

ボーカルアレンジが楽曲の好みに及ぼす影響と脳波特性の関係

Relationship between the effect of vocal arrangement on music preference and characteristics of electroencephalogram

経営システム工学専攻
19N7100021K ライ モウテイ

1. はじめに

人の脳波は情動や感情に応じてある特定の変化をすることが知られており、近年では音楽を聞いたときの感性評価の客観的指標として脳波を用いる研究がされている。しかし、音楽聴取中の脳波変動は人の音楽の好みに影響されるだけでなく、被験者の年代差や性格、楽曲の音響特性などにも影響を受ける[1, 2]。そのため脳波データから音楽の好みに対応する指標を作るのは困難であった。よって脳波と音楽の好みの関係を明らかにするには被験者の年代差や音響特性による影響を除外する方法が必要である。

そこで本研究では、音響特性による脳波データへの影響を小さくするため、ボーカルアレンジの異なる楽曲を用い、聞いたときの感性評価と脳波特性の関係を分析する。ボーカルアレンジの異なる楽曲を用いる理由は、原曲が同じであるため音響特性が比較的類似しており、かつ好みの違いが分かれやすいためである。また人によって好ましい楽曲を聞いた時の生理指標の特徴が異なる可能性も考慮し、脳波特徴に基づいたグループ分けを行う。

2. 関連研究

一連の研究は、磁気共鳴機能画像法などの神経画像技術を用い、愉快的音楽と不快な音楽を聞いたときの感情識別には大脳皮質が関与していることを明らかにしている[3, 4]。これらの研究では、音楽聴取中の感性評価に、大脳皮質とりわけ前頭葉から取得される脳波データが関与していると報告されている。

Hadjidimitriouら[5]は、 β 波と γ 波が音楽ジャンル嗜好性の形成に関与していると報告されている。小柳ら[6]は、後頭 γ 波が音楽嗜好判断に関わると指摘している。しかし、それらの多くは楽曲の音響特性に注目するものであり、ボーカルミュージックによる脳波変動への影響は十分考慮されていない。

また、好みの楽曲の選定において、歌手の声質の類似指標を取り入れることが有意であるという傾向が見られたが、従来のアンケート手法よりも直接的である人体の生体反応に基づいた検証方法はまだ検討されていない[7]。

3. 方法

20代の健常成人10名（男性6名、女性4名）が被験者と

して実験に参加した。実験では5種類の原曲に対し4種類ずつのボーカルアレンジ、合計20種類の音楽を用いた。被験者の疲労による影響を抑えるため、著者の判断により各楽曲の印象的な部分のみを用いた（平均35.1秒）。実験で使用した楽曲の一覧を、以下の表 1に示す。

表 1 実験曲一覧

曲名	アレンジ	ボーカル性別	提示時間
SLOW DOWN	1	男	34秒
	2	女	34秒
	3	男	33秒
	4	男	33秒
Beautiful World	1	女	41秒
	2	女	42秒
	3	女	42秒
	4	女	42秒
海の幽霊	1	女	45秒
	2	女	44秒
	3	男	44秒
	4	男	44秒
紅蓮華	1	男	26秒
	2	男	27秒
	3	女	26秒
	4	女	26秒
夜に駆ける	1	男	29秒
	2	男	30秒
	3	女	30秒
	4	女	30秒

実験では簡易脳波計と呼ばれる比較的安価で装着性の良いNeuroSky社のMindWave Mobile 2という脳波計を使用した。この脳波計は前頭葉(国際10-20法におけるFp1)の一点のセンサーと耳の電極(同A1)の2点間の電位差を測り、イヤパッドに内蔵されているオンボードチップにより取得した脳波を解析し、通信用PCへ無線通信方式の一つであるBluetoothを用いて送信を行うものである。

光や音などの外部刺激によって生ずる脳波変動を小さくするため、全ての被験者は脳波測定中、安静暗室で椅子に座り目を瞑りリラックスした状態を維持した。実験は、以下のⅠ～Ⅲの流れで行った(図 1)。Ⅱ～Ⅲのプロセスは20曲の約35秒間の切り出された音楽に対して繰り返し行った。楽曲は表3.1の上から順に提示した。

I. 1分間閉眼安静状態を保つ。この際、音楽の提示は行わない(以下、無提示状態)。その後イヤホン装着する。

II. 20秒間の無提示状態後、イヤホンより音楽を提示す

る。

III. 提示された曲に対する気に入り度合いを5段階で評価させる。

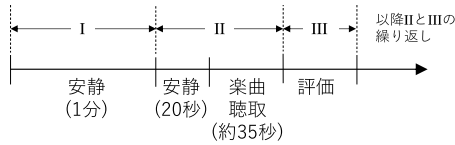


図 1 実験手順

最初に、実験中 I の期間で閉眼安静時の脳波 (1分) を記録し基準データとして使用した。II の期間で20秒間無提示状態の脳波データは解析対象とせず、音楽聴取時の脳波 (平均35.1秒) を解析対象とした。次に、特徴抽出の前処理として、POOR_SIGNALがゼロ以上のデータはノイズとして除外した。なおPOOR_SIGNALとは計測データの信頼性を表す尺度で、脳波計が脳波データとともに記録するデータである。その後2秒間隔ごとに周波数帯域 δ (0.5-2.75Hz), θ (3.5-6.75Hz), low- α (7.5-9.25Hz), high- α (10-11.75Hz), low- β (13-16.75Hz), high- β (18-29.75Hz), low- γ (31-39.75Hz), high- γ (41-49.75Hz) のパワースペクトルを求め、本研究で特徴量として用いるパワースペクトルの差分平均値の計算に用いた。ある区間のデータ ($L/2$ 秒) から差分平均値を計算する際には以下のように計算した：

$$\mathbf{X} = \frac{1}{L} \sum_{t=2}^L |\mathbf{P}_t - \mathbf{P}_{t-1}| \quad (1)$$

なお、 \mathbf{P}_t は時刻 t ($t = 1, \dots, L$) における、8つの帯域におけるパワースペクトルの合計値をあらわす8次元ベクトル ($P_t^\delta, \dots, P_t^{\text{high-}\gamma}$) とする。安静時のデータ \mathbf{X}_{rest} をベースラインとして用いて、楽曲聴取区間のデータ \mathbf{X} を以下のように標準化した：

$$\mathbf{X}' = \left(\frac{X^\delta}{X_{rest}^\delta}, \dots, \frac{X^{\text{high-}\gamma}}{X_{rest}^{\text{high-}\gamma}} \right) \quad (2)$$

ただし X^b は特徴量ベクトル \mathbf{X} の帯域 b に対応する成分とする。

音楽聴取時脳波データは閉眼安静時データを割った後「like」と「notlike」の2種類の脳波に分け統計的に比較した (図 2)。2種類としたのは、本研究の実験において5段階の嗜好度の評価値の分布が偏っており、評価値ごとのデータ数が少なかったためである。以降ではボーカルの性別に注目した解析、および被験者の違いに注目した解析の方法について述べる。以降、嗜好度の点数が 1, 2, 3 のものは notlike, 4, 5 のものは like として解析を行った。

3.1. ボーカルの性別の効果の分析

本研究ではボーカルアレンジの属性として、ボーカルの性別に着目する。すなわち楽曲の好き嫌いとは脳波パターンの対応関係がボーカルの性別によって異なるかどう

か確かめる。そこで被験者がアレンジに対しての嗜好度、実験曲の違い、ボーカルの性別の各因子が脳波の特徴量 \mathbf{X}' の各成分に与える影響と交互作用を有意水準5%の多元配置分散分析法で解析した。また、交互作用を確認した因子間では、因子がどのように影響を与えているか調べるため、データを分割してそれぞれのデータで再び有意水準5%のもと分散分析を行った。また、楽曲の違いが嗜好度と脳波特性の関係に影響を与えるかを確かめるため、楽曲の好き嫌いとは脳波パターンの対応関係がボーカルの性別によって異なるかどうかを曲ごとに確かめた。

3.2. 被験者間の脳波特徴の違い

音楽聴取時の脳波特性は個人差が大きく影響することが知られている [8]。本研究の解析においても、音楽の嗜好と関連する脳波特徴が被験者によって異なると考えられる。そこで嗜好度の評価値が 4, 5 の音楽 (like) を聞いたときの特徴量ベクトル \mathbf{X}'_{like} 、嗜好度の評価値が 1, 2, 3 の音楽 (notlike) を聞いたときの特徴量ベクトル $\mathbf{X}'_{notlike}$ を求め、 \mathbf{X}'_{like} と $\mathbf{X}'_{notlike}$ を結合した16次元ベクトルを個人ごとに求め、Ward法に基づく階層的クラスタ分析を行った。また、ボーカルアレンジの好き嫌いとは脳波パターンの対応関係が実験曲によって異なるかどうかを確かめるため、曲ごとに分けて階層的クラスタ分析を行った。

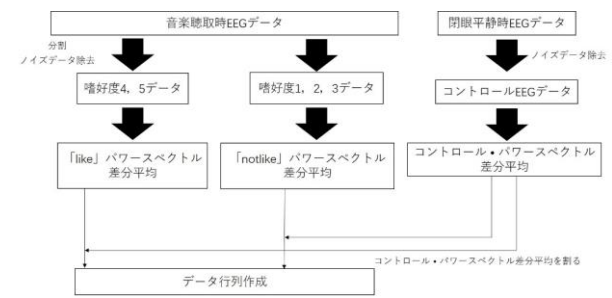


図 2 分析手順の流れ

4. 結果と考察

4.1. ボーカルの性別の効果の分析結果

多元配置分散分析の結果によると、high- γ 波において嗜好度とボーカルの性別の二因子の交互作用が認められた ($P=0.0495$)。しかし、嗜好度の主効果 ($P=0.3257$) とボーカルの性別の主効果 ($P=0.2591$) いずれも認められなかった。次にボーカルの性別でデータを2つに分割し、それぞれのデータでhigh- γ に楽曲の嗜好度が影響するかどうかを有意水準5%として分散分析で確かめた。男性ボーカルの場合は嗜好度の主効果が有意と認められたが ($P=0.004$)、女性ボーカルの場合は主効果が認められなかった ($P=0.99$)。

図 3 にボーカルの性別別での嗜好度と \mathbf{X}' の high- γ 成分の散布図と線形近似を示す。男性ボーカルの場合では

僅かながら正の相関を示すが、線形近似においてR2値は0.122で、有意の相関を示しているとは言えない。女性ボーカルの場合においても同様に、僅かながら負の相関を示すが、線形近似においてR2値は0.002で統計的に有意とはなっていない。

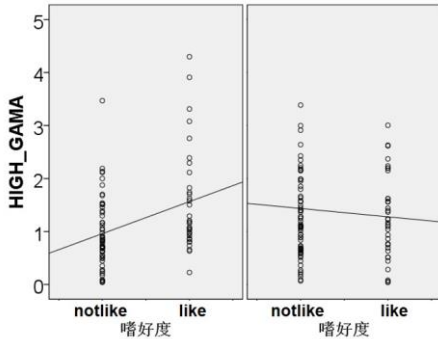


図 3 嗜好度とhigh- γ の X' との関係
(左：男性ボーカル，右：女性ボーカル)

以上の結果から、男性ボーカルのみではあったが、前頭high- γ 波が音楽嗜好性と関与していることが示された。またhigh- γ の特徴量もの、音楽嗜好性が高い時にhigh- γ の特徴量が小さくなる傾向が見られた。 γ 波は興奮状態の時などに観測されることが知られており、従って γ 波の変動は、興奮状態とそうで無い状態が繰り返される場合に大きくなると考えられる。本実験の結果と併せて考えると、男性ボーカルの楽曲においてはそのような反応を起こさせるような楽曲が好まれたのだと考えられる。他の帯域や女性ボーカルの場合では脳波特徴が出なかったが、音楽聴取時の脳波特性の個人差が原因だと考えられる。

曲ごとにおけるボーカルの性別に注目した分散分析の結果である有意確率を以下の表 2にまとめる。灰色の部分は有意であった場合（5%未満）を表す。なお、曲1において女性ボーカルに対しての嗜好度の評価値の分布が偏っており、評価値ごとのデータ数が少なかつたため、女性ボーカルに注目する分析が出来なかった。曲2は男性ボーカルのアレンジが存在しないため、女性ボーカルの結果のみを表す。この結果によると、嗜好度の有意な影響を与える脳波の特徴量 X' の成分は実験曲の違いによって異なった。

以上の結果から、楽曲の好き嫌いとは脳波パターンの対応関係がボーカルの性別によって異なることが確認できたが、音楽嗜好性と関与している脳波特徴は楽曲の違いによって異なることが示された。音楽聴取中の脳波変動は人の音楽の好みに影響されるだけでなく、楽曲の音響特性などにも影響を受けるとの指摘がある[2]。本研究の解析において各実験曲共通して嗜好度の有意な影響を与える脳波の特徴量 X' の成分はなかったのは、楽曲の音響特性による脳波データへの影響が原因だと考えられる。

表 2 曲ごとのボーカルの性別に注目した解析の結果

曲番号	1		2		3		4		5	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
δ	0.87	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.46	0.76		
θ	0.91	0.69	0.79	0.02	0.61	0.00	0.07	0.63		
low- α	0.32	0.35	0.01	0.02	0.25	0.00	0.13	0.22		
high- α	0.94	0.11	0.02	0.01	0.96	0.01	0.19	0.79		
low- β	0.41	0.88	0.01	0.21	0.02	0.00	0.00	0.82		
high- β	0.36	0.09	0.21	0.00	0.20	0.00	0.00	0.88		
low- γ	0.84	0.77	0.11	0.05	0.04	0.00	0.00	0.55		
high- γ	0.02	0.58	0.53	0.06	0.53	0.24	0.00	0.14		

4.2. 被験者間の脳波特徴の違いの分析結果

20種類の音楽において16種類の脳波特徴量を変数にして実施した階層クラスタリングのデンドログラムを図 4に示す。

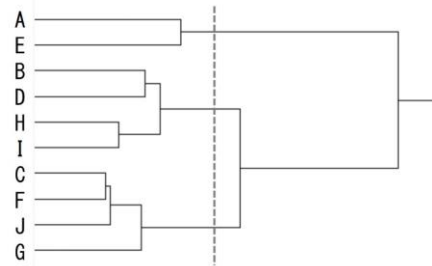


図 4 被験者分類のデンドログラム

枝の高さはクラスターを結合する時の距離を表す。この結果からクラスター数が3になるように分割すれば、クラスター間の距離が遠く、クラスター内のばらつきが小さくなると判断した。図の点線はクラスター数が3になるようにデンドログラムをカットする位置を表す。3クラスターに分割した場合、第1クラスターの被験者は {A, E} の2人、第2クラスターの被験者は {B, D, H, I} の4人、第3クラスターの被験者は {C, F, G, J} の4人となる。

特徴量の散布図は図 5を表す。図の横軸は嫌いな楽曲を聞いた時の特徴量の値、縦軸は好きな楽曲を聞いた時の特徴量の値を示している。図に見られるように、第2クラスター {B, D, H, I} の脳波変動は比較的広い範囲に分布しているのに対し、第3クラスター {C, F, G, J} の脳は変動は原点付近の狭い範囲に分布していた。すなわち第2クラスターの被験者は、第3クラスターの被験者より脳波変動が大きくなりやすかったことが示されている。なお第1クラスター {A, E} の2人のデータは第2クラスターの被験者よりもさらに広い範囲に分布していたが、変動が非常に極端であったこと、人数が2人と少ないことから以降の解析対象からは外すこととした。

異なる実験曲における脳波変動の比較では、曲1において被験者B, D, H, I共通してlow- α 、low- β とhigh- β の X' が「好き」で「嫌い」よりも高くなる傾向が見られたが、high- β の変動傾向は異なる実験曲である曲3では共

通して見えなかった(図6)。一方、曲2において被験者C, F, G, J共通してhigh- β とlow- γ のX'が「嫌い」の方で「好き」より高い傾向が見られたが、異なる実験曲である曲3では共通して見えなかった(図7)。

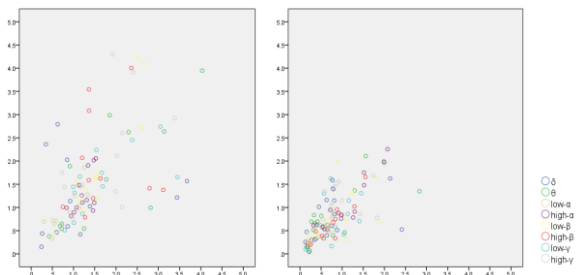


図5 クラスターごとの特徴量散布図
(左:第2クラスター, 右:第3クラスター)

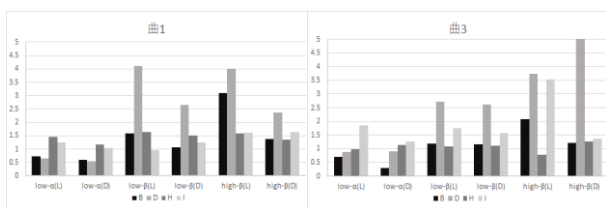


図6 被験者B, D, H, Iの異なる実験曲における脳波変動

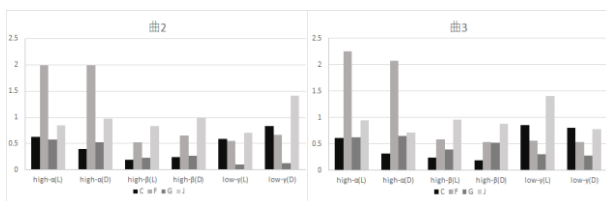


図7 被験者C, F, G, Jの異なる実験曲における脳波変動

以上の結果から、脳波特性は個人差が大きく影響することが確認できた。脳波の各帯域成分の出現率には個人差があり、音楽を聴き流した者と聴き入った者との差があるとの指摘がある[9]。本研究の解析において脳波特徴の個人差が大きかったのは、音楽聴取時の被験者の集中度の差異が出たと考えられる。また、曲ごとにおける解析では、異なる楽曲においてもほぼ同様のグループ分けの結果が示された。従って、個人ごとにボーカルアレンジの好き嫌いとは脳波パターンの対応関係が楽曲の音響特性の違いに大きく影響されないと考えられる。なおこの解析では各グループ内の被験者数が2~4人と少ないため、統計的検定による検証を行わなかった。そのため今回見られた脳波のパターンが一般的に見られるものであるとは言えない。今後より多くの被験者を用いることでこのようなパターンを精緻に分類すること、またそのパターンが被験者の生理的特性や音楽ジャンルの嗜好などのような感性的属性に依存しているか明らかにすることで、

楽曲聴取時の好みを脳波特性を用いた指標で表すことが可能になると考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、音楽聴取時の脳波を測定することで、ボーカルアレンジが楽曲の好みに及ぼす影響と脳波特性の関係を分析した。多元配置分散分析の結果として、男性ボーカルのみでは、前頭high- γ 波が音楽嗜好性と関与していることが示された。また、Ward法によるクラスタリングを用いて解析した結果、楽曲の嗜好による脳波の変動が同じ傾向であるクラスターが確認できた。

しかし、個人ごとの楽曲に対する好みの違いや性格などについて調べていなかった。被験者のグループ分けを説明できる被験者の特性を明らかにすることは今後の課題である。

参考文献

- [1] 貫行子, 長田 乾, 川上 央: 楽曲聴取による脳波変動と気分変化、音楽選好と性格特性の関連性, 情報処理学会研究報告, 2004(111), pp. 35-40, 2004.
- [2] 緒方 茂樹: 受動的音楽鑑賞時の脳波変動に関する研究, 広島大学大学院生物圏科学研究科博士論文, 1997.
- [3] I. Peretz: Towards a neurobiology of musical emotions, in Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications, P. N. Juslin and J. A. Sloboda, Eds. Oxford, U.K.: Oxford Univ. Press, pp.99-126, 2010.
- [4] E. Altenmuller, K. Schurmann, V. K. Lim, D. Parlitz: Hits to the left, flops to the right: Different emotions during listening to music are reflected in cortical lateralization patterns, Neuropsychologia, vol. 40, pp.2242-2256, 2002.
- [5] Hadjilimitriou, Stelios K., and Leontios J. Hadjileontiadias.: Toward an EEG-based recognition of music liking using time-frequency analysis, IEEE Transactions on Biomedical Engineering 59.12, pp.3498-3510, 2012.
- [6] 小柳 諒輔, 小島 昇, 夏目 季代久: 脳波を用いた音楽嗜好性検出システム開発に向けた基礎的研究(非線形問題), 電子情報通信学会技術研究報告, 113(69), pp. 21-25, 2013.
- [7] 宮沢 祐光, 梶 崇, 飯田 善久: 好みの楽曲を選定するための楽曲類似度測定方法, 情報処理学会第68回全国大会講演論文集, 2006(1), pp.169-170, 2006.
- [8] Kothe, Christian Andreas, Scott Makeig, and Julie Anne Onton.: Emotion recognition from EEG during self-paced emotional imagery, 2013 Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction. IEEE, 2013.
- [9] 北川 かほる, 岡崎 美智子, 古賀 美紀: 開眼状態におけるたし算・音楽刺激が及ぼす生理的反応-脳波の周波数解析から-, 日本看護研究学会雑誌, 28(1), pp.115-120, 2005.