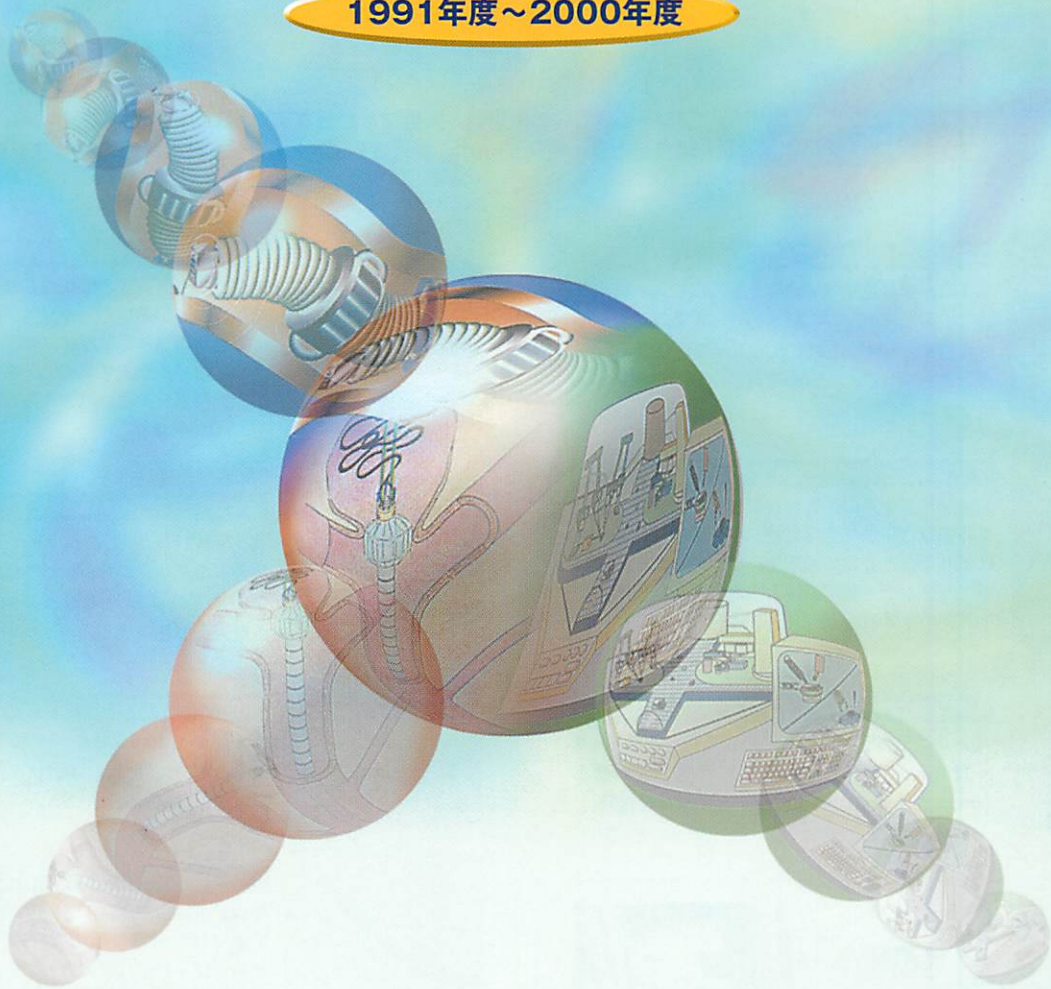




通商産業省工業技術院の
産業科学技術研究開発制度による

「マイクロマシン技術の研究開発」 プロジェクトの成果

1991年度～2000年度



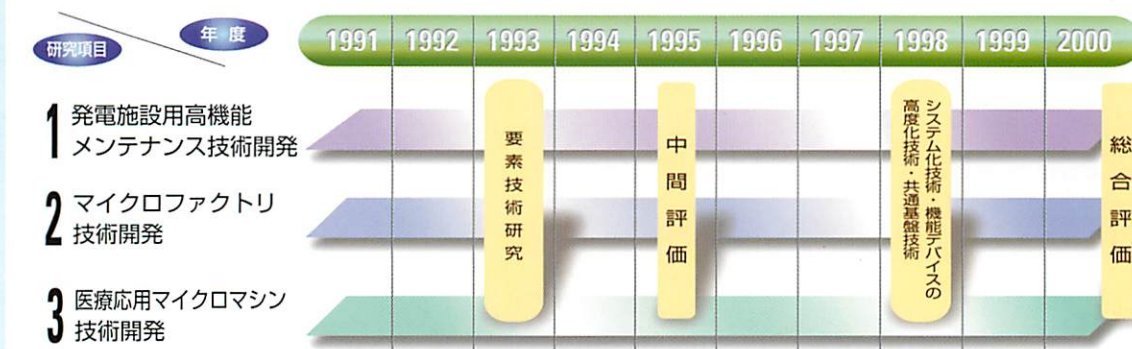
財団法人 マイクロマシンセンター

研究開発の背景・意義

マイクロマシンは、数mm以下の部品により構成された微小な機械です。マイクロマシン技術は、医療分野、情報通信分野をはじめとして、あらゆる産業分野への波及効果が見込まれる革新的な技術として注目されています。

このプロジェクトは通商産業省工業技術院の産業科学技術研究開発制度によるプロジェクトとして、マイクロマシンについて共通基盤技術、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を、1991年度から10年、研究開発費総額約250億円の計画でスタートしました。

長期研究開発計画表



開発体制



研究開発のねらい

このプロジェクトでは、発電施設等の複雑な機器類の点検・修理のため、また、医療における診断や手術時に人体を傷つけることをできる限り少なくするため、さらに、小型加工物の効率的な生産のために、プラント配管内や人体内のような狭所において点検・補修や診断・治療を行い、また、製造設備の小型化をもたらすマイクロマシン技術について研究開発を行いました。

プロジェクト参加メンバー

株式会社 アイシン・コスモス研究所
 オムロン株式会社
 オリンパス光学工業株式会社
 川崎重工業株式会社
 三洋電機株式会社
 住友電気工業株式会社
 セイコーインスツルメンツ株式会社
 テルモ株式会社
 財団法人 電気安全環境研究所

株式会社 デンソー
 株式会社 東芝
 財団法人 発電設備技術検査協会
 株式会社 日立製作所
 ファナック株式会社
 株式会社 フジクラ
 富士電機株式会社
 松下電器産業株式会社
 三菱重工業株式会社

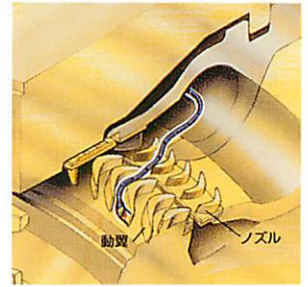
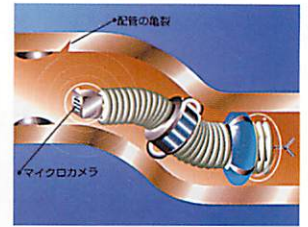
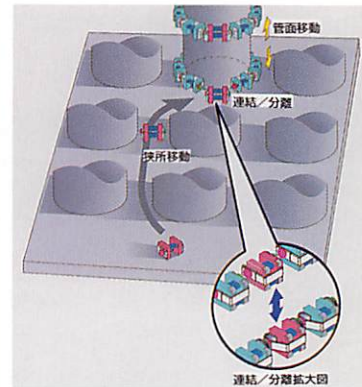
三菱電機株式会社
 三菱電線工業株式会社
 三菱マテリアル株式会社
 株式会社 村田製作所
 株式会社 安川電機
 横河電機株式会社
 Royal Melbourne Institute of Technology
 SRI International

成果の概要

(1) 発電施設用高機能メンテナンス技術開発

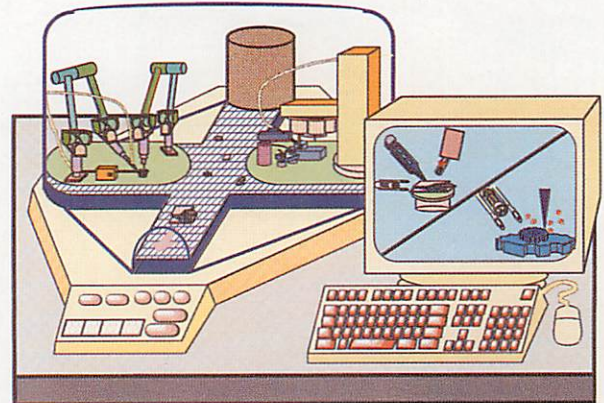
発電施設の配管内などの狭所において、高度な検査・補修作業をするマイクロマシンシステムを実現するための技術について研究しました。

配管内を無索で移動し、異物等の状況をカメラ画像情報として外部へ伝送する「管内自走環境認識用試作システム」、林立する細管部間の狭隘部を移動し、多数の単体マシンが検査対象の形態に応じて連結・分離し検査をおこなう「細管群外部検査用試作システム」、機器を分解せずに点検孔等から機器内部に進入して検査及び補修作業をおこなう「機器内部作業用試作システム」、さらに機能デバイスの高度化技術、共通基盤技術の研究開発ならびに総合調査研究を行いました。



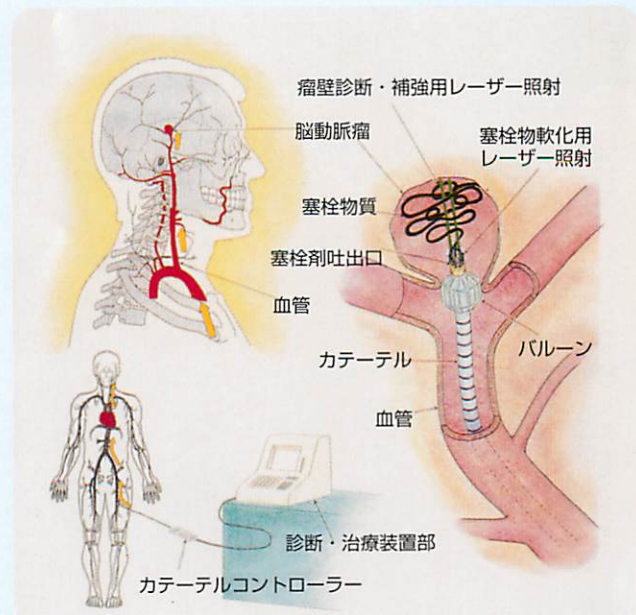
(2) マイクロファクトリ技術の研究開発

省資源・省エネルギーを図るため、小型工業製品の生産を行うデスクトップサイズのファクトリを構築するのに必要な技術について研究しました。限られた空間の中に加工、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、マイクロ部品の製品モデルを作製できる機能を持つマイクロ加工・組立用試作システムの開発ならびに総合調査研究を行いました。



(3) 医療応用マイクロマシン技術

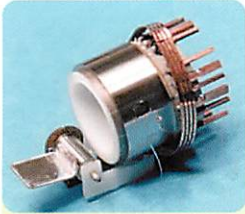
体腔内や血管内の診断や治療をするマイクロマシンシステムの実現に必要な要素技術とシステム技術について研究を行いました。カテーテルやバルーンの操作時の接触圧をモニターするためのマイクロ触覚センシング技術、患部と正常組織の識別やレーザー光照射により治療をするレーザー応用診断・治療技術などの研究開発ならびに総合調査研究を行いました。



【システム化技術】

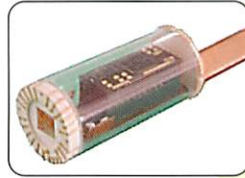
管内自走環境認識用試作システム

内径10mmの湾曲部を含む金属配管内部をワイヤレスで移動し、管内画像情報の伝送を毎秒2.3フレームの速さで実現しました。



①撮影方向変更・焦点調節機構 (東芝)

Φ2.5mm及びΦ6.5mmの静電駆動方式のミラー回転機構と□4mm×8mmの静電リニアモータ型焦点調節機構により管内全面を観察。



②高密度三次元実装CCDモジュール (東芝)

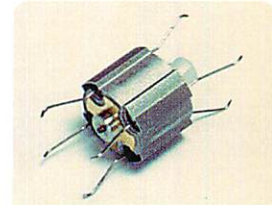
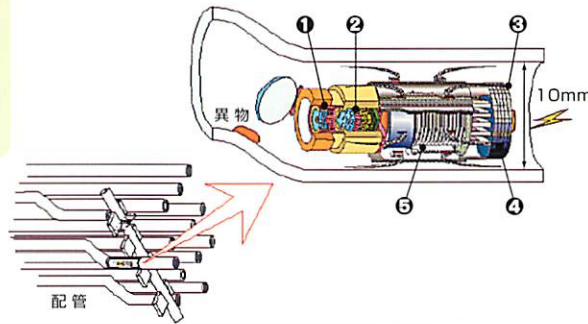
Φ2×1mmの反射屈折光学系による10mm先の観察対象を最高20μmの分解能で撮影するレンズとCCD制御回路を5.4×5.8×8.5mmサイズに三次元高密度実装したCCDモジュール。



③光エネルギー供給・通信デバイス (三洋電機)

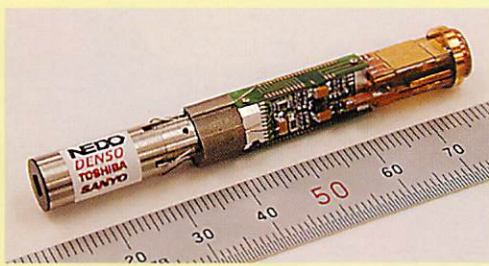
④マイクロ波エネルギー供給・通信デバイス (デンソー)

限られた面積の中に2周波アンテナと光電変換デバイスを互いに干渉しないように配置し、マイクロ波と光を用いてエネルギーを供給するとともにマイクロ波で通信を行うデバイス。



⑤圧電駆動型移動デバイス (デンソー)

圧電アクチュエータが伸び縮みして駆動力を発生させ、配管内をスムーズに移動可能なデバイス。

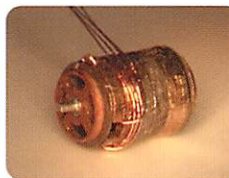
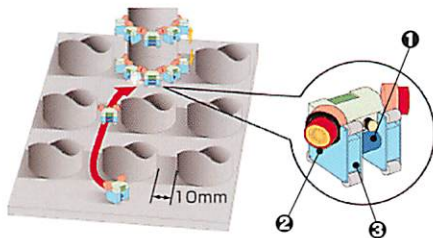


ワイヤレス型マイクロマシン

(全長: ~70mm)
(直径: 9.5mm)
(重量: ~6g)

細管群外部検査用システム

体格5mm×9mm×6.5mmの単体マシンが10台連結して管壁に巻き付き垂直方向に移動し、管外部の亀裂等傷検出を実現しました。



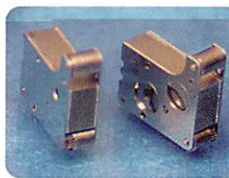
①電磁式駆動デバイス (三菱電機)

車輪を駆動するためのモータとして高効率なラジアルギャップ構造の直径1.6ミリ・長さ2ミリのマイクロ電磁モータ。



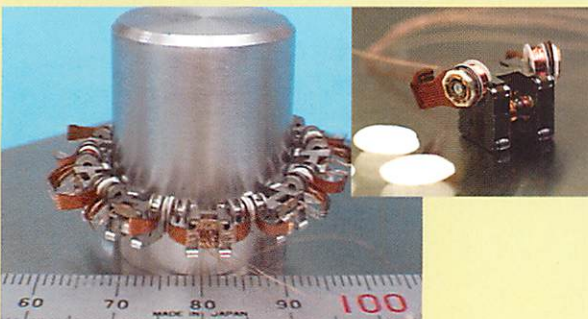
②磁気応用マイクロコネクタ (住友電気工業)

電磁石のパルス励磁による自動着脱、永久磁石による連結状態の無電力保持、渦巻きパネ・テーパ形状ガイドなどによる容易な着脱機能を持つ世界最小の(Φ2.5×2mm)電力供給可能なコネクタ。



③減速走行デバイス (松下電器産業)

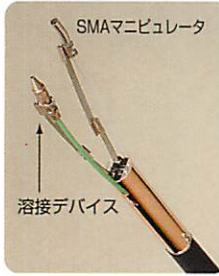
マイクロモータの回転を約1/200に減速させて車輪に伝える超小型(5×5×幅1.5mm)のデバイス。微細放電加工によるマイクロギヤ製作加工技術やオンマシン形状測定技術を開発して製作可能とした。



連結した単体マシンが、細管の外周を上下動する様子。

機器内部作業用試作システム

複雑な機器内部に侵入し、微小傷等の計測や溶接等の補修作業を行う外形8mmの作業システムを実現しました。

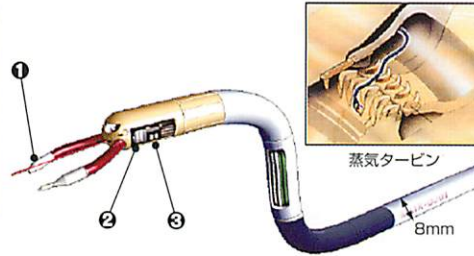


SMAマニピュレータ

溶接デバイス

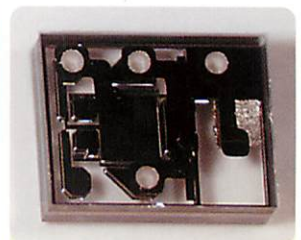
①補修用マニピュレータ(オリンパス光学工業)

外形3mmの、厚さ数 μ mのフィルムにセンサやヒータ、配線を組込んだ、多自由度に湾曲の出来る管状マニピュレータ。先端にはレーザー溶接デバイスを搭載、補修作業を行う。



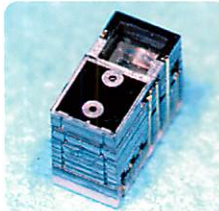
蒸気タービン

8mm



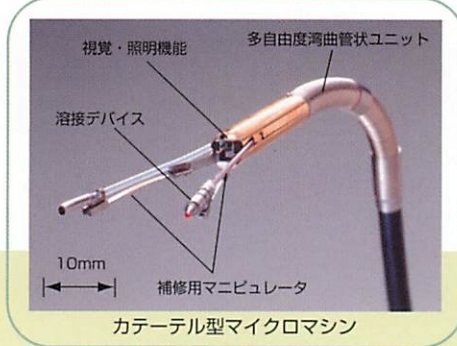
③姿勢検出デバイス(村田製作所)

自分の位置を検出するための振動部が世界最小の振動ジャイロで、表面マイクロマシニング技術によりシリコンチップ上に形成。分解能は真空雰囲気において世界最高レベルの高精度約0.013度/秒を実現。



②多機能モニタリングデバイス(オムロン)

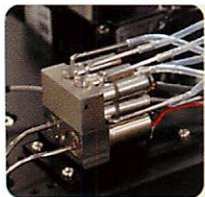
傷の寸法・位置の計測や認識を行うデバイスとして2次元マイクロスキャナと基板積層型実装技術を開発し、外形2×4×3mmのモニタリングデバイスを実現。



カテーテル型マイクロマシン

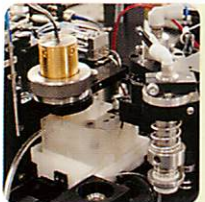
マイクロ加工・組立用試作システム

フレーム、3段の歯車列、天板などからなる外形10mm高さ7.6mmのギャボックスの加工・組立を行う、幅600mm、奥行き600mm、高さ750mmのファクトリを実現しました。



①マイクロ送液ポンプ(日立製作所)

加工に必要な電解液をユニット内に注入・排出するための送液ポンプ。撥水処理による流体シールは世界初、6種類の腐食性加工液を切り替え動作、ポンプ10×10×20mmで流量20~30mL/min。



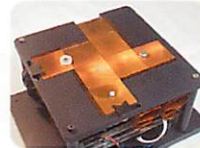
②電解加工デバイス(セイコーインスツルメンツ)

溶液を加工セルに注入し、サブミクロンの先端径を持つプローブを近接させ、目的に応じた電圧を印加することで電解加工を行う。微小領域での電解エッチングや電解成膜の両方の加工が可能。100nm程度の加工分解能を実現。



③マイクロサーボアクチュエータ(安川電機)

高トルク密度を達成するためにモータと減速機を一体化し、位置・速度制御が可能な世界最小(ϕ 5×5mm)のサーボアクチュエータを開発。



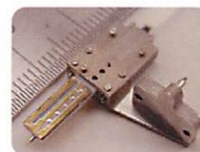
④搬送デバイス(富士電機総研)

薄膜コイルアレイと永久磁石間の電磁吸引力を利用し、コイルアレイ上を滑走し部品を送ることが可能。薄膜コイルアレイにダイオードアレイを接合し、コイル電流を個別に制御することにより二次元搬送を実現。搬送質量1.2g、位置決め精度100 μ mを達成。



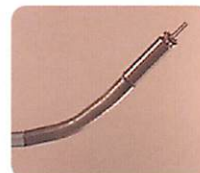
⑤多自由度マイクロアーム(ファナック)

高分解能(1/39万回転)マイクロエンコーダを装備したマイクロ両面駆動多層超音波サーボモータの使用により、位置決め精度 \pm 10 μ m以下、可搬重量10gを実現。



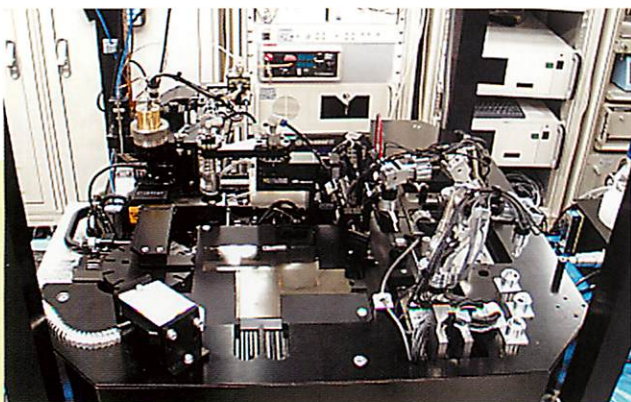
⑥マイクロ塗布デバイス(アイシン・コスモス研究所)

光アクチュエータにレーザー光を照射することで次々とポンピングし、最小1nlの接着剤を吐出可能な塗布デバイス。

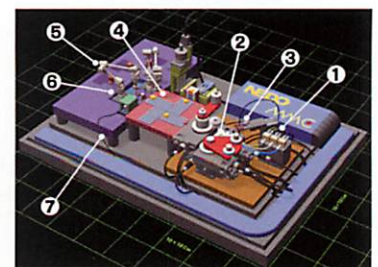


⑦環境認識デバイス(三菱電線工業)

形状記憶合金(SMA)コイルバネと超弾性バネを拮抗させたパラレル拮抗型のアクチュエータとイメージファイバースコープを組み合わせ先端部屈曲機構を持つ能動的な観察を実現。



マイクロ加工・組立用試作システム(幅600mm×奥行き650mm)

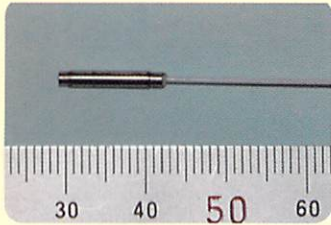
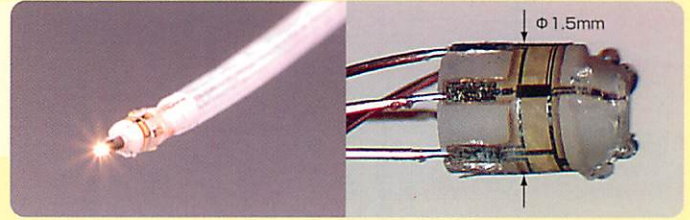


【機能デバイスの高度化技術】

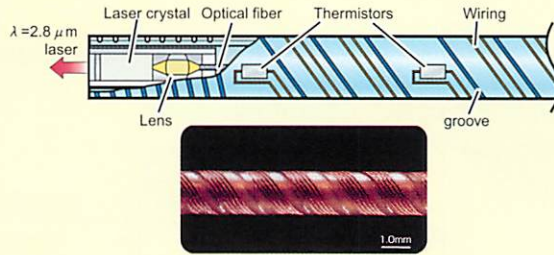
医療応用技術

マイクロ触覚センサカテーテル (オリンパス光学工業)

脳血管の診断・治療において、挿入したカテーテルの血管壁との接触状態を感知し、安全で挿入を容易にするカテーテルを実現。先端部に複数配置した微小な歪みセンサにより接触圧を検知して、接触を回避する方向にカテーテルを湾曲させる。



マイクロレーザーヘッド

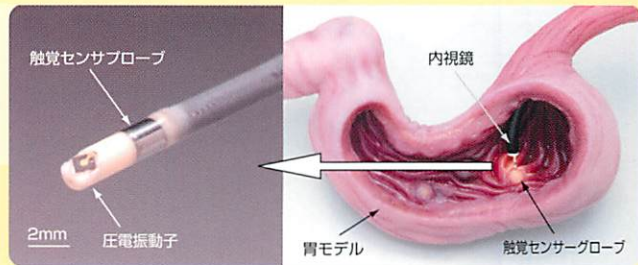


マイクロレーザーカテーテル (テルモ)

外径 1 mm の生体組織に適合した波長 2.8 μm のレーザーヘッドを持ち、カテーテルの外壁に微細加工を行い、柔軟性を高めるとともに診断に必要な複数のセンサを組み込み配線した外径 1.5 mm の血流速度センシングレーザーカテーテル。

触覚センサプローブ (オリンパス光学工業)

□0.8mm厚さ80μm超小型圧電振動子をヘッド部に搭載したφ2.5mm軟性触覚センサプローブにより、患部の状態を正確に検出。



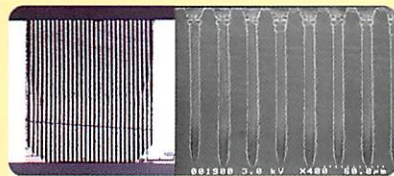
産業応用技術

マイクロバッテリー (三菱マテリアル)

カーボン繊維やパッケージング材料を工夫し、ポリマー材料を基本にしたフレキシブルなバッテリー。直径10mmの円柱に巻き付けられる形状自在電池。



10mmφ
(φ=10の可能性)



マイクロジョイント (フジクラ)

組立が容易な機能ブロックを形成するため、高密度な表裏貫通配線の要素技術として、光励起電解研磨法により、高密度・高アスペクト比の貫通孔をシリコンに製作する技術を開発し、孔径：4.4μmアスペクト比：109を実現。

マイクロ把持デバイス (日立製作所)

世界最小 (φ7×26mm) の超小型スクロールポンプと吸着パッドからなる真空チャック及び超小型 (2×2×1mm) 電磁チャック。



真空チャック
10mm



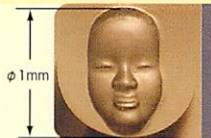
高出力電磁チャック



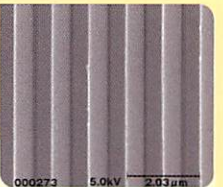
超小型電磁チャック

超精密ナノ加工 (ファナック)

1ミクロン単位の三次元形状を高精度に加工することが可能な超精密複合マイクロ加工機の開発により、直径1mmの円柱状に、鏡のような面に仕上がったマイクロ能面加工を実現。



φ1mm



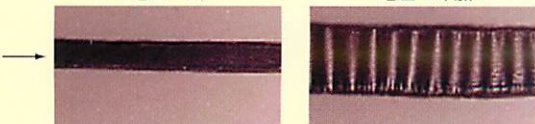
ナノ加工例

電圧：断

電圧：印加

マイクロマシン用人工筋肉 (SRIインターナショナル)

エラストマーに伸縮可能な電極を付け、電歪力により伸び縮みさせ、なめらかな動きが出来る人工筋肉。駆動圧力：8メガバ斯卡ル、歪み：300%以上を実現。

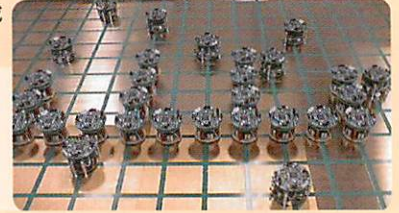


黒い部分：動作領域

【共通基盤技術】

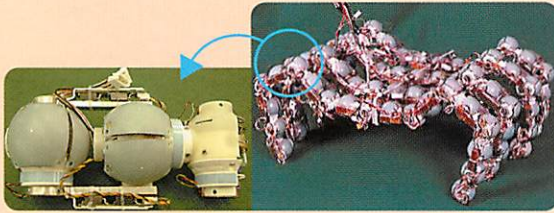
制御技術

小型移動ロボットによるパターン形成



分散マイクロマシンのパターン形成技術 (川崎重工業)

簡易なアルゴリズムによる同一のソフトウェアを搭載する多数のマイクロマシンが、作業目的に応じて効率的に複雑なパターンを形成する技術を実現。パターン形成後の分断の自立的修復機能、同期行動機能も実現。



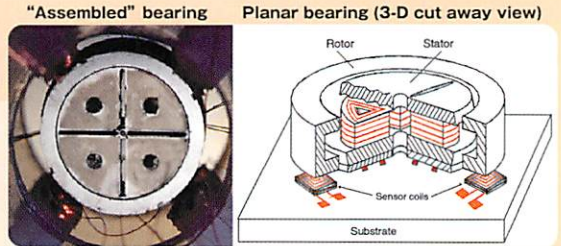
階層型制御技術 (三菱重工業)

同じユニットを多数個 (72個) 連結し、複雑な構造物の状況に応じて変態しながら移動する、従来にない超多自由度の制御手法ホロニックメカニズムを実現。

立脚状態への変態過程

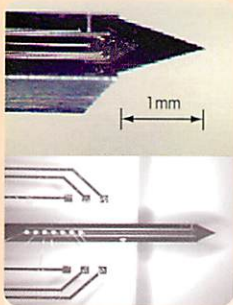
マイクロサスペンション技術 (王立メルボルン工科大学)

マイクロ磁気軸受け用として、可動部分の摩擦を最小限にするマイクロサスペンション機構を開発。極低摩擦サスペンションデバイスとして試作したプロトタイプのエレクトロニック・非接触磁気ベアリング。



実装状態のマイクロ磁気ベアリング

計測技術



微小力測定プローブ

力・トルク計測技術 (横河電機)

マイクロマシンの発生する微小な力・トルクを計測可能。
力測定分解能: 1 μ N



ラージループアンテナを使用した放射磁界の測定

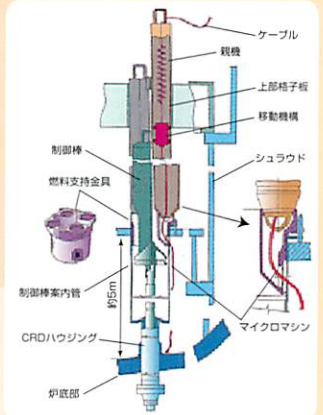
マイクロファクトリ化影響調査研究 (電気安全環境研究所)

高集積化・高密度化が必然で電磁界の相互作用が懸念されるマイクロファクトリにおける電磁界の影響を明確化し、測定方法の基盤を確立。

BWR炉内下部構造物点検システム (発電設備技術検査協会)

さまざまなメンテナンスシステムの実用化のために、ユーザーニーズの調査や具体的な仕様設定を研究。

BWR炉内下部構造物点検システム

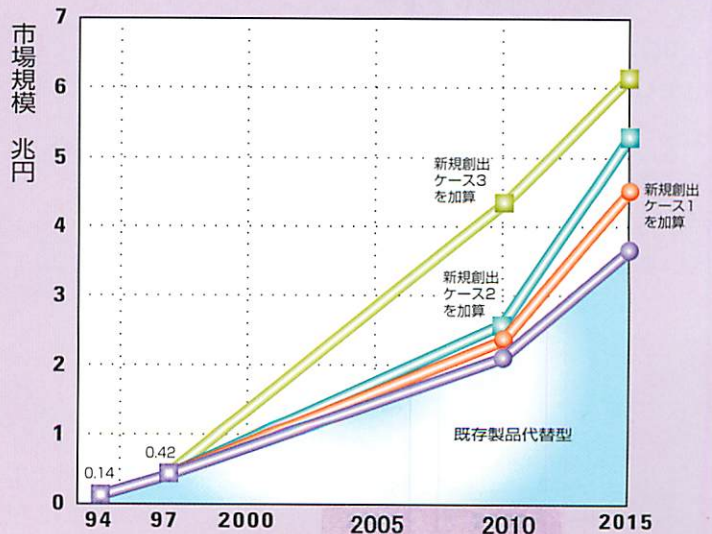


将来展望

AMC Micromachine Center

21世紀の未来技術としてこれまでにない発想に基づき、スタートしたマイクロマシン技術は、従来の産業に加え、全く新しい産業をも生み出す可能性を秘めた幅広い応用が期待される技術です。この成果を豊かに実らせることで、これからの社会への貢献が大きく期待されています。当センターの経済効果に関する調査結果では、2015年には約6兆円にもものぼる市場規模が予想されています。

将来のマイクロマシンに関する市場予測





MMMC Micromachine Center
財団法人 マイクロマシンセンター

〒101-0026 東京都千代田区神田佐久間河岸67 MBR99ビル6階
TEL.03-5835-1870(代表) FAX.03-5835-1873
ホームページ: <http://www.mmc.or.jp/>