

個別音提示システムを用いたラットの社会性行動の評価

高木永遠, 白松 (磯口) 知世

キーワード : Music, Interaction, Ultrasonic Vocalization (USV), Social Preference, Acceleration

1. 背景

人間は古くから文化発展とともに音楽も発展させてきた。音楽の聴取には様々な効果があるとされており、同じ楽曲の共同聴取により社会性が高まると先行研究で報告されている[1]。そのメカニズムとして、音楽を聴きながら運動することによるエンドルフィンの放出が示唆されている[1]。また、音楽聴取が動物モデルにおよぼす影響として、モーツァルトによる『2台のピアノのためのソナタニ長調 k.448』を提示したラットペアは社会的嗜好性を獲得する可能性が報告されている[2]。さらに、音楽の拍に対するラットの運動同期も報告されている[3]。このように、ラットでも、ヒトと類似した、音楽下での運動同期や社会性の強化が報告されているが、社会性が高まる生理学的なメカニズムは明らかにされていない。

本研究は、動物モデルにおいて、同じ楽曲の共同聴取が、個体間の社会性行動と、聴取直後の社会的嗜好性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。そのため第一に、無線イヤホンを用いて、交流中の3匹のラットに対して個別に楽曲を提示しながら、多角的に社会性行動を計測する実験系を構築した。第二に、この実験系を用いて、2つの楽曲のうち一方を2匹に、もう一方を1匹に提示している間の、楽曲への運動同期および、個体間の社会性交流を計測した。また、交流直後には、個体間の社会的嗜好性を計測して、同一楽曲を聴取したペアと異なる楽曲を聴取したペアで比較した。

2. 方法

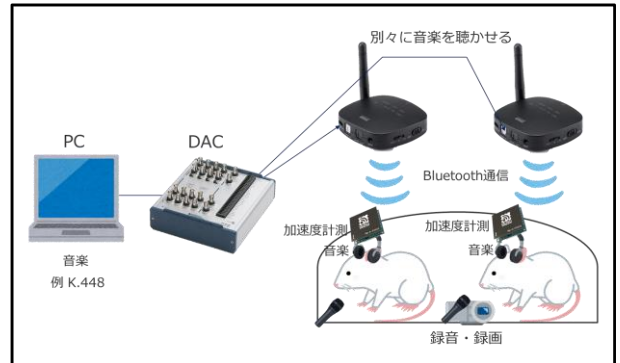
本研究は、東京大学大学院情報理工学系研究科の動物実験倫理委員会の承認を得た (A23-6)。

2.1 多角的行動計測系の構築

本研究では、ラットに対し個別に楽曲を提示しながら頭部運動を無線計測するために、ラット用音個別提示システム(Fig1 (a))を開発した。システムはラット頭部に設置するラット用ヘッドセット (Fig1 (b)-(d)) と音再生システムから構成されている。ヘッドセットは、2つの分離可能なパーツを設計することで、イヤホンがラットの耳に当たる位置等の装置の調整や無線イヤホンの簡便な取り外しを実現した。ヘッドセットの総重量は、後述する無線加速度計を含めて約30gであった。さらに、楽曲提示に必要な装置を接続して、最大4つのヘッドセットに、最大2種類の異なる楽曲を提示できる、ラット用音個別提示システムを構築した。ラット用個別音提示システムの音提示が正確に行われているか検証するため、無線イヤホン間のレイテンシ計測を行った。

行動実験用アリーナに、この個別音提示システムと、ラットの頭部運動を個別に計測する無線加速度計、社会性行動を計測する3台のカメラ、および、ラットの超音波発声(ultrasonic vocalization, USV)を録音する4台のマイクを設置した。これら4つの系の時刻を同期することで、多角的行動計測系を構築した。

(a)



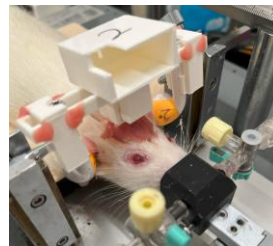
(b)



(c)



(d)



(e)



Fig1. (a) Conceptual diagram of Individual Sound Proposing System for rats. (b) A removable part of a headset for rats. (c) A fixed part of a headset for rats. (d) A rat wearing a headset for rats. (e) The picture of rats wearing a headset for rats, which are interacting.

2.2 ラット交流実験

9-12週齢のWistarラットのオス(n = 9)を用いた。3匹のラットに対し、ラット用個別音提示システムを用いて楽曲を提示しながら、多角的行動計測系において15分間交流させる実験を3日間行った(Fig1 (e))。3匹のうち2匹には同じ楽曲を、残り1匹には異なる楽曲を提示した。提示楽曲として、モーツァルトによる『2台のピアノのためのソナタニ長調 k.448』とドビュッシーの『アラベスク 第一番』の2曲を用いた。

2.3 Social Preference Test

上述の交流の直後に、3チャンバートスト[2]でラットの社会的嗜好性を定量化した。3領域に分割された実験ボックスの中央領域に、同じ楽曲を提示した個体のうちの一方を入れた。さらに両側の領域の端に設置された檻に、残りの2匹のラットをそれぞれ静置して、中央領域のラ

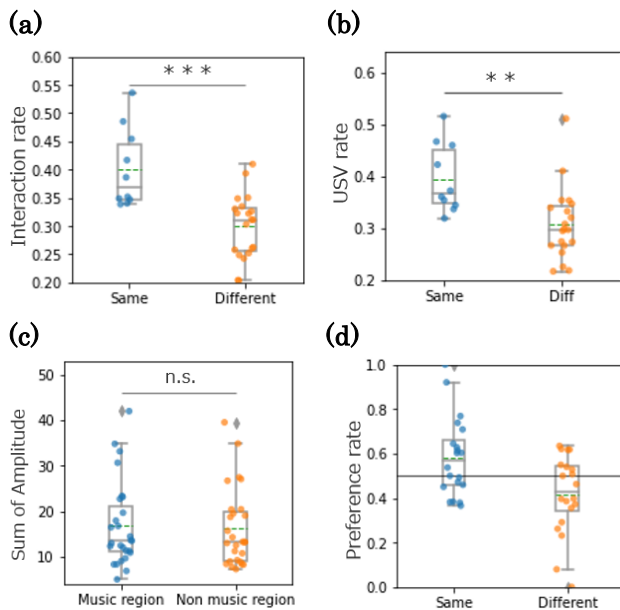


Fig2. (a) Interaction rate, (b) USV rate and (d) preference rate of rat pairs listening a same music and rat pairs listening a different music. (c) Sum of Amplitude of Jerk after Fourier transform of Music region and Non music region. n.s.: not significant, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$.

ットの自由行動を 10 分間撮影し、画像処理でその軌跡を得た。ラットと檻の距離が閾値を下回った時間を接近時間として、両側のラットに対する接近時間の割合を preference rate として定量化した。

3. 結果・考察

3.1 個別音提示システムの遅延

構築した音個別提示システムにおいて、2 組のイヤホン間の遅延を計測したところ、その中央値は約 15 ms であった。これは、本研究で主に用いた楽曲 (132 beat per minute) の拍間隔 (455 ms) に対して十分小さかった (3.3%)。このことから、本システムで、複数ラットに対する楽曲の同時提示は実現できたといえる。

3.2 同一楽曲の提示が個体間交流に及ぼす影響

撮影したビデオ画像から、ラットが接触を伴い交流している時間を抽出した。その結果、同じ楽曲を提示したラット間の総交流時間は、異なる楽曲を提示したラット間に比べて有意に長く (マンホイットニーの U 検定, $p = 0.0002$, Fig2 (a)), 中央値でおよそ 1.19 倍であった。

また、同じ楽曲を提示したペアが交流している際には、異なる楽曲を提示したペアが交流しているときに比べて、50 kHz USV の発声割合が有意に高く (マンホイットニーの U 検定, $p = 0.0017$, Fig2 (b)), 中央値はおよそ 1.23 倍で、交流時間の関係性と一貫していた。これらの結果は、楽曲の共同聴取が、社会性交流を増やすことを示唆する。

3.3 楽曲に対するラット頭部運動の同期

無線加速度計で計測された加速度から Jerk を得て、さらにフーリエ変換した。ラットに提示した楽曲のテンポ付近の周波数と、提示していない楽曲のテンポ付近の周波数帯域において、Jerk の Amplitude の総和を比較したと

ころ、有意な差は認められなかった (マンホイットニーの U 検定, $p = 0.42$, Fig2 (c)). 本結果は、ラットの楽曲の拍に対する運動同期を報告した先行研究 [3] と反する。これは、交流中に伴う頭部運動がノイズとなった可能性があると考えられる。

3.4 同一楽曲の提示直後の社会的嗜好性

同じ楽曲を提示したペアが、異なる楽曲を提示したペアよりも高い社会的嗜好性を示す傾向にあったが、有意ではなかった (ウィルコクソンの符号付順位和検定, $p = 0.107$, Fig2 (d)). 交流時間の長さが有意に異なったのに対して、社会的嗜好性の違いが有意傾向に留まったのは、先行研究 [2] (3 時間, 4 週間) よりも本研究の交流時間が 15 分と短かったためと考える。

4. 結論

本研究の目的は、動物モデルにおいて、同じ楽曲の共同聴取が、個体間の社会性行動と、直後の社会的嗜好性に及ぼす影響を明らかにすることであった。そのために、無線イヤホンを用いて、3 匹のラットに対して個別に楽曲を提示するシステムを含む多角的行動計測系を構築した。構築した実験系を用いて、2 つの楽曲のうち一方を 2 匹に、もう一方を 1 匹に提示しながら、合計 3 匹のラットの個体間の社会性行動を計測し、直後の個体間の社会的嗜好性を、3-room Social Preference Test で定量化した。

構築した音提示システムにおいて、イヤホン間の遅延の中央値は約 15 ms であった。これは、本研究で主に用いた楽曲 (132 beat per minute) の拍間隔 (455 ms) に対して十分小さかった (3.3%)。行動実験の結果、提示した楽曲に対する、ラット頭部運動の強い同期は認められなかった。一方で、カメラ映像からは、同じ楽曲を提示した個体間の交流時間が、異なる楽曲を聴いている個体間よりも有意に長く、中央値でおよそ 1.19 倍であることが明らかになった。さらに、同じ楽曲を提示した個体間の交流における、50 kHz USV の発声回数の比率も有意に大きく、中央値はおよそ 1.23 倍であった。交流直後の社会的嗜好性は、同じ楽曲を提示したペアにおいて高い傾向にあった。

これらの結果は、同じ楽曲の共同聴取が、ラットの社会性交流を増加させることを示唆する。本研究で構築した実験系は、音楽による社会性の強化をラットで精査するための行動実験系として機能する。将来的に本実験系は、神経活動の計測・操作系と統合することで、音楽による社会性の強化の神経基盤の解明に寄与すると考える。

参考文献

- [1] Tarr, B. et al., "Music and social bonding: 'self-other' merging and neurohormonal", *Frontiers in Psychology*, Vol. 5, (2014), p.1096
- [2] Oshima, K. et al., "The effect of 4-weeks exposure to music on social bonding between rats" 2023 45th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society, (2023), pp. 1-4
- [3] Ito, Y. et al., "Spontaneous Beat Synchronization in Rats: Neural Dynamics and Motor Entrainment.", *Science Advances*, Vol.8, (2022), p.45