

特別講演：「MEMSにおける集積および融合の新しい進展 - 新産業創出への期待 -」の概要

立命館大学 教授 杉山 進

MEMSの研究をご紹介しながらこれからの展望について一緒に考えたいと思います。MEMSはICと同じ集積デバイスですが、LSIの入・出信号が電気信号であるのに対し、物理量（電気、機械、光、磁気など）化学量、バイオなど多種類にわたり取扱うことができる幅広い集積デバイスです。動く機構を入れることにより生きた（動く）デバイスとしてMEMSの特長をさらに生かすことができます。1987年の固体センサ・アクチュエータ国際会議で米国からLSIと同じ製法でシリコン上に歯車やリンク機構を作った動くデバイスの発表がなされ、これを契機に世界中でMEMSの研究開発が活発になりました。

21世紀に入り、これまでの「どのように作るか」から「何を作るか」を問われる産業化の時代となり、ICの後に続く基本デバイスとして生活の中で役立つよう実用化されることが期待されています。集積化が進み、ナノテクノロジーがシステムの中に導入され、マイクロ・ナノシステムが基本となってきました。より細かく加工しようと極限を追求するトップダウンのマイクロテクノロジーと原子・分子レベルから積み上げて新しい機能を発現させようと材料設計を行うボトムアップのナノテクノロジーの双方がMEMS基板の上で出会い、今やMEMSはナノテクノロジー - を生活に役立てるための掛橋の技術です。

MEMSは情報・通信、自動車、医療、バイオなどの産業分野のキーデバイスとして期待されており、マーケットは2002年度の実績では4千億円ですが、2010年には1兆3千億円になると予測されています。これら市場に応えるためNEDOプロジェクトが発足し、MEMSプロジェクト（2003年から2005年）では、ミラーのフラットネス、角度制御、回転寿命をテーマとした光MEMS、周波数10GHz対応の低損失、高加工精度、RFスイッチ接点寿命をテーマとしたRF-MEMS、低コストでチップサイズのパッケージングをテーマとしたセンサMEMSの研究開発が進められています。さらにMEMS-ONEプロジェクト（2004年から2006年）ではMEMSデザインツールの開発が進められており、作る技術と設計する技術が相俟って物作りが巧く行くことが期待されています。

MEMSの特長である集積化および他の技術との融合について私どもの研究からご紹介します。

(1) 多細胞インテグレーション：細胞的エレメントを多く集めて機能させるもので、数百、数千の熱電対を直列に配列し、温度差が小さくても数ボルトの発電が可能なサーモパイル型発電デバイス、 1cm^2 に1000本の針を並べたドラックデリバリシステムの無痛針、アレイ状に並べた風船の空気圧を利用して繊毛のような細胞的動きをするソフトアクチュエータなどがあります。

(2) 多軸インテグレーション：次元の多次元化で、1軸からxyzの3軸回転をチップ中に集積化するもので、6自由度力・モーメントセンサ、6自由度加速度センサなど人間や運動体の動きを正確に測定できます。

(3) 機構インテグレーション：機械的要素を組み合わせ一つシステムにするもので、シリコンのドライエッチングによりシリンダー、ピストンを一体的に加工した発電用レシプロエンジン、 piezoアクチュエータと静電アクチュエータをアレイ状に並べることにより高精度の仕事ができる尺取虫アクチュエータ、1000本の静電アクチュエータによりモータ、荷重、計測の機構を作りナノチューブやナノワイヤなどのナノ領域での引張り試験を可能にするマイクロ・ナノ試験システム、静電アクチュエータの利用により顕微鏡下でナノパーティクルや細胞の捕捉、輸送、計測、選別が可能な機能的コンベアシステムなどがあります。

(4) ITとの融合：情報技術との融合が重要であり、MEMSに通信機能を付与することによりリード線が不用になるという利点があります。0.5mm×0.5mmと小さく、そして数円以下と安く作ることが目標で、スマートダストと呼ばれているごま粒のMEMSによりセンシングし、計測し、インターネットに取りこむことにより、データが点から線に、さらに線から面になり、センサの世界が広がります。農業、輸送、物流、健康状態などの同時計測に利用できるように大いに期待されています。

最後に、MEMSは産業のキーデバイスであり、イノベーションには製造技術、製造装置が必要です。さらにMEMSはナノテクノロジー - を生活に生かすためのプラットフォームであり、ナノテクノロジーとの合体により新しい機能を発現させることがMEMSの重要な役割と考えています。これらを実現するためには、ナノテクノロジー - をMEMSに取り込むためのR&Dセンターを企業と大学をつなぐ形で投資効率の高い研究活動の場として、多額の投資を必要とするため各所に分散せずある一定の集中で設置する必要があると考えています。インフラ整備が重要であり、これが国際競争力の裏付けとなります。

