

筋電信号を用いたロボットハンドの操作

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

2年 渡邊 啓太

指導教員 システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

教授 齋藤 直樹

指導補助 システム科学技術研究科 機械知能システム学専攻

1年 樋浦 理人

1. 本研究の目的

人の意志で動かせる可能性のある義手として筋電義手がある。これは筋電信号という筋肉を動かそうとするとときに発生する電気信号を用いている。このような、筋電信号を利用して機械を操作するシステムや、義手のようなロボットハンドに関心があり、そのために必要な知識を学んでみたいと思ったので、この研究を行った。

2. 実験システムの構成

図1に実験システムの構成を示し、図2に筋電位計測に利用した筋肉を示す。HACKberryはexiii社がオープンソース化している筋電義手であり、親指、人差し指、その他3本の指をそれぞれのモータ(親指、その他3本の指：ES08MD, EMAX, 人差し指：Standard Servo 3001HB, Power HD)により動作する。今回は、「背屈(手首の関節を手の甲の方向に反らせる動作)させたとき」、「掌屈(手首の関節を手のひらの方向に折り曲げる動作)させたとき」、「ニュートラルのとき」の3つの場合に対応した動きをHACKberryにさせるために、手首を背屈、掌屈させたときに作用する尺側手根伸筋と橈側手根屈筋の2箇所に電極パッドを貼り、筋電センサ(MyoWare, Advancer Technologies)を用いてそれぞれの筋電位を計測した。図3に筋電位の処理方法を示す。筋電位の源波形は0を境に陽性波形と陰性波形で構成され、体表では数十 μ V~数十mV程度の大きさである。そのため今回用いた筋電センサでは、筋電位の源波形を全波整流処理した後に積分処理して0V~5V(入力電圧)の範囲に増幅し出力している。全波整流とは入力電圧の負電圧を正電圧に変換整流することであり、ダイオードをブリッジ上に回路構成することで実現できる。この筋電位をArduinoで観測し、それに基づいてHACKberryを制御する。

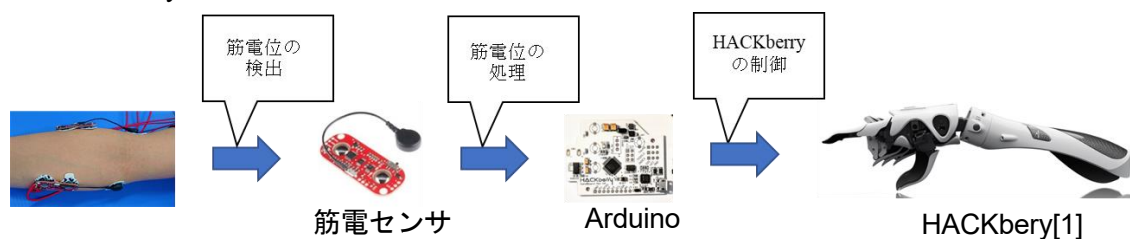


図1 実験システムの構成

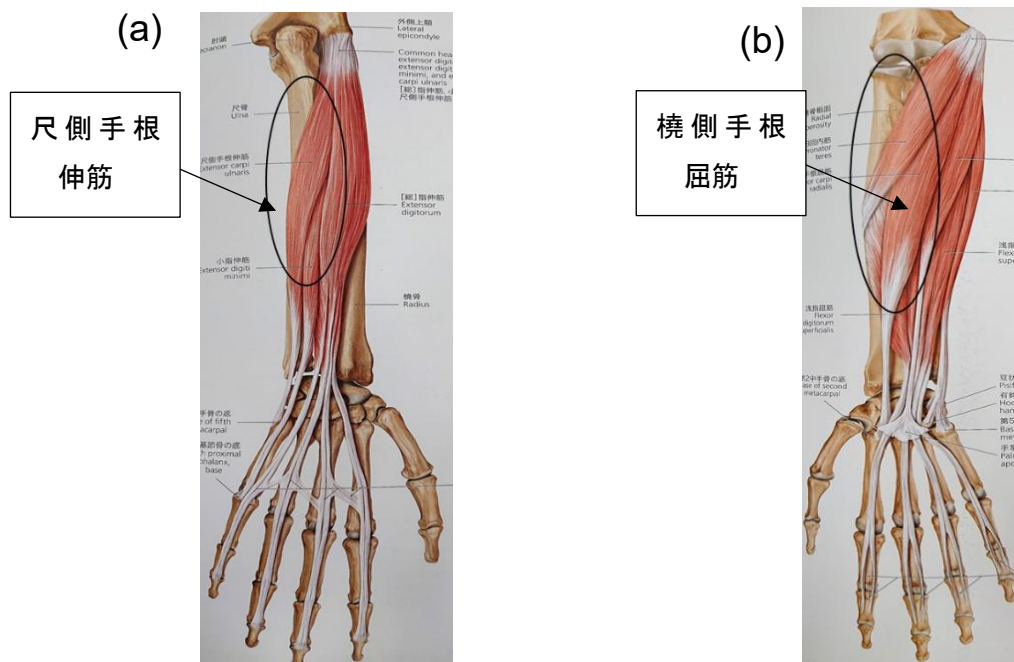


図2 前腕部の筋肉の図(a:背側, b:掌側)[2]

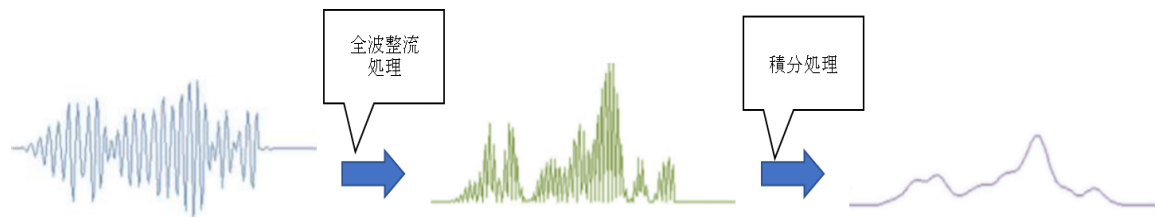


図3 筋電センサの信号処理の模式[3]

3. 筋電位とは

筋肉は中枢神経から活動電位が神経筋接合部に伝わることで筋収縮が起こる。この中枢神経から伝わる活動電位のことを筋電位といい[4]、その測定方法は針電極を用いる方法と表面電極を用いる方法がある。本研究では比較的計測しやすい、表面電極を使用した。

4. 筋電位での HACKberry の制御

手首の動きと HACKberry の動きを連動させるため、前項の方法で得られた筋電位を用い、動作ごとに閾値を設定して制御を行った。筋電センサを貼る位置によって筋電位は変化したり、筋肉を使い続けることで疲労が溜まったりするので、一定の値を測定することが難しい。そのため、HACKberry を制御する前に一度手首を背屈、掌屈させたときの筋電位を計測し、そのときの値から閾値を決定した。背屈のときは(計測した筋電位[V])−2.4V の値を閾値とし、掌屈のときは(計測した筋電位[V])−3.4V の値を閾値とした。今回は計測された筋電位のうち最大のものを基準として閾値を決めるようなプログラムを用いた。手首を掌屈させるときは背屈させるときに比べ筋電位の振れ幅が大きく、筋電位の最大値と最小値の差が背屈時に比べ大きくなってしまう。そのため計測した筋電位から引く値が背屈時と掌屈時で異なる。

5. 結果

図4に手首を背屈、掌屈させたときの筋電位の変化を、図5に HACKberry の状態を示す。図4の領域①のときは図5の①、領域②のときは図5の②、領域③のときは図5の③の状態になるように制御することを目的とし、実際にその動作になるように制御することができた。図4の領域①と②における筋電の振れ幅に着目すると、先述のように手首を背屈させたときより掌屈させたときのほうが筋電位の振れ幅が大きくなっていることが分かる。また領域②で掌側の筋電位が計測されているのは筋電計と Arduino をつないでいるコードに触れてしまったためだと考えられる。

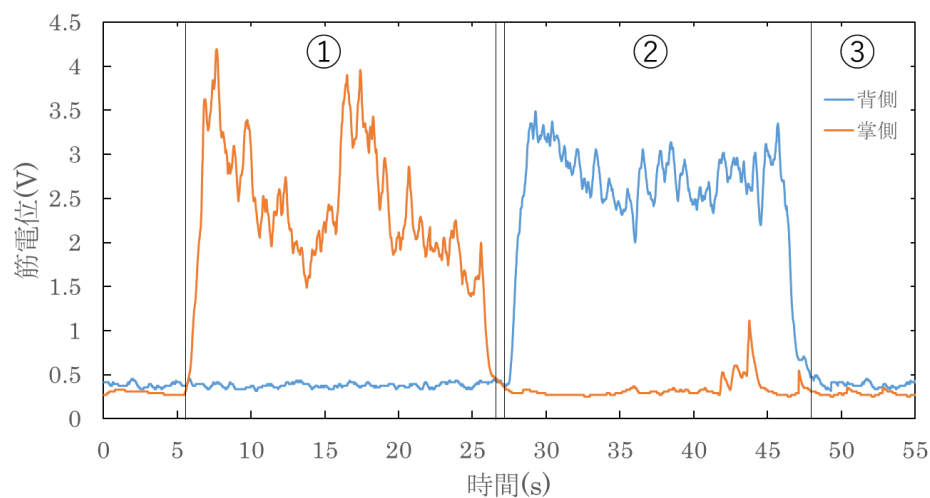


図4 手首を背屈、掌屈させたときの筋電位の変化

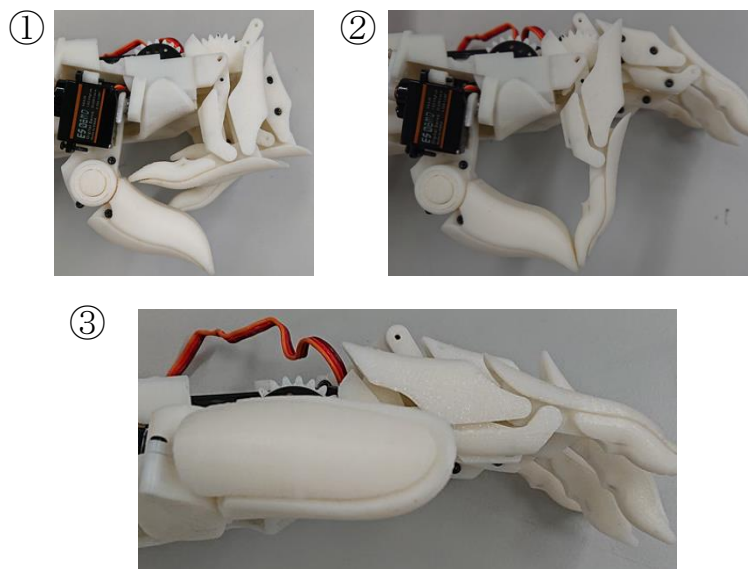


図5 図4の各領域における HACKberry の状態

6. 課題

今回は筋電位を用いて HACKberry の動作を制御した。制御するにあたってあらかじめ筋電位を計測してから HACKberry の動作を制御するようなプログラムを用いたが、あらかじ

め計測した筋電位が間違っただけであった場合、図 4 のような波形の筋電位計測することができたとしても、その領域に適した動作を HACKberry にさせることができないという問題点がある。筋電義手と機械学習を組み合わせた研究もあり[5]、それを参考に機械学習を用いることでこの問題は解決できるのではないかと考える。また今回 HACKberry の制御に使用したラジコンサーボモータは入力されたパルス幅に応じた位置まで動作するものであり[6]、ON と OFF の制御しかできず、速度を制御することができないという問題がある。速度制御をするためには今回使用したラジコンサーボモータではなく、ロボットのようなバッテリー駆動のシステムに適した DC サーボモータを用いればよいと考える。 [7][8]

7. まとめ

本研究を通して、筋電信号を利用して機械を操作するシステムや、義手のようなロボットハンドを制御するために必要な知識を学ぶことができた。

参考文献

- [1] exiii, HACKberry OPEN SOURCE COMMUNITY
<http://exiii-hackberry.com/> 閲覧日:2021/03/16
- [2] 坂井建雄, 松村譲児, プロメテウス解剖学アトラス 解剖学総論/運動器系第 1 版 2 刷, 医学書院
- [3] SWITCHSCIENCE, MyoWare 筋電センサ
<http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MyowareUserManualAT-04-001.pdf> 閲覧日:2021/03/16
- [4] 陸上競技の理論と実践~ Sprint & Conditioning ~
<https://sprint-condition.info/category38/entry394.html#i2> 閲覧日:2021/03/18
- [5] 横井浩史ほか, 筋電制御型の義手, バイオメカニズム学会誌, Vol.38-1, pp. 39–46, 2014.
- [6] MONOist, PWM を利用したサーボモータ制御プログラミング
<https://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/0708/22/news116.html> 閲覧日:2021/03/16
- [7] 機械設計の目メモ, DC モータと AC モータの違い. 特徴の比較
<https://mechanical-engineer48.com/post-3096/> 最終更新日 2020/07/26
- [8] 藤本康孝, 河村篤男, サーボドライバの基礎知識, 日本ロボット学会誌, Vol25, pp.1036~1039, 2007