

公立はこだて未来大学 2022 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University Hakodate 2022 Systems Information Science Practice
Group Report

プロジェクト名

Well-being! 脳科学

Project Name

Well-being! Brain Science

プロジェクト番号/Project No.

7

プロジェクトリーダー/Project Leader

川口拓輝 Hiroki Kawaguti

グループメンバ/Group Member

小山田莉子 Riko Oyamada

小林陽 Hinata Kobayashi

下屋敷紗季 Saki Shimoyashiki

奈良正宗 Masamune Nara

山内結月 Yuzuki Yamauchi

指導教員

佐藤直行 富永敦子 中田隆行

Advisor

Naoyuki Sato Atsuko Tominaga Takayuki Nakata

提出日

2023 年 1 月 18 日

Date of Submission

January 18, 2023

概要

本プロジェクトは、良い思い出のある曲を聴いているときの脳波と心情の分析をテーマとしたプロジェクトである。Well-being とは、身体的、精神的、社会的に良好な状態のことである。そこで、私たちは心理的 Well-being に着目し、良い思い出のある曲を聴くと、その思い出が想起されることで Well-being になると考えた。そして、そのときの脳波と心情の相関関係を明らかにすることを研究目標として活動を行った。仮説として、記憶想起に関係する θ 波が強く出る、前頭葉の左右の脳波を比較し左の脳波が強く出ると予想した。実験では、何も聴いていない状態の脳波を計測した後、先に良い思い出のある曲を聴いた後、思い出のない曲を聴くパターンと、先に思い出のない曲を聴いた後、良い思い出のある曲を聴くパターンの二つを被験者ごとに交互にかえて脳波を計測した。実験を始める前と曲を聴いた後に、尺度を用いたアンケートに回答してもらい、そのときの心情も調べた。実験で得られた脳波のデータを解析した結果、良い思い出のある曲を聴いているときの脳波は、何も聴いていないとき、思い出のない曲を聴いているときと比較して、 α 波と θ 波に差がみられず、記憶想起がされていなかった。また、アンケートによる尺度の得点を分析した結果、良い思い出のある曲を聴いているときと思い出のない曲を聴いているときの高揚感因子の得点に有意差があり、良い思い出のある曲を聴いているとき高揚感が高まっていたことがわかった。分析結果やアンケートの内容から、良い思い出のある曲を聴いた後に高揚感が高まった理由は思い出の内容にあると考察した。今後の展望としては、思い出の時期によって記憶想起のされやすさが変わるのか、悪い思い出のある曲を聴いたときは思い出が想起されるかなどの研究があげられる。

キーワード 脳波, コミュニケーション, オンライン

(※文責: 山内結月)

Abstract

This project focuses on the analysis of brain waves and mental states while listening to songs with good memories. Well-being is a state of physical, mental, and social well-being. Therefore, we focused on psychological well-being and considered that listening to a song with a good memory causes one to become well-being by recalling that memory. Our research goal was to clarify the correlation between brain waves and mental states at that time. The hypotheses were that theta waves, which are related to memory recall, would be stronger, and that the left brain wave would be stronger by comparing the left and right brain waves in the frontal lobe. In the experiment, after measuring the brain waves of the subjects who were not listening to anything, we alternated the pattern of listening to a song with a good memory first and then to a song without a memory, and listening to a song without a memory first and then to a song with a good memory. Before starting the experiment and after listening to the song, the subjects were asked to answer a questionnaire using a scale to determine their emotional state at that time as well. Analysis of the EEG data obtained in the experiment revealed that there was no difference in alpha and theta waves during the EEG while listening to a song with good memories compared to when listening to nothing or to a song with no memories, and no memory recall was observed. Analysis of the scores on the questionnaire-based scale also revealed that there was a significant difference in the scores on the elation factor when listening to songs with good memories and when listening to songs without memories, indicating that elation was enhanced when listening to songs with good memories. Based on the results of the analysis and the content of the questionnaire, it was considered that the reason for the heightened sense of elation after listening to songs with good memories was the content of the memories. Future research will be conducted to determine whether the ease of memory recall changes depending on the timing of the memories and whether memories are recalled when listening to songs with bad memories.

Keyword EEG,communication,online

(※文責: 山内結月)

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	先行研究	1
1.3	目的	2
第 2 章	脳波計測にあたっての基礎知識	3
2.1	脳波とは	3
2.2	電極配置について	3
2.3	脳波計測方法について	4
2.4	脳の左右差	4
2.5	前頭葉	5
2.6	五感との関係	6
2.7	脳の構造	8
2.7.1	大脳	8
2.7.2	大脳皮質	9
2.7.3	大脳辺縁系	9
2.7.4	大脳基底核	10
2.7.5	灰白質と白質	10
2.7.6	小脳	10
2.7.7	脳幹	11
第 3 章	予備実験	13
3.1	テーマ決め	13
3.1.1	ブレインストーミング	13
3.1.2	KJ法	14
3.2	脳波解析	14
3.2.1	Python	14
3.2.2	バンドパスフィルタ	15
3.2.3	高速フーリエ変換	15
3.2.4	標準偏差と平均を利用した処理	15
3.3	方法	15
3.3.1	日時・場所	15
3.3.2	被験者	16
3.3.3	装置	16
3.3.4	材料	16
3.3.5	手続き	16
3.4	結果	16
3.5	考察	17

3.6	結論	18
第 4 章	中間発表会	19
4.1	準備	19
4.2	アンケート	20
4.3	改善点	21
4.4	前期まとめ	22
第 5 章	本実験	23
5.1	方法	23
5.1.1	日時・場所	23
5.1.2	被験者	23
5.1.3	装置	23
5.1.4	材料	23
5.1.5	手続き	23
5.2	尺度の説明	24
5.3	結果	24
5.4	考察	25
5.5	結論	26
第 6 章	成果発表会	27
6.1	準備	27
6.2	アンケート	28
6.3	改善点	30
6.4	後期まとめ	30
第 7 章	今後の課題と展望	31
7.1	課題	31
7.2	展望	32
第 8 章	インターワーキング	33
8.1	小山田莉子	33
8.2	小林陽	34
8.3	下屋敷紗季	34
8.4	奈良正宗	35
8.5	山内結月	35
付録 A	脳波解析用プログラム	37
	参考文献	45

第 1 章 はじめに

1.1 背景

本プロジェクトでは、「well-being ! 脳科学」をテーマとして活動を行った。新型コロナウイルスによる影響を日々受けている現代において、Zoom などのオンラインツールが広まったことにより、家の中にいることが多くなった結果、なかなか気分が上がらない日々が続くことが多くなった。そこで、well-being な状態になるための方法がないかを、脳科学の観点から模索した。well-being な状態というのは、身体的、精神的、社会的に満たされた状態であることを定義した [1]。そこで、身体的、精神的、社会的に満たされた状態というのは、例えば、心身ともに健康な状態であったり、楽しいことを思い出してポジティブな状態になっていたり、人間関係において信頼や愛情がある強い関係性を築いている状態のことであると考えた。話し合いを進めていく上で身体的、精神的に着目した 2 つの方法が案として出たためグループを 2 つに分けることになり、グループ B では「音楽で想起される思い出の脳波分析に関する研究」というテーマで活動を行った。

(※文責: 奈良正宗)

1.2 先行研究

私たち B グループは佐藤ほか [2] を基に実験を進めていった。佐藤ほか [2] は今までは群衆における Well Being の研究は行われてきておらず、ましてや生理学的なデータからのアプローチやフィードバックの事例があまり見られなかったため行われた。

また、実験の手法としてはイメージセンサーによる可視光通信を応用した実験範囲を拡大した実験器具を用い、その実験器具を用いた本システムでは被験者には幾つかのライブコンサートを見てもらう。そして、被験者に取り付けられた呼吸系や脳波計と出力を同じにした LED ライトを用いて点滅信号に変換し遠方に設置したカメラにてその点滅を撮像した。その後、被験者の生体データを集めた。結果としては観客の息を吸う、吐くのタイミングが一致した場合データの同期性が高まることが分かった。

本実験で用いる尺度として石井ほか [3] の中で使用されている尺度を利用した。この先行研究の中で説明されている音楽作品の感情価測定尺度、通称 AVSM を我々の実験に合うように改善して用いる予定である。この尺度は音楽を気分誘導に用いる際には音楽の持つ感情的性格を表す音楽の「感情価」を統制して研究を行う必要があるという主張から生まれた尺度である。

また、この尺度を用いて本先行研究では音楽の感情価と聴衆者の感情状態には一定の関係があることが示された。さらに、ポジティブな感情との関連としては「親和」と非活動的快の間、及び「高揚」と活動的快の間、「強さ」と活動的快の間に相関関係がみられることも明らかになっている。

(※文責: 小林陽)

1.3 目的

本実験では、良い思い出がある曲と思い出がない曲を聴いているときの脳波を比較し、心情との相関を明らかにすることを目的とする。仮説として、良い思い出のある曲を聴くとポジティブな状態になると予想する。脳波については、思い出のある曲を聴いたときに記憶想起に関する θ 波が強くなる、前頭葉の左右の脳波を比較し左の前頭葉で α 波が強くなることを予想する。これは、ポジティブ感情状態のときは左の前頭葉の活動が活発になり、右の前頭葉の活動が抑制され、相対的に α 波が増大するからである [4]。

(※文責: 山内結月)

第 2 章 脳波計測にあたっての基礎知識

2.1 脳波とは

脳波とは脳の活動によって引き起こされる、波のような信号のことである [5]。脳内に存在する神経細胞同士が、外部からの刺激に反応して電気信号を伝達させ、様々な処理を行う。例えば、目から物体を認識する際には、目から脳に刺激が与えられ、脳のある部位における神経細胞で処理が行われた結果、それが何であるのか、認識する。その細胞における電気信号発生の過程で同時に発生するのが脳波である。

脳には、多数の神経細胞が存在する。人間の脳には 1000~2000 億個の脳細胞があると言われていいる。神経細胞はニューロンと呼ばれ、例えば音や光 (視覚) などの刺激が外部から入ってきたときに、活動電位を発生させ、他のニューロンに電気信号で情報を伝達していく。ニューロンは簡単に言うと、樹状突起、細胞体、軸索からなる。樹状突起から、他のいくつかの細胞からの電気信号を受け取る。それらの電気信号のバランスとそのニューロン内の閾値がニューロンでの活動状態を決める。ニューロン内の閾値を超えると「発火」と呼ばれ、インパルス状の活動電位を生成する。そして信号がシナプスを通して次につながるニューロンへ電気信号を伝えていく。活動電位の生成、電気信号の伝達に伴い、脳波が発生する。

脳波はその周波数により α 波 (8~13 Hz)、 β 波 (14~30 Hz)、 θ 波 (4~7 Hz)、 δ 波 (0.5~3 Hz) に分類される。 α 波はリラックス・閉眼時、 β 波は能動的で活発な思考、集中状態、20Hz 以上は緊張状態、 θ 波は深い瞑想状態、眠気など、 δ 波は徐波睡眠時に見ることができる。

今回のプロジェクトでは α 波、 θ 波に焦点を当てた実験を行った。

(※文責: 下屋敷紗季)

2.2 電極配置について

電極配置法として一般によく用いられているのは国際 10-20 法である [6]。まず鼻根点 (nasion) と外後頭隆起 (inion) を結ぶ線の midpoint および両側の耳介前点を結ぶ線の midpoint から Cz を定める。Cz を中心として、鼻根点と外後頭隆起を結ぶ直線をそれぞれ 10, 20, 20, 20, 20, 10 % に分割し、前から Fpz, Fz, Cz, Pz, Oz とする。Cz を通る両側の耳介前点を結ぶ直線も同様に分割し、左から T3, C3, Cz, C4, T4 とする。次に左の Fpz, T3, Oz を結ぶ半円同様に分割して Fp1, F7, T3, T5, O1 とし、右の Fpz, T4, Oz を結ぶ半円も同様に分割して Fp2, F8, T4, T6, O2 とする。それぞれの中点を測定し F3, F4, P3, P4 とする。なお接地電極 (ground electrode) は、ground projection によるアーチファクトを検出しやすくする目的で、瞬目運動を最も検知しやすい前頭部 (Fpz) 近傍に装着することが合理的である。電極名は以下の通りである。電極名のアルファベットは、F: Frontal (前頭部)、T: Temporal (側頭部)、C: Central (中心部)、P: Parietal (頭頂部)、O: Occipital (後頭部) をそれぞれ表している。耳介電極は左右それぞれ A1, A2 と呼ばれる。電極名の数字は、左側が奇数、右側が偶数で、原則的に数が多いほどより外を表す。なお、Cz の z は zero を意味する。

国際 10-20 法の利点としては頭の大きさに関係なくほぼ一定部位に電極配置ができること、各

電極間の距離をほぼ等しくできること、ほぼ脳の全領域をカバーできること、何度検査してもほぼ同一部位に配置できること、電極に対応する脳の解剖学的部位が確認されていることが挙げられる。

(※文責: 下屋敷紗季)

2.3 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、被験者の頭に電極を設置する際にはマスクと手袋を装着した。はじめに、頭皮の油分や汚れを落としてもらうために被験者に洗髪してもらった。洗髪をしてもらう理由は、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。洗髪してもらった後、被験者に安静な状態で椅子に座ってもらい、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)、左前頭部 (F3)、右前頭部 (F4)、左後頭部 (P3)、右後頭部 (P4)、左の耳たぶ (A1)、右の耳たぶ (A2)、右目の上、左目の上にそれぞれ設置した。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、全体に共通のノイズが入っていてもリファレンス電極をもとにノイズを最小限にすることができる。また、電極を設置する際は、電極に導電性ジェルを塗り、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、脳波計に電池と SD カードを入れ、専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 接続を行った。次に、脳波計の時刻を合わせ、各電極におけるインピーダンスを確認した。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電気抵抗のことである。インピーダンスの値が高いほど電気が流れにくくなるため、抵抗をできるだけ小さくする必要がある。よって、インピーダンスの値を確認したときに、インピーダンスの値が異常に高い場合は再度付け直し正常な値になるまで電極を設置しなおした。

(※文責: 山内結月)

2.4 脳の左右差

右脳と左脳の機能の違いについて説明する。脳機能には左右さがあり、言語に関する機能は左脳優位であるのに対して空間認知は右脳優位である。これらの機能をつかさどっている神経は、シナプスというつなぎ目でほかの神経へ情報を伝えている。この時に主に使われている神経の間の信号である化学物質の神経伝達物質がグルタミン酸である。シナプスにはグルタミン酸を感じるタンパク質のグルタミン受容体が存在しており、その機能と構造の違いによって分類されている。さらに脳の中の記憶をつかさどる海馬におけるシナプスの形や大きさには、小さな物や大きなキノコ型のマッシュルームのような形まで様々な形がある。これらはシナプスのつながり方で違いが生じることが分かった。右脳と左脳では、つながり方によってシナプスの大きさと受容体の密度が左右非対称になる。例を出すと左脳では同じ左脳からの信号を受け取るシナプスは小さく、反対側の右脳からの信号を受け取るシナプスは大きくなっていた。また、右脳ではこれらと正反対になっている。

さらに、左右差として海馬を切除した際の影響が挙げられる。海馬とは大脳皮質側頭葉の下端の縁がくると回り込むようにしてできた部分で、左右一对のタツノオトシゴに似た形の部位である。

海馬とは記憶すべき情報の取捨択一をしており、今後必要になると思われている情報を選び出す役割を海馬が担っている。また、海馬には空間認知力と呼ばれる現在自分が置かれている場所や空間を把握し、どの道に進むべきかの道順を頭の中で想像する力も備わっている。海馬には場所細胞と呼ばれる特定の場所を覚えている細胞がある。マウスを自由に歩かせた際に特定の場所に行った時だけ特定の神経細胞が強く反応することがわかっている。また、海馬に障害があるアルツハイマー病の患者の方は自分のいる場所や目的地までの道が思い出せずに家に戻れなくなる場合があるという。さらに、場所や空間の情報をたくさん用いる人ほど海馬が発達している。都会に住んでる人はある特定の場所へ向かう際に何かの建物や場所を目印にしているため海馬が刺激されて大きな発達がみられるという。このことから土地勘がないと働くことのできないタクシー運転手は海馬の働きが著しいとされている。そんな海馬を切除する影響は大きい。てんかんという病気で海馬に異常があると考えられた時には手術を行い海馬を切除することがある。特に海馬硬化と呼ばれる海馬が萎縮し変性した状態を伴う内側の側頭葉てんかんにおいて、病変が左右どちらの場合海馬を含む側頭葉の内側構造を切除すると 80 %ほどで症例が改善することが明らかとなっている。そんな記憶を作るのに必要な役割の海馬を切除した際、記憶障害が起こるときの障害の重度の大小が右の海馬よりも左の海馬を切除したときの方が術後の障害が重くなっている。また、およそ 90 %の人は左の海馬に言語記憶機能があるため言語をコミュニケーションとして利用している我々は左の海馬を失ってしまう方が影響が大きいと考察した。また、海馬の神経回路における主な興奮性の神経伝達物質はグルタミン酸でありいくつかの種類があるがそのうちの一つである NMDA 型受容体と呼ばれるものの中にある NR2B というたんぱく質の分布に左右差が見られこれらの種類の受容体は海馬における記憶形成にかかわっていることが明らかになったため、左右の海馬で記憶を作る仕組みに違いがあるのではないかと考えられている。

また、理化学研究所の篠原博士 (1) によると生後 3 週～6 週目のラットを 1 匹だけでケージで飼育する「隔離飼育群」と遊具を入れたケージで集団飼育する「豊かな環境飼育群」とに分け左右の海馬領域の脳波活動とシナプス密度を比較したところ、左よりも右の海馬における脳波とシナプス密度が豊かな環境によって増えることが分かった。このことから、右の海馬の方が左の海馬より環境の影響を受けやすいことが分かった。また、これらの実験は交連線維を切断してお互いの干渉をなしとして行っているため左右の神経連絡がきちんと機能している場合海馬のシナプスには大きな差は見られなかった。よって、ここまで述べた海馬の左右差はそれぞれ違う性質を持っているが、神経連絡を取り合うことでバランスを保って機能しているといえる。

(※文責: 小林陽)

2.5 前頭葉

前頭葉とは脳の脳、小脳、脳幹の 3 つに分かれているうちの脳の 80 %を占めている脳に位置している。脳には、主に思考や行動をするかしないかを判断する前頭葉の他に知覚や感覚をつかさどっている頭頂葉、聴覚や記憶をつかさどる側頭葉、視覚をつかさどる後頭葉の 4 つの部分で成り立っている。また、この前頭葉の中の半分以上を占めている前頭前野というものがある。前頭前野とは考えたり記憶をしたりアイデアを考えたり感情をコントロールする、判断それらを応用するなどの私たち人間にとって重要な役割を担っている。またこの前頭葉は人間と動物とで大きさが違う。人間の前頭前野は脳の約 30 %を占めているが動物の中で最も大きい動物のチンパンジーでも 7.9 %くらいしかないので人間の前頭葉は極めて大きいことがわかる。これらの前頭葉を傷つけ

ることは物忘れの増加や思考の放棄, 感情的になることややる気の低下につながる事が明らかである。またこの症状以外にも前頭葉を損傷すると複数の障害が生じる場合がある。

1つ目は非流暢性失語である。前頭葉の左側が損傷した場合にこの非流暢性失語が生じてしまう場合がある。この非流暢性失語は事故によって前頭葉の左側が損傷してしまうことを原因として普通に話せなくなってしまうことである。またこの症状は言葉を発する機能をつかさどる前頭葉が損傷してしまっているため本人の努力にかかわらず話のつかえや会話の流暢性の滞りやリズムや抑揚の乱れが発言してしまう場合がある。ほかの症状として精神的ショックにより声が出なくなってしまう失声症や顔周りの筋肉を神経麻痺を原因とする構音障害はこれらに含まれないことも明らかとなっている。

2つ目は脱抑性や易怒性の発症である。前頭葉が損傷してしまうと身体の動静, 感情の抑制をすることが困難な状態になることがある。これらを脱抑制や易怒性といって, 脳内器質的变化によって生じてしまう症状である。

3つ目は易疲労性である。脳に損傷を追ってまると発症間もない時期に急激な睡魔に襲われたり常に疲れやすくなってしまう易疲労性が発症してしまう場合がある。この易疲労は肉体的な疲労ではなく脳の損傷が原因となる精神的疲労から発症してしまう症例である。

4つ目は注意障害である。脳に損傷があった後に表情の変化に乏しくなったり集中力が持続しないという症状である。この注意という言葉は特定の事象に対する集中及びその持続, 様々な刺激から必要なものと不必要なものを選別することをいう。また, 注意や集中力は脳幹と前頭葉の両方によって支えられているためどちらか一方が損傷, 損失してだけでも注意, 集中力が損なわれてしまうことから注意障害が発症してしまうことが明らかとなっている。

5つ目は意欲, 発動性の低下である。前頭葉機能が低下すると起こってしまう症状の一つであり行動する意欲が湧かず, 自分から積極的に行動することができないという症状がある。また, より具体的にすると動作や会話を自分では始められなかったり他人に関心が湧かない, 意見の発案ができないという症状もある。

最後に遂行機能障害がある。具体的には論理的に考え, 計画, 問題の解決, 推察, 行動ができるできないそれらの評価, 分析ができない状態を指す。この障害を発症すると作業へのとりかかりが遅くなったり指示されたこと以外のことができなくなってしまうことがある。また, 脳が損傷する以前と比べてみると時間の見積もりが以前よりうまくできなくなったり, 道具を使用する際の持ち方や使用方法の工夫をうまくすることができない, 行動の先読みができなくなる場合, この遂行機能障害が発現が疑われることがある。

(※文責: 小林陽)

2.6 五感との関係

今回, 私たちのプロジェクトは五感の中の聴覚について分析を行った。そこで五感が脳とどのように関係しているか説明する。

まず視覚について説明する。人の眼球は外側から強膜, 脈絡膜, 網膜という3種の膜でできた直径24mmの球状をなしている。前面部分だけが角膜といわれる透明体でできており, その部分から光は入射する。入射した光は前房水, 水晶体, 硝子体などの透明媒質を通過して眼底の網膜に達する。視神経は網膜内の神経細胞の軸索が伸びたものである。視神経の半数は眼と同じ側の脳に向かって伸びるが, 途中で残りの半数が反対方向に伸びる。したがって半数は交叉することになる。この部

分を視交叉という。そのあと視神経は外側膝状体というところで次の神経細胞にリレーし、その軸索は視放線となって大脳視覚領に入っていく。眼球それぞれから出た視神経は交叉しているため、大脳に入るときには、眼球ごとにではなく、半視野ごとに脳の左側・右側に伝達される。この大脳視覚領が、視覚神経系情報処理の大脳における出発点であり、脳の後ろから始まった処理は、徐々に前の方に情報が送られながらさまざまな処理を受けていくことになる [7].

次に聴覚について説明する。音は物の振動や気体の膨張によって生じた空気の濃淡の波（音波）であり、外耳道から入って鼓動を振動させる。鼓膜の振動は耳小骨を介して内耳に伝達され、蝸牛内のリンパ液を振動して感覚細胞を刺激する。感覚細胞の興奮は内耳神経を介して大脳へ伝達されて音の感覚を生じる。そこで音は鼓膜までは気体（空気）振動、中耳では固体振動、内耳では液体振動となって感覚細胞に達する。音の振動は鼓膜、耳小骨、前庭窓を経てリンパ液に伝達され、ラセン膜を振動する。するとラセン器上の毛様の突起をもった聴細胞（有毛細胞）が刺激され、電気信号（インパルス）を発生して神経繊維へ送る。聴細胞の興奮は、振動によって毛様の突起が屈曲されておこり、発生したインパルスは蝸牛を経て大脳へ伝えられる [8].

人がにおいを感知するメカニズムは、鼻腔の奥の粘膜に数千の嗅覚受容体が並んでおり、においにより特定の受容体が活性化して電気信号に変換される。嗅覚受容体によって認識された香りのシグナルは、嗅球の糸球体内でシナプスを介して二次神経である僧帽細胞に信号が伝達される。僧帽細胞は、前梨状皮質、嗅結節、嗅内野といった脳領域に軸索を延ばしている。梨状皮質で三次ニューロンに連絡し、大脳皮質内の前頭皮質嗅覚野へ情報が伝達され、匂いに対するイメージが作られ、匂いの認知に至る。匂い情報は、嗅内野をへて海馬へ伝えられると、そこで他の情報とともに匂いの記憶が形成される [9].

味覚の受容器は、口腔粘膜に存在する味蕾の中の味細胞である。味蕾は、花の蕾のかたちをした小さな構造物で、この中に細長い味細胞が 50 100 個入っている。口腔粘膜に存在する味蕾からの味覚情報は、味覚神経を通して脳に送り込まれる。そして、味覚神経→延髄孤束核→視床味覚野→大脳皮質味覚野（第一次味覚野）の順に味覚情報は上行し、さらに大脳皮質前頭連合野（眼窩前頭皮質、第二次味覚野ともいわれる）、視床下部、扁桃体にも味覚情報は送られる。5つの基本味（甘味、塩味、酸味、苦味、うま味）がそれぞれ識別されるためには、味覚神経中を伝わるインパルス別にその情報が含まれ、各中継核、あるいは、大脳皮質においてその情報が処理される必要がある [10].

最後は触覚についてである。皮膚や筋、関節などの体表面で受容される感覚を体性感覚という。皮膚は、3層の主要組織層、外側の表皮、中間の真皮と内側の皮下組織からなる。こうした層内にある特殊受容体細胞が、触覚を検知し、末梢神経を通して脳に向けてシグナルを伝達する。皮膚や筋、関節には種々の受容器が存在し、外界から生体に加わる刺激が受容される。例えば、皮膚へ軽く触れる刺激や圧迫、振動などの刺激などの刺激は皮膚の真皮に散在する機械受容（マイナースー小体、メルケル盤、ルフィ二終末、パチニ小体など）によって受容される。その他受容器には、温覚や冷覚に応じる温度受容器、代謝産物などに応じる化学受容器、組織損傷を伴うような強い刺激に応じる侵害受容器（高閾値機械受容器、ポリモーダル侵害受容器）などがある [11]. このように、脳と五感は密接な関係にある。

（※文責：小山田莉子）

2.7 脳の構造

思考や信念、記憶、行動、気分などはすべて脳から起こる。また、運動や触覚、嗅覚、味覚、聴覚、視覚などの統合も脳が行っている。このように、人は脳の働きによって言葉を話して他者とコミュニケーションをとったり、数字を理解して複雑な計算をしたり、作曲や音楽鑑賞を楽しんだり、幾何学的な形を認識して判別したり、未来の計画を立てたり、様々なことを想像して空想を楽しむことを可能にしている [12]。

また脳は、内臓、体表、眼、耳、鼻、口などから送られてくるすべての刺激を処理し、それらの刺激に反応して体の姿勢や腕や脚の動き、内臓の働くペースを調節している。また、気分の変化や意識と覚醒の調整にも深く関与している。つまり脳は体全体をコントロールしている人体の中でも最も重要な器官であることが分かる。どれだけ高性能のコンピュータでも、まだ人間の脳の機能には及ばないと言われているが、しかし、この性能の高さには代償が伴っている。まず脳は常に非常に多くの栄養を必要とし、脳への血流が約 10 秒間途絶えただけでも、人は意識を失うことがある。栄養としては、多くの血液と酸素を必要としその量は心臓から全身に送られる血液の約 20 %に相当する。酸素不足や低血糖状態によっても、脳のエネルギーが不足して、数分以内に脳に深刻な損傷が生じる可能性がある。しかしながら、脳はこれらの障害を防ぐための様々なメカニズムによって守られている。例えば、もし脳への血流が減少したときには、脳は直ちに心臓に信号を出して、より速く、力強く拍動して血液の拍出量を増やすように促す。もし血糖値が低くなりすぎた場合には、脳は副腎に信号を送ってアドレナリンを分泌させ、この物質が肝臓を刺激して、貯蔵している糖を放出させる。脳の活動は神経細胞が発する電気信号によって生じ、その信号は脳内で神経繊維をたどって伝わるが、どの種類の脳の活動がどの程度の規模で起こるか、またどこで最初に起こるかはその人の意識レベルなどによって異なってくる。

脳は硬膜、クモ膜、軟膜の三層の脳膜に包まれて保護されており、さらにその外側を頭蓋骨で覆われて硬く保護されている。脳の構造としては、大きく分けると、大脳、小脳、脳幹の 3 つの部位に分けられる。これらがさらに多くの小さな領域に分かれていて、それぞれの領域が固有の機能をもっている。

(※文責: 奈良正宗)

2.7.1 大脳

大脳は人間の脳の中で最も発達した部分であり、運動の発動とあらゆる知覚情報の収集と分析を担っている。例えば人間が何かを考えたり、何かを感じたり、言葉を話したり、記憶したりするのも大脳の働きである。大脳はとても大きく発達しており、脳全体の 80 %ほどの重さを占めている。身体のコントロールや知覚情報の分析は、大脳の中の大脳皮質という部位が主に行っている。皮質組織は主に神経細胞体からなり、そのヒダと亀裂によって特徴的な皺だらけの表面を持ち、その表面のしわにはニューロンと呼ばれる神経細胞と神経線維が詰め込まれている [13]。

大脳皮質には左半球と右半球があり、左右の脳は脳梁という太い神経の束で結ばれている。人間の脳は基本的に左側の脳が言語の優位半球となり計算や数値的なことを主に担当し、右側の脳は画像等の情報を処理する。各半球は 4 つの葉である前頭葉、頭頂葉、側頭葉、後頭葉に区別され、それぞれの部位は運動や知覚、言語、視覚などの機能の中枢を担っている [16]。

また、大脳表面にあるしわはとても数が多いが、これは表面に多くの神経細胞を並べることで、よ

り複雑な神経回路を形成するように進化してきたからであると考えられている。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つの脳溝がある。この2つの溝と頭頂後頭溝によって、4つの葉の部位が区分できる。具体的には、頭頂葉には、体の他の部位から送られてくる感覚情報を解釈する、形、手触り、重さなどの印象を総合的な知覚としてまとめる、体の各部分の位置や姿勢を把握するための情報を処理する、体幹や四肢の動きをコントロールする、今どこにいるかなど位置の把握と、どこに向かっているかなど方向感覚の把握に必要な空間記憶を保存する、数学的な能力や言語の理解に影響を与えるなどの機能がある。側頭葉には、記憶と感情を生み出す、長期記憶の保存や呼び出しを行う、起きたばかりの出来事を最近の記憶や長期の記憶に加工する、音と映像を理解することにより、人物や物の認識や聞くことと話すことの統合を可能にするなどの機能がある。また、後頭葉には、視覚情報を処理して解釈する、視覚情報を隣接する頭頂葉から送られてくる空間的な情報と統合する、視覚的記憶の形成を可能にするなどの機能がある。前頭葉の機能に関しては後ほど詳しく説明する。

(※文責: 奈良正宗)

2.7.2 大脳皮質

ヒトの大脳半球の表面を覆う大脳皮質には、脳回とよばれる脳のシワと脳溝が観察される。外側溝、中心溝、頭頂後頭溝の3つの脳溝を基準に、大脳半球は脳葉に分けられる。大脳皮質の特徴は、6層からなる垂直方向の細胞構築と水平方向の機能局在である。さらに、機能局在が明瞭な皮質領域の間には連合野が広がり、情報の高度な統合による認知、随意運動、情動運動、言語機能、精神機能、作業記憶などの高次な脳機能を具現している [14]。

大脳皮質の役割は、ものを知覚したり、運動を制御したり、未来の予想、計算、推理など、まさに知性を司るといっていい器官である。例えば、大脳新皮質の視覚を処理する部分が、外傷や、脳内出血、脳梗塞などによって不可逆的に破壊されると、網膜や視神経はまったく問題がないのにも関わらず、ものが見えなくなってしまう [15]。

(※文責: 下屋敷紗季)

2.7.3 大脳辺縁系

大脳の半球内部と下部に存在する皮質辺縁系とその基底核の総称が、大脳辺縁系であり、広義では、視床下部も大脳辺縁系に含むこともある。

大脳辺縁系は、海馬、扁桃体、帯状回などのいくつかの脳組織の複合体である。人間の脳で情動の表出、食欲、性欲、睡眠欲、意欲などの本能、喜怒哀楽、情緒、神秘的な感覚、睡眠や夢などを司っている。記憶や自律神経活動にも関与している [16]。

辺縁系とは周りの状況により生じる「情動」とこれまでの「経験」に基づいて「行動」を決定するシステムであるが、それに伴って末梢の自律神経系の反応も決定される。Positiveな情動に対しては、副交感神経系が優位になり、negativeな情動が続くと、交感神経系が緊張する [17]。辺縁系の機能は主に、①情動行動の発現、②記憶、③認知情報の評価、の3つである。記憶には、記述や陳述することのできる「顕在記憶」と技能や習慣などの「運動記憶」とに大別される。顕在記憶には辺縁系の重要な領域である「海馬」に蓄積される。我々の行動の特徴の1つとして、辺縁系が決定する感覚情報の価値に基づいて、情動行動と随意行動は無意識に選択・切り替えられる様に設計され

ている。故に、如何なる行動をしていても危険から身を守ることが可能になる [18].

(※文責: 小山田莉子)

2.7.4 大脳基底核

大脳基底核とは大脳半球の基底部にある神経細胞の集合体であり、随意運動・眼球運動・学習・記憶のようなさまざまな場面で働く。また、神経細胞の核がある部分を細胞体と呼び、その集合を神経核と呼ぶ。そして大脳基底核は、線条体、淡蒼球、視床下核、黒質の4つの神経核から構成されている。線条体は大脳基底核の主要な構成要素のひとつであり、運動機能への関与が最もよく知られている。また、意思決定などその他の神経過程にも関わりと考えられている。淡蒼球は外節、内節に区別され、どちらも共に運動機能への関与が最もよく知られている。また、視床下核では運動を行う際の動作の微妙な調節を行っている。黒質は緻密部と網様部の大きく2つに分けられる。緻密部では線条体にドーパミンを送り興奮を抑制し、網様部では視床下核から興奮性のグルタミン酸入力を受け、視床へ抑制の出力を行っている [19].

(※文責: 奈良正宗)

2.7.5 灰白質と白質

中枢神経系において神経細胞の細胞体が存在している領域を灰白質と呼び、灰色がかった色をしている。また、神経細胞体がなく神経線維が多く存在していて、皮膚の下にある領域を白質と呼び、白質組織は白色である [13]. 白質は主に神経線維から成り、それらの神経線維は皮質の神経細胞同士をつないだり、大脳皮質の神経細胞と脳の他の部位や脊髄とをつないだりしている。ここには神経細胞を支える細胞（神経膠細胞）も存在する。灰白質は大脳や小脳では表層を占め、大脳皮質や小脳皮質とよばれる。脊髄では灰白質は深層を占め、その位置により前角、側角、後角と命名されている。

(※文責: 奈良正宗)

2.7.6 小脳

小脳とは大脳の後下部位置している部位である。小脳は人間で比較すると大脳の10分の1ほどの大きさでありあまり脳の中では大きな役割を担っていないと思われがちだが実際は脳全体の半分以上の神経細胞を含んでいる重要機関である。また小脳は運動に関連した記憶能力を有しており運動制御や運動学習において重要な役割を担っている。そのため運動能力に乱れや十分な運動学習をすることが困難な場合は小脳を損傷していることがわかる。また、最近の研究によると運動だけでなく認知機能にも運動学習ほどではないがかかわっていることが明らかになった。

電気通信大学の研究によると今回の我々の本実験でも関係があると思われていたシナプスと小脳についての研究を発表している。この研究は1日1時間のトレーニングより毎日15分ずつに分けた方が記憶が定着しやすいとされている「分散効果」を用いた実験である。これらは運動学習に用いることができることも明らかとなっておりトレーニング中ではなく主にトレーニング後に記憶の定着が行われていることが分かっている。よって体が休息をとっている間でも脳は絶えず活動し続

けている。

本研究では最も簡単なシナプスで生じる反射運動に着目し OKR と呼ばれる動物の目の前でチェッカーボード上の画像を左右にゆっくり動かすとそれと同じ方向に目が動くことにより網膜上の画像のブレを軽減させる反射の適応についての運動記憶の定着を研究した。この OKR の適応ではトレーニングにより目の動きが大きくなりその大きくなった目の動きの記憶が小脳内でどのように定着、記憶の動きに至るのかを研究した。

小脳は非常に規則的な解剖学的構造を持ち、神経細胞の種類も比較的少なく、実験データもたくさん蓄積されている。そのため OKR の適応過程を 3 つの数式で表現することに成功した。このモデルでは、1 時間のトレーニングによって目の動きの大きさの記憶は、平行線維—プルキンエ細胞間シナプスでの信号伝達効率の低下 (長期抑圧) によって小脳皮質に形成され、トレーニング後は自然に消失する。しかし、その過程で小脳核において苔状線維—小脳核間シナプスでの信号伝達効率の増加 (長期増強) が起こり、トレーニング後の休憩時に小脳核に記憶が定着する。つまり小脳皮質に獲得された短期記憶があたかも小脳核に転送され長期記憶として定着していくことになる。この理論による OKR の適応の過程は動物実験の結果と非常に良く一致することが明らかとなった。

この実験は先ほど述べた「分散効果」も再現することが出来た [20]。この小脳の記憶の獲得過程のみならず定着過程まで含めた理論とさ複数のシナプス可塑性が協働するものの、記憶の獲得がプルキンエ細胞に結合する平行線維のシナプス可塑性から始まるというこの 2 点が記憶の想起にも少なからずかかわっているのではないかと個人的には考察している。

(※文責: 小林陽)

2.7.7 脳幹

脳幹は、中枢神経系を構成する重要な部位が集まる器官で、脳の中心から最下層にかけて存在している。脳のうちで大腦半球と小脳を除いた部分で、大腦に近い側から、中脳、橋、延髄、間脳に分かれている。脳幹は生存の上で欠かせない自律機能を制御している部位であり、睡眠・覚醒レベルの調整、姿勢運動制御も行っている。また、体温温覚、感覚、冷覚、聴覚、眠気、食欲、筋力などの様々な情報を分類して大腦皮質に伝え、覚醒・運動・感覚の制御、呼吸のリズムを形成している。

中脳は、脳幹のうち最も上の部分で、視覚や聴覚、眼球運動などの中枢があり、音の刺激で眼球を動かしたり体を動かしたりする反応を担当している。

橋は、上部の中脳や大腦と下部の延髄以下の部分の連絡路となっていて、三叉神経、顔面神経核、蝸牛神経核など多くの脳神経核が存在している。大腦皮質からの運動性出力を橋核、中小脳脚を経由して、小脳へと伝える経路なども存在している。また、呼吸調節にも関係している。

延髄は、多数の神経核があり、脊髄につながる神経線維の束がある。延髄は、生命維持に欠かせない呼吸中枢、心臓中枢がある。また、咳、くしゃみ、発声、吸綴反射、嚥下、唾液分泌、涙液分泌、発汗などの中枢の神経核も存在している [21]。

間脳は、視床、視床下部などから成り立っている。左右の視床に挟まれて松果体があり、視床下部からは下垂体が伸びている。視床は感覚系の神経を中継する。嗅覚以外のすべての神経線維は、視床を通して大腦皮質の各中枢に向かっている。視床は感覚情報の中継所であり、快・不快程度であれば認識できるが、もっと細かな判断は大腦皮質の感覚野で行われる。視床下部は、自律神経や内分泌の中枢として機能している。全身からの感覚情報、自律神経の情報、ホメオスタシスの情報などが集中し、生体のすべての細胞が最適な環境に置かれるように、自律神経やホルモンを介してコント

Well-being ! Brain Science

ロールしている。また, 食欲, 性欲, 疼痛, 口渴などの中枢もある [22].

(※文責: 山内結月)

第3章 予備実験

3.1 テーマ決め

3.1.1ブレインストーミング

ブレインストーミングとは、1950年頃にアメリカの実業家であるアレックス・F・オズボーン氏によって考案されたアイデア発想法である[23]。別名、集団思考・集団発想法・課題抽出・ブレスト・BS法などとも呼ばれている。ブレインストーミングを適切に活用し、集団で意見を出し合うことで、新たなアイデアを発想・量産できる。一般的には、10人以下のグループで、ホワイトボード・筆記用具・付箋などを用意し、アイデアを書き出していく方法を取るケースが多い。ブレインストーミングの効果を得るためのルールとして4つのルールがある。

1つ目はアイデアに対して批判・否定をしないことである。ブレインストーミングでは、参加メンバーが自由なアイデアを出せる場を作ることが大切である。そのためには、アイデアに対する批判や否定を控えるべきだといえる。もしも、アイデアを出している途中で他の参加メンバーを批判・否定してしまうと、自由に意見できない雰囲気になったり、他の参加メンバーを萎縮させたりすることに繋がる。そのため、ブレインストーミングで効果を得るためには、いかなる意見でも歓迎する空気を作ると良い。人はそれぞれ異なる主観を持っているため、たとえ自分が他人のアイデアに対して間違っていると思ったとしても、客観的視点から、そのアイデアに至った理由を深掘りすることが望ましい。

2つ目は変わったアイデアを歓迎することである。ブレインストーミングでは、一見すると非現実的で自由奔放と感じられるアイデアであっても、そこから価値あるアイデアが生まれることがある。そのため、参加メンバーから出された意見に秘められた可能性を発見できるよう、変わったアイデアでも歓迎することが望ましい。

3つ目は質より量を重要視することである。ブレインストーミングにおいて、質よりも量を重要視する。なぜなら、どんな突飛な意見や荒唐無稽な意見であっても、それらを組み合わせるなど工夫することによって、新しいものを生み出せるかもしれないからである。そのために、アイデアに対して批判・否定をしない、変わったアイデアを歓迎するというルールを守る必要がある。ルールを守ることで、参加メンバーからより多くのアイデアが出やすくなり、結果的に適切なアイデア・解決策を発見しやすくなる。また、量より質を重要視すると、「他の発言者よりも優れたアイデアを出そう」「採用されるような質の高いアイデアのみを出そう」など、参加メンバーが発言の質にこだわってしまい発言が少なくなるといった事態が発生する可能性がある。つまり、アイデアの量を優先することが、参加メンバーに革新的かつ発散的な思考を実践させ、結果的にアイデアの質を高めることに繋がる。

4つ目はアイデアをまとめることである。ブレインストーミングに期待されるメリットの1つに、「参加メンバーから出されたあるアイデアが、他のアイデアの種になる」といったシナジー効果を獲得できる点が挙げられる。

上記のメリットを得るためには、参加メンバーに対して「グループ内で共有される1つ1つのアイデアに耳を傾け、そこから別のアイデアを考え出す」ことを勧めることが望ましい。共有されたアイデアを分解・深掘り・改善することで、新たなアイデアを生み出すうえで意外な形で活用でき

ることがある。

前期のプロジェクト学習では3, 4人のグループに分かれアイデア出しの練習としてブレインストーミングを行った。Well-beingをテーマとしたところ、「幸」、「良」、「満」などの幸福に関わる言葉や、「音」、「刺」、「聴」などの実験に関わる言葉が挙げられた。意見を出し合うことで自分たちが1年間を通して取り組むテーマへの理解を深めることができた。

(※文責: 下屋敷紗季)

3.1.2 KJ法

KJ法とは文化人類学の分野で川喜田二郎が考案した研究法で、心理学や看護学など多様な領域に応用されているだけでなく、英語教育の分野でも質的データ分析方法として利用されている。[24]ブレインストーミングで出たアイデアを広い視点から整理していくことで新しい発想や意見を得ることができる。バラバラに集められた多くの情報に対して、グループ化→ラベル化→図解化→文章化のステップを踏むことで情報同士の関係性を視覚化し、本質的な問題や解決策の発見、アイデアの創出をすることができる。

KJ法とブレインストーミングより、「聴」、「視」、「味」、「触」などの五感を表す漢字がどのグループからも出された。このことから、メンバー間での共通認識が五感であると考えた。よって、五感とwell-beingの関係についてプロジェクトを進めていくこととなった。

(※文責: 小山田莉子)

3.2 脳波解析

脳波解析では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した。脳波データのCSVファイルは、そのままでは直接何かを読み取ることは不可能である。そのため、脳波データにフィルタを通し、フーリエ変換を用いて解析を行った。担当教員から去年の脳波解析のプログラムコードをもらい、そのコードを参考に解析を行った。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、新しいグラフを作成したりした。

(※文責: 山内結月)

3.2.1 Python

Pythonとは1990年にオランダ人のガイド・ヴァンロッサムというプログラマーによって開発されたプログラミング言語である。Pythonはもともと「Amoeba」という分散オペレーティングシステムのシステム管理を行う目的で開発された。汎用的なプログラミング言語の利用度調査などでは、常に高い位置を占めている。システム管理やツール・アプリケーション開発・科学技術計算・Webシステムなどで広く利用されてきている [25]。

(※文責: 山内結月)

3.2.2 バンドパスフィルタ

バンドパスフィルタとは、特定の周波数帯のデータのみを通過させ、それよりも低域または高域の周波数帯の成分を遮断するフィルタである。Python の解析プログラムでは、関数 `scipy.signal.lfilter(b, a, x)` を使用してフィルタを適用した。引数 `b` は分子の係数、引数 `a` は分母の係数のことでバンドパスフィルタ用のパラメータである。引数 `b, a` の値は `a = [1.0000, -1.5948, 0.5999]`, `b = [0.2000, 0, -0.2000]` とした。引数 `x` は入力するデータのことで、指定したチャンネルを入力した。

(※文責: 山内結月)

3.2.3 高速フーリエ変換

フーリエ変換とは、時間領域のデータを周波数領域へ変換するためのデータ解析手法である。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。一般に、脳波の生データから情報を読み取ることは困難であり、周波数成分に変換しなければならない。そこで、高速フーリエ変換を行うことで、脳波データを周波数帯ごとに分解し、周波数帯ごとの脳波のパワーを調べたり、周波数帯でフィルタをかけたりすることができる。本プロジェクトでは、どの周波数帯の脳波が出ていたかを調べるために、高速フーリエ変換を行って θ 波、 α 波の脳波のパワーを調べた。Python の解析プログラムでは、`scipy.fftpack` の FFT メソッドを使用して、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: 山内結月)

3.2.4 標準偏差と平均を利用した処理

標準偏差と平均を利用した処理とは、脳波の平均のデータから標準偏差を加算、減算することでデータのばらつきを検出したものである。本プログラムでは、関数 `numpy.mean(x, axis=0)` と関数 `numpy.std(x, axis=0)` を使用して平均と標準偏差を求めた。引数 `x` は NumPy 配列のことで、指定したチャンネルの脳波データを高速フーリエ変換し、脳波データの NumPy 配列を入力した。引数 `axis` は行列の列ごとまたは行ごとを指定するもので、`axis = 0` として行列の列方向で平均値を求めた。

(※文責: 山内結月)

3.3 方法

3.3.1 日時・場所

2022 年 6 月 10 日と 2022 年 6 月 17 日に公立ほこだて未来大学構内の教員 235 室後ろの実験室で行った。

(※文責: 山内結月)

3.3.2 被験者

大学生の男性 2 名を被験者として実験を行った。

(※文責: 山内結月)

3.3.3 装置

脳波計測には, 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: 山内結月)

3.3.4 材料

思い出のない曲として, 前前世 (RADWIMPS), 恋 (星野源), クリスマスソング (back number), マリーゴールド (あいみょん), さよならエレジー (菅田将暉), パプリカ (Foorin × 米津玄師), lemon (米津玄師), pretender (Official 髭男 disarm), 猫 (DISH//), シンデレラボーイ (Saucy Dog) を用意した。良い思い出のある曲は被験者に用意してもらった曲を使用した。

(※文責: 山内結月)

3.3.5 手続き

初めに, 頭皮の油分や汚れを落としてもらうために, 被験者に洗髪をしてもらった。その後, 被験者に安静な状態で椅子に座ってもらい, 被験者の頭部に電極を設置した。予備実験では, 電極は, 頭頂部, 左前頭部, 右前頭部, 左後頭部, 右後頭部, 左の耳たぶ, 右目の下, 左手首にそれぞれ設置した。次に, 脳波計の設定を行った。脳波計の時刻を合わせ, 電極を設置し終わった後, インピーダンスを確認して, 抵抗ができるだけ小さくなるようにした。脳波計の設定が完了した後, 何も聴いていない状態, 良い思い出のある曲を聴いている状態, 思い出のない曲を聴いている状態の順番で脳波を計測した。思い出のない曲は, 洗髪をする前に施験者が用意した曲の中から被験者が知っている曲を選んでもらった。

(※文責: 山内結月)

3.4 結果

図 3.2 は予備実験で測定した, 何も聴いていない状態 (baseline), 被験者の良い思い出のある曲を聴いている状態 (memory), 施験者が用意した曲を聴いている状態 (no memory) の 3 つの脳波を比較したものである。図 3.2 より, 良い思い出のある曲を聴いているときの θ 波は何も聴いていな



図 3.1 実験中の写真

い状態より大きく出なかった。θ波とは記憶想起に関係する脳波であると考えられており、4Hz 7Hzの間で読み取ることができる。

図 3.3 は予備実験で測定した、被験者の良い思い出のある曲を聴いている状態の前頭葉の左右差を比較したものである。図 3.3 より、良い思い出のある曲を聴いている時、前頭葉のα波による左右差はなく、右の脳波の方が少しではあるが強く出た。α波とは覚醒時に出る脳波で 8Hz~13Hz の間で読み取ることができる。前頭葉の左右の脳波を比較した時、左前頭葉のα波が右前頭葉より強く出るとポジティブな状態であるといわれている。

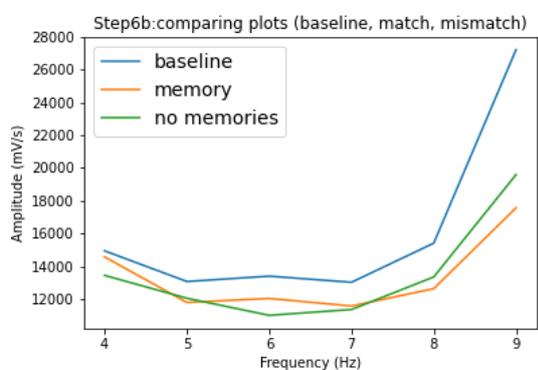


図 3.2 何もなし, 思い出あり, 思い出なしの比較

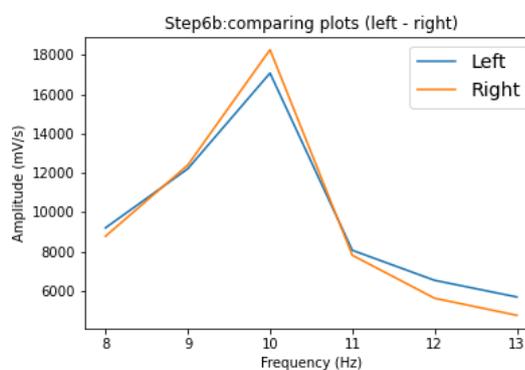


図 3.3 思い出がある曲を聴いたときの前頭葉の左右差

(※文責: 下屋敷紗季)

3.5 考察

今回の研究では音楽を聴いた時の良い思い出の有無による脳波の違いを調べた。結果としては、記憶想起に関係するθ波は良い思い出のある曲を聴いている時には見られず、良い思い出のある曲を聴いている時、前頭葉の脳波に大きな左右差は見られなかった。

今回の予備実験では良い思い出のある曲を聴いている状態のθ波が何も聴いていない状態と施験者が用意した曲を聴いている状態のθ波よりも強く出るとは予想した。しかし、結果は

予想とは異なり、良い思い出のある曲を聴いているときの θ 波は何も聴いていない状態の θ 波より大きく出なかった。これは予備実験で、①何も聴いていない状態、②被験者の良い思い出のある曲を聴いている状態、③施験者が用意した曲を聴いている状態の順序のみで脳波を計測したため、良い思い出のある曲を聴いているときの状態が施験者が用意した曲を聴いているときまで続いたことで大きな変化が見られなかったと考えられる。

また、前頭葉の左右の脳波を比較した時、左前頭葉の α 波が右前頭葉より強く出ると予想したが、結果は予想とは異なり、前頭葉の α 波による左右差はなく、右の脳波の方が少しではあるが強く出た。これは3つの状態において、閉眼した状態で実験を行ったため、 α 波がすぐに最大値に達してしまい、左右差が見えづらくなつたのではないかと考えられる。

(※文責: 小山田莉子)

3.6 結論

以上のように、良い思い出がある曲とない曲でそれぞれ脳波を計測、比較し、人の心情との相関を明らかにすることを目的に、予備実験を行った。考察で述べた通り、記憶想起に関係している θ 波が良い思い出の曲を聴いているときに強く出ると予想していたが、あまり強く出なかった。また、前頭葉の左側の脳波に α 波が強く出ると予想していたが、右側の脳波のほうが少しではあるが強く出た。

これらを改善していくために、2つの改善案を作成した。1つ目は、 θ 波に関することである。予備実験では、考察で述べた1つのパターンでしか脳波を計測していなかった。よって、本実験では、曲を何も聴いていない状態、良い思い出のない曲を聴いている状態、良い思い出の曲を聴いている状態の順でも脳波を計測することとする。また、この2パターンは被験者が変わるとに替えるものとする。2つ目は、 α 波に関することである。予備実験では、閉眼状態で脳波を計測したため、 α 波がすぐに最大値に達してしまった。よって、本実験では、開眼状態で脳波を計測することにした。

本実験に向けて、上記の改善案と共に個人の良い思い出がポジティブ感情喚起に影響を与えることについて深く追求していくことを到達目標とする。そして、最終的にポジティブな状態になるための方法を見つけようと考えている。

(※文責: 奈良正宗)

第 4 章 中間発表会

4.1 準備

中間発表会において私たちはスライド, 原稿, ポスター (全体, A グループ, B グループの計三枚) を用意した. スライドに関しては見に来てくださった聴衆が一番最初に見るものでもあり発表中に常に見るものでもあるため簡潔にわかりやすくまとめることに重点を置いて制作した. 原稿に関してもはきはき, 聞き取りやすいように一文一文長くならないように努めた. ポスターは発表後に見てもらおう形をとったので少し Well-Being について知ってもらっているという前提で少し文章を多めに, そして詳しく制作した.

(※文責: 小林陽)

音楽で想起される思い出の脳波分析に関する研究

Research on electroencephalogram analysis of memories recalled by music

メンバー 山内結月 下屋敷紗季 小野寺凛 教員 富永敦子 佐藤直行 中田隆行
奈良正奈 小山田莉子 小林瑞

目的 Objective

音楽を聴いているとポジティブな状態になるため、人の心情は音楽によって左右されると考えられている。
→良い思い出がある曲とない曲で脳波を比較し、心情との相関を明らかにする。
It is believed that a person's emotional state is influenced by music because listening to music puts one in a positive state.
→By comparing the EEG of songs with good memories and those with not so good memories, the correlation between EEG and emotional changes will be clarified.

背景 Background

先行研究[1]では、音楽の感情価や好み、懐かしさがポジティブ感情喚起に影響を及ぼすことを明らかにした。
→個人の思い出が存在している音楽でもポジティブ感情の喚起に影響を及ぼすのではないかと考えた。
Prior studies exist that have examined the influence of emotional value, preference, and nostalgia for music on positive emotional arousal.
Therefore, we hypothesized that music with personal memories might also influence positive emotional arousal.

[1]石井あゆ美, 音楽に対する懐かしさ感情の多面的側面がポジティブ感情喚起に及ぼす効果., 生老病死の行動科学, 2014, 17:15-32

実験 Experiment

音楽を聴いた時の良い思い出の有無による脳波の違いを調べる。
An experiment was planned to investigate the difference in electroencephalogram depending on the presence or absence of good memories of listening to music.

仮説: 思い出のある曲を聴くとポジティブな状態になる
Hypothesis: Listening to a song with a memory puts one in a positive state of mind.

- 記憶想起に関係するα波が強く出る
Theta waves related to memory recall are strong.
- 前頭葉の左右の脳波を比較し左の脳波が強く出る (図1)
(ポジティブな状態であるかを調べるため)
Compare the left and right electroencephalograms of the frontal lobe to see if the left electroencephalogram is stronger (Figure 1) to find out if it is a positive state.

手順: Procedure:

- ①実験の説明
Description of experiment
- ②尺度に回答
Answer to the scale
- ③用意した曲の中から思い出のない既知の曲の選択 (1曲)
Select a known and unmemorable song from the list of songs provided. (1 song)
- ④被験者の思い出の曲と③を用意, その間に被験者は洗髪
Prepare one of the subject's memorable songs and ③, while the subject washes his/her hair.
- ⑤実験装置のセッティング
Setup of experimental apparatus
- ⑥何も聴いていない状態で脳波の計測 (5分)
Measuring brain waves without listening to anything (5 min)
- ⑦思い出のある曲を聴いている状態で脳波の計測 (5分)
Electroencephalogram measurement while listening to memorable song (5 min)
- ⑧尺度とアンケートの使用
Use of scales and questionnaires
- ⑨思い出のない曲を聴いている状態で脳波の計測 (5分)
Electroencephalogram measurement while listening to a song with no memories (5 min)
- ⑩尺度に回答
Use of Scales

実験者が用意する曲 (予定): Songs to be prepared by the experimenter (tentative ruling)

- ・前前前世 (RADWIMPS) ・パプリカ (Foorin × 米津玄師)
- ・恋 (星野源) ・lemon (米津玄師)
- ・クリスマスソング (back number) ・pretender (Official 髭男 dism)
- ・マリゴールド (あいみょん) ・猫 (DISH//)
- ・さよならエレジー (菅田将暉) ・シンデレラボーイ (Saucy Dog)

実験で使用する尺度: Songs to be prepared by the experimenter:

懐かしさ感情を除外した音楽作品の感情価測定尺度の因子分析パターン行列 [1]

理由: 明確な感情指標を集め、心情との相関を明らかにするため。
Reason: To collect clear emotional indicators and identify correlations with sentiments.

実験で使用するアンケート:

Questionnaire to be used in the experiment:

論文[2]から作成予定
理由: 脳波の結果と音楽を聴いていた時の心情を照らし合わせるため。

Reason: To compare the results of the EEG with the feelings of the person listening to the music.

[2] Petr Janata, Stefan T. Tomic & Sonja K. Rakowski, Characterisation of music-evoked autobiographical memories. *MEMORY*, 2007, 15:8, 845-860

脳波を測るに付ける電極は図1に記載

青色: 脳波のベース (額) Red: Brainwave base
緑色: リファレンス Green: Reference
水色: 電極 Light blue: electrode



図1. 脳波が強くなるとされる部分 (橙色)

解析 Analysis

予備実験から得られたデータを用いてPythonで解析を行った。また、予備実験では尺度及びアンケートは省略した。

Data obtained in the preliminary experiment were analyzed in Python. Scales and questionnaires were omitted from the preliminary experiment.

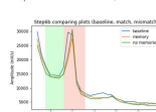
予備実験は2回行った。
被験者のうち1名のデータは正確に測ることができなかったので、もう1名のデータを記載する。

Two preliminary experiments were conducted.
Data from one subject could not be measured accurately, so data from the other subject is described.

予備実験で使用した曲: 思い出のある曲: ノーダウト (Official 髭男 dism)
思い出のない曲: さよならエレジー (菅田将暉)

結果 Result

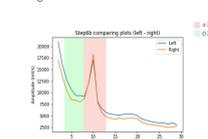
・3つの脳波のグラフ (左の前頭葉) (α波は8~13 Hz, θ波は4~7 Hz)
Graphs of three EEGs (left frontal lobe)



青色: 何も聞いていない状態
Blue: The state of not listening to anything
橙色: 思い出のある曲を聴いている状態
Orange: The state of listening to memory music
緑色: 思い出のない曲を聴いている状態
Green: The state of listening to music with no memories

グラフの4~7 Hzの部分から読み取れるように、θ波は大きく出なかった。
As can be read from the 4-7 Hz portion of the graph, the theta wave is not large.

・思い出のある曲を聴いた時の前頭葉の左右差を比較したグラフ
Graph comparing the left-right difference in electroencephalogram in the frontal lobe when listening to music with memories



青色: 左の脳波
Blue: Left brain wave
橙色: 右の脳波
Orange: Right brain wave

左の脳波が強くなる予定だったが、右の脳波のほうが強く出た。
The left brain wave should be stronger, but the right brain wave is stronger.

課題点と改善案 Problems and Improvement Proposals

- ①課題点: 予備実験では、何も聞いていない状態→思い出のある曲→思い出のない曲の1パターンで行った。
→思い出のある曲につられてしまい、大きな変化が得られなかったと考えられる (順序効果)。
Problem: In preliminary experiment, one pattern was used. (The state of not listening to anything→Song with memories→Song without memories)
→It is likely there was no significant change in electroencephalogram under the influence of the memorable song (order effect).

改善案: 図2のパターンを交互に実験を行う。
Improvement proposal: Experiment with alternating the two patterns in Figure 2.

- ②課題点: 閉眼した状態で実験を行ったため、α波がすぐ出てしまい、仮説と違った結果となってしまった。
Problem: The experiment was conducted with eyes closed, alpha waves were produced immediately, and the results were different from the hypothesized results.

改善案: 開眼状態で実験を行う。
Improvement proposal: Conduct the experiment with open eyes.

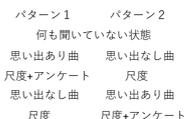


図2. 本実験で使用する2パターン

図 4.1 中間発表会で使用したポスター

4.2 アンケート

35人の学生から中間発表によるアンケート結果が得られた。以下はそれらの内容をまとめたものである。発表技術に関しての平均評価点は7.6点で、発表内容に関しての平均評価点は8.0点であった。

発表技術についての評価 / Evaluation about Presentation Skill (基準：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...ress the project and its plan?)
35件の回答

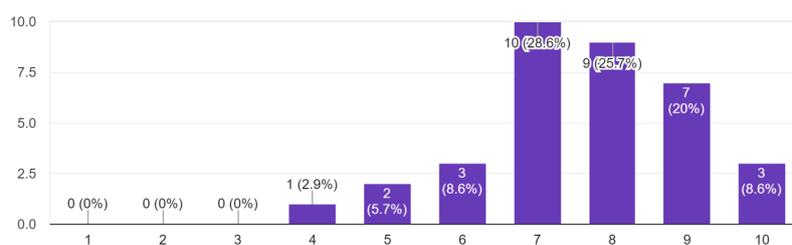


図 4.2 発表技術についての評価

図 4.2 は発表技術について 10 段階で評価してもらい、その結果をグラフに表したものである。

「声が小さい」、「スライドが文字のみで分かりにくい」、「原稿をずっと見ていた」などの意見が多く挙げられた。そんな中、「発表が分かりやすくとても聞き取りやすかった」という肯定的な意見も見られた。

発表内容についての評価 / Evaluation about Presentation Plan (基準：プロジェクトの目標設定と計画十分なものであるか / Were the specified plans satisfied?)
35件の回答

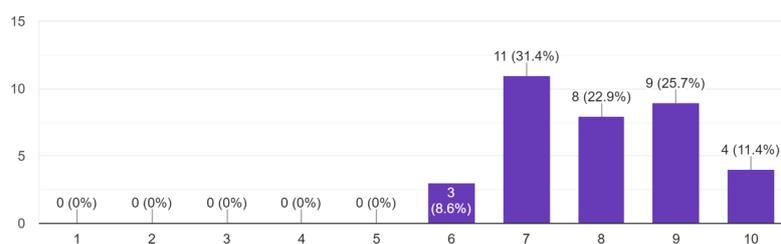


図 4.3 発表内容についての評価

図 4.3 は発表内容について 10 段階で評価してもらい、その結果をグラフに表したものである。

「専門用語の説明が分かりやすい」、「グラフが見やすい」、「目標設定も背景もしっかり考えられていて分かりやすかった」などの意見が多く挙げられた。一方で「背景や研究を利用した今後の展望がもっと内容が充実していると面白いプロジェクトになると思う」、「実験テーマ、仮説などの決定にいたるまでに出た案やそれを絞ったプロセス、なぜそれになったのかななどを詳しく説明してもいいのかなと思いました」、「やりたいことは分かったが、それを活用して日常生活にどのように活かせるのかが分からなかった」などのアドバイスも挙げられた。

(※文責: 小山田莉子)

4.3 改善点

アンケート結果から、発表技術と発表内容についてそれぞれ改善案を挙げる。まず初めに発表技術についてである。「発表がわかりやすい」、「聞き取りやすい」という意見がある中でも「聞き取りづらい」という意見もあったので、今後は発表練習をしっかりと行い、全員が聞き取りやすくわか

りやすい発表をできるようにしたいと考えている。また、「発表スライドが分かりづらい」という意見に対しては、スライドを作る時間を十分にとることができず、デザイン性がないものとなってしまった。よって、こちら準備に十分に時間をとり、誰が見ても分かりやすく見やすいスライドを作ることを心掛けたいと考えている。

次に、発表内容についてである。「内容は分かりやすい」、「グラフが見やすい」という意見が多かったので今後も活かしていきたいと考えている。だが、最終的な目的として、「日常生活にどのように活かしていくのか」、という点については今後グループで話し合う必要がある。また、「今後の展望内容を充実させた方が面白くなる」という意見もあったので、今後は実験内容をより充実させたものにしたいと考えている。

(※文責: 下屋敷紗季)

4.4 前期まとめ

顔合わせから始まりそれぞれのやりたいことを明確にしグループ別にするため KJ 法を用いてディスカッションを始めた。KJ 法とはブレインストーミングなどで得ることのできた情報をメモ帳やカードに書き同じ系統、ジャンル別にカードを分けてグループ化しジャンルごとに分類されたデータを整理、分析し、図解などを用いて論文にまとめていく方法のことで今回のテーマ決めには最適な手法だった。

これを行い聴覚と嗅覚の2つのグループに分けて活動していくことを決めた。これらのテーマ決めを踏まえ、先行研究の選定、具体的な実験内容の決定、予備実験を行い後期の成果発表のための本実験に取り組んだ。

(※文責: 小林陽)

第5章 本実験

5.1 方法

5.1.1 日時・場所

2022年10月7日～2022年11月7日に公立ほこだて未来大学構内の教員235室後ろの実験室または心理学実験室にて行った。

(※文責: 山内結月)

5.1.2 被験者

大学生の男女10名を被験者として実験を行った。

(※文責: 山内結月)

5.1.3 装置

脳波計測には、8チャンネル脳波計 AvaterEEG (AvaterEEG 社, サンプルング周波数 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: 山内結月)

5.1.4 材料

思い出のない曲として、前前前世 (RADWIMPS), 恋 (星野源), クリスマスソング (back number), マリーゴールド (あいみょん), さよならエレジー (菅田将暉), パプリカ (Foorin × 米津玄師), lemon (米津玄師), pretender (Official 髭男dism), 猫 (DISH//), シンデレラボーイ (Saucy Dog) を用意した。良い思い出のある曲は被験者に用意してもらった曲を使用した。

(※文責: 山内結月)

5.1.5 手続き

最初に実験の説明をした後、尺度を用いたアンケートに回答してもらった。次に、施験者が用意した曲の中から思い出のない曲を被験者を選んでもらった。その後、頭皮の油分や汚れを落としてもらうために被験者に洗髪してもらい、脳波測定の前準備を行った。洗髪してもらった後、被験者に安静な状態で椅子に座ってもらい、被験者の頭部に電極を設置した。本実験では、電極は、頭頂部、左前頭部、右前頭部、左後頭部、右後頭部、左目の上、右目の上、左右の耳たぶにそれぞれ設置した。次に、脳波計の設定を行った。脳波計の時刻を合わせ、電極を設置し終わった後、インピーダンスを確認し

て、抵抗ができるだけ小さくなるようにした。脳波計の設定が完了した後、最初に何も聴いていないときの脳波を測定した。その後、尺度を用いたアンケートと脳波測定中に寝ていなかったか確認するアンケートに回答してもらった。次に、曲を聴いているときの脳波を測定した。順序効果の影響をなくすために、1人目、3人目、5人目、7人目、9人目の被験者には先に良い思い出のある曲を聴いてもらった後思い出のない曲を聴いてもらい、2人目、4人目、6人目、8人目、10人目の被験者には先に思い出のない曲を聴いてもらった後良い思い出のある曲を聴いてもらった。良い思い出のある曲を聴いた後には、尺度を用いたアンケートと思い出の内容に関するアンケート、思い出のない曲を聴いた後には、尺度を用いたアンケートに回答してもらった。その後、計測した脳波のデータをPythonとRを使って解析し、尺度の得点と脳波のデータを使用して実験の考察を行った。

(※文責: 山内結月)

5.2 尺度の説明

今回の実験では、被験者の心情を調べるためのアンケートを1回の実験で計3回行ったが、尺度は「懐かしさ感情を除外した音楽作品の感情価測定尺度」を用いた [3]。今回使用した尺度は、音楽の感情価測定尺度（谷口，1995）から懐かしさ感情に関連する項目を除外し、因子構造を再検討して作成されたものである [26]。懐かしさ感情は単一の側面では捉えることが困難な感情であり、またポジティブな感情とネガティブな感情の両方を含む複雑な感情である。

今回の実験では、被験者の心情を脳波から読み取ることが目的としていて、アンケートからは複雑な心情ではなく、簡単な心情が分かれば良かったため、このような尺度を使用することにした。因子の内容としては、第1因子の軽快さは気まぐれな、軽い、浮かれた、落ち着きのない、の4つ、第2因子の陰りは沈んだ、暗い、悲しい、哀れな、の4つ、第3因子の力強さは強い、強烈な、刺激的なの3つ、第4因子の柔らかさは優しい、おだやかな、優雅な、繊細な、の4つ、第5因子の荘重は厳肅な、おごそかな、崇高な、の3つ、第6因子の高揚感は楽しい、うれしい、陽気な、明るい、の4つである。そして今回の実験では、第6因子の高揚感について特に着目した。

(※文責: 奈良正宗)

5.3 結果

図は本実験で測定した、全被験者の前頭葉の脳波の平均を左右別に表したものである。図から分かるように α 波の値を示す8~13Hzの範囲で右の脳波が強く出た。

図は本実験で測定した、何も聴いていない状態、被験者の良い思い出のある曲を聴いている状態、施験者が用意した曲を聴いている状態の3つの条件の θ 波の値を比較したものである。図から分かるように3つの条件の中で最も値が大きいのは思い出なしのときで、良い思い出のある曲を聴いているときには θ 波の値が低かった。

図は α 波の値と高揚感因子の下位尺度得点の相関を示したものである。被験者の良い思い出のある曲を聴いている状態の下位尺度得点から、何も聴いていない状態の下位尺度得点を引いたものと、被験者の良い思い出のある曲を聴いている状態の α 波の値から、何も聴いていない状態の α 波の値を引いたときの相関係数は、-0.02、施験者が用意した曲を聴いている状態の下位尺度得点から、何も聴いていない状態の下位尺度得点を引いたものと、施験者が用意した曲を聴いている状態の α 波

の値から、何も聴いていない状態の α 波の値を引いたときの相関係数は、0.06、被験者の良い思い出のある曲を聴いている状態の下位尺度得点から、施験者が用意した曲を聴いている状態の下位尺度得点を引いたものと、被験者の良い思い出のある曲を聴いている状態の α 波の値から施験者が用意した曲を聴いている状態の α 波の値を引いたときの相関係数は0.13であった。

(※文責: 下屋敷紗季)

5.4 考察

本実験では音楽を聴いた時の良い思い出の有無による脳波の違いと、 α 波の値と高揚感因子の下位尺度得点の相関を調べた。結果としては、記憶想起に関する θ 波は良い思い出のある曲を聴いている時が何も曲を聴いていない時、思い出のない曲を聴いている時よりも θ 波の値が低かった。良い思い出のある曲を聴いている時、前頭葉の脳波に大きな左右差は見られず、右の脳波が強くてた。

本実験では前期で行った予備実験と同様で、良い思い出のある曲を聴いている状態の θ 波が、何も聴いていない状態と施験者が用意した曲を聴いている状態の θ 波よりも強く出るとは思わなかった。しかし、結果は予想とは異なり、良い思い出のある曲を聴いているときの θ 波は何も聴いていない状態の θ 波より大きくでなかった。これは、良い思い出の曲を聴いていてもその思い出は想起されていないと考えられる。

前頭葉の左右の脳波を比較した時、左前頭葉の α 波が右前頭葉より強く出ると前期で行った予備実験と同様で、左前頭葉の α 波が右前頭葉より強く出ると予想したが、結果は予想とは異なり、前頭葉の脳波に大きな差は見られず、右の脳波が強くてた。これは、言語処理や認知的判断は左の脳波が強くと出やすく、感情が動いたときには右の脳波が強くと出やすい。今回の本実験でも高揚感因子の数値に有意傾向が見られたことから感情が動いたことが読み取れるので右の脳波が左の脳波よりも強く出たと考えられる。

高揚感因子の下位尺度得点については、良い思い出のある曲を聴いた後の得点が、思い出のない曲を聴いた後の得点と比較した際に、高揚感因子でのみ強い有意傾向が見られた。そのため思い出の内容をどの因子に関係が深い分類したグラフを作成した(図 5.1)。グラフから、被験者全体の6割が高揚感因子との関係が深い内容の思い出だったことが分かる。このことから、良い思い出のある曲を聴いた後に高揚感が高まった理由は、思い出の内容にあると考えられる。また、良い思い出のある曲を聴いた後とその他の状態で高揚感因子の数値に有意傾向が見られたことに関しては、良い思い出のある曲を聴いた後には高揚感が高まったからであると考えられる。

思い出内容の分類

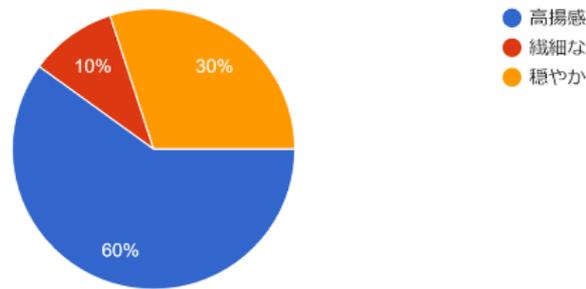


図 5.1 思い出内容の分類

(※文責: 小山田莉子)

5.5 結論

今回の実験の目的は、良い思い出がある曲と思い出がない曲を聴いているときの脳波を比較し、心情との相関を明らかにするというものであった。1つ目の実験結果としては、思い出がない曲を聴いているとき、何も曲を聴いていないときの方が良い思い出のある曲を聴いているときよりもθ波の値が高いという結果になった。これは、良い思い出のある曲を聴いたときにはθ波が強くなるという、実験前の予想とは反対の結果になったということが分かる。また、2つ目の実験結果として前頭葉の左右の脳波の比較についても右の前頭葉の脳波の方が強く出るという結果になった。これも、前頭葉の左右の脳波を比較したときには左の前頭葉で脳波が強くなるという実験前の予想と反対の結果になったということが分かる。

1つ目の実験結果から、良い思い出のある曲を聴いても思い出は想起されず、脳波と心情の相関は無かったと思われた。しかし、良い思い出のある曲を聴いた後とその他の状態では高揚感因子の数値に有意傾向が見られたことから、良い思い出のある曲を聴いた後には高揚感が高まっていたことが明らかになったため、実験の仕方を変えて別の条件で実験を行えば思い出の想起はθ波にも現れたかも知れないと考えられる。また、2つ目の実験結果を詳しく考察していくと、言語処理や認知的判断は左の脳波が強く出やすく、感情が動いたときは右の脳波が出やすいということから、左右の前頭葉の脳波を比較したときに右の方が強く出たのは感情が動いていたからであり、脳波と心情の関係は無かったわけではということが分かった。

これらのことから、今回の実験では良い思い出がある曲と思い出がない曲を聴いているときの脳波と心情との相関を完全に明らかにすることができなかったが、今後の展望次第では相関を明らかにできる可能性は十分にあるだろうと結論づけた。

(※文責: 奈良正宗)

第 6 章 成果発表会

6.1 準備

成果発表会において私たちはスライド（全体, B グループ）、原稿、ポスター（全体, A グループ, B グループ）の計 3 枚を用意した。

B グループの発表用スライドは実験の流れ、実験結果、考察に重きをおいて作成した。実験結果はグラフを多く用いてスライド内の文字を減らし、口頭で詳しい解説を行った。

成果発表会用に用意した原稿は、スライド内に含まれている内容に加え、何に関するグラフなのか、各数値は何を表しているのかといった説明を加えた。

B グループのポスターは、実験を行う目的、実験で使用した尺度に関する説明、実験を行う前に立てた仮説、実験手順、実験結果、考察を記載した。実験結果については、仮説で挙げていた前頭葉の左右の脳波の比較、被験者の良い思い出のある曲を聴いている状態における θ 波の値に加え、 α 波の値と高揚感因子の下位尺度得点の相関関係の有無に着目した。考察については、被験者が記憶想起した思い出の内容と高揚感の関係性、高揚感因子に関する有意傾向について、前頭葉の左右の脳波の比較に着目した。

（※文責: 下屋敷紗季）

音楽で想起される思い出の脳波分析に関する研究

Research on electroencephalogram analysis of memories recalled by music

メンバー 山内結月 下屋紗紗季 教員 富永敦子 佐藤直行 中田隆行
奈良正奈 小山田莉子 小林瑞

目的 Objective

音楽を聴いているとポジティブな状態になるため、人の心情は音楽によって左右されると考えられている。
→良い思い出がある曲とない曲で脳波を比較し、心情との相関を明らかにする。

It is believed that a person's emotional state is influenced by music because listening to music puts one in a positive state.
→By comparing the EEG of songs with good memories and those with not so good memories, the correlation between EEG and emotional changes will be clarified.

尺度 Measure

音楽を聴いているときの心情を測定するために「音楽作品の感情評価測定尺度」[1]を使用した。この尺度の因子は「軽快さ」「陰り」「力強さ」「柔らかさ」「荘重」「高揚感」である。各因子の質問項目に対する回答の合計を下位尺度得点とする。

In order to collect clear emotional indices and clarify the correlation with sentiment, we used the factor analysis pattern matrix [1] of the sentiment rating scale of musical works, excluding nostalgia emotions.

[1]石井あゆ美,音楽に対する懐かしさ感情の多面的側面がポジティブ感情喚起に及ぼす効果,生老病死の行動科学,2014,17:15-32

[1]Ayumi Ishii, Effect of multifaceted feelings of nostalgia for music on positive emotion arousal, Behavioral Science of Birth, Aging, Disease and Death, 2014, 17: 15-32

実験 Experiment

音楽を聴いた時の良い思い出の有無による脳波の違いを調べる。
An experiment was planned to investigate the difference in electroencephalogram depending on the presence or absence of good memories of listening to music.

仮説: 思い出のある曲を聴くとポジティブな状態になる
Hypothesis: Listening to a song with a memory puts you in a positive state of mind.

- ・記憶想起に関係するα波が強くなる
Theta waves related to memory recall are strong.
- ・前頭葉の左右の脳波を比較し左の脳波が強くなる (図1)
(ポジティブな状態であるかを調べるため)
Compare the left and right electroencephalograms of the frontal lobe to see if the left electroencephalogram is stronger (Figure 1)(to find out if it is a positive state).

手順: Procedure:

- ①実験の説明のち、尺度に回答
Description of experiment
- ②用意した曲の中から思い出のない既知の曲の選択 (1曲)
Select a song and a remembered song from the list of songs provided (1 song)
- ③被験者の思い出の曲と②を用意、その間に被験者は洗髪
Prepare one of the subject's memorized songs and ②, while the subject washes his/her hair
- ④何も聴いていない状態で脳波の計測 (5分)
Measuring brain waves without listening to anything (5 min)
- ⑤脳波測定と尺度・アンケート(⑥は以下の2パターンを被験者ごとに交えて行った。)
EEG measurement and scale/questionnaire (For ⑥, the following two patterns were changed for each subject)



図1. 脳波が強くなるとされる部分 (橙色)

パターン1 Pattern1

- ⑥思い出のある曲を聴いている状態で脳波の計測(5分)
EEG measurement while listening to a memorable song (5 minutes)
- ⑦尺度とアンケートの使用
Use of scales and questionnaires
- ⑧思い出のない曲を聴いている状態で脳波の計測(5分)
EEG measurement while listening to a song with no memories (5 minutes)
- ⑨尺度に回答
Answer the scale

パターン2 Pattern2

- ⑥思い出のない曲を聴いている状態で脳波の計測(5分)
EEG measurement while listening to a song with no memories (5 minutes)
- ⑦尺度に回答
Answer the scale
- ⑧思い出のある曲を聴いている状態で脳波の計測
EEG measurement while listening to a memorable song (5 minutes)
- ⑨尺度とアンケートの使用
Use of scales and questionnaires

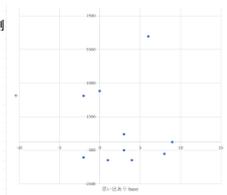


図4. α波と高揚感因子の相関

考察 Discussions

・高揚感の因子でのみ強い有意傾向が見られたため、思い出の内容をどの因子に関係が深いかに分類したグラフ(図5)を作成した。グラフから、被験者全体の6割が高揚感の因子との関係が深い内容の思い出だったことが分かる。このことから、思い出のある曲を聴いた後に高揚感が高まった理由は思い出の内容にあると考察できる。

* Since a strong significant trend was observed only in the factor of euphoria, a graph (Fig. 5) was created that classified the content of memories into which factor was closely related. From this, it can be seen that 60% of all subjects had memories of content that was closely related to the factor of euphoria. From this, it can be considered that the reason why the feeling of euphoria increased after listening to a song with memories is the content of the memories.

・思い出のある曲を聴いた後とその他の状態では、高揚感因子の数値に有意傾向が見られたのは、思い出のある曲を聴いた後に高揚感が高まったと考えられる。

* The significant tendency in the value of the uplifting factor after listening to a memorable song and in other states is thought to be that the feeling of euphoria increased after listening to a memorable song.
・前頭葉の左右の脳波を比較した結果、右の脳波が強くて左の脳波が強く出やすい、言語処理や認知的判断は左の脳波が強く出やすく、感情が動いたときには右の脳波が強く出やすい。今回の実験でも高揚感因子の数値に有意傾向が見られたことから感情が動いたが読み取れるので右の脳波が強く出た。

* As a result of comparing the left and right brain waves of the frontal lobe, the left brain waves tend to be strong for language processing and cognitive judgment, and the right brain waves tend to be strong when emotions move. In this experiment as well, there was a significant trend in the value of the euphoria factor, so the emotions moved, but since they could be read, the right brain wave was strongly emitted.

結果 Result

予備実験から得られたデータを用いてPythonで解析を行った。Rでは、ベースライン、思い出あり、思い出なしの3条件について、周波数帯ごとに脳波のパワーの分散分析を行った。また、この3条件について、感情評価測定尺度の各因子の下位尺度得点の分散分析を行い、有意差があったときのみ多重比較をした。

Analysis was performed with Python using the data obtained from preliminary experiments. In addition, analysis of variance and t-test were performed on the EEG power for each frequency band and the numerical value of the emotional valence scale obtained from the questionnaire in R.

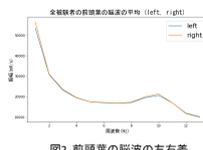


図2. 前頭葉の脳波の左右差

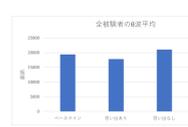


図3. 条件ごとのθ波

図2は全被験者の前頭葉の脳波の平均を左右別に表した図である。図から分かるようにα波の値を示す8~13の範囲で右の脳波が強く出ている。

FIG. 2 is a diagram showing the average brain waves of the frontal lobe of all subjects separately for the left and right. As can be seen from the figure, the right electroencephalogram is strong in the range of 8 to 13, which indicates the value of alpha waves.

図3は各条件ごとのθ波の値を比較したものである。図から分かるように3つの条件の中で最も値が大きいのは思い出なしのときで、思い出ありの曲を聴いている時にはθ波の値が低かった。

FIG. 3 compares the θ wave values under each condition. As can be seen from the figure, the largest value among the three conditions was when there were no memories, and no θ waves were emitted when listening to songs with memories.

α波と高揚感因子の相関を調べた(表1)。

We examined the correlation between α waves and uplifting factors (Table 1).

	高揚感因子の下位尺度得点		
	思い出あり-base	思い出なし-base	思い出あり-思い出なし
α波	-0.02	0.06	0.13

表1. 相関関係

思い出内容の分類



図5. 思い出の内容の分類

図 6.1 成果発表会で使用したポスター

6.2 アンケート

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40名の回答を集計した。以下はそれらの内容をまとめたものである。

発表技術に関しての平均評価点は7.2点で、発表内容に関しての平均評価点は8.0点であった。

図6.2は発表技術について10段階で評価してもらい、その結果をグラフに表したものである。

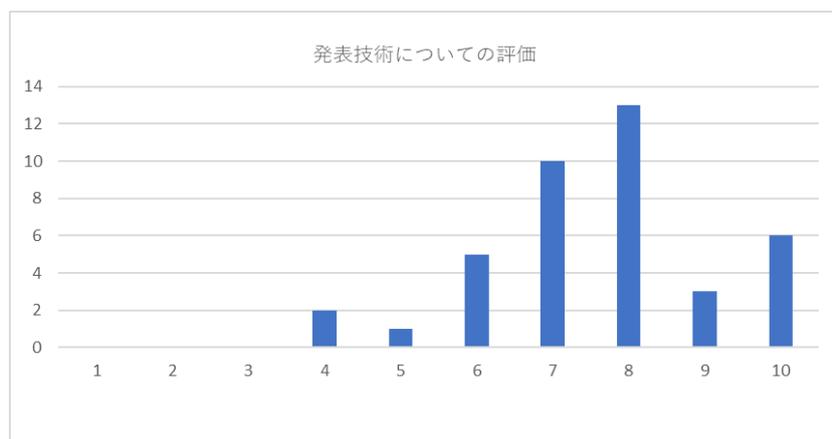


図 6.2 発表技術についての評価

良い点として、「スライドがとても見やすく、グラフなども表示されており分かりやすかった」、「質問に対して、レスポンス良く回答していて良かったと思います」、「スライドを使ってハッキリ発表をされていて、好印象だった」という意見が挙げられた。

工夫すべき点として、「スライドを見ながら話していたため声が聞こえなかった」、「結果のグラフをもう少し大きく表示するとより見やすく理解しやすい」、「A 班と B 班を同時に説明されると聞きづらいし、1 グループの発表しか聞こえず残念だった」、「スライドに書いてある文章に対する補足がない」という意見が挙げられた。

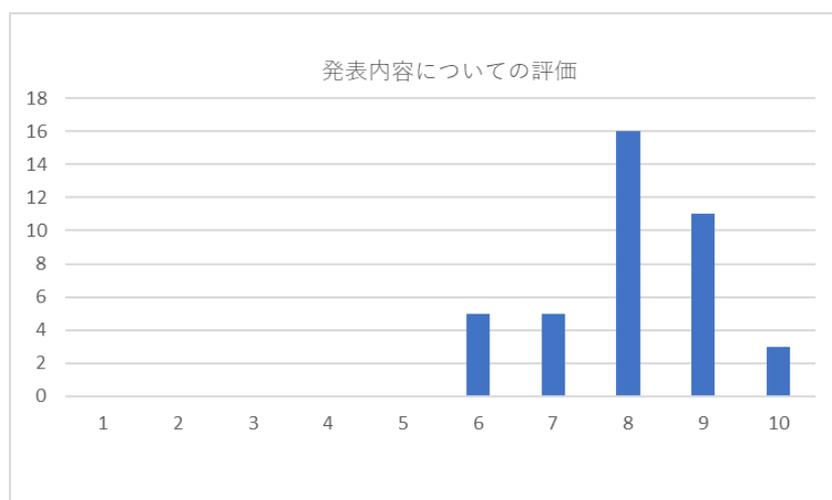


図 6.3 発表内容についての評価

図 6.3 は発表内容について 10 段階で評価してもらい、その結果をグラフに表したものである。

良い点として、「期待していた結果はでなかったものの、ありのままを正直に説明して考察していたので素晴らしかった」、「スライドに関して、複数の色を使わないのは統一感が出て良い」という意見が挙げられた。

工夫すべき点として、「結果からどのような応用が考えられるかがあったと良かった」、「仮説と異なる結果が出たことに対して、もう一步踏み込んだ分析が出来ていると良い」、「スライドの情報量が多いのと、アクセントカラーとしてもう一色いれると良い」、「根拠が曖昧なものがあった」という意見が挙げられた。

(※文責: 小山田莉子)

6.3 改善点

初めは発表技術について述べる。脳波に詳しくない人にでも研究内容について理解してもらえるように、スライドの作成において結果をグラフ化したものを載せたり、文字を書きすぎないように工夫を行った。その結果、アンケートの回答で、スライドが見やすく、グラフも表示されていて分かりやすかったという声が多数見受けられた。成果発表会の発表形式として、中間発表会の発表形式とは異なる全体発表を行った後に、各グループに分かれて発表を行うといった形式で行った。これは、A と B の両グループとも話す内容が多くあったため、お互い時間をかけて説明を行うためである。しかし、アンケート回答では、同時に説明をされていて聞こえづらいという声が多数見受けられた。また、両グループの発表を聞いたかったという声も多数見受けられた。中間発表会と同様で、全体説明、A グループの説明、B グループの説明の順番で発表を行うべきであった。また、短時間で説明しきれるようなスライド作成や発表練習も行うべきだった。

次に発表内容について述べる。今回の実験において、仮説とは異なる結果になった。しかし、異なる結果に対してグループ内で時間をかけて考察を行い、成果発表会で説明を行った。だが、アンケート回答では、もう一步踏み込んだ分析が出来ると良いという声が挙げられた。これに関してはもっと時間をかけるべきだった。加えて、論文や本から情報を得るべきだった。他には、結果からどのような応用が考えられるか、日常においてどう活かされるのかという声も多く挙げられた。これは、中間発表会の際のアンケート回答にも同じ声が挙げられていた。このことに関しては、考える時間を費やすことができなかったことが原因と考えられ、後期の計画を組み直し逆算して時間をかけるべきだった。

(※文責: 小山田莉子)

6.4 後期まとめ

後期の活動内容として、前半は本実験と脳波データの解析、アンケートの分析を行い、後半は結果の考察と成果発表会の準備を行った。本実験では、被験者ごとにメンバーを交替しながら脳波を計測した。データの解析では、Python と R で解析を行った。Python では、3つの状態の脳波と良い思い出を聴いているときの左右の前頭葉の脳波を比較した。R では、アンケートから得られた尺度の得点や3つの状態での脳波のパワーを分散分析し、有意差がみられたものはt検定で多重比較を行った。また、高揚感因子の得点と α 波の相関関係も調べた。分析が終わった後、この結果をもとに実験の考察を行った。結果の考察はポスターやスライドにまとめ、成果発表会で作ったポスターやスライドを見せながら発表した。

(※文責: 山内結月)

第 7 章 今後の課題と展望

7.1 課題

①成果発表会で生じた課題

- ・オープンスペースだったため声が聞こえづらい場合があった。
- ・発表している内容と表示している内容が少しくずれていて少しわかりづらかった。
- ・スライドには細かい情報を書かずに説明で補っていたため説明を聞き逃すと内容が入ってこなかった。
- ・グラフをもう少し大きく表示すると、よりみやすく理解しやすいスライドになると思った。
- ・スライドに書いてある文章に対する補足がなくてわかりづらかった。
- ・伝えたいことがあまりまとまっていなかったかなと感じた。
- ・モニターの正面にパソコンを置くという配置なので、たまに発表者と重なっているときがあり気になった。
- ・A 班と B 班を同時に説明されると聞こえづらいし、片方しか聞けず、残念でした。メモを見なくても説明できると良いと思った。実験方法や条件の詳細な説明があると議論しやすいと思った。
- ・2つを隣同士で同時に発表していたので、聞き取りづらい点があった。

②発表内容について傍聴者から寄せられた課題

- ・モチベーションがもっとはっきりわかると良かった。あとわかった事実からどのような応用が考えられるか考えてあると良いと思った。
- ・スライド中の情報量が多くて、重要な情報がわかりづらかったです。余白をもう少し設けて、少ない情報量で内容が入って来やすいと思います。
- ・まず脳波とは、という前提知識があまりなかったのでそれぞれの波がどのような種類でどのような内容なのかが分からなかった。
- ・スライドにすこし工夫が見られるとよかったと思う。複数の色を使わないのは統一感が出て良いが、アクセントカラーとしてもう一色いれるとより良くなる。また、テーマが馴染みのない人にとっては難しいので、もうすこしわかりやすい説明があるとたすかる。
- ・スライドの発表が非常にわかりやすかったが、ポスターベースの時の発表が少し速足で頭の中で発表内容の整理が追い付かずに混乱してしまった。
- ・実験結果がバラバラで面白いと思った。自分も実験に参加したので、どれが自分の結果なのか気になった。情報公開の面で難しいとは思いますが学年とイニシャルだけでも書いて貰えると自分の結果がわかって良いと思った。
- ・詳しい年間のスケジュールがあるとどういったことを行ったのかわかりやすいと思った。
- ・今回の結果をどのように生かしていくのかも分かればもっと良いと思った。
- ・根拠が曖昧なものがあった。
- ・ポジティブ要因とネガティブ要因で分けて行うことで嗅覚による wellbeing の増減が分かりやすくなり良いと思った。
- ・様々な実験における結果からいくつかの考察を伸ばして良いと思ったがこの実験結果がどのようなことに役立つのか知りたかった。

- ・プロジェクトとして難しい内容で、理由の推論などもしっかりされていたと思ったが、少しできなかつた内容が目立ってしまったかなと感じた。

- ・仮説と異なる結果が出てきたことに対して、もう一步踏み込んだ分析ができていると良いと思った。例えば、思い出のある曲を聞いた時に、 θ 波が下がっている理由とか、思い出と結びついている曲であっても、その曲を普段聞いている場合は、振り返りや想起といった現象が起きるかどうかなど。

- ・出来ていない部分が明確ではなかつた。

(※文責: 小林陽)

7.2 展望

今後の展望としては、成果発表会で先生方から頂いたアドバイスを元にして様々なことができるだろうと考えている。考えられる今後の方向性を大きく2つに分けると、別の角度からの分析そして考察と、別の条件下での実験である。

今回は被験者に行ってもらったアンケートを使って思い出の内容をいくつかに分類していったように、思い出の内容から考察を行った。例えば、別の角度からのさらに詳しい分析そして考察としては、思い出の時期から分析、考察するという方法がある。具体的には、アンケートでは思い出の時期も記入してもらったため、それを利用して被験者それぞれの思い出の時期を幼少期、小学校時代、中学校時代、高校時代、最近のように分けて分析していくというやり方である。この方法で分析した結果考えられる仮説としては、思い出の時期が近ければ近いほど記憶は新しいので思い出は想起されやすく、 θ 波が強くなるというものである。このように別のやり方で分析をした場合は、また違った考察をすることもできるため、他の方法がないかを今一度考える必要があるだろう。

また、今回は良い思い出のある曲を聴いているときの脳波を計測したが、実験結果から分かるように、良い思い出のある曲を聴いたときには θ 波が強くなることはなく、思い出は想起されておらず、思っていたような結果にはならなかつた。そのため、さまざまな条件において実験していくべきであると考えられる。例えば、成果発表会で頂いたアドバイスの中で、悪い思い出のある曲を聴いているときの脳波を計測したら面白いのでは、というものがあつた。今回の実験で思い出があまり想起されていなかったのは聴いていた曲が良い思い出のある曲だったからであり、逆に悪い思い出のある曲を聴いた時の方が思い出は想起されやすく、 θ 波が強くなる結果が得られるかも知れないと考えた。

(※文責: 奈良正宗)

第 8 章 インターワーキング

8.1 小山田莉子

今回のプロジェクト学習において、私は多くを学び、吸収することができた。脳科学についての知識はほとんどなかったが、活動前に担当教員によって事前知識としての講義を 2 週に渡って行った。そこでは、脳科学、脳波についての基礎知識をメンバー全体で身に付けることができた。また、KJ 法を用いて well-being というテーマを細かく分け整理をした。それによって可視化されたものによってメンバーの間で意見を共有することができた。KJ 法という手法は今までに使用したことがなかったがプロジェクト学習で実際に使用したことで意見共有ができ今後も実践できるものであると分かった。

前期活動については予備実験まで進めることができた。予備実験に入る前に脳波の計測の仕方、道具の使い方、手順について担当教員から教わった。その後、実際に手順に沿って実験を行った。電極貼り付けがなかなか慣れずかなりの時間がかかってしまった。結果としては、メンバー間で立てた仮説とは異なる結果が出た。しかし、結果を出して終わりではなく、なぜこのような結果が出たのかとメンバー間で話し合いを行い、後期の本実験までにどこを変えるべきか考えた。前期はうまくコミュニケーションが取れず、話し合いが進まなかったことがあったり、進行状況の報告もあまりなく締め切りに余裕をもつことも出来なかった。中間発表に向けた準備作業においては、仕事を任せってしまうことや、締め切りが近くなりスライド作成に時間をかけられず満足のいくものを仕上げることが出来なかった。このことから、特にグループでの作業を行う際には、定期的に進行状況をメンバー間で確認すること、最初に立てた計画を見直してその時に応じて計画を変更するといったことが大事であるということ学んだ。

後期活動については、本実験から始まった。手順通り、時間通りに行うことができるか不安であったが、メンバー間で役割を決め各々その役割についてしっかりと仕事ができただけのため、スムーズに進めることができ、無事にデータを取り終えることができた。その後の解析では、データの解析方法について他グループに教わりながらではあったがコードを仕上げることもできた。前期の反省を活かし、結果、考察、成果発表会の準備について締め切り 1 週間前には終わるように計画を立てて行った。メンバー間で結果、考察について多く話し合いを行うことができた。前期とは違い色々な意見が飛び交いとても活発な活動を行うことができたのではないだろうか。成果発表会の準備においても、各々が仕事を見つけて作業することが出来たため、スライドにも時間をかけることができ内容の濃いものを仕上げることができた。それは、発表後のアンケート結果にもスライドに関する嬉しい感想が多く挙げられていた。時間をかけて満足のいくものを仕上げることによって達成感を味わうことができた。個人の課題について何もやらないことは自身が損をするだけであったが、プロジェクト活動において仕事をしないと全員の足を引っ張り迷惑をかける。このことは今後の人生において責任を持つことはとても大切なことであると思った。また、先生方には解析で詰まったときや、話し合いにおいて出た質問や疑問について丁寧に答えていただき大変お世話になりました。

以上より、脳科学、脳波についての知識、協調性、計画の重要性、責任を持つことの重要性が今回のプロジェクトを通して主に学んだことである。グループで 1 年かけて何かを行うといったことは初めてで不安が多いものだったが、今回の経験は、これからの人生において必ず活かされる日がく

と思う。

(※文責: 小山田莉子)

8.2 小林陽

本プロジェクトで私は話し合いの重要度が理解できたと思う。

プロジェクト活動とはグループ学習であるため発表や実験など基本的に一人ですべて実行することはあり得ないためグループ内での意見交換が大事になってくる。そのため何をするにあたってグループ内での意見が食い違ふとその後の活動に支障をきたしてしまうのだ。

そのため私は話し合いの場での相手の意見の要点のまとめ方や自分の意見を同グループ内メンバーに理解してもらうか、の部分を特に理解することができた。

(※文責: 小林陽)

8.3 下屋敷紗季

私たちのグループは、良い思い出がある曲とない曲で脳波を比較し、心情との相関を明らかにすることを目標としていました。後期のプロジェクトでは実際に実験を行い、成果物としては実験結果が得られました。さらに、得られた実験結果を Python や R などを用いて分析、解析した結果、事前に立てていた仮説とは異なる結果が得られました。その後、どうしてそのような結果になったのかをグループで話し合い、考察することでより実験に対する理解を深めることができました。

私は時間割で定められているプロジェクト時間外にも積極的に実験に参加しました。実験の流れや脳波計の操作方法、実験データの移行方法などをしっかり頭に入れることで、スムーズで正確な実験の実施に貢献することができたと思います。私は Python や R を今まで使ったことがなかったので実験結果の分析、解析を行う際には Excel を用いて簡単な計算やデータの整理を行い、分析、解析ソフトを扱うのが得意なグループメンバーのサポートを行いました。

中間発表会ではスライドやポスター、原稿の完成が本番直前になってしまいリハーサルを行うことができませでしたが、成果発表会の前には全体でリハーサルを行い、担当教員からスライドの内容に関してアドバイスをいただくことができました。アドバイスをもとにスライドを修正することでよりよい発表を行うことができたと思います。また、実験結果の分析、解析を行う際にはデータをどのように扱い、どのようなグラフや表を作成すべきかを担当教員に尋ねることでかなり知識を増やすことができたと思います。

スライドの内容については中間発表会よりいいものができたと感じましたが、発表では成果発表会でも中間発表会のとくと同様に原稿を覚えきれず、スライドをただ読み上げる形になってしまいました。成果発表会のアンケートを見てみるとそこを指摘する意見が多かったのもう少し発表練習にも時間を割くべきだったと思いました。また、グループへの不満をうまく共有することができず、リーダーが別のグループへ移籍するという事態が発生してしまったので学生同士のコミュニケーションもうまくとれたとは言えないと思います。

プロジェクト学習ではグループ内の仕事の分担がうまくいかず、作業分量に不公平がある場面が多々ありました。また、メンバー間でコミュニケーションがうまくとれていないこともあり、リーダーが別のグループへ移籍するという事態が発生してしまいました。このことからメンバー全員が

満足するような活動にするために話し合いを行うことは非常に重要だと感じました。複数人で共同作業を行う機会は卒業後もあると思うので、そのときには今回のようなことが起きないようにしたいです。

(※文責: 下屋敷紗季)

8.4 奈良正宗

本プロジェクトを終えてこの1年間で分かったことや感じたことがたくさんあった。

まず、このような長期間の大きなプロジェクトにおいては序盤の話し合いが何よりも大事になってくることが分かった。話し合いというのは、メンバー各々がやりたいことの確認とすり合わせや、グループとしてのテーマ決め、またグループを2つに分けるときのメンバー決めや、分かれてからの具体的な実験内容、目的、背景の決定などである。特に、実験内容が決まった後に目的と背景を決めるのに非常に時間がかかってしまったが、そこで決めた内容はその後の活動の大きな軸になってくれたため、このような長期間のプロジェクトにおいては序盤の話し合いが大切であると感じることができた。

また、他に感じたことはメンバーとのコミュニケーションの重要性についてである。この1年間の活動のほとんどがメンバーと協力して行うものであった。メンバーと協力してタスクを行ったり、いくつかのタスクを分担して行ったりしていく中で、メンバーとのコミュニケーションがうまくできておらず、活動の効率が非常に悪くなってしまったこともあった、このような事態を防ぐためにはやはりメンバーと円滑にコミュニケーションをとることが1番大切になってくるのだと感じた。

最後に、この1年間の活動の中で一番大切であると感じたことは、与えられた自分の仕事に責任感を持つということである。本プロジェクトは2つのグループに分かれてからは少人数での活動だったため、一人一人が自分の仕事にしっかりと責任感を持たないと他の誰かに大きく負担がかかってしまう状態であった。しかし、活動の中で一部のメンバーに頼ってしまう場面が何度かあり、実際に負担がかかっていたため、もっと自分の仕事に責任感を持つべきであり、特定の誰かに不公平に負担がかかってしまう状態はあってはならないことであったと反省している。

私は本プロジェクトでの活動において、この他にも細かいところで改善すべき点がたくさんあったと思っている。本プロジェクトでの反省は来年以降の卒業研究などの活動に生かし、自分の成長に必ずつなげていきたい。

(※文責: 奈良正宗)

8.5 山内結月

今回のプロジェクトにおいて、私は主にデータの解析や分析を行った。実験で得られた脳波のデータを Python で解析したり、アンケートで回答してもらった尺度の得点を R で分析したりした。Python は、もともと Python でプログラムを書いたことがあまりなかったため、最初は関数を調べてコードの意味を理解するところから始めた。フーリエ変換やバンドパスフィルタなどその処理を行う必要性やその処理の内容が分からなかったため、コードを理解するのに時間がかかった。調べても関数の意味を理解できなかったところは、同じプロジェクトのメンバーに解析の処理の内容を教えてもらったり、プログラムのコードを作ってもらったりした。Python での解析は、去年

のプログラムコードを参考にしたが、新しく作った部分はほとんど同じプロジェクトのメンバーに頼ってしまった。Python の関数や処理の方法をもっとしっかり理解できていれば、結果の表示方法や解析の仕方をもっと工夫できたのではないかと感じている。R は、講義で使ったことはあったが、コードの書き方を忘れていたため、担当の先生に資料をもらい、R での分散分析のやり方を教えてもらった。アンケートで回答してもらった尺度の得点を分散分析した結果が予想とは異なっていたため、どう考察すればいいか分からなかったが、担当の先生に相談することで考察をすすめることができた。尺度の得点を分散分析した結果、有意傾向がみられたものがあったため、R で t 検定も行った。また、全被験者の脳波の平均のパワーも R で分散分析を行った。予想とは異なる結果だったが、R で分析した結果をもとに考察をすすめることができた。

私は本プロジェクトを通して、大きく分けて 2 つのことを学んだ。1 つ目は、脳や脳波に関する知識である。前期に担当の先生に脳に関する講義をしてもらったり、脳波計を使った脳波の測定方法を教わったりした。また、テーマを決めるために先行研究を調べたり、情報ライブラリーで参考本を読んだりした。最初は、脳波の種類やその脳波の特徴が分からなかったが、調べることで θ 波、 α 波、 β 波などの違いを理解することができた。脳波計を使った脳波の測定方法は、ジェルの必要性や頭皮の油分を落とさなければいけないということなど、初めて知ることが多かった。本プロジェクトで学んだ脳と脳波に関する知識や脳波の測定方法は、卒業研究でも生かしたい。2 つ目は、研究の進め方やグループワークの取り組み方である。最初は、どうやってひとつのテーマで 1 年間研究していくのか分からなかった。また、1 年のころからオンライン授業が多く、グループワークをほとんどやっていなかったため、グループで円滑にコミュニケーションできるか不安だった。しかし、プロジェクトをすすめていくにつれて、先行研究や資料をグループで共有したり、テーマ決めやデータの解析の際に担当の先生に相談しながらすすめたりなど、プロジェクトのメンバーみんなで協力しながら取り組むことができた。また、グループで役割分担し、計画を立てて作業していたため、プロジェクト学習の時間外での作業があまりなく、効率的にプロジェクトをすすめることができた。プロジェクトを通して、グループのメンバーや先生と協力する大切さを学ぶことができた。この経験は卒業研究だけでなく、社会に出てからも生かしていきたいと考えている。

(※文責: 山内結月)

付録 A 脳波解析用プログラム

```
# ライブラリをインポート
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
# ここまで

# (df の 5 行目) 1ch:CZ
# (df の 6 行目) 2ch:F3 (左前頭葉)
# (df の 7 行目) 3ch:F4 (右前頭葉)
# (df の 8 行目) 4ch:P3 (左後頭葉)
# (df の 9 行目) 5ch:P4 (右後頭葉)
# (df の 10 行目) 6ch:A1 (左耳たぶ)
# (df の 11 行目) 7ch: 右目の上
# (df の 12 行目) 8ch: 左目の上

"""-----
使用している関数概説
plt.plot() データをプロット
plt.figure(), plt.clf() グラフの描画設定
plt.title() グラフタイトル
plt.show() プロットしたグラフやタイトルを描画
plt.xlabel(), ylabel() グラフの軸ラベル設定
plt.xticks, yticks() x 軸, y 軸のグラフの刻み方の設定
plt.hist() ヒストグラムを作成
np.mean() 平均
np.std() 標準偏差
np.fix() 零に近い方で整数をとる
np.zeros(x,y) x 行 y 列のゼロ行列を代入
np.array() 配列作成
np.arange() 配列の番号指定
np.argwhere() 配列から条件に合う要素の位置を探し、返す
np.fft.fft() フーリエ変換
signal.lfilter() データにフィルターを適用
signal.iirnotch() ノッチフィルターを作成
-----"""
```

```

channel_1 = 2 # 指定チャンネル (channel_1 を左前頭葉、channel_2 を右前頭葉に)
channel_2 = 3
icol_1 = channel_1 + 3
icol_2 = channel_2 + 3

df = pd.read_csv('データへのパスを書け') # df にデータ読み込み

# step0 channel6(A1)のデータを用いて、参照電極を両耳朶短絡として算出-----

for i in range(4, 8, 1): # channel1~5 (A1 以外の全データ) に対して処理
    df.iloc[:, i] -= df.iloc[:, 8] / 2
for i in range(10, 11, 1): # channel7~8 (A1 以外の全データ) に対して処理
    df.iloc[:, i] -= df.iloc[10:, 11] / 2

# step1 生データのプロット-----

plt.figure(figsize=(13, 4))
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(df.iloc[:, icol_1] + 10**5, c='tab:blue') # df の行番号、列番号を指定し
てプロット。 : はすべてのデータを指定する。
plt.title('left', fontsize=15)
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(df.iloc[:, icol_2] + 2 * 10**5, c='tab:orange')
plt.title('right', fontsize=15)
plt.suptitle('Step1: plot of a raw data', y=1.02, fontsize=20)
plt.show()

# step1a フィルター適用 (1-40Hz バンドパスフィルタ) データ-----

# plt.clf()
Fs = 500 # サンプリングレート (Hz)
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_1 = signal.lfilter(b, a, df.iloc[:, icol_1]) # フィルター適用後データ
dat1_2 = signal.lfilter(b, a, df.iloc[:, icol_2])
flg_1 = np.argwhere((dat1_1 > -6000) & (dat1_1 < 6000))
flg_2 = np.argwhere((dat1_2 > -6000) & (dat1_2 < 6000))

plt.figure(figsize=(13, 4))
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(dat1_1[flg_1], c='tab:blue')

```

Well-being ! Brain Science

```
plt.title('left', fontsize=15)
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(dat1_2[flg_2], c='tab:orange')
plt.title('right', fontsize=15)
plt.suptitle('Step1a: plot a low-pass-filtered signal', y=1.02, fontsize=20)
plt.show()
```

step1b channel1-3のプロット-----

```
plt.figure(figsize=(10, 6))
for i in range(0, 3): # i=3 で3回繰り返す
    plt.plot(df.iloc[:, icol_1+i] - df.iloc[1, icol_1+i] + i * 10**5) # i 個
    のデータを最初のデータを基準にプロット (i*10**5 はずらす値)
plt.title('Step1b: plot of a temporal signal\nblue: CZ, orange: F4, green: F3', y=1.01, f
plt.show()
```

step2 正しい単位に軸データを直したグラフ-----

```
tt = np.arange(1, len(df)+1, 1) / Fs # 1 から len(df) までの数をそれぞれ Fs で割る
c2v = 0.75 / 2**24 * 1000 * 1000 # 単位を microV に変換
```

```
plt.figure(figsize=(13, 4))
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(tt, df.iloc[:, icol_1]*c2v, c='tab:blue') # 単位変換されたデータをプロ
ット
plt.title('left', fontsize=15)
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(tt, df.iloc[:, icol_2]*c2v, c='tab:orange')
plt.title('right', fontsize=15)
plt.suptitle('Step2: plot of a temporal signal with correct units\nx: Time (s), y: Voltage
plt.show()
```

step3 FFT(高速フーリエ変換)を適用したグラフ-----

```
# plt.clf()
# 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)
fdat_1 = abs(np.fft.fft(df.iloc[:, icol_1]))
fdat_2 = abs(np.fft.fft(df.iloc[:, icol_2]))
# 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
fvec_1 = np.array(range(0, len(fdat_1))) / (len(fdat_1) / Fs) # fvec の中で条
件を満たす要素の位置 (ポインタ) を f l g に格納
```

```

fvec_2 = np.array(range(0, len(fdat_2))) / (len(fdat_2) / Fs)
flg_1 = np.argwhere((fvec_1 < 30) & (fvec_1 > 1))
flg_2 = np.argwhere((fvec_2 < 30) & (fvec_2 > 1))
dur = df.shape[0] / Fs # 全体の時間を改めて算出

plt.figure(figsize=(13, 4))
plt.subplot(1, 2, 1)
# FFT の値を期間で割って、パワーの密度を算出する。 ポインタ (flg) に対応する値だけを表示
plt.plot(fvec_1[flg_1], fdat_1[flg_1]*c2v/dur, c='tab:blue')
plt.title('left', fontsize=15)
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(fvec_2[flg_2], fdat_2[flg_2]*c2v/dur, c='tab:orange')
plt.title('right', fontsize=15)
plt.suptitle('Step3: FFT amplitude (all period)\nx: Frequency (Hz), y: Amplitude (mV/s)', y=
plt.show()

# step4 FFT segmented(分割されたデータのグラフ)-----

# plt.clf()
seg = Fs
fvec_1 = np.array(range(0, seg)) / (seg/Fs) # 分割
fvec_2 = np.array(range(0, seg)) / (seg/Fs)
flg_1 = np.argwhere((fvec_1 < 30) & (fvec_1 > 1)) # 表示範囲の設定
flg_2 = np.argwhere((fvec_2 < 30) & (fvec_2 > 1))
nseg = np.fix(df.shape[0] / seg)

stock_1 = np.zeros((int(nseg), seg)) # ストックに 0 を格納
for it_1 in range(1, df.shape[0]-seg, seg):
    fdat1_1 = abs(np.fft.fft(df.iloc[it_1:(it_1+seg), icol_1]))
    stock_1[int((it_1-1)/seg)] = fdat1_1 # ストックに分割した値を格納
stock_2 = np.zeros((int(nseg), seg))
for it_2 in range(1, df.shape[0]-seg, seg):
    fdat1_2 = abs(np.fft.fft(df.iloc[it_2:(it_2+seg), icol_2]))
    stock_2[int((it_2-1)/seg)] = fdat1_2

plt.figure(figsize=(13, 4))
plt.subplot(1, 2, 1)
for i_1 in range(0, stock_1.shape[0]):
    plt.plot(fvec_1[flg_1], stock_1[i_1][flg_1]*c2v/(seg/Fs))
plt.title('left', fontsize=15)
plt.subplot(1, 2, 2)
for i_2 in range(0, stock_2.shape[0]):

```

Well-being ! Brain Science

```
plt.plot(fvec_2[flg_2], stock_2[i_2][flg_2]*c2v/(seg/Fs))
plt.title('right', fontsize=15)
plt.suptitle('Step4: FFT amplitude (1 sec segment)\nx: Frequency (Hz), y: Amplitude (mV/s)')
plt.show()
```

```
# step4a shifted FFT(ヒートマップ)-----
```

```
flg_1 = np.argwhere((fvec_1 < 100) & (fvec_1 > 1)) # 表示範囲の再設定
flg_2 = np.argwhere((fvec_2 < 100) & (fvec_2 > 1))
stock1_1 = np.squeeze(stock_1[:, flg_1]) # stockを2次元配列に直す
stock1_2 = np.squeeze(stock_2[:, flg_2])
```

```
plt.figure(figsize=(13, 4))
plt.subplot(1, 2, 1)
# stock1を転地したものをヒートマップで描画
plt.imshow(np.log(stock1_1.T), cmap='jet', aspect=2, origin='lower')
plt.title('left', fontsize=15)
plt.xticks(np.arange(0, 180+1, 20))
plt.yticks(np.arange(0, 91, 10))
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.imshow(np.log(stock1_2.T), cmap='jet', aspect=2, origin='lower')
plt.title('right', fontsize=15)
plt.xticks(np.arange(0, 180+1, 20))
plt.yticks(np.arange(0, 91, 10))
plt.suptitle('Step4a: FFT, shifted window, log amplitude\xnx: Time (# segments), y: Frequency')
plt.show()
```

```
# step5 外れ値の表示-----
```

```
pp_1 = np.log(np.mean(stock_1[:, flg_1], axis=1)) # 統計値を使って計算
pp_2 = np.log(np.mean(stock_2[:, flg_2], axis=1))
segflg_1 = np.argwhere(pp_1 < np.mean(pp_1)+np.std(pp_1)*1) # segmentされた
flg
segflg_2 = np.argwhere(pp_2 < np.mean(pp_2)+np.std(pp_2)*1)
```

```
plt.figure(figsize=(13, 4))
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.hist(pp_1, bins=100, color='tab:blue') # ppのヒストグラム
plt.xlim(8.0, 11.0)
plt.ylim(0, 16)
plt.title('left', fontsize=15)
plt.subplot(1, 2, 2)
```

Well-being ! Brain Science

```
plt.hist(pp_2, bins=100, color='tab:orange')
plt.xlim(8.0, 11.0)
plt.ylim(0, 16)
plt.title('right', fontsize=15)
plt.suptitle('Step5: plot of abnormal value', y=1.02, fontsize=20)
plt.show()
```

```
# step5a 外れ値の削除-----
```

```
segflg1_1 = segflg_1[:, 0]
segflg1_2 = segflg_2[:, 0]
```

```
plt.figure(figsize=(13, 4))
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.hist(pp_1[segflg1_1], bins=100, color='tab:blue')
plt.xlim(8.0, 11.0)
plt.ylim(0, 16)
plt.title('left', fontsize=15)
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.hist(pp_2[segflg1_2], bins=100, color='tab:orange')
plt.xlim(8.0, 11.0)
plt.ylim(0, 16)
plt.title('right', fontsize=15)
plt.suptitle('Step5a: plot of abnormal value (deleted)', y=1.02, fontsize=20)
plt.show()
```

```
# step6 FFT mean & std (平均と標準偏差を利用した計算)-----
```

```
segflg1_1 = segflg_1[:, 0] # 次元配列に直す
segflg1_2 = segflg_2[:, 0]
fvec1_1 = np.squeeze(fvec_1[flg_1]) # 次元配列に直す
fvec1_2 = np.squeeze(fvec_2[flg_2])
```

```
plt.figure(figsize=(13, 4))
```

```
# 左前頭葉のデータのプロット
```

```
plt.subplot(1, 2, 1)
```

```
plt.plot(fvec1_1, np.mean(stock_1[segflg1_1, flg_1].T, axis=0), c='tab:blue', ls='--') # 真  
ん中の実線グラフ
```

```
plt.plot(fvec1_1, np.mean(stock_1[segflg1_1, flg_1].T, axis=0) + np.std(stock_1[segflg1_1, flg_1].T, axis=0), c='tab:blue', ls='--') # 真  
ん中の点線グラフ
```

```
plt.plot(fvec1_1, np.mean(stock_1[segflg1_1, flg_1].T, axis=0) - np.std(stock_1[segflg1_1, flg_1].T, axis=0), c='tab:blue', ls='--') # 真  
ん中の点線グラフ
```

Well-being! Brain Science

```
plt.title('left', fontsize=15)
# 右前頭葉のデータのプロット
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(fvec1_2, np.mean(stock_2[segflg1_2, flg_2].T, axis=0), c='tab:orange', ls='--') # 真
ん中の実線グラフ
plt.plot(fvec1_2, np.mean(stock_2[segflg1_2, flg_2].T, axis=0) + np.std(stock_2[segflg1_2, flg_2].T, axis=0), c='tab:orange', ls='--') # 真
ん中の点線グラフ
plt.plot(fvec1_2, np.mean(stock_2[segflg1_2, flg_2].T, axis=0) - np.std(stock_2[segflg1_2, flg_2].T, axis=0), c='tab:orange', ls='--') # 真
ん中の点線グラフ
plt.title('right', fontsize=15)
plt.suptitle('Step6: FFT amplitude (1 sec segment), mean+-std\nx: Frequency (Hz), y: Amplitude', fontsize=12)
plt.show()

# step6a 表示範囲を 0-30 へ拡大したグラフの表示-----

flg_1 = np.argwhere((fvec_1 < 30) & (fvec_1 > 1)) # 表示範囲の再設定
flg_2 = np.argwhere((fvec_2 < 30) & (fvec_2 > 1))
segflg1_1 = segflg_1[:, 0] # 次元配列に直す
segflg1_2 = segflg_2[:, 0]
fvec1_1 = np.squeeze(fvec_1[flg_1]) # 次元配列に直す
fvec1_2 = np.squeeze(fvec_2[flg_2])

plt.figure(figsize=(13, 4))
# 左前頭葉のデータのプロット
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.plot(fvec1_1, np.mean(stock_1[segflg1_1, flg_1].T, axis=0), c='tab:blue', ls='--') # 真
ん中の実線グラフ
plt.plot(fvec1_1, np.mean(stock_1[segflg1_1, flg_1].T, axis=0) + np.std(stock_1[segflg1_1, flg_1].T, axis=0), c='tab:blue', ls='--') # 真
ん中の点線グラフ
plt.plot(fvec1_1, np.mean(stock_1[segflg1_1, flg_1].T, axis=0) - np.std(stock_1[segflg1_1, flg_1].T, axis=0), c='tab:blue', ls='--') # 真
ん中の点線グラフ
plt.title('left', fontsize=15)
# 右前頭葉のデータのプロット
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.plot(fvec1_2, np.mean(stock_2[segflg1_2, flg_2].T, axis=0), c='tab:orange', ls='--') # 真
ん中の実線グラフ
plt.plot(fvec1_2, np.mean(stock_2[segflg1_2, flg_2].T, axis=0) + np.std(stock_1[segflg1_2, flg_2].T, axis=0), c='tab:orange', ls='--') # 真
ん中の点線グラフ
plt.plot(fvec1_2, np.mean(stock_2[segflg1_2, flg_2].T, axis=0) - np.std(stock_1[segflg1_2, flg_2].T, axis=0), c='tab:orange', ls='--') # 真
ん中の点線グラフ
plt.title('right', fontsize=15)
plt.suptitle('Step6a: FFT amplitude (expanded), mean+-std\nx: Frequency (Hz), y: Amplitude', fontsize=12)
```

Well-being ! Brain Science

```
plt.show()
```

```
# step6b 左前頭葉、右前頭葉のグラフの比較-----
```

```
plt.figure(figsize=(10, 6))
```

```
plt.plot(fvec1_1, np.mean(stock_1[segflg1_1, flg_1].T, axis=0), c='tab:blue', ls='-', label='')
```

```
plt.plot(fvec1_2, np.mean(stock_2[segflg1_2, flg_2].T, axis=0), c='tab:orange', ls='-', label='')
```

```
plt.xlabel('Frequency (Hz)', fontsize=15)
```

```
plt.ylabel('Amplitude (mV/s)', fontsize=15)
```

```
plt.title('Step6b: comparing plots (left - right)', y=1.01, fontsize=20)
```

```
plt.legend(fontsize=14.5)
```

```
plt.show()
```

参考文献

- [1] Welfeeldo Creation-今, さらに注目を集める【well-being (ウェルビーイング)】の意味とは? ビジネスとの関連も解説, 閲覧日, 2023/1/10
<https://panasonic.co.jp/ew/pewnw/switch-times/well-being/501001.html>
- [2] 佐藤尚, 白木善史, 守谷健弘.(2018). 丈弘可視光通信による群衆による Well Being の測定の試み
https://www.jstage.jst.go.jp/article/pjsai/JSAI2018/0/JSAI2018_2F20S4a03/_pdf
- [3] 石井あゆ美.(2014-03). 音楽に対する懐かしさ感情の多面的側面がポジティブ感情喚起に及ぼす効果, 生老病死の行動科学, 17:15-32
https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/36360/lasd_17-18_15.pdf
- [4] 真田原行, 小林正法, 大竹恵子, 片山順一.(2019). 感情喚起化における生理反応の時系列相互相関-前頭脳波 α パワー左右差と心拍数を指標として-
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsre/26/3/26_18-004/_pdf/-char/ja
- [5] 株式会社マクニカ, 閲覧日,2023/1/11
<https://www.macnica.co.jp/business/ai/manufacturers/innereye/135664/>
- [6] 人見健文, 池田昭夫.(2014). 脳波の基礎知識
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscn/42/6/42_365/_pdf/-char/ja
- [7] 鶴飼一彦.(2004). 眼の仕組みと脳への経路
https://www.jstage.jst.go.jp/article/itej1997/58/1/58_1_38/_pdf
- [8] 長田泰公.(1998). 音環境と人間-生理学の立場から-
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhesj/5/2/5_KJ00007029912/_pdf/-char/ja
- [9] 東原和成.(2008). 嗅覚研究・臨床の進歩—匂い感知における嗅粘液の重要性と脳への信号伝達—
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jibiinkoka/111/6/111_6_475/_pdf/-char/ja
- [10] 山本隆.(1999). おいしさの脳科学
https://www.jstage.jst.go.jp/article/kisoron1954/27/1/27_1_1/_pdf
- [11] 鍵谷方子.(2014). 皮膚刺激と心身の健康
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhas/10/1/10_14/_pdf/-char/ja
- [12] MSD マニュアル.(2018). 家庭版/09. 脳, 脊髄, 末梢神経の病気/神経系の生物学/脳
<https://www.msmanuals.com/ja-jp>
- [13] 大脳 Cerebrum-心理検査出版三京房, 閲覧日, 2023/1/10
<https://www.sankyobo.co.jp/dicdai.html>
- [14] 脳科学時点, 閲覧日,2023/1/11
<https://bsd.neuroinf.jp/wiki/%E5%A4%A7%E8%84%B3%E7%9A%AE%E8%B3%AA>
- [15] 知性が宿る大脳新皮質, 閲覧日,2023/1/11
<https://xtech.nikkei.com/dm/atcl/feature/15/032300023/00004/#:~:text=%E5%>

- A4%A7%E8%84%B3%E6%96%B0%E7%9A%AE%E8%B3%AA%E3%81%AE%E5%BD%B9%E5%89%B2,%E3%81%A6%E3%81%97%E3%81%BE%E3%81%84%E3%81%BE%E3%81%99%E6%B3%A81%EF%BC%89%E3%80%82
- [16] 大脳のしくみとはたらき—看護 roo![カンゴルー], 閲覧日, 2023/1/5
<https://www.kango-roo.com/learning/7609/>
- [17] 仙波恵美子, 上勝也.(2021)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/ans/58/1/58_25/_pdf
- [18] 高草木薫.(2007). ヒトの脳と運動制御-脳の理解とリハビリテーションのために-
https://amcor.asahikawa-med.ac.jp/modules/xoonips/download.php/2007163779.pdf?file_id=1200
- [19] 大脳基底核のおはなし-Akira Magazine, 閲覧日, 2023/1/10
https://www.akira3132.info/basal_ganglia.html
- [20] 山崎匡.(2015). 小脳における記憶の定着過程の理論を提唱 「一夜漬けより毎日コツコツと」の仕組み解明へ
https://www.uec.ac.jp/about/publicity/media_release/pdf/20150302.pdf
- [21] 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, 2023/1/11
<https://www.kango-roo.com/learning/3723/>
- [22] 間脳はどんな役割を果たしているの?—看護 roo![カンゴルー], 閲覧日, 2023/1/11
<https://www.kango-roo.com/learning/3722/>
- [23] ブレインストーミングとは? 4つのルール、やり方、流れを解説, 閲覧日,2023/1/11
<https://www.utokyo-ipc.co.jp/column/brainstorming/#%E3%83%96%E3%83%AC%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%BC%E3%83%9F%E3%83%B3%E3%82%B0%E3%81%A8KJ%E6%B3%95>
- [24] 田中博晃.(2010).KJ 法入門：質的データ分析法として KJ 法を行う前に
<https://www.mizumot.com/method/tanaka.pdf>
- [25] [Python 入門] Python ってどんな言語なの? , 閲覧日, 2023/1/18
<https://atmarket.itmedia.co.jp/ait/articles/1904/02/news024.html>
- [26] 谷口高士.(1995). 音楽作品の感情価測定尺度の作成および多面的感情状態尺度との関連の検討
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjpsy1926/65/6/65_6_463/_pdf/-char/ja