



# マイクロマシン

## MICROMACHINE

1998.10

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

- 海外だより／14
- トピックス／15
- 講座「マイクロマシンポータブル展示品」(第3回)／17
- お知らせ／20



No. 25

# 21世紀に向けた マイクロマシン技術の 発展と普及に期待



(社)日本工作機械工業会  
会長 加藤 東洋

工作機械は、あらゆる機械、機器を生産する機械であり、その意味で母なる機械、あるいはマザーマシンと呼ばれ、戦略的な産業として位置づけられています。工作機械の生産技術が、一国の製造業を支え、またその国の生産技術水準の指標とされているため、世界各国とも工作機械の技術開発に積極的な取り組みがなされています。近代の工作機械技術は、そのもとを辿れば、古くは産業革命を推進する原動力となった多くの革新的な工作機械に遡ることができます。以来、工作機械の生産技術は、関連する技術、技能の伝承と経験的知識の積み重ねによって支えられ、また科学的な研究開発によって目覚ましい進歩を遂げ、今日わが国が世界最大の工作機械生産国としての基盤を確立してきたことは疑う余地もありません。

しかしながら、近年、若年者の製造業離れの風潮や産業の空洞化等により、人材不足、人材育成や技術の伝承に関する問題点も指摘される一方、地球温暖化、酸性雨等の環境問題についても重大な関心事となってきております。

そこで当会では、21世紀における工作機械産業のあり方を探るために、昨年「工作機械の将来展望」の報告書をまとめました。この中で特に、技術開発の方向として、パラレルリンク型工作機械の出現、ラピッドプロトタイピング、環境対応形工作機械や高速・高精度加工等新概念に基づく技術開発が積極的に進められるよう提言いたしております。

一方、生産システムにおける省エネルギー、省スペース、省資源化を達成しようとする試みとして、工作機械のダウンサイジング化が検討され、工業技術院機械技術研究所でマイクロ旋盤の試作開発がなされ多くの注目を集めております。このマイクロ部分加工用の工作機械開発では、小型化・軽量化等従来の工作機械の設計概念とは異なる加工精度とともに、機械剛性や運動特性などが重要な要素となり、制御技術を始めとした新しい設計手法の開発も進められております。

また、通商産業省工業技術院のマイクロマシン技術に関する研究プロジェクトとしては、発電施設等の複雑な機器類の効率的な保守管理、プラント配管内や生体内狭小部の点検・補修や診断・治療等の共通基盤技術、機能デバイスの高度化技術、システム化技術を含めた研究開発が大規模に展開されてきており、国立研究期間・大学及び産業界を取り巻く環境も夢の実現に向けて各分野での研究体制が飛躍的に拡大してきております。

現在、このように21世紀に向けたマイクロマシンシステム、マイクロファクトリー等幅広い分野での研究開発が活発に展開されていることは、産業の発展のみならず国際社会への貢献のためにもその成果が期待されるところであります。更に、これらのマイクロマシン技術の発展と普及には、(財)マイクロマシンセンターの果たす役割は極めて重要であり、貴センターの益々の発展と活躍を祈念するものであります。

# 研究室紹介

名古屋大学工学研究科マイクロシステム工学専攻 教授 佐藤 一雄

## 1. はじめに

当研究室は、1994年に名古屋大学に設立された大学院マイクロシステム工学専攻6講座の一つとして発足しました。情報機器、産業機器、医療、科学研究などの分野で応用が期待されているマイクロマシンを実現するため、シリコンの微細加工技術、材料の計測評価技術、マイクロシステム技術に関する以下の研究を推進しています。

- ・結晶異方性エッチング
- ・ミクロンサイズの材料の引張・衝撃・疲労試験
- ・マイクロマシンの加工プロセス、デバイス機能の解析
- ・静電力マイクロアクチュエータと応用デバイス
- ・イオンビームを利用した超硬質材料・超潤滑材料の開発
- ・ナノインデンテーション法による薄膜の機械的性質の評価

## 2. 最近の話題

### (1) 結晶異方性エッチングの研究

この技術の歴史は古く、シリコンの結晶方位によって、エッチング速度が著しく異なる現象を応用して、これまでにダイヤモンドや片持ち梁が作られてきました。しかし、加工できる形状には制約があり、加工プロセス設計も多分にノウハウに包まれていました。当研究室では、このエッチングの現象を解明し、高度な3次元形状をシリコン単結晶ウエハに実現することを目指しています。

全結晶方位にたいしてエッチング速度を測定するために、図1(a)に示すような半球試験片をシリコンインゴットから機械加工で製作しました。これを、KOH水溶液、TMAH水溶液などの異方性エッチング液でエッチングすると、図1(b)のように異方性が肉眼でも観察できるようになります。エッチング前後の試験片の形状変化から、エッチング速度の方位依存性が初めて精密に測定されました。

測定結果の一例を図2に示します。この図は半球面上のエッチング速度の等高線分布図です。このような結果が、エッチング液の種類、温度、濃度を交えて、蓄積されています。

さらにこの研究は、工業的、学術的にそれぞれ以

下のように発展しています。

### (a) CADシステムの開発

任意の結晶方位をもつシリコン基板に、任意形状のマスクパターンを形成し、任意のエッチング条件でエッチングしたときの、3次元エッチングプロフィールを解析するCADシステムを(株)富士総合研究所と協力して開発しました。MICROCADと名付けたこのシミュレーションソフトウェアは、ウエハを貫通するような複雑な3次元エッチング形状(図3)を解析できるという特徴を持ち、すでに産業界に導入されています。

### (b) エッチングメカニズムの研究

工業的な貢献の一方で、我々の実験結果は、なぜ異方性がこのように発生するのかという本質の追求に役立っています。本研究はオランダのTwente大学、Nijmegen大学、さらにフランスのLAAS/CNRSとの国際共同研究に発展しています。これらの研究機関が得意とする原子レベルのエッチングメカニズム研究と我々のマクロ的な実験的研究の交流を積極的に進

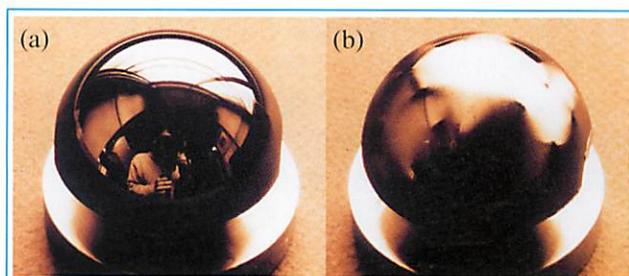


図1. エッチング前後のシリコン試験片

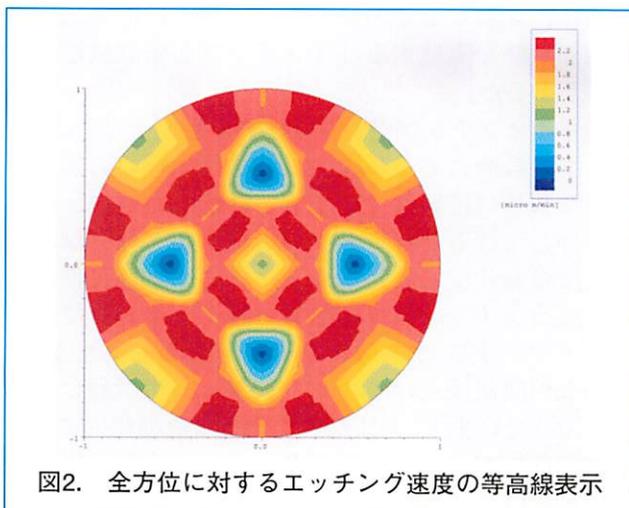


図2. 全方位に対するエッチング速度の等高線表示

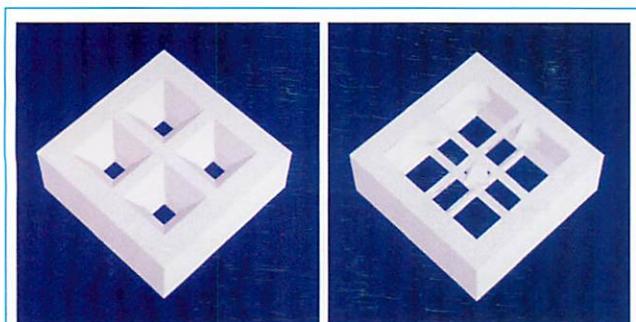


図3. 3次元エッチングプロフィール解析例  
(MICROCADによる出力表示)

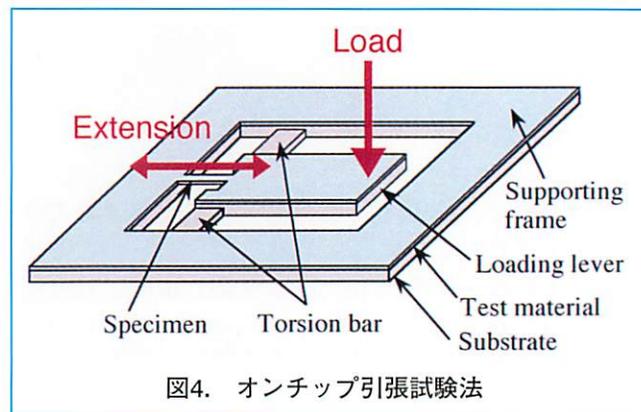


図4. オンチップ引張試験法

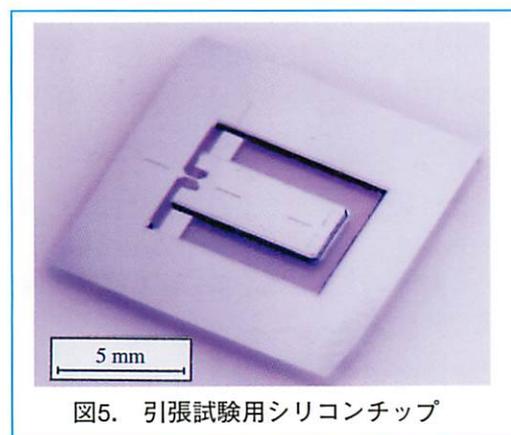


図5. 引張試験用シリコンチップ

めています。今年から、共同研究者の来日も予定されています。

## (2) ミクロンサイズの材料の引張試験

マイクロマシンには、従来の機械では考えられなかったような材料が機械要素として使われます。すなわち、気相から成長した薄膜や、めっきで成長した金属などです。これらの機械的性質は、バルク材料のそれとはかなり異なり、しかも成膜する装置にも依存するというやっかいな代物です。

マイクロマシンの工業化を促進するには、様々な薄膜の性質をきちんと測ること、それらをデータベース化することが緊急の課題です。この問題意識から、従来の引張試験機では試験できない薄膜材料を対象に、それらをシリコンチップの上にある状態で引張り試験を実施する「オンチップ引張試験法」を提案しました。

図4にオンチップ引張試験法の原理図を示します。チップの表面にある薄膜引張試験片はその両端がシリコン基板に接続しています。回転レバーの一端を針で押し下げるとトーションバーがねじれて試験片がほぼ単軸状態で引張られます。この試験に使われるシリコンチップは、結晶異方性エッチングで製作されます。実際のチップの写真を図5に示します。静的な引張試験だけでなく、衝撃・疲労試験にも展開を図っています。「はたして材料は微細化によって機械的性質が向上するのか？」という命題に実験的な回答を得ることを目標に研究を進めています。

## 3. おわりに

私の研究経歴は金属加工の研究からスタートしましたが、1983年から一転して、シリコンのマイクロマシニング技術を応用したマイクロマシンの研究を進めてきました。1991年に通産省の産技プロジェクトが発足して以後、幅広い分野の研究者が様々な形でマイクロマシン研究に参加しているのは喜ばしいことです。

この分野の発展に必要不可欠であると日頃考えていることは、特に機械系の研究者・技術者がホトリソグラフィ・エッチングといったシリコンマイクロマシニング技術の特徴を熟知し、これを活用して新たな技術の展開を図ることです。マイクロマシンは、異質な技術の融合による技術的ブレークスルーの可能性を常に提供していると信じています。私の研究室は、加工技術をキーワードにして、異分野の研究者・技術者と積極的に交流しています。詳しくは研究室のホームページ

(<http://www.kaz.mech.nagoya-u.ac.jp/index.html>) をご覧下さい。

## 平成9年度「マイクロマシンの基礎技術の研究」その1

(財)マイクロマシンセンターでは多様なマイクロシステムの構築に必要な理工学を始めとする技術シーズの探索によって基礎技術の強化を図るために学、官、産共同で平成4年度から種々の技術シーズを調査テーマとして取り上げてきました。平成9年度には8テーマについて調査研究を行ってきましたが、今回4テーマの報告要旨をここに掲載いたします。

### 生物のエネルギー利用法に関する調査研究

東京大学大学院工学系研究科機械情報工学専攻 助教授 下山 勲

動物は、光合成由来のブドウ糖を分解し、その際に放出されるエネルギーを生命活動に利用しています。このグルコース代謝は酸素を必要としない解糖系と、有酸素の系に分かれますが、エネルギーの大部分は酸素による酸化反応によって生成されます。しかし、酸素は体内に蓄えることが困難な物質であるので、生命活動を維持するためには常時体外から酸素を取り込み、個々の細胞に供給しなければなりません。動物はそのサイズや生息環境にあった方法でこれを行っています。

昆虫より小さな生き物は特有の呼吸器官を必要としません。また、大きな生き物では専用のガス交換機と血液を用いた体循環によって酸素を供給しています。これに対して、昆虫の呼吸系は気管系であり、体表の気門から大気を取り込み、気管を通して組織に輸送した後、個々の細胞でガス交換を行っています。気管系の基本的な構造は、12対の気門とそこから内部につながる気管で構成されています。また、気門は筋肉によって開閉される構造を持っています。

昆虫の気管内のガス輸送は基本的に拡散を利用しています。拡散は濃度勾配によって生じ、組織での酸素消費量が増えれば自動的に酸素供給量も増加するので、単純ですが有効な手段です。しかし、体長が大きくなるにつれて駆動力である濃度勾配を高く保つことができなくなるので昆虫の体長の制限となります。

運動時の酸素消費量は安静時の10倍以上に増加します。小さな昆虫では拡散のみで必要量がまかなえますが、大きな昆虫では換気のみが必要になります。たとえば、飛翔時の筋収縮によって気管の体積が変化するので、ポンプとして利用しています。

生体エネルギーの源泉は、もとをただせば太陽の光です。そこで、光エネルギーを獲得する機構としての光合成、ATPサイクルについて調査しました。生体に極めて特徴的なのは、このATPの化学エネルギーを直接のエネルギー源として、熱機関のような温度勾配無しにエネルギー変換を行う点にあります。

マイクロマシンは寸法が小さく、エネルギーを蓄えるスペースが限られるので、外部からのエネルギー供給が不可避と考えられます。現状で考えられるものは光、マイクロ波、機械振動など、生物と同じようにまわりの環境からエネルギーを獲得する方法です。さらに、生体のもつエ

ネルギー獲得・変換機構そのものを利用して電池を作るという方法も考えられます。このような電池を生物電池と呼びますが、葉緑体に含まれるクロロフィルと液晶物質を組み合わせた生物太陽電池や、ミトコンドリアにおける酸化還元反応をモデルとしてグルコースを燃料とする酵素電池、グルコースを資化して水素を作り出す微生物(水素産生菌)を電極上に固定化した微生物電池などが試作されています。

生物の代謝率は体重の0.75乗に比例することが知られています。これは、寸法が小さくなるにつれて体重あたりのエネルギーの消費が大きくなることを意味し、エネルギー効率は悪くなります。

筋肉によって発生される力は、生物の種や部位によらずほぼ一定で、筋繊維の構造で基本的に決まるようです。すなわち、筋肉によって発生される力は生物にはよらず、ほぼ断面積に比例することになります。さらに、筋肉の収縮量も体格に依存しないことが知られています。筋肉において発生するひずみはおよそ0.3ぐらいで一定しています。したがって1回の筋収縮で得られる仕事(力×距離)は単位体積あたりでは動物の大きさに関わらず一定です。そのため、筋肉の出力パワーは、収縮の速さに比例することになります。

動物の体のサイズが小さくなれば、脳で考え神経系が伝達し、筋肉系が運動するといった複雑な処理をおこなうよりも、骨格や感覚器などの構造そのものを変化させたほうが単純で、筋肉にも複雑な動きは要求されません。跳躍、飛翔、歩行といった、動物の代表的な運動において、サイズの小さい生物が、いかに巧みな構造を持ち、獲得したエネルギーを効果的に運動に利用しているかについて調査しました。

歯車やリンク機構に代表される機構学がコンピュータにとって代われ、メカトロニクスと呼ばれています。確かに機構部品をコンピュータに置き換えることで機械は大きな飛躍を遂げましたが、マイクロマシンには、マイクロマシンに適した新しい設計論があるものと思われる。この設計論を生物に見いだすには、教科書に記述があるような一般化された事実だけではなく、個々の種に特徴的なメカニズムに着目することも重要なことのように思われます。

# マイクロマシン材料および部品の特性評価に関する調査研究

慶応義塾大学工学部 教授 三井 公之

マイクロマシン技術の発展のためには、各種材料の特性、マイクロセンサ、マイクロアクチュエータ、各種部品の特性を評価する技術を確立することが必要です。このため、以下の各項目についての研究開発の現状についての調査研究を行いました。

「マイクロ部品の形状・寸法計測手法に関する調査」では、マイクロ部品を対象とした形状計測に関する研究動向調査を行うとともに、測定上必要となる各種形状の微細なプローブを、マイクロ型彫り放電加工により製作する手法について報告しています。金型を作成するために使用する円錐状の工具電極の製作、円錐状工具電極による円錐状の穴の加工を経て測定用のL字型探針、X-Z型探針の製作方法について述べ、製作した探針による測定例について示しました。

「各種マイクロマシン用材料の特性評価法に関する調査」においては、マイクロマシン用材料技術について述べています。マイクロマシン材料としては、これまでシリコン等の材料に関する材料技術について多くの検討が成されてきましたが、マイクロマシンの構造と機能の高度化を実現するためには、金属やその他のマイクロマシン用材料技術を確立する必要があります。従来のバルク材の場合とは異なった視点からの評価方法の導入が必要となります。とりわけ重要な評価項目の一つが、材料の微細形状への創成法とその特性評価で、バルク材としての材料特性がどれほど優れていても微細加工が不可能であったり、微細化にともないバルク材とは異なった特性を呈するのであれば、マイクロマシン材料としての適合性に欠けることとなります。調査研究では、マイクロマシンを構成する金属材料について、その微細成形特性の評価、および材料加工法とその特性評価に関する調査研究を行いました。

「マイクロ可動部品の設計手法とその評価法に関する調査」においては、微小化に適したマイクロ能動対偶を提案すると共に、そのマクロモデルを試作することにより特性を明らかにし、設計手法と評価手法を確立することを試みました。微細な作業を行うには、高精度、スペースの節約という面から微小なマニピュレータが適しているものと考えられます。マニピュレータの可動部品の一つに対偶がありますが、特にリアルタイプのマニピュレータの場合には、そのほとんどが能動対偶であることから、ここでは板状の形状記憶合金を用いた超弾性ヒンジとアクチュエータの両機能を兼ね備えた能動対偶「アクティブヒンジ」を取り上

げました。形状記憶合金と超弾性合金で構成されたアクティブヒンジは、摩擦が無いことから潤滑の必要もなく、静粛な微小マニピュレータの構成に適しています。アクティブヒンジの節間の相対角について解析し、実験結果と比較しながら理論の妥当性および問題点について考察を加えています。

「リソグラフィ技術によるマイクロセンサの製作と評価法に関する調査」では、リソグラフィ技術によるマイクロセンサの製作と評価法について述べています。フォトリソグラフィを中心とした技術で製作されるマイクロセンサには圧力、加速度、角速度などの物理量を計測するもの、ガス濃度、イオン濃度などの化学量を計測するものなど色々なものが報告されていますが、本調査では、感度や分解能などの特性が構造に依存し、また、マイクロ化によるメリットが最も大きいセンサの一つである熱式センサについて報告しています。

「マイクロ3次元測定機用のナノプローブに関する調査」では、ナノ3次元座標測定機の最も重要な要素であるナノメートルオーダの精度を持つ3次元位置検出プローブについて報告しています。レーザトラッピングプローブは、プローブ球の保持力に集光レーザービームの放射圧を利用することによって、分解能と接触圧の2つの問題点を同時に解決することを基本的な構想としたものです。プローブ球は非常に小さな光放射圧の力学的釣り合い状態で保持されますので、接触圧はほとんど無視することができますので、マイクロ部品の形状評価への適用が期待されます。

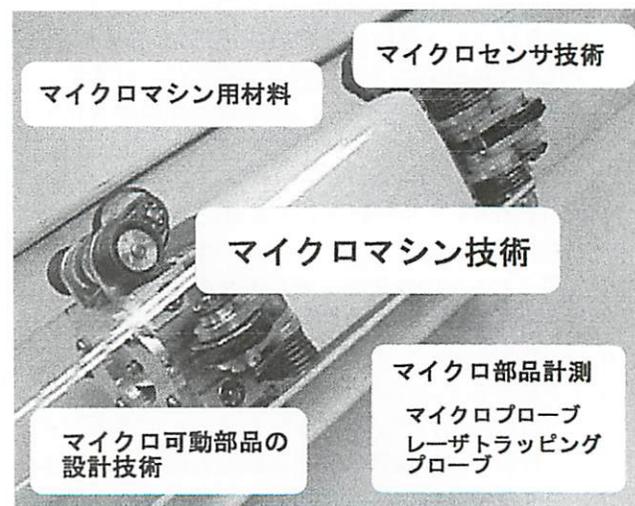


図1. 調査研究の概念図

# マイクロマシンと光の融合技術に関する調査研究

東京大学生産技術研究所 教授 藤田 博之・講師 年吉 洋

今日、インターネットやマルチメディア通信が広く使われていますが、従来の電話回線では通信が遅すぎて問題となっています。これを解決するため、2010年までに光ファイバーを使った高速で大容量の通信ネットワークを各家庭に接続する計画が着々と進んでいます。光の信号を伝える時、その経路をうまく選択して望みの場所に届くようにしなければいけません。従来は光信号を一度電気信号に直してからスイッチで切り替え、また光信号に戻して送信するという手間がかかりました。これからは、マイクロマシンでファイバー自体を動かしたり、小さな鏡を出し入れすることで、光信号のままで経路を切り替えるマイクロマシンによる光スイッチが期待されています。

そもそも光は重さが無いため、それを扱うにはミラーなどを動かせば十分で大きな力がいらぬし、透明なパッケージに収めたマイクロマシンに外から光を当てただけで非接触で作用を取り出せるなど、光技術はマイクロマシンを応用するのに好適の分野です。さらに光マイクロマシンは、通信ネットワークだけでなく、データ記録、プリンタ、センシングなど情報機器へ広く応用することができるため、社会的インパクトの大きな製品が生まれる期待が大きい分野です。

光マイクロマシンの歴史をたどると1970年代までさかのぼることができるが、現在では技術が進み、集積型の光マイクロマシンを作ることが可能になってきました。つまり、光導波路、光ファイバーのコネクタ、半導体レーザ、マイクロレンズ、可動ミラー等をマイクロマシン加工で一体製作することができます。このような光マイクロマシンは、次のような利点があります。

- (1) システム全体を小型化する。
- (2) デバイスを多数並べ、その並列処理で高性能を発揮する。
- (3) 光軸あわせや組立の手間が不用。

上記のような利点を持つ光マイクロマシンの応用を分類した図を示します。大きく分けて、(イ) 光信号を制御するためにマイクロマシンを用いる応用、(ロ) マイクロマシンを用いて光センシングを行う応用、(ハ) 光自体を用いてマイクロマシンを動かしたり作ったりする技術の三つに分けられます。図に示した応用のうち、光ネットワーク用のデバイスである、ファイバのアライナ、光スイッチ、波長可変レーザやフィルタが有望です。これに加え、情報機器への応用として、ディスプレイやデータ記録装置、各種センサも早期の実用化が期待できます。

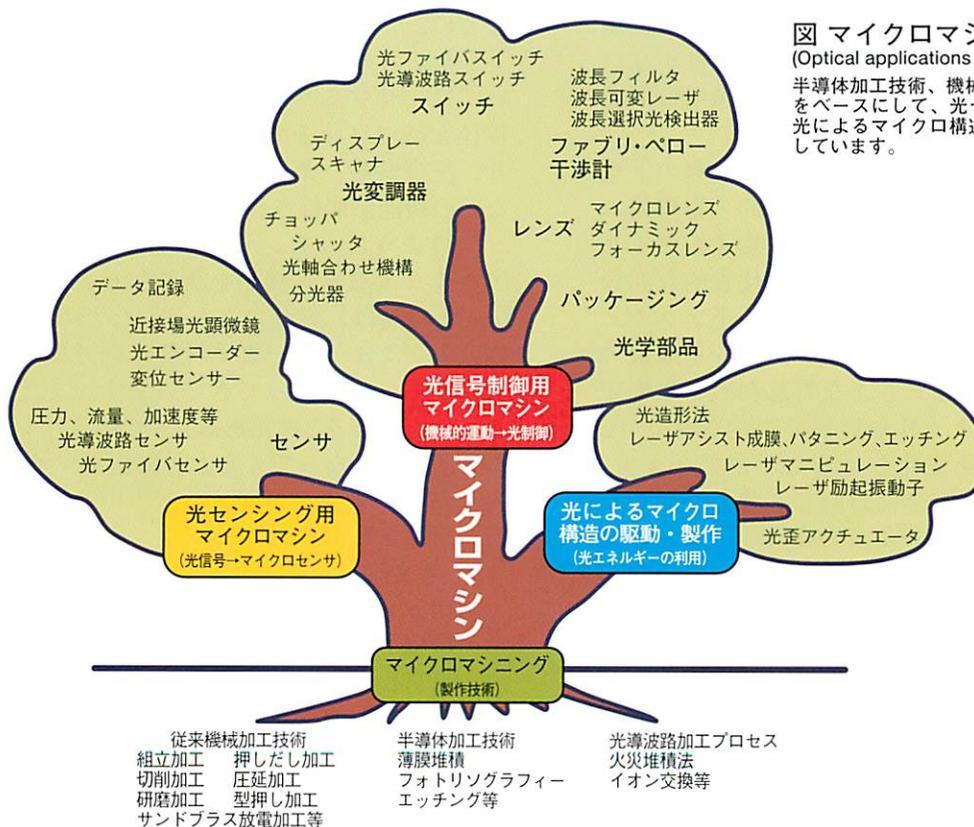


図 マイクロマシンの光学応用  
(Optical applications of micromachines)

半導体加工技術、機械加工技術、光導波路加工技術をベースにして、光センシング用マイクロマシン、光によるマイクロ構造の駆動・製作の3分野に発展しています。

# 高分子インテリジェント材料のマイクロマシンへの適用に関する調査研究

北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科 教授 由井 伸彦

センサー機能、プロセッサ機能、アクチュエーター機能を兼備したインテリジェント材料の概念は、それぞれを独立に設計していた従来からのシステムを根本から革新する可能性を有しています。中でも、高分子インテリジェント材料は、成形加工性、構造・機能の多様性、安価な製造コストなどの面で広範囲な領域での応用が期待されています。本調査研究では、高分子インテリジェント材料のマイクロマシンへの適用性を、マイクロ化というキーワードのもとに実施しました。とりわけ、近年に進歩の著しい高分子インテリジェント材料として、(1) 超分子系材料のマイクロマシンへの適用可能性、(2) 高分子アクチュエーター材料のマイクロマシンへの適用可能性、(3) 高分子ソフト材料のマイクロマシンへの適用性、を重点的に取り上げ、更には高分子インテリジェント材料のマイクロ化加工組立技術を、(4) 2次元及び(5) 3次元レベルでのマイクロ化に着目して詳細な調査研究を行いました。

(1) としては、多数の環状分子空洞部を線状分子が貫通した包接錯体の両末端を嵩高い置換基でキャップした超分子であるポリロタキサンがあげられます。ポリロタキサンの分子ピストン機能の調査より、外部刺激に応答して環状分子を可逆的に移動させることができ、マイクロマシンへの適用性が期待されます。さらには、ポリロタキサン末端基の分解に規定された超分子構造が解離する生体内分解性ポリロタキサンは、医療用マイクロマシンへの適用可能性が期待されます。

(2) としては、高分子アクチュエータ材料のトランスデューサー機能に着目して、化学的・物理的エネルギーを力学などのエネルギーへ変換するマイクロマシンへの可能性があげられます。代表的な高分子アクチュエータ材料である導電性高分子アクチュエータ、高分子圧電アクチュエータ、高分子静電アクチュエータ材料は、さまざまな外部刺激や環境変化に反応・適応してサイズや形状を変化させたり、あるいは構造や機能を変化させることができます。また、マイクロ化した場合においても強力なアクチュエーターとして利用できることから、 $\mu\text{m}$ の領域をカバーするインテリジェント素子への応用が期待されます。

(3) としては、高分子ゲルを用い、筋肉などの生体運動機能を模倣しアクチュエータへの応用を目指したシステム、すなわち生物化学反応(酵素反応)

によって駆動されるエネルギー変換システム(バイオケモメカニカルシステム)の構築があげられます。ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)(PNIPAAm)ゲルと酵素によるバイオケモメカニカルシステムは、酵素反応によりゲルの膨潤・収縮を通して力学エネルギーに変換できます。このようなゲルの膨潤・収縮はゲル網目構造に影響されるものと考えられ、ゲル調製法による膨潤・収縮速度の制御が可能です。均一なゲル網目の構築により、従来の不均質構造ゲルと比較して収縮速度が著しく大きくなります。さらには、自律振動機能を持つ高分子ゲルの設計の面から、ペローソフ・ジャボチンスキー反応(BZ反応)とPNIPAAmゲルを骨格とした駆動システムの構築により、外部刺激を必要としない振動システムが実現出来ます。

高分子インテリジェント材料の加工化は、マイクロマシンの創製に必要な不可欠な技術と考えられます。そこで(3)、(4)としては、単分子・LB膜、自己組織化、表面修飾法などによる2次元加工化、及び機能性ナノスフェア(高分子微粒子)の合成と積層薄膜化などの3次元加工化があげられます。2次元加工化においては、ポリイオンコンプレックスを利用した交互吸着法によるバイオリクターの作製や生体内分解性ポリロタキサンのガラス表面への化学修飾などの2次元加工化による機能から、インテリジェントシステムの構築が可能です。また3次元加工化においては、サブミクロンあるいはミクロンオーダーの粒径を持つ高分子微粒子を利用した自己組織化により、医療診断、薬物送達システム用担体、触媒担体などの機能が期待されます。

このように、センサー機能、プロセッサ機能、アクチュエーター機能を兼備した高分子インテリジェント材料は、ポリロタキサンなどの超分子系材料、高分子アクチュエーター材料、刺激応答性ゲルの設計により可能になってきています。また、インテリジェント機能を2次元あるいは3次元レベルで発現することが可能になってくると、医療用マイクロマシン、人工筋肉、マイクロ素子などへの応用が実現するものと期待されます。

(参考文献)

1. 緒方直哉、寺野 稔、由井伸彦(編)、機能性超分子の機能設計と将来展望、シーエムシー、東京、1998.

## 岡山マイクロマシンセミナー開催される

岡山マイクロマシンセミナーは、平成10年9月11日（金）の午後、当センター及び岡山県工業技術センター、岡山県新技術振興財団、岡山県精密生産技術研究会、岡山県レーザー加工技術研究会が主催して、岡山市のテクノサポート岡山で開催されました。

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「マイクロ圧電式モータ」（セイコーインスツルメンツ(株)製）及び「マイクロ流体操作デバイス」（(株)日立製作所製）について、古田一吉氏及び当センター石川研究部長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貰うよい機会となりました。

岡山県工業技術センターの柄川尚慶システム技術部長に前半の座長を、また、(株)吉備NC能力開発センターの片山雅博取締役社長に後半の座長をして頂きました。

講演では、岡山県工業技術センター中村吉宏所長の挨拶に続き、MMC平野隆之専務理事、湘南工科大学北原時雄教授、MMC石川雄一研究部長がそれぞれ「MMCの事業について」、「マイクロマシンの特徴」、「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。

### 「マイクロファクトリーの現状と将来」

セイコーインスツルメンツ(株) 古田 一吉氏

### 「2次元搬送ユニット」

(株)富士電機総合研究所 中澤 治雄氏

### 「ナノマシンによる超精密マイクロ加工」

ファナック(株) 基礎技術研究所 奥 秀明氏

### 「マイクロマシンの力計測」

横河電機(株)開発プロジェクトセンター 尾上 寧氏

セミナーは岡山県新技術振興財団の吉田茂二専務理事による閉会の辞で盛況のうちに終了しました。

岡山では、今回のセミナーでご協力頂いた主催者が中心となって地域産業の中核的技術支援機関として、鈹工業、繊維、発酵分野の先導的技術開発や産学官共同研究に取り組むとともに、企業ニーズに基づく技術相談や研究・試験等を行い、県内企業の創造的活動を積極的にしています。さらに、私設設備を産学官の研究者・技術者に解放し、地域における研究開発、技術交流を支援しています。

岡山県には微細な機械加工技術、精密金型加工技術、バイオ関連技術等、マイクロマシン及びマイクロメカニズムに応用出来る技術を有する企業が多数あります。

そのため、マイクロ理工学、微小機能要素技術などの多様な技術分野の融合であるマシン技術を産業、社会、生活の多方面で有効に活用するための契機として、このセミナーに寄せる関心は高く岡山県内及び中国地方の精密機械工業や精密電子工業、レーザー加工工業に関連する30社からの聴講者46名と、大学・高専・工業高校・研究所からの聴講者24名を合わせて70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。



岡山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風景

## 第4回国際マイクロマシンシンポジウムいよいよ開催

毎年恒例となってきたと言っても良いほどとなり、毎回内外から多くの関心を集めている国際マイクロマシンシンポジウムは、今年で第4回目となり、10月29日・30日の二日間、東京・北の丸公園内の科学技術館サイエンスホールにて開催されます。

昨年は、英国政府の調査ミッション「ITS Mission to Japan」(ITS=The International Technology Service)がシンポジウムに参加しました。このミッションは、招待講演者でもあったインペリアル大学のProf. DOREYを団長とし、英国産業界の指導的立場にある方々から構成され、日本でのマイクロマシン技術に焦点を絞り、シンポジウム開催の時期に合わせて来日し、当センター賛助会員企業11社を含む合わせて14の大学・研究機関・企業を訪問しました。

今年度は、本シンポジウムの時期に合わせてIARP(International Advanced Robotics Programme)の会議が日本で開催され、会議出席者が本シンポジウムにも参加することになっています。IARPは、1982年のベルサイユサミットで設置が合意され、困難な環境における作業を人間に代わって行う先端ロボット技術システムの開発の促進と世界経済の活性化に貢献することを目的としています。マイクロマシンは、毎回その議題の一つとなっています。

今回のシンポジウムは、組織委員会(委員長:中島尚正東京大学工学部長)が企画立案を行い、プログラム委員会(委員長:佐藤知正東京大学教授)がプログラムと招待講演者を選定し、さらには、今年、豪州・メルボルンで開催された第4回マイクロマシンサミット参加の欧米諸国の首席代表9名から成るアドバイザーボードを設置し、開催されることとなりました。

第一日目は、招待者による講演を行います。開会冒頭の「オープニング」のセッションでは、通商産業省、工業技術院、新エネルギー・産業技術総合開発機構からの来賓挨拶に続き、桐蔭横浜大学工学部長林輝先生の「マイクロメカニズムの世界」と題する特別講演が予定されています。林先生は日本におけるマイクロマシンの草分け的存在で、その講演はマイクロマシン技術に携わる方々はもとより、それ以外の分野の方々にも大変興味深いものになると期待される所です。

本年の海外からの招待講演は、6件7名で欧州委員会のNEXUS(Network of Excellence in Multifunctional Microsystems)委員長Mr. MENOZZIが昨年に引き続き

講演をされますが、今年は、NEXUSが行った市場予測の分析結果をMr. ELOYと共同で講演します。

この他には、製品開発に実績をあげている米国のファウンドリの状況、豪州で既に実用化されている人体埋込型人工内耳、米国Case Western Reserve 大学におけるMEMS研究の状況、化学・生物情報分析のためのチップ状デバイスについての講演があります。

海外からの招待講演者とその演題は次の通りです。

- Mr. Gaetan MENOZZI/NEXUS, 欧州委員会(フランス)
- Mr. Jean-Christophe ELOY/YOLE Developpement(フランス)  
「NEXUS - Results of the Market Analysis」
- Mr. John HUIGEN/Bionic Ear Institute(豪州)  
「Application of MEMS to Cochlear Implants and Aids to Hearing」
- Ms. Karen W. MARKUS/MCNC(米国)  
「Foundry and Product Development Activities in the USA」
- Prof. Wen H. KO/Case Western Reserve University(米国)  
「MEMS Research/Development at Case Western Reserve University, USA」
- Dr. Jean-Jacques GAGNEPAIN/CNRS(フランス)  
「MST R and D Programmes at CNRS」
- Dr. J. Michael RAMSEY/Oak Ridge National Laboratory(米国)  
「Lab-on-a-Chip Devices for Acquisition of Chemical and Biological Information」

一方、国内の招待講演者は、林先生の他には8名で、マイクロマシン研究開発の加工ファウンドリの役割など、マイクロマシンの研究開発に関する講演と、「～とマイクロマシンの出会い」をキーワードとし、小学生や生物、折り紙を主題としたユニークな講演を予定しています。

国内の招待講演者とその演題は次の通りです。

- 城所哲夫/東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻  
「21世紀の生活様式とマイクロマシン」
- 杉山 進/立命館大学理工学部機械工学科  
「マイクロマシン研究・開発におけるマイクロ加工ファウンドリの役割」
- 中島尚正/東京大学大学院工学系研究科  
「小学生とマイクロマシンの出会い」
- 神崎亮平/筑波大学生物科学系  
「生物とマイクロマシンの出会い」

桃谷好英/京都インターナショナルユニバーシティ

「折り紙とマイクロマシンの出会い」

細田直江/東京大学先端科学技術研究センター

「可逆的マイクロボンディング」

三好隆志/大阪大学大学院工学研究科

「ダイヤモンド微粒子を用いた光放射圧マイクロ加工」

藤田博之/東京大学生産技術研究所

「マイクロマシン光学ベンチ」

二日目は、通商産業省工業技術院の産業科学技術研究科制度プロジェクト（産技プロジェクト）「マイクロマシン技術の研究開発」の進展状況の発表を行うもので、工業技術院の岡崎誠研究開発官による総論と三国研（機械技術研究所、電子技術総合研究所、計量研究所）の部長・室長によるマイクロマシン技術の研究紹介と将来展望等の講演と、当センター研究開発部会の部会長と4名のスタディグループ主査による産技プロジェクト第2期研究開発の概要と技術動向調査についてのプレゼンテーションが行われます。更に産技プロジェクトの最新の成果の発表が研究賛助会員各社の研究者より行われます。岡崎研究開発官のほかの講演者と講演タイトルは次の通りです。

榎本祐嗣/通商産業省工業技術院機械技術研究所

「機械技術研究所におけるマイクロマシン研究の現状と将来展望」

築根秀男/通商産業省工業技術院電子技術総合研究所

「電子技術総合研究所におけるマイクロマシン技術の研究」

梅田 章/通商産業省工業技術院計量研究所

「計量研究所におけるマイクロマシン研究の成果と将来課題・展望」

柳沢一向/(財)マイクロマシンセンター 研究開発部会長

「第2期研究開発の現状」

笹谷卓也/(株)デンソー

「マイクロ波による配管内エネルギー供給」

樽井久樹/三洋電機(株)

「レーザCVD配線による光伝送システムの集積化」

武田宗久/三菱電機(株)

「マイクロマシン運動機能シミュレータ」

清水紀智/松下技研(株)

「減速走行デバイス用超小型遊星減速機構」

中田秀人/オリンパス光学工業(株)

「マイクロ溶接デバイス」

光岡靖幸/セイコーインスツルメンツ(株)

「走査型近視野顕微鏡を用いたマイクロ光加工」

原田 武/(株)日立製作所

「表面処理技術を用いたマイクロ液体操作デバイス」

工藤 剛/テルモ(株)

「カテーテルへのマイクロマシン技術の応用」

山岸秀章/(財)マイクロマシンセンター研究開発部会SG主査

「マイクロマシン計測技術の動向調査」

後藤博史/(財)マイクロマシンセンター研究開発部会SG主査

「マイクロマシン設計・シミュレーション技術の動向調査」

中澤治雄/(財)マイクロマシンセンター研究開発部会SG主査

「マイクロアクチュエータ技術の動向調査」

なお、第9回マイクロマシン展が同じ科学技術館1階において10月28日から併催され、当センターの研究賛助会員を始め、マイクロマシンに関連する76の企業・大学・団体等からの展示が行われます。賛助会員企業と三国研からは産技プロジェクトを中心とするマイクロマシン技術関連の具体的な成果が展示されます。本シンポジウムの二日目は午後3時50分に終了しますので、講演と併せ、マイクロマシン展を見学することにより、効率的にマイクロマシンを理解する絶好の機会を提供します。本シンポジウム参加者は、参加証を提示することで、マイクロマシン展に自由に入場できます。

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

## 株式会社日立製作所



機械研究所所長 河合 末男

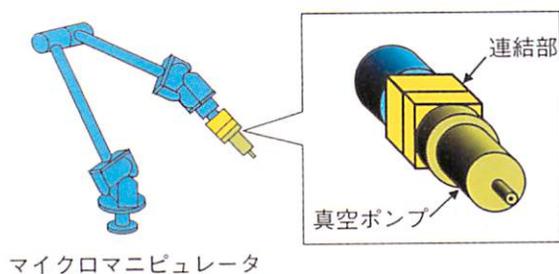
### 1. マイクロマシン技術への取り組み

当社では幅広い製品群の開発を支えていくために、機械系の先端基盤技術の創成、強化に力を入れております。長年にわたって培ってきた機械系基盤技術に加えて、物理、化学、生物、電子工学など、他分野との境界領域の研究も取り入れております。マイクロマシン技術もそのひとつで、情報・通信機器、医用・分析器機、自動車機器など広範な分野において革新的な基盤技術になると確信し、通産省産技プロジェクトに参画して積極的に取り組んでおります。

### 2. マイクロマシン技術の開発

産技プロジェクトでは、マイクロファクトリシステムの概念を実現するシステム化技術の研究開発の一環として、マイクロ流体操作デバイス（送液デバイス及び把持デバイス）の開発に取り組んでおります。送液デバイスとして、エッチング液やメッキ液などの腐食性液体を操作する高出力マイクロトロコイドポンプ、バルブ、流路などを開発しています。また、把持デバイスとして、真空吸着用のマイクロポンプの開発も行っております。本ポンプはインボリュート曲線形状からなる固定及び旋回スクロールで構成されており、低振動で、かつ高い容積効率が期待できます。部品組立用マイクロマニピュレータの先端に取り付けられます（図1）。

当社はこれらのデバイスの実現のために、三次元マイクロ加工技術、表面処理技術及び接合組立技術を開発し、機械要素のマイクロ化に取り組んでいます。



マイクロマニピュレータ

図1. マイクロ部品把持デバイスコンセプト

三次元マイクロ加工技術：単結晶シリコン(Si)の異方性エッチング技術の開発を進めてきました。全結晶方位にわたってエッチレートを測定し、そのデータベースをもとに異方性エッチングプロファイル解析ソフトを独自で開発し、これにより、三次元マイクロ部品が簡単に製作できるようになりました（図2）。



図2. 三次元翼ロータ

表面処理技術：送液デバイスの液体シール性を向上するため液体を完全にはじく表面処理技術を開発しました。これにより、加工誤差で多少ギャップが存在していても、液体をシールできポンプ性能は低下しません。また、その耐久性も確認しております。

接合技術：ウエハサイズで製作されるマイクロ構造体の組立を想定した低温接合技術及びその装置の開発を行ってきました。本技術では、アルゴンイオンあるいはアトムの照射を用いて接合面を清浄、活性化することにより、低い温度で、かつ低ひずみで複数のウエハが一括積層接合できます。また、Si以外の材料の接合や特定の箇所だけを選択的に接合する技術の開発も進めております。

### 3. 今後の取り組み

マイクロマシニング技術の台頭、高度化及びシステム・オン・チップ化が進むなかで、これからはマイクロ要素デバイスからマイクロシステム化に向けた研究開発が盛んになるでしょう。分析系や制御回路の一体化を目指す $\mu$ -TAS (Total Analysis System)がその良い例です。当社でも、今後はシーズ発想よりニーズ発想に重点を置いて、『夢をかたちに、感動を社会に』与えるべく研究開発を進めてゆきます。

# ファナック株式会社



代表取締役会長 稲葉 清右衛門

## 1. マイクロマシン技術への取り組み

最近の我が国経済は大変厳しい状況にあります。製造業はまだしっかりと日本経済の基盤を支えていると思います。ファナックは研究開発を経営の基盤に置き、「ロボット化」「超精密化」「知能化」をキーワードに商品開発を行い、製造業の自動化に貢献したいと考えております。

マイクロマシン技術の研究開発もこの方針に沿って進めています。超精密加工機を使っての超精密マイクロ加工技術の研究開発と、マイクロ組み立て作業の自動化を実現するためのマイクロアームの研究開発に取り組んで参りました。

## 2. マイクロマシン技術の開発

半導体製造技術を応用したマイクロマシニング技術は、近年大きな進歩を遂げました。しかし、加工形状に余り制約を受けない機械加工技術を使って、マイクロマシニングを実現できれば、マイクロマシン技術の幅が一段と広がるはず。機械加工によるマイクロマシニングでは、加工の精度が重要です。一般的に寸法や面の精度は部品の大きさに依存し、部品が小さい程、高い精度を要求されます。従って、マイクロパーツには超精密加工技術が適していると考えられます。

当社は、軸受け、ガイド、送りネジ・ナット間など、機械の可動部を支える箇所を全て空気静圧で受けることにより、摩擦を完全に無くした超精密加工機を開発しました。この機械は、超精密サーボ技術により100ミリメートル以上のストロークにわたって1ナノメートル前後の超微細な動きが可能です。

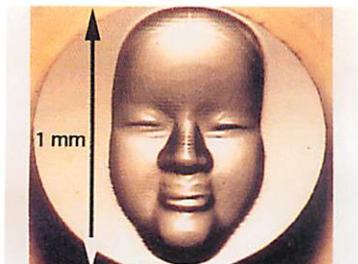


図1. マイクロ能面

この超精密加工機は毎分数万回転の高速エアタービンスピンドルを装備しており、単結晶ダイヤモンド工具を取り付けてマイクロ切削加工を行います。刃先を様々な形状に整形したダイヤモンド工具を駆使して、平面、曲面、V溝、丸溝など様々な形状の超精密マイクロ切削加工を実現できます。図1は、直径1ミリメートルの中に加工した3次元曲面の能面で、表面が面粗さ数十ナノメートルの鏡面になっています。

当社のもう一つの取り組みは、マイクロ組立作業を実現するマイクロアームの開発です。これは数ミリメートル以下のマイクロパーツをハンドリングの対象とする、垂直多関節タイプのロボットです。マイクロアーム実現の鍵は、その関節を駆動するマイクロサーボモータの開発にあります。減速機構を用いないダイレクト駆動がマイクロ化に有利と考えて、トルクが大きく、電源オフ状態でも保持力を持つマイクロ超音波サーボモータの開発に取り組んでいます。

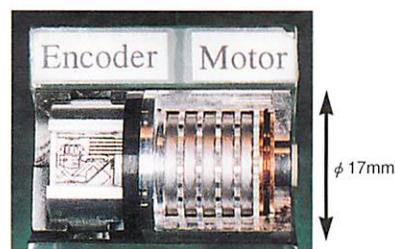


図2. マイクロ超音波サーボモータ (カットモデル)

## 3. 今後の取り組み

超精密マイクロ加工技術の開発と共に、それをどのように活用するかが重要な課題です。マイクロ金型を加工し、プラスチック射出成形でマイクロパーツを製作する量産技術への展開が、今後の一つの方向と考えています。

マイクロパーツを対象としたマイクロ組み立て作業は、自動化が難しい分野です。これに適したマイクロアームを開発することにより、マイクロ組み立て作業の自動化を前進させたいと考えています。

## 98マイクロマシン欧州ミッション

共同セミナーの開催の際に、現地の研究機関の訪問を行いました。その内容は以下の通りです。

訪問場所：LAAS/CNRS

フランス（トゥールーズ）

日時：6月8日（月）

面談者：Dr. Augustin Martinez

概要：

フランス国立の研究機関であるLAAS/CNRSは、1967年に創設され、主に航空機、自動車関連の研究について研究が行われています。今回は、その中でもマイクロ化に重点をおいて研究しているMicrostructure and Integrated Microsystems Groupの研究室を訪問しました。そして、実際にクリーンルームの中に入りその取り組みについて話を伺うことができました。

訪問場所：SINTEF

ノルウェー（オスロ）

日時：6月11日（木）

面談者：Dr. Ralph W. Bernstein

概要：

SINTEFは、スカンジナビア最大の研究機関で、非営利の財団として運用されており。同所では、北海油田を有しさらに環境を重視する国柄を反映していると思われる研究テーマが多く見られました。マイクロマシン関連の研究では、特にElectronics and Cybernetics Microsystems部門にて行われています。訪問では、環境問題を解消させる為に研究されているごみの自動分別機の実験を見ることができました。

訪問場所：ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

スウェーデン（ストックホルム）

日時：6月15日（火）

面談者：Prof. Peter Enoksson

概要：

KTHはストックホルムにある、1827年創設、スウェーデン最大の王立の工科大学であり、マイクロマシンの材

料からシステムまで多岐に渡って研究がされていました。特に、センサー工学科計測研究室のProf. Stemme教授のところでは、医療用血圧センサ、麻酔・換気装置用ガス分析システムなど過去に研究について企業より製品化されたという実績があります。現在は、シリコンテクノロジーを利用したマイクロポンプ、3-Dシリコンアクチュエータなどの研究が行われていました。

訪問場所：LINKÖPING UNIVERSITY

スウェーデン（リンショピン）

日時：6月16日（水）

面談者：Prof. Ingemar Lundstrom

概要：

Linköping Universityは、ストックホルムから南東に約200km離れた郊外に1968年に設立された国立の総合大学で、センサ技術ならびにケミカル・バイオ分野での研究が盛んに行われています。特にセンサ関連では、企業と連携し市場に直結した取り組みがされています。さらに、研究室の特徴としては、学部の壁を取り払った形で電気、機械、高分子、バイオ等の分野の間で構成されています。研究テーマはこの様な組織を反映しており高分子アクチュエータ、ナノサイズのケミカルLED、人工鼻など新しいマイクロマシンのアプローチがされています。

訪問場所：UPPSALA UNIVERSITY

スウェーデン（ウプサラ）

日時：6月17日（木）

面談者：Prof. Jan-Åke Schweitz

概要：

ウプサラ大学はストックホルムの北約70kmに位置し、スウェーデンの学術分野において重要な役割を果たしている総合大学です。1997年には、実験室床面積2,400平方メートルの研究施設オングストロームラボが完成しました。同所では、300名のスタッフ、1100名の学生により構成されており、材料化学部門、化学部門、物理部門および7つの外部組織により運営されています。そして、研究は基礎技術に主眼を置いておりその領域は、微細構造技術、機能表面、薄膜処理を基本とし、最終的には高度なシステム応用まで考慮しているようでした。



LINKÖPING UNIVERSITYにて



Laas/CNRSにて

## マイクロマシン欧州セミナー開催される

1998年6月に日本貿易振興会(JETRO)業界交流ミッションの一環としてフランス、ノルウェー、スウェーデンでマイクロマシンに取り組んでいる研究者との技術交流を目的としたセミナーを現地の研究機関と共同でセミナーを開催しました。これまでのヨーロッパセミナーでは、大学関係者および研究所などの基礎技術を中心とした交流でしたが、今回は、ベンチャー企業などを主体とした製品化を目的としたマイクロマシンという方向になってきました。マイクロマシンを取り巻く状況は、より製品化に向けた方向へと転換しており、我々が昔、理想として考えていた世界が次第に現実味を帯びてきていると思われれます。なお、セミナーの詳細は以下の通りです。

### 1. MMC-LAAS/JOINT SEMINAR

[開催日]:1998年6月9日(火)

[場 所]:LAAS/CNRS (トゥールーズ フランス)

[参加者]:42名

[演題および講演者]:

#### “開会の辞”

J.C. LAPRIE Director LAAS-CNRS

#### “マイクロマシンの将来展望”

平野 隆之 (財)マイクロマシンセンター 専務理事

#### “産業技術研究開発制度マイクロマシン研究開発の最新成果概要”

柳沢 一向 (財)マイクロマシンセンター 研究開発部会長  
オリンパス光学工業株式会社 部長

#### “宇宙応用のための3次元デバイス”

M. COELLO VERA Alcatel Espace

#### “管内検査マイクロマシンの研究開発”

川原 伸章 (株)デンソー 主任研究員

#### “分析を目的としたセンサ技術”

TSUNG TAN Alpha MOS

#### “マイクロスキヤナの研究開発”

矢田 恒二 オムロン株式会社 顧問

#### “マイクロジャイロスコープの研究開発”

大和田 邦樹 (株)村田製作所 部長

#### “BICMOSマイクロセンサ”

M. GENOT Siemens Automotive

#### “低侵襲手術のためのマイクロマシン技術”

大森 繁 テルモ株式会社 専門研究員

#### “細胞・電子工学によるナノテクノロジー”

Ch. JOACHIM CEMES

セミナー開催地であるフランスのトゥールーズでの産業は主に自動車・航空機等交通分野が盛んであることが知られています。そのため、マイクロマシン関連の研究開発もその分野への応用を目的としたものがいくつかありました。そしてセミナーを開催することにより、これまでに製品化したものに加え今後の研究課題などについても意見交換ができました。その結果、日本とフランス間の研究協力関係がより密になると思われます。

### 2. MMC/SINTEF/Joint Seminar on Micromachines

[開催日]:1998年6月11日(木)

[場 所]:SINTEF エレクトロニクス・サイバネティックス研究所 (オスロ ノルウェー)

[参加者]:20名

[演題および講演者]:

#### “SINTEFでのマイクロテクノロジーの取り組み”

Ralph W. Bernstein SINTEF

エレクトロニクス・サイバネティックス研究所

#### “マイクロマシンの将来展望”

平野 隆之 (財)マイクロマシンセンター 専務理事

#### “産業技術研究開発制度マイクロマシン研究開発の最新成果概要”

柳沢 一向 (財)マイクロマシンセンター 研究開発部会長  
オリンパス光学工業株式会社 部長

#### “管内検査マイクロマシンの研究開発”

川原 伸章 (株)デンソー 主任研究員

#### “マイクロスキヤナの研究開発”

矢田 恒二 オムロン株式会社 顧問

#### “マイクロジャイロスコープの研究開発”

大和田邦樹 (株)村田製作所 部長

#### “SensoNorにおけるセンサ技術の取り組み”

Henrik JAKOBSEN SensoNor ASA

#### “低侵襲手術のためのマイクロマシン技術”

大森 繁 テルモ株式会社 専門研究員

#### “ノルウェーでのマイクロマシン技術について”

Anders HANNEBORG SINTEF

エレクトロニクス・サイバネティックス研究所

SINTEFはスカンジナビア最大の研究機関であり、マイクロマシンについては、エレクトロニクス・サイバネティックス研究所にてセンサ技術を中心にヨーロッパにおいて積極的に研究活動を行っています。しかし、ここ数年では、日本との技術交流は疎遠にな

っていましたが、両国の最新の開発状況、さらにその取り組みについて意見交換ができました。これによりマイクロマシン技術に関する協力体制の基盤が確立できたと思われま

### 3.MMC-KTH/JOINT SEMINAR

[開催日]:1998年6月15日(月)

[場 所]:スウェーデン王立工科大学 (ストックホルム  
スウェーデン)

[参加者]:60名

[演題および講演者]:

#### “開会の辞”

Tomas Aronsson スウェーデン産業・技術開発庁  
マイクロマシンの将来展望”

平野 隆之 (財)マイクロマシンセンター 専務理事  
“産業技術研究開発制度マイクロマシン研究開発の最新成果概要”  
柳沢 一向 (財)マイクロマシンセンター 研究開発部会長  
オリンパス光学工業株式会社 部長

#### “ジャイロおよび加速度センサの開発”

Gert Andersson カルマー工科大学

#### “マイクロジャイロ스코プの研究開発”

大和田邦樹 (株)村田製作所 部長

#### “王立工科大学でのMEMSへの取り組み”

Goran Stemme 王立工科大学

#### “麻醉および換気のためのガス分析システム”

Pekka Merilainen Instrumentarium Corp.

#### “低侵襲手術のためのマイクロマシン技術”

大森 繁 テルモ(株) 専門研究員

#### “超小型血圧センサの成果 “

Dr. Edvard Kalvesten, 王立工科大学

#### “酸化エンジンのための化学センサ”

Tecn. Lic. Peter Tobias リンショピン大学

#### “マイクロスキャナの研究開発”

矢田 恒二 オムロン株式会社 顧問

#### “マイクロ衛星への応用”

Lars Stenmark ウプサラ大学

#### “閉会の辞”

Peter Enoksson 王立工科大学

企業、大学関係者などを中心に多数の参加があり、セミナーでは総合的なマイクロマシンの内容から各アプリケーションまで、両国の研究成果を互いに発表する形式で行われました。その結果として、互いに共通の問題を指摘し合う質疑、製品化する時期などについて質疑が行われました。このことは、今後に向けて研究開発を更に加速させる一つの要因になったと思われます。



MMC-LAAS/Joint Seminar



▼MMC-KTH/Joint Seminar

## セイコーインスツルメンツ(株) マイクロ圧電モータ

### 1. マイクロマシン技術の研究開発

当社は、微小な機械部品の加工・組立機構をデスクトップサイズに凝縮したマイクロファクトリに関する研究を行っています。本研究では、微小部品の加工、搬送、組立という従来の生産ラインの基本機能を有しながら、装置サイズの小型化を目的としており、実現すれば「省資源・省エネルギー・省スペース」といった特徴を備える環境負荷の小さい次世代の生産システムを構築することができます(図1)。

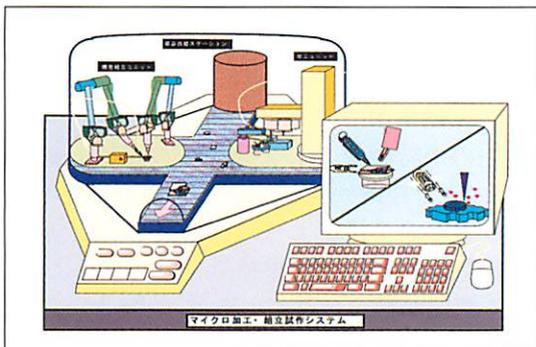


図1. マイクロファクトリのイメージ



図2. ポータブル展示品

とにより、格子パターンは回転しながら、スクリーン上を移動していきます。

#### 【展示品のポイント】

この展示品に使用しているマイクロ圧電モータ(図3)は、厚さ0.1 mmと非常に薄い振動体が3分割されており、その各々の裏側に圧電素子(PZT)が接着されています。圧電素子に電圧を印加すると、圧電素子の伸縮が振動体可動部の上下運動に変換され、さらにこの上下運動がロータの回転運動へと変換されます。印加する電圧は数Vと非常に低く、またその回転数も数十から数百rpmと、減速機構を使用せずに実用的な回転数が得られています。

### 2. ポータブル展示品の概要

#### 【展示品の製作意義】

マイクロファクトリに限らず、マイクロマシン技術により製作したデバイスでは、アクチュエータの小型化が必要不可欠ですが、その際、製作したデバイスが十分機能するだけの、発生力の大きなアクチュエータが必要となります。その点、この展示品(図2)で使用している圧電モータは、体格あたりの発生力を他の方式のモータよりも大きくすることが可能です。この展示品では、大きさが $2 \times 2 \times 2$  mmのモータのロータ(重さ480 mg)部分に重さ300 mgのプリズムを接着していますが、わずか数Vの電圧を印加するだけで、回転動作が得られており、小型・高出力という圧電モータの特徴を実証しております。

#### 【展示品説明】

マイクロ圧電モータのロータ部分にプリズムを接着し、プリズムがロータと一体に回転する構造となっています。このプリズムに、上側からグレーティングを介して、半導体レーザー光を照射すると、グレーティングで生成した格子模様が、プリズムによりスクリーン上へと投影されます。モータが回転するこ

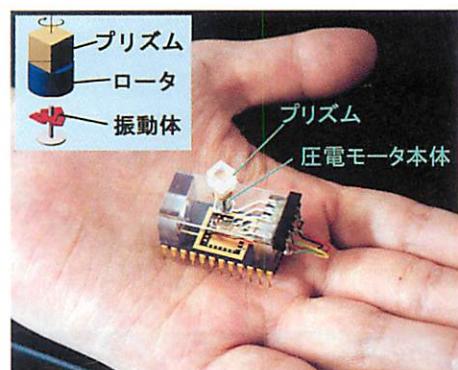


図3. マイクロ圧電モータ

### 3. 将来への応用

このマイクロ圧電モータは、低電圧駆動、高出力、減速機構不要等の優れた特長をもっていますので、さまざまなマイクロデバイスに応用することが可能です。マイクロファクトリにおいても、このデバイスを微小な位置決め機構に応用することを検討しています。

# (株)東芝 高機能CCDマイクロカメラ

## 1. マイクロマシン技術の研究開発

当社は発電施設を想定した直径10mmの配管内部を無線で移動する「管内自走環境認識システム」の先端に搭載される「マイクロ視覚」の研究を行っています。新規に開発した微小レンズ、静電モータ、三次元実装されたCCDモジュールを直径9mm長さ15mm強の中に収納し、システム移動時の前方視と、管壁内部の探傷を高分解能で行う事ができます。(図1)

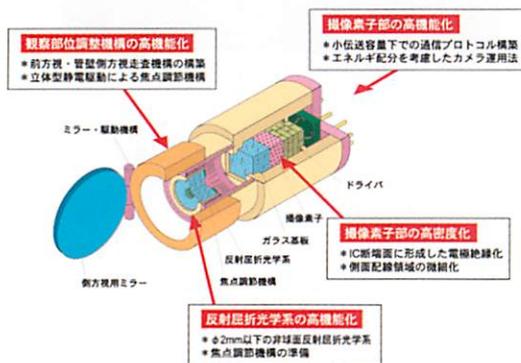


図1. マイクロ視覚

## 2. ポータブル展示の概要

### 【展示品の製作意義】

移動検査用のマイクロマシンでは、視覚情報が非常に重要となります。配管の曲がりや分岐など移動に必要な比較的遠方の映像の他、異物や傷の状況を至近距離で高分解能で観察しなければなりません。また暗い配管内部に投光した時に逆光となる金属反射を画像的に補正して再生する技術も必要となります。プロジェクトの中では、これら全ての機能のマイクロ化を推進していますが、展示品では少し大きいサイズ（とは言っても十分に小形なのですが）に適用して、研究成果の一端を紹介しています。(図2)

### 【展示品説明】



図2. ポータブル展示

本展示では弊社製の小指サイズカメラを中心に「高機能CCDマイクロカメラ」を構成しています。カメラ前で明滅しながら前後移動するターゲットの位置と明るさに応じて、レンズや映像信号が最適な状態に自動調整されます。逆光状態でも鮮明に再現される数十 $\mu\text{m}$ の映像は付属のモニターで観察できます。またレンズを駆動するマイクロアクチュエータの拡大映像は別のカメラを通して観察する事が可能です。

### 【展示品のポイント】

小形カメラの焦点調節は一般的に手動で行われますが、展示品では静電力駆動の4 $\times$ 8mmリニアアクチュエータの中にレンズを設置しているため電動的な調整が可能です。このアクチュエータは可動範囲が大きいのが特長で、レンズを前後に約3mm動かせば10mmの至近距離から100mm以上先の対象物を最高20 $\mu\text{m}$ の分解能で撮影します。またアクチュエータ1台で複数個のレンズが駆動でき、展示品には約2倍のズーム機能が設定されています。(図3)



図3. 展示品のカメラ部

数十 $\mu\text{m}$ 幅の文字が刻まれた観察ターゲットの裏面には電球が設置されています。電球の明るさを上げると文字や図形は光芒の中に溶け込んで読めなくなり、逆に絞りを効かすと画面全体が暗くなって、やはり文字は読めません。

そこで展示品では画面内の明領域と暗領域を別々の感度で撮影し、これらを合成して呈示する機能を備えています。従って明るさが大きく異なる対象が混在しても、鮮明な映像を観察する事が出来ます。

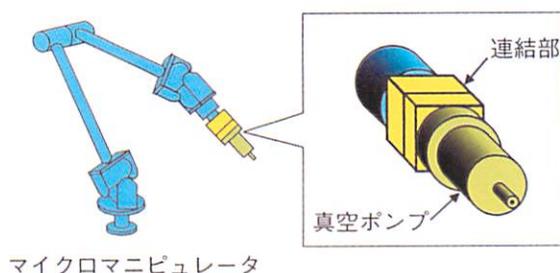
## 3. 将来への応用

展示品には「管内自走環境認識システム」の仕様以外の機能も積極的に付加されていますが、今後はこれらの技術を含め「マイクロ視覚」の実用化に向けた技術開発を進めていきます。

# (株)日立製作所 マイクロ流体操作デバイス

## 1. マイクロマシン技術の研究開発

当社はマイクロファクトリシステムの概念を実現するシステム化技術の研究開発の一環として、マイクロ流体操作デバイス（送液デバイス及び把持デバイス）を開発しています。送液デバイスはマイクロ部品加工に用いられるエッチング液やメッキ液などの腐食性液体を操作する高出力マイクロトロコイドポンプを中心とする集積化流体デバイスです。把持デバイスは部品組立用マイクロマニピュレータの先端に取り付けられるマイクロ部品吸着用チャッキングツールです（図1）。部品吸着のためにスクロール型マイクロ真空ポンプを搭載しています。



マイクロマニピュレータ

図1. マイクロ部品把持デバイスコンセプト

## 2. ポータブル展示品の概要

### 【展示品の製作意義】

当社はこれらのデバイスの実現のために、三次元マイクロ加工技術、表面処理技術及び接合組立技術を開発し、機械要素のマイクロ化に取り組んでいます。本展示品はマイクロ真空ポンプと把持デバイス部品搬送機構のひとつの形態を分かりやすく紹介したものです（図2）。



図2. ポータブル展示品

### 【展示品の説明】

スクロールポンプはエアコン用圧縮機として普及しているコンパクトで高出力のエアポンプです。展示品には、スクロールの運動が実際にみえるように、フランジを透明な素材で作った模型が入っています。実際に真空吸着させるために試作したスクロール型真空ポンプを図3に示します。図ではフランジ組立前のスクロールが見える状態のものを紹介しています。素材には鋳鉄やアルミニウムを使用し、NC機械加工で幅0.25mm、高さ1.5mmのスクロールを加工しました。駆動用モータを含めた全体外形寸法はφ10×40mm、ポンプ排気速度は70mL/min(回転数約10000rpm)で、直径10mmの吸着パッドにより約1gの部品を把持・搬送するデモを行っています。



図3. スクロール型マイクロ真空ポンプ

### 【展示品のポイント】

国内外の研究機関で開発されている把持デバイスは直径数10 $\mu$ m以下の微小球を把持することに主眼が置かれた大型デバイスか、あるいは吸着力の小さい超小型デバイスのいずれかであり、当社開発品のようにデバイス全体の機構が小さく把持力の大きいものは見受けられません。

## 3. 将来への応用

マイクロ流体ポンプの応用分野として、微量流体を扱う化学分析装置が考えられています。近い将来、医療や環境保全用の小型分析装置が実用化され、普及していくものと予想されます。そのためのブレークスルーとなる技術は、流体デバイス集積化技術であり、関連学会においても多種類のデバイスだけではなく、分析系や制御回路の一体化を目指す $\mu$ -TAS(Total Analysis System)の取組みが進んでいます。

## 第6回（平成10年度） マイクロマシン技術に関する 研究助成 課題募集の締め切り迫る

財団法人マイクロマシンセンターは、通商産業省工業技術院の産業科学技術研究開発プロジェクト「マイクロマシン技術の研究開発」を新エネルギー・産業技術総合開発機構より受託し、その研究開発を進めると共に、自主事業として、マイクロマシン技術に関する各種の調査研究や普及啓発事業を行っております。この自主事業の一環として、本年度もマイクロマシン技術に関する基礎的研究課題に対して研究助成を行っていますので、下記の要領をご参照の上、ふるってご応募下さい。

### 記

#### 1. 研究助成の対象

マイクロマシンの基盤技術、機能要素技術、システム化技術に関する基礎的研究。

#### 2. 研究期間

テーマA：平成11年4月～平成12年3月31日までの1年間

テーマB：平成11年4月～平成13年3月31日までの2年間

#### 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10年7月1日～10月31日

決定時期：平成11年3月上旬

助成金の交付：平成11年3月下旬

#### 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にて請求して下さい。(FAX No.03-5294-7137)

#### 5. 応募資格

下記の学協会等に所属する大学教員（教授、助教授、講師、及び助手）

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

〈以上五十音順〉

#### 6. その他

(1) 助成金総額：1,500万円程度

（1件につき、テーマAは200万円、テーマBは300万円を限度とする）

(2) 本事業は、産学交流の促進を目的の一つとしているため、助成の決定後、マイクロマシンセンターの賛助会員企業等との共同研究をお願いすることがあります。

(3) 問合せ先：財団法人マイクロマシンセンター研究部（担当：程野） Email:hodono@mmc.or.jp

〒101-0048東京都千代田区神田司町2-2 新倉ビル5階

電話：03-5294-7131

FAX：03-5294-7137

編

集

後

記

不順な天候、集中豪雨による災害、ミサイル問題、世界同時株安（本誌が出版される頃には少しでも景気が上向いていればいいですね）など暗いニュースが多い中、元気に明るいニュースを提供しているのは、21世紀（500日を切っている）の産業技術の「糧」となるべきマイクロマシンに関する話題の豊富さではないでしょうか。

これから秋の深まりとともにマイクロマシンに関するイベントが連続し、多くのマスコミに取り上げられることでしょう。

さて、本号ではMMCの事業活動のひとつとして、平成9年度基礎技術の研究成果の報告を中心にマイクロマシンシンポジウムの予告等について紹介しております。

ところで、今年のマイクロマシン展では、センターを中心に進められている、産技プロジェクトの成果の一端を独自のブースを設け「マイクロマシンが創る健康と医療の未来」と題してマイクロマシンの将来展望を試みることとなっております。多くの来場者の目に触れどのような反響があるか今から楽しみです。詳細については次号をご覧下さい。

### 発行 財団法人マイクロマシンセンター

発行人 平野 隆之

〒101-0048 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。