

HMD利用経験の有無が VR空間における落下感覚知覚に与える影響

國武 悠人^{1,2,a)}

概要：VR空間内での擬似感覚は、VRChat等のVRプラットフォームの普及により身近なものとなり近年注目を浴びつつある。本研究では落下感覚に焦点を当て、HMD利用経験の有無によってVR空間にて感じる落下感覚に差が生まれるのかを検証するため、継続的にHMDを利用したことのない31名と、継続的にHMDを利用している31名を対象として実験を行った。その結果、HMD利用経験の有無により感覚の回答に差があることが明らかとなった。近年、VRプラットフォームでの実験が被験者の集めやすさから注目されているが、本研究によってHMD利用経験の有無により回答が異なることが示されたことから、そのような擬似感覚に関する実験の手法について再検討の必要性が示唆されたといえる。

Effect of habituation to HMD on perception of falling sensation in VR environment.

Abstract: The pseudo sensation in the VR space has been attracting attention in recent years as it has become more familiar with the spread of VR platforms such as VRChat. In this study, we focused on the sensation of falling, and conducted an experiment with 31 people who had never used HMDs and 31 people who had used HMDs continuously in order to verify whether there was a difference in the sensation of falling in VR space depending on whether they had used HMDs or not. As a result, it was found that there was a difference in sensory responses depending on whether the participants had used HMDs or not. In recent years, experiments on VR platforms have been attracting attention because of the ease of gathering subjects. However, this study showed that the responses differed depending on whether the subjects had used HMDs or not, suggesting the need to reexamine the method of experiments on such pseudo sensations.

1. はじめに

擬似触覚 (Pseudo-Haptics) をはじめとする VR 空間内での擬似的感覚は、VRChat等のVRプラットフォームや一般大衆向け HMD の普及により身近なものとなり、注目を集めている [1]。特に学術面では被験者の集めやすさなどから VR の実験環境として注目されているが、既存の VR プラットフォームで実験を行う場合は通常の実験とは異なり、被験者の多くに長期の HMD 利用経験が有るものと推測されるため、一般に募集した被験者を用いた実験と結果が異なる可能性が存在する [2][5]。

本研究では主に視覚刺激によって引き起こされるいくつかの擬似的感覚のうち、落下感覚に着目し、HMD 利用経験の有無と VR 空間での落下感覚の差について明らかにすることで、VR プラットフォーム上での実験手法の検討を行い VR に関連する研究の発展に寄与することを目指す。

2. 実験環境

2.1 被験者

HMD 利用経験の有無による差について明らかにするため、VR コンテンツを継続的に体験したことがない被験者 31 名と VR コンテンツを継続的に体験したことがある^{*1}被験者 31 名を対象にして実験を行った。なお、被験者は事前に VR 酔いや強い刺激が加えられる可能性があることに

¹ 慶應義塾大学環境情報学部
Faculty of Environment and Information Studies,
Keio University.

² 千葉県立柏の葉高等学校情報理数科
Chiba Prefectural Kashiwanoha High School, Department of
Information Science and Mathematics

^{a)} ykunitake@keio.jp

^{*1} ここでの「継続的な体験」とは HMD を使い、日常的、または定期的に VR コンテンツを体験している状態を指す。100 時間以上を最低基準とした。販売店での試着体験などは「継続的な体験」に含まれない。



図 1 実験の様子

関する注意事項に関して説明され、実験同意書に同意している。

2.2 場所

HMD 利用経験の無い被験者は基本的に HMD を所持していないことから、千葉県立柏の葉高等学校体育館に被験者を集め実験を実施した (図 1)。なお HMD 利用経験の有る被験者に対しては遠隔で実験を実施した。実験で利用した VR 空間は自作の VRChat ワールドである。

落下感覚の実験において十分な落下感覚を知覚させるためにはある程度の時間落下運動し続ける視覚刺激を与える必要があり、落下中の空間周波数の差によって知覚強度が変化することが先行研究で明らかとなっている [6][7]。そのため、本研究では図 2 と図 3 に示すように落下地点の着地地点を示すマーク以外は必要最低限のオブジェクトしか設置しなかった。これは高度による風景の差を極力軽減させるためである。

2.3 機材

HMD 利用経験のある被験者に対しては遠隔で実験を行ったため機材の完全な統一はされていないものの、実験環境である VRChat 及び使用 HMD の推奨スペックを満たしているものであることは確認している。VR 経験の無い被験者に対する実験は、Oculus Rift S[3] 及び VRChat[4] 双方の推奨スペックを満たす以下の構成のものを用いた。

OS: Windows 10
プロセッサ: Intel i5-6500
メモリ: 8 GB RAM
グラフィック: NVIDIA GeForce GTX1070

2.4 アバタ

アバタの種類によって身体所有感に影響が及ぼされることが報告されていることから [8]、利用するアバタはすべての被験者において人型男性アバタに統一した。アバタの身長は図 3 に示す。

3. 実験 1: 標準刺激と VR 経験の有無の関係

純粋な落下感覚の他に落下高度を変えた際にどの程度感

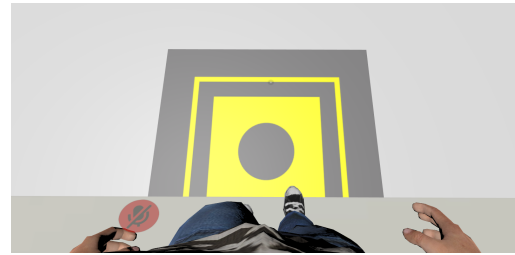


図 2 落下視点

度が変わるのかも検証するため、Y=4 からの落下刺激標準刺激を 1 種類、追加刺激を 2 種類与えた。本項では標準刺激と VR 経験の有無の関係について述べる。標準刺激が Y=4 からの落下刺激であり追加刺激 1 が Y=8 からの落下刺激、追加刺激 2 が Y=12 からの落下刺激である。Y 座標は Unity 基準である。

3.1 実験条件

標準刺激の感覚評価手法は先行研究 [9] の VisualAnalogScale (VAS) を参考にし、10 件法 (1-10) で評価を行った。具体的には何も感じなかった場合を 1、現実で感じる感覚とまったく同じ場合を 10 とし、「どの程度感覚を感じましたか」と口頭で質問した。被験者には事前に評価手法を説明した上で、実験中に HMD を装着した状態のままの状態的口頭で回答させた。

3.2 実験手順

各感覚の実験手順について説明する。

HMD 利用経験の無い被験者には、HMD 装着後、個別の実験を行う前にピントの調整を行いコントローラーを持たせることで VR 空間上での手の動かし方や操作方法についての説明を行った。なお、HMD 利用経験の有る被験者は最低 100 時間以上の経験が有り操作方法等を熟知していることから、操作方法の説明などは行わなかった。

- (1) VR 空間で Y=4 (図 3) の高さにテレポートする
- (2) 地面に設置しているマークの灰色の円 (図 2) が視界に入るように真下を向く
- (3) 落下し始めるまで現実世界で前に歩く
- (4) 感度を数値で回答させる
- (5) コメントを自由に回答させる

3.3 実験結果と考察

実験結果を図 4 に示す。スチューデントの t 検定より、HMD 利用経験の有無で有意差を確認することが出来なかった ($p=0.3453$, $t=0.95147$, $df=58$)。図 4 より少なくとも HMD の利用時間が 100 時間以上と未満では、落下感覚において有意な差を見出すことができないことが示されている。また、自由回答のコメントでは「ふわっとした感覚があった」といった意見が HMD 利用経験の有無に関わ

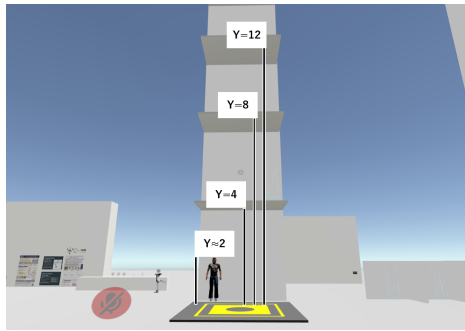


図 3 高さ

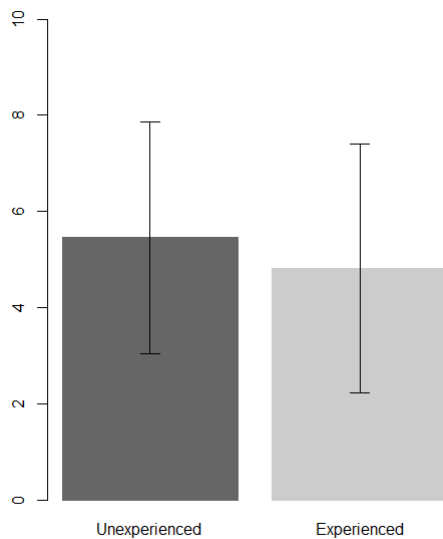


図 4 標準刺激

らず得られた。

4. 実験 2：追加刺激と VR 経験の有無の関係

本項では追加刺激と VR 経験の有無の関係について述べる。

4.1 実験条件

標準刺激を 10 とし、「標準刺激と比べて何倍に感じましたか」と口頭で質問した。被験者には事前に評価手法を説明した上で、実験中に HMD を装着した状態のままの状態口頭で回答させた。

4.2 実験手順

各感覚の実験手順について説明する。VR 経験の無い被験者には、HMD 装着後、個別の実験を行う前にピントの調整を行いコントローラーを持たせることで VR 空間上での手の動かし方や操作方法についての説明を行った。

- (1) VR 空間で Y=8,12 (図 3) の高さにテレポートする
- (2) 地面に設置しているマークの灰色の円 (図 2) が視界に入るように真下を向く
- (3) 落下し始めるまで現実世界で前に歩く

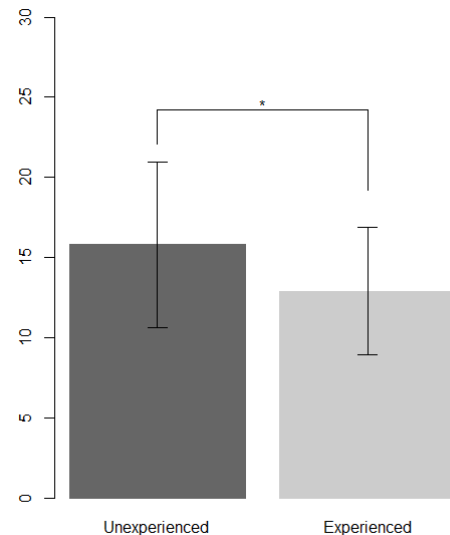


図 5 追加刺激 1

- (4) 感度を数値で回答させる
- (5) コメントを自由に回答させる

4.3 実験結果と考察

追加刺激 1 について、実験結果を図 5 に示す。ウィルコクソンの順位と検定より、HMD 利用経験の有無で有意差を確認した ($p < 0.05$)。追加刺激 2 について、実験結果を図 6 に示す。ウィルコクソンの順位と検定より、HMD 利用経験の有無で有意差を確認した ($p < 0.001$)。

図 5 および図 6 より、追加刺激の傾向として HMD 利用経験が無い被験者は HMD 利用経験が有る被験者に比べて標準刺激と追加刺激の差を感じやすいといったことが読み取れる。

また、HMD 利用経験が無い被験者からは「高くなるにつれてふわっとした感覚が強くなった」「より怖くなってきた」といったコメントが多く寄せられた一方、HMD 利用経験が有る被験者からは「(追加刺激 2 に対して) 慣れてきて一回目の落下 (標準刺激) と同程度しか感じなかった」「すぐ慣れた」といったコメントが多く寄せられた。これらのコメントは、継続的な HMD 利用経験によって VR 空間上での落下感覚が慣れやすくなることが示唆している。

5. まとめ

本実験では、HMD 利用経験の有無で標準刺激においては落下感覚の有意差は認められないが、追加刺激においては有意差が認められるといった知見を得ることができた。

この結果から HMD の利用経験の有無が VR 空間における落下感覚知覚に影響を与えることが示唆されたと言える。昨今、VR プラットフォームを利用した実験が被験者の集めやすさからか注目されており VR プラットフォームで行われた実験の成果が報告されているが、HMD 利用経

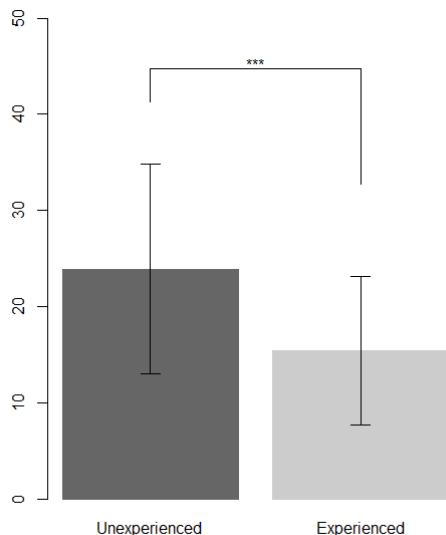


図 6 追加刺激 2

験の有無によって特に標準刺激と追加刺激の比較において感覚の回答に変化が生じることが本研究によって示されたため、VR プラットフォームで利用した実験手法に対し再検討の必要性が示唆されたと言える。

また、HMD 利用者の多くは男性であり、男性の空間認識力は女性よりも高いことが先行研究にて示されているため、本実験から得られた有意差が性差に起因する可能性も考えられる [10][12]。すでに VR 空間においてアバターの外見が自己認識に与える影響については性別によって差があることが先行研究によって示されているため、性別の差異が自己認識だけではなく擬似的な落下感覚の差異に現れる可能性は十分に考えられる [11]。

そのため、今後は被験者の属性についてより詳細に調査を行うほか、HMD の利用を開始した人物の追跡調査を行うことで本実験で得られた落下感覚の有意な差が HMD 利用経験の有無に起因するものなのか、HMD 利用者本来の体質によるものかをより明確にしていく。また、落下刺激だけでなく触覚刺激や嗅覚刺激についても同様に明らかにしていきたい。

謝辞 本研究を進めるにあたり、多くの方々にご指導ご鞭撻とご協力を賜りました。調査の実施にあたっては、千葉県立柏の葉高等学校から HMD 利用経験の無い被験者のための実験場所の確保をしていただくなどのご協力を頂きました。先生方に感謝を申し上げます。ありがとうございました。データの分析と考察の面では、オンラインコミュニティである VR 適性研究所所属の方々から継続的なフィードバックを頂くことで研究をブラッシュアップする事が出来ました。深く御礼を申し上げます。最後に、実験に協力して下さった多数 VRChat ユーザーの皆さまに深く感謝し、お礼を申し上げます。

参考文献

- [1] <https://hello.vrchat.com/>
- [2] K. Nagamachi, Y. Kato, M. Sugimoto, M. Inami, M. Kitazaki : Pseudo Physical Contact and Communication in VRChat: A Study with Survey Method in Japanese Users, International Conference on Artificial Reality and Telexistence Eurographics Symposium on Virtual Environments, 2020
- [3] <https://support.oculus.com/248749509016567>
- [4] <https://help.vrchat.com/kb/article/19-system-requirements/>
- [5] David Saffo, Caglar Yildirim, Sara Di Bartolomeo, Cody Dunne : Crowdsourcing Virtual Reality Experiments using VRChat : CHI EA '20 : Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems April 2020, Pages 1–8, 2020.
- [6] 呉 景龍, 于 英花, 楊 家家 : 視覚誘導自己直線運動感覚の空間特性の輝度依存性, 人間工学, Vol.49, No.1, pp.18-24, 2013.
- [7] 奥川 夏輝, 古賀 宥摩, 石津 航大, 橋口 哲志, 柴田 史久, 木村 朝子 : VR 空間における視覚刺激によって発生する落下感覚の分析, 第 22 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2A2-06, 2017.
- [8] 小柳 陽光, 鳴海 拓志, Jean-Luc. Lugin, 安藤 英由樹, 大村 廉 : ドラゴンアバターを用いたプロテウス効果の生起による高所に対する恐怖の抑制, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol25 No.1 pp2-11, 2020.
- [9] 植井 康介, 中島 武三志, 菅野 由弘 : 聴覚刺激による MR 環境下での擬似触覚の強化, 情報処理学会インタラクシオン 2019, 2P-82, 2019.
- [10] Jonathan W. Kelly, Lucia A. Cherep, Alex Lim, Taylor Doty, Stephen B. Gilbert, Who Are Virtual Reality Headset Owners? A Survey and Comparison of Headset Owners and Non-Owners, 2021 IEEE Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR) pp678-685, 2021.
- [11] 長野 瑞生, 櫻井 翔, 野嶋 琢也, 広田 光一 : オフライン運動観察における VR アバターの外見や動作が自己身体認識に及ぼす影響, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol23 No.3 pp.169-177, 2018
- [12] M. C. Linn and A. C. Petersen : Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis. Child Development, 56:1479-1498, 1985.