

聞き方の違いを脳機能計測で確認する

松井淑恵 風井浩志 片寄晴弘

(片寄グループ：関西学院大学理工学研究科片寄研究室)

概要 よく訓練された音楽家たちは、「音楽を聞く」ということに複数の「モード」と呼ぶべき状態の違いが存在することを主張している。本研究では、音楽家の聞き方の違いによる前頭前野の活動を fNIRS (機能的近赤外線分光法) によって計測した。その結果、フレーズ構造を把握しようとしている時に、左半球の前頭前野外側下部での活動がみられた。また、能動的なフレーズ構造を把握している時に限り、左右前頭前野背側での脳活動の低下がみられた。
キーワード：能動的聴取、フレーズ構造、前頭前野、fNIRS

1. はじめに

よく訓練された音楽家たちは、目的によって「聞き方」を変える、ということが経験的に語られている。たとえば、初めて聞く楽曲の構造を把握したい時と、コンクールなどで演奏の評価をするときは異なる聞き方をする、と音楽家たちは主張している。

脳機能イメージングの分野においても、音楽の理解に携わる脳の部位を特定するためのさまざまな研究が行われてきた。本研究では、能動的聴取、受動的聴取に関わらず、音楽の構造、特にフレーズ境界の理解に関与する脳の部位を確認することに加え、音楽的に訓練を受けてきた参加者が能動的に楽曲構造を理解しようとするときの脳活動を、できるだけ普通の聴取に近い実験手続きを用い、測定中の雑音が少なく演奏など運動を伴う実験に応用可能な機能的近赤外線分光法 (fNIRS) によって測定した。

2. 実験

2.1 参加者

過去に大学以上の教育機関において音楽の専門教育を受けた者、あるいはプロとして音楽活動を行っている者、計 8 名 (女性、25-32 歳) が実験に参加した。

2.2 刺激

クラシックのピアノ曲で、あまり知られていない 6 曲の録音の冒頭 80 秒を用い、低次の音響的特徴は共有しながら音楽構造の有無があるよう、以下のような刺激を作成した [1]。

(1) 開始直後、終了直前の 1 秒間に線形のテーパをかけたオリジナル条件

(2) 250 ms から 350 ms の断片に分割し、それぞれの断片の開始直後、終了直前の 30 ms に線形テーパをかけ、ランダムに並べ替えたスクランブル条件

刺激は MATLAB を用いてオフラインで作成した。サンプリングレートは 22.05kHz、ステレオとした。個々の録音は同じ音圧レベルに感じられるよう、加工前に実験者によって調整された。実験での提示レベルは参加者それぞれに聞きやすいレベルまで調整してもらった。

2.3 実験手続き

安静 20 秒、課題 80 秒、安静 20 秒からなるブロックデザインを採用した。オリジナル刺激とスクランブル刺激に対して、以下のような課題を設けた。

(1) 検出課題

オリジナル条件：音楽構造のフレーズ境界を検出し、ボタンを押してもらうことにより回答してもらった。フレーズ境界の判断基準は主観的なものとした。ボタン押しに対しては、GUI 上でのボタンの色の変化と 100 ms のホワイトノイズでフィードバックを与えた。

スクランブル条件：オリジナル条件における同課題で得られたタイミングで提示される 100 ms のホワイトノイズを検出し、ボタン押しで回答してもらった。ボタン押しに対するフィードバックはボタンの色変化のみとした (図 1B)。

(2) 鑑賞課題：オリジナル条件、スクランブル条件いずれにおいても、普段音楽を楽しむときのようにリラックスして聞いてもらった。

課題と刺激の組み合わせをブロックとして扱い、ひとつのブロック中では使用楽曲の半分、3 曲を続けて課題を行った。3 曲 × 4 ブロックで 12 試行を 1 セッションとし (図 1A)、参加者 1 人あたり 2 セッションの実験を行った。曲の順序は、曲のテンポのバランスがとれるようにセッション 1, 2 に分配した後、参加者ごとにランダム化した。

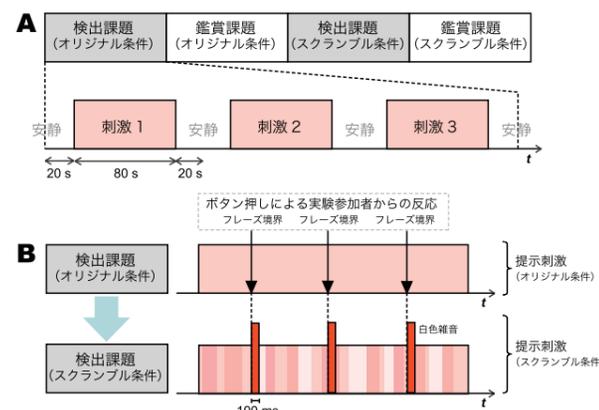


図 1 A: 実験の流れの一例。B: 刺激の各条件に対する検出課題の提示方法。

2.4 測定機材

NIRStation (島津製作所) OMM-2000 で計測した (図 2A)。測定指標は酸素化ヘモグロビン (OxyHb) とした。刺激提示プログラム及び GUI は、Cycling 74 社製 Max/MSP ver. 4.6 を用いて作成した。刺激提示にはヘッドフォン Sennheiser HD650 を用いた。

2.5 測定箇所

国際 10-20 法の Fpz を起点とした前頭前野で、左右半球それぞれ 12 チャンネルの計 24 チャンネルで計測した (図 2B)。測定のサンプリングレートは 10Hz、プローブ間の距離は約 3cm であった (図 3A)。

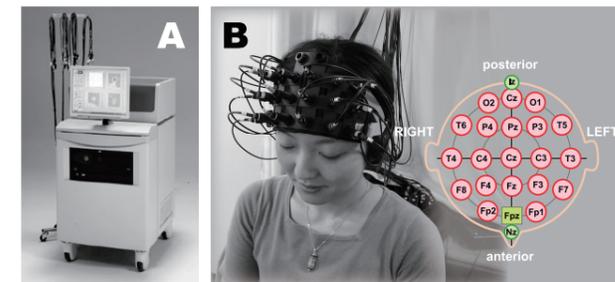


図 2 A: NIRStation. B: プローブ装着時の様子及びプローブ位置決定に用いた国際 10-20 法。

3. 結果と考察

fNIRS による測定から得られる OxyHb の値には、通常、脈拍、呼吸、順応によるドリフトが加わっている。そこで、課題期間を挟む前課題安静時の平均と後課題安静時の平均を結んだ線をドリフトの近似とし、近似からの差分を課題による OxyHb の変化とした。また、測定して得られた OxyHb の値は相対的なものであり、チャンネルごとの皮質までの距離の差、その個人差などによって、OxyHb の値の取りうる範囲が異なる。そこでドリフト補正を行った値に対して z スコア化を行い、チャンネル間と参加者間の標準化を行った。

まず、課題 (2) × 刺激条件 (2) の分散分析を行った。課題の主効果 (図 3A)、刺激条件の主効果 (図 3B) より、検出課題、オリジナル条件共通で活動した前頭前野の部位は、左半球の外側下部となった (赤い破

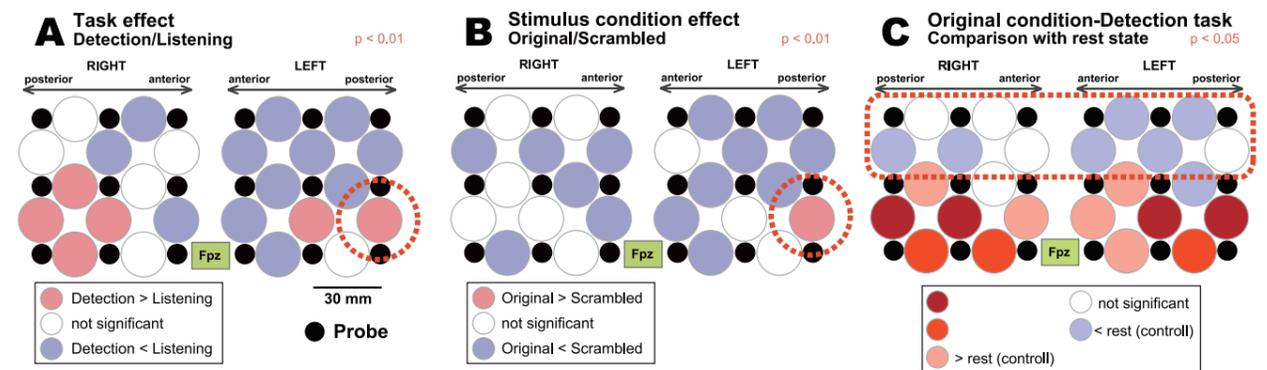


図 3 A, B: 課題と刺激による活動の差。C: オリジナル条件・検出課題時と安静時の比較。

線部)。NIRS におけるチャンネルの範囲を考慮すると、BA47 が音楽構造の理解に関係すると主張する Levitin らの研究 [1] や、音楽構造の統語的処理をしている部位として BA44 を同定している Maess らの研究 [2] と矛盾しない結果であると言える。安静時と各課題、各条件の差に対する Tukey-Kramer の HSD の多重比較のうち、オリジナル条件・検出課題のみにおいて、前頭前野背側で安静時より活動が下がるという現象がみられた (図 3C, 赤い破線部)。同様の現象がビデオゲームを用いた NIRS 研究でも報告されている [3]。原因は未だ不明ではあるものの、本研究の結果は、前頭前野背側での活動低下が視覚刺激課題のみに対して起こる現象ではないことを示唆している。

4. まとめ

本研究では、fNIRS を用いて、音楽的に訓練を受けてきた参加者が能動的にフレーズ構造を理解しようとするとき、左半球の前頭前野外側下部が活動することがわかった。またその結果はいくつかの先行研究と一致していた。NIRS の時間及び空間分解能は fMRI や MEG などと比較してかなり低いものであるため、活動している部位の特定、心理的反応との対応付けまでには至らない。しかし、今後音楽理解の詳細なメカニズムを解明するための足がかりとして、少なくとも fNIRS での測定はある程度利用可能なものであるという結果が得られた。

参考文献

- [1] Levitin, D. J. and Menon, V.: Musical structure is processed in “language” areas of the brain: a possible role for Brodmann Area 47 in temporal coherence, NeuroImage, Vol. 20, No. 4, pp. 2142-2152, (2003).
- [2] Maess, B., Koelsch, S., Gunter, T. C. and Friederici, A. D.: Musical syntax is processed in Broca's area: an MEG study, Nature Neuroscience, Vol. 4, pp. 540-545, (2001).
- [3] Matsuda, G. and Hiraki, K.: Sustained decrease in oxygenated hemoglobin during video games in the dorsal prefrontal cortex: A NIRS study of children, NeuroImage, Vol. 29, No. 3, pp. 706-711, (2006).