



# MEMS技術を用いた 集積化皮膚触覚センサの開発

創造工学部 創造工学科 教授 高尾 英邦

## 研究シーズの概要

半導体プロセス技術を基盤とするマイクロマシン技術（MEMS 技術）は、微細加工技術により緻密な構造を有する各種の機能デバイスを形成できます。また、電子デバイス・集積回路の材料であるシリコン半導体を材料として用いることで、各種のセンシングや情報処理機能の集積化に対応でき、様々な分野へ応用されています。

高尾研究室では、MEMS 技術を利用した機能集積型マイクロセンサデバイスの研究・開発を行っています。その一例として、高度な触覚を有する指先の皮膚に匹敵する機能を持った超高感度触覚センサの開発について紹介します。図1は、人の指先における皮膚の構造と、その中に分布する各種の神経細胞の模式図を示しています。指先の触覚機能は全身の中で最も発達しており、対象の状態を判別しながら正確に操作する上で必要となる各種感覚を感知する様々な神経細胞が高密度に集まっています。指先にある精緻で鋭い触覚機能に匹敵する触覚センサシステムは、触診の定量化や内視鏡治療、医療・介護用サービスロボット、新しいマン・マシン（ユーザ）インターフェース等幅広い分野で実現が期待されています。この優れた指先の皮膚触覚を人工的なセンサとして実現するために、アレイ状センサ画素を集積化した複合型シリコン皮膚触覚センサを開発しました（図2）。

### ヒトの指先における触覚

マイスナー小体、パチニ小体などの受容器が皮膚下に分布

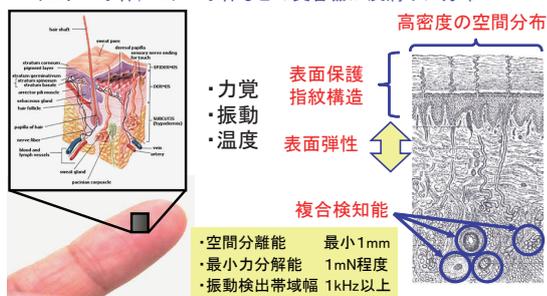


図1. ヒトの指先における触覚と神経細胞の模式図

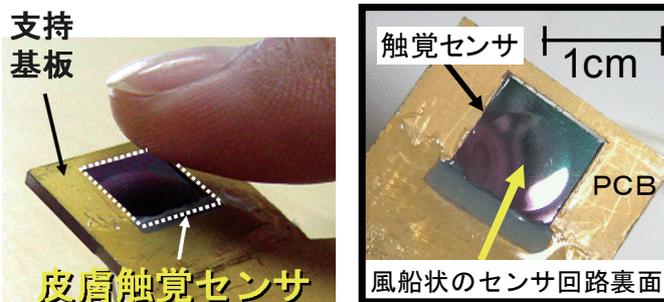


図2. 実現した皮膚触覚センサ 左：表面、右：裏面

【利用が見込まれる分野】 内視鏡等の医療機器への実装、検査機器への応用

## 研究者プロフィール

高尾 英邦 / タカオ ヒデクニ



メールアドレス takao.hidekuni@kagawa-u.ac.jp  
 所属学部等 創造工学部 創造工学科  
 所属専攻等 機械システムコース  
 職位 教授  
 学位 博士（工学）  
 研究キーワード 電子デバイス、MEMS、センサ、集積回路、医工連携

問い合わせ番号：EN-11-022

本研究に関するお問い合わせは、香川大学産学連携・知的財産センターまで  
 直通電話番号：087-832-1672 メールアドレス：ccip-c@kagawa-u.ac.jp

## 技術の特徴

図3は、集積化皮膚触覚センサの概略構造と検出原理です。シリコンは鋼鉄同様に堅いもので、脆性破壊を示す点が触覚センサとして課題でした。本センサの最大の特徴は、このシリコンを厚さ  $10\ \mu\text{m}$ （髪の毛の約5分の1以下）まで薄くし、空気圧をかけて全体を膨らますことで、風船のように弾力あるシリコン面を実現したことです（図2右）。また、その表面には高密度の「力覚」センサや「温度」センサが高密度に集積され（図4）、皮膚のように機能します。検知面のサイズは約  $8\text{mm}$  であり、指先同様に直接ものに触れることができます。集積化された個々の力覚センサは、人間の指先よりも高感度であり、神経細胞よりも高い密度で形成されています。そのため、人間の指先では点字に指を押し当てただけで文字を認識できないのに対し、本センサは点字に当てただけで表面形状を明確に検知でき、点字（凹凸）表面の三次元的な立体画像の取得に世界で初めて成功しました（図5）。また、鉛筆の先鋭な先の形状や、その滑る方向までも同時に検知することができ、人間の皮膚以上に精密な位置検出が可能です（図6）。この他、薄化したセンサ全面に空気圧振動を加えることで対象からの反発力分布を取得可能となり、その対象面の固さを計測できます。これにより、温度分布画像、接触力分布画像、固さの三元情報の同時取得を実現しました。

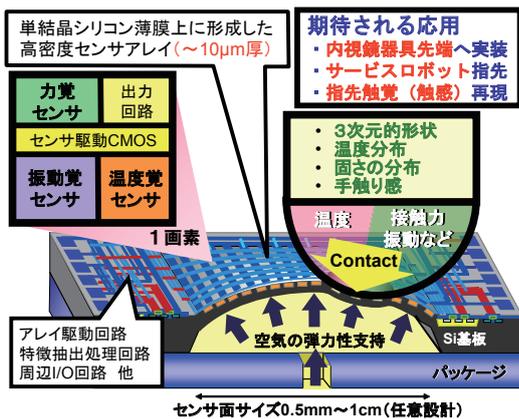


図3. 集積化触覚センサの概略

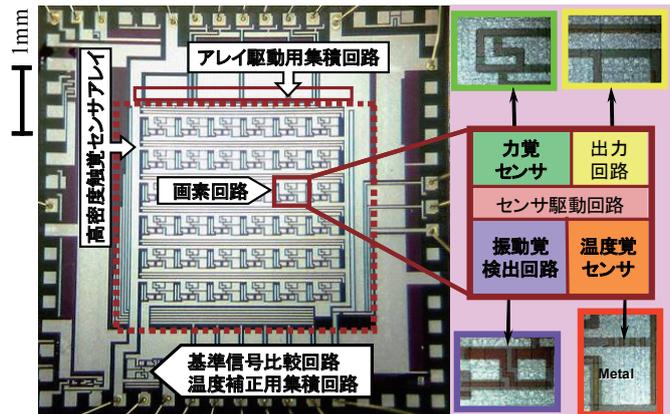


図4. 力覚と温度覚を集積化した触覚イメージセンサ

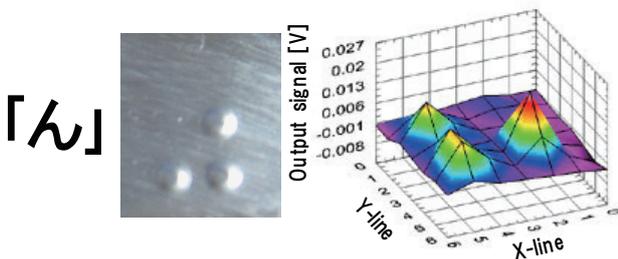


図5. 点字「ん」の写真と読み取り画像

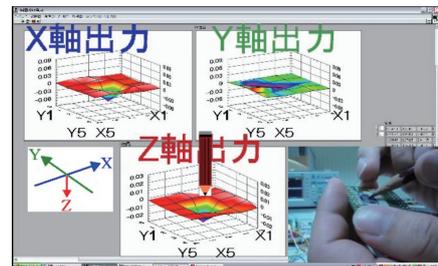


図6. 鉛筆の先端形状や力の方向の読み取り

本センサは、人間の指先皮膚が実現する高度な触覚ないし触感の検知を可能にする全く新しい概念の触覚センサであり、これまで得られなかった様々な「触」の情報を定量的に計測、記録、保存することができます。微小エリアに高密度な触覚機能を実現できることから、内視鏡手術器具の先端への実装や、作業ロボット先端からの触覚フィードバック、技術伝承のための職人の指先感覚の記録など、各種の応用可能性があります。また、指先は視覚で困難な偽札の判別もできるほど優れた感覚を有しており、全く新しい概念に基づく検査機器やインターフェース機器など、各種機械の知能化に向けて効果的な応用用途が期待できます。実用化に向けて、本触覚センサの共同開発や応用展開、事業化等の相談をお待ちしています。