

高尾 英邦

香川大学創造工学部機械システム工学領域
教授

繊細な触覚を定量的に感知する
「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

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、ナノ触覚デバイスの実現(ナノ触覚レイヤー)、神経網制御技術(神経網アルゴリズムレイヤー)、手触り感計測の応用技術開発(応用開発レイヤー)に軸足を置く 3 つの研究者チームを構成し、「人間の指先」が持つ繊細な触覚をセンサ技術で再現することで各種の手触り感を数値化できる新しい計測システムを創出する。ナノ触覚デバイスの研究開発は「ナノ触覚レイヤー」を構成する香川大学工学部のグループが「応用開発レイヤー」側の研究者と連携して推進し、高性能・高効率な信号処理技術の構築は「神経網アルゴリズムレイヤー」を構成する岡山県立大学情報工学部のグループが推進した。

プロジェクトの節目となる今年度は、各種の手触り感を数値化できる計測システムと新しい触覚センシングの応用分野を創出すべく、単一のナノ触覚デバイスによる手触り感の識別が可能な「ナノ触覚技術」を完成し、デモンストレーションが可能なハンディ型装置として実現した。また、後半期のナノ触覚技術の神経網展開にむけ、空間的に分布した触覚情報を取得するために開発された「指紋アレイ型ナノ触覚デバイス」の評価を実施した。

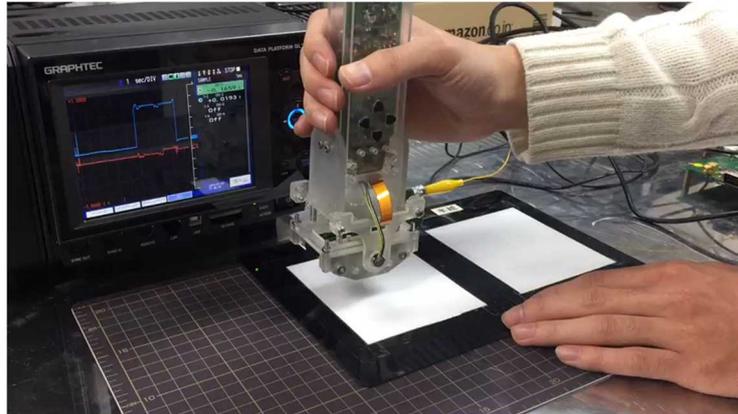


図1 「手触り感スキャナー」:ナノ触覚技術の高速デモンストレーション装置

図1はナノ触覚センサを搭載する「手触り感スキャナー」を用いた触覚計測の様子である。本装置はハンディー型の構成であり、香川大学(ナノ触覚レイヤー)と岡山県立大学(神経網アルゴリズムレイヤー)の連携によって完成された。装置下部には対象表面に沿って走行する機構とともにナノ触覚センサが設置されている。本システムは、各種の紙や布地、樹脂など様々な触覚計測対象の表面を自在に「スキャン」することで、「手触り」を決定づける表面の微細なテクスチャと摩擦力の波形を取得することが可能となった。ナノ触覚センサが表面を走査するスペースさえあれば、どのようなサンプル表面であっても高精細の触覚計測を高速に実施することが可能となった。

図2は神経網展開を目指して開発した「指紋アレイ型ナノ触覚デバイス」を用いて計測した布地表面の高精細触覚情報である。500ミクロンのピッチ(平均的な指紋の間隔に相当)で配置した6本のナノ触覚センサアレイから得られた信号は、「糸」と「編み」で構成された圧迫状態の下での表面形状と、表面の各場所で生じる摩擦力の空間分布を高い空間解像度で見事に捉えている。従来の「ナノ触覚センサ」は1本の指紋が得る情報に相当する信号を捉えていたが、アレイ化によって空間的な広がりをもつ触覚情報、すなわち、より人間の指先が得る触覚に近い触覚計測が可能になったといえる。

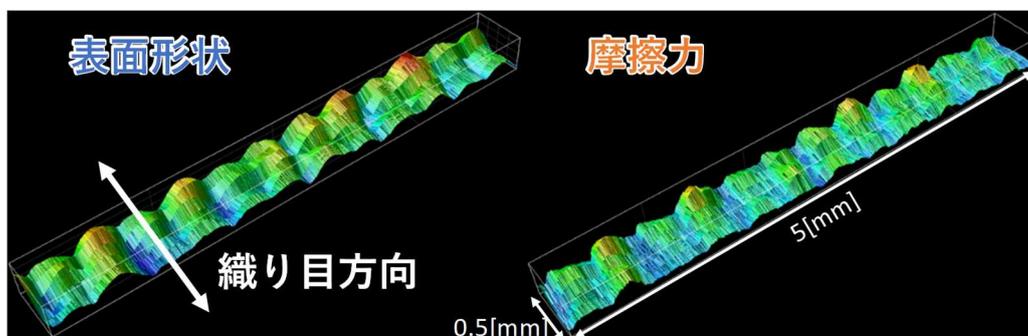


図2 指紋アレイ型ナノ触覚デバイスを用いて計測した布地表面の高精細触覚情報

【代表的な原著論文】

Kazuki Watatani, Kyohei Terao, Fusao Shimokawa, Hidekuni Takao, A Monolithic Fingerprint-Line Tactile Sensor Array Realizing High Resokution Imaging of Spatially Distributed Tactile Information, The 32nd IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (IEEE MEMS 2019), pp182-185, 2019.

Koki Hamamoto, Kyohei Terao, Fusao Shimokawa, Hidekuni Takao, A Highly Sensitive Planer Silicon-Hair Device Reproducing The Function of Human Hair Follicle , The 32nd IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (IEEE MEMS 2019), pp198-201, 2019.

Kota Nakamitsu, Kazuki Watatani, Kyohei Terao, Fusao Shimokawa, Hidekuni Takao , Measurement of Touch Feeling on Hair Surface Using High Resolution Two-Axis MEMS Tactile Sensor, Asia-Pacific Conference of Transducers and Micro-Nano Technology(APCOT2018), 2 pages, 2018.

§ 2. 研究実施体制

(1)「ナノ触覚・応用開発」グループ（香川大学 高尾グループ）

① 研究代表者:高尾英邦（香川大学創造工学部、教授）

② 研究項目: 研究総括と推進

- **ナノ触覚技術の開発と改良**
 - ナノ触覚デバイスの研究
 - 定量化アルゴリズムの策定
- **センサ応用事例開拓と実証**
 - 定量化アルゴリズム評価
 - ナノ触覚の応用実証
- **ナノ触覚神経網の実現と改良**
 - ナノ触覚デバイスの神経網展開

(2)「神経網アルゴリズム」グループ（岡山県立大学 有本グループ）

① 主たる共同研究者: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）

② 研究項目: 神経網アルゴリズムチーム統括・設計評価研究

- **3D2 アルゴリズムの検討と検証**
 - 3D2アルゴリズムの検討と検証
- **センサ応用事例開拓と実証**
 - 3D2アルゴリズムの実証
- **ナノ触覚神経網の実現と改良**
 - 3D2アルゴリズムの神経網適用

(3)「学習最適化」グループ（徳島大学 上手グループ） ※平成 30 年度より参画

① 主たる共同研究者:上手 洋子（徳島大学大学院社会産業理工学研究部、准教授）

② 研究項目: 触覚センサ信号用の学習 DNN 及び触覚特徴量抽出法の開発

- **ナノ触覚技術の開発と改良**
 - 最適な DNN 構成の実装と評価
- **ナノ触覚神経網の実現と改良**
 - DNNからの特徴量抽出法の検討