

公立はこだて未来大学 2014 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University-Hakodate 2014 System Information Science Practice
Group Report

プロジェクト名

本物の人の手に学ぶ筋電義手の開発

Project Name

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

グループ名

義手製作班

Group Name

Artificial arm production Group

プロジェクト番号/Project No.

19-A

プロジェクトリーダー/Project Leader

1012116 多田健人 Kento Tada

グループリーダ/Group Leader

1012043 小椋悠太 Yuta Ogura

グループメンバ/Group Member

1012116 多田健人 Kento Tada
1012043 小椋悠太 Yuta Ogura
1012185 松井遼太 Ryota Matui
1012118 中村大喜 Daiki Nakamura
1012163 藤原岳史 Takeshi Huziware

指導教員

櫻沢繁 伊藤精英

Advisor

Shigeru Sakurazawa Ito Kiyohide

提出日

2015 年 01 月 14 日

Date of Submission

January 14, 2015

概要

筋電義手とは筋肉の収縮時に生ずる電気信号である筋電位によって、利用者の意のままに動作を制御できる義手のことである。しかし、装飾性義手、能動式義手、作業用義手、筋電義手の4つの種類がある中で、筋電義手は最も利用率が低い。その原因となる問題点は、外観よりも機能を重視したものが多く外観が本物とかけ離れていることと、屈曲運動しかできないため本物の人の手の握み方が実現できないことがある。

そこで本プロジェクトの目標は、より本物の人の手に近い筋電義手を製作することとした。我々は人間の手の外観や質感を再現したカバーを筋電義手に装着することで問題を解決できると考えた。また、計測班と協同し昨年度よりも親指の回転軸を増やすことで本物の人の手の握み方を実現できると考えた。

中間報告までの活動では義手の構造を学び、3D プリンタで義手を製作し「握む」動作に必要な最低限な3本の指を可動させることに成功した。最終報告までの活動では、カバーと着用時に骨格部分を取り付けの障害とならない新たに設計した筋電義手の製作、親指の回転軸を増やしたモデルの製作を行った。

キーワード 筋電義手, カバー, 握む, 筋電位

(*文責: 中村大喜)

Abstract

Myoelectric upper limb prosthesis is able to operate as one likes of users by electrical signal of muscle contraction. There are decorativeness artificial arms and active artificial arms and for manufacturing artificial arms and myoelectric upper limb prosthesis. But myoelectric upper limb prosthesis's diffusion is the smallest of the hour. Among the problems that are the cause, there are a lot of things that functions set a high value on than appearance, and appearance might is quite different from the real thing.

Then, the target of this project was assumed to produce a myoelectric upper limb prosthesis near the hand of a more genuine person. Artificial arm production group decided the problem to be solved the problem of appearance in the myoelectric upper limb prosthesis in that. As a result of the discussion, we was thought to be able to solve the problem by putting in myoelectric hand the quasi skin that reproduced the texture and appearance of the human hand.

We use gypsum to take an accurate model for making a quasi skin, and we think that we should use the material such as silicones that there is elasticity in the quasi skin.

We have learned the structure of the artificial arm in activities to middle report. And, we produced the artificial arm by using 3D printer. Also, we have succeeded made thumb, forefinger and middle finger for grasping movement, and detected muscle potential and controlled grasping motion by the potential. We plan to produce a quasi skin in the activity of second semester.

Keyword Myoelectric upper limb prosthesis, quasi skin, grasp, muscle potential

(*文責: 中村大喜)

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	目的	1
1.3	従来例とその問題点・解決法	2
第 2 章	プロジェクト概要	3
2.1	問題の設定	3
2.2	課題の設定	3
2.3	前期の活動内容	4
2.4	後期の活動内容	5
2.5	課題の割り当て	6
2.5.1	筋電義手の製作	6
2.5.2	親指の回転軸の追加	7
2.5.3	カバーの製作	7
第 3 章	課題解決のプロセス	9
3.1	各人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ	9
3.2	小掠悠太の担当課題	9
3.3	多田健人の担当課題	9
3.4	松井遼太の担当課題	10
3.5	中村大喜の担当課題	10
3.6	藤原岳史の担当課題	11
第 4 章	グループ内のインターワーキング	12
4.1	知識の習得	12
4.1.1	義手の構造の学習	12
4.1.2	使用するモーターと素材についての学習	12
4.1.3	作成するカバーについての学習	12
4.1.4	カバーの作成法についての学習	13
4.1.5	着脱機能についての学習	13
4.1.6	CAD についての学習	13
4.2	制作物	14
4.2.1	パーツの出力	14
4.2.2	再設計した義手	14
4.2.3	義手に取り付けるカバーの作成	14
4.2.4	着脱機能のサンプルの作成	15
4.2.5	回転軸を追加した親指	15
4.2.6	スライド	16

4.2.7	ポスター	16
第 5 章	結果	17
5.1	中間の成果	17
5.2	中間までの活動で浮上した問題点	17
5.3	中間の活動をうけての当初の後期活動予定	17
5.4	後期の成果	18
5.4.1	カバーについて	18
5.4.2	再設計した義手	19
5.4.3	カバーの取り付けについて	19
5.4.4	回転軸を追加した親指	20
5.5	後期までの活動で浮上した問題点	20
第 6 章	まとめ	21
6.1	プロジェクトの成果	21
6.2	成果の評価	21
6.3	プロジェクトにおける各人の役割	22
6.3.1	小掠悠太	22
6.3.2	多田健人	22
6.3.3	松井遼太	22
6.3.4	中村大喜	22
6.3.5	藤原岳史	23
6.4	今後の課題	23

第 1 章 はじめに

1.1 背景

義手には大きく分けて装飾義手, 能動義手, 作業用義手, 筋電義手の 4 種類があり, 本プロジェクトの活動では筋電義手の製作を行った。筋電義手とは, 筋肉を動かした時に生ずる筋電位を用いて動かす義手のことである。現在の日本で用いられている義手の内約 80 %が装飾義手である。筋電義手は全体の約 2 %にすぎず, 国内の筋電義手の普及率は非常に低いと言える。普及率が低い原因としては, 拇指対立運動, 物体の硬さに合わせた把持, 義手のメンテナンス, の 3 点に問題点があると考えた。義手製作班では, 拇指対立運動, 義手のメンテナンス, の 2 点に取り組んだ。本プロジェクトの方針として, 本物の人の手に学ぶことで問題点の解決を図った。

(*文責: 小椋悠太)

1.2 目的

本プロジェクトにおける, 義手作成班の目的は皮膚表面上で計測される筋電位を元に動作する筋電義手の作成することである。今日までのプロジェクトでは素材が樹脂のものであったり金属製や木製のものであったりと様々な筋電義手が作成されてきた。今回, 本プロジェクトでは筋電義手の普及率が低い原因として考えられる問題を次の 3 つであると考えた。1 つ目は, 筋電義手での拇指対立運動ができないこと。2 つ目は, 物体の硬さに合わせた把持ができないこと。3 つ目は, 義手のメンテナンスに費用, 時間, 技術が必要であること。義手製作班では, 1 つ目と 3 つ目の問題を解決させるための筋電義手製作を行った。

(*文責: 小椋悠太)

1.3 従来例とその問題点・解決法

本学でも筋電義手を開発するプロジェクトは一昨年から行われていた。しかし、これらの筋電義手では拇指の屈曲運動しかできなかった。そのため、屈曲運動だけで物体を把持しようとする「握る」という動作になってしまい「掴む」という動作ができないのである。「掴む」という動作を実現するためには、物体に合わせて親指とその他の指が向き合うような把持動作を可能にしないといけない。そのため、拇指対立運動と呼ばれる動作で、拇指の屈曲運動だけでなく、内点・外転運動を可能にする回転軸を加えたモデルを作成することで解決できると考えた。さらに、今までの活動でも外観の問題を解決するためカバーを作成していた。しかし、構造や柔軟性に問題があったため筋電義手に装着するまでには至らなかったが、それらの問題には改善の余地があった。構造上の問題は、筋電義手のパーツを作り直し義手本体を小さくなるようにし、疑似皮膚の内側も型を作ることで筋電義手と疑似皮膚の間にゆとりを作るようにしようとした。また、柔軟性の問題は疑似皮膚の素材をシリコーンにすることで可動域の負荷を軽減すると考えた。

(*文責: 小椋悠太)

第 2 章 プロジェクト概要

2.1 問題の設定

本プロジェクトでは前章で述べた問題のなかで拇指の外転内転運動、義手のメンテナンスの問題に取り組んだ。義手作成班では、ハードの面からアプローチすることが可能である問題が上記の 2 点であったためそれらに取り組んだ。

(*文責: 藤原岳史)

2.2 課題の設定

2.1 説で述べた問題に対し以下のような課題とその解決案を考えた。課題点としては大きく分けて以下の 2 つが挙げられる。

- 筋電義手での拇指対立運動ができない
- 筋電義手のメンテナンスが難しい

解決案：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ず、またカバーが傷ついた場合交換を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、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ため製作した。

(*文責: 藤原岳史)

2.3 前期の活動内容

1. リーダーの選定
プロジェクトを効率的に進めるためにプロジェクトリーダーを選定した.
2. 筋電義手についての学習
筋電義手とはどういうものなのか, 現在どのようなものがあるのか, インターネットで調べたり, プロジェクト内での先生の講義で学習した.
3. 人体の構造についての学習
人の筋がどのようにして動いているのか, 筋電義手がどのように筋電位を用いて動いているのか, 人の知覚についてなどをプロジェクト内での先生の講義で学習した.
4. グループの編成
効率的に作業を進めるため義手製作班, 計測班, 触知覚班に分かれてグループを編成した.
5. 筋電義手製作のために必要な知識の学習
それぞれのグループで筋電義手製作に必要な知識を学習した.
6. 必要物資の調達
義手を製作するに当たって必要な部品などを購入した.
7. 義手の製作
実際に義手を製作した.
8. スライド, ポスターの作成
発表する際に使用するスライドやポスターを作成した.
9. 発表練習
作成したスライドを使って発表練習を行った.
10. 中間発表
成果物とスライドを用いて, 発表会を行った.

(*文責: 藤原岳史)

2.4 後期の活動内容

1. 前期の反省

中間発表の発表評価シートを用いて前期の活動の反省点を考え、改善案をメンバー、先生方と話し合い後期の活動方針などを決定した。

2. グループ内での役割設定

拇指の外転・内転運動、着脱可能なカバーの製作、の機能を同時に進行させるためにグループ内で役割などを決定した。

3. 各機能について必要な知識の学習

グループ内で各機能について必要な知識を学習した。

4. 義手の製作

新たに義手を製作した。

5. カバーの製作

実際にカバーを製作した。

6. スライド、ポスターの作成

発表する際に使用するスライドやポスターを作成した。

7. 発表練習

作成したスライドを使って発表練習を行った。

8. 最終発表

成果物とスライドを用いて、発表会を行った。

(*文責: 藤原岳史)

2.5 課題の割り当て

2.5.1 筋電義手の製作

1. 筋電義手の製作

3D データを用いて義手本体を 3D プリンタで出力した。今回用いた義手の 3D データに関しては参照サイトからフリーのデータをダウンロードして使用した。

2. 動作確認

製作した筋電義手の構造、または動作の確認を行った。ワイヤーの代わりに使用したバトミントン用のガットが耐えられているかどうかなどの確認をすべてのグループで行った。

3. 改良, 修復

動作を確認し問題点の改良, 修正を行った。具体的にはガットの長さの調節, ねじの締め具合, パーツのかみ合いなどを改良, 修正した。

4. カバーを装着する筋電義手の製作

最初に製作した筋電義手ではカバーを装着する際に問題が生ずるため, 骨格部分が取り付けの障害とならない新たな筋電義手の製作に取り掛かった。その際参照サイトのデータを元に 3D モデルを製作し, 出力, 組み立てを行った。

5. 動作確認

新たに製作した筋電義手の構造, 動作の確認を行った。最初に製作した筋電義手とは違い, それぞれの問題点に沿った義手を製作したためその問題点を解決できているかの確認も行った。

6. 改良, 修正

動作確認の際パーツに不具合が発生したためモデルを製作しなおした。他にもパーツが角ばっているなどの問題点があったためやすりなどを使用し改良, 修正を行った。

(*文責: 藤原岳史)

2.5.2 親指の回転軸の追加

1. 親指に追加する回転軸の設計

初めに計測班と協力し紙粘土で試作品を製作した。試作品を元に Inoov サイトで配布されているパーツに合わせて新たに回転軸を増やすためのパーツを設計した。

2. 製作開始

設計したパーツを 3D プリンターで出力した。3D プリンターの精度よりも細かく設計したため所々形が崩れてしまい強度に問題が生じたため、再設計を行った後 3D プリンターで出力することを繰り返し行った。最終報告までの期限が近くなっていたため、最低限の強度が確保できた段階で完成とした。

3. 動作確認

製作した親指の動作確認を行った。屈曲運動と内転・外転運動にそれぞれ一つのモーターをワイヤーで繋いで稼働させたため、干渉しないように調整を行った。また、この動作確認の段階では計測班と連携して作業を行った。

4. 完成

親指の動作確認を終え、内転・外転運動が実現できたため完成とした。親指の動きにいくつかの問題点を残してしまったため今後の活動で改善していきたい。

(*文責: 中村大喜)

2.5.3 カバーの製作

筋電義手のカバーの作成のために 2 つの方法を用いた。1 つ目は、石膏で手の型を取りそこに直接シリコーンを塗る方法。2 つ目は、石膏で手の型を取りそれを使用してシリコーンで外型を作りそこにシリコーンを流す方法である。下記にこの 2 つの方法を説明する。

● 1 つ目の方法

まず型取り剤で手の型を取る。そこに石膏を流し込み、固まったら型取り剤を切り崩し取り出す。その石膏を手のひら、親指、人差し指、中指、薬指、小指の 6 パーツに切断する。それぞれのパーツにシリコーンがくっついてしまわぬよう型取り用離型剤を塗っておく。そして、石膏の上からシリコーンを塗り下に流れてしまった分を塗りなおす。これをシリコーンが固まるまで繰り返す。それぞれできたシリコーンを手の形に組み合わせるとカバーが完成した。

- 2 つ目の方法

まず型取り剤で手の型を取る。そこに石膏を流し込み、固まったら型取り剤を切り崩し取り出す。ここで、石膏と粘土がくっついてしまわぬよう型取り用離型剤を塗り、その石膏の手の甲側半分を粘土で覆い固定する。そして周りをブロックで囲う。また、石膏と粘土がシリコンとくっついてしまわぬよう型取り用離型剤を塗っておき、それを完全に浸るようにシリコンを流し込む。完全にシリコンが固まるまで放置し、固まったらひっくり返し粘土を外す。同様に、石膏とシリコンがくっついてしまわぬよう型取り用離型剤を塗る。また、シリコン同士もくっついてしまわぬようクレオス Mr シリコンバリアーを塗る。その上にシリコンを流し込み完全に固まるまで放置する。これでシリコンの外型が完成した。その内側にクレオス Mr シリコンバリアーを塗り外型をしっかりと組み合わせシリコンを流し込む。ここで、外型に流し込んだシリコンが隙間から出てきてしまわぬようサランラップのようなもので固定する。このとき、シリコンが偏って固まってしまうような方向に傾かせ、均等な厚さになるようしばらく動かし続ける。固まったことが確認できたらしっかり固まるまで二日間程度放置する。それを丁寧に取り出し細かい修復をした。そうして、カバーが完成した。

- 反省

1 つ目の方法は、少量のシリコンでカバー作成できるが、シリコンが固まるまで何度もかけ直さなければいけない。それによって、均等な厚さのカバーを作ることが難しく、表面がボコボコになり見た目が悪いものになってしまった。2 つ目の方法は、外型を作らなければいけなくシリコンも時間もたくさん使ってしまうが、石膏の表面の形を直接再現できるようになり、手のしわや爪の痕などの細かい部分を再現できるようになった。しかし、今回の活動では時間が足りなく、2 回 3 回とそれぞれの方法で繰り返し行うことができなかった。しかし、2 つ目の方法でのカバーにはたくさんの改善の余地があると感じた。今回筋電義手に装着したものは後者の方法で作成したカバーであるが、シリコンに偏りが出来てしまい厚さを均等にする作業が不完全に終わってしまったことが原因の一つとなり、カバーを筋電義手に装着した状態で動かすことが出来なかった。

第 3 章 課題解決のプロセス

3.1 各人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ

各人の課題の概要とプロジェクト内の位置づけを紹介する. 我々のグループの作業は大きく分けると, 筋電義手製作, カバー作製の 2 つである.

(*文責: 松井遼太)

3.2 小掠悠太の担当課題

- 4 月 3D データを用いて義手の構造を学習
- 5 月 3D プリンタでパーツを出力
- 6 月 引き続きパーツを出力し, 出力したパーツを整形
- 7 月 発表原稿とスライドの作成
- 9 月 使用する部品の発注
- 10 月 義手のカバーの作成
- 11 月 新たに材料の発注
- 12 月 新たな方法で作成

(*文責: 松井遼太)

3.3 多田健人の担当課題

- 4 月 3D プリンタの使用法を学習
- 5 月 使用するモーターと素材の調査
- 6 月 引き続きパーツを出力し, 出力したパーツを整形
- 7 月 発表原稿の作成と添削
- 8 月 カバー作製方法, 素材などの調査
- 9 月 後期の予定を決定
- 10 月 調べた素材を発注
- 11 月 カバー作製
- 12 月 発表資料の作成

3.4 松井遼太の担当課題

- 4月 3D データを用いて義手の構造を学習
- 5月 3D プリンタでパーツを出力
- 6月 パーツの出力と人間の手の構造と動物との違いについての学習
- 7月 発表原稿とスライドの作成, 義手制作班のポスターの作成
- 8月 カバー作製方法, 素材などの調査
- 9月 カバーの着色, 加工について学習
- 10月 シリコーンの加工方法について学習
- 11月 カバーを作製
- 12月 発表ポスターの作成

(*文責: 松井遼太)

3.5 中村大喜の担当課題

- 4月 義手の 3D データのモデリングと出力
- 5月 3D データでパーツを出力
- 6月 引き続きパーツを出力し, 出力したパーツを整形
- 7月 発表原稿の作成と添削
- 8月 CAD についての学習
- 9月 カバーの装着を妨げない義手のモデルの再設計
- 10月 再設計した義手の 3D データでパーツを出力
外転・内転運動を可能にする回転軸を加えた親指の設計
- 11月 回転軸を加えた親指の 3D データでパーツを出力
- 12月 発表原稿の作成と添削

(*文責: 松井遼太)

3.6 藤原岳史の担当課題

- 4 月 3D プリンタの使用法を学習
- 5 月 使用するモーターと素材の調査
- 6 月 出力したパーツを整形
- 7 月 スライドの作成と添削
- 8 月 カバー作製に関しての学習
- 9 月 素材についての学習, 発注
- 10 月 カバー作製, 取り外し機能についての学習
- 11 月 取り外し機能の作成
- 12 月 発表原稿, スライドの作成と添削, 発表ポスターの添削

(*文責: 松井遼太)

第 4 章 グループ内のインターワーキング

4.1 知識の習得

4.1.1 義手の構造の学習

筋電義手の構造についての知識を会得するために 3D データを用いて義手の基本的な構造を学んだ。具体的には Inmoov サイトから配布されている義手のモデルをダウンロードし、そのデータを CAD に移行して学習した。また 3D プリンタで義手のパーツを出力する際には 3D プリンタについての基礎的な知識を会得することが必要である。従って 3D プリンタの基本的な使い方、起こりうるトラブルとその対処法についてを学び、義手制作班の各人がパーツを出力できるよう知識を深めた。

(*文責: 松井遼太)

4.1.2 使用するモーターと素材についての学習

筋電義手を動作させるためには適切なトルクとスピードを兼ね備えたモーターが必要であり、なおかつ義手内部に配置する以上可能な限り小型のものが望ましい。従って我々は予算を加味した結果、トルク $28.5\text{kg} \cdot \text{cm}$ 、スピード $0.14\text{s}/60^\circ$ の双葉社製サーボモーターが最も適当であると考え、使用した。骨格部分については ABS 樹脂を使用することにした。これは表面の加工や処理が容易で衝撃や水に強く、金属の素材を使用するよりも軽量である。

(*文責: 松井遼太)

4.1.3 作成するカバーについての学習

人間の皮膚の機能としては内部を保護しつつ外観を保ち、指先の指紋が滑り止めの役割を果たすことを学習した。したがって義手にカバーを取り付けることで義手全体を保護し、カバーに着色と加工を施すことで人間の皮膚の外観に近づけることを目的とした。義手に取り付けるカバーの素材としては伸縮性に富み柔らかい素材が最適であると考えシリコンゴムを使用した。シリコンを素材に使用するに当たってシリコンの扱い方を学んだ。

(*文責: 松井遼太)

4.1.4 カバーの作成法についての学習

シリコンゴムを用いてカバーを作成するために、シリコンを用いた造型の方法を web を用いて学習した。また、完成した義手のカバーを人間の手の外観に近づけるように加工するために、映画やドラマなどで用いられる特殊メイクの技法を本や雑誌、動画で学んだ。その結果、まずシリコンを用いた造型の方法に関しては、手の型を専用の素材で取りその型に石膏を流し込み外側の型をはずす。そうすると石膏の型が出てくるのでその型にシリコンの離型剤を塗り、シリコンに凝固剤を混ぜたものを上から塗っていく。その後シリコンが完全に乾くまで 1 日ほど置き、シリコンが完全に乾いたらとり外して完成となる。また、シリコンは凝固剤を混ぜなければ固まらず、室温によっても硬化するスピードや硬化の仕方が変わってくることが判明した。特殊メイクに関しては、色を塗る際に 1 色だけを用いるのではなく、全体に薄めの色を塗った後、側面や影が出来る部分に、表面に塗った色よりもくらい色を塗ることで陰影を強調するという手法があること、また色を塗った際に水を含んだティッシュペーパーでこすり、上からたたくことで色をぼかしてよりリアルにする手法を学んだ。

(*文責: 松井遼太)

4.1.5 着脱機能についての学習

製作したカバーへ取り付けるための着脱機能をインターネットなどを用いて学習した。使用したシリコンゴムの特性やその加工方法から、着脱機能にはジップロック、マジックテープ、ファスナーの 3 種類を 2 種類の接合方法でサンプルを製作するのが良いと考えた。

(*文責: 藤原岳史)

4.1.6 CAD についての学習

カバーを装着するための新しい骨格と回転軸を追加した親指を設計するに当たって CAD における設計について学習した。実際に義手を稼働させるために正確に数値を測ってモデリングする必要があったため、SketchUp を使用した。SketchUp は建築用の CAD であり正確に数値を測ってモデルを書くことが出来る。そのため筋電義手の設計において最も適当であると考え使用した。またプラグインを使用することでカバーを装着する際に障害になるパーツの角を簡単に丸めることができ、3D プリンターで使用する拡張子に変換できることも利点である。

(*文責: 中村大喜)

4.2 制作物

4.2.1 パーツの出力

3D プリンタで出力したパーツは 100 %の精度で出力できるわけではなく、多少のズレや凹凸が生ずるため組み立てる前に整形する必要がある。従って我々はヤスリを用いてパーツの表面を整形することで連結する際に問題となりうるズレや表面の凹凸をなめらかにした。

(*文責: 松井遼太)

4.2.2 再設計した義手

製作したカバーを装着するに当たって Inmoov サイトで配布されている 3D モデルで作られた義手を使った場合、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上の問題があった。そのため義手の 3D モデルを新たに設計し直し、新しい骨格の義手を作成した。指の太さを全て均等に細くしたが、特に間接部分はネジを通すための穴があるため強度に問題が生じた。また関節にはネジを止めるためにベアリングを埋め込んだが、指を細くしたことでベアリングを埋め込むスペースがなくカバーと干渉してしまい動作を妨げてしまうことが分かった。これらの問題点が残されていたため、実際にカバーを装着し義手を稼働させるには至らなかった。またカバーを装着することを想定すると小指と薬指の可動域を狭める必要があったため、結果として義手の動きを妨げることになった。

(*文責: 中村大喜)

4.2.3 義手に取り付けるカバーの作成

最初に施行した方法は手の型を専用の素材で取り、その型に石膏を流し込み外側の型をはずすと石膏の型が出てくる。そして、その型にシリコーンの離型剤を塗り、シリコーンに凝固剤を混ぜたものを上から塗っていくという方法であった。しかしこの方法ではカバーを作成することは出来たものの外観に凹凸が生じ、とても人間の手の外観とはかけ離れたものになってしまった。次に施行した方法は、初めに最初の方法と同じく専用の素材で手の型を取り、石膏を流し込む。その後取り出した石膏の型を容器に入れ、その周りを造型用の粘土で生めた。埋まっている石膏の片側に離型剤を塗り、容器にシリコーンを流し込んだ。シリコーンが完全に乾いたら反対側の型にもシリコーンを流し込み、反対側の型も取った。両側の型が完成したら二つの型を合わせ、空洞上の手の型の中にシリコーンを流し込み、シリコーンが一箇所にとどまらないように回させた。これによって完成したシリコーン素材のカバーの表面を加工し、コンシーラーを用いて着色した。このカバーを成果物として使用した。

(*文責: 松井遼太)

4.2.4 着脱機能のサンプルの作成

義手に取り付けるためのカバー作成には手間がかかるため着脱機能はサンプルを作成することとした。サンプルとしてはジップロック、マジックテープ、ファスナー、の3種類を用意し、シリコーンゴム専用接着剤、糸での縫いつけの2種類の接合方法を使用した。まずジップロックのサンプルを製作した。ジップロックの接合にはは接着剤を使用した。これはプラスチック製品であるため糸による縫いつけが難しいと判断したからである。ジップロックは加工がしやすいというメリットがあるが、接合部の強度として横への衝撃には強いが縦への衝撃に弱いことが分かった。また、装着者は片手しか使えない可能性が高いためジップロックは片手で着脱することが困難であることも分かった。マジックテープは片手での着脱も楽に行うことができるが、どうしても接合部分が厚くなってしまいカバーに取り付けたとき動作の邪魔になってしまう可能性が考えられた。マジックテープを接合する際にも接着剤を使用した。これは使用したマジックテープに元から接着テープが取り付けられていたため接着剤を使用した。ファスナーは片手での着脱が少し難しいが、ジップロックよりも簡単であることが分かった。ファスナーは布の部分を接合するため接着剤ではうまく接合できない。よってファスナーは糸を使って接合した。シリコーンゴムとファスナーの間に布をかませることでファスナーとシリコーンゴムを繋いでいる糸のかかる負荷を小さくした。これにより糸がシリコーンゴムを傷つける可能性を減らすことができた。デメリットとしては片手で扱う事が少し難しいこと、加工に時間がかかってしまうことなどが考えられる。しかし、今回製作した3種類のサンプルではファスナーがカバーに取り付ける機能としては最適であることが分かった。

(*文責: 藤原岳史)

4.2.5 回転軸を追加した親指

中間報告までに作成した筋電義手は屈曲運動の動作しか出来ず、物体を把持しようとした場合「握る」という動作になってしまう。人間らしい「掴む」という動作を可能にするために、拇指対立運動という物体に合わせて親指とその他の指が向き合うように把持する動きを実現する必要があった。そのため Inmoov サイトで配布されている義手の3Dモデルの内、親指のモデルに外転・内転運動を可能にする動作軸を加えた。そして屈曲運動と外転・内転運動にそれぞれ一つのモーターを使い可動させることで、人間らしい「掴む」という動作を実装できると考えた。パーツの構造が複雑であったため、3Dプリンターで作成した場合、一部が本体の造形を手助けするサポートと呼ばれるフィラメントと一体化してしまい、設計と比べて歪な形となった。これはパーツを2つに分けて出力し、ABS用接着剤を使い2つを接着することで解決できると考えた。また、時間の都合上1度しか製作できなかったため、適切な把持のために必要な可動域に達していなかった。今後の課題として、モデルを再設計する必要性が挙げられた。

(*文責: 中村大喜)

4.2.6 スライド

義手製作班では義手に取り外すことが可能なカバーを作成するに当たった経緯を説明した。人間の手が傷ついたりした場合には病院などで治療が可能であるが、義手の場合はそれが不可能である。義手を個人でメンテナンスするには技術とお金が必要になり、時間もかかってしまう。したがって、我々は個人でも簡単にメンテナンスできるよう義手に取り外し可能なカバーを取り付けることに至った経緯を説明した。また、義手にカバーを取り付けるにあたって、前期までの成果物の義手では骨格が取り付けの障害となることを画像を用いて説明し、実際に新しく出力した骨格の義手を画像で説明した。掴む動作に関しては人間らしい掴む動作と人間以外の動物の掴む動作の違いを説明するために、人間が物を掴んでいる動作と動物が物を掴んでいる動作の違いを画像で説明した。具体的にはチンパンジーがバナナを持つときに親指を使わずに掴んでいる旨を説明し、次に人間がペットボトルを掴んでいる時の例を用いて説明した。また人間がなぜ親指を器用に動かし物を掴むことができるのかを動物と比較して説明した。またカバーのとり外し機能については、数ある接着用の素材から、金額面や加工のしやすさ等から、ファスナー、ジップロック、マジックテープの3つを使用したことを説明した。マジックテープについては接着力が少し弱く、接着面のシリコン部がどうしても重なってしまったため見た目が悪くなり、またジップロックは外観の問題は改善できるが接着面が非常に弱くなってしまいうという問題点についても説明した。ファスナーについては外観もよく、また接着力も十分な強度が保てるため、我々が試行した3つの素材の中では最適な素材であると考えたことも説明した。

(*文責: 松井遼太)

4.2.7 ポスター

人間以外の動物が物体を把持する場合、親指以外の4本の指を使用しているが、我々人間が物体を把持するときには親指も使われている。つまり人間は拇指対立筋（親指の付け根の筋肉）が発達しているためこのような動作が可能であり、私たちはこの拇指対立筋の動きを義手に実装したことを説明した。また、写真を用いて握る動作と掴む動作の違いを説明し、拇指対立運動の詳しい説明を行った。カバーの取り外し機能については取り外し機能の実装方法と試行した3つの素材についての説明、またカバーを取り付けるために出力した新しい骨格の義手の説明を画像を用いて説明した。

(*文責: 松井遼太)

第 5 章 結果

5.1 中間の成果

義手の 3D モデルを用いて義手の構造について理解を深め、動作する仕組みを学習した。3D プリントを使用して義手のすべてのパーツを出力し、出力したパーツを整形することで自然な動作が可能となった。またすべてのパーツを組み立てることで骨格部分を作製し、その結果人間らしい掴む動作が可能な筋電義手を作製することに成功した。

(*文責: 松井遼太)

5.2 中間までの活動で浮上した問題点

人間らしい掴む動作が可能な筋電義手を作製したが、現在は人間らしい掴む動作に最低限必要な親指、人差し指、中指の 3 本の指しか動作せず、残りの 2 本の指は動作しない。薬指と小指は物を掴む際に、掴んだものを支える役割を果たしており、物を掴む動作の安定化を図るためにはこの 2 本の指が動作することは必要不可欠である。また筋電義手が普及しない要因の一つとして挙げられる外観の問題に関しては中間までの活動においてはまだ触れられていない。作製した筋電義手は現在骨格がむき出しの状態であり、とても人の肌の外観とは似つかわしくない状態であるのでこの点も最終発表までに改善すべき課題であった。

(*文責: 松井遼太)

5.3 中間の活動をうけての当初の後期活動予定

今回浮上した課題を解決するために、まずは 5 本の指が動作する筋電義手を作製する。これは薬指と小指にもワイヤーを結びつけてモーターの動作と連動させることで解決していく。また筋電義手の外観の問題についても今後の活動で触れていく。具体的には、現在の骨格の義手に擬似皮膚をそのまま装着しても義手の可動域による負荷によって擬似皮膚が裂けたり伸びたりすることが考えられるので、骨格から修正する必要がある。具体的には 3D データのモデリングの時点で可能な限り可動域が擬似皮膚に負荷を与えないような構造にした上で、擬似皮膚を装着して全体のサイズが大きくなる分、骨格全体のサイズを一回り小さくモデリングし、整形する必要がある。また擬似皮膚の素材については現在模索中であるがゴムではなくシリコンを使用する予定である。完成した新たな骨格の義手の型を取り、その型に合わせてシリコンを流し込み擬似皮膚の型を取っていく。最終的には完成した擬似皮膚にきわめて人間の皮膚に近い着色や加工を施し、本物の人間の皮膚の外観と質感を再現した擬似皮膚を作製し、義手に装着する予定である。

(*文責: 松井遼太)

5.4 後期の成果

まず初めにその他の活動の基盤となる 5 本の指が動作する筋電義手は, 中間発表で動作させていた親指, 人差し指, 中指と同様に, 薬指, 小指にもワイヤーを結びつけモーターの動作と連動させることで簡単に解決できた. 最終発表に向けて義手製作班の立てた最終的な目的についての成果は個別に詳細をまとめて記載する.

5.4.1 カバーについて

義手に取り付けるカバーに関しては, 外観の改善と義手の保護を目的とした. さらにカバーを取り外し可能にすることで個人でも簡単にメンテナンスが可能となるよう, カバーの取り外し部も個別に作成した. カバーの作成は当初シリコンを用いて 5 本の指と手の掌の部分を別々に作成したものを縫い合わせて作成する予定であった. しかしこの方法では手の型を石膏で取るときにそれぞれの指の型を個別に取る必要があり, 型を取るときに細かい部分が削れてしまい, 綺麗な型が取れないため, 失敗に終わった. またシリコンは硬化剤を入れなければ硬化しないのだが硬化剤の量の選定が非常に難しく, 多すぎた場合は全体にいきわたる前に硬化してしまい, 少なければ表面しか硬化せずどろどろになってしまう場合があった. 次に行った方法は手の型を取り, 石膏を流し込む部分までは最初の方法と同様であるが, その後取り出した石膏の型を容器に入れ, その周りをシリコンを流し込んだときにシリコンが漏れるのを防ぐため, 造型用の粘土で周りを覆った. 埋まっている石膏の片側に離型剤を塗り, 容器にシリコンを流し込んだ. シリコンが完全に乾いたら反対側の型にもシリコンを流し込み, 反対側の型も取った. 両側にシリコンを流し, 硬化した型が完成したら二つの型を取り出して正しく上下を合わせて隙間を埋め込んで, 接着した. この方法は中が空洞になっており, 空洞上の手の型の中にシリコンを流し込んで硬化させた. このときシリコンが一箇所にとどまらないように, シリコンが硬化するまで常に型を回転させた. この方法で作成したカバーは非常に精巧に仕上がっており, 手の皺や指紋, 血管のあとまで再現できしており, 人間の手の外観に近いものが仕上がった. このカバーの表面にコンシーラーを用いて着色し, 本物の人間の手の外観により近いカバーを作成した.

(*文責: 松井遼太)

5.4.2 再設計した義手

製作したカバーを装着するに当たって Inmoov サイトで配布されている 3D モデルで作られた義手を使った場合、指の間が広すぎてしまったり関節が角ばっているためカバーが破けてしまうなどの骨格の構造上の問題があった。そのためカバーを装着した場合に動きを妨げない義手の設計を行った。カバーは人の手から型を取ったため、CAD ソフトウェアを用いて出来るだけ人の手の形に近いモデルを作成した。中間発表までの義手に比べて指の太さを全て均等に細くしたが、特に間接部分はネジを通すための穴があるため強度に問題が生じた。また間接にはネジを止めるためにベ어링を埋め込んだが、指を細くしたことでベ어링を埋め込むスペースがなくカバーと干渉してしまい動作を妨げてしまうことが分かった。これらの問題点が残されていたため、実際にカバーを装着し義手を稼働させるには至らなかった。またカバーを装着することを想定すると小指と薬指の可動域を狭める必要があったため、結果として義手の動きを妨げることになった。

(*文責: 中村大喜)

5.4.3 カバーの取り付けについて

カバーを義手に取りつける際には手の構造上、カバーの側面に切り込みを入れなければならなかった。したがって我々はカバーの親指側の側面に切り込みを入れ、義手に装着を試みた。その結果、義手の骨格を新しく設計していることもあるが簡単に装着でき、着脱も簡単であった。親指の側面に入れた切れ込みの部分にファスナーを取り付けてより簡単に着脱できるように考えたが、実際のカバーがひとつしかなく、他の方法も試行するために実際には作成したカバーにファスナーを取り付けることはしなかった。しかし取り外し部をファスナー、ジップロック、マジックテープの 3 つの素材を用いてプロトタイプを作成したため、この 3 つの素材ならばいつでも取り外し機能を盛り込むことが可能である。

(*文責: 松井遼太)

5.4.4 回転軸を追加した親指

中間報告までに作成した筋電義手は屈曲運動の動作しか出来ず、物体を把持しようとした場合「握る」という動作になってしまう。人間らしい「掴む」という動作を可能にするために、拇指対立運動という物体に合わせて親指とその他の指が向き合うように把持する動きを実現する必要があった。そのため Inmoov サイトで配布されている義手の 3D モデルの内、親指のモデルに外転・内転運動を可能にする動作軸を加えた。そして屈曲運動と外転・内転運動にそれぞれ一つのモーターを使い可動させることで、人間らしい「掴む」という動作を実装できると考えた。まず義手製作班では計測班と協同して紙粘土を用い試作品の製作を行った。回転軸を追加した親指の可動について、複数の案が出ていたためまず紙粘土で試作しどの案が問題解決に適しているか判断するために行った。またカバーの製作と平行して行っていたため、義手製作班の全員が回転軸を追加した親指について携っていなかった。そのため設計する前に具体的な構造を班員と共有することも目的の一つである。試作品を製作し義手製作班で議論した結果決まった案を、CAD ソフトウェアを用い設計を行い 3D プリンターで出力を行った。しかしパーツの構造が複雑であったため、3D プリンターで作成した場合、パーツの一部が本体の造形を手助けするサポートと呼ばれるフィラメントと一体化してしまい、設計と比べて歪な形となった。特にワイヤーを通すための空洞にフィラメントが固まってしまい、それらを取り除く際にパーツの一部が破損してしまった。これらの改善案を考え再設計を行う必要があったが時間の都合上完成に至らなかった。

(*文責: 中村大喜)

5.5 後期までの活動で浮上した問題点

後期では義手本体を保護するためのカバーを作製した。人の手の型を元に再現したのでしわや爪、血管にいたる細部まで表現できている。しかし、カバーの厚さにはばらつきがあり、強度にも問題があった。作製方法の見直し、シリコー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。また、カバーを装着するために作製した新しい骨格の筋電義手は改良前の筋電義手とサイズが異なる。そのため、前期までに使用していたモータでは駆動域が足りず、指を完全に曲げることができなかった。

(*文責: 多田健人)

第 6 章 まとめ

6.1 プロジェクトの成果

義手作成班は前期の活動としては義手の 3D モデルを用いて筋電義手の構造について理解を深め、動作する仕組みを学習した。3D プリンタを使用して義手のすべてのパーツを出力し、出力したパーツを整形することで自然な動作が可能となった。またすべてのパーツを組み立てることで骨格部分を作製し、その結果人間らしい握む動作が可能な筋電義手を作製することに成功した。後期の活動としては着脱可能なカバーの作製に取り組んだ。成果物としてシリコンを素材とした人の手の形をしたカバーの作製に成功した。カバーを作製する際、実際に人の手の型を取り、その型を元に形成したため爪やしわ、血管にいたる細部まで人の手の特徴が再現されていた。しかし、その薄さには箇所によってばらつきがあり、十分な強度とは言えなかった。また、今回作製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。これは作製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、筋電義手の 3D モデルを新たに設計しなおし、新しい骨格の義手を作製した。この新しく作成した筋電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。マジックテープ、ジップロックは接着する力が弱く、義手がものを把持したときの負荷に耐えられないといった問題があり、またマジックテープは一番簡単に取り外しが可能だが、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うという外観上の問題がある。ファスナーの場合、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ため結果として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。

(*文責: 多田健人)

6.2 成果の評価

結果として義手作成班の目標を満たすことができなかった。カバーを作製し、着脱機能を実装することが目標だったが、カバーに着脱機能を実装することができなかった。カバーは義手本体を保護するという点でも着脱機能を実装するという点でも強度が足りない。着脱機能を実装するだけでなくカバーの強度を上げるという課題にも挑戦していく必要がある。

(*文責: 多田健人)

6.3 プロジェクトにおける各人の役割

6.3.1 小掠悠太

中間報告までの作業では,3D データを用いて義手の構造を学習し,3D プリンターでパーツを出力, 整形した. また, 発表原稿とスライドの作成した. 最終報告までの作業では, 内点・外転運動を可能にする動作軸を加えたモデルの設計や, 紙粘土でのプロトタイプの作成をした. 部品や材料の発注をした.2つのカバーの作成方法を試行した. スライドの作成を行った.

(*文責: 多田健人)

6.3.2 多田健人

プロジェクトリーダーとして活動を行った. 中間報告までの作業では,3D プリンタの使用法を学習し, 使用するモーターと素材の調査した.3D プリンタでパーツを出力し, 出力したパーツを整形した. 発表原稿の作成と添削した. 最終報告までの作業では, プロジェクト全体の方針の見直しを他のグループと再設定しなおした. 円滑に作業を進めるために情報共有のため他のグループの作業報告をまとめた.2つのカバーの作成方法を試行した.3D プリンターを用いて出力したパーツの整形を行った. また, 発表原稿とスライドの作成した.

(*文責: 多田健人)

6.3.3 松井遼太

3D データを用いて義手の構造を学習し,3D プリンタでパーツを出力した. パーツの出力と人間の手の構造と動物との違いについての学習し, 発表原稿とスライドの作成, 義手制作班のポスターの作成をした. 最終報告までの作業では, 内点・外転運動を可能にする動作軸を加えたモデルの設計や, 紙粘土でのプロトタイプの作成をした.2つのカバーの作成方法を試行した. また, 発表原稿とスライドの作成した.

(*文責: 多田健人)

6.3.4 中村大喜

中間報告までの作業では, 義手の 3D データのモデリングと出力,3D データでパーツを出力した. 出力したパーツを整形した. 発表原稿の作成と添削をした. 最終報告までの作業では, カバーを装着させるために義手の 3D モデルを再設計した. 人間らしい動作を可能にするため親指に回転軸を追加した義手を設計した.

(*文責: 多田健人)

6.3.5 藤原岳史

中間報告までの作業では、3D プリンタの使用法を学習した。使用するモーターと素材の調査し、出力したパーツを整形した。スライドの作成と添削をした。最終報告までの作業では、カバーを装着させるために義手の 3D モデルを再設計した。人間らしい動作を可能にするため親指に回転軸を追加した義手を設計した。2 つのカバーの作成方法を試行した。カバーの着脱方法について検討した。また、発表原稿とスライドの作成した。

(*文責: 多田健人)

6.4 今後の課題

今後は最適な素材を使用し、十分な強度を持ったカバーの作製が課題となる。十分な強度を持たせるためには作製方法を見直し、より適した方法で作らなければならない。また、カバーに使うシリコーンの量に対する硬化剤の量を調整する必要がある。これは正規に決められている配分だと固まる速度が遅すぎるため試していたカバーの作製方法ではうまくいかなかったからである。適切な作製方法に見合った硬化剤の配分の調整が必要になってくる。また、今回使用したシリコーン以外の素材も試してより最適な素材があった場合、違う素材でのカバー作りにも取り組む。後期ではシリコーン製のカバーは作ることに成功したが、目標であるカバーに着脱機能を実装することはできなかった。カバーは義手本体を保護するという点でも着脱機能を実装するという点でも強度が足りないため、着脱機能を実装するだけでなくカバーの強度を上げるという課題にも挑戦していく必要がある。

(*文責: 多田健人)