Vol.2021-HCI-194 No.2
2021/8/23

HMD利用経験の有無が VR空間における触覚及び嗅覚に与える影響

國武 悠人[1,2,a)]

概要：VR 空間での擬似感覚は，VRChat 等の VR プラットフォームの普及により近年注目を浴びつつある。そのような中で，VR プラットフォームユーザーから「HMD 利用経験の有無が，VR 空間内での擬似的な触覚や嗅覚に影響しているのではないか」という非公式な報告が寄せられた．そのため本研究では予備的調査として，HMD 利用経験の有無によって VR 空間にて感じる触覚及び嗅覚に差が存在す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有意な差は無いことが分かった．VR 空間での落下感覚については有意な差が存在することが先行研究によって明らかとなっているため，今後は落下感覚との違いを調査していく．

Effect of habituation to HMD on the perception of smell and tactile sensation in VR environment.

Abstract: The pseudo sensation in VR environment has been attracting attention in recent years due to the spread of VR platforms such as VRChat. In this context, an informal report was received from a VR platform user who wondered whether the experience of using HMD affects the pseudo sense of touch and smell in the VR environment. Therefore, in this study, as a preliminary investigation, we 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 were differences in the sense of touch and smell felt in the VR environment depending on whether they had used HMDs or not. As a result, it was found that there was no significant difference in the responses of the senses depending on whether the participants had used HMDs or not, and since previous studies have shown that there is a significant difference in the sensation of falling in VR environment, we will investigate the difference from the sensation of falling in the future.

1. はじめに

HMD(Head-Mounted-Display) を着用した状態での VR 体験は，多くの擬似的な感覚を生じさせることが報告されており，近年注目が集まっている．また VRChat を始めとするコンテンツの普及の影響もあり，VR プラットフォームユーザー内では擬似的な感覚の存在は一般的なものとなっており，個人レベルでの検証や意見交換が活発に行われている [1]．そのよう中で「HMD 利用経験の有無が，VR 空間内での擬似的な触覚や嗅覚に影響しているのではないか」といった報告が VR プラットフォームユーザーから寄せられた．先行研究では落下感覚については HMD 利用経験の有無で回答に変化が生じることが示されているものの，触覚及び嗅覚については明らかになっておらず，検証の必要性が示されている**??**．また，擬似的な嗅覚についてはハードウェアと組み合わせた応用的な研究は多く存在するものの，純粋に錯覚として感じる嗅覚 (以下，擬似嗅覚[*1]と呼称) について調査した基礎的な研究は少ない**??**．

そのため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な感覚のうち，触覚及び嗅覚に着目し，HMD 利用経験の有無と VR 空間での触覚，嗅覚の差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

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 擬似触覚 (pseudo-haptics) に倣って命名した．

ⓒ 2021 Information Processing Society of Japan

図 1 実験環境

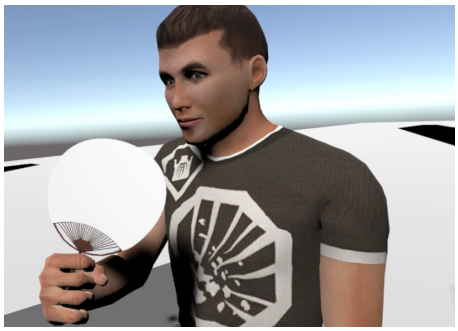

図 2 触覚実験の様子

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 [5].

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[*2]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．実験当時所属していた千葉県立柏の葉高等学校には倫理委員会が存在しなかったため，実験計画書を情報理数科の教員に提出し，承認を得た．

2.2 場所

HMD 利用経験の無い被験者は 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．

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

*2 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．

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，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??.

3. 実験 1：触覚と VR 経験の有無の関係

3.1 実験条件

触覚刺激の感覚評価手法は先行研究の 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で口頭で回答させた．

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（図 2）のようにうちわを手に持つ
(2) 被験者が自身をうちわで 10 回扇ぐ
(3) どの程度感じたかを数値で回答させる
(4) 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 3 に示す．これら 2 群には対応が無いため検定手法の検討をするために F 検定を行ったところ，対象の 2 群が等分散であるという帰無仮説が保留され，2 群間は少なくとも不等分散でないことが示された（p=0.718, F=0.64866）．よって，これら 2 群の検定にはスチューデントの t 検定を用いる．その結果スチューデントの 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=0.2491，t=-1.1643，df=58）．そのため，少な

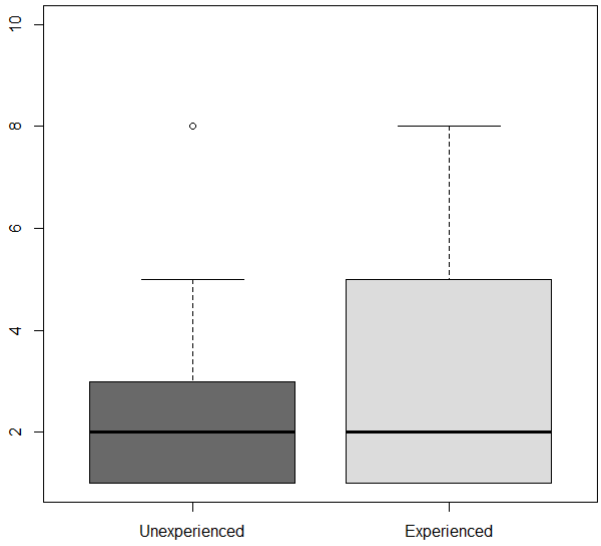

図 3 触覚刺激

図 4 嗅覚実験の様子

くとも HMD の利用時間が 100 時間以上と未満では，擬似触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た．また，自由回答のコメントでは「想像以上に扇がれた感じがした」といった回答が得られた．先行研究では，仮想物体に柔らかさや弾性といった形状変化の性質を与えることで力覚フィードバックの知覚を変化させられることが示されているため，今後はうちわに弾性を付与することで擬似触覚が強化されるのかを調査していく [2].

4. 実験 2：嗅覚

本項では擬似嗅覚と VR 経験の有無の関係について述べる．

4.1 実験条件

嗅覚刺激の感覚評価手法は先行研究?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で口頭で回答させた．

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（図 4）のように花を持つ
(2) 被験者が花を 3 回深く嗅ぐ
(3) どの程度感じたかを数値で回答させる
(4) コメントを自由に回答させる

4.3 実験結果と考察

実験結果を図 3 に示す．これら 2 群には対応が無いため検定手法の検討をするために F 検定を行ったところ，対象の 2 群が等分散であるという帰無仮説が保留され，2 群間は少なくとも不等分散でないことが示された（p=0.2096，F=1.6086）．よって，これら 2 群の検定にはスチューデントの t 検定を用いる．その結果スチューデントの 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=0.59，t=0.54187，df=58）．そのため，少なくとも HMD の利用時間が 100 時間以上と未満では，擬似嗅覚おいて有意な差を見出すことができないことが示された．また，自由回答のコメントでは「自分は VR 感覚[*3]が強い方だとは思っていたが匂いはほとんど感じられなかった」といった回答が複数得られたため，一律に擬似的な感覚を評価するのが不適切である可能性が示唆された．

5. まとめ

当研究では，HMD 利用経験の有無で擬似触覚及び擬似嗅覚に有意差は認められないといった知見を得ることができた．近年，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 [5]．少なくとも落下感覚については実験の設定において被験者の HMD の利用経験の有無を十分考慮する必要があることが先行研究によって示されているが，今回の実験では触覚及び嗅覚において被験者の HMD の利用経験の有無を十分考慮する必要があると示すのに十分な結果は得られなかった?.

先行研究において，落下高度を高くすることで HMD 利用経験の有無による落下感覚の回答の差が大きくなることが報告されている?．そのため，触覚及び嗅覚においても刺激を強くすることで HMD 利用経験の有無による触覚及び

*3 VR プラットフォームユーザー間で使われている俗語．一般に VR 空間での擬似的な感覚全てを指すがその定義は明確ではなく表現として不適切だという指摘も存在する．当研究報告では被験者の回答を原文のまま掲載する都合上記述する．

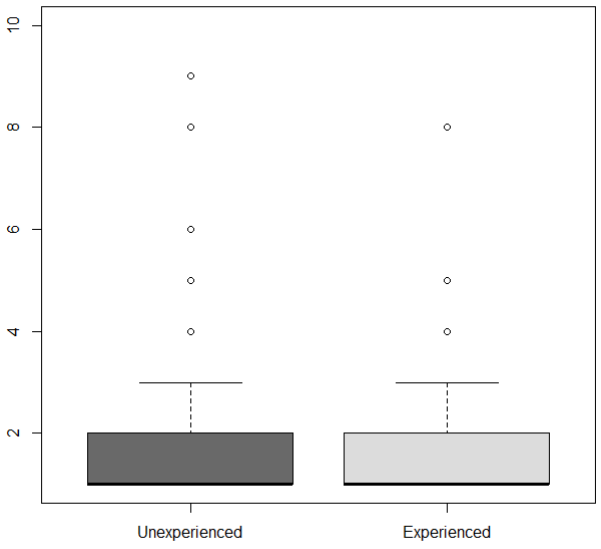

図 5 嗅覚刺激

嗅覚の回答の差がより明らかになることが期待されるが，追加刺激としてより強い刺激を提示することが落下感覚に比べて困難なため，今後はより強い刺激の提示手段について検討していく．

謝辞 実験環境の提供をしてくださった千葉県立柏の葉高等学校及び実験に協力してくださった VRChat ユーザーの皆様に深く感謝し，お礼を申し上げます．

参考文献

[1] https://hello.vrchat.com/
[2] 鈴木 奏太, 佐藤 美恵, 擬似触覚を用いた仮想物体の掴み動作の知覚に関する検討 (視聴覚技術, ヒューマンインタフェースおよび一般), 映像情報メディア学会技術報告, 39.11 巻, 2015
[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 SystemsApril 2020，Pages 1–8，2020.
[6] 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.
[7] 小柳 陽光，鳴海 拓志，Jean-Luc. Lugrin，安藤 英由樹，大村 廉：ドラゴンアバタ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.
[8] 植井 康介，中島 武三志，菅野 由弘：聴覚刺激にとる 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ョン 2019，2P-82，2019.
[9] 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
[10] 國武 悠人：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，情報処理学会研究報告，Vol. 2021-HCI-193，No. 20，pp. 1-4，2021.
[11] 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.
[12] 鈴木 健斗, 福井 隆雄, VR 空間における擬似触覚経験とその主観的評価, 日本認知心理学会発表論文集, 2018 巻, 2018, 日本認知心理学会第 16 回大会, セッション ID pP2-045, p. 127-
[13] 南部 愛子, 鳴海 拓志, 西村 邦弘, 谷川 智洋, 廣瀬 通孝, 視覚の影響を利用した嗅覚ディスプレイの研究 (人工現実感及び一般), 映像情報メディア学会技術報告, 2008, 32.22 巻, セッション ID HI2008-84, p. 37-40
[14] 鳴海 拓志, 谷川 智洋, 梶波 崇, 廣瀬 通孝, メタクッキー：感覚間相互作用を用いた味覚ディスプレイの検討 (¡特集¿香り・人・システム), 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2010, 15 巻, 4 号, p. 579-588

正誤表

本稿の提出原稿のバージョンミスにより本文と参考文献が正しく紐付けられていないことが発覚しました．筆者の不注意を深くお詫び申し上げますとともに，本稿の訂正をさせて頂きます．

該当箇所	誤	正
P1:1 章	先行研究では落下感覚についてはHMD 利 用経験の有無で回答に変化が生じることが示されているも のの，触覚及び嗅覚については明らかになっておらず，検 証の必要性が示されている**??**.	先行研究では落下感覚についてはHMD 利 用経験の有無で回答に変化が生じることが示されているも のの，触覚及び嗅覚については明らかになっておらず，検 証の必要性が示されている**[10][6]**.
P1:1 章	また，擬似的な嗅覚につい てはハードウェアと組み合わせた応用的な研究は多く存在 するものの，純粋に錯覚として感じる嗅覚 (以下，擬似嗅 覚*1と呼称) について調査した基礎的な研究は少ない**??**.	また，擬似的な嗅覚につい てはハードウェアと組み合わせた応用的な研究は多く存在 するものの，純粋に錯覚として感じる嗅覚 (以下，擬似嗅 覚*1と呼称) について調査した基礎的な研究は少ない**[13][14]**.
P2:3 章	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，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，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 **[7][9]**.
P2:3 章	触覚刺激の感覚評価手法は先行研究の VisualAnalogScale（VAS）を参考にし，10 件法 (1-10) で評価を行った**??**.	触覚刺激の感覚評価手法は先行研究の VisualAnalogScale（VAS）を参考にし，10 件法 (1-10) で評価を行った **[8][12]**.
P3:4 章	嗅覚刺激の感覚評価手法は先行研究**?**の VisualAnalogScale（VAS）を参考にし，10 件法 (1-10) で評価 を行った.	嗅覚刺激の感覚評価手法は先行研究**[8]**の VisualAnalogScale（VAS）を参考にし，10 件法 (1-10) で評価 を行った.
P3:5 章	今回の実験では触覚及び嗅覚 において被験者の HMD の利用経験の有無を十分考慮する 必要があると示すのに十分な結果は得られなかった**?**.	今回の実験では触覚及び嗅覚 において被験者の HMD の利用経験の有無を十分考慮する 必要があると示すのに十分な結果は得られなかった**[10]**.
P3:5 章	先行研究において，落下高度を高くすることで HMD 利 用経験の有無による落下感覚の回答の差が大きくなること が報告されている**?**.	先行研究において，落下高度を高くすることで HMD 利 用経験の有無による落下感覚の回答の差が大きくなること が報告されている**[10]**.