

AMMC

マイクロマシン

1994・4 No.7

- 平成6年度を迎えて 稲葉清右衛門
- 東京大学先端医療デバイス研究組織
- (財)マイクロマシンセンターの平成6年度事業計画
- 技術の系譜
「テルモ株式会社」「株式会社東芝」
- 海外だより
- 入門講座 マイクロマシン技術
- トピックス
- 一般賛助会員への入会のおすすめ
- イベントのお知らせ

財団法人 マイクロマシンセンター

平成6年度を迎えて

財団法人マイクロマシンセンター
理事長 稲葉清右衛門



当センターは設立後4回目の新しい年度を迎えることとなり、広報誌の発行が7号を数えることとなりました。

これも偏に関係各位のご支援、ご指導の賜物と深く感謝申し上げる次第です。

マイクロマシン技術の確立は、機能部品のマイクロ化や高集積化を通じて21世紀の工業技術や医療技術を飛躍的に高度化させるものとして、その研究開発に大きな期待が寄せられております。

一方、この技術には新規性あるいは革新的な技術要素が数多く含まれているため、マイクロマシン技術体系を確立するまで高いリスクと多額の研究開発費の投入、かつ長期間の時間を必要とします。

このため通商産業省工業技術院では1991年度から産業科学技術研究開発制度のもとで「マイクロマシン技術の研究開発」を着手することとなり、当センターは民間サイドの研究開発の中核体として研究開発に取り組んでいるところであります。

マイクロマシン技術は、マイクロ化を追求する極限技術の1つであり21世紀の革新技術として広範な分野への応用が期待されております。

マイクロマシンは、言うまでもなく、機械工学、電子工学、生物学、物理学、化学等の広範な化学技術分野と学問分野の学際領域にあります。また、その研究開発の歴史が浅いことから、その技術の開発推進には官、学を加えた産、官、学共同による研究体制が強く必要とされるのですが、加えて国際的な連携も欠くことができません。

そこで、当センターにおきましては創立以来マイクロマシン技術の普及振興を図ることを目的と

して、調査研究、啓蒙普及等の事業を進めているところですが、平成6年度では特に国際的にも揺籃期にあるマイクロマシン技術の国際交流事業を積極的に展開し、国際間の連携を深めることを重視し、欧米へのミッションの派遣、受入れ、研究開発動向等を掲載した英文広報誌発行など、これまでの事業活動に加えて、本年度から新たに

- ① 息の長い研究開発が持続的に進められる国際的な環境を作り上げていくためマイクロマシン技術に対する取り組みが活発な国の代表者からなるマイクロマシン技術サミットを我が国において開催する。
- ② 我が国の研究開発成果を海外の幅広い研究者等に対し発信し、交流と理解を深めていくために海外で講演会を行う。

更に、啓蒙普及事業として成果発表会に加えてマイクロマシン技術について様々な分野、広範な年齢の人々の理解を拡げて斬新なアイデアが生まれる土壌を育成していくとともに、併せてマイクロマシンへの親しみを広く社会に深めていくため、

- ① 小・中学生を中心にマイクロマシンコンテストの開催
- ② セミナーの開催等を新たに実施することとしております。

以上のように本年度の新たな事業展開により、我が国マイクロマシン技術の体系化と普及促進を図り、もって我が国の経済発展と国際貢献に寄与していく所存であります。

東京大学先端医療デバイス研究組織

東京大学先端科学技術研究センター
教授 藤正 巖

東京大学・先端医療デバイスグループ —東京大学先端科学技術研究センター生体計測分野+東京大学医学部医用電子研究施設臨床部門—

東京大学の医学部系を標榜するこのふたつの研究室は、先端医療技術の開発研究を行うことを目標に作られた純粹の研究グループです。学部学生や修士の学生の教育をする必要のない研究所のため、研究のスペンは極めて長く、多くの研究が並列に数十年継続しています。

従って、現在の研究の分野は広範で、人工心臓の開発をメインテーマに、その周辺に医用高分子材料、リモートセンシングやコンピュータの画像処理、更には、細胞生理学、温熱生理学、循環生理学、レーザー外科などの多くの関連領域を研究対象として持っています。

この2部門のうち先端研は渋谷の近くに、医用電子研は本郷にあり、両研究所とも大型から小型の動物の実験の能力を供え、ふたつの研究室は共同で運営されています。研究スタッフは、教授2（藤正、井街）、助教授2（満洲、馬場）、助手3（鎮西、阿部、今西）、技官3、そして数名の博士課程の大学院生と多くの協力研究員から成り立っていて、総数20名の研究チームとなっています。助手以上のスタッフは医師が6名、工学部卒が3名で2名は医工の両学部を卒業、スタッフ以外の研究者の殆どは博士号を取得しており、最近では出身母体に理学部系も含まれ始めています。

この研究グループの最も特色とするところは、医用工学技術研究の上で最も重要な、生物への機械の適用の技術を獲得することを重視していることにあり、人への適用の前段階をにらんで、大型動物での慢性実験ができることと、主要な機器は内製できることが挙げられるでしょう。このため、工学部卒の人は殆ど動物手術や管理の手法を獲得し、一方医学部出身者は多くの工作機械の取扱は勿論、電子回路、コンピュータの利用のトレーニングをつみ、研究者として医工両領域の完全な学際性を備えています。このことは、開発技術の即座の生物適用と、その結果の開発へのフィードバックが可能なことを意味しています。

さらに、生体内に使用される微小機械は、生体

との境界面での問題が大きくたちはだかってくるのが予測され、抗血栓性、生体適合性の問題の解析が必須なため、しっかりした高分子化学やたんぱく化学の分析や改質といった化学的技術も必要となり、極めて広い視野で開発を進めなければならなくなり始めています。

このような背景から、この研究チームは、長期の展望に立って研究組織を作ってきたために、動物実験設備や計測分析設備の充実がなされ、ことに十分な慢性動物実験を行う施設が作り上げられ、動物実験管理のノウハウを持つに至っています。

研究者のみで全ての研究を維持管理しなければならないために、研究所の自動化・情報化も著しく、自動データ採取や監視のシステムは勿論、このふたつの研究所は、間が 50 GHz のマイクロウェーブ回線で接続されており、動物実験の相互モニター、研究の打ち合せ、テレビ会議など、研究管理運営上の省力化が行なわれているという変わった研究室でもあります。

この研究チームは、人工心臓研究の世界の一つの大きなセンターで、さらに、日本のマイクロマシン研究の草分けのチームのひとつともなっています。実際には、完全体内埋め込みの人工心臓の技術開発のために、1985年頃より、人工臓器に関する部品の微小化を目指して研究が始まりました。人工心臓の周辺には、多くの他の医療技術に関連した技術開発が存在し、最近では、作っている機械の多くは微小機械となりつつあります。例えば、研究チームの構成が心臓を中心とする外科系にあるため、レーザー血管形成術や各種カテーテルセンサーの開発が行われています。それらは、元来、ミリ以下の寸法のもが多く、その意味ではマイクロマシン開発の素地があったといえましょう。

1988年、マイクロマシンプロジェクトがあちこちで始まった頃、この研究グループもシリコンプロセスのための装置を導入し、今日まで運営しています。更に、もともと高分子の加工を専門とする研究領域であったために、上質の高分子の成型加工室を持っており、多くの微小部品を作るための工場も整備されてきました。

現在の研究の主題をテーマ別に幾つか紹介してみましよう。

人工心臓

最初に始まったのは、人工心臓の部品の微細化、高精度化でした。井街教授が開発したJelly fish人工弁は今日では世界中にその応用先が広がっています。殊に、カテーテル内に使用されるJelly fish弁は、直径が3 mm以下という微小弁であり、小型の卓上NCフライス盤によって加工されています。さらに、小型の生体埋めこみ人工心臓や分散型超小型心臓の開発は、部品の微小化と共に、長期にわたる連続運転に耐える必要もあり、マイクロマシン部品技術の開発に幾つもの技術課題を提供しています。人工心臓からスタートした補助心臓の開発研究はアイシンコスモス研究所と日本ゼオンとの共同研究が行われており、この中に、多くのマイクロマシンの研究も含まれています。

人工筋肉

人工心臓の駆動本体の小型化から人工筋肉の研究が始まりました。この研究からは、思いがけない副産物が登場し始めています。ブラウン粒子のエネルギーを使用する目的で開発が進められた振動型のアクチュエータの基礎研究から、生物のエンジンである筋肉素子の設計条件の試算が行われました。この結果から、生物が熱擾乱の場で、ランダムな分子運動からエネルギーを得ている可能性があるということを示唆し、生物の場の統一理論を作り上げようという理論的な方向へ研究が始まったことがその一つでありましょう。この研究は、具体的な生産物としての成果はなかなか得られないものの、理論的には、生物のエネルギー変換系の原理から推測される、新しいエンジンの設計のための面白い成果が得られようとしていて、メゾスコピックな領域での機械工学と材料科学の新しい展望が開けようとしています。

一方、筋肉素子としての人工サルコメア素子の開発は、金属リソグラフィや製版用フィルムのリソグラフィから始まり、現在微小化の最中にあり、集積化の可能性のある素子加工法を探索中です。

低侵襲外科

この研究チームが、最初から開発体制として備えていた能力に、レーザー装置の開発とその利用があります。通産省と厚生省の共管の研究所である医療福祉機器研究組合が、レーザー心臓冠動脈血管造成術のプロジェクトをスタートしたとき

に、このチームもその一員として加わりました。住友電工と組んで始まったこの研究は、0.4 mmのイメージファイバー、0.4 mmのコーツのレーザーファイバー、マニピレータ、バルーンなどの組み合わせられた装置として、外形1.4 mmのレーザー血管形成装置を作り上げ、2年前にプロジェクトが完了しています。そのプロジェクトを支えた技術が、今日では、リモートオペレーションのための各種の装置の開発に繋がり、Video Assisted Surgery (VAS)の各種の技法が開発されようとしています。

この技術の中心は、直径0.4 mm程度のファイバーによる立体視や各種の遠隔手術装置で、血管内手術から始まり、その技術転用として、椎間板ヘルニアのファイバーによる髄核蒸散法、関節内視鏡手術法、脊髄内視鏡などの開発と臨床応用が大阪医科大学整形外科教室と進められ、それは、胸腔及び、腹腔内の一般外科手術の関連装置開発へと繋がっています。この研究チームでは、開発のごく初期から動物実験ができるために、この領域では、殆どが実用的に使えるものの開発を目指しています。さらに、この技術が微細な世界での人工現実感技術と関係があるため、先端研の館研究室との共同研究も行なわれています。

微細生体計測

最近のファイバー技術は可視光から赤外光にまで広がり、このチームが元来持っている赤外線のリモートセンシング装置である赤外撮像装置の技術と絡みあって、体腔内の熱像分布の撮影装置の開発も行っています。

マイクロプロセスが可能であることから、各種の微細な計測装置の加工も始まっていて、プラズモン顕微鏡やマイクロファイバーセンサーの開発は、循環器病センター研究所の松田部長やその他の高分子科学者を巻き込んで、微細な表面加工と表面の物質による修飾の研究が進められています。

最近、産婦人科出身の助教授が参加し、外科、内科、整形外科の他に、リプロダクション科学ともいえる産婦人科の領域を得て、生体外臓器保存や胎児外科といった、本来微細手技を使わなければならない領域が拡大し、技術開発研究の範囲がますます広がろうとしています。遠隔のロボット外科や、細胞生理学などを加えて、研究と組織が、これからも発展してゆくことに違いなからうと思います。

(財) マイクロマシンセンターの平成6年度事業計画

1. 事業計画の基本方針

微細で複雑な作業を行う大きさ数mm以下の機能要素から構成された微小機械=マイクロマシンに関する調査および研究、情報の収集および提供、内外関係機関等との交流および協力、標準化の推進を行うことにより、マイクロマシン基盤技術の確立およびマイクロマシンの普及を図り、もってわが国の産業経済の発展及び国際社会への貢献に寄与することを目的とし、平成6年度においては、特に国際交流事業を積極的に展開することとし、以下の事業を行います。

2. 主要事業の内容

(1) マイクロマシンに関する調査及び研究事業

工業技術院産業科学技術研究開発プロジェクトの受託研究を積極的に進めます。また、産・官・学共同研究開発のもとに、マイクロマシン技術の体系化に努めるとともに、諸外国との技術情報の交換、また調査・研究の成果を内外へ発信します。

① 工業技術院産業科学技術研究開発プロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」(新エネルギー・産業技術総合開発機構からの受託研究) [発電施設用高機能メンテナンス技術開発]

発電プラント等の複雑な機器の狭小部において移動し、自律的に高度な作業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、以下の研究開発を行います。

(i) マイクロカプセルの研究開発

カプセル型の浮遊移動式無索型マイクロマシンについて、マイクロ発電機用磁石・コイル・高速マイクロ軸受、信号発信機構用振動子、探傷用超音波センサ、位置検出用加速度センサ、マイクロジャイロ、及び磁気利用駆動サスペンション機構等の試作と作動実験を含む研究開発を行います。

(ii) マザーマシンの研究開発

検査及び作業モジュール等の運搬、マイクロマシンと外部との通信の中継等の機能を備えたマザーマシンについて、光スキヤニング機構及び光学系、連結機構用ジョイント、マイクロバッテ

リ、静電利用の人工筋肉、変態制御手法及び行動型制御手法等の、試作等を含む研究開発を行います。

(iii) 無索検査モジュールの研究開発

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

(iv) 有索作業モジュールの研究開発

作業ユニットを備えた有索型マイクロマシンについて、管状マニピュレータの機構と駆動用メカノケミカルアクチュエータ、光電変換・昇圧機構の高効率化等の、試作等を含む研究開発を行います。

(v) トータルシステムの研究

マイクロマシンのトータルシステムに関する要求条件を明確化し、システム構築に必要な技術の研究開発動向を調査するとともに、ユーザーニーズを踏まえたマイクロマシンシステムの方向性を検討します。

[体腔内診断・治療システム]

体腔内診断・治療システムの実現に必要な要素技術の開発を目指し、脳血管診断・治療システムのための技術を確認することを目標とし、以下の研究開発を行います。

(i) レーザ応用診断・治療技術、(ii) マイクロ触覚センシング技術、(iii) 血圧・血流センシング技術について、試作等を含む研究開発を行います。

[マイクロファクトリ技術の研究開発]

本年度から新たに小型工業製品の製造工場のマイクロ化を図るために、その製造工程で使用される各種のマイクロ機械装置及びシステムの構築に必要な技術(マイクロファクトリ技術)として、以下の研究開発を行います。

(i) マイクロ作業機構の研究開発

小型部品を高速・高精度で、把持、移動、及び位置・形状認識するための各種マイクロ作業用デバイスについて、位置微調型クランプ機構、光駆

動作業機構、環境認識機構及び機能連結の製作技術の研究開発を行います。

(ii) マイクロ駆動機構の研究開発

小型部品のハンドリングや搬送を高応答速度で行うための各種マイクロ駆動要素とその製作技術について、移動・運動機構、ドライブ駆動機構、ステアリング機構及び高出力動力源の製作技術の研究開発を行います。

(iii) トータルシステムの研究

マイクロファクトリについて、トータルシステムのプロトタイプ及びフィジビリティスタディを行い、その適用範囲、効果的な導入方法を明確にします。また、ファクトリにおける電力供給システムの研究を行います。

② マイクロマシン材料に関する研究開発

マイクロマシン材料に関する研究開発を前年度に引き続き工業技術院機械技術研究所と共同研究を行います。

i) 微小機能要素の作業環境に関する研究

ii) マイクロマシン用材料に関する研究

iii) マイクロマシン用材料のフィジビリティスタディ

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のもとで、(1) FIB、RIE、CVD等を用いた加工技術(2)運動機能やトライボロジーの最適化を図った機構デバイス技術、及び(3)テレオペレーション等を利用したマイクロアセンブリ技術に関する基礎的研究を進めます。

④ マイクロマシンの基礎技術に関する調査研究事業

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

(i) マイクロ理工学における技術シーズの探索

(ii) 設計技術における技術シーズの探索

⑤ マイクロマシン技術の技術予測（経済効果）に関する調査研究事業

微小な機能部品で構成された高機能な機械システムを実現させるマイクロマシン技術の長期的な技術予測を行い、種々の産業分野へのマイクロマシン技術の導入について、その効果を明らかにして、マイクロマシン技術研究開発への指針を設定し、その技術確立の効率的達成と技術の普及・振興に寄与することとし、次の調査研究を行います。

(i) マイクロマシン技術に関する開発予測調査（2005年及び2010年度）

(ii) 各種産業におけるマイクロマシンシステムに関する経済効果調査

⑥ マイクロマシン技術の国内外研究開発動向調査
マイクロマシン技術の研究開発を効率的に推進し、早期にその普及を図るため、海外における研究開発の最新状況を把握することとし、次の研究開発動向調査を行います。

(i) マイクロマシン技術研究開発状況調査

(ii) マイクロマシン技術動向の分析

⑦ マイクロマシンデータベースの構築及びメンテナンスに関する事業

マイクロマシンに関するデータベースを次により調査・構築し、アンニュアルレポートとしてまとめ、研究開発に資することとします。

(i) 国内外におけるマイクロマシン研究者を対象とした研究内容、研究論文、研究計画等をアンケート調査し、また、研究集会等における発表動向調査、関連研究プロジェクトの内容調査等を行い、技術項目別に整理した研究開発マップを作成し、研究開発データを蓄積します。

(ii) 国内外の企業におけるマイクロマシン技術の応用例、実用例をアンケート調査、特許、技術誌、新聞等から収集・検討し、応用分野/技術項目別に整理した応用マップを作成し、応用データを蓄積します。

(iii) 技術文献、センターの研究事業等の結果から得られた技術情報を整理した技術マップを作成し、技術データを蓄積します。

(2) マイクロマシンに関する情報収集及び提供事業
国内外の大学、産業界、公的機関等におけるマイクロマシンに関する情報並びに資料の収集を行

い、センターで実施し調査資料等とともに整備し、センター資料室において閲覧に供するとともに内外に広く情報の提供を行います。

(i) マイクロマシン情報誌の発行

(ii) 資料室の整備充実

(iii) 情報通信ネットワークの構築及び情報の検索等管理方式の確立（マイクロマシンデータベースの構築）

(3) マイクロマシンに関する内外関係機関との交流及び協力事業

官学産共同研究の推進事業として研究グラントを、研究者及び有識者の招聘、サミット及びセミナーの開催、交流等を行い、内外関係機関との提携、交流及び協力事業を積極的に展開して行きます。

(i) マイクロマシン技術に関する研究開発への助成
マイクロマシン技術の研究開発を円滑、かつ効率的に促進するため基盤的・基礎的研究に関し、官学産共同研究を推進する一環として、大学等に対し、研究助成を行います。

(ii) マイクロマシン技術に関する研究者の交流
米、欧、豪からの有識者の招聘、ミッション等によるわが国研究者の海外派遣等を行い、研究者の交流を図っていきます。

(iii) マイクロマシン技術に関するシンポジウムの開催、参加及び準備

第5回国際シンポジウム（10月2～4日於名古屋）を共催のもとに開催します。また、平成7年度東京で開催を予定している第6回シンポジウムの準備を行います。

(iv) マイクロマシンサミットの開催（平成6年度新規事業）

米、欧、豪、日におけるマイクロマシン分野に関するサミットを日本において開催し、広い範囲におけるマイクロマシンに関する課題について話し合う交流の場とし、今後の国際的活動への展開に結びつけます。

(v) マイクロマシンセミナーの開催（平成6年度新規事業）

マイクロマシン技術の開発が活発に行われてい

る国に対し、専門家交流を補完し、わが国の研究成果を積極的に幅広く提供するため、海外においてセミナーを開催します。

(vi) 海外へのミッションの派遣（平成6年度新規事業）

欧州及び米国にミッションを派遣し、大学その他マイクロマシン関係機関との情報交換を行い、交流を促進する。さらに、海外で開催される国際シンポジウムへの参加事業を行います。

(vii) イブニングセミナーを月例で開催し、産・官・学の交流を深めます（第3水曜日）。

(4) マイクロマシンに関する標準化事業

前年度に策定した標準化事業の進め方に基づいて、(1)関連専門用語の語意の詳細調査を実施するとともに、(2)計測評価法の個別詳細調査による標準化における技術課題の抽出を進める。(3)国際標準化の早期確立を目指し、海外の標準化活動との連携を深めていきます。

(5) マイクロマシンに関する普及啓発事業

広報機関誌の発行・配布、セミナー、展示会等を開催し、マイクロマシンに関する普及、啓発を図ります。

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

(ii) マイクロマシンのコンクール開催、紹介誌の発行等により、マイクロマシンに関する普及啓蒙を図ります。（平成6年度新規事業）

(iii) マイクロマシンに関するシンポジウムを共催開催します（平成6年5月）。また、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」に係わる研究成果発表会を開催します。

(iv) マイクロマシンに関する展示会を共催開催します（平成6年5月）。

(v) マイクロマシン連合

平成5年4月に結成されたマイクロマシン連合の事務局として、マイクロマシン関連団体の連携、強化に努めます。

テルモ株式会社

1. はじめに

テルモは大正10年に優秀な体温計の国産化を目的として設立されました。その後、「医療の発展に寄与し、健康な社会の実現に貢献する」という企業理念のもとに製品の開発に取り組み、70周年を迎えました。現在、医薬品・医療器・人工臓器などを扱う「グローバルな総合医療企業」として発展しています。

今日は、こうしたテルモ製品を生み出している「研究開発センター」を訪ねました。都心から南西に約70kmの距離にある神奈川県湘南地区西部の中井町に位置しています。同センターは、南に相模湾、北に丹沢山塊、西に富士山を臨む眺望の良い小高い丘の上にあります。このセンターはこれまで東京と静岡にあった研究開発部を統合する形で1989年に設立されました。また、翌年には研究開発センターをサポートする組織として「情報管理センター」が同じ敷地内に設立されました。さらに、研究開発センター内には基礎研究部門として幅広い科学・技術の分野で先行探索研究に取り組み、製品開発の基礎となる部分を担っている「医科学研究所」も設置されています。

2. 技術開発の特徴

テルモは医薬品あるいは医療器としての安全性と有用性を、ともに高い水準で両立させることを目指しています。そのため、医療器、人工臓器、そして医薬品の容器においても、製品開発に当たっては、常に素材設計の段階からスタートすることを基本としています。

素材からの開発は、非常に広い範囲の基礎研究を要求します。素材から開発する姿勢は、日本で初めてプラスチック製のディスプレイ注射器を開発した時から綿々と受け継がれ、血球成分の生存性が高い血液バッグ、透明で耐薬品性にも優れたプラスチックバック入りの輸液剤の開発、さらに透析効率の高いオリジナルの透析膜を用いた人工腎臓の開発などに生かされています。また、世界で初めて開発され、米国クリーブランド博物館にも展示されるに到ったホローファイバー型人工肺の開発などは、社会的にも高い評価を得ています。

テルモが取り組んできたバイオマテリアル（生



研究開発センターと情報管理センター（右）

体適合性素材）やセンサー技術などの開発は、これまでになかった新たなフィールドに踏み込んでいます。それは、ひとつひとつの技術を、機能を、材料を、複合的に組み合わせることです。例えば、特殊な高分子材料と組織培養技術の複合による人工血管や人工皮膚の開発により、極めて自然な状態で生体への適用が可能となり、失われた機能の肩代りが行われるようになっていきます。

さらに、医薬品や医療器・人工臓器の開発には生物を用いた評価が不可欠です。このためテルモでは、生物評価センターを設置しています。ここでは、医薬品の有効性評価、医療器・人工臓器の機能性評価、安全性評価、体内動態（代謝）評価を行っており、テルモ製品の安全性と有用性をともに高い水準で保証して行くうえで、大きな役割を果たしています。

3. マイクロマシン技術への取り組み

近年、医療がますます高度化するのに伴って、より一層の微細化、微小化、そして高機能化が求められてきています。例えば、体内に用いる、カテーテルと呼ばれる高分子の管のなかには、細い血管に挿入して、診断・治療・投薬などの多機能をこなすことが要求され、より一層の微小化、高機能化が求められています。

これらの要求に応えるのがマイクロマシン技術であって、テルモでは次世代の医療を実現する基盤技術との認識を持って、積極的に取り組んでいます。

テルモではこれまでも半導体加工技術を利用して、ME機器や生体情報モニタリングの心臓部となるセンサーなどを開発、実用化してきました。今後、さらに要求される小型化、高機能化に向けて、光発電・昇圧機構の研究、マイクロアクチュエーターの開発を進めています。このような技術が実用化されることによって、高機能能動型カテーテルや埋込型人工臓器などが実現できると考えます。

株式会社 東芝

はじめに

東芝は近々120周年を迎えるということですから大変歴史のある会社であるわけですが、家庭電器、OA機器、医療機器、原子力機器などの分野でこれまでに開発した数々の新技術、新製品の一部分について紹介され、改めて歴史の持つ意義に感心しました。今回はそんな東芝の基盤技術と将来技術を支えている研究開発センターの中にある機械・エネルギー研究所を訪問しました。

研究開発への取り組み

東芝の研究開発体制は、幅広い事業分野を支え効率良く技術移転を行うために、本社研究所、事業部研究所、事業部開発部門の3層構造になっているということです。今回訪問した研究開発センターは、材料・デバイス、通信・情報システム、機械・エネルギー、VLSI、環境技術などさすが総合電機の本社研究所と思わせる多くの分野の研究拠点を擁しています。

本社研究所として他に生産技術研究所があり、社内の生産部門の高度化を支援する新しい生産技術と機器開発を担当しているということです。また、各事業グループには8つの事業部研究所があって、より製品に近い技術開発を担当しているそうです。

機械・エネルギー研究所

研究開発センターの本部は国道1号線を横浜方面に走って多摩川大橋を渡るとすぐ右手にあるそうですが、機械・エネルギー研究所はその多摩川の河口に位置しています。対岸には羽田空港の新ターミナルがあり、絶え間なく離陸するジェット機の音が気になりましたが、研究者の皆さんはすぐに慣れる、と言っていました。機械・エネルギー研究所のある敷地には原子力技術研究所もあり、もともと重電関係の研究が中心ということですが、最近はメカトロ関係の研究も多く、特に原子力や宇宙などの特殊ロボットの研究開発に力を入れているそうです。

マイクロマシンへの取り組み

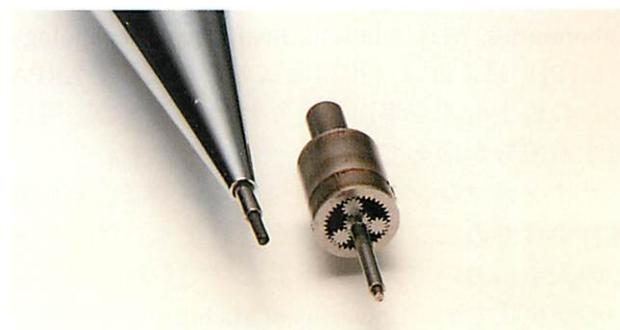
メカトロでは構成要素である、アクチュエータとセンサが大切であるということで、機構要素を研究している部隊があり、宇宙用マニピュレータに採用された不思議歯車減速機というものを見せ



機械・エネルギー研究所全景

てもらいました。この不思議な機構がマイクロ化に適しているということで、試作したマイクロ減速機を拝見しましたが、一つ一つの歯車はとて小小さく、肉眼ではシャープペンの折れた芯にしか見えません。また、この歯車と新たに開発した超小型エンコーダ、および最近生産技術研究所で開発したマイクロモータとを組み合わせるマイクロサーボアクチュエータを試作していました。

原子力部門から小型の点検ロボットが欲しいという要望があり、まずは点検に必要なマイクロカメラを開発したいということで今度のプロジェクトに参加しているそうです。東芝にはもともと親指カメラの製品化に見られるように小型カメラの

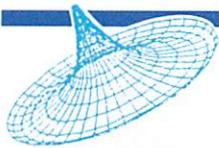


直径4.25mmの不思議歯車減速機

技術がありますが、ここでは生産技術研究所が反射屈折方式のマイクロ光学系、マルチメディア技術研究所と材料・デバイス研究所がCCDと処理回路の3次元実装技術、機械・エネルギー研究所が雲台機構の開発というように、それぞれの専門分野が協力して取り組んでいるそうです。

おわりに

機械・エネルギー研究所の近くには厄除けで有名な川崎大師があり、よくお参りする(?) そうですが、空の玄関の対岸にふさわしく未来に羽ばたく技術が次々に生まれそうな感じがしました。



米国、カナダ訪問記

本年3月当センターの平野専務理事はじめ4名で米国、カナダにおけるマイクロマシン関連の研究開発を行っている大学、民間企業を訪問しました。これは当センターの事業の一つである国際交流事業として行ったものです。

今回は次の大学、企業を訪問しました。

- ・ University of Wisconsin-Madison
- ・ Massachusetts Institute of Technology
- ・ IS Robotics, Inc.
- ・ University of Michigan
- ・ Ford Microelectronics Inc.
- ・ Simon Fraser University

米国においては、マイクロマシンの研究開発（米国ではこの分野をMEMSの研究開発と言っている）が産業への応用に注力していると言えます。これは「政府の科学技術全般に対する方針がそうであることによります。この分野での研究開発資金源は主にARPA、NSF、民間企業であり、なかでもARPAからの割合が比較的大きい」と、Prof. H. Guckel (WI Center for Applied Microelectronics, University of Wisconsin Madison) は述べ、また、Prof. S. D. Senturia (Microsystems Technology Laboratories, Massachusetts Institute of Technology [MIT]) によれば「東西冷戦の終局に伴いARPAからの資金も非軍事面、とりわけ産業への応用に対する配分が増えている」とのことです。

マイクロマシンの研究開発においては、それを遂行するために高価な施設を要します。従って一つの大学において大学の予算だけでは対応が難しいのが現状です。University of Michiganでは政府からの資金で、関係学科と共同研究を行うCenter for Integrated Sensors and Circuitsを大学に設立している。研究設備はフォトファブ리케이션技術やビーム技術等を中心としたもので充実した施設を保有しています。Prof. K. D. Wise (Solid-State Electronics Laboratory, Department of Electrical Engineering and Computer science, Univ. of Michigan) は「現実的な研究開発活動は政府との研究契約に基づいてセンターで行われる。研究資金は大半が政府からで、それ以外に産業界からもある。」と説明を受けました。

大学の中に、政府資金による研究センターを設けて研究活動を推進するやり方は、カナダにおい

ても同様でした。Simon Fraser University (SFU) 内にはInstitute of Micro-Machine and Microfabrication Researchという研究所があります。研究所のDirectorであるDr. A. M. Leungによれば「当研究所ではSFUやUBC (University of British Columbia) をはじめカナダの5つの大学が共同でマイクロマシン関連の研究をしている」これらの研究内容はセンサー等のデバイス製作技術、バイオテクノロジー、モデリング、物理的力学的解析等多岐に亘っています。SFU内にはMTC Micro machining Technology Center LTD. があり、その社長であり同時に研究所のManaging DirectorであるGuild氏によれば「当社を通して各民間企業と研究センターの共同研究が行われ、産官学の共同化が進められる」とのことです。また、SFUのAsst. Prof. M. Parameswaranは「去年、私自身が工業技術院機械技術研究所に滞在し、今年はこちらに研究者を招いた」と言うように日本との研究交流も活発に行っています。

一方、民間企業におけるこの分野の研究開発も活発に行われています。

一匹では非力でも集団では1つのまとまった作業をする蜂のように、小さなロボットが集団で一つの作業を行う時にどのような制御をしたら良いかということは重要な研究課題です。これに関してBehavior Based Control理論を築いたProf. R. A. Brooks (The Artificial Intelligence Laboratory, MIT) が会長を務め、当センターの賛助会員であるIS Robotics, Inc. は、まず適当な大きさのロボットを試作し、集団制御の研究をしています。

ColoradにあるFord Microelectronics Inc. は当センターの賛助会員であるフォード自動車株式会社のマイクロエレクトロニクス関連の研究開発をしている会社で、各種センサーやアクチュエータの開発も行っています。

今回の訪問先では当センターの活動内容や研究成果を紹介すると共に訪問先の活動状況の紹介を受けるなど、相互の情報交換を行い一層の交流促進ができました。

(*) ARPA=Advanced Research Projects Agency

米国国防省の一機関。以前はDARPAとよんでいた。冷戦終結と共にD (Defence) をとった。

1. はじめに

マイクロマシンセンターでは、できるかぎり多くの方々に「マイクロマシン技術」について関心をもっていただくために、本誌に入門的な技術解説を連載することになりました。とはいっても、この技術は誕生して間もないために、それに関わっている研究者や技術者の間でも、共通の概念が確立されているとは言えない状況にあります。本講座に対するご意見等にも、配慮しながら解説を進めたいと考えています。

(1) マイクロマシン技術とは

「マイクロマシン」のイメージについて共通認識が確立されているわけではありませんが、藤正巖教授(東大)が示した図1¹⁾のような機能部品(た

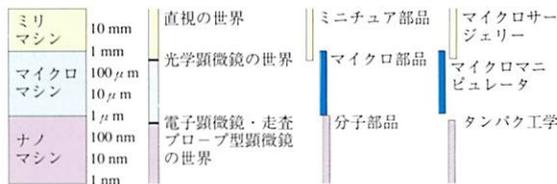


図1 マイクロマシンの大きさ

例えば、アクチュエータ、メカニズム、センサなど)の寸法による区分が最大公約数的には受け入れられています。すなわち、外形寸法がおよそ1 mmから1 μm程度のきわめて微小な機能部品を組み立てたものがマイクロマシンと呼ばれています。しかしながら、ミリマシンやナノマシンとマイクロマシンとの技術的境界が寸法だけでは決まらない部分もあり、また応用システムを考える場合には相互の関係も重要なことから、マイクロマシンセンターでは、これらを含めたものを広義のマイクロマシンとして捉えています。

このようなマイクロマシンを現実にさせるのに必要な技術を「マイクロマシン技術」と呼んでいます。この技術は共通概念が確立されていませんが、マイクロマシンセンターでは、研究開発を進めるにあたって、表1に示すような多数の要素技

表1 マイクロマシン技術の体系

項目	構成要素技術
基盤技術	加工技術 アセンブリ技術 材料技術 設計技術 計測評価技術 マイクロ理工学
機能要素技術	微小機能要素技術 エネルギー供給技術 電子回路技術
システム化技術	制御技術 複合化技術

術で構成された技術体系をマイクロマシン技術としました。なお、この概念に近いものに、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) やMST (Micro System Technologies) などがあります。

(2) 技術としての特徴

1 mmに満たないような寸法の世界では、小さ

なものに働く粘性や表面力などの影響が著しく大きくなり、他方、慣性力の作用が相対的に小さく

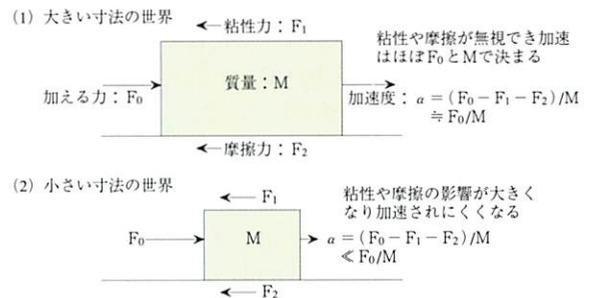


図2 マイクロマシンの世界の特徴

なります(図2)。そのために、メカニズムやアクチュエータのような機能要素の寸法を単純にマイクロ化すると、その作動効率が低下して十分な働きが得られません。したがって、マイクロマシンはマイクロ環境の特性に適した種々の機能要素を必要とします。マイクロマシンの加工やアセンブリ、材料、エネルギー供給、システム構成なども同様に、寸法のマイクロ化に適した新たな手法を必要とします。言いかえると、マイクロマシン技術は、マイクロ環境にマシンを適合させるための技術の集合体であると言えるでしょう。

このマイクロマシン技術は、機器のマイクロ化を実現させるための、いわば極限化技術の一つとみることができます。極限化技術の多くは、通常その応用範囲がかなり限定されますが、マイクロマシン技術の場合はむしろ多様な産業分野での利用が期待されていることから、産業における新たな基盤を形成する技術として位置づけられています。そして既に、この技術の一部は情報通信や自動車の分野で、マイクロセンサなどの形で利用されはじめています。

研究開発の多様性もこの技術の特徴の一つになっています。この技術はICプロセスで1 mmに満たないマイクロモータやマイクロリンク機構などを製作したことに端を発して、多くの研究者や技術者に注目されるようになったと言われてきましたが、現在では、機械、電子、医療などの多様な技術・工学分野で研究開発が展開されており、一つの学際的技術分野が形成されつつあります。

今回はプロローグとして、マイクロマシン技術の概念とその特徴を紹介しました。次回からは、この技術の背景や技術内容の個別的な解説を順次行います。

(参考文献) 1) 吉川弘之ほか編; マイクロマシン技術による製品小型化・知能化事典、(株)産業調査会 (1992)、pp544

独、クローゼ氏に聞く

Professor Wolfgang Klose博士：KfK、カールスルーエ原子力研究所常務理事
MEMS'94に参加されたクローゼ氏に平成6年1月26日、マイクロマシン技術についてインタビューを行いました。



Q. 「ドイツにおいてマイクロマシン研究は集中的に行われていますね。最近のあなたの国やKfK研究所での顕著な進展は何ですか？」

A. 我々は異なった部品の組み合わせでマイクロシステムを製作しています。現代の技術をもってすれば小さい部品は作れますが、それぞれは一つではあまり役に立ちません。機械やデバイスに組み込まれ、機能しなければなりません。現在我々は少なくとも二つの異なる部品を含む簡単な物を作ることができます。これをいかに安く、信頼性高く作り、大量生産を阻む問題を見つけるかが第一歩だと思います。したがって最近KfKにおいてすごい進歩があったのではなく、このような考え方の面で進歩がありました。

ドイツではKfKの他、Professor ErfeldのIMM、Dr.HeubergerのFraunhofer研究所でマイクロマシン研究が盛んです。Professor ErfeldはもとKfKにいてLIGAプロセスの共同発明者ですが、LIGAではあまり進歩がないものの、特別なガラスとかプラスチックの微細加工等において優れた成果をおさめています。また、フラウンホーファ研究所はシリコン基板を中心とした技術で各種のセンサを作成しています。

Q. 「難しい質問とは思いますが・・・近い将来、マイクロマシン技術の応用と影響は何でしょうか？」

A. そうですね、難しい質問ですが一つ例を挙げましょう。それは環境モニタリングで今準備していることです。だんだんと汚染の問題が大きくなってきました。それで多くの人々が環境を絶えずモニタリングしたいと思うようになってきました。

Q. 「環境の問題ですか？水とかの汚染ですか？」

A. 水とか大気とか土とか何もかもです。人々は汚染をモニタリングしてほしいと思うのです。でもモニタリングが一年に一度や10kmごとに行っていたのでは喜ばず、もっとモニタリングしてほしいと思うのです。彼らは何が行われているのか知りたいのです。ゆえにオンラインでモニタリングできてどこへでも設置できる全自動の環境センサで、安くて、水の中にでも土の中にも設置できる

ものでなくてはなりません。これが本当の最初の応用となるでしょう。そしてもしこのようなデバイスがうまく動かなかったとしても、あまり問題になりません。これは何かを人の体に埋め込むとは違います。もし何かを人の体に埋め込むとき、それはパーフェクトでなければいけません。さもないと人を傷つけることになるからです。だからこれは第一段階ではありません。実現には長い年月がかかります。よって最初の応用はさきのような物になるでしょう。

Q. 「マイクロマシンの医療機器への応用は必要になるが、使うにはまだまだ時間がかかるということですか？」

A. はい、去年の秋に私も心臓を痛めました。その時内視鏡のような物を胸部に入れられました。私は当然それが大丈夫かとても神経質になりました。その信頼性が心配でした。その時マイクロテクノロジーはまだ早いと思いました。人の体の中に入れるには早すぎます。私は将来に期待します。

Q. 「マイクロマシン研究の成功で何が最も重要な障害でしょう？」

A. 研究者が多すぎて開発する人が足りないということです。私の印象では、本当の研究は必要ですがそれをする人は十分います。でももうすでに存在している技術を使って開発する人が足りません。よって重要な障害は、多くの人が研究者意識を持っていることです。もっと開発者意識をもって、開発に関わるべきです。開発する人が必要です。それでこの答えを出しました。こういう話は嫌われるかもしれないけど、私の正直な感想です。

Q. 「マイクロマシン技術がもっとも影響を与えるのはどんな分野だと思いますか？」

A. マイクロマシン技術で、まずインパクトが表われると考えています。実装技術分野、光スイッチング分野、分析システム分野があると思いますね。

Q. 「マイクロマシン技術でのあなたの夢を聞かせて下さい。」

A. 夢をもつのは難しいですね。私の夢は・・・この分野で責任ある仕事を成し遂げることです。もちろん成功したいですね。私はいつもシャープペンを使います。そして壊れても気にしません。もしマイクロマシンもこんな状態なら、壊れても気にしないでしょ。これが自然に使っている状態です。マイクロマシン技術をこのシャープペンのように使えるようになれば、成功でしょう。私の夢はこれが実現することです。

MEMS '94開催される

MEMS '94 (Micro Electro Mechanical Systems) のワークショップが1994年1月24日から4日間、神奈川県大磯プリンスホテルで開催されました。

MEMSでは、今までシリコンプロセスの薄膜成形技術によるデバイスの発表が多かったのですが、今回は以前にも増してこれ以外の技術によるメカニカルな要素やシステムに関する発表がありました。例えば、微小なワブルモータ、光造形による微小なピンセット、減速機構を一体化した静電モータ、強力な静電リニアアクチュエータ、蛇のように自由に曲がる医療用の道具、等の発表がありました。



MEMS '94ワークショップ発表会場

共催者である当センターは会場のロビーに展示ブースを設け、当センターの事業活動紹介と当センターの研究成果の紹介を行いました。

当センターの研究成果の紹介は、1991年度よりスタート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（従来のいわゆる大プロ）である「マイクロマシン技術の研究開発」の現状における成果のうち、次に示す8件のものについて、パネル展示と試作品の展示により行ったものです。

(1) マイクロモータ

今回のMEMSでも発表されたもので、直径1 mm ステータ長さ2 mm程のマイクロワブルモータ印加電圧350 VDC、パルスレート10 kppsで回転速度100 rpmが得られる。

(2) マイクロ発電機

直径6.2 mm ステータ長さ3.8 mmの発電機。回転数15,000 rpmで出力2 Wが得られる。

(3) 光スキャナー

ピエゾ素子により駆動される2次元走査のスキャナー、発光素子、受光素子及びICを大きさ25×26×15 mmに一体化した、像認識用の光スキャナ。

(4) 接合技術

接合面における水素結合を解析したことにより、十分な強度をもったAl-SiとAl-PZTの接合が得られた。

(5) 微細3次元加工

超精密ダイヤモンドミリングの実証として大きさ3 mm、高さ0.2 mm、表面粗さ0.1 μmの能面を無酸素銅のうえに加工した。

(6) 人工筋肉

電極に挟まれた高分子を多層にした人工筋肉伸び率は目標20%に対し現在4%を達成した。

(7) 光マイクロポンプ

光のエネルギーを熱に変換し、作動液体を気化させ駆動元としたポンプで、0.5 μl/minの流量が得られる。

(8) 医療用マイクロカテーテル・レーザシステム 低侵襲手術を目指した診断及び治療用のものの 概念を示した。



会場に設けられた当センター展示ブース

当センター展示ブースにはMEMS参加者のほとんどが来場し、MEMSとのジョイントについて賛辞を頂き、また成果内容には高い関心を呼びました。

MEMSはIEEEのワークショップとして米、日、欧の順に毎年会場を変えて開催され、本年は日本で開催された訳です。海外15カ国からの105名を含め300人を越す参加者を迎え盛況裏に終了しました。来年は会場が欧州に移され、MEMS '95はオランダのアムステルダムで1995年1月30日～2月2日に開催されることになっています。

第1回マイクロマシン技術研究 助成金贈呈式開催

(財)マイクロマシンセンターは、産学交流によりマイクロマシン技術の一層の充実をはかり、研究・開発を促進する一助として、マイクロマシン技術に関する基礎的研究課題に対する助成金の第1回の募集を昨年11月から行ってまいりましたが、このほど多数の応募課題を審査の結果、8課題を選考し、平成5年度分として総額1,500万円を贈呈することに決定しました。

この贈呈式が、平成6年3月23日(水)、午後3時半から東京・霞ヶ関ビルに多数の関係者の出席をえて行われましたが、式は(財)マイクロマシンセンター平野専務理事の司会、梅谷陽二産学官共同研究委員会委員長(豊田工業大学教授)による審査結果の発表にはじまり、稲葉理事長の挨拶、助成金の贈呈とすすみ、8名の代表者からの研究内容のご説明ののち、別室での祝賀パーティーへと移り、午後7時30分すぎ盛況裏に贈呈行事を終了しました。

助成対象者、研究課題等はロンドン大学の1件を含み、次の8件です。

なお、この研究助成制度はほぼ同様規模で平成6年度も継続実施する予定で、募集要綱の決定



後、応募案内が行われます。

問合せ先：(財)マイクロマシンセンター
〒108 東京都港区三田3-12-16 山光ビル3階
電話 03-5443-2971
FAX 03-5443-2975

財団法人マイクロマシンセンター 第1回(平成5年度)研究助成課題

研究代表者 共同研究者 氏名	所属機関名称・職名	研究題目	研究 期間 (年)
宮崎修一	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
三井公之	慶應義塾大学 理工学部機械工学科 教授	マイクロ部品の寸法・形状精度評価法に関する基礎研究	1
横田眞一 吉田和弘	東京工業大学 精密システム専攻 助教授 同上 助手	機能性流体を用いたマイクロ制御弁の開発	1
三澤弘明	徳島大学 工学部機械工学科 助教授	レーザーマニピュレーション法による超精密ハンドリング技術の開発	1
E Yeatman R Syms	ロンドン大学インペリアルカレッジ 講師 同上 学科長	表面張力利用マイクロモールドイ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 巖	東京大学 先端科学技術研究センター 助教授 同上 教授	遠隔微細手術システム開発におけるマイクロマシン技術の応用に関する基礎的研究	2
由井伸彦	北陸先端科学技術大学院大学 材料科学研究科 助教授	血液適合性と体内分解性を兼備した医療用マイクロマシン素材に関する基礎的研究	1
山田陽滋	豊田工業大学 制御情報工学科 助教授	PVDFフィルムの表面微細加工による3軸力覚/滑り覚センサの開発	1

一般賛助会員への入会のおすすめ

微細で複雑な作業を行う大きさ数mm以下の機能要素から構成された微小な機械＝マイクロマシンは、各種機械システムの複雑化、精密化に伴う高度で精緻なメンテナンス技術を必要とする産業分野や患者の肉体的苦痛の少ない高度で精緻な医療技術を必要とする医療福祉分野等広い分野で関心が持たれています。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、我が国の産業経済並びに国際社会への貢献に資することを目的として、平成4年1月24日に通商産業大臣の許可を得て「財団法人マイクロマシンセンター」は設立されました。

当財団は、平成3年度から10年計画（250億円）でスタートした工業技術院大型プロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」の受託機関として研究開発を行うとともに、自主調査研究、産官学共同研究の推進や国際シンポジウム等の諸事業を行います。

つきましては当財団の事業目的や事業にご賛同、ご理解をいただき、ご入会をご案内申し上げます。なお、次の諸事業への参加、利用いただけます。

- ①財団が自主的に行う調査・研究への参加、成果の利用
- ②受託等調査・研究開発の成果の利用（守秘義務を課せられているものを除く）
- ③研究会その他事業活動への参加
- ④データベースの利用
- ⑤刊行物の配布

お申し込み手続き：所定の申込書に必要事項記入のうえ事務局にお申し込み下さい。

会費等：入会金（入会時）400万円

年会費200万円

お問合せ先：(財)マイクロマシンセンター事務局総務部

編集後記

◎ご覧いただいたように、本号から表紙のデザインを変更するとともに、内容についても新しい試みを取り入れてみました。本広報誌はこれまでマイクロマシンを一般の方にも理解していただくことも狙いとしてきましたが、マイクロマシンのイメージもある程度一般にも浸透してきたように思われますので、これからはマイクロマシンに何らかの形で関わりが考えられる研究者や技術者の方に焦点を絞ることに致しました。しかし、広報誌の性格上あまり専門的にならないよう気をつけながら編集していきたいと思います。本誌はまだ改善の余地があるように思われますが、ご感想ご意見をお待ちしております。

◎本号から、まだ学術研究の分野でも確立されていないマイクロマシンの入門講座を始めることにしました。これからマイクロマシン技術分野に取り組もうとされている方にとって、新しい技術体系を探る手がかりになれば望外の成果です。



イベントのお知らせ

平成6年度イブニングセミナーの開催予定

当センターでは、マイクロマシン技術に関する産官学の相互理解と親睦を図ることを目的に、昨年9月から毎月1回の“イブニングセミナー”を開催致してまいりましたが、関係者皆様のご好評にもおこたえし、平成6年度も次の要領で引続き開催致します。皆様のご参加をおまちしております。

開催日時：毎月第3水曜日（原則）

15：30から2時間（含、質疑応答）

テーマ（予定）：平成6年

4月：エネルギー伝達技術

……………名古屋大学工学部 福田敏男教授

5月：ロボットからマイクロマシンへ

……………東京大学工学部 三浦宏文教授

6月：設計技術（マニピュレーションシステム）

……………東京大学先端科学技術研究センター
佐藤知正教授

7月：設計技術（アクチュエータ・機構システム）

…東京大学生産技術研究所 藤田博之教授

8月：（お盆につき休会）

9月：医療応用マイクロマシン技術

……………東京大学先端科学技術研究センター
藤正 巖教授

10月：設計技術（SMAアクチュエータシステム）

……………山口大学工学部機械工学科
栗林勝利教授

（以下未定）（講題と講演者は変わることがあります。）

参加費用：賛助会員……………1人3千円（懇親会費）
（予定） 会員外……………1人5千円（消費税込）

申込・問合せ先：（財）マイクロマシンセンター
イブニングセミナー事務局

〒108 東京都港区三田3-12-16

山光ビル3階

TEL. 03-5443-2971

FAX. 03-5443-2975

第5回産業用マイクロマシン展

開催時期：平成6年5月11日（水）

～5月13日（金）

開催場所：科学技術館（東京・北の丸公園）

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）

オーガナイザー：メサゴジャパン（株）

後援：通商産業省（予定）

協賛：マイクロマシン連合

社団法人 日本産業用ロボット工業会

社団法人 日本機械工業連合会

日本医科器械学会

社団法人 火力原子力発電技術協会

財団法人 高度自動化技術振興財団

問合せ先：メサゴジャパン（株）

TEL. 03-3359-0894

FAX. 03-3359-9328

第6回マイクロマシンシンポジウム

開催時期：平成6年5月11日（水）～5月12日（木）

開催場所：科学技術館サイエンスホール
（東京・北の丸公園）

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）
マイクロマシン連合

後援：通商産業省（予定）

協賛：社団法人 日本産業用ロボット工業会
他多数

問合せ先：財団法人 マイクロマシンセンター

TEL. 03-5443-2971

FAX. 03-5443-2975

発行 財団法人マイクロマシンセンター

発行人 平野 隆之

〒108 東京都港区三田3-12-16 山光ビル3階

TEL. 03-5443-2971 FAX. 03-5443-2975