

義手の機構に関する研究

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科
2年 飯塚 達也

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
准教授 齋藤 直樹

目的

電動義手とは、電氣的に動作制御される義手である。通常、義手は外見の再現を主な目的とするが、電動義手は機能性に重きを置いている。しかし、普及率の低迷が問題となっている。原因としては、独占市場化しているために価格が下がらないこと、メンテナンスが難しいこと、さらに日本では障害者自立支援法の対象外であることなどがあげられる。これらの問題を解決するため、exiii株式会社のオープンソースHACKberryは、家庭用3Dプリンターと市販の材料を使い、実際に使える、安価で実用的な電動義手をオープンソース化している。近年、表面筋電位の出力量を制御に用いた筋電義手と呼ばれる電動義手の開発が進められている。しかし、表面筋電位は非常に微弱であるため検知が難しいといったデメリットがあり、義手の利用者の誰しもが使用できるわけではない。

本研究では、HACKberryを作成し、HACKberryの機構を学ぶことに加え、筋電位計測によるロボットアームの制御を行い、実際のロボットアームの動きと比較し評価検討することを目的とする。

HACKberryの機構について

HACKberryの人差し指の動きを段階的に撮影したものを図1に示す。さらに図1を図示したものを図2に示す。

また、HACKberryの人差し指の関節は2つである。HACKberryの指先から数えて1つ目の関節が人間の手では第二関節に相当するが、本研究では簡単のため、この関節を第一関節とし、歯車がある関節を第二関節とする。

動力はサーボモーター1つであり、図2の黄緑の歯車に直接接続されている。また、第一関節には、アーム角 180° のトーションばねが入っており、第一関節を延ばす方向に力が加わっている。

まず、1から2の段階では、黄緑の歯車が黄色の歯車に動力を伝える。この時、赤や青の機素は黄色の歯車に対して移動しない。黄色の歯車が時計回りに 80° 回転すると赤の機素が水色の機素に接触し、赤の機素はそれ以上移動しない。これにより第一関節が曲がらないため、2のような親指と人差し指で物をつまむような形状が可能となる。

次に、2から3の段階では、黄色、赤、青、緑の機素は赤が固定されたことにより、拘束連鎖になっており、黄色の歯車が $80^\circ \sim 100^\circ$ 回転する際に、緑の機素が 90° 時計回りに回転する。そのため、手のひらと人差し指で物を握るような形状が可能となる。

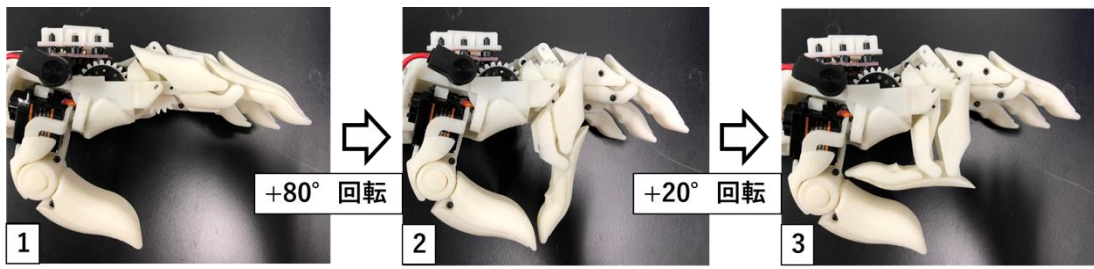


図1. HACKberryの人差し指の動きの写真

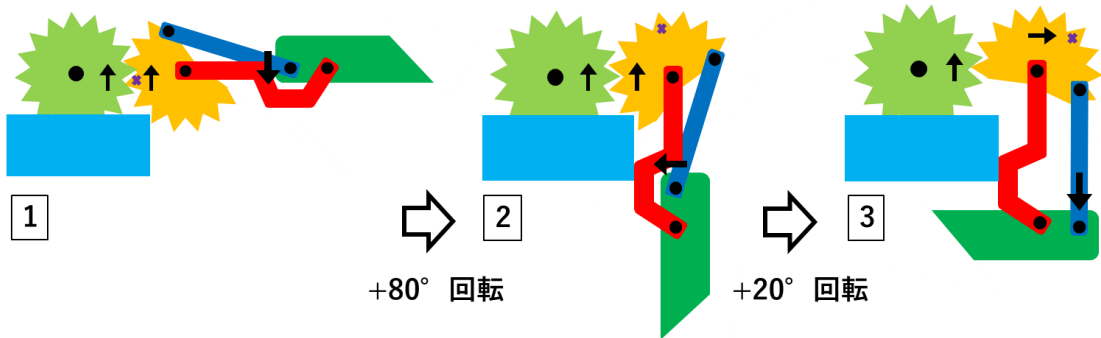


図2. 図1の図示

実験内容

実験装置

今回用いた筋電位計測デバイスは、筋電センサ (MyoWare, Spark fun社) にプロトシールド (MyoWare Proto Shield, Spark fun社) を用いて、4極オーディオジャック変換基板 (CK-42) に接続したものであり図3に示す。ロボットアーム本体 (HACKberry, exiii社) はオープンソースであり、3Dプリンターにより作成しものである。これを図4に示す。サーボモーターの制御にワンボードマイコン (Arduino Uno, Arduino LLC社) を選択した。ロボットアームの指の曲がり具合を計測するために、指に沿って曲げセンサ (MB090-N-221-A01) を設置した。設置図を図5に示す。

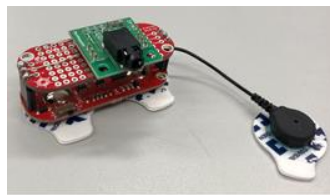


図3. 筋電位計測デバイス

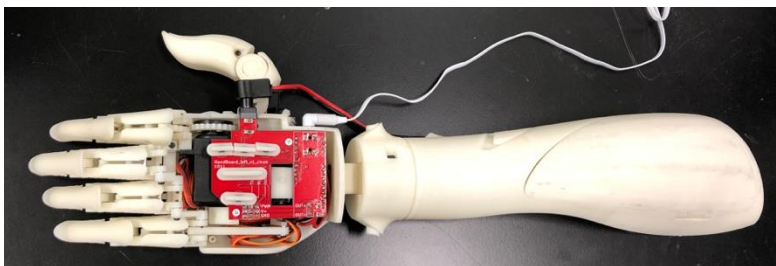


図4. ロボットアームHACKberry

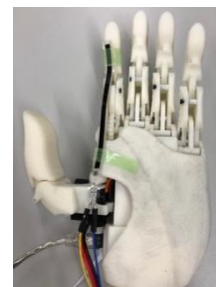


図5. 曲げセンサの設置図

実験方法

本実験では、HACKberryを作動させるためのヒューマンインタフェースとして筋電センサを用い、筋肉への力の入れ具合により動作するシステムにした。

筋電位を計測し、それに伴うHACKberryの人差し指の動作をそれぞれ計測する。計測は微力状態と全力状態の2パターンを行う。ここでいう微力状態とはただ手を握ることとし、全力状態とは手を握りさらに意識的に力むこととする。

また、手を握る動作をする際、最も表面筋電位が大きくなると考えられる浅指屈筋を対象とし、浅指屈筋付近に筋電位計測デバイスを取り付けた。

実験結果と考察

全力状態の筋電位の出力波形を図6、微力状態の筋電位の出力波形を図7に示す。また、2つの筋電位波形はMyoWareにより、増幅、整流化、平滑化の処理が施されている。

全力状態のHACKberryの人差し指の角度を図8、微力状態の指の角度を図9に示す。また、図1の1に示した状態の人差し指の角度を 0° 、図1の2に示した人差し指の角度を 80° と設定する。そのため 81° 以上の範囲では、第二関節は最大まで曲がり、さらに第一関節が曲がっていることを示す。

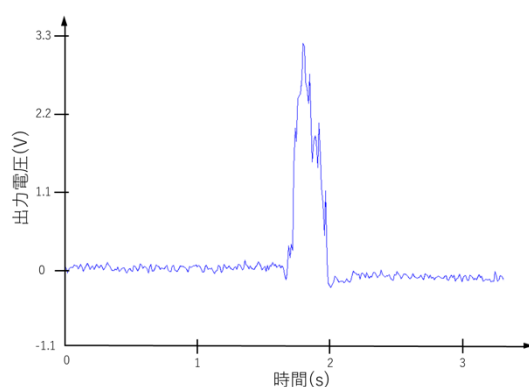


図6. 全力時の筋電位の出力波形

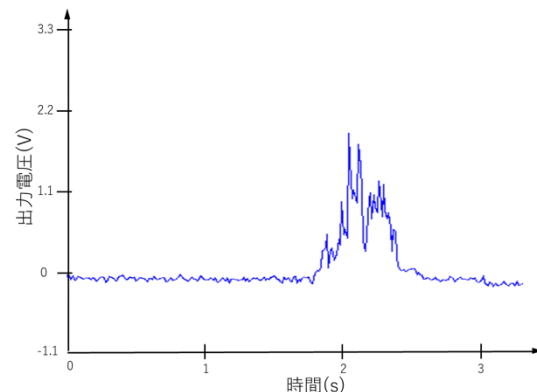


図7. 微力時の筋電位の出力波形

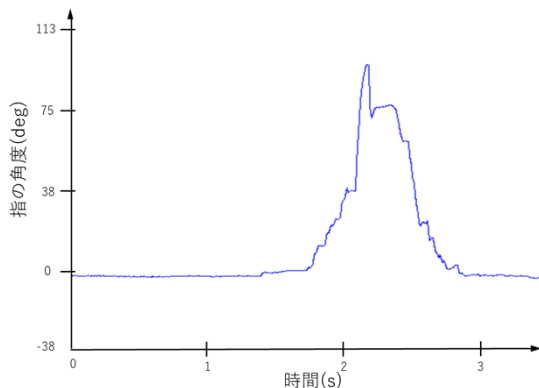


図8. 全力時の指の角度

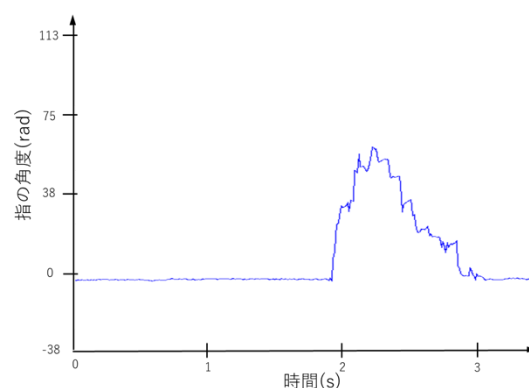


図9. 微力時の指の角度

図6と8、7と9を比較すると、筋電位波形が大きくなるに応じて、HACKberryの指の角度も大きくなっていることが分かる。さらに、図6と7より、全力時の波形の最大値は3.3V程であり、微力時の波形の最大値より1.1V程大きくなっていることから、力の入れ具合に応じて

筋電の出力量も大きくなっていることが分かる。以上のことから、HACKberryの指の角度を、力の入れ具合で調整できることが分かる。

また図12より、2秒から2.3秒付近で特にノイズが多いことが分かる。本実験では至らなかったが、筋電位波形にローパスフィルタ等をかけて高周波成分を減衰させることで対策できると考える。

まとめ

exiii社のオープンソース「HACKberry」を作成した。筋電位計測デバイスによるロボットアームの制御を行い、筋電位波形とHACKberryの指の角度のグラフを比較し考察した。指の機構についてはシンプルな機構でありながら、機能性と外見を両立していると感じた。今後の課題として、オリジナルの指の機構を考えたい。また、筋電位計測によるロボットアームの制御については、信号処理方法の理解と、それを実装するための具体的なプログラミングについてのスキルが必要であることが分かった。より高精度な信号処理を実装することで、もっと筋肉の調整量に応じた細かい動作が実現できるものと考えている。

参考文献

- [1]木塚朝博，増田正，木竜徹，佐渡山亜兵，『バイオメカニズム・ライブラリー表面筋電図』東京電機大学出版局，2008
- [2]大塚博，中川昭夫，陳隆明，中村春基，古川宏，『筋電（電動）義手の処方と製作システムの確立に関する研究』，兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所，pp. 140-145