



プロフィール

1981年 名古屋工業大学 大学院修士課程 修了
株式会社 豊田中央研究所 入社
1996年 立命館大学 理工学部 機械工学科 助教授
2000年 立命館大学 理工学部 機械工学科 教授
2003年 京都大学 大学院工学研究科 機械工学専攻 教授
2005年 京都大学 大学院工学研究科
～現在 マイクロエンジニアリング専攻 教授

2000年10月～12月 ドイツ フライブルク大学 客員教授
2001年1月～3月 スイス 連邦工科大学 客員教授
2010年4月～2011年3月 中国科学院 招聘教授
2010年4月～ ドイツ フライブルク大学
高等研究所上席研究員
2011年6月～ 中国 華中科学技術大学 招聘教授

京都大学 大学院工学研究科
マイクロエンジニアリング専攻 教授

た ば た お さ む
田畠 修 先生

今回のSamco-Interviewは、京都大学を訪ね、大学院工学研究科マイクロエンジニアリング専攻の田畠修先生にMEMS(Micro Electro Mechanical Systems:微小電気機械システム)のご研究についてお話を伺いました。

ご研究内容、テーマについて お聞かせください。

研究室のテーマは大きく分けるとMEMSの三次元マイクロ・ナノ加工、マイクロ・ナノ材料の機械的物性評価、MEMS最適設計の三つです。高速・高アスペクト比の三次元加工といえばサムコさんのSi(シリコン)高速ディープエッティング装置が得意とする技術ですが、我々が取り組んでいるのは、例えば側壁に自由に傾斜や曲率をつけるといったさらに自由度の高い形状加工です。三次元微細加工の研究は、豊田中央研究所在職中の研究テーマの一つであるウェットSi異方性エッティングや犠牲層エッティングに端を発しており、立命館大学に移ってからシンクロトロン放射光(光速で円軌道を回る電子から放射される光)を使って高アスペクト構造の側壁に傾斜や曲率をつける移動マスク露光法を提案しました。京都大学に移ってからは、立命館大学での研究成果を活かして露光機メーカーと共同で紫外線を使った三次元微細加工装置を開発・商品化した他、厚膜レジストの三次元加工プロセスのシミュレーションや最適化、厚膜レジスト内部に中空構造を形成する新規な三次元加工プロセスなどの研究をしています。

二つ目の研究テーマはMEMSで使われる材料の機械的な強度評価や疲労メカニズムの解明です。材料が小さくなると、強度や疲労を

支配する要因も通常のサイズの材料と異なることが予測されます。そこで、MEMS用の材料、特にマイクロスケールの薄膜やCNT(カーボンナノチューブ)などのナノスケール材料の機械的な物性測定・評価、破壊メカニズムの解析に土屋准教授が中心になり取り組んでいます。

三つの研究テーマはMEMS最適設計です。MEMSというのは材料物性の理解や加工技術だけでは十分な機能を発揮しません。それらを組み合わせて複雑な構造を最も効果的に形成して初めて優れたデバイスやシステムとしての機能が発現します。例えば我々が提案している高速混合用マイクロポンプでは、圧電材料を使ってSiのメンブレン(膜)構造を動かすことで二種類の液体を搬送します。電気や機械にまたがる様々な現象を利用したデバイスやシステムに効率的に機能を発現させるためには、利用する材料、プロセス、動作原理に応じて最適な構造設計を行う技術が必要不可欠です。そこで機械的なもの、電気的なもの、流体力学的なものといった様々な機能が関係したMEMSを、電気等価回路を使って最適設計する研究に取り組んでいます。

私自身が興味を持って研究しているのが「セルフアセンブル=自己組織化」です。部品一つ一つを機械的に組み付けるのではなく、部品自身が自ら組み付けられる部分に収まっていく。MEMSの中にナノスケールの構造を作るのに、従来の電子ビーム露光装置でパ

ターンを作る方法ではなく、数十ナノ角の部品を作製し、これに「自己組織化」の性質を持たせ、その部品を分散した液滴をMEMS上に垂らすと、自動的にMEMSの中にナノ構造ができるというわけです。「自己組織化」の技術を持つ部品を作製する技術として一番興味を持っているのはDNAです。DNAは一般の人々にとっては次の世代に受け継がれていく情報を持っている遺伝子ですが、我々にとってはナノスケールの部品を作る構造材料なのです。DNAはアデニン、グアニン、シトシン、チミンの4種類の塩基でできます。この4つの塩基を意図した順番につなげて人工的にDNAを作ることができます。配列を決めて作ったDNAを混ぜることによってDNA同士が自然に形を作っていく。この方法を利用すれば、電子ビーム露光装置を使うことなくナノスケールの部品を設計して作ることができます。この技術を使ってMEMSの中にDNAで作った部品を「自己組織化」で並べて、MEMSに新しい機能を付加する研究に、今一番興味を持って取り組んでいます。

ご研究を始めたきっかけと 経緯についてお聞かせください。

私がMEMSという分野の研究を始めた1980年代の初めは、まだMEMSという言葉すらなく、半導体で使われている微細加工技術を使って機械的な構造部品を作るアプローチは非常にマイナーでした。昔から生体と工学が関係する分野に興味があった私は、大学院で「心臓の電気生理」について研究する研究室にいました。心臓の様々な病気を電気生理学という方面から解明して心臓病の診断や治療薬開発に反映させる研究をしている医学部の研究室で、私は心電図からいかに有用な診断情報を抽出して自動解析するかといった研究をしていました。

そんなある日、図書館でSi微細加工技術を利用して神経線維束から活動電位を計測するためのシリコン製多孔能動電極チップを作製した論文に目がとまりました。世の中にはなんておもしろい技術があるのだろう、と衝撃を受けたことを覚えています。指導教授にその論文を見ると、それに似た研究をしている人が豊田中央研究所にいると紹介されたのが五十嵐さんという方で、日本のSiを使った圧力センサの先駆者でした。五十嵐さんを訪ねて豊田中央研究所の見学に行ったことが縁で入社することになりました。豊田中央研究所では医療用機器のグループに配属され、当時すでに商品化されていたSi圧力センサを先端に備えた直径2mの心臓カテーテルに装着できる小さな血流計

をSi微細加工技術で実現する研究テーマに取り組みました。こうして、図書館で電極チップの論文を目にしたことが縁でSi微細加工に携わるようになりました。

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?

研究のテーマを選ぶ時には、まず研究の波及効果のことを考えます。なぜMEMSの微細加工技術の研究をしているかというと、特定の用途のデバイスよりも様々なデバイスに応用が利く微細加工技術のほうが波及効果は大きいと考えているからです。それと同時にうまくいかどうかわからない研究テーマを選ぶようにしています。大学研究の使命の一つはリスクが高い研究に取り組むことです。なぜなら利益を重視する企業ではどうしてもリスクの高い研究はできませんし、特に今の日本の企業にはそういった技術を手がける体力が無くなっています。大学で研究をする我々は、リスクが高くても、うまくいけば波及効果が大きい研究をする。仮にその研究が行き詰まつても、行き詰った理由を論理的に示すことができれば、大学での研究としては意味があると思います。最後に、これが一番大事ですが、自分がおもしろいと思う研究です。逆に言うと、リスクが高くて波及効果が大きくなないとおもしろいと感じないだけのことかもしれません。

平成23年4月に京都大学に開設されました「次世代低炭素ナノデバイス創製ハブ(ナノハブ)」をご紹介ください。

多種多様な基板材料・薄膜材料をナノスケールで加工できる装置環境を提供し、大学、公的機関、企業の皆様の研究開発を支援する施設です。ナノ加工の設備というのは、各研究室が持つにはあまりにも費用がかかりすぎます。装置自体も高度化していますし、その維持管理や専用のオペレーターも必要になり、さらにそういった装置を複数台駆使することが必要になる研究が増えています。その課題を解決するために各種装置を提供しているのが、ナノハブと呼ばれる研究施設です。一番の特長は、ナノハブを運営しているのは大学本部直轄の独立した組織であることです。我々は最初から携わっているので、運営やマネジメントにも係わっていますが、研究室のメンバーは他の人たちと全く同じ立場でお金を払ってナノハブの装置を使っています。独立した組織が、特定の研究室とのしがらみのない状態で、最先端の微細加工研究設備の利用環境を“明朗会計”で提供しています。

ここにはサムコさんの装置を含め、最先端の装置があります。そして、専門の人が装置をいつも

最良の状態で使えるように維持管理をしています。装置の利用希望者には、その装置を最高のレベルで使えるナノハブの専門技術者がその使い方を教えて、利用者がその装置の持っている能力を100%引き出して使えるようにトレーニングします。ナノレベルの加工が必要な研究者が、研究予算を有効に使って、自分自身でナノ加工を実施できる環境を提供するのがナノハブの役割です。なるべく多くの人に使って頂いて、よい研究成果を出して頂きたい。それが「次世代低炭素ナノデバイス創製ハブ」です。

サムコの装置のご感想をお聞かせください。

サムコさんには平行平板型の『RIE-10NR』とSiの高速ディープエッチング装置の『RIE-800iPB』をナノハブに設置して頂いています。『RIE-800iPB』は加速度センサやマイクロポンプなどのSi微細加工に活用させて頂いています。性能としては非常に優れていますし、サムコさんも京都ですから、すぐ近くにあり、質問をしてもタイマーに懇切丁寧に対応して頂けるので、そういったサポートも含めて、実験装置、研究用の装置としては非常に使いやすいという感想を持っています。



Model: RIE-800iPB

座右の銘をお教えください。

「Slow but Steady」です。ゆっくりであっても着実にという意味で、人に何か書いてくださいと頼まれた時はいつもこの言葉を書いています。研究をしていると、はやる気持ちや、なかなか物事が進まなくてあせる気持ちになることが時々ありますが、そういう時にこそこの言葉を思い出し、落ち着いてゆっくりでも一歩ずつ進むのが重要と思うようにしています。

最後にサムコに対して一言お願いします。

京都に本社を置かれて、関西を代表する技術を持つ会社として、サムコさんの活躍は、京都に住む我々もとても誇りに思っていますし、京都から世界に広がっていく会社として、今後ますます発展していく頂きたいと思っています。京都大学とは地理的に近い場所にあり、時々直接会って話すことも容易にできる環境はお互いにメリットがあると思います。双方が相乗的に係わることでできる成果を出していきたいなと思っています。

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。