

## 【助成 40-51】

### 皮膚表面形状の計測方式の差が手の動作認識の精度に及ぼす影響についての検証

研究者 東京電機大学理工学部 助教 趙 崇貴

#### 〔研究の概要〕

筋肉・腱の伸縮、骨の変位などの体組織活動によって変化する皮膚表面形状(以下、皮膚変形)に基づいて手の動作を認識し、人の動作意図を検出する手法が提案されている。これまでに皮膚変形は様々な計測方式(力、距離、歪みセンサなど)により取得されてきたが、計測方式ごとの得手不得手は未だ明確になっていない。そこで本研究では、計測方式の特性により得られる皮膚変形に差が生じるか、その差が認識精度に影響を与えるか検証した。実際に距離と力で同時に皮膚変形を計測可能なユニットを開発し、計測値に基づく手関節角度推定の精度を検証した結果、特性の異なる距離と力の計測値を複合的に用いた場合に最も推定精度が高くなることが確認された。

#### 〔研究経過および成果〕

本研究では図1に示すよう、先行研究でも広く用いられている距離と力により皮膚変形を計測可能なセンサユニットを開発した(図 1)。開発したユニットは距離センサ(SG-105, Kodenshi)、力センサ(FSR402, Interlink Electronics)、スポンジ、PLA プレートとマウント、反射シートにより構成される。力センサは筋隆起などによる皮膚変形により PLA プレートにかかる力を、距離センサはその力による PLA プレートの変位をそれぞれ計測する。図 2 はプレートの変位と各センサの出力電圧の関係を示しており、変位が小さい範囲では力センサが、変位が一定以上大きければ距離センサがそれぞれ反応し皮膚変形を広い範囲で計測可能なことが確認できる。

センサごとの特性が計測される皮膚変形に影響を与える場合、徐々に変化する皮膚表面形状を連続的に計測する必要がある、関節角度推定の精度が変化すると考えた。そこで、皮膚変形に基づく掌背屈動作時の手関節角度推定の精度を検証する実験を実施

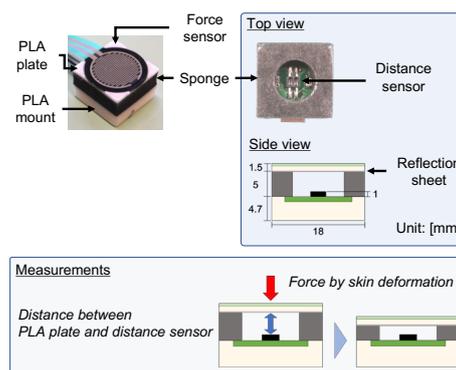


Figure 1 Developed sensor unit

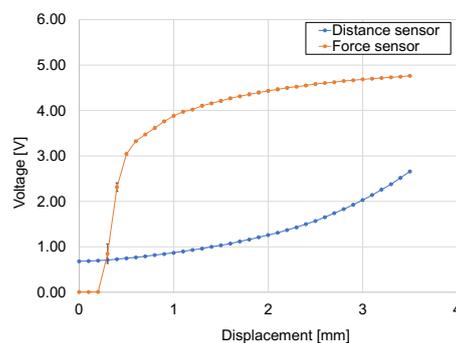
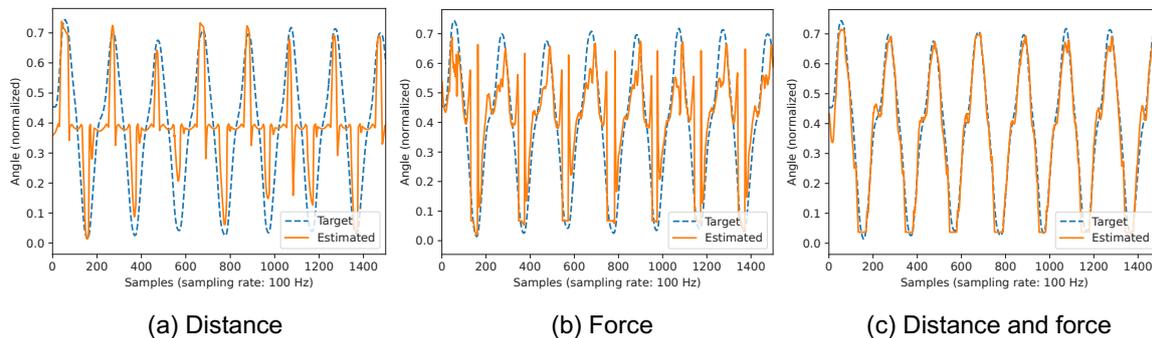


Figure 2 Relationship between displacement of the PLA plate and sensor outputs.

した。5名の被験者を対象に、掌背屈動作の主導筋・拮抗筋である尺側手根屈筋と長機側手根伸筋上に



**Figure 1 Example of estimated joint angles at the motion speed of 120 bpm**

開発したセンサユニットを 2 チャンネルそれぞれベルトによって固定し、動作時の皮膚変形を計測した。動作速度によって皮膚変形の傾向が異なると考え 60bpm(遅い動作)と 120bpm(早い動作)の異なるテンポに合わせて動作を実施する動作条件を設定した。計測したデータに対し、距離のみ、力のみ、距離と力の複合の 3 種類の特徴ベクトルをそれぞれの入力とした MLP-NN によって、手関節角度を推定した。

同一速度内で学習・推定を実施し推定精度を決定係数によって評価した結果、60bpmと120bpmの双方で、距離と力の複合の特徴ベクトルが 0.93 以上の精度となり、距離もしくは力のみを単独で用いる場合に比べ 0.15 以上精度が向上した。図 3 に 120bpmでの推定結果の例を示す。距離および力を単独で用いる場合は動作の起始もしくは最大可動域近辺で推定が不安定になり、距離と力を複合的に用いる場合は、可動域全体で安定して推定できていることが確認できる。また、学習とは異なる速度を推定対象とした精度は、120bpm で学習した際の距離と力の複合の特徴ベクトルが 0.86 と最も高い値となった。

以上の成果<sup>[発表論文 1]</sup>より、同じ動作であっても動作速度によって皮膚変形の量およびパターンが変化するため、それらの変化を細かく取得するためには、異なる特性のセンサを組み合わせた計測方式を採用す

ることが、推定・認識に有効であることが示された。今後は、開発したセンサユニットの改良に加え、どのような動作条件で大きく変化量とパターンが変化するか、光学式のモーションキャプチャなどにより調査し、動作認識における皮膚変形の有用性をより密に検証していく。

[発表論文]

1. Sung-Gwi Cho, Shinnosuke Odan, Masahiro Yoshikawa, and Kengo Ohnishi, "Wrist Joint Angle Estimation Based on Simultaneous Measurement of Distance and Force on the Forearm," in *Proc. of SICE Annual Conference (SICE2023)*, pp.964-969, 2023.
2. 岡安海斗, 趙崇貴, 大西謙吾: "皮膚変形に基づく手関節動作認識における前腕姿勢変化の影響を考慮した曲げセンサ貼り付け方向の検討", *The 7th Workshop of Robotics Ongoing Breakthroughs (ROOB2023)*, 2023.
3. 長谷川賢太郎, 趙崇貴, 大西謙吾: "準備度合いの推定に向けた棒反応時間測定テストにおける前腕の FMG 解析", *The 7th Workshop of Robotics Ongoing Breakthroughs (ROOB2023)*, 2023.