

筋電位で制御されるアームロボットの試作

2014SC064 佐藤 永梨花 2014SC094 山崎 千裕

指導教員：奥村 康行

1 はじめに

今後私たちの身の回りにはロボット製品が普及すると考えられる。リモートコントローラーによって操作されるものが多くあるが、すべてのロボットが万人が等しく操作出来るものとは言い難い。そこで私たちは感覚的にロボットを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として、動作の多様さがある。例えばリモートコントローラー操縦の容易性の妨げになるものとして入力ボタンの制限がある。一方筋電位は身体の動作とともに自然に発生するため、感覚的に操作が行うことができ、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、指先といった限定箇所の細やかな操作は不要であり、万人に同一の操作性を保持することが出来ると考えられる。以上の点より筋電位を用いた操作方法でロボット試作を行う。

2 先行研究の概要と本研究の位置づけ

筋電位の測定において針電極を用いる方法と表面電極を用いる方法がある。本研究では先行研究 [1][2] 同様、使用者を限定しないために筋電位を検出する方法で腕の表面電極を使用した。測定した筋電位を応用するために Arduino を用いて筋電位による電気信号を数値化した。数値化結果より基準を定め、それをトリガー値とし対象物の制御を行う。

先行研究 [1] では筋電位の数値化した値がトリガーで、赤外線信号として家電に送ることによりリモートコントローラーの操作をした。家電を操作する方法には電源の ON・OFF 操作など 1 つの動作で完結するものから、目的の動作までに複数の命令が必要なものもある。命令が多いほど誤作動の確率は上がるが、制御対象が市販されている家電のため操作手順の変更は難しい。本研究では直感的な簡易操作を目標とするため動作までの手順を少なくしたいので制御対象を自作をした。先行研究 [2] ではロボットアームである iArm を操作した。筋電位を識別するための腕の動作が多いため、測定するためにアームバンド型計測装置を製作した。本研究では測定位置が 2 箇所であるため直接腕にパッドを貼って測定する。また市販されているアームロボットは高価なのでコストダウンをするため試作することにする。本研究では数値化した値を直接サーボモータに指示し、複数のサーボモーターを組み合わせてロボットを試作する。腕の筋電位を使用するためロボットの形状も合わせてアームロボットを試作することに決めた。

3 本研究の概要

図 1 に本研究で提案するシステムの概略図を示す。このシステムは目的の筋肉の筋電位を読み取ることが出来る位置に電極パッドを貼る。本研究では 2 箇所の筋肉に電極パッドを貼ることとする。読み取った値を筋電位計を用いて増幅させる。そして増幅させた電圧を Arduino を通してパソコンの 5V 電圧を基準に数値化する。なお、筋電位計と Arduino の電源は USB 端子を用いてパソコンから 5V を得る。あらかじめ動きによってトリガーとなる数値を決める。数値化した値を用いて、サーボモータを作動させる。2 つのサーボモータを動作させて 2 軸のアームロボットを試作する。

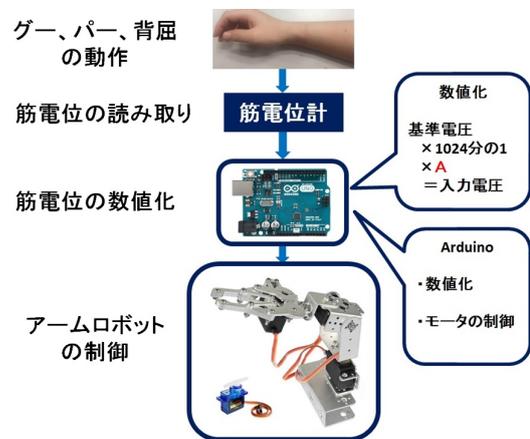


図 1 システムの概要図

4 アームロボットの構成

アームロボットとは人間の手の代わりにつかむ・放すなどの作業をする機械の腕のことである。本研究では人間の動きと機械の動きを連動させることが目的のため、試作するロボットは簡素なものにする予定である。

4.1 使用するアームロボット

本件研究では SG90SG92 用ロボットアームキットを使用した。4 つのサーボモータを使うが本研究では 2 つのサーボモータを使ってハンド部分の開閉と手首の回転部分を制御する。図 2 は実際の腕の絵と使用したアームロボットを正面から見た図である。サーボモータ 1 はアームロボットのハンド部分にあたり、矢印のように回転する。サーボ 1 が回転すると歯車が回り、ハンド部分の開閉ができる。サーボモータ 2 はアームロボットの手首の部分にあたり、矢印のように 180 度前後回転する。このサーボモータ 2 はシャフト部分を固定することでサーボモータ 2 自体を前後に回転させ、手首の回転の役割を果たす。

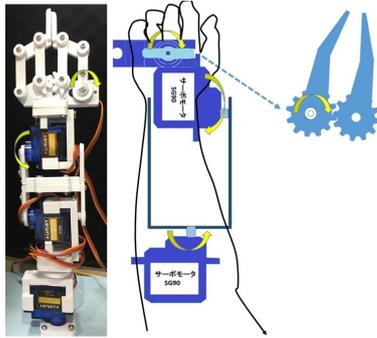


図2 腕とアームロボットのイメージ図

4.2 サーボモータの制御

ロボットの関節部にサーボモーターを使用する。サーボモーターとは指示した位置や速度にすばやく追従させる制御を行うモーターであり、高速に繰り返し指定した位置に移動することを得意としている。本研究ではアームロボットの軸として使用し、可動範囲を細かく設定するためサーボモータを用いた。また、使用するサーボモーターはすべてマイクロサーボモータ SG90 である。

5 筋電位の測定方法

本節では、研究を行うにあたり製作した筋電位計の詳細を説明する。

5.1 筋電位計の構成

まず筋電位計を製作する。先行研究 [3] を元に 1ch の筋電位計の回路を組んだ。図 3 にその回路図を示す。また筋電位計は同様のものを 2 つ作成した。

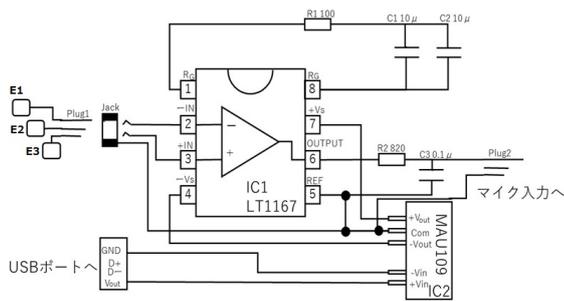


図3 回路図 [3]

E1-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。記録電極を動かす筋肉に沿って 2 箇所貼り、参照電極は記録電極から離れた箇所に貼る。本研究では逆手の手首に貼る。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。電極パッドから読み取ることが出来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。増幅させた電圧を Arduino に入力して数値化を行う。

5.2 電極パッド

手の動きによって発生する筋電位の数値化を試みた。記録電極を測るための電極パッドの貼る位置は [2] を参考にし、総指伸筋と深指伸筋に沿うように貼った。なお図 4 で見られる 4 枚の電極パッドに対しそれぞれ右上・左上が総指伸筋での検出位置、右下・左下が深指伸筋での検出位置である。参照電極を測るための電極パッドは記録電極の測る手と逆の手で、手首に貼った。実験時は 2 箇所を検出位置を同時に測るのではなく片方ごと Arduino に接続して行った。電極パッドの重なりを防ぐために 3 × 3cm の正方形に切った。

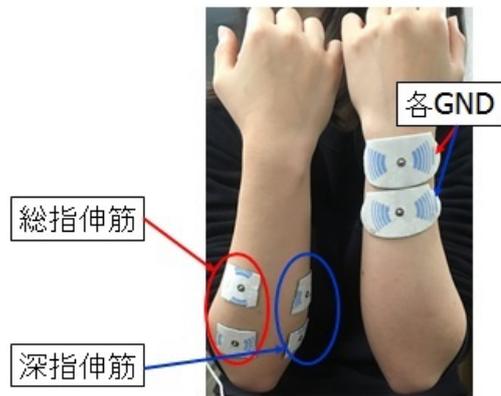


図4 電極パッドを貼る位置

5.3 筋電位計の性能評価

先行研究になぞらえて手を正常時、グー、背屈時に検出する筋電位を数値化した値を比較した。電極パッドの貼り付け位置は先行研究の内容と同様の位置に貼った。本研究では PC オシロスコープの OWON VDS Series PC Oscilloscopes を用いた。このオシロスコープは本体を USB メモリで PC に接続し、ダウンロードしたソフトを使って波形を画面に表示させる。測定した結果似たような数値を検出したため、正常に作動していると判断した。手首を背屈させた時に検出した波形を図 5 に示す。

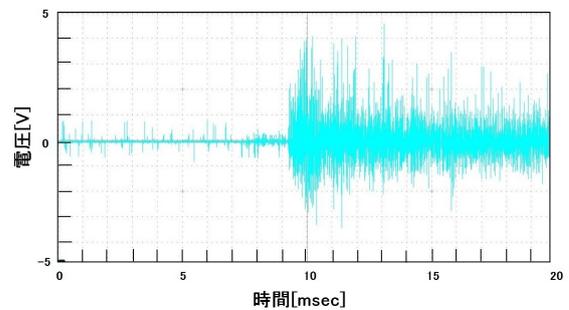


図5 筋電位の波形

6 アームロボットの制御

アームロボットを制御するにあたって筋電位計から得たトリガー値と Arduino のプログラムを使う。検出した数値をトリガー値とする。Arduino へ書き込むプログラムにトリガー値を組み込む。

6.1 トリガー値と筋電位計

2 軸のアームロボットを試作するための 3 つの動作条件を決定した。手を閉じる、開く、手首の回転である。3 つの動作をするにあたって図 6 のように 1ch の筋電位計を 2 つ用いて一つの動作に対し 2 つのトリガー値を得る方法を行った。



図 6 筋電位計と 3 つの動作の制御方法

筋電位計の数と動作の数を同数にすると各動作に対応する筋電位計がそれぞれ 1 つのためトリガー値の精度が低くても制御が容易であるが、動作を増やすにあたり貼る電極パッドや筋電位計の個数を増やす必要がある。今後の展開も踏まえ、使用する筋電位計の数は少ない方がいいと考えた。但し、図 6 の以上・以下を示した点線や破線は筋電位計と腕の動作の関係を説明するために表記した仮の線であり実際のプログラムとの関連性はない。

6.2 プログラム内容

得られたトリガー値を使うと次のようなプログラムになると考えられる。以下の `trigger` にはトリガー値入る。

- グーまたはパー時に検出されるトリガー値として筋電位計 1 が (以上/以下)、筋電位計 2 が (以上/以下) のとき 1 つのサーボモータ 1 が動く。
- 背筋時に検出されるトリガー値として筋電位計 1 で (以上/以下)、筋電位計 2 で (以上/以下) のとき 1 つのサーボモータ 2 が動く。

以下は腕の動作とアームロボットの動きの関連性を示したものである。

- 手首をグーにしたらアームロボットのハンド部分が閉じる。
- 手首をパーにしたらアームロボットのハンド部分が開く。
- 手首を背屈したらアームロボットの手首の回転を行う。

7 筋電位の数値化

本節では Arduino を用いて筋電位を応用し、サーボモータでの操作実験を行う方法を述べる。

7.1 Arduino による数値化

Arduino には 14 本のデジタル入出力ピン、6 本のアナログ入力ピン、6 本のアナログ出力ピンがある。プログラム言語は C/C++ をベースとしており、開発環境として ArduinoIDE が搭載されている。また、Arduino におけるプログラムはスケッチと呼ばれる。本研究では、アームロボットの制御トリガーを決めるため、入力された筋電位を数値化した。そしてサーボモータを動かすために Arduino を用いた。Arduino では、入力ポートに加わる電圧と基準電圧の 1024 分の 1 倍の電圧値を 0- 1023 倍した値と比較し、入力電圧と一致したときの倍数をデータとした。基準電圧によって測定の詳細さが異なるため、入力電圧の大きさに合わせて適当なものを測定する必要がある。

7.2 1ch での筋電位の数値化結果

右手のグー、パー、背屈の時の数値を計測した。1ch の筋電位計を 1 つ使用し深指伸筋や総指伸筋に沿うように貼った。それぞれ 10 回の測定を行った。グーの時は深指伸筋側で計測した結果が 10 以上・総指伸筋側で計測した結果が 10 以下であった。同様に計測し、パーの時は深指伸筋側が 10 以上・総指伸筋側が 20 以上、背屈の時は深指伸筋側が 10 以上・総指伸筋側が 40 以下であった。

8 筋電位でのアームロボットの制御

前章で得た数値化結果を使って、筋電位でアームロボットの制御を行う。

8.1 制御手順

本研究での最終目標は 1ch の筋電位計を 2 つ用いて 2 つのサーボモータを制御する。検出する動作はグー・パー・背屈の 3 つである。以後筋電位計の数を ch、サーボモータの数を軸、検出する動きを動作と記す。最終目標である 2ch2 軸 3 動作に向けて以下の制御を順に行った。

- 1ch1 軸 1 動作
- 2ch1 軸 1 動作
- 2ch1 軸 2 動作
- 2ch2 軸 2 動作
- 2ch2 軸 3 動作

1 つの動作で筋電位計 2 つ使用する理由は、筋電位 1 つでは測定する筋電位の場所によって似た反応が検出される場合があるためである。

8.2 1ch1 軸 1 動作と 2ch1 軸 1 動作の制御

7.2 で得られた結果を用いて 1ch1 軸 1 動作の制御を行った。筋電位計がグーやパー、背屈の動きをそれぞれ認識できるか実験を行った。結果として腕の動きとアームロボッ

トの動きを連動させることができた。

1つの筋電位計による1軸の制御が成功したので、同じトリガー値を使って2ch1軸1動作の制御を試みた所、グー・パー・背屈をそれぞれ作動させることが出来た。2ch使用した方が精度も上がった。

8.3 2ch1軸2動作の制御

動作の関係上、グーとパーで同じサーボモータを制御する。そのためこの2つの動作の判別を2ch1軸2動作とした。脱力時にアームロボットが作動することを防ぐため、プログラム内に0を検出したときを含まないように数値を決定した。結果、手の動きとアームロボットを連動させることができた。また、パーの動作の際、力をいれると反応がよくなるがあった。

8.4 2ch2軸2動作の制御

グーと背屈、パーと背屈は異なるサーボモータを制御するため、この2つの動作の判別を2ch2軸2動作とした。グーと背屈の判別は出来たが、パーと背屈の判別が不安定で誤作動が多く見られた。原因としてこの2つの動作で得られた数値の差が判別するには小さかったと考えられる。そこで筋電位計を2つ同時に使用して筋肉に流れる筋電を1度に測定した数値を使用した。

図7は筋電位計を2chにした時の数値化結果である。なお個人の結果であり、各動作ごとに10回計測をした。横軸は総指伸筋に電極パッドを貼った場合の数値、縦軸は深指伸筋に電極パッドを貼った場合の数値である。

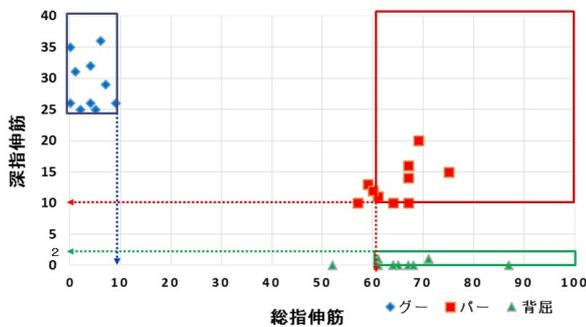


図7 筋電位計を2chにした時の数値化(例)

図7よりそれぞれの動きに対するトリガー値を設定した。表1はグー・パー・背屈でそれぞれの筋電位計に対するトリガー値を表にまとめたものである。トリガー値を上記のものに変更して実験したところ誤作動が大幅に減少した。

8.5 2ch2軸3動作の制御

前節で述べた筋電位計を2chにしたときの数値を使用したところ、実際にアームロボットを制御することが出来た。しかし、電極パッドの貼付位置に影響を受けやすく、

表1 トリガー値

	筋電位計1	筋電位計2
グー	25以上	10以下
パー	10以上	60以上
背屈	2以下	60以上

誤作動が起こることがある。また、筋電位には個人差がある。人物を変えて筋電位の制御を行う時にはそのつどトリガー値を決めな直さなければならない。以上のことを踏まえて今後の課題として、電極パッドの貼付位置を確実にすること、人物を変えても筋電位で制御を行うことができるように平均した数値が必要になると考えられる。

9 おわりに

本研究では筋電位に着目し、リモートコントローラ操作における操作性の簡易化を第一にロボットを作成することを目的とした。筋電位を実測することでトリガー値を定めることでアームロボットを制御することが出来た。今回の計測の結果、1chの筋電位計を1つ使用した際にはシステムは正しく作動したが、1chの筋電位計を2つ同時に作動した場合に検出数値が減少したり、誤作動が起きてしまうことがあった。

本研究のメリットとして市販されているロボットを使わずに自作し、筋電位計を使用することでコストの軽減ができた。また、筋電位計を用いて増幅した電圧をArduinoで数値化したことによりトリガーを数値で表すことができ、プログラム制御が容易になった。しかし筋電位は人によって異なるため本研究を行う際はその都度測り直さなくてはならない。そして限定した動きしかトレースさせることが出来ていない。以上のことをふまえ、今後の課題として、はじめにロボットに使用者の筋電位数値を覚えさせること、また、制御可能な動きを増やす必要がある。

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操作の提案,” 南山大学 2016年度卒業論文, pp.1-4, 2017. Available: www.st.nanzan-u.ac.jp/info/gr-thesis/2016/fujii/pdf/13se-039.pdf
- [2] 入谷勇也, “筋電位を用いたロボットアームの操作案,” 大阪工業大学 2015年度卒業研究, pp.8-11. Available: <http://www.oit.ac.jp/bme/ohsuga/ppt/6th/iritani.pdf>
- [3] 村上慶裕, 石尾晶代, 武田湖太郎, “ステレオマイク入力端子を用いた低コスト2ch筋電図バイオフィードバック装置,” Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science, vol.5, pp.2-3, 2014. Available: square.umin.ac.jp/jjcrs/2014_1-6j.pdf