

f-NIRS による音楽聴取時の没入感に関する検討

須田 一哉 森 悠太 山岡 晶 八田原 慎吾 片寄 晴弘

関西学院大学理工

本件では fNIRS を用いた音楽聴取時における没入感についての検討を行う。筆者らは、音楽における没入感に関して技能の拡張と身体性の視点から研究している。我々は、先行実験において、聴取者が音楽を積極的に聴取する際に前頭前野の活動が低下している現象をとらえた。本報告では、この現象をより精緻な計画によって追試を行った結果について述べる。実験の結果、先行研究を支持する結果が得られたのに加え、fNIRS のデータから、被験者の音楽経験より音楽的嗜好が音楽聴取に対する没入に優位に働いている状況がとらえられた。

A study of immersion feeling for listening to music by f-NIRS

Kazuya SUDA, Yuta MORI, Akira YAMAOKA, Shingo HATTAHARA, and Haruhiro KATAYOSE

Kwansei Gakuin University

The authors have been engaged in a research on human immersive experience in listening to music from focusing on skill enhancement and physical interaction. In the previous experiment, we observed deactivation of brain at the frontal cortex when a listener listened to music positively. In this report, we describe a double check results to the previous experiment with more minute plans. We obtained a result that supports our previous results, and also obtained a data that shows musical preference is more relevant than musical for listeners' immersive experience.

1 はじめに

音楽のエンタテインメントとしての側面は誰もが認めるところであろう¹⁾。しかし、音楽のどのような特性が、エンタテインメント性を担っているのか、また、人間の脳のどのようなしくみによってエンタテインメントにかかわる心的状況がもたらされるのかという点についてはわかっていないことが多く、今後の研究課題である。筆者らは、iFP という演奏インタフェースを用いて、音楽を聴取する態度の違いや、演奏表情の有無、演奏インタフェースの違いに対して、ヒトの内観や脳活動にどのような違いが出るのかを調べている²⁾。これまでの近赤外分光法（以下 fNIRS）を用いたいくつかの実験から、1)内観「没入感」に相応する形

で前頭前野の活動レベルが低下すること、2)音楽の聞き方によって脳活動の状況が異なることが確認されている。音楽の知覚、認知に関する研究には、脳内で行われているナイーブな情報処理の外在化という大きな問題が存在するが、形容詞による主観の外在化と脳機能計測による客観的な分析を合わせることで、この領域の新たな発展が期待される。本稿では、音楽聴取時の態度、「聞き流す」と「集中して聴く」の差異に関する最新の実験例とともに、対象となる音楽の「好き」「嫌い」に応じた脳活動の計測結果について報告する。以下、2章で音楽の聞き方の差と没入について、3章で fNIRS について、4章5章では実験手法と結果、ならびに考察を述べる。

2 音楽の聞き方の差と没入の計測

音楽の聞き方にはいくつかの「モード」が存在する。街角やデパートでふと耳にするレベルでの聴取、コンサートホールなどでこれから始まるぞと集中しているレベルでの聴取、また、実際に演奏体験を伴った聴取や、音楽ゲームなどのように疑似演奏体験を伴うレベルでの聴取において、異なる内観があるということについて同意する人は少なくないだろう。これらの内観の違いを脳活動の視点から検証することが本研究の課題である。この際、我々は「没入」「注意」「集中」という事項に注目している。「没入」「注意」「集中」はほぼ同様の概念であるが、「没入」に比べ、「注意」や「集中」は意図的に行われる、というニュアンスが強い。音楽聴取の場合、必ずしも意図的ではない「没入」が誘発されることも少なくない。このことに対する留意から、本研究では、以下、「没入」という用語を用いることにする。では、音楽聴取時における没入とはどういったものであろうか。エンタテインメントにおける重要な要素として「没入」を考えたとき、自然と聞き入ってしまう音楽に対して感じる心地よさなどは「没入」の1つの形であると言えるかもしれない。また、ある種の音楽、例えばガムラン音楽には、聴いている人をトランス状態(極度の興奮状態、没入状態)にする効果があることが知られている³⁾。このように、音楽聴取時における没入には、没頭度合いや興奮度合い、気持ちよさなどで様々な違いがあることがわかる。これら没入の計測に関して、我々の先行実験²⁾において、「気持ち良さ」「うっとりする」という「没入」に関連したナイーブな感覚に相応する形で、前頭前野正中部の血流が減少するデータが示されている。これは意識や思考などといった高次

認知機能を司る領域⁴⁾とされている前頭前野の活動が低下していることを意味する。この現象は、シューティングゲームや、リズムゲームといった、反射型のゲームプレイ時⁵⁾や、朗読を行った際⁶⁾にも同様に観察されるという幾つかの研究報告がある。前頭前野における活動低下の解釈についてはさまざまな論争があるが、この領域が注意・集中と関連して選択的に活動レベルが低下することは他のさまざまな実験から、支持されている⁷⁾。以下の章では、本実験に用いる脳計測装置のfNIRSと、演奏の追体験を可能にするiFPについての説明を行う。

3 f-NIRS と iFP

3.1 f-NIRS

fNIRS (functional near infrared spectroscopy) は、脳の酸素代謝に注目して対象部位の脳活動を計測する分析手法である。可視光にとって生体は強い散乱体であるのに対し、近赤外光は生体に対し高い透過性をもっている(図.1)。生体内の血液に含まれるヘモグロビンに近赤外光を照射し、その散乱反射光の光量によって、血液に含まれる酸素化ヘモグロビン(以下 oxyHb)と脱酸素化ヘモグロビン(同 deoxyHb)の割合を算定する。fNIRSは、他の脳活動計測手法と比べ、非侵襲である、拘束性が低い、準備が手軽である、脳活動状態をリアルタイムで観察することができる、などの長所がある。当研究室で用いた OMM2001(島津製作所)では、発光端子と受光端子を複数組み合わせることで、計測したい範囲を広くマルチチャンネルで計測することが可能である。



図.1 近赤外光が手を透過している所

3. 2 iFP

iFP とは、著者らの研究室において開発された演奏インターフェイスシステムである⁸⁾。iFP は演奏におけるテンポや音量、拍内の微細な表現などのデータをテンプレートとして利用することで、他の演奏を「なぞる」ことを可能にする。プレイヤは音楽用/PC キーボードの拍打、あるいは静電容量を利用した指揮インタフェースを用いた手振りによって、楽曲のテンポと全体的な音量を操作しつつ実時間で疑似演奏をすることができる。今回の実験では、音楽聴取者の、音楽に対する聴取行動における積極性をコントロールする必要性から当システムを利用した。

4 実験

4. 1 実験の目的

先行実験²⁾では、没入に関連した感覚に相応する形で、前頭前野正中部の血流が減少する結果がえられた。本実験では、この結果に対しての、1) 楽曲要因に関する検証、2) 被験者に特有の要因であるのかの検証。続いて、3) 被験者の音楽的能力の差が結果に影響を与える可能性の検証。ならびに、4) 被験者の曲に対する嗜好が結果に与える影響の検証を行う。これらの検証を行うことで、音楽聴取における没入時に、前頭前野の活動を低下させる要因を突き止めることを目的としている。

4. 2 実験手順

4. 1 で述べた点を明らかにするために、次の3種類の実験を計画した。それぞれ実験 I, II, III, IV とし、詳細を次に述べる。

実験 I : 楽曲要因に関する検証

被験者 A, 女性, 29 才, 楽器演奏経験あり (大学で専門教育を受けている), 右利き, 我々の先行実験における被験者である。被験者 A に対して, A が日常的に聴いている曲 (ポップスやクラシックなど) 数曲を異なるモードで聞くよう指示する。モードは「聞き流す」「集中して聴く」の2種類。

実験 II : 被験者要因に関する検証

被験者 B, 女性, 29 才, 楽器演奏経験有り (大学で専門教育を受けている), 右利き。被験者 B に対して曲 (曲名: 星に願いを) を異なるモードで聞くよう指示する。モードとしては「聞き流す」「集中して聴く」「PC のキーボードによる iFP 操作をしつつ聴取」「テルミンによる iFP 操作をしつつ聴取」「テルミンの上で手振り」の5種類 (我々の先行研究で A に対して行った実験内容と同様)

実験 III : 音楽的能力の差に関する実験

被験者 C, 男性, 21 才, 楽器演奏経験なし, 右利き。被験者 C に対して, 実験 II で行った, 被験者 B に対する実験と同内容の実験を行う。

実験 IV : 音楽嗜好との関連調査

被験者 D, 男性, 22 才, 楽器演奏経験あり, 右利き。被験者 D に対して, 1) 実験 II で行った, 被験者 B に対する実験と同内容の実験を行う。さらに 2) D にとって未知の曲 5 曲を実験者側で選択し, いずれも「集中して聴く」モードで聴取するよう指示し, 一曲が終了するごとに, 曲に対する印象や, 好みか好みでないかを, 5 段階評価 (dislike :1<→ 5:like) するよう求めた。

なお, タスクごとに異なる曲を用いる実験で

は、できるだけ演奏時間が近い選曲をし、さらにタスクの実験時間をその最長曲時間に合わせ、それより早く終了する曲については、終了した場所にマークをつけた。

4. 3 チャンネル配置とデータの見方

今回の実験では音楽聴取時の没入感を計測するにあたり、意識や思考といった高次脳機能を司る前頭前野に着目し、計測対象部位とした。ホルダの配置設定例を図.2 に、実際にホルダを装着した様子を図.3 に示す。

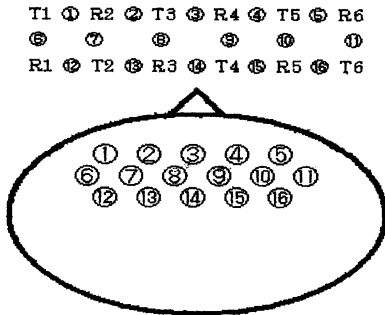


図.2 配置設定例

Tが近赤外光発光端子を表し、Rが散乱反射してきた近赤外光を受光する端子を表している。それぞれ間にある数字がチャンネルナンバーである。被験者には14チャンネルが10/20法表記によるFzの位置に相当する形でホルダを装着する。

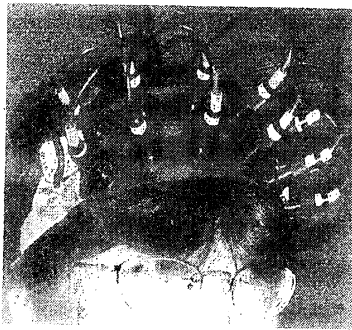


図.3 ホルダ装着の様子

次に出力されるデータの見方を説明する。当装置のソフトウェアは図.4 に示すように、マルチチャンネルでデータを出力する。

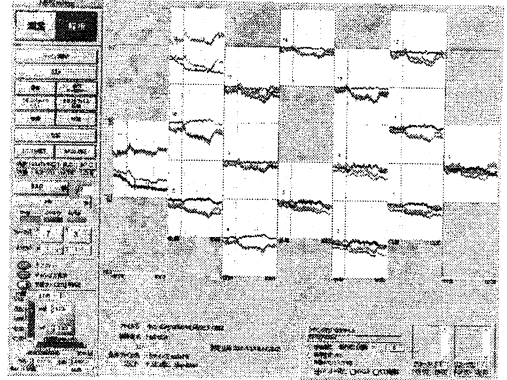


図.4 データ出力例

それぞれチャンネルの計測結果を出力しているが、ここでは説明のためひとつのチャンネルを取り出し説明する(図.5)。

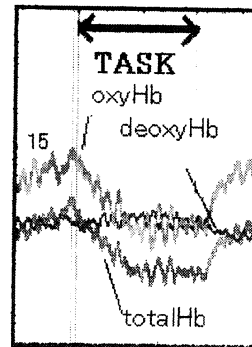


図.5 データの見方

oxyHbは表の赤い線、deoxyHbは青い線、緑色の線はtotalHb (oxyHb+deoxyHb)を示している。図によっては、曲の開始や終了時にマークを挿入している。横軸は時間、縦軸は変化量(相対値)を表す。

今回の実験では、いずれもタスク開始でoxyHbの変化が見られ、終了で元の平静状態に戻る傾向がどのチャンネルにおいても観察された。紙面の都合上、以降の実験結果と考察においては、Fzの近傍のデータを題材として議論を行う。なお、いずれの実験も4.2で述べた実験手順で、同じタスクを2,3回行い、その加算平均を出力している。

5 結果と考察

まず、実験 I において被験者 A に行った実験より、音楽聴取時における没入と前頭前野の血流量の減少という現象が、先の実験で使用した楽曲（星に願いを）以外でも生じる事が確認された（図.5）。ここでは典型的な一例を示すが、いずれの曲でも同じ傾向が捉えられた。

次に実験 I および III において被験者 B, D に対して行った同内容実験の結果では、両被験者ともに同じ傾向が観察された。ここでは被験者 B の実験結果のみを示す（図.6）。図.6 より読み取れる結果は、先行実験で被験者 A が示した結果と酷似しており、音楽聴取時における没入と前頭前野の血流量の減少という現象が、被験者 A に特有の現象ではないことを示唆している。

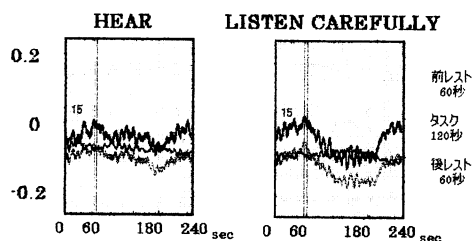


図.5 被験者 A：普段聞いている曲数曲を、それぞれモードを変え聴取

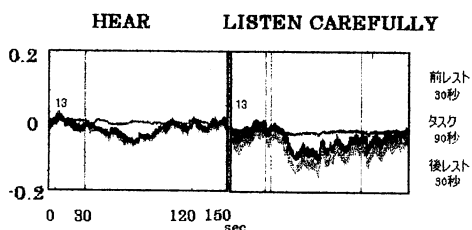


図.6 被験者 B：先行実験で用いた曲（星に願いを）を、モードを変え聴取

さらに実験 III において、音楽経験のない被験者 C に対して、被験者 B, D に行った実験と同内容の実験を行ったところ、両被験者に見られた反応が観察されなかった（図.7）。セン

シングの問題である可能性を調べるために 100 マス計算タスクを行ったが、こちらでは前頭前野における活性化が観察され、センシングの問題によりデータが取れていない可能性は棄却された。

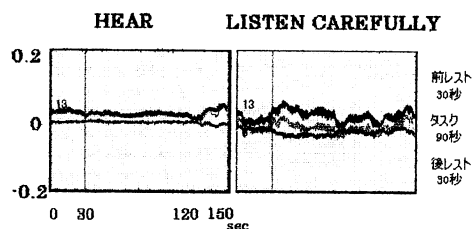


図.7 被験者 C：先行実験で用いた曲（星に願いを）を、モードを変え聴取

これらの結果を総合すると、音楽経験者では、音楽聴取によって前頭前野の脳活動が低下するということが言えそうである。

最後に、楽曲に対する嗜好要因に関する実験結果を示す。前実験において音楽聴取における没入時に前頭前野の血流量減少が観察されている被験者 D に対して、5 曲を実験者側で選び、それぞれの曲に対する被験者の評価を得た。この評価と fNIRS のデータを照らし合わせたところ、5 段階評価 (dislike :1<-> 5:like) における 3 以上のデータと 1 のデータで明らかかな差が見られた（図.8）。図.8 は提示した 5 曲のうち、好ましいという評価されたデータ 3 例の加算を LIKE、と好ましくないと評価されたデータ 2 例の加算を DISLIKE として示している。

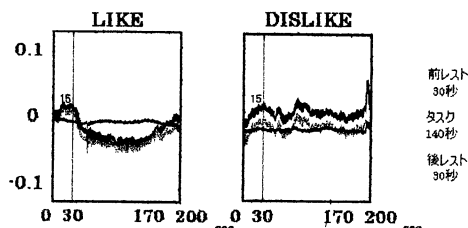


図.8 被験者 D：曲に対する評価（好き嫌い）

と f-NIRS による計測データ

この実験データは、好ましくない曲には没入できない、という直感を支持しており、同時に音楽聴取時の没入と、前頭前野の活動低下の関係を強く示唆するものと言えよう。また、被験者 C が実験で用いた曲（星に願いを）に対して好ましくないと評価していたために反応が出なかった可能性も示唆する結果であると言えよう。以上より音楽聴取時の没入には、被験者の音楽専門性による要因と、被験者の音楽に対する嗜好要因があるが、被験者 D の結果より、前者の要因より後者の要因の方が優位であると考えられる。だが、今回の実験からは被験者 C が、用いた曲に対し好ましいという評価を持っていたが、血流量が減少しなかった可能性や、被験者 C が好ましいと評価する曲を聴取した際に、血流量の減少が見られる可能性は示されていないため、これらを明らかにすることを今後の実験課題としていきたいと考えている。

6 まとめ

今回の実験からは、音楽経験者では音楽聴取に対する没入時に、前頭前野の活動が低下、もしくは抑制されていることを示す結果が得られた。

また、音楽に対する没入においては、音楽経験の有無に関する要因より、聴取者の嗜好が大きくかかわっているという可能性が示唆された。これは直感的にも納得できる結果であり、前頭前野における血流量の減少を指標とし、没入を客観的に判断することができる可能性を示唆している。今後の課題としては、今回得られた結果にたいし、統計学的処理が行える程度に被験者数を増やし、信頼性を向上させていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 安西裕一郎, 草原真知子, 片寄晴弘, 笹田剛史, 中津良平, 黒川隆夫: マルチメディア情報学 10 巻 自己の表現, 岩波書店 4 章(2000)
- 2) 片寄晴弘, 奥平啓太, 橋田光代: 音楽における没入感に関する検討—技能の拡張と身体性の視点から—, エンタテインメントコンピューティング(2004)
- 3) 大橋力: 音と文明—音の環境学ことはじめ—, 岩波書店 pp.466-472(2003)
- 4) フロイド・E・ブルーム / 監訳: 中村克樹, 久保田競: 新脳の探検 (上, 下), ブルーバックス(2004)
- 5) 開一夫, 松田剛: インタラクティブゲームにおける脳血流変化, パンダイキャラクタースカラシップ報告書(2003)
- 6) 川島隆太: 脳と音読, 講談社現代新書(2004)
- 7) Shulman GL, Fiez JA, Corbetta M, Buckner RL, Miezin FM, Raichle ME, Petersen SE. Common blood flow changes across visual tasks: II. Decreases in cerebral cortex, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, pp.648-663(1997)
- 8) 片寄晴弘, 奥平啓太, 橋田光代: 演奏表情テンプレートを利用したピアノ演奏システム:sfp, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 11, pp.2728-2736(2003).