

手の動きに応じた筋電位の解析

2015SC045 木本遼太郎

指導教員：奥村康行

1 はじめに

現在、私達の身の回りにはロボット製品が普及しつつある。これらの製品は便利で多機能である反面、万人にとって操作が簡単であるとは言えない。そこで私は多機能なロボット製品を感覚的に操作する方法として筋電位を用いることを提案したい。筋電位とは筋細胞が収縮活動をする際に脳から出される電気信号である。筋電位を使用する理由は、感覚的で簡単な動作によって生じる信号でありながら、多様性を持つことである。筋電位は身体の動作に伴い、自然に発生する。筋電位を用いることで感覚的に製品を操作でき、身体の動作の数だけ命令パターンを作ることができる。また、リモートコントローラーなどに比べ、細かな動作を必要とせず、万人が操作できると考えられる。以上の点より筋電位の解析を行う。

2 先行研究の概要と本研究の位置づけ

先行研究 [1, 2] は使用者を限定をしないために表面電極を用いて腕の筋電位を検出する方法を使用していた。そして、測定した筋電位を応用するために Arduino を用い、筋電位を数値化し、数値化した結果を元に基準を定めた。それらをトリガー値として対象物の制御を行った。

先行研究 [1] ではそのトリガー値を用いて、トリガー値に応じた命令を赤外線信号によって家電に送るリモートコントローラーの作成をしていた。

先行研究 [2] は先行研究 [1] のリモートコントローラーにおける操作性の簡易化を目的とし、アームロボットを作成していた。先行研究 [1, 2] では、ノイズによる筋肉の動きの誤検出や検出できる筋肉の動きが少ないという問題点がある。本研究は、この問題点を解決するために行う。

3 本研究の概要

本研究では先行研究における自作の筋電位計に生じるノイズの低減や筋電位計から得たデータを用いて、前腕の脱力時、手首の前屈時、背屈時、手を握った時、親指、人差し指、中指、薬指と小指を曲げた時の筋電位を比較する。

4 筋電位の測定方法

本節では、研究を行うにあたり使用した筋電位計の詳細を説明する。

4.1 筋電位計の構成

図 1 の E1, E2, E3 は電極パッドである。E1, E2 は記録電極であり、E3 は参照電極である。本研究では記録電極は動かす筋肉に沿って、2箇所貼り、参照電極を記録電極から離れた場所に貼る。電極パッドはオムロン低周波治療器用 3D 大型パッドの HV-3DPAD を使用している。電

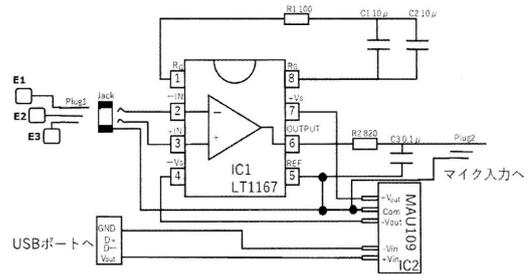


図 1 1ch 筋電位計の回路図 [2]

極パッドから読み取ることができる筋電位は微小であるため、LT1167 のオペアンプに通すことで増幅させる。



図 2 円回内筋に装着



図 3 長橈側手根伸筋に装着

本研究では、左腕の円回内筋と長橈側手根伸筋に着目して、筋電位の測定を行った。図 2、図 3 のように、入力 E1 を左腕の円回内筋または長橈側手根伸筋、E2 を左手首、E3 を右手の甲として電極パッドを貼り付けた。

4.2 筋電位計の性能評価

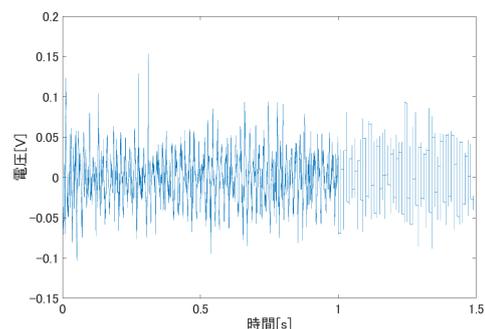


図 4 脱力時の筋電位

筋電位は筋肉が強い力を発揮するときに振幅が大きくなる。本節では、脱力時の筋電位と手を握った時の筋電位を比較した。脱力から手を握る動作に移行するたびに図 4 から図 5 ように振幅が大きくなった。よって、この 1ch の筋電位計は正常に動作していると考えられる。

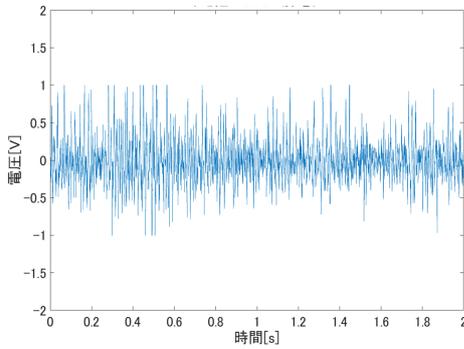


図5 手を握った時の筋電位

5 筋電位の解析

第一に、脱力時に計測した筋電位を基準とする。この時の筋電位をノイズとして処理し、脱力時と筋肉を動作させた時の筋電位の比較を容易にする。これを達成するために、脱力時の筋電位を計測し、周波数ごとに分解して、解析を行う。

第二に、図1の筋電位計を用いて、円回内筋と長橈側手根伸筋の筋電位を周波数ごとに分解したデータを用いて解析を行う。また、前腕の脱力時、手首の前屈時、背屈時、手を握った時、親指、人差し指、中指、薬指と小指を曲げた時の筋電位を比較する。

第三に、取得したデータから特徴を発見し、動作の判別を行う。

5.1 MATLAB を用いた筋電位のノイズ除去

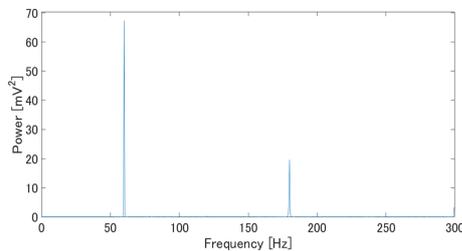


図6 脱力時の長橈側手根伸筋の筋電位のスペクトル

図6から、測定されたデータには常に60の倍数の周波数に電圧が印加されていることがわかった。この電圧は筋電位計のUSB端子から得る電源が原因であると思われる。本研究では、前腕部の動作の特徴は筋電位の60Hzから180Hzの周波数帯が特徴的であると目星をつけ、60Hzから180Hzの電圧を取り出した。この際61から67Hz、119から121Hz、178から180Hzにも時折、大きな電圧が生じていた。そのため、これらの周波数の電圧成分をゼロとして処理した。

5.2 動作の区別に使用した変数

本研究では、筋電位をフーリエ変換したしたデータを元に情報を得る。このデータから最大電力、平均周波数、中央周波数、長橈側手根伸筋の筋電位と円回内筋の筋電位の

最大電力の差を抽出した。平均周波数 f_a とは、スペクトルの対応する周波数 f とその周波数帯のパワー $P(f)$ の積和を、総パワー値で除した周波数 (式 (1)) である。中央周波数 f_m とは、その周波数でスペクトルを2つに分けた時、分割されたスペクトル強度の和がちょうど同じになるような周波数である。本研究での最大電力は、 $P(f)$ の最大値と定義する。(式 (2)) 以下に、平均周波数と中央周波数の算出法を示す。

$$f_a = \frac{\int_0^{\infty} f \cdot P(f) df}{\int_0^{\infty} P(f) df} \quad (1)$$

$$\int_0^{f_m} P(f) df = \int_{f_m}^{\infty} P(f) df \quad (2)$$

これらの値を用いて、図7のように場合分けした。

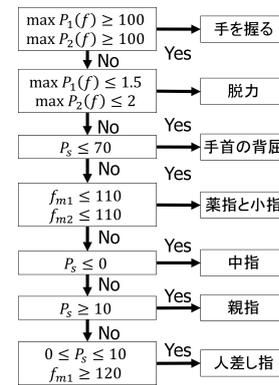


図7 手の動きの識別条件

表1 正常に動作を検出した確率

脱力	手を握る	背屈	親指	人差し指	中指	薬指と小指
96%	92%	84%	76%	56%	76%	36%

図7に示した条件を実装したところ、表1の示すように、人差し指、中指、薬指と小指の動作の識別がしづらなことが分かった。

6 まとめと今後の課題

本研究では、筋電位から多くの動作の区別に成功したが、誤認識を無くすことはできなかった。また、処理データが大きいため Arduino などの簡易的なマイコンに処理させることができなかったことが課題である。

参考文献

- [1] 蛭田梨沙, 丸地咲衣, “筋電位を用いた暮らしを便利にするリモートコントローラー操作の提案,” 南山大学 2016 年度卒業論文, 2017.
- [2] 佐藤永梨花, 山崎千裕, “筋電位で制御されるアームロボットの試作,” 南山大学 2017 年度卒業論文, 2018.
- [3] 小野弓絵, “MATLAB で学ぶ生体信号処理,” コロナ社, 2018