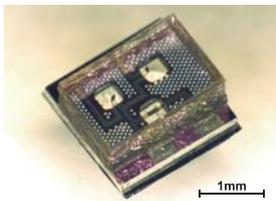


部品・ソフトウェア部門(部品)

超小型MEMS 3軸触覚センサーチップ

東京大学、パナソニック 株式会社



■ロボットの触覚センサー

産業用に限らず広い範囲でのロボットの実用化を考えた場合、家庭での家事介護支援や公共の場での労働支援など、従来よりも人に近い場所での使用は欠かせません。これらの環境で安心・安全に動作するためには、人や物との予期せぬ接触に対してはこれを確実に検知する、またロボットハンドなどで主体的に接触する際には優しくかつ柔らかく、さらに適切な力で的確にコンタクトする必要があります。これらの機能を実現するためには、ロボットの全面に実装でき、かつレンジが広いロボット用触覚センサーが必要となります。さらに、従来の触覚センサーは圧力の検出がメインであり、センサー面に平行な滑り方向の力(せん断力)を満足のいく性能で検出できるものではありませんでした。また、触覚センサーの代替としての3軸力センサーはサイズが大きく、ロボットの関節には組み込めても、表面に実装することはできませんでした。そこで我々は、指先に実装できる程度に小さく薄く、かつ圧力及びせん断力が測れる触覚センサーの開発を進めました。その成果が「超小型MEMS3軸触覚センサーチップ」です。

■超小型・超軽量・高感度

「超小型MEMS3軸触覚センサーチップ」はMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を用いて製作されており、2mm×2mm×0.8mm(幅×奥行×高さ)と米粒の半分程度のサイズのチップの中に圧力センサー、並びに2軸のせん断力センサーが作りこまれています。この力センサーはピエゾ抵抗カンチレバーと呼ばれるもので、カンチレバー(片持ち梁)の根元にピエゾ抵抗層が形成されており、変形を抵抗値変化として読み取ることが可能です。ピエゾ抵抗の感度は金属ひずみゲージを上回る優れたものであり、後段の処理回路は金属ひずみゲージと同様、ブリッジとアンプのみが必要とされます。またセンサーチップの重量は4mgと非常に軽く、チップ1つあたり最小で0.3gの重さが測れます。

■チップ化のメリット

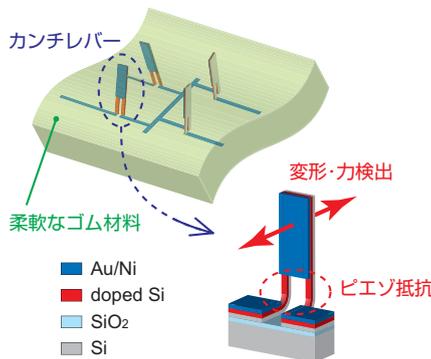
本センサーチップは、チップ自体が非常に小型であるため、任意の曲面上に任意の密度で実装することが可能です。例えば指先など繊細な触覚が必要とされる場所には密に配置し、手の甲や腕など繊細さがさほど必要でない場所にはまばらに配置するなど、使用用途やコストに応じて自由な設計が可能となります。さらにチップを埋め込む柔軟材料の硬さを変えることで、センサー感度を自由に設定できる点もメリットの一つです。例えばシリコンゴムなどの柔らかい材料で埋めれば人の触覚と同程度の感度が実現できる一方で、ポリウレタンやエポキシ樹脂など硬めの材料で埋めれば撃力すらも計測することが可能となります。



センサーチップと米粒とのサイズ比較

■様々なアプリケーション

ロボットハンドを用いた把持やなぞりといった動作は、触覚を用いることで飛躍的に進歩する動作の一つといえます。例えばコップに水を注ぐとき、次第に増えていく重量を腕全体で感じながら、コップが滑り落ちないように握力を強めていく必要があります。ただ紙コップなどは強く握りすぎると潰れてしまいますので、コップを落とさない程度の適度な握力で持つのが好ましいと考えられます。では注ぐ側はどうでしょうか？ ペットボトルからお茶を注ぐ場合、ペットボトルを傾けていくとその重心位置は次第に変化していきます。把持した位置と重心位置とが離れてくるとモーメントが大きくなり、ペットボトルはハンドの中で回転しようとしてしまいます。これに対応するためには重心位置を正確に把握し、ペットボトルを持ち直すか、握力を強くしていく必要があります。人は指先の鋭敏な感覚と



ピエゾ抵抗カンチレバーの原理



ロボットハンドへの搭載事例

ロボットハンドへの搭載事例
でなく、その表面をなぞることで凹凸の定量化が可能となることが知られています。このなぞり動作にもせん断力の検出が大いに役立つと考えられます。

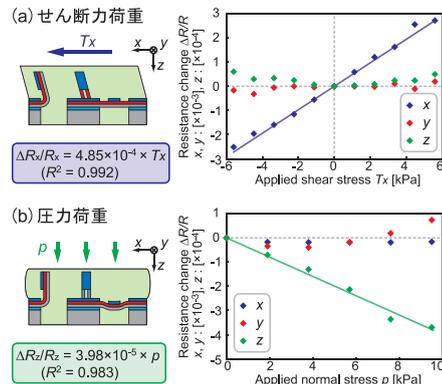
豊富な経験によりこれらの動作を難しくこなしますが、ロボットが同様の動作を行うためには高性能な3軸触覚センサーが必要です。そして本センサーチップの使用により、確実な把持動作、並びに把持物体の重心位置検出が実現できます。

また人の指先は物体の表面の凹凸を認識し、ある程度までは材質をも判別可能です

が、物体の表面に触れるだけでなく、その表面をなぞることで凹凸の定量化が可能となることが知られています。このなぞり動作にもせん断力の検出が大いに役立つと考えられます。

■今後の展開

2008年度時点では量産化前の段階として少量ずつ製作されていますが、今後は半導体製造技術・MEMS技術による生産性の向上・収率の向上を目指していきます。具体的にはMEMSファウンドリー利用による試作を2008年度上期から開始しており、2010年頃の量産開始を目標として研究・開発を続けていきます。また現時点ではロボット用のセンサーとして、人の手で実装できるサイズに設計・製作していますが、MEMS技術としてはまだまだ余裕のあるサイズといえます。例えば貫通電極を用いた裏面配線技術を利用すればSMD(表面実装部品)と同様に扱うことが可能となりますので、実装工程の機械化によりさらなる小型化が実現できるものと考えております。



センサーチップの特性