

# 自由行動ラットを対象としたワイヤレス瞳孔径計測システム

星野有佐、白松知世

pupil, pupillometry, freely moving, wireless, interaction

## 1. 背景

人間は社会的な生き物であり、生活の上で他者との交流が必須である。交流の際に社会的繋がりを強くする要因について、ラットを用いて研究が行われている[1]が、具体的な要因は分かっていない。ラットの交流中の情動の変化を調べることは、この要因の解明に役立つと考えられる。

瞳孔は、自律神経系の二重支配を通して、情動の影響を受けると考えられる。瞳孔径のように非侵襲的に情動を捉えることができる生理的指標は貴重であり、自然な交流下で情動を調べる指標として瞳孔径は最適である。

そこで、本研究はラットの交流時の瞳孔径に着目し、これを計測することができるシステムの構築を目的とする。具体的には、第一に、ラット同士の自然な交流を妨げない、無線型瞳孔径計測システムを構築する。次に、システムの可用性を確認するため、自由行動ラットの聴覚刺激に対する瞳孔径を計測する。最後に、ラットの交流時の瞳孔径を計測する。

## 2. 方法

まず、交流時のラットの瞳孔を撮影できるシステムの構築を行った。ラット頭蓋骨の頭頂部に埋植したねじに接着剤で固定した埋め込み式パーツに、カメラ、赤外線LED、赤外線ミラーのついたヘッドセットを、マグネットで固定することで、自由行動ラットの瞳孔を安定して撮影可能にした。リチウムイオンポリマー電池とRaspberry Pi Zero 2 Wからなるカメラの駆動システムを、ラットの服につけて背負わせることで、システムの軽量化と無線化を行った。

予備実験では、自由行動ラットの音刺激に対する瞳孔径を計測した。ホワイトノイズ (60dB) を5秒間提示した後25秒間無音という音刺激を1セットとし、40セット提示した。音開始前2秒間の瞳孔径平均を基準とし、音開始から10秒間の瞳孔径変化を、基準との比率で解析した。

本実験では、まず瞳孔撮影対象ラットが、普段同じケージで生活しているラット (cage mate) と交流している時の瞳孔径を10分間計測した。次に、見知らぬラット (stranger) と交流している時の瞳孔径を10分間計測した。そして、2つの瞳孔径の差を比較した。

## 3. 結果・考察

瞳孔径計測システムは無線化が実現され、総重量は約60g、最低連続使用可能時間は2時間となった。構築したシステムを装着したまま、ラットは自由に動くことができた (Fig. 1)。また、自由行動ラットの瞳孔を常に撮影することができた。

2匹のラットで予備実験を行った。40セットのうち、それぞれ12、14セットで瞳孔径変化を捉えることができた。後者のラットは、14セットのうち1セットは、途中でラットが照明の方を見たことで、音刺激由来の瞳孔径変化を検出できなくなったので結果から除き、13セットの瞳孔径変化を解析した (Fig. 2)。どちらのラットでも瞳孔は音の開始から約2秒後に拡大し始め、7秒ほど後において最大の拡大を示す傾向にあった。音開始から6.5-7.5秒後の瞳孔径の平均は基準よりも有意に拡大していた (Wilcoxon の符号順位検定,  $p < 0.01$ )。

予備実験より、音刺激が誘発する瞳孔拡大を確認することが

できた。音開始後2-7秒において瞳孔の拡大が継続したことから、音提示中は瞳孔拡大が誘発され続け、音が止まった後2秒間は拡大が継続する可能性が示された。また、部屋の明るさが一定であったとしても、ラットの視線が照明の方を向いているかによって瞳孔径が多変化する可能性が示され、ラット同士の交流中の瞳孔径を調べる際、視線の方向を制御する必要があることがわかった。

本実験を行ったところ、交流開始から3分間は瞳孔が拡大していた。また、10分間のうち瞳孔が縮小している時間の割合が、stranger より cage mate との交流の方が25.4%多かった。本実験より、ラットは他個体との出会いにより、興奮状態になる可能性が示された。また、stranger に対しては、リラックス状態になりにくい可能性がある。

## 4. 結論

本研究は、自由行動ラットのワイヤレス瞳孔径計測システムを構築した。構築したシステムを用いて、自由行動ラットの音刺激に対する瞳孔径を計測した。その結果、撮影時間の半分以上で瞳孔を検出することができた。また、音開始2秒後から7秒後まで30%ほど瞳孔が拡大する傾向を確認できた。交流時のラットの瞳孔径を計測し、ラットの交流での本システムの可用性を確認できた。今後、ラットの交流時の瞳孔径を調べる上で、本システムは非常に有用である。



Fig. 1. Free moving rat with the system

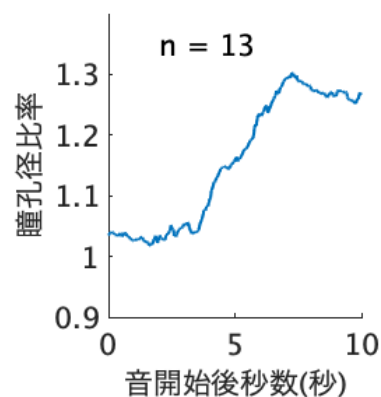


Fig. 2. Additive average of pupil diameter ratio response to auditory stimuli

## 参考文献

- [1] K. Oshima, et al., "The effect of 4-weeks exposure to music on social bonding between rats", Proceedings of 45th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, (2023), pp.1-4.