



## プロフィール

- 1995年 東京大学工学部 卒業
- 1997年 東京大学大学院工学系研究科 修士課程 修了
- 2000年 東京大学大学院工学系研究科 博士課程 修了
- 2001年 東京大学生産技術研究所 講師
- 2003年 東京大学生産技術研究所 助教授
- 2005年～
- 2009年 科学技術振興機構さきかけ研究者
- 2007年～ 東京大学生産技術研究所 准教授
- 2008年～ 東京大学生産技術研究所 バイオナノ融合プロセス連携研究センター センター長

## 東京大学 生産技術研究所 准教授

## たけうち しょうじ 竹内 昌治 先生

今回のSamco-Interviewは、東京大学生産技術研究所を訪ね、バイオナノ融合プロセス連携研究センター センター長の竹内昌治先生に生体と機械の融合のご研究についてお話を伺いました。

ンサになります。これもMEMSに流路を精確に作ることによって成し遂げられる話なのです。

総じて言うと生体を加工するとか、生体を測るのにMEMSやマイクロ流体デバイスの技術を駆使して実現しているというのが私達の研究です。そして、最終的には生体材料を使ったものづくりを目指しています。普通のねじやばね、金属やプラスチックによるものづくりではなく、たんぱく質やDNAや細胞といった生体材料によるものづくり、それを行う時にMEMS技術がどう貢献できるだろうというアプローチで研究しています。MEMS技術を使えば、マイクロ流体デバイスも小型センサも作製できますし、微細な穴や容器も容易に作れます。また、その技術を活かして初めて生体材料は扱いやすく加工できるようになります。これらの扱いやすくなった生体材料をデバイスに組み込むことによって、再生医療や創薬、あるいは埋め込みセンサへの展開が期待できます。様々なアプリケーションを考えて、私達の研究は進んでいます。

※【侵襲】手術・けが・病気・検査などに伴う痛み、発熱・出血・中毒など、肉体の通常の状況を乱す外部からの刺激のこと。

### ご研究内容、テーマについてお聞かせください。

学生のころからずっと、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) の研究をしています。MEMSの中でもバイオMEMSと言われる分野で、DNAやたんぱく質、脂質、細胞といった生体材料をMEMSの中に組み込んでセンサやアクチュエータ、リアクタ等を作ろうという研究です。最近では、生体材料をMEMSを介して加工して、移植医療や創薬に応用できるようなデバイスを提供するという研究が中心となっています。特に、流路を作って液体を流すマイクロ流体デバイスを中核技術に色々なものを作っています。

研究テーマは「MEMS/マイクロ流体デバイス」をはじめ、「膜たんぱく質チップ」「体内埋め込み型センサ」「三次元細胞組織構築」「人工細胞」「バイオハイブリッドデバイス」「神経インターフェイス」等の研究に注力しています。例えば「膜たんぱく質チップ」の研究は、マイクロ流体デバイスの技術を使って、微細な流路の間に小さな穴を作り、人工的に細胞の膜である脂質の二重膜を再構成するというものです。膜たんぱく質というのは、細胞が持っている非常に高感度なセンサのことで、デバイス中に膜たんぱく質のセンサを再構成できると、細胞と同じようなセンシングのできるチップになります。細胞のセンシングとは、目や鼻や舌によ

る光や匂いや味の感知のことで、たんぱく質のセンサをデバイス中に組み込むことで、超高感度で選択性の高いセンサが作れると考えています。実用化への試金石としてまず、ロボットの匂いセンサを作りました。小さいチップの中に固定した細胞に膜たんぱく質を人工的に発現させて匂いセンサを作ります。すると、細胞でしか嗅げなかった匂いに対して反応するロボットができます。介護・福祉分野では、ヒューマノイドロボットのサービスの性能を上げるため、人間密着型というのが叫ばれていますので、人間と同じように匂いが嗅げればそのサービスも向上すると考えています。

また、「体内埋め込み型センサ」の開発にも本格的に乗り出しています。私達は生体との適合性のいい「ハイドロゲル」というこんにやくゼリーのような材料を使っています。ゲルを微細加工する技術というのはこれまであまり無かったのですが、MEMSを使うと非常に精密に制御できます。そのゲルで均一直径のビーズやファイバーを作ると、低侵襲\*で簡単に身体の中に埋め込むことができ、ゲルの中には様々な機能を組み込むことができます。例えば、ゲルの中に血糖値に応じて蛍光の強度が上がるような機能を持たせることができ、それをファイバーにして、ねずみの耳の内部に入れます。そうすると、実際にねずみの血糖値が上がると耳が明るく光ります。その光を体外で計測できるようにすれば、24時間連続して血糖値をモニタリングできるセ

### ご研究を始められたきっかけと経緯についてお聞かせください。

生体と機械の融合というところは学生のころから興味を持っていました。生物を使って何かしたいと。学生時代、下山勲先生の研究室では、昆虫の中に電極を入れ、自由行動下の昆虫から神経電位を計測するための微小電極の研究をしていました。その後、生産技術研究所に来てからたんぱく質や細胞といった生体材料に触れる機会が多くなっていきました。生体材料は、機械屋にとっては非常に扱いづらい材料です。金属やSiはスパッタやエッチングで加工できますが、細胞はそういうわけにはいきません。そこでまずは細胞やたんぱく質をMEMSプロセスに組み込むにはどうしたらいいかと考えました。Siウエハーにパリレンの薄膜をCVDで成膜して、サムコさんのRIE-10NRやFA-1で穴を開けます。その穴にたんぱく質を乗せたあと、パリレンを剥がすと、たんぱく質がその穴の開いたところにだけできます。このような生体材料の選択的なパターンニング技術を開発してきました。そうしているうちに、マイクロ流体デバイスの技術が盛んになってきて、私達もそれを取り入れようと考えました。微細な世界だと簡単に層流を作ることができるので、比較的容易に流体を制御することができます。流体のハンドリングと私達のパターンニング技術を上手

く利用すると、小さな穴に脂質の二重膜を再構成できるようになります。脂質の二重膜を再構成する技術というのは60年程の歴史があるのですが、全て熟練した技が必要となっていました。私達のアプローチだと、誰でも簡単に脂質の二重膜が張れるので、今では世界中で使われるようになっていきます。

### 今後のご研究の展望について お聞かせください。

今の研究は従来のMEMSの研究とは全く違います。生体材料を扱い、生体材料を加工するためにMEMSを使っているのが、MEMSが主役でない部分も確かにあります。ですが、私はMEMSの発展する方向として、様々な異分野の研究に活用できるようにしたいと考えています。生物や化学の研究をしている人が当たり前のようにMEMSを使う時代がそろそろ来ると思っているのですが、そのときに、異分野の人たちがうまく使えるようなMEMS技術を提供できるようにしていきたいというのが一つのアプローチ。もう一つは、機械系の人々が今まで敬遠しがちだった生物や化学の分野の材料を、簡単に扱うことができるようにしたい。細胞は形も変形するし、設計論に組み込むにはあまりにも難しい部品ですが、例えば均一直径のビーズやファイバーという規格化された材料にすることで、既存のものづくり技術に組み入れることができます。また、生体材料をMEMSの小さな穴を使うことで再現性よく安定して作れるような技術を開発することで、扱いにくかった生体材料を扱いやすくしていきたい。そうすれば、例えば生産現場の人でも容易に生体材料を用いたセンサを作ることができます。生物や化学の人にMEMSを使ってくださいというアプローチと、機械の人が生物や化学に入っていけるようにつないでいきたいというのが、私の大学人としての方向性です。

### 日頃のご研究において心がけておられることはどのようなことでしょうか？

異分野融合型の研究を推進しています。私の研究者としてのバックグラウンドは機械工学や機械情報工学ですが、分野にこだわらずに研究を進めていく方針のため、今私の研究室には、化学や物理、分子生物学、メディアアート、移植医療など様々なバックグラウンドの人が入っています。異分野融合研究が正解かどうかはわかりませんが、ある一つの研究スタイルだと考えています。最初は、その分野によって使っている言葉、あるいは考え方も全然違います。工学系の人間は「つくるため」に研究していて、生物の人たちは「わかるため」に研究しています。

つくる側とわかる側というのは、目指す方向が全く違うこともあるのですが、ずっと同じ釜の飯を食べていると、その人達がわかりあえてくる。そうやって初めて、楽しい共同研究ができたり、新しい切り口で何か作り出したりすることができま。それがこの研究スタイルのおもしろいところだと思います。

例えば血糖値センサを製作するときに、私達にとってゲルを加工してビーズやファイバーを作るのは非常に簡単な技術なわけですが、しかし、それをねずみの耳に埋めるということは非常に大変な作業だったわけです。動物の飼いや、麻酔のかけ方や、どうやって切って、どうやって入れるのかというのは、全然考えもしなかった。しかし、移植医療のお医者さんがラボに加わると、動物の飼いや方もわかるし、人の手術もできるくらいですから、もちろんねずみの耳に埋め込む手術も簡単に安全に行うことができます。この長期埋め込み型血糖値センサというのは技術的な課題も多かったのですが、そんな先生方と協力することで成果を出すことができました。そういった経験から、異分野が融合すれば色々な新しい切り口で研究に取り組むことができ、思いがけず研究が進んでいくなと思っています。そういうテーマを取り扱うにはいい体制になっていると感じています。

### サムコのご装置のご感想をお聞かせください。

FA-1とRIE-10NRを使用しています。FA-1は私が研究室を作って、ほとんど最初に購入した装置です。BEANS(異分野融合型次世代デバイス)プロジェクトやKAST(神奈川科学技術アカデミー)など、プロジェクトが立ち上がる度に、それぞれの拠点でFA-1を購入させて頂いていますね。研究の基本プロセスに組み込まれているので、研究室のメンバーはほぼ全員FA-1を使えます。具体的には、高分子フィルムの加工、フォトレジストのパターニングなどの基礎的なプロセスやPDMS(ポリジメチルシロキサン=生体毒性が小さい樹脂)のボンディングに使っています。RIE-10NRはFA-1よりもずっと安定していて、再現性よくエッチングができるので、パレレンの加工をメインに使用しています。どちらの装置も安定していて、壊れないし、メンテナンスの必要もないので非常に満足しています。また、サービスという面でも、サムコさんは頻度よく来てくださるし、何かあったらすぐに直してくれる。すごく気の利いた会社だと思います。安定した装置を造って頂いて、日本の研究をバックアップするような会社でいて頂ければいいなと思います。

お忙しいところ貴重なお時間を頂き、  
誠にありがとうございました。