

本物の人の手に学ぶ筋電義手の開発

Development of myoelectric upper limb prosthesis with learning from real human hands

1012116 多田健人 Kento Tada

1 背景

筋電義手とは、脳からの命令を受けた筋が生ずる電気信号によってモーターを制御し、各稼動部分を操作する義手を指す。人間の手の形状をしているため、日常生活や社会生活の補助に便利である。しかし、日本の筋電義手の普及率は他の先進国に比べ、非常に低い数値にとどまっている。筋電義手の普及率が低い理由を調査した結果、普及率が低い要因が3つ挙げられた。筋電義手での拇指対立運動ができないこと、物体の硬さに合わせた把持ができないこと、義手のメンテナンスに費用、時間、技術が必要であることである。拇指対立運動ができなければ適切に把持することはできない。物体の硬さに合わせた把持ができなければ柔らかい物が持てない。メンテナンスに費用、時間、技術が必要なら、個人で簡単にメンテナンスできないなどの問題があります。我々は、これらの問題点を技術的に解決するために現在実用化されている筋電義手にはない新機能の実装に向けた研究を目的とした。

2 課題の設定と到達目標

現在実用化されている筋電義手にはないの3つの新機能の実装に向けた研究を行う上での課題は以下の通りである。

- 親指の外転・内転運動の実現
- 硬さや弾性を感じとる「振動指」
- 着脱可能なカバー

これらの新機能の研究にあたって、本物の人の手に学ぶことで解決していくこととした。

2.1 義手製作班

まず基礎となる筋電義手として、5本の指が独立して動くことができる筋電技手の本体を製作した。これは前期の活動で製作したが、後期の活動では新たに2つの筋電義手を製作した。拇指対立運動については計測班と協力し、拇指の外転内転運動が可能になる筋電義手のモデルを製作した。計測班が拇指の外転内転と屈曲運動の識別を行い、義手作成班が製作した筋電義手本体が拇指の外転内転運動を行う。拇指の外転内転運動を可能にするために、参照サイト (InMoov - ホームページ-<http://www.inmoov.fr/>) のフリーの3Dモデルを再設計し、拇指の可動軸を増やした。これにより筋電義手がより人間らしい”掴む”動きが可能となった。メンテナンスの難しさの解決案としては着脱可能なカバーを製作することで義手本体が傷つかない、またカバーが傷ついた場合交換が可能にすることで個人でメンテナンスをすることが可能になるのではないかと考えた。昨年までのプロジェクトでもカバーを製作していたが、まだ問題点が多く義手に装着ができていなかった。そこで本プロジェクトでは義手に装着ができるカバーを第1に考え製作に取り掛かった。着脱可能という機能に関してジップロック、マジックテープ、ファスナー、の3種類のサンプルを製作した。なぜ複数のサンプルを製作したのかは、それぞれの利点や問題点を探り、着脱可能な機能ではどのサンプルが適しているかを調べることを目的であるため製作した。

2.2 計測班

計測班では適切な把持を可能にするにあたって、拇指対立運動を可能にする必要があったため、親指の内転・外転運動の際に生じる筋電位を計測することを計測班の課題とした。そして、5本の指の筋電位と内点、外転運動の筋電位を識別して読み取ることに成功した。また、現

在実用化されている筋電義手と同等の性能を持たせるために、5本指の独立した動きを可能にし、筋電義手の制御部と筋電義手本体を無線化をする必要があった。そのために回路、電極を新たに増設し、5チャンネル分の電位の計測を可能にしたほか、筋電義手の制御部と筋電義手本体を無線化した回路を作製した。

2.3 触知覚班

触知覚班では物体の硬度の弁別を可能とすることを目指す。義手で物体を適切に把持するためにはその物体の硬さを適切に把握する必要がある。そのために私たちは昨年度研究していた振戦に注目した。振戦が硬さの触知覚に関係していればそれを参考にする事で義手で物体の硬さを把握することができると考えた。本年度は振戦を参考にした振動する義指を制作しそれによって硬度弁別を可能とすることを目的とした。最終的な成果物としては実験に用いた振動子を埋め込んだ振動指、工作用モータとギアと偏心錘を用いた振動モータの2つが挙げられる。

3 課題解決のプロセスとその結果

3.1 義手製作班

義手製作班は、まずカバーを作成するため作成方法や人の手の型取りに使う材料が書かれているサイトを調べ、発注した。まず自分たちで試行錯誤し作成した結果、カバーが薄すぎて簡単に破れてしまう、しわなどを再現できないといった問題が発生した。そのため、再度作成方法について調べ、試した結果、薄さの問題は改善され、しわや爪や血管にいたる細部まで人の特徴を再現することに成功した。また、今回作成したカバーは前期までに作成していた義手にうまくはまらず、指の間が広すぎる、関節が角ばっているためカバーが破ける、など骨格の構造に問題があった。これは作成したカバーが人の手と同じ大きさでしか作られなかったためだと考えられ、義手本体を小さくする必要があった。そのため、義手の3Dモデルを新たに設計しなおし、新しい骨格の義手を作成した。この新しく作成した義手はそれぞれの関節が丸く、全体的に小さくなっており、より人の手に近い形をしている。そのためスムーズにカバーを着脱することができる。また、取り外し機能としてファスナー、マジックテープ、

ジップロックの3種類の接合法を使用したモデルを試作した、以下にその長所、短所を述べる。

- ファスナー

接合する力、外観共にほぼ問題が無く、片手でも開け閉めし易い。

- マジックテープ

一番簡単に取り外しが可能だが、接着する力が弱く、義手がものを把持したときの負荷に耐えられない。また、シリコンが重ならなければ接合できないため、一部だけ分厚くなってしまおうという外観上の問題がある。

- ジップロック

接着する力が弱く、義手がものを把持したときの負荷に耐えられない。

上記の結果から問題を解決するためにはファスナーが最も適していることがわかった。

3.2 計測班

計測班では、筋電位についての学習を行い、筋電位を計測するために必要となる回路について学習した。回路についてはそれぞれがどのような役割を果たしているかなどの基本知識の学習を行った。回路の設計はPasS(PartsArrange Support System)を使用した。PasSは、ユニバーサル基板上等に電子部品を実装し、配線を行うための部品配置図や配線図を作成するための補助ソフトである。部品・基板を記号ではなく実際のイメージで配置し配線できる。配置配線処理は主に表面より行うため、回路図を見ながら効率的に作業を行うことができる。工夫した点は、回路設計の際に必要な電源部分の配線を直線にすることでわかりやすくした。表面と裏面を交互する機会を減らした。また、新機能の研究に向け人間の指の運動を司る筋についての調査を行った。筋電位の計測については、指の屈曲運動に加えて内転・外転運動ができる筋肉の場所を探し出すことに成功した。今回、拇指の内転・外転運動で筋電義手を動かす為に計測した部位を説明する。拇指の内転・外転運動は長母指外転筋により行っていてその部位から筋電位が計測できることがわかった。この長母指外転筋は5指を曲げる

際には信号が少なく外転運動をするときに大きな反応をした。この信号を5指の運動と識別することで掴む動作の実現に近づいた。制御プログラムに関しては、昨年まで使用していた識別プログラムのサポートベクターマシンの理解を行った。親指、人差し指、中指、薬指、小指の屈曲運動に加え拇指が移転運動がそれぞれが正確動作識別を可能にするため、6ch分の回路と12本のアクティブ電極の作成をし、プログラムの拡張を行った。また、制御部と義手本体の無線通信のためにプログラムの見直し、arduinoについての学習を行った。

3.3 触知覚班

触知覚班は触知覚班は人間が物体を把持する際の固さの知覚に身体の不随意な震えである、新振が関わっていることを調べ、それを義手に実装するための装置の開発と実験を行った。実験内容に関しては以下の通りである。

3.4 振戦に関する実験と結果

振戦が硬さの触知覚に関わっていることを示すために以下の実験を行った。実験の詳細はグループ報告書に記載する。

- 振戦の計測
- 硬度弁別実験
- 硬度弁別実験時の振動の計測

3.5 振動指の製作と結果

実験によって、振戦が硬度弁別に関わっていることが示されたため、それを利用して義手による触知覚が可能な仕組みを開発することにした。具体的には10Hzで振動する義指を作成し、それが物体に触れたとき、物体の硬さによって振動の振幅の変化に違いがあることを確認した。詳細なプロセスはグループ報告書に記載した。最終的な成果物としては以下の2つである。1つめの成果物は指にしては大きすぎるので、2爪の成果物で小型化に取り組んだかたちとなる。

- 実験に用いた振動子を埋め込んだ振動指
- 工作用モータとギアと偏心錘を用いた振動モータ

3.6 最終発表に向けて

上記の結果を踏まえ、最終発表のための資料作成を行った。具体的には私は発表用のスライドの作成とその

原稿を作成した。

4 今後の課題

4.1 義手製作班

義手製作班はシリコン製のカバーは作ることに成功したが着脱機能を実装することはできなかった。その原因としてカバーの薄さにはばらつきがあり強度に問題があった。作製方法の見直し、シリコンに入れる硬化剤の量の調節、厚さの調節といったことが求められる。強度の問題以外にも実際にカバーを義手本体に取り付け指を動かす際にカバーの伸縮性が足りず、モータに過剰な負荷をかけてしまうという欠点があった。そのため、硬化剤の量の調節や厚さの調節で改善されない場合は、今回使用したシリコン以外の素材も試してより最適な素材でのカバー作りにも取り組む。

4.2 計測班

計測班ではプロジェクト活動により無線化や内転・外転運動の識別に成功した。しかし、使用している配線や回路がまだまだ大きいのも事実。そのため今後の展望としては、回路の簡略化や小型化、計測機器も無線で使用できるようにすることが必要である。そして人間らしい「掴む」動作の実現のために、親指の内転・外転の動き、拇指対立運動が必要である。拇指の外転運動を識別することには成功した。しかし、内転・外転運動と屈曲運動を両立させることはできなかった。そこで、今後の展望としては親指の外転、内転の動きと屈曲運動を識別しパターンを分類できるプログラムと義手本体の設計、作成が必要である。

4.3 触知覚班

触知覚班は作製した振動指を実装するにあたって、振動指の小型化、振動指のに必要な配線の省スペース化という2つの課題を解決することが必要になってくる。小型化するためにさらに小さなモータを使う、または構造を変えて無駄なスペースを無くすことに挑戦したい。また、振動指が掴んだ物の硬さを筋電義手の使用者にフィードバックする方法も考えなくてはならない。

参考文献

- [1] さかもとかずよし しみずゆたか みとかずゆき たかのくらまさと 坂本和義, 清水豊, 水戸和幸, 高野倉雅人. 生体のふるえと振動知覚 メカニカルバイブレーションの

機能評価. 東京電機大学出版局, 2009.

[2] 星宮望. 生体工学. 小林共文堂, 1990.

[3] 橋本成広. 生体計測工学入門, コロナ社, 2000.

[4] PasS, uaubn, 最終更新日.2010/6/21,

URL:<http://www.geocities.jp/uaubn/pass/>.