

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：82611

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18398

研究課題名（和文）生育音響環境がマウスの音声コミュニケーションに与える影響

研究課題名（英文）The effect of acoustic environment on ultrasonic communication in mice

研究代表者

松本 結 (Matsumoto, Yui)

国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター・神経研究所 疾病研究第七部・特別研究員

研究者番号：90789942

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：動物をとりまく環境は、その脳構造や生理、認知、行動に大きな影響を及ぼす。しかしながら、環境中のどのような刺激がどのように影響するのかについては明確に理解されていない。本研究では、特に音響環境に着目し、音刺激が動物に与える影響について検討した。実験動物であるC57BL/6Jマウスを対象に音呈示実験を行ったところ、音響環境はマウスの寿命や内分泌、行動に至るまで、動物の生存に対して包括的な影響を持つことが明らかとなった。本研究は音響環境の重要性を示すものであり、現在問題視されている捕獲動物の飼育環境の改善にも大きく寄与すると期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

動物をとりまく環境は、その行動や健康に多大な影響を与える。近年、捕獲動物や実験動物の飼育環境は問題視されており、環境エンリッチメント研究は動物福祉における重要な課題となっている。本研究では、飼育環境に取り入れやすい音に着目し、その包括的な影響を明らかにした。この成果は、環境エンリッチメントにおける音響環境の重要性を示し、捕獲動物の飼育環境の改善に繋がるだけでなく、私たち人間をとりまく音響環境の安全性や快適性を考える上で重要な知見を提供するだろう。

研究成果の概要（英文）：The environmental condition is known to affect brain anatomy, cognitive function, physiology and behavior in animals, and environmental enrichment is beneficial for the well-being of captive animals. In this study, we focused on the acoustic environment and examined its effects on lifespan, hormonal state and behavior in C57BL/6J mice. By using playback experiment in breeding cage, we found that enriched acoustic environment prolonged their natural lifespan, especially in males. In addition, acoustic environment changed corticosterone level and exploratory behavior of the mice in short-term playback experiment. These results show that acoustic environments affect health, endocrine system, and behavior in rodents, emphasizing the importance of considering ambient sounds in environmental enrichment.

研究分野：実験心理

キーワード：マウス 音響環境 内分泌 行動

1. 研究開始当初の背景

動物をとりまく環境は、行動や認知、生理、神経構造等にさまざまな影響を与える。例えば、刺激の少ない環境で飼育された捕獲動物は、過剰な攻撃行動や常同行動といった異常行動を示すことが報告されている[1]。このような異常行動は、遊び道具や隠れ場所の設置、他個体との接触機会の増加等によって減少し、野生下に近い状態へと改善することがわかっている[2]。その他にも、飼育環境の刺激の豊かさはストレス応答や神経新生に影響することが知られており、このような環境の影響については、環境エンリッチメント研究における大きなテーマとなっている[3, 4]。しかしながら、これらの研究の多くは様々な種類の刺激を同時に使用しており、どのような刺激がどのような影響を及ぼすのかについて、明確には分かっていない。

2. 研究の目的

本研究では、特に音響環境に着目し、音響環境が動物の寿命や内分泌、行動に与える影響を明らかにすることを目的とした。

実験は、実験動物である C57BL/6J マウスを対象とした。げっ歯類では、環境エンリッチメント研究が進んでおり、音楽や騒音などの音刺激に応じて学習課題のパフォーマンスやストレス応答が変化することも報告されている。しかしながら、その多くはヒトの知覚に合わせた音刺激が用いられているため、動物にとってより自然な音刺激を用いて音響環境の影響を検討する必要がある。本研究では、動物の生息する自然環境に近く、動物の可聴域を考慮した環境音を用いることで、音響環境が動物に与える影響を検討した。当初は、音響環境が社会行動に与える影響を中心に検討する予定だったが、音響環境の幅広い影響を先に明らかにする必要があると考え、音の呈示期間や音の種類によって変化する行動やホルモンレベルを測定することとした。

3. 研究の方法

研究1) 飼育ケージにおける長期的な音呈示

マウスの飼育ケージ上にスピーカーを設置し、生育音響環境の影響を検討した (N = 96)。生育環境のエンリッチメントは、神経新生や行動に影響を与えることが知られている。しかしながら、それらの多くは遊び道具やトンネル等の設置といった視覚・触覚刺激が主であり、音響環境に関する知見は少ない。研究1では、1ケージにマウスを4匹ずつ飼育し、三つの群に分け、8週齢以降、以下の異なる音響環境下で飼育した：1) 高周波帯域を含む熱帯雨林環境音 (- 100 kHz)、2) 低周波帯域のみの熱帯雨林環境音 (- 20 kHz)、3) 暗騒音。このような音響環境下で飼育された動物の自然寿命を測定するとともに、ケージ上部に設置した赤外線カメラからケージ内の行動量や個体の集積度を測定した。また、これらのデータを解析し、音条件や性別による影響を受けるかどうかを検討した。

研究2) 短時間の音呈示とホルモンレベル

音響情報がマウスのホルモンレベルに与える影響を検討するため、音刺激呈示後の C57BL/6J マウス (N = 16、オス) のホルモンレベルを測定した。いくつかの先行研究では、音楽等の呈示により、ストレスレベルが変化することが報告されている。そこで研究2では、

実験個体を、防音箱内で熱帯雨林環境音（研究1で使用）を呈示する群と、防音箱内で何も呈示しない群に分け、ホルモンレベルを測定した。一時間の音刺激呈示後、イソフルレン麻酔下で心臓穿刺法による採血を行い、血中のコルチコステロン濃度とテストステロン濃度を測定した。

研究3) 短時間の音呈示と行動

音響情報の短期的な影響を検討するため、異なる音響環境下における C57BL/6J マウス (N = 50、オス) の行動を測定した。行動の測定には、高架式十字迷路試験、オープンフィールド試験、3チャンパー社会性試験、強制水泳試験、尾懸垂試験の5つの行動テストを使用した。マウスは4つの群に分け、それぞれの群に以下の異なる音声を行動試験の10分前から試験中にかけて呈示した：1) 熱帯雨林環境音（環境音）2) 熱帯雨林環境音逆再生（逆再生）3) ホワイトノイズ（WN）4) 無音。無音条件以外で使用する音刺激（-100 kHz）はそれぞれ3種類ずつ準備し、行動テスト装置上部に設置した二つのスピーカーから提示した。すべての行動テスト終了後、22週齢時に採血を行った。採血は、それぞれの群に行動テスト時と同じ音刺激を10分間呈示した後、イソフルレン麻酔下で心臓穿刺法により実施し、血中のコルチコステロン濃度とテストステロン濃度を測定した。

4. 研究成果

研究1) 飼育ケージにおける長期的な音呈示

ケージ上部に設置したスピーカーから音を呈示し、生育音響環境の影響を検討したところ、音あり条件（高周波帯域を含む熱帯雨林環境音と低周波帯域の熱帯雨林環境音）では、音無し条件（暗騒音）よりも平均自然寿命が長いという結果が得られた[5]。この結果を詳細に解析したところ、音あり条件のマウスは最長寿命が延びているのではなく、最短寿命が延びていることが明らかとなった。特に、この効果はメスよりもオスにおいて顕著であり、同ケージで飼育されたオスマウスの寿命のばらつきを見てみると、音あり条件のケージでは最長寿命と最短寿命の差が小さいことがわかった。オスマウスは、ケージで多頭飼いとすると、順位付けのための攻撃行動を示す。したがって、順位が下位の個体は上位の個体よりもストレスレベルが高いと考えられ、そのようなストレスは寿命にも影響を及ぼすことが予想される。研究1の結果は、生育音響環境が寿命に影響を与えることを示したものであり、音響環境が寿命に影響しうるオスの順位付け等のストレスを減少させたことによるものかもしれない。

研究2) 短時間の音呈示とホルモンレベル

研究1では、生育音響環境がオスの順位付け等のストレスを軽減している可能性が示された。そこで研究2では、音響環境がストレスや順位付けに関連するホルモンレベルを変化させているか明らかにするため、オスマウスに一時間の音呈示後、血液を採取し、血中のコルチコステロン濃度とテストステロン濃度を測定した。その結果、熱帯雨林環境音を呈示された群のコルチコステロン濃度は、音を呈示されなかった群よりも有意に低いことがわかった。

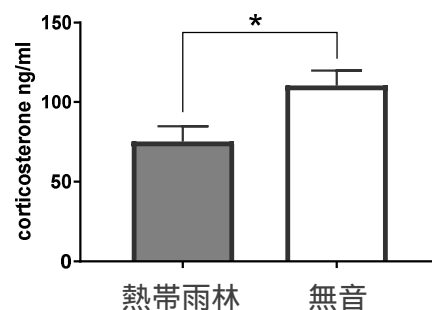


図1 コルチコステロン濃度

一方で、テストステロン濃度には有意な差は見られなかった。この結果は、音響環境がストレスと関係の深いコルチコステロンレベルに影響を与えることを示しており、他の環境エンリッチメントと同様に、音響環境のエンリッチメントがストレスを軽減させることを示唆する。

研究3) 短時間の音呈示と行動

研究2の結果から、音響環境が一時間という短い呈示時間であっても、動物の内分泌に影響を与えることが明らかとなった。研究3では、短時間の音呈示が行動に影響を及ぼすか検討するため、異なる音響環境下における行動を測定した。マウスを四つの群に分け、1) 熱帯雨林環境音(熱帯雨林) 2) 熱帯雨林環境音逆再生(逆再生) 3) ホワイトノイズ(WN) 4) 無音、という音響環境条件下で行動テストを実施したところ、オープンフィールド試験で総移動量や中央滞在時間に有意差が見られた。活動量を示す総移動量は逆再生条件で最も多く、不安レベルと関連の深い中央滞在時間はWN条件で最も低かった。また、強制水泳試験では、うつ様行動の指標となる不動時間に差は無かったものの、激しい身体運動であるよじ登り行動で差があり、逆再生条件で最も少なかった。さらに、10分間の音呈示後にコルチコステロン濃度を測定したところ、逆再生音を呈示したマウスのコルチコステロン濃度は、他の群よりも有意に低いことがわかった。このコルチコステロン濃度は、オープンフィールド試験の最大移動速度や強制水泳試験のよじ登り行動と中程度の相関を示しており、音響環境が動物のホルモンレベルに影響し、それにより行動が変化している可能性を示している。また、この四つの音響環境条件の比較による結果は、動物の行動が音の有無だけでなく、環境に含まれる音の物理的特徴量に応じて変化することを示唆する。

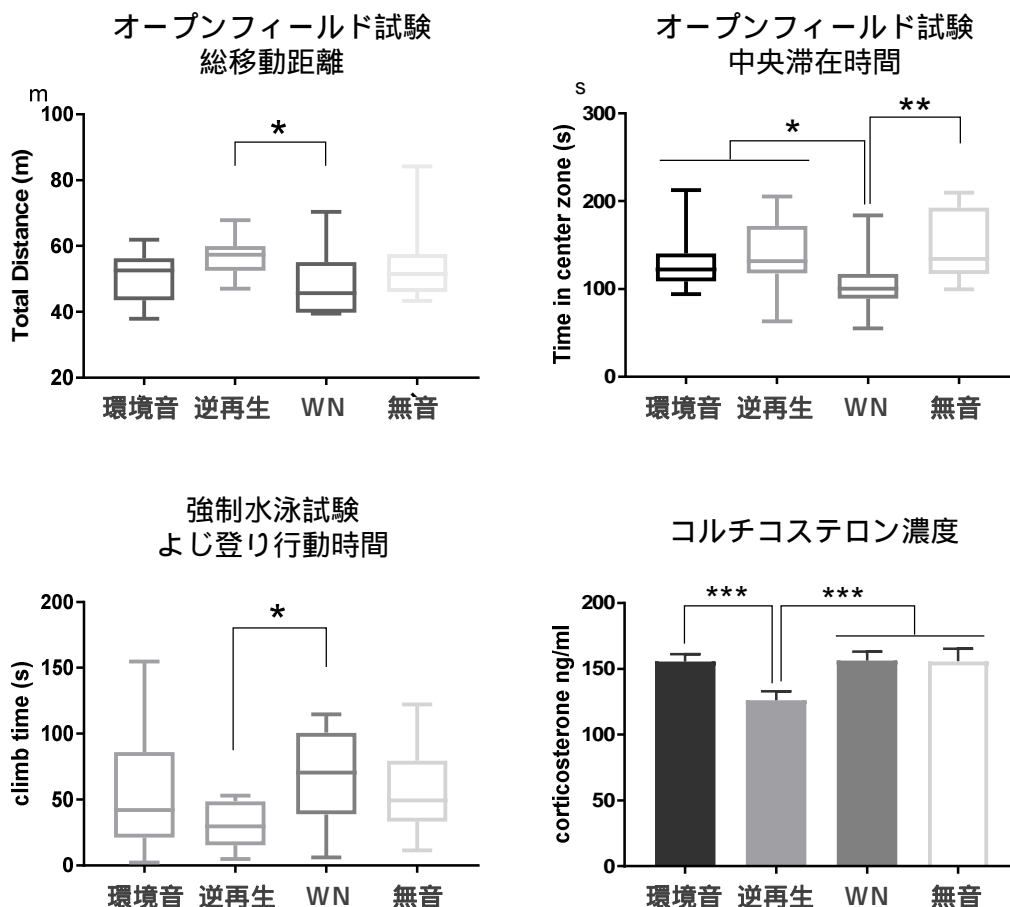


図2 オープンフィールド試験、強制水泳試験、ホルモン測定の結果

まとめ

これらの研究結果から、音響環境はマウスの寿命や血中のコルチコステロン濃度、探索行動に影響を与えることが示された。これらの影響は、音の呈示時間や音の有無だけでなく、周波数帯域や音の時間的変化といった音響特徴に応じて変化する可能性が高い。研究3で使用した熱帯雨林環境音とその逆再生音は、もともとの音源は同じであるものの、行動に対する効果は異なる傾向が見られたうえ、ホルモン濃度に対する効果は有意に異なることがわかった。逆再生操作は一つの音声ファイルをそのまま逆転しているため、環境音と逆再生音は異なる時間的変化を示す。このような音響環境の物理的特徴量の時間的変化がどのように行動やホルモンレベルに影響するのかについては、今後検討していく必要がある。

本研究は、それぞれの結果に解釈の余地があるものの、音響環境が動物の状態や行動に影響を与えることを示した。この結果は、多くの動物研究に貢献する成果であり、視覚や触覚を主とした環境中心に進められている環境エンリッチメント研究において、音響環境の重要性を示唆するものである。

引用文献

- [1] G Mason, R Clubb, N Latham, S Vickery, "Why and how should we use environmental enrichment to tackle stereotypic behaviour?," *Appl Anim Behav Sci*, vol. 102, no. 3-4, pp. 163-188, February 2007.
- [2] A Shyne, "Meta-analytic review of the effects of enrichment on stereotypic behavior in zoo mammals," *Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association*, vol. 25, no. 4, pp. 317-337, April 2006.
- [3] V Marashi, A Barnekow, E Ossendorf, N Sachser, "Effects of different forms of environmental enrichment on behavioral, endocrinological, and immunological parameters in male mice," *Horm Behav*, vol. 43, no. 2, pp. 281-292, February 2003.
- [4] N Benaroya, M Milshtein, N Hollander, A Apter, T Kukulansky, N Raz, A Wilf, I Yaniv, C Pick, "Environmental enrichment in mice decreases anxiety, attenuates stress responses and enhances natural killer cell activity," *Eur J Neurosci*, vol. 20, no. 5, pp. 1341-1347, September 2004.
- [5] Y Yamashita, N Kawai, O Ueno, Y Matsumoto, T Oohashi, M Honda, "Induction of prolonged natural lifespans in mice exposed to acoustic environmental enrichment," *Scientific reports*, vol. 8, no. 1, pp. 7909, May 2018.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Matsumoto Yui K., Okanoya Kazuo	4. 巻 5
2. 論文標題 Mice modulate ultrasonic calling bouts according to sociosexual context	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 180378 ~ 180378
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1098/rsos.180378	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 2件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Matsumoto Y K, Yamashita Y, Ueno O, Honda M
2. 発表標題 Acoustic environment affects hormonal level and behavior in C57BL/6J mice.
3. 学会等名 ASAB2019 Summer Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本 結, 山下 祐一, 上野 修, 本田 学
2. 発表標題 環境中の音響情報はマウスにどう影響するか
3. 学会等名 六月度聴覚研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本結
2. 発表標題 マウスUSVsの基本特性と個性
3. 学会等名 新学術領域「個性」創発脳 第1回USVs研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yui K Matsumoto, Yuichi Yamashita, Osamu Ueno, Manabu Honda
2. 発表標題 The effects of acoustic environment on mouse behavioral responses
3. 学会等名 日本動物心理学会代78回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本結・山下祐一・上野修・本田学
2. 発表標題 環境音とマウスの行動との関係
3. 学会等名 日本動物行動学会第37回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本結・山下祐一・上野修・本田学
2. 発表標題 音響環境の違いがげっ歯類に与える影響
3. 学会等名 第七回多元質感知領域会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本結、山下祐一、上野修、本田学
2. 発表標題 音響環境の複雑性がマウスの行動に与える影響
3. 学会等名 多元質感知領域会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本結
2. 発表標題 聞こえない音から探る音と行動と認知の関係
3. 学会等名 愛知大学心理学講演会 「心」を理解するための動物と人の比較行動研究(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本結、岡ノ谷一夫
2. 発表標題 オスマウスの発声と精巣重量の関係
3. 学会等名 六月度聴覚研究会(招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考