

公立はこだて未来大学 2025 年度 システム情報科学実習 グループ報告書
Future University Hakodate 2025 Systems Information Science Practice Group Report

プロジェクト番号/Project No. 8

プロジェクト名

心の解明

—脳波実験を通じた脳と身体の相互作用の探求—

Project Name

Understanding the Mind

- Exploring brain-body interactions through EEG experiments -

グループ名

音楽班

Group Name

Music Group

プロジェクトリーダー/Project Leader

日比野未来 Mirai Hibino

グループリーダー/Group Leader

日比野未来 Mirai Hibino

グループメンバー/Group Member

阿蘇正一 Masakazu Aso

河野愛生 Aimi Kawano

土田亮羽 Ryo Tsuchida

日比野未来 Mirai Hibino

指導教員

佐藤直行 花田光彦 富永敦子

Advisor

Naoyuki Sato Mitsuhiro Hanada Atsuko Tominaga

提出日

2026 年 1 月 21 日

Date of Submission

Jan. 21, 2026

概要

近年、学生の学習環境はカフェなど多様な空間へと広がりを見せている。こうした環境には音楽や雑音といった環境音が常に存在するが、その種類が集中力に及ぼす影響は複雑であり、カフェのような環境音下で音楽を聴くという複合的な状況が、学習者の認知プロセスにどう作用するのかは重要な課題である。本研究では、「環境音下における音楽の有無が集中力と脳波活動に与える影響」をテーマに、カフェのような雑音が存在する環境でのBGMの効果を脳波・心拍計測実験により検証した。実験では、大学生13名を対象に、環境音のみを聴取する条件と、環境音に加え音楽を聴取する条件の2つの条件で、個人の知識差が出にくいジグソーパズル課題を実施し、その際の脳波と心拍（LF/HF）を計測した。実験の結果、パズルの完成数（作業量）自体には条件間で有意な差は見られなかった。しかし、脳波解析においては、音楽あり条件の方が高周波帯域（高β帯域(20-30Hz)からγ帯域）のパワーが有意に減少した。また、心拍変動解析においては、音楽なし条件では時間の経過に伴いLF/HFの変化から覚醒度の低下が示唆されたことに対し、音楽あり条件ではその低下が抑制される傾向が確認された。これは、音楽によって脳が過度な活動を抑え、より少ないエネルギーで効率的に課題を処理する「神経効率」が向上していることを示唆している。以上の結果から、環境音下での音楽聴取は、作業効率（量）を即座に向上させるものではないものの、課題実行に伴う脳への負荷（ストレス）を軽減し、長時間作業における集中の持続力を高める環境要因として有効であると結論付けられた。

Abstract

In recent years, student learning environments have expanded to include a variety of spaces, such as cafes. In these environments, background sounds such as music and noise are always present, but the type of sound has a complex effect on concentration. Therefore, how the complex situation of listening to music in a cafe-like environment affects learners' cognitive processes is an important issue. This study explored the effects of background music in a cafe-like environment on concentration and EEG activity using a physiological approach. Thirteen university students completed a jigsaw puzzle task under two conditions: an "N" condition, in which only environmental sounds were heard, and an "M" condition, in which both environmental sounds and music were heard. Their EEG and heart rate (LF/HF) were measured during the task. No significant differences were found between the conditions in the number of puzzles completed (workload). However, EEG analysis revealed significantly reduced power in the high-frequency band (high beta to gamma band) in the music-present condition. This suggests that music suppresses excessive brain activity and improves "neural efficiency," allowing participants to process tasks more efficiently using less energy. Furthermore, heart rate variability analysis confirmed that the decrease in alertness (drowsiness and boredom) over time seen in the no-music condition was suppressed in the music-present condition, and an appropriate level of tension was maintained. From these results, it was concluded that while listening to music in the presence of ambient sounds does not immediately improve

work efficiency (quantity), it is effective as an environmental factor that reduces the load (stress) on the brain associated with performing tasks and increases the ability to maintain concentration when working for long periods of time.

目次

第 1 章 はじめに

1.1 背景	4
1.2 目的	5

第 2 章 実験

2.1 実験概要	6
2.2 実験方法	6

第 3 章 結果と考察

3.1 パズル結果	10
3.1.1 作業パフォーマンスの比較	
3.2 脳波実験結果	10
3.2.1 安静時におけるベースラインの比較	
3.2.2 課題実行に伴うパワー変化率と条件間差	
3.3 心拍実験結果	14
3.3.1 実験中のLF/HFの推移	
3.3.2 LF/HFの条件間の比較	

第 4 章 考察

4.1 考察	15
--------------	----

参考文献

謝辞

第1章 はじめに

1.1 背景

近年、作業する場所やワークスペースのあり方は多様化が進んでおり、自宅や図書館、オフィスだけでなく、カフェやオンライン上など、いろいろな場所で作業が行われるようになってきている[1]。現代においては、場所ごとの役割が固定されているというよりは、個人の作業効率を上げるために機能的に場所を選ぶという側面が強まっていると考えられる。実際、パンデミック以降にテレワークが急増したこと（2020年3月の13.2%から4月には27.9%へ増えたこと）に伴って、自宅以外で仕事をする場所の需要も拡大している[2]。学生を対象にした調査でも、勉強場所として自宅（約34%）や図書館（約25%）だけでなく、カフェ（約8%）や有料自習室を使う人が一定数いることがわかっている[3]。静かなだけではなく適度な雑音や他の人がいる環境のほうが、社会的促進効果や共行動効果によって集中力が高まるという報告もあり、カフェのような適度なノイズがある環境が好まれるのは、現代の作業環境の大きな特徴だと言える[4][5]。本研究で扱う環境音について、ここで定義しておく。一般的に環境音というと、風の音や水の音のような自然音（Geophony/Biophony）をイメージすることが多い。しかし、都市部での作業環境を考える上では、機械の音や人の活動音（Anthropophony）も無視できない。そのため本稿では、環境音を作業する人の周りにある背景音全体のことと定義し、特にカフェのような場所での不特定多数のざわざわした音を中心に考えることにする。

環境音が作業効率にどう影響するかについては、大きく分けて二つの対立する考え方がある。一つ目は、背景音が認知資源を奪って邪魔をするという無関連音効果（ISE）である。Baddeleyのワーキングメモリモデルによると、目で見える作業をしても、背景で意味のある音（特に歌詞のある音楽や会話）が聞こえると、音韻ループに勝手に入り込んでしまい、リハーサルプロセスが邪魔されるとされる[6]。メタ分析でも、歌詞ありの音楽は歌詞なしや無音に比べて、読み書きの成績を有意に下げることが示されている[6]。二つ目は、適度な雑音が情報処理を助けるとする確率共鳴（SR）理論である。Mehtaら（2012）によれば、70dBくらいのカフェのような中程度の環境音は、50dBの静寂や85dBのうるさい環境よりも、創造的思考の成績を良くするという[5]。これは、適度なノイズによって処理の流暢性が少し下がることで、脳がより抽象的な処理モードに切り替わるからだと説明されている。騒がしい場所で作業するためには、必要な刺激に注意を向けて、不要な音は無視する選択的注意の働きが必要になる。これはカクテルパーティー効果として一般に知られており、課題を行っている時に不要な刺激が入るのを抑えるために、特定の周波数帯域の脳波（アルファ波など）が関与していると考えられている。また、環境音の影響は中枢神経系だけでなく、自律神経を通じた体全体の反応としても現れる。これを説明するのがThayerらの神経・内臓統合モデルである[7]。このモデルでは、前頭前皮質による認知制御などの実行機能と、迷走神経による心臓の制御はつながっているとされる。高い心拍変動（HRV）、特に高周波成分（HF）は、副交感神経と前頭葉がうまく働いている状態を示す[7]。逆に、不快なノイズや認知負荷がかかりすぎると、前頭葉の抑制機能が低下してHRVが下がり、交感神経が優位になる。一方で、鳥の声や川の音などの自然音は、ストレスがかかった後の交感神経活動を静めて、HRVを高める回復効果があると言われている[8]。こうしたことから、学習環境を評価する時は、単に課題の成績を見るだけでなく、脳や自律神経の活動も考える必要がある。たとえカフェのようなノイズ環境で集中できていると感じていても、ノイズを抑えるために脳が活動して

おり、ストレス反応としてHRVが低下している可能性も考えられる。

1.2 目的

本研究の目的は、環境音が存在する状況下において、音楽を聴くことが集中力に与える影響を脳波および心拍、課題遂行成績を通じて明らかにすることである。

実験参加者に対し、環境音+音楽(M条件)、環境音のみ(N条件)の2つの条件下で課題を行い、各条件における脳波および心拍の変化と課題パフォーマンスを比較することで、音楽による集中力向上を促進または抑制する可能性を検証する。

第2章 実験

2.1 実験概要

本実験は、カフェなどの「環境音」が存在する空間における音楽聴取が、作業者の集中力および脳機能に与える影響を検証することを目的として、脳波・心拍計測実験を行った。被験者に対し、「環境音+音楽 (M条件)」および「環境音のみ (N条件)」の2つの聴覚条件下で、個人の知識や学習能力に依存しない白一色のジグソーパズル課題を実施させた。この課題は、視覚的な手がかりが形状のみに限定されるため、持続的な集中力を評価するのに適している。実験中は、脳波計および心拍センサを用いて生理データを常時計測した。得られた脳波データからは周波数解析を用いて脳活動の変容を、心拍データからはLF/HFを用いて自律神経活動（ストレスおよび覚醒度）の変化を抽出し、行動指標（パズルの作業量）と合わせて多角的に解析を行う。

2.2 実験方法

被験者：本実験では未来大生13名（解析に使用したのは10名）で実施した。

実験機器：脳波計 (Xon EEG Headset 7chの塩水電極と加速度センサ) と心拍計 (心拍センサ WHS-3)、音楽聴取のためにヘッドホン (SONY MDR-XB55AP) を使用した。

刺激：実験ではインターネット上で公開されているフリー音源を使用して、2種類の音刺激を用意した。「環境音のみ (N条件)」の条件では食器の音などざわざわ音といわれるものが収録された以下の音源を使用した。

YouTube URL : <https://www.youtube.com/watch?v=35TNX72bG0Q>

「環境音+音楽 (M条件)」の条件では、上記の環境音に加え、カフェで流れるようなジャズ音楽として、以下の音源を加えて使用した。

YouTube URL : <https://www.youtube.com/watch?v=uZ0dceZdSK8>

音源の合成はPythonを用いており、2つの音源の長さや音量をそろえて重ね合わせ合成音源を作成した。この2つの条件を3分ずつ交互に再生する6分のMP3ファイル ([実験用6分.mp3](#)) と、10分ずつMNNMの順で再生する40分のMP3ファイル ([実験用40分.mp3](#)) の2つを使用した。

実験課題：図1のように、難易度調整のために237ピースを固定した合計300ピースの白一色のジグソーパズル (300ピース ジグソーパズル グレート宇宙パズル2 (26x38cm)) のうち、残った63ピースを組み立てる。白一色のジグソーパズルは、絵柄や色彩の手がかりがなくピースの形状のみで判断する微細な反復作業であるため、個人の知識や学習能力に依存しにくいという利点がある。したがって、純粋に持続的な集中力を必要とする課題として最適であると判断した。

実験手順：実験手順は表1に示す。被験者はPC上で再生される音楽をヘッドホンで聴取する。被験者は、閉眼状態で何もせず6分間音楽を聴いたのち、被験者に課題開始の指示をして、40分間、ジグソーパズル課題を行う。課題実行中に聴取する音の条件は「環境音+音楽 (M条件)」と「環境音のみ (N条件)」とする。音の条件はシームレスに切り替わり、課題は中断やリセットをせずに継続する。実験実施者は、被験者がパズルのピースを入れたタイミングを記録する。

脳波・心拍計測：脳波データの取得には、計測用アプリケーションとしてX.on (バージョン

1. 1. 33) を使用した. また心拍データの取得には, 計測用アプリケーションとしてWHS-3 (バージョン2. 4. 7) を使用した. 脳波計のサンプリング周波数は250Hzに設定した. 電極配置は国際10-20法に準拠し, リファレンスは左耳朶に設定した. 脳波データと心拍データの同期については, マーカー入力を行うことで時間軸の整合性を確保した. 具体的には, 計測開始時に特定のマーカーを入力することにより, 両データのタイムスタンプを一致させた.

解析前処理: 脳波解析には解析ソフト(BrainProducts社 BrainVision Analyzer)を用い, 原データ(図2)にButterworth Filters(2次のバンドパスフィルタを2~45Hzの範囲, Notchを50Hz)(図3)を適用した. その後, 独立成分分析(ICA)(図4)で眼電が疑われる独立成分を頭皮マップ(図5)の目視により取り除く. そのうち6分と40分の二群に分け, 一秒セグメントごとに周波数分析(FFT)を行った.

統計解析: 作業パフォーマンスの指標として, 制限時間内に正しくはめ込まれたパズルのピース数を計測した. 解析にあたっては, 実験全体を「前半 (First Half)」と「後半 (Second Half)」の2つのセクションに分け, それぞれの音楽あり条件 (M条件) と音楽なし条件 (N条件) におけるピース数を比較した. 脳波解析では前処理を行ったデータで, M' 条件 (安静時) を基準としたM条件 (作業時) のパワー変化量と, N' 条件 (安静時) を基準としたN条件 (作業時) のパワー変化量を算出し, 参加者毎, 電極毎, 帯域毎, 条件毎の平均パワーを算出して, 条件間で対応のある平均値の差の検定(n=10)をした. 心拍解析には, 心拍計(心拍センサ WHS-3)を用いる. 心拍系から出力されるcsvファイルから, LF(交感神経活動の指標)とHF(副交感神経活動の指標)のデータをPythonにて読み取り, LFとHFの比であるLF/HF(自律神経活動の指標)の値を求め, t検定を行う.

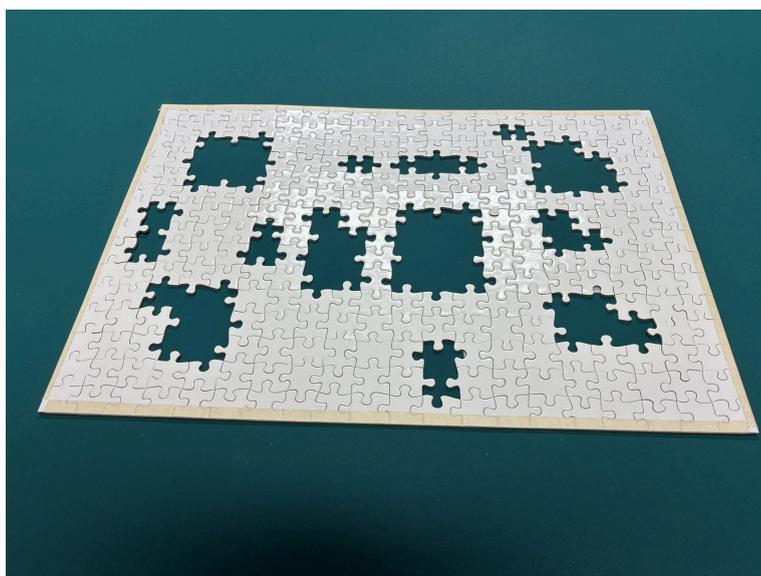


図1 237ピースを埋めた合計300ピースの白一色のジグソーパズル

表1 実験の流れと被験者の行動

実験の手順	被験者の行動
実験準備(25分)	実験の説明 実験同意書の記入 脳波計・心拍計の装着
事前課題(6分)	閉眼状態でM条件, N条件の音源を それぞれ3分ずつ聞く
本番課題(40分)	パズル課題に取り組む
片付け(19分)	脳波計・心拍計の脱着

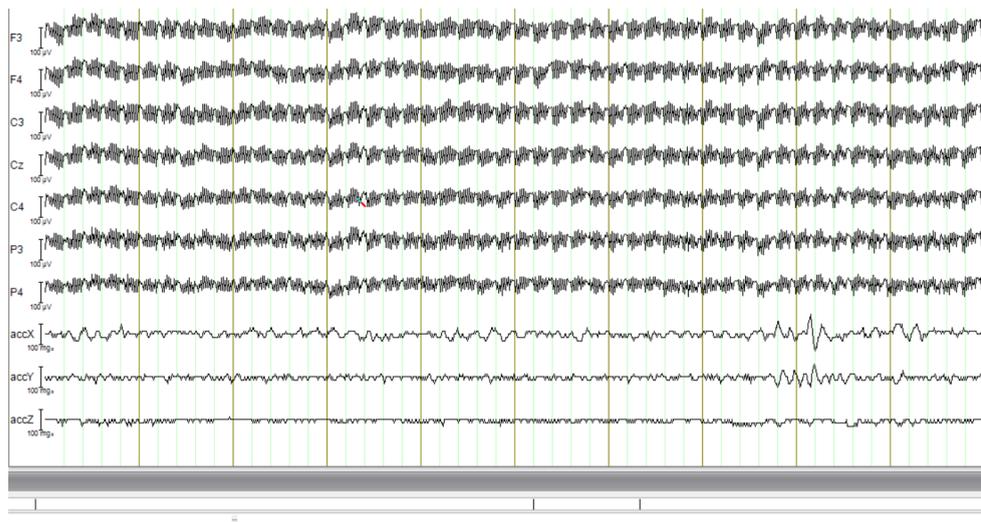


図2: 予備実験で計測された脳波の原データ 縦軸: 各電極の電位, 横軸: time(s) (茶縦軸が1s)



図3: 図1の原データにバンドパスフィルタを適用したもの

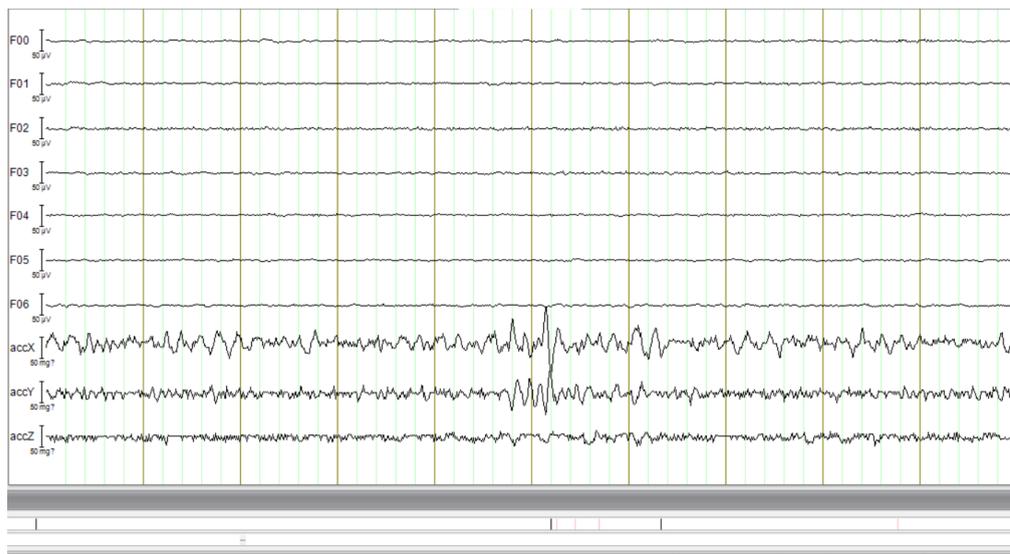


図4: 図2のデータにICAを適用し、眼電成分を除去したもの

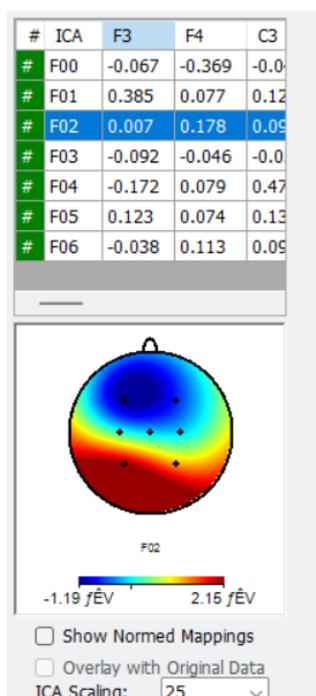


図5: 眼電関連の独立成分の頭皮マップの一例

第3章 結果

3.1 パズル結果

3.1.1 作業パフォーマンスの比較

対応のあるt検定を行った結果、前半セッションにおいてはt値が0.000、p値が1.000となり、条件間に差は全く見られなかった。同様に、後半セッションにおいてもt値は-0.688、p値は0.509となり、統計的に有意な差は認められなかった。また、M条件（音楽あり）では平均3.2ピース、N条件（音楽なし）では平均3.4ピースとなっていた。以上の結果から、本実験において、音楽の有無はジグソーパズルの作業量そのものに対して、統計的に有意な変化をもたらさなかったことが示された。

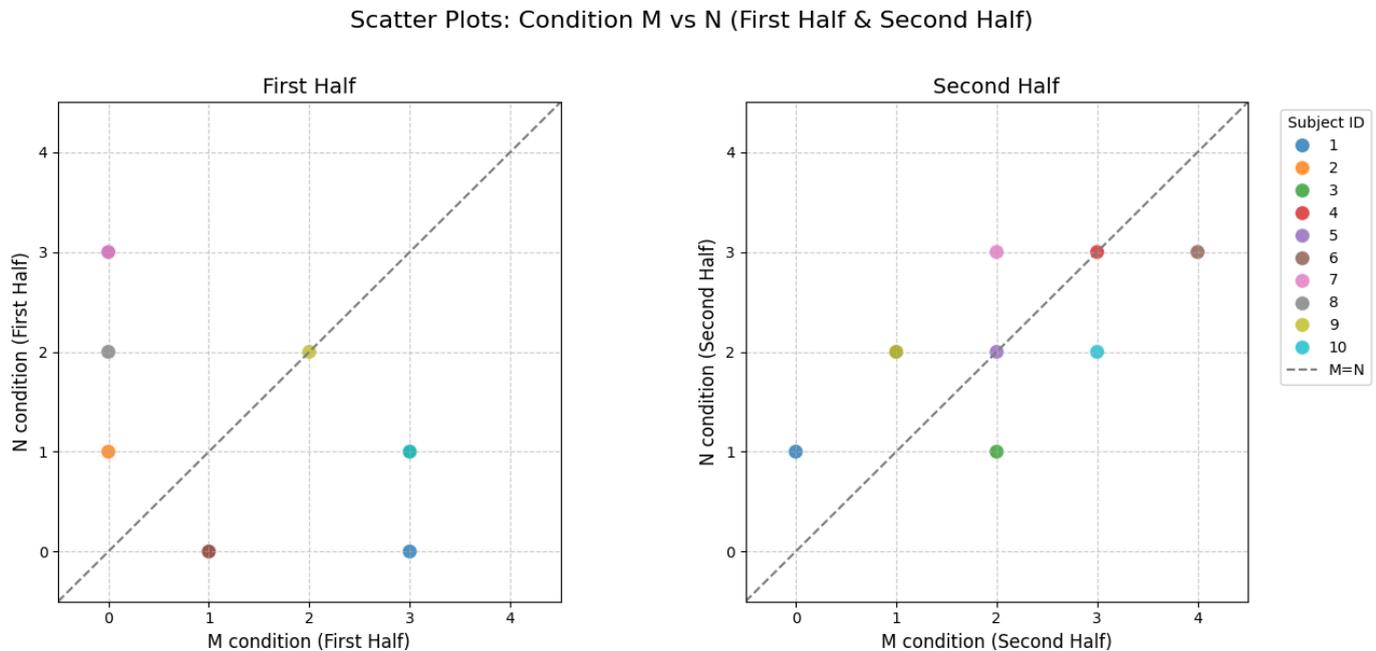


図6: パズル課題の結果 縦軸,横軸(個)

3.2 脳波実験結果

3.2.1 安静時におけるベースラインの比較

課題実行前の安静時の脳波パワーをそれぞれ、音楽ありM'条件（Rest A'）と音楽なしN'条件（Rest B'）で比較した（図7）。条件間の差分（Difference A'-B'）について、各電極における対応のあるt検定を行った結果、Gamma帯域のF4およびCz電極において、M条件がN条件よりも有意に高い値を示した（ $p < 0.05$, $A' > B'$ ）。図中のDifferenceマップにおいて、有意差が認められた

電極位置には○がプロットされている。しかし、この有意差はGamma帯域の局所的な2電極に限定しており、他の周波数帯域や広範な領域においては有意な変動は認められなかった。したがって、これら一部の局所的な差異は条件間の全体的な傾向と異なる。

3.2.2 課題実行に伴うパワー変化率と条件間差

安静時を基準とした課題実行中のパワー変化率について、音楽あり条件（M条件）と音楽なし条件（N条件）の比較を行った（図8）。全体的な傾向として、低アルファ帯域から高アルファ帯域にかけては、両条件ともに頭頂・後頭領域を中心とした広範なパワー減少が確認された。ただし、条件間で有意な差異が認められたのは、高ベータ帯域およびガンマ帯域の高周波成分だけである。Change A（M条件）とChange B（N条件）の差分について統計的検定を行ったところ、M条件におけるパワー変化率がN条件に比べて有意に低い値を示す領域が確認された（ $p < 0.05$, $A < B$ ）。具体的には、高ベータ帯域においては右中心部のC4電極で、ガンマ帯域においては前頭部から中心部にかけての領域（F3, F4, C3, Cz, C4電極）で有意差が認められた。図2のDifferenceマップには、図1同様に有意差が認められた電極位置に○がプロットされており、M条件における高周波帯域の抑制効果が、前頭・中心領域において統計的にも有意であることが示された。

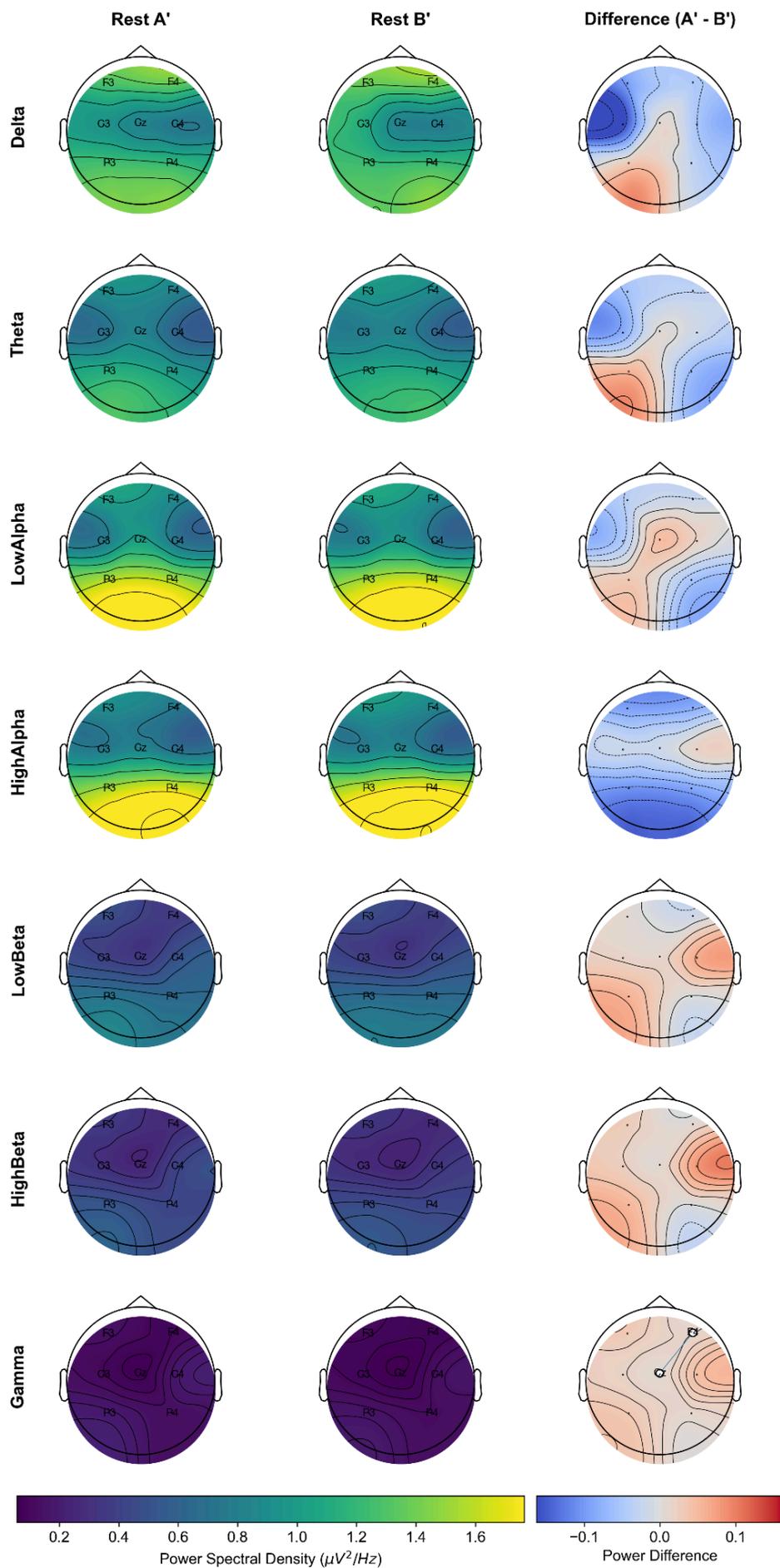


図7: 音楽ありM' 条件 (Rest A') と音楽なしN' 条件 (Rest B') の比較

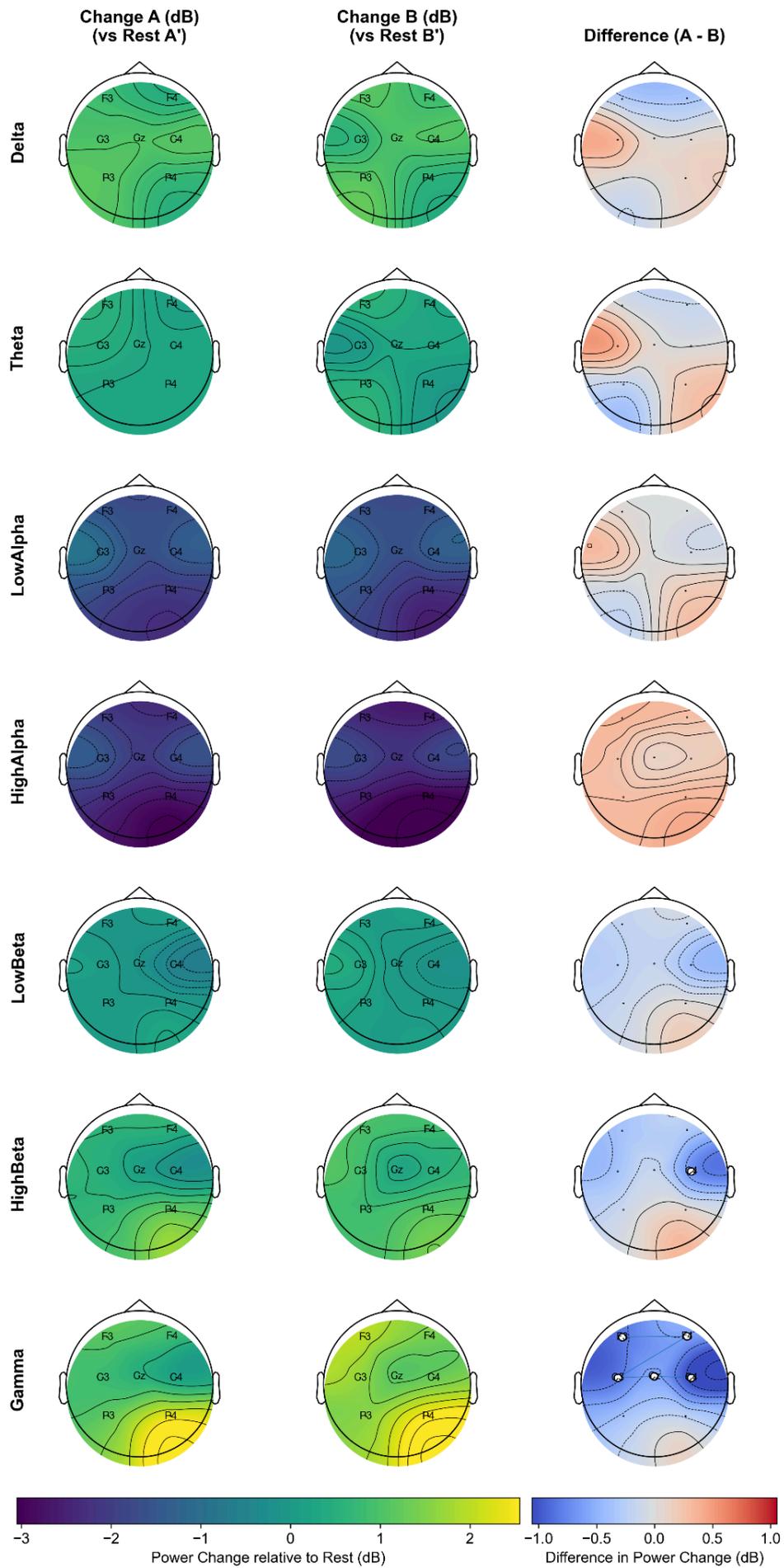


図8: 音楽ありM条件 (A条件) と音楽なしN条件 (B条件) の比較

3.3 心拍実験結果

3.3.1 課題実行中のLF/HFの推移

被験者の傾向として事前課題(6分間閉眼状態で何もせず聴取する)におけるLF/HFは、2.0を下回る低い値で安定して推移した(図9)。課題実行直後には、LF/HFが2.0を上回る急激な上昇が発生した。その後課題実行中においては一定の値を維持しており、課題中盤においては、LF/HFは2.0に近い値まで減少する傾向が見られた(10名のうち8名)。

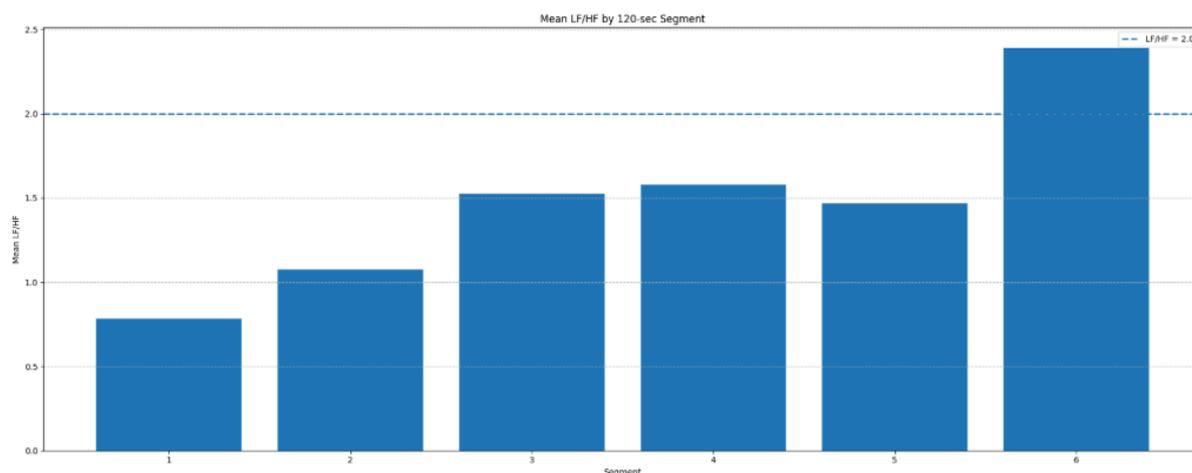


図9：事前課題開始から課題実行までのグラフ。セグメントは120秒ごとに設定。

3.3.2 LF/HFの条件間の比較

まず、時間経過による影響を検証するため、事前課題(LF/HF平均0.95)と本番課題後半(LF/HF平均0.59)を比較した。その結果、後半において統計的に有意な数値の低下が認められた($p = 0.0391$)。次に、本番課題前半において、環境音のみ(N条件)と音楽あり(M条件)の影響を比較した。t検定の結果、両条件間に統計的な有意差は認められなかった($p = 0.17$)。しかしながら、各条件の平均値には明確な差異が確認された。音楽なし条件が0.59と低い値にとどまったのに対し、音楽あり条件では0.68と相対的に高い値を示した。

第4章 考察

4.1 考察

本研究では、「環境音下における音楽の有無が集中力と脳波活動に与える影響」をテーマに、カフェのような雑音が存在する環境での音楽の効果を脳波と心拍の視点から検証した。実験では、大学生13名(解析に使用したのは10名)を対象に、環境音のみを聴取する「N条件」と、環境音に加え音楽を聴取する「M条件」の2つの条件下で、個人の知識差が出にくいジグソーパズル課題を実施し、その際の脳波と心拍(LF/HF)を計測した。

本実験において、行動指標であるパズルの作業量には条件間で有意な差が認められなかったにもかかわらず、脳波パワー(特に高ベータ帯域およびガンマ帯域)においては、音楽あり条件(M条件)で有意な抑制が確認された。しかし、M条件ではN条件と同等のパフォーマンスを、より低い脳活動レベルで達成していたことになるため、この現象は、脳活動において課題遂行に必要な神経リソースが最小限に抑えられたことを示している。すなわち、音楽環境下においては、脳が過剰な活動を抑制し、より少ないエネルギー消費で効率的に課題を処理できていたことが示唆される。後半に見られた有意な数値の低下は、長時間作業に伴う慣れや疲労による覚醒水準の減衰を示唆する。一方で前半の効果量は、音楽刺激が交感神経活動の極端な低下を抑制する傾向を示した。以上より、作業中のBGMは、時間経過による眠気等を防ぎ、適度な覚醒状態を維持する効果を持つと考えられる。

以上の脳波解析および心拍の結果を総合すると、作業中の音楽聴取は、以下の機能を有していると考えられる。第一に、認知処理における脳への負荷を低減させ、神経活動の効率化を促す機能である。第二に、生理的な覚醒レベルの低下を防ぎ、集中の持続力を高める機能である。したがって、音楽は課題実行における「脳への負荷」を減らし、「集中の持続力」を高める環境要因として機能すると考えられる。

第1章で述べたように、現代では作業環境が多様化し、カフェのような環境音が存在する場所を利用する機会が増加している。こうした環境において重要になるのは、単なる作業パフォーマンスの向上だけでなく、いかに集中状態を維持できるかという点である。本研究の結果は、環境音下での音楽聴取が、脳活動の効率化(省エネ化)を通じた作業の効率化を示唆している。つまり、現代の作業環境で音楽を利用することは、単なる嗜好の問題ではなく、集中状態の維持や脳活動の効率化を促していたと結論づけられる。今後は、本研究で示したような外部的な条件のほかに、内部的な生理条件に対応した音環境の考慮が、次世代の作業環境構築の手助けになると考えられる。

参考文献

- [1] A. N. Q. Phan and C. Le, "From coffee shops to online platforms: students' construction of and experiences in multiple higher education learning spaces," *Higher Education Research & Development*, vol. 44, no. 1, pp. 222-236, 2025. doi: 10.1080/07294360.2024.2429466.
- [2] Persol Research and Consulting Co., Ltd., "Emergency Survey on Telework Implementation Status Following the Declaration of State of Emergency," Apr. 17, 2020. [Online]. Available: <https://rc.persol-group.co.jp/news/202004170001/>.
- [3] MyNavi Corporation, "Survey on University Students' Learning Spots," *Gakusei no Madoguchi*, 2024. [Online]. Available: <https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000158.000055407.html>.
- [4] R. B. Zajonc, "Social facilitation," *Science*, vol. 149, no. 3681, pp. 269-274, Jul. 1965.
- [5] R. Mehta, R. Zhu, and A. Cheema, "Is noise always bad? Exploring the effects of ambient noise on creative cognition," *J. Consum. Res.*, vol. 39, no. 4, pp. 784-799, Dec. 2012.
- [6] P. Salamé and A. D. Baddeley, "Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory," *J. Verb. Learn. Verb. Behav.*, vol. 21, no. 2, pp. 150-164, 1982.
- [7] J. F. Thayer, A. L. Hansen, E. Saus-Rose, and B. H. Johnsen, "Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: The neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health," *Ann. Behav. Med.*, vol. 37, no. 2, pp. 141-153, 2009.
- [8] J. J. Alvarsson, S. Wiens, and M. E. Nilsson, "Stress recovery during exposure to nature sound and environmental noise," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 7, no. 3, pp. 1036-1046, 2010.

謝辞

本稿の一部では、日本語から英語への翻訳にあたり、翻訳支援ツール「DeepL翻訳 (DeepL Translator)」を利用しました。正確な理解と表現を目的として活用したものであり、最終的な内容の責任はすべて執筆者にあります。