる訳である。事実、我々はPEG鎖を高密度にブラシ状に生やした数十nmの構造体（高分子ミセル）が生体からの異物認識を免れて、血中で長期にわたって安定に存在できることを既に明らかにしている。

本研究では、図2に模式的に示す様に、金属表面に安定に、PEG鎖を高密度のブラシ状に生やし、生体適合性表面の設計を行った。そのような表面を得る為に、我々は、以下に示す2つのアプローチを採用した。

第1のアプローチでは、 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OK}$ を開始剤としてエチレンオキシドを重合することにより、末端にアリル基を有するPEGを得た。更にアリル基にチオ酢酸を付加させ、引き続いて酸加水分解を行うことによって、末端に、チオール基を持ったPEG（PEG-SH）を合成した。チオール基は金を蒸着した表面に安定に結合する事が知られている。そこで、金属表面に金を蒸着し、ここに末端チオール基を介してPEG-SHを結合させ、PEG-ブラシ界面を形成させた。

第2のアプローチでは、エチレンオキシドの開始剤をアセタール型に変え、更に重合後にもう一方の末端をメタクリル化することによって、片末端にアセタール基、もう一方に重合可能なメタクリル基を有するPEGマクロモノマーを合成した。アセタールを酸処理剤によってアルデヒド基に交換し、メタクリル基を利用して他のモノマーと共重合を行うことによって楕円形共重合体を調整した。この共重合体を金属表面にコートすることによって図2の様なPEG化表面を形成できる。更に、PEG末端にはアルデヒド基が存在する為、これを利用して、様々な生理活性物質を固定化することが可能である。

本研究で確立した手法によってマイクロマシン表面を処理すれば、安全にマイクロマシンを生体内血管系へ導入することが可能となり、様々な疾患の治療に大きな革新をもたらすことが期待される。

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

群馬大学 工学部 早乙女康典 東北大学 金属材料研究所 井上明久

1. はじめに

マイクロマシン用材料として求められる特性としては、従来の巨視的材料特性に対してミクロなスケールで材料特性を発揮出来ることに加えて、微細形状への成形加工方法が確立されている必要がある。すなわち、シリコンプロセスやRIGAプロセスにみられるように、その複合化プロセスを含めたマイクロ形状創成方法と材料選択とは表裏一体となっており、マイクロマシン要素、特にその構造要素についてはこれに適合した材料とその微細加工技術の開発が必要である。さて、アモルファス合金は、結晶異方性がない等方均質性を有し、しかも機能材料、構造材料としての優れた特性は、高性能マイクロアクチュエータや構造体の実現に極めて有用な材料といえる。そこで、本研究では、第2世代のアモルファス合金と呼ばれている新しい材料の開発と共に、その微細成形特性を明らかにし、マイクロマシン創製法を確立する事を目的としている。

2. 過冷却液体域での粘性流動と微細成形特性

液体急冷法により作成されたアモルファス合金を再加熱すると、通常、温度、 T_x にて結晶化する。しかし、本研究で対象とする新しいアモルファス合金では、温度 T_g 点にて明瞭なガラス遷移挙動を示し、広い温度範囲で過冷却液体状態を呈する。図1はその一例で、完全ニュートン粘性流動特性を示し、10MPaの低応力下での変形ひずみ速度は $10^{-3} \sim 10^{-21}/s$ である。一方、

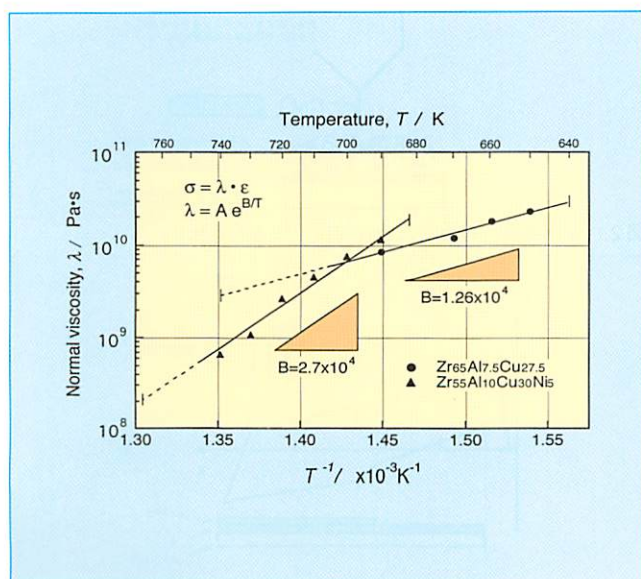


図1 Zr基アモルファス合金の粘性流動特性

μm 以下の微細成形特性を明らかにするにあたり、本研究では、まずその評価方法について検討し、溝幅 $1 \sim 20 \mu m$ のV溝ダイ（型）へのなじみ性を微細成形性の指標とした。（図2）この方法によって、10MPa程度の低応力下において、nmオーダーの微細転写性が得られることが明らかとなった。

3. 微細成形加工法と加工特性

アモルファス合金を用いたマイクロマシンの創製法として、マイクロ鍛造（図3）、マイクロ押出し加工法を開発した。加工用ダイとして感光性ガラスを用い、フォトリソグラフィー法によるダイ形状創成を行って加工に供した。その結果、マイクロ成形加工では、ダイの表面性状及び材料との接触挙動が支配的となることが明らかとなった。

4. まとめ

アモルファス合金は過冷却液体状態でナノメートルオーダーの微細成形加工が可能であり、最も有用なマイクロマシン創製用材料の一つとして期待される。

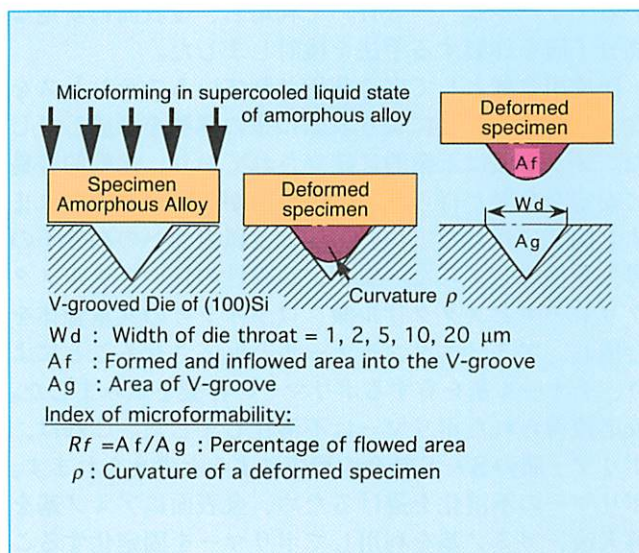


図2 (100) Si・V溝ダイを用いた微細成形性評価法

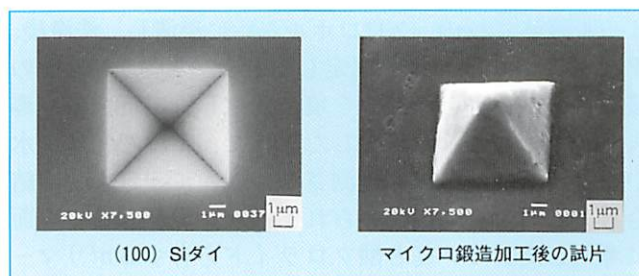


図3 Zr55Al10Cu30Ni5アモルファス合金の成形加工

マイクロマシン表面への血液適合性材料の安定固定化

東京女子医科大学 医用工学研究施設 鈴木 憲

近年、種々の医療用マイクロマシンの開発が進められています。生体内で医療用のマイクロマシンを機能を発揮させるためには、タンパク質、血球細胞の粘着・凝集、あるいは貪食などを回避することが不可欠です（図1）。マイクロマシンに用いられる金属材料の生体適合性については、その毒性、腐食などの安定性については多くの研究がなされていますが、血液適合性についてはほとんど研究がなされていません。われわれは、親水-疎水型マイクロ相分離構造を形成する2-ヒドロキシエチルメタクリレート（HEMA）とスチレン（St）からなるブロック共重合体がタンパク質や血小板の吸着を抑制し、優れた血液適合性を発現することを明らかにしています。このような高い抗血栓性を有する高分子材料を安定に金属材料表面に固定化することができれば、血液中に安定にマイクロマシンを使用することが可能となると考えられます。しかし、一般に金属と高分子の接着性は悪く、通常のコーティングでは剥離が大きな問題となります。そこで、金表面と安定なコンプレックスを形成することが知られているチオール基（-SH）を利用し、金表面に安定な高分子層を作製する手法を検討しました。

医療用金属として広く利用されているステンレスを金メッキすることにより表面に金の薄層を形成しました。メッキ法は工業的に確立されており、比較的容易に安定な金層が得られ、応用範囲が広いと考えられます。図2に示した二つの方法で金属表面への高分子の導入を検討しました。まず、製膜性の良いブチルメタクリレートとメタクリル酸クロライドとの共重合体を合成し、アミノエタンチオールと反応させることにより、チオール基を有するポリマーの作製を試みました。反応後得られたポリマーは不溶化しました。これは、ポリマー間のS-S結合の形成によると考えられます。ポリマーの不溶化を避けるため、金表面にアミノ基を導入後、アミノ基を利用してポリマーを固定化することを検討しました。金メッキをしたステンレス（20x30x0.5mm）の一部をマスクし、24時間アミノエタンチオール溶液（2wt%，クロロホルム）に浸漬し、洗浄後、平板法により接触角を測定しました（図3）。表面の接触角はマスクした部分を境に変化し、アミノ基が導入されたことが示されました。また、この変化は、水中での超音波洗浄後も観測され、表面に安定に化学結合していることが確かめられました。現在、この表面に導入したアミノ基と酸クロライドを有するポリマーの反応により金属表面にポリマーの固定化を行ない、

その安定性を評価しています。われわれは、すでにガラス表面にポリスチレンを化学結合させた後に抗血栓性材料をコートすることにより、安定なポリマー層が得られることを見いだしており、この手法を応用し、金属表面に血液適合性を付加することが可能となり、血中でマイクロマシンを安定に動かすための基礎技術になると考えられます。

この研究を進めるために御援助いただきました財団法人マイクロマシンセンターに深謝いたします。

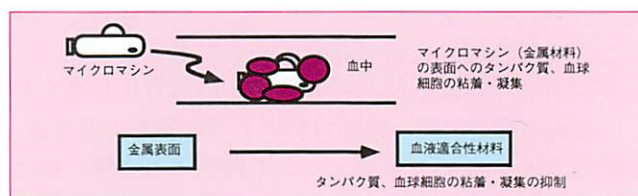


図1 血中でのマイクロマシンの利用

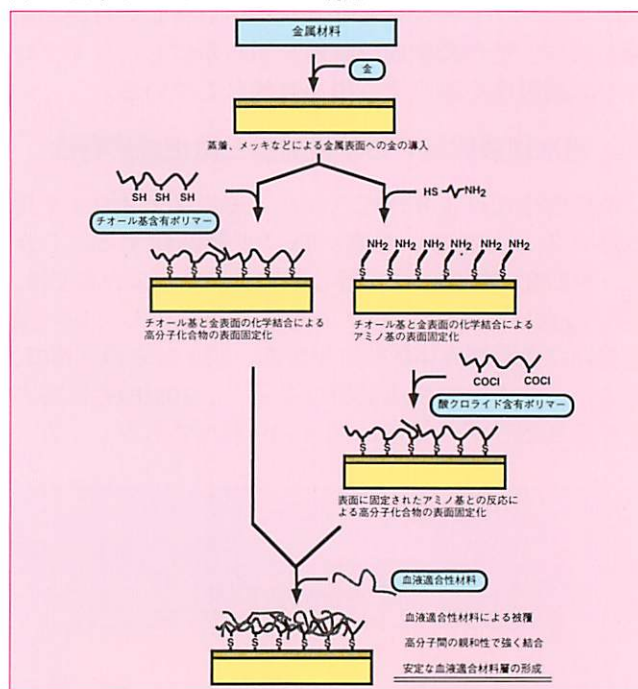


図2 金属表面への血液適合性材料の安定固定化

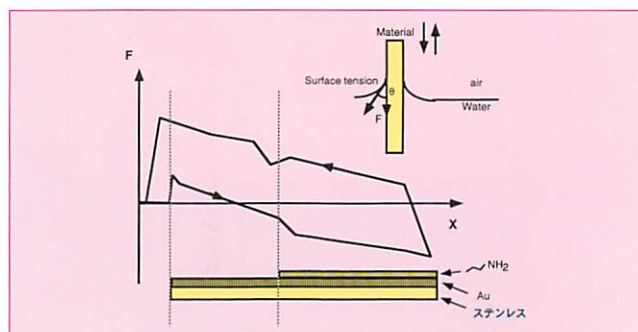


図3 アミノ酸導入金属表面の平板法による表面張力の測定

96第1回訪欧ミッション

当センターの海外交流事業の一つとして調査ミッションの派遣がありますが、去る4月24日～26日スイス・モントルーで開催された第2回マイクロマシンサミットを機会に、欧州の主要研究所を訪問し、技術調査を行う平成8年度第1回の訪欧ミッションを実施しました。

調査ミッションは、2週間にわたって行われ、前期団長、後期団長には、それぞれ中島尚正東京大学教授、伊藤康平ファナック(株)専務取締役が務めました。

全行程、予定通りのスケジュールで3ヶ国6つの大学・研究機関を訪問し、訪問先の研究状況の調査、研究者との交流が効果的に行われ、また、日本の研究開発状況を十分に理解して頂くことが出来るとともに、全員無事で帰国することが出来、ミッションの所期の目的を達成しました。

訪問した研究機関とその概要は次の通りです。

(1) ニュシャテル大学／スイス

Institute de Microtechnique (IMT) Neuchatel

対応者：Prof. N. F. de Rooij 他

今回訪問したのは、ニュシャテル大学においてマイクロマシン技術に関する研究施設のあるInstitute de Microtechnique (IMT)の中でSensors, Actuators and Microsystems Laboratory (SAMLAB)です。SAMLABはde Rooij教授の指導の下で研究者、博士課程の学生および研究をサポートする技術者、事務職員合わせて約100名から構成され、企業からの委託により産業界と結びついた研究開発を行っており、年間約11億円(40%が政府、残りが産業界から)の予算で運営されています。

静電型マイクロウォブルモータ、マイクロ匂いセンサ、マイクロポンプとバルブを一体化したマイクロ分析システム、マイクロジャイロ、人工衛星用マイクロバイオ反応装置等について最近の研究成果の紹介があり、実際に実験室で動作実験等を見学しました。

伝統の精密機械加工とICプロセスを結び付け独自の技術を確立させようと強力に研究開発を進めていることが窺えました。

(2) ローザンヌ工科大学／スイス

対応者：Prof. R. P. Salathe 他

12の学部から構成され、87ヶ国から学生が集まっています。

Micro-Engineering学部があり、レーザーによるマイクロ加工、マイクロメカトロニクス、マイクロロ



ローザンヌ工科大学にて

ボティクスにも取り組んでいるとのことでした。

インパクトドライブ型モータ、グリップ型リニアアクチュエータ、マイクロXYステージ、熱式グリップ、マイクロミラー、レーザ加工等について最近の研究成果の紹介があり、実験室で研究者とサンプルを見ながら技術討議を行いました。

広く世界から学生や研究者を集め multidisciplinaryな研究を目標とし、着々と準備を進めており、Micro-Engineering学部専用の建物が1998年には完成することによって、マイクロマシン技術の体系化された研究教育環境が確立されるものと期待されます。

(3) ミラノ工科大学／イタリア

対応者：Prof. A. Rovetta 他

ミラノ工科大学では、ロボットの研究が中心で、医学部門との連携を密に行い、治療に役立つ医療用ロボット等の研究開発を行っています。ミケランジェロというマネキンロボット(上半身のみ)の開発も行い、治療研修用として役立っているとのことでした。また、通信技術の研究も行っておりUNESCOのプロジェクトとして、イタリア、英国、米国との通信テスト等を行っています。ミラノ工科大学では、小型のロボットを目指しているようですが、現在のところマイクロマシンと呼べる段階ではなく、マイクロマシンについての取り組みはこれからと思われました。

(4) ピサ大学MiTech Lab.／イタリア

対応者：Dr. C. Carrozza 他

イタリア国内では、マイクロマシン技術関連の研究に最も力を入れている大学で、大学院は、1987年に設立され、Faculty of Social ScienceとFaculty of Experimental & Applied Scienceの2つの部門があり

ます。マイクロマシン技術関連の研究は後者に属し、今回訪問した Microfabrication Technology Laboratory (MiTech Lab.) で行われています。

MiTech Lab. は、5年前に設立され、Prof. Paolo Darioの指導の下で、マイクロマシンの研究をおこなっており、年間20人程度の大学院学生しか入学を許されないとのこと。運営資金の90%は、EUから、残りは産業界から得ています。

神経活動の記録や、筋肉に動作刺激を行うインテリジェント神経インターフェース、マイクロポンプ、バルブ、センサ、回路を一体化した環境モニタ用の水のマイクロ分析システム、腸内観察用自走型内視鏡システム等について最近の研究成果の紹介があり、実験室の見学を行い、現場で研究者とサンプルを見ながら技術討議を行いました。Dario教授の神経インターフェースの研究は日本でも紹介され、よく知られていますが、そのほかの研究に関する情報も得ることが出来ました。研究を行っているのは若い優秀なポストドクの研究者が多く、研究に対する熱意が感じられました。

(5) フラウンホーファ研究所 (IZM) / ドイツ

Institut Zuverlässigkeit und Mikrointegration

対応者：Prof. H. Reichl 他

建物は、典型的な古いヨーロッパ風の煉瓦作りでしたが、内部は外観とは全く異なり、非常に機能的に改造され、モダンでハイテクを駆使した施設となっていました。ベルリン工科大学と同じ敷地内にあり、渡り廊下で繋がれ、研究施設を共同で利用しており、ベルリン工科大学の授業を担当している研究者もい

ます。

主な研究内容は次の通りです。

- ① 機械的信頼性
- ② Multi-chip Module
- ③ チップ間接続技術
- ④ 信頼性評価

ICの高密度実装のための多層基板、フレキシブルテープへの実装、マイクロ構造体（メンブレン等）解析、高アスペクト構造体形成技術等について最近の研究成果の紹介があり、実験室で研究者と技術討議を行いました。

(6) ベルリン工科大学 / ドイツ

対応者：Prof. E. Obermeier 他

フラウンホーファ研究所と渡り廊下で物理的に繋がれているだけでなく、施設の共同利用はもとより、人的にも極めて強い協力関係があり、教授、研究者が互いに行き来しています。

圧力センサ、温度センサ、赤外線センサ、ガスフローセンサ、湿度センサ、RFパワーセンサ、マイクロシャッター等について最近の研究成果の紹介があり、実験室の見学及び研究者と技術討議を行いました。

実用化を目指したマイクロデバイスの研究開発を行っており、全般的な印象としては、センサーに力を注いでいるように感じられましたが、実験の評価・解析にコンピュータを多用し、効率的な研究を行っており、ドイツ流の合理的な手法を垣間見ることが出来ました。また、標準化についても関心が高く今後MMCと情報を交換することになりました。



第2回マイクロマシン絵画コンテスト

三浦宏文審査委員長挨拶（全文）

去る3月28日東京霞が関ビル東海大学校友会館で、関係者を招待して挙行された第2回マイクロマシン絵画コンテスト表彰式における審査委員長の三浦宏文東京大学工学部教授の挨拶は次のとおりでした。（関連記事及び入選作品はマイクロマシン15号に掲載）

東京大学の三浦でございます。

本日は、受賞される皆様おめでとうございます。心からお喜び申し上げます。

この審査は本当に大変でした。先程、ご紹介があったように、19校が参加して下さいました。小学校の部は、11校から470点の作品が集められました。中学校の部は、8校から903点の作品が集められました。

これらを審査する正式の審査員というのは、こちらにいらっしゃる機械振興協会の島 弘志先生、機械技術研究所の松野建一先生、それから今日のご欠席ですけど生命誌研究館の中村桂子先生、それと私、また、マイクロマシンセンターの平野隆之専務理事が手伝って下さいました。本審査の前に、あまりにも多すぎるものですからセンターの方々と、事前審査というのをして下さいました。あきらかに賞をもらうことはないだろうと思うようなもの、すなわち、本審査にかけられる価値もないだろうというのをふるいにかけたわけです。

残ったものについて、私達である日集まって一日かけてやったわけですが、本審査に残ったものは、小学校の部だけで55点の作品、中学校の部で72点の作品ですから、大変でしたよ。壁に全部貼りましたね、そう、床の上に置いたりもしましたね。じっくり眺めてみんなで意見を云い合うのですけれどもね。いろんな点から、見ていきました。

勿論、絵画コンテストですから、色がきれいなこと、絵が上手なこと、それから、言おうとしていることがよく訴えられているか、いろんなことを議論しながら選んでいくわけです。それで、今日ご出席になっているお二人の最優秀と第一位の

作品が選ばれたわけですが、そんなに多くの中から慎重に審査した結果ですから、是非誇りに思ってください。本当におめでとうございます。

私の個人的感想を申しますと、去年に比べて作品の数が多いことに驚きましたし、内容もずいぶんよくなったと思います。その中で、一つ印象に残ったのは、去年はあまり目立たなかったけれども、虫関連の作品が多かったことです。入選した作品でもそうですけれどね。昆虫を描いたものがいくつかありました。昆虫とマイクロマシンを結びつけられたというのは、非常にいいアイデアだと思います。私は、昆虫のファンなんですけれどね。というのは、私の今の研究テーマというのが、昆虫ロボットをつくることなんです。

今日も、こちらへ来る前に研究室にゴキブリが300匹届きました。宅急便で。これはアース製薬というところからいただいたんですが。その他にゴキブリを国立予防衛生研究所というところも培養してまして、そこからもいただきます。今日は、アース製薬からは初めてだったんですけれども、雄のゴキブリ150匹と雌のゴキブリ150匹が宅急便でやってきました。かわいいです。色つやもいいですね。しかも、私達が研究室で使うゴキブリは、由緒正しいんですよ。ちゃんと培養していますから、お父さんも、お母さんも、お爺さんも、お婆さんも全部わかっているんですよ。ゴキブリのお嬢ちゃん、お坊っちゃんですね。それが、研究室にいましてね。キャットフードが好きです。キャットフードをやりますとね、研究室の中でも世代が増えて行く。半年ぐらいで一世代だと思いましたけど。

ゴキブリを飼って何をしているかといいますと、マイクロマシンをつくるためです。マイクロマシンというのは、先程、近藤さんがおっしゃいました。たしかにやっておかなければならない技術です。それで、とにかく日本としてもしっかりやろうよというので、このマイクロマシンセンター



というのができたのです。外国では、これほど政府が力を入れて一生懸命やっている国はないと思います。それで、マイクロマシンが何に役立つかわからないけど、とにかく小さい機械をつくろうよということからはじめているわけですね。それで、国のそういう通産省のプロジェクトに、我々、大学の人も仲間に入れてくれたのですよね。これも結構珍しいことですね。それで、我々は、役立つかどうかにはあまり神経をつかわないで、若い学生たちと面白いものをつくろうとしているわけですね。

例えば、私達の研究室では、今、1mmサイズの蟻ロボットが歩いています。それから、1.5mmの蚊ロボットが飛んでいます。これまでも、いろいろなロボットをつくりました。

例えば、剣玉ロボットをつくりました。95%の成功率で剣玉をやります。

コマ回しロボットもつくりました。人間がコマを回すところを見せると、ロボットが自分で自分の動きかたを決めてコマを回すんです。

鉄棒ロボットなんていうのは、最初はぶら下がっているだけなんですけど、体を揺すっているうちにだんだんと上手になって、大車輪をやるようになるとかね。そういうロボットをつくるんだけど直接何かに役立つということではなくて、いつかどこかで役立つような技術が生まれているはずだと

考えているのです。大学だからやってくれるんですけど、そういう態度で私はマイクロマシンと取り組もうとしているんです。だから、何でも小さいものをつくってみようとしています。

じゃあ、何に役立つかということを考えるには、大人の頭より若い小学校や中学校の皆様に考えていただいたアイデアというのがずっと新鮮なはずですね。応募して下さった作品一つ一つに深いテーマがありますよ。マイクロマシンをどう使うかという、こういうテーマを私達は自分の研究に結びつけようとしているんですよ。そういった意味で、ものをど

うやってつくるか、どんな構造でつくるかなんていうのは、私は昆虫を参考にしながらつくっているわけです。昆虫の構造と哺乳動物の構造とは全くちがいます。昆虫は、やはり、小さくするために都合のいい構造になっていますね。神様がそうして下さったのでしょう。だから、マイクロマシンをつくるためには、これまでの機械と全く違う設計思想で設計しなければいけません。そのような設計は、昆虫を見ればわかるんですね。小さいからこそ意味がある構造に昆虫はなっているんです。ゴキブリもそうなんですね。ゴキブリは、なかなか根性があって、我慢強く長生きするものだから、実験には非常に便利な虫ですね。だから、昆虫をお手本にしてもものをつくることは非常に有意義なのです。

昆虫は小さいけど、すばらしい機能を持っていると云うところに注目して、マイクロマシンを昆虫の形にしたような作品がたくさん目に付きましてね。私はとてもうれしかったです。どうつくるかなんていうのは、我々の方で引き受けますから、これから若い小学生、中学生の皆さんがこんな所へ使えばいいんじゃない、というのをこれからもアイデアとして出していって下さったら、このコンテストが非常に有意義になるんだと私は思っています。本当におめでとうございました。

第7回 マイクロマシン展

マイクロマシンは、広い分野に応用されることが期待されており、各種産業プラント、宇宙、海洋分野、医療福祉・生活関連分野等におけるアプリケーションが求められ、将来、経済社会の広範な分野に普及し、中核的な役割を担っていくものと考えられていますが、まだ様々な技術の開発と交流が必要とされています。

マイクロマシンの基盤技術の確立を目的とした通商産業省工業技術院の産業科学技術研究開発制度の国家プロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」が着実な成果を上げ、前回のマイクロマシン展は、第1期の成果の集大成を展示し、極めて好評でした。

本年度からは、第2期がスタートしましたが、このような状況の中で、当センターでは、あらゆる分野において活躍する第一線の技術者・研究者が互いの情報を提供し、他分野での研究情報の収集や新たな技術の可能性の発見、あるいは技術開発上での様々な課題を解決する糸口を得るための場となるよう、第7回マイクロマシン展を企画しました。今回は、第2期の方向付けを行うと共に最新の成果を展示することにしており、次の予定で開催致します。

会 期：平成8年10月30日(水)～11月1日(金)

会 場：科学技術館

東京都千代田区北の丸公園2-1

主 催：財団法人マイクロマシンセンター

マイクロマシン研究会(東京)

後 援：通商産業省

(予定) 工業技術院

出展の申込・問い合わせ先：

マイクロマシン展事務局

MESAGOジャパン(株)内

〒160 東京都新宿区四谷4-32-8

YKBサニービル3F

Tel: 03-3359-0894

Fax: 03-3359-9328

E-Mail: KYP03300@niftyserve.or.jp

第2回 国際マイクロマシンシンポジウム

当センターでは、マイクロマシン技術に関して、各国における研究開発成果、適用状況および技術振興の方策などの発表を通じてマイクロマシン技術の確立およびその普及を図るために、昨年の第1回に続き第2回目の国際シンポジウムを開催します。

大成功であった第1回を踏まえ、本年も「マイクロマシン——次代の産業技術の基盤」をテーマに21世紀に向けての産業技術が創出できるか、次世代の技術が見えるかという観点で開催します。

第1日目には、基調講演と招待講演を行います。招待講演には、海外からの招聘者数名を含む予定で、「産業化への途」、「海外の活動」、「革新研究紹介」のセッションを設けることにしています。第2日目には、「産技プロジェクトの進展状況」のセッションを設け、第2期のシステム化技術研究の紹介等のプレゼンテーションを予定しています。

準備体制としては、東京大学大学院工学系研究科の中島尚正教授を委員長とする組織委員会を設置し、その下にプログラム委員会、国際アドバイザリーボード、実施ワーキンググループを置いています。プログラム委員会は、プログラムの具体的な計画の立案および招待講演者の選定を行い、国際アドバイザリーボードは、第1回マイクロマシンサミットの海外首席代表9名から構成され国際的な見地からの助言を求めることにしています。

今年も、多くの参加が期待されています。

会 期：平成8年10月31日(木)～11月1日(金)

会 場：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：財団法人マイクロマシンセンター

後 援：通商産業省

(予定) 工業技術院

新エネルギー・産業技術総合開発機構

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

入門講座「微細作業技術」(第10回)

本入門講座でこれまでに紹介してきた通り、近年のマイクロ加工技術により、微細な歯車、微小なアクチュエータ、微小なセンサなどマイクロマシンを構成する微小部品の試作例が報告されています。しかし、マイクロマシンを実現するためには、これらの微小部品を組み立て上げるシステム化技術が必要です。そこで、東京大学先端科学技術研究センターで研究開発されたマイクロハンドリングシステムⅡと、機械技術研究所で研究開発された二本指マイクロハンドを紹介します。

1. マイクロハンドリングシステムⅡ

微細作業においては目で見ながら作業を行うことが重要であり、作業効率を高めるためには常に作業が見えることが必要であります。作業の度に対象物や作業する点が視野から外れると、その都度対象物を探さなくてはなりません。顕微鏡の視野は非常に狭いために、見失った対象物を探すのは、大きな時間浪費となります。そのため、常に視野の中で作業を行う必要があり、微細作業では顕微鏡の視野がそのまま作業空間になります。これは、従来のロボットマニピュレータの作業空間が可動範囲である点と大きく異なります。すなわち、顕微鏡の視野を作業空間とするマニピュレータ構成と、システム全体の構成が視覚情報を最大限に得るための構成が必要となります。具体的には、下記の構成要素が必要であります。

- (1) 作業する点と注視点が一致している。
- (2) マニピュレータの先端は視野から外れないで動く（作業する点を中心として動く）。
- (3) 複数の顕微鏡の視野をマニピュレータの作業空間に集中させる。
- (4) マニピュレータと作業台からなる作業部全体には、作業空間を中心として監視装置に対する姿勢を変えるための回転自由度と位置を変えるための並進自由度を持つ。

これに基づいて構築したシステムがマイクロハンドシステムⅡであります（図1、図2）。このシステムは、二つのマニピュレータ、二つの顕微鏡と作業台からなります。メインの顕微鏡には電子顕微鏡を、サブには光学式のモニター顕微鏡を使用しています。光学式モニター顕微鏡の視線軸に回転自由度を配置し、システム全体を2軸の並進ステージ上に搭載しています。マニピュレータは主作業を行うメインマニピュレータと、作業台上に対象物を固定するためのサブマニピュレータから構成されています。メインマニピュレータは、回転2自由度と並進3自由度（分解能10nm）を備えています。また、工具の先端と回転中心の位置を合わせるための並進3軸（粗動&微動）も備えています。サブマニピュレータは、1軸の微動と粗動機構を備えています。作業台も並進3軸（粗動&微動）を備えています。このマイクロハンドリングシステムⅡを用いて微細作業に成功しています。（図3、太い指はタンゲステン、細い指はガラス針、対象物は直径20 μ mの半田の球）。

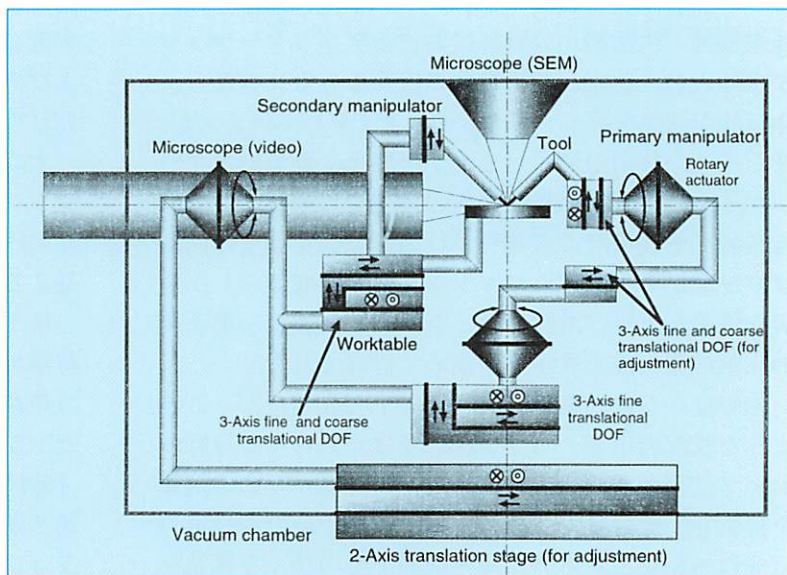


図1 マイクロハンドリングシステムⅡの構成図
(東京大学 先端科学技術研究センター)

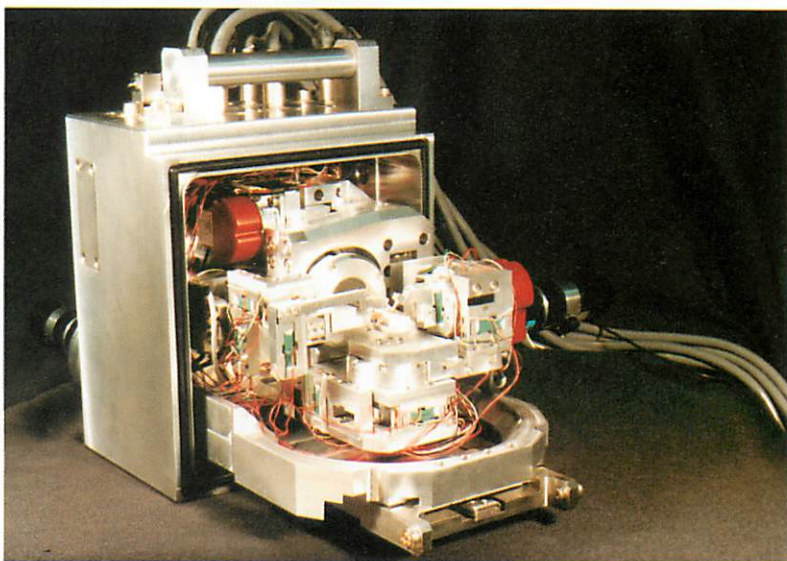


図2 マイクロハンドリングシステムⅡの外観
(東京大学 先端科学技術研究センター)

システム全体を2軸の並進ステージ上に搭載しています。マニピュレータは主作業を行うメインマニピュレータと、作業台上に対象物を固定するためのサブマニピュレータから構成されています。メインマニピュレータは、回転2自由度と並進3自由度（分解能10nm）を備えています。また、工具の先端と回転中心の位置を合わせるための並進3軸（粗動&微動）も備えています。サブマニピュレータは、1軸の微動と粗動機構を備えています。作業台も並進3軸（粗動&微動）を備えています。このマイクロハンドリングシステムⅡを用いて微細作業に成功しています。（図3、太い指はタンゲステン、細い指はガラス針、対象物は直径20 μ mの半田の球）。

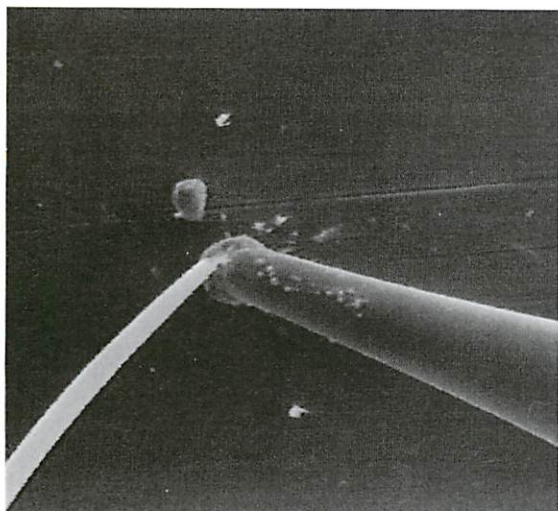


図3 SEMイメージ微細作業
(東京大学 先端科学技術研究センター)

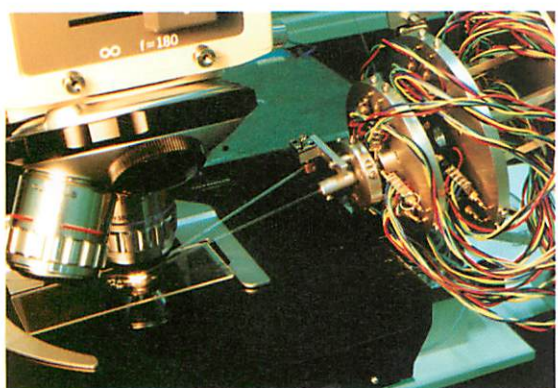


図4 二本指マイクロハンド
(機械技術研究所)

2. 二本指マイクロハンド

微細作業を行う二本指マイクロハンドの機構を考えた場合、種々の問題が考えられます。各指（マイクロハンドモジュール）の手先位置は、アクチュエータの位置情報や回転角情報などに基づいて制御されています。しかしながら、これらの情報がたとえ正確に得られたとしても、機構に存在する誤差により正確な手先位置制御を行うことができません。これは特に微細作業を行うマイクロハンドでは無視出来ない問題となります。この問題は、キャリブレーションを正確に行うことにより回避することができます。しかし、各ハンドモジュールを並列に設置した二本指マイクロハンド機構を採用した場合、経年変化や温度変化等により、やはり二本指としての動作の正確さが保証し難い問題があります。また、この並列機構の場合、作業領域が各ハンドモジュールの作業領域の交差領域に限定され、広い作業領域を得られ難い問題も生じます。これらの問題の解決策として、人間の箸の操作法が参考になります。箸の殆どの操作は、人差し指側で操作する箸が器用に動くことによって行われており、人差し指側の運動は親指側の箸に対する相対的な運動を生成しています。また、親指側の箸は手に固定された状態、すなわち手全体の動きに連動した状態になっています。この考察に基づき、ハンドモジュールを直列に設置した二本指マイクロハンドの機構を採用しました（図4）。3つの円盤状のプレートがそれぞれ6つのリンクを介して固定されています。上部のプレート中央に穴が空いており、中央のプレートから親指側の箸に相当する針が伸びています。上部のプレートには人差し指側の箸に相当する針が伸びています。すなわち、上部のハンドモジュールの指は細かい操作における二本指の相対運動を生成するように動くため、上記の前者の問題を回避することが出来ます。

下部の平行リンク機構の針の作業領域がそのまま二本指の作業領域となるため、後者の問題に関しても回避することができます。この二本指マイクロハンドを用いて、ラテックス粒子（直径 $5\mu\text{m}$ ）のハンドリングに成功しています（図5、両指ともガラス針）。

3. まとめ

以上、現在研究開発されているシステム化技術を紹介しました。今後は、マイクロ環境特有な現象を加味したマニピュレーション技術を考慮に入れたシステム化技術が確立されていくであります。

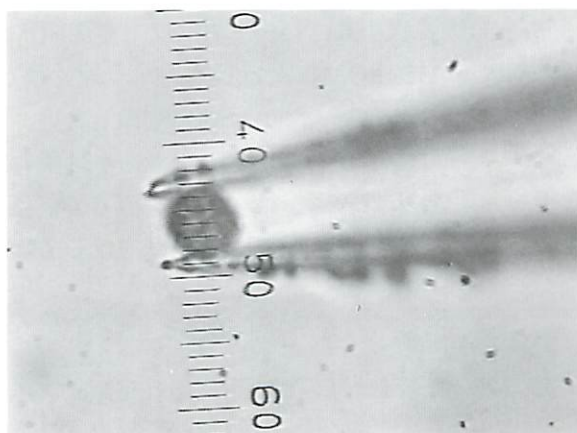


図5 ラテックス粒子（直径 $5\mu\text{m}$ ）の
マイクロマニピュレーション
(機械技術研究所)

材料直接接合装置が「注目発明100選」に選定される

科学技術庁は、科学技術週間の一環として、環境、バイオ、電子、材料など様々な分野から、研究開発の優れた成果として100件の発明を選出しました。これは、研究開発の成果を広く紹介し、実用化を促進するのが狙いで、今年で55回目を迎えました。

マイクロマシンのプロジェクト関係では、日本電装(株)の「二つの材料の直接接合装置」と「配管内エネルギー供給システム」の2つの特許が「注目発明100選」に選ばれました。「二つの材料の直接接合装置」は、被接合材料の表面を真空雰囲気中で、清浄化、活性化を行い、今まで接合できなかった異種材料を接着剤なしで直接接合を行う装置に関する特許です。また後者は、分岐のある金属配管内を移動するマイクロマシンにワイヤレスでエネルギーを供給するためマイクロ波を用いるという特許です。

表紙のことは

子供たちが描いたマイクロマシンの夢（小・中学生絵画コンテスト最優秀作品）が、これから生まれてくる新しい技術（背景の機械イメージ）によって、21世紀には見事に実現されていることだろう。

編集後記

広報誌「マイクロマシン」が発刊されてから約4年になる。最新号を初期のものと見比べてみると、早や、歴史を感じる。カドが取れて、随分読みやすくなった、と思う。内容もさることながら、写真もレイアウトもきれいである。この4年のうちに、世の中は着実に進歩し、ハードもソフトも洗練されてきていることが窺われる。広報誌が体裁を変えて、CD-ROMになる日も、そう遠くはないかも知れない。世の技術は、独自に発達しているように見えて、互いに刺激し合い、補完して、新しい局面を産み出している。マイクロマシンも決して、世の中からかけ離れた技術ではなく、ごく自然に、新たなニーズに取り込まれながら、次の時代を担っていく、そんな期待を抱かせる第2期である。

今後も広報誌の変化に注目して頂きたい。

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

無断転載を禁じます。