

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

コミュニケーション脳科学

Project Name

Communication Brain Science

グループ名

グループ 1

Group Name

Group 1

プロジェクト番号/**Project No.**

23

プロジェクトリーダー/**Project Leader**

軍司俊実 Toshimi Gunji

グループリーダ/**Group Leader**

軍司俊実 Toshimi Gunji

グループメンバ/**Group Member**

軍司俊実 Toshimi Gunji

下田修平 Shuhei Shimoda

山崎旅詩 Ryouta Yamazaki

小澤佑 Tasuku Ozawa

中村優希 Yuki Nakamura

久保田悠熙 Yuki Kubota

笹森皓太 Kouta Sasamori

指導教員

佐藤直行 富永敦子 岡本誠 中田隆行

Advisor

Naoyuki Sato Atsuko Tominaga Makoto Okamoto Takayuki Nakata

提出日

2020 年 1 月 22 日

Date of Submission

Jan 22, 2020

概要

私たちは生活の中で、思っているより多くのことを感じている。無意識の情報は私たちが芸術活動を行う際に大きな影響を与えている。L.S.C(Luminous Superior Creativity) はユーザの内にある創造性や芸術性などに気づききっかけを与えるシステムである。L.S.C システムは脳波計を用いてユーザの脳波を計測し、創造性発揮時に検出された脳波の変動パターンを、視覚表現に特化した統合開発環境 Processing で視覚的にユーザにフィードバックする。また、システム制作後に評価実験を行った結果、この体系は創造性をフィードバックするシステムとして妥当であることが確かめられた。

キーワード 脳波, 創造性, フィードバック

(文責: 軍司俊実)

Abstract

We actually perceive more in our lives than we expect. Unconscious information has a great influence on working on creative activities. L.S.C (Luminous Superior Creativity) is a system that gives users a chance to notice their creativity and artistry. The L.S.C system measures the user's brain waves using an EEG, and by the integrated development environment Processing specialized in visual expression, visually feeds back the fluctuation patterns of the brain waves detected when the creativity is brought out. In addition, as a result of an evaluation experiment after the system was built, it was confirmed that this system was appropriate as one for feeding back creativity to users.

Keyword EEG, creativity, feedback

(文責: 軍司俊実)

目次

第 1 章	動機と目的	1
第 2 章	脳波について基礎講義	2
2.1	脳波の詳細	2
2.1.1	脳波について	2
2.1.2	脳波の分類	2
2.1.3	脳波を計測するには	3
2.2	脳の構造	3
2.2.1	脳の外側	3
2.2.2	大脳	3
2.2.3	小脳	4
2.2.4	視床	4
2.2.5	大脳基底核	5
2.2.6	海馬	5
2.2.7	扁桃体	5
2.2.8	脳幹	6
2.3	大脳：機能局在，葉，量や機能局在	6
2.3.1	葉	7
2.3.2	領野	7
2.4	脳細胞	8
2.4.1	ニューロン	8
2.4.2	シナプス	8
2.5	計測手法	9
2.6	学習の記憶	9
2.6.1	学習	9
2.6.2	記憶	9
2.7	注意と意識	9
2.7.1	注意	9
2.7.2	意識	10
2.8	視床下部	10
2.9	BMI（ブレイン・マシン・インタフェース）	10
2.10	脳波計測の概説	10
2.10.1	脳波の発生機序	10
2.10.2	計測方法	11
2.10.3	周波数帯による分類	11
2.10.4	自発脳波，誘発脳波	11
2.10.5	事象関連電位	11
2.10.6	時間周波数解析	11

2.10.7	アーチファクト	12
2.10.8	眼電位, 心電位	12
2.10.9	コヒーレンス解析	12
2.10.10	倫理委員会	12
第 3 章	先行研究	13
3.1	音楽の創造性と脳波	13
3.2	絵画の創造性と脳波	13
3.3	ダンスと脳波	13
第 4 章	スケジュール	15
第 5 章	前期の活動内容	16
5.1	コンセプト立案	16
5.2	本プロジェクトのコンセプト	16
5.3	脳波計測演習	17
5.4	前期に学んだこと	17
5.5	本プロジェクトにおける創造性の定義	17
5.6	前期に行った予備実験	18
5.7	解析について	19
5.8	前期の成果物	20
5.9	前期で見られた問題点	20
5.10	前期成果発表 (ポスター, アンケート, スライド)	20
5.10.1	発表技術について	21
5.10.2	発表内容について	21
第 6 章	後期の活動内容	22
6.1	創造性発揮時の脳波計測実験	22
6.1.1	実験概要	22
6.1.2	実験参加者	22
6.1.3	実験刺激	22
6.1.4	機材及び利用する際の留意点	23
6.1.5	実験手順	25
6.1.6	脳波計測	26
6.2	解析方法	26
6.2.1	概要	26
6.2.2	解析全体のフローチャート	26
6.2.3	各プログラムの詳細	27
6.3	ビジュアライザ制作	31
6.3.1	システム構成	31
6.3.2	ビジュアライザデザイン	31
6.3.3	実験 2: ビジュアライザシステム評価実験	33
6.4	実験結果	33
6.4.1	創造性発揮時の脳波計測実験の結果	33

6.4.2	制作したビジュアライザとビジュアライザの評価実験の結果	35
6.5	考察	36
第 7 章	本プロジェクトで得られた成果	37
7.1	本プロジェクトで学んだこと	37
7.2	今後の展望	37
第 8 章	成果発表会	38
8.1	ポスターの内容	38
8.2	スライドの内容	40
8.3	評価シートについて	40
8.3.1	評価シートの内容	40
8.3.2	評価シートの結果	41
第 9 章	プロジェクト内のインターワーキング	43
9.1	軍司俊実	43
9.2	下田修平	43
9.3	山崎旅詩	44
9.4	小澤佑	44
9.5	久保田悠熙	45
9.6	笹森皓太	45
付録 A	参考文献	47

第 1 章 動機と目的

私たちは生活を送る中で自覚せずに様々なことを感じたり考えたりしている。この無意識の情報は 私たちが何かを表現したり、意思決定を下したり、音楽や絵画などの芸術的な創作活動を行うことに 大きな影響を与えていると考えられる。つまり、脳の中には自分でも知らない無意識の情報が多く存在する。この情報にアクセスすることは難しいが、脳波を使えばその一部にアクセスすることが可能 である。脳波とは脳のニューロン細胞から発せられる電気信号である。本人が自覚することが難しい 創造性や芸術性に関する脳波成分を検出できることも報告されている。そこで、本研究は、被験者 に Minecraft を使った創作課題を遂行中の脳波を計測し、創造性に関する脳波成分を検出する。さらに、それらの時系列データをビジュアルエフェクトで表現し、フィードバックすることで本人の自覚していない創造性や芸術性に気づかせるためのシステムを構築する。以上のような、無意識を自覚することは現在、重要視されている。例えば、メンタルヘルスケア、自己啓発などにも応用できるもので、本研究で提案する技術は、一般に広く役立つものであると期待される。

(文責: 軍司俊実)

第 2 章 脳波について基礎講義

担当の教員による脳の機能や脳波の計測実験方法など基本的な講義を受けた。

(文責: 軍司俊実)

2.1 脳波の詳細

2.1.1 脳波について

脳波とは一般的に EEG(Electroencephogram) と呼ばれ、人間や、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、脳深部などに設置された電極から脳波計測器を通じて記録したもののことを指す。脳波は多くのニューロンの活動が干渉あった集合電位の一側面として考えられており、脳波は意識レベルの変動に対応して大きく変化することが知られている。脳波の発現機構については未だに十分に解明されておらず、様々な学説が発表されているが、現在、最も有力視されている学説はシナプス電位説と呼ばれ、促進性ニューロンと抑制性ニューロンの 2 種類のニューロンが他のニューロンとシナプスを形成した場合に発生する興奮性シナプス後電位と予備生成シナプス電位が脳波と関係が深いとされている。

(文責: 軍司俊実)

2.1.2 脳波の分類

周波数帯による分類

脳波は周波数帯による分類されており、 δ 波、 θ 波、 α 波、 β 波と 4 種類が存在するとされている。周波数帯はそれぞれ、 δ 波は 0.5 4Hz 未満、 θ 波は 4 8Hz 未満、 α 波は 8 13Hz 未満、 β 波は 13Hz 以上と定義されている。脳波は周波数帯が小さくなれば安静、大きくなれば活発とされているので δ 波を発しているときは最も脳の活動が安静であり、 β 波を発しているときは最も脳の活動が活発であるとされている。

(文責: 軍司俊実)

自発脳波、誘発脳波について

脳波には自発脳波と誘発脳波の 2 種類が存在するとされている。自発脳波とは特定の事象に左右されることなく、恒常的に発している脳波のことであり、一般的に脳波と言われてイメージされるものがこれにあたる。自発脳波に対して、誘発脳波とは何らかの事象に影響されることで一時的に発する脳波のことである。誘発脳波を生起させる事象としては五感を刺激することなどの外因性のものと心的事象に関わる内因性のものがあるとされている。

(文責: 軍司俊実)

2.1.3 脳波を計測するには

脳波計測については脳波計 (Electroencephalogram : EEG) と脳波活動を記録する電極である探査電極、活性電極と基準となる脳波を計測するための基準電極を必要とし、脳波計測手法は侵襲型と非侵襲型の2種類が存在する。侵襲型の脳波計測は脳からの信号を測定する電極を設置するために外科手術を行い、脳そのものに電極を接触させ、そのまま脳波計測用の電極を体内に留置させる手法のことを指す。非侵襲型の脳波計測は外科手術などの外科的な負担を必要としないが、頭皮上に電極を設置することが一般的のため、実験参加者の生体電気現象としての脈波、筋電、眼球運動などから発生するアーチファクトの影響により、脳波計測結果にノイズが出やすく、侵襲型の脳波計測よりも脳波計測の精度が低いとされている。

(文責: 軍司俊実)

2.2 脳の構造

2.2.1 脳の外側

脳の全体は頭蓋骨でおおわれており、頭蓋骨の直下は硬膜、雲霧状膜、軟膜と呼ばれる3層構造になっている。くも膜と軟膜との間にくも膜下腔という隙間が存在し、そこは脳脊髄液という無色透明の液体で満たされている。この髄液がクッションとなり脳を保護する役割を担っている。膜下出血はこの部分においての出血のことをいう。

(文責: 笹森皓太)

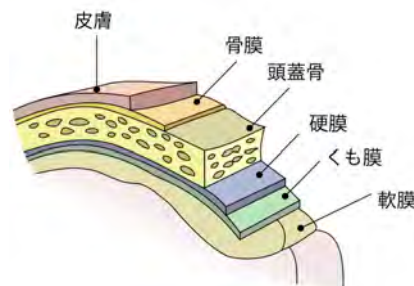


図 2.1 脳の外側

(引用 : <https://bsd.neuroinf.jp/wiki/%E7%A1%AC%E8%86%9C>)

2.2.2 大脳

ヒトの大脳は他の生物に比べて非常に発達しており、頭蓋骨の直下に位置する。おおまかに大脳皮質（表面の灰白質）、白質（大脳皮質の下にある神経の束）、大脳基底核（大脳中心部にある神経細胞の集まり）の3つの構造に分けられる。大脳は主に知覚、知覚情報の処理、統合、記憶、思考、神経の伝達路の役割を持つ。

(文責: 笹森皓太)

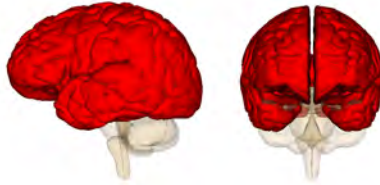


図 2.2 大脳

(引用 : <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%A7%E8%84%B3>)

2.2.3 小脳

大脳の後頭部側の下部分に位置し、大きさは大脳の 10 分の 1 ほどであるにも関わらず大脳より多くの神経細胞を有している。小脳は主に知覚と運動機能の統合の役割を持つ。平衡・筋緊張・随意筋運動をつかさどるため、小脳が損傷を受けた場合運動野平衡感覚に異常が現れ通常の運動が行えなくなる。また、アルツハイマー病患者の脳では頭頂連合野や側頭連合野が正常に機能しておらず、小脳が通常より活発に活動している。アルツハイマー病患者では例外なく小脳の活動が通常より活発である。これは大脳から失われた感情的な機能を小脳が補足する働きをしているからであると考えられている。

(文責: 笹森皓太)



図 2.3 小脳

(引用 : <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%B0%8F%E8%84%B3>)

2.2.4 視床

大脳の内側中心部に位置する器官である。背側視床、視床下部、腹側視床、視床上部の 4 つ構造に分けられ、視床下部と視床上部には、中枢神経系内の内分泌器官である脳下垂体と松果体が存在する。視床は嗅覚以外の視覚、聴覚、体性感覚などの外部刺激を滞納新皮質へ中継する役割を持つ。幻視、幻聴、妄想、認知機能障害（統合失調症）の患者の視床においてドーパミントランスポーター（DAT）の機能に異常があり、通常より 30 % の DAT 増加があると考えられている。

(文責: 笹森皓太)



図 2.4 視床

(引用 : <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%A6%96%E5%BA%8A>)

2.2.5 大脳基底核

大脳皮質と視床，脳幹を結び付けている神経の集まりである．大脳の外側は灰白質で覆われている部分が多いが大脳の深い部分に位置するにも関わらず大脳基底核は白質である．大脳基底核は運動調節，認知機能，感情，動機付けや学習などの役割を担っている．

(文責: 笹森皓太)

2.2.6 海馬

特徴的な形をしており，大脳の内側中心部に位置している．海馬は記憶や空間学習能力の役割を担う機関である．アルツハイマー病におけるもっとも初期の病変箇所と考えられており，最も研究が進んでいる脳器官の一つである．精神的なストレスを長期にわたって受け続けた場合，コルチゾールが分泌され，海馬の神経細胞が損傷を受けることで海馬が委縮する．うつ病や心的外傷後ストレス障害患者の海馬は収縮していると報告されている．

(文責: 軍司俊実)



図 2.5 海馬

(引用 : [https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E9%A6%AC_\(%E8%84%B3\)](https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E9%A6%AC_(%E8%84%B3)))

2.2.7 扁桃核

側頭葉内部の奥に位置しており，2つの球体系の神経細胞の集まりである．情動の処理や記憶などの役割を持ち扁桃核と呼ばれることもある．視床網様体核に対しては反射亢進の信号を，三叉神経と顔面神経には恐怖の表情表現の信号を，視床下部に対しては交感神経系の信号を，腹側被蓋野，青斑核と外背側被蓋核にはドーパミン，ノルアドレナリン，アドレナリンの放出の信号が送信

される。

(文責: 軍司俊実)



図 2.6 扁桃体

(引用 : <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%89%81%E6%A1%83%E4%BD%93>)

2.2.8 脳幹

中脳, 腹側被蓋野, 赤核, 橋, 青斑核, 延髄などの中枢神経系を構成する重要な脳器官の集合体である。脳幹は自立機能を直接制御する部位であり覚醒・睡眠レベルの調整姿勢の運動制御も担う。多種多様な神経で構成され, この小さな器官に多くの生命維持機能を含んでいる。

(文責: 軍司俊実)

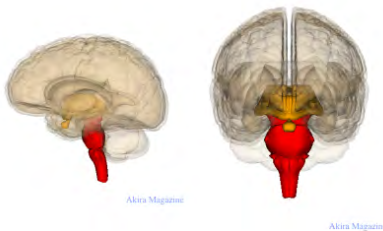


図 2.7 脳幹

(引用 : <https://www.akira3132.info/midbrain.html>)

2.3 大脳：機能局在，葉，量や機能局在

大脳は部分によってその役割や機能が振り分けられているという考え方のこと。例として, 前頭葉はものを考え運動の指令を出す, 頭頂葉はものを感じ分析する, 後頭葉は視覚情報を取り入れ解析する, 側頭葉は記憶, 音, 言語の分析を担当する。また, 基本的にヒトでは左脳が言語の優位半球となり, 計算や論理的な思考を主に担当し, 右脳は画像等の情報を処理すると考えられている。

(文責: 笹森皓太)

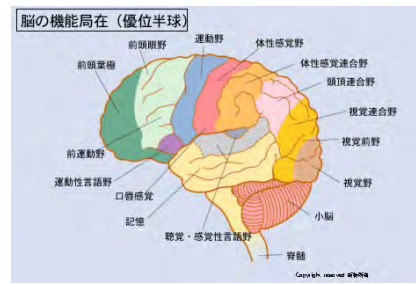


図 2.8 脳の機能局在

(引用 : <https://square.umin.ac.jp/neuroinf/brain/005.html>)

2.3.1 葉

大脳は解剖学的にいくつかの部位に分けられており、前頭葉、側頭葉、頭頂葉、後頭葉は脳の表面部分を覆うように位置し、島葉は頭頂葉と側頭葉の境目であるシルビス裂の下方奥部に隠れている。それぞれの脳葉は独自の機能を有しているが、ほとんどの活動が両半球の複数部位が協働で働く。例えば、主に後頭葉は視覚情報の処理を担当するが、両側の頭頂葉、側頭葉、および前頭葉の一部も視覚刺激の処理には不可欠であるとされている。

(文責: 笹森皓太)

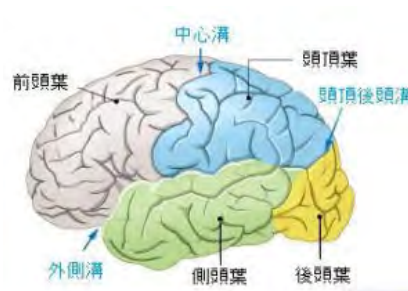


図 2.9 葉

(引用 : https://akira3132.info/cerebral_cortex.html)

2.3.2 領野

ブロードマンの脳地図により定められた、大脳皮質組織の神経細胞を組織構造が均一である部分をひとまとまりとして区分し 1 から 52 までの番号が振られた各部分のこと。

(文責: 笹森皓太)

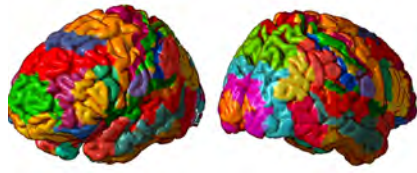


図 2.10 ブロードマン領野

(引用 :

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%96%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%89%E3%83%9E%E3%83%B3>

2.4 脳細胞

2.4.1 ニューロン

脳を構成する神経細胞のことであり、核が存在する細胞体である。樹状突起と呼ばれるニューロンへの入力と、出力の役割を果たすシナプス、伝達路である軸索を持つ。人の脳波 100 億から 1000 億程度のニューロン細胞を有するとされている。ニューロンは互いに結合しあい複雑なネットワークを形成している。各ニューロンはほかのニューロンから出力を受け取りシナプスで増減し、一定の値を超えるとほかの結合したニューロンに出力し伝達する。

(文責: 軍司俊実)

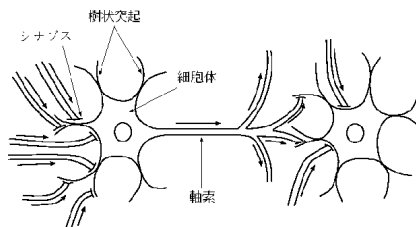


図 2.11 ニューロン

(引用 : <http://www.gifu-nct.ac.jp/elec/deguchi/sotsuron/oguri/node4.html>)

2.4.2 シナプス

情報を出力するニューロンと入力されるニューロンの間に形成された伝達路である。出力する側の細胞をシナプス前細胞、入力される側の細胞をシナプス後細胞という。シナプス伝達の効率は各ニューロンで異なり、各入力の強度により可変である。これをシナプス可塑性と呼び、一般には学習・記憶の仕組みであると考えられている。

(文責: 軍司俊実)

2.5 計測手法

脳波の計測手段は大きく分けて 2 種類あり侵襲型と非侵襲型である。侵襲型は、頭部を開き大脳皮質に直接電極を貼り付け計測手段である。非侵襲型は、頭部表面に電極を貼り付け内部で発生した微弱な電波を頭部表面で計測する手法である。

(文責: 笹森皓太)

2.6 学習の記憶

2.6.1 学習

過去の心理的、行動的な経験により行動が変化（発展）すること。技能学習は以下の 3 つの段階で分けられる。第一段階（知識ベース）では他人の行為を観察し知識として保持し、模倣する。第二段階（ルールベース）では意図的に学習した技能を反復する。第三段階（スキルベース）感覚系と運動系が供応し、無意識的に自動化された行為をする。

(文責: 笹森皓太)

2.6.2 記憶

記憶は符号化（外部からの情報を、意味に変換して取り込むこと）、貯蔵（符号化された情報を保持しておくこと）、検索（保持された情報を再度引き出すこと）の 3 つの段階に分けられる。さらに記憶の長さにより短期記憶と長期記憶に分類され、短期記憶はほんの数秒だけ保持される記憶体系で保持できる情報量は「 7 ± 2 」チャンクであるとされているが、長期記憶は比較的長く保持される記憶を差し、正気記憶はさらに言葉で表現できる宣言的記憶と言葉で表現することが難しい手続き的記憶に分類される。

(文責: 笹森皓太)

2.7 注意と意識

2.7.1 注意

ある周囲の物事や精神的な活動などに対し意識的に反応したり、注目したりすること、また、その状態が続くこと。しばしば「意識」と「注意」という概念は混乱して用いられることがある。注意には定位、フィルターリングの 2 つの側面が存在すると考えられている。定位とは注目している対象についての情報を得るために姿勢を制御することを指す。フィルターリングとは、注意を向けている対象についての情報処理を強化し、対象についてより多くの情報を得ようとする一方で、他の注意を向けていない上場についての情報処理を抑制することである。

(文責: 軍司俊実)

2.7.2 意識

脳科学において「意識」は2つの意味で用いられる。1つ目は医学的にも広く使われる意識レベルや覚醒度という意味合いの意識である。意識レベルは起床後に頭がさえているときに最も高く、就寝前に眠くなり頭がぼんやりとした時に低くなり、夢を見る状態で最も低くなる。2つ目は心理学などで扱われてきたクオリアというときに用いられる意識である。我々が経験する意識の内容は、視覚・聴覚・触覚などの感覚からなる。

(文責: 軍司俊実)

2.8 視床下部

間脳に位置し、内分泌や交感神経・副交感神経などの自律機能の調節を行う器官である。ヒトの脳の場合は脳重量の0.3%, 4g程度の小さな器官だが、体温調節、ストレス応答、接触行動、睡眠覚醒、性行動、攻撃行動など生物の恒常性維持のための機能や本能行動を中心に数多くの役割を果たしている。

(文責: 軍司俊実)

2.9 BMI (ブレイン・マシン・インタフェース)

脳波の検出や脳へ直接刺激を送ること、さらに脳波を読み取る脳波計測機や脳波を解析するソフトなどを総称してBMIと呼ぶ。また、ヒトを対象とする脳波研究においては、世界医師会「ヘルシンキ宣言」(ヒトを対象とする医学研究の倫理的原則)により個人に対する尊厳、自己決定権、インフォームドコンセントを行う権利などが厳重に規定されている。

(文責: 笹森皓太)

2.10 脳波計測の概説

2.10.1 脳波の発生機序

脳波は意識レベルの変動に対応して大きく変化することは知られているが、脳波の発現機構については未だに十分に解明されたとは言えない。脳波は多くのニューロンの活動が干渉しあった集合電位の側面として考えられており、脳波の発生についてはこれまで様々な学説が発表されてきた。その中でも現在、最も有力とされている学説はシナプス電位説とされている。ニューロンは促通性ニューロンと抑制性ニューロンに大別されており、これらが他のニューロンとシナプスを形成した場合、興奮性シナプス後電位と抑制性シナプス後電位が発生する。このように発生したシナプス電位は頭皮上で導出される脳波と関係が深いと考えられている。

(文責: 笹森皓太)

2.10.2 計測方法

本実験では脳波を計測する機器として 8 チャンネルの脳波計 AvaterEEG(AvaterEEG 社, アメリカ) を 2 台, 電極, 導電性のジェルを用いることで合計 16 チャンネル分の計測を行った。実際に脳波を計測する際, 電極と頭皮の接触点にジェルを用いて頭皮と電極を固定させ, 実験参加者が 2 種類の実験課題を行っているときの脳波を計測する。

(文責: 笹森皓太)

2.10.3 周波数帯による分類

脳波は周波数帯によって分類されている。脳波は周波数帯の値が大きくなるほど活発になり, 周波数帯の値が小さくなるほど安静になるとされており, 詳細には 0.5 4Hz 未満の脳波を δ 波, 4 8Hz 未満の脳波を θ 波, 8 13Hz 未満の脳波を α 波, 13Hz 以上を β 波と分類される。

(文責: 笹森皓太)

2.10.4 自発脳波, 誘発脳波

脳波は 2 種類存在し, 自発脳波と誘発脳波に分類されている。自発脳波とは特定の事象に左右されることなく常に発している脳波のことであり, 一般的に脳波と言われてイメージされるものがこれにあたる。これに対し, 誘発脳波とは何らかの事象に影響されることで一時的に発する脳波のことである。誘発脳波を生起させる事象としては視覚・聴覚・触覚といった外因性のものと, 期待・注意・意思決定といった心的事象に関わる内因性のものがある。

(文責: 軍司俊実)

2.10.5 事象関連電位

事象関連電位は外的あるいは内的な事象に時間的に関連して生じる脳の一過性の電位変動のことを指す。意識をもって活動する人間から非侵襲的で安全に記録することができるため, 記録結果は応用範囲が広く, 様々な用途で利用することができる。近年では心理学におけるツールとして利用されることが増えている。

(文責: 軍司俊実)

2.10.6 時間周波数解析

時間周波数解析とは, ある時間における時系列信号の周波数情報を調べるための解析法であり, 代表的な方法としてフーリエ変換や, ウェーブレット変換などが挙げられる。本プロジェクトでは記録されたデータを解析するため, フーリエ変換を用いて解析を行い, 比較検証を行った。

(文責: 軍司俊実)

2.10.7 アーチファクト

脳波計測中に計測されているデータは脳波以外に実験参加者自身の生体電気現象として脈波，筋電，眼球運動からなる雑音，ノイズが混在している．この混在している雑音，ノイズのことをアーチファクトという．脳波を評価する際，このようなアーチファクトを処理することが必須であり，アーチファクトの処理精度によって得られた脳波の信頼性にかかわる問題となりかねないため，本プロジェクトでは慎重に除去を行った．

（文責: 軍司俊実）

2.10.8 眼電位，心電位

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 の電位差のことを指す．人間の眼球の角膜側には一般に正の電荷，網膜側は負の電荷を帯びているため両者の間に電位差が発生するとされている．心電位とは心筋が興奮する際に細胞膜の内外でイオン交換されることで細胞外の電位が変化することで生まれる電位のことである．本プロジェクトでは眼電位，心電位は脳波計測する際にアーチファクトとして扱い，除去を行った．

（文責: 軍司俊実）

2.10.9 コヒーレンス解析

コヒーレンス解析とは 2 つの時系列データ間の相関具合を周波数毎に解析する手法のことを指す．コヒーレンスとは波の乙性質の一つであり，位相の揃い具合，つまり，干渉のしやすさのことを指す．コヒーレンスは 0 から 1 までの値を取り，0 の場合，まったく相関が無く，1 の場合，完全な相関があるとされている．

（文責: 笹森皓太）

2.10.10 倫理委員会

倫理委員会から「『ヒト脳機能の非侵襲的研究』の倫理問題などに関する指針」として公表されているものの中で「非侵襲的研究の目的と科学的・社会的意義」という項目より，「本指針が対象とする非侵襲的研究の目的は，健常者の脳がどのような仕組みで働いているかを明らかにすることである．例えば，高次脳機能の中でも最も重要なものの一つである記憶を取り上げてみると，外界から取り入れられた情報がどのような形で保存され，それがどのようにして必要に応じて取り出されるかを明らかにすることである．」とされている．本プロジェクトでの研究は倫理委員会の指針に記述されている「健常者の脳がどのような仕組みで働いているかを明らかにすること」といった指針に沿って行うよう，意識して行った．

（文責: 笹森皓太）

第 3 章 先行研究

創造性に関する脳波計測研究では発散的思考による創造性、芸術的創造性、洞察における創造性など各研究で調査する創造性などと分類されてきた (Dietric & kanso, 2010). 本研究における創造性は芸術的創造性に位置づけられる. 芸術性課題においては特に α 波 (9-13Hz) が関係することが報告されてきた.

(文責: 下田修平)

3.1 音楽の創造性と脳波

Petsche ら (1997) は作曲時の脳波を計測した. 実験参加者は様々なスタイルの音楽を聴いた後 (課題 a), 彼ら自身に作曲してもらい書き留める (課題 b). その結果, 7 人の作曲家の内 6 人のコヒーレンス パターンは休息時と比較して (a) 課題後と (b) 課題後で異なり, 全て個人的なパターンを示した.

(文責: 下田修平)

3.2 絵画の創造性と脳波

Petsche ら (1997) は絵画と脳波の関係性についても報告している. 実験では課題を次の 4 つを用いた. 絵画を熟考する (課題 a) 気を散らすために新聞を黙読する (課題 b) 絵画を記憶する (課題 c) 頭の中で絵画を思い浮かべる (課題 d). その結果, 全ての課題で α 波 (8-13Hz) が減少し, この傾向はアーティストである実験参加者の方が顕著であった. また, 単純課題時の α コヒーレンスの低下が見られ, 創作課題時では後頭領域で α コヒーレンスが増加した. この傾向はアーティストである実験参加者とそうでない実験参加者間で違いはなかった. 結果として, 後頭部の α 波が創造性と関係することを示唆した. また, Bhattacharya ら (2005) の実験では, 被験者自身が選択した絵を頭の中で構成し, その時の脳波を計測した. その後, 思い描いた絵を被験者にスケッチさせた. その結果, 休息と比較して, アーティストである被験者は δ 同期が大きく, 非アーティストである被験者は β 及び, γ 同期が大きくなった. そして, これらは主に前頭部分で行われていた.

(文責: 下田修平)

3.3 ダンスと脳波

Fink ら (2009) はダンスと脳波の関係性を調査した. 実験課題は (a) 創造的なダンスを頭の中で実行し, (b) 頭の中でワルツを行い, 最後に (c) モノの使い方を挙げる発散的思考テストを行った. その結果, ダンス初心者と比較してダンサーである実験参加者は (c) 課題の後脳領域の左脳部分でより強い α 事象関連電位を持ち, 創造的なダンスでより強い両側性 α 事象関連電位を持った.

第 4 章 スケジュール

前期の活動は 5 月から 8 月にかけて行った。5 月には、脳波についての知識を得るために、プロジェクトの担当の先生から基礎講義を受け、インターネットや図書室を活用しそれぞれ脳波について調べるなどをした。そして自分が見つけてきたことわかったことをプロジェクトの時間でお互いに共有した。そして、実際に脳波計の使い方を学ぶことをかねて実験演習を行った。6 月には、本プロジェクトのコンセプトを決めた。7 月には、プロジェクトのコンセプトに基づいて実験の組み立てを行った。8 月には、7 月に組み立てた実験を行い、そこまでの成果を発表した。夏季休暇を挟み、後期の活動を行った。後期の活動は 10 月から 12 月にかけて行った。10 月には前期に行った実験の問題点などを踏まえ、実験内容の再検討、修正を行った。そして実験を行った。ここからグループ内で解析班とデザイン班の 2 つに分かれて活動を行った。解析班ではさらに実験を行う係と、解析用プログラムを作成する係に分かれて活動した。デザイン班ではユーザに対して創造性を提示するためのデザインを考案し、目的を実現できるのかを検討した。それと同時に、デザインを実現するために processing の学習を行った。11 月には、実験班では 10 月と同じ実験を行いより多くのデータを集めた。また集めたデータの解析を行った。デザイン班では、processing 上でデザインを実現するために性能評価実験を行った。12 月には、発表までの短い期間を使い、ビジュアライザのプログラムの修正を行った。そして、このプロジェクトの最終成果を発表した。

本プロジェクトの活動全体のスケジュール概要を次に示す。

(文責: 山崎旅詩)

- 前期
 - 5 月 事前調べ, 基礎調べ, 脳波実験演習
 - 6 月 コンセプト決定
 - 7 月 実験組み立て
 - 8 月 初実験, 中間発表
- 後期
 - 10 月 解析班: 実験 デザイン班: デザインの考案, プログラミング学習
 - 11 月 解析班: 実験, 解析 デザイン班: アルゴリズムの考案, ビジュアライザの作成, ビジュアライザの性能評価実験
 - 12 月 デザイン班: プログラムの修正 全体: 最終発表
 - 1 月 最終報告書作成

(文責: 山崎旅詩)

第 5 章 前期の活動内容

5.1 コンセプト立案

私たちは、コンセプトを決める際にまずメンバーそれぞれから自分がやりたいこと、脳波を使ってできそうなことを考え案を出してもらい、その中から多数決できめることにした。1 回目の話し合いでは、12 個の案が出てきたが多数決によって、「主観と客観」「判断支援」「SNS」「誤字」「脳波 de ゲーム」「脳波 + Art」6 個に絞られた。ここで一度脳波の特徴や出てきたテーマについて調べつつ、話しあった。そして、脳波は可視化するのに時間がかかりリアルタイムで生かすのは難しいこと、脳波以外でも可能であることではあまり意味がないという意見が出た。そのことを踏まえ 6 個に絞った案について考えた。その中で、「脳波 de ゲーム」はゲームの作成をするというところから難しくそれを面白いと思わせること、また脳波を利用すること自体が難しいと判断し 5 個に絞られた。さらに「SNS」はどのように用いるかが難しく、実際に適応することが難しいと考えた。また「誤字検出」は脳波でなくともカメラなどのセンサを使うことで可能であると考えた。「主観と客観」は成果物の評価方法が難しいと考え、「判断支援」、「脳波 + Art」の 2 つに絞られた。そして絞られた 2 つの案についてメンバー全員で実際にそのテーマでプロジェクトを進めるとどうなるのかを話し合った。「判断支援」について進めた場合、○か×で表すため堅実に研究を進めることができそうであると考えた。「脳波 + Art」について進めた場合、脳波の種類がどれだけ検出できるのかにより、Art で表現する際に抽象的に表すのか、分かり安く見せるのかななどの問題があるという意見がでた。最終的にこれらを踏まえてメンバーがやりたいものに投票し多数決によってテーマを決定した。多数決の結果、本プロジェクトのテーマは「脳波 + Art」に決定した。そして、「脳波 + Art」について話し合いを進めた。そこで脳波から検出することができ、Art と関係のあるものについてメンバーそれぞれで調べ考えた。それにより「創造性」がこのテーマのコンセプトになると考えた。そして創造性について先行研究などを調べ、このプロジェクトで注目する「創造性」を決定した。本プロジェクトでは「芸術的創造性」「発散的思考による創造性」「洞察による創造性」に注目することとした。

(文責: 山崎旅詩)

5.2 本プロジェクトのコンセプト

本プロジェクトでは始めに、コミュニケーション時の脳波を測定、解析し実際の環境で用いることのできる装置の提案、制作を目的とした。しかし、共創時の脳波の測定を行うことは発話や体の動きによるアーチファクトが入ってしまい取り除くことが難しいということから、コミュニケーションをなくし、脳波を測定、解析し実際の環境で用いることのできる装置の提案、制作を目的とすることにした。

(文責: 山崎旅詩)

5.3 脳波計測演習

脳波の基本的な計測方法や解析方法を学ぶために、開眼時と閉眼時の脳波を比べる実験を行った。電極を2人の被験者の左耳タブ、額、Czに設置した。被験者には、まず開眼しながら交互に日本語の50音を1つずつ交互に発音してもらった。その後、閉眼しながら同じことを行い、実験を終了した。その後、得られたデータに高速フーリエ変換を行い、得られた開眼時のものと閉眼時のものをt検定にかけ、有意な差があるかを調べた。

(文責: 山崎旅詩)

5.4 前期に学んだこと

前期では、脳波計測に必要な知識と、実験の設計の仕方について学んだ。

脳波計測については主に電極の装着の仕方、脳波計の使い方、解析方法について学んだ。電極は導電性のあるジェルを付けて用いるが、そのジェルが少なすぎると計測時のインピーダンスが大きくなってしまう。また、実際に頭部に装着する際にも、被験者にはあらかじめ頭を洗ってもらう、できるだけ頭皮に密着させる、髪を巻き込まないようにする、汗をかかないようにするために部屋の温度を低めに保つなどの工夫についても知った。

脳波計については、グラウンドやリファレンスについてなどの電氣的な基本知識、その時電極装着によるインピーダンスの測り方を学んだ。また、実際に計測するときには脳波計や電極が、実験の妨げにならないようにするための方法も学んだ。

解析方法については、脳波計から得られたデータそのままでは、様々な脳波が一変に混ざった状態でしかないため、高速フーリエ変換をかけ、周波数ごとに分ける手法を学んだ。また、そのままでは体動や眼球運動によるアーチファクトが混入されていて純粋な脳波として解析することができないので、それを除くための回帰分析の手法についても学んだ。

(文責: 山崎旅詩)

5.5 本プロジェクトにおける創造性の定義

脳波から創造性を引き出すにあたり、何をもって創造性かを決めるためにそれを定義する必要がある。参考文献などを読み漁った結果、ジョイ・ギルフォードが定義した創造性因子を参考することになった。ギルフォードは、被験者に対し、レンガについてその用途を一定時間内にできるだけ多く考えよという課題を与えた。その結果を因子分析にかけたところ以下の6つの因子が抽出された。

1. 問題に対する感受性：問題を発見する力
2. 思考の流暢性：アイデアを多く生み出す力
3. 思考の柔軟性：多くの視点からアイデアを生み出す力
4. 独創性：他の人では思いつかないようなアイデアを生み出す力
5. 綿密性：生み出したアイデアを細かいところまで完成させる力
6. 再定義：そのものに対して、別な目的に利用するアイデアを生み出す力

我々はこのギルフォードの創造性 6 因子をもとに、このプロジェクトにおける芸術的創造性を次の 3 つの因子に定義した。

1. 思考の流暢性：アイデアを多く生み出す力
2. 独創性：他の人では思いつかないようなアイデアを生み出す力
3. 綿密性：生み出したアイデアを細かいところまで完成させる力

(文責: 小澤佑)

5.6 前期に行った予備実験

前期では、ヒトが共創しているときの脳波に何か特徴的なものがないかを探ることを目標に実験を行った。予備実験として、Minecraft というゲームを使った脳波計測実験を行った。Minecraft とは、サンドボックス型のゲームであり、プレイヤーは任意のブロックを自由に設置することができる。それによりプレイヤーは画面内で自由にものを作り上げることができる。このゲームの中で「理想の別荘を建てる」という目標を遂行しているときのヒトの脳波から創造性と関わる特徴波やパターンを見つけようとした。一方 Minecraft 以外にも、レゴブロックや粘土を使った実験も、グループ内で出た。しかしながらこれらでは、目当てのブロックを探すときに首や眼球が動いてしまいノイズが混ざってしまうこと、実際に腕を動かして作業するので体動によるノイズも混ざってしまうことが問題であった。Minecraft なら、ブロックを探すときも作業するときも画面を見続けるので首や眼球が動かないこと、作業するときもマウスとキーボードしか使わないので体が動きにくい。故に Minecraft を使う方針で固まった。

今回の実験で用いた道具は以下のものである。

- 脳波計 (4 機)

今回は AvatarEEG を用いた。サンプリング周波数は 500Hz とした。この装置は 1 つに付き 8 チャンネル (+Reference, GND) 計測することができる。今回はこの脳波計を 2 つ連結し、一人当たり 16 チャンネルまで測れるようにした。なお、トリガ信号により 2 つの脳波計の同期を行った。

- 電極 (18 本)

- ノートパソコン (2 台)

- マウス (2 台)

- 記録用カメラ (2 台)

2 人の被験者が実際に操作している画面が映るように撮影した。画面キャプチャにしなかったのは、被験者がどのような会話しているのかも撮影したかったこと、被験者がどのタイミングで動いたかを記録することで後のアーチファクトの除去をやりやすくすること、どの脳波がどの行動に結びついて発生したものかを分かりやすくするためである。

- Minecraft(ソフトウェア)

(文責: 山崎旅詩)

この実験には 20 歳前後の男子大学生に、2 名の組で参加してもらった。実際の実験手順は以下の通りである。

1. 被験者に電極を設置する

被験者にはあらかじめ頭皮を洗って清潔な状態にしてもらった。そこに導電性のあるジェルを付けた電極を設置した。設置場所については国際 10 × 20 法を参考にして決めた。

2. 単純課題を行ってもらう

創作課題を行っているときとの比較を行うために行った。被験者にはあらかじめこちらが提示した図形となるように、となくにあるくぼみにブロックを設置してもらった。また、はじめに所持するブロックもこちらで定めて、1 人ではブロックの種類が足りず図形を完成できないようにした。これにより被験者のコミュニケーションの活性化を図った。制限時間は 5 分とし、時間内ですべて終わった場合はその場で終了とした。

3. 創作課題を行ってもらう

単純課題を行った場所とは別の場所 (ワールド) で行った。テーマとして「理想の別荘を建てる」というものを与え、2 人で 1 つの家を建ててもらった。またこの時も、被験者に持たせるブロックはこちらであらかじめ用意し、2 人に別々のブロックを持たせることで 2 人で協力して作る体制を整えた。制限時間は 20 分とし、こちらも時間内で作り終えた場合はそこで終了とした。

4. もう一度単純課題を行ってもらう

3. で行った単純課題をそのままもう一度行ってもらった。これは創作課題前と後でも単純課題を行っているときには、脳波の変化が見られないことを確かめるために行った。

述した我々のプロジェクトでの芸術的創造性の 3 つの因子について、思考の流暢性は家の中に作る家具によって、独創性は自由に家を建ててもらうことによって、綿密性は実際に家を建てたり、家具を配置してもらうことによって引き出そうと試みた。

(文責: 山崎旅詩)

5.7 解析について

上記の実験により単純課題 5 分が 2 回分、創造課題 20 分のデータを得ることができた。1 秒につき 500 個のデータ、これが 1 人に付き 16 個分集まった。

まずは得られたデータから実験とは関係のないもの、説明中や準備中などの脳波データを、開始時、終了時に付けられたトリガを目印にして取り出し破棄した。また同時にそれぞれ「単純課題 1 回目」、「創作課題」、「単純課題 2 回目」と分けて保存した。そしてそれぞれのデータを 1 秒ずつに分け高速フーリエ変換にかけ、周波数ごとのデータに分けた。そのうち 9-13Hz のものを α 波、14-30Hz のものを β 波とした。

その後 1 回目の単純課題時のデータと創作課題のデータ、 α 波と β 波について 2 標本 t 検定を行った。全ての電極についての t 値の平均値は 7.8 であり分散は 0.8 であった。結果、単純課題時と創作課題時の脳波には有意な差があったといえる。つまり単純課題時と創作課題時では違うパ

ターンの脳波が発生していることが分かった。

(文責: 小澤佑)

5.8 前期の成果物

前期の成果物として、ビジュアライザのプロトタイプを作成した。このプロトタイプでは、あらかじめ上記で得られたデータのうち、 α 波と β 波に分けたものを入力される。それをもとに1秒ごとにそれぞれのパワーがどのように変化するかを、円の大きさを変化させるというものを作った。

(文責: 小澤佑)

5.9 前期で見られた問題点

今回の予備実験では2人1組で1つの課題に取り組むことで、共創時の脳波を測ることを目的としていた。しかし、時間や技術的な問題でこれらは断念せざるを得ないと結論付けた。後期からは共創ではなく、創造時の脳波を測り、それを被験者にフィードバックすることを目標にする。

また解析をした結果、リアルタイムで被験者にフィードバックすることも困難であると分かった。なのでフィードバックは課題が終わってから行うということに方針を変えた。

(文責: 小澤佑)

5.10 前期成果発表 (ポスター, アンケート, スライド)

前期のポスターは、色を統一し、図や表を中心に用いることで、見たときに直感的でわかりやすいものとなるように心掛けた。またスライドも、あくまで発表の手助けをするツールとして、図やイラスト、ポイントとなる用語を中心として、あまり文を用いないようにした。



図 5.1 メインポスター



図 5.2 サブポスター

中間発表の際に、聴衆に書いてもらったアンケートの結果は、発表技術は平均して約 7.1 点、発表内容は約 7.5 点であった。アンケートで書いてもらったコメントを以下に示す。

(文責: 小澤佑)

5.10.1 発表技術について

- 話す分量が多くて大変だと思いますが、極力前を向いて話す時間を多くとった方がいい印象を与えることができると思います。
- 用語らもしっかり補足されていたので理解することができました。
- 目標設定に対する前提ストーリーの話がいらなかった。
- 目標→実験への一貫性を感じられない。
- スライドがすっきりしていて見やすかった。図が多いのもよかった。
- 脳波に詳しくないためか、グラフや図の理解をするのが大変だった。
- 実際に描画するところを見たかったので、後期にリアルタイムでできることを期待しています。難しい専門用語が多く理解が大変でした。
- 少し一文が長くて説明がわかりづらいと感じました。
- 発表者以外の態度が良くない。
- このプロジェクトで最終的にはどうしたいのかがあまり伝わってこなかった。
- 発表されていた技術が上手く実現できれば、言葉でうまく説明ができない人が表したいものを視覚的に理解させることができそう。
- プロジェクトのコンセプトのスライドをもう少し工夫すべき。内容が入ってこない。
- 着想の背景について何を無駄にしたいのかが伝わらない。
- スライドに文字が少ないのはいいが、少なすぎるのも問題。
- 文字の大きさの統一。

(文責: 小澤佑)

5.10.2 発表内容について

- テーマと現状結果 (今までの成果) のつながりがよくわからなかった。
- Processing でアーティスティックな画像を作って表示する他に音を出してみると創造性が促されるのではないかな。
- Processing で図形を生成して被験者は本当に創造性を養えるのかな？
- 想像したものをプログラムに落とし込む？という研究は読手も新鮮だったので面白そうでした。
- ユーザに使ってもらう目的なのに外部出力が乏しいのが残念。
- データに正確性がでないのではないだろうか、それかある程度対象を選ぶ。
- Viewer で描画し続けると画面が忙雑にならないかな？
- イメージを描写するときのどんな数値を何と結び付けているのか気になった。
- 脳波から特徴の抽出解析を行うという前例のないことを行うのはすごそう！だけど、自分たちではほぼ1からのスタートなので、時間がかかりそう。
- 脳波が創作するのか、人間が創作するのか... 脳波が作るものについて具体的な例が見てみたかった。

(文責: 小澤佑)

第 6 章 後期の活動内容

6.1 創造性発揮時の脳波計測実験

このプロジェクトでは創造性発揮時の脳波の特徴を突き止めるため、脳波計測実験を行った。実際に行った脳波計測実験の方法、機材、実験参加者、実験するにあたっての留意点などについて以下で説明、報告する。

(文責: 山崎旅詩)

6.1.1 実験概要

このプロジェクトで行った実験では実験参加者に単純課題、創造性課題、単純課題といった順で課題を行わせることで、創造性発揮時の脳波の特徴検出することを目的に脳波計測実験を行った。実験課題としては Minecraft 創作課題を用いた。2 つの課題中の脳波を、脳波計を用いて計測した。その後、それぞれの α 波 (8-13Hz) と β 波 (15-25Hz) に注目して分析を行った。

(文責: 山崎旅詩)

6.1.2 実験参加者

実験参加者として男子大学生 7 名 (20.1 ± 0.4 歳) を対象にした。Minecraft の経験の有無は問わなかった。

(文責: 山崎旅詩)

6.1.3 実験刺激

実験参加者が行う題材として Minecraft を選択した。Minecraft とは Mojang 社が発売するサンドボックス型のゲームで、様々な色や柄の立方体を組み合わせてものを作ることができる。本実験では Mojang 社の公式ホームページで販売されている java 版を用いた。主な理由として java 版の Minecraft を利用することで java 言語を用いて研究者の視点から時間制限などの制約をすることが容易にできるからである。操作方法はマウスとキーボードのみで行うことにした。理由としては体の動きによるアーチファクトの混入を防ぐため、また、画面を注視することでの眼球運動によるアーチファクトを少なくするためである。頭部をヘッドレストに固定し、13 インチのノートパソコンで刺激を提示した。

実験にあたって、単純課題用・創作課題用の 2 種類のワールドを作成した。このワールドでは他のキャラクターが出現せず、ブロックを所持している個数に限り、無制限に置くことができ、容易にブロックを破壊できるように設定した。実験中に持たせるブロックも、あらかじめこちらで色付きの羊毛を用意した状態で始めた。円滑に実験が進むよう、ツールバーの中に納まる程度の種類に抑えた。

単純課題では、図 6.1 のように右側に提示した図形を左側のスペースに作成する課題を与えた。実験参加者は自由に動き回ることができ、実際は提示された図形の知覚でそれを確認し、画像の左側にあるくぼみに同じようにブロックを設置させた。制限時間は 5 分とし、制限時間内にすべて作り終えた場合は、その時点で作業終了とした。

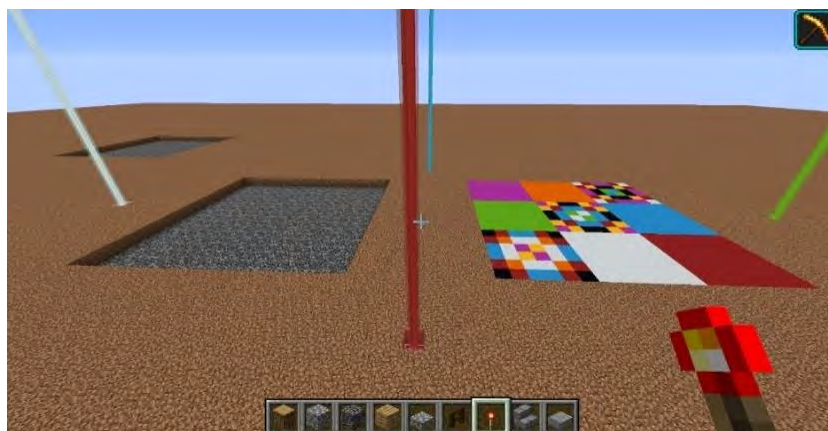


図 6.1 単純課題

創造課題では実験参加者に、「理想の家」というテーマに沿って自由に家を作成する課題を与えた (図 6.2)。制限時間は 30 分とし、制限時間内に実験参加者がすべて作り終えた場合は、その時点で作業終了とした。

(文責: 山崎旅詩)



図 6.2 創造課題の作例

6.1.4 機材及び利用する際の留意点

脳波を計測する機器として脳波計 AvaterEEG(AvatarEEG 社, アメリカ)と電極 (8ch × AvaterEEG 2 台分=16 本), 頭皮と電極を接触させるためのジェルを用いた (図 6.3, 図 6.4, 図 6.5)。本計測では AvaterEEG 1 台につき 8 チャンネル (+GND, Reference) の計測が可能である。本実験では 2 つを連結し、計 16 チャンネルで計測を行った。実際に脳波を計測する際、電極と頭皮の接触点にジェルを用いて頭皮と電極を固定させるのだが、本実験中、頭皮から電極とジェルが剥がれるなどといった事例が起こった。そのため、ジェルを多く使い、電極とジェルが頭皮に直

接接触させ、簡単には剥がれないように意識して固定する必要があった。本実験ではジェルと頭皮が接触している部分が剥がれないように上からマスキングテープで補強し、実験中は電極が頭皮から離れないように、実験後はすぐにはがせるように配慮して固定した。



図 6.3 脳波計 AvatarEEG

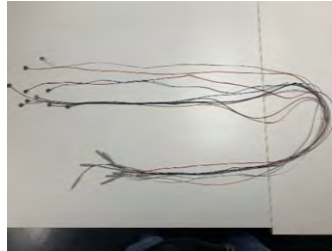


図 6.4 電極



図 6.5 ジェル

また、AvaterEEG 2 台の同期をさせるため、同期用トリガを用い、トリガ信号で同期させた (図 6.6)。この同期用トリガの扱い方にも注意が必要であり、実験で得られたデータに同期用トリガの入力が記録されないことがあった。このような事象は AvaterEEG 2 台と同期用トリガがきちんと接続されていない、もしくは同期用トリガの電源ケーブルがしっかりと接続されていないといった 2 点が原因として考えられる。そのため、同期用トリガと AvaterEEG 2 台がしっかりとケーブルで接続されているか、電源ケーブルが接続されているか、AvaterEEG 2 台が同期用トリガの入力を識別できているかといった点を実験前に点検してから行うことで解消することができた。



図 6.6 同期用トリガ

さらに本実験では Minecraft というゲームを利用した (図??)。Minecraft とは Mojang 社が発

売するサンドブロック型のゲームで、様々な色や模様の立方体を組み合わせてものを作ることができる。操作方法はマウスとキーボードのみで行うので、体の動きによるアーチファクトと画面を注視することでの眼球運動によるアーチファクトの混入を他の創造活動中よりも抑制することが期待できるためである。



図 6.7 Minecraft

Minecraft を動作させるため、13 インチのノート PC を用いた (図 6.8)。操作に必要なマウスは無線のマウスを用いることで、マウスのコードで実験参加者の創作活動を妨げることをなくし、Minecraft 内に意識を集中できるように配慮した。



図 6.8 実験に使用した 13 インチのノート PC

以上が実際に本実験で用いた機材とその機器の留意点である。

(文責: 下田修平)

6.1.5 実験手順

本実験では以下の手順で実験参加者に 2 つの課題を行ってもらった。また、電極装着中に実験参加者が Minecraft の未経験者の場合、Minecraft のチュートリアルを行った。チュートリアルの主な内容としては操作方法と作業中の活動領域についての説明を行った。

1. 単純課題 1 回目 (5 分間) : 創作する前の脳波を計測
2. 創作課題 (30 分間) : 創作時の脳波を計測
3. 単純課題 2 回目 (5 分間) : 創作した後の脳波を計測

(文責: 小澤佑)

6.1.6 脳波計測

本計測では脳波計 AvaterEEG(AvatarEEG 社, アメリカ) を用いた。計測時のサンプリング周波数は 500Hz とした。装置 1 つにつき 8 チャンネル (+GND, Reference) の計測が可能である。本実験では 2 つを連結し計 16 チャンネルで課題を行った。両脳波計の同期はトリガ信号により行った。この両脳波計の GND は短絡して用いて前頭部に、Reference については右耳朶とした。また、眼球運動を計測するために 4 チャンネルは両目のそれぞれ外側、右目の上下に装着した。他の 11 チャンネルを図 3 のように国際 10-20 法に従って装着した (図 6.9)。インピーダンスについては 20 Ω 以下となるように調整した。

(文責: 小澤佑)

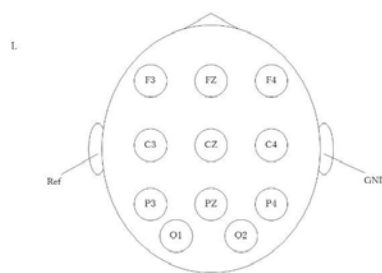


図 6.9 計測した電極の位置

6.2 解析方法

6.2.1 概要

本プロジェクトでは大きく分けて 3 つのプログラムを作成した。この章ではそれらのプログラムに使われている技術, アルゴリズムについての説明を行う。

(文責: 久保田悠熙)

6.2.2 解析全体のフローチャート

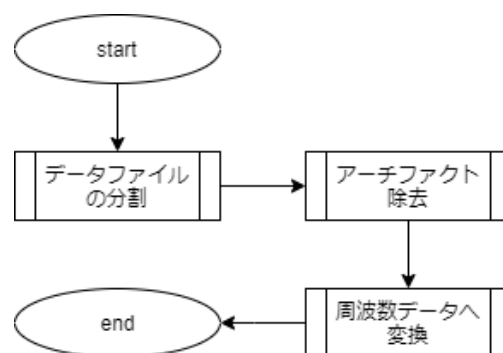


図 6.10 解析全体のフローチャート

上図はこのプロジェクトで最終的に完成した脳波解析のフローチャートである。

脳波計から得られた脳波データは約 40 分間のデータであるため、この脳波データをそのままメモリに読み込んでしまうと多大な負荷がかかってしまい、プログラムの実行が実質不可能になってしまった、そこで脳波データを実験ごと、単純課題、創造課題、単純課題 2 回目の 3 つに分割し、かつ matlab の扱いやすい形式に変更して保存した。

次に、分割した各ファイルに対して眼球運動と胎動によるアーチファクトを相関係数によって除去を行った、その後脳波データを統計解析し、頭部のどの部位が創造性を発揮しているときに優位に働いているのかを可視化できるようにし、さらに、moving window を統計解析することでどのタイミングで創造性を発揮しているのかを算出した。

(文責: 久保田悠熙)

6.2.3 各プログラムの詳細

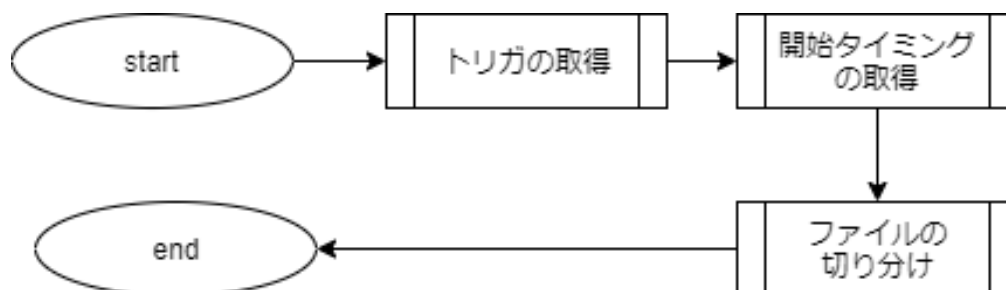


図 6.11 データファイル分割のフローチャート

上図はデータファイルの分割プログラムについて詳細にしたフローチャートである。

本プロジェクトで作ったほとんどのプログラムは統計解析用プログラミングソフトウェアであり、プログラミング言語のひとつでもある matlab(マトラボ) を使用している。

matlab は、数値線形代数、関数とデータの可視化、アルゴリズム開発、グラフィカルインターフェイスや、他言語 (C 言語/C++/Java/Python) とのインターフェイスの機能を有している。

MATLAB は、主に数値計算を扱う事ができるが、追加のオプション Symbolic Math Toolbox を使うことで、数式処理の能力を得ることができる。

2019 年時点で MATLAB のユーザー数は 400 万人を超えており、100, 000 以上の企業・大学で、工学・理学・経済学など幅広い分野に利用されている。

matlab は Python と R を足したようなプログラムの記述方法になっている、R 言語と非常に類似している点は、変数は必ずベクトル形式で宣言しなければならない、扱いに慣れが必要な点がある。

トリガの取得についてだが、脳波計から得られるデータの構造は決まっており、必ず 1 行が半角コンマで区切られているため、5 行目はトリガのデータについて記録されているため、Linux 系 OS などの shell コマンド

```
filename — cut -f 5 -d , — grep -n 1 ; out.txt
```

を使用してトリガのデータのみをテキスト形式として出力することができた。また、同じ工程を matlab で実行しようとしたが、2 時間かかってでも処理が終了せず、実行不可能と判断し shell を使うに至った、本プロジェクトでは Linux 系 OS である Ubuntu 16.04 を使用してコマンドを実行

した, time コマンドで時間を計測したところ約 0.2 秒で処理が終了した。

各実験の開始と終了のタイミングを割り出すことができたため, 各トリガの行数を使用して脳波計から得られたデータを切り抜き, 拡張子を.mat とすることで matlab の処理しやすい形に変換して保存した。次に眼球運動アーチファクトの削除を行った。

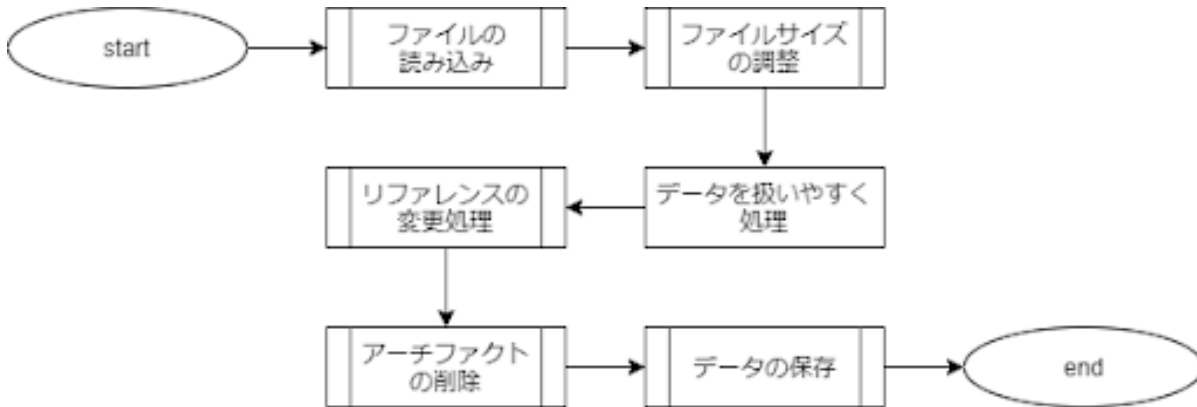


図 6.12 眼球運動アーチファクト削除のフローチャート

上図は眼球運動アーチファクト削除のフローチャートである。

まずは前述した.mat ファイルを読み込む, .mat ファイルから読み込んだデータは計器の仕様上長さが異なるため, 影響の少ないと思われる計測終了部分からデータ長の差をカットすることで, データ長を揃えた。

計測では脳波計のリファレンスを左耳だけで取っているが, 計測しておいた右耳のデータを使って

$$\text{両耳リファレンス} = \text{左耳リファレンスのデータ} - (\text{右耳の計測データ} / 2)$$

とすることで左耳のリファレンスを取ったデータを, 両耳でリファレンスを取ったデータとして扱うことができる, 左耳のみでリファレンスをとったデータは脳波のパワーが左のみ強く出たしまうことがある, だがこの式を使って両耳でリファレンスを取ったデータに変換することでその問題を解決することができる, 以下ではこの両耳でリファレンスを取ったデータを脳波データとして扱う。

また, この時点でメモリ内に読み込んだデータは 60MB ほどになっているため, 次からの実行の妨げることがある, そのため両耳のリファレンス以外をメモリからクリアしておく。

この後, 眼球運動によるアーチファクトを取り除くのだが, 眼球運動は縦の動きと横の動きに 2 つのデータを計測している, 一般的に横の眼球運動のデータには縦の眼球運動のアーチファクトが入ってしまっているといわれているため, まずは式

$$Data_c = Data - b * Data_a$$

$Data_c$: 補正後のデータ $Data$: 補正前のデータ

$Data_a$: アーチファクトのデータ

b : 補正前のデータとアーチファクトのデータの回帰係数

を使って横の眼球運動と脳波データに対して補正を行う，その後，補正された横の眼球運動データを使って，脳波データにさらに補正をかける，処理が終わったデータは.mat ファイル形式として保存される．

次に，FFT 変換を利用して体動アーチファクトの削除を行った．

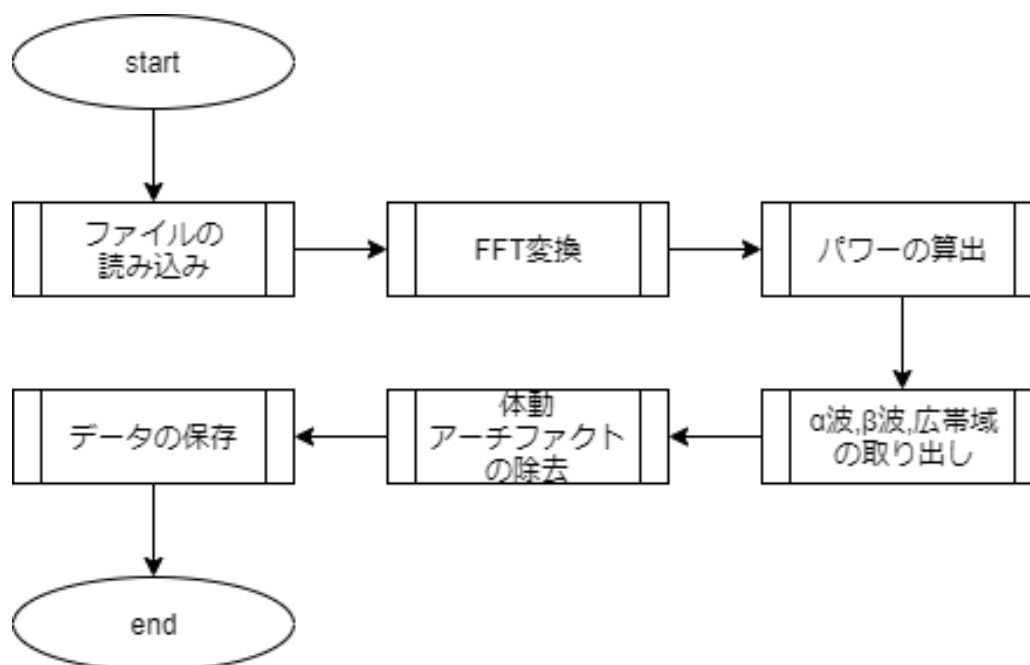


図 6.13 体動アーチファクト削除のフローチャート

まず，脳波データファイルを読み込み FFT 変換するのだが，ここで少し工夫を行った．使用した脳波計は 1 秒間に 500 個のデータを測定している，なので脳波計に合わせ，脳波データを 500 個ずつ取り出して FFT 変換を行った，また，その後には式

$$pow = \log\log(|data|^2/length)$$

$|data|$: FFT されたデータの絶対値 $length$: $data$ の個数長さ pow : 算出されたパワー

によってパワーを取得した．

次に 9 13Hz を α 帯，14 25Hz を β 帯，4 40Hz を広帯域として， α 帯， β 帯，広帯域の 3 つを取り出した．ここで，一般的に体動アーチファクトは広帯域に現れると言われているため，眼球運動アーチファクトを取り除いた式と同じ式を使用して α 帯と β 帯から体動アーチファクトを取り除いた．また，FFT 時の工夫により α 帯と β 帯のデータは，一秒ごとのパワーの推移のデータとなっている．

次に，このデータを使用して統計分析を行った，統計方法は t 検定を使用した，t 検定で求める t 値は式

$$t_{value} = \frac{M_c - M_s}{\sqrt{\frac{\sigma_c^2}{L_c} + \frac{\sigma_s^2}{L_s}}}$$

t_{value} : 求められる t 値 M_c : 創造課題の平均 M_s : 単純課題の平均
 σ_c : 創造課題の標準偏差 L_c : 創造課題のデータ長
 σ_s : 単純課題の標準偏差 L_s : 単純課題のデータ長

によって求められた。t 検定は matlab の内部に関数として用意してあるため、一行で t 値を求めることができるのだが、引数によって複雑に条件を指定することができる、言い方を変えると、条件を勝手に設定されてしまうことになる、この問題を避けるために今回は上式をプログラム内に定義した。上式を使って取得した 7 人分の脳波パワーデータの t 値を算出し、創造課題中に脳のどの部位が優位に働いているのかを求めることができた。

また、moving window を用いた t 検定も行った。

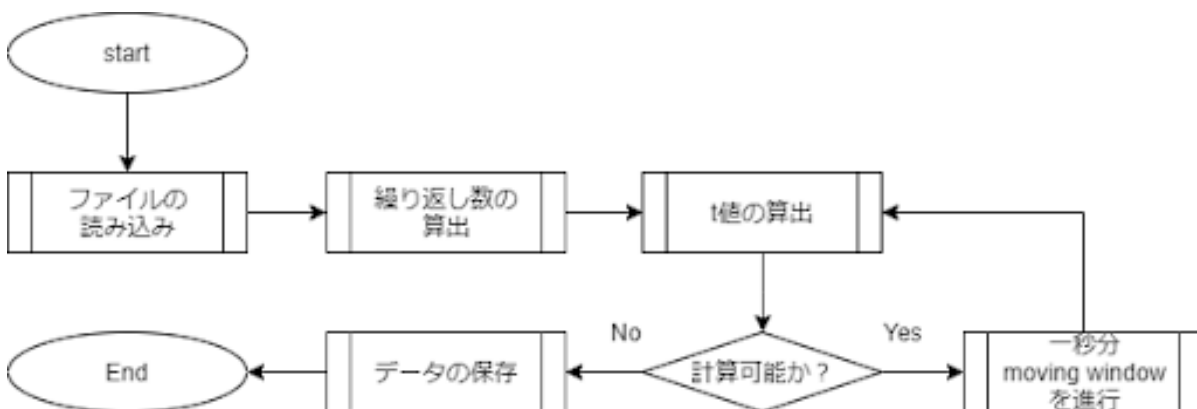


図 6.14 moving window を用いた t 検定のフローチャート

まず、創造課題の α 波、 β 波と単純実験の α 波、 β 波のデータを読み込み matlab で扱いやすい形にする、次に、各データのデータ長を取り出す。後の動作の簡略化のためにここでループの回数を算出しておく、ループ回数は式

$$loop = csz - ssz$$

csz : 創造課題のデータ長 ssz : 単純課題のデータ長

によって求められた。

次に、単純課題のデータ長を moving window の幅として設定し、求めた $loop$ 回数分 moving window を 1 秒進めて検定を行った。

この工程で結果として得られるのは創造課題中のどのタイミングでどのくらい単純課題との差が出ているかということだ。例として下記に図を添付する。

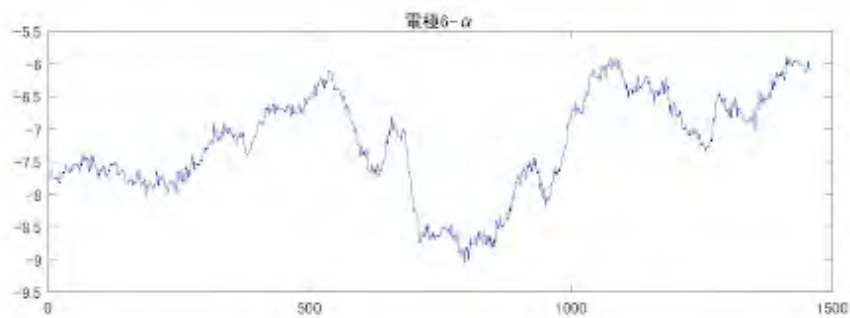


図 6.15 moving window の t 値

この図は部位 Cz における α 波で縦軸が t 値，横軸は時間 (秒) を表している。

図の t 値が急激に上昇しているあたりの時間と，撮影していた動画の場面，頭部の部位を照らし合わせることで，課題中のどのタイミングで創造性が発揮しているのかを取得することができた。

(文責: 久保田悠熙)

6.3 ビジュアライザ制作

ビジュアライザとは脳波計測実験で検出できた創造性発揮時の脳波の特徴を processing に取り込み，ユーザーに対して創造性が発揮されていることを提示するためのビジュアルエフェクト生成システムである。

(文責: 下田修平)

6.3.1 システム構成

計測した 11 チャンネル脳波の解析した α ， β 波のサンプリングテキストデータを読み込み (moving window PPT, IS, 重複なし)，ディスプレイ上に可視化する。実験 1 で観測された創造性に関する α 波， β 波の特徴的な違いを強調して表現するよう設計した。

(文責: 下田修平)

6.3.2 ビジュアライザデザイン

ビジュアライザは主に 2 つの要素によって構成されている。1 つ目は球体の動きである。1 つのチャンネルにつき α 波のパワーと β 波のパワーを参照する球体を用意した。 α 波のパワーを参照している球体は赤色， β 波のパワーを参照している球体は青色とした。今回は 11 チャンネル計測したので，画面中央部を 22 個の球体が飛び回っているようにしている。毎秒それぞれのパワーの変化量を参照し，その変化量が大きければ活発に動き回るように設計した。

2 つ目は創造性が発揮されていることを表す発光表現である。まず，1 回目の単純課題の脳波データを使って可視化するデータを校正する。チャンネルごとに単純課題の平均と標準偏差を求めて，以下に示す式を用いて 1 秒ごとに全チャンネル分の α 波， β 波の校正した値を求める。

$$y = \frac{x - M}{S}$$

y : 校正した値 x : 可視化したいデータの値 M : 1 回目の単純課題データの平均
 S : 1 回目の単純課題データの標準偏差

次に，脳波計測実験によって検出された創造性に関するチャンネルに注目する．具体的には α 波は前頭部である FZ, F4, C3, CZ, C4 の 5 つに注目し， β 波は頭頂部から右にかけての FZ, F4, CZ, C4, PZ, P4, O2 の 7 つに注目する．(図 6.16)

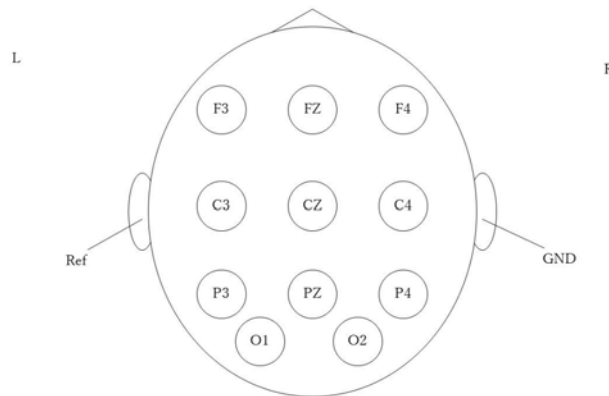


図 6.16 計測した電極の位置

各チャンネルの校正した値が α 波ならマイナスの値が過半数， β 波ならプラスの値が過半数ならば創造性が発揮されたと判断して中央部の光を強くし，その条件に当てはまらなければ創造性が発揮されていないと判断して光を弱くする．

創造性非発揮時と創造性発揮時のビジュアライザの様子を比べてみる．図 6.17 は 2 回目の単純課題を可視化したものである．単純課題 2 回目は単純課題 1 回目と同じように，ブロックを見本通りに置くだけなので創造性があまり発揮されず，中央部の光も弱い．図 6.18 は創造課題を可視化したビジュアライザである．こちらは被験者自身が目的をもって家を作るという課題なので，創造性が発揮されたタイミングで光が強くなるのが見て取れる．

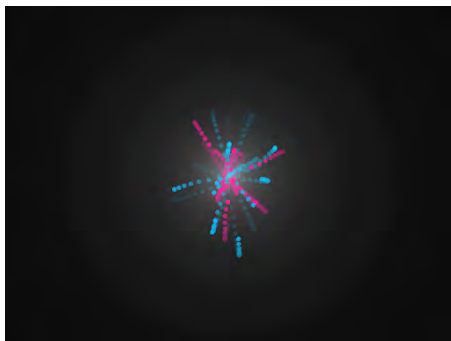


図 6.17 創造性非発揮時

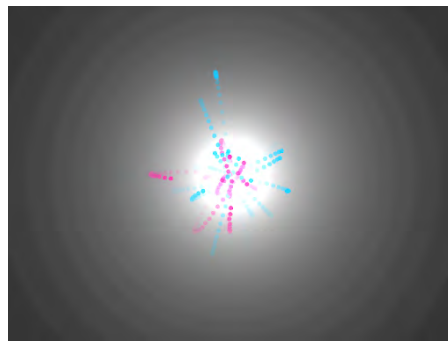


図 6.18 創造性発揮時

実際に，ある被験者の脳波データを使ったビジュアライザの様子を視聴することができる web サイトへの URL を以下に示す．

単純課題時の脳波データを可視化したビジュアライザ <https://youtu.be/jKAgedeoc7sU>

創作課題時の脳波データを可視化したビジュアライザ <https://youtu.be/df5JaQ3Qkow>

(文責: 下田修平)

6.3.3 実験 2 : ビジュアライザシステム評価実験

上記のビジュアライザの画像は、単純課題と創作課題の違いが顕著に出ている被験者の一部分を切り抜いたものであるため、実際に創造性が発揮されている時と発揮されていないときで違いが出るのかはわからない。そこで、作成したビジュアライザシステムで他の被験者の脳波データを可視化しても課題によって同様の違いが出るのか、またユーザーに創造性が発揮されていることを正しく提示できているかどうかを調査するためにビジュアライザシステムの性能評価実験を行った。

実験参加者

実験参加者として通常視力、通常色覚を持った男子大学生 7 名 (20.1 ± 0.4 歳) を対象にした。

実験手順

1 人分の単純課題、創作課題の脳波データから先ほど作成したビジュアライザシステムでアニメーションを生成する。そのアニメーションを被験者に提示し、それが単純課題のものであるか、創作課題のものであるかを判別してもらう。これを実験参加者 7 人分行い、全体の正答率を算出することで、このビジュアライザシステムが創造性を提示するシステムとして妥当であることを調査する。

本実験

実験開始前に実験参加者には「これから 1 ペア 2 つのアニメーションを 7 ペア分、計 14 個見て頂きます。それぞれ 1 ペア分のアニメーションを視聴後、どちらが創造性を表現したアニメーションであるかについてお答えください」と指示し、実験を開始した。まず、2 種類の収録データから生成されたアニメーションの内 1 つを無作為に提示した。その後、もう一方のアニメーションを同じ条件で提示した。2 つの課題終了後、前述の質問をしてその結果を記録した。

(文責: 下田修平)

6.4 実験結果

6.4.1 創造性発揮時の脳波計測実験の結果

単純課題と創作課題の α 波と β 波のパワーの差に関する 2 標本 t 検定を行った結果を示す。 t 値が上昇した箇所を赤、下降した箇所を青とし、円の大きさは t 値の変化量を表すものとし、 t 値の変動を示すものとした。

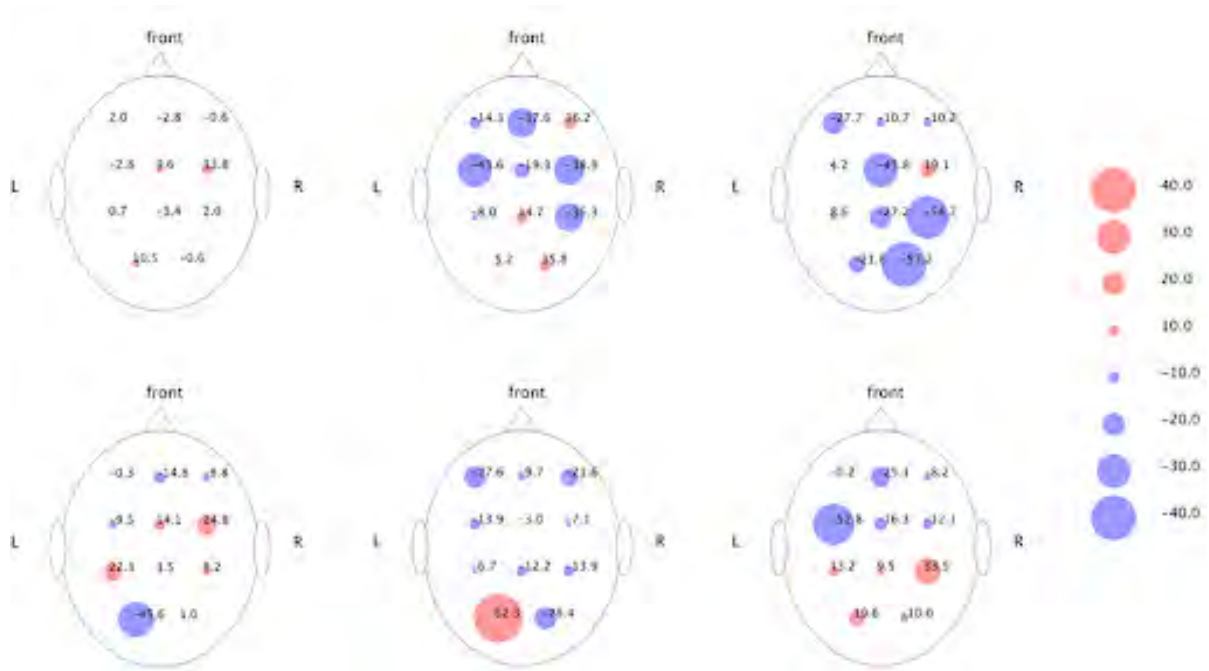


図 6.19 単純課題と創造性課題の α 波パワーの差 (t 値) に関する頭皮上マップ

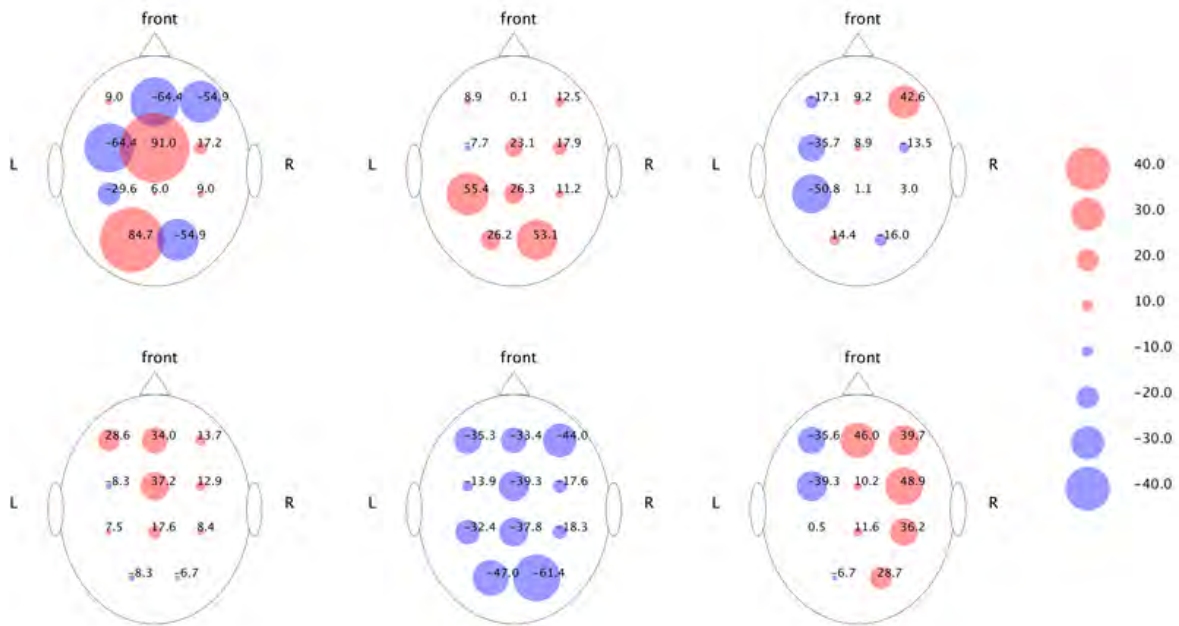


図 6.20 単純課題と創造性課題の β 波パワーの差 (t 値) に関する頭皮上マップ

また、次の図は実験参加者全体の結果を示す．ここでは上の 2 つの図からそれぞれ平均値をとり、被験者の脳波の変動の傾向を頭皮上マップで示した．

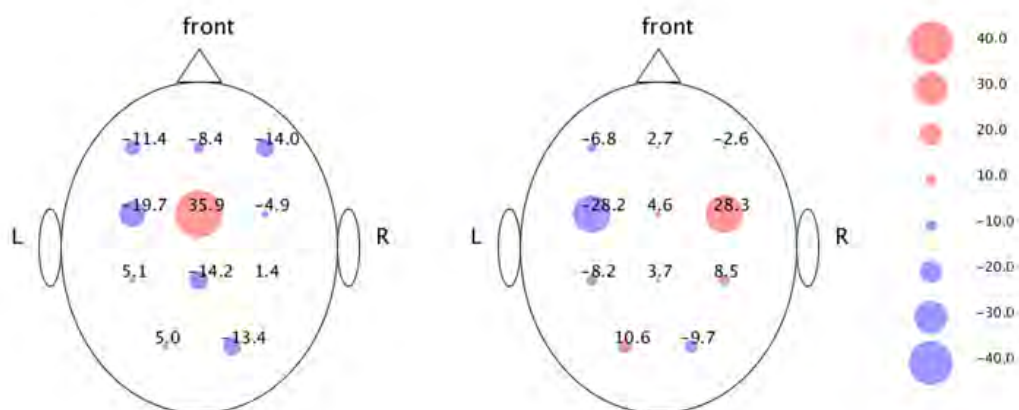


図 6.21 被験者の α 波 (左図), β 波 (右図) のパワーの差 (t 値) の各チャンネル平均の頭皮上マップ

(文責: 中村優希)

6.4.2 制作したビジュアライザとビジュアライザの評価実験の結果

ビジュアライザについての評価実験の結果は図. に示した。図. は、各被験者の正答率を示したものである。横軸は各被験者、縦軸は正答率である。また図. は評価実験全体の正答率である。縦軸は正答率である。平均正解率 $81.6\%(t(6) = 6.652, p = 0.00029)$ であった。この体系は創造性をフィードバックするシステムとして妥当であるといえる。

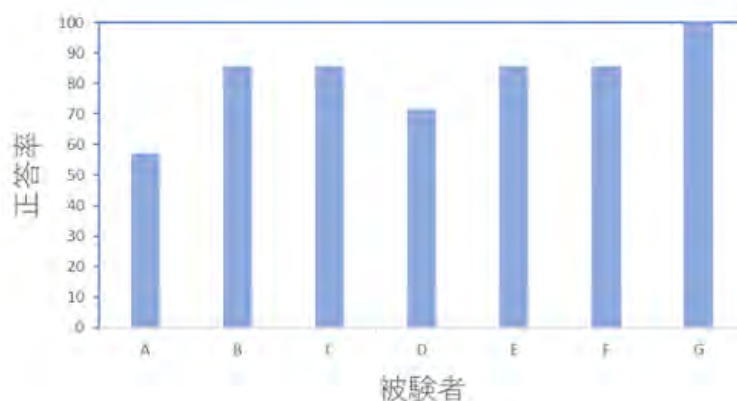


図 6.22 評価実験時の各被験者の正答率

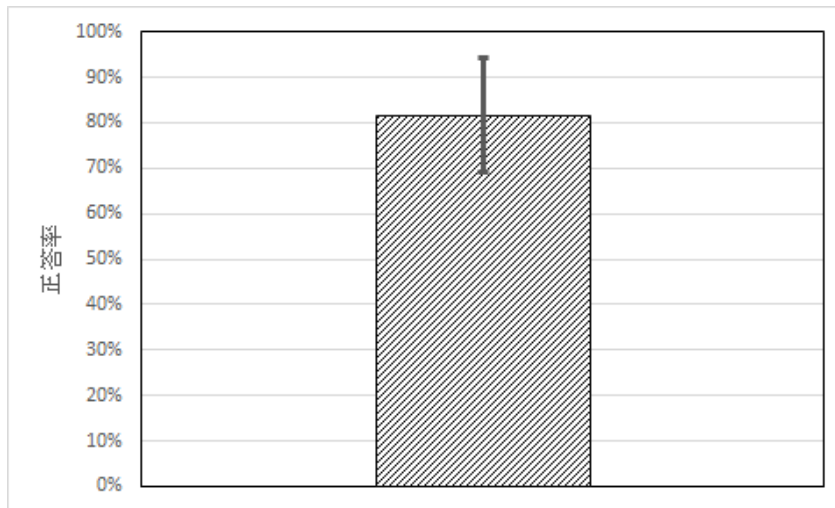


図 6.23 評価実験の正答率

(文責: 中村優希)

6.5 考察

本研究の目的は被験者に創造性に関する脳波成分を検出し、フィードバックすることで本人の自覚していない創造性や芸術性に気づかせるためのシステムを構築することにした。まず、Minecraft を用いて創作課題を遂行中の脳波を計測し、創造性に関する脳波成分を検出した。本実験で Minecraft を用いた理由としては被験者の動きを小さく抑え、アーチファクトを減らすことで期待できると考えられたからである。実際に実験を行うと確かにアーチファクトは抑えられているように感じられたが、Minecraft の操作に慣れていない被験者は操作に慣れるため、また、別の思考を行っている可能性があるため、計測された脳波に影響を与えてしまうのではないかと懸念がある。

実際に行った創造性発揮時の特徴検出実験をする際、眼球運動によって発生する体の動きによるアーチファクトは目の周囲に電極を配置し、眼球運動を検出して得られたデータから検出された眼球運動分のアーチファクトを取り除くことで対応した。得られた α 波に注目すると、被験者の前頭部で t 値が減少する、また頭頂部、後頭部で t 値が増加する傾向にある。このことから、創作課題時は単純課題時に比べ、前頭部が活発に働いていることが分かる。つまり、単純課題では実験者が指定したとおりに配置するという拘束条件や、提示された規則に順守しようとする意識が大きく影響すると考えられる。一方、創作課題時はその高い自由度によって前頭葉の t 値が下降し、 α 波が弱まり、 β 波に注目してみると東部の中央から右側にかけての t 値が上昇し、 β 波が強まったことが予想される。このことは創作課題時において単純課題時よりも右脳周辺で活発に働いていることを示している。

(文責: 中村優希)

第 7 章 本プロジェクトで得られた成果

本研究では、脳波計測実験により、創造性発揮時における頭の各部位の α 波と β 波の変動パターンを検出することができた。また、その変動パターンからユーザに創造性をフィードバックするためのビジュアライザシステムを制作し、そのシステムの妥当性を確認することができた。また、ビジュアライザシステムは、ユーザに創造性を正しく伝えられたことから、様々な発想支援技術の基礎として活用できると考えられる。

(文責: 中村優希)

7.1 本プロジェクトで学んだこと

本プロジェクトを通して、脳波計測の手順や脳波継続実験の設計方法、計測したデータの解析方法、システムの設計方法、評価実験の設計方法を学んだ。システムの設計では、どのような目的でシステムを作るのか、どのように使用者に伝えたいことを伝えるのかが重要であると学んだ。また、評価実験の設計では、どのように被験者に調査を行えば、評価したいシステムの妥当性や有用性を証明することができるのかということを学んだ。

(文責: 中村優希)

7.2 今後の展望

本研究の課題として、創造性発揮時の脳波の特徴にあてはまらない脳波パターンをもつ被験者がいたことが挙げられ、そのため、そのような実験参加者の創造性発揮時の脳波パワー推移の特徴を検出することが必要であると考えられる。

ビジュアライザシステムのメディアやデザインには改善の余地があると考えられる。本プロジェクトの脳波計測実験では、課題の内容とフィードバックの方法上、課題を行いながら被験者にフィードバックすることは不可能であった。そのため、フィードバックするメディアを音楽や振動などに変更し、視界を妨げない設計にすることで、課題を行いながらリアルタイムでフィードバックできると考える。また、近年では複数人での創作活動、いわゆる共創が注目されている。そこで複数人での創作活動による脳波を計測し、その推移などをビジュアライザシステムやその他の刺激により提示できれば、共創での活動支援につながると考えられる。

ビジュアライザシステムのメディアアートとしての可能性も期待できると考える。脳波は、人それぞれで違った波長やパワーを持つという特性がある。この特性を活用し、脳波を変数として用いることで各ユーザによって異なる出力がされるメディアアート作品を作ることができるのではないかと考える。さらに、収録されたデータを解析し、 α 波や β 波などの波長、脳波パワーの推移を参考に感情や情動を推察して表現に反映させるなどの応用の幅も広いと考える。

(文責: 中村優希)

第 8 章 成果発表会

2019 年 12 月 6 日に公立はこだて未来大学で成果発表会が行われた。成果発表会を行うにあたり、本プロジェクトの内容が分かりやすく理解できるように A 1 サイズのポスターを 3 枚とスライドを制作した。発表はプロジェクトで行ったこととや得られた成果などをスライドで発表し、その後、ポスターを見てもらうようにした。

(文責: 小澤佑)

8.1 ポスターの内容

ポスターは A1 サイズのものを 3 枚制作した。各ポスターはプロジェクトの概要、デザイン班、解析班のことについて書かれている。プロジェクトの概要についてのメインポスターには、脳科学とコミュニケーションを掛け合わせた本プロジェクトの目的、創造性に注目した背景、脳波とは何か、L.S.C システムと名付けたビジュアライザシステムについて、前期での制作プロセスが書かれている。デザイン班について、のポスターには、デザイン班の活動内容、ビジュアライザのデザインの要件について、ビジュアライザの評価実験とその結果について、後期でのデザイン班の制作プロセスが書かれている。解析班についてのポスターには、解析班の目的、創造性の検出実験の内容、その実験の結果、解析方法、後期での解析班の制作プロセスが書かれている。ポスターを制作する際には、主要な項目に分けてポスターを制作し、イラストや写真などを使い分かりやすく伝えるように工夫した。

(文責: 中村優希)



図 8.1 メインポスター

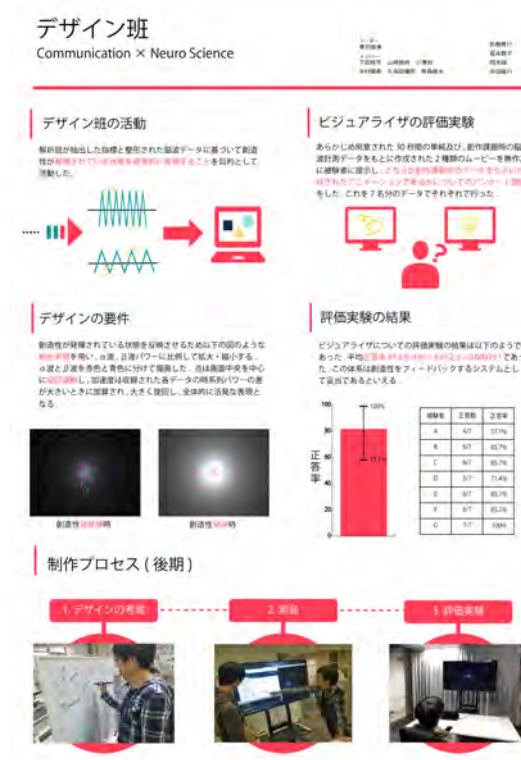


図 8.2 デザイン班のポスター

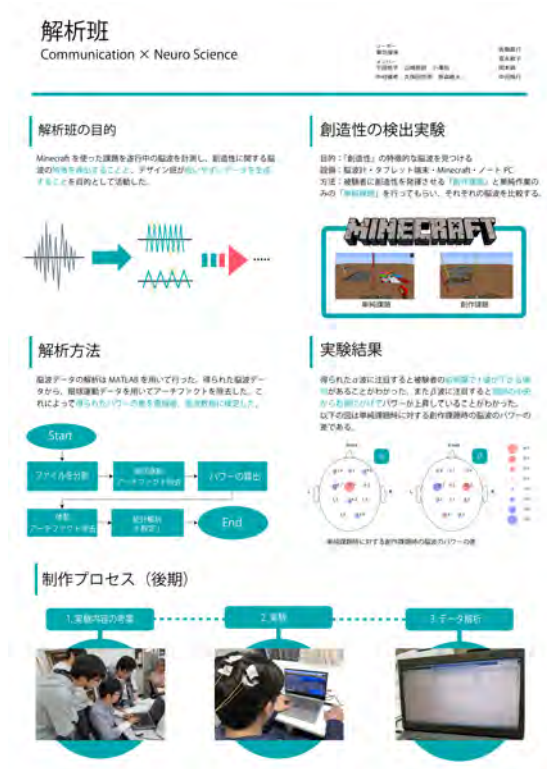


図 8.3 解析班のポスター

8.2 スライドの内容

スライドには、脳波とは何か、創造性に注目した背景、創造性発揮時の脳波計測実験の内容と結果、解析方法、ビジュアライザについての説明、ビジュアライザの評価実験の内容と結果、最後に成果と展望が書かれている。スライドを制作する際には、図や表を用いて分かりやすく説明できるようにし、スライドに内容を簡潔にまとめるように工夫した。

(文責: 小澤佑)

8.3 評価シートについて

8.3.1 評価シートの内容

評価シートは、成果発表会で発表前に配布し、発表が終わり次第回収した。評価項目は、プロジェクトの内容を伝えるために、効果的な発表が行われているかという発表技術の10段階評価と、プロジェクトの目標設定と計画は十分なものであるかという発表内容の10段階評価の2項目であった。また、各項目に対してコメントを記述する欄も設けた。

(文責: 中村優希)

8.3.2 評価シートの結果

成果発表会で学生、教職員、一般の方に評価シートを記入してもらい、合計 43 名から回答を得た。その結果、発表技術の平均評価点は 7.5 点、発表内容の平均評価点は 7.8 点であった。発表技術と発表内容のコメントの一部を以下に示す。

- 声の抑揚が小さく内容が後半に行くほど入ってこなかった。
- 身振り手振りがなく、文字を追うのがつらかった。
- 分からない部分を細かく解説されていたので良かった
- item 発表者が身振り含め聴衆に伝わりやすいプレゼンをしようとしているのが伝わってきてよい。
- スライドの構成も振ったネタをきちんと回収する形になっており聞きやすい。
- モニタの前で説明する際、スライドと自分がかぶってないか確認する余裕があるのがよかった。
- 話すスピードが少し早いように感じた
- スライドに対して話す量が多い気がした。
- 話の展開が分かりやすかった。
- 少しスライドを注視しているのが気になった。
- ビジュアライザを 2 回目の理由も補足で述べてわかった。
- 内容が難しかったのでもう少しわかりやすく説明してほしかった
- 「モノがヒトの創造性を引き出す」この目標と発表内容との関係がなかなか見えてこない。
- 理論的部分が多いと専門性のない人には魅力が伝わりにくいかもしれません..
- 1 年間の活動がそれぞれの目的にそって丁寧に説明されていてわかりやすかった
- 話すときの文と文の間の取り方が上手だった。ゆっくり話していたので聞き取りやすかった。
- スライドがとても見やすかった。少し声が小さかった。
- 脳波の比較結果がぱっと見でよくわからなかった。ビジュアライザシステムも何やっているのかよくわからなかった。短い時間では理解しにくい。
- 導入が丁寧で分かりやすい。着想がおもしろい。段階を踏んでいて理解しやすかった。創造性をフィードバックする意味が分からなかった。
- ビジュアライザシステムを使用してみたいと思った。今後の発展に期待したい。
- 何故その課題に着目したか、何を明らかにしたいのか、まではよく伝わってきたが、解析とデザインのパートが何に結びつくのかが説明不足であったように思う。実験結果は大変興味深い。
- 時々、難しく感じるがあったが、アニメーションや図がありよかった
- 電極が 8 つでなぜ足りない？パワーの低下と上昇の書き方が誤解を招きやすいため、ほかの方法で表したほうが良いのではないかと思った。
- 課題発見から分析、それを解決する制作物を作成し、その評価実験まで行っているのがすごいと思った。
- プレゼンの序盤で少しでも良いので成果を示したほうが良いと思う。脳波計を増やした理由をもっと明確にすべき。
- 単純課題のときもどのようにやれば効率がいいかなどの創造性が出そう。興味深い。人間の

無意識の活動に焦点を当てた興味深い内容だった

- ビジュアライザシステムで創造的な活動をしている脳波が分かるということはわかったが、それを何に活用できるのかはよくわからなかった。

これらのコメントから、発表技術については声量が小さい、話すスピードが早いときがあるというコメントがあったので、発表者それぞれが気をつけるように意識しなければならないと感じた。一方で、スライドが順序よくまとまっており、話のテンポがよく聞きやすかったという意見もあった。発表内容については、内容が専門的なものであったためかできるだけ分かりやすく伝えようとしていたが内容が難しく理解できなかったという意見や解析方法やビジュアライザについての部分がよく理解できなかったという意見があったので図などを用いて分かりやすく伝えていきたいと感じた。

(文責: 中村優希)

第 9 章 プロジェクト内のインターワーキング

本章では各プロジェクトメンバーが一年間の活動を通して行ったこと、内省したものを記述する。

(文責: 小澤佑)

9.1 軍司俊実

私はコミュニケーション脳科学プロジェクトのリーダーとしてメンバーのタスク管理と日程のマネジメントを行ってきた。毎回のプロジェクト活動前日に翌日の活動内容のリマインダや前回の活動のまとめを送信することで、メンバーに現在の進捗を意識させる工夫をした。また、タスクは各メンバーの得意、不得意に合わせ、各々でできる作業はプロジェクト活動時間外の課題にすることを強く意識したタスク管理をすることで活動日を有意義に使えるように努めた。私たちのグループにはデザインコースの学生がおらず、中間発表会と最終発表会のためのスライドやポスターなどを制作する際の作業が難航した。そんな中、デザイン全般は私が担当し、本を読んだり担当の教員からアドバイスをいただいたり、試行錯誤を繰り返した。だが、私にほかのメンバーよりも多くの負荷がかかっていたわけではなく、この作業の役割分担は徹底されていた。私がデザインを担当する一方で、ほかのメンバーは記入する内容や必要事項などを精査する仕事をする中で、リソースを無駄なく活用すると同時に、負担を均一に分配した。後期、私はビューアのデザイン班に配属された。デザインを決定するにあたり、ユーザに効果的にフィードバックすることができるような工夫を盛り込みながら多くのアイデアを出した。その結果その後の実装の段階においても「Processing ジェネラティブアート入門」を参考にしながらジェネラティブアートプログラミングに必要な知識や基本的な方針などを学んだ。その結果、決定した通りのデザインをメンバーと協力しながら作成することができた。

(文責: 軍司俊実)

9.2 下田修平

私はプロジェクトのサブリーダーとして1年間活動を行ってきた。チーム開発の難しさと楽しさを知った。その中で学んだことは大きく分けて3つである。一つ目は情報共有の大切さである。本プロジェクトは7人のメンバーで行われた。同じ時間に全員で話し合いをしたとしても、各個人の解釈によって目的がずれてしまうことが多々あった。そこで話し合いの途中、わからない部分が出てくると話し合いを中断してでも質問・確認をすることで、プロジェクト内での目的・活動の指針を全員が理解しながら作業を進めることができた。また、後期からはグループごとに活動したので、各グループの進捗状況などを報告しあうことで効率よく作業を進めることができた。二つ目はプロジェクトの進め方である。今まで私たちはチーム開発をほとんど経験したことがなく、最初に何をすべきなのか、目的を達成するためには何をすればよいのかなど、わからないことばかりだった。そこで、前期と後期の活動開始時に全体スケジュールをメンバー全員で話し合う機会を設ける

ことで、活動の見通しを立てるようにした。そうすることで、各メンバーが自分のやるべきことを理解し、期日までに計画的に作業を終わらせることができた。また、毎週2回のプロジェクトの時間の前日には、活動内容の予定や課題を連絡することで、全体で行うプロジェクトの時間を無駄にすることなく有意義に使うことができた。私はサブリーダーとして、他のグループの進捗状況を確認しながらスケジュールの管理をしていたが、プロジェクトが円滑に進むために貢献できたと考えている。三つ目は発表の仕方である。これまでも講義などで度々プレゼンテーションは行ってきたが、スライドのデザインや内容など、人に伝えるために必要なことが不足していたと感じた。特に内容に関しては、どうしても話が飛躍してしまい、初めて発表を聞く人のことを考えて論理的に発表することが難しかった。そこで教授からのアドバイスを受けることでどのようにすれば相手にわかりやすく内容が伝えられるのか、発表に興味を持ってもらえるのかなど、これからの将来に役立つような知識を得ることができた。また、メンバーの中でも発表内容に対する意見を伝え、話し合うことで自分に足りない部分を学ぶことができ、よりよい発表をすることができた。今回のプロジェクト活動では1年間という長い期間でのチーム開発という貴重な経験を得ることができた。難しい部分やまだ出来ないこともたくさんあるが、チームで開発するということは自分一人では出来ないことを可能にするという非常に面白い部分もあると感じた。プロジェクト活動を通して得られた多くの経験を今後の活動に活かしていきたい。

(文責: 下田修平)

9.3 山崎旅詩

このプロジェクトでは、脳波の発生機序やその特徴、そもそもの脳の働きなど脳についての基礎的な知識を学ぶことができた。また、電気的な信号を扱うので、ノイズの発生原因や、グラウンドやリファレンスの意義についても知った。

また、自分はこのプロジェクトにおいて主に実験に関わっていた。実験の内容を、できるだけノイズの乗らない、かつ創造性課題時と非創造性課題時で脳波のパターンの違いが創造性に起因するもののみになるように設定した。ここで私は対照実験の設計の仕方について学ぶことができた。実際に脳波を測るときには、電極の設置などのための準備時間がかなりかかってしまい、被験者が疲弊し実験に支障をきたしてしまうので、それを回避するために電極を付ける練習をしたり、メンバー間でうまく役割分担ができるようにした。また、被験者の操作の邪魔にならないように、かつ電極が動くことによるノイズを防ぐためには、どのように電極や脳波計を設置すれば良いのかを学んだ。また、Matlab で書かれた解析用のプログラムを Python に移すなどもした。この際、Python や Matlab そのものの知識はもちろん、いくつかの解析手法、高速離散フーリエ変換などや、回帰分析によるアーチファクトの除去の仕方などを学ぶことができた。

実験以外のところでは、前期ではサブポスターの作成を担当した。これにより adobe illustrator の使い方や、実際にポスターを作るときにはトンボを付けることによりサイズを調整できることなどを知った。後期ではスライドの作成をしながら、全体のおおまかな原稿を執筆した。

(文責: 山崎旅詩)

9.4 小澤佑

本プロジェクト活動で、私はまず脳科学について学んだ。そこで、脳波について、脳科学の基礎知識、脳波計測の方法、注意点などを学ぶことができた。次に、脳波について調べたことを発表した。脳波について自分の興味の持ったことや重要に思ったことをスライドなどにまとめて発表した。プロジェクトのコンセプトについて話し合った。コンセプトの話し合いでは論文や文献などを読み、様々なアイデアを出すことができた。その結果、創造性の脳波の特徴が先行研究でも詳しく特定されていないことから創造性発揮時の脳波の特徴を検出し、ユーザにフィードバックするシステムを作るものとした。その後、創造性発揮時の脳波計測実験を手伝いながら、ビジュアルライザシステムのデザインについて考えた。ビジュアルライザのデザインは脳波を使っていること、創造性が発揮されている状態が明確にわかることなどに注意しながら、文献などを調べてデザインを決定した。解析の結果をもとにして創造性発揮時の脳波の特徴が反映されるように processing のプログラムを組むようにした。ビジュアルライザが完成した後、ユーザに創造性を正しく伝えられるのかを目的とした評価実験を行った。評価実験では、その目的が果たせるような実験方法になるように注意しながら実験の設計を行った。評価実験の結果、ビジュアルライザは創造性を提示するためのシステムとして妥当であるという結果が得られた。成果発表では、聴き手に分かりやすく伝わるようにスライドや原稿などを制作した。

(文責: 小澤佑)

9.5 久保田悠熙

私は本プロジェクトにて主に脳波の解析プログラムと、脳波計測実験における、マインクラフトの実験用ワールドの作成を担当した。プロジェクト初期には統計解析ソフト兼プログラミング言語である matlab の使用感に慣れるために hello world を行った。matlab はプログラミングの構文に非常に癖があり、数式などをプログラムに落とし込むのに慣れが必要であるためプログラミングをする可能性があるメンバーに対しては念入りに情報共有を行った。次に、脳波取得実験のためにマインクラフトワールドを作成した。ワールドは被験者にできるだけ負荷をかけないようにシステムを構築しなければならない、理由としては被験者が実験中に実験以外のことに気がとられると、脳波データにノイズとして出てしまう可能性がかなり高いからである。そのため、移動、時間管理、建築のための素材の管理などはすべて自動で管理されるようにワールドの構築を行った。脳波計測実験によって得られた脳波データはスプレッドシート形式で保存されているため、まずは、スプレッドシート形式から matlab が扱いやすい.mat 形式に変換しつつ、不要なデータを削除した。その後、脳波データからアーチファクトを取り除き、 α 波や β 波を取り出して統計解析を行い、それによって創造性が発揮されているであろうタイミングを取り出した。私が本プロジェクトで行ったことをまとめると以上ようになる。

(文責: 久保田悠熙)

9.6 笹森皓太

プロジェクト活動開始したばかりの頃はプロジェクトのテーマを決めるために積極的にアイデアの提案や、プロジェクトテーマを決めるための判断材料になるような興味深い先行事例や、研究事例をプロジェクトメンバーに紹介し、有用となりそうな情報を多く提供し、なるべく早くプロジェクトテーマを決定できるように立ち回った。プロジェクトテーマ決定後はそのテーマを実現するために実験班の一員としてどのような機器が必要なのかなどを調査し、脳波計測器や、脳波計測器2台を同期させるために扱う同期用トリガなどといった実験機器の扱い方などを理解して実験を行えるように尽力した。実験を行う際には実験参加者の頭皮に脳波計測用の電極を配置したり、実験前にちゃんと機器が動作するか確認するための点検を行ったり、使用した後の実験機器の洗浄などといった処理を行った。さらに、実験班以外のプロジェクトメンバーでも実験が行えるように実験の流れや、実験で扱う機器の取り扱いについての留意点などを記述した実験マニュアルの作成なども行った。プロジェクトの中間報告会や、最終報告会などの発表の間では実験班で担当した範囲のプレゼン資料の作成や、発表当日はプレゼンのプロジェクトのコンセプトについて説明するパートを担当した。プロジェクト活動の最終報告書の作成では実験方法と脳波計測の概説、脳波についてといった3つの項目を担当し、作成した。

(文責: 笹森皓太)

付録 A 参考文献

- [1] Arne Dietrich and Riam Kanso. (2010). A Review of EEG, ERP, and Neuroimaging Studies of Creativity and Insight. *Psychological Bulletin*, Vol. 136, No. 5, 822–848. DOI: 10.1037/a0019749
- [2] Petsche, H., Kaplan, S., von Silva, A., & Filiz, O. (1997). The possible meaning of the upper and lower alpha and frequency ranges for cognitive and creative tasks. *International Journal of Psychophysiology*, 26, 77-97. doi:10.1016/S0167-8760(97)00757-5
- [3] Bhattacharya, J., & Petsche, H. (2005). Drawing on mind' s canvas: Differences in cortical integration patterns between artists and non-artists. *Human Brain Mapping*, 26, 1–14. doi:10.1002/hbm.20104
- [4] Fink, A., Graif, B., & Neubauer, A.C. (2009). Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs. novice dancers. *NeuroImage*, 46, 854-862. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.02.036