巻/頭/言

マイクロマシンの産業化とナノフロンティアへの進展

Industrialization of Micromachined Devices and Evolution in Nano Frontiers

藤田博之
Hiroyuki Fujita

科学技術の最先端は，常に“超”を目指している。例えば物理学では，宇宙の深遠にある星雲を観測して宇宙の起源を知る研究からクォークなどの素粒子物理まで，極大から極微まで超を極める研究がされている。技術の分野でも，地球全体を覆う情報ネットワークの構築から100nm以下の寸法のトランジスタを使ったエレクトロニクスに至るまでの研究開発が行われて，我々の生活を豊かで快適なものにしている。

しかしよく考えると，極大は極微に支えられている。宇宙の探索も，超精密な機構を計算機で制御した望遠鏡や人工衛星で行う。無論，インターネットも携帯電話網も半導体集積回路がなくては成り立たない。古人も“本質は細部に宿る”と喝破したように，極微を極めることは，巨大なシステムを作り上げることにつながっている。これが，マイクロ・ナノテクノロジーが現在の研究シーンで最も注目されるゆえんである。

エレクトロニクスの分野では既にナノテクノロジーが産業化しているが，ここで発展した半導体微細加工技術を用いてミクロの機械を作る技術が1980年代の後半に発明され，機械の微細化が一気に加速した。その後，より立体的なマイクロ構造を作る技術，機械を動かすマイクロアクチュエータ，利用できる材料の多様化，半導体電子回路との一体加工が大きく進歩した。これに基き，多数の可動マイクロミラーを用いたディスプレイ，エアバック始動用センサ，インクジェットプリンターヘッド，などの製品が日常生活で使われている。

現在は，μm領域での技術は成熟度を増しており，マイクロマシンの研究は新たな段階に入っている。ここでは二つの方向が重要である。一つは実用化の例を増やし，マイクロマシン技術に立脚する厚みのある産業構造を作り上げることである。もう一つは，ナノ領域へと微細化を進め，分子原子レベルから作り上げたナノ材料と融合することで，更に高機能のシステムを目指すことである。

これから実用化が進展すると期待されるのは，センサ，無線通信，光，流体，超小型電源などの分野である。センサは，情報システムやロボットが外界情報を取得するために必要不可欠であり，赤外線撮像センサ，触覚センサ，においセンサなどが広く使われるだろう。携帯電話や無線情報ネットワークの一層の発展には，マイクロマシン技術で作ったRF（Radio Frequency）スイッチ，集積化振動子，可変インピーダンス素子が貢献できる。微細流路や電極をマイクロ加工したチップ上で化学反応や化学分析を行う流体応用も盛んであり，バイオ技術や医療から環境の監視や薬品合成に至るまで広範な適用が期待できる。

個別の製品開発にとどまらず，マイクロマシン関連産業を重層的に発展させるためには，製造装置，ファンドリー（製造引き受け）サービス，設計・解析ソフトウェアなどのインフラ構造を充実させることも重要である。この点については，経済産業省を中心とする国家的な支援もあり，今後更に進展すると予想できる。また，インフラ構造が早期に立ち上がり有効に働くためには，サービスの提供側とユーザー側をつなぐネットワークが不可欠であり，その構築が急務となっている。

最後に，ナノフロンティアを目指す研究は，長期的な展望に立った推進が必要である。ボトムアップ技術とトップダウン技術を統合したナノマニファクチャリング技術の開発，ナノ領域における計測と評価の技術の確立，量子効果などの新機能に基づく根本的な革新システムの実証など，多くの課題に挑戦していくことが求められている。

◆東京大学 生産技術研究所 教授　Professor, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo