



ソーシャル VR におけるミラーの有無とアバターの外観が Pseudo-haptics 効果に与える影響の検討

爲谷秀太¹⁾, 佐藤隆¹⁾

Shuta TAMEGAI, and Takashi SATOU

1) 東京電機大学 未来科学部 情報メディア学科 (〒120-8551 東京都足立区旭町 5, ac@shuta.me)

概要: 視覚情報により擬似的な触覚を与えることができる Psueudo-haptics という錯覚が知られており [1], ソーシャル VR コミュニティでは VR 感覚として認知されている [2]. しかし, その効果は個人差が大きく, 安定した触覚提示に課題がある. 本研究では VR 感覚があると申告したソーシャル VR 利用者に対し, ミラーの有無や実験実施者が使用するアバターの外観を変化させた際の Psuedo-haptics 効果を測定し, VR 感覚の生起に寄与する視覚情報について検討した.

キーワード: Pseudo-haptics, VR 感覚, クロスモーダル

1. はじめに

Meta Quest などの HMD が普及するにつれて, バーチャルリアリティ (VR) を日常的に利用する人が増加している. これに伴って, ソーシャル VR やメタバースと呼ばれる VR 空間上での交流も一般的になってきている. ソーシャル VR を実現するサービスは複数存在しているが, その中でも VRChat の利用者数は圧倒的に多く [2], 独自のコミュニティが形成されている. 日本国内の VRChat コミュニティではユーザ同士のスキンシップが盛んに行われており [2], ユーザ体験の向上に触力覚の提示は重要であると言える. 一般消費者向けに撫でられた感覚や尻尾の感覚を提示することを謳う製品¹が販売されているが, このようなデバイスで提示される触力覚は, 振動子を使用しているため実際に触れられた時の感覚とは異なる. また, 詳細な触力覚を提示するには大掛かりまたは高価な装置が必要であるため一般消費者が使用するには, コストが高く事前準備が必要という課題がある.

物理的なデバイスを使用した触力覚提示に対し, Lecuyer らが提唱した Pseudo-haptics という視覚情報によって擬似的な触覚を生起させる現象が存在する [1]. Pseudo-haptics は視覚のみで触力覚提示が実現できるため物理デバイスを利用するよりも利用者への負荷が低い. しかし, Pseudo-haptics はある種の錯覚であり, その効果は個人差が大きいたことが知られている. ゆえに, 実社会で活用するには個人差を克服できるだけの安定性が必要である [1].

一方で, Pseudo-haptics はソーシャル VR コミュニティにおいて, 触覚についての VR 感覚または VR 感度, 触覚ファントムセンスとして広く認知されている [2]. VR 感覚が指す感覚には, 触覚以外にも温度感覚や嗅覚なども含まれているが, 本稿では触覚についての VR 感覚のみを取り扱う. バーチャル美少女ねむらが 2023 年に実施した約 2000 人規

模の調査結果 [2] によると, アンケート回答者の内, 触覚についての VR 感覚をたまに感じるとの回答が 26%, よく感じるとの回答が 17% という結果が得られているおり, 触覚についての VR 感覚を持つソーシャル VR ユーザは少ないと言える. 加えて, 同調査によると回答者の 9 割以上が VRChat ユーザであるという回答も得られている. このため本研究では, Pseudo-haptics による触覚提示を安定化させるための手掛りを得ることを目的に, VR 感覚を持つと自認する VRChat ユーザが, どのような視覚情報が寄与してその感覚を生起しているのかを検証することにした.

2. 実験

2.1 実験方法

実験の様子を図 1 に示す. 実験では, 実験実施者が実験参加者の後方に立ち, 撫でる試行を繰り返し行った. 実験には現実世界で一般的なワンルームの間取りを模擬した VR 空間 (1K Room.re², ねこやま君) を調整したものを使用し, VRChat 上で実験を行った. 実験データの収集には, VRChat



図 1: 実験の様子 (ミラーあり条件)

¹<https://xintechs-koubou.com/pages/ハプティクス>

²<https://booth.pm/ja/items/4093056>

内で実験を完結させるため、理系集会の YAIBA³に搭載されているアンケートギミックを使用した。YAIBA は行動解析用のツールで、ユーザの VR 空間内での位置情報等をトラッキングする機能も搭載されているが、今回の実験では不要なため使用していない。

実験参加者には視覚に影響を与えるオーバーレイソフトウェアの停止、VRChat の機能であるパーソナルミラーおよびフェイスミラーの無効化とミラー解像度の設定を最大にするよう求めた。また、身体所有感が Pseudo-haptics 効果に影響を与える可能性があることが報告 [3] されており、身体所有感を損なうことによる VR 感覚への影響を避けるため、実験参加者には普段から使用しているアバターの使用を求めた。

2.2 実験参加者

実験には VR 感覚があると自認する 12 名が参加した。実験参加者の募集は、Twitter(現:X) と Discord⁴の VRChat コミュニティにて行った。

2.3 視覚条件

実験は、実験実施者が使用するアバターと全身が映るミラーの有無を変化させて実施した。実験実施者が使用したアバターを図 2 に示す。アバター条件は、Humanoid(セフィラ⁵、有坂みと)、Slime(スライムのホルマリンちゃん⁶, dkn)、Robot(VRChat のデフォルトアバター)、Outline(セフィラの輪郭のみのアバター) の 4 条件である。

ミラー条件については全身を確認できるミラーを、同一空間内の利用者間で状態が同期される設定 (グローバル) にし、実験実施者が操作することによってミラーの有無を変更した。

ミラーの有無を評価の対象とした理由は、ソーシャル VR ユーザの多くがミラーを見て自身の姿を確認しながら他者とのコミュニケーションを取ることが多く [4], VR 感覚の生起に関係していると考えられるからである。

2.4 実験手順

実験はミラーなし条件とミラーあり条件の下で、以下の手順を繰り返すことによって行った。また、ミラーなし条件の後にミラーあり条件の実験を実施し、アバターはヒューマノイド、スライム、ロボット、アウトラインの順に変更した。

1. 実験参加者に指定した方向を向くように求める。
2. 実験参加者の顔や額を 1 分程度撫でる。
3. アンケートギミックでの評価を求める。
4. 実験実施者がアバターを変更する。

2.5 評価方法

実験参加者は、各試行が完了するごとにアンケートギミックを用いて「触られていると感じましたか？」という設問に 5 段階評価で回答した。

³<https://github.com/ScienceAssembly/YAIBA-VRC>

⁴<https://discord.com>

⁵<https://booth.pm/ja/items/2953001>

⁶<https://booth.pm/ja/items/4376724>

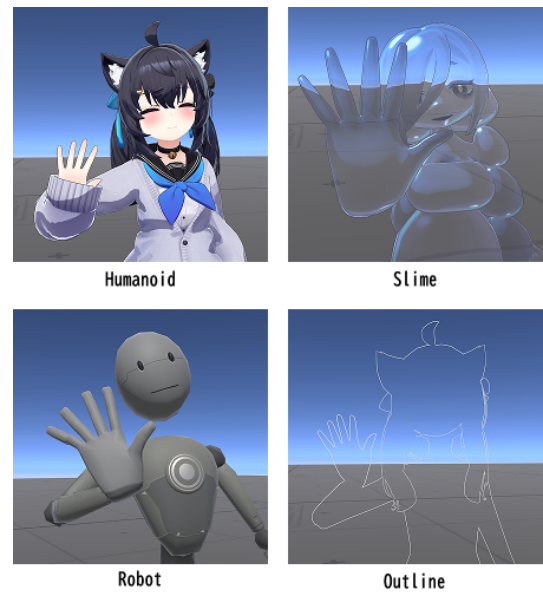


図 2: 実験に使用したアバター

3. 結果・考察

3.1 解析結果

図 3 に得られた回答結果の分布を示す。サンプルサイズが十分に大きくないため得られた結果に対して、アバター条件とミラー条件を主効果とし、実験参加者ごとの個人差を考慮してランダム切片を付加した Two-way ANOVA with ART[5] による分析を行った。有意水準は 5% とした。分析の結果、アバター条件の主効果については有意な結果 ($F < 0.000291$) が得られたが、ミラー条件の主効果では有意な結果が得られなかった。また、交互作用についても有意な結果は得られなかった。

次に、アバター条件で有意な結果が得られたため、Tukey の HSD 法による多重比較検定を実施した。こちらも有意水

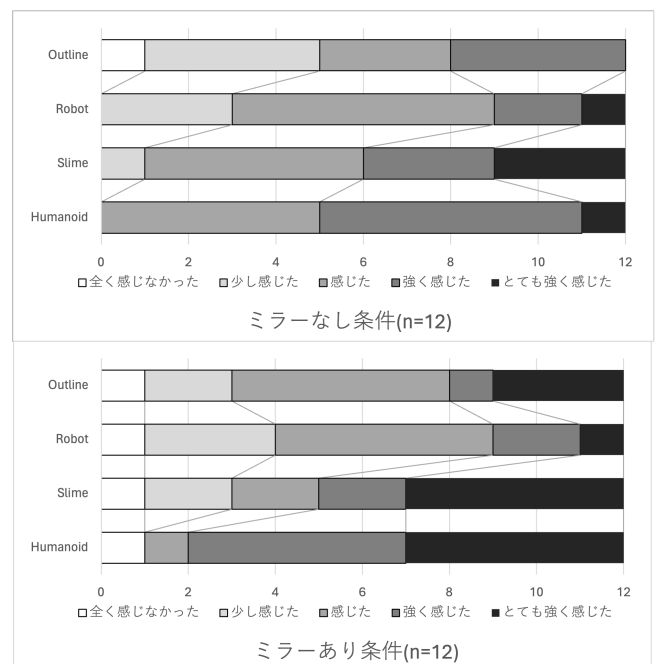


図 3: 回答の集計結果

準は5%とした。その結果、まずヒューマノイド/ロボットで有意差 ($p = 0.0014$) が認められた。また、ヒューマノイド/アウトラインで有意差 ($p = 0.0041$) が認められ、スライム/ロボットの間にも有意差 ($p = 0.0293$) が認められた。また、有意差は認められなかったものの、スライム/アウトラインの間で有意傾向 ($p = 0.0670$) を確認した。

3.2 考察

どのような視覚条件が Pseudo-haptics 効果に影響を与えているのかについて、解析結果から考察する。まず、Two-way ANOVA with ART による解析の結果では予想に反してミラー条件に有意な差が認められなかった。このことについては、自身のアバターよりも撫でている相手のアバターの手やその動きに意識が集中してあまり影響を与えていなかったのではないかと推測する。ただし、図3の集計結果を見る限りでは撫でられた感覚が強化される方向に全体の傾向がシフトしているように見える。ミラーあり条件において全てのアバター条件に対して「全く感じなかった」と回答した実験参加者がいるため、このサンプルを外れ値として除外した上で分析直すと異なる結果が得られる可能性がある。

次に、多重比較検定の結果について考察する。まず、ヒューマノイド条件との有意差が認められた群について述べる。ロボット条件で差が生じた要因としては、実験参加者が無機質な見た目の物に撫でられるという体験に慣れておらず知覚にネガティブな影響を与えた可能性と、使用したロボットアバターが VRChat のエラーアバターとしても使用されていることからアバター自体に悪い印象を持つ人が少なくなく、知覚に影響を与えてしまった可能性が考えられる。ヒューマノイド/アウトラインで生じた差については、スライム/アウトラインで有意傾向が確認されたことを踏まえると、輪郭線よりも面による情報のほうが Pseudo-haptics 効果への影響が大きい可能性を示唆している。続けてスライム/ロボットで生じた差については、ヒューマノイド/ロボットについての考察で示した可能性の他に、見た目が人間に近いかわからないかという点が Pseudo-haptics 効果に影響を与えている可能性があると考えられる。

4. まとめ

本研究では個人差が大きい Pseudo-haptics による触覚提示の安定化を目的としてその手掛りを得るため、VR 感覚と

して Pseudo-haptics 効果の存在が広く認知されているソーシャル VR のユーザを対象に、VR 感覚があると自認する実験参加者を撫でる実験を通して、VR 感覚の生起に関係していると考えられる視覚要因である実験実施者のアバターとミラーの有無について検討した。実験によって得られた回答を解析した結果、ミラー条件については Pseudo-haptics 効果に影響を与えていることが確認できなかったが、一方でアバター条件のいくつかの組では有意差が認められた。ロボットアバターとアウトラインアバターでヒューマノイドアバターとの有意差が認められ、スライムアバターとロボットアバターとの間でも有意差が認められた。しかし、ミラー条件が与える影響についての結果はサンプルに外れ値が含まれているため再度の検討が必要である。

謝辞 実験に協力していただいた VRChat ユーザーの方々に感謝いたします。

参考文献

- [1] Lecuyer, A., Coquillart, S., Kheddar, A., Richard, P. and Coiffet, P.: Pseudo-Haptic Feedback: Can Isometric Input Devices Simulate Force Feedback?, in *Proceedings IEEE Virtual Reality 2000 (Cat. No.00CB37048)*, pp. 83–90 (2000).
- [2] バーチャル美少女ねむ, Liudmila Bredikhina, : ソーシャル VR ライフスタイル調査 2023 (2023).
- [3] 割澤 伸一子 卓: アバターへの身体所有感が Pseudo-haptics 効果に与える影響の検討, 第 27 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 1B5–5.
- [4] Chen, Q., Bellucci, A. and Jacucci, G.: Mirror Dwellers in Social VR: Investigating Reasons and Perception of Mirror Watching, *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, Vol. 9, No. 2, pp. 1–23 (2025).
- [5] Wobbrock, J. O., Findlater, L., Gergle, D. and Higgins, J. J.: The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only anova procedures, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, p. 143–146, New York, NY, USA (2011), Association for Computing Machinery.