

音楽イメージにおける身体性表現にかかわる脳血流ダイナミクス

Brain hemo-dynamics concerned in embodiment in a musical image

岩坂正和*¹ 揚原祥子*¹ 原正樹*² 中山洋*²
Masakazu Iwasaka Sachiko Agehara Masaki Hara Yoh Nakayama

*¹ 千葉大学
Chiba University

*² ヤマハ音楽振興会
Yamaha Music Foundation

Hemo-dynamics relating to musical recognition process in human brain were investigated by utilizing two one-channel non-invasive oxygen monitors (NIRS). We compared the hemodynamic patterns with a musical performance and with a performance imaging, and obtained a similarity in both patterns in case with the performance both by a professional pianist and a percussionist. Also, the hemodynamic pattern in left prefrontal region became out of phase versus the left temporal region closed to auditory cortex when a rhythm pattern distinctly changed.

1. はじめに

ヒトの心的活動に伴う信号検出を脳波などで実現し、脳活動評価指標とすることは、BMI への応用を軸に近年ますます盛んになってきている[Wolpaw 2002]. 医療工学面においても、さまざまな身体障害の克服に役立つことへの期待とともに、脳のイメージ機能としての視覚・聴覚など知覚・認知プロセスの解明にも貢献すると思われる。

また、脳波とともに NIRS (near infra-red spectroscopy) 信号 (脳血流情報) も BMI への応用に大きな可能性をもつと考えられる[片寄 2004]. 本研究では、ヒトの音楽的活動における脳のはたらきを血液生理学的にとらえる方法として、非侵襲脳内酸素モニタを用いた。数秒から数分にわたる時間スケールにおける大脳皮質血流の時系列パターンが、ヒトの注意・欲動変動や学習効果(なれ)、そして情動変化とどのように相関するのかについて、楽曲聴取時において計測と解析を進めた[Iwasaka 2007]. 今回の報告では、打楽器(鍵盤楽器とドラム)の独奏(能動聴取)時と受動聴取時の、前頭および側頭葉(聴覚領野)の時系列応答の検討を行った結果について述べる。

2. 実験方法

本研究では近赤外酸素モニタ(浜松フォトニクス製 NIRO120 他:2チャンネルの送受光プローブ)を用い、左右前頭および側頭において脳細胞活性変化に追従しようとする血液中の赤血球内ヘモグロビンの酸素化の時系列的変化を観測した。赤血球内ヘモグロビンは、ポルフィリンの部位での酸素吸着(酸素化)の有無により反磁性・常磁性と変化するため、機能的磁気共鳴イメージング fMRI や近赤外分光 NIRS を用いることで、特にヒト脳における脳神経活動附随の血液生理学的情報を用いる研究に積極的に応用されてきた。

最初に職業音楽家(ピアニスト)において、実際の楽曲演奏(3分程度)時と、身体運動を抑制し脳内での楽曲進行イメージを行ったときの酸素化ヘモグロビン(OxyHem)の時系列パターンの収集を、左右前頭(国際 10-20 の指標による右脳 F4-F8 中間点近傍または左脳 F3-F7 中間点近傍)にて行った。

次に、打楽器奏者(準職業音楽家レベル)においても、被験者の左前頭 F7 近傍と側頭 T3-P3 中間付近に送受光端子をへ

ッドバンドで固定し計測を行った。計測課題として、ドラムスティックを用いた膝打ちによる打楽器演奏模倣を行った。3分程度の軽音楽曲音源をヘッドホンで聴取しつつ、両手でスティック2本によるドラミングを行った。ドラミングの際の身体動作をビデオ撮影し、頭部・胴体・両手の動きと脳血流パターンとの相関性を解析可能とした。さらに、身体動作を抑制した状態(静座)での楽曲の受動聴取時の脳血流パターン計測も行い、身体動作時(演奏)と無動作・受動聴取時のパターン比較を行った。

3. 結果および考察

職業ピアニストによって特定の楽曲(図1に構造を示す)を繰り返し演奏した場合の左右前頭での血流パターンについて述べる。課題曲演奏に熟練したレベルに達した後、約1年半の間に4回演奏計測を行った。実際に楽曲を生グランドピアノで演奏した際の脳血流の時間軸パターンは、左右前頭ともに互いに類似したパターンを再現性よく示した。次に、音は出さず“鍵盤の上で音を出さずに演奏”した場合との比較(左前頭 F3-F7)を行った結果、曲構造における特徴(図1のコラール A-C での OxyHem 減少、D-F での OxyHem 増加等)に類似性が明らかとなった。

実際の演奏を行わず“頭の中で演奏のイメージを思い浮かべ続けた”場合との比較を図2に示す。図中の4つの縦破線で示した箇所において、音の想起による脳内演奏イメージと実際のピアノ演奏での共通した OxyHem ピークが認められた。すなわち、分の時間スケールおよび10秒程度の時間スケールでの酸素化ヘモグロビン変動パターンの中に演奏時/イメージ時に共通したパターンの存在することが、音楽演奏タスクによって明らかとなった。

次に、打楽器奏者によるドラミング楽曲(約3分)の能動・受動聴取時の左前頭 F7 近傍の真下での脳血流パターン(酸素化ヘモグロビン)の例を図1に示す。同一音源を4回(①~④)繰り返し聴取しつつ、①と③では曲想をイメージしつつ両手でスティック2本によるドラミングを行った。この条件での楽曲聴取中の脳血流パターンに特徴的な部位 A~E に着目すると、曲の開始から A 付近までの OxyHem 減少パターンは4回の聴取いずれにも共通した。この聴取タスク開始後の時定数が 30~60 秒の OxyHem 減少パターンは、これまで鍵盤楽器演奏や受動聴取時に多々観測された。図中のピーク B は4つの試行全てで時間値がほぼ一致した。ピーク E については①(1回目の“曲想をイメージしつつドラミングする”)を除き他はピーク時間値が

一致した。また、ピーク C は④を除き他は共通の時間値であり、ピーク D は④と①で共通であった。

④の試行は四肢の身体性の実動を抑制した脳内イメージであるが、演奏タスク(①,③)に対し A~E のパターンにおいて約 75%一致したといえる。同様に②の“曲想をイメージせず、無思考のまま体の自然な動きにまかされたドラミング”においても A~E のパターンにおいて約 75%の一致を示したといえる。これらの一致度は、音楽聴取および演奏タスクを課さない状態での前頭脳血流パターンよりも高いものであった。

さらに、前頭 F3-7 近傍と側頭 T3-P3 中間付近の血流パターンを 2 チャンネル NIRS により同時計測した結果、前頭 F3-7 での酸素化ヘモグロビン増加ピークが側頭 T3-P3 中間付近での減少ピークと時間軸で一致する試行例 (n=3) が観測された。この課題楽曲の楽曲構造を解析し、この前頭=側頭での時系列血流パターンの逆相同期が“fill in”と呼ばれる急なリズム変化の特徴を反映したものと推察した。

先行研究[Altenmüller 2004]では、左側頭の 2~3 箇所リズム認知に関連した部位がみいだされてきた。本研究で光計測した側頭部位は、このリズム認知の局在部位近傍と期待される。リズム・イメージの時間処理にかかわる部位と、前頭の注意機能に関連した部位との間での、神経系および脳血管系でのネットワーク結合状態のダイナミクスがあらわれたものと推測される。身体動作イメージを伴うリズム・シーケンスの変化が大脳皮質近傍の血流時系列パターンに影響を与えた事実は、今後、脳神経・血管系におけるリズム生成と、身体運動との結合特性を解明していくうえで重要と考えられる。

楽曲構造の概略: J.S. Bach 作品番号 BWV147-10

コラール A	コラール C	コラール D	コラール H
1	9~12	25~28	30~33		57~60 71
小節番号					

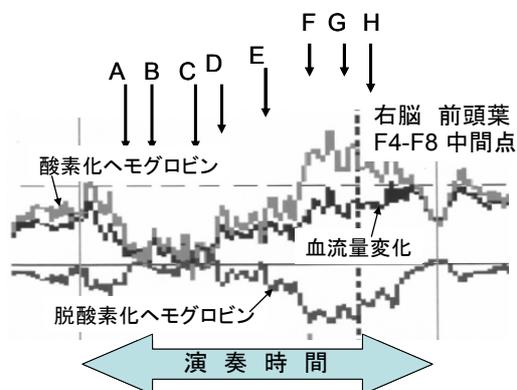


図 1 ピアニストの演奏イメージ計測に用いた課題曲 (J.S. Bach= Hess 編曲 BWV147-10)の楽曲構造(上パネル)および、実際の脳血流パターン(右前頭 F4-F8 付近)と、楽曲構造(コラールと呼ばれる旋律が繰返す箇所)対応を下パネルに示す。

参考文献

[Altenmüller 2004] E.O. Altenmüller: Music in Your Head, Scientific American Mind, Vol. 14, No. 1, 2004
 [Iwasaka 2007] M. Iwasaka, T. Ishii, T. Uehara, M. Shimo, S. Agehara, K. Sugita: Cerebral blood flow pattern synchronization with time sequences of music, Proc. of 23th Annual Meetings of the International Society for Psychophysics, pp.311-316, 2007.

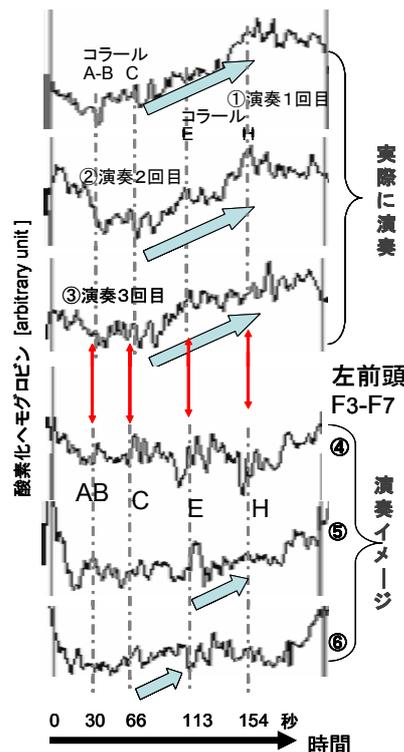


図2 ピアノ演奏時(上部3つの波形)と、音楽演奏イメージ時(手を動かさずに音楽イメージ:下部3つの波形)の前頭葉脳血流パターンの比較

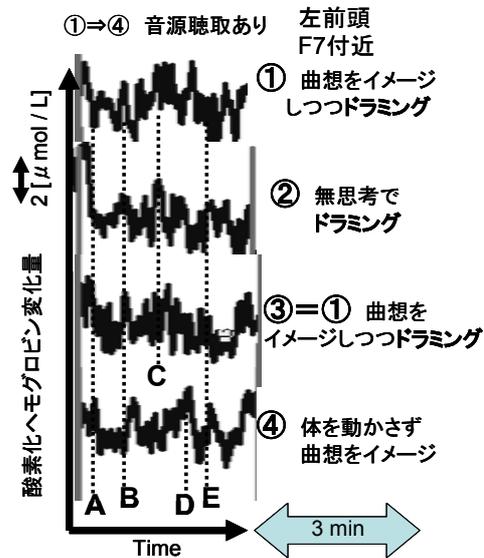


図3 打楽器奏者によるドラミング楽曲の能動・受動聴取時の左前頭 F7 近傍の真下での酸素化ヘモグロビン変化量パターン。4回の連続した試行による。

[片寄 2004] 片寄晴弘: 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—音楽とエンタテインメント, 日本バーチャルリアリティ学会誌, Vol. 1, No. 9, pp. 10-14, 2004.
 [Wolpaw 2002] J.R Wolpaw, N. Birbaumer, D.J. Mcfarland, G. Pfurtscheller, T.M Vaughan: Clinical Neurophysiology, Vol. 113, pp. 767-791, 2002.