

深層学習による多点表面筋電図の 超解像を用いた手指動作推定

福島 慶悟 安村 禎明

芝浦工業大学大学院理工学研究科 電気電子情報工学専攻

1 はじめに

現在、事故や先天的な障害によって、日常生活において義手を活用している人が多く存在している。義手は主に装飾義手、能動義手、筋電義手の3つに分類される。装飾義手は人の手に似せた見た目をしているが、装着者が自由に操作することはできない。能動義手は機構を組み合わせた構造をしており、装着者が手の開閉などの動作を行うことができるが、動作時に肩関節を動かすなど直感的でなく、また姿勢によっては動作できないなどの欠点がある。筋電義手は、筋肉を動かす際に皮膚表面に発生する電気信号を記録し、それをもとにロボット手を動かす義手である。直感的な動作が可能で、能動義手と比べて姿勢への制限は少ない。

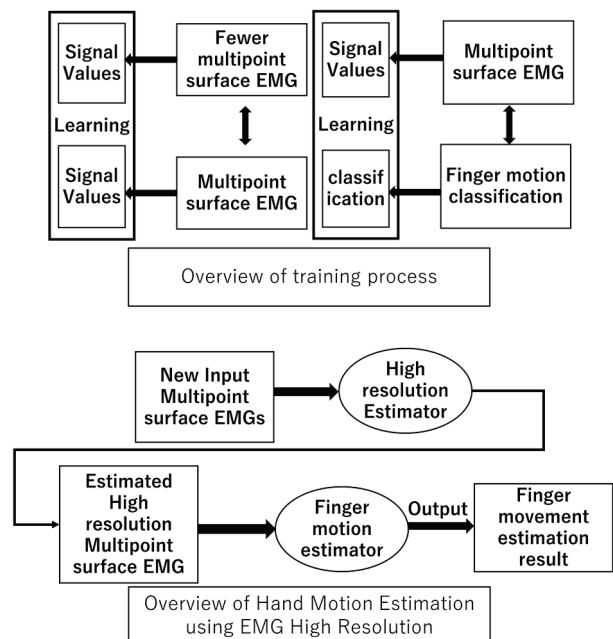
このように筋電義手は他の義手と比べて有用性が高いがいくつか問題点がある。義手を装着者の意志によって操作できるとはいつても動作可能な動きは限られており、日常生活での動作すべてを行えるとは言い難い。より複雑な手指動作を可能にするには、手指動作解析の精度を向上させる必要がある。そのためには、多点表面筋電図が有用である。多点表面筋電図は、皮膚表面に格子状に電極を張り付けることにより、筋肉の動きを計測する手法である。これにより、より細かく時間的空間的な筋肉の動きを読み取ることができるため、手指動作解析の精度向上が可能である。Jiangcheng ら[1]は上腕に128チャンネルの電極を配置し27ものジェスチャーのクラス分類を95.3%もの精度で行っている。しかし、電極数を増やすことは装着をより難しくし筋電アンプや電極のコストも増加する。

そこで本稿では、より少ない電極でも精度を落とすことなく義手を操作できるように、多点表面筋電図の高解像度化により手指動作解析の

精度を向上する手法を提案する。少ない電極から多くの電極を用いた際の多点表面筋電図を推定し、それに対し手指動作推定を行う。

2 超解像を用いた手指動作推定手法

ここでは超解像を用いた手指動作推定手法を説明する。まず、より少ない電極から多くの電極を用いた際の多点表面筋電図を推定する超解像手法を提案する。多数の筋電信号が取得できるような電極を上腕に配置し特定のジェスチャーをした際の信号を記録する。これを用いてデータセットを作成する。作成したデータを用いて、多点表面筋電図の超解像ネットワーク、および多点表面筋電図から手指動作のクラス分類を行うネットワークを学習する。超解像ネットワーク、手指動作クラス分類ネットワークともに、一定時間分の信号を切り出し、それらを入力し推定する。超解像ネットワークの出力を手指動作分類ネットワークに入力し、少ない電極での高精度な手指動作推定を行う。



1 学習および推定手法の概要図

Hand motion estimation using super-resolution of multichannel surface electromyogram by deep learning
Keigo Fukushima/Yoshiaki Yasumura
Graduate School of Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology

3 実験

3.1 筋電測定

本実験では以下のような装置を用いた。筋電アンプは敦賀[2]の作成したものを参考に、全波整流回路を組み合わせたものを使用した。この筋電アンプをマイコンボードと接続し、マイコンボードから PC へセンサ出力を送信した。筋電アンプやマイコンボードの仕様、およびシステムの写真をそれぞれ表 1, 表 2, 図 2 に示す。なお、電極は湿式ディスプレイ電極の ECG 電極 (MSGLT-04, アズワン製)を使用した。

表 1. 筋電アンプの仕様

電源電圧	±5V
出力電圧	約 3V
ゲイン	約 2350 倍
カットオフ周波数	ハイパスフィルタ: 10Hz ローパスフィルタ: 498Hz

表 2. マイコンボードの仕様

電源電圧	3.3V
AD 変換器	サンプリング周波数: 2048Hz チャンネル数: 16 分解能: 10bit
マイコンボード	Teensy 4.1

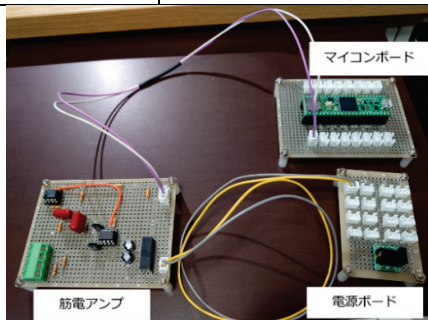


図 2 計測システム全体

データセットは次のようにして作成する。16 か所の筋電信号が取得できるような電極を上腕に配置し信号を記録する。また同時に 4 か所の筋電信号を記録する。脱力状態の手から 10 秒間、それぞれのジェスチャーを行って保持し、その間の筋電図を取得する。図 3 の様に合計 11 クラスのデータを作成する。ジェスチャーは Côté-Allard らの研究[4]と同様のものを用いる。



図 3 筋電信号を取得した手と手首の形状

また、データの少なさを補うために Lingfeng らの手法[4]を用いてデータの水増しを行う。

3.2 予備実験

作成した筋電アンプを用いてどの程度筋電位を取得できるのか確認を行う。そのため、50kg のハンドグリップを握った際の深指屈筋の筋電位を計測した。深指屈筋は、人差し指から小指までの屈曲に関与しているため、筋電位の変化を十分確認できると考えた。図 4 に筋電位のグラフを示した。図 4 から作成した計測システムは十分筋電位の変化を取得できることが分かった。

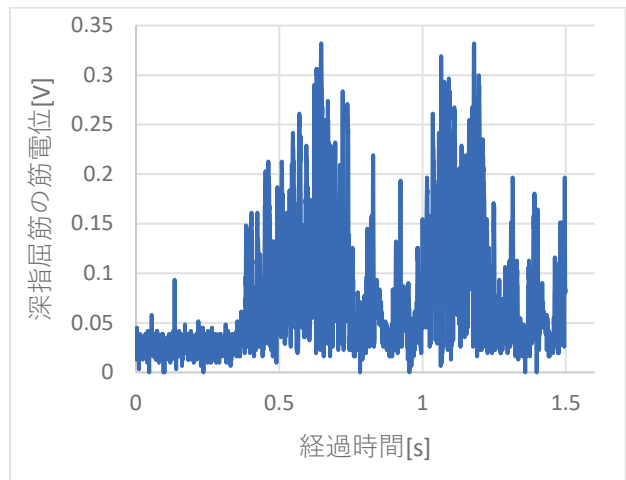


図 4 ハンドグリップを握った際の筋電位の変化

4 まとめ

本稿では、超解像を用いて少ない電極でも手指動作を推定する手法を提案した。予備実験の結果、作成した計測システムを用いて筋電位が確認できた。

参考文献

[1] Jiangcheng Chen, Sheng Bi, et al. "High-density surface EMG-based gesture recognition using a 3D convolutional neural network." *Sensors* 20.4 (2020): 1201.
 [2] 敦賀健志. "市販の電子部品を利用した簡易的な筋電計の製作について." *日本義肢装具学会誌* 35.1 (2019): 24-30.
 [3] Xu, L., Chen, X., Cao, S., Zhang, X., & Chen, X. (2018). Feasibility study of advanced neural networks applied to sEMG-based force estimation. *Sensors*, 18(10), 3226.
 [4] Côté-Allard, Ulysse, et al. "Interpreting deep learning features for myoelectric control: A comparison with handcrafted features." *Frontiers in bioengineering and biotechnology* 8 (2020): 158.