

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 繊細な触覚を定量的に検知する「ナノ触覚神経網」の開発と各種の手触り感計測技術への応用

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者

高尾 英邦（香川大学創造工学部 教授）

主たる共同研究者

有本 和民（岡山県立大学情報工学部 教授）

三木 則尚（慶應義塾大学理工学部 教授）

上手 洋子（徳島大学大学院社会産業理工学研究部 准教授）

3. 事後評価結果

○評点：

A+ 非常に優れている

○総合評価コメント：

本研究は、MEMS技術による触覚センサとそのデータのAI処理を融合した触覚センサシステムを開発し、人の指の繊細な触覚を「識別」から「官能評価」まで定量的に表現しようとするものである。基本となる測定項目（空間解像力と摩擦力検知能）の目標は他所研究事例を大きく超える解像度100nm、摩擦力 50 μ Nに設定されたが、最終的に空間解像度100nm未満、摩擦力分解能17 μ Nを達成できた。

初めに高空間解像型と柔軟対象物用の二種類の触覚センサデバイスが開発され、データ処理については波形解析やカオス解析によって手触り感に結びつく有意な「特徴量」の抽出を行い、さらに深層学習による直接処理も可能にした。多数の実験協力者による検証を得て精度が向上された。事例として、10種類の布地を最高99.4%の精度で識別でき、また微妙な手触り差のある7種のティッシュペーパーを最高80.4%の精度で識別するなど、優れた識別能力を実現した。続いて、それらの成果をベースに指先の指紋を模したアレイ型（神経網型）触覚センサが開発され、二次元触覚分布画像が取得された。全接触子の信号情報を分析することで、「硬さ分布」の可視化や「滑り」の計測等、高度な触覚機能評価ができるようになり、さらに冷温感評価にも着手している。以上のように、本研究は力触覚領域から未踏の官能触覚領域の探求手段の確立と評価に成功し、新しい研究領域を拓いたものと言える。

さらに本研究チームはセンサ表面を極薄フィルムで保護し、皮脂・汗・血液等が存在する困難な環境での接触評価も可能にした。この触覚センサを腹腔鏡鉗子に搭載し、ゼロ摩擦の（人工）臓器を「滑り」を知覚しながらつかむ様子を数値化、可視化することに成功した。スタート時から懸案であった医療応用に向けて端緒を開く成果である。

研究開発体制は4大学、6分野から構成され、密接な協調下で研究が実施され、早い時期から製紙、センサ企業、家電製造企業との共同研究もスタートした。他の企業からの問い合わせも増えつつある。触覚を数値化することで、個人差なく事象を把握し、また標準化することも容易になるので様々な産業への波及が期待される。研究中に得られた論文、知財とも優れた水準で、とりわけ招待講演数の多さが本

テーマのユニーク性を裏付けている。

本センサは対象物に接触しかつ表面をなぞるように動かす点で、システムとしての信頼性やデータの再現性が懸念されたが、当初から視点を持って改善が進められた。ハンディな触覚センサシステム機が試作され、多数の一般参加者が触るような成果デモ会場でも安定した動作を示すまでになった。触覚センサの機能の魅力に加えて、一定のロバスト性を実証していることも関心を集める一因となっている。今後多様な共同研究・開発の中で信頼性の改善も一層進むものと期待できる。