

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 C

Group Name

Group C

プロジェクト番号/Project No.

24-C

プロジェクトリーダー/Project Leader

岩瀬豪 Go Iwase

グループリーダー/Group Leader

北山奏人 Kanato Kitayama

グループメンバ/Group Member

北山奏人 Kanato Kitayama

岩瀬豪 Go Iwase

菅原惇 Atsushi Sugawara

前川和輝 Kazuki Maekawa

小島理央 Rio Kojima

指導教員

櫻沢繁 高木清二 安井重哉 辻義人

Advisor

Shigeru Sakurazawa Seiji Takagi Shigeya Yasui Yoshihito Tsuji

提出日

2020 年 1 月 22 日

Date of Submission

January 22, 2020

概要

本プロジェクトでは、筋電義手を長年にわたって製作してきた。それに加えて、筋電位で操作する翼の製作などを行ってきた。今年度の本プロジェクトでは、本プロジェクトの過去の活動内容を継承し、生体信号を用いた身体拡張をテーマに活動を行ってきた。

私たちのグループは、人間の手の機能性の高さに注目し、生体信号を用いた身体拡張インターフェースによって人間の手の機能性をより一層高めることができなにか検討した。その中で私たちは、機能性の高い人間の手が指先から生えるとどのような身体感覚を得ることができるのか考えた。そこで私たちは、全く新しい身体感覚を得られる人間の手の拡張デバイスを作成することとし、筋電位によって操作する指先から生える手型デバイス「PuppeTE」を製作することにした。そして、PuppeTE を装着した際にどのような身体感覚を得られるのかを調査することにした。

前期では、PuppeTE のプロトタイプを作成し、それを中間発表で発表した。その際に得られたフィードバックなどをもとに、改良できる箇所などの検討を行い、後期の目標を「PuppeTE の小型化」、「PuppeTE の指の独立操作を可能とする」とした。後期は PuppeTE の小型化や、モータの配置位置の工夫など構造の改良を行い、PuppeTE 各指の独立操作を可能とした。小型化のために、私たちは小型モータを選定し、より高精度な 3D プリンタを用いて外装を製作するなど、様々な試行錯誤を繰り返した。PuppeTE 各指の独立操作を可能にするために、回路構造の見直しや使用部品の選定などを行い、最終発表の際には PuppeTE の 5 本指のうち 4 本の独立操作を可能とした。

最終発表後には、10 名の被験者の協力のもとに評価実験を行った。被験者が PuppeTE を身体の一部と感ずることができるかどうかや、PuppeTE を装着した際にどのような感情を抱くかを調査するために実験では被験者に PuppeTE を自由に操作してもらい、私たちが設定した評価項目に回答してもらった。結果を分析したところ、表面筋電位の計測の正確さや操作性に問題があったために、PuppeTE を身体の一部と感じさせることができなかった。また、PuppeTE を装着した際に抱く感情を調査するための十分な結果を得ることができなかった。実験の最後に被験者から様々なフィードバックをもらうことができ、動作の遅延解決などの PuppeTE の改善点が明確になった。

キーワード 筋電位, 身体拡張, 手, 身体感覚

(※文責: 菅原惇)

Abstract

In this project, myoelectric prostheses have been manufactured for many years. In addition, we have been working on the production of wings operated by EMG. In this year's project, we have inherited the past activities of this project and have been active on the theme of augmenting body using biosignals.

Our group focused on the high functionality of the human hand, and examined whether the body extension interface using biological signals could further enhance the functionality of the human hand. Thought about what kind of bodily sensation can be gained when a highly functional human hand grows from a fingertip. So we created a human hand augmentation device that can get a whole new bodily sensation. We decided to manufacture a hand-held device "PuppeTE" that grows from the fingertip operated by myoelectric potential. We also investigated what kind of physical sensation can be obtained when wearing PuppeTE.

In the first semester, a prototype of PuppeTE was created and presented in an interim presentation. Based on the feedback obtained at that time, points that could be improved were examined, and the goal in the second semester was to reduce the size of PuppeTE. , "PuppeTE's fingers can be operated independently." In the latter period, we improved the structure by reducing the size of the PuppeTE and devising the position of the motor to enable independent operation of each finger of the PuppeTE. For miniaturization, we selected a small motor and achieved higher accuracy. We repeated various trials and errors, such as making the exterior using a simple 3D printer. In order to enable independent operation of each finger of PuppeTE, we reviewed the circuit structure and selected the parts to be used. Enabled independent operation of four of PuppeTE's five fingers.

After the final presentation, an evaluation experiment was performed with the cooperation of 10 subjects. Whether the subjects could feel PuppeTE as a part of the body, and what emotions they had when wearing PuppeTE In the experiment, we asked the subjects to operate PuppeTE freely and answered the evaluation items set by us. In analyzing the results, we found that the accuracy and operability of the measurement of surface EMG were improved. Due to the problem, PuppeTE could not be felt as a part of the body, and it was not possible to obtain sufficient results to investigate the emotions of wearing PuppeTE. Subjects received various feedbacks from the subjects, and the points of improvement of PuppeTE, such as solving delays in movement, became clear.

Keyword EMG, body dilation, hand, physical sensation

(※文責: 小島理央)

目次

第 1 章	背景	1
1.1	本プロジェクトの背景と目的	1
1.2	課題設定までのアプローチ	1
1.2.1	生体信号活用事例についての調査	1
1.2.2	表面筋電位の計測回路に関する知識習得	1
1.2.3	アイデアをアウトプットする手法の習得	1
1.3	グルーピングとグループ毎のテーマ設定	2
1.4	本グループの背景と目的	2
第 2 章	課題解決のプロセス	3
2.1	前期課題設定	3
2.2	前期プロトタイプ	3
2.2.1	前期プロトタイプの外装と機構	3
2.3	学内中間発表会用資料の作成	4
2.4	学内中間発表での活動	5
2.5	後期課題設定	5
2.6	有用性の調査	6
2.6.1	利用場面の検討	6
2.6.2	評価方法の検討	6
2.7	学内成果発表会用資料の作成	6
2.7.1	ポスターの製作	6
2.8	学内成果発表会での活動	7
第 3 章	計測・制御機器	9
3.1	筋電計測回路	9
3.1.1	電極	9
3.1.2	差動増幅回路	9
3.1.3	4次ハイパスフィルタ回路	10
3.1.4	非反転増幅回路	10
3.1.5	半波整流回路	11
3.1.6	積分回路	12
3.2	制御回路	12
3.2.1	AVR マイコン	12
3.2.2	モータドライバ	13
3.3	電源	13
3.3.1	リチウム電池	13
3.3.2	DC-DC コンバータ	13
3.4	モータ	13

第 4 章	最終成果物	15
4.1	「PuppeTE」の由来	15
4.2	ロゴ	15
4.3	外装	15
4.4	構造	16
4.4.1	モータ配置方法の検討	17
第 5 章	評価実験	20
5.1	目的	20
5.2	方法	20
5.3	結果	21
5.4	考察	21
第 6 章	各人の担当課題及び解決過程 (各月)	23
6.1	各人の各月の活動内容	23
6.1.1	北山奏人の活動内容	23
6.1.2	菅原惇の活動内容	24
6.1.3	小島理央の活動内容	24
6.1.4	岩瀬豪の活動内容	25
6.1.5	前川和輝の活動内容	26
6.2	担当課題と他の課題の連携内容	27
6.2.1	北山奏人	27
6.2.2	菅原惇	27
6.2.3	小島理央	28
6.2.4	岩瀬豪	28
6.2.5	前川和輝	28
第 7 章	まとめ	29
7.1	前期活動のまとめ	29
7.2	後期活動のまとめ	29
7.3	今後の展望	30
	参考文献	31

第 1 章 背景

1.1 本プロジェクトの背景と目的

通常の人間の身体だと体感し得る身体感覚には限界がある。例えば、人間には2つの手があり、それを動かす身体感覚は体感できるが、3つの手を同時に動かす身体感覚は体感できない。何故なら、人間には手が3つ存在しないからである。

昨年度の本プロジェクトでは、1つのグループが背中から生える翼型デバイスを開発した。このグループは、普段翼を持たない私たちがはばたく翼を持つと、どのような身体感覚が生まれるのかを調査した。

そこで私たちは通常の人間の身体では体感し得えない身体感覚を体感するために、生体信号による身体拡張インタフェースを用いたデバイスを製作することを目的とした。

(※文責: 菅原惇)

1.2 課題設定までのアプローチ

1.2.1 生体信号活用事例についての調査

本プロジェクトがテーマ決定・グルーピングをするにあたり、まず初めに各々が生体信号を用いた分野の先行研究を調査し、発表した。調査には書籍・論文・Webサイトを利用した。発表の際はプロジェクトメンバー全員がそれぞれ5分間ずつのプレゼンを行い、指導教員や他メンバーからの質疑に答えた。発表では、生体信号が医療・福祉・ゲームなどの様々な活用されていることが各メンバーによって報告された。

(※文責: 菅原惇)

1.2.2 表面筋電位の計測回路に関する知識習得

本プロジェクトの担当教員である櫻沢先生による、表面筋電位の計測回路に関する講義がプロジェクトメンバー全員向けに行われた。そこで私たちは、筋、表面筋電位、表面筋電位の計測回路等について学習した。

(※文責: 菅原惇)

1.2.3 アイデアをアウトプットする手法の習得

本プロジェクトの担当教員である安井先生による、スケッチに関する講義がプロジェクトメンバー全員向けに行われた。講義の中で、素早く対象の特徴を捉え短時間でスケッチをするノウハウや、アイデア出しやそれを他人に伝えるためのノウハウを安井先生に教わった。

(※文責: 菅原惇)

1.3 グループとグループ毎のテーマ設定

プロジェクトメンバーが、無造作に作成したグループごとに、身体拡張というテーマのもとでブレインストーミングを行った。その後、プロジェクトメンバーそれぞれが自分の最も興味のある身体拡張をホワイトボードに書き出していき、似通ったものを集計した。その結果、筋電義手・音・その他の拡張という合計3つのグループを作成した。

(※文責: 菅原惇)

1.4 本グループの背景と目的

私たちは身体感覚の拡張に関する先行研究や事例を調査した。そのなかで、ラバーハンドイリュージョンという現象を知った [1]。この現象はまず初めに自身の手と手の模型を机の上に並べ、自身の手が見えないように仕切りを立てる。次に手の模型だけを観察している状態で、他者に筆などを用いて自身の手と手の模型を同時に撫でられる。すると、まるで手の模型が自身の手であるように感じられる、というものである。この現象から人間の身体領域は可変的だと考えられる。

そこで、人間の手に近い見た目かつ自分の思うように動く手型デバイスを指先に装着し動かすことで、まるで自分の指先から手が生えているような感覚を得ることができるのではないかという仮説を立てた。仮説を検証するために、自分の手の指先から自分の手と同じ動きをするもう一つの手が生えてきたときの身体感覚を体験できる手型デバイスの製作、そのデバイスによって体験できる身体感覚の評価をすることが目的である。

(※文責: 菅原惇)

第 2 章 課題解決のプロセス

2.1 前期課題設定

1.4 で設定した目的を達成するために、「指先に装着する小型の手を筋電位で制御する」ということを課題に前期プロトタイプを製作した。筋電位とは、筋細胞が収縮活動するときに出される活動電位のことである。製作するデバイスを筋電位で制御する必然性だが、本物の手を動かす際に発生する筋電位を用いることで、より身体の一部として認識できると考えたからである。

(※文責: 菅原惇)

2.2 前期プロトタイプ

2.2.1 前期プロトタイプの外装と機構

前期では、昨年度本プロジェクトの義手製作で使われた InMoov 社が公開しているヒト型ロボットの手の部分の 3D モデルを 1/2 に縮小して使用した。その 3D モデルを工房に設置されている 3D プリンタを使用し、ABS 樹脂で出力した。指の関節部分は、適当な長さに切った針金を軸として曲がるようそれぞれの関節に瞬間接着剤で固定した。図 2.1 は実際に製作した指の写真である。また、指の駆動のために 10 号のテグスを用いた。図 2.3 と 2.4 は製作した指の断面の図解であるが、このようにテグスが製作したの手の中を通っており、このテグスをサーボモータにネジで取り付け固定し、サーボモータによってテグスが引っ張られることで指が動くようにした。サーボモータと製作した手の型の位置を固定するため、土台を MDF で製作した。土台の作成にはヤスリと糸鋸を用いた。3DCAD を用いて指に装着する部分を製作し、3D プリンタで出力した。表面筋電位測定のための回路にはユニバーサル基板を使用した。表面筋電位の測定箇所は手首や指を曲げるときに使われる筋肉である前腕屈筋群にした。計測した表面筋電位を用いて、力を入れると製作した手が閉じ、力を抜くと製作した手が開く動作をするように制御した。プロトタイプを指に装着した状態を図 2.2 に示す。

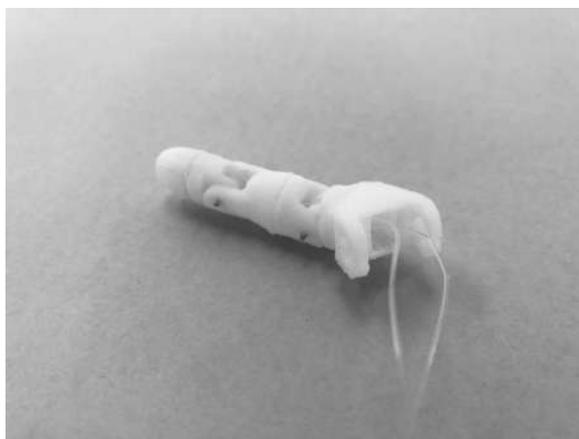


図 2.1 プロトタイプの指部

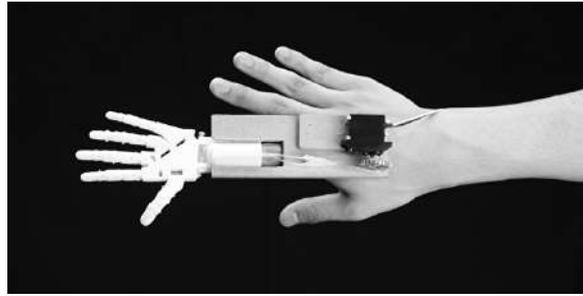


図 2.2 プロトタイプと装着した状態

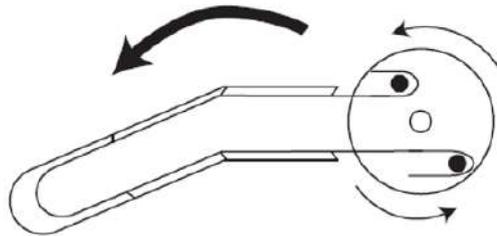


図 2.3 プロトタイプの機構 (指が曲がっている状態)

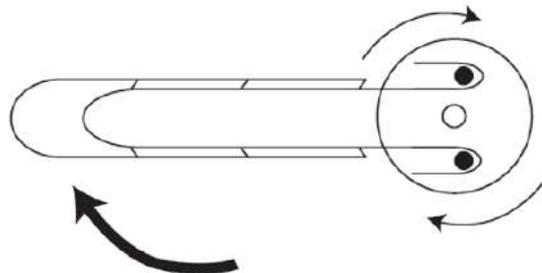


図 2.4 プロトタイプの機構 (指が伸ばされた状態)

(※文責: 菅原惇)

2.3 学内中間発表会用資料の作成

学内中間発表の際に使用するスライドとポスターを作成した。ポスターは北山奏人が中心となり作成した。スライドは小島理央が中心となり作成した。学内中間発表会用資料は担当教員からの指導のもと改良を行った。

(※文責: 菅原惇)

2.4 学内中間発表での活動

日時 2019年7月19日(金)15:20から17:30

場所 公立はこだて未来大学 大講義室

目的 本プロジェクトと本グループの進捗報告と今後への改善点の発見

発表形式

グループ毎に発表担当者が前半後半に分かれ、スライドを用いた発表をした後、プロトタイプの実演を行った。発表時間外は他のプロジェクトの発表の評価を行った。

発表内容

プロジェクト全体の背景とテーマ、表面筋電位計測回路の説明、グループ毎に行ってきた活動の説明をスライドを示しながら発表し、そのあと、各グループに分かれてグループごとに製作したプロトタイプの実演を行った。実演終了後の質疑応答で、発表を見て頂いた方々から質問やコメント、アドバイスを得ることができた。また、発表開始時に配布した評価シートを記入してもらい、終了時に回収した。

評価シートの結果と反省点

評価シートの中で、私たちのグループの発表を1から10点で評価していただいた。評価の平均点は8.11点であった。実際に頂いたアドバイスの中で、目的が不明瞭であるというものがあった。私たちはグループの目的を「人間の手の指先から、自分の手と同じ動きをするもう一つの手が生えてきたときの身体感覚を調べる」と定めていたが、本グループ内での目的に対する認識が甘く、発表を見ていただいた方にしっかりと伝えることができなかったということである。これを解決するために、目的をより深くグループ内で考え、効果的に目的を伝える方法を模索していくこととした。

(※文責: 菅原惇)

2.5 後期課題設定

前期プロトタイプでは、身体の一部となっているような感覚が得られなかった。その理由として装置自体が大きすぎることで、人差し指に装着したときにフィット感が少なく違和感があったこと、指を曲げてから前期プロトタイプの指が動くまでに時間差があったこと、装置の見え目が人間の体の一部のように見えないことが挙げられた。また、前期では、手を握る・開く動作によりプロトタイプのすべての指を同時に動かしていた。そのため後期では、まず一番の課題としてプロトタイプの各指を独立操作させることを目標とし、それに加えて装置全体の小型化や人差し指への装着方法の確立、人間の手に近い外観や感触の再現をすることを課題として設定した。さらに、第三者に使用してもらい、身体感覚の評価を得ることにした。

(※文責: 前川和輝)

2.6 有用性の調査

2.6.1 利用場面の検討

プロトタイプを装着した際にどのような利用場面が見込めるかをグループメンバーと検討を行った。後期では前期プロトタイプとは違い各指を独立して動かすことができるようになったため、より人間の手に近い動きができると考え、多少のモノを掴むという行為のほか、じゃんけんや握手等の対人コミュニケーションもできるのではないかと考えた。

(※文責: 前川和輝)

2.6.2 評価方法の検討

PuppeTE の評価方法として、第三者による PuppeTE を使用した際の身体感覚を調べるために、アンケートを用いることにした。また、PuppeTE を装着して自由に動かしてもらうことで被験者に縛りを与えず自由な感想を得ることができるのではないかと考えた。自由操作の後にそれぞれ PuppeTE の使用感や見た目等の主観的感覚において 1 から 7 の 7 段階で評価してもらい、自由記述を募ることにした。

実施した評価実験の詳細については第 5 章で述べる。

(※文責: 前川和輝)

2.7 学内成果発表会用資料の作成

学内成果発表の際に使用するスライドとポスターを作成した。ポスターは北山奏人が中心となり作成した。スライドは小島理央が中心となり作成した。学内成果発表用資料は担当教員からの指導のもと改良を行った。

(※文責: 菅原惇)

2.7.1 ポスターの製作

ポスターには背景、目的、課題解決プロセス、成果物、改善点の 5 項目を掲載した。背景では私たちが指先から生える手型デバイスを作るに至った経緯を載せた。目的ではこのデバイスを装着した時にどのような身体感覚を得ることができるのか。また、どのような感情を得ることができるのかを評価実験を行い調査、分析を行う趣旨を載せた。課題解決プロセスでは、プロジェクトに配属された 5 月から 12 月までのグループの活動記録を 1 ヶ月ごとに 2 項目を画像とともに大まかに説明した。成果物では、動作の仕組みや外装について説明した。どのように動作するのかのイメージを画像 2 枚を用いて表した。改善点では、作成時に達成することができなかったモータの配置方法の検討や、回路の小型化などについてまとめた。

メインビジュアルとして、指に PuppeTE をはめた画像を大きく用いた。作成したポスターを図 2.5 に示す。



プロジェクト番号 24 生体信号による身体拡張インタフェース ~ASHURA~ Group C

PuppeTE ~ 指先から生える手 ~

岩瀬豪 北山奏人 小島理央 菅原惇 前川和輝

背景

近頃、手の指を6本に拡張するロボットや、手のジェスチャで操作できるグローブなど、手の機能の拡張に関する研究が行われている。本グループでは、筋電位を用いた身体拡張インタフェースによる全く新しい身体感覚の体験を目指し、活動を進めている。

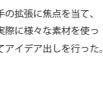
その中で我々は人間の指先から、自分の手と同じ動きをするもう一つの指先が生えてきたときの身体感覚に興味を持った。その身体感覚を体験するために、自分の手と同じ動きをする指先から生える小さな手型デバイスの製作をすることに至った。

目的

筋電位を用いて操作する、指先から生える手型デバイスを製作する。この装置は、自分の手の動きと同じ動作をするものである。このデバイスを装着して様々な動作を行った

時に、自分の身体の一部と感じることができるのか、また、装着時にどのような感情を得ることができるのかを評価実験を行い、調査、分析を行う。

課題解決プロセス

5月	6月	7月	10月	11月	12月
 ブレインストーミングで制作物の方向性について話し合った。	 指の先から生える手の製作を始めるにあたって、サイズの検討を行った。	 指の先から生える手の製作を始めるにあたって、サイズの検討を行った。	 更なる小型化を目指して、モーターを手の甲に埋める構造を考えたが、力が足りず別の方法を検討した。	 モーターを二段に分けて設置することで手の小型化に成功した。また、モーターは各々独立した動作が可能。	 モーターをより力の強い物に変更した。光造形3Dプリンターを用いることでより細部まで正確に印刷することが可能になった。
 手の拡張に焦点を当て、実際に様々な素材を使ってアイデア出しを行った。	 指の先から生える手の製作を始めるにあたって、サイズの検討を行った。	 前期発表用のプロトタイプが完成した。この段階では手は開く、閉じるの動作のみが可能。	 モーターをより力の強い物に変更した。光造形3Dプリンターを用いることでより細部まで正確に印刷することが可能になった。		

成果物

生体信号の筋電位を用いた。各指が動きに合わせて曲がるように制作した。指の動作にはPEライン、DCモーターを用いた。DCモーターが回転し、モーターのシャフトが糸を巻き上げることで指の先端の上下2箇所に固定された糸の下部分が引っ張られ、上部分の糸は緩むことで指が曲がる仕組みとなっている。外装は光造形3Dプリンターを用いたことで高精度な印刷が可能になり、前期プロトタイプより小型化することに成功した。



指を曲げる前のイメージ

指を曲げた後のイメージ

改善点

- ・全てのモーターを手の甲に収納するために、より小型で高トルクなモーターを使用する。
- ・回路全体を小型化し、前腕に装着できるスタイルにする。
- ・装着方法が安定していないため、より良い装着方法を検討する。
- ・5本の指全てを独立した動作を可能にする。

図 2.5 ポスター

(※文責: 北山奏人)

2.8 学内成果発表会での活動

日時 2019年12月6日(金)15:20から17:30

場所 公立はこだて未来大学 エレクトロニクス工房

目的 本プロジェクトおよび本グループの製作物や活動内容についての評価やアドバイスを得る
発表形式

グループ毎に発表担当者が前半後半に分かれ、スライドを用いた発表をした後、製作物の

Interface using biosignal to augment body -ASHURA-

実演を行った。発表時間外は他のプロジェクトの発表の評価を行った。

発表内容

プロジェクト全体の背景とテーマ、筋電位計測回路の説明、グループ毎に行ってきた活動の説明をスライドを示しながら発表し、そのあと、各グループに分かれてグループごとに作った製作物の実演を行った。実演終了後の質疑応答で、発表を見て頂いた方々から質問やコメント、アドバイスを頂くことができた。また、発表開始時に配布した評価シートを記入してもらい、終了時に回収した。

評価シートの結果と反省点

評価者には1点から10点の10段階で評価して頂いた。グループCは30人から評価を頂き、平均点はおよそ7.8点だった。また、発表を見て頂いた方々の意見として、実用性に欠けている、何ができるのかわからないという意見もあった。また、作っただけで評価実験を行っていないので意味がないのではないかという意見もあった。反省点として、評価実験を早急に行う必要があると考えた。発想やデザインに関しては、高評価を頂いたが、回路部も小型化し装着できれば身体の拡張にさらに近づくのではないかという意見を頂いたのでその部分も検討していきたい。

(※文責: 前川和輝)

第3章 計測・制御機器

3.1 筋電計測回路

図 3.1 は表面筋電位を計測するために用いた計測回路である。表面筋電位を計測する回路は「電極」、「差動増幅回路」、「4次ハイパスフィルタ」、「非反転増幅回路」、「半波整流回路」、「積分回路」から構成されている。これにより、ノイズが混入しやすく微弱な信号である表面筋電位の増幅・ノイズ除去を可能とした。

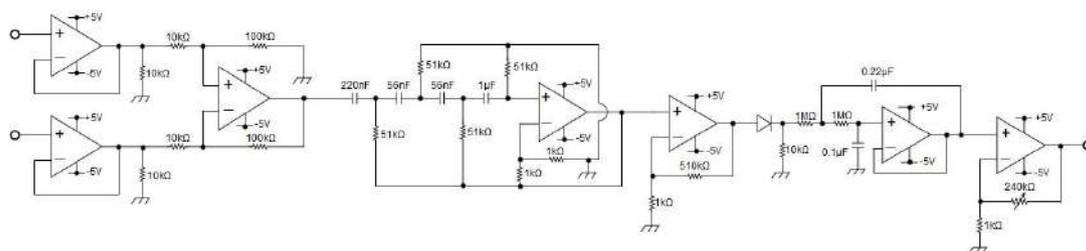


図 3.1 筋電計測回路

(※文責: 岩瀬豪)

3.1.1 電極

図 3.2 は皮膚から筋電位を測定するために用いたアクティブ電極である。アクティブ電極とは、人間の皮膚が持つインピーダンスに比べ十分に高い入力インピーダンスを持った電極である。皮膚と電極のもつインピーダンスを分圧の法則に当てはめることで電極にかかる電圧を大きくし表面筋電位の計測を可能とした。

(※文責: 岩瀬豪)

3.1.2 差動増幅回路

図 3.3 は同相ノイズを除去するために用いた差動増幅回路である。差動増幅回路とは、皮膚に取り付けた2つの電極から得た入力信号の差を取り、その差を増幅するものである。また、同相ノイズ(商用電源等を発生源とするもの)と呼ばれる人体に等しく発生するノイズを正確に取り除くため、2極の抵抗値にズレが生じないように回路中の抵抗には精密抵抗を用いた。

(※文責: 岩瀬豪)

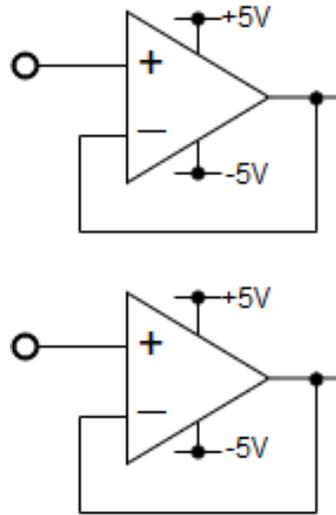


図 3.2 アクティブ電極

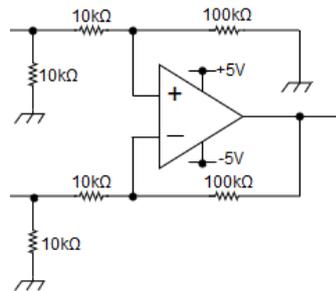


図 3.3 差動増幅回路

3.1.3 4次ハイパスフィルタ回路

図 3.4 は皮膚と電極のズレによる低周波ノイズを除去するために用いた 4 次ハイパスフィルタ回路である。電極と皮膚とを完全に固定することは難しく、些細なズレにより計測波形にノイズが発生してしまうことから本回路を用いて低周波ノイズを除去している。ハイパスフィルタとは、カットオフ周波数と呼ばれる周波数よりも低い周波数成分を減衰させるフィルタである。ハイパスフィルタは次数が高いほどフィルタ効果も高まる。本回路では、4 次ハイパスフィルタを用いることで、フィルタ効果を向上させた。

(※文責: 岩瀬豪)

3.1.4 非反転増幅回路

図 3.5 は信号を増幅させる際に用いた非反転増幅回路である。非反転増幅回路とは、入力電圧の正負を逆転せずに信号を増幅する回路である。表面筋電位計測回路では、4 次ハイパスフィルタ回路後と積分回路後の 2 箇所、非反転増幅回路を使用して信号を増幅させている。1 箇所目は積分のために信号を 511 倍の固定値で増幅するが、2 箇所目は 1~241 倍の可変増幅とすることで最終

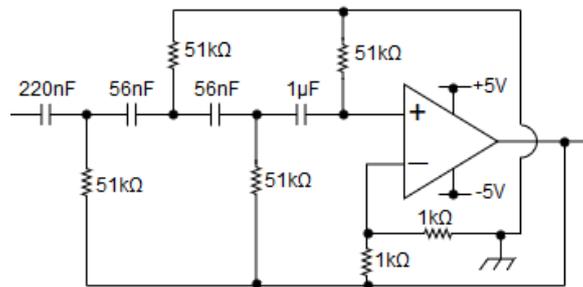


図 3.4 4次ハイパスフィルタ回路

的な出力波形の大きさの調整を可能にした。

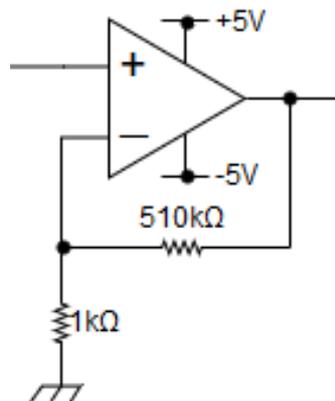


図 3.5 非反転増幅回路

(※文責: 岩瀬豪)

3.1.5 半波整流回路

図 3.6 は正負に渡って出力される信号 (全波) から正の信号のみ (半波) を抽出するために用いた半波整流回路である。半波整流回路とは、ダイオードの持つ特性を利用して負の信号を除去させることで正の信号のみを抽出する回路である。全波を用いた計測回路の場合は計測精度を向上することができるが、計測回路がより煩雑になってしまう。また、得られる計測結果が半波にしたものと比べても大差ないと判断したため、半波を用いる計測回路とした。



図 3.6 半波整流回路

(※文責: 岩瀬豪)

3.1.6 積分回路

図 3.7 は包絡線を抽出するために用いた積分回路である。積分回路とは、入力された電圧を時間で積分して出力する回路である。ローパスフィルタとしての役割を持っており、カットオフ周波数より高い周波数を除去することにより時間積分を行い、包絡線の抽出を可能とした。

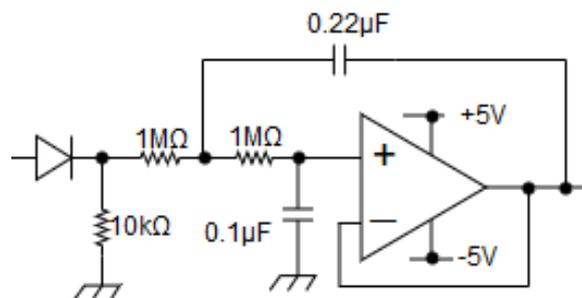


図 3.7 積分回路

(※文責: 岩瀬豪)

3.2 制御回路

PuppeTE の動作を制御する制御回路は「AVR マイコン」と「モータドライブ」によって構成されている。これにより、3.1 の計測回路で計測した表面筋電位をもとに大電流を消費するモータの独立制御を可能とした。

(※文責: 岩瀬豪)

3.2.1 AVR マイコン

AVR マイコンとは、CPU やメモリ等のコンピュータを構成するパーツを 1 チップに統合した回路構成が比較的簡単な小型コンピュータである。今回は 6 系統のアナログ入力ポートや 14 系統のデジタル出力ポートを持ち、かつ小型である Arduino pro mini を採用した。Arduino pro mini は C 言語に似た Arduino 言語を用いてプログラミングすることが可能である。PuppeTE では、計測回路で計測した表面筋電位がプログラム中で設定した閾値に達すると、モータを動作させるように制御した。

(※文責: 岩瀬豪)

3.2.2 モータドライバ

モータドライバとはマイコン等の外部信号を受けてモータの駆動制御を行うものである。大電流を必要とするモータの動作によるマイコンの破損を防ぐことや、PWM 制御等によりモータへの出力制御を行うことが可能である。今回は電池の電源電圧 3V への対応や最大出力電流が 1A かつ小型で表面実装が可能である BD6211F-E2 を採用した。また、モータからのノイズ除去のために 10 μ F のチップコンデンサを用いた。これらは、1 つの IC につき 1ch のモータの動作が可能であり、5ch の独立操作のために 5 つの IC とコンデンサを使用した。

(※文責: 岩瀬豪)

3.3 電源

PuppeTE で使用される電源は「リチウム電池」, 「DC-DC コンバータ」で構成されている。これにより、モータの動作に必要な大電流や計測回路に必要な両電源を生成することを可能とした。

(※文責: 岩瀬豪)

3.3.1 リチウム電池

リチウム電池は、特徴としてエネルギー密度が高いため 1 つのセルで 3V の出力が可能なことや、同程度の大きさの乾電池に比べ大電流を放電可能なことが挙げられる。今回使用したモータは大電流を消費することから、電源にも最大放電電流値が大きいものが望ましい。また、後述する DC-DC コンバータやモータの定格電圧を考慮すると小型で 3V 出力が可能で電源が求められることから、汎用の CR2 リチウム電池を 2 本並列に接続しより大きな電流を取り出せる電源を製作した。

(※文責: 岩瀬豪)

3.3.2 DC-DC コンバータ

DC-DC コンバータとは、入力電圧を目的の電圧に昇圧・降圧する装置である。計測回路や Arduino pro mini の作動にはそれぞれ、 $\pm 5V$ と $+5V$ が求められる。電源となる電池は 3V であることから 5V への昇圧と $\pm 5V$ の両電源の生成が必要となる。今回は ISA0305 使用し 3V から $\pm 5V$ の両電源を生成した。なお、IC にはノイズ除去のために 4.7 μ F のチップコンデンサと 6.8 μ H のインダクタを接続している。

(※文責: 岩瀬豪)

3.4 モータ

PuppeTE は構造上、本体にモータを埋め込む必要があることから、モータ自体の小型化が必須である。しかし、振動モータなどの超小型モータはトルク不足により動作が困難であったことから、大きなトルクをもち小型なモータである CL-0614-10250-7 を採用した。

第 4 章 最終成果物

4.1 「PuppeTE」の由来

製作にあたり、製作物の呼びやすい名称を決めることとなった。そこで私たちは、指人形を意味する英単語である”puppet”と、手のローマ字表記の”TE”を掛け合わせて「PuppeTE(パペッテ)」という名称を考案し、名称をこれに決定した。

(※文責: 北山奏人)

4.2 ロゴ

指先から生える手型のデバイスであり、制作物の名称と由来が一目見てわかることを目指して作成した。前期のロゴでは、文字が全て大文字で PUPPETE と表記してあり、ふりがなも振っていたが、後期では製作物の名前に合わせて PuppeTE と表記して、ふりがなも消した。

人差し指の先に小さい手のアイコンを配置することで、指先を用いるデバイスである様子を表した。小さい手のアイコンを赤色にした理由としては、名称では、”PuppeTE”の”TE”の部分を変え、その下に「puppet × 手」と入れることで人形を意味する英単語である ”puppet”と、手のローマ字表記の”TE”を掛け合わせてできた名称だということを表している。作成したロゴを図 4.1 に示す。



図 4.1 ロゴ

(※文責: 北山奏人)

4.3 外装

最終成果物の動作部分の外装は、前期の課題であった各々の指を独立して操作できるようにし、装置の小型化をするために、手の甲に複数のモータを埋めることができるようにモデリングソフトで設計した。前期で参考にした InMoov のサイズ縦 190mm ×横 170mm ×高さ 17mm の約 1/2 のサイズとなるように製作し、サイズは縦 137.5mm ×横 75mm ×高さ 23.5mm となった。モデリ

Interface using biosignal to augment body -ASHURA-

ングしたデータを前期では ABS 樹脂を用いて出力していたが、小型化するにあたり、精密な印刷ができなかった。そのため、光造形タイプの 3D プリンタで印刷した。光造形タイプの 3D プリンタでは、光硬化樹脂を紫外線レーザーや類似の光源で一層ずつ硬化することによって積層していくもので、ABS 樹脂よりも精度が高い印刷が可能である。

指の関節部分は針金を適切な長さに切り、瞬間接着剤で固定した。指の動作のために内部に上部分と下部分の 2 箇所を 5 号の PE ラインを通した。通した PE ラインの一方はモータ、もう一方は指の先端で固定した。また、PE ラインは前期に使用した 10 号のテグスに比べて糸の巻き癖が比較的に少なく、引っ張りに強いため採用した。

指先の装着部分は、班員 5 名の指の長さや太さを計測し、その平均のサイズの長さや太さで作成した。平均の長さはそれぞれ縦 46mm、太さ 18mm であった。また、装着時に安定させるために硬度 7 の人肌ゲルを用いた。人肌ゲルの主剤と硬化剤を混ぜた液を装着部に流し込んだ。指の形をお湯まるで作成し、人肌ゲルを流し込んだ装着部に入れて型取りをした。その後 24 時間置き、硬化した液体に仕上げ用タルク粉をまぶしてから 24 時間置いた。完成した装着部の粘度が高く、指を入れると人肌ゲルが指についてしまうため、表面コート剤を用いた。外装の動作部分を図 4.2 に示す。



図 4.2 PuppeTE 本体

(※文責: 北山奏人)

4.4 構造

指を動かす構造は、PuppeTE の内部に設置した DC モータが回転し、DC モータのシャフト部分が PE ラインを巻き上げることで、指内部に通し、指の先端に固定された PE ラインが引っ張られることで指が曲がる仕組みとなっている。また、PE ラインと DC モータが干渉しないように、モータ設置部分を 2 階建て構造に設計し、設置した。1 階部分には親指、薬指、小指用のモータを配置し、2 階部分には人差し指と中指用のモータを配置した。

(※文責: 北山奏人)

4.4.1 モータ配置方法の検討

PuppeTE の手の甲部分にモータを設置するにあたって、モータを配置する向きと場所を検討する必要があった。振動モータ LA3R5-480DE は図 4.3 のように配置する予定であった。

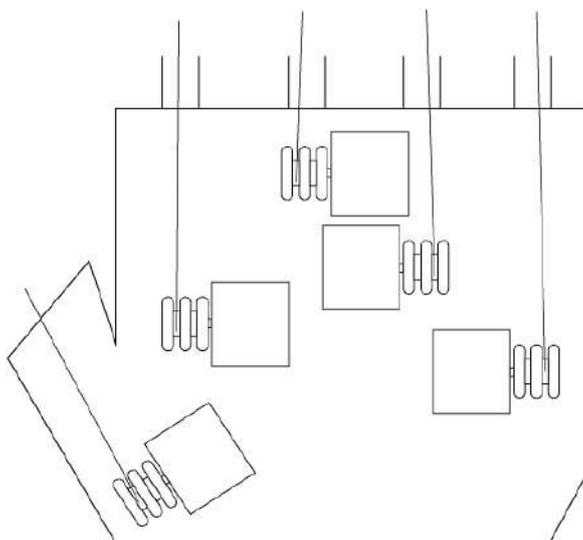


図 4.3 LA3R5-480DE を用いたモータの配置方法

LA3R5-480DE は小型であったため、モータの回転軸に対して垂直に PE ラインを伸ばして巻きつけることができると予想していた。しかし LA3R5-480DE では指を動かす力が無いことが判明したため、代わりに DC モータ CL-0614-10250-7 を使用することにした。CL-0614-10250-7 は LA3R5-480DE より胴が長いため、図 4.3 のように配置するには PuppeTE の面積を大きくしなければならなかった。そのためモータの回転軸に対して垂直に PE ラインを伸ばして巻きつける配置方法ではなく、他の配置方法で PE ラインを巻きつけられるかどうかを考えた。最初に考えた配置方法が図 4.4 である。

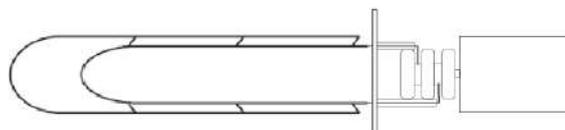


図 4.4 CL-0614-10250-7 を用いたモータの配置方法 1

モータの回転軸に対して平行に PE ラインを伸ばして巻きつけるようにモータを配置した。このままでは PE ラインを巻きつけることは出来ないで、巻き取り部分の上下に PE ラインが出てくるリードを作った。このリードから出てくる PE ラインが巻き取り部分の溝に対して垂直になることで、PE ラインを巻きつけられると考えた。さらに巻き取り部分は図 4.5 のように溝が 2 つあるものを使用した。

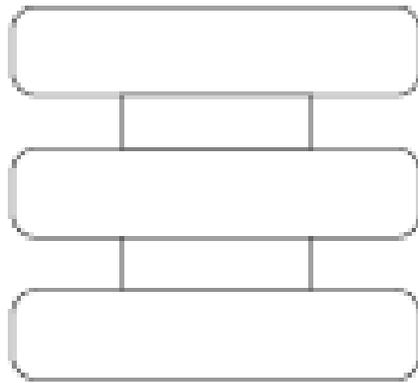


図 4.5 モータの先端に取り付ける巻き取り部分

しかしモータとリードの位置調整が極めて難しいことや、リードの部分で大きな摩擦抵抗が発生するなどの問題が起きた。そのためモータで PE ラインを巻きつけることは出来なかった。次に考えた配置方法が図 4.6 である。

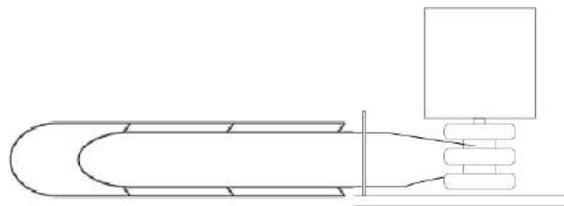


図 4.6 CL-0614-10250-7 を用いたモータの配置方法 2

巻き取り部分の溝が 2 つあることから、この配置方法で PE ラインを巻きつけられると考えた。しかし巻き取り部分の直径の分だけ PE ラインが左右に広がってしまうことから、外装と摩擦が発生した。そのためこの配置方法でも PE ラインを巻き取ることは出来なかった。以上 2 つの配置方法を検討したが、図 4.3 のようにモータの回転軸に対して垂直に PE ラインを伸ばして巻きつける配置方法が一番うまく PE ラインを巻きつけられると考えた。そこで PuppeTE の面積を大きくせずにモータを配置するために、モータを段違いに配置した。その配置方法が図 4.7 と図 4.8 である。親指、薬指、小指を動かすモータを図 4.7 のように下段へ配置し、人差し指、中指を動かすモータを図 4.8 のように上段へ配置した。これにより PuppeTE の面積を変えることなく PE ラインを巻きつけることが可能となった。

(※文責: 小島理央)

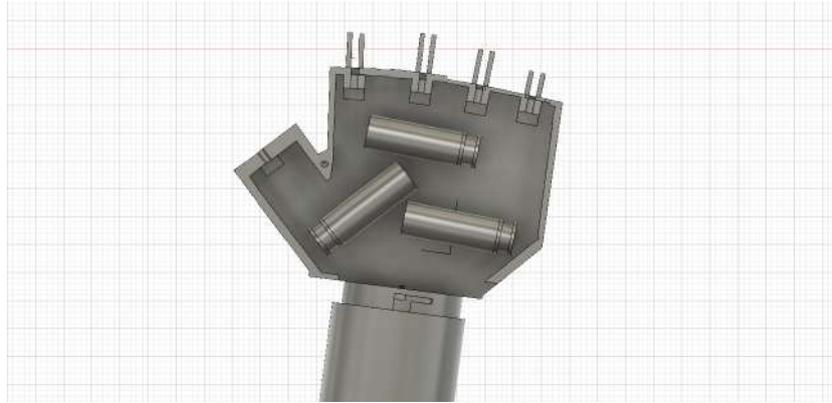


図 4.7 CL-0614-10250-7 を用いたモータの配置方法 3-1

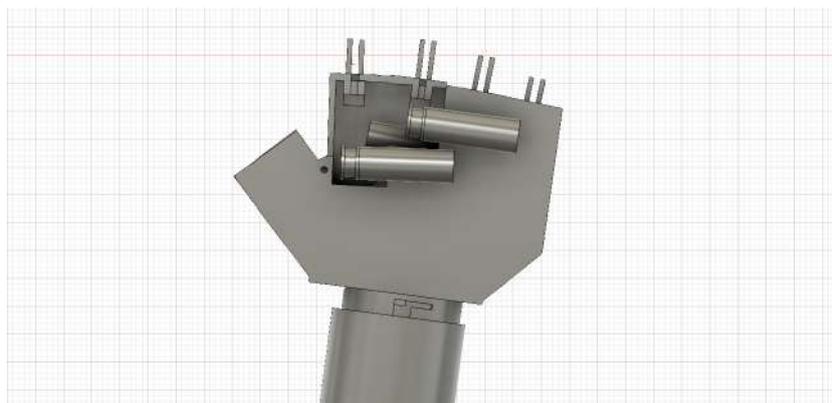


図 4.8 CL-0614-10250-7 を用いたモータの配置方法 3-2

第 5 章 評価実験

5.1 目的

今回の評価実験では、手の指先から小さな手が生えてくるという新奇刺激からどのような身体感覚を得ることができるのかを目的としている。新奇刺激から得られる身体感覚を評価するために、西村他（1995）の「服装によって生起する多面的感情状態尺度」を基に評価方法を選定した。「服装によって生起する多面的感情状態尺度」では、新しい服を着たときに起こる感情の変化をどのように定評すべきなのかを示している。そのため私たちは新しい感覚に対する感情の変化という点で PuppeTE を使用したときの感情の変化を定評するのに使えると考えた。そのほかに PuppeTE を使用したときのフィット感、違和感、自在感を調べる項目を加えた。

（※文責: 小島理央）

5.2 方法

今回の実験の被験者は、大学生 10 名（19～21 歳）であった。最初に被験者の筋電位を用いて PuppeTE を動かせることを確認した後、被験者に 3 分間自由に PuppeTE を動かしてもらい、評価シートの記入を行ってもらった。評価シートでは以下の質問に対して 7 段階および自由記述で回答してもらった。

(1) PuppeTE を使用したときの以下の感情を 7 段階評価

- フィット感
- 違和感
- 自在感
- 楽しさ
- 満足感
- 優越感
- 安心感
- 動揺
- 緊張

(2) PuppeTE について以下の項目を 7 段階評価 (1:悪い～7:良い) および自由記述

- 見た目についてどう思ったか
- 装着感についてどう思ったか
- 体の一部であると感じることができたか
- 思い通りに操作することができたか
- どのようなことに使ってみたいか

（※文責: 小島理央）

5.3 結果

実験で得られた被験者の使用した際の感情を分析した。アンケート結果を対応なしの一元配置分散分析を用いて分析を行った。また、有意水準は 0.05 に設定した。この結果、p 値は 0.087492 で、これは有意水準として設定した 0.05 よりも大きいため、5 %水準で 8 つの感情の間に有意差がなかった ($F(7, 48) = 2.207436$, p は 0.05 未満)。

記述式の「装着することを通して体の一部と感じられましたか」の欄では「小さな手が動いていた時はその振動などが伝わって体の一部の感じがした」、「伝達が遅い」などの意見があった。

最後の自由記述の欄では「指人形のような感じがした」「腕に疲れが出る」などの意見があった。調査した各感情のデータの合計値のグラフを図 5.1 に示す。

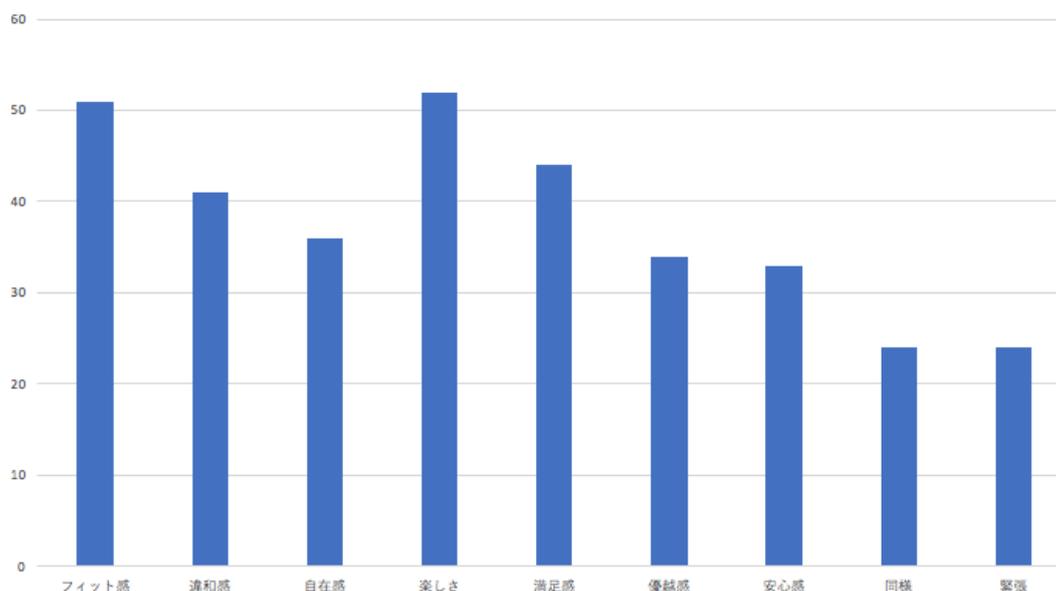


図 5.1 各感情の合計点のグラフ

(※文責: 小島理央)

5.4 考察

私たちは指先から手が生えた時にどのような感情を得ることができるのか、また、身体の一部に感じることはできるのかを、対応なしの一元配置分散分析と自由記述を用いて調査した。今回の実験では、違和感、自在感、楽しさ、満足感、優越感、安心感、動揺、緊張の 8 つの感情の間に有意差がなかった。そのため、PuppeTE を使用したときにどの感情に大きく影響しているのかを断定することはできなかった。この結果については、動作の遅延や動かした指とは違う指が反応して動作してしまったことから、違和感の平均が 4.1 と中間の値より高く、自在感が 3.6 と中間の値より低い結果となった。このことから身体の一部に感じづらかったことが問題だと考えられる。また、自由記述では動作の遅延や動作不良への指摘が多く見られた。「PuppeTE の使用用途」の欄では「ピンセットがいるような細かい作業」や「スナック菓子を食べる時」に使ってみたいという意見があった。

第 6 章 各人の担当課題及び解決過程 (各月)

6.1 各人の各月の活動内容

6.1.1 北山奏人の活動内容

5 月

プロジェクトでやりたいテーマについてスライドを作り 5 分程度のプレゼンを行った。やりたい内容が似ているメンバーでグループを組んだ。グループでのテーマ方針を決めるためにブレインストーミングや KJ 法を用いることを提案し、意見をまとめたり進行役を務めた。また、櫻沢先生による筋電位の計測の事前知識の講義を受け、安井先生からスケッチの方法の講義を受け、実際にスケッチを試みた。

6 月

製作物のテーマを動物の身体に焦点を当てて話し合いを行った。その際に私は今までに出た案から派生したアイデアを提案した。また、フィールドワークで校内を歩いたり、函館公園に行った。また、百均で紙粘土やストローなどを購入し、実際に手を動かしながらアイデア出しを行った。テーマは私の考えた、指先から生える手型のデバイスという案に決定した。また、3D プリンタの使い方や Arduino の使い方、回路の学習、筋電位の測定を行った。

7 月

担当教員や研究室の方々にご協力していただきながら、昨年度の筋電義手の技術を学び、その技術を生かしてプロトタイプの製作を行った。プロトタイプの製作において必要となるテグスなどの買い出しや指の関節部分のやすりがけを行なった。また、中間発表に向けてスライドの修正やポスターの作成、発表練習を行った。また、ロゴの作成を行った。

8 月

中間発表でいただいたフィードバックから後期の活動で行うことの課題や目標を考えた。スラックを用いて後期の活動について話し合いをした。

9 月

前期の製作物の反省点や後期の方向性を決めるために話し合いをした。後期に必要なものの買い出しを行った。

10 月

手型デバイスの小型化のため、サイズの検討や製作物で行う実験内容の検討を行った。小型化した手の甲に配置するモータの配置法を考えた。モータを配置する際に、手のサイズの変更や、指のサイズの設計を行った。

11 月

使う予定だったモータが使えなかったため、別のサイズのモータを用いて動作事件を行なった。また、新しく使うことになったモータの配置方法や手の装着方法の検討を行った。最終報告会に向けてプレゼンの練習やポスターの製作、ロゴの修正を行った。

12 月

被験者実験を行なった。最終報告会にむけてプレゼン練習やポスターの手直し、成果物の製作を行った。また、最終報告会のフィードバックを踏まえて、報告書の作成を行った。

6.1.2 菅原惇の活動内容

5月

生体信号を用いた事例の先行研究を調査、発表した。グループの製作物を決定するために、アイデア出しを行った。アイデア出しの際に、フィールドワークを積極的に行った。また、担当教員によるスケッチや表面筋電位計測回路の講義を受けた。

6月

製作物を決定し、そのためのプロトタイプデザインをグループメンバーと話し合い考案し、製作を行った。製作するための材料の買い出しなどを行った。

7月

製作物を引き続き製作・改良していきながら、中間報告書の執筆を行った。また、中間発表のための発表練習を行った。

8月

中間発表で得たフィードバックなどをもとに、後期の活動の方針をグループメンバーと話し合った。

9月

8月に引き続き、後期の活動の方針と製作物の方針をグループメンバーと話し合った。後期の活動に必要なものの買い出しを行った。

10月

PuppeTEの小型化のために、小型モータの選定やパーツの設計・作成を行った。

11月

使用予定であったモータが使えないことが判明したため、別のモータの選定を行った。それに合わせて設計の変更やパーツの作成を行った。評価実験の計画を立て、実験計画書・実験説明書・評価シートの作成を行った。

12月

学内発表に向けてプレゼンの練習やスライドの作成を行った。評価実験を行った。

(※文責: 菅原惇)

6.1.3 小島理央の活動内容

5月

本プロジェクトのテーマにもある生体信号についての知見を広める活動を行った。具体的には生体信号の先行研究にはどのようなものがあるのかを調べ、自分が本プロジェクトで生体信号を用いてやりたいことと共にスライド形式で発表した。スライド発表や話し合いの末、やりたいことの方向性が似ている人でグループを作った。その後具体的に何をテーマに制作していくのかをグループ内で話し合った。最初は動物が持つ機能で人体を拡張できないか検討した。どの動物の機能を用いるのかアイデアを出すために、函館公園へのフィールドワーク、動物図鑑で特徴的な動物の検索などを行った。しかし動物の機能は実用を考えると難しいと判断したため、人の手の拡張に焦点を変更した。担当教員からのアドバイスにより、人

Interface using biosignal to augment body -ASHURA-

の手を拡張するアイデアを出すために、様々な形のを自分たちの手で作るという作業を行った。さらにプロジェクト全体では、櫻沢先生から筋電位と計測回路についての講義を受けた。安井先生からは効率よくアイデアを出すスケッチのやり方についての講義を受けた。

6月

指の先から手が生えたら面白いというアイデアから製作物を決定した。プロトタイプ製作の目標を決定し、作業に取り掛かった。プロトタイプ作成に必要な Arduino 制御に関しての知識を、本やインターネットを活用しながら学んだ。製作に必要なものの買い出しも行った。

7月

筋電位測定回路からの信号を読み取り、モータを動かせるように Arduino のプログラムを作成した。さらにプロトタイプの外装の組み立てとやすり掛けを行った。後半は学内中間発表用のスライドを作成および、担当教員やプロジェクトメンバーからのアドバイスを基にスライドの修正も行った。中間発表ではプロジェクト全体の概要説明も行った。

8月

中間報告までの反省やフィードバックを基にこれからの活動について考えた。グループ内で連絡を取り合い後期活動の流れを確認した。

9月

グループ内で前期プロトタイプの反省点から、どの要素を重点において PuppeTE を製作していくかを話し合った。

10月

グループ内で話し合い、最終成果物の目標を5本指の独立操作とした。指5本を独立して動かすために、小型モータの選定を行った。さらにモータを手の甲に埋め込むための配置方法をグループ内で話し合った。手の甲部分の構造がプロトタイプとは大きく変わるため、一から自分たちで設計することにした。

11月

発注したモータのトルクでは PuppeTE の指を曲げることができないことが判明した。そのためモータのサイズを、トルクが小さくなりすぎない程度に大きくすることにした。それに伴い、今までのモータの配置方法を使うことができなくなったため、配置方法を再検討した。前期で作成した Arduino のプロトタイプはモータを1つだけ制御するプログラムだったため、モータ5つを独立制御できるようにプログラムを修正した。

12月

筋電位計測回路を自分で動かせるように基礎的な知識を、プロジェクトメンバーと研究生の方に教えていただいた。Arduino, 筋電位計測回路, PuppeTE 動作部の接続行い, 筋電位で PuppeTE の装置全体が動かせるようになった。評価実験の際には被験者の筋電位が計測できる場所を探し、被験者によって PuppeTE が動作できるよう調節した。最終発表用のスライドを作成および、担当教員やプロジェクトメンバーからのアドバイスを基にスライドの修正も行った。最終発表ではプロジェクト全体の概要説明とグループの成果発表および PuppeTE 動作のデモを担当した。

(※文責: 小島理央)

6.1.4 岩瀬豪の活動内容

5月

Interface using biosignal to augment body -ASHURA-

ヒトが持たず、他の動物のみが持つ機能を人体を拡張できないか検討した。しかし、実用を勘案した結果、その多くがヒトの進化の過程で意図的に排除されてきたものであることが判明した。このことから、他の動物が持つ機能ではなく、ヒトが持つ優位的な機能に着目することとなった。

6月

表面筋電位の計測は、ノイズが混入しやすく、信号が微弱であるという性質からノイズの除去と信号増幅が必須である。そのため、回路は煩雑になってしまう。私たちの作成する最終製作物「PuppeTE」は小型化を目標にしており、計測回路も例外ではない。そこで、最終製作物に向け回路をより小型化する為に、プロトタイプで使用したものより、より小型なチップ抵抗などのパーツの選定を行った。

7月

3D CAD を用いた PuppeTE 接合部パーツの設計・出力を行った。また、学内中間発表用の資料を作成した。

8月

中間報告会で得たフィードバックや担当教員からのアドバイスをもとに今後の製作内容を検討した。

9月

グループ内で成果物の最終的な製作方針を決定した。それにともない、基盤全般の設計変更を行った。

10月

ユニバーサル基盤を用いて、回路の簡易的な動作確認を行った。また、グループ内でモータの配置方法やギア比の変更を討論した。

11月

前期に発注したモータではトルクの面で要求を満たさないことが判明したため再度モータの選定と発注をおこなった。モータの仕様変更にともない、モータドライブ IC も再選定、発注と実験を行った。

12月

新規で発注したモータドライブ IC は動作実験の結果から要求を満たすものでなかったため、再度、選定発注実験を行った。3度目に発注した IC は要件を満たしたため、5ch 動作するドライブ基盤の設計、製作を行った。また、学内にて最終報告を行い、最終報告書を執筆した。

(※文責: 岩瀬豪)

6.1.5 前川和輝の活動内容

5月

担当教員による筋肉の仕組みや筋電計測回路についての講義と分かりやすく伝えるためのスケッチの描きかたについての講義を受けた。また、生体信号についての先行研究や先行事例を調べ発表した。そして、当初動物の機能を人間に模倣するというテーマを基に、始めに動物にあって人間にない特徴や機能について調べグループでブレインストーミングを行ったり、フィールドワークを行ったりして動物に関しての知見を上げた。

6月

紙粘土等を用いた工作を行い、実際に形作って指の先から手が生えるというテーマを決め、

Interface using biosignal to augment body -ASHURA-

そこから製作物の案を決めた。また、既存の義手の型を用い、それを小型化するために3Dプリンタによる出力を調整したり、小型化するに伴って支柱やワイヤー等の部品について検討したりした。さらに、組み立て時になめらかに動くようにするために、可動部のヤスリがけを行った。

7月

製作物の前期プロトタイプの完成を目指して組み立てを主に行った。また、中間発表のために発表練習を行った。

8月

中間発表を終え、頂いたフィードバックや反省点を元に後期の方針や今後の計画等をテキストで議論した。

9月

前期の反省を踏まえ後期のスケジュールや最終成果物の目標を決めた。また、3DCADソフトウェアのFusion360について学習した。

10月

PuppeTEの掌の中にモータを5つ入れるために、既存の義手の型ではなくFusion360で掌の型を検討した。小型化かつモータを入れるために中を空洞にし、あとから蓋をつけるような形にした。また、既存の義手の型の、筒と接合する部分をなくし、掌に余裕を持たせる構造にした。

11月

指を動かすためのトルクの問題からモータの選定、モータの配置、それに伴う掌の設計の変更を行った。モータの配置を二段構造にする上で蓋をつけた。また、人差し指に直接装着する筒の作成、筒と掌部分の接着方法、人差し指に装着するための装着方法を検討し、サンプルを作った。

12月

プロジェクト最終発表に向けて成果物の組み立てと調整、写真撮影を行った。その後、学内で最終発表を行い、最終報告書の執筆を行った。

(※文責: 前川和輝)

6.2 担当課題と他の課題の連携内容

6.2.1 北山奏人

外装について、モータの配置方法の検討や3Dプリンタで印刷した手を組み立て、プロトタイプの製作を、同じく外装担当である菅原と前川と協力した。また、実験の構成やポスターの作成を行った。

(※文責: 北山奏人)

6.2.2 菅原惇

Fusion 360を用いて設計した細かいパーツを3Dプリンタを用いて作成した。スライドでは文章などの載せる内容の作成を小島と協力した。また、報告書の執筆の取りまとめを行ったほか、実験計

Interface using biosignal to augment body -ASHURA-

画書や説明書, 評価シートを作成した.

(※文責: 菅原惇)

6.2.3 小島理央

Arduino を使ったモータの制御を主に担当した. また, 終盤には岩瀬の担当した回路製作に協力した. また, 発表用のスライドの製作を菅原と協力して行った.

(※文責: 小島理央)

6.2.4 岩瀬豪

部品の選定及び回路の設計, 筋電回路や回路基板の製作を行った. また, プロジェクトリーダーとして進捗の管理も行った.

(※文責: 岩瀬豪)

6.2.5 前川和輝

Fusion 360 を使い, PuppeTE の外装のモデリングを行った. また, 装着部分を 3D プリンタや人肌ゲルを用いて製作した.

(※文責: 前川和輝)

第7章 まとめ

7.1 前期活動のまとめ

前期では、プロジェクトの活動が開始されると、初めに生体信号を用いた研究や事例について各自で調べ、プレゼンテーションを行った。そして、担当教員による、アイデアや考えを人に伝える際に役に立つスケッチの講義、筋肉の収縮や筋電位の仕組みや筋電計測回路についての講義を受けた。その後、プロジェクトメンバーをグループ分けするためにブレインストーミングを行い、メンバーのやりたいことを基にプロジェクトメンバー全員で話し合った。そして3グループに分けグループ活動を開始した。本グループでは、まず人間の手に焦点をあて、拡張することを考えた。さらにその過程で指の先に手が生えたらどうなるのかについて興味を持った。そのため本グループは、指の先から手が生えた時に得られる身体感覚や、それが周囲の人々に与える影響を調査することをテーマとした。前期では人差し指の先に、製作した小さな手を装着し、手を開閉した時の腕の筋電位を用いてその手も開閉させ動かすことを目標とした。さらにこの製作物を PuppeTE と名づけ製作した。指で糸を直接引いて PuppeTE の指を動かすのではなく、筋電位を用いて動くように製作したのは自分の指で動かす感覚や、指の先に生えているという感覚を損なわないためである。また、指を動かすためのワイヤーや支柱の素材について検討した。そして、手の開閉をした時に発生する腕の表面筋電位を計測することで、人差し指の先に装着した PuppeTE を開閉させるプロトタイプを製作した。そして、学内での中間発表で前期の活動とプロトタイプを発表した。また、試しに製作者が装着したところ、課題として装置が思ったより大きいこと、指に装着したときに隙間ができること、指を動かしてから時間差が生まれること、人差し指を伸ばしたままほかの指を曲げることが難しいこと等が挙げられた。

(※文責: 前川和輝)

7.2 後期活動のまとめ

後期では PuppeTE の改良と評価を行った。まず、後期の大きな目標として装置全体を小型化し、各指を独立操作させることを課題とした。そのため前期プロトタイプの構造や部品の見直しを行った。最終成果物では、PuppeTE の掌部分にモータを5つ配置することで小型化かつ各指の独立操作を可能とするために、指を動かすための機構やモータの選定・配置、PuppeTE 本体の設計の変更を検討した。また、それぞれのモータを動かすためにモータドライブ基板加工やプログラムの変更も行った。さらに人差し指への装着方法も検討し、最終成果物を製作した。そして、学内での成果発表会にて今までの活動内容と成果物を発表した。また、評価実験の計画を立て、第三者に PuppeTE を装着してもらい、その時に感じる主観的感覚について実験を行い検証した。評価実験の結果からは、新たな身体感覚を与えることはできなかった。その理由として、動作の遅延や動かした指とは違う指が反応してしまったことが挙げられた。

(※文責: 前川和輝)

7.3 今後の展望

今回私たちの製作したデバイスは新たな身体感覚を与えることはできなかった。その理由として指を動かしたときに PuppeTE の指が動くまでに時間差があることやほかの指が動いてしまったことが挙げられた。これは各指の筋電位を測る場所が曖昧で、動かそうとする指とは別の指の筋電位が検出されてしまったことや筋電位自体がうまく測れなかったことが理由であると考えられる。しかし、使用用途の自由記述欄では細かな作業ができるのではという意見があった。よって、現状の PuppeTE をさらに改良することができれば新たな身体感覚を与えることのできるデバイスになるのではないかと考える。そのために今後各指の筋電位を測る位置の確立や動作の遅延を短くする方法を検討する必要がある。

(※文責: 前川和輝)

参考文献

- [1] 本間元康. ラバーハンドイリュージョン: その現象と広がり. 認知科学, Vol.17, No.4, pp.761-770, 2010.
- [2] 西村他. 服装によって生起する多面的感情状態尺度. 1995.
- [3] 堀洋道, 山本真理子. 心理測定尺度集 1, pp303-pp315, 2004.