

公立はこだて未来大学 2017 年度 システム情報科学実習  
グループ報告書

**Future University Hakodate 2017 System Information Science Practice  
Group Report**

プロジェクト名

身体拡張筋電インタフェース - ASHURA -

**Project Name**

Body augmentation myoelectric interface - 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.

22

プロジェクトリーダー/Project Leader

1015076 小坂明日香 Asuka Koita

グループリーダー/Group Leader

1015192 瀧一考 Kazutaka Taki

グループメンバ/Group Member

1015192 瀧一考 Kazutaka Taki

1015035 高橋一弥 Ichiya Takahashi

1015185 佐藤健杜 Kento Sato

1015196 前川海聖 Kaisei Maekawa

指導教員

櫻沢繁 高木清二 辻義人

**Advisor**

Shigeru Sakurazawa Seiji Takagi Yoshihito Tsuji

提出日

2018 年 1 月 19 日

**Date of Submission**

January 19, 2018

## 概要

人間は集団で生活する生物である。集団で生活する生物は、人間に限らず、他の個体とコミュニケーションを行なっている。コミュニケーションは、自らの存在や意思を主張するためなど様々な用途で行われるが、その手法は様々である。我々は、人間が持ち得ないコミュニケーション手段である発光に着目し、発光器官を模したデバイスを作成した。このデバイスを使用することにより、人間でも光という非言語の情報によるコミュニケーションが有効であることおよび筋電位はスイッチよりも感情表現という面において優れているという2つの仮説を検証することを目的とした。この目的の実現には、筋肉という自らの身体を用いて操作し、自ら感情表現しているという実感が得られること、光を使って表現している感情が、コミュニケーション相手にしっかり伝わる必要があると考えた。開発するデバイスには、マイコンとしてArduinoを用いた。腕に筋電位計測用の電極を貼り、腕に力を入れると耳が赤く光るようにデバイスを設計した。このデバイスの開発により、コミュニケーションの促進、リハビリへの応用など様々な副次的効果が期待できる。評価実験では、被験者に対し難度の高い達成型の課題を与えた。被験者はペアになって課題を行い片方の被験者がもう一方の被験者の課題を支援した。実験後に被験者に対してアンケートを行った。アンケートの回答方法は6件法を用いた。アンケート結果は、対応あり1要因分散分析を用いて分析を行った。分析結果などについて報告を行う。

キーワード 筋電位、発光器官、光、Arduino、感情、コミュニケーション

(※文責: 瀧一考)

## Abstract

People are living in a group. Not only people but also creatures communicate with other one. Communication have various uses which shows existence and so on. But, there are various styles. We approached luminescence which human doesn't have communication tool and made device to trace luminous organ. We set purpose to verify two hypotheses. First, lighting which is nonverbal is available to use this device. Second, Myoelectricity is better than switch in express own affection. We attain to need that you feel own affection to manage device by using my muscle and expressing affection by using light communicate with you. We use Arduino as micro of making device. We designed that your ears flash red color when you exert your arm which electrode is put to measure myoelectricity. This device has expectation of promoting communication and rehabilitation and so on. At evaluation experiment, we impose difficult task which attain something to test subject. One of the test subject behind task of another one with pares. After experiment, we send out questionnaires. Respond methods is used 6-point scale. We analysis result of questionnaires by using one-way analysis of variance. We report result of analysis.

Keyword Myoelectricity, Luminous organ, Light, Arduino, Affection, Communication.

(※文責: 前川海聖)

# 目次

第1章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	従来例	1
1.3	期待される成果	1
第2章	プロジェクト学習概要	2
2.1	目的	2
2.2	課題の概要	2
第3章	課題解決のプロセスの概要	3
3.1	前期の課題解決のプロセス	3
3.2	後期の課題解決のプロセス	4
第4章	課題解決のプロセスの評細	6
4.1	各人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ	6
4.1.1	瀧一考(グループリーダ、ソフト設計担当)	6
4.1.2	前川海聖(ソフト設計担当)	6
4.1.3	高橋一弥(回路設計担当)	7
4.1.4	佐藤健杜(回路設計、ハードウェア制作担当)	7
4.2	担当課題解決過程の詳細	8
4.2.1	瀧一考(グループリーダ、ソフト設計担当)	8
4.2.2	前川海聖(ソフト設計担当)	9
4.2.3	高橋一弥(回路設計担当)	10
4.2.4	佐藤健杜(回路設計、ハードウェア制作担当)	11
4.3	計測機器	12
4.3.1	電極	12
4.3.2	導電布	12
4.4	筋電計測回路	13
4.4.1	差動増幅回路	13
4.4.2	ハイパスフィルタ	13
4.4.3	非反転増幅回路	13
4.4.4	半波整流回路	13
4.4.5	積分回路	13
4.4.6	反転増幅回路	14
4.5	制御機器	14
4.5.1	Arduino	14
4.6	外装部品	14
4.6.1	LED テープ	14
4.6.2	3Dプリンタ	14
4.6.3	Fusion360	15
4.6.4	デバイスに使用する電源	15
4.7	評価実験	15
4.7.1	評価実験の目的	15
4.7.2	実験の概要	15

4.7.3	実験手続き	16
4.7.4	アンケート	16
4.7.5	分析方法	16
第5章	結果	18
5.1	成果物	18
5.2	評価実験の結果	19
5.3	考察	21
5.4	担当分課題の評価	21
5.4.1	瀧一考(グループリーダ、ソフト設計担当)	21
5.4.2	前川海聖(ソフトウェア担当)	22
5.4.3	高橋一弥(回路設計担当)	22
5.4.4	佐藤健杜(回路設計、ハードウェア制作担当)	23
第6章	今後の展望と課題	24
	参考文献	25

# 第1章 はじめに

## 1.1 背景

コミュニケーションは言語情報によるもの (verbal communication) と、非言語情報によるもの (non-verbal communication) に分類することができる。先行研究において、ノンバーバルコミュニケーションは、自然言語よりもコミュニケーションにおいて重視されることがわかっている [1]。我々は、このノンバーバルコミュニケーションに注目した。人間が行なっているノンバーバルコミュニケーションの要素は、パラ言語、身体の動作、身体の外観、空間と距離、身体の接触の5つである [2]。他の生物が行っているノンバーバルコミュニケーションの例として、鳴き声、動作、柄、発光などが挙げられる。その中でも発光に着目すると、発光は蛍やクラゲ、チョウチンアンコウなどが用いており、それぞれの生物で光の使い方は様々である。我々人間も、発光というコミュニケーションは、ツールを用いることで多く行っているが、哺乳類は発光器官を持たないため生体の発光によるコミュニケーションは行っていない。そこで我々は、擬似的に発光器官を付与することによって、どのようにコミュニケーションの質に変化が現れるのか興味を持った。なお、デバイスの操作方法として、身体に不自由のある方でも、わずかに筋肉を動かせることが出来れば、人とコミュニケーションをとることが出来るのではないかという考えから筋電位を用いることにした。

(※文責: 瀧一考)

## 1.2 従来例

現在では、LEDを用いたファッション・コミュニケーションツールなど様々なコミュニケーションツールの開発がなされている [3]。これらのツールのほとんどはスイッチで動作している他、自らの身体の動作などに反応して動くものは少ない。

(※文責: 瀧一考)

## 1.3 期待される成果

このデバイスの作成によって期待される成果として、コミュニケーションの促進が考えられる。また、筋肉が動けば操作が可能であるという点から、様々な原因によってコミュニケーションが困難となった方への活用が考えられる。同様の理由で、リハビリや医療現場での活用も期待される。

(※文責: 瀧一考)

## 第2章 プロジェクト学習概要

### 2.1 目的

我々は他者とコミュニケーションを取る際、言語情報と非言語情報を組み合わせることで自らの感情を他者に伝えている。先行研究において、メラビアンの法則のように言語情報と非言語情報では、非言語情報の方が他者に与える心理的影響が大きいことがわかっている。我々は、人間の非言語コミュニケーションに着目した。人間の行う非言語コミュニケーションは、大きく分けてパラ言語、身体の動作、身体の外観、空間と距離、身体の接触の5つに分類される。この5つを組み合わせ他人に感情を伝えている。人間以外の動物が行うコミュニケーションに着目すると、鳴き声、身体の動作、見た目の変化、空間と距離などがある。他の動物が行うコミュニケーションにおける見た目の変化は様々な場合が存在する。我々は、その中でも哺乳類が有さない性質である生体の発光に着目した。人間が有さない発光器官を手に入れることで我々のコミュニケーションはどのように変化するか調べることにした。我々は、デバイスの製作にあたり、以下の2点の仮説を設定した。その理由として、発光を人対人のコミュニケーションに用いることで、感情表現の手段が増えると考えたことおよび、体外にあるスイッチをコミュニケーションの際に操作することは意識が自分と相手以外に向いてしまい十分にコミュニケーションに集中できないと考えたことが挙げられる。

1. 光によるコミュニケーションは人間においても有効である
2. 筋電位はスイッチよりも感情表現の実感という点で優れている

我々は、この2つの仮説を検証することを目的とした。

(※文責: 瀧一考)

### 2.2 課題の概要

我々は目的を以下の2つの仮説の検証をすることを目的とした。

1. 光によるコミュニケーションは人間においても有効である
2. 感情表現の実感という面において、スイッチよりも筋電位が優れている

この2つの仮説を成立させるためにデバイスに求められることとして、以下の2つが必要であると考えた。1つは、筋肉という自らの身体を用いて操作することによって、自ら感情表現しているという確かな実感が得られることである。従来例で述べたようにコミュニケーション支援ツールの多くはスイッチによって動作している。我々は、感情表現においてスイッチを押すという行動は、表現の重大な障害になりうると考えた。従って、スイッチではなく、自らの身体をスイッチとして用いることで、より感情表現しているという実感が得られると考えた。また、感情を相手に伝えるという点から、自らの意思で光を完璧にコントロールする必要があると考えた。なぜならば、コミュニケーションにおいて伝えたい感情と伝えてはならない感情があると考えたからである。

(※文責: 高橋一弥)

## 第3章 課題解決のプロセスの概要

### 3.1 前期の課題解決のプロセス

#### 1. 筋電位についての学習

筋電位の概要と計測方法について学習した。

#### 2. 筋電計測回路についての学習

筋電計測回路の構成や各回路の働きについて学習した。

#### 3. 筋電位を用いた先行研究の調査

筋電位を用いた先行研究の内容や、その問題点を論文や文献をもとに調査した。

#### 4. 目標の設定

調査した内容をもとに自分たちのやりたいことについて話し合った。その結果、本グループでは「腰の負担を軽減するパワードスーツ」を作成することを目標とした。

#### 5. 必要な知識についての調査

パワードスーツを作成するにあたって必要な知識を、先行研究についての論文や文献をもとに学習した。また、それぞれのメンバが学習した知識を、グループ内で共有した。

#### 6. パワードスーツの基礎設計

調査によって得た知識をもとに、パワードスーツの基礎設計を行った。基礎設計が完了した後、この設計では、作用・反作用の法則により、腰以外の一部の部位に大きな負担がかかることが判明した。メンバの知識不足により、この問題点を克服することが難しいと判断したため、パワードスーツの開発を中止、断念した。

#### 7. 目標の再設定

当初の目標が断念したため、再びメンバ間で、自分たちが作成したいものについての話し合いを行った。その結果、次の目標は「筋電位を用いて楽器を演奏するシステムの作成」とした。

#### 8. デバイスの基礎設計

作成するデバイスの基礎設計を行った。その後、回路設計や外装の設計を行った。

#### 9. デバイスの作成

グループ内で、回路作成とプログラム作成の2つの班に分かれてデバイスの作成を行った。各班の作業の概要は以下のとおりである。

回路作成班：表面筋電位を計測するためのアクティブ電極を作成した。また、1チャンネル分の筋電位を計測する回路を、ユニバーサル基盤を用いて作成した。

プログラム作成班：Pythonを用いて、筋電測定回路からの入力信号が閾値を超えた場合、楽器の音を鳴らす、というプログラムを作成した。また、プログラムのデバッグを行った。

#### 10. デバイスの完成

2つの班が作成したものを統合した。その後、動作確認を行い、デバイスを完成させた。

(※文責: 佐藤健杜)



## 3.2 後期の課題解決のプロセス

### 1. 前期の反省

前期で指導教員や同プロジェクトのメンバから寄せられた意見をもとに、問題点を洗い出した。そして、反省をもとに、グループの今後の方針について、メンバ間で話し合いを行った。その結果、目標を新たに再設定することに決定した。

### 2. 着目する対象の決定

まず、目標を設定するにあたって、どのようなものに着目するか、メンバ間で話し合った。その結果、コミュニケーションに着目することとなった。

### 3. コミュニケーション手段についての学習

コミュニケーションをテーマとした論文や文献から、コミュニケーションの手段について学習した。また、得られた情報をメンバ間で共有した。そして、メンバ間で話し合いを行い、コミュニケーション手段の一つである発光に注目することとなった。

### 4. 発光器官についての学習

蛍など生物が発光する理由や、発光器官の構造について、論文や文献をもとに調査を行った。また、得た知識をメンバ間で共有した。

### 5. 目標の設定

学習した内容から、発光がコミュニケーションに使えると考えた。そして、発光器官をデバイスにするにあたって、2つの仮説が発生した。そのため、本グループの目標は、発光器官の作成と、設定した仮説の検証の2つとなった。

### 6. 発光させる部位の考察

「発光器官の作成」というテーマの下、見やすさ、目立ちやすさ等といった観点から、身体を発光させるための最適な部位についての考察を行った。その結果、光が透過しやすく、目立ちやすいという理由から、耳を発光させることに決定した。

### 7. デバイス作成の準備

作成するデバイスの基礎設計を行った。また、必要な物品の選定を行った。

### 8. デバイスの作成

グループ内で、回路作成、プログラム作成、ハードウェア作成の3つの班に分かれてデバイスの作成を行った。各班の作業の概要は以下のとおりである。回路作成班：前期で使用したものよりも小型の筋電計測回路を作成した。また、アクティブ電極のスペアの作成や、LEDテープとリード線の接続を行った。プログラム作成班：Arduino言語を用いて、筋電測定回路からの入力信号が閾値を超えた場合、LEDライトを発光させるという処理を行うプログラムを作成した。また、プログラムのデバッグを行った。ハードウェア制作班：購入した部品から、パーツの組み立てを行った。また、購入したパーツの一部に問題点が見られたため、3Dプリンタで部品の印刷を行った。

9. 実験計画の作成評価実験を行うにあたって必要な課題やアンケートを作成した。被験者の募集を行った。

### 10. デバイスの完成

3つの班が作成したものを統合した。また、想定通りに動くか、耳が発光しているように見えるかを確認する実験を行った。

### 11. 評価実験

作成したデバイスを用いて、発光のコミュニケーションへの有効性と、筋電位とスイッチ間における感情表現の実感に関する相違点を検証する評価実験を行った。

### 12. 実験結果のフィードバック及び考察

実験で得られた結果をもとに検定を行い、検証した項目で有意差が得られたかどうかを確認した。また、検定の結果やアンケートから得られた意見をもとに、自分たちの作ったデバイスに対

する考察を行った。

(※文責: 佐藤健杜)

## 第4章 課題解決のプロセスの評細

### 4.1 各人の課題の概要とプロジェクト内における位置づけ

#### 4.1.1 瀧一考 (グループリーダー、ソフト設計担当)

前期、後期共にグループリーダー、ソフトウェア担当、実験担当として取り組んだ。前期では、グループリーダーとして作成するデバイスの要件定義の話し合いでグループメンバーの意見のまとめ役として働くことが課題であった。要件定義後は、ソフトウェア担当としてプログラムの作成を行いながら、具体的な動作を検討するための実験を計画、実施することが課題であった。後期においては、前期と作成するデバイスが変更となったため、前期と同様の課題に加えて、最終的な評価実験の計画と実施をすることが課題であった。

5月：開発デバイスの要件定義、事例の調査、筋電位に関する基礎知識の習得

6月：スケジュール設定、デバイスの要件定義、プログラム作成、回路作成、実験

7月：発表スライド作成、発表、プログラム作成、発表のフィードバック、報告書作成

後期

9月：開発デバイスの要件定義

10月：開発デバイスの要件定義、文献調査、実験計画、分析方法の基礎知識習得

11月：実験、プログラム調整、スライド作成、発表原稿作成、実験結果の分析と考察

12月：発表スライド作成、発表原稿作成、ポスター作成、発表、報告書作成、発表の反省

(※文責: 瀧一考)

#### 4.1.2 前川海聖 (ソフト設計担当)

前期・後期共にソフトウェア班として、プログラムの開発環境の検討、プログラムの作成を行うことが主な課題であった。前期では、プログラムを作成するための知識、RaspberryPi上でのアナログ信号からデジタル信号へ変換する処理を学ぶ必要があった。後期では、使用するハードウェアの検討、ハードウェアを制御するためのライブラリの導入を行う必要があった。また、評価実験を行う際の説明を行うのが課題であった。発表練習の際は、グループの書記係を務めるのが課題であった。中間・最終報告書の作成にあたっては、TeXの習得と報告書の作成、点検を行う課題が割り当てられた。

5月：制作物の検討

6月：プログラムの開発

7月：プログラムの調整、中間発表準備

後期

9月：グループの目標を確認、制作物の再検討

10月：論文の輪読、デバイスのデザインの検討、プログラムの開発

11月：評価実験

12月：最終発表準備

(※文責: 前川海聖)

### 4.1.3 高橋一弥 (回路設計担当)

前期、後期ともにハードウェア設計の担当として取り組んだ。前期では、筋電計測回路の作製、電極の作製を早い段階で行い、その後、デバイスの作製に着手したいと考えた。後期では、前期ではなぜうまくいかなかったのかの反省を行い、その反省を踏まえる形で、再び何を作るかの話し合いを行い、前期と同様に筋電計測回路の作製を早くに終わらせて、デバイスの作製を行いたいと考えた。

5月：目的の設定、電極及び筋電計測回路の製作

6月：筋電計測回路の製作

7月：筋電計測回路の製作、発表練習

後期

9月：制作物の再決定

10月：筋電計測回路の小型化、電極の製作

11月：筋電計測回路の小型化、デバイスの製作

12月：発表練習

(※文責: 高橋一弥)

### 4.1.4 佐藤健杜 (回路設計、ハードウェア制作担当)

前期、後期通して回路設計、ハードウェア制作、ポスター制作を担当した。前期は、回路設計担当としては、アクティブ電極の作成や筋電計測回路の作成を行うことが課題であった。ハード

ウェア制作担当としては、デバイスの基礎設計や組み立て、必要部品の選定を行うことが課題であった。ポスター担当としては、中間発表の際に必要なポスターの文章やレイアウトを作成することが課題であった。後期では、前期と同様の課題を引き続き行った。加えて、回路設計担当としては、筋電計測回路の小型化、ハードウェア制作担当としては、必要部品の設計及び3Dプリンタでの印刷が課題となった。課題となった。

5月: 目的の設定、問題点の調査、パワードスーツの基礎設計

6月: パワードスーツの基礎設計、目的の再設定、筋電計測回路の設計

7月: 筋電計測回路の作成・調整、ポスターの作成

後期

9月: グループの目的の再設定

10月: 目的の再設定、非言語コミュニケーションに関する文献の調査、発光させる部位の考察、デバイスの基礎設計、必要な部品の発注、筋電計測回路の作成

11月: デバイスの組み立て、外装部品のモデリング作成・3Dプリンタでの印刷、評価実験の実施、ポスター作製

12月: デバイスの組み立て、外装部品の3Dプリンタでの印刷、ポスターの作成

(※文責: 佐藤健杜)

## 4.2 担当課題解決過程の詳細

### 4.2.1 瀧一考 (グループリーダー、ソフト設計担当)

5月グループリーダーに任命されたため、他のグループメンバから、何を行いたいのか意見を聞き、それを基にグループの目標を決定した。また、グループメンバの得意な分野、興味のあることを聞き出し、回路、ソフト、ハードの責任者をグループ内にて決定した。その後、筋電位について学習するとともに筋電位が用いられた様々な事例を調べ、グループ内で発表を行った。5月後半は、グループにて話し合い、我々のグループは、パワードスーツを作成することに決定した。様々なパワードスーツの事例をグループ全員で調べるように指示し、グループ内で発表を行った。調べた事例から、現段階におけるパワードスーツの問題点を探し出し、新たなニーズを探った。

6月先月に引き続き、ニーズを探ることを継続して行った。指導教員含め、グループメンバと話し合った結果、作成するものを同時演奏支援用のインタフェースに変更となった。グループで話し合いながら、今後の大まかなスケジュールを確認し、作成するインタフェースの要件定義を行った。私は、インタフェースに用いるプログラムの作成と、一部回路の製作を担当した。また、インタフェースの機構を決定するためにグループメンバを被験者とした実験筋電位計測実験を2度行なった。実験に用いるための電極を作成した。

7月7月前半は、中間発表のプレゼン担当となったため、スライドを作成し、発表練習を行った。

また、先月に引き続き、プログラム作成を引き続き行った。中間発表後は、発表評価シートを参照し中間発表までのフィードバックを行なった。また、フィードバックと並行して中間報告書の作成を行なった。

8月8月前半は、中間発表までの成果とそれに対する評価をもとに、目標や作成するデバイスを再設定する事にした。自分たちが本当にやりたいことを再確認するため班員全員と教授を交えて話し合いを行った。8月後半は夏季休暇であったため、活動は行わなかった。

9月9月は先月に引き続き、目的および作成するデバイスの再考を行った。話し合いの際には、班員の意見のまとめ役を行った。

10月10月前半では、製作するデバイスが発光器官に決定した。それに伴って、要件定義を行った。要件定義と並行しながら、必要な文献を探した後に要約を行い班内で共有する作業を行った。また評価実験の担当になったため、10月の後半では、プログラムの調整と並行しながら評価実験に必要な分析方法に関する知識の習得と実験計画を行った。

11月11月前半では、主に実験とプログラムの調整を行った。実験では、前準備として、被験者募集のために教授にお願いし、担当している授業内でアナウンスを行った。また、11月後半では、中間発表と同様に発表担当になったので、発表のためのスライド、原稿の作成と集まった実験データの解析と考察を行った。

12月11月では、発表に用いるスライドおよび原稿の修正と発表練習を行った。また、ポスター文章の一部の作成を行った。発表後では、期末報告書の作成と並行しながら、班員と反省会を行った。

(※文責: 瀧一考)

## 4.2.2 前川海聖 (ソフト設計担当)

5月 ソフトウェア開発担当に任命された。私は、インタフェース開発にあたって、筋電位を計測してからどのように外部の動作を行うのかを、研究室の先輩方から教えていただいた。また、使用するプログラミング言語やマイコンボードを検討した。

6月使用するプログラミング言語はPython、マイコンボードはRaspberry Pi 3を用いることにした。購入するまでの間、辻先生にRaspberry Pi 2を貸していただき、Pythonの学習とシステム開発を行った。

7月中間発表に向けて、プロトタイプの作成と中間報告書の作成を行った。プロトタイプ作成に関しては、プログラムのバグの修正と動作の調整を、グループリーダー瀧と共にを行った。プロトタイプのデモムービー作成の際には、出演してデモンストレーションを行った。中間報告書の作成にあたって、文書作成ソフトTeXを学び始めた。

9月新しいテーマの設定とメンバ間でグループの目標の確認を行った。メンバ各々の目標を再確認し、それらを元に新しいテーマの再設定を行った。テーマの再設定に関しては、このテーマに設定した理由、筋電位を使用する理由、身体拡張をしているのか、このテーマで目指すことを慎重に検討した。

10月 拡張した身体をコミュニケーションに利用することをテーマに設定にした。制作物を検討する際、ヒトのコミュニケーションについての本、論文をメンバ間で輪読した。それらから得た知識を使い、発光器官を制作することにした。そして、発光により人間のコミュニケーションがどのように変化するのか、発光する際に人間の外部にあるスイッチを操作するのは、感情表現の障害になるのではないかと仮説し、検証することを目的にした。デバイスの制作にあたっては、必要な材料を検討した。10月後半では、arduinoを使用し、LEDテープを制御するプログラムを作成した。

11月 評価実験を行った。評価実験の被験者募集のため、プロジェクトの先生が担当する講義でアナウンスを行った。評価実験にあたって、プログラムの調整、デバイスの不具合等の解消を行った。また、期末報告書の作成を並行して行った。

12月 プロジェクト発表のため、スライドのイラストを制作した。また、発表練習では、先生や他のグループから指摘された点をまとめ、発表の改善に努めた。発表後では、班員と反省会を行った。その後、期末報告書の作成を行った。

(※文責: 前川海聖)

### 4.2.3 高橋一弥 (回路設計担当)

5月 自分が作りたいもの、したいものをわかっている範囲で簡易的に発表をした。やりたいことが似ている人ごとにグループ分けを行い、活動を始めた。自分たちの作りたいものについて学び、皆で意見を出し、考えをまとめていった。筋電位を作成するために必要な知識を教えるための講義や力学の基礎についての講義を行ってもらった。電極の作製も行った。また、電極の作成時、注意事項について上級生に指導していただいた。その後、その制作方法をほかのグループメンバにも伝えた。

6月5月に引き続き、作りたいものを調べていった。その際、自分たちが作りたいというだけでなく、それが本当に必要なのかを考えなければならないことを学んだ。また、筋電位を測定するための回路をユニバーサル基板で作成し、作成した基板で筋電位が測定できるかの実験を行った。作成する際に、基板の完成図を方眼紙に書いてから行うと良いこととオペアンプを付けるときはソケットを先につけることを上級生の方から指導していただいた。

7月 先月に引き続き、回路の作製を行った。また、発表担当になり、中間発表を行うこととなったので、発表練習を行った。回路の担当として電極の作製、筋電計測回路の製作を行った。基板を作成する際の注意事項として通電していることや電線が混じっていないかの確認をする、基板の見取り図を方眼紙に書いてから行うなどのことの大切さを上級生の方から指導していただいた。

9月 前期では、なぜうまくいかなかったのか、どこがいけなかったのかの反省を行い、先生方のアドバイスである、独りよがりのものを作らないということ参考にし、新たに何を行っていくかの話し合いを行うことで、グループの目的の再設定を行った。また、再設定を行う際に必要になりそうな資料を探すことを行った。

10月 先月に引き続き、目的の再設定を行った。先生の意見を参考にしながら、話し合いを行った。その結果、製作するデバイスが発光器官に決定した。目的の決定に合わせて、非言語コミュ

ニケーションの論文などの必要な文献を探したり、デバイスの形について話し合ったりした。また、持ち運べる形にすることが決まったため、前期に製作した基板よりもより小さいものを製作し、その長さにあった電極の製作も行った。デバイスの製作に必要な物品を探し、その物品の注文も行った。

11月前半では、購入したLEDテープを、筋電位を用いて発光できるようにした。また、10月に製作した筋電計測回路に不備があったため、これの修理も行った。後半では、前期と同様に発表担当になったため、発表練習を行った。11月全体を通して、評価実験を行うために被験者の募集や、実験を行った。

12月発表のためのスライドや原稿を班員と話し合いながら修正していった。また、ポスター制作で使うイラストレータの使い方を教えてもらった。発表を行った後、発表評価シートを参考にしながら、反省会を行った

(※文責: 高橋一弥)

#### 4.2.4 佐藤健杜 (回路設計、ハードウェア制作担当)

5月パワードスーツの制作を目的とした班に配属された。まず、グループ内で役割分担をし、自分はハード・設計の分野を担当することとなった。次に、筋電位についていくつかの講義を受けた。その後、班員とともに筋電位を用いたインタフェースのニーズ等についての調査を行った。その結果、自分たちの班は筋電位を用いたパワードスーツを作成することとなった。そこから、どのようなパワードスーツが求められているか班員とともに調査した。そして、作成するパワードスーツの方針を定めた。方針を定めたのち、パワードスーツの構造やどのような部品を用いるか、といった基礎設計についての考案を進めていった。

6月前の月に引き続き、パワードスーツの基礎設計を練っていった。その途中で、教員等との話し合いを通じて、何度か方針を変更することとなった。幾度も話し合いを重ねた結果、自分たちの班は、筋電位を用いた楽器同時演奏用のインタフェースを作成する、という方針に決定した。これに即して再度役割分担を行い、自分は回路担当に変更となった。方針変更後はまず、班員と議論しながらインタフェースの構造を練っていった。また、インタフェースの構造を考案するにあたって、筋電位を計測する実験を行った。これに際して筋電位を図るために必要な電極の作成を行った。また、同じ回路担当のメンバとともに筋電計測回路の設計を行った。その後、筋電計測回路の作成を開始した。

7月先月に引き続き、筋電計測回路の作成、行った。完成後は、プロトタイプの仕様に合わせて回路の調整を行った。また、時期を同じくして中間発表に向けての役割分担を行い、自分はポスター係に任命された。ポスター作製の際、同プロジェクトのデザインコース所属の方々と共同で作成を行った。それ以外にも、発表のスライドの作成も行った。その後、全体を通して発表練習を行い、教員やほかのグループのメンバに指摘された問題点をもとに、発表内容を洗練させていった。

9月本グループは、中間までの反省を行った結果、後期ではテーマを一新することに決定した。まず、メンバ間での話し合いを行い、各々の目的等を再確認した。そして、新たな目的が決定した後は、筋電位を用いる理由などの、テーマの土台となる部分を固めていった。



10月この月の初めは、先月に引き続きテーマに関する話し合いを行った。その結果、本グループは発光器官を制作することに決定した。そのため、非言語コミュニケーションや発光器官に関する論文や文献を調査し、制作するデバイスの概形を決めていった。その後は、デバイスの基礎設計や必要部品の選定を行った。これらが終わった後に、回路の制作やデバイスの組み立てなどの、自分が担当する作業を開始した。

11月この月の前半では、先月に引き続き自分の担当する作業を行った。また、発注した部品のうち、イヤーフックは耐久性に問題があることが発覚した。そのため、該当部品を3Dモデリングソフトで設計し、3Dプリンタで印刷した。デバイスの組み立てが一通り完了した後は、正常に稼働するかどうかのテストを行った。正しく稼働することが確認できたため、このデバイスを用いて評価実験を行った。

12月先月に引き続き、部品の印刷とデバイスの組み立てを行った。また、成果発表会に必要なポスターの文面の作成を行った。その後、プロジェクト内でも発表練習を行った。この際、他のグループのメンバや教授に指摘された問題点をもとに、発表やスライドの内容を改善していった。成果発表会が終わった後は、発表会の反省と同時に期末報告書の作成を行った。

(※文責: 佐藤健杜)

## 4.3 計測機器

### 4.3.1 電極

筋電位を計測するための電極は、プロジェクトグループで作成したアクティブ電極を使用した。この電極は、リード線をつなげたオペアンプと、塩化銀の銀板を接続したものである。オペアンプの周辺は、ほかの金属部品と触れることがないようにエポキシ樹脂を用いてコーティングを行った。また、腰部に装着する筋電計測回路と筋電位を計測する尺測手根屈筋が離れているため、リード線は1メートル以上の長さのものを使用した。

(※文責: 佐藤健杜)

### 4.3.2 導電布

導電布とは、表面に金属メッキを施した繊維布地のことである。繊維布であるために、柔軟で伸縮しやすいのが特徴である。これを装着する理由は、筋電位計測回路の基準電位と体の基準電位を合わせて、ノイズの軽減を行うためである。

(※文責: 佐藤健杜)

## 4.4 筋電計測回路

本プロジェクトグループで用いた筋電位計測回路とは、アクティブ電極によって計測された表面筋電位のノイズを除去し、さらに増幅を行う回路である。役割の異なる6つの回路から構成されている。この回路を用いることで、計測した筋電位を、Arduino等で処理しやすい信号として出力することができる。以下にそれぞれの回路の役割を示す。

(※文責: 佐藤健杜)

### 4.4.1 差動増幅回路

差動増幅回路とは、2つの入力信号から、その差分を取って増幅する回路である。この回路を用いることで、商用電源等から発生する同相ノイズを除去し、入力された信号のみを増幅することができる。

(※文責: 佐藤健杜)

### 4.4.2 ハイパスフィルタ

ハイパスフィルタは、設定したカットオフ周波数よりも高い周波数の信号はほぼ減衰させず、低い周波数の信号を減衰させる機能を持つ回路である。この回路を用いることで、入力した信号の中から、電極と皮膚のずれによって生じるノイズを除去することができる。

(※文責: 佐藤健杜)

### 4.4.3 非反転増幅回路

非反転増幅回路とは、入力した信号を極性を反転させずに増幅し、出力する回路のことである。この回路に可変抵抗を用いることで、信号の増幅率の変更が可能となった。これによって、測定する人が変わっても筋電位を正確に計測できるようになった。

(※文責: 佐藤健杜)

### 4.4.4 半波整流回路

半波整流回路は、交流電流のうちマイナスの電流のみを削除する回路である。本回路では、ダイオード1個を使用して半波整流回路を構成した。

(※文責: 佐藤健杜)

### 4.4.5 積分回路

積分回路は、入力した信号を時間積分して出力する回路である。すなわち、筋肉の活動量が大きくなれば、この回路で積分される値も大きくなる。今回作成した積分回路は、反転増幅回路とコンデンサから構成されているため、入力した信号の極性が反転するようになっている。

(※文責: 佐藤健杜)

## 4.4.6 反転増幅回路

反転増幅回路は、入力した信号を極性を反転させて増幅し、出力する回路のことである。この回路は、積分回路で出力された極性の反転した信号を元の極性に戻す役割を担っている。

(※文責: 佐藤健杜)

## 4.5 制御機器

### 4.5.1 Arduino

Arduinoとは、AVRポート、入出力ポートを備えた基盤及びArduino言語とそれの統合開発環境から構築される、オープンソースのマイコンボードシステムである。Arduino言語はC言語やC++似たの文法で構成されている。用途に合わせていくつかのタイプがあり、本グループではそのうちの一つである”Arduino Uno”を使用した。本デバイスではArduinoを用いて、筋電測定回路からの入力信号が閾値を超えた場合、LEDライトを発光させる、という処理を行っている。

(※文責: 佐藤健杜)

## 4.6 外装部品

### 4.6.1 LED テープ

本プロジェクトでは、発光器官の光源として、SWITCHSCIENCE社製のフルカラーLEDテープを使用した。光源にLEDテープを採用した理由は2つある。一つは、薄く、かつある程度の柔軟性があるため、発光させる部位にフィットしやすいと考えたためである。もう一つは、裏面が接着の可能な素材になっているため、イヤーフックに装着させやすいと考えたためである。

(※文責: 佐藤健杜)

### 4.6.2 3D プリンタ

本グループで作成した発光器官の外装部品は、3Dプリンタを用いて出力を行った。3Dプリンタとは、3DCGデータ等をもとに3次元の立体物を造形する機器のことである。本デバイスの外装部品を出力するために使用した3Dプリンタは、Makerbot社製の”Makerbot Replicator2X”という機種である。この機種は、熱溶解積層法という造形方式をとっている。この熱溶解積層法は、ABS樹脂などの熱を加えると変形しやすくなる熱可塑性樹脂のフィラメントを用いる方式である。このフィラメントを溶かしたものを下部から一層ずつ連続して積層を行い、立体物の造形を行う。この方式は、出力が比較的容易であるため、個人向けに普及している3Dプリンタの造形方式としてよく用いられている。しかし、この方式で出力されたものは、仕上がりが荒く精度が低い、という欠点がある。

(※文責: 佐藤健杜)

### 4.6.3 Fusion360

本グループで作成した外装部品の3DCGモデルは、Fusion360というソフトで作成した。Fusion360とは、Autodesk社が提供している、3Dプリント等に用いる立体形状データを作成するための3DCADソフトである。このソフトは、単体でコンセプトデザインから製造までのすべての工程を行うことが可能となっている。また、これらすべての工程のデータをクラウド上で管理できるため、開発チーム内での情報共有やコミュニケーションが円滑に行える。上記の特徴に加え、学生であれば無料で利用できるため、外装部品のモデリングには本ソフトを使用することとした。

(※文責: 佐藤健杜)

### 4.6.4 デバイスに使用する電源

本デバイスは、コンパクトでかつ持ち運びを可能とするために、電源の供給にバッテリーを用いることとした。まず、制御機器であるArduinoへの電源供給は、モバイルバッテリーを用いることとした。本デバイスで使用したバッテリーは、cheero製の”cheero Energy Plus mini”シリーズの4400mAhモデルである。このモデルを使用した理由は、Arduinoの稼働に必要な5Vの電圧を出力できることと、消費電力が小さくても電源が落ちることがないためである。次に、筋電計測回路への電源供給は、アルカリ性の単三乾電池3本を用いることとした。

(※文責: 佐藤健杜)

## 4.7 評価実験

### 4.7.1 評価実験の目的

今回の評価実験では、我々が製作したデバイスが人とのコミュニケーションにおいて有効であるかを確認することを目的とした。その為には、デバイスの有無および発光の有無によってコミュニケーションに生じる変化を実験にて調査する必要があると考えた。今回の実験で行うコミュニケーションとして、感謝を表現する場面に着目し、お礼を行うこととした。その理由として、ゲーム形式の1人で行うことが困難な課題を与え、別の被験者と協力してクリアすることによって、自然な場面で感情表出が行われる。また、課題そのものの実施が容易であると考えたからである

(※文責: 瀧一考)

### 4.7.2 実験の概要

今回の実験の被験者は、18歳から21歳の大学生20名であった。被験者には、後述の課題に取り組んでもらった後にアンケートに答えてもらった。このアンケートは6件法を用いた。各回答に対して1点から6点の点数を割り振り、この点数を用いて数値的評価を行った。この実験では、以下の4つの群を比較する。

- A群: 筋電位でデバイスを発光させる群
- B群: スイッチでデバイスを発光させる群
- C群: デバイスを装着するが、発光しない群
- D群: デバイスを装着しない群

また、評価実験において被験者に行ってもらった課題として、後ろ手に薄い本を2冊同時に立てるという課題を設定した。この時の本は、A5版サイズ、厚さ1センチ程度の、一般に書店に流通している学術書を用いた。この課題を設定した理由として、1人で行うことが非常に困難であり他者の支援を要することおよび、課題達成時に成果が目前で確認でき、達成感を得て、それに伴って感謝の気持ちを引き出すことが容易であると考えたことが挙げられる。アンケートでは、感謝を述べる側の被験者がどの程度感謝が相手に伝わったと感じるかという自己評価、感謝を受ける被験者がどの程度感謝が伝わったかという他者評価、デバイスを用いたコミュニケーションの感想、デバイスの操作感の4点であった。

(※文責: 瀧一考)

### 4.7.3 実験手続き

今回の評価実験は以下の様な手順で行った。

1、2名いる被験者の役割A、Bを決定する。

このとき、それぞれの被験者の役割は以下の通りである。

A: デバイスを装着し、後述の実験課題に取り組む。

B: Aの実験課題の支援を行う。

2、カウンターバランスを考慮し、サイコロでAがどの群に属するかを決定する。

3、被験者Aは、後ろ手に本を2冊同時に立てる実験課題を行う。この課題の制限時間を45秒に設定した。

4、被験者Bは、Aの実験課題を支援する。

5、実験課題終了後、被験者Aは被験者Bに対して、お礼を行う。このときのお礼は、デバイスを用いて行われる。デバイスの操作方法は、Aがどの群に属するかで異なる。

6、アンケートに回答する。

7、Aが全ての群で実験を終了するまで2に戻る。

8、被験者の役割A、Bを交代し、再度同様の試行を行う。

(※文責: 瀧一考)

### 4.7.4 アンケート

アンケートにおいて測定した項目は以下の通りである。

被験者Aに対するアンケート

- ・デバイスを用いてお礼をすることで、自らの感謝は伝わったと実感しているか？
- ・今後、このデバイスを用いてコミュニケーションを取りたいと感じるか？
- ・デバイスの操作で、操作が煩わしいものはあったか？あったとしたら、それは何か？

被験者Bに対するアンケート

- ・Aからの感謝はどの程度伝わったか？

以上のそれぞれの回答に対して、1点から6点の点数を割り当て、数値的に分析を行う。

(※文責: 瀧一考)

### 4.7.5 分析方法

分析方法は、対応あり1要因分散分析を用いた。分散分析は、全ての群の間で、どの程度強い主効果があるかを調べる分析方法である。しかし、分散分析では、具体的にどの群とどの群の間に

有意差があるかわからないため、主効果が見られた場合には、さらなる検定を行う必要がある。分散分析を行った理由として、評価実験における比較群を4群で設定したため、得られる知見がt検定よりも多くなると考えたことが挙げられる。分散分析で主効果が見られた場合のさらなる検定方法として、Bonferroni法による多重比較を採用した。また、評価実験におおて測定した感謝がどの程度伝わったのかという他者評価と感謝がどの程度伝わったと感じるかという自己評価の乖離を調べるために、両者を対応のあるt検定で検定した。なお検定には、js-STARという検定ソフトを用いることとした。

(※文責: 瀧一考)

## 第5章 結果

### 5.1 成果物

我々は今回のプロジェクトを通して、Fig1、Fig2のような成果物を製作した。



Fig1, 耳部を発光させた様子

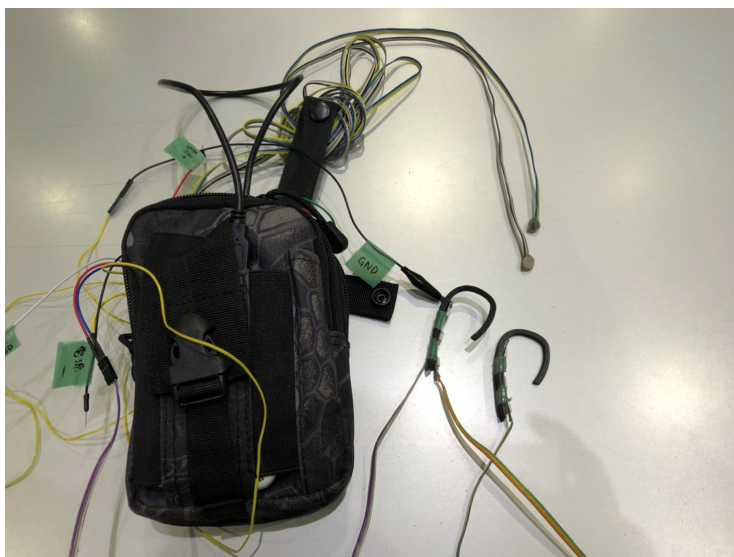


Fig2, 製作したデバイス

(※文責: 前川海聖)

## 5.2 評価実験の結果

評価実験の結果を Fig3 から Fig7 のグラフで示す。

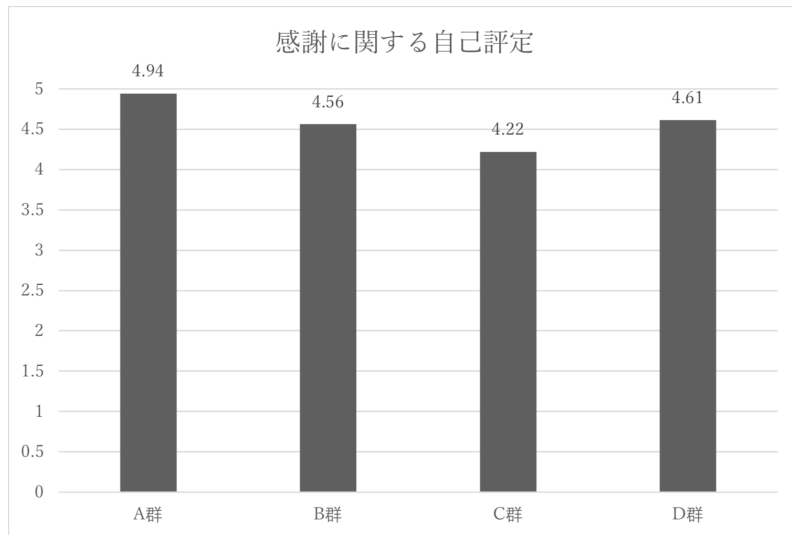


Fig3, 感謝に関する自己評価の各群の平均値

	A 群	B 群	C 群	D 群
サンプル数	18	18	18	18
平均値	4.94	4.56	4.22	4.61
標準偏差	0.639	0.922	1.003	1.145

Fig4, 感謝に関する自己評価の分析結果



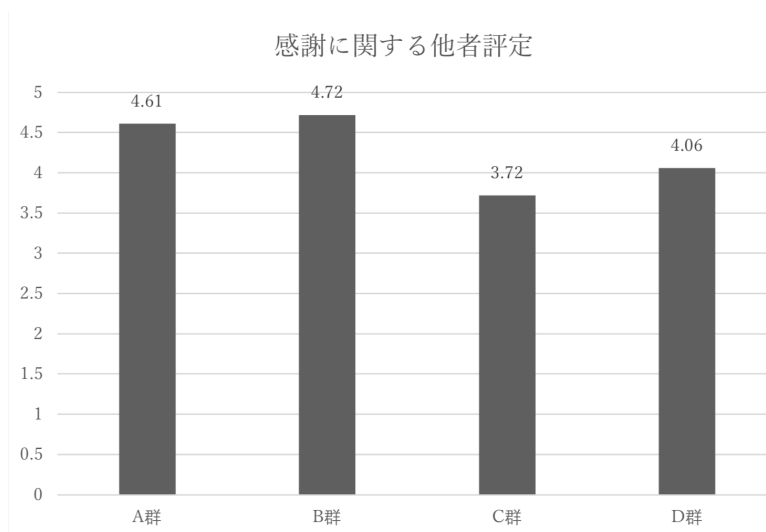


Fig5, 感謝に関する他者評定の各群の平均値

	A群	B群	C群	D群
サンプル数	18	18	18	18
平均値	4.61	4.72	3.72	4.06
標準偏差	0.698	1.018	1.179	1.11

Fig6, 感謝に関する他者評定の分析結果

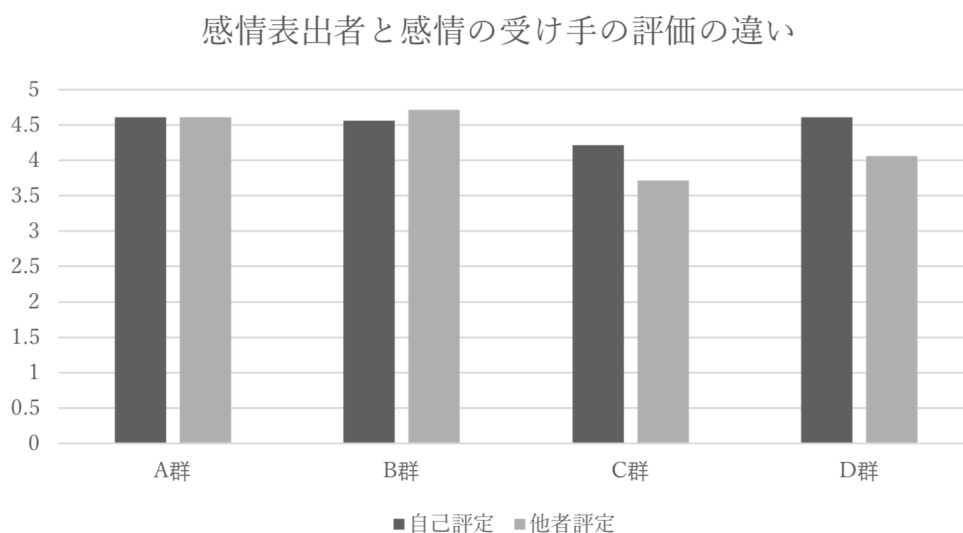


Fig7, 自己評価と他者評価の各群の平均値を比較させたグラフ

Fig3、Fig5を対応あり1要因分散分析を行った結果、感謝に関する自己評価には主効果が表れなかった。一方、他者評価では $p < .01$ より有意水準1%の主効果が見られた。よって、さらに感謝に関する他者評価の各群の平均値を、Bonferroni法による多重比較を行ったところ、筋電位発光条件のA

群と無発光(デバイス装着)条件のC群との間でのみ、 $p<.05$ より5%水準の有意差が表れた。Fig5から、他者評価と自己評価の乖離を調べるために、両者を対応のあるt検定で検定の結果、両者に有意差は見られなかった。

(※文責: 前川海聖)

## 5.3 考察

評価実験より、感謝に関する自己評定では、主効果が見られなかった。これよりデバイスの装着・非装着に関わらず、筋電位とスイッチ操作による発光は、感情表出者の感謝を伝えているという実感に、差が生じないと言える。よって、感情表現の実感という面において、スイッチよりも筋電位が優れているという仮定は立証できなかった。これは、デバイスの操作を容易にするために尺側手根屈筋を利用したが、感情表現時によく行われる動作に用いられる筋肉ではないため、筋電位とスイッチの有意差が表れなかったと考えられる。また、今回の実験では、被験者が十分にデバイスの操作を練習するための時間を用意出来なかったために、デバイスの操作が不安定になり、感情表出と発光のタイムラグがスイッチ操作と同様に生じてしまったことも有意差が出なかった要因の1つとして考えられる。他者評価においては、筋電位発光条件のA群と無発光(デバイス装着)C群との間でのみ、 $p<.05$ より5%水準水準の有意差が表れたことから、デバイスを装着しているという条件下において、感情の受け手にとって、発光はコミュニケーションに有効な情報であることが分かった。よって、光によるコミュニケーションは人間においても有効であるという仮定は実証された。つまり、デバイスを装着しているという条件下では、発光がコミュニケーションの新たな手段になると考えられる。また、アンケートから、深いお辞儀により発光が視認出来なかった。これは耳部に発光器官があったため、感情表出者の深いお辞儀によって、感情の受け手側が、感情表出者の顔が視界から外れることにより、耳部の発光が視認出来なかったと考えられる。これらより、発光器官という身体拡張した条件下において、発光は感情の受け手に対して、コミュニケーションに有効であることが分かった。一方、感情表現の実感に関して、筋電位で発光するA群とスイッチで発行するB群の有意差が見られなかったことから、感情に伴って行われる動作に対応させた筋肉を使用すれば、より感情を表現していると実感できると推測される。また、今回、我々が制作した発光器官は、深いお辞儀と動作しなかったことから、従来のコミュニケーションと両立しない可能性が示唆された。以上より、我々の検証実験では、光によるコミュニケーションは人間においても有効であるという仮説は立証出来た。しかし、感情表現の実感という面において、スイッチよりも筋電位が優れているという仮説は立証することが出来なかった。そして、発光は従来のコミュニケーションとは両立出来ない可能性があるという問題点が浮かび上がった。

(※文責: 前川海聖)

## 5.4 担当分課題の評価

### 5.4.1 瀧一考(グループリーダー、ソフト設計担当)

グループリーダーとして、グループメンバーの意見をまとめ、各担当の進捗確認とスケジュール作成を行った。前期では、主にソフトウェア担当、実験担当、中間発表でのプレゼン担当として作業を行った。ソフトウェア担当として、デバイス用のプログラムを作成し、デバッグを行なった。プログラムデバッグ時には、新たに回路の一部を作成し、回路に対応したプログラムの調整をす

る必要があったため、回路の製作を一部担当した。2度行なった実験では、電極作成などの実験準備とデータ分析を行った。前期においては、目的設定が不十分であったために作成デバイスを後期で変更するという事態が発生してしまった。これは、グループリーダとしての力が不足していたことが原因として少なからず存在すると考え、反省している。そのため、前期での自らの仕事は不十分であったと言える。後期では、前期と同様にソフトウェア、実験および最終発表でのプレゼン担当として作業を行った。実験では、実験に適するようにプログラムの作成と回路の作成が必要であったため、これらの作業を行った。実験計画では、分散分析などの分析手法や実験計画法に関する知識の習得を行い、グループメンバに得た知識をまとめて発表することで知識の共有を行なった。実験終了後は、教員と相談しながら実験結果の分析と考察を行った。後期では、評価実験の計画が甘く、多くの点で指摘を受けたが、反対に評価の声も聞くことができた。そのため、グループリーダとしてグループメンバの意見をまとめいいデバイスが作れたのではないかと考えている。実験計画に関しては知識や計画が不十分であったと考えている。

(※文責: 瀧一考)

## 5.4.2 前川海聖 (ソフトウェア担当)

前期では、グループの話し合いで、自分の意見を積極的に述べる事が出来ず、反省するべき点であった。また、グループでじっくり話し合いをすることを提案することができなかった。そこで、後期では前期の反省を生かし、疑問に思ったこと、自分のアイデア等を積極的にグループのメンバに共有し、ディスカッションをすることが出来た。また、メンバの意見を聞き出そうと、積極的に問いかけ、メンバ全員が納得して課題に取り組めるように努力した。プログラムの作成においては、プログラム作成に参考となる本、ホームページを探し、プログラムを作成することが出来た。また、プログラムでデバイスを制御する上で、ハードウェアの知識が必要であり、ハードウェア面の知識を身につけようと勉強したが、内容が難しく、短期間で習得出来なかった。プログラムの開発環境の設定では、自分らが開発しやすい環境を設計することが出来た。評価実験を行う際は、デバイスに不具合が生じることが多く、ハードウェア・ソフトウェアの2つ面から解消に努めることが出来た。最終発表の準備では、主にスライドのイラストを担当した。イラストを描くのは苦手であったが、見る人が分かりやすいようなイラストになる努力した。発表練習時では、先生、他グループから指摘された所をまとめ、メンバ間で共有し、より聞く人が分かりやすい発表になるよう改善することが出来た。中間・期末報告書では、メンバが作成した文章をまとめ、習得したTeXで作成することが出来た。

(※文責: 前川海聖)

## 5.4.3 高橋一弥 (回路設計担当)

筋電測定回路の製作を行った。前期ではんだ付けに慣れ、後期では前期の半分ほどの大きさにできるほど難しい作業をすることができるようになった。また、電極の作製も前期よりも格段に短い時間で行えるようになった。しかし、前期、後期を通して自分の製作した電極の作りが先輩方のものと比べると質が悪かった。また、前期、後期を通して、筋電計測回路の製作の際に、見取り図をしっかりと書けなかったことが反省点として挙げられる。デバイスの作成を行った。前期では、筋電計測回路を作るので精一杯で、デバイス自体をしっかりと製作することができなかった。そのため、音量の調節をすることができず、聞こえない問題があった。後期では、製作したデバイスを持ち運べるようにするために、基板の小型化や電極の長さの調節などを行い、装備をできるようにした。中間発表、最終発表では、ともに発表担当になった。前期では、目的設定が不十分であったため、スライドや原稿に意味を持たせることができず、迷走することとなった。後期で

は、前期の反省を生かし、目的の設定をしっかりと行うことができたので、原稿やスライドをどうすれば相手に伝わりやすくなるかを考えながら班員で協力して作ることができたので、わかりやすい発表ができた。前期では、目標の設定が不十分であり、自分たちの考えを押し付けるようなことしか行っていなかったことから、ものづくりの本質が見えていなかったと思う。また、その場しのぎの考えやとってつけた内容が多かったため、発表の時も良いものができなかったと考えられる。後期では、最初に自分で考えていた通りのものを製作することはできなかったが、納得のいくものを作ることができた。また、自分たちでできないところ、わからないところを先輩方に教えてもらうことで作ることができたので、自分もプロジェクトで得られた技術を伝えられるようにしたい。目的や、誰に使ってもらうか、どこでどのように使うか、などの設定は大切であるが、その設定を縛りすぎてはいけないということとその物事の根本を解決するためのものを作る必要があることを学んだ。残念ながら、前期、後期ともに目標を果たすことができなかった。前期では、その目的が不鮮明であったためそれ以前の問題ではあったが、後期では、自分たちが想定していた通りの考えになることがなかったため、見通しが甘かったと思う。

(※文責: 高橋一弥)

#### 5.4.4 佐藤健杜 (回路設計、ハードウェア制作担当)

前期のプロジェクトでは、回路設計、ハードウェア制作、ポスター制作の3つの分野を担当した。回路設計担当として、電極の制作や筋電計測回路の制作を行った。ハードウェア制作担当としては、ハードウェアの基礎設計を行った。ポスター制作担当としては、デザインコースの人と連携して、中間発表のポスターを制作した。前期では、プロジェクトのメンバ間での連携がうまくいかず、目的達成の大きな障害となってしまった。後期では、まず前期の反省をいかして、メンバ間での議論で自分の意見等を積極的に共有し、連携がうまくいくように努めた。また、グループ内での役割分担では前期に引き続き、回路設計、ハードウェア制作を担当した。回路設計では、筋電計測回路の設計を見直した。その結果、使用する回路を前期で使用した回路の半分程度の大きさまで小型化することに成功した。ハードウェア制作担当としては、ハードウェアの基礎設計や組み立て、使用する部品の選定を行った。このうち、使用する部品の一部は、届いた際に耐久性に問題があることが発覚した。そのため、この一部の部品を、3Dプリンタを用いて自分たちで制作した。成果発表会の準備では、ポスターの文面の作成を行った。また、発表の練習の際に、ほかのメンバと主に意見を出し合って、発表スライドを見やすく改善することに努めた。

(※文責: 佐藤健杜)

## 第6章 今後の展望と課題

評価実験の結果から、発光条件によって感謝の伝わり方に違いは見られたのかについてだが、対応あり1要因分散分析の結果、強い主効果が見られた。その後、Bonferroni法を用いて多重比較した結果、筋電位を使用するA群とデバイスは付けたが発光しないC群の間でのみ5%水準の有意差が見られた。次に、発光条件によって、感謝はどの程度相手に伝わったかという実感に違いは見られたのかについては、主効果を見ることはできなかった。これらのことより、今回、製作した成果物では、初めに設定した仮説である、光によるコミュニケーションは人間においても有効であることと筋電位はスイッチよりも感情表現の実感という点で優れているということを立証することはできなかった。しかし、以上のことから、発光によるコミュニケーションをより良いものにする、筋電位をスイッチよりも扱いやすくするという二つの問題を改善することができたならば、立証することができると考えた。その方法として、力の入れ具合によって、デバイスの明るさを段階的に調整できるようにする、発光する場所を今回使用した場所以外のところでも調べる。感情に伴う動作を調べ、その動作を行うときに使う筋肉から筋電位を計測できるようにすることで自然に示せるようにすること。デバイス自体の見た目をよくすることで、付けた際に相手に不快感を示さないようにすること。自身が発光していることをわかるようにすることが挙げられる。また、今回製作したものの反省点として、デバイスから出る線が絡まり、本体から抜けることや線自体が切れることがあった。このことから、線を止めて置ける場所を作る、線が出る場所を完全に異なる場所にするといった方法をとることで改善できると考える。本グループでは、発光によるコミュニケーションは人間においても有効であることと筋電位はスイッチよりも感情表現の実感という点で優れているという二つの仮説を検証することを目的とした。この仮説を立証するためには、発光させる場所や発光の色、使用する筋電位を変化させることを成果物に加えることでより発光によるコミュニケーションの優位性が示せると考えられる。同様にこの作業をすることで筋電位での優位性も示すことができると考えられる。今後、上記の作業をすることで優位性を示すことができたならば、今までよりも簡単に意思を伝えることができるからコミュニケーションの促進が考えられる。また、動作を必要とせず、筋肉が動けば操作が可能な点から、様々な原因によってコミュニケーションが困難となった方への活用が考えられ、同様の理由から、介護現場や医療現場での意思疎通の活用も期待できる。

(※文責: 高橋一弥)

## 参考文献

- [1] 北野哲生「メラビアンの法則の誤解を解いて伝える力を飛躍的にアップさせる方法」, <http://conlabo.jp/mehrabian-law-320/>, (参照 2018-1-5)
- [2] 増田恵子(2004)「インターネットコミュニケーションにおける非言語情報」, 『人文研記要78』, pp.283-300, 中央大学人文科学研究所
- [3] 岸野泰恵(2001)「ファッションコミュニケーションのためのLEDを用いた装着型デバイス」, 『情報処理学会第65回全国大会』, pp.191-194, 情報処理学会