

## 脳血流計（NIRS）による音源の変化に対する脳活動状態の評価に関する研究

著者	赤司 和博, 福多 賢太郎, 若槻 淳一郎, 魚住 超
雑誌名	サテライト・ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー年報
巻	8
ページ	127-128
発行年	2009-03
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/528">http://hdl.handle.net/10258/528</a>

# 脳血流計 (NIRS) による音源の変化に対する脳活動状態の評価に関する研究

赤司和博<sup>1)</sup>, 福多賢太郎<sup>2)</sup>, 若槻淳一郎<sup>2)</sup>, 魚住 超<sup>1)</sup>

1) 室蘭工業大学情報工学科, 2) 室蘭工業大学SVBL

## 1. はじめに

近赤外分光法(near-infrared spectroscopy : NIRS)による脳機能計測装置が新たに普及し始め、視覚刺激や聴覚刺激などヒトの五感に関わる刺激提示時の脳活動を分析した研究が幅広く行われている。特に、聴覚刺激に関する研究では題材として音楽が取り扱われることが多く、楽曲聴取時の前頭葉脳血流変動を計測した場合には、脳血流が減少すると報告されている[1]。一般的に、前頭葉は認知や情動に関与する部位であることが知られている。そのため、楽曲に対する印象や嗜好性により選択的に脳血流変動が生じると考えられる。脳血流変動に強く働きかける要素を見つけ出すことができれば、楽曲聴取時における人の心身状態を客観的に推定することが可能になる。そのためには、音楽が人に与える生理作用や心理作用の中で脳血流変動に強い影響を与える要素を分析する評価方法を検討する必要がある。

本研究では、音の要素毎の変化がヒトに与える生理・心理作用を検討する音響心理実験のアプローチと同様に、音の物理的性質の変化とその変化がヒトに与える心理作用が脳血流変動に与える影響を検討するため、音源を複数の条件に設定し、音源の変化に対する脳活動状態の評価を行う。我々は、これまで2種類の音に対して音圧を3段階に設定することで被験者の聴取状態を変化させた[2]。その結果、アンケートから得られたリラックスの有無と没入感の有無といった心理情報の変化と前頭葉脳血流変動に関連性があることが示唆された。本稿では、楽曲聴取時の心理情報と脳血流変動の関連性を詳しく調査するとともに、結果の妥当性を検証するために行った追加実験の結果を報告する。これにより、脳血流変動と関連性の強い心理・生理情報を検討する。

## 2. 実験 I

### 2.1 実験環境

実験は、健康な男子学生 8 名 (平均年齢 22.63 歳 S.D : 1.30) に対して行った。実験中は、座位の開眼安静を保ち、提示音源に被験者の意識を集中させるためにヘッドホン (HD650 SENNHEISER 社) を付けて行った。前頭葉部位を計測するための脳機能計測装置として、『赤外線酸素モニタ装置 NIRO-200』(浜松ホトニクス株式会社) を使用した。計測位置は国際 10-20 法を参考にし、1ch 目を Fp2 (右前額部) に、2ch 目を Fp1 (左前額部) に取り付けた。心電図計測装置には『サイナクト MT11』(NEC メディカルシステムズ社) を使用した。誘導法は Mason-Likar 変法の LL-RA 誘導にて行った。

### 2.2 実験プロトコル I

実験プロトコル I を図 1 に示す。一度の計測で 3 セット実施し、同一実験日に 2 度目の計測を行い、一人の被験者に対して合計 6 セット行った。音圧は、約 60 dB・約 65 dB・約 70 dB の順番に設定した。音の種類は、楽曲聴取と雑音聴取の 2 種類を用意した。楽曲聴取は、一般的なクラシックやピアノ曲を収録した CD (TOCE - 55741-46, 東芝 EMI) の中から、実験前に被験者自身がリラックスできると思える楽曲を任意に選択した。雑音聴取は人が好ましく思わない音として工事現場の作業音を用意した。

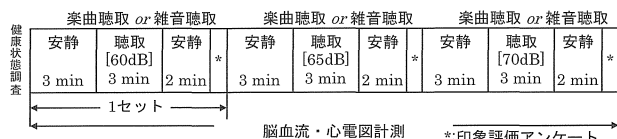


図 1 実験プロトコル I

音の種類は順番は被験者間でランダムとし、2 度目の計測は 1 度目の計測で実施しなかった音源の設定を行った。

印象評価アンケートは、Q1: 音圧の快適さ, Q2: リラックスの有無, Q3: 提示音源の好み, Q4: 没入感の有無, に関して 5 段階評価を行い、数値の高い方を好印象とした。

## 3. 脳血流計測の解析方法

測定される数値の中で酸化 Hb を脳活動の指標とする。計測データを 1 セット毎に分割し、各セットの聴取前安静 3 分間の平均値を基準値 (グラフ上の 0) とするため、計測データと基準値の差を算出した。その後、1ch と 2ch の平均値を算出した。

## 4. 結果 (実験 I)

酸化 Hb の変動に被験者間で一定の傾向が見られた楽曲聴取【65dB】と楽曲聴取【70dB】の結果を示す。聴取前安静と聴取時の比較を統計的に判断するため、各時間帯の平均値に対する有意差検定 (t 検定) を行った結果を図 2 に示す。また、印象評価アンケートの項目で「Q2: リラックスの有無」と「Q4: 没入感の有無」の結果を表 1 に示す。

図 2 より、楽曲聴取【65dB】では被験者 H を除く 7 名で酸化 Hb が減少した。楽曲聴取【70dB】では、被験者 B, C, G, H の 4 名で酸化 Hb が減少した。

表 1 で Q2 と Q4 の平均に着目すると、楽曲聴取【65dB】のみスコアが高い被験者 (A, D, E, F), 楽曲聴取【70dB】のみスコアが高い被験者 H, 楽曲聴取【65dB】と楽曲聴取【70dB】でスコアが高い被験者 (B, C, G) の 3 グループに分けることができる。

## 5. 考察 (実験 I)

表 2 に楽曲聴取実験結果のまとめを示す。楽曲聴取【60dB】では全被験者で印象評価アンケートのスコアが低く、脳血流変動には被験者間で一貫した傾向は見られない。楽曲聴取【65dB】のみ印象評価アンケートのスコアが高い被験者 (A, D, E, F) では 4 名とも楽曲聴取【65dB】で脳血流の減少が確認された。楽曲聴取【70dB】のみ印象評価アンケートのスコアが高い被験者 H では、

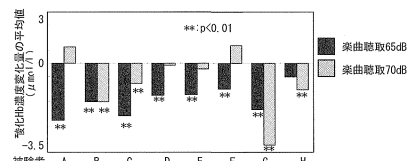


図 2 聴取 3 分間の酸化 Hb 変化量の平均値と有意差検定の結果

表 1 印象評価アンケートの結果

	被験者	被験者							
		A	B	C	D	E	F	G	H
楽曲聴取【65dB】	Q2	3	5	4	4	4	5	5	3
	Q4	5	5	5	3	4	4	5	3
	平均	4.0	5.0	4.5	3.5	4.0	4.5	5.0	3.0
楽曲聴取【70dB】	Q2	1	4	4	2	3	3	4	4
	Q4	1	5	4	2	3	3	4	4
	平均	1.0	4.5	4.0	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0

表 2 楽曲聴取実験のまとめ

	被験者	被験者							
		A	D	E	F	B	C	G	H
楽曲聴取【70dB】	印象評価アンケート	△	△	△	△	○	○	○	○
	脳血流変動	—	—	—	—	↓	↓	↓	↓
楽曲聴取【65dB】	印象評価アンケート	○	○	○	○	○	○	○	△
	脳血流変動	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	—
楽曲聴取【60dB】	印象評価アンケート	△	△	△	△	△	△	△	△
	脳血流変動	—	—	—	—	—	—	—	—

○: Q2とQ4の平均値が3より大きい  
△: Q2とQ4の平均値が3以下  
↓: 脳血流が有意に減少した  
—: 脳血流が有意に減少しない

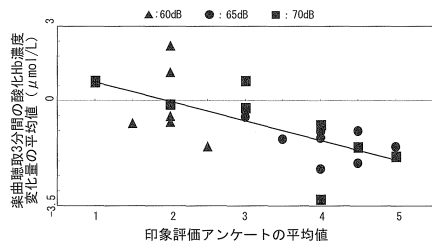


図3 楽曲聴取時の印象評価アンケート (Q2, Q4 の平均値) と酸化 Hb の回帰分析

楽曲聴取【70dB】のみ脳血流の減少が確認された。楽曲聴取【65dB】と楽曲聴取【70dB】の両方で印象評価アンケートのスコアが高い被験者 (B, C, G) では、両方の設定で脳血流の減少が確認された。印象評価アンケートを元にグループ化した被験者の心理情報に応じて脳血流が減少しているため、音圧の変化によって生じる被験者個人ごとの心理情報の変化に対応し、脳血流変動が発生すると考えられる。

印象評価アンケートと脳血流変動の関連性を詳しく検討するため、印象評価アンケート 2 項目 (Q2, Q4) の平均値を横軸に、酸化 Hb の平均値を縦軸に設定して回帰分析を行った。その結果を図 3 に示す。音圧別に着目すると、60dB では印象評価アンケートでは 1~3 を示し、酸化 Hb の増減は被験者間で特定の傾向は見られない。65dB では印象評価アンケートでは 3~5 を示し、酸化 Hb は一様に減少している。70dB では回帰直線に沿う形で分布している。決定係数 ( $R^2$ ) は 0.513 となり両者には関連性があると判断できる[3]。よって、楽曲に対してリラックスして聞いている・没入感を得ているという心理的作用と連動して、前頭葉脳血流が減少すると考えられる。

## 6. 実験 II

実験 II は、楽曲の違いに対する主観的な評価と脳活動状態の関連性を検討するために行った。楽曲聴取【70dB】で異なるグループに属する被験者 A と被験者 C (年齢=23 歳) に行った。実験環境は 2.1 と同様で、音圧は約 65dB に設定した。

実験プロトコル II を図 4 に示す。安静 3 分間・楽曲聴取 3 分間・印象評価アンケート調査を 1 セットとした。5 分以上の休憩を設けた後に実験を繰り返し、合計 10 セットの計測を行った。楽曲は、複数のジャンルから CD を 1 枚ずつ合計 5 枚選択し、同じ CD から 2 曲ずつ計 10 曲を選んだ。曲の提示順番は被験者によりランダムである。印象評価アンケートは、実験 I で使用した Q2・Q3・Q4 に聴取時の気分の変化を調査する 3 項目 (落ち着いた気持ちか、心が休まる気持ちか、活気付く気持ちか) を追加し、計 6 項目について調査した。

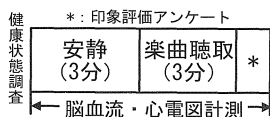


図 4 実験プロトコル II

## 7. 実験 II の結果・考察

実験 I と同様の解析を行い、楽曲聴取 3 分間の平均値を算出し、印象評価アンケートの項目別に回帰分析を行った。その結果、被験者 C では『没入感の有無』に関する項目のみ関連性が認められた (図 5 右 決定係数 ( $R^2$ ) = 0.511)。被験者 A ではどの項目も脳血流変動との関連性が認められなかった。

被験者 C は、楽曲に対して没入感を得ているという心理的作用

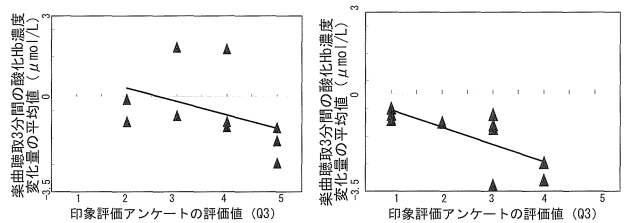


図 5 楽曲聴取時の印象評価アンケート (没入感の有無) と酸化 Hb の回帰分析 (左: 被験者 A 右: 被験者 C)

と連動して脳血流が減少する。被験者 C ではどの楽曲聴取時でも脳血流の減少が確認されたため、楽曲の違いによる脳血流変動のゆらぎは小さい。そのため、繰り返し実験を行った場合でも本稿と同様の傾向を期待できる。今後は、同一被験者に複数回実験を行うことで結果の整合性を検証する。

一方、被験者 A では印象評価アンケートの各項目と脳血流変動との関連性は認められなかった。被験者 A では被験者 C では生じていない脳血流の増加が確認されたため、楽曲の違いが脳血流変動に与える影響は被験者 C よりも大きいと考えられる。音楽聴取時に脳血流が増加する事例として、森らは音楽を分析的に聴取した場合には前頭葉の活動が上昇すると報告している[4]。このため、本実験で調査した項目では知ることができなかった聴取状態が脳血流の変動に影響を及ぼしたことが示唆される。被験者 A のように楽曲による脳血流変動の差が大きく現れる被験者に対しては、楽曲の印象や聴き方に関する項目の追加など、より詳しい被験者情報を得ることが必要である。

## 8. まとめ

岩坂らは音楽聴取時の前頭葉脳血流は減少する傾向があると報告している[1]。本実験でも楽曲聴取時に脳血流の減少が確認できたが、全ての楽曲に脳血流を減少させる効果があるのではなく、リラックスの有無や没入感の有無という聴取状態に関わる心理情報が脳血流変動に強く影響を与えることがわかった。

実験 I では、音圧の変化によって生じる被験者の心理情報の変化と脳血流変動に関連性が認められた。実験 II では、被験者 2 名中 1 名で脳血流変動と没入感の有無に関連性が認められた。二つの実験で脳血流変動が特定の心理情報と回帰的な性質が確認されたことから、本研究で行った分析方法は楽曲の提示条件を変更した場合でも適用できると考える。今後、本研究で得られた結果の整合性を検証することで、脳血流の変動から楽曲聴取時の状態を客観的に判断できる指標へ応用できると考える。

今後の展開として、SD 法によるアンケート調査など心理情報を定量的に判断できる調査手法を取り入れ、心理情報と脳血流変動との関連性をより客観的に調査する。また、楽曲聴取前に計算負荷を設けるなどの実験プロトコルの改良を行い、自律神経活動が示すリラックス状態と脳血流変動の関連性を調査する。作業後に聴く音楽としてリラックスや没入感を得られるかを検討することにより、被験者の状況の変化に応じた脳活動の解釈を行う。

## 参考文献

- [1] 岩坂正和, 菅生恵子 他: 近赤外分光法による脳血流計測を用いた能動・受動的な音楽聴取時の脳活動観察, 情報処理学会研究報告音楽情報科学, Vol.2007, No.15, pp1-6, (2007)
- [2] Kazuhito AKASHI, Kentarou FUKUDA, Junichirou WATAISUKI, and Takashi UOZUMI: Evaluating brain activity related to a sound source using a brain blood flowmeter (NIRS), Keas'08, pp201-206 (2008)
- [3] 菅民郎: Excel で学ぶ多変量解析入門 第 2 版, オーム社, (2007)
- [4] 森 悠太, 風井 浩志, 片寄 晴弘: Minimal Music 聴取時における脳機能計測, 情報処理学会研究報告音楽情報科学, Vol.2007, No.37, pp. 77-80, (2007)