

産学連携によるナノテクセンサ開発事例 ～器用なロボット用超音波センサと触覚センサ～



特集 1

大阪大学 ナノサイエンス教育研究センター
特任教授 奥山 雅則氏

●はじめに

私は材料関係の研究をやってきて、それを利用したセンサ技術の開発に取り組んできました。センサの様々な技術に関連して、産学連携のいろんなプロジェクトに関わらせていただきましたので、本日はその成果の中からご紹介させていただきます。

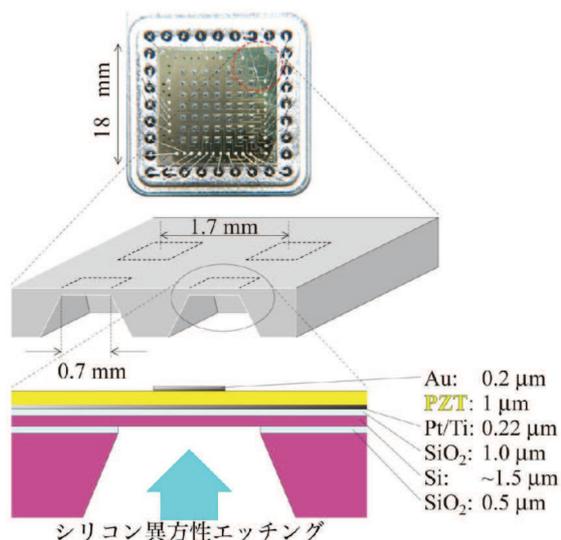
●超音波センサ

まずは超音波センサです。目によって80～85%までの情報を得られるのですが、それが利かないところをどうするのかという面から、超音波というのは非常に楽しい分野です。どう進めるかということで、よく言われるのが人・物・金の3者の連携です。人・物というところは企業や我々の大学、研究所であるとしても、お金のところが非常に難しいわけです。我々はいろんな仕掛けを使わせていただいて、こうしたものを開発してきました。仕掛けとしては大阪府の先導的研究プロジェクト、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）、JST（科学技術振興機構）の研究開発事業、経産省プロジェクトなどを通じて、システム製品化販売や新型センサの研究開発へとつながっていきました。

●超音波による物体センシング

超音波による物体センシングの活用分野では、例えば乗用車のバックソナー、視覚障害者用として障害物を避けながらの行動補助などがあります。これらは空中使用の小型超音波センサですが、水中の利用としては超音波診断装置や水中掃除ロボットなどで、これらは実際に我々が行けない所で用いられ、超音波センサの活用が有効だということです。

これらの開発にはいろんなシーズがありますが、その中で圧電体という、加圧により電圧が発生する酸化物のセラミックの材料で我々は技術開発をやっていました。これを合わせてマイクロ超音波アレイセンサの提案をしようと、先ほど触れたプロジェクトで進めています。



超音波センサの構造

●超音波マイクロアレイセンサの構造と電子走査

この絵は超音波センサアレイの構造を描いています。シリコンのエッチングでここを除きますと、上の酸化膜などが残って非常に薄い数百ナノメートルくらいの膜が出てきます。その上に金属膜、そしてPZTという圧電体薄膜、さらに電極を載せるというものです。こうすると空気の振動に対して膜が振



講師 奥山 雅則氏



れる、膜が振れると応力が変化し電圧が発生する。基板上的超音波センサの数は $7 \times 7 = 49$ 個となり、たくさんのセンサが一気に出来ます。こうすると何がよいかというと、遅延加算という方法があり、通常センサは1つですが、このようにたくさんあると検知感度の方向を変えられます。信号が斜めに入ってくると、各センサに対応した遅れが生じますので、走査角度に応じた遅延時間の同期をとります。遅れをうまく利用すれば指向性が出ますし、そのパターンを電子的に変えることが出来ます。こうした遅延加算ということで角度、そして遅れによって距離が測れますのでどこに物体があるかが分かることになります。

●水中の物体の位置・形状計測

これは濁水中の物体位置の把握ということで、ブロックと丸石を乗せた状態で、濁水中の立体映像を見るものです。水タンクの中で泥が舞い上がって何も見えない状況、光をあてても捉えきれないような所で、たくさんの柱や梁がある形状を測ることを実現しました。また、温泉を掘るための温泉井戸掘削管では、深井戸管内検査装置の掘削管のストレーナ損傷などをモニターすることもできます。このあたりは圧力が大きく、温度も高いわけですが、そうした極端な条件下でも使えるということも示しました。

●自律移動ロボットへの応用

これはシンプルな自動車をイメージさせる3輪車ですが、前面からパルス音を出して、反射音をセンサとプリアンプ部で検知し、障害物の方向と場所が分かります。これを避けるのに車輪を駆動します。今から実際に動かしている映像を見ていただきます。この自動車はプログラムもない中で避けることだけ

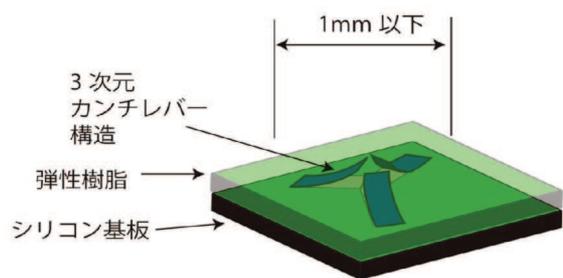
を入れるという、非常に簡単な操作であって、見かけ上も優れた検知能力を発揮するというシンプルなものです。また、他にも下の写真のように、基板の上にメンブレンのナノメートルオーダーの動きにより超音波を捉えるというものも新しく開発中です。

●触覚センサ

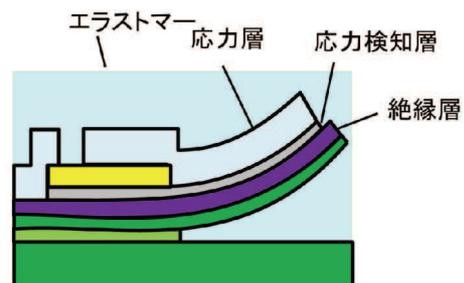
次は触覚センサです。これも NEDO や経産省のプロジェクトに使わせていただきながら、産学のアライアンスができたというものです。少子高齢化社会の到来で労働者不足や要介護者の増加を背景に、ロボットが重要な役割を果たすこととなります。介護ロボットなどがしっかり動いてもらうためには、人間の感覚に近い触覚センサが必要となります。

この写真は一緒にやっていた方のお子さんですが、手でプラスチックのコップを持つためには、圧力だけでなく滑りの力を感じることで容易に持つことができます。左手には手袋をしてコップを持つと少し滑り、剪断力が失われているため、コップをつぶすようになるだろうということで、やはり人間に近い感覚が重要となるわけです。

動作の原理は非常にシンプルなもの、基板の上にゴムのような弾性体を載せ、ゴムのようなものを押ししたり、横にずらすことによって、ヒゲのようなものが左右、上下に動くこととなります。上から押



垂直応力・剪断力検知触覚センサの構造



カンチレバーの断面図

すような力に対しては同じ方向に曲がります。滑り方向に関しては、1つは左、1つは右、1つはそりが戻る、1つはそりが深くなる。この上にゲージ膜を付けておくと、ずらす力に対してはどちらも抵抗が増えることとなりますが、滑りのほうは抵抗の変化はプラスマイナスの逆符号になります。これを利用すればこのヒゲを対抗して上げれば抵抗変化量から量、垂直の圧力と横方向の圧力を検出できることとなります。実際にはX、Y、Zの3つの力ですから、3つがあればよいわけで、3つをシリコンの基板の上に載せて、弾性体でおおうという構造です。

こうした構造でシリコンの上にヒゲのようなものをつくる。検知の歪みのコントロール、歪みゲージ膜の作製というところで、ナノメーターの厚み制御、あるいは合金の物性を知らなければなりません。このあたりがナノに関係したところだと思います。

●把持状態認識

これは触覚センサを用いて実際に物体把持のテストを行った状況を示すデモで、ロボットアームには触覚センサが付いています。これを左右に挟む状況を検査するために、透明の箱の中にカメラを設置し、ミラーで面を見て、滑るとか離れるとかをモニターして見るわけです。いずれにしても物体を挟んで、

押し上げたり、ゆるめたりするテストです。

実際の状態はモニターカメラの所で見えます。上に付けた触覚センサで得られた特徴量をもとに計算をして、各状態の識別をします。加圧、滑り限界などで識別率が低かったのですが、非接触、把持、滑りの定常状態については高精度で識別することができました。

さらに触覚というと、我々自身は日常の中で使っているわけで、表面の硬さや粗さ状態を調べたり、衣服などは肌触り感を確かめます。また、お札表面の凹凸計測で偽札防止への応用、さらに床ずれ防止などもっと高度な応用につながります。

●おわりに

以上のように、産学連携による2つの事例「超音波センサの開発と応用」「触覚センサの開発と応用」について紹介させていただきました。こうした研究開発を進める上で、①川上から川下企業において、新製品開発を積極的に進める意欲と人材、②大学・研究所における科学技術の利用と産学交流に意欲のある人材、③開発・振興機構、経済産業省、大阪府による財政的開発支援、これらがうまく調和するとよい結果につながるのではないかと感じております。

