

ピアノ演奏における角回の脳機能計測

—初見演奏での右角回の働き—

Functional brain imaging study of angular gyrus in piano playing ~ Cerebral function of right angular gyrus in playing music at sight~

鈴木 悠佳, 吉野 加容子, 辰巳 奈央, 石崎 俊

慶應義塾大学 政策・メディア研究科

Keio University Graduate School of Media and Governance

bugyk@sfc.keio.ac.jp, yoshino@katobrain.com, nt@sfc.keio.ac.jp, ishizaki@sfc.keio.ac.jp

Abstract

In an amusia study, left angular gyrus was reported to be related to sight-reading. In this study, subjects performed 5 tasks in which they were asked to 1)to read musical score, 2)to play music at sight, 3)to play music while reading music score, 4)to playing from memory, and 5)to play from memory but without sounds. We focused bilateral angular gyrus and measured the change in hemoglobin concentration at bilateral temporal lobe and parietal lobe with the use of near-infrared spectroscopy. The results show that the deoxyhemoglobin concentration at right angular gyrus is significantly different in playing-music-at-sight task from that in reading-musical-score task, and playing-from-memory task. Our finding suggests the possibility that right angular gyrus would be related with playing-music-at-sight task.

Keywords — sight-reading, music, angular gyrus, near-infrared spectroscopy

1. はじめに

音楽と脳の研究は、失語症の音楽家の音楽能力を扱った研究がある[1, 2, 3]。これらは、脳損傷を患った音楽家のその当時の症状（言語障害や失行障害など）と脳を損傷する前と後での音楽能力の変化から、音楽に関与している脳の部位を特定するという方法であり失音楽の研究という。トロンボーン奏者で左角回(BA39)のみに損傷があった症例で、左角回は言語の読み書き能力と同じように、音楽家の楽譜読み書き能力の重要な役割を果たしていることを示唆した[3]。

脳機能イメージングの手法を使って、健常者の音楽能力についての最初の研究は Sergent らの研究[4]で、読譜時や初めて見る楽譜を右手で演奏する（初見演奏）時の脳活動を PET で測定し、音楽家の初見能力と、楽譜の表記をキーボードでの

指の動きに変換する能力に関係する脳機能を調べた。この研究からは、単に初見の楽譜を読む時は左後頭頭頂が賦活し、演奏音を聴きながら初見の楽譜を読む時と初見で演奏する時は更に縁上回(BA40)が賦活したと報告されており、縁上回は音楽表記とそれに一致する音やメロディを結びつけるマッピング機能があるという知見が得られた。Sergent J. et al に続く研究として、Lawrence M.Parsons et al. [5]は、音楽家が暗譜で曲を両手で演奏する時の脳活動を PET で測定し、バッハの楽曲（ヘ長調）を弾くときと両手でヘ長調の音階を 2 オクターブ弾くときの比較をした結果、音階を弾いている時は、右側頭頂部(BA39 と BA40)が賦活するが、曲の演奏では賦活しなかったと報告している。

先述の河村の研究報告より、左角回が楽譜の読みに関係しているとされているが、この Sergent らの研究報告では、左角回の賦活は確認されていないことなどから、本研究では、両側の角回に焦点をあて、初見演奏ができるピアノ経験者を対象に、近赤外線分光法(near-infrared pectroscopy : NIRS) を用いる脳機能計測装置でヘモグロビン濃度を測定した。両側の角回が楽譜の読みへ関与する様子を、大脳皮質のヘモグロビン濃度変化から酸素使用を観察することで調査することを本研究の目的とした。

2. 実験方法

2.1 実験環境

被験者は、絶対音感を持っていない 5 名（女性 4 名、男性 1 名、21~28 歳、右利き）で、ピアノ

経験があり、初見での演奏が可能であった。なお、本実験は SFC 実験・調査倫理委員会で承認されている。

実験課題は 1) 楽譜を読む課題(I), 2) 楽譜を見て弾く課題(J), 3) 初見で弾く課題(K), 4) 暗譜で弾く課題(L), 5)暗譜でピアノの音をサイレントにして弾く課題(M), の 5 課題を設定した。楽譜を読む課題は、初めて見る楽譜を単に読む課題、楽譜を見て弾く課題は何回か練習して知っている楽譜を見ながら演奏する課題、初見で弾く課題は初めて見る楽譜を見ながら演奏する課題、暗譜で弾く課題は何回か練習して知っている曲を楽譜を見ずに弾く課題、暗譜でピアノの音をサイレントにして弾く課題は暗譜で弾く課題と同様だがピアノの音が消音になっている状態の課題である。課題 J と課題 L、課題 M は被験者に事前に刺激楽譜を渡し、ある程度演奏の練習を行った。楽譜の表示は全てパワーポイントで行い、20 秒間のレスト、24 秒の楽譜表示で、1 課題に 10 曲課した。テンポ 90 でメトロノームが鳴り、メトロノームを 1 小節分聴いてから読み・弾き始めるように教示をした。刺激楽譜は全て 4 分の 4 拍子、調号なし、8 小節、打鍵数は 24 から 40 の間に統制した。(図 1)



図 1 課題に使用した楽譜の 1 例

2.2 近赤外線分光法 (NIRS)

脳機能計測には、近赤外線分光法(near-infrared spectroscopy : NIRS) (島津製作所 FOIRE3000) を用いた。酸化ヘモグロビン(oxy-Hb)と脱酸化ヘモグロビン (deoxy-Hb)、総ヘモグロビン (total-Hb)を測定する非侵襲的脳機能計測装置である。装置の移動が簡便で拘束性も低く、被験者は座った状態で演奏しながら測定を行った。Hb サンプルング間隔 40ms であった。

測定領域は、両側の角回と縁上回、下前頭回、聴覚連合野とした (計 30 チャンネル、左右各 15

チャンネル)。側頭領域の頭蓋骨から皮質表面までの距離は 11~13mm 程度で[6]、その場合、(従来の空間解像度 30mm では粗すぎて空間的に不連続なサンプリングになるので)、計測点の距離を 10mm 以下にする必要があることが分かっている [7]。そこで本研究では、同様の部位を計測している加藤の先行研究[8,9,10]を参考に、計測点距離を水平方向に 9mm、プローブ間距離を 2.5cm に設定し、頭蓋への装着を行った。

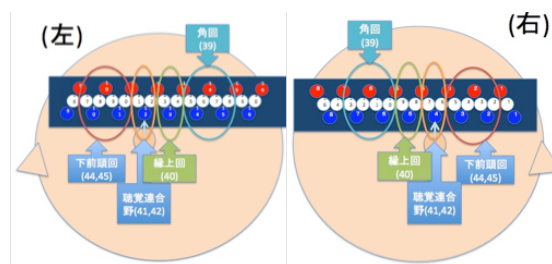


図 2 測定部位

2.3 評価方法

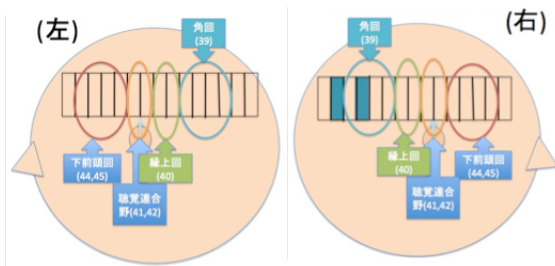
解析は、deoxy-Hb, oxy-Hb, total-Hb の課題時間 24 秒間の総変化量を算出した。被験者 5 人のデータを課題ごとにまとめ、1 課題ごとに 50 データを得て、5 課題の一元配置分散分析を行った。

加藤の研究報告[9,10]を参考にし、課題遂行中の酸素交換を評価する方法は、deoxy-Hb>0 となるとき、酸素交換が起きたことを示し、oxy-Hb<0 となるとき、低酸素状態で酸素交換が起きたことを示した。total-Hb>0 のとき血流量増加、total-Hb<0 のとき血流量減少を示すが、血流量の増加は脳活動とは直結しないと解釈した[9,10]。

3. 結果

実験中の 5 課題の演奏パフォーマンスの平均正答率は 5 名とも 95%以上であった。95%以上の正答率は、一般的に高い正答率であるため、今回は 5 人の被験者の演奏能力は同質であるとし、NIRS データの解析を行った。

初見演奏と暗譜課題・読譜の有意差は、右角回周辺に見られた。(図 3)



青色部位：初見演奏時に酸素交換が有意

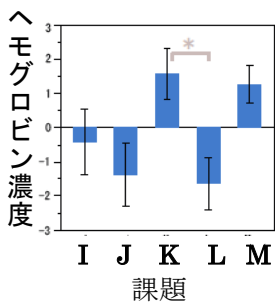
deoxy-Hb 濃度の変化量に有意差が見られた(p<0.05)

図 3 初見演奏時の賦活領域

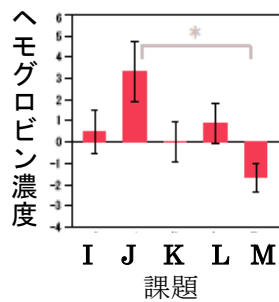
ANOVA で検出された初見と他課題の有意差は右半球後部の 2 箇所(12ch, 14ch)で認められた(deoxy-Hb: p<0.05)。

右側の角回周辺(12ch)での各課題に対する反応と課題間の有意差は、暗譜で弾くときに比べ初見で弾くときに見られ、有意に酸素交換が起きた。

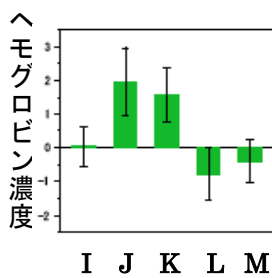
(deoxy-Hb: p<0.05, (図 4-a))



(a)deoxy-Hb



(b)oxy-Hb



(c)total-Hb

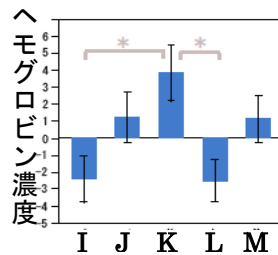
課題 I：楽譜を読む課題
 課題 J：楽譜を見て弾く課題
 課題 K：初見で弾く課題
 課題 L：暗譜で弾く課題
 課題 M：暗譜でピアノの音をサイレントにして弾く課題
 * : p<0.05
 エラーバーは標準誤差を示す

(a)deoxy-Hb 濃度の変化量、(b)oxy-Hb の変化量、(c)total-Hb 濃度の変化量

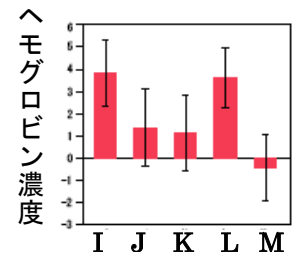
図 4 右角回周辺(ch12)での各ヘモグロビン濃度変化量

右側の角回周辺(ch14)での各課題に対する反応

と課題間の有意差は、暗譜で弾くときに比べ、初見で弾くときに見られ、また、楽譜を読むだけのときに比べ、初見で弾くときに見られ、有意に酸素交換が起きた。(deoxy-Hb: p<0.05, (図 5-d))



(d)deoxy-Hb



(e)oxy-Hb

課題 I：楽譜を読む課題

課題 J：楽譜を見て弾く課題

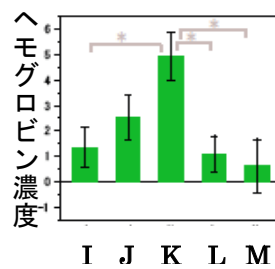
課題 K：初見で弾く課題

課題 L：暗譜で弾く課題

課題 M：暗譜でピアノの音をサイレントにして弾く課題

* : p<0.05

エラーバーは標準誤差を示す



(f)total-Hb

(d)deoxy-Hb 濃度の変化量、(e)oxy-Hb 濃度の変化量、

(f)total-Hb 濃度の変化量。

図 5 右角回周辺(ch14)での各ヘモグロビン濃度変化量

4. 考察

右角回において、暗譜で弾く課題や読譜課題よりも、初見で弾く課題のほうが、有意に酸素交換が起こった。初見演奏と暗譜演奏の違いは、初見は初めて見る曲を楽譜を頼りに演奏するが、暗譜は曲を記憶しており楽譜をみていない。このことから、右角回は楽譜を読むことに関係している可能性が示された。また読譜は、楽譜を見て音符を追うだけだが、初見演奏は楽譜を見てその音符を実際に弾く。楽譜の音符を追い、音符に対応する鍵盤を押すことに右角回が関係している可能性が示された。右角回の損傷は、身体失認や視野失認が生じることから、視空間認知に関係していることが示されている [11,12,13]。従って、初見演奏では視空間認知に関わる機能付加が大きいことが

示されたということができる。また、読譜だけでは賦活しなかったことから、楽譜を見ることよりもそれに従って即興的に精緻な身体操作を同時に行うことが、右角回の関与に結びついたと考えられる。

Sergent らの研究[4]では初見で演奏の研究では、読譜時に左後頭頭頂が賦活し、演奏音を聴きながら初見の楽譜を読む時と初見で演奏する時は左後頭頭頂に加えて縁上回(BA40)が賦活したと報告されている。Kawamura らの症例報告[3]では、左角回に損傷が見られ、メロディの読みに問題が残った例で、左角回は Sergent らの研究での左後頭頭頂に含まれる位置であり、角回は楽譜の読みに関係している可能性を報告している。本研究の結果では、初見演奏に対して右角回が関わっていることが示唆されたが、単に楽譜を読むときには角回の関係性が示されなかった。Sergent らの研究ではプロのピアニストが被験者であり、Kawamura らの報告もプロのトロンボーン奏者である。本研究の被験者はピアノ経験 10 年以上のアマチュアである。河村の症例研究[1]によると、音楽家と特殊な音楽能力を持たない未経験者との音楽の脳内機構の違いについては、音楽の受容（聴取）では音楽家は左半球優位で未経験者は右半球優位との報告があるが、音楽の表出については報告数が少なく、決定的な結論には至っていないとある。しかし、本研究の結果では、有意差が右角回に現れ、先行研究との左右差が出たことは、被験者の経験（プロであるかアマチュアであるか）の違いが考えられる。

また、暗譜課題において、右角回が関係しないという本研究の結果は、Parsons らの研究[5]での暗譜課題で右側頭頭頂(BA39とBA40)が賦活しなかったという結果と一致した。

参考文献

- [1] 河村満, (1996) “失音楽(amusia) -表出面の障害について-”, 音声言語医学, 37, pp.468-473
- [2] 河村満, 緑川晶, (2002) “音楽と認知障害-楽譜の読み書き障害-”, 医学のあゆみ, Vol.200, No.2
- [3] Mitsuru Kawamura, Akira Midorikawa, Machiko Kezuka, (2000) “Cerebral localization of the center for reading and writing music, NeuroReport”, Vol.11, No.14, pp. 3299-3303
- [4] Justine Sergent, Eric Zuck, Sean Terriah, Brennan MacDonald, (1992) “Distributed Neural Network underlying Musical Sight-Reading and Keyboard Performance, Science, Vol. 257, No. 5066, pp.106-109
- [5] Lawrence M. Parsons, Justine Sergent, Donald A. Hodges, Peter T. Fox, (2005) “The brain basis of piano performance”, Neuropsychologia, Vol.43, No.2, pp.199-215
- [6] Okamoto M, Dan H, Sakamoto K, Takeo K, Shimizu K, Kohno S, Oda I, Isobe S, Suzuki T, Kohyama K, Dan I (2004) “Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via international 10-20 system oriental for transcranial functional brain mapping.”, NeuroImage Vol.21, pp.99-111.
- [7] Kawaguchi H, Hayashi T, Kato T, Okada E (2004) “Theoretical evaluation of accuracy in position and size of brain activity obtained by near-infrared topography.”, Phys. Med. Biol. Vol.49, pp.2753-2765.
- [8] Toshinori Kato, (2004) “Principle and technique of NIRS-Imaging for human brain FORCE: fast-oxygen response in capillary event”, International Congress Series, Vol.1270, pp.85-90
- [9] 加藤俊徳, (2006) “COE(脳酸素交換機能マッピング)-酸素交換度と酸素交換直交ベクトルの利用-”, 臨床脳波, Vol.48, No.1, pp.40-51
- [10] 加藤俊徳, (2005) “COE(脳酸素交換機能マッピング)—光機能画像法原理の利用—”, 小児科, Vol.46, No.8, pp.1277-1292
- [11] 山鳥重, (1982) “失読失書と角回病変”, 失語症研究, vol.2, No.1, pp.236-242
- [12] 久保浩一, (1982) “右の角回およびその周辺の障害”, 失語症研究, Vol.2, No.1, pp.243-249
- [13] 野本信篤, 村田真由美, 根本博, 栗原照幸, (2008) “Gerstmann 症候群を伴った右側中大脳動脈領域脳梗塞の 1 例”, 東邦医科誌, Vol.55, No.4, pp.325~329