

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 B

Group Name

Group B

プロジェクト番号/Project No.

24-B

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

朝倉宏輔 Kousuke Asakura

グループメンバ/Group Member

朝倉宏輔 Kousuke Asakura

伊藤涼 Ryo Ito

岩下明日海 Azumi Iwasita

中嶋寛太 Kanta Nakajima

中村颯流 Souru Nakamura

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

“生体信号による身体拡張インタフェース～ASHURA～”では、筋電義手の技術や生体信号計測技術を身体拡張のために利用し、本格的な筋電義手の製作や、義手以外にも、生体信号を用いて様々な機器をコントロール可能な新しいインタフェースのデザインを行ってきた。

本グループは、音を用いることをテーマとした。快-不快の指標として頬の大頬骨筋と眉の皺眉筋の筋活動が利用できる。また、音楽を聞いている時に引き起こされる情動の原因として音程変化、音楽の構造が挙げられる。このことから私たちは、快-不快を音の変化で表現できると考えた。よって、私たちは生体信号でコントロール可能なインタフェースを使用することにより、メロディやコード進行のない音により快-不快を表現することを最終目的とした。具体的には、表情筋からの筋活動情報と快または不快を思わせるエフェクターのかけ具合を連動させ、音の聞こえ方を変化させることで実現させることとした。前期は、プロトタイプとして腕の筋電位の計測結果とエフェクターのかけ具合連動させ、音を歪ませるものを製作した。

しかし、快-不快の音というのは聞き手によって感じ方はそれぞれであり、ひとつのものとして表現することは困難であったため、後期では最終目的とそれに伴う製作物を変更することとした。

後期ではまず、課題の再設定を行った。その結果、「筋電位と音が連動する」こと「精神的な状態を音に変換する」ことを面白いと感じ、さらに「ストレスを知覚できるものを作りたい」ということから、「精神的な緊張を音として表に出す」デバイスを製作することにした。外見は精神的な緊張を音として表に出すことから真実を話すということで真実の口をモチーフにした。このデバイスは使用者の精神的な緊張に伴う筋緊張を筋電計によって計測、増幅し、スピーカーに入力して音に変換する。評価実験では、デバイスを使うことで使用者の緊張状態は変化するのかを検証した。実験の結果、音と緊張に関して統計的に有意差は見られなかった。これに関しては、筋電位の計測部位の再検討と被験者の人数を増やす必要があったと考えられる。

キーワード 筋電位, 身体拡張, 生体信号, 音, 緊張

(文責: 中村颯流)

Abstract

In “Interface using bio signal to augment body ~ASHURA~”, technology of EMG artificial hand and biosignal measurement technology is used for augment body, We have created a authentic EMG artificial hand and designed a new interface that can control various devices using biosignals.

This group’s theme was to use sound. Muscle activity of the zygomatic muscle of the cheek and the corrugator supercilii muscle of the eyebrows can be used as an index of comfort - discomfort. In addition, the causes of emotions that occur when listening to music include changes in pitch and the structure of music. From this we thought that we could express comfort-discomfort by the change of sound. Therefore, we aimed to express comfort-discomfort by using sounds without melody or chord progression by using an interface that can be controlled by biomedical signals. Specifically, we decided to achieve this by linking the muscle activity information from the facial muscles with the effector that seems to be comfort-discomfort and changing the way the sound is heard. In the previous period, as a prototype, the measurement result of the myoelectric potential of the arm was linked to the degree of impact of the effector, and the one that distorted the sound was manufactured.

However, the comfort and discomfort sounds are felt differently by the listener, and it was difficult to express them as one thing, so in the latter period, the final purpose and the accompanying production were changed.

The task was reset in the latter period. As a result, it felt interesting that “myoelectric potential and sound work together” and “convert mental state into sound” furthermore, “want to create something that can perceive stress” therefore, we decided to create a device that “exposes mental tension as a sound”. Appearance was inspired by the mouth of truth, by speaking the truth from exposing mental tension as a sound. This device measures and amplifies muscle tone associated with the user’s mental tension with an electromyograph and inputs it to a speaker to convert it into sound. In the evaluation experiment, the device was used to verify whether the user’s tension changes. As a result of the experiment, there was no statistically significant difference in sound and tension. In this regard, it is considered necessary to reexamine the myoelectric potential measurement site and increase the number of subjects.

Keyword EMG, body expansion, vital signs, sound, tension

(文責: 中村颯流)

目次

第 1 章	背景	1
第 2 章	課題解決プロセス	2
2.1	課題設定までの活動	2
2.1.1	アイデア出し	2
2.1.2	先行研究の調査	2
2.1.3	仮説	3
2.2	前期活動の背景	3
2.2.1	前期の目的	3
2.2.2	課題の概要	3
2.3	中間発表での成果物	3
2.3.1	中間発表時点での成果物	3
2.3.2	学内での中間発表	4
2.3.3	問題点	4
2.3.4	解決方法の検討	5
第 3 章	計測・制御機器	7
3.1	筋電計測回路	7
3.1.1	アクティブ電極	7
3.1.2	差動増幅器	8
3.1.3	ハイパスフィルタ	8
3.1.4	非反転増幅回路	8
3.1.5	半波整流回路	8
3.1.6	積分回路	9
3.1.7	電源装置	9
3.2	制御機器	9
3.2.1	Arduino UNO	9
3.3	エフェクター	9
3.4	サブウーファー	10
第 4 章	課題の再設定	11
4.1	課題再設定までの経緯	11
4.2	アイデア出し	11
4.3	先行研究の調査	11
4.4	後期の目的	12
4.5	仮説	12
第 5 章	最終成果物	13
5.1	最終成果物	13

5.1.1	真実の口をモチーフにした理由	13
5.1.2	機構	13
5.1.3	像の設計	14
第 6 章	評価実験	15
6.1	予備実験	15
6.2	本実験	15
6.2.1	目的	15
6.2.2	方法	16
6.2.3	実験手続き	17
6.2.4	結果	17
6.2.5	考察	18
第 7 章	結果	19
7.1	成果発表での成果物	19
7.2	学内での成果発表	19
7.3	問題点とその解決方法	20
7.3.1	問題点	20
7.3.2	解決方法の検討	20
第 8 章	各人の担当課題及び解決過程（各月）	22
8.1	朝倉宏輔の活動内容	22
8.2	伊藤涼の活動内容	23
8.3	岩下明日海の活動内容	24
8.4	中嶋寛太の活動内容	24
8.5	中村颯流の活動内容	25
第 9 章	相互評価	26
9.1	朝倉宏輔からの評価	26
9.2	伊藤涼からの評価	26
9.3	岩下明日海からの評価	27
9.4	中嶋寛太からの評価	28
9.5	中村颯流からの評価	28
第 10 章	まとめ	30
10.1	前期活動のまとめ	30
10.2	後期活動のまとめ	30
10.3	今後の展望	31
	参考文献	32

第 1 章 背景

人間の行為には身体構造による限界がある。身体拡張を行えば、持てない物を持てるようになり、認知できないものを認知できるようになったりする。生体信号による身体拡張インタフェース～ASHURA～では、生体信号を用いた身体拡張に取り組んできた。生体信号とは、筋電、発汗、脈拍、心拍などの生体現象によって体内から発せられる信号である。また、インタフェースとは、異質なものが接する点と訳される。例を挙げると、コンピュータの入出力と人間との接点に相当するマウスやキーボード、画面表示などがある。本プロジェクトにおけるインタフェースは、装着した人間の生体信号を入力として制御されるデバイスのことである。昨年度、本プロジェクトで、コミュニケーションにおける「喜び」の相互作用を促すことを目的としたデバイスを製作したグループがあった。このグループは、インタフェースを装着した場合に笑顔の増幅に有用である可能性が示唆されたと報告した。これは、インタフェースを用いてヒトに新たな感覚を与えたといえる。昨年度の成果を踏まえ、本プロジェクトでは、生体信号インタフェースを用いてヒトに新たな感覚を与える、ということ全体テーマとした。

(文責: 中村颯流)

第 2 章 課題解決プロセス

2.1 課題設定までの活動

2.1.1 アイデア出し

プロジェクトのメンバー全員が、生体信号と組み合わせてやりたいことと興味のある分野について先行研究を踏まえた発表を行った。発表を終え、自分たちのやりたいことを考慮し話し合いを進めた結果、「無駄な力を明確に表し楽器の熟練支援をするインタフェース」に注目したメンバーが 5 人集まりグループが決定した。「無駄な力を明確に表し楽器の熟練支援をするインタフェース」とは、楽器の演奏において無駄に力を入れてしまうことが上達の隔たりとなる一つの要因であるため、演奏中の無駄な力を筋電計によって計測し、聴覚や触覚にフィードバックすることで初心者が上達するための支援をするインターフェースである。この意見を元に、本グループでは「音」をテーマとして活動を行うこととなった。そのため、音を使用したインタフェースについてアイデアをグループメンバー全員でスケッチブックに 70 個ほど書き出した。書き出したアイデアの中から数個を選び、グループ間でアイデアについて意見を共有した。その後、共有した他グループの意見を踏まえてアイデアを再考した。最終的に目標とする製作物はこのアイデア出しの段階で決定した。

(文責: 岩下明日海)

2.1.2 先行研究の調査

昨年の本プロジェクトでは、「咲 (emi)」というカチューシャ型の筋電インタフェースの製作を行い、2 者間の対話における笑顔増幅効果を検証した。インタフェースの評価実験で得られたことは、対話する相手の笑顔に加えて、カチューシャにつけられた花が回ることを認知することで、笑顔増幅の効果が確認された。しかし、装着しているモータの振動が直接笑顔であることを認知することにつながるという結果は得られなかった。そこで、本グループでは視覚的な認知以外で本人に情動を認知させる筋電インタフェースの考案を行った。したがって、本グループでは、情動変化によって音の聞こえ方が変化するようなデバイスを最終の製作目的とした。この目的を達成するために、情動の評価方法や音に関する先行研究の調査を行った。それにより以下の知見を得た。

菅原らは自動車の快適性の向上を目指して快-不快感を評価するために、顔の表面筋電図を用いた実験を行った。快指標として大頬骨筋、不快指標として皺眉筋の 2 つの筋電位活動を用いることによって、快-不快感を評価した。その結果、顔の表面筋電図からドライバーの快-不快の情動変化を確認できる可能性が示された [1]。また、大村らは音楽情動に関する研究を歴史、測定、心理的知見、生理的知見、理論について概観し、知覚と情動にかかわるメカニズムを考察していた。音楽の聴取中の快-不快が引き起こされる原因に音程変化やメロディ、音色といった音楽の構造が関係しており、音以外では聴取者の好みのジャンルや聴取する環境などが挙げられている [2]。音の高さが様々に変化して知覚されるものをメロディという。また、音色とは一般的に音が出ている時の波形、あるいは周波数スペクトルの特徴を指していることが多い [3]。

(文責: 朝倉宏輔)

2.1.3 仮説

先行研究の調査を行った結果、大頰骨筋と皺眉筋の筋活動情報を用いることで、快-不快の計測ができるのではないかと考えた。本グループでは、筋活動情報を計測するために筋電位を用いることに決めた。また、音楽の構造のひとつである音色の変化によって快-不快を表現できるのではないかと考えた。これらのことから、筋活動情報から読み取った快-不快を音の変化で表現することができるという仮説を立てた。

(文責: 中嶋寛太)

2.2 前期活動の背景

2.2.1 前期の目的

本グループは、筋電位と音を組み合わせることを目的として活動してきた。前期は、快-不快を音で表現するためのエフェクターを含めたデバイスの製作を行った。音楽の音程変化、構造によって快-不快を引き起こすことが出来るという先行研究や、快-不快の情動を表情筋から読み取る先行研究から、快-不快はエフェクターを利用して表現することが出来るのではないかと仮説を立てた。

(文責: 伊藤涼)

2.2.2 課題の概要

前期の目的を達成するための問題点として、エフェクトをかけることのみで快-不快を表現できるようなエフェクターを考えなければいけないことである。デバイス使用者の使用状況や環境によって、情動の喚起は異なることが考えられる。したがって、デバイス使用者がどのような環境や状況に依存するのか、もしくは、全く違った要素が情動を喚起させる原因になっているのかを詳しく解明する必要がある。また、デバイスをどのような場面で使用することが望ましいかを考える必要がある。

(文責: 朝倉宏輔)

2.3 中間発表での成果物

2.3.1 中間発表時点での成果物

前期で製作したプロトタイプは、筋電位の計測結果とエフェクターのかかり具合を連動させ、音を歪ませるためのファズというエフェクトをかけるものとした。筋電位は腕の筋の筋電位を計測しており、計測された電圧は Arduino へ送り、値の整形を行ってエフェクターに信号を送った。エフェクターでは掛かり具合を制御するために、デジタルポテンショメータという抵抗値をデジタル制御できる部品を使用した。デジタルポテンショメータに送られた Arduino からの信号で、どの程度エフェクターをかけるかが決定した後、イヤホンまたはスピーカーからエフェクターによって歪

んだ音が出力される。音を変化させるという方式は、音楽のコード進行による心理的な影響を与えずに、フィードバックを行うための1つの案として採用した。また、エフェクターとしてファズを選んだ理由は、グループ内で検証した結果、最も歪みが大きく不快と感じたからである。

(文責: 中村颯流)

2.3.2 学内での中間発表

日時 2019年7月19日(金) 15:20～17:30

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 グループ毎に前半後半に分かれ、スライドを用いた説明を行った。その後、実演を行った。発表時間外は他のプロジェクトの評価を行った。

発表内容 プロジェクト全体ではテーマと表面筋電位、筋電位計測回路の説明、グループの作成したデバイスの説明を発表した。その後、各グループの活動内容や製作物の説明を行った。最後に、グループ毎に分かれて製作物の実演を行った。実演後の質疑応答では、聴講者の方々から質問や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

評価者には1点から10点の段階で評価をしていただいた。16人から評価をいただき、グループBの平均点は8.29点であった。また、発表を見ていただいた中の意見として、何を以って快-不快としているのか気になるというものがあった。そのため、快-不快の定義を発表では詳しく定義する必要があると感じた。さらに、筋電位を使用する意味は何かという意見があった。これは、他の実現方法と筋電位を使用して実現した場合の比較をして、筋電位を使用した場合の利点を述べる必要があると感じた。これらを踏まえて、グループ内の評価は1点から5点の5段階評価で3点とした。その理由としては、現状の把握ができており、今後の活動の検討ができていることが挙げられる。また、グループ全体で意欲的であったと感じた。しかし、発表内容において快-不快の定義などの不明瞭な部分があり、聴講者に対して明確に意図を伝えることができなかつたためマイナス2点とした。

(文責: 岩下明日海)

2.3.3 問題点

問題点は中間発表までの活動とデバイスそのものの問題に分けられる。中間発表までの活動の問題点は、発表までの期間に十分に進捗とスケジュールの管理が共有できなかつたことが考えられる。グループ内でも各々が中間発表までに製作物を作ることが出来ればよいという考えでいたことよって、その他の作業に割く時間が大幅に減った。また、中間発表直前の発表練習においても、製作物についての報告を慎重に行わなかつたことが原因となってスライドやこれまでの方向性についての修正点が増えた。中間発表までに製作したデバイスには大きく3つの問題点がある。

- ・安定性

ソフトウェア面では、筋電計測回路と Arduino を接続した後、安定した値が送信されるまでに時間を要した。また原因は不明だが、安定した値が送信されないときもあった。ハードウェア面では、配線が脆く断線を起こしやすかった。また全体が完全にパッケージされていないため、いつショートが起きてもおかしくはない構造だった。ソフトウェア面では Arduino に書き込むプログラムを見直す必要がある。また、ハードウェア面では、少なくとも配線が見えなくなるようにパッケージする必要がある。

- ・大頬骨筋と皺眉筋の筋電位の計測

今回は腕にある撓側手根屈筋と上腕三頭筋のどちらかを利用して筋電位を計測したが、これには大頬骨筋と皺眉筋の筋電位の計測で、値として扱えるほどの大きな筋電位を計測できなかったという理由がある。今回、筋電位の計測で利用した回路の問題点を見つけ、新しく回路を製作するなどの検討が必要である。また大頬骨筋と皺眉筋の2箇所から計測を行う事をそれに伴い、筋電計の多チャンネル化も検討する必要がある。

- ・快-不快に対応するエフェクターが決まっていないこと

今回の製作物でエフェクターは快-不快に対応付けられておらず、筋電位とエフェクターの連動のみに着目している。最終目的である実験を行うためには、快-不快の情動に対応付けられたエフェクターの選定を行う必要がある。ただし、快-不快に影響を与えるのはメロディやコード進行であり、エフェクターの使用のみで影響を与えた論文は見つからなかった。それを踏まえて、エフェクターを使うのか、他の手法を調査するのか、議論をする必要がある。

(文責: 伊藤涼)

2.3.4 解決方法の検討

前節において提示されたデバイスの3つの問題点について、以下の方法による解決を試みる。

- ・安定性

ソフトウェア面では、筋電位の値を数値に調整する際に時間がかかっているため、実行するソースコードの見直しが必要である。ハードウェア面では、配線が断線を起こしやすく脆いため、筋電計測回路の配線をできるだけ少なくするように改良することで、断線を未然に防ぐことが考えられる。

- ・大頬骨筋と皺眉筋の筋電位の計測

大頬骨筋と皺眉筋の筋電位の計測に関して、固定しているテープがずれてしまうこと、はがれやすいという問題に関して、バンダナやヘッドバンドのような形態にしてテープを張っている部分を直接固定する方法が考えられる。また、大頬骨筋と皺眉筋の計測を可能にする回路の改良に加え、新たに計測する箇所分の電極を製作することが必要であると考えられる。

- ・快-不快に対応するエフェクターが決まっていないこと

快-不快の音を表現することを実現するために、前期製作物を表情筋から筋電位を計測できるようにし、使用した際に快-不快であるかを評価する実験を行うことが必要であると考えられる。快-不快の

Interface using biosignal to augment body～ASHURA～

音を決める際には、グループ内で予備実験を行うほか、実験する環境や状況、音を聴取する前の被験者の感情を統一にすることが考えられる。

(文責: 朝倉宏輔)

第3章 計測・制御機器

3.1 筋電計測回路

筋電位の計測法には、侵襲的計測と非侵襲的計測の2つの方法がある。侵襲的計測は針電極を用いて筋内部に刺入し筋電位を計測する。筋から活動電位を直接計測するため皮膚などの介在組織による影響を受けないという利点がある。しかし、筋収縮により針電極のずれが生じるため筋繊維を傷付けてしまい、痛みを伴うという問題点がある。非侵襲的計測は皮膚表面に電極を貼り、筋電位を計測する。表面筋電位の測定は電極を皮膚表面に貼ることで計測できるため筋繊維が傷つくことがなく、痛みを伴うこともないという利点がある。しかし、侵襲的計測方法と比べて介在組織による影響を受けてしまう。これらの利点、問題点を踏まえて本グループでは非侵襲的である表面筋電位を計測することにした。

皮膚表面から筋電位を計測するために、筋電位が発生する原理や計測回路についての講義を踏まえて計測回路を自作した。筋電位を扱うには、主に2つの問題がある。1つは皮膚のインピーダンスが高いため信号が微弱なことである。もう1つは、商用電源による誘導ノイズや静電気などが発生することでノイズが混入してしまうことである。これらの問題を解決するために、増幅器やフィルタを用いた。図3.1は回路の全体図である。

左から、アクティブ電極、差動増幅器、4次ハイパスフィルタ、非反転増幅器、半波整流回路、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。

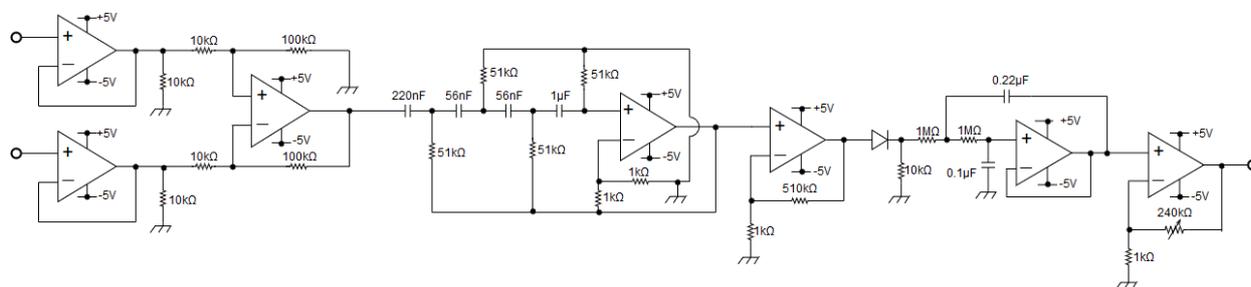


図 3.1 筋電計測回路全体図

(文責: 岩下明日海)

3.1.1 アクティブ電極

アクティブ電極では、皮膚と電極間の接触インピーダンスが高いために発生するノイズを抑えるために、電極側で高インピーダンスを電氣的に作り出すことができる。2電極間から得られる電位の差分を測定し、筋電計測回路に入力する。市販されているものは高価であるが、銀板、オペアンプ、エポキシ系接着材を用いて自作できる。

(文責: 中村颯流)

3.1.2 差動増幅器

差動増幅器とは入力された2つの電圧の差を増幅することができる増幅器である。商用電源等から発生する同相ノイズを除去することができる。ここで使用する抵抗を誤差0.1%の正確な精密抵抗にすることで、入力された2つの電圧にそれぞれ含まれる同相ノイズの差を軽減することができる。結果として、より正確に同相ノイズの除去ができる。

(文責: 中嶋寛太)

3.1.3 ハイパスフィルタ

ハイパスフィルタとは、遮断周波数より高い周波数の信号を通過させ、遮断周波数より低い周波数の成分を減衰させることができる回路である。これにより筋電位測定時にアクティブ電極と皮膚がずれて生じるノイズ(モーションアーチファクト)を除去することができる。緊張やくしゃみなどの避ける事が難しい動作によって生じる事が考えられるため、モーションアーチファクトは完全に発生しないようにすることはできない。そのため、今回はハイパスフィルタを用いて、発生してしまったモーションアーチファクトを除去することにした。

(文責: 岩下明日海)

3.1.4 非反転増幅回路

非反転増幅回路は、入力された信号(電圧)を反転させずに増幅をして出力をする回路のことである。筋電位計測回路で非反転増幅回路を使う理由は2つある。1つ目は、A/D変換で解像度を保つためである。2つ目は、計測された筋電位の情報を持つ信号に対して、最終的な増幅率を決定するためである。今回は積分回路の通過後の非反転増幅回路で可変抵抗を利用することで、入力された信号の増幅率を後から調整できるように設計された回路を利用した。これは筋電位を計測する対象となる筋や計測者の間で発生する個人差に適応するためのものである。

(文責: 伊藤涼)

3.1.5 半波整流回路

半波整流回路は、交流電流において負の電流を取り除くことによって正の電流のみを流すことができる回路のことである。全波整流回路よりも得られる情報は少なくなるが、回路を複雑にしてまで得られる情報を増やすべきではないと考えた。したがって、本グループでは、ダイオードを1つ使用することにより、半波整流回路を構成した。

(文責: 朝倉宏輔)

3.1.6 積分回路

積分回路は入力した波形を時間積分した波形で出力する回路である。また、一定の周波数を境に、その周波数よりも高い周波数は減衰し、低い周波数だけが通過される特性を持つため、ローパスフィルタともよばれる回路である。この回路により、信号から包絡線を抽出することができる。

(文責: 中嶋寛太)

3.1.7 電源装置

電源装置とは、筋電計測回路を動作させるための電圧を出力する装置である。今回は小型化を目的としていないため電池は組み込まず、出力電圧を一定に保つため安定化電源装置を用いた。

(文責: 岩下明日海)

3.2 制御機器

3.2.1 Arduino UNO

Arduino はハードウェアとソフトウェアが使いやすく設計されたオープンソースの電子工作プラットフォームである [4]。Arduino の中でも今回の製作物には一般的に利用されている種類の Arduino UNO を使用した。今回は筋電計から計測した信号を Arduino で整形して、エフェクターに接続されたデジタルポテンシオメータに制御信号を渡すことで筋電計とエフェクターの連携を行った。Arduino のプログラムでは、状況によって変動する最大電圧のキャリブレーションと、値を適正範囲に収めるためのマッピングを行っている。その後、デジタルポテンシオメータに与えてエフェクターのかかり具合を決定するための信号を出力している。

(文責: 伊藤涼)

3.3 エフェクター

前期ではファズという音を歪ませるエフェクターを使用した。快-不快とエフェクターを対応させることができるかを調査するために、グループメンバー全員が大学のスタジオでエフェクターとアンプを用いて音を聞いた。ここではノートパソコンのマイクから自分たちの声を入力しエフェクターを通してアンプから出力した。音を聞いた結果、ファズを用いるとノイズがかかったように聞こえ、最も音の変化が分かりやすかった。グループ内では不快だと感じた人が多かった。快だと感じるエフェクターはなかった。グループメンバーだけでなく、より多くの人に聞いてもらい、一般的にはどのような音が快-不快に対応しているのか評価する必要があると考える。

(文責: 中嶋寛太)

3.4 サブウーファー

サブウーファーとは、低音域を担当して再生するスピーカーのことである。一般的な1つのスピーカーで鳴らすことができる周波数には低音域と高音域ともに限りがあるため、低音域や高音域は聞こえにくくなる。そこでサブウーファーを用意することで、低音域だけを再生して、音楽や映画の効果音に迫力を与えることができる。一方、筋電位計測回路から計測した筋電位は0Hz～200Hzという低周波数である。今回はサブウーファーが低周波数に特化しているということと、筋電位の周波数の低さから、サブウーファーを使用している。使用しているサブウーファーは既製品の中でも比較的安価で、再生周波数帯域が28Hz～200Hzという筋電位の周波数を概ね満たしていることから、YAMAHA NS-SW050(B)という製品を選んだ。

(文責: 伊藤涼)

第4章 課題の再設定

4.1 課題再設定までの経緯

前期は快-不快を音で表現できるという仮説を立てていた。それにしたがって、快-不快を音で表現するためのエフェクターを含めたデバイスの製作と、それを用いて仮説を証明する実験を行うことを目的としていた。

目的の製作物は、入力音に環境音を使用し、快を表現した音の出るエフェクターと不快を表現した音の出るエフェクターを製作する予定であった。しかし、環境音は周囲の環境によって音の印象が変化し、その環境音の印象によって快や不快の印象が決定されてしまうと考えられた。また、エフェクターは音色を変えるだけの道具であり、コード進行などに関係無く、音色を変えることだけで明確に快を表現することのできるエフェクターと不快を表現することのできるエフェクターを決定することができなかった。それに加えて、表情筋と情動との明確な関連性が認められなかったことから、情動を表情筋の筋電位のみで決定することはできないと判断した。従って前期の目的とした製作物は、仮説の証明には適さないものであると判断した。そのため、本グループは新たな目的を再設定することにした。

(文責: 岩下明日海)

4.2 アイデア出し

新たな課題を設定するためにアイデア出しを行った。本グループには筋電位と音を組み合わせるという前期からの一貫したテーマがあり、今回もそれに沿ってアイデアを出し合った。前期までの活動から、「筋電位と音が連動する面白さ」や「精神的な状態を音に変化することへの興味」などが挙げられた。また、「ストレスを知覚できるもの」を作りたいなどの意見が出た。

(文責: 中村颯流)

4.3 先行研究の調査

課題を再設定するにあたって先行研究の調査を再度行った。テーマとしては前期に引き続き音と筋電位を組み合わせることとした。前期に調査した文献なども参考にしつつ、新たに緊張に関する研究や自分や他者の緊張を認知することでどうなるのか、緊張によって身体にどのような反応があるのかなどを調査した。緊張によって引き起こされる身体の反応としては、疲労やストレスから頸や肩についている筋肉が緊張し、硬直する肩こりがあり、原因の1つとして精神的緊張が関係していること [5] 精神的ストレスの増加によって引き起こされる不安定な噛みしめをさせる悪習慣や強い噛みしめをするくいしばりによる顎関節症などがある [6] ことが分かった。これらのことから精神的な緊張を評価する指標として肩や顎の筋電位を用いることができるのではないかと考えた。また、メタ認知についての調査も行った。メタ認知とは認知(知覚, 記憶, 学習, 言語, 思考など)することを、より高い視点から認知することである [7]。それによって自身にとって効果的な学習

の方法や問題解決の方法を見つけることができるというものである。これにより自身の緊張を知覚することで緊張に適切に対処することができるようになるのではないかと考えた。これらの調査を行った結果、私たちは筋電位を精神的な緊張の指標として用い、その情報を自らが認知することで緊張に適切に対処することができるようになるのではないかと考えた。

(文責: 中嶋寛太)

4.4 後期の目的

前期は、快-不快はエフェクターを利用して表現することが出来るのではないかとという仮説のもと、制作を行ってきた。しかし、快-不快の情動と表情筋の筋電位の関係性が出てくる場面は限られていることと、環境音をエフェクターに通して使うことで使用時の印象が環境に左右されてしまうことから、これらの目的の達成は困難だと判断した。後期は前期の目的を見直して、快-不快の情動を扱わずに、精神的な緊張による筋の生理的な反応を扱うことにした。また、エフェクターを使っていた部分では筋電位を直接音に変換することにした。そしてこれらの条件に沿った装置を製作した。抗うことの出来ない生理的な反応を伝える口という意味から、真実の口を模した像にこれらの機構を内蔵させることにした。最終的な目的は、精神的な緊張時に発生する筋電位の音を聞くことで、緊張に対して適切な対処が出来るようになる装置の製作とした。

(文責: 伊藤涼)

4.5 仮説

上記の先行研究の調査結果を元に、新たに仮説を設定した。精神的な緊張に伴う筋緊張によって発生した筋電位を音に変換することで精神的な緊張を生理的な反応である筋緊張を通じて音として認識することができる。そのため、自身の緊張を知覚することで緊張に適切に対処することができるようになるという仮説を立てた。

(文責: 岩下明日海)

第 5 章 最終成果物

5.1 最終成果物

5.1.1 真実の口をモチーフにした理由

真実の口とはイタリアのローマにある造形物である。真実の口には嘘つきが口に手を入れると抜けなくなる、などの言い伝えがある。そこで、本グループでは「語られない真実」という要素に注目した。精神的な緊張を表に出す、真実を話す口という意味から真実の口をモチーフにすることを決めた。

(文責: 中村颯流)

5.1.2 機構

特定の部位から計測された筋電位は、半波整流回路を通らずに 3.5mm モノラルジャックから出力される。ステレオジャックではなくモノラルジャックを採用した理由は、計測する筋電位のチャンネル数を 1 つとしたからである。この信号は、モノラルジャックから RCA ピンジャックを通じてサブウーファーに入力される。サブウーファーは真実の口を模した像の口に対応する部分に内蔵されている。音がこもらないように、口の部分は切り抜かれ、筋電位の音が口から出ているように感じられることを目指した。真実の口を模したスピーカー本体には木材で固定用の足を 4 本用意して、台座に用意したスペースに固定することで、台座に載せるときの安定性を確保した。筋電位計測回路、筋電位計測回路に電源を供給するための電源装置、筋電位の計測を確認するためのオシロスコープは、真実の口を模した像を支える台座に格納することで、移動による各接続部分の接触不良を防ぎ、動作の安定性を確保した。台座は金属製のラックを加工して骨組みを作り、ベニヤ板で 5 面を囲い、カーテンを前面と横面にかけることで見栄えの向上を目指した。また台座にはキャスターを付けることで大きな装置を動かす負担を少しでも軽減させることを目指した。図 5.1 はスピーカーを除いた、台座の内部である。図 5.2 は半波整流回路を通る前に、3.5mm モノラルジャックから出力されている部分である。



図 5.1 台座内部

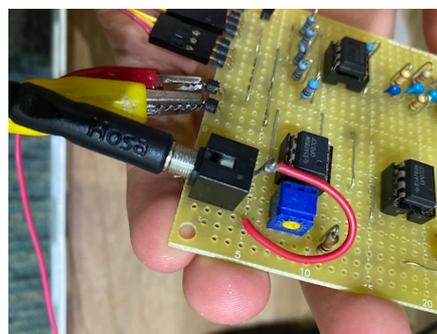


図 5.2 音を出すために改良した筋電計

(文責: 伊藤涼)

5.1.3 像の設計

外装はローマにある真実の口という石造をモチーフにした像を製作した。迫力を重視したことや使用するスピーカーの大きさを考え実物と同じ直径 1750mm の大きさを製作することになった(図 5.3)。そのため、ある程度の重さにも耐えられる骨組みと、移動する際の安定性や筋電位計測回路などの必要な機材を収納するスペースを考慮し、台座を作りその上に真実の口を乗せることに決定した。また、真実の口の造形は紙粘土を用いると加工がしやすく、かつ石のような質感が表現できるのではないかと考えた。骨組みはホワイトウッドという木材を使用し、釘とネジを用いて組み立てた。ホワイトウッドは軽くて加工しやすく、安価だったため採用した。台座はアングルで骨組みを作りベニヤ板を用いて面を作り、その上から黒いカーテンをかぶせ骨組みやベニヤ板が見えないようにした。またアングル専用のキャスターを取り付けることで移動が容易になった。真実の口の造形については、当初の予定では紙粘土を使用する考えだったが、実際に製作を開始したところ、自分たちが考えていたよりも重かったことや、乾燥させる際のひび割れが非常に多かったこと、さらには壊れやすいなど多くの問題があった。そのため、安井先生や工房の西野さん、原田研究室の飯塚さんからいただいた助言をもとに素材をスタイロフォームに変更し、表面に漆喰を塗ることで石のような質感を表現した。使用したスピーカーを搭載するために背面に 1 辺約 300mm の正方形の穴をあけ、なるべく隙間なくスピーカーを設置できるようにした。これらすべてを組み合わせると高さが 2m を超える大きさになってしまう。そのため室内での持ち運びを考慮し、真実の口の骨組みと台座をあえて固定せず分解することができるようにした。真実の口の側面も取り外しが可能で台座との分解が容易になった。

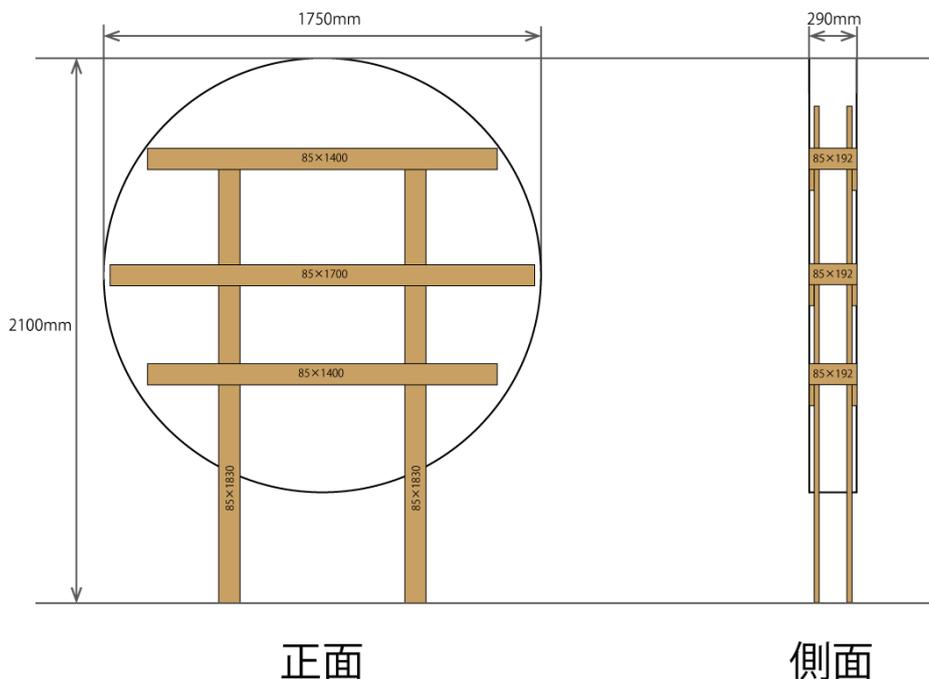


図 5.3 骨組みと設計図

(文責: 中嶋寛太)

第 6 章 評価実験

6.1 予備実験

本実験を行う前に、課題内容や計測部位が実験内容に適しているか判断するために予備実験を行った。グループ内で被験者を選び、課題のみ実験を実施した。

本グループの考えた実験の課題は、球体の立体迷路を制限時間内でできるだけゴールへ導くというものであった。また、ストレスによる顎の噛み締めを期待して咬筋の測定を行うものであった。しかし、咬筋では迷路に失敗した際に声を出すことによって筋電位が発生してしまうことが多かった。そのため、本実験には適していないと考えた。その後、グループ内で課題内容と計測部位を再考し、本実験を行なった。

(文責: 岩下明日海)

6.2 本実験

本実験は真実の口を模したスピーカーを用いることによって、使用者の緊張状態には変化があるのか、使用者自身が緊張している状態を自覚するのかということ調べた。緊張には精密動作実験という精密な動作によって喚起される緊張と社会的実験という精神的に喚起される緊張の 2 種類があると考えた。したがって、異なる 2 種類の課題を選定した。また、真実の口を模したスピーカーを自由に使用してもらうことによって、筋電を音に変換したもののみを聞くことと印象が異なるのか調べた。評価指標として、アンケートによる定量的な主観的指標と、被験者の課題の結果による定量的な客観的指標を用いた。

(文責: 朝倉宏輔)

6.2.1 目的

この装置を使う上で考えられるいくつかの目的の中で、緊張状態を自覚するという用途に焦点を絞った。そして緊張には精密な動作によって喚起される緊張と、精神的に喚起される 2 種類の緊張があると考え、それぞれに対して実験を行った。精密な動作によって喚起される緊張では、動作に関わる緊張を再現した。また精神的に喚起される緊張では、社会的な緊張を再現した。これらを踏まえて実験の目的は、真実の口を模したスピーカーを使うことによる緊張状態の変化を調べることとした。この目的は辻義人先生アドバイスのもと、朝倉を中心として決めた。

(文責: 伊藤涼)

6.2.2 方法

準備

実験は被験者 1 名ずつ行う。実験者はテーブルをはさんで被験者の正面に座り、デバイスや計測機器は被験者と実験者の 90 度の位置に設置する。ビデオカメラを設置し課題の様子を記録した。また、ノートパソコンで課題中の筋電位を記録も行った。課題の実施とビデオカメラによる記録に支障が無いように、スピーカーから出される音をはっきりと聞こえるような静かな部屋で実施する。

教示

実験内容に関する説明をし、同意書にサインをしてもらう。

金属アレルギーの検査

電極に使われている銀に対するアレルギーがないかの検査を行う。3 分間、電極を貼りつけてもらい、皮膚に異常がないか確認する。問題がなければ実験を開始する。

課題

実験は被験者 1 人に対し 3 つの課題を行うというものである。何れも 2 分間で課題の内容を説明し、電極の装着や動作確認を行った後、制限時間 1 分間で課題を行う。

動作的緊張課題

カジノチップを 1 枚ずつ人差し指に何枚載せることができるかを記録する課題である。制限時間内ならば何度でもやり直しが可能で、1 番多く積み上げることができた枚数を記録する。この際、腕の筋電位を計測する。

社会的緊張課題

自己紹介を行うという課題である。長所、短所、趣味などを自由に紹介してもらう。肩の筋電位を計測しながら実施する。

自由使用課題

自由にデバイスを使用してもらうという課題を行った。筋電位を計測する箇所も被験者に自由に選んでもらう。それぞれの課題が終わるごとにアンケートに回答してもらう。

データの収集

上記の課題の順序に差がないようにカウンターバランスをとって実験を行った。ここでは、A、B、C の 3 パターンを設定した。A は真実の口を模したスピーカーによって筋電位の音を出力する。B はスピーカー単体で筋電位の音を出力する。C は音の出力はせずに筋電位の計測だけを行った。

(文責: 中嶋寛太)

6.2.3 実験手続き

今回の評価実験は以下のような手順で行った。

1. 実験は個別に実施する。
2. 試行分の条件はあらかじめカウンターバランスを考慮し決定しておく。
3. 実験者は被験者に以下の説明をする。
 - ・目的：機器を装着した際の印象を調査する
 - ・方法：1人3回課題に取り組んでもらう
 - 1回の課題終了ごとに簡単なアンケート、尺度評価がある
 - 3回の課題が終了後、自由記述をしてもらう
4. 器具の練習
 - ・被験者の筋電の値の高低に合わせて計測器の可変抵抗で流れる筋緊張の音を聞いてもらう
 - ・実際に装着して、筋を運動させると音が流れ聞こえることを確認してもらう
5. カウンターバランスのパターンに合わせて被験者に筋電計を装着させる。
6. 課題内容の説明を行う
 - ・実験者は各課題の説明をする
 - ・実験者が課題を用意する
 - ・実験者の合図で被験者は課題を開始する
 - ・実験者はタイマーで1分間測る
7. 実験者は課題終了の合図をする
8. 尺度評価を行う
9. 6, 7, 8をカウンターバランスの順に行う
10. 3回の課題終了後自由記述してもらう

(文責: 中村颯流)

6.2.4 結果

各被験者におけるデバイスの装着パターンを A, B, C の 3 パターンに分類した。実験で得られた被験者のアンケート結果による定量的な主観的指標と精密動作実験、社会的実験における客観的指標を分析した。課題をアンケート結果は項目ごとにそれぞれ二要因分散分析 (対応なし) を行った。精密課題実験では被験者がカジノチップを時間内に最高何枚指の上に乗せることができたかを記録した。また、社会的実験では被験者の自己紹介の上手さを客観的に 1 点から 10 点で評価した。その後、それぞれの客観的指標を用いて一要因分散分析 (対応なし) を行った。

各パターンにおける実験中の課題の難易度についてのアンケートから得られたパターンごとの平均値を以下 (図 6.1) に示す。その結果、課題間において主効果が認められ、精密動作課題 (平均 = 5.31) のほうが、自己紹介課題 (平均 = 3.81) よりも難しいとの結果が得られた ($(2,26) = 5.472, < .05$)。しかし、パターンの違いによる有意差ではないため、パターン間での統計的な有意差は認められなかった。

(文責: 朝倉宏輔)

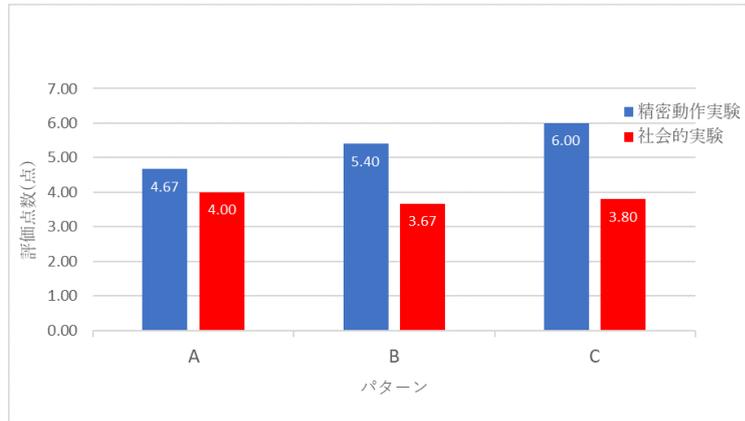


図 6.1 被験者が行った課題の難易度の平均値

6.2.5 考察

今回の実験では、筋電位の計測結果からフィードバックの違いによって音と緊張に関しての有意差は得られなかった。この結果については、被験者に対して課題中に真実の口から発せられる音を注意して聞くように教示しなかったためだと考える。教示しなかったことで、選択的注意によって課題に集中し、装置から発せられた音が聞こえにくくなっていたことが考えられる。また課題中、装置や計測機器は被験者と実験者の 90 度の位置に設置していた。これによって課題中、装置は被験者の視界に入りにくく、装置を意識することが少なかったと考える。これは電極のケーブルが短く、適切な距離をとることができなかったことが問題である。そのため、電極のケーブルをさらに長く製作し、正面に装置を設置するべきであると考えられる。

また、精密動作実験では腕橈骨筋、社会的実験では僧帽筋から筋電位を計測した。しかし、精密動作実験ではカジノチップを人差し指に乗せていくという課題であり、指に物を載せる際に腕の筋肉を使用するため、腕の筋肉を計測に使用するのは最適ではないと考えられた。そのため、計測部位においては心拍を計測することのできる心筋や、今回の実験課題では使用しない脚部から計測するべきだと考える。

また、真実の口を模したスピーカーは外観によって迫力を出すことを目標としていた。しかし、真実の口を自由に使用してもらい、印象を記述してもらった課題では迫力に関する意見を被験者から得られることはできなかった。この結果については、外観の塗装が漆喰の 1 色のみとなってしまう、本物のような重厚感を出すことができなかった。そのため、迫力についての意見を得ることができなかったと考えられる。外観の塗装を漆喰だけでなくスプレーなどで年季の入ったような雰囲気を出すことで迫力を出すことができたのではないかと考える。

(文責: 岩下明日海)

第 7 章 結果

7.1 成果発表での成果物

成果発表会では精神的な緊張による筋緊張の筋電位を音に変換して、真実の口を模した像から音を鳴らすことが出来る装置を発表した。筋電位計測回路、筋電位計測回路に電源を供給するための電源装置、筋電位の計測を確認するためのオシロスコープを動かすための電源は、1本の延長コードを使って供給した。実演では腕の筋に意図的に力を入れて筋電位を計測して、実際に音を鳴らした。これは精神的な緊張による筋緊張を音に変換する行為ではないが、実際に音を聞ける環境を作るべきだと考えた上で、このような発表方法を採用した。

(文責: 伊藤涼)

7.2 学内での成果発表

日時 2019年12月6日(金)15:20～17:30

場所 公立はこだて未来大学3階エレクトロニクス工房

目的 プロジェクトの各グループの成果物や1年間のプロジェクト学習の成果を発表し、評価を得る。

発表形式 各グループが前半後半に分かれ、スライドでの発表を行った。発表担当時間外には、他のプロジェクトの成果発表の評価を行った。

発表内容 プロジェクト全体のテーマ、筋電位計測回路、各グループの1年間のプロジェクト学習の活動内容及び成果物の説明を、スライドを用いて発表を行った。その後、各グループに分かれ、成果物の実演を行った。実演終了後の質疑応答では、評価者から質問や成果物の実用方法の案、アドバイスをすることができた。また、配布した評価シートに記入していただき、発表終了後に回収した。

評価シートの結果と反省点 評価シートには1点から10点の10段階の評価とグループの成果物、発表についての意見を記入していただいた。33人からの評価をいただき、そのうちの4人は数値未記入のため無効とした。グループBの平均点は、約7.93点であった。また、発表についていただいた中からの意見として、真実の口の機能は分かったが、いつ使うのか分からなかったという意見もあった。また、身体拡張についてよくわからなかったという意見もあった。反省点として、図解や実演によって、成果物の機能は伝わったが、製作に至るまでの経緯、今後の課題が伝わらなかったためであると考えた。また、グループの発表のほとんどが、成果に至るまでの経緯や活動報告をしたために、全体のテーマとの関連があまり感じられなかったと考えた。これらを踏まえて、グループ内の評価は1点から5点の5段階評価で3点とした。この理由として、後期の課題の再設定から評価実験に至るまでに、グループ全体で意欲的に取り組んでいたと感じた。しかし、評価者に対して発表内容の明確な意図を伝えること、限られた発表時間内に合わせて、グループの話す内容をまとめられていなかったためマイナス2点とした。

7.3 問題点とその解決方法

7.3.1 問題点

製作した成果物にはいくつかの問題があった。

仮説を立証できなかった

自分たちは成果物によって使用者の緊張状態を変化させることができるのではないかと考えていた。しかし評価実験を行った結果、スピーカーから出された筋電位の音と緊張がどのように関係しているのかを分析することができなかった。

迫力を表現できなかった

迫力を重視し実物大のサイズで製作したが、評価実験の際のアンケートで迫力に関する記述がなかったことから、自分たちが表現したかったものを成果物に反映できなかったのではないかと考える。

設計に問題があった

骨組みの組み立てには主に釘を用いたが、すぐに抜けてきてしまい壊れやすかった。また台座のベニヤ板の固定がしっかりとできていなかったため、音を出したときに一緒に振動してしまった。さらに、真実の口自体もスタイロフォームで作ったため壊れやすく、漆喰もはがれやすいなど多くの問題があった。

使用した機材が大掛かりなものになった

筋電位計測回路を使用するにあたり、電源装置を使用したことや、大きなスピーカーを使用したことにより、比較的大きな仕組みになってしまった。比較的軽い素材を使用して製作したが、大きなものだったため全体の重量が重く、結果的に移動に手間がかかってしまった。また、電極を貼らなければならないため動ける範囲が限られてしまうなどの問題もあった。

(文責: 中嶋寛太)

7.3.2 解決方法の検討

音と緊張による関係について関係が分からなかったことについて、発せられる音を注意して聞くように促していなかったためだと考えられる。また課題中に被験者が真実の口を模したスピーカーをほとんど見ていなかった。電極のケーブルを長くすることによって被験者が移動できるようにし、装置が常に見えるように実験を行う必要があると考える。迫力を表現できなかったことについて、外観の塗装が漆喰の1色のみで再現しようとしたため、重厚感が足りなかったと考えられる。漆喰に加えてスプレーなど他の色を加えることで、迫力を出すことができると考える。また、設計については、振動の対策として、スピーカーと素材の間に衝撃を和らげる柔らかい素材を入れることによって振動を抑えることができると考える。全体的に壊れやすかったことに関しては、真実の口の厚さを再現するために、スタイロフォームを重ねて製作したため、スタイロフォーム同士がはがれ

Interface using biosignal to augment body～ASHURA～

やすかったと考えられる。そのため、接着材の選定を行うことや、実際の真実の口と同じ厚さのスタイロフォームを削っていくことで丈夫な成果物を出せたと考える。

(文責: 朝倉宏輔)

第 8 章 各人の担当課題及び解決過程（各月）

前期は表情により表出した快-不快を筋電位として読み取り、筋活動情報とエフェクターを連動させて自身にフィードバックするというアイデアについて全員で話し合った。「快-不快を音で表現できる」という仮説を立て、その仮説を検証するための実験を行う事を年間の目標とした。そのために前期は筋活動情報とエフェクターのかかり具合を連動させる事を目標とした。前期の目標を達成するために、製作物を作る作業を筋電計測回路班、エフェクター班、ソフトウェア班、ポスター班の4つに分けた。役割の分担については各メンバーのやりたいことや得意なことを考慮して割り振られた。

後期では、前期に立てた目標を達成することは困難であると判断した。そのため、新たに目標を設定することとした。その後、精神的な緊張を生理的反応である筋緊張を通じて音として認識するというアイデアについて全員で話し合い、「自身の緊張を知覚することで緊張に適切に対処することができるようになる」という仮説を立てた。その仮説を検証するための実験を行うことを最終的な目標とした。しかし、後期は新しく目標を設定したため、立て込んだスケジュールとなった。そのため、グループメンバーの一人一人が複数の作業を担当し、平行して作業することとなった。

（文責: 岩下明日海）

8.1 朝倉宏輔の活動内容

- 5月 生体信号の利用についての先行研究を調査し、その後発表を行った。櫻沢先生による、表面筋電位の計測についての講義と安井先生による、スケッチの講義を受けた。プロジェクト内でグループ分けが決定したのち、「音」というテーマに沿ってアイデア出しを始めた。グループでは、初めから話をまとめていたことから、グループリーダーに任命された。
- 6月 櫻沢先生の講義をもとに、メンバー全員で筋電計測回路を製作した。非反転増幅回路を担当し、ブレッドボードに製作した。その後、表情筋から筋電位計測をできるように抵抗値などを調整した。しかし、ブレッドボードではノイズの影響を受けやすかった。その後、ブレッドボードよりもノイズの影響を受けにくいユニバーサル基盤に筋電計測回路を制作するため、回路図を書いた。また、各メンバーが得意な、もしくは作業経験のある人に作業の担当を割り振った。
- 7月 中間発表に用いるプレゼンテーションのスライドを作成した。また、中間発表の練習を行った。
- 8月 中間発表から得られた意見と前期プロトタイプの課題点をもとに、後期の活動計画を検討した。また、前期プロトタイプの改良を考えた。
- 9月 各自の予定が合わなかったため、1回しか集まることができず、チャットでエフェクターの選定や議論を行った。
- 10月 高校生に向けてプロジェクトの紹介を行った。また、後期の課題を再検討した。前期プロトタイプの改良が難しいと判断したため、筋電位と音をテーマに新たな成果物の案を考えた。新たな成果物として「真実の口を模したスピーカー」を製作することを決定した。成果物は使用者の緊張を代わりに伝えるような口という案から考えられたため、緊張やストレスに関

する文献調査を行った。

- 11月 成果物の外装の素材を選定した。スタイロフォームを彫って形成した後、実物の真実の口に近い質感を表すために漆喰を外装に塗った。また、評価実験に実施する被験者への課題についてグループ内で話し合っただけで考えた。統計分析向けの言語「R」について学習し、分析方法について学習した。その後、評価実験を行った。
- 12月 学内成果発表会に向けて、成果発表会に用いる評価実験の内容の資料作りを担当した。また、プロジェクト全体で本番を想定した発表練習を行った。その後、学内成果発表を行った。

(文責: 朝倉宏輔)

8.2 伊藤涼の活動内容

- 5月 櫻沢先生による、筋電位が発生する仕組みと、筋電位計測回路についての講義を受けた。また安井先生による、スケッチの講義を受けた。その後、筋電位の利用について先行研究を調査して発表を行った。
- 6月 グループに分かれて製作物の検討を行った。製作物が決定した後は Arduino を使用して、プロトタイプの製作を開始した。また並行して情動や感情、表情などの心理学的な側面についても学習を行った。
- 7月 Arduino を筋電計とエフェクターに接続してプロトタイプを実際に動かした。また中間発表に向けて、発表用の台本を書いて発表の練習を行った。その後、中間発表を行った。
- 9月 前期に中嶋が製作した筋電位計測回路では、表情筋の筋電位は計測出来なかった。この問題を解決するため、新たに筋電位計測回路を製作し直した。また、予備や複数の箇所からの筋電位の計測も考慮して、合計 3 つの筋電位計測回路を製作した。この段階で、これまでは計測できなかった表情筋の筋電位も計測することが出来るようになった。
- 10月 班で前期の目標を再考した結果、快-不快の情動の取り扱いやエフェクターと環境音という組み合わせから、目標の達成は困難だと判断した。そこで筋電位と音というテーマのまま、目標を再設定した。目標の話し合いの中で中嶋が出した真実の口の外観という提案に対して、筋電位の音を組み合わせるという方法を提案した。そして、緊張を意図せずに表に出す装置という考えがまとまった。その後、装置の製作に必要な物品を注文した。
- 11月 筋電位を音に変換するために、9月に製作した筋電位計測回路に手を加えた。筋電位計測回路ではダイオードを通す前の信号を、3.5mm モノラルジャックから出力することで、筋電位計測回路とサブウーファーの接続を出来るように設計をし直した。その後は真実の口の外観の製作に取り組んだ。装置の骨組みを作る作業、スタイロフォームを削る作業、漆喰を塗る作業に加わった。装置の外観が完成すると、台座の内部に設置する筋電位計測回路、筋電位計測回路に電源を供給するための電源装置、筋電位の計測を確認するためのオシロスコープを設置して、配線を行った。
- 12月 完成した装置の評価実験を行った。評価実験の準備では、評価実験の方法をまとめる作業と、筋電位の記録に使うプログラムの作成を行った。評価実験では装置全体の動作確認を行った。その後、成果発表会で使うスライドの製作と、台本の製作を行った。成果発表会に参加して、これまでの活動の発表を行った。

(文責: 伊藤涼)

8.3 岩下明日海の活動内容

- 5月 生体信号を利用した先行研究を調査し、プロジェクトでやりたいことを発表した。さらに、櫻沢先生による筋電位が発生する原理や計測回路についての講義を受けた。また、安井先生によるスケッチの講義を受けた。グループが決定した後、課題決定のために「音」というテーマに沿ったアイデア出しを進めた。
- 6月 筋電計測回路の積分回路部分を担当し、ブレッドボードで製作した。その後、作成した筋電計測回路で実際に腕の筋電位を計測した。また、既製のエフェクターを用いて環境音を聞き、使用するエフェクターを決定した。過去にエフェクターの自作をした経験があったため、その知識を生かすためにエフェクター班に所属した。そのため、エフェクターに使用する物品を先生に申告した。
- 7月 エフェクターの回路を製作した。また、中間発表に向けて練習をした。
- 8月 中間発表で得られた意見を元に夏季休業以降の予定を立てた。
- 9月 様々なエフェクターについて調べ、仮説の検証に適するエフェクターの検討を行った。その後、後期に製作するエフェクターの選定をし、実験の目的や内容を検討した。
- 10月 前期の成果を高校生に向けて発表を行った。前期の目的を達成することは困難であると判断し、新たな目的を設定した。その後、新たな製作物の支柱となる木材を加工し、外装の製作も行った。また、製作物で使用するサブウーファーの選定を行った。
- 11月 外装は粘土を使用する予定だったが、立体的な像を作ることができなかったため、スタイロフォームを使用した。スタイロフォームを彫刻し、漆喰を使用して塗装を行った。また、評価実験で使用する環境の検討や準備を行った。その後、評価実験を実施し、筋電位の記録を担当した。さらに、学内成果発表会に向けてのスライド作成を担当し、発表原稿の作成も同時に行った。
- 12月 引き続きスライドと発表原稿の作成を担当した。また、学内成果発表会でわかりやすく説明をするために、評価実験の課題に関する写真の撮影を行った。その後、発表練習を行い、学内成果発表会での実演とスライド発表を行った。

(文責: 岩下明日海)

8.4 中嶋寛太の活動内容

- 5月 全体の活動として、知識習得のために櫻沢先生と安井先生の講義を受け、先行事例の調査を行った。自分は興味があった筋電義手を中心に調査を行った。ここで学んだことをもとにアイデア出しや自分が何をやりたいかの検討を行った。その結果自分は新たに興味を持った音をテーマに活動を進めることに決めた。
- 6月 櫻沢先生の講義を参考にし、筋電計測回路を製作した。ここでは、メンバー全員で分担し、ブレッドボードを用いて製作した。また、アイデアを具体的にどのように実現するのかを検討した。
- 7月 ブレッドボードではノイズの影響を受けやすく、動作が安定しなかった。そのため、回路を作った経験のある自分が中心に、ユニバーサル基盤を用いて筋電計測回路を製作した。ここで製作した回路は、腕の筋電位は計測することができたが、本来計測しようとしていた表情

Interface using biosignal to augment body～ASHURA～

筋ではうまく計測できなかった。ソフトウェア担当者と協力し Arduino に計測した値を送り制御した。中間発表ではグループの発表と実演を行った。

- 8月 また、快-不快を表現するエフェクターの種類を選定するための評価実験の計画を立てた。
- 9月 前期で表情筋の筋電位を計測できなかった筋電位計測回路を作りなおし、正しく動作するものを製作できた。同グループの伊藤と協力して予備も含めた計3つの筋電位計測回路を製作した。
- 10月 前期の目標の達成が困難だと判断し、新たな目標の設定を行った。前期に製作したエフェクターを実際に様々な用途で使用してみて、目標達成が本当に困難なものなのか検討した。やはり困難だと判断したため、どのような目標にするのかの検討、アイデア出しを行った。ここで出した真実の口で緊張を伝えるというアイデアが採用され、緊張に関する文献調査を行った。
- 11月 新しく設定したアイデアのプロトタイプをダンボールで製作した。その結果、実物大のサイズにすることに決定したのでそのための設計図の作成、骨組みや台座の組み立て、真実の口の造形を中心的行った。評価実験を行った際には、実験するにあたっての被験者の募集、日程の調整を行った。また、実験中は被験者への実験内容の説明や機器の動作確認などの作業を行った。成果発表会に向けて、グループポスターの担当をし、他グループのポスター担当と打ち合わせを行いポスターのテンプレートを作成した。ポスターを作る際には本グループのスライド担当と内容をすり合わせ、内容や表記のずれがないよう注意した。
- 12月 成果発表会に参加した。口頭での発表のほか、実演での機器の操作や実際に電極を貼って使用する役を担当した。最終報告書の執筆を行った。

(文責: 中嶋寛太)

8.5 中村颯流の活動内容

- 5月 筋電位を用いた先行研究を調べた。音楽というテーマで製作物のアイデア出しを行った。櫻沢先生による表面筋電位についての講義と安井先生によるスケッチの講義を受けた。
- 6月 ブレッドボードを用いて筋電計測回路を製作した。大村教授の音楽的情動についての講義を受けた。中間発表ポスターを製作した。Tex の使い方を学んだ。
- 7月 中間報告書と中間発表ポスターの製作をした。中間発表とその練習をした。
- 8月 前期の課題であったエフェクターの種類を検討した。
- 9月 前期までであった問題点について話し合い、後期は課題を変更することに決定した。
- 10月 後期の課題設定のためにアイデアを出した。真実の口を製作することに決まり、真実の口の材料や設計を検討した。ホームマックにて買い出しを行い、木材などを用いて真実の口の製作を開始した。
- 11月 製作方法や素材に問題があったため、安井先生のアドバイスからスタイロフォームを使用することにした。製作物が完成した。被験者を募り、評価実験を行った。
- 12月 学内成果発表会に用いるポスターのために製作物の写真撮影を外で行った。学内成果発表会を行った。

(文責: 中村颯流)

第9章 相互評価

9.1 朝倉宏輔からの評価

伊藤涼

成果物からどのような音が出るのか、音が鳴るシステムを考えて、取り掛かっていた。また、担当した作業が終わった後も、成果物や発表スライドを手伝い積極的であった。話をまとめ、簡潔にできるとよいと感じた。

岩下明日海

成果物の外観、発表スライドの製作を中心になって取り掛かっていた。また、機材の発注するものやグループ内での議論では、積極的に意見を出していた。たまに、作業に來れないときに連絡が來なかったのも、連絡するのが遅くても連絡が欲しかった。

中嶋寛太

新たな成果物のアイデアを出し、成果物の外観を中心になって取り掛かっていた。また、発表ポスターや発表スライドの図解も作っていて、色んな場面でグループを助けてくれた。たまに、作業が大雑把になるところは注意したほうがよいと感じた。

中村颯流

成果物の外観、発表ポスターや報告書の製作を中心となって取り掛かっていた。また、成果物製作に必要な道具や、実験に必要な機材を用意してくれて、とても手際が良かった。もう少しグループ内で意見を出してもよいと感じた。

(文責: 朝倉宏輔)

9.2 伊藤涼からの評価

朝倉宏輔

仕事の割り振りが上手だったのでメンバー全員の作業量に偏りがなかったのはリーダーのおかげだと思う。岩瀬が欠席しているときも代理で全グループに連絡をしてくれたり、グループ内での不満をまとめて提出してくれたおかげで予定を変えられたのは助かった。実験の計画を練る段階では、教員とメンバーとのやりとりの中で思い違いがあったので、思い込みで行動せずに確認や相談があればなお良かったと思う。

岩下明日海

どの作業に対しても積極的に動いてくれていたので、グループ全体の作業が滞ること無く円滑に進んだ。また案出しや作業で煮詰まったときに、解決のヒントになるような発言、提案も多かった。成果発表会で使った台本とスライドのときだけ積極性が欠けたので、単調な作業にも関わってくればよいなと思った。

中嶋寛太

グループ全体の動きを確認しながら個人での作業も進めていたため、担当が急に変わる場面でも対応出来ていたのはありがたいと思った。真実の口の外観の製作や、ポスターなどのデザイン的な部分でも、前期に引き続いて中心になっていたおかげで、成果発表会までにある程度の時間を残して完成出来たと思う。真実の口の製作の前段階で、事前に下調べが足りていなかった部分もあったので、準備を怠らずに万全の状態を目指した上で望むと良いと思った。

中村颯流

発言が増えたことで情報交換が円滑に進むようになり、今までに出てこなかった視点の案が出てくるようになったのは、前期からの進歩だと思う。今何をすべきかを常に理解しているので、プロジェクトの時間は常に動いてくれていたと思う。時間外での活動のときは、作業があるにも関わらず予定よりも早く退席するなど、マイペースな部分が見られたので、確認や他にすべきことを探すなどしてほしいと思った。

(文責: 伊藤涼)

9.3 岩下明日海からの評価

朝倉宏輔

先生とのコミュニケーションなど率先して意見をもらいに行ってくれて助かった。話し合いの進行では何の時間か分からないような時間があったのもう少し効率的に話し合いを進めることが出来そうだったと思った。発表などでは質問に答えられなかった際に代わりに答えてくれたりしたのでありがたかった。

伊藤涼

スライドや発表原稿の内容をリードして考えてくれた、有益な意見を出してくれたと思う。実験の記録用プログラムを書くなどソフトウェア面に強く、グループになくてはならない存在だったと思う。発表など外に向けて意見を発することをもう少し頑張してほしいと思った。

中嶋寛太

話し合いの意見が理解しやすく、意見が反映されることが多かった気がする。イラストが上手く、発表において図解で理解を手助けする役割を担ってくれたため、とても助かった。装置の外装加工作業もテキパキとやってくれて一番の功労者だと思った。

中村颯流

前期より意見を出してくれたので話し合いが進むようになった。ポスターの作成や Tex のまとめ役をしてくれてありがたかった。実験ではあまり作業に関与してなかったような気がするのもう少し積極的に実験の進行役などの作業をやっても良かったかなと思った。

(文責: 岩下明日海)

9.4 中嶋寛太からの評価

朝倉宏輔

リーダーとしてグループを引っ張って行ってくれていた。先生とのコミュニケーションの積極的に行ってくれて助かった。進行役としては話し合いが行き詰りがちだったと思った。何かやり方を工夫すればよかったと思った。また、時間にルーズすぎるところがあり計画通りに作業が進まないことが多かったと思う。

伊藤涼

技術的な面や文献調査など、難しいことを主に担当していてとてもグループに貢献していたと思う。時間外にもプロジェクトスペースにいることが多くやる気があるなと思った。目的の設定の際など難しく考えすぎな面があり、かつ説明も複雑なため、メンバーと認識のズレが生じていることが多かったように感じた。

岩下明日海

いつも現実的な意見をいってくれるので、話し合いが悪い方向に行きがちな時に修正する役割になっていてよかったと思う。一方で現実的過ぎて、新しいアイデアがなかなか膨らまなくなっている時もあったように感じる。もっと別の視点から意見をしてくれるといい場面もあったように思う。

中村颯流

話し合いが行き詰ったときに面白い案を出してくれるのは頼もしかった。困ったときに意見を求めると助言してくれるので助かった。全体的に時間にルーズでマイペースなところが多かったように感じた。

(文責: 中嶋寛太)

9.5 中村颯流からの評価

朝倉宏輔

リーダーとして進捗の報告などを行ってくれた。評価実験の際は辻先生と連絡をとり、実験の勉強をしてくれた。結果として上手く実験の詳細を決めてくれた。メンバーにもっと指示を出してもよかったと思う。

伊藤涼

制作物のソフトの部分を1人で作ってくれた。専門的な知識を人よりも多く持っていたので、人に説明するときにはもっと前に出てきて良いと思った。発表スライドや説明文を作ってくれた。

岩下明日海

話し合いの場面で良い意見を出してくれる印象があった。人の意見に対しても質問や疑問をぶつけるので、話をよく聞いているなと思った。また、仕事を任せるとしっかりやってくれる感じがあった。製作の際、粘土を扱うのが上手かった。

中嶋寛太

制作物の外観の設計や製作の際は中心になって動いてくれていた。授業時間外で集まる時はいつも一番早く来ていた。絵を描くのが上手いことが随所で活かされていた。作業は丁寧で早いという印象だった。

(文責: 中村颯流)

第 10 章 まとめ

10.1 前期活動のまとめ

前期では、音と筋電位を組み合わせることをテーマにして活動を行った。本グループでは快-不快の情動を表情筋から読み取り、その筋活動情報によって周囲から聞こえる音が快-不快を表現した音に変化するデバイスを作ることを目的としていた。音を変化させるためにここでは楽器の演奏などに使われるエフェクターという機器を改造したものを用了。Arduino とデジタルポテンショメーターを使用することで筋電位によって操作できるエフェクターを製作することに成功した。しかし、ここで使用していた筋電計測回路の動作が不安定で感度が著しく低かったため、当初予定していた表情筋からの筋電位の計測ができなかった。そのため、比較的計測が簡単な腕の筋電位を使用して音を変化させるところまでしか達成できず、快-不快の情動と対応させてエフェクターを操作することはできなかった。ここで製作したエフェクターは、音の変化が分かりやすいことや実際に音を聞いて不快に聞こえるなどの理由からファズを採用した。しかし、このエフェクターの動作にも問題があり、本来のファズの波形とは少し異なる波形になっていることが分かった。また、ファズが不快に聞こえるというのは、自分たちの主観的な評価であり客観的な根拠がないため、快-不快を表現することができるエフェクターがあるのか調査を行う必要があった。調査の結果、不快に対応するのはファズを採用したが、快に対応するものが決まらなかったため、どのエフェクターが快を表現しているように聞こえるのか、不快を表現しているエフェクターはファズで適切なのか評価実験を行い分析することを計画した。またその結果をもとに採用したエフェクターを用いることで快-不快を表現するという本グループの目的を達成しているかどうかを分析するための評価実験も計画した。この2つの実験の内容の検討と動作が不安定な筋電位計測回路の修復、改善、実験に使用するためのエフェクターの検討を夏休み期間中に行い前期までの活動を終えた。

(文責: 中嶋寛太)

10.2 後期活動のまとめ

後期では前期までとは異なる課題に取り組んだ。まず、前期での目標である快-不快をエフェクターで表現するということが、個人により快-不快の指標が異なり実現困難であったために課題の再設定を行った。その結果として、「筋電位と音が連動する」こと「精神的な状態を音に変換する」ことに面白さを見出し、さらに「ストレスを知覚できるものを作りたい」ということから、「精神的な緊張を音として表に出す」ことを実現するデバイスを製作することとした。外見は精神的な緊張を音として表に出すことから真実を話すということで真実の口をモチーフにした。真実の口を製作し、スピーカーを搭載することで真実の口を模したスピーカーを製作した。完成後には評価実験の計画を立て、真実の口を模したスピーカーを使うことで緊張状態は変化するのかを実験を行って検証した。実験の結果、音と緊張に関して統計的に有意差は見られなかった。これに関しては、筋電位の計測部位の再検討と被験者の人数を増やす必要があると考える。また、学内の成果発表会で全体の活動と製作物を発表した。

10.3 今後の展望

今回製作した装置では、実験を通して、自らの筋電位を音に変換して聞くことと緊張の関係を明らかにすることは出来なかった。ただし実験の方法に関して、実験の前に筋電位の音に注意を向けてほしいという事を伝えるなど、条件を変えると効果が表れるかもしれないとの指摘を、辻義人先生から頂いた。まずは自らの筋電位を音に変換して聞くことで、自身の精神的な緊張に対して、どのような効果を得られるのかを今回の実験とは違う方法でもう一度調べる必要があると考える。その上で、その効果をより高めるための外観を検討していく必要があると考える。

今回製作した装置は、台座を含めることで実寸台の真実の口以上の高さになった。そして実験や成果発表会を行うときに装置を持ち運ぶことで、その可搬性の低さを実感した。迫力の追求のためにこの大きさを採用したが、サイズを一回り小さくすることで、可搬性が向上すると考えられる。可搬性を向上させることは使う場面を限定せずに、どこでも使えることを意味している。また成果発表会では伊藤精英先生から、バイオフィードバックに活かすことができるのではないかという意見を頂いた。今回は精神的な緊張に伴う筋緊張を計測して音に変換することで、精神的な緊張を自覚させることを目標としてきた。一方で、筋緊張に伴う生理的な反応については、緊張の他にも存在することが考えられる。それらその他の生理的な反応と筋緊張の関係にも対応させていくことで、緊張の自覚よりも適した用途がある可能性も考えられる。

(文責: 伊藤涼)

参考文献

- [1] 菅原徹, 佐渡山亜兵, 上篠正義, 岡本宜久. 表情筋からみた自動車運転における快-不快感の評価. 人間工学,2002,38,394-395
- [2] 大村英史, 柴山拓郎, 寺澤洋子, 星 (紫) 玲子, 川上愛, 吹野美和, 岡ノ谷一夫, 古川聖. 音楽情動研究の動向-歴史・計測・理念の視点から-. 日本音響学会誌,2013,69,9,467-478
- [3] 谷口高士 (2000) 音は心の中で音楽になる—音楽心理学への招待— 北大路書房
- [4] Arduino-home. <https://www.arduino.cc/>. (2019/07/24 アクセス)
- [5] 鎌田孝一 肩こりとつきあう 順天堂医学,2008, 54 p.359-362
- [6] 福田謙一 顎関節症を見直す 歯科学報, 102(10): 757-763
- [7] 重松敬一「メタ認知の概要」 奈良教育大学平成 22 年度奈良教育大学学長裁量経費補助研究成果報告 <http://www2.nara-edu.ac.jp/CERT/nara-edu/outline/index.html> (2020/01/08 アクセス)