



バーチャルリアリティ技術を応用した マウス用学習行動実験系の開発

和田みなみ¹⁾, 町田祉永¹⁾, 吉田侑冬^{1,2)}, 片山統裕¹⁾, 中尾光之¹⁾

1) 東北大学 大学院情報科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05, katayama@ecei.tohoku.ac.jp)

2) 日本学術振興会 特別研究員 DC

概要: 動物の自発的な行動の基盤となる脳神経系メカニズムを計測解析するためには, 自由に行動する動物の脳活動を計測する必要がある. しかし, 脳のマクロ機能イメージングなど先端的な脳活動計測システムは大型であるため, 頭部を固定した状態で計測する必要がある. この, 頭部固定状態で自由に行動している動物の脳活動計測が難しいという問題を解決するため, 我々はバーチャルリアリティ技術を用いた小動物用行動実験系を開発している. 本発表では, 我々がこれまでに開発してきたマウス用行動実験システムについて紹介する.

キーワード: 行動実験, 学習, 生体計測, 脳

1. はじめに

動物の自発的な行動の基盤となる脳神経メカニズムを解析するために, 自由行動中の動物の脳活動を計測する必要がある. しかし, マクロ機能イメージングなど脳活動計測が高度化するにつれて計測装置の大型化が進み, 頭部を固定した状態で計測を行う必要があった. そこで, 我々は行動中の動物の脳活動を頭部固定状態で観察するために, バーチャルリアリティ技術を用いて小動物用行動実験システム[1][2]を利用することを提案し, 開発を進めてきた[3][4] [5]. VR 環境はシミュレータ上で構築され, ソフトウェアの変更を行うことで 1 台の実験装置で様々な実験が可能になる.

そこで我々は, まず, 実空間の 8 の字迷路課題をできるだけ忠実に VR 化したマウス用のバーチャル 8 の字迷路課題 [6] を開発した. しかし実験の結果, 予想以上に学習に時間を要することが分かった. マウスが, 歩行運動の VR 化に用いた球式トレッドミルの乗りこなしに手こずり, 情報を提示してから行動を選択するまでに時間を要することが原因と考えられた. また実空間に比べ活動性に乏しく, 自発的な行動があまり見られなくなってしまう恵子があった. これらの結果から, 実空間では有効な動物実験課題であっても, 単純に VR 化したのではうまく機能しないことが示唆された.

この経験を踏まえ, 我々は, VR 空間の特徴を生かした, マウス用の新規学習課題の開発を行った.

2. VR プラットフォームの仕様と設計

図 1 に本研究で開発したマウス用 VR 学習行動実験プラ

ットフォームのブロック図を示す. 本プラットフォームは, VR 環境を提供するハード+基本ソフトウェアと, 様々な行動実験プロトコルを提供するアプリケーションで構成される.

仕様と設計について, 以下に説明する.

- (1) マウスの移動運動の VR 化には球式トレッドミルを用いる. マウスはマウス用ジャケットなどで体幹を保持した状態で, 球式トレッドミルの球の上に配置される. トレッドミル球は, 下方から吐出される空気によってわずかに浮いた状態でホールドされており, 非常に小さい抵抗で回転する. マウスの四肢の動きによるトレッドミル球の回転を光学センサーで測定し, 移動運動を計測する.
- (2) 広視野の視覚ディスプレイとして, 27 インチ液晶ディスプレイ(LCD)をマウスの左右前方に 90 度の角度で設置されている. 脳機能イメージング用顕微鏡など, さまざまな神経化学実験装置との組み合わせが容易になるように, マウスの頭上上方が広く開けられている.
- (3) た. エアパフ刺激を触覚フィードバックとして用いる. 視野を妨げないよう透明なチューブをマウスの左右前方に配置し, エアコンプレッサーで圧縮した空気の噴射を電磁バルブでオン・オフする.
- (4) 水を満たしたシリンジポンプに接続されたチューブの端をマウスの口元にセットし, マイコンからの指令により, 水滴を投与し, 水報酬を与える.

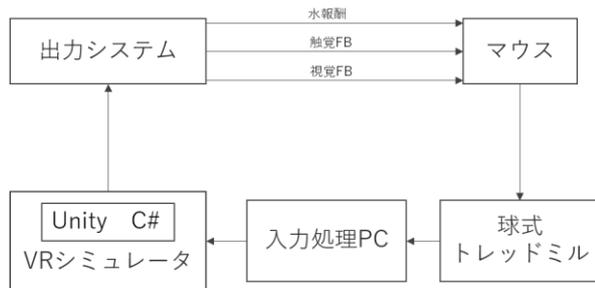


図1 バーチャルリアリティ
行動実験プラットフォームのブロック図

- (5) VR 学習行動実験用アプリケーションはオープンソースの 3D ゲーム開発環境である Unity C#で、を開発する。プラットフォームの構成要素(トレッドミル, エアパフ電磁バルブ, シリンジポンプ, マイコン等)の制御・通信に必要な関数やオブジェクトは自作した。

3. マウス用障害物回避課題の開発

バーチャル 8 の字迷路の問題点は学習と選択の間に時間が空いてしまうこと、マウスがトレッドミル上で静止してしまうことの 2 点であった。この問題を解決するため、新たに開発する課題の要件を以下のように設定した。

- (1) 一定時間内に学習・選択が行えること
- (2) マウスが自発的に行動をしなくても学習が行えること

このマウス用障害物回避課題は、VR 空間内に設置された無限に広い平面上で、一定時間ごとに出現する障害物を回避するというものである。マウスの前方に障害物が一定時間ごとに設置され、障害物出現時のマウスの位置に向かって移動を開始する。障害物の回避に成功すれば報酬エリアが設置され、その中に入ると水報酬が与えられる。しかし、障害物をうまく避けられなかった場合はエアパフによる触覚刺激を行い、報酬ポイントは設置されない。障害物は一定時間経過すると消滅する。これを一定の回数(あるいは一定の時間)繰り返す。

この課題はバーチャル 8 の字迷路と異なり、マウスが自発的に行動しなくても自動的に迫ってくる障害物を回避しなければならないため、マウスが自発的に行動しなくても一定時間内に繰り返しマウスに対して課題を実施することが可能である。

また、マウスが VR 空間内の壁に接触しエアパフ刺激を受けた際に、それを回避しようとして別の壁に衝突することがあったため、この課題では衝突するものをマウス方向に移動する円柱のみとした。

3.1 動作確認

実験系の外観を図 2 に示す。マウスをトレッドミルの上に乗せず、実験者がトレッドミル球を手で動かすことにより、動作確認を行った。その結果、各構成要素が設計通りに動作することが確認された。

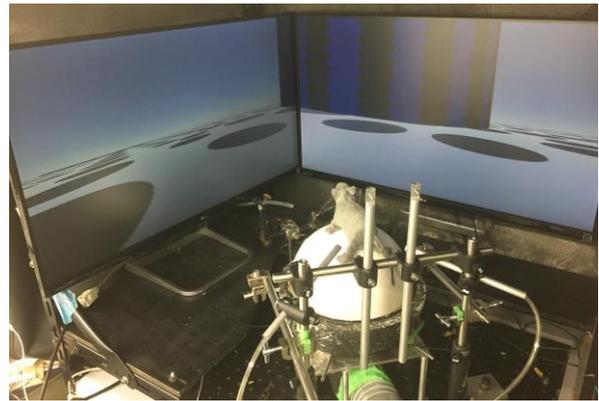


図2 障害物回避課題試験中の
マウス用 VR 行動実験システムの外観

4. おわりに

本研究では、マウス用バーチャル 8 の字迷路課題を用いて行動実験を行い、そこから明らかになった改善点を踏まえて新たにマウス用障害物回避課題の開発を行った。今後は、新たに開発したシステムについても実際にマウスを用いた行動実験を行う。さらに従来の実験課題との比較を通じて本システムの有用性を確認したい。

謝辞 本研究の一部は文部科学省 科学研究費補助金基盤研究 (C) JP15K01276 (NK), 新学術領域研究 学術研究支援基盤形成先端モデル動物支援プラットフォーム JP16H06276 (NK)の支援を得て行われた。

参考文献

- [1] C. Hölscher, A. Schnee, H. Dahmen, L. Setia and H. A. Mallot, Rats are able to navigate in virtual environments. The Journal of Experimental Biology, Vol.208, No.3, pp.561-596, 2005.
- [2] C. D. Harvey, F. Collman, D. A. Dombeck, and D. W. Tank, Intercellular dynamics of hippocampal place cells during virtual navigation, Nature, Vol.461, No.7266, pp.941-946, 2009.
- [3] N. Katayama, K. Hidaka, A. Karashima and M. Nakao, Development of an Immersive Virtual Reality System for Mice, SICE Ann Conf. 2012, pp.791-794, 2012.
- [4] K. Hidaka, N. Katayama, H. Ishikawa, A. Karashima and M. Nakao, Development of an Immersive virtual reality system and recording of cortical EEG from virtually free-moving mice, Proc. BPES2012, pp.407-410, 2012.
- [5] T. Araya, N. Katayama, Y. Yoshida, Y. Takahashi, A. Karashima and M. Nakao, Development of somatosensory feedback function for virtual behavioral testing system for mouse, MBE2014-61, pp.17-22, 2014
- [6] 町田祉永, 片山統裕, 中澤邑支朗, 和田みなみ, 中尾光之: 学習行動研究を指向したマウス用バーチャルリアリティ実験系の開発, MBE2017-46, pp1-4, 2017.