

公立はこだて未来大学 2019 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University-Hakodate 2019 System Information Science Practice
Group Report

プロジェクト名

生体信号による身体拡張インタフェース～ASHURA～

Project Name

Interface using biosignal to augment body～ASHURA～

グループ名

グループ A

Group Name

Group A

プロジェクト番号/Project No.

24-A

プロジェクトリーダー/Project Leader

岩瀬豪 Go Iwase

グループリーダ/Group Leader

佐藤弘大 Kodai Sato

グループメンバ/Group Member

光森達希 Tatsuki Mitsumori

都城宏治 Koji Miyashiro

内海裕太郎 Yutaro Utsumi

指導教員

櫻沢繁 安井重哉 高木清二 辻義人

Advisor

Shigeru Sakurazawa Shigeya Yasui Seiji Takagi Yoshihito Tsuji

提出日

2020 年 1 月 22 日

Date of Submission

January22, 2020

概要

筋電義手とは筋肉の収縮時に計測される筋電位という生体信号を電極で採取し、動作制御に利用する義手である。一般的な能動義手と比べて、筋電位を用いることで、直感的に動かすことが出来るという利点がある。だが、国内における普及率は高くない。理由としては、筋電義手は高価であり、国からの補助支援を受けるためには多くの条件を満たしていなければならないという点などが挙げられる。

これらの理由により、前腕欠損者は筋電義手に興味があっても購入に際してリスクを感じ、導入に踏み込めないという問題がある。

そこで、前年度のプロジェクでは試装着用の筋電義手を製作することで、筋電義手をより多くの人に使ってもらい、前腕欠損者の動作の幅を広げたいと考えた。また、製作の際に 2017 年度の筋電義手の問題点を踏まえ、把持力の強い筋電義手を製作した。指紋を模することを意図したスポンジ素材、ステッピングモータを動力として用いることで、把持力の向上を実現した。結果、把持力は向上したが、不十分だった。

本グループは、今年度の 6 月上旬に被験者の方と対談し、問題点やアドバイスをいただいた。これらを踏まえ、前期では筋電義手として重要な把持力の向上と、装着者の負担軽減を目標として定めた。我々は能動義手からヒントを得て、ゴムの弾性力を握力として使用し、指を伸ばす力としてモータを用いる筋電義手の製作を試みた。我々の提案した義手はゴムの弾性力により常に握った状態であり、筋電位を測定すると、指が開く機構である。手のモデルには InMoov のオープンソースモデルを用いた。しかし、使用したゴムとモータでは物を把持するには至らなかった。

後期では前期とは方針を変え、手の構造に着目した。オープンソースモデルを使用するのではなく、一から作り直すことで親指の可動域や角度を変更し、物を持ちやすくするというを方針とした。その際に、手の構造を人体の骨格を模した部分とそれに装着するカバーに分けることで調整が容易になるという試みを行った。これらの改善を評価するために前腕欠損者の方に協力していただき、我々が製作した筋電義手を使用していただいた。その結果、ペットボトルを持ち上げることは出来たが放すことが出来なかった。原因としてモータの制御がしっかりと出来ていなかったこと、指を開くためのガット同士が干渉してしまうため配置が良くなかったことが挙げられる。しかし、使用していただいた感想として、前年度の筋電義手と比較して物を持ちやすく軽いという意見をいただいた。この結果を踏まえて改良を行い、物を持ち上げた後放すことが出来た。また、ペットボトルだけではなく積み木やテニスボールなど様々な形の物を持つことが可能となった。

キーワード 筋電位, 生体信号, 筋電義手

(※文責: 光森達希)

Abstract

With a myoelectric upper limb prosthesis, a biological signal called myoelectric potential measured at the time of contraction of a muscle is collected by an electrode and used for motion control. Compared with a common body-powered upper limb prosthesis hand, using myoelectric potential has the advantage that it can be moved intuitively.

However, the penetration rate in Japan is not very high. The reason is that the myoelectric upper limb prosthesis is expensive, and there is a barrier to support from the country. For these reasons, there is a problem that a forearm defected person feels risk in purchasing even if he is interested in a myoelectric upper limb prosthesis, and can not go into introduction. Therefore, in the last year's project, the goal was to create a myoelectric upper limb prosthesis focusing on the strength of gripping power and the fact that the wearer does not feel the burden on the arm.

By using a sponge material intended to imitate a fingerprint and a stepping motor as the motive power, an improvement in gripping force was realized. As a result, the gripping force is improved, but not enough.

The group talked with the subjects in early June this year, and they received problems and advice. Based on these, we set the goal to improve the grasping power that is important as a myoelectric upper limb prosthesis and reduce the burden on the wearer. In the previous period, I tried to make a myoelectric upper limb prosthesis using a rubber as a grip force and a motor as a force to stretch fingers with the help of a body-powered upper limb prosthesis hand. Our proposed artificial hand is always in a gripped state due to the elasticity of the rubber, and it is a mechanism that opens the palm when measuring the myoelectric potential. The hand model used InMoov's open source model. However, current rubber and motors have not been able to hold things. In the second half, the policy was changed from the first half, focusing on the hand structure. Instead of using an open source model, the policy was to make it easier to hold things by changing the range and angle of thumb by recreating from scratch. At that time, an attempt was made to make adjustment easier by dividing the structure of the hand into a part imitating the human skeleton and a cover attached to it. In order to evaluate these improvements, the forearm deficient cooperated and used the myoelectric prosthesis that we made. As a result, the PET bottle could be lifted but not released. The reason for this is that the motor was not well controlled and the arrangement of the threads for opening the fingers was not good. However, as an impression of using it, we received the opinion that it was easier to hold things and lighter than the myoelectric prosthesis of the previous year. Based on this result, improvements were made and the object could be released after being lifted. In addition to PET bottles, I could have various shapes such as building blocks and tennis balls.

Keyword myoelectric upper limb prosthesis, body-powered upper limb prosthesis hand

(※文責: 内海裕太郎)

目次

第 1 章	背景	1
1.1	目的	1
1.2	従来型の筋電義手	1
第 2 章	課題解決のプロセス	3
2.1	前期課題設定	3
2.2	前期課題解決の具体案	3
2.3	前期課題の割り当て	4
2.4	前期製作過程の詳細	4
2.5	前期プロトタイプの構造	4
2.6	後期課題設定	5
2.7	後期課題解決の具体案	5
2.8	後期課題の割り当て	6
2.9	後期製作過程の詳細	6
2.10	後期プロトタイプの構造	7
第 3 章	計測・制御回路	9
3.1	筋電位計測回路	9
3.1.1	アクティブ電極	9
3.1.2	反転増幅回路	9
3.1.3	非反転増幅回路	10
3.1.4	差動増幅回路	10
3.1.5	ハイパスフィルタ	10
3.1.6	半波整流回路	11
3.1.7	積分回路	11
3.2	制御回路	11
3.2.1	マイコンボード	11
3.2.2	制御プログラム	12
3.3	前腕筋電位からの手指動作識別方法	12
3.3.1	計測装置	12
3.3.2	データ分類方法	12
3.3.3	筋電の特徴量に基づく識別データ生成	13
3.4	外装部品	13
3.4.1	サーボモータ	13
3.4.2	3D プリンタ	13
第 4 章	結果	14
4.1	中間報告時の製作物	14

4.2	前期終了時の考察	14
4.3	最終成果物の仕様	15
4.4	評価実験	15
4.4.1	評価実験の概要と成果	15
4.4.2	評価実験後の改良	16
4.4.3	問題点	16
第 5 章	各人の担当課題及び解決過程	18
5.1	個人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ	18
5.1.1	佐藤 弘大	18
5.1.2	都城 宏治	18
5.1.3	光森達希	19
5.1.4	内海裕太郎	19
5.2	担当課題と連携内容	20
5.2.1	佐藤 弘大	20
5.2.2	都城 宏治	20
5.2.3	光森 達希	20
5.2.4	内海裕太郎	20
第 6 章	まとめ	22
6.1	前期終了時の結果	22
6.2	前期終了時の課題	22
6.3	後期終了時の結果	23
6.4	今後の展望	23
第 7 章	評価フィードバック	24
7.1	成果発表会	24
7.2	良かった点	24
7.3	悪かった点	24
7.4	まとめ	25
第 8 章	相互評価	26
8.1	佐藤弘大からの評価	26
8.2	都城宏治からの評価	26
8.3	内海裕太郎からの評価	27
8.4	光森達希からの評価	27
第 9 章	新規習得技術	28
第 10 章	活用した講義	29
	参考文献	30

第 1 章 背景

義手とは、事故や病気などが原因で欠損した手の代わりとして、人工的に作られた手のことを指す。義手の種類として、見た目を本物に近づける装飾義手、ハーネスをけん引することで開閉する能動義手等がある。また、筋電義手とは筋肉の収縮時に発生する非常に弱い電位を皮膚から検出し、この電位を増幅して電子制御 ハンドを動作させる義手のことである。[1]

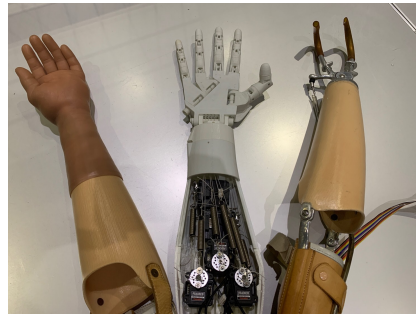


図 1.1 左から装飾義手, 筋電義手, 能動義手

(※文責: 内海裕太郎)

1.1 目的

筋電義手の使用には、高価かつ補助金の支給に制限が存在しているという問題がある。能動義手はスタンダードな塩化ビニル製の場合、10～15 万円程度である。一方、筋電義手は製作の前に筋電義手に対応可能かどうか、すなわち筋電位を用いて制御できるか検査する必要がある。この検査も含めた総額は 120 万円程度となる。また、補助金に関しては片腕欠損の場合、筋電義手の装着訓練、試用装着期間における指導等、適合判定を実施する医療機関で筋電電動義手の装着訓練を修了し、試用装着期間を経過している必要がある。そこで、試装着用の筋電義手を製作することで、筋電義手に興味を持つ方々が筋電義手に触れる機会を増やしたいと考えた。また、筋電義手を試装着する際に 500g のペットボトルのようにある程度の重量の物を把持することが出来る必要があると考えた。このことから、前年度までに本プロジェクトで製作した筋電義手と比較して性能向上が必要であると考えた。そのため、我々は試装着用の筋電義手の性能向上を目的とした。

(※文責: 内海裕太郎)

1.2 従来型の筋電義手

2017 年度の筋電義手グループは、筋電義手本体の軽量化を目標としていた。具体的には、サーボモータをポーチに入れ腰部に固定した。また、サーボモータから指にかけてワイヤを張り、そのワイヤをサーボモータが引くことで、指を動かす仕組みを実装した。重量の原因であるモータなどを腰に移動することで、使用者の手の先端にかかる負担を軽減することを試みた。評価実験として、一

Interface using biosignal to augment body～ASHURA～

定の高さで 30 秒間維持するタスクや、ペットボトルを持ち上げるタスクを一般の前腕欠損者の方に実施した。結果として、軽量化には成功したが、手首をひねる動作について改善の必要が見られた。また、問題点として、把持力、義手本体の耐久力の不足が挙げられた。2018 年度の筋電義手グループは、把持力が強い、すなわち対象物を掴みやすい筋電義手の製作を目標とした。具体的には、トルクの強いステッピングモータを使用し、掌にゲル状の素材を使用した。そして、2018 年度と同じ被験者の方に、ペットボトルの中の液体をコップに注ぎ入れるタスクや、ロープを結ぶ等の評価実験を実施した。結果、2017 年度に比べ、モータと掌表面の素材の選定の効果により、把持力が向上したが、ペットボトルが滑り落ちてしまうことがあり十分ではなかった。さらにモータの重量が増えたことで、総重量が増加した。加えて、把持するときに、力を入れ続ける必要があり、腕にかかる負担が大きいことも問題であった。また、2017 年度、2018 年度、両年度において、親指と小指の可動域が、物を把持するには適していないという問題点が挙げられた。

(※文責: 内海裕太郎)

第 2 章 課題解決のプロセス

2.1 前期課題設定

前年度の義手では腕にかかる負担が大きいことや 500g のペットボトルが滑り落ちてしまうという問題点があった。そのため前期では解決すべき課題を二つ挙げた。

(1) 装着者が感じる負担軽減

具体的には、従来型の筋電義手で物を把持する際、腕に力を入れ続けなければならないという負担を軽減することである。

(2) 把持力を向上

従来型の筋電義手はまだ 500g のペットボトルを完全に把持することは出来ない。注水の動作のように手首を傾けるとペットボトルが滑り落ちてしまう。しかし、2018 年度のようにモータのトルクを上げることで、把持力を向上させようとする、総重量が重くなり、負担が軽減できない。そこで、モータの改善以外の解決策があるのではないかと考えた。

(3) 義手全体の総重量削減前年度はトルクの強いステッピングモータを使用していたため、総重量が増えてしまった。そのため、前年度を比較して総重量を減らす必要があると考えた。

(※文責: 佐藤弘大)

2.2 前期課題解決の具体案

使用者の負担を軽減すること、把持力を向上するために以下の具体案が提案された。

(1) 義手の内部にゴムを使用し、ゴムの弾性力を利用して物を把持する。

InMoov は内部にワイヤを通し、モータと指の先端を繋ぐことで、モータを回転させると指が開閉する仕組みになっている。弾性体の中からゴムを選んだ理由として、ワイヤとつなげやすく、義手の指の中に通しやすかったことが挙げられる。スプリングやばねの場合、指の内部に通すことが難しく、調整もしづらいため、前期はゴムを使用した。

(2) 義手の使用者の腕から表面筋電位が計測されない、すなわち脱力時、義手が握った状態を基本状態とすることにより、物を落とすリスクを減らす。

(3) 義手の軽量化のため、軽い素材を使う。

(1) を課題として設定した理由は、モータの他に別の力を利用し、握力を強くすることで把持力が向上すると考えたためである。ここで、把持力とは物を掴んで離さない力を指す。一方、握力は手が物を握る際、加える力を指す。大きな違いとして、物を掴み続けることが出来るかどうかという違いがある。我々は 500g のペットボトルを完全に把持することを目標とした。(2) を課題として設定した理由は、物を把持する際にゴムの弾性力で把持することで使用者が腕に力を入れ続けなければならないという負担を軽減出来ると考えたためである。(3) は、2018 年度にモータの性能向上に伴っ

て、総重量が増加したことを懸念したためである。前年度に比べて軽いモータを使用することで使用者にかかるモータの重量による負担を軽減出来ると考えたためである。そこで前期は、(1)(2)(3)を満たすため機構の見直しを図った。その結果、ワイヤとゴムを結びつけ、弾性力を利用する方向性となった。

(※文責: 光森達希)

2.3 前期課題の割り当て

筋電義手の製作にあたり、モデル班と回路班に分かれた。班を分けた目的として、3D プリントは時間がかかり、部品の調整等の作業時間が必要である一方、筋電計測回路の作成も時間を要するため、分業したほうが効率的である。モデル班は 3D プリンタによる義手の製作を行った。回路班は回路と基板の製作、サーボモータの制御を行った。回路班は都城、佐藤が担当し、モデル班は光森、内海が担当した。

(※文責: 佐藤弘大)

2.4 前期製作過程の詳細

本グループはまず、前年度の筋電義手の問題点や、改善策についての情報を TA の方や前年度のプロジェクト報告書、試装着者の方から得た。その後、把持力が十分ではないことを課題とした。まず、去年はモータを指 1 本に対して 1 つ繋いでいたが今年はゴムをメインとして把持力の向上、負担軽減をするため、使用するモータの数を 1 つとした。ゴムは 1 つのモータで引くことが出来る市販の輪ゴムを用いた。さらに、ワイヤに関しては、昨年伸縮性のあるナイロン製釣りガットを用いた際、一番モータとの距離が遠い中指だけが折り曲がらないことがあった。そこで、今年は伸縮性が少なく丈夫なピアノ線を用いた。また、指先のワイヤの固定には、問題が起きた側だけを結びなおせるため、釣り具のサルカンを利用した。さらに、ワイヤの固定には釣り具のガン玉を利用した。理由として、ワイヤを指に通し終えた後に、ワイヤを結んだだけでは、ほどけたり指の中に入ってしまうことが多々あった。そこで、ワイヤが中に入らないよう固定するために用いた。また、ワイヤを通し終えた後、モータと 5 本の指すべてのワイヤの距離を調整する必要があった。このとき、ワイヤとモータの固定位置が 5 つに分散すると、すべての指の伸展が出来なかった。そこで、固定位置を 3 つ絞る必要性があった。完成したプロトタイプでペットボトルの把持を試みたが、持ち上げることが出来なかった。

(※文責: 佐藤弘大)

2.5 前期プロトタイプの構造

従来型の筋電義手の問題点を踏まえ、前期では InMoov 社が公開している義手の 3D モデル [2] をもとに、工房に設置されている 3D プリンタを使用し、義手の各部品を出力した。組み立てた義手の指の人体における屈筋腱に当たる部品をゴムに、伸筋腱および伸筋にあたる部品をワイヤにし、ゴムが縮み続ける力を利用して常に義手が握っている状態を実現した。(図 2.1) ゴムおよびワイヤは義手の人体における第一関節付近に接続している。手を開く場合はワイヤを引くことにより手を

開く．

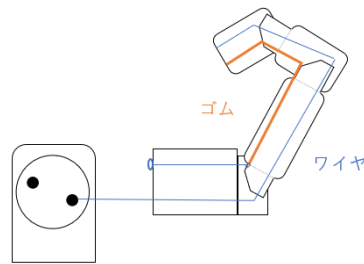


図 2.1 ゴムを使用した義手指の内部構造

(※文責: 都城宏治)

2.6 後期課題設定

後期では前期とは方針を変え, 新たに 2 つ課題を設定した.

(1) 親指の可動域を本物の手に近づける

前年度や前期に使用したモデルでは親指の可動域が物を持つことに適していない. そのため, 自分たちでモデルを設計し直すことにより物を持ちやすい義手を製作することとした.

(2) ワイヤの調整を行いやすい構造にする

前年度や前期で使用したモデルでは指を開閉させるためのワイヤが手の内部に通っている. そのため, ワイヤと手の摩擦が大きいだけでなく, 製作する際のモータの回転角との調整や, 部品が破損したときの修正の際に手間がかかってしまっていた. そこで我々はワイヤの調整を行いやすい構造にする必要があるという結論に至った.

(※文責: 佐藤弘大)

2.7 後期課題解決の具体案

2.6 で述べた課題を解決するために以下の具体案が提案された.

(1) 3DCAD ソフトを用い掌や指の構造を設計し直す.

InMoov では見た目は人体に近いが, 親指が掌側にしか曲がることができず, 物を持つ際に触れる面積が少ない. また, 握る際に加わる力の向きが他の指と異なるため, 物に力が伝わりづらい. そのため, 構造を変更し, 内転, 外転, 屈曲といった人体の動きを再現することにより物を持ちやすくした (図 2.2, 図 2.3, 図 2.4)[3].

(2) 骨格とカバーに分ける

(1) の課題解決とともに, 義手の掌を骨格とカバーに分割することとした. 骨格部分にヒートンを使用し, そこにガットを通すことで摩擦を減らすとともに, ガットの調整を行いやすくした. また, 前期に使用したワイヤでは摩耗が激しく, 耐久性に不安があったため, 後期はバドミントン用のガッ

トを使用することとした。その後、骨格の上から着脱可能なカバーを付けることでいつでもガットの調整を行える構造にした。カバーはシリコンのような柔らかい素材を用いることで物との接触面積を増やし、滑りづらくした。

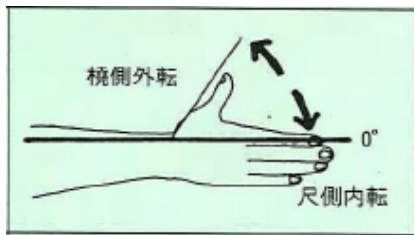


図 2.2 親指の尺側内転ととう側外転

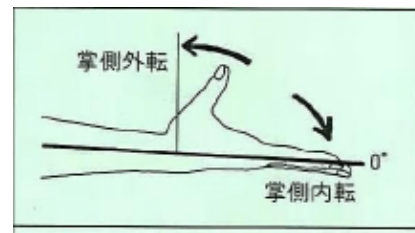


図 2.3 親指の対立後の掌側内転と掌側外転

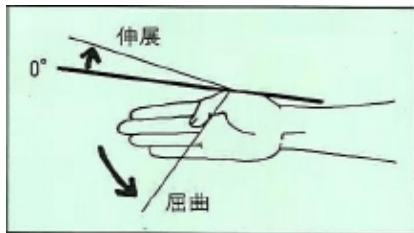


図 2.4 親指の屈曲

(※文責: 佐藤弘大)

2.8 後期課題の割り当て

後期も前期同様に分業することとした。しかし、回路班の前期に使用した回路に修正を加える作業に対して、モデル班の構造を作り変える作業が時間がかかると判断したため、班を編成し直した。その結果、回路班を都城が担当し、モデル班を佐藤、内海、光森が担当した。

(※文責: 光森達希)

2.9 後期製作過程の詳細

後期はまず、前期の振り返りを行った。前期の結果を経て方針を大きく変えることを決めた。前年度や前期で使用していた InMoov では屈曲の動きしか再現できず物を持ちづらいため構造の見直しが必要であった。物を持つ際には親指が重要であるという結論に至り、InMoov では不可能である内転、外転、対立の動きを実装することとした。そこで、メンバーの1人の手の大きさを参考にし、3DCAD ソフトで設計を行った。また、構造を見直す際に前期の製作物の摩耗が激しいことや、調整に手間がかかっていたことも問題視した。そのため、これらの問題を解決するために骨格とカバーに分割するという方針をとった。3DCAD ソフトで設計する際に掌や指の厚さを 5mm にすることで骨格部分を製作した。さらに、掌の中央部分に回転軸を増やすことで親指の対立ができるようになった。カバー部分は骨格部分に合わせるだけでなく、指を曲げた際に、ガットとカバーや、カバー同士が干渉しないように設計を行った。設計した骨格を工房に設置されている 3D プリンタ (Makerbot Repligator 2X) で印刷し、カバーを担当教員に協力していただき函館市国際水産・海洋総合研究センターに設置されている 3D プリンタ (Form2) で印刷した。その後、組み立てについてや動かし方について検討した。前年度の義手はトルクの強いステッピングモータを使用していた

ためモータを机の上に置き、義手を使用していた。そこで我々はモータを義手に取り付けて使用することとした。また、動かし方については、前年度では行っていなかった機械学習を行った。筋電位を計測した後、機械学習を行うことで親指の内転、外転、対立、屈曲を分類している。親指以外の指は、指を曲げるために指 1 本に対して 1 つのモータを使用し、指を開くために指 4 本に対して 1 つのモータを使用した。

(※文責: 内海裕太郎)

2.10 後期プロトタイプの構造

前期プロトタイプの問題点を踏まえ、後期では新たなモデルをグループ内で 3DCAD ソフトを用い製作し、3D プリンタを使用し各部品を出力した。具体的には以下の 2 点を変更した。

- (1) 親指と掌との接合部へ回転軸の追加および掌の中央付近へ変更 (図 2.5)
- (2) 動作する機構をもつ骨格部と対象に直接触れるカバー部に分離 (図 2.6)

(1) により回転軸が増えたため親指の対立と内外転を独立で行うことが可能となった。また掌の中央付近へ親指を対立運動させた場合に他 4 指と指の腹が向かい合う形に調整した。これにより物体の対角している位置に親指、他 4 指を配置できる。これにより物体を親指、他 4 指で挟みこむように持つまたは握りしめるように持つとき、親指から物体へ加えられるそれぞれの力のベクトルと他 4 指から物体へ加えられるそれぞれの力のベクトルが同一線上にあるまたは力のベクトルと垂直に近くなるように手の面または指が配置できる。以上のことより物体に対して力の無駄が少なくなるよう力を伝えることが可能となる。

(2) のように内部構造、外部構造にそれぞれ分離したことにより、内部構造と外部構造が接触している部分を変更しなければ一方の変更により他方に影響を与えることがなくなった。このため細かな修正や調整、掌に凹凸をつけるなどの変更が容易となった (図 2.7)。

また義手を制御するプログラムも改善した。具体的には次の点を改善した。

- (1) 装着者の前腕部から取得した筋電位情報を機械学習し動作の識別をした。機械学習の具体的な内容については 3.3 節で説明する。

これにより、義手親指の細かな角度調整が可能となりサムターンを回し鍵を開けドアを開けるのような一連の動作が可能となっている。

ゴムを使用した構造では指を引く力が足りなかったため、後期ではサーボモータで指の開閉を制御している。

(※文責: 都城宏治)

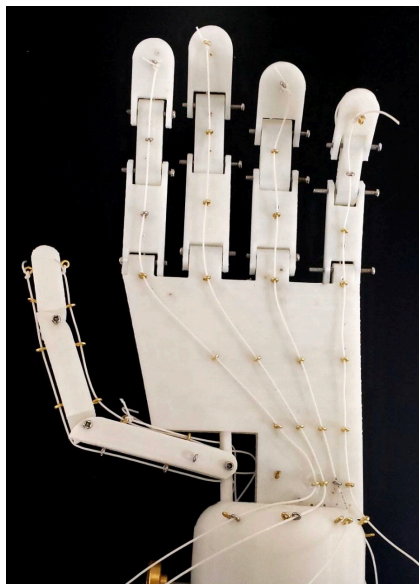


図 2.5 掌の骨格部分



図 2.6 カバー部分



図 2.7 カバー装着後の掌

第 3 章 計測・制御回路

3.1 筋電位計測回路

筋電位は非常に微弱な信号であり, 計測にあたりノイズが混入しやすい. そのため筋電位を増幅する回路, ノイズを減衰させる回路を通す必要がある. 今年度のプロジェクトで使用した筋電位計測回路は「差動増幅回路」, 「4 次ハイパスフィルタ」, 「非反転増幅回路」, 「積分回路」から構成されている. これらの回路を組み合わせることによって, 筋電位を計測するときに信号を増幅し, またノイズを小さくすることができる.

(※文責: 都城宏治)

3.1.1 アクティブ電極

筋電位を計測する際に, アクティブ電極を使用した. アクティブ電極を使用することにより, 極側の入力の抵抗を皮膚の抵抗より十分に大きくすることが可能である. これにより計測に入るノイズを小さくすることが可能である.

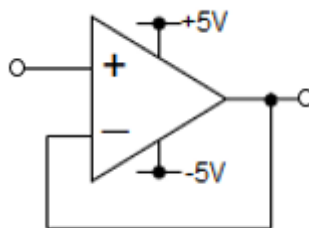


図 3.1 アクティブ電極

(※文責: 都城宏治)

3.1.2 反転増幅回路

入力電圧を増幅し, 出力することのできる回路である. 出力電圧は正負が逆転する.

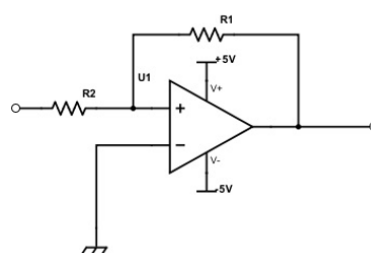


図 3.2 反転増幅回路

(※文責: 都城宏治)

3.1.3 非反転増幅回路

入力電圧の正負を逆転させずに出力電圧を増幅することのできる回路である。

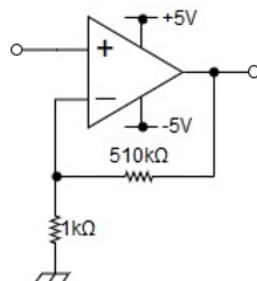


図 3.3 非反転増幅回路

(※文責: 都城宏治)

3.1.4 差動増幅回路

2つの入力信号を受け取り、その差を増幅する回路である。非反転増幅回路と反転増幅回路を組み合わせてることによって作る。体全域にのる同相ノイズをキャンセルするために使っている。同相ノイズを正確に取り除くためには、抵抗値が正確な精密抵抗を使う必要がある。

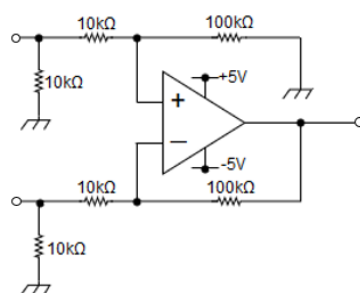


図 3.4 差動増幅回路

(※文責: 都城宏治)

3.1.5 ハイパスフィルタ

特定の周波数よりも高い周波数の成分を通過し、それよりも低い周波数の成分を減衰させる働きをする回路である。ハイパスフィルタは次数が高いほどフィルタの効果が高くなる。そこで今回の筋電位計測回路では4次のハイパスフィルタを使っている。

(※文責: 都城宏治)

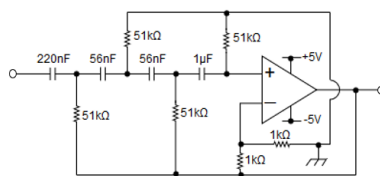


図 3.5 4次ハイパスフィルタ

3.1.6 半波整流回路

交流電圧のうち正負どちらかの電圧のみを出力する回路である。今回はダイオードを使用することにより実現している。今回使用するマイコンでは正の電圧しか計測できないため、負の電圧を除去している。

(※文責: 都城宏治)

3.1.7 積分回路

入力された電圧を時間で積分し出力する回路である。筋の収縮情報を得るため、計測された筋電位の包絡線を描くために使用している。ローパスフィルタの役割も果たしており、ノイズを減衰させる働きも持つ。

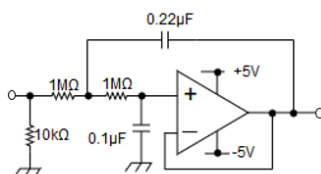


図 3.6 積分回路

(※文責: 都城宏治)

3.2 制御回路

3.2.1 マイコンボード

ワンボードマイコンの一種である Arduino を使用した.C++ に似た Arduino 言語でプログラミングすることができる。公立はこだて未来大学では、1 学年でこのマイコンボードを使用してプログラミングをする講義がある。そのため、グループ内での認知度が一番高く、メンバーが扱いやすいという理由で Arduino を使用した。アナログ入力に対応しており、筋電位計測回路からの信号を得ることによりサーボモータを制御した.Arduino に一度プログラムを書き込み、電源装置につなぎ動作を開始すると他のコンピュータなしに独立で動作が可能である。これにより、少ないスペースでのサーボモータの制御が可能である。

(※文責: 都城宏治)

3.2.2 制御プログラム

サーボモータを Arduino により動かすプログラムと 2.5 節で説明した計測回路からの波形を同じく Arduino により A/D 変換するためのプログラムを Arduino 言語をつかい記述した。また変換された前腕の筋電位情報を機械学習により分類するためのプログラムを Python 言語をつかい記述した。

(※文責: 都城宏治)

3.3 前腕筋電位からの手指動作識別方法

3.3.1 計測装置

筋電位計測回路は 2.6 節で説明したものを使用している。拇指の対立、復位、内転、外転、他 4 指の屈曲、伸展を分類するため、親指の動作及び手の開閉への関与が大きい筋をターゲットとし筋電位を計測する。市江は「長掌筋には、本来の手根屈曲作用のほかに、短母指外転筋・母指対立筋と協力して、母指の外転・対立を補助する作用のあることが判明した。この作用は、すべての長掌筋において認められるものではなく、個人差も存在するが、本研究被験者の 60 %以上に認められた」[4] と述べている。そのため拇指の対立運動を識別するため長掌筋に電極を貼付する。また池田らは、「橈側外転は手掌を机につけたまま母指を示指から離す方向に動かすことである。この方向には、長母指外転筋、短母指外転筋、短母指屈筋が作用する。尺側内転（内転）は、その逆で示指に近づける方向に動かすことである。長母指伸筋、母指内転筋、母指対立筋が作用する。指の屈曲は、深指屈筋 (DIP の屈曲) と浅指屈筋 (PIP の屈曲) の屈筋系が作用する。指の伸筋系は指伸筋だけである」[5] と述べている。以上より (1) 長母指外転筋 (2) 長掌筋 (3) 長母指伸筋 (4) 深指屈筋 (5) 総指伸筋をターゲットとし電極を貼付する。これにより計測したアナログデータを Arduino UNO によって A/D 変換している..

(※文責: 都城宏治)

3.3.2 データ分類方法

乾らは彼らの研究結果をまとめた論文の中で「筋電位信号からの動作判別は筋電義手の分野で古くから行われ、判別アルゴリズムには、ニューラルネットワーク、独立成分分析、Generic Algorithm、隠れマルコフモデル、Support Vector Machine などが用いられている。その中でも本研究では比較的高い識別率が得られるとされる SVM を利用する。」と述べている [6]。そのため我々も SVM を用い筋電位信号の識別を行う..

(※文責: 佐藤弘大)

3.3.3 筋電の特徴量に基づく識別データ生成

全チャンネルの和が最大となった値から前後 50[sample](トータル 100) を抽出した物を識別データとする。データの次元は、 $100[\text{sample}] \times 5[\text{ch}] = 500$ となる。

(※文責: 佐藤弘大)

3.4 外装部品

3.4.1 サーボモータ

一般のモータは負荷を回し続けて仕事をすることを目的としているが、サーボモータは、対象物に忠実にかつ素早く応答することができる。サーボモータは回転角度を検知し、モータドライバにフィードバックする。これにより、命令に対して忠実な動きができる。例年、本プロジェクトではサーボモータを使用している。しかし、ステッピングモータに比べて高価である。

(※文責: 佐藤弘大)

3.4.2 3D プリンタ

3D プリンタとは、3DCAD や 3DCG データをもとに立体に造形する機器である。本グループが使用した 3D プリンタは大学工房内に設置されている Makerbot 社製の 3D プリンタ”MakerbotRepli-cator 2X”と函館市国際水産・海洋総合研究センターに設置されている”Form2”である。前者は ABS 樹脂を細長い線状にしたフィラメントを加熱して溶かし、徐々に積層して造形する。後者は液体レジンに UV レーザーで硬化させ造形を行う。

(※文責: 佐藤弘大)

第 4 章 結果

4.1 中間報告時の製作物

義手本体は 3D プリンターを用いて製作した。モデルは InMoov がフリーで公開している 3D モデルのデータをもとに製作した。本体は掌から手首までであり、動力源であるサーボモータは手首内部にネジと L 字型の金具で固定した。筋電義手の中にワイヤとつなげた輪ゴムを通し、設計した筋電位計測回路とサーボモータ、Arduino を繋げることで、常時握った状態で、実際に測定した筋活動情報に基づいて指の屈曲・伸展を制御することに成功した。しかし、現状のゴムの弾性力で 500g のペットボトルを把持するには及ばなかった。また、手首と掌部分の接合は 3 つのネジで固定しているだけであり、不安定であった。

(※文責: 佐藤弘大)

4.2 前期終了時の考察

まず、前期に 500g のペットボトルを把持するには至らなかったため、後期も弾性体を使用すべきかどうか検討する必要がある。もし、使用する場合は弾性体の取り付け方や使い方について検討が必要である。本グループでは軽量化と負担軽減のためにゴムを使用した。ばねやほかのエラストマーといった弾性体との差別化は弱い。そこで、異なる種類の弾性体の検討も必要である。使用しない場合は、異なる機構の検討が必要となる。

また、やはりモータ 1 つでの制御では把持力が条件を満たすには厳しいのではないかという意見がグループ内であった。しかし、モータの数を増やすことによる把持力の向上は、本グループの方向性には適さない。なぜなら、2018 年度の問題点としてモータの性能向上による負担の増加を挙げているためである。

また、2017 年度、2018 年度ともに共通して小指、親指の可動域が把持するには不適切であることが挙げがっていた。なぜなら、物を掴む際、小指は物を下から支える必要があり、親指は中指と向かい合い、物を挟み込まなければならないためである。また、我々の掌は物を掴む際、物との隙間が生まれないように包み込んでいる。しかし、2017 年度、2018 年度、本グループの筋電義手は、これを満たさない。また、義手内部のワイヤは本体との摩擦により、モータの力が減少して指に伝えられる。そこで、後期ではワイヤの摩擦を減らすためや、掌の接触面積の増加のために、義手のモデリングをすべきである。

(※文責: 佐藤弘大)

4.3 最終成果物の仕様

前期終了時の考察を基に親指の可動域を変更した義手を製作した。製作した義手の仕様は以下のとおりである。掌の中央下部に軸を追加することで親指の内転, 外転, 対立といった人体の動きを再現した。前年度の義手ではしっかりと物を把持出来ていなかったため, 握る力が重要であると考えた。そのため, 親指以外の 4 本の指は屈曲させる際に指 1 本に対して, モータ 1 つを使用し, 伸展させる際は指四本に対してモータ一つを使用している。親指は屈曲と伸展にモータ 1 つ, 対立にモータ 1 つを使用している。その結果, モータは計 7 つ使用している。これらのモータは手首より下に取り付けた前腕部分のパーツに円を描くように取り付けられている。また, この義手は人体の骨格を模した部分と骨格に装着するカバー部分に分割されている。骨格部分にヒートンを刺し, そこに指を屈曲, 伸展させるためのガットを通すことで従来の筋電義手に比べてモータの回転角との調整や破損したときや不具合があった際の調整が容易になっている。カバーは着脱可能となっているのでガットの調整をいつでも行えるようになっている。このカバーはシリコンのような柔らかい素材で作られており, 物を持った際に接触面積が広く摩擦が大きいため滑りづらくなっている。指を屈曲, 伸展させるためのガットはバドミントンのガットを使用している。前期に使用したワイヤでは摩擦が大きくモータの力が伝わりにくだけでなく, 摩耗により耐久性に不安があった。そのため, 摩擦が小さく, 耐久性もあるガットを選択した。指を動かす際は, 筋電位を計測した後, 機械学習を行うことにより親指の内転, 外転, 対立, 前指の屈曲, 伸展を区別し, 自在に動かすことができる。

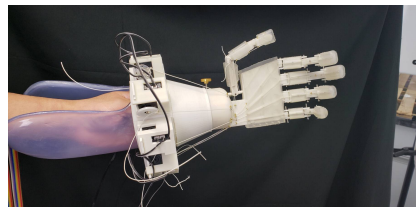


図 4.1 最終成果物

(※文責: 光森達希)

4.4 評価実験

4.4.1 評価実験の概要と成果

我々が製作した筋電義手を前腕欠損者の方に使用していただき, 評価実験を行った。実験では以下の 3 つのタスクを用意した。

- (1) ペットボトルに入れた BB 弾を紙コップに移す
- (2) 形の異なる積み木を積み上げる
- (3) テニスボールを持ち上げ, 指定の場所に移動させる

まず, タスクを行う前に被験者の筋電位の分類を行った。筋電位は計測する人によって微妙に値が異なるため機械学習を行うことにより被験者に合わせて動かすことができる。その後, (1) のタスクを行った。義手を使用してペットボトルを持つことは問題なく行うことができ, BB 弾を紙コップに

移すことができた。しかし、移し終えた後、ペットボトルを放すことが出来なかった。屈曲や対立などの動きはできたが、伸展が上手く行えなかった。その後も調整を行ったが、その日は修正することができず、実験は失敗に終わってしまった。失敗に終わった原因を分析した結果、以下の要因が挙げられた。

- (1) モータの数が多くそれぞれのモータの制御が出来ていなかった
- (2) ガットの配置が悪く、ガット同士が干渉していた

これらの結果を踏まえ改良が必要であるという結論に至った。また、実験は失敗に終わってしまったが、使用した際に前年度の義手に比べて軽く感じ、物も持ちやすかったという感想をいただいた。

(※文責: 光森達希)

4.4.2 評価実験後の改良

我々は評価実験の結果を踏まえ筋電義手の改良を行った。具体的には、モータ1つずつの回転角の調整、ガットの調整を行った。モータは指の初期位置や屈曲させた際の角度、伸展させた際の角度を計測し直し、プログラムを書き換えた。また、ガットは互いに干渉しないようすべて張り替えた。その後、改良した義手を使用し、再度実験を行った。しかし、被験者の方の都合が合わなかったため、我々のみで実験を行った。実験のタスクは4.4.1で述べた内容と同じである。

まず、(1)のタスクを行った。ペットボトルを持ち上げた後、BB弾を紙コップに移すことが出来た。さらに、移し終えた後しっかりと指を進展させペットボトルを放すことが出来た。

次に(2)のタスクを行った。積み木は直方体が2つ、三角柱が1つの計3つを使用した。積み木が小さかったため約80秒かかったが、3つの積み木を積み上げることができた。

最後に(3)タスクを行った。テニスボールは硬式のテニスボールを使用した。テニスボールは小さく球体であるため約100秒かかったが持ち上げ指定の場所に移動させることが出来た。

(※文責: 光森達希)

4.4.3 問題点

今回の実験では様々な問題点が見られた。(1)のタスクでは去年同様、手首の回転が不可能であるためペットボトルの中身を最後まで移そうとすると肘が上がって不自然な動きになってしまう。また、指を屈曲させる速度が一定であるため(2),(3)のタスクのように小さい物を持つ際には指が対象物に触れる前に屈曲してしまい、持ち上げられないという場面があった。さらに今回の実験において(2),(3)のタスクは被験者の方に行っていただくことが出来なかった。そのため、我々が行ったときは成功したが、被験者の方に実験を行っていただいた際に成功するかはわからないという問題点が挙げられる。

(※文責: 光森達希)

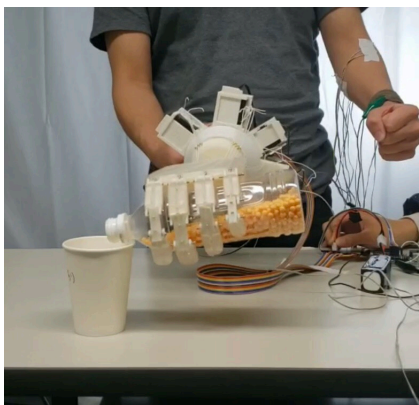


図 4.2 ペットボトルのタスク

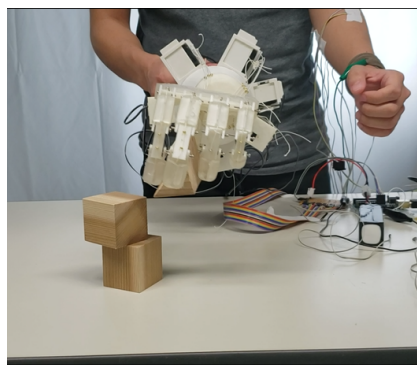


図 4.3 積み木のタスク

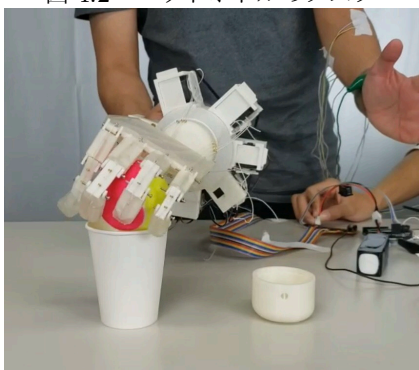


図 4.4 テニスボールのタスク

第 5 章 各人の担当課題及び解決過程

5.1 個人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ

5.1.1 佐藤 弘大

佐藤 弘大の担当課題は以下の通りである。

＜前期＞

5 月：筋電義手のテーマを考え、アイデア出しを行った。

6 月：筋電計測回路を製作し、サーボモータを動かすプログラムを作成した。

7 月：中間発表で使用するポスターを作製し、中間報告書の作成を行った。

＜後期＞

9 月：後期の筋電義手の方針決めを行った。

10 月：筋電義手のモデルの作成、モデルの提案を行った。

11 月：引き続きモデルの作成を行った。最終発表で使用するポスターの作成を行った。

12 月：最終発表に向けての練習と本番の発表、最終報告書の作成を行った。

（※文責: 佐藤 弘大）

5.1.2 都城 宏治

都城宏治の担当課題は以下の通りである。

＜前期＞

5 月：アイデア出しを行いテーマ決定を行った。担当教員の指導のもとプロジェクトにおける基礎的な知識を習得した。

6 月：担当教員や TA の方のもと、筋電位を取得するための回路、ユニバーサル基盤の制作を行った。またモータを動かすため Arduino のプログラミングを行った。

7 月：引き続き筋電位を取得するための回路を作成した。作成した回路を使い筋電位を取得し、サーボモータを動かす実験を行った。

8 月：中間発表から得られたフィードバックを分析、問題点を抽出。結果より後期の課題を検討。

＜後期＞

9 月：義手親指に他 4 指との対立運動を可能にするため義手本体の構造の見直しをする。また機械学習を用いた筋電位の分類に関する知識を習得する。同時に前腕の筋より分類するだけの情報を得るため回路を追加で作成する。義手本体の改良のため 3DCAD に関する知識を習得する。

10 月：習得した知識を踏まえ分類するためのプログラムの作成。義手本体の改良のため 3DCAD に関する知識を習得する。

11 月：評価実験とその結果の分析。最終発表に向けての練習と本番の発表。義手の動作確認。

12 月：最終報告書の作成

5.1.3 光森達希

光森達希の担当課題は以下の通りである。

<前期>

5 月：プロジェクト学習を始めるにあたり、担当教員の指導のもと筋電位の基礎知識を取得した。また、製作する義手のアイデア出しやテーマ決めを行った。

6 月：去年までのプロジェクト学習で製作した義手の問題点や改善策のアイデア出しを行った。また、3D プリンタを使用し、義手のパーツを製作した。

7 月：内部にゴムを利用した義手を試作し、動かした。中間発表に向けて発表練習を行い、中間報告書を作成した。

<後期>

9 月：前期の結果を踏まえ、後期の方針決めを行った。

10 月：決まった方針のもと、3DCAD ソフトを使用して義手のパーツの製作し、3D プリンタで印刷した。

11 月：骨格部分に装着するカバー部分を 3DCAD ソフトでを使用して製作した。その後、印刷したパーツを組み立て義手の製作を進めた。

12 月：組み立てた義手の動作確認をし、被験者実験を行った。その後、被験者実験の結果を踏まえ、改良を行った。また、最終発表に向けての練習や、最終報告書の作成を行った。

(※文責: 光森達希)

5.1.4 内海裕太郎

内海裕太郎の担当課題は以下の通りである。

<前期>

5 月： 担当教員の指導のもと義手製作における筋電位の基礎知識を習得した。また、グループ分けを行い製作物のアイデア出しやテーマ決めを行った。

6 月：去年までのプロジェクト学習で製作した義手の問題点の問題点を挙げ、その問題点の改善策を決めるためにアイデア出しを行った。実際に義手を使用している協力者の意見を聞いた。3D プリンタを使用し、義手のパーツを製作した。

7 月： ゴムの力を利用した義手の試作を行い、その義手を動かした。中間発表に向けて発表練習を行い、中間報告書とスライドの作成を行った。

<後期>

9 月：グループメンバーで話し合い、前期の結果を踏まえて後期の目標を定めた。

10 月：話し合いの結果、親指の動きを変更するために筋電義手のモデルから製作することに決まり、筋電義手のモデルの設計書を作成した。設計できたパーツから順に 3D プリンタを使用し印刷を行った。

11 月：筋電義手の骨組み地なる部分に装着するカバーのモデルの設計を行った。また、筋電義手の組み立てを行った。

12 月：筋電義手にモータを取り付け、実際に動作可能な状態に組み立て被験者実験を行った。その後、被験者実験での細かい修正を行った。また、最終発表に向け最終発表用スライドの作成を行い、発表練習を行った。最終報告書の作成も行った。

(※文責: 内海裕太郎)

5.2 担当課題と連携内容

5.2.1 佐藤 弘大

前期では都城と協力して筋電計測回路を製作した。後期では筋電義手の光森、内海と共に 3D モデルの作成を行った。筋電義手の部品のやすり掛け、組み立てを行った。前期後期ともにプロジェクト全体と本グループのポスターの製作をした。リーダーとして話し合いやアイデア出しの進行之をした。

(※文責: 佐藤 弘大)

5.2.2 都城 宏治

前期では回路基板の製作、サーボモータの設定とそれを制御するためのプログラムを Arduino で製作した。後期では前期の発表から得られたフィードバックなどから問題点を分析、改善案を出した。義手親指の他 4 指との対立運動を可能にするため機械学習についての知識を習得した。サーボモータをうごかすプログラムにも改良を加えた。

(※文責: 都城 宏治)

5.2.3 光森 達希

前期は内海と 3D プリンタを使い義手のパーツを印刷し、組み立て、義手を製作した。また、内海と内部にゴムを利用した義手を製作した。その義手を佐藤、都城が製作した筋電位計測回路に接続した。後期は内海が作成した設計書を元に Fusion360 を使用して義手のパーツの設計を行った。その後、設計したパーツを 3D プリンタで印刷し、内海とともに組み立て、都城が製作した筋電計測回路に接続し、動作の確認をした。

(※文責: 光森 達希)

5.2.4 内海裕太郎

前期は、光森と 3D プリンタを使用し筋電義手のパーツの印刷を行った。その後、印刷したパーツを組み立て筋電義手を製作した。また、光森とゴムの弾性力を利用した筋電義手の製作を行い、そ

Interface using biosignal to augment body～ASHURA～

の筋電義手を佐藤, 都城が製作した筋電計測回路に接続し, 動作を確認した. 後期は, 筋電義手のモデル製作にあたっての設計書の作成を行った. 設計の出来上がったパーツの設計書を佐藤, 光森に Fusion360 を使用して製作してもらい, 3D プリンタを使用した出来上がったパーツの印刷を行った. また, 完成したパーツを組み立て都城が製作した筋電計測回路に接続し, 動作の確認をした.

(※文責: 内海裕太郎)

第 6 章 まとめ

6.1 前期終了時の結果

2018 年度の筋電義手は把持力の不足, 総重量の増加による負担, 握るために力を入れ続けると疲れることが問題点であった. これらの問題点から, 把持力の向上と, 装着者の負担軽減を目標とした. 前期ではモータの性能ではなく機構の改善によって目標を達成しようとした. なぜなら, 2018 年度にモータの性能向上に伴って, 総重量が増えてしまった問題点があるためである. そこで, ゴムの弾性力を機構に組み込むことで目標を達成しようとした. 弾性体としてゴムを選んだ理由として, ゴムは機構に組み込みやすく, 軽い. また, ゴムの弾性力により常に握っている状態にすることで, 力を入れ続けなくても楽に把持できるのではないかと考えた. 実際にプロトタイプを作成した結果, 脱力したときにグーの状態, 指を伸展させようと力を入れるとパーとなる筋電義手を作成できた. これはモータ 1 つで 5 本の指を制御しているため, 総重量は軽くなった. しかし, 物を把持するまでには至らなかった. また, 評価実験を行っていないので, 装着者がこの機構を楽だと思うのかどうか確かめることが出来なかった. 結果として目標を達成することは出来なかった.

(※文責: 光森達希)

6.2 前期終了時の課題

前期プロジェクトでは, 使用者が常に力を入れ続けることなく義手が常に握った状態を保つ筋電義手を製作することが出来た. しかし, プロトタイプの最大の問題点として, 使用した弾性体の弾性力が弱すぎたために, 物を把持するまでに至らなかったという点がある. そのため, 後期では今後の筋電義手の性能向上に際して, 引き続き, 弾性体を用いるかどうかを検討する. また検討の結果より次のように後期の課題を決定する.

1. 弾性体を使用する場合

弾性体の種類及び取り付け方の変更

弾性体の弾性力を最大限発揮できる構造の検討および試作

2. 弾性体を使用しない場合

サーボモータによって常にワイヤを引き続ける構造の試作

ワイヤを引く力を指に最大限伝えられる内部構造の検討および試作

また, 弾性体を使用する場合, 使用しない場合にかかわらず, 物を把持するために適した手の形への調整, 指の可動域の調整, モータの数および種類の検討を課題とする.

(※文責: 都城宏治)

6.3 後期終了時の結果

後期ではまず、前期の結果を踏まえた今後の方針決めから行った。前期同様、ゴムのように弾性力のある物を使用し、使用者が力を入れていない時に義手が握った状態を保つ義手を製作するか、まったく違う機構を提案し、製作するかを話し合った。その結果、前期とは方針を変え、親指の動きに着目し、親指の可動域を変更した義手の製作を後期の方針とした。前年度と前期に使用していた InMoov ではなく、自分たちで設計し直すことで人体における親指の内転、外転、対立の動きを実装させるという結論に至った。実際の手の大きさを参考にし、3DCAD ソフトで設計を行った。その際に、義手を骨格とカバーに分割することで製作や修正する際のガットの調整を行いやすくした。また、前期ではすべての指の伸展を1つのモータで制御していたため、力が足りなかった。そこで、後期では親指以外の4本の指の屈曲にモータ4つ、伸展に1つ、親指の屈曲と伸展に1つ、親指の対立に1つと計7つのモータを使用した。親指の複雑な動きの実装には機械学習を用いることにより、筋電位を分類し、自在に動かすことができるようになった。このように製作した義手は前年度では把持に不安があったペットボトルをしっかりと安定して持ち上げることができた。また、ペットボトルだけでなく、積み木やテニスボールなど様々な物を持つことが出来た。

(※文責: 光森達希)

6.4 今後の展望

今年度の本プロジェクトでは物を持ちやすい筋電義手の製作を行ってきた。その結果、前年度と比較して安定して物を持つことが出来た。その要因として親指の可動域を増やし、内転、外転、対立といった人体の動きを再現したことが挙げられる。そのため、親指だけでなく他の4本の指も独立に動かすことが出来本物の手の動きを再現出来ればさらに物を持ちやすくなると考えられる。さらに、手首の回転を実装することが出来れば使用する際の使用者の負担を減らせると考えている。また、モータは義手本体に接続させたが、筋電計測回路は接続させることが出来ず、机の上に置いて使用していた。今後、回路をポーチに入れるなどで持ち運び可能にすることが出来れば、使用する場所が制限されず実用性が上がると考えられる。今年度の義手はモータを7つ使用し、前腕部分に円を描くように接続している。そのため、義手本体の見た目が実際の手と大きく異なってしまった。前述のように実用性を上げ、日常生活において使用する場合を考えるとこれは改善しなければいけない問題であると考えている。

(※文責: 光森達希)

第 7 章 評価フィードバック

7.1 成果発表会

2019 年 12 月 6 日（金）に 2019 年度プロジェクト学習の成果発表会が行われた。発表会ではまず本プロジェクトの概要を説明した。その後、各グループが前期、後期の活動内容をスライドを用いて説明した。説明が終了した後、グループごとに製作物の実演や質疑応答を行った。この一連の発表の間に聴衆の方々には我々の発表の評価をしていただいた。集計した結果、本プロジェクトの総評価者数は 71 名であり、そのうちグループ A の評価者数は 25 名であった。グループ A に対する評価の平均点は 10 点満点中 8.26 点であった。また、プロジェクト全体に対する評価の平均点は 8 点であり、プロジェクト全体の発表技術に対する評価の平均点は 8.4 点であった。以下に具体的な良かった点、悪かった点を示す。

（※文責: 内海裕太郎）

7.2 良かった点

成果発表会において評価者から以下のような良かった点が挙げられた。

- ・筋電義手の図は簡素でわかりやすい。
- ・義手、義腕、義足などの制度が向上すると考えられる。
- ・動画などがあって見やすかった。
- ・実際に小さい物（ボールペン）を持った際、掌の内側が内側に縮むような動きをしているのでこれが実現できたら面白そう。
- ・課題に対するアプローチが的確。
- ・改善された点や出来るようになったことが明確だった。
- ・親指の可動域を広げるにより握む力の増大がとても良いアイデアだと感じた。
- ・活動の意義が伝わった。

（※文責: 内海裕太郎）

7.3 悪かった点

成果発表会において評価者から以下のような悪かった点が挙げられた。

- ・物を持ちやすい義手が社会的に必要なのか分かりずらかった
- ・義手のデザインが目的とリンクしていないように思う
- ・親指だけでなく付け根の筋肉の形も変わるから物を握めるのでは
- ・目的が物を握みやすいことにどう生きるかが不明
- ・精度が高くなかった
- ・コンパクトでは無いと思った

・ガットの耐久力が心配だった

(※文責: 内海裕太郎)

7.4 まとめ

これらのコメントをまとめると、良かった点として筋電義手を製作するにあたっての課題が明確であり、改善された点や筋電義手で行えるようになったことなどが明確だったと評価が高かった。悪かった点をまとめると、筋電義手のモデルにおいての説明不足と筋電義手のモデルへの改善案が挙げられる。特に、筋電義手の機構における製作側の意図を完全に伝わっていなかった。この結果から2つの改善点が挙げられる。1つは、発表練習の時間をより多く設け、聞き手の人への説明を十分に行うための適切な早さで発表をできるようにすることである。もう1つは、筋電義手のモデル製作において、あらかじめ一連の計画を立てる段階で改善を行う時間を設けることである。以上の評価内容を踏まえ、我々の評価を5段階評価で表すと3である。望ましい点として、他のプロジェクトと比較すると、目的とする課題が明確であり、課題解決においての改善点が明確だったことが挙げられる。その一方、筋電義手のモデルにおいて被験者の方や教員から挙げられた改善策を取り入れる時間を設けることが出来なかったこと、被験者実験や最終発表における準備不足という問題点が挙げられる。これらのことから、総合評価として3と考えられる。

(※文責: 内海裕太郎)

第 8 章 相互評価

8.1 佐藤弘大からの評価

都城宏冶

プログラムとモデル, 回路の作製を行った. ハードからソフトまでかなり助けられた. いつも期待を上回る出来のものを作成してくれるのでとても頼りになった.

内海裕太郎

義手のモデル設計とスライドの調整を行った. 義手全体のモデル設計, スライド全体を請け負っていたので大変だったと思うが, とても良い出来のものを作成してくれた.

光森達希

モデリング作業と Tex による最終報告書の修正, 確認を行った. 作業を迅速に進めていてくれて助けられた部分も多い. 報告書に関しては本当に大変だったと思うが, とても良い出来で作成してくれた.

(※文責: 佐藤弘大)

8.2 都城宏冶からの評価

佐藤弘大

ポスターなどの作業をデザインの知識を生かしグループのため行ってくれた. またリーダーとしてグループの週報などをまとめてもらったため非常に助かった.

内海裕太郎

義手モデルについて提案されたアイデアなどを実際に設計してくれた. 発表時のスライドなどを作成してくれた.

光森達希

義手のモデルを fusion360 を使用して製作してくれた. モデルの修正をお願いした時も非常に早く対応してくれた. また Tex を使って最終報告書の作成もしてくれた.

(※文責: 都城宏冶)

8.3 内海裕太郎からの評価

佐藤弘大

グループ A のリーダーとして、進捗報告や進捗の確認を行ってくれた。進捗の管理を頻繁に行ってくれて助かった。また、ポスター担当として最終発表の際に使用するポスターを作成してくれた。

都城宏治

グループ A のエースとして、プログラムからモデルの製作まですべてを行ってくれて本当に助けられたと思う。いつも無理をして義手製作をして、よく体調を崩しプロジェクト学習を休んでいたため、今後は体をもっと大切にしてほしい。

光森達希

自分が設計した義手のモデルを Fusion360 を使用して製作してくれた。細かい修正を頻繁に出したが素早く修正をかけてくれて助かった。また、最終報告書担当として最終報告書を作成してくれた。書くところの分担や調整を行ってくれてありがたかった。

(※文責: 内海裕太郎)

8.4 光森達希からの評価

佐藤弘大

グループリーダーとして、活動の進捗を管理してくれて有難かった。また、内海が作成した設計図を元にカバーを製作してくれた。前期同様に最終発表用のポスターを作成してくれた。

都城宏治

回路班として、義手を動かすための回路を製作してくれて助かった。機械学習を実装するために独学での修得を頑張ってくれた。また、後期の活動の中心となって指示を出してくれたのでとても有難かった。

内海裕太郎

義手のモデルを製作する際の設計図を正確に書いてくれて助かった。モデルを印刷し組み立てる時に率先して作業を進めてくれた。また、前期同様に最終発表用のスライドを丁寧に作成してくれたので発表をスムーズに行えた。

(※文責: 光森達希)

第 9 章 新規習得技術

新規習得技術は 3D プリンタを用いた製作技術と, 回路製作技術の 2 つである. また, Fusion360 を用いた 3D モデル作成方法も学んだ. 後期では, Fusion360 を用いてモデルを一から設計し直すことで問題点として挙げられていた親指や小指の可動域の変更が期待できる. さらに, 筋電インタフェースの知識を獲得した. 中間報告に向けて, 伝えたい内容を効果的に説明するプレゼンテーション能力を得た. 具体的には, プレゼンに使用するスライドでは文章よりも図や動画といった視覚的に情報を得やすい物を用いたほうが効果的であること等が挙げられる. また, 周囲とのプロジェクト調整技術も獲得することが出来た.

(※文責: 佐藤弘大)

第 10 章 活用した講義

櫻沢先生による回路の講義, 情報表現基礎, 電子回路基礎, 人体生理学

(※文責: 佐藤弘大)

参考文献

- [1] 佐々木一彦 (2007) 研究所情報「筋電義手と試用評価サービス」, 国立身体障害者リハビリテーションセンター広報誌「国リハニュース」, Vol.281
http://www.rehab.go.jp/rehanews/japanese/No281/6_story.html
- [2] InMoov <http://inmoov.fr/> (最終アクセス日:2019/12/17)
- [3] 市江雅芳, ”長掌筋の作用に関する機能解剖学的研究”, 信州医誌, 35(1), 1987, p33-44
- [4] 社会法人 日本リハビリテーション医学会, 関節可動域表示ならびに測定法, リハビリテーション医学, Vol.32 No.4, 1995
[4https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjrm1964/32/4/32_4_207/_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjrm1964/32/4/32_4_207/_pdf)
- [5] 池田和夫, ”生体をもっと知ろう-技師装具士のための生態機構学- 手・上肢筋の機能解剖”, 日本義肢装具学会誌, Vol.15, No.3, 1999
- [6] 筋電位からの手動作推定における特徴量と SVM カーネル・パラメータについての実験的考察
日本機械学会論文集 (C 編), 79 巻 808 号, 2013 12