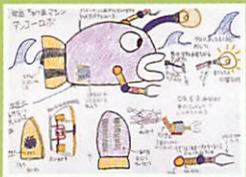


マイクロマシン

MICROMACHINE

- 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／14
- 海外だより／16
- 講座「マイクロマシン技術関連専門用語」(第1回)／18
- ご案内／20

MICROMACHINE CENTER



財団法人マイクロマシンセンター

No. 27

ますます期待高まる マイクロマシン技術



財団法人マイクロマシンセンター
理事長 石丸 典生

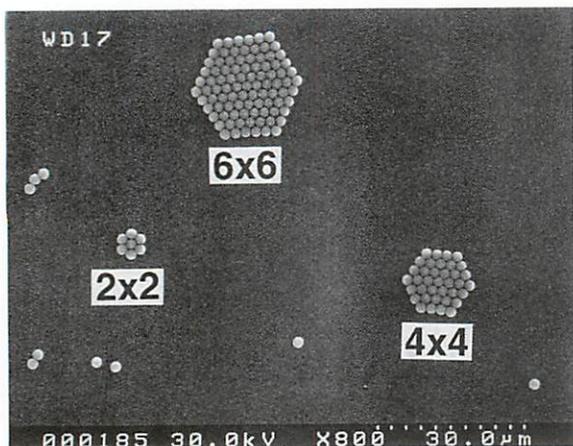
マイクロマシン技術は21世紀の基盤技術として、世界中の研究機関で精力的に研究開発が行われていますが、幅広い技術分野を取り込んだ日本のマイクロマシン技術開発への取り組みは、世界中から注目をあびるところとなっております。

通産省工業技術院産業科学技術研究開発制度のもとで10年間のプロジェクトとして進められておりますマイクロマシン技術の研究開発プロジェクトは、今年度で9年目を迎え、いよいよ研究成果のまとめにかかる時期になってまいりました。残り2年間は、これまでの研究で得られた成果を目に見える形に仕上げていくとともに、開発された技術の応用先についても具体的に示していくことが重要になると思っています。すでに一部の研究成果は、具体的なアプリケーションが設定され、実用化に向けた検討もはじまっておりますが、多くはまだ具体的に活用されるレベルには達していないのが現状です。21世紀に本プロジェクトの成果が実用化されていくため、今後の参加各企業・団体のがんばりがますます期待されるところです。

ところで、世間では長引く景気の低迷の中、一日も早い景気回復のため、政府では緊急経済対策として様々な産業分野に多く資金を投入し、産業界に活力を与えようとするとともに、減税や地域振興券の発行等、国民一般には消費を促すよう懸命な措置がこうじらています。しかし、一方では地球温暖化やダイオキシンに代表される環境問題はますます深刻化し、これまでの大量消費社会を否定する声も大きくなっております。そんな中で、マイクロマシン技術は、省エネルギー、省資源、省スペースといった環境に優しいという特徴を潜在的に持っているとともに、新しい産業を生み出し、景気を回復させ、人々の暮らしをより豊かにする可能性を秘めており、まさに今の世の中が熱望している技術であると言えます。昨年来、マイクロマシン技術は、新聞、テレビ等のマスコミにも頻繁に取り上げられていることや、今年のマイクロマシン展で、産業界からも事業拡大のためのシーズまたはヒントを求めて多くの人を訪れ、過去最高の賑わいとなったことから、多くの人世の中に必要な技術として、マイクロマシン技術に注目していることが伺えます。したがって、これからは、これまでの研究開発で得られた成果の具体的な展開先を示し、わかりやすく世の中にアピールしていく活動にも力を入れていく必要があると考えております。

また、以上のように具体的な成果を期待される一方で、長期的な視点で現行のマイクロマシンプロジェクト終了後の、日本のマイクロマシン技術の研究開発の方向性について、関心が高くなってきております。当センターとしても次へのステップのための研究開発課題を抽出し、マイクロマシンの更なる発展の方向について検討していかなければならな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わり、ご指導、ご支援を賜わりますよう宜しくお願いいたします。



Monolayer fcc Photonic Crystals

図4 微粒子の1個1個のハンドリングによって実現されたフォトニック構造物

一の直径の球を選別する分級手法、弾性接触に基づく操作手法、以前に行った作業位置をすばやく探し出す再注視手法、製作した構造物の形状評価手法などである。これら手法に基づいて製作されたフォトニック構造物の例を、図4に示す。この波長オーダーの微細な3次元構造物における光の振る舞いが明らかになりつつある。具体的には、図4の2次元フォトニック結晶を光学的に評価することにより結晶の個数が増加するとともにフォトニックバンドが成長し、理論計算結果に収束していくことが実証された。またフォトニック結晶の透過スペクトルの角度依存性から、光とこの微小球配列に起因した構造物の多重散乱により以上な分散現象が発生していることを見出した。これは、完全に制御された散乱体配列の製作手法を確立することによりフォトニック構造物研究の突破口を開いたものであり、今後、これまでになかった性能のフィルタ、インタコネクション、スペクトル弁別、高感度検出デバイスの実現が期待されるものである。

2-3 細胞内小器官操作の研究

目的と内容：

生命分野においては、マトウ細胞の集める顆粒物質の分離・収集作業の研究を実施している。マトウ細胞とは、脳内血管壁に存在する特殊な細胞で、その細胞は老化に関連する蛍光を発する顆粒物質をその内部にためこむことが知られている細胞である。

その顆粒物質が何かを分析するためにロボットマニピュレータによって他の細胞から分離しマトウ細胞のみを収集することが求められている。

成果と将来課題：

高倍率の光学顕微鏡下で、細胞内の小器官をハンドリングすることのできる微細作業システムが構築された。高倍率の顕微鏡では、対物レンズと対象物の距離がミリメートル程度に狭くなり、その隙間にある対象物をハンドリングしようとする、マニピュレータの剛性が弱くなりハンドリングが著しく困難になる。この問題点に対処するため、実現されたシステムでは、顕微鏡下に設置される細胞をのせたプレパラートそのものがマニピュレータ腕として機能す

るようになっている（プレパラートマニピュレータ）。また、その制御に関連して、1)視覚センサから得られる作業状況（ステータス）によって作業を教示し実行する制御方法をとっており、2)システムでなされた操作情報を、その映像情報とともに保存するために、MPEG 4を拡張したデータ表現法およびデータベース（DB）を備えている。そのうえで、3)貯えられた操作情報を後の作業の支援に利用するステータス オンデマンド機能が実現されている。構築された作業実験システムを用いて、マトウ細胞の分離・収集作業の可能性が実証されるとともに、そのようなマトウ細胞の周辺を削り取る分離作業が、MPEG 4を拡張したデータ表現法およびDBによって記録可能でありその作業実行データを修正して再利用できること（ReDo機能）、および、作業中の変化を示す映像を複数枚提示することで、その作業の要約提示ができること（作業のサマライゼーション機能）などが実証された。このような細胞内部を微細にハンドリングする技術は、今後、生物分野のみでなく医療やバイオ応用分野にも広く利用されると考えている。

3. おわりに

東京大学先端科学技術研究センターの佐藤研究室では、機械システムの今後のすすむべき方向として、生命への接近を念頭にa)知能化と、b)微小化をその基本として研究をすすめている。本稿では、紙面の関係で省略したが知能化をめざす研究として、部屋自体がロボットであり、それがさりげなく人をみ守っており必要な時に人を支援するロボティックルームの研究を進めている。一方の微小化をめざす研究としては、本稿で紹介したような、微細なことが本質的に重要である情報機器分野、科学分野、生物分野において微細作業の研究をすすめている。

微細作業の対象分野は、以上紹介したものに留まらず、図5の動詞群が示すように、広範囲なものであり、まだ研究が始まったばかり（下線部）の新しい分野である。これらの動詞群をマイクロおよびナノの世界で極める事は、そのメカニズムを解明することにどまらず、これからの新しい産業を切開くキーテクノロジーになると予想している。たとえ必要とされる努力は膨大であっても、一歩ずつ前進することが重要と考えており、本稿がその一端の紹介となっていれば望外の喜びである。

| Manipulation Scope | |
|---|---|
| Verb 1 :Task Analyze, Assemble Build, Construct, Disassemble, Machining, Measure Operate, Produce, Repair, Test | Verb 4 :Handling of Liquid & Powder Clean, Distribute, Draw, Fill, Gather, Ladle, Lubricate, Mix, Paint, Plaster, Pour, Pump, Scoop, Spray, Sift, Stuff, Wipe, Write |
| Verb 2 :Machining Cut, Cut-out, Dig, Drill, Drive-nail, File, Grind, Plane, Polish, Powder, Punch, Saw, Scratch, Sharpen, Shave, Squeeze, Unnail, Weld, Whet, Whittle, | Verb 5 :Change of Status Attach, Arrange, Combine, Deposit, Extract, Fly, Hang, Insert, Interconnect, Lean, Lock, Pack, Pile, Place, Pull, Put-on, Rotate, Screw, Set, Separate, Transfer, Throw, Unscrew, Unlock, Unpack |
| Verb 3 :Handling of Flexible Object Bend, Fold, Knead, Saw, Spread, Squeeze, Tie, Tear-off, Wash, Wind, Wire, Wrap | Verb 6 :Simple Motion Fit, Grasp, Impact, Incline, Lift, Move, Pick, Pull, Push, Release, Support, Shake, Slide, Strike, Swing, Turn, Twist, Vibrate |
| Reference : Kunikatsu Takase "ETL Report on Advanced Robot Project" 1985, p13 (modified) | |

図5 微細作業の世界

平成11年度事業計画の概要

財団法人マイクロマシンセンターでは、マイクロマシン基盤技術の確立及びマイクロマシンの普及に向け、平成11年度において、マイクロマシンに関する、①調査及び研究事業、②情報収集及び提供事業、③内外関係機関等との交流事業及び協力、④標準化の推進、⑤普及啓発の5つの事業を実施します。

I マイクロマシンに関する調査及び研究事業

第2期の4年度である工業技術院産業科学技術研究開発プロジェクトについて、研究開発基本計画（第2期）の研究開発目標の達成を目指し、研究開発体制を一層整備して、受託研究を積極的に進めていくとともに、諸外国との技術情報の交換及び調査・研究の成果の内外への発信を行います。

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）

第1期計画における基本的構成要素に関する技術の研究開発成果等を踏まえ、発電プラント等の複雑な機器及び生体内の狭小部において、移動し、自律的に高度な作業、又は小型工業製品等の部品の生産作業を行う、微小機能要素から構成される機械システムであるマイクロマシンシステムを実現するための技術を確立することを目標とします。

(1) 発電施設用高機能メンテナンス技術開発

① システム化技術の研究開発（管内自走環境認識用試作システム）

湾曲部を含む金属配管内において、無索にて水平、垂直方向に前進、後退、停止ができ、異物など周囲環境の認識が可能な機能をもつマイクロマシン試作システムの作製を通じてシステム化技術の研究開発を行います。

本体となる移動デバイスやマイクロ波によるエネルギー供給・通信デバイスの開発等による管内自走環境認識試作システム、マイクロ視覚及び光エネルギー・通信伝送のシステム化等の研究開発を推進する。

② システム化技術の研究開発（細管群外部検査用試作システム）

多数の単体マシンが検査対象の形態に応じて連結や分離をすることが可能な機能をもつマイクロマシン試作システムの作製を通じてシステム化技術の研究開発を行います。

本体駆動源となる駆動デバイスの開発等による細管群外部検査試作システム、減速・走行デバイス及びマイクロコネクタのシステム化等の研究開発を推進します。

③ システム化技術の研究開発（機器内部作業用試作

システム）

多様な構造の機器内部に進入し、内部の微小傷の計測や補修作業が可能な機能をもつマイクロマシン試作システムの作製を通じてシステム化技術の研究開発を行います。

本体となる多自由度湾曲管状機構や補修用マニピュレータの開発等による機器内部作業試作システム、姿勢検出デバイス及びモニタリングデバイスのシステム化等の研究開発を推進します。

④ 機能デバイスの高度化技術の研究開発

将来のマイクロマシンシステムを実現するために必要な構成要素であり、マイクロマシン技術としての先進性がある機能デバイスについて、マイクロ化、高性能化、複合機能化等の高度化技術の研究開発を行います。

人工筋肉、マイクロジョイント、低摩擦サスペンションデバイス、リチャージャブルなマイクロバッテリー及び光駆動自由関節デバイス等の研究開発を推進します。

⑤ 共通基盤技術の研究開発

マイクロマシンシステムを実現するために必要となる制御、計測、設計、評価技術等基盤となる共通的な技術の研究開発を行います。

分散マイクロマシン群のパターン形成技術、階層型群制御技術、マイクロマシンの計測技術等の研究開発を推進します。

⑥ 総合調査研究

将来の発電施設の保全作業に必要なメンテナンス用マイクロマシンの基本設計を行うメンテナンス用マイクロマシンの調査研究及びメンテナンス分野での活用が期待されるマイクロマシンシステムについての先導的な調査研究を行うマイクロマシン技術総合調査研究を推進します。

(2) マイクロファクトリ技術開発

① システム化技術の研究開発（マイクロ加工・組立用試作システム）

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

マイクロ加工技術、マイクロ組立技術、マイクロ流体操作技術、マイクロ光駆動技術、マイクロ電気駆動技術、マイクロ搬送技術、マイクロ検査技術の研究開発を推進します。

② 総合調査研究

マイクロファクトリ化により各種デバイスが集積化、高密度化した場合の電磁波干渉等の問題点等の調査研究を行うマイクロファクトリ化影響調査研究及び生産分野で活用が期待されるマイクロマシンシステムについての先導的なマイクロマシン技術総合調査研究を推進します。

また、マイクロファクトリの経済性分析の研究を工業技術院機械技術研究所と、またビーム加工用微小電子銃の高性能化に関する研究を工業技術院電子技術総合研究所との共同研究で行います。

(3) マイクロマシン技術の研究開発

① マイクロマシンシステムの研究

医療分野のマイクロマシンシステムとして、体腔内診断治療システムである「脳血管診断・治療マイクロカテーテル」の主要構成要素となる機能デバイスであるマイクロレーザカテーテル及びマイクロ触覚センサカテーテルのマイクロ化と機能複合化の研究開発を推進します。

② 総合調査研究

将来医療応用分野におけるマイクロマシンシステムの活用についての先導的な調査研究を行うマイクロマシン技術総合調査研究を推進します。また、工業技術院機械技術研究所とマイクロマシンの設計・製作基盤技術に関する共同研究を行います。

2. マイクロマシン用材料に関する研究開発

機械技術研究所と共同で、①微小機能要素の作業環境に関する研究、②マイクロマシン用材料に関する研究、③マイクロマシン用材料のフィージビリティスタディの研究を行います。

3. マイクロマシン技術への他分野萌芽技術の適用に関する調査研究事業（機械工業振興補助事業）

マイクロマシン技術の多様化と実用化を促進するために必要な他分野における萌芽的な技術シーズの探索、及びそのマイクロマシン技術への適用性、融合性の検証を官学産共同で推進することにより、マイクロマシン技術の強化を図るとともに、その普及・振興に寄与することを目的とし、バイオ分野、化学系分野、物理系分野、医療分野における萌芽技術シーズ探索を行います。

4. 海外におけるマイクロマシン技術の応用状況に関する調査研究事業（機械工業振興受託事業）

マイクロマシン技術の研究開発は着実に実績を上げ、既に部分的に商品に組み込まれ社会生活に有用な効果を示しつつあり、さまざまな産業界においてその実用化技術が注目されています。

特に、情報通信関連分野のように、既にマイクロマシン技術が実用化されているアプリケーションについて、その応用例を具体的に明確にし、実用化までの

ロードマップを分析し明らかにすることにより、さまざまな産業分野において新技術の導入を加速できるようにすることを目的とし、国内外におけるマイクロマシン技術のアプリケーション調査を実施し、技術内容の分析を行います。

5. マイクロマシンシステムの将来型要素技術に関する調査研究事業

これまでに提案されてきた様々なシステムについて、その要素技術を体系的な整理を行うとともに、海外を含めた動向調査を行い、将来のマイクロマシンシステム要素技術の方向性並びに技術課題について検討します。

6. マイクロマシン技術国内外研究開発動向調査事業

急速に拡大発展する内外のマイクロマシン研究開発の最新状況を把握分析し、マイクロマシン技術開発の基礎的技術情報を整備します。

II. 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及び資料の収集を行い、センターで実施した調査資料等とともに整備し、センター資料室において閲覧・検索に供するとともに内外に広く情報の提供を行います。

III. マイクロマシンに関する内外関係機関等との交流及び協力事業

内外関係機関との交流を図るため、①官学産共同研究を推進する一環として、大学等に対し、マイクロマシン技術に関する研究助成、②海外との交流促進を図るため、米、欧等からの有識者の招聘、我が国有識者・研究者の海外派遣、③海外へのミッションの派遣、④第5回マイクロマシンサミットへの参加及び2回国際技術交流の実施（一部機械工業振興補助事業）、⑤第5回国際マイクロマシンシンポジウムの開催（一部機械工業振興補助事業）、⑥海外での共同セミナー・ワークショップの開催等を実施します。

IV. マイクロマシン技術に関する標準化事業

平成10年度に策定した標準化事業の進め方に基づいて、①平成10年度に開設したマイクロマシン国際標準化フォーラムを推進し、②専門用語については同フォーラムで得られた結果を反映させながら、国際標準化の観点から内容をより充実させ、③計測評価法については、過去の調査研究結果を総集編的にまとめたテクニカルレポートの検討を行うとともに、具体的な標準化必要項目とその技術課題について標準化に向けての骨子の検討を推し進めます。

V. マイクロマシンに関する普及啓発事業

マイクロマシンの普及を図るため、①広報誌の発行、②マイクロマシン絵画コンテスト、セミナー・成果報告会を開催、ビデオの制作、③第10回マイクロマシン展を開催、④マイクロマシン連合の事務局の運営等を実施します。

第6回研究助成の研究課題決まる

第6回（平成10年度）マイクロマシン技術に関する研究助成の対象課題が、3月の理事会で決定しました。多数の応募の中から、厳正な審査の結果、別表のように新規研究課題7件、2年度目の継続研究課題5件が選定され、総額1,850万円の助成金を贈呈することになりました。この研究助成の事業は、当センターの自主事業として平成5年度より開始したもので、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い、マイクロマシン技術の一層の進展を図るとともに産学交流をさらに推進することを目的としています。

3月24日、研究助成金贈呈式が霞ヶ関ビル内の東海大学校友会館に於いて開催されました。贈呈式では石丸理事長の主催者挨拶、通商産業省藤田産業機械課長の来賓挨拶、官学産共同研究委員会梅谷委員長から審査結果報告が行われた後、助成対象者の12名の先生方に助成金目録が贈呈されました。また東京大学西尾教授から、助成金を受けられた先生方を代表して挨拶があり、その後、新規対象課題を研究される7名の先生方から、それぞれ研究概要の発表が行われました。贈呈式に続き、お祝いと懇談のための記念懇談会が開催され、助成を受けられた先生方を囲んでなごやかな歓談が成されました。

なお、この研究助成は引き続き平成11年度も7月から10月まで募集を行う予定です。



通商産業省藤田産業機械課長の来賓挨拶



平成10年度研究助成の先生方

| NO. | 研究助成課題 | 研究代表者 共同研究者 | 機関名 | 所属 | 役職 | 研究期間 |
|------------------------|--|----------------|---------------------------|--------------------|--------------|------|
| (平成10年度研究助成 新規) | | | | | | |
| 1 | マイクロシステムによるDNAのモレキュラーサージェリーの研究 | 鷲津 正夫 | 京都大学大学院 | 工学研究科 機械工学専攻 | 教授 | 2年 |
| 2 | 高分子の自己組織化を利用したケミカル・ナノマシンの創成とその標的治療への展開 | 片岡 一則 原田 敦史 | 東京大学大学院 同上 | 工学系研究科 同上 | 教授 助手 | 2年 |
| 3 | 生分解性超分子を用いた医療用マイクロマシンに関する研究 | 大谷 亨 | 北陸先端科学技術 大学院大学 | 材料科学研究科 | 助手 | 2年 |
| 4 | マイクロマシンシステムの微小光学スマートピクセルへの応用 | 年吉 洋 藤田 博之 | 東京大学 同上 | 生産技術研究所 第3部 同上 | 講師 教授 | 2年 |
| 5 | マイクロマシニング技術を援用したマイクロチャンネル内の流体の流動及び熱伝達に関する実験的研究 | 西尾 茂文 高野 清 | 東京大学 同上 | 生産技術研究所 第2部 同上 | 教授 助手 | 2年 |
| 6 | 気泡振動を利用したダイナミックバルブ型マイクロポンプに関する研究 | 中別府 修 | 東京工業大学 | 工学部 | 助手 | 1年 |
| 7 | Low-noise Feedback interferometry for micromachine servo actuators | T.H.Barnes | University of Auckland | Physics Department | Ass. Pro. | 2年 |

(平成9年度研究助成 継続)

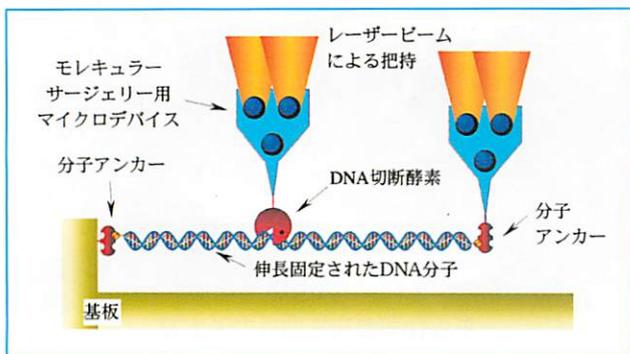
| | | | | | | |
|---|--------------------------------|----------------|----------------|------------------------|-----------|-------|
| 1 | 走行型プローブ顕微鏡によるプラズマエッチング | 伊藤 寿浩 | 東京大学 | 先端科学技術研究センター | 講師 | 継続2年度 |
| 2 | DNA分析用バイオチップに関する基礎的研究 | 庄子 習一 田端 修 | 早稲田大学 立命館大学 | 理工学部 電子・情報通信学科 理工学部 | 教授 助教授 | 継続2年度 |
| 3 | Siウエハ上の形状記憶合金アクチュエータの予歪設定法の研究 | 栗林 勝利 清水 聖治 | 山口大学 同上 | 工学部 機械工学科 同上 | 教授 助手 | 継続2年度 |
| 4 | 細胞表面タンパク質検出のための生体分子認識ナノプローブの開発 | 松永 是 | 東京農工大学 | 工学部 | 教授 | 継続2年度 |
| 5 | マイクロマシンの摩擦の計測と制御に関する研究 | 鈴木 健司 | 東京大学大学院 | 工学系研究科 産業機械工学専攻 | 講師 | 継続2年度 |

第6回（平成10年度）研究助成 新規研究課題の概要

「マイクロシステムによるDNAのモレキュラーサージェリーの研究」

京都大学大学院 鷲津 正夫

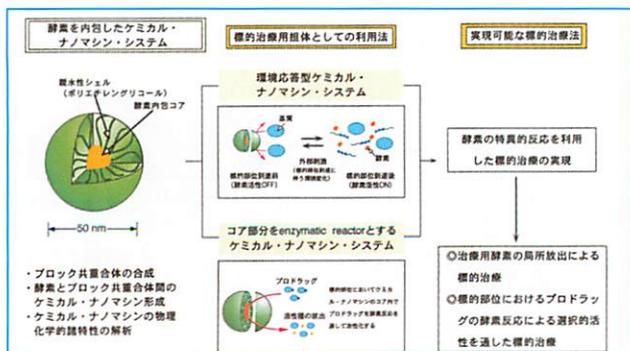
マイクロマシン技術の応用により、DNAを直線状に引き伸ばして基板の上に固定し、光ピンセットや原子間力顕微鏡（AFM）などの道具を用いて、任意の位置に「分子手術」を加える技術を開発する。この技術は、従来の生化学では不可能な、特定のDNA 1分子の特定の位置の摘出や解析など、分子上の位置を意識した操作を可能にするのみならず、DNAと酵素の相互作用の直接観察を通じ、酵素=生体ナノマシンの機能についての基礎研究やナノマシンの分子加工用工具としての利用への道を開くものと期待される。



「高分子の自己組織化を利用したケミカル・ナノマシンの創成とその標的治療への展開」

東京大学 片岡 一則、原田 敦史

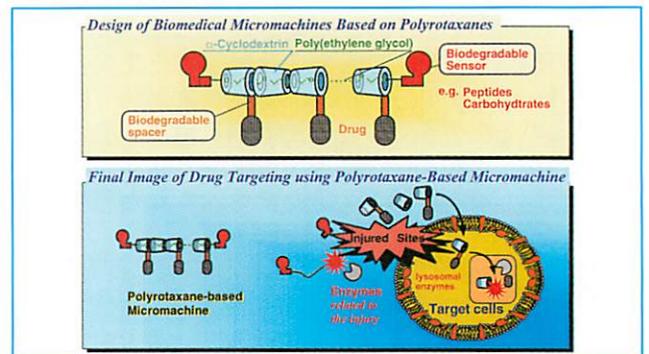
本研究では高分子の自己組織化を基盤として、有用な酵素を内包するナノスケールの2層構造を有する会合体を調製する。この会合体は、一定の刺激の元にその生成と解離を制御する環境応答型ケミカル・ナノマシン・システム、あるいはコア部分を enzymatic reactor とするケミカル・ナノマシン・システムとしての利用が可能である。特に、酵素ターゲティングの分野においては、内包する酵素を目的に応じて選択することにより、マイクロマシン技術を利用した標的治療が可能となると期待される。



「生分解性超分子を用いた医療用マイクロマシン技術に関する基礎的研究」

北陸先端科学技術大学院大学 大谷 亨

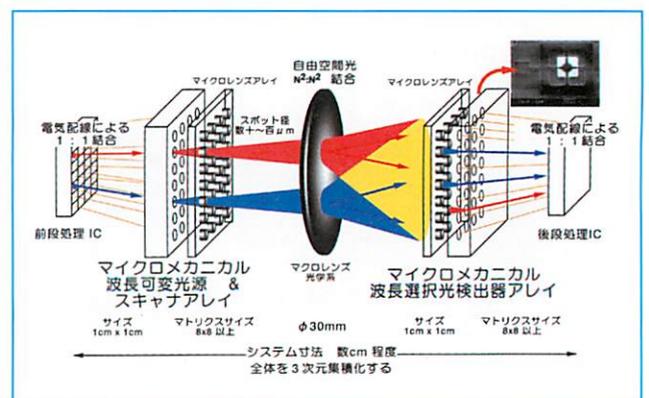
本研究では、多数の環状化合物に貫通した水溶性高分子の両末端を生分解性センサー基で修飾したポリロタキサンを基本構造として、環状化合物に薬物を生分解性ペプチド基を介して導入する。末端の生分解性センサー基による疾患の刺激に基づいた分解によってポリロタキサンに担持された薬物誘導体が放出され、さらに薬物を標的細胞内へ送達する医療用マイクロマシンとしての機能の実現を目指す。生分解性センサー基の疾患の刺激に応じた設計により、種々の疾患を認知・治療するマイクロマシン技術の確立が期待される。



「マイクロマシンシステムの微小光学スマートピクセルへの応用」

東京大学 年吉 洋、藤田 博之

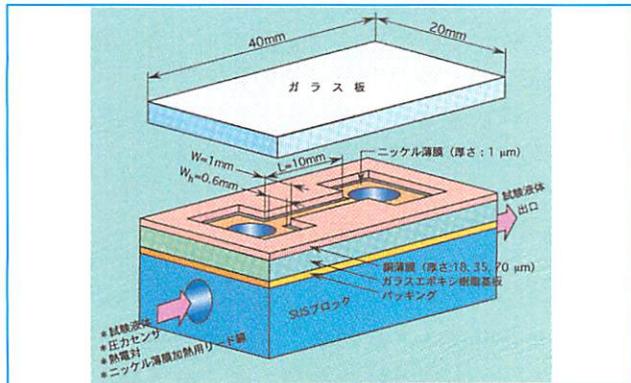
集積回路チップ間の微小な自由空間を、光を用いて配線するスマートピクセルの研究が盛んになっている。本研究は、マイクロマシン技術を用いて微小なスキャナや波長フィルタ等のマイクロメカニカル光学素子を2次元的に集積化し、光ビームを時間的、空間的、波長分散的に変調する高機能光学素子マトリクスを実現しようとするものである。本研究の成果は、光通信のスイッチングマトリクスや光コンピューティングへの応用が期待される。



「マイクロマシニング技術を援用したマイクロチャンネル内の流体の流動及び熱伝達に関する実験的研究」

東京大学 西尾 茂文, 高野 清

集積回路などの電子デバイスは一層高速・高密度化すると考えられ、それに伴う発熱量も膨大になると予測される。そのため、微小空間で発生した熱を効率的に除去する技術の確立が重要となる。一方、流体流路の微細化に伴い、既存理論では説明が困難な熱・流動現象が出現する可能性が指摘されている。本研究では、微細な流路における流動・熱伝達特性を測定し、出現する特殊熱・流動現象に対する流路寸法の影響を調べることで、種々のマイクロデバイスにおける除熱量を見積もる上での重要な知見を得ることを目指す。

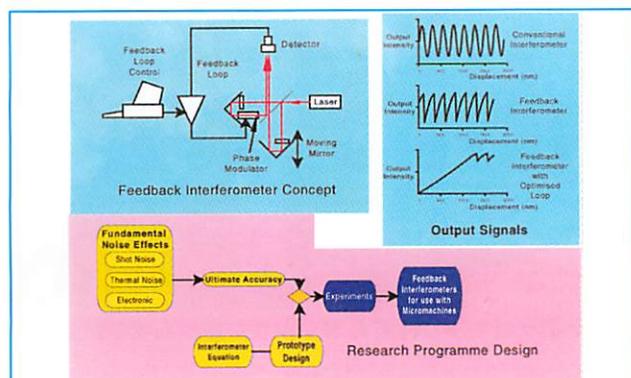


「マイクロマシンのサーボ・アクチュエータのための低雑音フィードバック干渉計測法」

オークランド大学 T.H.バーンズ

高精度変位計測は、マイクロマシン開発の重要技術である。光学的干渉計測法は高精度であるが、cos波状の干渉縞に由来する曖昧性が欠点となる。しかし、この干渉計にフィードバックを導入すると、その干渉縞は鋸刃状になり曖昧性と非線形性が低減される。最適化により、変位量にほぼ比例する出力を得る。

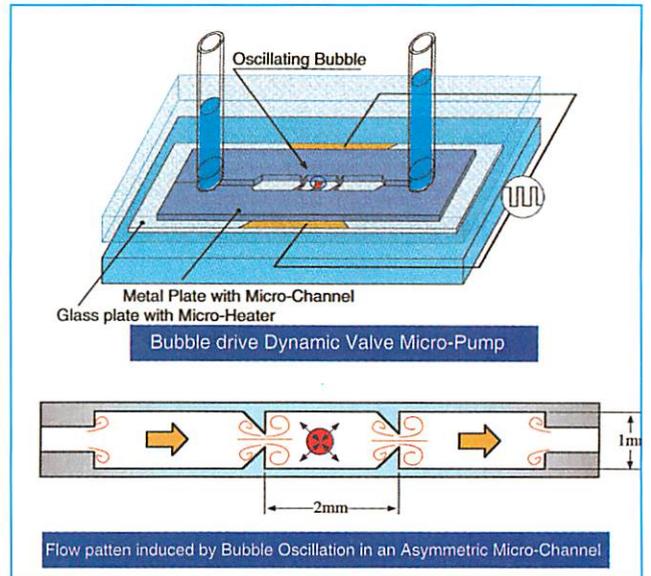
理論とプロトタイプを用いた実験により、ショット雑音や熱雑音等により定まるフィードバック干渉計の精度限界を決定するとともに、出力と変位量の比例範囲を最大化する技術を開発する。



「気泡振動を利用したダイナミックバルブ型マイクロポンプに関する研究」

東京工業大学 中別府 修

非対称流路中の流体に振動を与え、流れ方向による抵抗の違いを利用し、一方向に流体を輸送するポンプをダイナミックバルブ型ポンプ (DVP) と呼び、機械的な摩擦がないことや構造の単純さから微小化に適している。本研究では、微小スケールにおけるDVP内の流体運動を調べ、その作動原理とマイクロマシシステムへの適応性を明らかにすると共に、さらなるポンプ構造の簡単化を目指し、周期加熱により流路内に発生させた蒸気泡の振動を利用する微小DVPの開発を行う。



金沢マイクロマシンセミナー開催される

金沢マイクロマシンセミナーは、平成11年2月5日（金）の午後、当センター及び石川県、（財）石川県産業振興基金協会石川トライアルセンターが主催、（財）石川県中小企業情報センター、（社）石川県鉄工機電協会、北陸共同研究交流会が後援して、金沢市の石川県地場産業振興センターで開催されました。

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の研究開発」の概要説明と4件の具体的成果が紹介されました。

また、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「1mmφSMAマイクロアクチュエータ」（オリンパス光学工業（株））及び「マイクロ発電機」（三菱電機（株））について、黒田吉己氏及び成宮宏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頂くよい機会となりました。

（財）石川県産業振興基金協会石川トライアルセンターの新村誠一事務局次長に前半の座長を、また、同石川トライアルセンターの松田喜洋業務課長に後半の座長をして頂きました。

講演では、石川県工業試験場岩田紘一良場長の挨拶に続き、MMC平野隆之専務理事、通商産業省機

械情報産業局産業機械課小澤典明課長補佐、東京大学佐藤知正教授、MMC石川雄一研究部長がそれぞれ「MMCの事業について」、「通商産業政策について」、「マイクロマシン技術の現状と将来動向」、「第2期マイクロマシンプロジェクトの概要」について講演を行いました。

さらに、産業科学技術研究開発制度プロジェクトの成果紹介では、次の講演を行いました。

「触覚センサーの開発」

オリンパス光学工業（株） 基礎研究所 黒田吉己氏

「多機能モニタリングデバイスの研究開発」

オムロン（株）技術本部 中央研究所 後藤博史氏

「医療へのマイクロマシンのアプローチ」

テルモ（株） 研究開発センター 工藤 剛氏

「磁力応用の微細部品組立プロセス」

三菱電機（株）先端技術総合研究所 成宮 宏氏

セミナー当日は10数年ぶりの大雪でしたが、石川県内及び富山県の精密機械工業や鉄工業、レーザ加工工業、医療に関連する33社からの聴講者44名と、大学・研究所・官公庁からの聴講者36名を合わせて80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。



金沢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品実演風景

第5回マイクロマシン絵画コンテスト表彰式開催される

小中学生を対象として、当センターが主催しているマイクロマシン絵画コンテストは、今年で第5回となりました。今回は、当センター賛助会員の三菱重工株式会社、三菱マテリアル株式会社、さらに、つくば・けいはんな岐阜県情報センターの協力を得て、兵庫県高砂市、神戸市、埼玉県大宮市及び岐阜県岐阜市の小学校14校、中学校7校の児童・生徒の間で行われました。

小学校の部では976点、中学校の部では498点、合計1,464点の応募があり、過去最高となりました。応募参加校は次の通りです。

参加校

小学校

- *兵庫県高砂市立曾根小学校
 - 〃 〃 高砂小学校
 - 〃 〃 伊保南小学校
 - 〃 〃 伊保小学校
 - 〃 高砂朝鮮初級学校
 - 〃 〃 荒井小学校
 - 〃 〃 北浜小学校
 - 〃 神戸市立浜山小学校
 - 〃 〃 東舞子小学校
 - 〃 〃 小東山小学校
 - 〃 〃 本多間小学校
- 岐阜県岐阜市立加納小学校
 - 〃 〃 桜木小学校
- 埼玉県大宮市立大宮南小学校

中学校

- *兵庫県高砂市立高砂中学校
 - 〃 〃 松陽中学校
 - 〃 〃 荒井中学校
 - 〃 〃 鹿島中学校
 - 〃 神戸市立歌敷山中学校
- 岐阜県岐阜市立加納中学校
- 埼玉県大宮市立桜木中学校

(*印：学校賞受賞校)

これらの作品の中から次の方々からなる審査委員会で小学校の部12点、中学校の部13点の入選作品が選ばれました。入選作品は、次のページに掲載してあります。

- | | | |
|-----|------|---------------------|
| 委員長 | 三浦宏文 | 工学院大学工学部機械システム工学科教授 |
| 委員 | 中澤克紀 | 通商産業省工業技術院機械技術研究所長 |
| | 中村桂子 | JT生命誌研究館副館長 |
| | 山下了是 | 東京芸術大学美術学部助教授 |
| | 平野隆之 | (財)マイクロマシンセンター専務理事 |

表彰式は、さる3月26日に東京・霞ヶ関ビル3階の東海大学校友会館において行われ、最優秀賞、一等賞を受賞した小中学生と学校関係者、来賓、審査委員を始め、約40名が出席しました。

表彰式では来賓の通商産業省工業技術院の岡崎誠研究開発官は、挨拶の中で参列した子供達に、「21世紀の日本の産業・経済を支える重要な技術とにらんでマイクロマシンの開発に取り組んで10年になりますが、実用化は簡単ではありません。このコンテストを機会に今後、科学技術、研究開発の方面に進む人が1人でも2人でも出てきて頂けたら有り難い。」と話しかけられました。

また、審査委員長の工学院大学工学部機械システム工学科三浦宏文教授から、審査経過と講評がありました。三浦教授はその中で、「『井の中の蛙大海を知らず、されど天の深さを知る』という中国のことわざを例に、知識が多すぎるののために発想が制限されてしまう大人に比べて、まだ制限の少ない子供達の好奇心に満ちたアイデアがすばらしい。来年も良い発想の作品をお願いしたい。」ということを優しく話していました。

入選作品の紹介に続いて、小学校の部最優秀賞の兵庫県高砂市立曾根小学校6年生内藤康治君、中学校の部最優秀賞の同高砂中学校3年生小松安代さんから入賞者に表彰状と賞品が手渡されました。また、コンテスト実施に際し、多数の応募があった小中学校それぞれに学校賞と副賞が授与されました。

受賞者挨拶をした小松さんは、「こういう便利なものがあつたらいいな！と考えて描きました。これからも人に役に立つマイクロマシンが世界で活躍することを願っています。」と希望を述べていました。

会場では、表彰式終了後、マイクロマシンのポータブル展示品が4点実演展示され、子供達は勿論、付き添いの先生方は、はじめて見る実物の動くマイクロマシンに目を輝かせ、熱心に見入っていました。



受賞者記念撮影

第5回マイクロマシン絵画コンテスト入選作品

小学生の部

最優秀賞

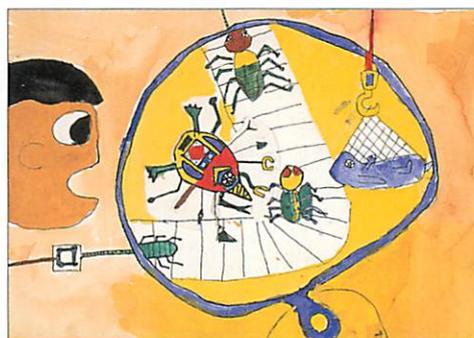
マイクロちょうおんぱルアー



内藤 康治 曾根小学校 6年生

一等賞

マイクロマシンを作るマイクロマシン



春木 洋次 大宮南小学校 5年生

二等賞

目の不自由な人のためのナビゲーター



中原 麻貴 北浜小学校 4年生

二等賞

水中調査マシン



小笠原由美 曾根小学校 5年生

三等賞

洗太郎君



近藤由香里 高砂小学校 5年生

三等賞

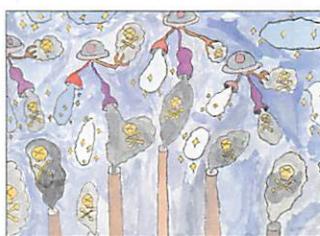
マイクロサッカー大会



北野 容 曾根小学校 5年生

三等賞

有毒ガスをきれいな空気にするマシン



山崎 裕太 曾根小学校 6年生

佳作賞

字を大きくするマシン



江本 早希 浜山小学校 5年生

佳作賞

ガイチューコロスダー



森下 遼 浜山小学校 5年生

佳作賞

おそうじ君



大曾根令乃 桜木小学校 4年生

アイデア賞

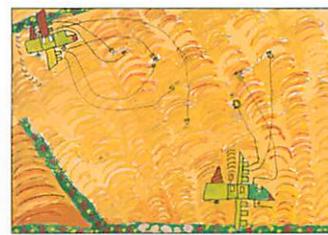
ミニダイクさん



季 悠理 高砂朝鮮学校 6年生

アイデア賞

マイクロひこうき



林田 祥吾 浜山小学校 5年生

中学生の部

最優秀賞

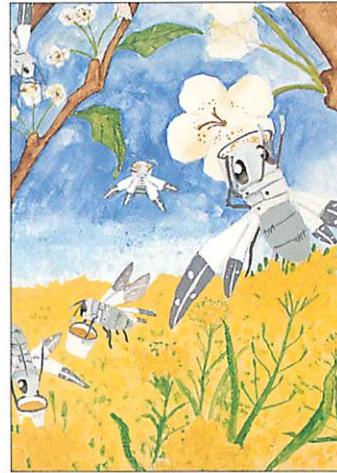
そうじロボット「くりん」



小松 安代 高砂中学校 3年生

一等賞

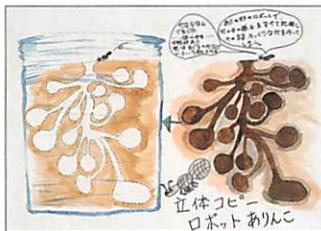
ハチ型ロボット



村田 佑美 高砂中学校 2年生

二等賞

立体コピーロボットありんこ



鎌谷 利早 高砂中学校 2年生

二等賞

あればいいな



松田 朋子 高砂中学校 2年生

三等賞

洪水予想感知器



花光 真代 荒井中学校 2年生

三等賞

取る撮るちゃん



横 ひかり 高砂中学校 3年生

三等賞

プチミシン



坪内紗世子 高砂中学校 2年生

佳作賞

マニキュマシーン



天野 佐保 高砂中学校 2年生

佳作賞

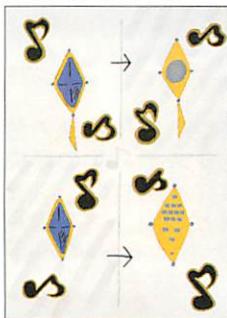
パソコンそうじ



嵐 さやか 高砂中学校 3年生

佳作賞

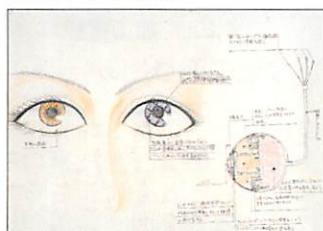
サウンドピアス&サウンドコントローラー



立石 恭子 高砂中学校 1年生

アイデア賞

見えちゃう義眼



村田 世子 高砂中学校 3年生

アイデア賞

らくらくえんぴつ自動マシン



曾谷 裕介 荒井中学校 1年生

アイデア賞

はちみつ製造機



森 千紘 加納中学校 1年生

松下技研株式会社



取締役社長 山下 貞彦

1. マイクロマシン技術への取り組み

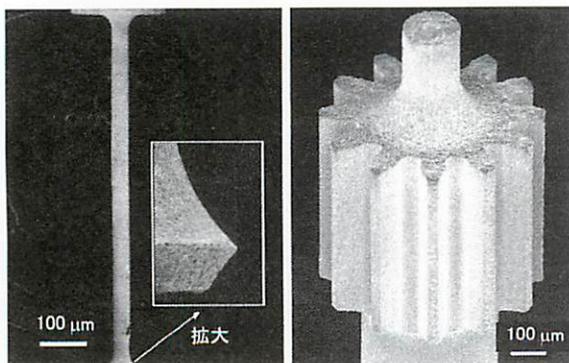
光ディスクやビデオカメラ等の小型高性能化に代表される携帯情報機器の普及に伴い、サブミリ領域の機構部品を実現するため、マイクロマシン技術に対する要求が高まっています。これに対応するために半導体加工技術や汎用加工技術の高精度微細化及び3次元化による新しい加工法やこれを検証するための計測技術の実現とマイクロ領域の運動メカニズムの確立が必要になってきていますが、現在十分にニーズに対応できているとは言えません。当社では通産省産技プロジェクトに参画して、微小伝達機構の研究を通じて、マイクロマシン技術の実用化を行うために設計加工計測技術の確立を目指しています。

2. マイクロマシン技術の開発

産技プロジェクト第2期では、連結した複数のデバイスが配管周りの検査を行う細管群外部検査システムを構成する減速・走行デバイスの研究開発に取り組んでいます。減速・走行デバイスは、電磁モータの高速回転を高効率に減速し、検査システムを走行するための歯車減速機構を使用したデバイスです。この中で微小伝達機構の高効率化を目指したメカニカルインターフェース技術と、3次元微細形状を創成するマイクロ放電加工を中心とし、加工機能の高度化を目指した高精度微細加工・計測の要素技術などに取り組んでいます。

微細加工技術として、従来の1/100程度にエネルギーを小さくし、ミクロンオーダーの微細加工を実現した微細放電加工技術を用いて、図1のような3次元微細加工を行いました。

また、微細放電加工は、電極消耗と加工速度に限界を持っており、これを解決するための手段として、LIGAによる電極の大量生産と多数個の一括加工をする可能性についての研究開発を実施しました。図2



(1)パイブロスキャン触針 (2) 歯車
図1 微細放電加工例

のようにLIGAで作製した直径100 μ mの銅の放電加工電極列を使用して一度に12穴形成が可能になりました。このように一度に大量に微細かつ自由形状の電極を作製することで、加工の高速化・均一化が期待できます。

また微細加工機能の高度化・高精度を行うためには、オンマシン上で加工形状と加工電極形状の測定を行い、加工へフィードバックすることが不可欠です。当社では、減速・走行デバイスを構成する機構部品加工のオンマシン計測に必要な条件である①マイクロ放電加工機上の加工液内で、②100 \times 500 μ mオーダーの深穴や狭隘部を計測するために、画像処理法とパイブロスキャン法を融合した測定法の適用に取り組んでいます。パイブロスキャン法は放電加工で作製された50 μ m \times 1mmの微小触針に圧電素子で振動を与え、ワークと触針の位置関係を接触検出することにより数十 μ mの形状を高精度に計測する手法で、現在までにオンマシン化への適用の見通しを得ております。

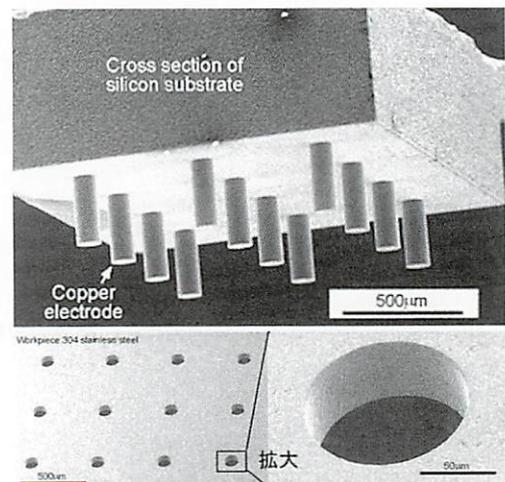


図2 複数電極による微細放電加工
(上)加工電極 (下)加工結果

3. 今後の取り組み

産技プロジェクトの目標である微小伝達機構の設計、評価、加工計測技術の確立とシステム化の研究開発を行うとともに、さらに他のマイクロマシン要素技術と融合を図り、情報機器などの商品への適用を目指した展開を図っていきたいと考えております。

三菱重工業株式会社



高砂研究所 所長 柘植 綾夫

1. マイクロマシン技術への取り組み

当社でのロボットの研究開発は、約20年前における原子力プラントの燃料交換及び検査装置の自動化に端を発し、それ以後各種のプラントメンテナンスロボットなど多岐にわたっています。最近では、原子力プラント内の人手作業の低減はもとより、広く、3K作業の低減に向けた高付加価値ロボットの開発・適用へと展開しています。発電プラントにおいては、通常サイズのロボットでは点検が難しい狭隘箇所での点検ニーズもあり、マイクロマシン技術など要素技術の開発を通して、これらのニーズに対応していきたいと考えています。

2. マイクロマシン技術の開発

発電プラントの狭隘な箇所の点検を考えると、点検ルートは狭い上に種々な障害物があり、これらを乗り越えながら移動できるマイクロマシンが必要となります。これには、マイクロマシン自身が障害物に応じて形状を変えていくのが有効と考えられます。このような発想から、当社は産技プロジェクトの中で、ロボット自身がその形態を変化できるホロニックメカニズムとその制御技術の研究開発を行っています。

マイクロマシンでは、サイズの制約から単機能(1自由度)なユニットとなってしまう、その動作能力も限られると推定されます。ホロニックメカニズムは、この単機能のユニットを多数個連結したもので、変態や移動など複雑な動作が可能です。しかも、産業用アームに代表される根元関節が太く先が細い従来のロボットと違い、体の太さが全て同じになっているため、力学的に全体が小さいほど有利な構造であり、マイクロマシン化に適しています。これまで、ホロニックメカニズムほど多くの関節をもつロボットの開発例はなく、全ての関節を使用した効率的な制御およびホロニックメカニズムを小型化していくための機構設計やデバイス構成について研究を行っています。

アクチュエータ、通信や制御を行うCPU、センサなどの部品のマイクロ化は研究段階であり、マイ

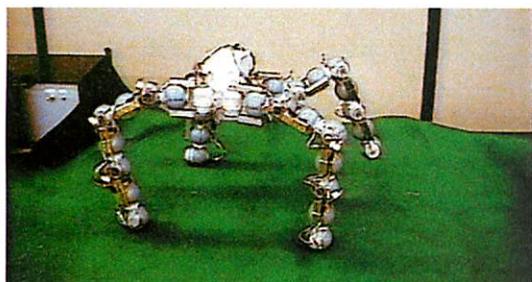


図1 ホロニックメカニズム

クロサイズの試験用ロボットは、現時点で実現が難しいと言えます。このため、当社では、現状で最も小さい超音波モータを基に機電一体の球形関節(直径40mm)を製作し、これを複数繋いで図1に示すホロニックメカニズムを製作しました。そして、実測したホロニックメカニズムの仕様(サイズ、重量、関節トルクなど)を組み入れたシミュレーションを行い、制御アルゴリズムを検証しています。図2は、蛇に代表される進行波移動で、のこぎり波形の採用により平面、段差をとわず移動可能です。進行波移

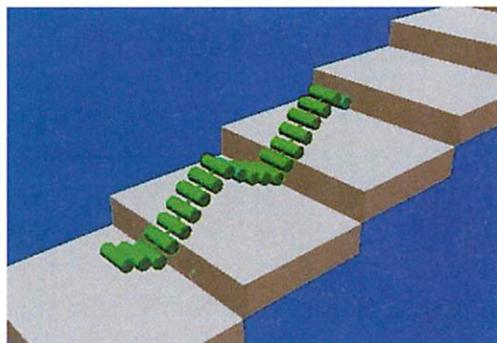


図2 進行波移動による段差移動

動は歩行や尺取りに比べ移動中の負荷が小さいのが特徴であり、マイクロマシンには有効な移動方法と言えます。また、簡素な行動パターンで記述される行動型制御を使い、図3に示すような障害物を回避する制御にも取り組んでいます。

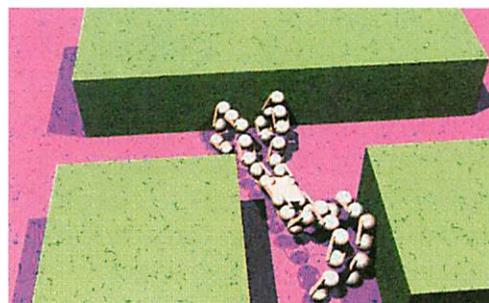


図3 行動型制御による障害物回避

3. 今後の取り組み

マイクロマシン技術は、今後プラント保守をはじめ様々な分野を支える基盤技術に成長するものと期待されます。当社もニーズにマッチした技術の開発に努めて社会へ貢献して行きたいと考えています。

MEMS'99オーランドで開催 マイクロマシン訪米調査団も参加

1. MEMS'99

MEMS'99 コンファレンス (IEEE) が1月の17日から21日にかけて、米国・フロリダのオーランドのホテル「ブエナ ビスタ パレス」にて開催されました。マイクロマシンセンターの訪米調査団 (7名) もこの会議に参加しました。

今回のMEMSは、第12回の国際会議であり、参加登録者は20カ国から529名 (昨年のハイデルベルグMEMS'98は約670名) にもものほり、過去2番目の参加者数となりました。国別では、開催地である米国が324名と圧倒的な割合を占めていましたが、日本からも76名と多くの参加者がありました。その他ではドイツが18名、スイスが17名、スウェーデンが14名というのが目立ったところでした。本会議は例年通り参加者が一堂に会する全体会議で行われ、一件あたりの発表時間は20分でしたが、どの発表も活発な質疑応答が行われました。また、今年度は予稿集に発表者の顔写真を載せるとか、ポスターセッションを第1日目に行うなど、会議開催期間中に研究者同士の技術討議・交流が活発に行えるような配慮がされていました。

発表件数は113件で、口頭発表43件 (内、招待講演3件)、ポスター発表70件が行われました。日本からの発表は30件と約1/4を占め、その他、米国48件、スイス9件、韓国6件、ドイツ6件が主なところでした。産技プロジェクト関係では以下の6件の発表が行われました。

発表内容をおおまかに分類すると、データストレージ、光学、流体関連を含む応用デバイス/システムが35件、パッケージング、集積化技術を含む3次元加工技術が15件、アクチュエータが10件、センサが23件、材料・加工方法が10件、その他17件で、前回同様、センサや応用デバイス/システムといったマイクロマシン技術の実用化を目指した研究開発の成果の発表が多くありました。これらの発表については、原理的には特に新しいものは見当たりませんが、どれも実用化の対象の要求仕様を満足するための改良・工夫がされていました。また、新しい傾向としては、ポリマー材料としてパリレン (parylene: パラキシレン重合によって得られるプラスチック) を用いたものが何件もあったり、高温環境下で使用可能な材料としてSiCが使われたり、

CMOS回路との集積の際、低温での製造プロセスを実現するためGeが検討される等シリコン以外の材料を用いたデバイスの発表が増えてきました。

なお、今回のMEMS2000は、2000年1月23日から27日まで日本の宮崎で開催される予定で、CALL FOR PAPERの締め切りは1999年9月13日です。

さらに、訪米調査団はMEMS'99に参加した後、ジョージア工科大学及びカリフォルニア大学バークレー校を訪問し、マイクロマシン関連技術に関する技術交流と調査を行いました。各訪問先での調査内容は以下の通りです。

2. ジョージア工科大学

アトランタにあるジョージア工科大学では、MEMS研究で著名なマーク・アレン准教授の研究室を訪問しました。マーク・アレン准教授に関しては以前に本広報誌19号 (1997年4月発行) でもインタビュー記事を掲載したことがありますが、研究室ではシリコンチップ上にいろいろなデバイスを集積する典型的なMEMSとして、各種マイクロセンサのほか流体や医療関連まで幅広くMEMSデバイスの研究が行われていました。具体的なMEMS関連の研究内容は以下の通りです。

- ①磁気デバイス (マイクロリレーアレイ、高周波用受動素子)
- ②フロー制御デバイス (マイクロジェット冷却デバイス、小型飛行体用フロー制御アクチュエータ)
- ③バイオメディカルデバイス (マイクロニードルアレイ)
- ④パッケージング (接合技術等を用いたMEMSデバイスのパッケージ)
- ⑤高性能センサ (高温用圧力センサ、0.1Gクラス高感度加速度センサ、フロー制御用圧力センサアレイ、無線通信)
- ⑥micro combustion (タービンシステム: MITとの共同研究、航空宇宙用スモールエンジン等。)

研究設備としては、広さ約650m²のクリーンルームがあり、6インチウエハ対応の一連の半導体製造設備、ウエハ接合、SiC用設備等が設置されている他、金属メッキ、パリレン製造設備等MEMSデバイス作製に必要な設備はほとんど揃っていました。

3. UCバークレー

カリフォルニア大学バークレー校はシリコンバレーを望む場所にあり、昔から半導体デバイスの発展に大きく貢献してきた大学ですが、MEMS研究についても長い歴史があり、バークレー センサ&アクチュエータ センター (BSAC) を中心として、ポリシリコンを用いた表面マイクロマシニング技術を利用してマイクロセンサ、マイクロアクチュエータ、マイクロ機械構造、マイクロシステムの研究開発が行われており、多くの成果を出しています。今回の訪問では、MEMSの世界ではユニークな研究を行っているクリス・ピースター准教授の研究室を訪問しました。ここではMEMSの3次元化の研究として、MEMS技術を利用したシリコンマイクロロボットを実現するための基礎研究を行っていました。現状はまだ、ロボットに必要な各パーツのシリコン表面マイクロマシニングによる作製やマクロなモデルでの機能検証の段階でしたが、最終目標は各々が

移動機能、センシング機能、通信機能を持ったマイクロロボットシステムを実現することとしており、具体的には以下の研究が行われていました。

- ①スマートダスト (数mm立方の体積の中に各種センサ、無線通信デバイス、制御回路、光学素子、バッテリー等を集積したもの：何千~何百万のオーダーでばらまき環境モニタ等に使う)
- ②シリコンマイクロロボット (静電アクチュエータによって動作するポリシリコンで作られた昆虫の脚のような機構、センサ、赤外線通信素子、制御回路、太陽電池等を1cm角程度の大きさに集積した自立型マイクロロボット)
- ③上記システムを設計するための3次元MEMSのCADツール

研究設備としては、クラス100のクリーンルーム内に4インチウエハ対応 (一部6インチも可) の一連の半導体製造設備があり、ジョージア工科大学と同様、MEMSデバイス作製に必要な設備はほとんど揃っていました。

【マイクロマシン訪米調査団メンバー (事務局 (当センター員) を除き五十音順)

有馬通継/オリンパス光学工業株式会社 複合精密技術部 開発1グループ 副主任

江戸雅晴/株式会社富士電機総合研究所 機能デバイス研究所 研究員

蛸原建三/ファナック株式会社 基礎技術研究所 沢田研究室 マイクロマシン開発グループ 研究員

金子 卓/株式会社デンソー 研究1部 担当部員

持田洋一/株式会社村田製作所 技術開発本部 第3開発グループ 開発1部 開発1課 研究員

鶴田和弘/財団法人マイクロマシンセンター 研究部 第一研究開発課長

室井信義/財団法人マイクロマシンセンター 国際交流部 研究部兼務 課長



ジョージア工科大学にてM.アレン准教授と調査団一行
(M.アレン准教授はMEMS'99のコーディネータメンバーの1人でもある)



カリフォルニア大学バークレー校にてシリコンマイクロロボットの脚の試作品を説明するC.ピースター准教授

講座 マイクロマシン技術関連 専門用語 [第1回]

当センターが昨年発行しました「MMCテクニカル・レポート マイクロマシン技術専門用語 (MMC TR-S 0 0 1(01)-1998)」から主要用語を抜粋して、本号より、4回にわたって掲載いたします。従って、参考資料など詳細については、テクニカル・レポートをご覧ください。

マイクロマシン [Micromachine]

【定義】 構成部品の寸法が数ミリメートル以下の機能要素、およびそれらから構成される微小なシステム。

【解説】 マイクロマシンテクノロジーを駆使して製作される機能要素（センサなど）から、これらを統合化して完成された機械システムまでが含まれる。ナノマシンと呼ばれる分子機械もこれに含まれる。その応用として、産業分野では配管内や狭所での検査や修理、エネルギー消費が少なく環境への負荷の小さいマイクロファクトリへの適用、医療分野では従来のメスを使った体の外側からの手術をマイクロマシンを使った内側からの治療に置き換えること等が期待されている。また、マイクロマシン実現のための研究開発は大きく分けて、半導体プロセスを用いた微小電気機械システム (MEMS) からのアプローチと、現在の機械技術の微小化というふたつのアプローチがある。 【参考資料】 (1)(2)(3)(4)(6)

マイクロマシン技術 [Micromachine technology]

【定義】 マイクロマシンに関連した技術の総称。

【解説】 マイクロマシンに関連した技術は非常に多岐にわたり、要素技術分野で分類した場合、「設計技術」、「材料技術」、「加工技術」、「機能要素技術」、「システム制御技術」、「エネルギー供給技術」、「接合組立技術」、「電子回路技術」、および「評価技術」、さらにそれらの基盤となるマイクロ環境での熱力学やトライボロジー等の「マイクロ理工学」等から構成されている。また、マイクロマシン技術には二つの側面があり、一つはマイクロマシンを実現させるために必要な技術、もう一つはマイクロマシンの開発を通して得られた技術を他の産業分野に応用するのに必要な技術である。

【参考資料】 (1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)

MST [MST]

【定義】 Micro System Technologies の略で、マイクロシステムに関する技術の総称。

【解説】 主として欧州で使われている用語で、いくつもの異なる意味で使われる場合があるが、主にシリコン微細加工技術を用いたマイクロな電気、光学、機械システムとその構成要素に関する技術を意味する。 【参考資料】 (43)

MEMS [MEMS]

【定義】 micro electro mechanical systemsの略で、マイクロな電気機械システムに関する技術の総称。

【解説】 主として米国で使われている用語で、いくつもの異なる意味で使われる場合があるが、一般には、シリコンプロセス技術を用いたマイクロな構造体、センサ、およびアクチュエータに関する技術

を意味する。 【参考資料】 (2)

圧電効果 [Piezoelectric effect]

【定義】 機械的応力を受けて歪みを生ずると誘電分極により電界を発生する効果。

【解説】 圧電効果は1880年に水晶等の結晶において発見され、その後、 LiNbO_3 、PZT、PVDF、PT、PLZT等、種々の材料開発が行われている。これらの材料には逆向きの効果も観察される。また、これら材料を用いて各種センサやアクチュエータが製作されている。センサとしてはひずみセンサ、圧力センサ等に適用されている。アクチュエータとしては、積層型圧電素子を組み合わせたインチュウム、走査トンネル顕微鏡 (STM) のプローブ操作用のアクチュエータ等がある。電磁式のセンサやアクチュエータに比べエネルギー変換効率が高く小型化も容易なためマイクロマシン関連分野でも多く用いられている。 【参考資料】 (3)(6)(39)

光歪効果 [Photostrictive effect]

【定義】 光の照射により機械的ひずみを発生する効果。

【解説】 光歪効果は、非対称性を有する圧電性の強誘電体に光（紫外線）を照射すると、光起電力効果による電界が発生し、これが圧電効果を介して機械的歪みを生じるものと考えられている。光歪効果を示す材料としては、主にPLZT素子が知られている。

【参考資料】 (4)(8)

スケール効果 [Scale effect]

【定義】 物体の代表寸法が変わると、これに作用する各種影響や物体そのものの特性が変わること。

【解説】 物体の体積は寸法の3乗に比例し、表面積はその2乗に比例する。すなわち、寸法が小さくなると表面力の影響が体積力のそれよりも大きくなる。例えば、微小物体の運動では、慣性力よりも静電力や粘性力が支配的になる。物体の寸法が小さくなると、材料の性質もその微小構造や表面の影響を強くうけるようになり、バルクのそれと異なることがある。マイクロな世界の摩擦特性もマクロな世界とは異なる。マイクロマシンの設計においては、これらの影響を十分に考慮する必要がある。

【参考資料】 (2)

バイオミメティクス [Biomimetics]

【定義】 生物の運動や機構を模倣して機能を作ること。

【解説】 マイクロマシンの寸法に適した微小機構を考へるとき、厳しい自然淘汰の中で生き続けてきた生物の機構や構造は良い手本となる。その一例と

して昆虫の外骨格・弾性ジョイント系を手本にした微小三次元構造が報告されている。外骨格とは硬い表皮が弾性体で結合されたもので、可動部分はすべて弾性体の変形を利用して動いている。弾性変形を利用すると摺動による摩擦が生じないため、微小世界において有利になると考えられる。また、外骨格構造は機構学でいう閉リンク機構に相当し、一部のアクチュエータの動きを複数のリンクに伝達できる特徴がある。【参考資料】(6)(13)

光集積回路 【Integrated optics】

【定義】 発光素子、受光素子、変調器、光導波路等の光学素子を集積化した光回路。

【解説】 光集積回路は、ICプロセス、特に、SOI (silicon on insulator) と呼ばれる絶縁体を含む多層薄膜積層技術によって作製されたものである。既存のシステムは、光信号を電気信号に変換して処理をし、さらに光信号に変換する。しかし、このデバイスは、光集積回路で直接処理を行うため、大幅な小型化、軽量化、低電力化、高速化が可能となる。【参考資料】(2)(7)

マイクロダイナミクス 【Microdynamics】

【定義】 マイクロマシンが使われるような微小な世界における動力学。

【解説】 微小物体の運動には、従来の経験則や方程式が適用できない場合があるため、従来の動力学でその運動を説明することは難しい。マイクロダイナミクスは微小な機構の運動特性を明らかにしようというものである。

【参考資料】(1)(6)

マイクロ伝熱工学 【Micro-heat transfer engineering】

【定義】 マイクロマシンが使われるような微小な世界における伝熱工学。

【解説】 マイクロメカニカルシステムにおける熱移動の機構は基本的にはマクロなシステムにおけるそれと変わることはないが、システムの代表寸法が小さいため、従来の経験式や理論式の適用範囲から外れることがある。そのため熱移動に関して従来の経験式を適用する場合、熱の移動を支配する無次元パラメータの大きさに注意する必要がある。マイクロメカニカルシステムの熱の移動については、大きく二つに区分できる。一つはマイクロメカニカル要素内での熱の移動であり、他の一つは要素を取り巻く流体内、またはその流体の移動によって生じる熱移動である。前者は熱伝導によって熱の移動が生じるのに対し、後者では熱伝導の他に流体の運動に伴う熱の移動も考慮しなければならない。いずれの場合も、要素の内部で発生した熱を外部に放出しない限り、システムの温度が上昇してしまい、高精度のシステムは維持できない。従って、除熱システムの設計は特に要素からの発熱負荷が大きい場合、非常に重要な問題となる。【参考資料】(4)

マイクロトライボロジー 【Micro-tribology】

【定義】 マイクロマシンが使われるような微小な世界におけるトライボロジー。

【解説】 トライボロジーとは、マクロな世界での摩擦や摩擦を扱う学問分野である。一方、マイクロマシンのように構成する部品の寸法が極端に小さくなると、重力や慣性力にかわって、表面力や粘性力が支配的になってくる。クーロンの摩擦法則によれば摩擦力は垂直荷重に比例するが、マイクロマシンの環境では表面間力のため、通常スケールでは考えられないような大きな摩擦力が現れると言われている。また、通常サイズでは問題にならない極微量の摩擦が、マイクロマシンにとって致命的なダメージとなる。マイクロトライボロジーの研究では、摩擦面や固体表面で起きる現象のオングストロームからナノメートルの分解能での観察や、原子レベルの相互作用の解析を通して、摩擦力の低減や原子的に見ても摩擦の生じない条件の発見が試みられている。これらのアプローチは、マイクロマシンのみならず通常スケールのトライボロジー問題の解決にも役立つものと期待されている。【参考資料】(1)

マイクロ理工学 【Micro-science and engineering】

【定義】 マイクロマシンが使われるような微小な世界における理工学。

【解説】 機械システムをマイクロ化していくと、種々の物理パラメータが変化する。その変化は、1) マクロな世界での変化の外挿で予測できる場合と、2) マイクロな世界での特殊性が顕在化してきて、外挿が不可能になる場合との二通りがある。後者の場合、微小な世界での現象を説明するために、新しい理論式あるいは実験式を確立しなければならない。さらに、このような工学問題を取扱うための分析法と統合法を新たに開発する必要がある。材料科学、流体力学、熱力学、トライボロジー、制御工学、運動力学は、マイクロメカトロニクスを支える基礎であるマイクロ理工学として体系化できるであろう。【参考資料】(1)(2)

マイクロ流体力学 【Micro-fluid engineering】

【定義】 マイクロマシンが使われるような微小な世界における流体力学。

【解説】 微小な世界における流体力学は長さや速度のスケールが通常の世界に比べて小さいことによって特徴づけられる。このとき流体を動かす力は、スケール効果により、体積力より表面力、すなわち慣性力より粘性力が支配的になると考えられる。慣性力と粘性力の比はレイノルズ数によって評価でき、これが等しければスケールが異なる流れも相似とみなすことができる。マイクロマシンの世界では通常の世界に比べて一般的にレイノルズ数が非常に小さくなる。従って、プロペラ、スクリュー、あるいはタービンなどをこの分野の推進機構として用いる場合に相似則が適用できず、特別な配慮が必要である。【参考資料】(1)(2)(3)(4)(5)(6)

ご案内

第5回 国際マイクロマシンシンポジウム

1999年10月28日(木)・29(金)
科学技術館サイエンスホール



Exhibition 10th Anniversary
MICROMACHINE '99

第10回 マイクロマシン展

1999年10月27日(水)～29(金)
科学技術館

詳細は追ってお知らせします。

表紙のことは

マイクロマシン絵画コンテスト入賞作品：上から、めざましフワット、DENTISTマシン、海のちょうさマシン
アンコーロボ、フラワードクター

編 集 後 記

広報誌第27号をお届けします。さて、いよいよ平成11年度に入りました。当センターが通産省からNEDOを通じて委託されている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」も本年度を含めて残すところ後2年間です。

最近、あの「ミクロの決死圏」から22年たって、文庫本「ミクロの決死圏2—目的地は脳—」が出版されています。新版の内容は、前作の脳の手術よりさらに夢が膨らんで、知能のメカニズムを解明するためにマイクロマシンが活躍する（「ニューロンに突入せよ」と帯にあります）という内容のものです。本広報誌で紹介している小中学生による絵画コンテストの入選作品を見てもよくわかりますが、マイクロマシンとは基本的に人間の夢を担い、さらに夢を膨らませるものだと感じます。この閉塞感に満ちた時代状況のただ中にあればこそ、夢のある技術が重要なのではないと思いますが、いかがでしょうか。

発行 財団法人マイクロマシンセンター

発行人 平野 隆之
〒101-0048 東京都千代田区神田司町2-2 新倉ビル5階
TEL.03-5294-7131 FAX.03-5294-7137
wwwホームページ：http://www.ijnet.or.jp/MMC/

無断転載を禁じます。