

音響スペクトル特性の違いに対する情動反応の個人差とその神経活動： 脳波計測を用いた検討

野崎 航平[†] 長田 典子[†] 山崎 陽一^{††}

[†] 関西学院大学大学院理工学研究科 〒669-1330 兵庫県三田市学園上ヶ原 1 番
^{††} 愛知県立大学情報科学部 〒480-1198 愛知県長久手市茨ヶ廻間 1522 番 3
E-mail: [†]{kuhei0720,nagata}@kwansei.ac.jp, ^{††}yamazaki@ist.aichi-pu.ac.jp

あらまし 音響スペクトル特性 (EQ 特性) は、音楽聴取時の嗜好に関わる重要な要因である。EQ 特性に対する嗜好には個人差があるが、その神経基盤は十分に明らかではない。本研究では、EQ 特性が異なる 6 条件の音楽刺激聴取時の反応を脳波計測と情動評価により検討した。その結果、前部帯状回 (ACC) 近傍クラスタにおいて EQ 条件間で脳活動に差が認められた。情動評価では感情価に有意差は認められなかった一方、覚醒度には有意差が確認された。さらに、同クラスタの脳活動は感情価よりも覚醒度と相対的に強い関連を示した。以上より、EQ 特性の変化に伴う覚醒反応には ACC 近傍領域が関与し、感情価の形成には個人差が影響する可能性が示唆された。
キーワード イコライザ (EQ), 音響スペクトル特性, 脳波, 前部帯状回, 情動反応, 個人差

Neural Activity of Individual Differences in Emotional Responses to Spectral Equalization During Music Listening:

An EEG Study

Kohei NOZAKI[†], Noriko NAGATA[†], and Yoichi YAMAZAKI^{††}

[†] Graduate School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University 1 Uegahara, Gakuen, Sanda, Hyogo,
669-1330 Japan

^{††} School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University 1522-3 Ibaragabasama, Nagakute,
Aichi, 480-1198 Japan

E-mail: [†]{kuhei0720,nagata}@kwansei.ac.jp, ^{††}yamazaki@ist.aichi-pu.ac.jp

Abstract Spectral equalization (EQ) is an important factor influencing preferences during music listening. Although individual differences exist in preferences for spectral equalization, their underlying neural mechanisms remain unclear. In this study, we investigated responses to musical stimuli across six different EQ conditions using electroencephalography (EEG) and emotional evaluations. The results revealed differences in brain activity among the EQ conditions in a cluster near the anterior cingulate cortex (ACC). In the emotional evaluations, while no significant differences were observed in valence, significant differences were found in arousal. Furthermore, EEG activity within this cluster demonstrated a relatively stronger association with arousal than with valence. These findings suggest that the region near the ACC is involved in arousal responses associated with changes in spectral equalization, and that individual differences may influence the valence responses.

Key words Equalization, Spectral equalization, EEG, ACC, Emotional Response, Individual differences

1. はじめに

音楽は人に多様な感情を喚起する。音楽聴取における感情や印象は、メロディやリズムといった楽曲の構造だけでなく、音響刺激の物理特性によっても大きく変化する。中でも、イ

コライザ (EQ) によって調整される音響スペクトル特性 (EQ 特性) は、音楽聴取時の嗜好に関わる重要な要因の一つである。EQ 操作は「聴きやすさ」や「迫力」といった体験を向上させる一般的な手段であるが、聴取者によって重視する観点

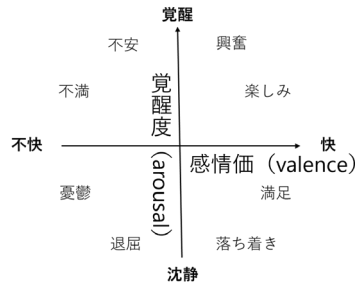


図 1: Russell の感情円環モデル ([4] を基に作成)

Fig. 1 Russell's circumplex model of affect (adapted from [5])

が異なるため、その好ましさの判断（嗜好）には個人差が生じる。しかし、こうした嗜好の個人差を形成する神経基盤については、十分に検討されていない。

本研究では、EQ 特性の違いによって生じる情動反応の変化を、脳波計測および情動評価により検討することを目的とする。具体的には、EQ 特性の異なる音刺激を呈示し、聴取時の脳波活動を計測するとともに、情動評価を取得する。得られた脳波データの周波数解析結果と情動評価との対応関係を分析することで、音刺激に対する感じ方の個人差とその神経基盤の一端を明らかにすることを目指す。

2. 先行研究

2.1 EQ 特性と嗜好に関する研究

EQ 特性は、ヘッドホン／スピーカの知覚音質を規定する主要因の一つであり、平均的に好まれる傾向（いわゆるターゲット応答）に加えて、嗜好の個人差も報告されている。たとえば同一データに対してクラスタ分析を適用し、好みの周波数プロファイルに基づいてリスナーを複数セグメントに分けられること、さらに各セグメントが異なる応答形状（低域／高域の強調傾向など）を示すことが示されている [1]。

また、EQ 特性に対する嗜好を「音響特徴量—印象—価値」の関係として捉える多層心理モデルも提案されており、音響特徴量から価値判断に至る心理的過程が個人によって異なることが示されている [2]。

2.2 脳波を用いた音楽研究

音楽聴取時の感情状態と脳波活動との関連についてはこれまで検討されており、音楽によって誘発される感情状態が脳波活動と関連することが報告されている [3]。このことから、脳波計測は音楽聴取時の情動反応を評価する有効な手法と考えられる。一方で、EQ 特性に着目し、その違いが脳波活動および情動反応に及ぼす影響を検討した研究は十分ではない。

2.3 感性評価に関する理論的枠組み

感情状態を次元的に捉える理論として、Russell による感情円環モデルが提案されている [4]。このモデルでは、感情状態は感情価 (valence) と覚醒度 (arousal) の 2 次元によって表現される。また、これらを測定する方法として Affect Grid 法が提案されており [5]、音響刺激を含む多様な刺激に対する情動評価に用いられている [6], [7]。

覚醒度と感情価の関係を説明する理論として、Berlyne の覚

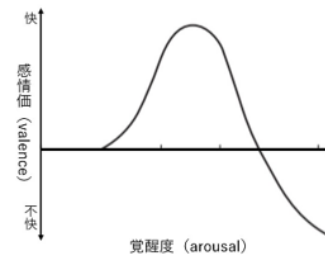


図 2: Berlyne の覚醒ポテンシャルモデル ([8] を基に作成)

Fig. 2 Berlyne's arousal potential model (adapted from [8])

醒ポテンシャル理論が知られている [8]。同理論では、刺激の新奇性や複雑性等の情動的特性が覚醒水準を変化させ、その覚醒反応を基盤として快・不快に関わる評価が形成されると考えられている。ただし、覚醒水準と感情価との関係は単純な線形関係ではなく、適度な覚醒水準において快が最大となる逆 U 字型の関係を示すとされる。この理論的枠組みに基づけば、音響スペクトル特性の変化が聴取者の覚醒水準に影響を及ぼし、その覚醒反応が EQ 特性に対する感情価の形成に関与すると考えられる。

対象への主観的評価を定量化する手法として、Osgood が提唱した SD (Semantic Differential) 法が広く用いられている [9]。SD 法による印象評価では、対象の印象は一般に「評価性 (Evaluation)」、「力量性 (Potency)」、「活動性 (Activity)」の 3 つの基本的な因子からなる EPA 構造として捉えられる。評価性は対象の価値判断を、力量性および活動性は対象の性質を表す因子である。

EPA 構造に基づく印象評価を踏まえ、感性工学では、刺激の物理特性から印象を経て価値判断に至る階層的な評価過程が想定されており、物理特性、印象、価値からなる 3 層構造のモデルとして表現されている [10]。また、物理特性に近い印象評価と比較して、上位の価値判断では、個人の経験、嗜好、評価基準等の影響が大きくなると考えられている。

これらの理論的枠組みから、EQ 特性の違いは、刺激の物理的变化に比較的近い覚醒反応およびそれに関連する神経活動には参加者間で比較的一貫して反映される一方、より上位の価値判断である感情価への変換過程では、個人差の影響が増大すると予想される。そこで本研究では、EQ 特性の違いが聴取者の覚醒度および脳波活動にどのように反映されるかを検討するとともに、感情価と覚醒度における神経活動との対応の違いを分析する。これにより、得られた結果が Berlyne の覚醒ポテンシャル理論および感性評価の階層構造と整合するかを実験的に検討する。

3. 脳波計測実験

3.1 概要

本研究では、音響スペクトル特性の変化が、主観的な感情価および覚醒度と神経活動にどのように反映されるかを検討する。まず、EQ 特性の異なる音楽刺激を聴取した際の脳波を計測し、独立成分分析および信号源推定に基づいて、参加

表 1: 各 EQ 条件における EQ 設定値

Table 1 EQ settings for each experimental condition

	中心周波数	Q 値	ゲイン変化量
標準	-	-	-
低域上げ/低域下げ	250Hz	1.0	±9dB
中域上げ/中域下げ	1kHz	0.5	±9dB
高域下げ	4kHz	1.0	-9dB

者間で共通して観測される脳活動成分を抽出する。次に、同成分の α 帯域および β 帯域の周波数パワーについて EQ 条件間の差を検討する。さらに、Affect Grid 法による覚醒度および感情価の評価結果と脳活動との対応を、参加者ごとの反応差を保持したデータに基づいて分析する。

3.2 方法

3.2.1 刺激

刺激には、周波数特性の嗜好に関する多層心理モデル構築 [2] で用いられた音源のうち、ジャンルによる嗜好の影響を統制し、EQ 特性の違いに着目しやすくするため、Jazz 音源を用いる。本研究では、標準 (Flat)、低域上げ、低域下げ、中域上げ、中域下げ、高域下げの 6 種類の EQ 条件を設定した音源を刺激として用いる (表 1)。

また、情動評価では音量差が嗜好判断に強く影響しうするため、聴取に支障のない中程度の音量にキャリブレーションした上で、刺激間の音量差を統制する目的でラウドネス正規化を行う。正規化には、ISO 532-11 (Zwicker 法) に基づくラウドネス推定を用いる [11]。

3.2.2 参加者

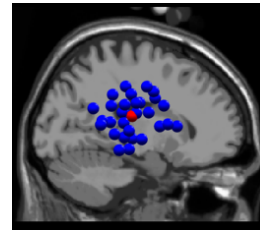
実験参加者は、正常な聴力を有した 10 名の大学生・大学院生 (男性 5 名、女性 5 名、年齢 21-24 歳) である。

3.2.3 実験環境

実験はシールドルーム内で実施し、参加者は EEG キャップ (ANT Neuro 社 eego sports) を装着した状態で音源を聴取する。刺激は Presentation (Neurobehavioral Systems 社) により制御し、オーディオインターフェース (Synthax Japan 社 Fireface UCX II) を介してヘッドホン (Sony 社 MDR-900ST) から呈示する。同時に、トリガ発生装置 (NI 社 USB-6212 BNC タイプ) から EEG アンプ (ANT Neuro 社 eego sports) ヘトリガ信号を出力して時間同期を行い、計測・増幅された脳波データを PC に記録する。

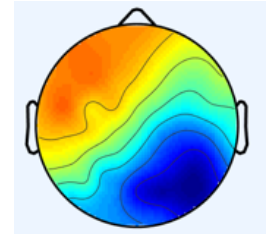
3.2.4 手続き

はじめに、実験参加者の頭部に EEG キャップを装着する。鼻根と後頭結節を結んだ線と左右の耳介前点を結んだ線の交点が頭頂部の電極 Cz となるようにキャップ位置を調整する。全 64 チャンネルに頭皮と電極間の抵抗を抑えるためのジェル (ANT Neuro 社 OneStep Cleargel) を塗布し、左頬骨体内側には眼電計測用電極を電気伝導性の糊 (Plux 社 Ten20) で装着する。すべての電極の抵抗が 30 k Ω 未満となるよう調整後、実験を開始する。実験はシールドルーム内でヘッドホンを装着し、モニターの指示に従って進める。20 秒間の安静後、約



(a) 信号源クラスタ

Fig. 3 Source cluster



(b) 頭皮上分布

Fig. 3 Scalp map

図 3: 信号源推定により抽出されたクラスタ (ACC 近傍領域)

Fig. 3 Source cluster identified by source localization (the region near the ACC)

13 秒間の刺激呈示を 1 トライアルとし、EQ 特性の異なる 6 種類の音源を各 10 回、計 60 トライアル実施する。刺激呈示順はランダムとする。

3.3 結果

3.3.1 前処理

実験で得られた脳波データは、汎用の科学計算ソフトである MATLAB 上で動作する EEGLab を用いて前処理 (再サンプリング、バンドパスフィルタ、アーチファクト成分の除去等) を行った後、独立成分分析 (ICA: Independent component analysis), および信号源推定を実施した。

3.3.2 データ解析

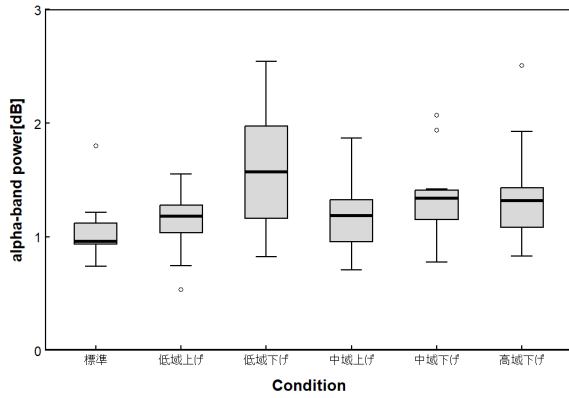
本研究では、EQ 特性の違いによる脳活動の変化を検討するため、計測および前処理に不備の認められなかった 10 名分のデータを対象として、集団レベルの解析を行った。まず、各独立成分について、事象関連電位 (ERP)、パワースペクトル (Power Spectrum)、事象関連スペクトル変動 (ERSP), および頭皮上分布 (Scalp Map) を算出した。さらに、信号源推定によって得られた等価電流双極子の位置情報 (dipole) に基づき、参加者間で独立成分のクラスタリングを行った。

信号源クラスタリングの結果、15 個の独立成分クラスタが得られた。このうち、10 名すべての参加者に独立成分が含まれ、かつ信号源の推定精度が高いクラスタとして、図 3 に示すクラスタを抽出した。図 3 (a) に、同クラスタに含まれる各独立成分の推定信号源位置を示す。これらの平均信号源座標は前部帯状回 (ACC) 近傍に位置していたことから、同クラスタは ACC 近傍領域の活動を反映する独立成分クラスタであると推定した。本研究では、このクラスタを解析対象とし、 α 帯域および β 帯域の周波数パワーについて、EQ 条件間の差異ならびに情動反応との関係を検討する。

3.3.3 周波数パワーの統計解析

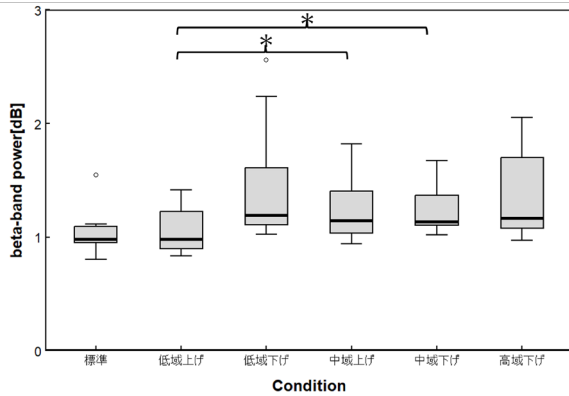
EQ 条件ごとの周波数パワーの違いに統計的に差があるかを確認するために分散分析を行った。刺激全体で周波数パワーの差があったかどうか見るために、比較的長い刺激呈示後 1000 ms-10000 ms の時間窓で α 、 β 帯域それぞれの周波数パワーに対し分散分析 (ANOVA) を行った。

図 4 に、ACC 近傍領域における周波数パワーを示す。同クラスタにおける周波数パワーについて分散分析を行った結果 α



(a) α 帯域

Fig. 4 α band



(b) β 帯域

Fig. 4 β band

図 4: EQ 条件ごとの周波数パワー (* $p < .05$)

Fig. 4 Frequency power by EQ condition (* $p < .05$)

帯域 ($F(5, 45) = 2.86, p < .05$) および β 帯域 ($F(5, 45) = 3.43, p < .05$) において EQ 条件の主効果が認められた。

さらに β 帯域について Holm 法 [12] による多重比較を行った結果、低域下げ条件は中域上げ条件および中域下げ条件と比較して有意に高い周波数パワーを示した ($p < .05$)。一方、 α 帯域では条件間の有意差は認められなかった。

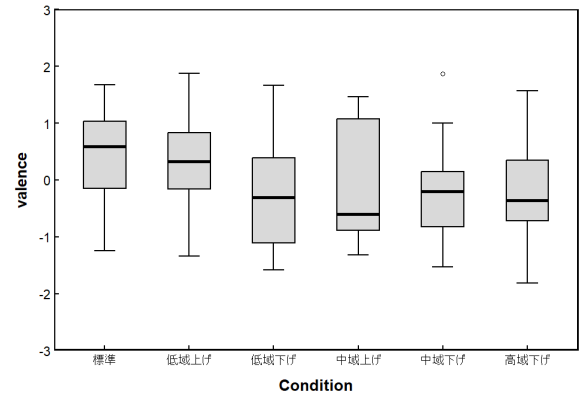
3.4 考 察

ACC 近傍領域の α, β 帯域パワーに EQ 条件の主効果が認められたことから、音響スペクトル特性の変化が、同脳活動に反映された可能性が示された。特に β 帯域では、低域下げ条件が中域上げ条件および中域下げ条件よりも高い周波数パワーを示した。この結果は、単なる呈示音量ではなく、周波数成分の構成の違いが神経活動に反映された可能性を示す。ただし、この活動差がどのような情動反応と対応するかについては、本節の結果のみからは特定できないため、さらに情動評価との対応から検討する。

4. 情動評価実験

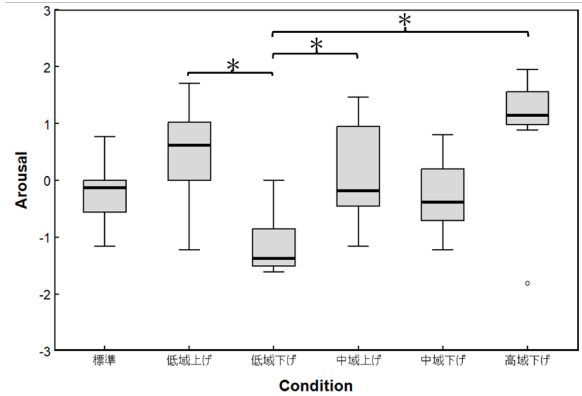
4.1 概 要

本研究では、音楽聴取時の脳波と情動反応の関係を明らかにするために、脳波計測実験の後に、Affect Grid 法による情



(a) 感情価

Fig. 5 Valence



(b) 覚醒度

Fig. 5 Arousal

図 5: EQ 条件ごとの情動評価結果 (* $p < .05$)

Fig. 5 Emotional evaluation results by EQ condition (* $p < .05$)

動評価実験を行う。本節ではその方法、結果、考察について述べる。

4.2 方 法

4.2.1 参加者・実験刺激

実験参加者、および使用した実験刺激は、前節の脳波計測実験と同一である。

4.2.2 手 続 き

参加者は脳波計測実験の終了後、10 分程度の休憩を挟み、EEG キャップを装着したまま、前節と同様の環境で音源に対する評価を行う。各試行において、参加者は 20 秒間の安静後に約 13 秒間の音楽刺激を聴取し、その後に「快—不快」「覚醒—沈静」の程度を Affect Grid 法により回答する。これを 1 トライアルとし、6 条件の音源を各 10 回、計 60 トライアルをランダムな順序で実施する。

4.3 結 果

図 5 に EQ 条件ごとの情動評価結果を示す。感情価および覚醒度について分散分析を行った。その結果、感情価では EQ 条件の主効果が認められなかった ($F(5, 45) = 0.56, p = 0.729$)。一方、覚醒度では EQ 条件の主効果が認められた ($F(5, 45) = 7.01, p < .05$)。さらに、Holm 法 [12] による多重比較の結果、低域下げ条件は低域上げ条件、中域上げ条件、

表 2: 脳波と情動評価の相関分析

Table 2 Correlation analysis between EEG and emotional ratings

	α	β
感情価 (Valence)	-0.156	-0.202
覚醒度 (Arousal)	-0.376	-0.297

高域下げ条件と比較して有意に低い覚醒度を示した。

4.4 考 察

EQ 条件間で覚醒度に有意差が認められたことから、音響スペクトル特性の変化が聴取者の覚醒反応に影響を及ぼす可能性が示唆された。特に、低域下げ条件では、低域上げ条件、中域上げ条件および高域下げ条件と比較して覚醒度が低かった。低域成分の抑制によって、迫力感や活発さに関わる音響的手掛かりが減少し、覚醒度が低下した可能性が考えられる。ただし、本研究では迫力感や活発さを直接評価していないため、この解釈については、追加の印象評価による検証が必要である。一方で、感情価には EQ 条件による有意差が認められなかった。この結果については、脳波活動と情動評価との対応、ならびに Berlyne の覚醒ポテンシャル理論および感性評価の階層構造との整合性の観点から、次節において総合的に考察する。

5. 総 合 考 察

5.1 EQ 特性が覚醒度および脳活動に及ぼす影響

本研究では、EQ 条件間で感情価に有意差は認められなかった一方、覚醒度には有意差が認められた。また、ACC 近傍領域の活動を反映すると推定された独立成分クラスタでは、 α 帯域および β 帯域の周波数パワーに EQ 条件の主効果が認められた。これらの結果は、EQ 特性の変化が、主観的な覚醒反応と神経活動の双方に反映された可能性を示している。

特に低域下げ条件では覚醒度が低く、 β 帯域パワーは一部の条件より高かった。したがって、帯域パワーの増減を覚醒度の高低と直接対応づけるのではなく、情動評価および音響特徴量との関係から総合的に解釈する必要がある。

5.2 脳波と情動評価の関係

ACC 近傍領域の α 、 β 帯域パワーと、感情価および覚醒度との関係を検討した。本分析では、参加者間で平均化した EQ 条件ごとの代表値ではなく、各参加者の各 EQ 条件に対する周波数パワーと情動評価値を分析単位とした。したがって、参加者ごとの反応差を保持したデータに基づく分析である。

その結果、表 2 に示すように、 α 帯域パワーとの相関係数は、感情価で -0.156 、覚醒度で -0.376 であった。また、 β 帯域パワーとの相関係数は、感情価で -0.202 、覚醒度で -0.297 であった。いずれの帯域においても、脳波活動との対応は感情価よりも覚醒度において数値上大きかった。この結果は、感情価には参加者固有の評価過程がより強く介在する一方、覚醒度は神経活動と比較的一貫して対応する可能性を示唆する。

5.3 音響特徴量と ACC 近傍領域の α 帯域活動との関連

ACC 近傍領域の α 帯域パワーと音響特徴量との関係を検

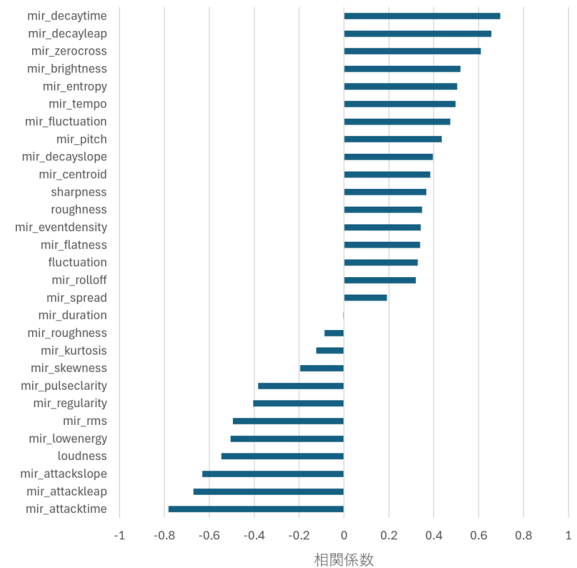


図 6: α 帯域パワーと音響特徴量との相関分析

Fig. 6 Correlation analysis between α band power and acoustic features

討するため、MIRtoolbox および Audio Toolbox を用いて算出した音響特徴量との相関分析を行った (図 6)。分析の結果、attacktime, decaytime, loudness など複数の特徴量との間に比較的強い相関がみられた。これらの特徴量は音の立ち上がりやエネルギー変動に関わるものであり、聴取者の覚醒水準の変化に関与する音響情報を表していると考えられる。

EPA 構造において、力量性 (Potency) および活動性 (Activity) は評価対象の印象を記述する主要な次元として位置づけられている [10]。この観点から図 6 の特徴量を整理すると、loudness および sharpness は音の強さや迫力、鋭さに関わることから力量性に関わる音響特徴と解釈できる。一方、attacktime, decaytime は音の立ち上がりや減衰、pulse clarity は拍の明瞭さを表し、音の動的さに関わる活動性に関わる特徴量である可能性がある。さらに、線画の SD 評価時の脳機能イメージング研究では、力量性の評価は上前頭回および右前帯状皮質、活動性の評価は聴覚皮質を含む上側頭回の活動と関連することが報告されている [13]。前節で示した α 帯域パワーと覚醒度との関連を踏まえると、ACC 近傍領域の α 帯域活動は、EQ 特性の違いによって変化する音の力量性・活動性に関わる特徴と覚醒状態との関連を捉えている可能性がある。

5.4 Berlyne の覚醒ポテンシャル理論および感性評価の階層構造との整合性

本研究では、EQ 特性の違いによって感情価には明確な差が認められなかった一方、覚醒度には有意な差が認められた。また、参加者ごとの反応を保持した分析では、ACC 近傍領域の活動との対応は、感情価よりも覚醒度において相対的に強かった。

これらの結果は、2.3 節で示した理論的枠組みと整合する。すなわち、EQ 特性の変化は、刺激の物理特性に比較的近い覚醒反応および神経活動には参加者間で比較的一貫して反映される一方、より上位の価値判断である感情価への変換過程

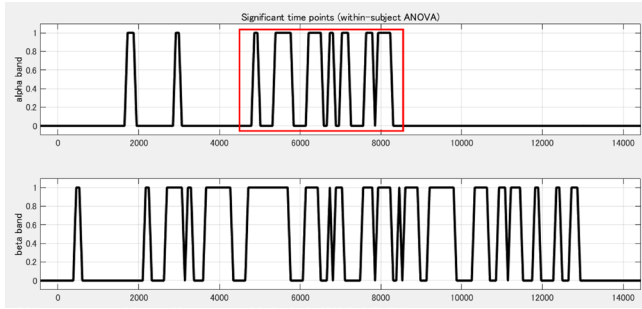


図 7: 周波数パワーの時間点ごとの分散分析結果 (1: 有意, 0: 非有意)

Fig. 7 Time-point ANOVA results for frequency power(1: Significant, 0: Not significant)

では、参加者固有の経験、嗜好、評価基準等の影響によってその対応が分岐した可能性がある。

したがって、本研究で認められた感情価と覚醒度の条件差、ならびに ACC 近傍領域の活動との対応の違いは、EQ 特性に対する情動反応が、覚醒反応から価値判断へ至る階層的な評価過程によって形成され、その上位階層において個人差の影響が増大する可能性を示唆する。これは、言語的な価値判断として表出する以前の非言語的な感性反応と、そこから個人固有の評価が形成される過程を、神経活動との対応から捉える一つの入口となる知見である。

ただし、本研究では、覚醒度が感情価を媒介する過程や、両者の逆 U 字型の関係を直接検証していない。そのため、本結果は、Berlyne の覚醒ポテンシャル理論および感性評価の階層構造と整合する探索的知見として位置づけられる。

5.5 時間点ごとの分散分析

本研究で用いた音源刺激は約 13 秒の比較的に長い音源であったため、刺激全体の平均値だけでなく時間的な変化についても検討した。そこで、ACC 近傍領域における α 、 β 帯域パワーに対して時間点ごとの分散分析を行い、EQ 特性間で有意差が認められる時間区間を探索した。

図 7 に時間点ごとの分散分析結果を示す。 β 帯域では広い時間範囲で有意差が認められたのに対し、 α 帯域では約 5000~8000ms 付近に限定して有意差が認められた。

この結果は、EQ 特性の違いによる α 帯域活動の変化が刺激全体を通して一様に生じるのではなく、5000~8000 ms 付近における音響特徴量の変動と対応して現れた可能性を示唆している。ただし、本研究ではその因果関係を直接検証したわけではないため、音響特徴量の経時的変化と脳波活動との関係については今後さらに検討する必要がある。

6. ま と め

本研究では、音楽の EQ 特性の違いが情動反応および脳波活動に及ぼす影響を明らかにするため、EQ 操作により音響スペクトル特性を変化させた音楽刺激を用いて脳波計測実験および情動評価実験を実施した。脳波データには独立成分分析および信号源推定を適用し、ACC 近傍領域の活動を反映す

ると推定された独立成分クラスターの帯域および β 帯域パワーを EQ 条件間で比較した。また、Affect Grid 法により感情価および覚醒度を評価し、脳活動との関係を検討した。

脳波解析の結果、ACC 近傍領域の α 、 β 帯域パワーに EQ 条件の主効果が認められ、EQ 特性の違いが ACC 近傍領域の活動に反映される可能性が示された。情動評価では、感情価に有意差は認められなかった一方、覚醒度には有意差が認められた。さらに、参加者ごとの分析では、同クラスターの α 、 β 帯域パワーは感情価よりも覚醒度と強い関連を示した。

以上より、EQ 操作による音響特徴量の変化は、刺激の物理特性に近い覚醒反応および ACC 近傍領域の活動には比較的一貫して反映される一方、感情価の形成には参加者固有の経験や嗜好、評価基準などの影響がより大きい可能性が示唆された。この結果は、Berlyne の覚醒ポテンシャル理論および感性評価の階層構造と整合し、EQ 特性に対する非言語的な感性反応が個人の価値判断へと変換される過程を示唆する。

今後は、参加者数を増やすとともに、反復測定を考慮した解析により、音響特徴量、情動反応、個人差および脳活動の時間的な変化を統合的に検討し、EQ 特性から覚醒反応を経て価値判断に至る過程をより詳細に明らかにする必要がある。

文 献

- [1] S.E. Olive, "Segmentation of listeners based on their preferred head-phone sound quality profiles," AES 146th Convention, no.10376, Dublin, Ireland, 2019.
- [2] 下園大樹, 塩澤安生, 矢野悠真, 中貴一, 山崎陽一, 長田典子, "周波数特性の嗜好に関する多層心理モデル構築," 第 21 回日本感性工学会春季大会, no.3A01-06, 2026.
- [3] L. Rogenmoser, N. Zollinger, S. Elmer, and L. Jäncke, "Independent component processes underlying emotions during natural music listening," Soc. Cogn. Affect. Neurosci., vol.11, no.9, pp.1428-1439, 2016. DOI:10.1093/scan/nsw078
- [4] J.A. Russell, "A circumplex model of affect," J. Pers. Soc. Psychol., vol.39, no.6, pp.1161-1178, 1980. DOI:10.1037/h0077714
- [5] J.A. Russell, A. Weiss, and G.A. Mendelsohn, "Affect grid: a single-item scale of pleasure and arousal," J. Pers. Soc. Psychol., vol.57, no.3, pp.493-502, 1989. DOI:10.1037/0022-3514.57.3.493
- [6] 中村透, 上垣百合子, 藤原ゆり, 奥谷晃久, 山本松樹, 長田典子, "照明刺激環境下のくつろぎ感に関する心理生理学的研究," 信学論 (D), vol.J96-D, no.6, pp.1536-1544, 2013.
- [7] 浅川香, 矢野敦仁, 木村勝, 片平建史, 山崎陽一, 長田典子, "車室内エンジン加速音及び定速走行音の聴取時における感情評価の個人特性," 音響誌, vol.77, no.11, pp.694-697, 2021.
- [8] D.E. Berlyne, Aesthetics and Psychobiology, Appleton-Century-Crofts, New York, 1971.
- [9] C. E. Osgood, G. J. Suci, P. H. Tannenbaum, "The Measurement of Meaning," University of Illinois Press, 1957.
- [10] 片平建史, 武藤和仁, 橋本翔, 飛谷謙介, 長田典子, "SD 法を用いた感性の測定における評価の階層性-EPA 構造の評価性因子の多義性に注目して-," 日本感性工学会論文誌, vol. 17, no. 4, pp. 453-463, 2018.
- [11] International Organization for Standardization, ISO 532-1:2017 Acoustics—Methods for calculating loudness—Part 1: Zwicker method, ISO, Geneva, 2017.
- [12] S. Holm, "A simple sequentially rejective multiple test procedure," Scand. J. Stat., vol.6, no.2, pp.65-70, 1979.
- [13] Y. Kawachi, H. Kawabata, M.S. Kitamura, M. Shibata, O. Imaizumi, and J. Gyoba, "Topographic distribution of brain activities corresponding to psychological structures underlying affective meanings: An fMRI study," Jpn. Psychol. Res., vol.53, no.4, pp.361-371, 2011. DOI:10.1111/j.1468-5884.2011.00485.x