

# 前腕筋活動可視化に関する人間工学的研究 Research on visualizing forearm muscle activity

キーワード: 表面筋電位、多点計測、可視化、情報エントロピー

人間生活工学研究室: 齋藤 哲生

■Abstract: In this study, we visualized forearm muscle activity of various grip action with multi channel EMG by the monopolar lead. As a result, we could compare the muscle activity distribution by the difference of grip action and the subject and examine activities between muscles. In addition, we could visualize the forearm muscle activity in real time. Furthermore, we evaluated the muscle activity distribution by using the information entropy for an index of complexity of the muscle activity distribution. As a result, we understood that not only an agonist muscle but also collaboration muscle and antagonist muscle were active by some grip action. So we could evaluate the qualitative side of the muscle cooperation activity. We can utilize this study in the ergonomics study of the product by carrying out this study continuously in future.

## ■背景

近年、ある筋に対しての詳細な筋活動の評価を行うために筋電位多点計測が用いられ始めている(Staudenmann ら, 2004)。先行研究(高安, 2005)では単極導出法による筋電位多点計測の有効性が示され、前腕筋活動の可視化を実現した。しかし、製品を把持する動作や前腕の筋を大きく活動させる動作の前腕筋活動を可視化した研究やそのときの筋間の関係性を検討した研究はほとんどない。また、今までの研究では筋電位を測定後に波形処理をして前腕の筋活動を可視化していたが、リアルタイムで筋活動可視化を行う研究はなかった。

## ■目的

本研究では以下のことを研究目的として実験を行った。

1. 単極導出法による筋電位多点計測を用いて様々な把持動作中の前腕の筋活動を可視化し、その結果として示されるトポグラフィを用いて把持方法や被験者間の比較を行うこと。
2. トポグラフィや情報エントロピーを用いて筋間の関係性や筋の使い方の変化などを検討すること。
3. 筋電位を測定後に波形処理をして前腕の筋活動を可視化するだけでなく、リアルタイムで筋活動の可視化を行うこと。

## ■方法(見出し: MSP ゴシック 8pt、行間 12pt)

男性被験者 7 名が実験に参加した。筋電位は電極バンド、多チャンネル生体電気増幅器、A/D 変換器、波形解析ソフトを用い、サンプリング周波数 1000 Hz でノートパソコンに集録、保存した。筋電位は基準電極、アース電極を右手首、関電極を右前腕部 30 カ所に配置する単極導出法によって導出された。関電極は右前腕の尺骨茎状突起と肘頭とを結ぶ線分を 2:1:1:1:1:1 に分割する 5 点に目印をつけ、各点を含む前腕外周を 6 等分し、計 6 × 5 = 30 カ所配置した(図 1)。



図 1 電極配置図

リアルタイムで筋活動を可視化するプログラムを LabVIEW 8.0(National Instruments)を用いて製作した(図 2)。実験後のトポグラフィはオフラインで Mathcad 2001 で製作した。リアルタイムでトポグラフィを表示することで実験中にどの筋が最も活動しているかが直感的にも分かり、実験後にも波形処理を行うことができるので実験の精度を高めることができる。

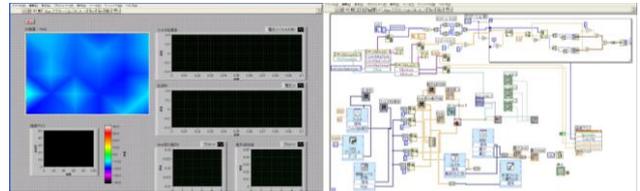


図 2 LabVIEW8.0 で製作したプログラム

トポグラフィは筋電位の実効値が最も大きい部位を赤色、小さい部位を青色で表示した。トポグラフィの左ほど遠位側(手首寄り)で右ほど近位側(肘寄り)、上半分は伸筋側(背側)、下半分は屈筋側(腹側)、中央を橈側として上や下に向かうほど尺側になる(図 3)。

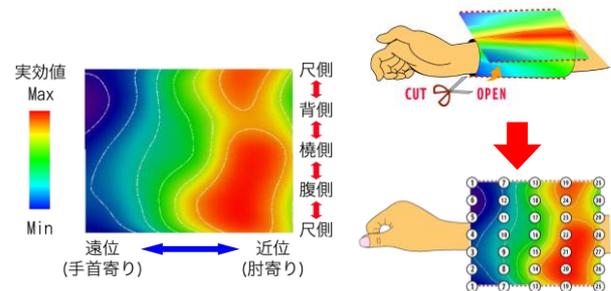


図 3 トポグラフィの見方

本研究では筋間の関係性を見るために情報エントロピーを使用した。

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

ここで、 $H$  は情報エントロピー、 $p_i$  は確率である。確率の総和は 1 である。この研究において  $p_i$  は  $i$  チャンネル( $i = 1 \sim 30$ )の筋電位の値を全体 30 チャンネル分の筋電位の値の総和で割った値とした ( $p_i = i$  チャンネルの筋電位 / 30 チャンネル分の筋電位の総和)。情報エントロピーが高いほど主動筋の他に多数の協働筋、拮抗筋の活動が亢進、エントロピーが低いほど単純な前腕筋活動であると解釈できる。

被験者は流動食を 4 つの押し出し方法で各 2 回ずつ押し出した(図 4.1~4)。同じ液体を流す動作でも様々な動作があるために今回は流動食の押し出し方法を選択した。それぞれの把持方法は各被験者で統一し、各方法で 1 回練習を設けた。



図 4.1 手絞り



図 4.2 スクイーズ



図 4.3 空圧



図 4.4 押し出し器

## ■結果

各被験者の把持方法の違いによる筋負担の大きさを表したトポグラフィを図5に示す。「押し出し器」で最も筋負担が大きく、「スクイーズ」で最も筋負担が小さいということがこの結果からわかった。「押し出し器」は遂行時間が短い、短い時間で最大の力を発揮するために他の方法に比べて筋負担が大きくなったと考えられる。

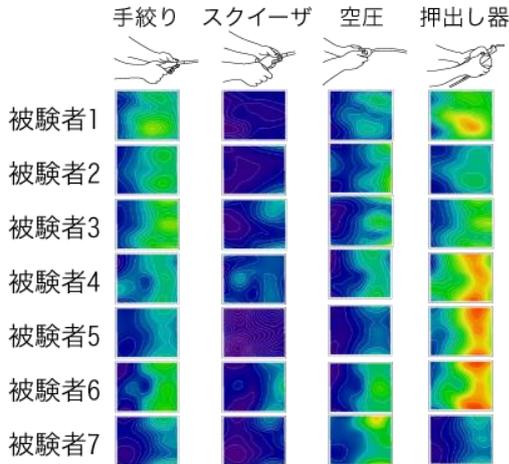


図5 被験者ごとの筋負担分布

情報エントロピーでは押し出し方法の違いによる主効果は有意で(一元配置分散分析)、「空圧」は「スクイーズ」よりも有意に情報エントロピーが小さかった(多重比較検定, Bonferroni) (図6)。

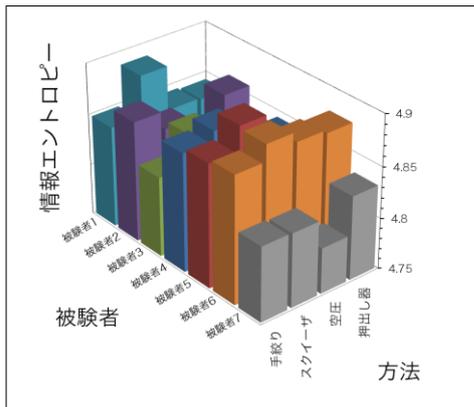


図6 被験者ごとの情報エントロピー

## ■考察

「空圧」は「スクイーズ」よりも有意に情報エントロピーが小さかったが、これは「空圧」は主に拇指を使ってポンプを押す動作を反復する単純な作業のため、複数の筋を使わず、ある部位に筋活動が集中するような筋活動分布になって情報エントロピーが小さくなったと考えられる。また、「スクイーズ」は把持動作をしながら手首を捻ることで浅指屈筋だけでなく尺側の筋も協働して筋活動をするため、情報エントロピーが大きくなったと考えられる。

各被験者の把持方法ごとの筋活動分布を表すトポグラフィを図7に示す。把持方法や被験者の違いによってトポグラフィに特徴が見られた。また、情報エントロピーの結果と同様に「空圧」では局所的に筋活動が集中することが多かった。「押し出し器」や「手絞り」では被験者間で筋活動分布のばらつきが少なかったが、「空圧」や「スクイーズ」ではばらつきが多かった。被験者間で筋活動分布が違ってくる要因としては、ヒトによって筋のつき方や皮下脂肪の量、把持動作の癖などが異なることが考えられる。それ以外にも手長の違いから把持しやすさも異なり、筋活動分布も違ってきたと考えられる。また、個人内でも発揮筋の交替、前腕姿勢の回旋による皮膚ズレなどが影響していると考えられる。

手絞り スクイーズ 空圧 押し出し器

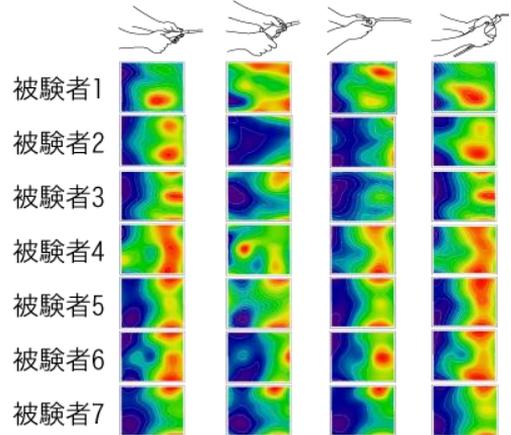


図7 被験者ごとの筋活動分布

手のひら全体を使って握りしめる動作では、尺側手根屈筋～浅指屈筋だけでなく、総指伸筋でも筋活動が高かった。このような把持方法は多数の筋が協働する動作と解釈できる(図8)。

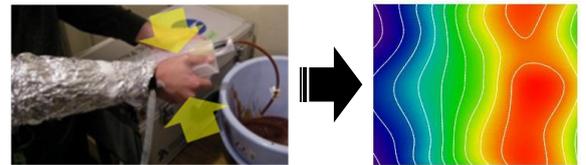
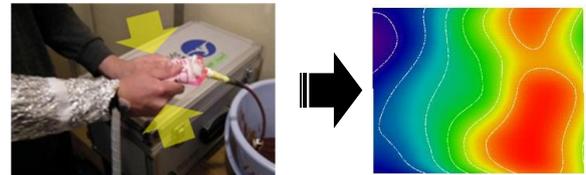


図8 手のひら全体で把持する動作とトポグラフィ

また、握りながら手首を捻って尺側偏位を行うことで、浅指屈筋付近よりも尺側で筋活動が高くなった(図9)。

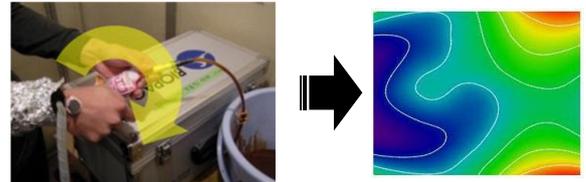


図9 把持しながら尺側偏位をする動作とトポグラフィ

## ■まとめ

本研究では単極導出法による筋電位多点計測によって筋活動を可視化し、把持方法や被験者の違いによる筋活動の分布を比較し、より詳細な筋間の活動状況を検討することができた。また、筋活動分布の複雑さや単純さの指標として情報エントロピーを使い、筋の協調活動の質的側面を評価できることが示され、リアルタイムで前腕の筋活動を可視化することもできた。

本研究を継続的に実施していくことで製品の人間工学的研究、製品デザインなどに活用できるものと考えられる。

## ■参考文献

- 1) 高安佑, 把持動作評価における表面筋電位多点計測の有効性に関する研究, 平成 17 年度千葉大学大学院自然科学研究科修士論文
- 2) Didier Staudenmann, Idsart Kingma, Dick F. Stegeman, Jaap H. van Dieën, Towards optimal multi-channel EMG electrode configurations in muscle force estimation: a high density EMG study, Journal of Electromyography and Kinesiology 15 (2005) 1-11