

# 第8回 国際マイクロマシン・ ナノテクシンポジウム特別講演

## マイクロ・ナノ融合領域における戦略

東京大学 大学院 情報理工学系研究科知能機械情報学専攻 教授  
下山 勲



ただ今ご紹介いただきました下山でございます。  
私が今日このシンポジウムにおいて、この題名で講演をすることになった経緯を申し上げますと、マイクロマシンセンターから「マイクロマシン・MEMS分野の5年から10年先の将来を考える」というミッションをいただきまして、これに基づいてマイクロマシンセンターの委員会で活動いたしました。その成果をもとに中期的及び長期的にマイクロマシン・MEMSの将来は、こんな具合になるのではないかというお話をさせていただくことになりました。

今回の講演の英文タイトルは「Strategy towards fusion of Nano and Micro systems」となっていますが、最初に結論を申し上げますと、マイクロマシン・MEMSの将来戦略としては、その中にナノテクノロジーやナノ材料と呼ばれる分野の機能を盛り込んだデバイスとしての研究・開発を積極的に推進していくべきであるということです。この見地から、この講演のスローガンを「Nano on Micro」としてマイクロシステムの上にナノ材料やナノテクノロジーの成果を載せていくお話をいたします。

### マイクロマシンの特徴と産業化

そこでマイクロマシンとは一体どんなものか、産業として何があるのかについて大学という自由な立場で話します。マイクロマシンはまずエレメントが非常に小さく、高密度、高集積に作ることができますので、例えば1次元方向に非常に細長くエレメントを並べたような、内視鏡に代表されるような機械ができるであろう。また2次元に高密度、高集積にエレメントを薄く並べて、例えばテレビや携帯電話などのディスプレイを壁紙のように薄くて軽くする効果があります。また特定の環境の中で使用可能な医療用のマイクロマシンができるかも知れません。産業として、非常に軽い、薄い、小さい、細いといったことが大きな市場を持っていると考えられます。さらに大きな特徴は、マイクロマシン・MEMSが、ICやVLSIと違って駆動部分を持つことができることです。ここで動くということをよく考えて見ますと、

固体は止まって見えても実はその中の分子・原子は動いています。こういう動きの中から機能が発現しているものが数多くあります。特に小さなナノの世界では本質的に動くということが非常に有利になりそうです。従って、マイクロマシンは単にICやVLSIの延長ではなく、こうした形や動きとその機能を生かした次世代のデバイスとしての産業化が十分考えられます。

### 期待される製造技術と材料

すこし先のことも知れませんが、ナノで発現する機能をいかに我々の手に届けるかということが製造技術の大きな課題になると思います。さらに、ナノ新材料やナノスケールになって初めて発現するようなナノ発現機能の産業化が今までむずかしかったわけですが、それを低コストで量産化する製造技術は非常に重要であると思います。自己組織化のような現象を利用してナノ材料やナノ機能発現を手に入れる方法をボトムアップのアプローチということにします。その対のトップダウンのアプローチとしてリソグラフィに代表されるような、微細加工ができ、組立ができ、システムができる加工法があり、これはマイクロマシンの技術です。トップダウンやボトムアップの方法が製造技術のイノベーションとしてポテンシャルを上げてきております。それから3次元での高密度の集積技術、多機能、あるいはシリコンだけではなくセラミクスや高分子材料などの多種材料と一緒に加工する微細加工のシステム化も期待される製造技術です。さらにマイクロ化学プロセスとか $\mu$ -TASと呼ばれる分野では、その微小領域での高速分析、検出技術が充実し始めました。こういう技術を使って、心が満たされる社会、成長と発展が感じられる生活を実現したい。そのためのシナリオを、情報というくくりで考えてみますと、いつでも、どこでも、誰でも簡単に情報や相手にアクセスできるユビキタスな環境。あるいは、今だけ、ここだけ、私だけといった個人のオーダーメイドの製品や地域でのサービスが得られる環境。ネットワーク

にアクセスしたときのプライバシーの保護。そして安心、安全な生活環境が維持できる環境などが、使用者の心が充実する生活というビジョンのゴールとなります。こうして、世界一の日本を作って行くのではないかというのがこの講演のシナリオです。

## イノベーション

シナリオを実現するためのイノベーションとしては、ウェアラブル、モバイルやインターフェイス技術の進歩があります。例えば超小型のバッテリーや小電力のCPUができるようになった。それから聴覚、視覚、嗅覚、触覚など五感に提示するディスプレイや、それらの刺激に対応するセンサーデバイスができてくる。それからマイクロマシンの技術を使って軽いものや薄いものが作れる。また有機系の材料を使うと柔らかいものができる。こうしたもので軽くて、薄くて、柔らかく折りたたんでポケットにも入るような、立体視の画像表示装置といったものもイノベーションとしてあるし、光通信や、ネットワーク上にセンサーを配置するといったことがウェアラブル、モバイル、インターフェイスの領域でのイノベーションとして出てきています。

## 成果としてのロボット

また、ロボットという観点で見えますと、ロボットの活用には医療健康とか福祉、情報、生活、安全、安心といったものがあります。医療健康では外科手術ロボットであったり、福祉でいえば介護ロボットであったり、介助ロボットであったり、情報としては人間型のロボットであったり、力が出ないけれどもインターフェイスの役割をするロボットであったり、家のリビングで色々なお手伝いをしてくれるロボットであったり、夜はそのロボットが夜警をしてくれるといった出口が考えられます。これを要素技術の観点から見ますと、低侵襲の診断治療とかバイタルサインをとりたいとか、五感の提示や五感の対応センサーが欲しいとか、無線通信やテレメトリックができればよいとか、ソフトなロボットやアクチュエータも欲しいし、バッテリーも外からのエネルギー供給も含めて何とかしたい、といった要素技術に分解されてきます。また、信頼性、社会への適応性も重要な課題です。それらをキーとなる製造技術にブレークダウンしますと、やはりブレークスルーをもたらすものはMEMSでありマイクロマシンといわれる技術です。それとナノ領域との融合技術を使うと、ナノでの新機能の発現や、柔らかい、細い、薄い、曲面の、高密度、高集積のデバイスになります。

## 政策と市場

市場としては、例えばデバイス、ネットワーク、学習・教育の需要、それからセキュリティといったものがあります。産業としては、半導体、システムLSI、センサー、微細加工、マイクロマシンといったもの、それから通信、コンテンツサービス、燃料電池、等々の産業があります。そこで、どんな政策を考慮したらよいかといえますと、ナノ機能発現とナノ材料だけではなく製品になりませんので、「マイクロ・ナノ融合領域」の製造技術やシステム化技術の研究の推進とか、計測評価技術確立する必要があります。それから大学からの技術移転と企業での展開、また産業総合技術研究所での研究・開発体制。そしてファンドリーに代表される研究・開発基盤を充実させ、できるだけバリエーションが低く、アイデアがあればこの業界や研究開発に参入できるインフラを作っていく必要があります。すなわち、基礎・基盤技術を企業間で積極的に共同活用して、それぞれの企業が独創的な製品開発ができる仕組みやインフラを国レベルで充実していただきたいというのが主張です。

## 結論

最近の新聞に日本の製造技術はまだ世界で競争力があるという記事がありました。一般に企業は元気がなく半年先、1年先の短期的な利益追求になりがちですが、力のあるうちにその競争力を強めておく必要があるということが大学でも話題になっています。是非、今のうちに実現の可能性がある夢を描きながら、長期的に研究開発を進めていかないと、せっかくの日本の強い製造技術が廃れてしまったらどうするのか、日本はどうやって食べていくのか、というのが私の主張でございます。そのための非常に重要な技術と、推進すべき研究開発はといえますと、3次元のMEMS・NEMS、マイクロ・ナノのマニピュレーション、デザイン・シミュレーションの技術、それから多種材料で作るMEMS・NEMSがあります。最後に、よくいわれる話ですが、インフラと共に産学連携と人材の育成は非常に重要です。ただ、産学連携といったときに大学に製品開発まで要求されるような雰囲気がありますが、大学の一番大きなミッションは教育でありますし、もう一つはシーズの体系化といったものです。企業の元気と大学の知恵を結び付けてこの分野で大きなうねりを作って行きたいと思います。これから先の21世紀に世界で日本が名誉ある地位を占めていくためにも、アクションをとって、尊敬され続けられる国でなければならない。そのためには、もう議論をしている場合ではありません。