

音の質感に対する選好性獲得の神経基盤の解明

Neural substrate for preference acquisition of sound texture

2161009



研究代表者

東京大学先端科学技術
研究センター

特任助教

白 松 知 世

[研究の目的]

本研究では、ラットの聴皮質と楽典における音程の協和性を対象にして、音の質感の選好性の獲得しやすさが、聴皮質の定常的な神経活動において、どのような神経活動パターンとして表現されているかを明らかにすることを目的とした。そのため第一に、ラット聴皮質から神経活動を多点同時計測し、 α 波の周波数ゆらぎ特性を定量化して、協和音と不協和音で比較した。第二に、ラットの選好性を定量化する行動実験系を構築し、評価を行った。

[研究の内容, 成果]

第一に、ラット聴皮質から、協和音程と不協和音程に対する定常的な神経活動を多点同時計

測し、 α 波（8-13 Hz）の周波数ゆらぎを比較した。ラット聴皮質に、16点の計測点を有する微小表面電極アレイを設置し、定常的な神経活動を多点同時計測した。協和音程として、楽典における完全五度（2933.3 Hz, 4400 Hz）の二音和音を、不協和音程として、うなりを発生させる二音和音（4300 Hz, 4400 Hz）をそれぞれ10秒ずつ12回、ラット正面のスピーカから提示した。

定常的な神経活動の特徴量として、 α 帯域（8-13 Hz）の周波数ゆらぎを定量化した。まず、10秒間の音提示中、開始と終了の1秒間を除いた8秒間の神経活動に対して、高速フーリエ変換で周波数スペクトルを算出した（図1）。 α 波の周波数ゆらぎ特性を表す特徴量として、 α 帯域のスペクトルを最小二乗法で近似した直線の傾き（周波数ゆらぎ特性値、図1太

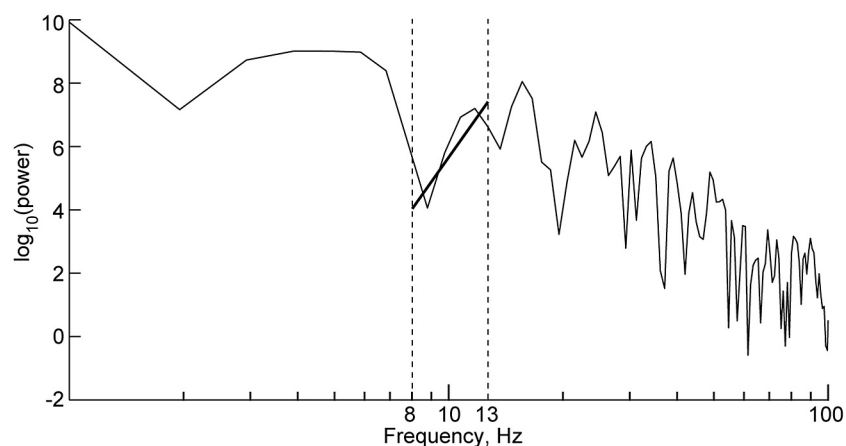


図1 代表データの周波数スペクトル

線)を定量化した。

図2Aに、全計測点、全試行で得られた周波数ゆらぎ特性値のヒストグラムを示す。協和音程は不協和音程に比べて、周波数ゆらぎ特性値が低い。このことを詳しく調べるため、周波数ゆらぎ特性値の、16計測点における中央値を試行ごとに算出して、協和音程と不協和音程で比較した。その結果、協和音程は不協和音程よりも、周波数ゆらぎ特性値が有意に低かった(図2B、ウィルコクソンの順位和検定、 $p < 0.05$)。

ヒトの脳波において、 α 帯域の周波数ゆらぎが、「快・不快」といった気分を表す指標になる可能性が示唆されている(吉田, 1990)。具体的には、気分が良いほど、周波数ゆらぎ特性値は小さい、すなわち、スペクトルにおける負

の傾きが大きくなる。本研究でも、協和音程に対する周波数ゆらぎ特性値が低い、すなわちスペクトルの負の傾きが大きかったことから、動物モデルにおいても、協和音程が快に関わる可能性が示唆された。

第二に、複数の音条件に対する、ラットの選択聴取行動から、音への選好性を定量化する実験系を構築した(図3A)。行動実験装置の中央に設置した柱の周囲を、8つの仮想的な小領域に区切り、4種類の音条件、具体的には、(i)音提示無し(無音)、(ii)10 kHz、(iii)20 kHz、(iv)40 kHzの純音(60 dB SPL)を2領域ずつに割り当てた。行動装置上部のカメラで30 msごとに画像を取得してラットの重心位置を検出し、ラットが滞在している小領域に

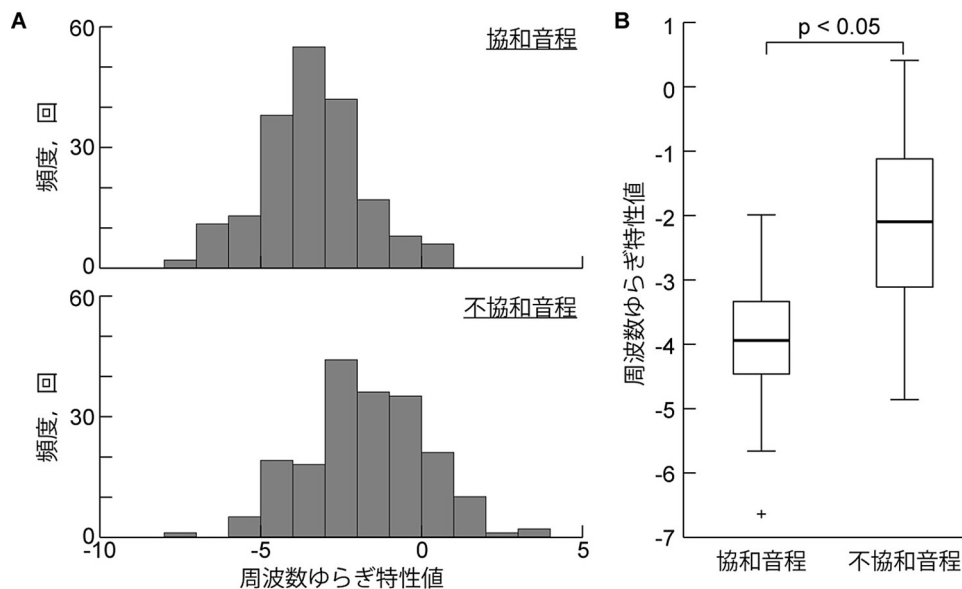


図2 協和音程と不協和音程の周波数ゆらぎ特性値

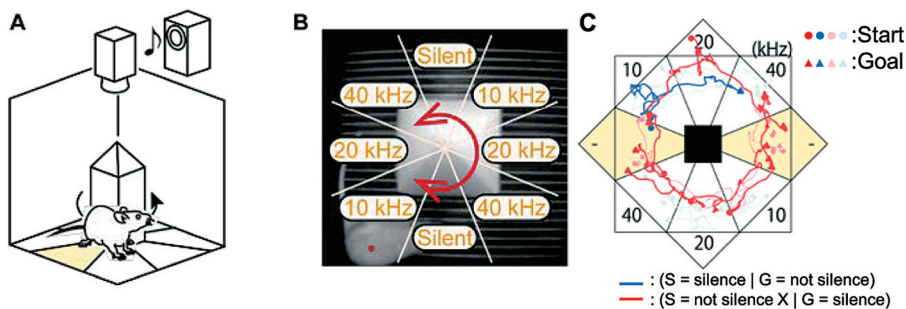


図3 選好性を評価する行動実験系

対応する音条件を提示した（図 3B）。なお，1 試行は 20 秒間とした。

音に対するラットの選好性を定量化するため，各試行開始時の音条件（Start; S）と終了時の音条件（Goal; G）との関係から，各音条件（X）に対する嗜好性尺度（Preference Index; PI）を，次式のように定義した。

$$PI(X) = \Pr(S=X | G=\bar{X}) - \Pr(S=\bar{X} | G=X)$$

例えば，図 3C のようにラットが 25 試行行動した場合，無音条件に対する PI は $PI(\text{Silence}) = 1/6 - 5/19 = -0.096$ となる。

構築した実験系を 2 つの点から評価した。まず，無音環境に対するラットの生来の選好性を検出できるかを調べた。その結果，条件付けを施さないラットにおいて，無音条件は，他の音条件に比べて PI が高かった（図 4）。この結果は，本実験系が，ラットの生来の音選好性を検出できることを示す。

次に，本実験系が選好性の変化を検出できる

かを調べるため，ラットに音と報酬または罰を用いた古典的条件付けを施し，特定の音に対する選好性を増強あるいは減弱させた後の，PI の変化量を調べた。ラットを 2 群（報酬連合群，恐怖連合群）に分け，20 kHz の純音を条件刺激（conditioned stimulus; CS）として，音と報酬または罰との古典的条件付けを施した。報酬連合群では，腹側被蓋野（ventral tegmental area; VTA）への電気刺激を無条件刺激（unconditioned stimulus; US）として，CS と US との組合せを 200 回提示した。VTA への電気刺激は，ドーパミン放出を介して，報酬系を賦活させることが知られている。恐怖連合群では，四肢への電気ショックを US として，CS と US を 40 回提示した。

条件付けと，選好性の評価を 6 日間連続で行い，条件付け前に調べた PI からの変化量（ ΔPI ）を調べた。その結果，報酬連合群では PI が上昇し，恐怖連合群では PI が減少した（図 5）。この結果は，本実験系が，音に対するラットの選好性の変化を検出できることを示す。

[今後の研究の方向，課題]

本研究では，ラット聴皮質の α 帯域の神経活動から，協和音程が快の情動と関わる可能性が示唆された。また，音に対する生来の選好性および選好性の変化を評価する行動実験系を構築した。今後は，構築した実験系を用いて，協和音程と不協和音程に対する選好性を比較し，

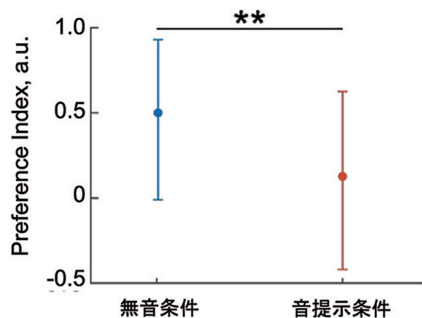


図 4 音に対する生来の選好性

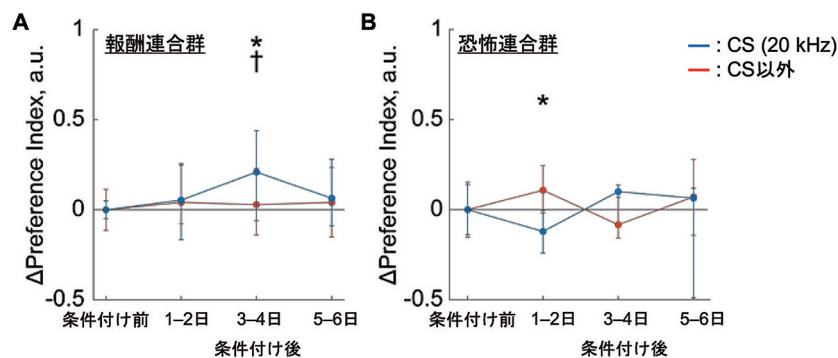


図 5 音への条件付けによる選好性の変化

音の質感に対する選好性を表現している神経活動の特徴量の特定を目指す。

[参考文献]

- [1] 吉田倫幸：脳波のゆらぎ計測と快適評価，日本音響学会誌，vol. 46，no. 11，pp. 914-919，1990

[成果の発表，論文等]

原著論文

- [1] Ryo Soga, Tomoyo Isoguchi Shiramatsu, Hirokazu Takahashi: "Preference test of sound among multiple alternatives in rats", PLoS One, vol. 13, no.

6, e0197361 (13 pages), 2018

査読付き国際会議講演論文

- [2] Ryo Soga, Tomoyo I. Shiramatsu, Ryohei Kanzaki, Hirokazu Takahashi, "Sound Preference Test in Animal Models of Addicts and Phobias", Proceedings of 38th Annual International Conference of the IEEE EMBS, pp. 2925-2928, 2016

国内会議口頭発表

- [3] 曾我遼，白松（磯口）知世，神崎亮平，高橋宏知：「睡眠中の古典的条件付けによる音嗜好性の操作」，電気学会研究会資料 医用・生体工学研究会 MBE-17-015～041，pp. 57-62，2017）（平成 29 年電気学会 優秀論文発表 A 賞 受賞）