



社会にひろがる新技術

～JSTの研究開発成果から～

vol.6

ロボットの手が、また一步、人の手に近づいた

より薄くより高度な計測能力を持つ3軸触覚センサを開発

ロボットが皿を洗い、掃除機をかけ、介護を手伝う——そう遠くない未来の話だ。家の中には、「押す」「持つ」「握る」といった動作を必要とするモノが多くある。ロボットの手は、人の手に近づかなければならない。そこで大きな一歩を記したのが、タッチエンス株式会社の中井亮仁取締役と丸山尚哉取締役らが開発した3軸触覚センサ※「ショッククチップ」だ。

※3軸触覚センサ：縦・横・高さ（X軸・Y軸・Z軸）に加わる力を検出する触覚センサ。



ロボット開発の前進に不可欠な触覚センサ技術

「ロボットを産業界ばかりではなく家庭内でも活用させようという取り組みは10年以上前から企業や大学で行われてきました」

そう話すのは、東京大学でIRT研究を行ってきた中井さんだ。少子高齢化・人口減少が進む日本で労働力不足を補うために有望視されているのが、IRT技術だ。IRTとは、IT（情報通信技術）とRT（ロボット技術）を融合させた技術のことで、ロボット産業発展のためイノベーションの創出を目指している。

しかし、家庭内でロボットを活用するには、ロボットの小型化・軽量化などまだ取り組むべき課題がいくつかある。五感に対するセンサ技術もその一つだ。

例えば、ロボットがコップをぐっと力を入れて握る。するとロボットの指先に取り付けられた触覚センサは、その力を圧力として検出し、コンピュータに送る。そこで処理されたデータは、再びロボットの手や指に「もっとやさしく握るように」といった指令として送り返される。触覚センサの感度が高

い程コンピュータからの指令は的確になり、ロボットの手はより繊細に反応し、人の手の感覚に近づく。

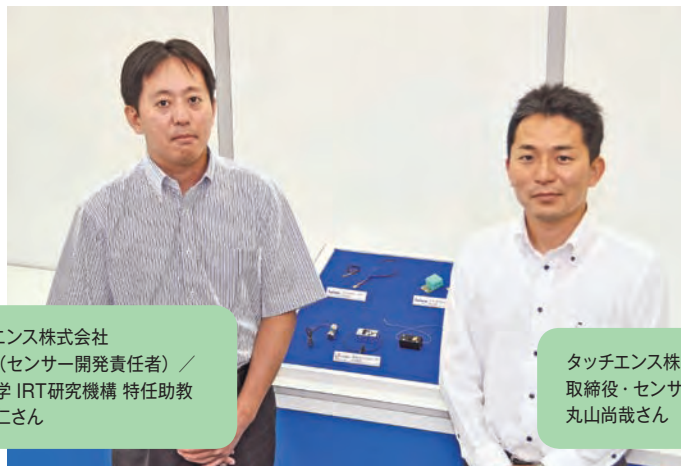
中井さんらは、「せん断力（摩擦方向の力）」を感知できる3軸触覚センサ技術を用いて「ショッククチップ」を開発した。樹脂（シリコンゴム）で外装しているため、圧力に対してダイレクトに反応することができるという。

センサ事業を統括する丸山さんは、

ショッククチップの特長について、「高感度化・小型化はもちろん、特に薄いというところに大きな飛躍があります」と強調する。薄さを実現した技術はどのようなものなのか。

「ショッククチップ」はピエゾ抵抗で力を検出する

触覚センサの研究は、1980年代、ロボット工学の研究と共に始まった。市販されて

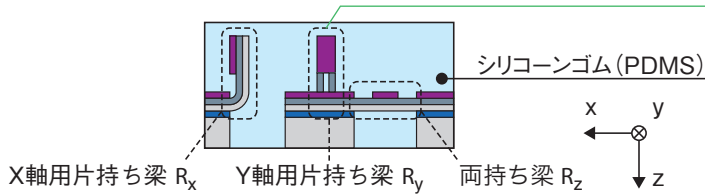


タッチエンス株式会社
取締役（センサ開発責任者）／
東京大学 IRT研究機構 特任助教
中井亮仁さん

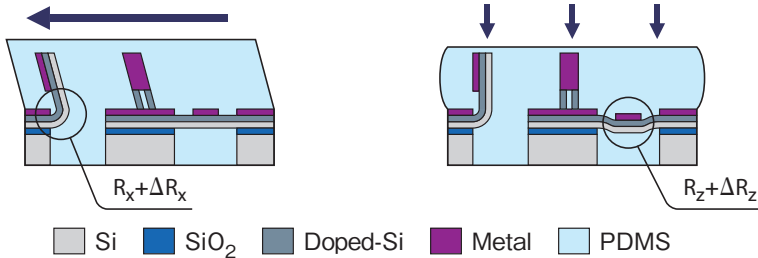
タッチエンス株式会社
取締役・センサ事業統括
丸山尚哉さん

※若手研究者ベンチャー創出推進事業は、平成21年度から、研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）実用化挑戦タイプとして再編されています。

■3軸触覚センサ「ショッカクチップ」の構造



1) 表面に横方向の力を加えたとき(せん断力) 2) 上からの力を加えたとき(圧力)



いる触覚センサの中には、せん断力や圧力を光の反射を応用して検出するタイプもある。

「ショッカクチップ」には、上図の通り、不純物の混じった半導体シリコン(Doped-Si)の薄膜が搭載されている。シリコンゴム(PDMS)を通じてこの薄膜に力が加わると、微弱な電気抵抗の変化が生じる仕組みだ。

「この半導体シリコンの薄膜を伸ばしたり曲げたりするときに生じる電気抵抗の変化をピエゾ抵抗効果といいます。その変化は、薄膜に力をかける前の1万分の1~100万分の1というとても微弱なものです」

ショッカクチップは、この微弱なピエゾ抵抗の抵抗変化を検出・増幅し、それをせん断力や圧力としてコンピュータに伝えている。

蓄積されたMEMS技術が「薄く」「小さく」を実現

ショッカクチップに先行する既存の触覚センサは、「圧力」の検出がメインであり、

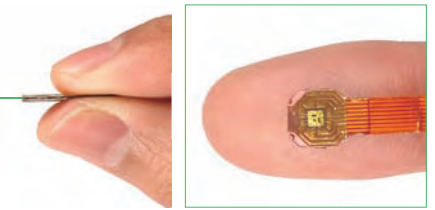
「せん断力」を満足いく性能で検出できるものはなかった。更に、せん断力の検出には、平面構造の上に突起や直立させたカンチレバー(片持ち梁)を必要としていたため、チップは凸状の構造とせざるを得なかったが、ショッカクチップはフラットだ。

「高さ方向にスペースを必要としないため、シリコン基板の厚みをわずか300マイクロメートル(1マイクロメートルは1000分の1ミリ)に抑えることができました。ショッカクチップ自体のサイズも、最も小さいタイプは、7mm×7mm×2mm(幅×奥行き×高さ)です」

この小さい・薄いという特長は、ロボットの手や指に付ける触覚センサとしての大きな優位点となる。「小さい」ためにロボットの指先にも複数のセンサを付けることができ、「薄い」ために指先の曲面に従って柔軟に曲がり、安定した接着が可能だ。

中井さんは、このようなブレークスルーを実現し得たのは、ひとえにMEMS(メムス: Micro Electro Mechanical Systems)技術の進化によるものだという。MEMSとは、半導体集積回路の作製技術を用いて、シリコン基板などに、機械要素部品・センサ・電子回路などを集積したデバイスのことだ。このMEMS技術を駆使したショッカクチップのセンサ部の厚さは300ナノメートル(1ナノメートルは100万分の1ミリ)と驚異的だ。

「大学の研究室ではIRT、立体視ディスプレイ、触覚センサなどの研究開発を行ってきましたが、それらと並行して



ショッカクチップが「せん断力」「圧力」を検出するメカニズム

触覚センサは、面に対して平行な2方向のせん断力(X軸・Y軸)と、面に対して垂直な方向の圧力(Z軸)を検出する。ロボットの手の「押す」「持つ」「握る」といった動作は、すべて「2方向のせん断力」「垂直方向の圧力」として検出される。

写真はショッカクチップ(SEタイプ: 7mm角、厚さ約2mm、重さ0.4g)。

MEMSの研究も続けていました。今回の成功は、その蓄積があったからでしょうね」

実用化に向け「量産化」に着手

タッチエンス株式会社を立ち上げる以前、丸山さんは、東京大学情報理工学系研究科との産学連携によって、既に触覚センサ事業に携わっていた。当時も、多くの顧客から「更に小型・高感度で薄いものを」という要望が寄せられていたという。そのようなときに、同研究科に在籍していた中井さんと出会い、研究の先端性や人柄に惹かれ、共同で起業することを考えた。2010年の秋頃のことだ。

「中井さんとの出会いによって、薄い・小型・高感度という最初の目標地点には到達したと思います。次のステップは、この製品を、IRTを含めたさまざまな市場でたくさん使ってもらうこと。そうなれば相乗効果が働き、その性能は更に鍛えられていくことでしょう」

同社は、製造工程を簡略化するシステムを確立させ、今年度中には、いよいよ量産モデルの販売を開始する。ショッカクチップの用途は、ロボットへの搭載だけでなく、身近なモノにも応用できる可能性がある。ゲーム機やスマートフォンの操作性を高めたり、スポーツ用品に取り付けられれば、動作解析が可能だ。ロボットの手を人の手に近づけるために磨いてきた高感度触覚センサへの期待は大きい。

タッチエンス株式会社(本社:東京都台東区)

【設立】2011年4月5日

【事業内容】触覚センサの開発、製造、販売



ショッカクチップを製造するクリーンルーム。MEMS技術による微細加工が最小・最薄・最軽量の3軸触覚センサを実現している。