

音楽家の聴覚野活動の脳磁界解析

量子計測研究分野 平田恵啓、栗城真也

絶対音感を有する音楽家12名にピアノの音 C4(262 Hz)、C6(1056 Hz)と純音(520 Hz)、ノイズバーストを左右いずれかの耳に呈示し、反対側からそれぞれの音に対する N1m を選択的に加算平均した。特別な音楽的訓練を受けていない健常者でも同様の記録を行った。その結果、絶対音感保持者のノイズバーストの活動源は他の音に比べ、後方に推定された。また、左側頭の活動源は健常者に比べ、後方に位置した。これは、音楽的な訓練による聴覚皮質の可塑性を反映していると考えられる。

1. はじめに

幼少期からピアノ等の楽器による音楽的訓練を受けると、絶対音感と呼ばれる能力が高い割合で体得される。この能力を持つ者は特定の周波数の音が脳に記憶され、楽譜に記された音を声に出したり、聞いた音の音名を予備情報なしに言い当てることができる。MRI を用いて脳の左右側頭平面の面積比を調べた研究によると、絶対音感を有する音楽家はこの能力を有しない者に比べ有意に左側頭平面が大きい^[1]。本研究では、この解剖学的な違いが聴覚野の機能面にも反映されていると仮定し、数種類の音刺激を用いてその脳磁界応答を計測・評価した。

2. 実験方法

刺激音はピアノ音からサンプリングした C4、C6、E6 とピアノ音の包絡線を参考にして作成した純音(C5p)とノイズバースト(NB)を用いた。刺激継続時間を300 ms、音圧を60 dB SPL、繰り返し間隔を1.35–1.65 sとした。ピアノ音の基本周波数はそれぞれ263, 1057, 1324 Hzであり、純音の周波数はピアノ音C5と同じ520 Hz、NBは音刺激呈示用のインサートホンの通過帯域(0.2–4 kHz)でパワースペクトラムは平坦であった。

被験者は絶対音感を有し、大学で楽器を専攻している学生12名(男1名、女11名、20–22歳)

(AP)と、音楽的訓練を受けていない大学生11名(女、19–22歳)(NAP)である。絶対音感の程度には個人差があるが、本実験では被験者に対して50個のピアノ音の書取テストを行い、その正答率が90%以上のものをAPとした。被験者は、アンケート形式の利き手検査を行い、全員右利きであることを確認した。実験はodd ball課題とし、被験者にはおよそ10回に一度聞こえるE6を数えるように教示した。

脳磁界計測には北大電子科学研究所で開発した19チャンネル二次微分型SQUID磁束計^[2]を用いた。被験者の右または左の耳にインサートホンで刺激を与え、刺激耳と反対の側頭部から聴覚誘発脳磁界を記録した。記録時間はトリガ前300 msからトリガ後400 msの700 msとし、512 Hzでサンプリングした。各刺激音について300回(E6は120回)、計1320回のデータを記録し、測定後、刺激音ごとの選択的加算平均及び、ローパスフィルタ(20 Hz)で処理した。個々の被験者の同一半球で測定したデータ2回分を用い、潜時約100 msの応答(N1m)のRMSピーク潜時付近での信号源推定を行った。そして推定信号源が作る計算磁界と観測磁界から計算される評価値(GOF)が90%以上の等価電流双極子を採用した。活動源の解析はE6を除く4つの刺激音の応答について行った。

3. 結果と考察

全被験者でピアノ音と純音に対する N1m が観測されたが、一部の被験者は NB で明確な双極子性を示さなかった。N1m のピーク潜時は最高音の C6 で約 85 ms と統計的に有意に短かった。また、NB に対する N1m の振幅は他の刺激に比べて小さく、同様の傾向は AP と NAP の両側頭で観察された。

図 1 に AP の右側頭から得られた N1m から推定された ECD のモーメント値を示す。NB のモーメント値は各グループの半球内で他の音よりも小さかった ($P < 0.03$: AP 左側頭の C5p と C4、NAP 右側頭の C5p を除く)。

図 2 は N1m の推定結果をグループと刺激音別に平均し脳の水平断面に投影したものである。ここで座標系は左右の耳孔前点を結ぶ直線の midpoint を原点とし、原点から鼻根点方向を x 軸の正方向、y 軸を x 軸に対して垂直にとり、左耳方向を正方向とした。AP では左右の側頭で NB の信号源は他の音に比べ約 6 mm 後方に推定された。Kuriki らは摩擦音で始まる音 /ka/ に誘発される N1m は母音 /a/ に対する N1m に比べ左側頭で後方に位置することを報告しているが³⁾ NB にも多くの高周波成分が含まれており、AP は日常的に音楽に触れていることでノイズに対する感度が上がった結果なのかもしれない。一方、C4、C5p、C6 については明確なトノトピーは観測されなかった。これはそれぞれ音の基本周波数は異なるものの、ピアノ音に含まれる高調波成に対する応答が重畳しているためと思われる。

左右の推定位置を比較すると NAP ではほぼ x 座標が同じであるのに対し、AP では左側頭で聴覚野の活動位置の中心が約 7 mm 後方に推定された。この結果は AP で解剖学的に左側頭平面が発達している事実¹⁾に対応すると考えられる。

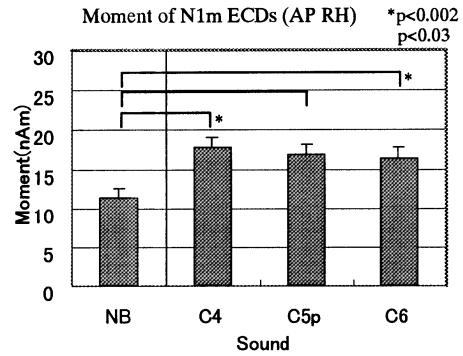


図 1 AP の右側頭で観測された N1m から推定された等価電流双極子のモーメント

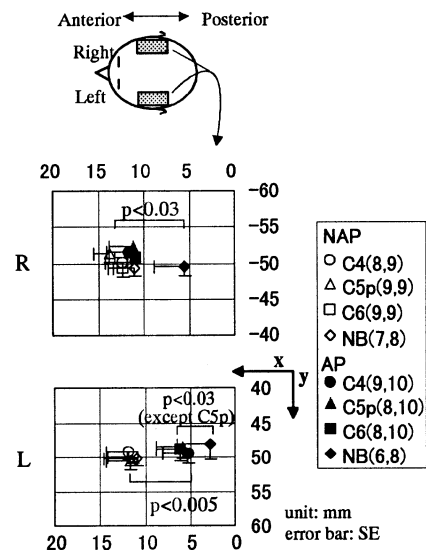


図 2 AP と NAP の N1m 推定結果の平均位置 (左右の耳孔前点を結ぶ線を $x = 0$ mm とした。括弧の数字は左右の側頭のデータ数を示す)

Pantev らは音楽的訓練を早期に始めるほど刺激に用いたピアノ音に対する応答が大きくなる傾向があると指摘しているが⁴⁾、今回観測された左側頭の N1m の後方への移動も脳の発達段階で高頻度に与えられた楽音刺激に対する可塑性の結果であるのかもしれない。

[参考文献]

- [1] Schlaug G, Jäncke L, Huang Y, Steinmetz H, Science, 267: 699 (1995)
- [2] Hirata Y, Kuriki S, IEICE Trans. Electron., E79-C, 9: 1213 (1996)
- [3] Kuriki S, Murase M, Exp. Brain Res., 77: 127 (1989)
- [4] Pantev C, Oostenveld R, Engelien A, Ross B, Robert L E, and Hoke M, 392 (6678): 811, Nature, (1998)