

# Samco-Interview

## 静電気力で マイクロアクチュエーターを駆動

今回は、米国に急迫する日本のマイクロアクチュエーター研究の第一人者、東京大学生産技術研究所助教授、藤田博之先生をお訪ねしました。



数年前まで、小さなものを精密に扱うためには、大きくがっちりした機械を作り非常にゆっくりと操作するのが普通でした。しかし現在では、集積回路に象徴されるような半導体の微細加工技術を利用した、マイクロアクチュエーターの研究開発が急速に進められています。これは、一枚のSiウェハー上にアクチュエーター、センサ、コントローラを一度に集積化する『マイクロメカトロニクスシステム』の実現化には、駆動部であるアクチュエーターの開発が不可欠だからです。

### (プロフィール)

- 昭和27年 東京生まれ
  - 昭和50年 東京大学工学部電気工学科卒業
  - 昭和55年 同大学、同学科大学院博士課程修了
  - 昭和56年 同大学、生産技術研究所助教授
  - 昭和58年～60年 MIT ナショナル国立マグネットラボの客員研究員
  - 昭和62年 Hetanyi Award of the Society for Experimental Mechanics を受賞
- 関係学会：電気学会、IEEE、低温工学会、計測自動制御学会  
趣味：読書、スキー、テニスなど

——『マイクロメカトロニクス』について簡単にご説明をお願いします

近年、VLSIに代表される半導体の微細加工技術を利用して、数十ミクロンという大きさの機械部品やモーター、アクチュエーターなどがSi基板上に製作されました。このような報告に触発されて、ミリ単位かもしくはそれ以下の超小型機械を作ろうとする研究が進みました。このような微小部品からなる超小型の機械によって、ミクロン程度の動作や操作を行う研究が『マイクロメカトロニクス』と呼ばれています。

——ではその研究は、いつ頃、どのようにスタートしたのですか

Siをエッチングやリソグラフィで微細加工して機械的な部品を作る技術は、1970年代頃アメリカで始まりました。当初はセンサ等によく使われていましたが、技術の進歩に伴い1987年頃、基板から離れて中心軸の回りを自由に回る歯車や、ガイドの下

を左右に動くスライダーなどがSi薄膜で作れるようになりました。この技術は『表面マイクロマシニング法』と呼ばれ、これからの機械部品の大きさは約10～100ミクロンと微小です。この手法は半導体製造と同じ技術を使って、三次元的に動く部品のあるシステムを作る技術であるといえます。そしてこの研究は急速に進歩し、現在ではマイクロアクチュエーターに関する開発がとて活発に行われ、直径60ミクロンの静電モーターや超電導浮上アクチュエーターなどが注目を集めています。

### 静電気力の微小領域でのメリットを利用

——それでは先生のご研究内容についてお話し頂けますか

私は主に、静電気力を利用したアクチュエーターについて研究しています。静

電気力は物体の表面に働く力であり、磁力や重力は体積に対して作用します。ゆえにものが小さくなると体積あたりの表面積は増え静電気力は強くなる、という静電気力の微小領域でのメリットを利用し、マイクロアクチュエーターを駆動しようというものです。本研究室では、Si基板上に絶縁された細い線状電極を何本も作り、その上に置かれた金属性のコロを吸い付けて回転させる、といった機構を開発し、改良を続けています。静電駆動マイクロアクチュエーターの利点は、超小型で半導体回路との適合性も良く、オンチップの駆動源として優れた可能性があるところ、サムコの装置との関連性については、半導体製造に使うRIE（リアクティブイオンエッチング）装置が3次元的な機械部品を作るときに必要な不可欠であるため使用しています。

——エッチングにおけるドライブプロセスのメリットとは何でしょうか

ウェットプロセスでのエッチングでは、エッチングする物質の結晶方位に大きく影響されます。例えば歯車を作ろうとした場合、結晶方位に合わせて形状を変えなければならなくなり、任意な形のものが出来ません。それに対しドライブプロセスでは、結晶方位には影響されずエッチングができるので複雑な形のものも作成出来ます。ただし意図的にアンダーカットを持たせる場合などは、逆にウェットプロセスでなければ加工出来ない、両者の長短をうまく組み合わせていくべきでしょう。

——電子デバイス産業との関連性についてお話し頂けますか

各種センサーについては、現在実用化されているものがあります。今後、センサー部分と制御部分を配線ですなぐという方法は、信頼性の面で劣るため両者とも近くにあるのが理想的です。ゆえにオンチップ上に構成するか、ハイブリッドな形で作るような方向に進むのではないのでしょうか。

### 技術は現在発展途上

——将来的にはどのような方向に発展していくのでしょうか

これらの技術は現在発展途上の段階です。しかし、このようなメカトロシステム



の実現が近未来であることは間違いありません。短期的には、Siの上で世界が完結するようなどころや、外部に対して力を使わなくて済む様なところで最初に使用されると思います。例えば光関係の応用として、ミラーを動かすことによりレーザーの方向を変えたり、流体の応用としてはガスや、液体の流量を小さなバルブで制御することなど多岐にわたって考えられます。現実にガスクロマトグラフを作ったという報告もあります。又、磁気ヘッドのように今までは複雑で色々な部品の組み合わせによって組み立てられ、位置決めを行っていた物を、今までの集積回路を作る技術で、磁気ヘッドと位置決めのためのマイクロメカトロニクスを一体化させると、組み立て自体の工程が省略でき、その分のコストも下がるというメリットがあります。もっと多自由度システムが実現されたならば、胃カメラや血管に挿入するカテーテルの先端に付けたマイクロハンドルによる治療で、切らずに手術をすることや、微量の液体を精密に制御するマイクロ弁やマイクロポンプなど、医学、光学、バイオといった多岐に渡る応用が考えられます。長期的には、マイクロメカトロニクスの部品とミニチュアメカニズム（従来の機械加工で作った微小なメカニズム）の組み合わせによる、アリの様な大きさのマイクロロボットが完成すると思われれます。ただしあと10年位は時間が必要なことと、もう一段の技術の進歩を

要するでしょう。  
——米国の技術を超えるためにはどんなことが必要でしょうか

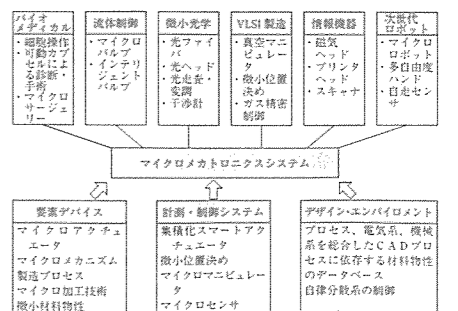
マイクロアクチュエーター研究の現状では、日本は米国にやや差を付けられつつある様です。マサチューセッツ工科大学、カリフォルニア大学パークレー校などで非常に活発に研究が行われています。米国では、とにかく小さな寸法のシステムを動かすことに全力をあげている様に思われます。新しい技術を開発して、どこまで小さくできるかが問題です。一方日本はというと、新技術の導入は非常に素早いのですが、まだまだこの新しい技術に関しての研究は少ないといえます。その理由の一つは、日本にはまだ自由にマイクロマシニングの研究ができるような設備がないことです。今後は政府、民間、大学ともに今以上の研究組織と施設が一段と必要になると思います。そしてもっと日本の研究を進めていきたいと思えます。又、米国と違う視点からの総合的研究を一刻も早く開始する必要があるでしょう。

——最後にサムコについて一言お願いします

サムコに望むことは、マイクロマシニングに関する研究をやりたいが敷居が高そうに出来ない、難しそうだな・・・という学生や素人でも気楽にできるようなサポートをして欲しいと思えます。また、それに関する色々な加工技術のアプリケーションをどんどん提供してくれるような、ソフトハード両方とも兼ね揃えた技術集団になって頂きたいと思えます。

——ありがとうございました。

マイクロメカトロニクスの応用分野とそれを支える周辺技術



参照  
藤田博之：マイクロメカトロニクスの現状と将来  
日本機械学会誌、12月号、7、1989