

マイクロ・ロボットの研究開発

マイクロ・ロボットの将来展望と夢

名古屋大学 工学部 機械工学第二学科 教授 福田 敏男

最近、各方面で話題となっているマイクロ・ロボットについて簡単に紹介し、マイクロ・ロボット実現のための技術的課題やマイクロ理工学の必要性について述べる。また将来有望となるであろうマイクロ・ロボットの応用分野を紹介し、マイクロ・ロボットの可能性について述べる。また、あったら便利な“夢”のマイクロ・ロボットについて語り、マイクロ・ロボットの未来を概観する。



Micro Robots' R & D A Survey and Dream of Micro Robots

Dr. Toshio Fukuda, Professor, Department of Mechanical Engineering, Nagoya University.

This article gives an outline of the micro robots which is one of the recent hottest topics. The technological subjects to realize the micro robots and the necessity of the micro robotics science and engineering are introduced. And the application fields and dreams of micro robots in the future are also introduced.

マイクロ・ロボットとは

最近、「重厚長大」産業から「軽薄短小」産業への変化やシステムのソフト化がいたるところで行われている。マイクロ・ロボットは、従来の「重厚長大」な機械と異なり、一般的には、

- ①センサ・アクチュエータ・論理判断機能を一体化して、内蔵し、
- ②多数のロボット群による自律分散制御性がある、等が要求される。上記の要求事項を満足するマイクロ・ロボットは未だ存在しないが、従来の機械の考え方を超えており、将来のロボット技術として現在研究が産官学で鋭意進められているものである。

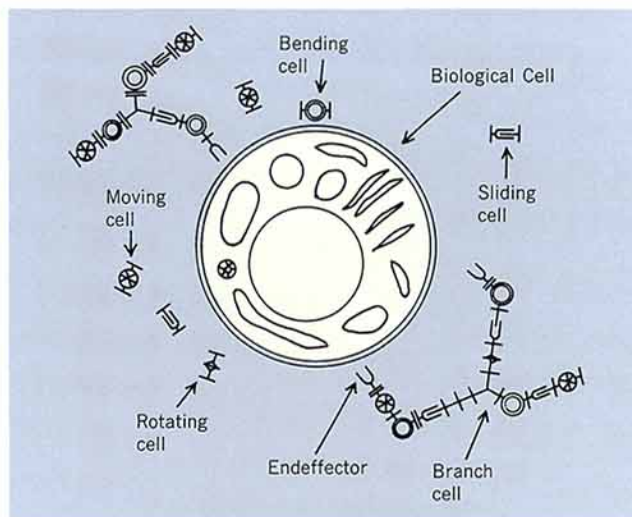
そもそも、マイクロ・ロボットとは何であるか明確でないところがある。マイクロ・マシンの定義は、一人一人異なっており、これといった統一的なものは現在、存在していないのが実状である。物理的サイズからは、「マイクロ」であるから「ミリ」以下の大きさと考えられがちであるが、必ずしも、「ミリ」以下にこだわることは無い。

単純に、ロボットを小さくしたものがマイクロ・ロボットではない。マイクロ・ロボットと呼ぶからには、物理的サイズだけでなく、その「センシング部分」、「アクチュエータ部分」、「論理判断機能部分」が一体化してロボットの中に存在することが必要である。従来のロボットの発想にある様に、「センサユニット」や「アクチュエータユニット」、「制御ユニット」をマイクロ

化して持ち寄り、ケーブルで結合させるものは、まだ、マイクロ・ロボットの初期段階と言えよう。このようなマイクロ・ロボットが一体化して合成、製造することが可能になれば、従来の様に単品生産と異なり、一度に多数の製品がバッチプロセスにより製造できるため、機械に対する発想が根本から変わることになる。

マイクロ・ロボットとマイクロ理工学

マイクロ・ロボットを作製する上で、半導体プロセスを用いる場合、マイクロ・ロボットの構造や強度・潤滑計算に、「電気・電子工学」の知識と「機械設計」



第1図 マイクロ自己組織化ロボット

の知識が融合している必要がある。また、製造する上でのCAD/CAMシステムの研究も必要である。多数のマイクロ・ロボットを「蟻」の如く協調的に動作させるためには新しい制御手法として「自律分散制御性」が要求される（第1図）。さらに、このようなシステムのアーキテクチャや知識データベース等を構築する上で、ハードウェア/ソフトウェアを設計するための情報工学の知識が必要である。

これらの例からもわかる様に、従来の縦割り型の学問体系だけでは、マイクロ・ロボットの研究ができなくなっている。従来の縦割り構造から、柔軟な横割り構造型の学問体系が必要にせまられているのである。マイクロ・ロボットを理学的基礎から考える「サイエンス」としての立場と、工学的応用を考える「エンジニアリング」としての立場を融合した、いってみれば、「マイクロ理工学」の様な、学際研究の場が要求されている。

マイクロ・ロボットの有望な応用分野と将来

以上の研究に基づいてできたマイクロ・ロボットは、次に述べる各種の応用分野を有している。

- ①医療分野
- ②バイオ分野
- ③産業応用分野（電力応用、ガス、水道、化学工業、航空機の点検、メンテナンス）

マイクロ・ロボットはその性質上、狭所作業等の応用に向いている。特に、狭い場所での点検やメンテナンス作業はマイクロ・ロボットにとっては最適と考えられる。医療においても、人間の体に対する点検とメンテナンスと考えれば、マイクロサージャリや血



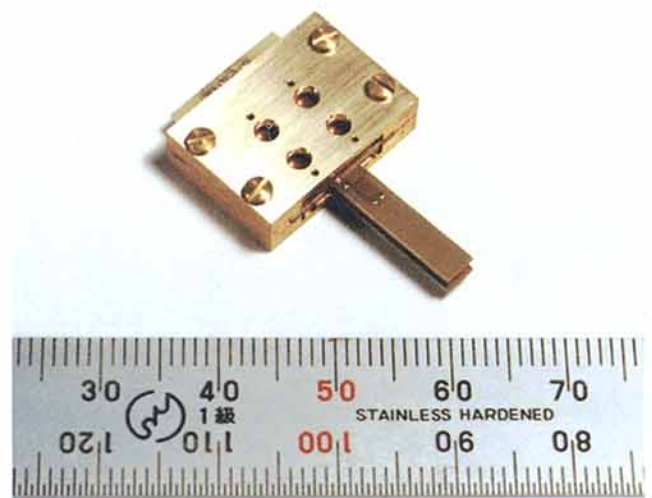
第2図 超磁歪素子を用いた微小管内走行ロボット

管（図2図）や神経系の治療等に用いることが可能であろう。現状では第3図に示す様な多自由度マイクロ・マニピュレータが開発されている。人体の体内計測を考えると、スマート・ピルの様に、飲み込めば、あとは外的な制御により、各種の資料収集や局所的薬品注入が可能となる（第1図）。また、能動型カテーテルを用いることにより、従来不可能であった血管障害やその他の循環器系障害の治療が部分的であれ可能になってくると考えられる。即ち、開腹手術の様に人体の健全な部分を切開する様な、言わば、「環境破壊」を行うことをせずに、手術等が行えるようになる訳である。

バイオ分野においても、遺伝子操作や細胞融合操作等において、マイクロ・ロボット技術を用いて、効率よく行うことができる。更に、流れの中に能動型フィルタを用いて「善玉」と「悪玉」を区別して、一方のみを通過させることも可能となることが考えられる。

産業応用においては、発電所や化学工業等の配管設備（特にボイラー、熱交換器等）やプラント内部の点検、メンテナンス作業が考えられる。また、航空機やその他の交通機関の狭い場所での点検、メンテナンス作業が可能となる。マイクロ・ロボットをプラント内に多数配置して、異常検知を行わせて、プラントに異常が発生した場合に、我々に通報し、自からそのプラント部材の一部となり発生した傷や穴をふさぐ、白血球的マイクロ・ロボットも作成が可能となるであろう。また、家庭においては、マイクロ・ロボットをばらまいておけば、すみずみまで掃除・整頓してくれる夢のロボットも可能であろう。

今後、マイクロ・ロボットの様な「ロボットの遺伝子」をハードウェア/ソフトウェアで実現できれば、この分野が飛躍的に進歩することが考えられる。



第3図 多自由度マイクロ・マニピュレータ