



プロフィール

1992年 大阪大学 大学院基礎工学研究科
博士前期課程 修了
【物理系専攻 制御工学分野】

1994年 大阪大学 基礎工学部 助手【電気工学科】

1997年 大阪大学 大学院基礎工学研究科 助手
【物理系専攻 電気工学分野】

2002年 博士(工学)(大阪大学)

2003年 大阪大学 大学院基礎工学研究科 助手
【システム創成専攻 電子光科学領域】

2007年 大阪大学 大学院基礎工学研究科 助教
【システム創成専攻 電子光科学領域】

2007年 京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科
准教授【電子システム工学部門】

京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科
電子システム工学部門 准教授

やました かおる
山下 馨 先生

今回のSamco-Interviewは、京都工芸繊維大学を訪ね、電子システム工学部門 准教授の山下馨先生に圧電MEMSデバイス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。

テーマの一つとして、圧電体の薄膜とMEMS (Microelectromechanical Systems: 微小電気機械素子) 構造を組み合わせる様々な機能デバイスを作るという研究をしています。その中で、かなり前から超音波センサを研究しています。Si(シリコン)基板を削った薄い板状の振動体に圧電体の薄膜を乗せた構造で、 $2\mu\text{m}$ 程度の厚みに対して数百 μm 角の面積を持つので、超音波による波動で簡単に振動します。圧電体が「圧電効果」によりこの機械的な振動を電圧に変換し、これを信号として取り出すことにより超音波を検知することができます。超音波は光に比べて伝搬速度が適度に遅いので、パルス超音波の往復時間を測定することで非常に簡単に距離を計測することができます。またセンサを多数アレイ化(配列化)して各センサ素子からの信号を上手く処理することにより、超音波の入射角度を推定することができます。このようにして、素子を二次元に配列したアレイセンサを用いて空間中の三次元計測を行うシステムの開発も行っています。超音波計測というと、水中でのソナーや医療診断装置、あるいは

建造物などの固体中の欠陥を探る非破壊検査装置などがよく知られていますが、我々は空気中でも超音波の利用を進めたいと考えています。自動搬送車や自律移動ロボットの障害物検知、カメラが使えない環境下での人の存在・姿勢の検知測定、あるいは極近距離でのジェスチャーの読み取りなどの応用も目指しています。

また、圧電体は電気量を機械量に変換する「逆圧電効果」も持っています。普通のセンサとしての用途であれば、機械量から電気量への変化である「正」圧電効果だけを利用すればよいのですが、我々は「逆」効果も併せて利用して、より高度なセンシングができるシステムの研究も行っています。例えば前述の超音波センサでは、外部から電圧を加えることにより、逆圧電効果で振動板の機械的特性をリアルタイムに変化させることができるセンサを開発しています。これにより、個々のセンサ素子がより高度な計測を行うことが可能となり、同じ情報量を得るためのセンサ素子の個数を大幅に削減することができます。同様の考え方で、圧電体を用いた触覚センサの研究も行っています。人間の皮膚の奥の方には様々な感覚器官がありますが、それを真似て、基板の上に毛髪のような構造体を作り、それを

皮膚に相当するやわらかい樹脂で覆います。毛のような構造体には圧電体を仕込んでおき、交流電圧をかけて振動させます。やわらかい樹脂の表面に力を加えると、樹脂自体が変形するとともに毛のような構造体に加わる力が変化するので、振動の様子が変化します。この変化を検知することで触覚をセンシングする研究を行っています。このセンサのよいところは、1本の毛であるセンサ素子で力のベクトル成分が全て計測できる点です。このように、圧電体の正・逆両方の圧電効果をうまく利用することで、より高度なセンシングが可能となるシステムの開発を行っています。

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。

修士課程までは磁性体やセンサを扱う研究室に所属し、卒業研究・修士課程研究とも磁気センシングに関係する研究を行っていました。その後博士課程からは別の学科の研究室に移りましたが、そちらの研究室では強誘電体をテーマの一つとして研究されていました。強誘電体には様々な性質がありますが、その一つとして圧電性があります。当時の研究室での主流は強誘電体の薄膜を作る技術の開発や新しい強誘電体材料の研究がメインでしたが、私はむしろ圧電性そのものに目をつけて、圧電体の薄膜を使ったデバイスを作ろうとしていました。私は学部生の頃からマイクロマシンというものに個人的興味を抱いていて、圧電体であれば電気系と力学系の相互変換ができるのでマイクロロボットが作れるのではないかと思ったからです。今でこそMEMSという言葉は盛んに使われていますが、その頃の日本ではまだマイクロマシンという言葉とともに、たくさんの夢が語られていました。半導体微細加工技術で髪の毛の太さほどのモータやギアが初めて作られてから10年ほど経った頃で、有志の先生方により発足した「マイクロマシン若手の会」にも参加していました。博士課程以降の研究ではその後センサの研究が主になりましたが、いまでもマイクロロボットの開発は視野の片隅に入れて研究を進めています。

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？

デバイスや材料の研究を行うのであれば、世界最高の性能をもつ材料、あるいは世界最高の性能が出るデバイスといった成果が求められるものと思います。ですが、私の場合は材料やデバイスの絶対的な性能として最高を得るというよりは、アイデアや工夫によって性能を何倍にも高める手法を開発するという観点から研究しています。デバイスは様々な要素が複合的に合わさって性能が決まります。材料の性質、機能を実現するメカニズム、センサの場合だと信号処理系や電気回路、場合によっては計測手法そのものの工夫も必要です。その中で、他の人が気付かない、あるいは研究したがないところで、性能を何倍も高めるようなアイデアはないものかと考えています。そのようなアイデアと、デバイスや材料そのものの高性能化の研究成果が組み合わせられれば、最終的にデバイスの性能を高める上で役に立ちやすいと思います。

今後のご研究の展望についてお聞かせください

現在の研究の源流となっているのが博士課程から在籍した研究室で強誘電体に触れたことです。センサとしての機能は強誘電体を持つ圧電性を利用している訳ですが、強誘電体自身にはさらに有用な性質がいくつもあります。たとえば電源を切っても分極を保持する性質があり不揮発性メモリへの応用が大きく取り上げられていますが、実はセンサにとってもこの性質を利用することでさらに面白い応用が可能になります。また、研究をエネルギーハーベスタ*へ応用することも考えています。センサとエネルギーハーベスタというのは、大雑把に言えば、基本的には同じものです。電気量に変換された量を情報として取り出すのか、エネルギーとして取り出すかの違いですので、圧電体は、エネルギーハーベスタでも有望な材料として考えられています。センサで蓄えてきた研究成果やノウハウ

をこの分野へも展開し、賢いハーベスタを実現しようと考えています。

サムコの装置をどのように使用していただいていますか？

現在の京都工芸繊維大学に移る前の大阪大学時代からサムコさんのドライエッチング装置を使用していました。また、共同研究の際に、他の研究所でも使わせていただきました。今は主に研究開発用高速Siディープエッチング装置『RIE-400iPB』を使ってシリコンの深掘りを行っています。共同研究先では研究開発用ICPエッチング装置『RIE-10liPH』を使ってSiのエッチングや、塩素系ガスで金属膜のエッチングを行っていました。京都工芸繊維大学にある『RIE-10liPH』では、Pt(白金)などの金属膜のAr(アルゴン)でのスパッタエッチングに使用しています。また『RIE-10N』は両大学と共同研究先の3箇所ですべて使っていて、シリコン系材料の浅いエッチングに非常に重宝しています。エッチング装置はサムコさんの装置しか使ったことがないというくらいですが、型番が変わっても同じように、直感的に使いやすい装置になっていて、学生さんにも安心して使ってもらっています。『RIE-400iPB』は装置納入時にプロセス条件を出していただきましたが、今でも変わらずその条件が使えていて頼りになる装置です。

最後にサムコに対して一言お願いします。

トラブルがあった時にも、連絡するとすぐに来ていただいて、細かく対応してくださり、非常に助かっています。営業の方も技術の方もフレンドリーに付き合っています。今後もお世話になっていくと思いますので、よろしくお願いします。

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。

*エネルギーハーベスタとは光・熱(温度差)・振動・電波など様々な形態で環境中に存在する微小なエネルギーを収穫(ハーベスト)して、電力に変換する技術のことで、別名「環境発電技術」と呼ばれています。