

調 査 報 告

米国におけるマイクロマシンの産業応用

—平成 10 年度 三好研究助成金 報告—

Industrial Applications of Micromachines in the United States

年 吉 洋

Hiroshi TOSHIYOSHI

アメリカ西海岸は、新技術の産業応用が盛んな地域であり、マイクロマシニングの将来動向を展望する上で格好のサンプリング地域である。結論から先に言うと、データストレージ応用、微小光学応用、バイオメディカル応用、マイクロ波応用の 4 点が、将来（10 年程度のレンジ）のマイクロマシンシステム産業をリードしていく分野になるとの強い印象を受けた。これは、現地の研究所や大学の見学および、研究者らとの討論で得られたものである。また、大学の研究方針を検討する上で、おもしろい哲学（というか勝ち残り組の技術）を伺うことができた。以下詳述する。

企業におけるマイクロマシン技術の応用には、大きく 2 つの系統に分類される。まず、マイクロマシンに掛かるコストは多少度外視しても、それによって全く新しい機能が得られたり、あるいは、従来技術による特性を凌ぐものが得られればよしとする応用である。もう一方は、大量生産性を生かして、機能デバイスの低コスト生産を追究する応用である。もちろん、前者の例も次第に低コスト化されていくはずである。

今回の調査内容の範囲では、前者にはマイクロ波応用のスイッチ、スキャナや可変容量デバイス等が含まれる¹⁾。これらを製作する技術は、従来熟練した職人の手作業に依存するところが多かったが、マイクロマシニング技術によって製作が簡単化し、デバイスサイズがはるかに小型化され、スイッチング特性の向上が得られている。このデバイスは、携帯電話、衛星通信電話に必要なフィルタ、チューナ等の小型化に応用可能である。また、将来の自動車の衝突回避システム用のレーダとしても市場が期待される。

微小光学への取り組みも、このタイプの範疇に含まれる。テキサスインスツルメント社がアドレッシング可能な反射ミラー型のプロジェクションディスプレイを開発して以来²⁾、各社が様々な原理に基づくディスプレイを開発してきた。最近では、構造とシステムをさらに簡単化したものが開発

され³⁾、液晶型のディスプレイの特性（明るさ、コントラスト、速度、解像度）を凌駕している。今回の調査研究に参加した学会（IEEE/LEOS Summer Topical Meetings on Optical MEMS, MOEMS 98, Monterey, CA）では、新たに 2 社の製品が発表され、聴衆を大いに湧かせた。日本の企業がマイクロマシンの可能性に躊躇しているのに対して、他国ではこれを武器に積極的なビジネス展開している様子が対照的である。ディスプレイは民生応用として、マイクロマシン業界のリーディング商品となるだろう。

一方、低コストタイプには、バイオメディカル応用が挙げられる。米国の健康産業の隆盛を背景にして、医療分野からのマイクロマシンへの期待が高まっている。特に、病理解析用の（バクテリア、ウイルス）DNA 検査は、感染症の初動対策を打ち出すための原因特定に非常に重要なデバイスである。DNA 増幅を行う前のサンプルから DNA 片を取り出す作業として、シリコン酸化膜と DNA の親和性を利用したフィルタをシリコン基板で製作する方法が開発されている⁴⁾。このフィルタに流す溶媒を切り換えることで、DNA 片の吸着・解離を制御でき、後段の DNA 増幅を効率よく行うことができる。このデバイスは医療現場で大量に消費されるため、デバイス単価 1 ドル以下という厳しいコストパフォーマンスが要求されるが、マイクロマシニングの大量一括生産により可能となるだろう。

また、磁気ディスクに代表されるストレージも大きなマーケットを抱えた応用として期待できる。磁気ディスクの記録密度が数 + Gbit/平方インチ以上になると、従来のボイスコイルモータによる磁気ヘッドの位置決めでは対応ができなくなることは常々言われていることである。そのため、各社ともヘッドをサブサブミクロンの精度で位置決めする機構をマイクロマシンで製作する方法を模索している^{5,6)}。中でも、IBM の例が最も進んでおり、サーボ機構によるデータ読み取りに成功している。個々のアクチュエータの価格は小さいが、このデバイスは製品に大きな付加価値をもたらす。この技術は、近い将来に実現されるであ

*東京大学生産技術研究所 第 3 部

ろう光磁気ディスクの浮上化にも貢献すると思われる。また、10年以上将来の応用として、スキャニングプローブ型ストレージへの取り組みも見られ、アドレッシング機構、データ転送速度の向上を目指した研究が行われている。究極のストレージデバイスと言われる原子・分子を用いた記録も研究室レベルでは可能である。分子を機械構造として機能デバイスをつくる「ナノイスト」たちが描く構想は、まず、ストレージ応用から実現されるのではないだろうか。

以上が、産業界に見られるマイクロマシンの取り組みである。次に、大学での研究活動を調査した結果について報告する。極めて多種にわたる研究が行われており、それらを逐一報告することはあまり意味はない。それよりも、研究活動や研究室運営に見られる興味深い方針について考察したい。

かれらの研究の特徴は、ときおり荒唐無稽に思われるような新概念を打ち立ててしまうことである。同時に、研究推進ロードマップを作成し、自分の研究の縄張りを明らかにするとともに研究室の「目玉」となる内容を確認する。これは、個々の技術課題への戦術的対応ではなく、研究室全体の戦略的運営の観点から非常に学ぶべき態度である。

具体的に言うと、ある研究室では軍事偵察用のマイクロ機械の研究をしている⁶⁾。その機械は数ミリ角と非常に小型で、空を飛ぶことができ、多数が自律分散的に行動して、各種センサーでスキャンした結果を通信で報告するという

機能を持っている。ここまで聞けば、そんなSFのようなものができるのか、といふかしくなる。しかし、センサーの小型化、通信用マイクロ波回路の集積化、固体燃料による飛翔と、紅葉の種子のようなプロペラによる滑空時間の延長、などといった個々の開発課題に明確にブレークダウンすると、その段階で研究室の特色が明らかになる。だいいち、研究室への訪問者に対して説明しやすい。もちろん、工学と理学の違いで運営方針が異なる場合があつて当然だが、自分の研究に対する客観的視点、すなわち、戦略的方針を明確にすることの重要性に気づかされる。

今回の調査結果で得られた最大の知見は、冒頭で述べた当分野の将来動向もさることながら、後半で述べた研究代表者としての自覚であつた。この成果は、今後の研究活動を推進する上で、非常に有意義なものになるだろう。この機会を与えていただいた生産技術研究奨励会と生産研の各先生方に深く感謝する。

(1999年2月12日受理)

参 考 文 献

- 1) 例えば,
<http://www.eecs.umich.edu/~ctnguyen/iscas97.corr.mkr.pdf>
- 2) <http://www.ti.com/dlp/docs/resources/white/pdf/hornbeck.pdf>
- 3) http://www.siliconlight.com/frames/tech/frame_tech.htm
- 4) <http://www.cephheid.com/>
- 5) <http://www.almaden.ibm.com/>
- 6) <http://bsac.eecs.berkeley.edu/>