

公立はこだて未来大学 2020 年度 システム情報科学実習  
グループ報告書

Future University Hakodate 2020 System Information Science Practice  
Group Report

プロジェクト名

生体信号を利用した身体拡張型インタフェース～ASHURA～

**Project Name**

Body Augmentation Interface Using Biological Signal ASHURA

グループ名

Ex.Emotion 班

**Group Name**

Group Ex.Emotion

プロジェクト番号/**Project No.**

20-A

プロジェクトリーダー/**Project Leader**

保坂 湊人 Keito Hosaka

グループリーダー/**Group Leader**

阿部 詩織 Shiori Abe

グループメンバ/**Group Member**

阿部 詩織 Shiori Abe

保坂 湊人 Keito Hosaka

岩佐 太梧 Daigo Iwasa

越 優希 Yuuki Koshi

**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**

2021 年 1 月 14 日

**Date of Submission**

January 14, 2021

## 概要

“生体信号を利用した身体拡張インタフェース ASHURA ”では、生体信号の1つである筋電位を用いた身体拡張デバイスの製作を行ってきた。プロジェクト全体で生体信号の定義を議論し、「身体とは何か考え、生体信号を用いた新しい身体拡張インタフェースをつくる」というテーマに基づき、2つのグループに分かれ活動を行った。本グループは、新型コロナウイルス流行によりマスク着用を求められる事が増えていることに着目した。我々はこのマスク着用によってコミュニケーションにおける2つの問題が生じると考えた。1つ目は顔の大部分が覆われることによって笑顔等の表情が見えず、感情が伝わりにくくなることである。2つ目は口元が見えないため発話を認識できないことである。本グループでは、この2つの問題を解決することによってコミュニケーションの障害を補填し、身体の拡張になると考えた。その為に、我々は表情に関する文献を調査した。郷田らは、人は普段、会話などで対面者の表情を読み取る際、顔の下半分である口の周辺の動きで主に喜びを判断していると述べている [1]。そのため、我々は口唇周囲の運動に着目した。最終的に、本グループでは表情筋から筋電位を計測し、それに基づいて表情を判別しマスクの外に表示する『Ex.Emotion』の製作した。表情を判別するため、笑うときに収縮する笑筋、口の開閉時に収縮する口角下制筋から筋電位を計測した。笑筋の筋電位が検出されたとき笑顔を表示し、同様に口角下制筋の筋電位が検出されたとき、「閉じた口」または「開いた口」を表示することによって、上で述べたコミュニケーションで起こる2つの問題点の解決を試みた。前期の間には、生体信号や身体拡張の定義を議論し、成果物の構想を練った。後期では実際に成果物の製作に取り掛かり、実際に最終目標を達成することが出来た。

キーワード 生体信号, 筋電位, 身体拡張, コミュニケーション, マスク, 表情筋, 新型コロナウイルス

(※文責: 阿部詩織)

## Abstract

In "Body expansion interface ASHURA using biological signals", we have been manufacturing body expansion devices using myoelectric potential, which is one of the biological signals. The definition of biological signals was discussed throughout the project, and activities were divided into two groups based on the theme of "thinking about what the body is and creating a new body expansion interface using biological signals. Behind the equipment production of this group, the situation where masks must be worn has increased due to the epidemic of the new coronavirus. We thought that wearing this mask caused two problems of communication. The first is that most of the face is covered so that facial expressions such as smiles cannot be seen, making it difficult to convey emotions. The second is that the utterance cannot be recognized because the mouth cannot be seen. The group thought that solving these two problems would compensate for communication problems and body expansion. To that end, we searched the literature on facial expressions. It is stated that people usually judge joy mainly by the movement around the mouth, which is the lower half of the face, when reading the facial expression of a face-to-face person in conversation by Gouta [1]. Therefore, we focused on the movement around the lips. Finally, this group started to manufacture "Ex.Emotion", a device that measures myoelectric potential from facial muscles and displays it. As specific measurement points, we used detection for the risorius muscle, which contracts when laughing, and the depressor anguli muscle, which contracts when the mouth opens and closes. When measuring the myoelectric potential of the risorius muscle, a smile is displayed, and when the myoelectric potential of the depressor anguli muscle is measured, the "closed mouth" or "open mouth" is displayed on the mask. I tried to solve two problems that occur in the communication mentioned above. The ultimate goal was to present this device as a new solution to these two problems. During the first half, he discussed the definitions of biological signals and body expansion and devised the concept of deliverables. In the second half, I actually started to produce the deliverables and was able to actually achieve the final goal.

**Keyword** biological signals, myoelectric potential, body expansion, communication, mask, facial muscles, new coronavirus

(※文責: 阿部詩織)

# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	背景 . . . . .	1
1.2	目的 . . . . .	2
<b>第 2 章</b>	<b>グループ活動概要</b>	<b>3</b>
2.1	プロジェクト内におけるグループの位置づけ . . . . .	3
2.2	問題設定 . . . . .	3
2.3	到達レベル . . . . .	3
2.4	課題の割り当て . . . . .	3
<b>第 3 章</b>	<b>生体信号の利用</b>	<b>5</b>
3.1	生体信号の計測 . . . . .	5
3.1.1	筋電位 . . . . .	5
3.1.2	計測における問題点 . . . . .	5
3.2	計測部位 . . . . .	6
<b>第 4 章</b>	<b>計測および制御の方法</b>	<b>7</b>
4.1	成果物の構成パーツ . . . . .	7
4.1.1	ドットマトリクス LED . . . . .	7
4.1.2	マスク部分 . . . . .	7
4.2	筋電位計測回路 . . . . .	8
4.2.1	電極 . . . . .	9
4.2.2	差動増幅回路 . . . . .	9
4.2.3	四次ハイパスフィルター . . . . .	9
4.2.4	非反転増幅回路 . . . . .	9
4.2.5	積分回路 . . . . .	9
4.2.6	電源装置 . . . . .	10
4.2.7	DC/DC コンバーター . . . . .	10
4.3	制御機器 . . . . .	10
4.3.1	マイコンボード . . . . .	10
4.3.2	プログラムの条件分岐 . . . . .	10
4.4	構成パーツ . . . . .	10
4.4.1	マスク部分 . . . . .	10
4.4.2	8 × 8 ドット LED マトリクス . . . . .	11
<b>第 5 章</b>	<b>各人の担当課題及び解決過程</b>	<b>12</b>
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 . . . . .	12
5.1.1	保坂湊人 . . . . .	12
5.1.2	越優希 . . . . .	12

5.1.3	岩佐太梧	13
5.1.4	阿部詩織	13
5.2	担当課題と連携内容	14
<b>第6章</b>	<b>前期での成果</b>	<b>15</b>
6.1	中間発表までの取り組み	15
6.2	中間発表時点での成果物	16
6.3	問題点と問題に基づいた変更点	16
6.3.1	マスク型デバイスの構造	16
6.3.2	マスク型デバイスの素材	17
6.3.3	表情の表出について	17
6.3.4	マスク型デバイスと脈波の関連性	18
<b>第7章</b>	<b>後期での成果</b>	<b>19</b>
7.1	後期活動での成果物	19
7.1.1	前期の活動を踏まえた後期の方針について	19
7.1.2	後期成果物について	19
7.2	問題点	21
<b>第8章</b>	<b>期末発表会についての評価フィードバック</b>	<b>22</b>
8.1	期末発表会について	22
8.2	評価された点	22
8.3	指摘された点	22
8.4	期末発表会を通して	23
<b>第9章</b>	<b>通年の活動及び今後の展望</b>	<b>24</b>
9.1	通年の活動	24
9.2	身体拡張の実現について	24
9.3	表情分類の結果	24
9.3.1	技術的な問題点	25
9.4	今後の展望	25
付録 A	課題解決のための技術（新規習得）	26
付録 B	課題解決のための技術（講義）	27
付録 C	相互評価	28
参考文献		30

# 第 1 章 はじめに

## 1.1 背景

現在、厚生労働省によって新型コロナウイルスの感染対策としてマスク着用が強く推奨されている [2]。このように、新型コロナウイルスの流行によってマスクの着用が多方面で推奨されており、マスクを着用しなければならない状況が増加している。鏡原は表情が子供が他者の心境を理解する上で大きな良い影響を与えると述べている [3]。このことから、表情はコミュニケーションにおいて重要な役割を持っていると考えられる。郷田らは、普段会話などで対面者の表情を読み取る際、顔の下半分の動きで主に喜びを判断していることを示している [1]。益子らは、変化の小さな笑顔の場合、口の変化量に対して眉・目は変化量が小さくなるため、主に口元の変化をもとに笑顔の度合いが判断される可能性があるとした [4]。このように、マスク着用時に隠れる口元部分にはコミュニケーションにおいて重要な役割がある。そこで我々はマスクによって表情が隠された時に起こる問題について着目した。本グループでは上で述べた研究を参考に、マスク着用によって影響される可能性が最も高い表情である笑顔に焦点を当て、マスク越しでも笑顔を表示する機器の製作を考えた。加えてマスク着用によって起こる問題点の議論の結果、口元が見えないためいつ話をし始めているか認識されがたいという指摘がされた。これらの問題を改善する機器を製作することを考え、そのために従来のマスク型デバイスを調査することにより具体的な設計案を構築した。

ここから、その際に参考にしたマスクによって引き起こされる問題点を解決するために行われた事例を 2 つ挙げる。一つ目は、ドーナツロボティクス株式会社が製作した「C-FACE」という製品である [5]。C-FACE は、事前にアプリをダウンロードしたスマートフォンに Bluetooth でつながるマスクでマスク越しの小さな声もマイクで拾い、10m 先の相手スマホに声を届けることができる。この製品は一般的な不織布やガーゼにて作られたマスクに装着し、マイクから入力された音声スマートフォンを通して伝えることが可能である。なお、本機器では、会話補助の機能に加えて、同時翻訳機能を利用することが可能である。このように、C-FACE を利用することによって、コミュニケーション手段の確保にとどまらず、さらに便利な機能を利用することができる。2 つ目は、総合ディスカウントストア「多慶屋」が製作した、普段使用するマスクに笑顔の口元を表した画像を印刷した「スマイルマスク」である [6]。これによって、マスクにより隠れた口元を、笑顔の場合に限ってだが常に表示しておくことが可能である。このように、笑顔のみに着目したキャンペーンが行われている事から、コミュニケーションにおいて笑顔は重要な役割を果たしていると考えられる。しかし、これらの事例はアプリをダウンロードする必要や、笑顔をプリントアウトしておかなければならないという事前の準備が必要となっている。これは、着用してすぐに会話ができず、コミュニケーションを行う上で新たな障害になり得ると考えられる。さらに、表情をマスク上に表すデバイスの事例として、「スマイルマスク」のように笑顔の画像を貼り付ける方法 [6] が考えられる。画像の貼り付けでは、表情を自身の意思によってリアルタイムかつ自然に近い形で切り替えられないため、身体拡張という観点から不十分である。他にもスイッチで操作をする例を考えたとき、スイッチを押すまでのタイムラグによって笑顔や発言の意思が消えてしまってから表示され

てしまう可能性がある。よって本グループではリアルタイムで表情を表出することができるマスク型デバイスの製作を試みた。

(※文責: 阿部詩織)

### 1.2 目的

本グループの目的は、プロジェクト全体で定めた身体拡張の定義に沿って、マスクによって隠された表情や口の動きといった本来の動きを再現することが身体拡張であると考え、実際に身体拡張インタフェースを製作することである。我々は身体拡張の定義を議論するに当たって身体の定義について考えた。身体とは主に、意識的に動かす筋肉などの部位、意識外で動く体内器官、感覚器官を通して得られる情報体系である知覚システムの3つの要素を複合したものである。よって身体拡張とは身体的能力や知覚システムの制約を超え、物理的な実体のあるデバイスを自らの一部として利用することであると、本プロジェクトで定めた。本グループでは、筋電位の計測結果を利用し、実際の筋肉の動きと連動しリアルタイムで笑顔を表示するシステムを実現することによってマスク着用時に起こる問題を解決することを目指した。

(※文責: 阿部詩織)

## 第 2 章 グループ活動概要

### 2.1 プロジェクト内におけるグループの位置づけ

本プロジェクトは 2 グループに分かれ、それぞれが生体信号を用いた身体拡張デバイスを別のアプローチを用いて製作した。本グループでは表情筋の筋電位に着目した。その中でも、昨今問題となっているマスク着用時に表情が隠れる問題に着目した。よって本グループでは筋電位情報に注目し、マスクにより隠された表情の表出効果に注目した。このように、本グループでは、表情表出に関する身体拡張を試みる。

(※文責: 阿部詩織)

### 2.2 問題設定

目的を達成するに当たって、以下の 3 点の問題点が考えられる。1 つ目が表情の表示法に関する問題である。表情を効果的に表示するために、マスクの全面、または限られた箇所に表示する案が出た。この二つの案のうちどちらを採用するか、前期後期を通した論点となった。2 つ目は装着の負担についての問題である。衛生面を考え、使い捨て可能な不織布やガーゼによって作られた一般的なマスクに装着することを想定した。しかし、その時、通常のマスク以上に着用者の息苦しさが推測される。加えて、表情を表示する為の電子部品を装着することを考えると、着用時の不快感を軽減するような設計が必要である。3 つめは、事前の準備なしに手軽に使える機器を目指すための計測方法の工夫が求められる。筋電位の計測によりリアルタイムに表情を表示することが可能であるが、計測するためには電極を顔に貼り付けなければならない。可能な限りこのような事前準備の軽減も製作にあたっての問題であると考えられる。

(※文責: 阿部詩織)

### 2.3 到達レベル

先ほどの節で述べた問題点を改善し、さらに 1.2 節で述べたコミュニケーションにおいて生じる 2 つの問題点を解決することが到達レベルである。表情をマスクの表に表出する機器を装着することを身体拡張とし、その結果、マスク着用時表情をもマスク非着用時と同等かそれ以上のコミュニケーションを行うことができ、これは身体の拡張となると考えられる。よって本グループの到達目標としては安定かつ手軽ですぐに日常に溶け込めるような機器を製作することである。

(※文責: 阿部詩織)

### 2.4 課題の割り当て

- 保坂 湊人：グループ間での連絡の取り合い。回路のはんだ付け作業。



## Body Augmentation Interface Using Biological Signal ASHURA

- 阿部 詩織：発表資料の作成。成果物の具体的な設計。例年の回路図を元に配線図の作成。
- 越 優希：製作途中で起こった問題点を考え、その修正を行った。計測された筋電位信号によって LED の点灯を制御するプログラムの作成。
- 岩佐 太梧：スライドやポスターのイラスト作成。

(※文責: 阿部詩織)

## 第 3 章 生体信号の利用

### 3.1 生体信号の計測

生体信号とは、生体現象にともなって発生する電気的な信号のことであり、それをセンサーなどによって検出し数値化したものを指す。主な例として、脳波や心拍、脈拍、心電図、眼振図などが挙げられる。しかし、生体信号は一般的に微弱な電位信号であり、変化量も極めて小さい。例年、本プロジェクトでは、この生体信号を利用して様々な成果物を製作している。そこで例年の成果物や計測手法を参考に、各生体信号の特性を考慮した結果、生体信号のうち筋電位を用いた計測を行うことにした。

(※文責: 保坂溪人)

#### 3.1.1 筋電位

筋電位とは 3.1 で述べた生体信号の一つであり、筋収縮に伴って筋細胞の膜で発生する微弱な電位差のことを指す。この電位差は膜電位と呼ばれ、脳からの電気的な信号が、運動神経を介して筋繊維に到達すると、細胞外のナトリウムイオンが細胞内に取り込まれることで脱分極を起こし、活動電位に変化が生じる。この変化が筋肉の活動電位であり、電極を用いて皮膚表面から導出することができる [7]。今回本プロジェクトが筋電位を用いた理由として、肉体的・時間的な制約が少なく、電極を計測したい体表面に貼り付けるだけという手軽さが挙げられる。体を動かせば体表面に貼り付けた電極がその部位の筋電位をリアルタイムで検出するため、自分が今どここの筋肉を動かしているかの実感を持つことができる。これらの特徴から、筋電位は自分たちの体のように直感的な操作が可能なデバイスの作製に適しているといえる。

(※文責: 保坂溪人)

#### 3.1.2 計測における問題点

筋電位を計測する上で大きな問題点が 2 つ挙げられる。一つ目に、体内に発生する筋電位は非常に微弱であるため、体表に電極を貼り付けただけでは計測できないことである。3.1 節でも挙げたように、生体信号は一般的に微弱な電位信号であり、変化量も極めて小さい。そのため生体信号の計測において、この変化量を増幅・処理する必要がある。2 つ目に、電源や身の回りにある電子機器から、筋電位以外の不必要な誘導ノイズが我々の体に誘導されてしまうため、微弱な筋電位を純粋に検出できないことである。

(※文責: 保坂溪人)

## 3.2 計測部位

1.2 で述べたように、本プロジェクトはマスク着用によって発生するコミュニケーションへの悪影響を解決するために、表情筋の筋電位の計測結果から、笑顔と口の開閉をリアルタイムで表示することを目指した。そのため、よりはっきりとデバイスに笑顔と口の開閉を出力させる必要があった。そこで本プロジェクトでは、表情筋から笑顔と口の開閉の 2 パターンに関する筋電位の検出を試みた。笑顔などの幸福を表す表情は顔の下部の効果が高いことが知られている [1]。また、唇の両端が後ろに引かれて多少上がり、頬は持ちあげられる [9] という特徴が挙げられる。これらの情報を基に、電極を貼る位置を変えながら模索した結果、笑筋という筋肉周辺が、笑顔を判断するときに最も適していることが分かった。もう一方の口の開閉に関しては、実際に口周辺に電極を貼って計測を行ったところ、口角下制筋という下唇周辺の筋肉が適していることが分かった。

(※文責: 保坂溪人)

## 第 4 章 計測および制御の方法

### 4.1 成果物の構成パーツ

図 4.1 は本プロジェクトが製作したデバイス「Ex.Emotion」全体のシステム図である。本章では、主に各パーツの役割や制御の方法について説明する。

(※文責: 保坂溪人)

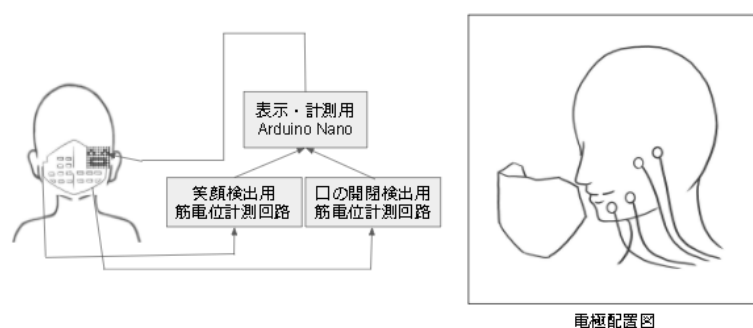


図 4.1 成果物のシステム図

#### 4.1.1 ドットマトリクス LED

表情を出力する部分として、我々も本学の講義で扱った経験のある LED を用いて表現することにした。当初は、ディスプレイをマスク部分に設置させる案や、マスク全体を覆うような LED パネルを装着する案も出たが、デバイス全体の重さの問題があり、今回は軽量かつ色を自由に指定できる RGB LED の  $8 \times 8$  のドットマトリクス LED を使用した。

(※文責: 保坂溪人)

#### 4.1.2 マスク部分

普段私たちが装着している布製マスクや不織布性マスクの上からデバイスを装備するため、本プロジェクトではデバイスの装着を想定した専用のレジン製マスクを、3D プリンターで製作した。3D プリンターは“Form2”を使用した。この 3D プリンターで、Formlabs の Elastick Resin という弾性レジンを用いて造形し、造形物を洗浄したのちに UVLED で 2 次硬化して製作する。マスクの構造は、ドットマトリクス LED が前面に向くように専用の台座を設置した。また、耳に負担がかからないように、マスクのひも部分を後頭部で固定するような構造にした。

(※文責: 保坂溪人)

## 4.2 筋電位計測回路

皮膚表面から筋電位を計測するため、例年の本プロジェクトの活動内容や、先輩方が作製した実際の回路を基に、筋電位が発生する仕組みと計測回路の役割について調べた。それを基に図 4.2 のような筋電位計測回路を自作した。3.1.2 節でも述べたように、筋電位自体が非常に微弱な電気信号であり、外部から不必要なノイズが体に誘導されるため、この筋電位計測回路は筋電位の増幅、誘導ノイズの除去を担っている。図 4.3 は機能ごとに分かれた筋電位計測回路全体図である。左から順に、電極、差動増幅回路、4 次ハイパスフィルター、非反転増幅回路、積分回路、非反転増幅回路である。以下の項にそれぞれの詳細を示す。

(※文責: 保坂溪人)

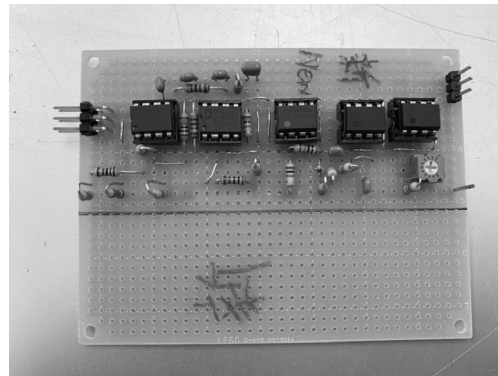


図 4.2 自作した筋電位計測回路

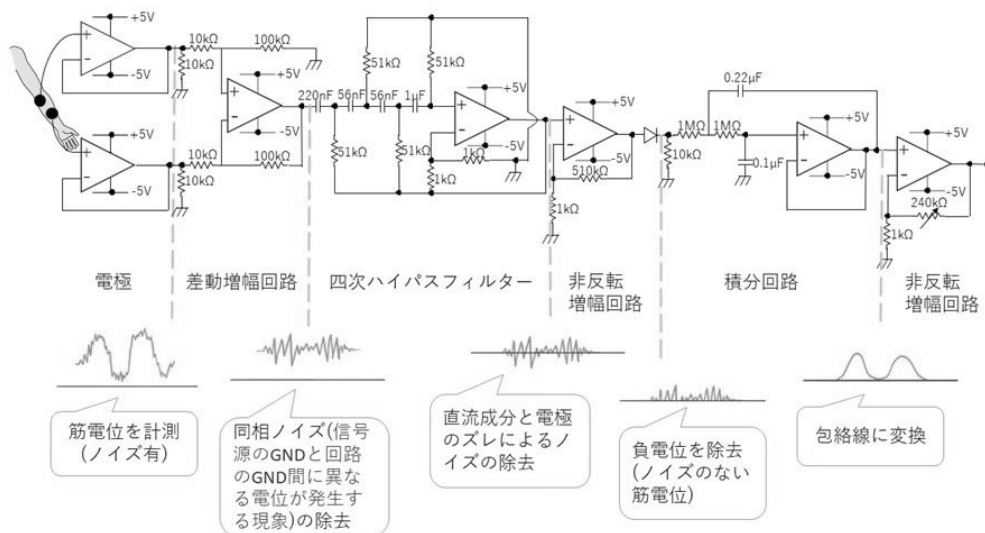


図 4.3 機能ごとの筋電位計測回路全体図

#### 4.2.1 電極

電極は主に銀板、オペアンプ、銅線、レジンをを使って自作したものを使用した。体表面と接する部分には円形に切り取った銀板を用いて、その上にオペアンプをはんだで接着する。オペアンプのプラスとマイナスに導線をはんだで固定し、オペアンプが銀板から離れないように上からレジンを補強する。体表面に電極を貼り付ける時には、しっかりと密着していないと筋電位が計測できないため、比較的肌にも優しく強力な粘着力を持つ、市販のリフトアップテープを使用した。この時点では、筋電位以外のノイズが含まれたままの筋電位が検出されるため、デバイスに利用できる状態ではない。

(※文責: 保坂溪人)

#### 4.2.2 差動増幅回路

筋電位は計測する部位によってそれぞれ違う信号であるが、体に誘導される外部電源や電子機器などのノイズは体のどこでも同じであり、2つの電極において同時に計測されるノイズは同じものである。これを同相ノイズといい、差動増幅回路では2つの電極にかかっている同相ノイズを相殺して、2つの電極間から得られる電位差を測定し、さらに入力された電圧の差を増幅している。

(※文責: 保坂溪人)

#### 4.2.3 四次ハイパスフィルター

ハイパスフィルターは、設定した周波数より高い周波数の信号を通過し、低周波の信号は遮断することができる。具体的には、電極から伝わる体の静電気や、電極の銀板を体表に貼り付けることで電気化学的に発生する微弱な電気などの直流成分の除去。また、体の動きやケーブルの揺れなどによって発生するモーションアーティファクトと呼ばれる低周波ノイズを除去している。

(※文責: 保坂溪人)

#### 4.2.4 非反転増幅回路

四次ハイパスフィルターを通過した時点では、まだ筋電位は微弱な信号であり、デバイスに利用できるように信号ではない。そのため非反転増幅回路では、この微弱な筋電位を十分大きな信号に増幅している。本来、非反転増幅回路の増幅率は、負の成分も2乗することですべて正の成分に変換するが、今回は回路の簡略化のため、負の成分は切り捨てるという操作をしている。

(※文責: 保坂溪人)

#### 4.2.5 積分回路

積分回路は、入力された筋電位を時間で積分して出力する回路である。筋肉の収縮活動の情報を得るために、入力された筋電位をこの回路によって包絡線に変換した。

(※文責: 保坂溪人)

## 4.2.6 電源装置

電源装置は、デバイス装着者が普段のように移動することを考慮して、携帯用モバイルバッテリーを使用した。これによって、デバイス全体の軽量化を図った。

## 4.2.7 DC/DC コンバーター

DC/DC コンバータとは、直流電圧を使用するデバイスに合わせて変換する装置である。筋電位計測回路では-5V と +5V の両電源を使用するが、電源には +5V しかないため、この DC/DC コンバータにより +5V の単電源から-5V と +5V の両電源を作製した。

(※文責: 保坂溪人)

## 4.3 制御機器

### 4.3.1 マイコンボード

マイコンボードは Arduino を使用した。Arduino とは、ハードウェアとソフトウェアで構成される、簡単に扱える電子工作用マイコンボードである。今回はその中でも、小型で扱いやすい Arduino Nano を使用した。具体的な制御アルゴリズムは、2つの筋電位計測回路からそれぞれ計測された筋電位を A/D 変換によって読み込み、ドットマトリクス LED に出力するパターンを笑顔/無表情と、口を開く/口を閉じるの 4 パターンに分けた。今回は表情の出方に個人差があることと、制御面での簡単化を考慮して、微弱でも筋電位が検出されれば ON、検出されなければ OFF になる ON-OFF 制御を実装した。

(※文責: 保坂溪人)

### 4.3.2 プログラムの条件分岐

デバイス使用者の表情によってドットマトリクス LED の点灯の仕方を、実際の表情に合わせてリアルタイムで反映するようなプログラムを、Arduino 言語を用いて記述した。条件分岐は以下の図 4.4 で示すような、笑顔で口が開いている状態、笑顔で口が閉じている状態、無表情で口が開いている状態、無表情で口が閉じている状態の 4 つを想定してプログラムを行った。

(※文責: 保坂溪人)

## 4.4 構成パーツ

### 4.4.1 マスク部分

普段私たちが装着している布製マスクや不織布性マスクの上からデバイスを装備するため、本プロジェクトではデバイスの装着を想定した専用のレジン製マスクを、3D プリンターで製作した。

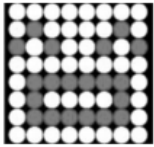
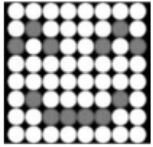
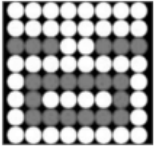
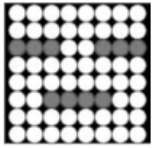
		口の開閉	
		開	閉
表情	笑顔		
	無表情		

図 4.4 口の開閉と表情によるマトリクス LED の点灯パターン

レジン製マスクは formlab 社の form2(光硬化型 3D プリンター) を用いて造形された。この 3D プリンターによって、液体のレジンから造形されたマスクは、IPA によって洗浄されたのちに、UV レーザーで硬化された。マスクには、ドットマトリクス LED が前面に向くように専用の台座を設置した。また、耳に負担がかからないように、マスクのひも部分を後頭部で固定するような構造にした。

(※文責: 保坂溪人)

#### 4.4.2 8 × 8 ドット LED マトリクス

表情を出力する部分として、客観的に見て分かりやすく私たちも扱った経験のある LED を用いて表現することにした。今回は、軽量かつ色を自由に指定できる RGB LED の 8 × 8 のドットマトリクス LED を使用した [5]。

(※文責: 保坂溪人)



## 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 保坂溪人

<前期>

五月：自分たちが何を製作したいかを明確にするために、2人4グループに分かれて生体信号に関する研究を調査し、それを基に自分たちが考える生体信号を利用した身体拡張インタフェースを提案するプレゼンテーションを行った。また、事前知識として生体信号や力学についての講義を受講した。

六月：五月に行ったプレゼンテーションのアイデアを基に選んだ2つの成果物を、4人2グループに分かれて進めた。実際に成果物にどのような機能や材料を使うのかを議論し、中間発表に向けての資料作成も並行して行った。

七月：初めて大学にて実際に筋電位の測定実験を行い、成果物にどのように筋電位を反映させるかを改めて議論した。また、中間発表会で得られたフィードバックを基に、修正点や問題点を洗い出し、夏季休暇も含めて後期の活動計画を立てた。

八月：夏季休暇中に分担して大学に登校し、筋電位計測回路の設計・組み立てを行った。

<後期>

九月：八月から引き続き筋電位計測回路の調整を行い、ドットマトリクス LED を Arduino Nano で実際に光らせる動作確認を行った。

十月：顔のどの部位が表情を読み取りやすいかを、実際に製作した電極を用いて計測した。また計測した筋電位を用いて、表情をドットマトリクス LED でどのように光らせて表現するかを議論した。

十一月：Arduino Nano のプログラミングと、班員に実際に成果物を装着してもらい、動作確認を行った。また、成果発表会に向けてのスライド作成や動画撮影を行った。

十二月：成果発表会で得たフィードバックとこれまでの活動を基に、期末報告書の作成を行った。また、2月に行われるプロジェクト課外発表会に向けての成果物の修正・改良を行った。

(※文責: 保坂溪人)

#### 5.1.2 越優希

<前期>

五月：生体信号についてと物理についての講義を受け、実生活で用いられている生体信号についての調査を行った。

六月：グループに分かれて、成果物についての意見交換と中間発表準備を行った。

七月：六月と同様話し合いを行い、筋電位の測定実験を行い、中間発表準備と中間発表を行った。

八月：筋電位計測回路をユニバーサル基板に移す構図を考え、基板の制作を行った。また、同時に筋電位計測用の電極の制作を行った。

### <後期>

九月：筋電位計測回路基板の制作とデバイスに用いるマトリクス LED を基板に移すことを行った。また新たに電極の制作も行った。

十月：Arduino nano を用いたマトリクス LED を担当するためのプログラムを用意し、マトリクス LED の点灯実験を行った。また、筋電位計測回路の基板の修正を行った。

十一月：マトリクス LED の表情による点灯箇所の変化を制御するプログラムを用意し、点灯実験を行った。加えて、期末発表用の動画制作と動画編集を担った。

(※文責: 越優希)

### 5.1.3 岩佐太梧

月ごとの担当課題を以下に示す。

#### <前期>

五月：プロジェクトに関する、生体信号を用いた身体拡張について、過去に行われていた先行研究を調査した。また、筋電位を用いて稼働する義手について調査し、スライドにまとめたものをプロジェクト内で発表した。発表に関して質疑応答や議論を行い、先行研究に関する知識を深めた。表面筋電位の計測と力学に関する講義を担当教員から受け、成果物を作るための事前知識を得た。

六月：グループ A の成果物に関してのアイデア出しを行った。また、出たアイデアに対して、必要な材料や技術の調査を行った。中間発表用スライドの作成では、スライドの内容を説明するイラストの作成を担当した。

七月：筋電位の計測実験を行い、顔のどの部分から筋電位を取るべきかについて考察した。中間発表用スライドで担当教員から指摘を受けた部分について修正を行った。

#### <後期>

九月：筋電位計測回路の基板にはんだ付けを行った。筋電位の計測実験を行い、筋電位を取る部位を「笑筋」と「口角下制筋」に決定した。

十月：筋電位を計測する部位に貼る電極の作成を行った。筋電位計測の基板を修正した。LED を点灯させるための基板を作成した。

十一月：期末発表用のスライド作成を行った。スライドに乗せるためのイラストを作成した。スライド説明用の動画を撮影した。

(※文責: 岩佐太梧)

### 5.1.4 阿部詩織

#### <前期>

五月：生体信号を用いた身体拡張について、過去に行われていた先行研究をランダムで決めたペアで調査した。その後に生体信号の活用方法等をスライドを用いて発表を行った。質疑応答や議論を行い、筋電位計測に関する原理を櫻沢先生から学び、力学に関する講義を高木先生からから学んで基礎となる情報を身に着けた。

六月：成果物についての具体的な案を練るために身体拡張の定義についての話し合いを行った。スライド担当となったため大まかなスライドの構成を考えた。

七月：オフラインで初めて集まり、筋電位の計測実験を行った際動画の撮影を担当した。その時

撮影した動画は中間発表のスライドにて使用した。中間発表のスライドの読み上げも担当した。中間発表夏季休暇を含めた今後の予定の計画を立てた。

<後期>

九月：例年の筋電位計測回路の回路図を参考に配線図の製作を行った。実際に筋電位計測回路へのはんだ付け作業を行った。計測に用いる電極の製作も行った。筋電位計測回路の修正を行った。

十月：筋電位回路の修正及び 3D プリンターを用いたマスクカバーの製作を開始した。

十一月：期末発表用の groupA のスライド部分を担当した。

(※文責: 阿部詩織)

## 5.2 担当課題と連携内容

阿部詩織：

3D プリンターを用いて、マスクカバーを作成した。また、グループリーダーとして、グループ内の進捗の確認、管理を行った。発表用の動画を撮影するにあたって、グループ A のスライドを説明する役を担った。

保坂溪人：

筋電位計測回路の作成や修正を行った。また、スライド作成やスライドに乗せるための筋電位計測回路図の作成を担当した。発表用の動画を撮影するにあたって、初めの導入部分や、最後の総括を説明する役を担った。

越優希：

表情によってドットマトリクス LED の点灯箇所を変更するプログラミングを行った。また、ドットマトリクス LED と Arduino nano、筋電位計測回路の配線を行った。発表用のスライドに入れる動画の編集を担当し、発表の準備に加担した。

岩佐 太悟：

顔に張り付けて筋電位を取るための電極の作成を行った。また、発表用のスライドに入れるイラストの製作を担当した。成果物を稼働させる際、被験者として実験を行った。

(※文責: 岩佐太悟)

## 第 6 章 前期での成果

### 6.1 中間発表までの取り組み

前期の活動は新型コロナウイルスの流行により大学での作業が制限されていたため、オンラインでの話し合いを中心に活動を行った。まず、生体信号を用いたデバイスの制作のための基礎知識を学ぶため、筋電位、生体信号や物理学の知識を習得した。また、身体拡張の意義の明確化を図り、身体拡張についての知見を広げ、制作するデバイスの提案を行うことを目的とした発表会を行った。二人一組のグループとなり、先行研究や身体が拡張が行われている既存のデバイスの調査を行い、スライドにまとめ、プロジェクト内にてそれぞれの評価を行った。結果、我々のプロジェクトにおける身体拡張の定義を身体能力の制約を広げ、肉体だけでなく知覚システムをも拡張する行為とし、様々なデバイスについての知識を広げることで、提案する成果物へのアイデア出しを促進させた。次に、我々の成果物作製における目的の明確化を促すために、生体信号を用いる理由や、我々の成果物における身体拡張の定義を行った。それらに基づいて成果物の構造を考え、LED 発光による笑顔などの表情を表出させるマスク型デバイスとして、成果物の設計計画を立てた。また、ブレッドボード上に筋電位計測回路を作製し、オシロスコープを用い、筋電位の計測方法の習得を行った。その際、筋電位が生じるとどのような結果が示されるのか、笑顔などの表情や口の開閉によって、笑顔では笑筋から電位が生じ、口の開閉は口角下制筋から電位が生じていることがわかった (図 6.1)。以上のことから、制作するデバイスの身体が拡張、デバイスの存在意義、制作するデバイスの大まかな構造の明確化を図り、後期の成果物の制作につなげることを目的とし、前期の活動を行った。最後に、前期の取り組みのまとめとして、グループ内で発表資料の再考を繰り返し行い、中間発表資料を作成し、我々の想定する成果物の説明を行う動画を用意し、中間発表会での発表準備を行った。第三者による意見や、客観的な疑問点などからデバイスの改善を行うため、我々が思い描く成果物の構想が相手に正確に伝わる発表の準備に努めた。結果、発表会にて多くの意見交換を行うことが出来、デバイスの改善案の提案などに第三者の意見を取り入れることが出来た。

(※文責: 越優希)



図 6.1 笑顔を示したときの筋電位の計測実験

## 6.2 中間発表時点での成果物

中間発表時点での我々の想定した成果物は、コミュニケーションに新たな情報を与えることによって、さらに豊かな対話を実現することを目的としたデバイスである。背景で述べたようにマスクを着用しなくてはならない状況が増えている現在では、相手の表情が把握できない問題が生じ、コミュニケーションが阻害されている現象が見られている [2][3]。そのため、我々の想定するデバイスは、デバイスに付随する計測用電極を、えくぼを作る筋肉である笑筋と口の開閉に用いられる筋肉に接触させ、筋電位計測回路に得られた筋電位を通し、Arduino 上で解析を行い、ドットマトリクス LED にて表情の表出を行うものとした。また、中間発表の段階では、笑顔や口の開閉のマスク上の表出以外にも、鎖骨下動脈から心音マイクを用いて脈拍を計測し、主観的疲労度を計測することで、ストレス指標値を推定し、マスクにて不快な表情のような形で出力する機能も付加することを想定していた。ストレス値の測定目的として不快感の軽減や、自身では感知しづらいストレス値の可視化が挙げられる。心音から計測した脈波を分析し、その値に応じて、マトリクス LED 上での再現、または、笑顔や口の開閉とは差別化し、ストレス値のみを表す他媒体での表現を提案した。我々の想定する中間発表時点でのデバイスはマスク上を LED が覆い、マスク全体でコミュニケーションを図る形態をとり、その傍らで表情と口の開閉の筋電位の計測と心音からの脈波の測定を行うデバイスである。想定していた我々のデバイスのイメージ図を図 6.2 に示す。

(※文責: 越優希)

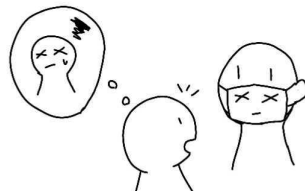


図 6.2 中間発表時点における成果物イメージ図

## 6.3 問題点と問題に基づいた変更点

### 6.3.1 マスク型デバイスの構造

中間発表時点での我々が提案したマスク型デバイスは問題点を含んでいた。初めに、マスク型デバイスの構造についての問題点である。中間発表段階のマスク型デバイスはマスク型デバイス全体で表情の表出を行い、対面でのコミュニケーションを実現するために、3D プリンタを用いて作製するフレキシブルなマスク上に 10 個のマトリクス LED を貼り付ける構造であった。しかし、この構造では、重量が顔に装着するには重すぎるという点と、それぞれのマトリクス LED に対する配線が非常に多くなる点が問題点として挙げられる。重量感からマスク型デバイスの装着感が悪くなることで装着した際に不快感が生じると考えたため問題点として挙げた。また、10 個のマトリクス LED をすべて同時に光らせるためには、そのマトリクス LED の同数の Arduino が必要と考え、検討を行っていた。この点について、Arduino の数が増加すると、デバイスを作成するためのコストが Arduino の使用数に比例して高くなり、同時に配線や回路、デバイス全体の複雑化が生

じる。以上の問題点から、マスク型デバイスの形状や配線などの複雑化を抑えることとマスクの重量の削減をするため、使用するマトリクス LED を複数用いて表情を表出するものから、一つのマトリクス LED で様々な表情を表出する構成に変更を行った。デバイスで用いるマトリクス LED の個数を削減することによって、機器構成の簡素化を可能とした。また、初期案であるマトリクス LED を全体に貼り付けるものではなく、使用するマトリクス LED を一つのみにするだけで、重量や配線を少なく単純化することができたため、マスク型デバイスとして使用するうえでの不快感を軽減できた。

(※文責: 越優希)

### 6.3.2 マスク型デバイスの素材

マスク型デバイスのマスク部分のフレキシブルな素材をどのような形状で、どのような素材を用いるかという点が挙げられる。中間発表時点ではマスク部分の素材は決まっておらず、人それぞれの顔の形状に沿うことができる素材という断片的にしか決まっていなかったため問題点として挙げた。マスク型のデバイスであるために、顔の前において邪魔にならず、不快ではない素材で、通気をシャットアウトせず、丈夫である必要がある。マスク型デバイスのマスク部分の素材については、軽さと柔軟性を必要とするため、3D プリンタを用いて、エラストックレジンというフォトポリマーレジンを用いることにした。エラストックレジンとは、3D プリンタを用いることで任意の形状で保存することができるものである。また、エラストックレジンとは、非常に柔らかい素材であるため、厚さを薄くすると自由に曲げることも可能な素材である。今回は多少の強度は必要と考えたため、5mm の形状でマスク部分を用意したが、フレキシブルな素材なため、不快感は多少抑えられ、普段用いられる布製のマスク上に問題なく装着できるデバイスを用意するよう考えた。

(※文責: 越優希)

### 6.3.3 表情の表出について

想定される問題として、実際に笑っていないときに常に笑っている口元になってしまう可能性があるという問題について挙げる。中間発表時点考えられるものとして、電極と皮膚との接触や、作製したデバイスの部品の故障などが原因として考えられる。また、表出される表情が、デバイスによって制御されないことによって、かえって必要ないときに笑顔を示し、相手に不快感を抱かせるケースや、話していないのに口が開閉して、相手に疑問感を抱かせるケースが考えられる。実際に笑っていないときに笑顔が表示されてしまうことの問題については、笑筋上での電極の配置を様々な試すことや、笑顔になったことで笑筋から届いた筋電位を筋電計測回路を介して、Arduino に信号を送られた際、笑顔と認識するための条件を厳しくすることで、笑顔のときのみ笑っている表現になるデバイスの実装を行うこととした。しかし、計測部品のショートなどによる故障や、接触不良などによって誤った表情が表出される問題は常に生じうるため、適宜解決する必要がある。後期には、常にその問題が生じないように、電極の接触部の形状の再考を行い、また、新たに電極を制作し、使用不可となった電極の代わりに用いることで、適宜、改善を行った。計測部品を丈夫にし、電極の方向などの誤りなどの間違いを減らすために、電極の形状を変え、使用者が間違えないようにわかりやすいものを作製し、正確に筋電位を読み取ることが出来る電極、筋電位計測回路の製作を行う見通しを立てた。

### 6.3.4 マスク型デバイスと脈波の関連性

マスク型デバイスにおける脈波の扱いについての問題を挙げる。中間発表時点ではマスク型デバイスに脈波を用い、疲労度を測定し、対面する相手に自分が感じているストレスを(図 6.1)などの不快を表す表情としてマスク型デバイスに表示し、相手に伝えるデバイスを製作することを計画していた。ストレスを相手に伝えることで、自分が感じている疲れや負の感情を伝えることが可能となる。しかし、あえて自分が感じている負の感情を伝えることがコミュニケーションにおいてどのような拡張になるのかという点で不明慮であった。また、脈波の計測箇所が心拍を計測するために心臓付近となることから、想定するマスク型デバイスの構造が複雑なものとなっていた。我々が製作するマスク型デバイスに脈波を用いた時に生じる問題点、ストレス値を伝える意義について話し合いを行った。脈波を用いて相手にストレスを伝えることにより、自分で気づくことが出来ないような不調を相手に認知してもらうことが可能になり、互いに気を遣ったコミュニケーションをとることが出来るというメリットを得られるが、しかし、相手とのコミュニケーションを図る際、自分のストレスを伝えることは、かえってコミュニケーションがとりづらい状況を生み出してしまうというデメリットも生じると考えた。また、隠したい感情も表出してしまうというデメリットも生じる。我々の製作するマスク型デバイスにより相手との意思疎通に障害が生じることは、マスク型デバイスのコミュニケーションを補助することに反する。そのため、マスク型デバイスの機能に、脈波の測定から得られたストレス値を相手に伝える機能を付与しないこととした。

## 第 7 章 後期での成果

### 7.1 後期活動での成果物

#### 7.1.1 前期の活動を踏まえた後期の方針について

前期での活動をもとに我々は、どのような表情を表出すべきかについて調査を行った。その結果、マスクによって隠れる口元で判断される感情は、喜びなどのポジティブなものであることが分かった [1]。また、マスクをつける際の問題点について議論した結果、口の動きが見えないことにより、会話のタイミングが計りにくいことが挙げられた。そのため、我々は「笑顔のとき」と「話しているとき」の 2 種類を表すマスク型表情表出デバイス「Ex.Emotion」のプロトタイプを製作することとした。また、表情の表出を行うにあたって、顔一面を覆うディスプレイ用いると発声の阻害となってしまう恐れがあったため、マスク上にワンポイントで表情を表出することとした。そのため、軽量かつ、小さくても明確に表情を表現できるマトリクス LED を用いることとした。

(※文責: 岩佐太梧)

#### 7.1.2 後期成果物について

まず初めに、マスク本体にマトリクス LED を設置してしまうと、マトリクス LED の重さでマスクが落ちてしまう可能性があったため、マスクの上につけるマスクカバーを、弾性のあるレジンを用いて、3D プリンターにて作成した。伸縮性のあるゴム製の紐を通し、耳ではなく後頭部に紐をかける構造にすることによって、耳にかかる負担を軽減しつつ、マスクカバーが落ちてこないように安定化を図った。次に、顔に貼り付ける電極 4 本や、LED マトリクスと Arduino nano、筋電位計測回路をつなげるための導線が大量に必要であったため、はんだ付けを行い自作した。本制作では、表情筋から「話しているとき」と「笑顔のとき」それぞれの筋電位を取る必要があった。そのため、4 章で記述した筋電位計測回路を 2 つ製作した。また、筋電位計測実験にて、「話しているとき」と「笑顔のとき」それぞれ、顔のどの部位から筋電位をとると一番大きな反応が得られるかについて検討した結果、「話しているとき」は口角下制筋、「笑顔のとき」は笑筋から筋電位を取ることが適切であるという結果に至った。計測した筋電位の情報をもとにマトリクス LED の点灯箇所を変える必要があったため、A/D 変換によって筋電位の情報を Arduino nano で管理できるようにし、その情報をもとに表情の分類化を行った。場合分けにより、それぞれの表情でマトリクス LED の点灯箇所が変わるようにプログラミングを行い、Arduino nano に記憶させ、操作を行った。これにより表情の変化とともにマトリクス LED に表情を表出させるマスク型デバイスのプロトタイプを製作した。実際に制作したデバイスを動作させた結果、笑顔のときは図 7.2、口の開閉の時には図 7.3、笑顔と口の開閉、両方の筋電位が取れた場合は図 7.4 のように、それぞれの表情に対応したマークを瞬時にマトリクス LED に表すことができた。これにより、マスク内の表情をタイムラグがなく、リアルタイムで表出することを可能とした。また、本グループはこの製作を通して、マスク上で表情を表出するという本来人にはない機能を、人から得られる筋電位を用いることで実装した。その時に測定した筋電位をどのような形でデバイスに反映させるか、自分たち



## Body Augmentation Interface Using Biological Signal ASHURA

が目指す身体拡張に基づきながら筋電位の活用方法を模索した。そして、表情表出デバイスである「Ex.Emotion」を製作することによって身体の制約の幅を取り払うきっかけとなった。



図 7.1 筋電位の測定位置



図 7.2 笑顔時「Ex.Emotion」動作



図 7.3 口の開閉時「Ex.Emotion」動作



図 7.4 笑顔・口の開閉同時「Ex.Emotion」動作

(※文責: 岩佐太梧)

## 7.2 問題点

後期成果物の問題点として以下の3点が挙げられる、第一にマスクカバー装着時の不安定さである。我々が実際にマスクカバーを装着した際に、時間が経つにつれて徐々にマスクカバーが落ちていくといった場面が見受けられた。これにより、本体の重量や、マスクカバーを顔に固定するための紐に問題があることが分かった。解決策としては、現在のマスクカバーよりも薄型のものを作成し、軽量化を図ることや、顔に固定するための紐をベルトに変更することが挙げられた。第二に、デバイス動作の不安定さである。これは、デバイス使用中に、電極が顔からはがれ、筋電位の読み取りが不可能となるために発生する問題であった。第三に、デバイス使用者の行動が制限されることである。これは配線の量と配置によって生じる問題であり、配線の削減による解決が求められる。今後の展望としては、デバイスの使用者に違和感を与えず、体の一部として認識してもらうため、軽量化や電極の固定など、装着時の負担軽減が挙げられる。

(※文責: 岩佐太梧)

## 第 8 章 期末発表会についての評価フィードバック

### 8.1 期末発表会について

2020 年 12 月 4 日に、2020 年度プロジェクト学習の期末発表会が行われた。今年度の期末発表会は zoom にてオンラインで開催された。まず初めに、あらかじめ撮影していた発表用の動画を公開し、その動画を見ていただいた上で、簡単な概要の説明、質疑応答を行った。その後、聴衆の方々に、我々の発表技術や発表内容についての評価をいただいた。集計した結果、本プロジェクトの総評価者数は 39 名であった。発表技術についての評価の平均点は 10 点満点中 8.10 点であり、発表内容についての評価の平均点は 7.58 点であった。また、グループ A の発表に関して評価者からコメントを頂いたので、評価された点と指摘された点に分けて以下に示す。

(※文責: 岩佐太梧)

### 8.2 評価された点

期末発表会において評価者の方から以下のような良い点が挙げられた。

- ・スライドにイラストや図が多く使われているため、発表内容が理解しやすかった。
- ・実際に制作物を稼働させている状況を動画で示していたため、成果について理解できた。
- ・成果として十分なものが出力されており、目標を十分達成していると感じた。
- ・今の時世に適したテーマを設定できている。
- ・自分自身、マスク着用時において表情を読み取れない経験が多々あるため、ニーズをきちんと捉えていると思った。
- ・微小でノイズの多い筋電位の信号を検出し、ハードウェアとリンクさせたのは素晴らしいと思った。

(※文責: 岩佐太梧)

### 8.3 指摘された点

期末発表会において評価者の方から以下のような改善点が挙げられた。

- ・質疑応答の際は、スライドをずっと画面共有したほうがわかりやすくなると思った。
- ・どのような体制で活動してきたかについての説明がなかった。
- ・今後の展望や、実生活でどのように活用できるかがわからなかった。
- ・「笑顔」と「口の開閉」だけではなく、別の表情も表出できたら良いと感じた。
- ・衛生的な問題が発生すると思った。

(※文責: 岩佐太梧)

## 8.4 期末発表会を通して

評価者のコメントをまとめた結果、評価された点として、定めたテーマに沿った制作ができていたことや、発表が理解しやすかったという点が多く挙げられていた。指摘された点としては、デバイスによって表出される表情の種類を増やしたほうが良いという意見が多く寄せられていた。この結果より、表情筋から取得した筋電位の情報をもとに、「笑顔のとき」と「口の開閉をしているとき」の2種類に分類化した表情を、さらに細分化する必要があると考える。しかし、表情を細分化しすぎてしまうと、ちょっとした表情の変化でもマトリクス LED の点灯箇所が変わってしまい、一つのマークが表示される時間が短くなってしまうという問題点が存在するため、最終的に表出する表情のパターンを何種類にするか議論を重ねる必要がある。以上を踏まえて、我々の評価を5段階評価で表すと3である。理由としては、現代の課題に対しての解決方法が明確に表されており、テーマに沿った制作ができていたためである。その一方で、表出する表情の不十分さが問題点として挙げられていた。このことより、総合評価は3として考えられる。

(※文責: 岩佐太梧)

## 第9章 通年の活動及び今後の展望

### 9.1 通年の活動

今年度、我々は、顔の筋電位を計測し、表情を表出するデバイスの制作を行ってきた。前年度以前と背景や環境が大きく異なり、大学に登校して活動する回数が極端に減ってしまったため、一年を通して、前期は話し合いを中心とし、成果物制作の準備と筋電位計測や成果物を制作するための知識を身に付け、制作するデバイスの構想をグループ内で明確にし、中間発表資料を完成させ、丁寧な発表を行うことを前期の最終目標として活動を行った。後期は前期の活動に基づき成果物の制作を行った。また、限られた時間を使い、成果物の制作と成果発表会の準備を同時進行で活動を行った。そのため、後期期末発表に成果物は完成には至ったが、プロトタイプを提示する形になってしまった。表情を表出することには支障がなかったため成果としては十分なものが完成させることができた。同時に発表準備を入念に行い、数多の修正を重ねつつ、よりよい発表動画の作成に努め、最終発表に臨んだ。

(※文責: 越優希)

### 9.2 身体拡張の実現について

我々は、身体拡張とは身体能力や近くシステムの制約を超え、物理的な実態のあるデバイスを、自らの一部として使用することであると定めて製作を行った。筋電位を用いることにより、タイムラグのないリアルタイムな情報をデバイスに送ることができ、その送られた情報をもとに、表情をマスク越しに表出するデバイスを製作した。これにより、マスクによって隠れ、見ることのできない口元の感情を認識することが可能となり、コミュニケーションの支援につながると考えられる。マスクによって隠れた表情を表出するという、本来人には備わっていない機能を、表情表出デバイスを用いて実装したという点から、本制作において身体拡張は実現できたといえる。今後の展望としては、このデバイス使用によってどの程度コミュニケーションの支援が行われているか評価実験によって調査する必要がある。

(※文責: 岩佐太梧)

### 9.3 表情分類の結果

本制作では、マスク上に表出する表情を「笑顔」と「口の開閉」の2種類と設定した。これは、人が表情を認識するとき、顔の下半分を見て喜びの感情を判断しているためである [1]。その部分がマスクで隠れてしまうことにより、コミュニケーションにおいてポジティブな感情を伝えることができなくなると考えた、また、マスク着用時に口の動きが見えず、会話のタイミングがつかめなくなるという点も問題に上がった。そのため表情を「笑顔」と「口の開閉」の2種類に分類し、デバイスに表出することとした。一方で期末発表会の評価では、表出できる表情を増やしたほうが良いという意見が挙げられた。しかし、表出できる表情を増やすと、少しの表情の変化で表示される

マークが変わってしまい、1つのマークを表示する時間が短くなってしまいう問題点も存在するため、今後、表示する表情を何種類にするかについて議論する必要がある。

(※文責: 岩佐太梧)

### 9.3.1 技術的な問題点

今回制作したデバイスの技術的な問題点は、まず、筋電位計測回路の基準電位に若干のずれが生じていることが挙げられる。若干のずれが生じることで、計測の際、表情を示す条件に厳しい、または緩い状況になるため、計測の正確性に欠けるため、問題として挙げる。次に、筋電位計測に用いられる電極の接触が悪い点と故障が多い点を挙げる。接触が悪い場合や電極に故障が生じている場合だと、筋電位の計測がうまくいかず、望んだ結果が得られないため、問題が生じにくい電極を用意する必要があると考えた。次に、マスク型デバイスの形状の問題を挙げる。マスク型デバイスのマスク部分は3Dプリンタで制作するフレキシブルな素材である。そのため、現在得られた成果物よりも軽量化を図ることが出来、また、よりよいコミュニケーションを促すために、LEDを正面に向ける構造を作成する必要があると考えた。また、現在の成果物は配線も多く、絡まりやすい問題や、ピンから抜いたとき、再現することが難しい問題がある。これより、使用者に負担にならない構造や、配線の量、長さの削減を行う必要があると考えた。

(※文責: 越優希)

## 9.4 今後の展望

今回制作したデバイスの改善を行い、情報処理学会にて提出する論文と発表の準備を行う。期末発表の際に生じ、最終的に解決できなかった問題である基準電位にズレが生じてしまう現象については、筋電位計測回路の基盤を見直し、誤りを見つけ出し、修正を行う必要がある。また、筋電位を読み取る電極を新たに作成し、デバイス使用者による使用用途の誤りを生まず、接触についての問題も解決ができるよう制作を行う。解決法として、計測用の二本の電極の一体化を行い、使用者が筋電位計測回路の基盤から電極を外す必要のない構造にする。一方、表面のマスクの形状については、マスクを薄くすることで、マスク部分の軽量化を図る。また、マトリクスLED部分の方向を正面に向けるための形状変換を行い、よりコミュニケーションを取りやすくするよう設計を変更する。加えて、マスク型デバイスの実用性を上げるために、デバイス全体に使用する銅線の削減と、筋電位計測回路などの回路の縮小化を図る必要があると考える。また、発表会の準備や資料の作成などについては通年の活動では余裕のない状態が続くうえに、活動できる時間は個人ごとに異なり、制限が生じるため、活用できる時間を最大限に利用し、発表資料や論文などの制作に臨むようにする必要がある。また、一人一つの作業ではなく、全員で各々を補っていく必要がある。

(※文責: 越優希)

## 付録 A 課題解決のための技術（新規習得）

Fusion360 を用いた stl ファイルの作成方法を身につけた。加えて 3D プリンターにてフレキシブルな素材を活用した製作を行いその後の洗浄、硬化作業やレジンの濾過作業などを通じて 3D プリンターに関する基礎技術を身につけることができた。中間発表、期末発表を通じてプレゼンテーション能力も身につけることができた。

（※文責: 阿部詩織）

## 付録 B 課題解決のための技術（講義）

担当教員による回路に関する講義、人体生理学、情報表現基礎、複雑系科学実験

（※文責: 阿部詩織）



## 付録 C 相互評価

### 阿部詩織への相互評価

主にユニバーサル基板の設計、3D プリンターでのマスク製作、前後期報告書の TeX での執筆を担当してくれた。グループリーダーとして積極的に動き、班員の作業内容を明確に示してくれた。

(※文責: 保坂溪人)

筋電位計測回路の基板を設計、3D プリンターを用いてマスクカバーの製作を行った。グループリーダーとして各班員のスケジュールや進捗状況を管理し、製作活動を円滑に進めるように尽力していた。

(※文責: 岩佐太梧)

グループのリーダーとして、グループワークの統括を行っていた。グループの中心となり、成果物の制作やスライドの制作を行っていた。個人では特に 3D プリンタ関係の作業を行い、成果物を完成させた。また、スライド作成、発表動画作成に携わり、特にグループ A の内容を説明する役割を担った。

(※文責: 越優希)

### 保坂溪人への相互評価

プロジェクトリーダーとしてプロジェクト全他の情報交換を率先して行いつつグループでの活動にも率先して取り組んでくれた。回路についてはほぼはんだ付けの作業を行っていた。

(※文責: 阿部詩織)

プロジェクトリーダーとして全体の統括を行い、中心となってプロジェクトの活動を行った。作業については回路のはんだ付けの作業を担当し、筋電位計測回路の基板の制作を中心に行っていた。また、全体のスライド作成の両グループの導入部分や最終部分の総括の作成を行っていた。

(※文責: 越優希)

それぞれから出た意見をまとめたり、提出物の確認や話し合いの進行などプロジェクトリーダーとして多大な貢献を果たした。基板のはんだ付けを担当した。また、発表用スライドの製作や、動画の撮影を行っていた。プロジェクトリーダーとしてプロジェクト全体をまとめており、他のグループとの情報共有を行った。

(※文責: 岩佐太梧)

### 岩佐太梧への相互評価

プレゼンテーション資料のイラストを素早く正確に作成してくれた。ほかにも電極のはんだ付け作業など細かな仕事を自ら発見し行ってくれた。

(※文責: 阿部詩織)

## Body Augmentation Interface Using Biological Signal ASHURA

主に発表会で使用するスライドの原稿やイラスト、電極の製作、成果発表会での動画撮影の被写体を担当してくれた。イラスト担当としては我々が行っている活動を分かりやすいように表してくれた。また、動画撮影の時には成果物の効果を十分引き出せるような表情をしてくれた。

(※文責: 保坂溪人)

成果物の制作においては、電極の作成や電線の作成、基板のはんだ付けを中心に行っていた。また、発表準備については成果物の動作を見せる動画のデバイスの装着者として撮影を行った。また、スライドのイラストを中心となって描いていた。

(※文責: 越優希)

### 越優希への相互評価

主に Arduino Nano のプログラミング、筋電位計測回路の修正、成果物の回路全体の修正を担当してくれた。回路で問題が発生した際、すぐに原因を突き止めて修正してくれた。

(※文責: 保坂溪人)

主にプログラミングや筋電位回路の修正等を担当していた。冷静に原因の追究をしてくれていたため成果物完成に尽力してくれた。

(※文責: 阿部詩織)

主に Arduino を動かすためのプログラミングを担当した。配線も行い、成果物が正確に稼働するように努力していた。また、回路や配線に問題が生じた場合、問題点を見つけ、修正をしてくれた。

(※文責: 岩佐太梧)

## 参考文献

- [1] 郷田 賢, 宮本 正一:感情判断における顔の部位の効果, 心理学研究 71(3),211-218(2000)
- [2] 厚生労働省:新型コロナウイルス感染症について, 入手先 [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000164708\\_0001.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000164708_0001.html)
- [3] 鏡原 崇史:幼児期における表情理解と表情表出—理解しやすい表情素材と大人から見た幼児の意図表情の適切性—, 保育学研究 55(2),109-119(2017)
- [4] 益子 行弘, 萱場 奈津美, 齋藤 美穂:表情の変化量と笑いの分類の検討, 知能と情報 23(2),186-197(2011)
- [5] PRTIMES:ベンチャー企業が開発した、世界初の スマホと つながるスマートマスク「C-FACE」が 8 月 13 日 (木) 11:00～、クラウドファンディング「Makuake」で予約販売スタート。 , 入手先; <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000007.000057944.html> ;
- [6] FNN プライムオンライン:口元が笑っている「スマイルマスク」を全員着用…お客さんからは賛否両論?, 入手先 <https://www.fnn.jp/articles/-/76297>
- [7] 吉武 康栄:生体信号のレシピ, 大分看護科学研究 4(1), 27-32(2003)
- [8] 医療法人社団愛友会上尾中央総合病、入手先 <https://www.ach.or.jp/guide/inspection/brain.html>
- [9] 伊藤 美加, 吉川 左紀子:表情認知における顔部位の相対的重要性, 人間環境学研究, Vol.9, No.2, pp.89-95, (2011)