

# 公立はこだて未来大学 2021 年度 システム情報科学実習 グループ報告書

Future University Hakodate 2021 Systems Information Science Practice

## Group Report

### プロジェクト名

コミュニケーション脳科学

### Project Name

Communication Brain Science

### プロジェクト番号/Project No.

17

### プロジェクトリーダー/Project Leader

河内将吾 Shogo Kawauchi

### グループメンバ/Group Member

角野瑠紀 Ryuki Kakuno

亀橋樹 Tatsuki Kamehashi

菊池侑也 Yuya Kikuchi

小林隆雅 Ryuga Kobayashi

二階堂大聖 Taisei Nikaido

田表怜 Rei Taomote

升田全 Zen Masuda

河内将吾 Shogo Kawauchi

### 指導教員

佐藤直行 富永敦子

### Advisor

Naoyuki Sato Atsuko Tominaga

### 提出日

2022 年 1 月 19 日

### Date of Submission

January 19, 2022



## 概要

本プロジェクトでは、「オンライン環境における記憶力の違い」をテーマとして活動を行った。新型コロナウイルス感染が拡大する現代において、学校の授業や会社の会議などの話し合いの場は、対面から Zoom や LINE 通話などによるオンラインが主流のツールへと変化してきている。それに伴い、オンラインサロンなどのオンラインビジネスも活躍の場を広げている。しかし、オンラインによるコミュニケーションが普及している一方で、対面と比べた際に会話をするときのぎこちなさや、記憶への定着しにくさが目立つように感じる。オンラインによるコミュニケーションの秀でた点や、オンラインによるコミュニケーションを今よりも良いものにする方法がないかを、脳科学の観点から模索した。議論の結果、対面とオンラインそれぞれにおいてコミュニケーションの場を設け、同一条件下での実験を2つ行った。1つ目の実験では、「視覚と聴覚による記憶力の違い」に着目した。まず音声データと文字データそれぞれ約3分間の同じ内容の説明文を2種類用意した。それらを脳波計測器を取り付けた状態で、被験者に聞かせたり、読ませた。その後、グループメンバが作成した、データの内容の記憶力を測るテストを解かせた。この間の脳波データを解析した結果、聴覚による記憶力が、視覚による記憶よりも集中力を要する傾向が見られた。2つ目の実験では、「AR と機械音声をを用いた記憶力の違い」に着目した。まず、人間の顔かつ通常の声、人間の顔かつ合成音声、AR による馬の顔かつ通常の声、AR による馬の顔かつ合成音声の4条件で、4種類の文章を朗読した動画を作成、計16種類の動画を用意した。1動画あたりの時間は約4分である。それらを脳波計測器を取り付けた状態で被験者に視聴させ、各動画終了ごとにグループメンバが作成した、動画の朗読内容の記憶力を測るテストを受けさせた。この間の脳波データを解析した結果、人間の声と顔の条件でコミュニケーションをとることが、最も集中力が向上し内容を記憶しやすい傾向が見られた。また、機械音声には人にリラックス効果をもたらすという傾向も見られた。これらの研究結果を基に、オンラインコミュニケーションに役立てたり、新たな研究の参考にしていきたい。

**キーワード** 脳波、コミュニケーション、オンライン

(※文責: 亀橋樹)

# Abstract

In this project, we worked on the theme of "Differences in memory in online environments. In this day and age, with the spread of the new coronavirus infection, discussion forums such as school classes and company meetings are changing from face-to-face to online with Zoom and LINE calls as the mainstream tools. As a result, online salons and other online businesses are expanding their activities. However, while online communication is becoming more and more widespread, I feel that there is a noticeable awkwardness in conversations and difficulty in retaining memories when compared to face-to-face communication. From the perspective of brain science, we sought out the advantages of online communication and ways to make online communication better than it is now. In the first experiment, we focused on the difference between visual and auditory memory. In the first experiment, we focused on the difference between visual and auditory memory. They were played or read to the participants with an EEG measuring device attached. Afterwards, the subjects were asked to solve a test created by a group member to measure their memory of the content of the data. In the second experiment, we focused on the difference in memory performance between AR and machine voice. First, we created videos of four types of sentences being read out loud under four conditions: a human face with a normal voice, a human face with a synthetic voice, a horse face with a normal voice using AR, and a horse face with a synthetic voice using AR. Each video was about 4 minutes long. Each video lasted about 4 minutes, and the subjects watched the videos with EEG equipment attached, and at the end of each video, they were asked to take a test to measure their memory of the content of the video readings, which was created by a group member. As a result of analyzing the EEG data during this period, it was found that communication under the conditions of a human voice and face tended to improve concentration and memory of the content the most. There was also a tendency for the machine voice to have a relaxing effect on people. Based on the results of these studies, we would like to use them for online communication and as a reference for new research.

**Keyword** EEG,communication,online

(※文責: 亀橋樹)

# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>背景</b>	<b>1</b>
1.1	現在のコミュニケーション . . . . .	1
1.2	脳波を用いた先行研究 . . . . .	1
1.3	本プロジェクトにおける到達目標 . . . . .	2
1.4	本プロジェクトにおけるコミュニケーションのとりえ方 . . . . .	2
1.5	テーマを変えた経緯 . . . . .	2
<b>第 2 章</b>	<b>本プロジェクトの活動</b>	<b>3</b>
2.1	活動方針 . . . . .	3
2.2	本プロジェクトの活動内容の概要 . . . . .	3
<b>第 3 章</b>	<b>脳波計測にあたっての基礎知識</b>	<b>4</b>
3.1	脳波 . . . . .	4
3.1.1	国際 10-20 法 . . . . .	4
3.1.2	脳波計測方法について . . . . .	5
3.1.3	実験機材 . . . . .	6
3.2	脳について . . . . .	6
3.3	脳と五感の関係 . . . . .	7
3.4	脳の構造 . . . . .	8
3.4.1	大脳 . . . . .	8
3.4.2	大脳皮質 . . . . .	8
3.4.3	大脳辺縁系 . . . . .	9
3.4.4	大脳基底核 . . . . .	9
3.4.5	灰白質と白質 . . . . .	9
3.4.6	小脳 . . . . .	9
3.4.7	脳幹 . . . . .	10
<b>第 4 章</b>	<b>前期活動：予備実験と脳波解析</b>	<b>11</b>
4.1	テーマ決め . . . . .	11
4.2	脳波についての教授からの講義内容 . . . . .	11
4.3	予備実験の目的 . . . . .	12
4.4	予備実験 . . . . .	12
4.4.1	予備実験 1 . . . . .	13
4.4.2	予備実験 2 . . . . .	13
4.4.3	予備実験 3 . . . . .	13
4.5	脳波解析 . . . . .	14
4.5.1	Python . . . . .	14
4.5.2	脳波解析の前処理 . . . . .	14

4.5.3	ローパスフィルタ	15
4.5.4	ノッチフィルタ	15
4.5.5	高速フーリエ変換	15
4.5.6	眼球運動	16
4.5.7	予備実験データの解析	16
4.5.8	閉眼時と集中時の周波数帯の $t$ 値	16
4.6	中間発表	17
4.6.1	ポスター	17
4.6.2	スライド・動画	19
4.6.3	フィードバック	19
4.6.4	発表技術について	19
4.6.5	発表内容について	20
4.7	前期まとめ	20
<b>第 5 章</b>	<b>実験 1：視覚と聴覚による記憶力の違い</b>	<b>21</b>
5.1	テーマ決め	21
5.1.1	ブレインストーミング	22
5.1.2	KJ 法	22
5.2	概要	22
5.3	予備実験	23
5.4	本実験	24
5.4.1	視覚実験	25
5.4.2	聴覚実験	25
5.5	統計解析	29
5.6	結果	29
<b>第 6 章</b>	<b>実験 2：AR と機械音声を用いた記憶力の違い</b>	<b>31</b>
6.1	概要	31
6.2	実験動画の作成	31
6.3	実験問題の作成	32
6.4	予備実験	33
6.5	本実験	33
6.6	統計解析	34
6.7	結果	34
<b>第 7 章</b>	<b>発表にあたって</b>	<b>36</b>
7.1	成果発表会	36
7.1.1	Web サイト作成	36
7.1.2	ポスター作成	37
7.1.3	質疑応答	39
7.1.4	発表会のフィードバック	39
<b>第 8 章</b>	<b>今後の課題と展望</b>	<b>41</b>

8.1	まとめと考察 . . . . .	41
8.2	課題 . . . . .	41
8.3	展望 . . . . .	42
<b>第 9 章</b>	<b>インターワーキング</b>	<b>43</b>
9.1	角野瑠紀 . . . . .	43
9.2	亀橋樹 . . . . .	43
9.3	菊池侑也 . . . . .	44
9.4	小林隆雅 . . . . .	45
9.5	二階堂大聖 . . . . .	46
9.6	田表怜 . . . . .	47
9.7	升田全 . . . . .	48
9.8	河内将吾 . . . . .	49
付録 A	脳波解析前処理用プログラム	50
付録 B	統計解析用プログラム	54
付録 C	実験課題提示用プログラム	55
参考文献		58

# 第 1 章 背景

## 1.1 現在のコミュニケーション

昨今、新型コロナウイルスの感染拡大により、学校の授業や会社の会議など様々な場面で Zoom 等を用いたオンライン上でのコミュニケーションツールを利用する機会が増えてきている。授業においてはオンデマンド型の授業 (教授に講義動画を用意していただき好きな時に見て学ぶことができる授業) も増えてきておりインターネットを利用した遠隔での授業も多くなってきている。オンライン上でのコミュニケーションは、対面してコミュニケーションを行っていた感染拡大前に比べて意思疎通が難しく、様々な問題や障害が発生している。ここであげる問題や障害というのは教員側が学生の反応がオンライン上だとわかりにくいことや、学生側からの質問や教員側からの問いかけがしにくくなっていることである。

本プロジェクトでは脳科学的視点からオンライン上のコミュニケーションを現実近づけることを目標として活動を行っている。また IT 技術を利用して、よりオンライン環境でのコミュニケーションを有意義に行っていけるようにしていくことを目指している。

(※文責: 田表怜)

## 1.2 脳波を用いた先行研究

過去の論文による脳波の知識を得るためのデータ収集や、本プロジェクトのテーマが過去の研究、実験と重複しないように既存の論文を調べるために先行研究調査をプロジェクトメンバー全員で行った。脳波と関連性のある先行研究事例を「脳波 ○○ 論文」という形式で、○○内の言葉を様々な単語に変えて、Google の検索機能を用いて調査した。○○の具体的な内容としては、視覚、嗅覚などの五感や、アルコール、入浴などが挙げられる。主な引用元サイトは、J-stage と CiNii を用いた。調査の結果、テーマ決めや脳波の知識を得るために参考になる論文をいくつか発見した。これらの文献から、飲酒の際、 $\alpha$  波の出現時間と心拍数の間に相関関係があること [1] や、 $\alpha/\beta$  値の値から花の香りは快適性を高めるうえで効果があること [2]、紙ノートによる朗読と比較して、タブレットによる朗読の方が  $\theta$  帯域パワーが高いこと [3] などがわかった。先行研究調査によって得た知識、見解を基に今回のテーマ決めを行った。また、私たちが最終的に決めたテーマである「オンライン環境における記憶力の変化」や、そのテーマに基づいた 2 チームそれぞれの研究内容である「視覚と聴覚による記憶力の違い」、「機械音声と AR を用いた記憶力の違い」と重複した先行研究がないかを再度調査したが、見つからなかったため、今回のテーマで進めることにした。

(※文責: 亀橋樹)



### 1.3 本プロジェクトにおける到達目標

本プロジェクトにおいて「オンライン環境における記憶力の変化」について心理学や統計学、脳科学などといったさまざまな観点から調べていき、よりオンライン環境での円滑なコミュニケーションや学習環境を構築することを目標として活動していた。特に今回のプロジェクトでは、オンラインの学習環境について焦点を当て活動を行った。現在のオンライン環境でのコミュニケーションは未だ発展途上なものであり、多くの改善の余地がある。本プロジェクトでは、オンライン学習環境の改善を最終的な到達目標としている。

(※文責: 田表怜)

### 1.4 本プロジェクトにおけるコミュニケーションのとらえ方

本プロジェクトは人間同士のコミュニケーションというものを脳野や心拍などの脳科学的な観点から分析することをテーマとしたプロジェクトである。そのため、コミュニケーションの定義を定める必要がある。広辞苑によればコミュニケーションとは「社会生活を営む人間の間に行われる感覚・感情・思考の伝達。言語・文字その他視覚・聴覚に訴える各種のものを媒介する。動物個体間での、身振り音声・匂いなどによる情報の伝達。」と定義されている。[4]

そこで前期では仮想現実空間で条件(明るい、暗い、狭い、広い)を変えることにより現実に近いコミュニケーション環境を構築することを目的とし、ここでは情報の伝達という部分に着目した。しかし、最終的に本プロジェクトにこのような定義を反映されることはなかった。

後期ではテーマを一新した。テーマは「視覚と聴覚による記憶力の違い」、「機械音声とARを用いた記憶力の違い」という二つのテーマのもとコミュニケーションは言語・文字、その他視覚・聴覚に訴える各種のものを媒介とする情報の伝達方法と定義した。

(※文責: 菊池侑也)

### 1.5 テーマを変えた経緯

本プロジェクトの中間発表の段階でのテーマは、「脳波を用いた現実感の解明」であった。この研究は、どのようにすればオンライン環境下において、現実に近いコミュニケーションが可能となるかを研究することを目的としていた。具体的な予定していた手順として、VR用の様々な映像(海や山、浜辺など)を用意する。その後、被験者を集め、先ほど用意したVRの映像を見せた時の脳波と、VRで映した映像を実際に眺めさせたときの脳波をそれぞれ測り、それらの共通点や違いを模索する。そのようにして、どの映像のときが最も現実に近いコミュニケーションが可能となり、オンラインでのコミュニケーションに役立つかを研究した。このテーマを変えた経緯は、外で脳波を計測することが困難であることが、外で実験を行おうとした際に判明したからである。そこでプロジェクトのテーマを話し合った。その結果、もともとのテーマである「脳波を用いた現実感の解明」の現実とオンラインの違いという点を残し、研究を続行した。

(※文責: 亀橋樹)

## 第 2 章 本プロジェクトの活動

### 2.1 活動方針

オンライン環境でのコミュニケーションを改善するために、本プロジェクトでは心理実験と脳波解析を行った。脳波を計測し解析を行うことで、人間の脳の状態を調べることができる。このことを用いて、脳波の分析結果からオンライン環境のコミュニケーションでの人間の記憶力を調べる実験を行っていった。

(※文責: 田表怜)

### 2.2 本プロジェクトの活動内容の概要

前期の活動は、メンバー全員でまず脳科学の分野の先行研究を調べることから始まった。メンバー全員が脳の構造や脳波についての知識が乏しかったため、まず脳の基礎的な知識と脳波の計測方法を担当の教授に教わった。そして脳波の計測を実際に行ってみるために、何度か予備実験を行った。ここで脳波の計測方法に慣れることができた。その後、プロジェクトテーマ決めと脳波を解析するために Python のプログラミングについて学習した。前期の時点では VR を用いた実験を行う予定だったため、360° カメラを用いて VR 映像の作成を行った。これらの材料を用いて、ポスターと発表用動画を作成し前期の発表を行った。

後期の活動は、「オンライン環境での記憶力の変化」をテーマに掲げて活動を行った。プロジェクトメンバーを 2 つのグループに分け、グループごとにそれぞれ実験内容を決め活動を行った。1 つの目のグループは「視覚と聴覚による記憶力の違い」について実験を行い、2 つ目のグループは「AR と機械音声を用いた記憶力の違い」について調べた。その後、両グループのデータを用いて解析を行った。その後、発表会に向けて Web サイトとポスターを作成して発表を行い、プロジェクト報告書とグループ報告書を作成した。

(※文責: 田表怜)

## 第 3 章 脳波計測にあたっての基礎知識

### 3.1 脳波

脳波とは、動物の脳から生じる電気活動を頭皮上、蝶形骨底、鼓膜、脳表、脳深部などに置いた電極で記録したものである。神経細胞からなる大脳皮質の表面近くに位置するシナプス電位・後電位などの総和の電位変動を頭皮上から誘導し増幅させる方法で記録されてきた。脳波を測定する装置を脳波計と呼び、それを用いた脳波検査は、医療での臨床検査や生理学、心理学、工学領域などの研究方法に用いられている。[5]

脳波は約 0.5Hz から 50Hz までの周波数範囲で変化し、周波数によって分類することができる。0.5Hz～3Hz が  $\delta$  波、4Hz～8Hz が  $\theta$  波、9Hz～13Hz が  $\alpha$  波、15Hz～25Hz が  $\beta$  波、30Hz～50Hz が  $\gamma$  波、と本プロジェクトでは分類する。 $\delta$  波は睡眠時に見ることができ、 $\theta$  波は記憶想起や何かをイメージしている状態に見られる。 $\alpha$  波は安静、覚醒、閉眼の状態です正常成人の頭頂部、後頭部で最も顕著に見られる。 $\beta$  波は活発な思考や集中している状態の時に見られ、 $\gamma$  波は脳波解析ではあまり解析の対象になることは少ない。[6]

(※文責: 田表怜)

#### 3.1.1 国際 10-20 法

国際 10-20 法とは国際脳波学会が定めた電極配置のことである。電極の配置場所の決め方として、まずは鼻の付け根のへこんだ部分である鼻根と、後頭部の 1 番突出している部分である後頭結節を線で結ぶ。さらに、耳のすぐ前かつ頬骨根部のすぐ真上にある陥凹する部分である耳介前点を結ぶ。この 2 本の線の交点を Cz とする。次に、鼻根と後頭結節を結ぶ線を、10%、20%、20%、20%、20%、10% となるように分け、Fpz、Fz、Cz、Pz、Oz とする。左右の耳介前点を結ぶ線を 10%、20%、20%、20%、20%、10% となるように分け、T3、C3、C4、T4 とする。さらに、Fpz、T3、Oz を通る線上を 10%、20%、20%、20%、20%、10% となるように分け、Fp1、F7、T5、O1 とする。同様に右側の線も Fp2、F8、T6、O2 とする。その後、Fp1 と C3 を結ぶ線の中点、Fz と F7 を結ぶ線の中点になる点を F3 とし、C3 と O1 を結ぶ線の中点、Pz と T5 を結ぶ線の中点となる点を P3 とする。F4、P4 も同じように決定する。最後に、左右の耳介の全表面を A1、A2 とする。[7]

国際 10-20 法の利点として、頭の大きさに関係なくほぼ一定距離に電極配置を行うことができ、大脳のほぼ全領域をカバーすることができる。また、何回検査を行っても同一部位に電極を配置することができ、電極に対応する大脳の解剖学的部位が確認されていることが挙げられる。また、電極記号で使われている数字は奇数が左、偶数が右を表している。そのため本プロジェクトでは脳波計測時には国際 10-20 法に従い、電極を配置して脳波計測を行った。[8]

電極の配置 (10-20 法)

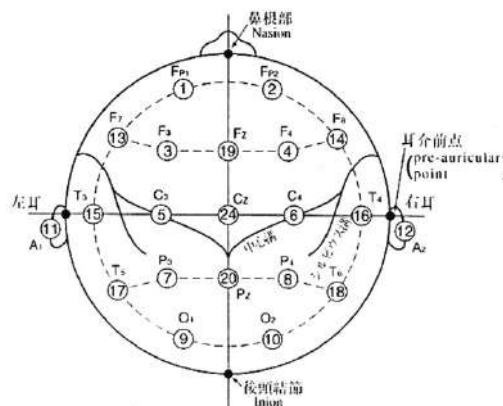


図 3.1 国際 10-20 法 (出典: 脳波の手習いシリーズ、[https://naraamt.or.jp/Academic/kensyuukai/2005/kirei/nouha\\_mon/nouha\\_mon.html](https://naraamt.or.jp/Academic/kensyuukai/2005/kirei/nouha_mon/nouha_mon.html))

(※文責: 升田全)

### 3.1.2 脳波計測方法について

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 感染防止のため、電極の設置の際にはマスクと手袋を装着し、被験者に触る前後には消毒を行った。初めに被験者には洗髪を 2 回行ってもらい、頭部の洗浄を十分に行った。洗髪を 2 回行った理由として、頭皮に油分や汚れがついていた場合、その油分や汚れが抵抗となってしまう、脳波を正確に計測することが出来ないからである。その後、十分に濡れた頭を乾かし、被験者の頭部に電極を設置した。電極は国際 10-20 法に従い、頭頂部 (CZ)、左目の下、右目の下、前頭右部 (F4)、前頭左部 (F3)、おでこ、頭頂後部 (PZ)、鎖骨、左右の耳たぶにそれぞれ設置した。左右の目の下に設置した電極で眼球運動を捉え、鎖骨に設置した電極で心拍数も計測した。また、左右の耳たぶはリファレンスである。リファレンスとは基準電極電位 (システムリファレンス) のことである。また設置の際には導電性ジェルを電極に塗り付け、できるだけ脳波を正常に測定できるようにした。

次に脳波計の設定を行った。まずは脳波計に電池を入れた後に SD カードを入れた。次に脳波計測用のアプリがインストールされているタブレット端末と Bluetooth 接続を行い、最後に脳波計の時刻合わせを行った。SD カードを入れた理由として、SD カードがないと電位の測定とインピーダンスチェックができないからである。インピーダンスとは接触抵抗のことである。電流はオームの法則に基づくので電流を大きくするためには抵抗をできるだけ小さくする必要がある。よって脳波計測時にはタブレット端末と接続することで脳波や電極のインピーダンスを確認し、もしインピーダンスに異常があれば、電極を再度付け直し正常な値になるまで繰り返すことでできるだけ正確な計測を行えるようにした。

今回の脳波計測の反省点として、理想の計測はインピーダンスを 5k  $\Omega$  未満にして脳波計測を行いたかったのだが、実際の脳波計測では 40k  $\Omega$  程度でも実験を行った。繰り返し付け替えを行ったのだが、理想値まで下がらなかったからである。また、左右の目の下に配置した電極は途中で浮いてきてしまった。それは顔の油分を十分に取りきることが出来ずに脳波計測を行ったからである。

[9]



図 3.2 脳波計測の様子

(※文責: 升田全)

### 3.1.3 実験機材

本プロジェクトでは脳波計測を行うため 8 チャンネル脳波計 AvaterEEG (AvaterEEG 社、サンプリング周波数 500Hz)、皿電極 (銀)、Android タブレット (AvaterEEG 計測アプリインストール)、脳波計測用ペースト (Elefix) を用いた。

(※文責: 河内将吾)

## 3.2 脳について

脳波計測を行う際、重要な脳の部位の説明や仕組みについて説明する。脳は頭の中にある約 1400 g の器官である。脳は神経細胞が互いに結合して、外界のさまざまな情報に対して生命を維持するために適切な行動をとるように働く。さらに脳には“意識”が存在して、我々自体の存在と他の存在を区別して認識し、その間でのコミュニケーションを可能にしている。

前頭葉、後頭葉、側頭葉のそれぞれ対応する部位が活動しているが、同じ行動をとるにしても異なった働きをする。この違いが個性となる。世の中に同じ人がいないように同じ脳は存在しなく遺伝的に全く同じ人であっても脳の働きはそれぞれ異なる。また脳は生きている間、常に変化している。視覚・聴覚・嗅覚などを通して外の情報を取り込み、情報処理を行っている。そして、その情報処理は神経回路と呼ばれる神経間の連絡によって行われそのたびに神経経路が強化される。強化されるというのはそれぞれの結合が強くなるということだ。このように勉強やスポーツで脳を使っているとき、また私たちが生活しているだけでも脳は変化を繰り返している [10]。私たちの脳は、朝起きたときと夜寝る前では異なるのだ。

また、脳は男女によって違いもある。外見の違いは左右の脳を結んでいる神経線維の束、脳梁の大きさが、女性のほうが男性よりも二割ほど大きいことがわかっている。脳の大きさや重さでは、男性のほうが女性よりもからだは大ききだけ脳も大きき。およそ 150g 男性の方が重たい。脳の大きさによる能力の優劣はないが能力の違いは見られる。男性は女性よりも見たり、聞いたり、触れたりして外の世界を理解する力、つまり空間認知能力が優れている。一方、女性は言葉を理解

してしゃべる能力が男性よりも優れていることがわかっている [11]。

次に脳の伝達システムについてだ。まず、脳の神経細胞の仕組みについてだが、神経細胞は多くの突起をもつのが特徴で、細胞体からは複数に分岐する樹状突起と長い突起の軸索がある。これらの突起は、他の神経細胞と繋がりあいながら神経経路を形成している。伝達の仕組みは、樹状突起が入力アンテナとなって電気信号の情報を受け取り、その情報は軸索を通過して、別の神経細胞へと運ばれる。この時に重要な役割を果たすのが軸索の末端にある「シナプス」だ。シナプスと神経細胞は一ミリほどの隙間があり、電気信号のままでは情報の伝達ができない。そこでシナプスが電気信号を化学伝達物質に変換させて情報を次の細胞に送ることができるようになる。

(※文責: 角野瑠紀)

### 3.3 脳と五感の関係

今回、私たちのプロジェクトは視覚と聴覚の差を脳波を調べて分析した。そこで視覚と聴覚のように五感が脳とどのように関係しているか説明する。見る、聞く、嗅ぐ、味わう、触るのを私たちは意識せずとも感じ取ることができる。これは耳や鼻や手が直接感じているのではなく、実は認識しているのは脳なのである。目、耳、鼻、舌、皮膚などの感覚器官は情報を収集しているに過ぎないのだ。

視覚は光を感じ取って明暗の違いをしっかりとらえ、明るさや暗さを識別&調節する役目を担う桿体細胞、光の波長を感じ取り、波長の違いを色の違いに変換する役目を担う錐体細胞の二つの種類の視細胞で感じ取る。これらの情報を電気信号として大脳に伝える。

聴覚については、まず、音は空気の振動でその振動が鼓膜を震わせ、耳小骨～蝸牛を経て電気信号に変換される。そして情報は延髄～視床を通過して大脳の聴覚野に伝達され、ここでようやく音として認識されることになる。

嗅覚は、他の五感と異なり、視床下部や記憶に関係する海馬に伝わる。なので、匂いを嗅いで懐かしさを感じたりする。匂いを認識するメカニズムは、匂いの分子が鼻の穴から入り、その奥にある嗅上皮に付着する。そして嗅上皮の粘膜に分子が溶け込み嗅細胞が電気信号に変わる。そして、それが嗅覚野に運ばれ、どんな匂いなのか判断される。次は味覚だ。

味覚には、甘味、塩味、酸味、苦味がある。そしてこの味覚を感じるのは、花のツボミのような形をしている味蕾という感覚器官だ。その味蕾の中に味覚細胞があり、電気信号に変えて大脳の味覚野に伝えられる。

最後に触覚は、痛み、あつい、つめたい、かたい、やわらかいを皮膚からの情報で感じ取る。また、痛み一つ取っても鋭い痛み、鈍い痛みなどを感じとる。この区別をどのようにしているかというと、触った感覚は皮膚の触点で受け止められ、その下にある自由神経終末と呼ばれる6つの感覚器官があり、皮膚の変形する速度、皮膚が押される感覚や引っ張られる感覚を電気信号に変えられ、体性感覚野に達する。このように、視覚・聴覚・嗅覚・味覚・触覚の五感は大脳に支配されていて密接に関わりあっているとと言える [10]。

(※文責: 角野瑠紀)

### 3.4 脳の構造

すべての脊椎動物の脳は基本的に似た構造をもっていて、大きさとバランスが違うものの脳幹、小脳、大脳の3つの部位から成る。脳は人間が生きるうえで最も重要な器官の一つである。そのため、脳は幾重もの防御壁によって守られている。外側から頭髪、頭皮、頭蓋骨、硬膜、くも膜、脳髄液、柔膜となっていて、脳本体は髄液の中に浮かんだ状態で存在している。

また、大脳を上から見ると、大脳縦裂という溝を境に左右2つの半球に大きく分かれているのが確認できる。この2つは右脳と左脳と呼ばれ、それぞれに役割分担がある。人間は左目左手左足、右目右手右足のよう左右対称の身体を持つが、左半身のことは右脳で右半身のことは左脳で処理される。また、右脳と左脳で働きを持つことがわかっている。右脳は、視覚からの情報や空間認知を処理する機能を持ち、直感やひらめき、イメージをつかさどる。一方、左脳は声や音を認識理解し、言語を発する行為のほか、複雑な計算や論理的な思考をつかさどる。[10]

(※文責: 角野瑠紀)

#### 3.4.1 大脳

人間の脳は頭蓋骨直下に位置し、脳の中で最も幅広い機能を担っている部分。重さは脳全体の80%を占めている。思考、感覚、言語、記憶を司る機能がある。大脳の表面には無数のしわがあり、神経細胞（ニューロン）と神経線維が詰め込まれている。[12]

大脳は大きく大脳辺縁系と大脳新皮質という2つの部分で構成される。さらに大脳の奥には大脳基底核と呼ばれる部分が存在してその中には尾状核、被殻、淡蒼球、黒質、視床下核が存在する。このように大脳と言っても大脳の中にはさまざまな部分があり、多くの役割を果たしている。[10]

(※文責: 角野瑠紀)

#### 3.4.2 大脳皮質

大脳の構造で最も表面側を大脳皮質と呼ぶ。大脳皮質は感覚、思考、判断といった人間らしい行動をつかさどる。大脳皮質には100億個の以上の神経細胞があり、複雑な神経回路が形成されている。大脳表面には多くのしわがあり、そのしわを広げると新聞紙ほどの表面積があるといわれている。しわの膨らんだ部分を脳回、凹んだ部分を脳溝といい、その中でも外側溝と中心溝という2つの脳溝が最も目立つ。この2つの溝と頭頂後頭溝によって、前頭葉、頭頂葉、側頭葉、後頭葉の4つの部位に分けられる[12]。

前頭葉は人間のあたりにある。前頭葉は人間の脳の中で最も高等な機能を持つ部分で主に思考・判断・創造などをつかさどる。次に頭頂部にある頭頂葉は、痛い、熱いなどの刺激を受けた時、筋肉に情報を伝え運動を制御する働きを持っている。耳の上に位置する側頭葉は海馬に保存された記憶を長期間保存するとともに、言葉や音などの情報を理解する役目を担っている。そして後ろ頭の部分にある後頭葉は、視覚からの情報を処理する働きを持っている。[10]

(※文責: 角野瑠紀)

### 3.4.3 大脳辺縁系

大脳辺縁系には、情動反応、記憶などにかかわる扁桃体や海馬体を始め多くの構造が含まれている。大脳皮質と比べて本能的な機能を担っている。[12]

視床下部と密接にリンクしながら、好き、嫌いの感情、記憶の形成、食欲、性欲などを主に担っている。大脳辺縁系の中にタツノオトシゴのような形をした部分がある [11]。その形状から名づけられた海馬は経験によって得られた情報を記憶として保存する機能を持つ。しかし、海馬はあくまで一時的な記憶装置のようなものであり、それらの記憶は整理され、大脳新皮質や小脳などの適切な場所に保存される。

そして海馬の先端にあるアーモンド型の部位の扁桃核は、好き、嫌い、恐ろしいといった感情を決定する役割を担っている。山の中で毒蛇や熊を見たときに恐ろしいという感情が瞬時に呼び起され、この感情を伴う記憶、危険を伴う記憶に関係しているのが扁桃核である。大脳辺縁系のなかで海馬同様に重要な役目を果たしているのが、直径約 2 ミリの小さな器官の側坐核である。何かを始めようと指令を受けると側坐核がやる気を出すかを決める。[10]

(※文責: 角野瑠紀)

### 3.4.4 大脳基底核

神経細胞の核がある部分を細胞体と呼ぶ。神経細胞の細胞体は決まった場所にかたまっていることが多く、その集合を神経核と呼ぶ。大脳皮質と脳幹を結びつける神経核が集まっているところを大脳基底核と呼ぶ。[12] 神経核には尾状核、被殻、淡蒼球、視床下核が存在する。[10]

(※文責: 角野瑠紀)

### 3.4.5 灰白質と白質

大脳皮質や大脳基底核のように細胞体が集まっている部分はやや灰色に見えるので灰白質と呼び、細胞体が集まっていない部分を白質と呼ぶ。[12]

(※文責: 角野瑠紀)

### 3.4.6 小脳

小脳は脳の下部、大脳の尾側、脳幹の背側に位置していて、大脳について 2 番目に大きな脳で脳全体の神経細胞の約半数が存在している。[13]

小脳半球には主に手足のバランスを取る能力がある。中心部の虫部というところは体の中心部(体幹)の平衡感覚を司っている。[14] 例えば、モノを拾うという動作をするとき、大脳からのシグナルを受けて、どんな動きをすればいいのか即座に計算し、腰や膝を曲げる角度を筋肉に指令を与え、重心が体の中心からずれないように複雑な動きを行っている。このように小脳は、運動能力に密接に関係している。[10]

(※文責: 角野瑠紀)



### 3.4.7 脳幹

大脳を支える幹のような形で、長さは 7.5cm で太さが親指程度と小さな部分。脳幹は生命維持に関与する意識、呼吸、循環を調整する機能。脳幹は脳の最も重要な部分と言われている。脳幹は上から間脳、中脳、橋、延髄の部分に分けられる [15]。

間脳には視床や視床下部と呼ばれる重要な部分がある。視床は大脳からインプット&アウトプットされる情報はすべて経由する。視床下部は食欲、性欲、睡眠欲、排泄欲、集団欲など本能的な行動すべてを支配する機能を持っている。例えば、食欲がなければ、空腹を感じなくなり食物摂取を怠り、生きていくことはできなくなる。睡眠欲がなければ、寝ることを怠り、意識・判断のレベルが低下して肉体や精神のバランスが崩れてしまう。また、性欲がなければ、種は途絶えて絶滅してしまう。食欲・性欲・睡眠欲は人間の三大欲求と呼ばれているが、この欲を感じなければ人間は絶滅してしまう。そしてこの欲を支配する機能を持つのが視床下部だ。

そして、中脳は姿勢のバランスをとる、眼球の運動、瞳孔の大きさを調節するための役目を担っている。例えば、暗い場所では瞳孔が開き、眩しい光のもとで瞳孔が狭まる。自分自身の意識でできないこの行為を中脳が行っている。延髄は中脳から脊髄へと移る部分に位置する。延髄は、自律神経の核が存在していて、呼吸や血液の循環、排泄、発汗などを調節する機能を持っている。[10]

(※文責: 角野瑠紀)

## 第 4 章 前期活動：予備実験と脳波解析

### 4.1 テーマ決め

このプロジェクトのテーマを決めるのに様々なことを行った。まず、脳波についての知識がほとんどなかったので教授による脳波についての講義を受けた。次にプロジェクトメンバーで脳波に関連した先行研究を調べて共有した。出てきた案として、運動している時の脳波を計測する、運転している時の脳波を計測する、考えている動作と反対の動きをするときの脳波を計測する、嘘をついた時の脳波を計測する、曲を聴いた時の集中力などと脳波の関係などがあつた。その中でも賛成意見が多かった案は心理学と脳波を結び付けるという案である。具体的に行動心理学における行動を行った時の脳波を計測して法則があるか調べた。その過程で、音楽と脳波を結び付けるという考えも考案された。しかし、このプロジェクトはコミュニケーション脳科学というプロジェクトなのでテーマはコミュニケーションに結び付けることができるものにしたと考えた。その結果、我々が考えたテーマは脳波を用いた現実感の解明である。今現在、オンライン上でのコミュニケーションは対面で行うコミュニケーションと比べて円滑に行うことが難しい状況である。解決案として現実に近い感じ（現実感）があればコミュニケーションが容易になると思ひ、このようなテーマに至った。テーマ決めの際 VR カメラを利用できるテーマにしたいと考えていた。具体的に VR カメラを使用して山や海などの景色を撮影して VR カメラでその景色を見る場合と VR カメラを使用しないで景色を見る場合で脳波の違いを調べる。違いが分かることにより VR カメラで見ている景色が現実により近づける方法を考察することができる。

(※文責: 二階堂大聖)

### 4.2 脳波についての教授からの講義内容

プロジェクト活動するうえで脳波に関する知識をつけなければ脳波を測定することはできないので、活動開始時に担当教授の佐藤直行教授に脳波に関する講義を受けた。講義は前期に一回、後期に一回行われた。その二回の講義はオンライン上で行われた。

内容としては脳波の計測方法、脳の仕組み、脳波の種類についてです。脳波を計測するには脳波計を頭皮上に電極を配置します。頭皮上には約 100,000 の神経細胞があり、それらからの電位の総和により計測します。配置の仕方としては国際 10:20 法という方法があります。配置の仕方は鼻根点から後頭部の間の中点を求めてそこから 10%、20%、20%、20%、20%、10%に分割し電極を配置する。頭は場所によりつかさどる感情、感覚が違います。前頭葉と呼ばれる頭の前方部分を指す場所では認知機能が計測できる。後頭葉と呼ばれる頭の後方部分を指す場所では視覚情報が計測できる。側頭葉と呼ばれる頭の左右外側に位置する部分の左側では言語機能が計測できる。頭頂葉と呼ばれる頭の中央を指す部分では空間認知機能が計測できる。

次に脳波の種類について学びました。脳波の種類は周波数によって分けられる。(1-3)Hz 帯では  $\delta$  波と呼ばれる。(4-8)Hz 帯では  $\theta$  波と呼ばれる。(9-13)Hz 帯では  $\alpha$  波と呼ばれる。(14-25)Hz 帯では  $\beta$  波と呼ばれる。30Hz 以上では  $\Gamma$  波と呼ばれる。これらの脳波はそれぞれ特徴がある。 $\delta$  波は寝ているときに測定される。 $\theta$  波は眠い時に測定される。 $\alpha$  波はリラックス時に測定される。

$\beta$ 波は課題をしているときなどの集中しているときに測定される。 $\Gamma$ 波は視覚、情報処理をする際に測定される。

脳波を測定するには眼球運動に注意しなければならない。私たちは脳波測定に使用される電極を8つ使い測定しました。その中の2つは眼球の電位を測定しなければならない。その理由としては眼球を動かすと脳波の電位が変化してしまうため、眼球運動を測定して脳波解析の際に眼球運動の電位を取り除く必要があるからである。

これらの学んだ知識を使って前期の予備実験、本実験、脳波解析に活かした。

(※文責: 菊池侑也)

### 4.3 予備実験の目的

本プロジェクトでは脳波解析を伴う予備実験を行った。この実験を行った目的として4つ挙げられる。

1つ目として脳波解析の手順の確認である。脳波解析は準備から解析まで数々の手順を踏まなければならない。具体的には、頭の表面に脳波解析で行うための電極を張る必要がある。ここで問題となってくるのが頭皮の油を洗い流さなければならないことである。電極を張るために、電極に接着剤をつけるがこの接着剤の張り付きをよくするために頭皮を洗い流さなければならない。次にすることとしては純粋な脳波を測るためにインピーダンスチェックというものを行う。まず、電極は頭皮からの微弱な電気信号を計測するため髪の毛が電極と頭皮との間に挟まっていたり、接着が弱いと純粋な脳波を測ることができなくなるため、このような予備実験で手順を確認すると同時に純粋な脳波を測るための練習を行う必要があった。

2つ目として予備実験1ではコミュニケーション時の脳波のデータが必要であったからである。この時点ではまだテーマが決定されていない状況であったため、本プロジェクトの題材となっている「コミュニケーション」に関する脳波を計測することによって後々のテーマを最終決定する際に活かすために計測を行う必要があった。

3つ目として予備実験2ではリラックス時に検出される $\alpha$ 波の脳波が検出されるかどうか計測する必要があったからである。

4つ目として、予備実験3ではそれぞれ $\alpha$ 波、 $\beta$ 波を発生させやすくする音楽を聴きながら作業を行うことによって予備実験2との脳波が大きく出のかを調べるためである。

以上の4つが予備実験の目的である。

(※文責: 菊池侑也)

### 4.4 予備実験

我々の予備実験の位置づけは、本実験のための練習をかねたものである。また、脳波解析のためのPythonコードを実際に使用してみて理解するために行うこととした。

(※文責: 二階堂大聖)

#### 4.4.1 予備実験 1

予備実験 1 は 8 名で行われた。これは、ワンナイト人狼ゲームを行った時の脳波を計測した。ワンナイト人狼ゲームは人間チームと人狼チームに分かれて行い一回の投票で勝敗が決まるものである。ゲームに参加する人数は被験者を合わせて 4 人で残りの 4 人は実験準備や記録などを行った。また、ゲームはスマートフォンのアプリケーションを使用して行いテレビに映して撮影しながら行った。テレビの画面はゲームの参加者には見えていない。

被験者は計測の前に洗髪を行う。これは頭部の皮脂をきれいに洗い流すために行う。皮脂が残っていると脳波計測に影響を及ぼす可能性があるからである。脳波を計測するために被験者 1 名に電極を設置した。電極を国際 10-20 法に従い、Cz(頭頂部)、左眼部、右眼部、F4(前頭右部)、F3(前頭左部)、前額部、Pz(頭頂後部)、左鎖骨に設置した。[1] また、リファレンスを右耳朶、左耳朶に設置した。前額部に設置することにより両目の上下運動計測が可能である。左鎖骨に設置することにより心拍の計測が可能である。

始めにゲーム内における役職をランダムに振り分けて実験を行った。初めての計測だったため 3 回行った。次に、ゲーム内における役職を予め指定して行った。この計測は 1 回だけ行った。結果として被験者が人狼になったときは少し心拍が高く計測されていた。一回目の実験であったため他の脳波は計測することはできたがどの脳波も計測される脳波が多いなどといった傾向を見つけることができなかった。

(※文責: 二階堂大聖)

#### 4.4.2 予備実験 2

予備実験 2 は 4 名で行った。被験者の開眼時と閉眼時の脳波を計測した。電極の設置の方法や配置は予備実験 1 と同じである。閉眼時には脳波の一つである  $\alpha$  波が出やすいので脳波解析を行ったとき分かりやすいと思い計測した。また開眼時には脳波の一つである  $\beta$  波が出やすいので同じく計測した。結果として閉眼時は予想していたように  $\alpha$  波が他の脳波より多く見られた。その他にも  $\delta$  波も見られた。しかし、 $\alpha$  波ほど沢山出ているわけではなかった。次に開眼時の結果は予想と同じで  $\beta$  波が多く見られた。その他にも  $\gamma$  波なども少しだけ見られた。

(※文責: 二階堂大聖)

#### 4.4.3 予備実験 3

予備実験 3 は 4 名で行った。電極の設置の方法や配置は予備実験 1 と同じである。目的として  $\alpha$  波と  $\beta$  波を計測するために音楽を用いてそれぞれ計測した。この実験は音楽による影響がどれだけあるのかを確認するためでもあった。初めに被験者は椅子に座ってリラックスした状態で 3 分間計測した。この時、被験者は目を閉じて動かない状態でいた。聞く音楽はできるだけ被験者がリラックスできるような曲にした。曲は YouTube から検索して著作権のない音楽を使用した。 $\alpha$  波を計測するためにこの実験は行われた。結果として、 $\alpha$  波と  $\theta$  波が多く見られた。なぜ、 $\theta$  波が多く見られたか考察した結果、被験者が目を閉じてリラックスしている時、少し眠気があったためと思われる。 $\alpha$  波は目を閉じてリラックスしている状態のため多く見られたのだと思う。次に被験者

は椅子に座って問題を 3 分間で回答した。聞く音楽はできるだけ被験者が集中できるような曲にした。曲は前の実験と同様著作権のない音楽を使用した。回答する問題はカオス・フラクタルの授業で使用した問題とする。問題は大問 4 つで構成されている。また、 $\beta$  波を計測するためにこの実験は行われた。解けた問題の量は大問 1 だけである。答えは正解であった。脳波を計測した結果、 $\theta$  波以外の脳波が同じくらい見られた。結果の考察として音楽を聴くことと問題を解くことの二つの動作をしていて様々な要因が重なってこのような結果になったのだと思われる。

(※文責: 二階堂大聖)

## 4.5 脳波解析

脳波解析では予備実験で計測した脳波データをグラフや図にして解析・分析しやすい形に処理するのが主な活動であった。脳波データの CSV ファイルから、直接何かを読み取ることは不可能であるため、脳波データにフィルターを通し、フーリエ変換を用いて解析を行った。具体的な活動内容は、脳波そのものの学習から始まった。例えば、脳波の周波数帯ごとの働きや性質を知ったのち、脳波の測定方法を学んだ。その後、Python の基礎学習を行いながら、担当教員から渡された去年の脳波解析のプログラムコードを理解した。また、実験班が行った閉眼時と集中時の予備実験データの脳波解析も行った。その後、プログラムコードの改変を行い、グラフのプロットの仕方を変えたり、新しいグラフの作成に取りかかった。

(※文責: 小林隆雅)

### 4.5.1 Python

Python はインタープリタ型の高水準汎用プログラミング言語である。Guido van Rossum により 1991 年に開発された。標準ライブラリや第三者が作成した豊富なライブラリによって多岐にわたって使用される。最近では scikit-learn や TensorFlow といった機械学習に最適なライブラリがあり機械学習の開発が Python により行われている。Python はインデントによるホワイトスペースが重要となる。このホワイトスペースによってコードの分岐や解釈が変わる。また、ソースコードの書き方に厳密なルールがある。これに従い書くことで書く人によって変わる書き方の差を減らし可読性を上げている。また、型を付ける必要のない動的型付け言語であり、プログラミング初心者にとってハードルが低いため大学のプログラミング習得を目的とした科目で用いられている。このプロジェクトでは脳波解析をする際の数値計算のためのライブラリや環境構築の容易さ、複数人で作業を行う際のコードの可読性の高さから Python を採用した。

(※文責: 河内将吾)

### 4.5.2 脳波解析の前処理

脳波の統計解析のために脳波計 (AvaterEEG 社、サンプリング周波数 500Hz) から得られたデータを処理する必要がある。前処理の流れとして脳波計から得られた CSV ファイルを読み込み、ローパスフィルターを適用し極端に大きい値や特定の周波数帯から外れた要素を除去した。次に電圧からパワへと変換した。電圧からパワへの変換では係数をかけた。次に高速フーリエ変換

(FFT) を行う。次に眼球運動の除去を行った。眼球運動の除去では眼電位を取ったものの電位差を基に眼球運動の除去を行う。次に重回帰分析を行い、そのデータを用いて不偏分散、平均、標準偏差を求める。このプログラムは付録 A に記載した。

(※文責: 河内将吾)

### 4.5.3 ローパスフィルタ

ローパスフィルタとは特定の周波数以外の信号を遮断するフィルタである。計測器の性質上、高周波数帯にノイズが乗るためフィルタを用いた。また、脳波解析では低周波数帯が主となるため必要以外の周波数を除去した。

(※文責: 河内将吾)

### 4.5.4 ノッチフィルタ

ノッチフィルタとは阻止する周波数の範囲が狭い（阻止帯域が狭い、Q 値が高いと言われることもある）バンドストップフィルタのことを指す。[16] バンドストップフィルタとはある範囲の周波数の信号のみ減衰させ、それ以外の周波数の信号を通すフィルタ回路である。[16]

本プログラムでは、ノッチフィルタ関数を `iirnotch(F0,Q,Fs)` で作成した。引数 `F0` はノッチ周波数のことで今回除去したいのは 50Hz より 50 と設定した。引数 `Q` は希望の周波数における他の周波数からの分離性能を示す尺度である。今回 `Q` は 30 と設定した。引数 `Fs` はサンプリング周波数のことで本プログラムでは 500Hz なので 500 と設定した。サンプリング周波数とは 1 秒間に何回処理するかを表した周波数。今回 500Hz より 1 秒間に 500 回処理することを表している。この作成したノッチフィルタを `na`、`nb` に代入して `signal.lfilter(na,nb,dat1)` によりフィルタを実行した。引数 `dat1` とはフィルタ適用後のデータを指す。

(※文責: 菊池侑也)

### 4.5.5 高速フーリエ変換

フーリエ変換とは非周期関数である時間の関数から角周波数へ変換することである。周期関数の場合はフーリエ級数展開になるが脳波の場合は非周期的なのでフーリエ変換を使用する。また、フーリエ変換を行う際には三角関数を使うのだが、それは三角関数が扱いやすく本質的だからである。フーリエ変換の流れとして、まずは時間の関数を単純な  $\sin$  関数の和で表す。次に、 $\sin$  関数の概形は振幅と角周波数で決まるので振幅を縦軸、角周波数を横軸にとったグラフに表す。実験によって得られた脳波データを  $\sin$  関数という解析しやすい関数に変換することができる。あとは角周波数ごとに整理されているので、どの周波数のパワーが強く出ているか調べることができる。これが脳波解析におけるフーリエ変換の流れである。また、解析プログラムでは `scipy.fftpack` の `FFT` メソッドで指定されたチャンネルの実験データを 1 秒ごとに分割し、1Hz から 40Hz までの周波数をプロットした。

(※文責: 小林隆雅)

#### 4.5.6 眼球運動

眼球運動の検出する方法として左右の頬骨と目の上下の電位差を求め、そのデータを基に突出したデータを眼電位として検出する方法である。眼電位とは眼球の角膜側と網膜側との間に生じている数十 mV の電位差を指す。ヒトの眼球の角膜側は一般的には正の電荷、網膜側は負の電荷を帯びているため、両者間に電位差が生じる。目の周囲の皮膚に電極を付けて電位差を測定すると、目の動きによってこの電位差が変わる。[18]

今回の脳波を測定する際に眼球運動の電位を測定しその電位を低減する必要がある。その理由として一つあげられる。脳波は頭皮に電極に配置し頭皮からの電位を計測している。そこで電極を少し動かしただけで電位が変わってくる。そのため電極をテープで固定したり、頭が動かないように安静にしている必要がある。よって、眼球運動をただけでも脳波の電位が変わってくるため、眼球運動を測定し脳波解析をする際に低減する必要があるのだ。

(※文責: 菊池侑也)

#### 4.5.7 予備実験データの解析

予備実験 2 において脳波の計測から始め、閉眼時と集中時の脳波データを測定し CSV ファイルにまとめた。それらの脳波データにフィルターを通し、フーリエ変換を行いプロットした。それらの脳波データをまとめたものが以下のグラフである。左のグラフは閉眼時における脳波の生データをそのままプロットしたものである。一方、右のグラフは閉眼時における脳波の生データにフーリエ変換を行った後のグラフである。右のグラフから読み取れるように、10Hz 付近のパワーが強かった。つまり、閉眼時の脳波には  $\alpha$  波と呼ばれる 9Hz から 13Hz の脳波のパワーが強く出ていたことが予備実験の結果から、読み取れた。

(※文責: 小林隆雅)

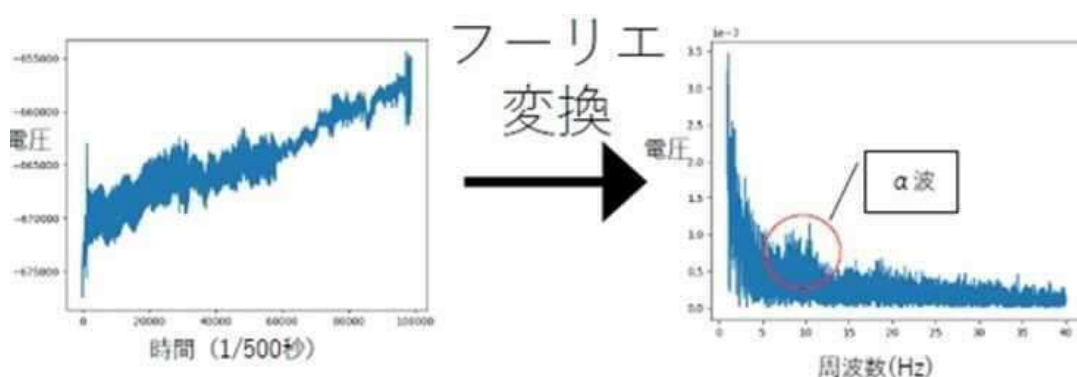


図 4.1 フーリエ変換

#### 4.5.8 閉眼時と集中時の周波数帯の t 値

閉眼時の脳波と集中時の脳波の各周波数帯において、 $\alpha$  波や  $\beta$  波などをそれぞれの脳波で比較したとき、統計的に有意な差がみられるのか確認するために t 検定を行った。まず、帰無仮説で閉眼時の脳波と集中時の脳波には差がないと仮定した。次に、各脳波の周波数帯ごとに平均値、標

準、偏差、標準誤差、自由度を求め、t 値を算出した。それぞれの周波数帯ごとの t 値は、 $\delta$  波 = 5.05、 $\theta$  波 = 7.93、 $\alpha$  波 = 2.49、 $\beta$  波 = 0.52 であった。自由度は 1 3Hz の場合は 3Hz 分を比べるため  $df=3-1=2$  のように計算した。また、棄却域の条件は各周波数帯の自由度と両側検定 5% の水準の臨界値と t 値の関係を比べた。そのとき、帰無仮説が棄却されて、閉眼時の脳波と集中時の脳波には差があると考え対立仮説が支持されるのか、されないのかを判断した。図 4.3 は t 値をまとめたグラフである。グラフからも読み取れるように、 $\delta$  波と  $\theta$  波は t 値が明らかに大きくなっており、帰無仮説の棄却域に入っていることがわかる。つまり、閉眼時の脳波の  $\delta$  波と  $\theta$  波と集中時の脳波の  $\delta$  波と  $\theta$  波の間には有意な差があった。一方、それ以外の  $\gamma$  波、 $\beta$  波、 $\alpha$  波については、t 値が小さく棄却域に達しなかったため、帰無仮説は棄却されない。つまり、閉眼時の脳波の  $\gamma$  波、 $\beta$  波、 $\alpha$  波と集中時の脳波の  $\gamma$  波、 $\beta$  波、 $\alpha$  波の間には有意な差がなかった。

(※文責: 小林隆雅)

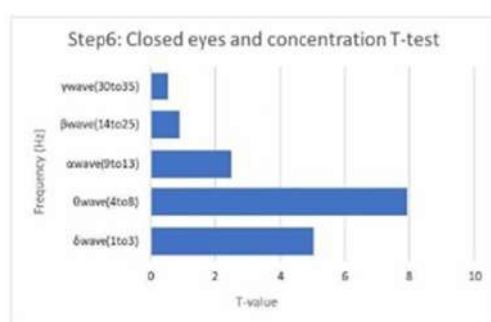


図 4.2 t 検定

## 4.6 中間発表

2021 年 7 月 9 日に公立はこだて未来大学各プロジェクトの中間発表が行われた。中間発表を行うにあたって A1 サイズのポスターと動画と動画を撮る際に使用するスライドを作成した。発表会では前半、後半で分かれて 15 分の質疑応答の時間が 3 回行われた。

(※文責: 河内将吾)

### 4.6.1 ポスター

前期の活動内容をまとめる形として A1 サイズのポスターを作成した。ポスターではプロジェクト概要、活動内容、実験計画の 3 つを記載している。プロジェクト概要ではテーマ、目的、目標と簡単にどのようなことを行うかを一言で表している。活動内容では図を使い左から右へ大きく活動内容を絞り説明した。また、活動中に撮影した写真を使った。実験計画では現時点での実験計画を記載している。

(※文責: 河内将吾)



Project 17  
**コミュニケーション脳科学**

メンバー  
 河内将吾 田表怜 角野瑠紀 亀橋樹  
 菊池侑也 小林隆雅 二階堂大聖 升田全

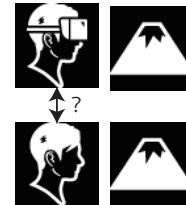
担当教員  
 佐藤直行 富永敦子

プロジェクト概要  
Project overview

テーマ：脳波を用いた現実感の解明  
Theme : Clarification of the sense of reality on EEG.

目的：視覚的環境差による脳波成分の差異の発見  
Purpose : Discovery of differences in EEG components due to differences in visual environment.

目標：仮想現実空間でのコミュニケーションを円滑に行うための環境構築  
Goal : To set up an environment for smooth communication in virtual reality space.



活動内容  
Activities



実験計画  
experimental design

- ① 環境映像の撮影  
① Shooting environmental video.  
 複数の条件を想定 (場所, 天候)  
Assume multiple conditions (location, weather).
- ② 仮想現実・現実空間での脳波測定  
② EEG measurement in virtual reality and real space.  
 仮想現実・現実空間の条件を揃える  
Align the conditions of virtual reality and real space.
- ③ Pythonでの脳波解析  
③ EEG analysis using Python.  
 脳波成分の差を抽出  
Extract the difference in EEG components.
- ④ 他の環境への応用  
④ Application to other environments.  
 VRコミュニケーションツールの背景など  
Background of VR communication tools, etc.



図 4.3 ポスター

#### 4.6.2 スライド・動画

今回、オンラインの発表会であるためスライドを作成して、それを説明する形で音声を入れる方法をとった。スライドはポスターの内容にそって制作した。内容は以下である。スペースの関係でポスターには記載できなかった、テーマなどの現実感の説明、コミュニケーションのとらえ方の説明をしている。次に前期の活動内容の説明では大きく分けて2つ、テーマ決めと脳波解析の説明をしている。ここではテーマ決めの際に行った先行研究の調査や予備実験、実験の準備などを説明している。脳波解析では脳波の説明、現時点で行った簡単な脳波解析を説明している。実験計画では想定する実験環境の説明、脳波計測の際の測定方法、差を見つけるための解析方法を説明している。脳波解析、脳波計測の際のところで追加する説明があったので補足説明として動画を追加した。動画を撮影する際に気を付けたこととして以下が挙げられる。

- ・スライドを第三者が見た時に特に予備知識がなくても分かり易い。
- ・説明の不足箇所を補足説明として追加する。
- ・スライドの内容の順序を意識する。

このような要素を意識しスライドおよび動画の作成を行った。

動画 ([https://www.youtube.com/playlist?list=PLiBw4wPoau2jH\\_8XBpRgt614h7gbeOZdP](https://www.youtube.com/playlist?list=PLiBw4wPoau2jH_8XBpRgt614h7gbeOZdP))

(※文責: 河内将吾)

#### 4.6.3 フィードバック

中間発表終了後に合計 39 名からのアンケートを受け取った。評価平均点は発表技術についての評価平均点は 7.4 点、発表内容についての評価平均点は 7.3 点となった。本項では今後の発表時に生かせるものをいくつか抜粋し振り返る。

(※文責: 河内将吾)

#### 4.6.4 発表技術について

質疑応答ではポスターや動画を見た後の質疑応答であると考えていたので質疑応答が来ていない時間に沈黙になる形となった。質疑応答をしやすい雰囲気を作るのも一つの質疑応答の中の一つであるためやり方を変える必要を感じた。ポスターは文字を少なく、写真を中心に制作することを意識しすぎたところがあり説明不足になったのではないかと考えた。オンラインの発表では質問の割り振りなどが難しいこともあり一人に対応していた時間が多くなったためにそのような印象になってしまったと考えた。今後、オンライン発表をする際はどのようにやればよいか今まで以上に深く考える必要があると感じた。

- ・動画だけでは最終成果物が分かりづらいと感じる。
- ・動画、ポスターも全体的に説明不足であり質疑応答の時間が殆ど沈黙の状態だった。
- ・質疑応答で一人に対応していた。そのため詰まった時に助けることができないと感じた。
- ・質疑応答で一人に対応していた。グループ全員が内容の理解ができているか疑問に感じた。
- ・ポスターに内容がもう少しあれば良いと感じた。

(※文責: 河内将吾)

#### 4.6.5 発表内容について

質疑応答の時間では「現実感」という単語を主にした質問が多かった。また、このアンケート結果から十分な説明が行うことができなかつたと反省している。また、実験計画やプロジェクトとしての全体の見通しが立っていないという意見がある。オンラインで十分に議論できなかつた点があり、大まかな方向性が決まるのが遅かつた。そのことも相まって全体の見通しが十分なものでなかつたと感じている。

- ・目標の「現実感」の定義が理解できなかつた。
- ・現実の定義があやふやなところがあつた。
- ・どこを終着点としているか理解できなかつた。
- ・これを活かして何ができるか理解できなかつた。
- ・今後の実験計画のところで得られた結果からどのようなことが分かるのかわかりづらい。

(※文責: 河内将吾)

#### 4.7 前期まとめ

前期の活動内容として、主にテーマ決めと python の学習を行なつた。「脳波を用いた現実感の解明」をテーマと掲げ活動を行ない、VR 環境での脳波測定をするために VR の環境映像を作成した。また、脳波の計測方法を習得するために予備実験を行い、python での脳波の解析を行なつた。

(※文責: 田表怜)

# 第5章 実験1：視覚と聴覚による記憶力の違い

## 5.1 テーマ決め

プロジェクトメンバー内の河内、角野、二階堂、升田の4名はテーマ決めを行う際様々な取り組みを行った。初めは前期から検討していたVRカメラを使用して脳波と関連付ける方向性で進めていた。出てきた案として明るさによって人の脳波はどのように変化するのだろうかというものである。暗い空間と明るい空間を作ってその時の脳波に違いがないか調べようとした。しかし、この実験だと結果から次に生かす内容が中々思いつかず、さらにコミュニケーションとどのように結びつけるのが難しかったためにこの内容は断念した。また、暗い空間や明るい空間を作る方法が限られていて困難であるという理由もあった。

次に環境の差によって脳波は変化するのかというテーマを考えた。環境といっても自然環境や社会環境があり両方の内容について考えた。具体的に温かい気温の環境と寒い気温の環境の時、人の脳波にどのような違いが生まれるかというものである。しかし、この実験も結果からの考察が難しく、また、この議論を開始したのが10月入ってからだったので外の気温が低く寒い気温の方しか取れないなどの問題があったためこのテーマも諦めた。

次はコミュニケーションという方向から考えた。その結果、話す相手の身分や年齢などによって脳波にどのような違いが生まれるのか調べようとした。具体的に、話す相手によってリラックスしているのかそれとも緊張やストレスを感じているのかなど脳波によって判別することができないかというものである。話す相手の人の身分が先生や上司など目上の人の場合多少は緊張しているだろうと思われる。逆に家族や年下の子、後輩などと話すときはリラックスしている気持ちで話すと思われる。これは、初め一対一での会話を想定していた。これをさらに人数を増やしたりして面接のような環境にして脳波を計測してみようとした。この実験によって得た結果を考察してこれからの面接などのような複数の人に見られている状況で生かすことが可能になると考えた。しかし、面接という状況はあらゆる人ではなく一部の人にしかなく、もっと日常生活においてのことに関する方が様々な人に興味を持ってもらえろと思ひ、いい事例がないか考えた。

出てきた案は視覚と聴覚による記憶力の違いを調べるというものである。我々は普段、日常生活において視覚・聴覚・味覚・嗅覚・触覚の五感を利用してあらゆる情報を取り入れている。私たちのグループはその中でも視覚と聴覚に着目してテーマを考えていった。視覚のみで情報を取り入れる場合と聴覚の身で情報を取り入れる場合でどのような違いがあるか調べることにより視覚と聴覚のどちらから得る情報の方が正確なのかかわかると思った。私たちのグループは視覚と聴覚による記憶力の違いというテーマに決定した。

(※文責: 二階堂大聖)

### 5.1.1 ブレインストーミング

ブレインストーミングとはアレックス・F・オズボーンによって考案されたアイデアを出す際に使われる手法である。付箋などにペンで思いついたアイデアを書いていく。ブレインストーミングを行う上でルールが4点ある。1点目はアイデアを否定しない。より多くの意見を集める方法としてのブレインストーミングではアイデアを否定したり異議を唱えたりすることで否定の対象者がアイデアを出すことを躊躇ってしまいアイデアを出すことができなくなってしまうからである。2点目はアイデアをまとめる。思いついたままのことをそのまま書くという特徴のあるブレインストーミングは他のアイデアを見ることで新たな考えが発出する可能性があるためこのようなルールがある。3点目はアイデアの質はこだわらない。他のルールでもあるように多くのアイデアが必要になるブレインストーミングでは質より量というルールがある。4点目は判断・決断を行わない。ブレインストーミングを行っている最中に結論などの判断を行う必要がないためこのようなルールがある。

(※文責: 河内将吾)

### 5.1.2 KJ法

KJ法とは川喜多二郎によって考案された手法である。一般的にはブレインストーミングとセットで行われる。ブレインストーミングで得たアイデアをまとめるために行われる。KJ法のやり方を説明する。紙や机に貼られたアイデアからグループを作成する。そのグループに見出しを付ける。この際に不十分であれば複数回グループを作成して見出しをつける。十分にグループ化されたアイデアを関連性ができるように配置する。配置の方法として関連性の低いものは遠くに配置する。見出しだけを取り出して関連の内容を示すように線などを書く。次に、文章化説明を行う。紙や机に貼られたアイデアからできるだけ多くのアイデアを使用して文章を作成する。この文章に対して関連性があるものを使用してグループを作成する。相関性がある場合、カードの多いものから関係性を見つける。図解からグループの評価、議論を行い結論を出す。これらの中でも関連性があるものからグループを作成する段階が重要である。この段階でどのような問題が存在するのかを見極めるのが重要であるためである。

(※文責: 河内将吾)

## 5.2 概要

実験1では視覚による文章の記憶力と聴覚による文章の記憶力の変化について脳波解析を行った。実験1を行ったメンバーは、本プロジェクトメンバーの4人と被験者6名である。実験1の流れとしてまずはイメージ想起に関する予備実験を行った。次に、その予備実験で得た脳波を解析した。脳波解析の結果から本実験の内容を決定し、本実験を行うために必要な資料を作成した。最後に本実験の結果を解析し、まとめた。

(※文責: 升田全)

### 5.3 予備実験

予備実験は10月13日から22日にかけて公立ほこだて未来大学構内の教員235室前のオープンスペースでイメージ想起に関する実験を行った。予備実験を行ったメンバーは本プロジェクトメンバーの角野、二階堂、升田、河内の4人である。予備実験を行った理由としては、視覚からの情報と聴覚からの情報でどのくらい風景イメージに差があるかを確認したかったからである。予備実験の内容は閉眼状態で以下のイメージ想起を行い、その時の脳波計測を行った。

- ・手を握ったり開いたりした時のイメージ
- ・事前に見せられた画像のイメージ
- ・実際に手を握ったり開いたりした時

予備実験の結果として、手を握ったり開いたりした時のイメージと実際に手を握ったり開いたりした時の差はほとんど見られなかった。これはすでに知られている、実際の行動とその行動のイメージ想起での脳波の違いはあまりみられないという結果通りであった。事前に見せられた画像のイメージでは、10Hz前後で強い周波数が見られた。これは、画像のイメージをした際に集中状態になったためこのような脳波が見られたと推測した。また、被験者の一人が予備実験の途中で寝てしまうことがあったがその時の脳波は眠気があるときに発生する $\theta$ 波が強く出ていて、ほかの脳波はあまり強くは見られなかった。

予備実験後、被験者から3分間画像をイメージし続けることが難しいという意見が出た。また、想定していた実験が外部変数が多すぎるにより正確な数値を出すことが出来ないことがわかった。それによって想定していた実験を行うことが難しくなってしまう別の実験に変更することを余儀なくされた。

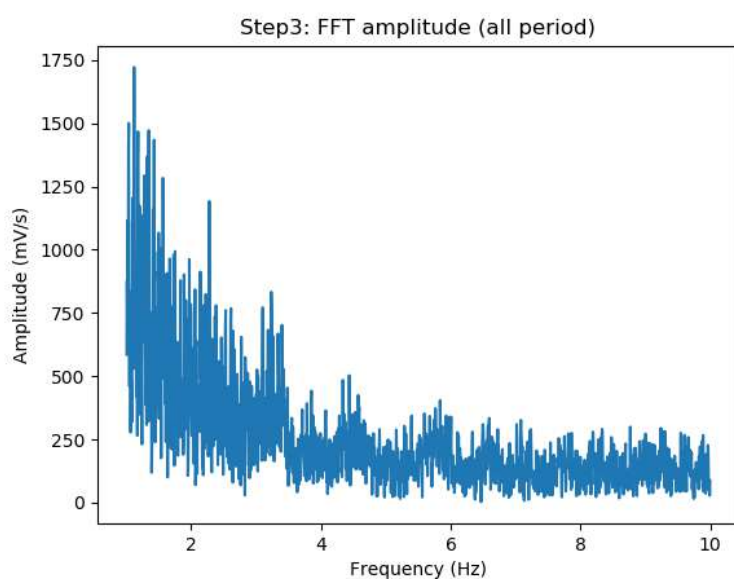


図 5.1 手を握ったり開いたりした時のイメージ

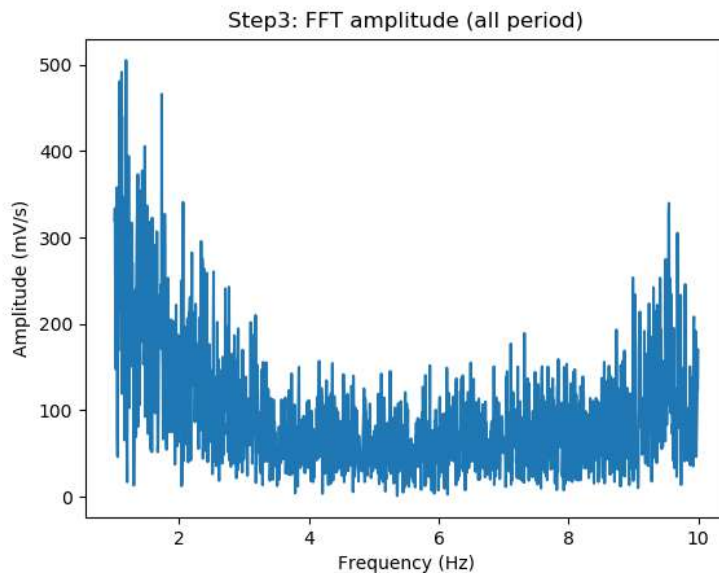


図 5.2 事前に見せられた画像のイメージ

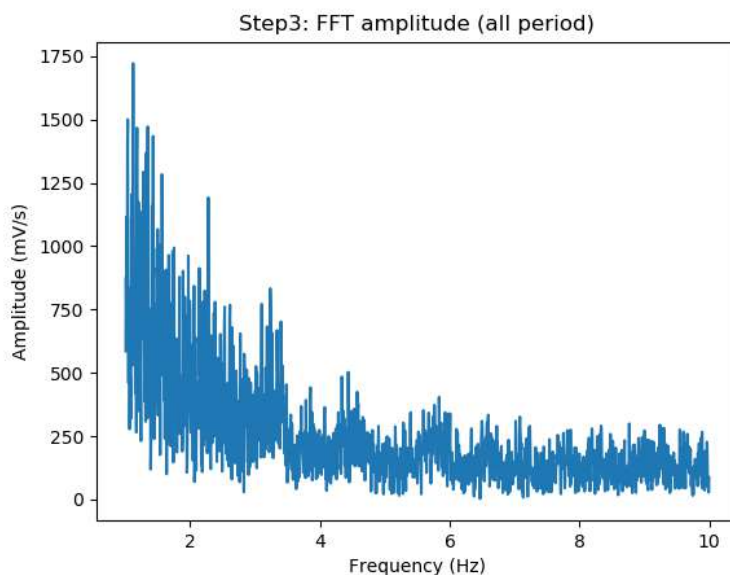


図 5.3 実際に手を握ったり開いたりした時

(※文責: 升田全)

## 5.4 本実験

本実験では、文字起こしされた文章及び読み上げられた文章の時間を 3 分程度に設定した。実験を行ったメンバーは角野、二階堂、升田、河内の 4 人である。被験者は本プロジェクトメンバー以外の 21 歳の男子大学生 6 名である。本実験は 11 月 1 日から 5 日に公立はこだて未来大学構内の教員 235 室後ろの実験室にて行った。被験者は安静な状態で椅子に座ってもらい、脳波計測の準備を行った。その後、1 人目、3 人目、5 人目の被験者には先に聴覚実験を行った後視覚実験を、2 人目、4 人目、6 人目の被験者には先に視覚実験を行った後聴覚実験を行った。そして、視覚実験及

び聴覚実験を行っている間に脳波を計測した。次に視覚実験及び聴覚実験で使用した文章に関するテストを行った。テストは筆記形式で選択問題を6問、記述問題を2問計8問である。実験使用テスト、視覚実験、聴覚実験については以下に記述した。その後、計測した脳波のデータをPythonを使って解析し、筆記テストの点数と解析した脳波データを使用して実験1の考察を行った。

(※文責: 升田全)

#### 5.4.1 視覚実験

実験資料の作成で説明した本文の文字起こしを使用した。安静な状態で椅子に座ってもらい、パソコンの画面に本文の文字起こしを流した。文章が流れている間はなるべく目を動かさないようにし、メモなどは取らずに文章を読んでもらった。文章は約3分程度である。その後、読んだ文章に関する筆記テストを行った。

(※文責: 升田全)

#### 5.4.2 聴覚実験

実験資料の作成で説明した本文の読み上げを使用した。安静な状態で椅子に座ってもらい、パソコンから本文の読み上げを流した。出来るだけ目が動かないように目はつぶった状態で文章を聞いてもらい、メモなどは取らずに文章を聞いてもらった。文章は約3分程度である。その後、聞いた文章に関する筆記テストを行った。

(※文責: 升田全)

#### 実験使用テスト

脳波計測後のテストで使用したもので、計測時の文章の理解度をチェックするために「形式別演習・公立入試の国語」を改題しテストを行った。[17] 実験使用テストの作成は本プロジェクトメンバーの角野、二階堂、升田、河内の4名が行い、テスト作成方法として「形式別演習・公立入試の国語」の問題から読解問題を抜粋し、設問数を8問程度に設定した。その後、各自が作成した問題をメンバー4人で解いたところ、平均点が90点近くあった。それでは実験で使用するためには難易度が低すぎであり、テストの点数を実験の考察に使用することができないため再度難易度の調整を行った。その後、メンバー4人が作成した4種類の問題から平均点が60点に近かった2種類の問題を実験使用テストとし、以後の本実験で使用した。使用した文章及びテストは以下に掲載した。

(※文責: 升田全)

#### 視覚実験課題提示プログラム

Processingで課題提示のプログラムを作成した。テキストファイルにはじめにプログラムを作成した際、実験用テキストを読み込み前から順番に描画していくプログラムを作成していた。しかし、時間経過とともに処理が重くなりスムーズな描画ができない、フレームレートを書き換えても変わらないというトラブルがあった。そこで、前処理として一行の文字数を20文字として計算し



以下の文章を読み、次の問題に答えなさい

言葉遣いも大事ですが、もっと大切なのは、心です。いくら「～でございますわよ」などと丁寧な言葉を使っても、つっけんどんな言い方をしたら、冷たい言葉として響きます。逆に、たとえ少々言い回しが間違っている、思いやりに満ちた言い方ならば、相手の心に温かく届くものになるでしょう。言葉以前に、相手にどのような心で対するか、その気遣いや姿勢を見つめ直すことが、良い言葉遣いを生み出します。確かに、言葉が伝えるものは情報です。しかし、言葉は単に情報が通じればよいというものではありません。“互いに気持ちよく言葉を交わすことができるようにしよう”最近、そういう気持ちが薄れ、ぞんざいな言い方をしても、まったく悪いと思っていない人を見掛けますが、とても悲しくなります。言葉遣いに配慮することは、相手を思いやる気遣いから生まれます。言葉は「形」ですが、その元にある心遣いが、重要なのです。適切な言葉遣いができる「会話の達人」になるためには、やはり努力の積み重ねが必要です。その第一歩は、言葉遣いに意識的になること。自分の言葉はもちろんのこと、他人の言葉遣い、書物やメディアなどに出てくる表現も意識することです。そして、特に人とやりとりする中から大いに学び、改善すべきところは改善し、分からないことは辞書などで調べるなどして、言葉遣いを磨くことです。言葉遣いを良くするためには、やはり敬語の使い方がポイントになります。敬語といっても、丁寧語、尊敬語、謙譲語、また丁寧語、美化語という分類もあり、使い方のルールや仕組みがあります。これらを身に付けていく上で大切なことは、二つの基本を押さえておくことです。第一に、敬語はモノや行為ではなく、あくまで人を敬う表現であるということです。そして、第二に、敬語は人と人との距離を保つための表現であるということです。第一の点について、例えば「お洋服」と言いますが、これは服を敬って言っているのではなく、持ち主を敬っている表現です。また、行くの尊敬語で「いらっしゃる」と言いますが、これも行くという行為ではなく、行為する人を敬っている表現です。「あなたのお洋服」とは言っても、「お前のお洋服」とは言いません。「先生がいらっしゃる」とは言っても「あいつがいらっしゃる」とは言いません。これは、主語と述語の不整合というよりも、“お前”とか“あいつ”呼ばわりする人は、そもそも敬っていないので、その持ち物や動作なども敬語の対象にはならない、ということです。第二の点ですが、敬語は、敬うべき人に対してだけ使うものではなく、対等水平の関係の人に対しても用います。敬語の本質は、相手との距離を保つことにあるのです。例えば初対面の人には、まずは互いに敬語を使って会話をします。これは、知らない者同士、なれなれしくしてはいけない間柄ですから、敬語で距離を保つわけです。そして、学校でも職場でも近所でも、親しくなるにつれて、うち解けた言葉遣い、敬語を使わない会話へと変化していきます。です・ます調の言葉遣いを、そんなに早くやめていいのか、あるいは、これ以上続けてよいものか、よく相手や周囲の状況を考えてタイミングを計る、そういう聡明さも備えたいものです。敬語表現を使いこなせば、相手との距離感を縮めたり伸ばしたりすることが可能になります。また言葉の変化に敏感な人は、人との距離感も上手にコント

図 5.4 実験 1 使用テスト

問1

次の (A) に当てはまる単語として最も適しているものを①～④の中から一つ選びなさい。  
言葉遣いも大事だが、もっと大切なのは、(A) である。

- ① 気持ち      ② 心      ③ 心遣い      ④ 心意気

問2

いい言葉遣いを生み出すためには何をすることが必要か。文章にある内容として最も近いものを①～④の中から選びなさい。

- ① 情報を伝えやすいようにわかりやすい口調で話すこと  
② 相手のことを尊敬し、思ったことを口にする  
③ 相手にどのような心で対するか、その気遣いや姿勢を見つめなおすこと  
④ 正しい口調を辞書などで調べ、人とのやり取りは参考にしないこと

問3

次の (B) に入る文章として最も適した内容であるものを①～④の中から選びなさい。  
言葉遣いに配慮することは (B) から生まれます。

- ① 相手を思いやる気遣い  
② 敬語に対する知識量  
③ 相手との適切な距離感  
④ 会話の達人になること

問4

文章中に出てくる五種類の敬語を全て書きなさい。

問5

「敬語を身に付けていくうえで大切なことは、二つの基本を押さえておくことです。」とありますが、二つの表現とはどのような表現か。文章の内容として最も適した内容であるものを①～⑤の中から二つ選びなさい。

図 5.5 実験 1 使用テスト

- ① 敬語は人を敬う表現であること
- ② 敬語はものや行為に対して敬う表現であること
- ③ 敬語は目上の人に使う表現であること
- ④ 敬語は人と人との距離を保つための表現であること
- ⑤ 敬語は会話を多くすることで身につくということ

問 6

敬語の本質とは何をするのでしょうか。文章中の内容として最も適した内容であるものを

①～④の中から選びなさい。

- ① です・ます調で話すこと
- ② 相手との上下関係を考えること
- ③ 知らない相手とも仲良くなれること
- ④ 相手との距離を保つこと

問 7

言葉の変化に敏感な人は何を上手にコントロールできますか。文章中の内容として最も適した内容であるものを①～④の中から選びなさい。

- ① 敬語
- ② 人との距離感
- ③ 自分の感情
- ④ 感情の言語化

問題は以上で終わりです

図 5.6 実験 1 使用テスト

て、適切な配列を用意して配列の一行ずつ読み込むという方法をとった。また、この対策を講じてもフレームレートを上げると重くなる可能性があったため横軸の値を変化させる変数を別で用意して増加させることでスペックの高くないラップトップパソコンでも使用できるようにした。

(※文責: 河内将吾)

## Processing

Processing とは動的な視覚表現を容易にプログラミングできるプログラム言語、統合開発環境 (IDE) である。Casey Reas と Benjamin Fry によるオープンソースプロジェクトである。統合開発環境の準備は Zip ファイルを解凍するだけ環境を構築できる。マウスの座標などを数行で取得でき、容易に動的なプログラムを作成することができるためプログラミング初心者でも楽しく学習を行うことができる。また、本学のプログラミング言語習得を目的の意義を持つ 1 年次必修科目である情報表現入門の講義内でも採用されている。本プロジェクトでは視覚実験を行う際の課題提示するプログラムの作成で使用した。

(※文責: 河内将吾)

## 音読さん

音読さん (<https://ondoku3.com/ja/>) とは音声読み上げソフトである。インストールが不要であり Web ブラウザ上で利用できる。聴覚実験では自然な読み上げであることが条件であったため複数の候補のうち音読さんを採用した。

(※文責: 河内将吾)

## 5.5 統計解析

前処理で得られたデータから定量的に判断するために t 値を求めた。付録 A にあるプログラムで不偏分散、平均、標準偏差が求められている。このデータを使用して t 値を求めた。このプログラムは付録 B に記載した。

(※文責: 河内将吾)

## 5.6 結果

$\theta$  帯域のグラフでは  $P_z$  に有意差があることが確認できる。 $\theta$  帯域では瞑想状態、眠気などの時に特徴が出ると考えられている。t 値算出時に眼電位を測定したのがありその値が考えられていたものの特徴として表れていなかったため眼球運動などの外的要因から正しい t 値であると言い切れないため考察が不可だと考えた。

$\alpha$  帯域のグラフでは t 値が大きいことが確認できる。 $\alpha$  帯域は落ち着いている状態の時や閉眼時などに特徴が出るため、この実験では特徴が確認できるのはやむを得ないと考えたため、実験の結果から落ち着いている状態で聞いていられるなどの主張は厳しいと考えられる。

$\beta$  帯域のグラフでは  $C_z, F3, F4$  の値に有意差があることが確認できる。 $\beta$  帯域は集中時などに特

徴が出ることも出ると考えられている。Cz,F3,F4 は前頭前野から頭頂にかけて配置された電極の位置である。視覚野付近に電極を配置する Pz では有意差があると考えていたが、結果から特徴が認められなかった。そのため Pz 付近ではどちらでも活動に差はないと考えた。前頭前野ではワーキングメモリーや思考を行う際に使われると考えられており、1 群目が聴覚から問題を取り込んだ時のものである。その際、ワーキングメモリーなどを使用されたために特徴が出たのではないかと考えられる。そのため聴覚から問題を取り込み記憶する際に集中を要すると考えた。

以上の結果から、視覚で情報を得るときよりも聴覚から情報を得るときのほうがより集中する必要があると結論付けた。

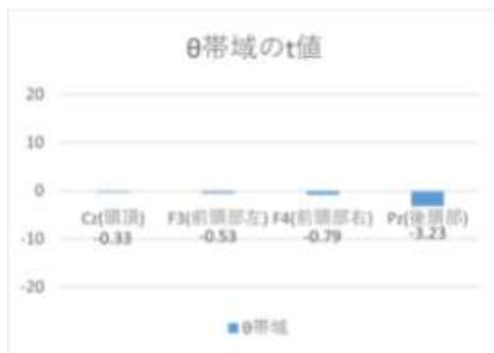


図 5.7 θ帯域の t 検定の結果

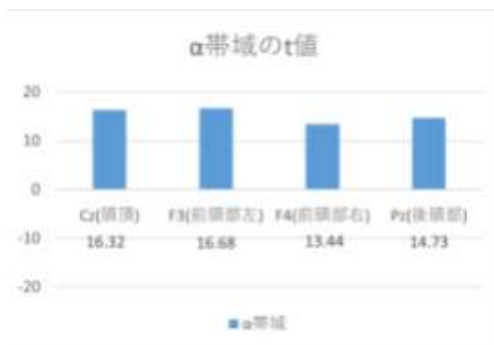


図 5.8 α帯域の t 検定の結果



図 5.9 β帯域の t 検定の結果

(※文責: 升田全)

## 第 6 章 実験 2：AR と機械音声を用いた記憶力の違い

### 6.1 概要

実験 2 は「AR と機械音声を用いた記憶力の違い」というテーマで行った。実験 2 は田表怜、菊池侑也、小林隆雅、亀橋樹のメンバー 4 人で行なった。近年、新型コロナウイルス感染拡大のためオンライン環境での講義や会議が増えてきている。ある講義の中で、教授が機械音声を用いた講義動画を用意していた回があった。その後、学生にアンケートをとった結果、普通に人の声で話した方が講義内容を覚えやすいという声が圧倒的に多かった。このことから機械音声を用いたときと通常通りの人の声で比較した時の、脳波の各周波数帯のパワーがどのようになっているか調べてみようということになった。また、AR で人の顔の動きを、動物の顔の動きに変化させる技術がある。音声に限らず画面上に表示されている人の顔を AR で変化させた際に、脳波上ではどのような変化が起こるのかにも興味があった。以上の経緯より、人の顔と AR で変化させた動物の顔、人の声と機械音声、これら 4 つの条件をそれぞれ組み合わせて実験を行った。

(※文責: 田表怜)

### 6.2 実験動画の作成

動画を撮影する際、三脚と国語の参考書 [19] と携帯電話を用いて行った。本実験は話者の様子で被験者の脳波がどのように変わるのかというものであった。動画によって話者の視線が異なったり、角度や距離感も変わってしまうと脳波に違いが生まれるのではないかと仮説を立てたので、全ての動画で話者の視線や写り方であまり違いが生まれないように動画の撮影を慎重に行った。動画の編集を行うために AviUtl というフリーの動画編集ソフトウェアをインストールした。このままでは AviUtl で何も行うことができない。そのため、PC のスペックに合わせた環境構築を行った。携帯電話で撮影した動画の形式 (MOV) を読み込ませるために入力プラグインの導入を行ったり、編集した動画を MP4 形式で高画質・低容量で動画を出力するための出力プラグインの導入などを行った。拡張編集プラグインは公式サイトに公開されているものを用いた。また、動画の編集を正常な動作で行うために最大フレーム数やキャッシュサイズを一般的に推奨されている数値に変えたり、AviUtl 上で再生ウィンドやタイムラインを表示できるようにした。このように AviUtl は環境構築と動画を用いて使えるようになるまで多くの時間を要する点がデメリットである。しかし、フリーの動画編集ソフトウェアでありながら、拡張編集プラグインを必要な部分だけ導入して使いやすくカスタマイズすることは可能である。

一連の環境構築が終わった後、撮影した動画を AviUtl で読み込んだ。声の編集を行おうとしたが、できなかったので音楽やエフェクトに関するプラグインの導入を行った。声のキーを +4 つほど高くし、声のドライとウェットの比率を 1:1 でエフェクトをかけて話者の声を合成音声のように変える編集を行った。一方、顔の編集は Snow Corporation が開発した SNOW という携帯電話の自撮りを加工・編集するアプリを用いて人間の顔を動物の顔に変えた。このように、人間の声を合

成音声に変えた動画、人間の顔を動物に変えた動画、人間の声と顔を合成音声と動物に変えた動画、人間の声と顔の動画の4パターンに加えて、朗読の文章が4つあるので計16本の動画の制作を行った。

(※文責: 小林隆雅)

### 6.3 実験問題の作成

6.2の実験動画に対応した実験問題を作成した。

図6.1は実験用に作成した問題の一例である。各5問の問題を全部で4つ作成した。実験用動画を視聴した後に、動画の内容を記憶できているかどうかを測るための問題となっている。一般的な知識で解けるような問題は入っておらず、あくまでも読まれた文中にあるワードや文章の流れを覚えているかを問うような問題を作成した。もともとの個人の知識の量や学力によって点数に差が出てしまうと、記憶力を測るための実験にならないため、このような内容の問題になった。

**コミュニケーション脳科学 実験**

Q1 文章中にある「わかっている」とありますが、わかっていることは何に変換できると述べていますか？

選択肢	ア.記憶	イ.表現
	ウ.運動	エ.閃き

---

Q2 二歳か三歳の子供が描いたお父さんやお母さんの絵はこの部位が実際と比べて大きく変形していますか？

---

Q3 ちゃんと話すためには何が必要か？

---

Q4 表現とは心にある何をなぞることが良いですか？

---

Q5 動物は何と行動が直結していますか？

選択肢	ア.イメージ	イ.刺激
	ウ.反射神経	エ.感情

---

図 6.1 実験問題の一例

## 6.4 予備実験

この予備実験の目的は被験者に実験で解いてもらう問題の難易度を調節し訂正するために行った。具体的には4人の男子大学生に被験者として問題を解いてもらった。本来6人ほどの被験者を用意し問題を解いてもらうことを予定していたが、コロナ過の影響もあり6人を集めることができなかった。この問題の難易度が適切であるかは4人の平均点が50点以上70点未満であればこの問題の内容は適切であると判断した。問題は選択問題3問、記述問題2問の割合で1問20点、合計100点満点の問題を作成した。この4人に解いてもらった結果としては、平均60点という結果が出たためこの問題の難易度としては適切であると判断した。

(※文責: 菊池侑也)

## 6.5 本実験

本実験の内容としては4種類の動画を見てもらい、それぞれ動画に対する問題を解いてもらった。動画の内容として、1つ目は人間の顔且つ通常の声の組み合わせ。2つ目は人間の顔且つ機械音声の組み合わせ。3つ目はARによる馬の顔に補正したもの且つ通常の声の組み合わせ。4つ目はARによる馬の顔に補正したもの且つ機械音声の組み合わせ。これら4種類の動画に4種類の異なる文章の組み合わせで計16種類の問題と動画の組み合わせを作成した。被験者の4人にはそれぞれ別の組み合わせの文章と動画を見てもらった。一つの動画の時間は約4分である。

脳波計測は被験者が問題を解いている間の脳波と動画を見ているときを測定した。実験の測定方法としては国際10:20法を採用した。この方法を採用することで頭の大きさ関係なくほぼ一定位置に電極を配置できる、各電極間の距離が一定で測定できる、という利点がある。10:20法のうち電極8chは頭頂部、右目の下、左目の下、頭頂部から見斜め前、頭頂部から左斜め前、おでこ、後頭部、鎖骨部分の8つを採用した。脳波を測定する際電極を頭の表面につけるのですがうまくついてないとインピーダンスチェックという脳波が正常に測れるかどうかのチェックをするときに異常値が出てしまうため電極がちゃんと頭の表面についているかどうかを確認しながらつける。

これらのことに気を付けながら4人の被験者に本実験を行った。本来なら8人協力してもらう予定であるがコロナ過の影響ということもあり4人に協力してもらった。



図 6.2 実験動画の一例



## 6.6 統計解析

実験 2 では脳波解析を Python 言語によるプログラミングによって解析を行った。まず、脳波計から測定したデータ csv ファイルをプログラムに入れて FFT（フーリエ変換）を行った。その後、眼球運動の低減をして、ノッチフィルタを作成した。その後フィルタを適用し重回帰分析を行った。重回帰分析とは一つの目的変数に対して複数の説明変数で分析を行う手法である。[20] ここまでの流れを電極の数、8 回分を繰り返していく。

(※文責: 菊池侑也)

## 6.7 結果

筆記テストの結果は、人間の顔かつ通常の声 (I)、人間の顔かつ合成音声 (II)、AR による馬の顔かつ通常の声 (III)、AR による馬の顔かつ合成音声 (IV) の順番で 4 人平均が 55 点、55 点、50 点、45 点という結果になった。この点数の結果には、大きな差があるということはないが、条件 (I) から条件 (IV) では 10 点の差が生まれた。

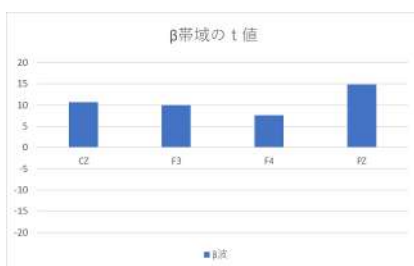


図 6.3 (人間の声と顔) から (機械音声と人間の顔) の条件で比較した  $\beta$  帯域のパワーの t 値

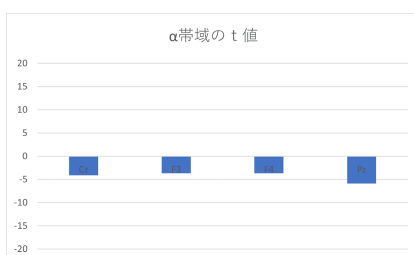


図 6.4 (人間の声と顔) から (機械音声と人間の顔) の条件で比較した  $\alpha$  帯域のパワーの t 値

図 6.3 は人間の声と顔、機械音声と動物の顔の条件での各周波数帯のパワーで t 検定を行った時のグラフである。実験の結果から人間の声と顔の動画を視聴している時の方が  $\beta$  帯域のパワーが強く出ていたことが分かった。また実験後のアンケートの結果から、被験者自身も人間の声と顔から条件を変化させない方が内容を記憶しやすいと感じていた。これらのことから人間の声と顔の条件でコミュニケーションをとった方が、集中力が向上し内容を記憶しやすいのではないかと推測できる。また、 $\beta$  帯域は適度な緊張状態においてもよく出る周波数帯でもある。したがって、人の顔を見ている時の方が、適度な緊張感でコミュニケーションを行うことができるのではないかと推測

できる。

また図 6.4 の  $\alpha$  帯域の結果をみると、人間の声から機械音声に変えたときに  $\alpha$  帯域のパワーが増加していた。このことから、機械音声は人にリラックス効果を促す可能性があるのではないかと推測できる。

(※文責: 田表怜)

## 第 7 章 発表にあたって

### 7.1 成果発表会

2021 年 12 月 10 日に各プロジェクトの報告用の web サイトとポスターと Zoom 内による質疑応答による成果発表会が行われた。成果発表会に関する準備として、ポスター、Web サイト作成班が 11 月の後半からこれらの作成に取り掛かった。発表会当日では作成したポスターはあらかじめ閲覧してもらい、一回 15 分の発表の時間を前半・後半それぞれ 3 回ずつ行った。この発表はプロジェクト全体の説明、A グループの発表、B グループの発表をしたのち 1 分間のまとめを説明した後に質疑応答の時間を設けた。この発表終了後は Google のアンケートフォームにフィードバックを記入してもらいこれからの成果物の更なる発展・課題・改善に努めた。

(※文責: 菊池侑也)

#### 7.1.1 Web サイト作成

私たちのプロジェクトチームでは、発表用 Web サイトとして、Google サイトを用いた。コードを書かないので時間の短縮が可能であり、研究自体に費やす時間が増えること、理想の構成を表現しやすいことが Google サイトを選んだ主な理由である。Web サイトは、4 つのページで構成されている。まず、ホーム画面に脳科学の説明として、ヒトを含む動物の脳と、それが生み出す機能について研究する学問分野であるということを記した。また、脳波に関する説明としてヒト・動物の脳から生じる電気活動を、頭皮上、頭皮上、蝶形骨底、鼓膜、脳表、脳深部などに置いた電極で記録したものであることを記した。最後に、活動内容について、プロジェクト全体のテーマ、2 グループそれぞれのテーマ、それぞれのグループの研究内容について記載した。また、脳波計測器の電極を取り付け、実験している最中のメンバーの画像をアイキャッチとして、Adobe Photoshop や Adobe illustrator を用いて作成、掲載した。2 ページ目では実験に用いた主な機材として、脳波計 (AvatarEEG8ch, サンプリング周波数 500Hz) や Android タブレット (AvatarEEG 計測用アプリを使用)、皿電極 (銀/塩化銀)、脳波計測層ペースト (Elefix) の画像を貼り付け、各々の名称をその画像の下部に書いた。また、電極の装着方法 (どこにどのチャンネルの電極を取りつけるか) や、脳波の各周波数ごとの特徴 ( $\alpha$  波はリラックス時や閉眼時に有意に出る、 $\beta$  波は集中時に有意に出るなど) について記した。3,4 ページ目では各グループの研究に至る背景、研究内容、実験方法、実験 y 結果、考察について、各グループの代表者が記した。

(※文責: 亀橋樹)



図 7.1 web サイトホーム画面の一部

### 7.1.2 ポスター作成

期末発表会に用いるポスターとして、メインポスターとサブポスターの2つを作成した。メインポスターでは、プロジェクト全体の背景や概要、脳科学に用いた脳波に関する概要、研究の内容と結果、活動内容をイラストと文章を用いて、A1のポスターに記載した。「背景・概要」では、今回私たちのグループがこのような研究を行うに至った思考、話し合いのプロセスを書いた。また、「脳波の概要」では脳波に用いられる5つの波（ $\alpha$ 波、 $\beta$ 波、 $\gamma$ 波、 $\theta$ 波、 $\delta$ 波）に関して、それぞれがもつ周波数と、その特徴について説明した。「研究内容・結果」ではAグループが文面と音声での記憶力の違いを研究し、その結果、視覚または聴覚のみによる情報収集において、錯覚よりも聴覚による情報収集のほうが集中力を必要とすることがわかったこと、BグループがARと人間の顔、機械音声と人間の声での違いを研究し、その結果、人間の声と顔から動物の顔と機械音声に変えて比べたときに、集中力を必要とする環境であることがわかったということを書いた。「活動内容」では、私たちの1年間における活動を、研究テーマ決めや先行研究調査を行った「話し合い」、予備実験、テスト問題の作成などを行った「本実験準備」、各グループの研究内容に沿って被験者に協力してもらった「本実験」、本実験で得た脳波データをPythonを用いて行った「解析」という特に精力を注いだ4項目で示した。サブポスターでは、プロジェクト最終発表会で用いる、発表用ポスターを作成した。メインポスターで作成した各グループの大まかな研究内容と実験方法、研究結果を、サブポスターに細かく記載した。また、フリーイラストを用いることで、実験方法をわかりやすく表現した。発表の際には、サブポスターで書かれていることを中心に説明を行った。

(※文責: 亀橋樹)



### 7.1.3 質疑応答

中間発表は質疑応答の時間で質問がないとき、ポスターの画面共有などもせずに沈黙になる場の雰囲気を作ってしまった反省点から、成果発表では、Zoomの画面共有でポスターの該当箇所を提示しながら説明を行った。あらかじめ発表する内容を原稿でまとめ、来るであろう質問も先に予測してから発表した。しかし、最初の質疑応答では説明することに気がとられ、聞き手の質問するタイミングを見失わせてしまった。次の質疑応答からは、聞き手に説明中に質問があったらZoomのチャットに書き込んだり、手を挙げてくださいと伝えてから発表した。その結果、沈黙になる時間が少なくなり、質疑応答もスムーズに行えた。中間発表では質問の割り振りが偏ってしまったが、成果発表は均等に割り振ることができた。中間発表の反省点を生かして、成果発表はより良いものに行えた。

#### 良かった点

- ・ポスターの画面共有を行いながら、口頭で分かりやすく説明できた。
- ・沈黙の時間をなくし、質疑応答をスムーズに行えた。
- ・質問の割り振りを均等にできた。

#### 工夫すべき点

- ・最初の質疑応答の手際が悪かった。
- ・聞き手の質問するタイミングを見失わせてしまった。
- ・事前に話し手と聞き手で分かれて発表の練習を行うべきだった。

(※文責: 小林隆雅)

### 7.1.4 発表会のフィードバック

成果発表の終了後、発表に関するアンケートを行い、学生と教員を含む41名の回答を集計した。アンケートの結果は、発表技術に関しての平均評価点は6.9点で標準偏差は1.63であった。発表内容に関しての平均評価点は7.6点で標準偏差は1.49であった。本項では、アンケートの回答で寄せられたコメントの一部を取り上げて、成果発表を振り返っていく。

発表技術に関して良かった点・脳波での実験という専門知識の要する活動内容だったが、図を用い、内容を簡潔にまとめられており、理解しやすかった。

- ・自分たちの研究内容を説明するときと、質問に受け答えするときに丁寧にしかも端的に伝えられていて良かった。
- ・トップページで脳科学や脳波など根本となる知識について解説されていてわかりやすかった。また、文章で埋めるのではなく写真やグラフが豊富に用いられており、ページ全体として読みやすい印象を受けた。

#### 工夫すべき点

- ・発表する時間が長く質問する時間があまりなかった。

- ・用意している原稿を読んでいる感を感じたのもう少し抑揚をつけるといいと思いました。
- ・Web サイトが論文的で、見ている人にわかりやすく伝えてほしかった。

脳波に詳しくない聞き手にも研究内容を理解してもらえるように、脳科学や脳波の基本的な説明から行った。ポスターは図やイラストを用いて、簡潔にまとめた。その結果、アンケートの回答で、脳波に詳しくはないが研究内容の説明が分かりやすかったという声を多数見受けられた。一方、発表中の説明が長く、聞き手の質問する時間があまり取れなかった点については、説明を簡潔にすることで工夫できた。また、発表の手際があまり良くなかったという趣旨の声もあった。成果発表の前に話し手と聞き手で分かれて発表練習を行うべきだった。

#### 発表内容に関して

##### 良かった点

- ・2つの研究とも成果を出せており、内容も十分であった。オンライン環境に注目した研究を行っており興味深かった。
- ・目的、実行したこと、結果、考察が綺麗にまとまっていた、ブレずにきちんと一貫していたことが良いと思いました。
- ・実験方法に脳波計測器や Processing など複数のツールを用いた点に工夫が感じられた。

##### 工夫すべき点

- ・導かれた結果から、今後どういうことが言えるのかあるいは違う実験を実行できるかなどの展望部分がよりあった方が良いと感じた。
- ・グループごとの説明が長いように感じた。
- ・班ごとの違いをわかりやすく伝えるといいと思います。どのような実験を行ったかは必要ではあると思いますが、時間をかけすぎていると思いました。

オンライン環境下で生活を行っていることもあり、オンライン環境下における脳波の研究に興味・関心を抱くコメントが多かった。グループごとに目的、実験、結果、考察がブレずに一貫して綺麗にまとめることができたが、説明に時間を割きすぎてしまった。今回の実験は、声の高さやスピード、タイミングは全て固定して行ったので、それらの組み合わせを変えて実験を行うことで集中力や記憶力、安心感でさらに違いが生まれ、オンライン環境下でのコミュニケーションのやり取りを有意義に行う方法を見つけ出すことができるであろう。

(※文責: 小林隆雅)

## 第 8 章 今後の課題と展望

### 8.1 まとめと考察

「視覚と聴覚による記憶力の違い」というテーマで実験 1 を行った。五感の中で視覚と聴覚に着目して、情報を脳に伝達したときにどのような特徴が出るかを脳波解析によって調べた。実験して得られたデータから私たちは、聴覚が視覚と同等の情報量を記憶するにはより集中する必要があると読み取った。

「AR と機械音声を用いた記憶力の違い」というテーマで実験 2 を行った。記憶力を測る問題を用意して、人間の声と顔から機械音声と動物の顔に変化させ、声と顔という条件をそれぞれ組み合わせさせて実験を行った。結果として、人間の声と顔が一番集中することができ、また適度な緊張感を持ってコミュニケーションを行うことができることが分かった。また人間の声から機械音声に変えた際に、人にリラックス効果を促すことが推測できた。

「オンライン環境での記憶力の変化」を全体のテーマとして活動を行ってきた。現実では、まわりの雑音や話し手のテンポや声の高低、記憶したい内容の難易度などたくさんの要因が記憶力に影響している。本プロジェクトでは、オンライン環境で推測される（特に授業や会議等）条件を変化させて脳波を測定し、記憶力の変化を調べた。オンライン環境でも現実と同じように、環境の変化によって集中力や緊張感が変化し記憶力が変化していくことが分かった。このようなオンライン環境において、さまざまな条件について実験を行っていくことで、より良いオンラインでの学習環境や労働環境を整備していく風潮が増えていくことが期待できるだろう。

(※文責: 田表怜)

### 8.2 課題

今回、本プロジェクトでは結果的に 2 つの実験を行った。実験 1 では視覚から情報を取り入れる際に集中できている状態になることが分かった。実験 2 では人間の声と顔の条件が集中できることが分かった。しかし分かったとは言っているが、今回の被験者の人数が少なく自信を持って確かであるとは言い難い結果である。今回の実験をさらに回数を増やしていくことによって、実際のオンライン環境のコミュニケーションに役立てることができるのではないかと考える。今回の結果が実際にオンライン環境のコミュニケーションに活かすことができれば、今の時代でとても有益なコミュニケーションを行うことができる。

解析を行った python のプログラムに関しても改善すべき部分が多く残されていた。今回 t 検定を行うために平均と分散を算出したが、各条件の組み合わせごとに毎回プログラムを実行して平均と分散を算出していた。本プロジェクトではその部分を改善する余裕がなかったため、この作業に人員を割き分担して作業を行う他なかった。この作業をプログラム内で行うことができれば、より効率的に解析を行うことができるだろう。

各周波数帯のパワーの表示方法に関しても、今回は python で値を算出して、その値を excel にまとめてグラフを作成するという方法をとっていた。このグラフでの表示方法もとても見やすいものとは言い難いものであった。脳波の各周波数帯で、頭の図にマッピングしたり、パワーに応じた



ビジュアライザーのようなものも作成できればより結果を見やすく仕上げる事ができたと思う。

また到達目標としていたオンライン学習環境の改善には、今回のプロジェクト活動では及ばなかった。

(※文責: 田表怜)

### 8.3 展望

これからの展望として、コロナウイルスの感染状況に関わらずオンライン環境を用いたコミュニケーションの需要は高まっていくことが予測される。したがって、今回私たちがテーマに掲げて調べていたオンライン環境で各条件下の記憶力の違いは、これからの時代に重要視されていくと思う。

実験1で行った「視覚と聴覚による記憶力の違い」はオンライン環境に関わらず、学校で行われる講義や各自で行う自己学習にも活かすことができるのではないかと思う。例えば講義に使用する講義動画の再生速度を変化させたときの、生徒の記憶力の変化や、リスニング学習を行う際の音声の流れる速度に応じた記憶力の変化など、実験1に関連して調べてみれば有意義な結果が得られそうなテーマはいろいろあるであろう。

また実験2で行った「ARと機械音声を用いた記憶力の違い」に関しては、動画を使った各所への報告や、オンデマンド型の講義など状況は限定されるが研究が進められていくにあたって、より有意義なものになっていくのだと考えられる。ARに関しては、現在世の中ではVTuber(バーチャルYoutuber)というものも人気を博している。こういったVTuberが配信している際の視聴者の記憶力や認知力にどのような差が出るのかも気になる部分である。また、機械音声に関してもプライバシーの関係でテレビのニュースなどで機械音声が使われている場面を見かけることは多い。世の中のプライバシーなどの制限が強まっていくと、こうした機械音声が使われる場面が増えてくるだろう。

このように2つのテーマとも、これからの時代にあった面白い着眼点で進められていたものではないかと思う。このような研究が進められていくことで、現在の時代のニーズにあった研究結果が発表されていくことが期待される。

(※文責: 田表怜)

## 第9章 インターワーキング

### 9.1 角野瑠紀

本プロジェクトはコミュニケーションを脳波や心拍などの脳科学的な視点から分析を行うプロジェクトだ。なので、最初は脳の構造や脳の仕組み、脳波解析の方法について先生の講義を受けることから始まった。それからテーマ決めや実験の内容を考えて実験を行いプロジェクトが進んでいった。そしてこのプロジェクトにおいて私の役割は、テーマ決め、実験の準備、実験の進行、データ入力、解析、発表だった。この中で私たちが一番苦労したのがテーマ決めだ。最初はメンバー全員がやりたいことがありそのことに沿ってテーマの案を出していたが、脳波計で脳波を取るときに顔の筋肉が動くと筋電位が発生して正確な脳波を取ることができないため、体を激しく動かさない、首を動かさない、口を動かさないという条件があり、できることが限られた。そんなことがあり、テーマ決めにかなりの時間が取られてしまいました。ですが、多くの案を出して実験条件と照らし合わせてテーマを決めた。また、私は実験を行う担当でもありました。視覚条件と聴覚条件のデータを被験者に脳波計を使用して集めた。脳波計は初めて使う道具なので、使用方法とどのようなメカニズムで脳波を取るのかを学習した。メンバーと実験の手順の確認やイメージトレーニングを何度も繰り返した。そして、被験者集めに取り掛かった。何人かの友人や学生に声をかけたり連絡を取ったりしたが、コロナに影響で学校に集められなかったり、被験者との接触は避けられないため、被験者の人数は多く集まらなかった。被験者の人数が多ければ多いほど結果も正確になり、面白くなりそうだったのでその点はとても残念に感じている。そして、一人目の実験を行ったが、実験中に耳に着けていた電極が途中で外れてしまい、データが使えなくなるというアクシデントが起きた。一人目だったので問題は起きると予想していたのでデータはダメになるとわかりつつも実際に被験者に協力してもらって行った実験だったので確認のためにも最後まで続けた。そのアクシデントから電極に付けるジェルの量を考えることがあり、電極の配置方法と実験手順の改善を行った。二人目からはデータがダメになるようなミスはなく最後まで終えることができた。このように自分たちで実験を行うと準備の大変さを知ることがあり、実験本番の空気を体験できたので卒業研究でより良い実験を行うための勉強になったと感じた。

(※文責: 角野瑠紀)

### 9.2 亀橋樹

私が1年間のプロジェクト学習を通して学んだことは、大きく分けて3つある。1つ目は、脳波にまつわる事物の知識や事象全般の知識を得られたことである。1年間という長い期間を通して、教授からの講義や先行研究調査、参考本などから脳波に関する情報や特徴をたくさん学ぶことができた。その結果、プロジェクトを始めた当初は脳波という言葉の意味すらあやふやだった私が、今では脳波やそれに付随する事柄をある程度説明でき、脳波に関する質問にも答えられるまでに成長した。具体的な学んだ内容としては、脳波計測器を用いた脳波の測り方や、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波、 $\theta$ 波、 $\gamma$ 波、 $\delta$ 波という脳波を形成する波の種類と特徴、それらが有意に出る周波数帯、先行研究調査からわかった嗅覚や飲酒、入浴などが人間の脳波に与える好影響や悪影響などが挙げられる。今後、

勉強する際や仕事の場、他人にアドバイスする際など、様々な場面で今回の学習を活かしていきたい。2つ目は、仲間や先生と協力することの重要性を学べたことである。これまでの人生の中でも、家族や部活、学生生活でのグループワークなどといった場で、他の人と協力することは数多くあった。しかし、今回のような1つの研究テーマに対して、1年間という長いスパンの間を同学年の人たちと研究するということが初めての経験であった。そのため、最初は話し合いがなかなかうまく進まないようなことや、意見が対立した際の解決策がわからなかったため、途方に暮れることもたびたびあった。そんな中で、プロジェクトリーダーの司会進行や、他のメンバーの斬新なアイデアのおかげで、今回のような研究成果をあげることが出来た。私は今まで、このようなグループ単位での取り組みにあまり良い印象をもっていなかった。それは上記に述べたように、意見が対立した際に話し合いの進行が停滞することや、他人の顔色を窺って自分の意見を言えないということが、これまでの人生の中で頻繁にあったからだ。そのため、私の中でグループワークは効率が悪い、1人で行った方が順調に進むという考えが強くあった。しかし、今回のプロジェクトを通じて、その考えが単調であったことが分かった。確かに1人で作業した方が効率の面でいうと良いのかもしれないが、私1人の力では、今回のプロジェクト成果のような実験背景や土台、実験手段がしっかりとしたものは作れなかったと断言できる。それは、皆が自身の知恵や意見を臆することなく出し、より良いものを作ろうとした結果である。また、先生方の影響も本プロジェクトにおいて必要不可欠な要素だった。データの解析方法や、脳波に関してどうしてもわからないとき、論文の書き方の訂正など、様々なことで先生方には大変お世話になった。他人と協力するだけでなく、頼ることも時には大切なのだと、改めて認識させられた。3つ目は、自身の責任を全うすることの重要性を学んだことである。プロジェクト学習においては、自身の与えられた仕事を期限内に全うしないと、他のメンバーに迷惑が掛かり、場合によっては発表に間に合わずに成果なしと認識されることもあり得た。今回のプロジェクトに当てはめると、私はデザインリーダーを務め、発表用のポスターやwebサイトの作成を管轄した。もし、これらの提出が間に合わなかった場合、成果提出物の欠損で、グループメンバ全員が単位を落とし、留年することもあり得た。自身の行動1つで他人の運命が大きく左右されるため、人生で最も責任感のある仕事であったといっても過言ではない。高校までの学生生活では、もし自身の責任を果たせなくても、何とかなるケースがほとんどだった。例えば、宿題や課題をやってなくても先生に怒られ、放課後に居残りするだけで済んだ。だが、今回のプロジェクトの場合、それはグループ全員の枷となり、連帯責任で全員に迷惑がかかる。社会に出ると、このような状況が数多くあると思うので、責任感をもつことはこの先の人生の中で必須の条件だと思った。以上の文章をまとめると、「脳波にまつわる様々な知識がついた」、「協力することの重要性を学んだ」、「責任を全うすることの重要性を学んだ」の3つが今回のプロジェクトを通して主に学んだことである。これらの教訓や経験は、これからの私の人生において、大きな財産になると自負している。

(※文責: 亀橋樹)

### 9.3 菊池侑也

プロジェクト活動の開始時脳波に関する知識を深めた。そのために担当の先生に脳波の測定方法、脳波とはについて講義してもらった。さらに、自分たちで先行研究を調べて脳波に対する知識を深めた。特に脳波測定に関する部分では今後実際に自分たちが測定するので復習も怠らなかった。テーマ決めの際にはアイデア出しを積極的に行った。他には過去の論文をから脳波と組み合わせ

せられる項目を調べだし先行研究がないかどうか調べた。前期でこのテーマ決めや脳波に関する学習、予備実験に時間を費やした。予備実験ではワンナイト人狼ゲームという会話ゲームでの脳波測定、閉眼時と開眼時での脳波測定、リラックスできるような音楽聞きながらリラックス状態時の脳波測定、手中できるような音楽を聴きながら問題を解いているときの脳波測定。この4つの予備実験では脳波測定の手順を確認するという目的のもと予備実験を行った。結果としては脳波測定に慣れていない分、まだ完璧に測定することができなかったが、本実験までの課題を発見することができたので良い機会だったと思う。中間発表会で私は質問に答える係を任された。しかし、相手にわかりやすいように説明することができなかった。さらに、資料を何も写さずに言葉だけで説明していたので発表の仕方も見直す必要がありました。そのあと説明が分かりにくいなどのコメントなどをいただいたのでこの中間発表会では反省点が次々と出てきたので最後の成果発表会のための改善する良い機会となりました。後期では前期での決めたテーマを白紙に戻しました。さらに2つのグループに分かれて、2つの実験を行うことになりました。私はグループBに配属され主な役割としては実験の準備、実験に使用する問題作成、Python解析を行いました。実験の準備では被験者に脳波計を取り付けるときにインピーダンスチェックという脳波をちゃんと測定できるかというチェックをする際、脳波を測ることのできる値（正常値）が出なくて実験準備を円滑に進めることができなかった。さらに、脳波データをうまく取れないこともあったのでそこも反省点である。実験に使用する問題作成では中学生の国語の文章題から作成しました。本実験では音読により文章を読み上げるため難易度を調節する必要がありました。そのために予備実験をお行い、作成した問題文が適切な難易度であるかを調べる際には基準である被験者の点数が平均60点を超えることができたため、適切な問題文を作成することができました。Python解析では $\alpha$ 波、 $\beta$ 波、 $\Gamma$ 波のグラフを作成することに努めました。最終発表会の時には、前期の中間発表会の反省点を生かしホームページを映しながら発表をしました。全体を通して私はわからないことは積極的に調べ、メンバーとのコミュニケーションをとり、連携がスムーズにできるようにした。一年間のプロジェクト活動を通して学んだことは卒業研究や就職した際に活かしていきたいと思う。

(※文責: 菊池侑也)

## 9.4 小林隆雅

私が本プロジェクトを通して意識したことは、プロジェクトメンバーと円滑にコミュニケーションを行うことと自分に課せられた仕事を早く終わらせて、プロジェクト全体の進捗を遅らせてしまわないように心がけた。私が果たした主な役割は、前期はテーマ決めのアイデア出しや実験データの解析で、後期は実験の手伝いと動画制作と成果発表の準備を行った。プロジェクト活動の初期はオンラインに加えて、プロジェクトメンバー全員が初対面であったので、上手くコミュニケーションを取れなかった。さらに、被験者を集めることにも苦労した。この環境下で黙々とアイデア出しやプログラムの学習を行っていくうちに、徐々に他のメンバーとコミュニケーションが取れるようになった。その瞬間から、プロジェクト全体の作業効率が上がって、チームの団結力も向上した。一方、中間発表ではオンラインで発表することもあり、発表の流れを掴めずに質疑応答で沈黙の時間をつくってしまったのが悔しかった。後期の成果発表は、前期の反省点を生かしてより良い発表にすることができたが、私個人の発表の仕方には納得できなかった。最初のグループの発表で時間が押してしまう展開が多かったので、私のグループの説明は短く簡潔に説明する必要があった。しかし、説明すべき内容をアドリブで言葉を絞りだすのが精一杯で聞き手にしっかり伝えることができ

たのか心配であった。成果発表の終了後に行ったアンケートの結果を見る限り、発表内容に関してポジティブな意見が多かったので発表は上手く行うことができたと推測できる。一方、動画制作では16本の各動画で話者の目線や角度、距離などで違いが生まれないように撮影することに苦戦した。動画を編集するにあたって、環境構築を最初から行う必要があったので各種設定をしたのち、撮影した動画を読み込んで編集した。当初は撮影した動画を読み込めば、すぐに声の編集ができると考えていたが、動画編集ソフトは声の編集が苦手であった。そのため、音楽に関連する拡張編集プラグインを導入して、声の編集を行えるように工夫して実験材料の作成を行った。プロジェクト活動は、グループで目標やテーマを決め、それに向かって活動を行って結果を出せたときの達成感や充実感を得られる貴重な体験であった。このような経験を卒業研究や将来に生かしていきたい。

(※文責: 小林隆雅)

## 9.5 二階堂大聖

私は前期の活動で初めに先行研究を調べることを行った。元々運動に興味があり運動と脳波の二つに関係する先行研究があるかを調べた。例えば、ランニングをしている時脳波を計測し、ある脳波を計測出来たら疲れているのが分かるようなことを調べようと考えた。しっかり計測できた場合、体力の調整がより簡単になり長距離走ることも可能になると考察した。しかし、脳波を計測する時、被験者は大きな動きをできないので運動しながら脳波計測を行うことができない。そのため、運動と脳波に関連したものはあらかじめ次は会話などのコミュニケーションと脳波を関係させた先行研究がないかを調べることにした。会話を行っている時、相手が一人の時と複数の時でどのような脳波の違いが現れるかという内容の先行研究を調べた。その後、脳や脳波について我々は知識が少なかったので佐藤直行先生に講義を行ってもらった。脳波の種類として $\delta$ 波(1-3Hz)、 $\theta$ 波(4-8Hz)、 $\alpha$ 波(9-13)、 $\beta$ 波(15-25Hz)、 $\gamma$ 波(30Hz以上)がある。 $\delta$ 波は主に睡眠時に多く出る脳波である。 $\theta$ 波は眠いとき、記憶するときなどに多く出る脳波である。また暗算などを行うときにも多く出るものである。 $\alpha$ 波は閉眼時、リラックスしている時に多く出るものである。閉眼時に出る $\alpha$ 波はとても多いので分かりやすいと言われている。 $\beta$ 波は課題を行うときや集中している時に多く出るものである。 $\gamma$ 波は視覚での処理を行っている時、情報処理を行っている時に多く出るものである。また、脳波計測を行って脳波の成分をしっかりと測れているのかはよく考える必要があることが分かった。脳波計測を行う際、目を動かしてしまうと脳波による影響ではなく、眼球運動による信号しか計測できないので計測を行う際は目を動かしてはいけないというのが古典的な問題であった。しかし、眼電位を主に測る電極を計測の時に置くことで眼球運動による信号は大体処理できる。その他にも、脳波計測を行う際の注意や電極の配置の仕方、計測した脳波をどのような形式で解析するかなどの大まかな説明を受けた。その後、一回目の計測でどのような実験内容にするかを考えた。我々のプロジェクトはコミュニケーション脳科学という内容なのでコミュニケーションに関連した実験を考えた。その結果、人狼ゲームを行った際に役職ごとにどのような脳波の違いがあるかを調べることにした。私はその実験では実験の前準備や人狼ゲームに参加して貢献しました。続けて、開眼時の脳波と閉眼時の脳波も計測した。その際私は主に時間の記録を行った。次に、心理学と脳波を関係させた実験も考えた。未来大学の情報ライブラリーで行動心理学に関する本を借りてどのようなものがあるか学びいい実験方法がないか調べた。しかし、実験方法が先行研究や本などを調べたりしても思いつかなくてあきらめることとした。別の案を考えた結果、VRカメラを用いた実験を考えた。その方法はVRカメラで景色を撮影してその景色を見て現実感を

どれだけ得られるかというものである。その前準備として VR カメラが正常に動作するか設定を行った。また、未来大学の外の景色の映像を VR カメラで撮影した。撮影した映像を VR ゴーグルで見ようとしたが設定が上手くいかなかった。この段階で前期の活動は終わった。後期の初めはグループを二つに分けて二つのテーマを決めてそれぞれ進めることとした。自分のグループではまず、アイデア出しを行った。その際、私は環境と脳波を関係づけたものがないかを考えた。気温や社会環境といった様々な違いによってどのように脳波が変わるのか調べようと思った。次に、脳波解析のために予備実験を行った。閉眼時の脳波や開眼時の脳波、記憶想起に関する実験を行った。その時私は脳波計を設置したり時間を記録したりなどの作業を行った。最終的に自分たちのグループは視覚と聴覚による記憶力の違いについて調べることとした。本実験の前準備として問題の作成と文章の映像化を行った。問題として使用したのが形式別演習・公立入試の国語という高校入試対策問題を使用した。まず、問題冊子の問題を書き起こす作業を行った。その後、問題冊子と違う問題を自分たちで考えて作成した。作る問題の形式はすべて同じ形式になるよう統一した。実験の準備が整ってからは本実験を数回行った。私は電極を被験者に設置したりパソコンで問題文を表示したり時間などの記録を主に行った。また、グループ B の方の実験の被験者となりそちらにも貢献した。解析の際、実験によって得られたデータをそれぞれ数値化する作業を行った。その後データからどのような傾向があるかを考察も行った。しかし、グラフや数値を見て傾向があるかいい考察ができなかった。また、最終成果発表会の時はグループ A の内容を発表するという仕事も行った。約 1 年間のプロジェクト活動を通してグループである問題を解決する方法を身に着けることができた。作業を分担してそれぞれ行うことにより、効率が良くなることも改めて学んだ。

(※文責: 二階堂大聖)

## 9.6 田表怜

今回のプロジェクト学習において、私はサブリーダーとして活動を行なった。プロジェクトを進めていくにあたってリーダーが主に進行役として進めていたが、その進行に積極的に意見を出したり補助をしたりなどが私の主な役割だった。今回はその役割を比較的担うことができたのではないかと感じている。しかしながら、提出物の確認などはリーダーに任せきりになってしまっていたため、次回プロジェクトを行う際には締め切りの確認なども手伝っていければと思う。

実際の活動内容としては、私はテーマを決めたり解析を行なったりと幅広く活動を行なった。特にテーマ決めに関しては、私は脳に関わる研究に興味があったためプロジェクト学習が始まる前から調べていたため、貢献することができたのではないと思う。後期の活動は脳波の計測と解析だったが、ここからプロジェクト内で 2 つに分かれて活動を行なった。ここでリーダーと私がかかれたため、私が進行を行なっていくことになった。実験の計画を立てたり、仕事をみんなで分担したりとあまり経験がないことを行ったため、私自身良い経験ができたのではないかと感じている。脳波の解析に関しては、私は python のプログラムに慣れていなかったため、まず関数を調べるところから始まった。関数を調べながら作業を行っていた過程でフーリエ変換やいくつかのフィルターを使ったが、そもそもどういう操作を行っているかが分かっていなかったため、概念を理解するところに多くの時間を費やさなければいけなかった。これらのことをもっと早い段階で理解することができていれば、プログラムの改善や結果の表示方法などに取り組むことができたのではないかと感じている。

これから個人や何人かでの研究やプロジェクトを行っていく際には、テーマはもちろん重要だが

そこに時間をたくさん費やすことなく早い段階で実験や解析など作業に取り掛かれるようにしていきたい。そのためには研究を行っていく分野の基礎的な知識や先行研究の把握がとても重要だということを知ることができた。これから卒業研究に取り掛かっていくが、事前にしっかりと研究分野の知識や先行研究を調べた上で臨んでいきたい。また私は卒業研究も脳に関わる研究を行っていく予定なため、今回プロジェクト学習で学んだことや経験を活かして研究に取り組んでいきたい。

(※文責: 田表怜)

## 9.7 升田全

私が本プロジェクトで1年間活動して一番重要だと感じたところは他のメンバーとのコミュニケーションである。私たちのグループではテーマや実験の内容がなかなか決まらず話し合いを重ねてきた。様々な意見が出てなかなか決まらなかった時や、反対に意見が全く出ず話し合いが進まないときもあった。また、コロナ禍で活動を対面で行った時とオンラインで行った時があり、コミュニケーションをとる方法も対面やZoom、Slackでの会話など1つではなかった。そこでコミュニケーションをうまく取れなければテーマなども決まらず本プロジェクトを成功させることはできなかったと思った。したがって周りの状況を鑑みながらコミュニケーションをとることがグループワークを円滑に進める一つの要素だと感じた。さらにこの1年を通じて自分の長所と短所をより明確に知ることが出来た。私の長所だと感じたところは、文章を正確に書く能力だと思う。私は実験使用テストの作成や添削、プロジェクト紹介文の作成など他のメンバーに比べて文章の作成に多く関わってきた。プロジェクト開始時には、あまり文章を書くことは得意ではなかったが、この1年を通じて文章を正確に書く能力を向上させることはできたと感じている。それに加え、だれとでもコミュニケーションをとれるところである。全く知らないメンバーとプロジェクトを行うにあたって他のメンバーと会話ができない状態になってしまえば絶対にプロジェクトを進めることが出来なくなってしまう。しかし、私を含めそのような状態に陥ったメンバーは1人もおらず、とても仲の良かったメンバーだと感じた。長期間の活動で仲良く過ごすことも1つの大事な能力だとこの1年で改めて感じるようになった。私の短所だと感じたところはプログラミングに関する能力である。私は当初解析班であり、Pythonを使って実験データを解析することが私の役割の一つであった。しかし、私の努力不足でPythonの理解が進まず、解析班のメンバーから外れることになってしまった。原因ははっきりしているのだから、それを反省し次に生かしていきたい。また、発表会時には自分のまとめた文章を発表したが、緊張してうまく話すことが出来なかった。今回の発表はZoomでの発表であり、対面ではなかったことから緊張せずに発表できると考えていた。しかし、実際にはうまく発表できなかったのだから、この部分での改善も必要である。来年行う卒業研究は基本的には1人で活動することにはなるが、同じ研究室の他のメンバーと交流がまったくなくなるわけではなく、むしろ積極的に意見を交換しより良い研究を行っていく必要がある。そのためには、1年間のプロジェクトで経験してきたことは来年にも生かすことができるものばかりである。結論として本プロジェクトで学んだことは卒業研究でも大いに生かすことが出来るのだから、成功や失敗をもう一度自分の中で整理し、うまく来年以降につなげていきたいと感じた。

(※文責: 升田全)

## 9.8 河内将吾

本プロジェクトでは脳波の周波数による特徴、脳波計測の方法、実験の設定方法やリーダーシップを学ぶことができた。脳科学、脳波について学習を行ったことがなかったために担当教員による講義、先行研究調査で知識を付けることができた。反省点として知識を入れる前の段階で作業があり十分に先行研究をすることができなかつたと感じている部分である。

本プロジェクトではプロジェクトリーダーとして活動を行った。このようなグループ活動でリーダーの役割をするのは初めてであったため自身の成長とともにグループをまとめる難しさ、プロジェクトの進行の難しさを実感した。グループの作業ではこれまではアイデアなどが出たらそのアイデアに対して議論をすることが多かったが、積極的にアイデアを出すことができた。また、頑固な性格であるために自分の意見をどのように通すかと考えることが多かったがプロジェクト学習を通じて批判的な意見を受け入れ、自分の意見をどのように改善するべきかという観点を持つことができた。

プロジェクトリーダーとしての大きな反省点が大きく3つあった。1つ目としてプロジェクトでのメンバーの適正を熟慮すべきであったと考えている。プロジェクト学習開始時ではオンライン活動であり、プライバシーの観点からカメラとマイクをオフでの参加を認めていたため、対話が不十分などところがあり、プロジェクトメンバーの持つ適性などを考慮せず役割を一方的に決めてしまったという反省点がある。2つ目としてスケジュール管理の甘さがある。適性を考慮していない役割分担だったため解析のためのプログラミング言語習得、テーマ決めなどが円滑に進まずスケジュールに遅れがあった。また、先行研究の調査も円滑に行うことができなかったため、前期時点でアイデア出しを十分に行うことができず実験の難しいアイデアを採用していたところが課題設定などの反省点である。3つ目としてタスクを抱えすぎたところである。前期時点では先行研究などを調べるグループと解析のためにプログラミング学習から行うグループを簡易的に分けていた。しかし、解析用プログラムについての解説などを行いながらも先行研究の方にも話を聞くようにしていたためにどちらも中途半端なものになってしまった。また、ポスターやスライド、動画作成でも作業の役割分担を決めることができず多くのことを自分で行おうとしていたためにこちらも中途半端になってしまったという反省点がある。

脳科学という分野は自分にとって未知の分野であったため新しい分野の学習をする楽しみがあった。反省点としてタスクを抱えすぎたと書いているが後期では少し改善を図った。役割を決めることで自分の役割を少し減らしたことでメンバーの役割が明確化し、自分を含むメンバーが動きやすくなったと感じた。また、タスクを明確化し細分化を行うことで自分の考えていることが分かり易くなりメンバーに伝えることができたため改善ができたと感じている。

(※文責: 河内将吾)



## 付録 A 脳波解析前処理用プログラム

```

import pandas as pd #配列関連
import numpy as np #統計や計算で使用
import matplotlib.pyplot as plt #グラフのプロットで使用
from scipy import signal #フィルター関連
from sklearn import linear_model #回帰分析
from matplotlib.backends.backend_pdf import PdfPages
from scipy import stats
import csv

#(df の 5 行目) 1ch:CZ
#(df の 6 行目) 2ch: 左目の下
#(df の 7 行目) 3ch: 右目の下
#(df の 8 行目) 4ch:F4 右
#(df の 9 行目) 5ch:F3 左
#(df の 10 行目) 6ch: おでこ
#(df の 11 行目) 7ch:PZ cz の後
#(df の 12 行目) 8ch: 鎖骨付近

count = 0
filename = str(input('input_FileName?(拡張子不要)'))

for icol in range(4,12):
    df = pd.read_csv(filename + '.csv')
    Fs = 500 #aveter EEG のサンプリングレート
    b = np.array([0.2000, 0, -0.2000]) #a,b はフィルター用の数値 (要相談)
    a = np.array([1.0000, -1.5948, 0.5999])
    dat1 = signal.lfilter(b, a, df.iloc[:, icol]) #フィルター適用後データ

    c2v = 0.75 / 2**24 *1000 *1000 #単位を microV に変換するために変数を用意

    fdat = abs(np.fft.fft(df.iloc[:, icol])) #FFT を適用した複素数のベクトルの値を
    算出 (abs はその絶対値 (振幅) を出すため)
    fvec = np.array(range(0, len(fdat))) / (len(fdat) / Fs) #FFT して得たベクト
    ルの要素の値は、それぞれ、0,1,2,3, 周期の sin 波を表す。周波数 (1/s = Hz) を計算したいの
    で、全体の期間の長さ (s) で割った値を算出する。
    flg = np.argwhere((fvec <= 100) & (fvec >= 0)) #fvec の中で条件を満たす要素の
    位置 (配列の添え字) を flg に格納

```

```

dur = df.shape[0] / Fs #全体の時間を改めて算出

#step_眼球運動の低減
heog = df.iloc[:,8]-df.iloc[:,9] #5ch(左目の下) - 6ch(右目の下) -> horizontal eog
veog = df.iloc[:,10]-(df.iloc[:,8] - df.iloc[:,9])/2 #7ch(目の上) - 5ch(左
目の下) - 6ch(右目の下) -> vertical eog

F0 = 50 #修正したい周波数
Q = 30 #品質係数 (要相談)
dat1 = df.iloc[:, icol]
nb, na = signal.iirnotch(F0, Q, Fs) #iir ノッチフィルタを作る
dat1 = signal.lfilter(nb, na, dat1) #dat1,heog,veog に適用

heog = signal.lfilter(nb, na, heog)
veog = signal.lfilter(nb, na, veog)

c2v = 0.75 / 2**24 *1000 *1000
b = [0.2000, 0, -0.2000]
a = [1.0000, -1.5948, 0.5999]
dat1_f = c2v*signal.lfilter(b, a, dat1 - np.mean(dat1)) #フィルタ適用

heog_f = c2v*signal.lfilter(b,a, heog - np.mean(heog))
veog_f = c2v*signal.lfilter(b,a, veog - np.mean(veog))

seg=Fs
stock_v=[]
stock_h=[]
stock_1=[]

for it in range(5, df.shape[0]-seg, seg):#はじめの 4s は捨てる
    #このループは、it の値が、1, (1+seg), (1+2*seg), ... と進む
    ch1_seg = dat1_f[it:(it+seg-1)]
    heog_seg = heog_f[it:(it+seg-1)]
    veog_seg = veog_f[it:(it+seg-1)]

    if (len(np.argwhere((abs(heog_seg)>100)|(abs(veog_seg)>100)))>0)&(len(np.argwhere(al
    #眼電位が 50microV 以上のセグメントを集める (閾値はやや適当) 、
    #ただし、1000microV 以上のデータは別な要因のアーチファクトなので除く。
        stock_1.extend(ch1_seg)
        stock_h.extend(heog_seg)
        stock_v.extend(veog_seg)

```

```

clf = linear_model.LinearRegression() #重回帰分析
X = [stock_h, stock_v, np.ones(len(stock_1))]

clf.fit(pd.DataFrame(X).T, pd.DataFrame(stock_1))
b1 = clf.coef_[0,0]
b2 = clf.coef_[0,1]
stock_1_c = np.squeeze(stock_1) - b1*(np.squeeze(stock_h)) - b2*(np.squeeze(stock_v))

dat1_f_c = dat1_f - b1 * heog_f - b2 * veog_f

seg = Fs
fvec = np.array(range(0, seg)) / (seg / Fs) #分割
flg = np.argwhere((fvec <= 3) & (fvec >= 0))
nseg = np.fix( df.shape[0] /seg)
stock_1_c = np.zeros((int(nseg), seg)) #ストックに 0 を格納 (縦が seg500 個で横
がセグメント数)

for it in range(1, df.shape[0]-seg, seg):
    fdat1 = abs(np.fft.fft(df.iloc[it:(it+seg),icol]))
    stock_1_c[int((it-1)/seg)] = fdat1 #ストックに分割した値を格納

for i in range(0, stock_1_c.shape[0]):
    plt.plot(fvec[flg], stock_1_c[i][flg] *c2v /(seg/Fs))

pp = np.log(np.mean( stock_1_c[:,flg],axis=1)) #統計値を使って計算 (axis=0 の
時行方向の平均,1 の時列方向の平均)
segflg = np.argwhere(pp < np.mean(pp) + np.std(pp)*3) #segment された flg 分
散の外れ値をとる係数が3になる
segflg=segflg[:,0] #一次元配列に直す
fvec=np.squeeze(fvec[flg]) #一次元配列に直す

pp_outliers = np.zeros(segflg.shape[0]) #外れ値をとった後の pp(pp_outliers)
pp = pp[:,0]
pp_outliers = pp[segflg[:,1]]

power_distributed = np.var(pp_outliers, ddof=1) #不偏分散 pp を segflg でと
る segflg.shape=標本数
power_average = np.mean(pp_outliers) #平均
power_sample = np.std(pp_outliers) #標準偏差

f = open(filename + '_t_δ.csv', 'a')
f.write(str(power_average) + ',' + str(power_distributed) + ',' + str(segflg.shape[0]) +

```

```
f.close()
```

```
print(power_average)
```

```
count = count + 1
```

```
count = 0
```

## 付録 B 統計解析用プログラム

```
from sklearn import linear_model #回帰分析
from matplotlib.backends.backend_pdf import PdfPages
from scipy import stats
import math
import csv

#(df の 5 行目) 1ch:CZ
#(df の 6 行目) 2ch: 左目の下
#(df の 7 行目) 3ch: 右目の下
#(df の 8 行目) 4ch:F4 右
#(df の 9 行目) 5ch:F3 左
#(df の 10 行目) 6ch: おでこ
#(df の 11 行目) 7ch:PZ cz の後
#(df の 12 行目) 8ch: 鎖骨付近

FileName1 = str(input("1st Filename?(拡張子必要)"))
FileName2 = str(input("2nd Filename?(拡張子必要)"))

Statistics_data1 = pd.read_csv(FileName1, header=None)
Statistics_data2 = pd.read_csv(FileName2, header=None)

for i in range(8):
    average1 = Statistics_data1.iat[i,0]
    average2 = Statistics_data2.iat[i,0]
    distributed1 = Statistics_data1.iat[i,1]
    distributed2 = Statistics_data2.iat[i,1]
    sample_num1 = Statistics_data1.iat[i,2]
    sample_num2 = Statistics_data2.iat[i,2]

    #print(average1,average2,distributed1,distributed2,sample_num1,sample_num2)

    t = (average1 - average2) * (math.sqrt((distributed1/sample\_num1)+(distributed2/sample\_num2)))

    print("ch",i+1,":",t)
```

## 付録 C 実験課題提示用プログラム

```
final String FILE_NAME = "test.txt"; //読み込むファイル名
final int fontSize = 100; //文字サイズ
final int frameRate = 350; //秒間のフレームレート
final int num = 20; //一行の文字数
int x1, x2, y; //テキスト描画用変数
String s = ""; //本文結合用変数
String [] lines; //読み込み時用変数
int snum; //行数
int flag = 0; //表示している行数
String [] sseg; //1行 num 文字で sseg に代入
String sseg_last = ""; //最後の行用
int snum_sur; //最後の行の num 文字からの mod 文字数
int speed = 4; //文字の流れる速さ変更用（フレームレートを上げすぎで動作が重い時に変更
する）
int temp;
int res = 0;

void setup() {
  //画面の設定
  size(1500, 800);
  noStroke();
  frameRate(frameRate);

  //フォントの設定
  PFont font = createFont("Meiryo", 50);
  textFont(font);
  background(0);
  x1 = width+200; //少し遅れて来るので最初だけ +200 の位置から開始する
  y = height/2;

  //テキストの設定
  lines = loadStrings(FILE_NAME);
  for (int i=0; i<lines.length; i++) s += lines[i];

  snum = s.length() / num; //一文の文字数を割って何文あるか必要か計算
  sseg = new String[snum];
  //一文 20 文字で sseg に用意する
```

```

for (int i=0; i<snum; i++) {
    sseg[i] = s.substring(i*num, (i*num)+num);
    println(sseg[i]);
}

//最終行の余りの設定
snum_sur = s.length() % num;
if (snum_sur != 0) {
    sseg_last = s.substring(s.length()-snum_sur, s.length());
    println(sseg_last);
}

//予想終了時刻の設定
int sec = (s.length()*fontSize+width) / frameRate;
println("予測終了時間:", sec, "sec");

delay(2000); //始めの方に処理が重いので 2s 遅らせる
}

void draw() {
    background(255);
    fill(0);
    textSize(fontSize);

    //最終の文字が画面の右端に来たら（フォントサイズ*文字数-画面の横のマイナスから右端を
    見る）次に右端から流す文字をセットする
    if ((-((fontSize * num) - width)) == x1 && res == 0) {
        flag++;
        temp = x1;
        x1 = width;
        x2 = temp;
    }

    //1 行目の処理
    if(flag == 0) text(sseg[flag],x1,y);

    //最終行の処理
    else if(flag == snum && snum_sur != 0){
        text(sseg[flag-1],x2,y);
        text(sseg_last,x1,y);
        x2-=speed;
        res = 1;
    }
}

```

```
    if((-fontSize * num) - width) == x2) exit();
}

//普通の文字の処理
else if(flag != 0 && res == 0){
    text(sseg[flag],x1,y);
    text(sseg[flag-1],x2,y);
    x2-=speed;
}
x1-=speed;
}
```



## 参考文献

- [1] 脳波を用いた VDT 操作に及ぼすアルコールの影響, 閲覧日 2021-5-28  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jje1965/31/Supplement/31\\_Supplement\\_382/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jje1965/31/Supplement/31_Supplement_382/_pdf/-char/en)
- [2] 観葉植物, 花, 香りが人間に及ぼす生理・心理的効果の脳波および SD 法による解析, 閲覧日 2021-5-28  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/63/509/63\\_KJ00004222651/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/63/509/63_KJ00004222651/_pdf/-char/ja)
- [3] 紙ノートとタブレット端末の使用が学習時の認知負荷に及ぼす影響 - 脳波を用いた検討 -, 閲覧日 2021-5-28  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jje1965/31/Supplement/31\\_Supplement\\_382/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jje1965/31/Supplement/31_Supplement_382/_pdf/-char/en)
- [4] コミュニケーションー広辞苑無料検索 閲覧日 2022-1-5  
[https://sakura-paris.org/dict/%E5%BA%83%E8%BE%9E%E8%8B%91/content/7446\\_252](https://sakura-paris.org/dict/%E5%BA%83%E8%BE%9E%E8%8B%91/content/7446_252)
- [5] SCHOLARPEDIA 閲覧日 2021-7-18  
<http://www.scholarpedia.org/article/Electroencephalogram>
- [6] 非侵襲生体信号の処理と解析 閲覧日 2021-07-18  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/isciesci/62/2/62\\_76/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/isciesci/62/2/62_76/_pdf/-char/ja)
- [7] 脳波の記録方法 閲覧日 2021-12-31  
<https://guides.lib.kyushu-u.ac.jp/c.php?g=775027&p=5560154>
- [8] 脳波の手習いシリーズ 閲覧日 2021-12-31  
[https://naraamt.or.jp/Academic/kensyuukai/2005/kirei/nouha\\_mon/nouha\\_mon.html](https://naraamt.or.jp/Academic/kensyuukai/2005/kirei/nouha_mon/nouha_mon.html)
- [9] 脳波の基礎知識 閲覧日 2021-12-31  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscn/42/6/42\\_365/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscn/42/6/42_365/_pdf)
- [10] 高島 明彦, "面白いほどよくわかる脳のしくみ", 日本文芸社,[2006/1/23]
- [11] 岩田誠, "図解雑学 脳の仕組み", ナツメ社, [2001/7/20]
- [12] 大脳—三京房, 心理学辞典, 閲覧日 2021/7/17  
<https://www.sankyobo.co.jp/dicdai.html>
- [13] 小脳, 脳科学辞典, 閲覧日, 2021/7/17  
<https://bsd.neuroinf.jp/wiki/%E5%B0%8F%E8%84%B3>
- [14] 外科澤村豊ホームページ, 閲覧日, 2021/7/17,  
<https://plaza.umin.ac.jp/sawamura/anatomys/erebellum>
- [15] 脳幹はどんな働きをしているの?—看護 roo![カンゴルー], 閲覧日, 2021/7/18  
<https://www.kango-roo.com/learning/3723/>
- [16] 【ノッチフィルタとは】設定方法や用途について 閲覧日 2022-1-5  
<https://detail-information.com/notch-filter/>
- [17] 佐藤 孝彦, "形式別演習・公立入試の国語", 東京学参株式会社,[2017/12/8]

[18] 眼電位センシング | 日経クロステック 閲覧日 2022-1-5

<https://xtech.nikkei.com/dm/article/COLUMN/20140612/358062/#:~:text=%E7%9C%BC%E9%9B%BB%E4%BD%8D%E3%81%A8%E3%81%AF%E3%80%81%E7%9C%BC%E7%90%83,%E3%81%AA%E9%9B%BB%E4%BD%8D%E5%B7%AE%E6%B8%AC%E5%AE%9A%E3%81%A7%E3%81%82%E3%82%8B%E3%80%82>

[19] 高校入試の最重要問題国語—学研教育出版, 土田徹, 閲覧日 2021/7/17

[20] 重回帰分析とは | データ分析基礎知識 閲覧日 2022-1-5

[https://www.albert2005.co.jp/knowledge/statistics\\_analysis/multivariate\\_analysis/multiple\\_regression](https://www.albert2005.co.jp/knowledge/statistics_analysis/multivariate_analysis/multiple_regression)