

高尾 英邦

香川大学工学部
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. 研究実施体制

(1)「ナノ触覚・応用開発」グループ

- ① 研究代表者:高尾 英邦 (香川大学工学部 教授)
- ② 研究項目:研究総括と推進

1 ナノ触覚技術の開発と改良

1-1 ナノ触覚デバイスの研究

- 1-1-1 高空間解像化:サブミクロン領域の手触り感抽出評価と改良型ナノ触覚デバイス設計
- 1-1-2 神経網形成に向けた指紋アレイ型ナノ触覚デバイスの設計と製作

1-2 定量化アルゴリズムの策定

- 1-2-1 布地のなめらかさに関する定量化アルゴリズムの策定
- 1-2-2 布地がもつ「周期性」の定量化アルゴリズム策定
- 1-2-3 深層学習による布地の識別

2 3D2 アルゴリズムの検討と検証

2-2 センサとハードウェアの実装

3 センサ応用事例開拓と実証

3-1 定量化アルゴリズム評価

3-2 ナノ触覚の応用実証

- 3-2-1 ナノ触覚による髪の毛の手触り感定量測定
- 3-2-2 ナノ触覚による皮膚表面の手触り感定量測定

(2)「神経網アルゴリズム」グループ

- ① 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

2 3D2 アルゴリズムの検討と検証

2-1 触覚センサシステムの高精度認識化のための高効率信号処理の検討

2-1-1 センサからの電気信号と動画情報を融合した高効率な信号処理アルゴリズムの検討

2-1-2 触覚センサシステムへの省電力化技術の評価・検討

2-1-3 触覚センサシステム深層学習ネットワークの検証方式の検討

3 センサ応用事例開拓と実証

3-3 3D2アルゴリズムの実証

3-3-1 深層学習(ディープラーニング)による物質表面認識技術の高精度化の検討

3-3-2 触覚神経網のソフトウェアとハードウェアの構成要素の基本設計

3-3-3 触覚神経網のモデル検証方式の検討

(3)「触覚試験」グループ

① 主たる共同研究者: 三木 則尚 (慶應義塾大学理工学部 教授)

② 研究項目: ナノ触覚定量化にむけた触覚基準サンプルの開発

1 ナノ触覚技術の開発と改良

1-3 触覚基準サンプルの検討

§ 2. 研究実施の概要

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。平成 29 年度は CREST 開始 3 年目であり、プロジェクトの前半期において「ナノ触覚技術」を確立すべく、システムを統合化して機能させることを前提に研究を遂行した。ナノ触覚技術は、従来の触覚技術では観測不能であった微細な表面テクスチャに起因する「手触り」の情報を取得する新領域の触覚センサと、その信号を低電力かつ効果的に情報処理するプロセッシング技術、さらに、人間が感じる手触り感とその素材毎の違いを見分ける感覚の定量化技術を統合し、実現が不可能であった手触り感の定量化を可能とする新しい触覚センシング技術である。本年度は、高性能触覚デバイスを実現するための「ナノ触覚デバイスの研究」を進め、人間の肌触りを考慮した柔らかな素材から、人が判別できる限界の荒さを持つ加工金属

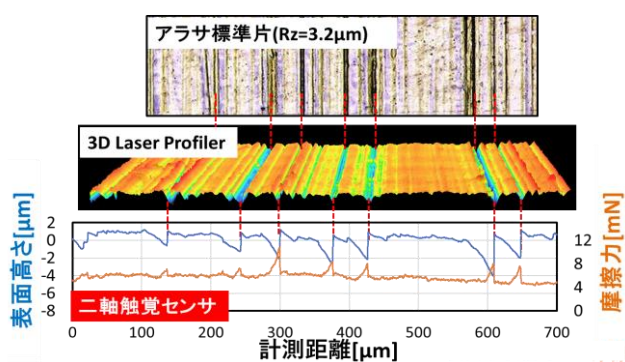


図 1 ナノ触覚で取得したサブミクロン領域の触覚波形

の表面までの繊細な手触り情報を取得可能な触覚センサ技術を構築することができた。図 1 は、開発したナノ触覚デバイスを用いて Rz=3.2 のアラサ標準片の表面から触覚情報を取得した結果である。光学顕微鏡像、3D レーザ顕微鏡像と合致する表面形状に加えて、対応する箇所毎の摩擦力波動変化を的確に捉えた。ナノ触覚では、Rz=0.4 のアラサ標準片まで触覚情報を計測することに成功している^{1,2)}。

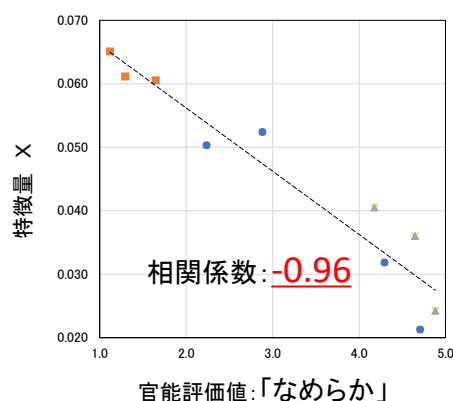


図 2 触覚信号と手触り感の関係

また、触覚信号から手触り感を定量化するための「定量化アルゴリズムの策定と評価」、低電力プロセッシングを可能とする「3D2 アルゴリズムの検討と検証」を進めて、手触り感を数値的に表現するアルゴリズムの構築を行った。まず、各種の生地サンプルに対して官能評価を実施し、「なめらか」、「ザラザラ」などの分かりやすい手触り感について、感覚量の数値化を実施した。その後、微細表面テクスチャに起因する摩擦波動や表面凹凸の信号から抽出した特徴量と対比し、触覚センサの信号がもつ特徴と手触り感を線形的に関係づけることができた。図 2 は触覚信号がもつある種の特徴量と、人間が感じる「なめらか」を官能試験で数値化した結果との間の相関を表すグラフである。精度を高める余地は依然として残されているが、高精細の触覚センサ信号から取

得した手触り感を定量的に示し、人間の感覚と関係づけることが可能となった。

○代表的な論文

1) 高尾英邦, 森宏仁, 前田祐作, 綿谷一輝, 寺尾京平, 下川房男, 前田光平, 香西亮吾, “超低侵襲実装を志向する「細胞化センサ」デバイス”電子情報通信学会論文誌 C Vol. J101-C No. 1 pp. 9-17 2018.

2) T. Nakashima, K. Watatani, K. Terao, F. Shimokawa, H. Takao, “Sense of Touch in Submicron Region Realized by Two-axis Tactile Sensor with a Needle-like Contactor,” Proceedings of 31st IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (IEEE MEMS2018), pp. 870-873, 2018.