

# ソーシャルVRにおけるアバタを通した 身体接触感の生起を調査する実験環境の構築

八幡 瑠樹<sup>1,a)</sup> 中小路 久美代<sup>1,b)</sup>

**概要:** ソーシャル VR において、ユーザ自身のアバタが他ユーザのアバタに触れられた際、実際の触覚刺激がないにもかかわらず、ユーザは自身の物理的身体に触れられた感覚を体験することがある。この現象はファントムタッチと呼ばれる。先行研究では、触覚デバイスを用いたユーザ間の身体接触動作の影響を調査するものが多く、ファントムタッチが生じる視覚的要因を調査している研究はほとんどみられない。本研究では、触覚デバイスを用いずに、VR 空間内で他ユーザのアバタに触れられた感覚を生み出す、ファントムタッチに着目した。ユーザ自身の視覚的要因に焦点を当てた対照実験を通じて、VR 空間におけるファントムタッチが生じる原因を明らかにするための実験環境に求められる要件を論じ、構築した実験環境について説明する。

## 1. 背景と目的

VR (virtual reality) 空間上でアバタを用いたコミュニケーションを行うことができるアプリケーションは、ソーシャル VR と呼ばれる [9]。加藤ら [8] によると、ソーシャル VR において、アバタ間でのハグやハイタッチといった身体接触動作は、現実世界に比べて頻繁に行われ、これらの身体接触動作はコミュニケーションを円滑に進め、対人関係を豊かにする効果があるとされている。

ソーシャル VR におけるアバタ間での身体接触動作においては、ユーザ自身のアバタが他ユーザのアバタに触れられた際、ユーザは自身の物理的身体に触れられた感覚を体験することがあるとされている [1]。ソーシャル VR におけるアバタ間での身体接触動作に関する先行研究では、身体接触動作による好感度の変化 [8] やユーザやアバタの性別による他ユーザからの身体接触動作の頻度 [7] などが扱われてきた。一方で、ユーザ間の身体接触動作により生じる、触れられた感覚や身体所有感 (2.2 節で詳述) の変化という面に着目した研究は少ない。

本研究では、ソーシャル VR においてユーザ自身のアバタが他ユーザのアバタに触れられたように見えた際に生じる疑似的な感覚に着目し、その疑似的な感覚の具体的な視覚的条件と身体所有感の変化を明らかにすることを目的とする。本論文では、この目的を達成するために必要な実験

環境に求められる要件を論じ、構築した実験環境について説明する。

## 2. 関連研究

本章では身体所有感、アバタの見た目が与える影響、ユーザ自身のアバタが他ユーザのアバタに触れられたように見えた際に生じる疑似的な感覚について説明する。

### 2.1 アバタの見た目による影響

アバタの見た目がユーザの知覚、行動、振る舞いにどの程度影響するかに関する研究は広範囲に及ぶ。加藤らの研究 [8] では、ソーシャル VR での身体接触動作を通したコミュニケーション難易度や好感度の変化は、他ユーザの実際の性別やアバタの性別の影響を受けることを示している。Tsuda らの研究 [7] では、アバタの性別は身体接触動作の頻度には影響しないが、交流相手の実際の性別が女性の場合、身体接触動作が頻繁に行われることを報告している。自身のアバタの見た目は他者への認知に影響を及ぼすことが報告されており、Peck らの研究 [6] では、異なる人種のアバタに身体所有感を生起させることで、その人種に対する潜在的な偏見が減少することが報告されている。このことから、ユーザ自身のアバタの見た目は、ユーザ自身の行動や認知を変化させる可能性があると考えられる。本研究では、自身と他ユーザのアバタの見た目がソーシャル VR での身体接触動作による触れられた感覚に影響することを考慮し、複数の見た目のアバタを用いて調査する。

<sup>1</sup> 公立はこだて未来大学  
Future University Hakodate

<sup>a)</sup> b1021090@fun.ac.jp

<sup>b)</sup> kumiyo@fun.ac.jp

## 2.2 身体所有感

認知科学の分野において自己の認識についての研究が行われており、Gallagher[3]は最小限自己（minimal self）と物語的自己（narrative self）という概念を提唱している。最小限自己とは現時点での自己であり、身体所有感（sense of ownership）と行動主体感（sense of agency）に分類されている[3]。身体所有感とは、動いている体は自身のものであるという感覚を指し、行動主体感は、ある行動を制御したり、引き起こしているのは自分であるという感覚を指す[3]。

身体所有感は自身の身体以外にも生じることがあり、ユーザの動きをアバタに対して同期させる場合、アバタと実験参加者との間の外見的特徴が異なる場合でも身体所有感を生起させることが可能であることが報告されている[6]。例えば、現実の自身の身体と異なる人種の見た目をしたアバタに対しても身体所有感が生起可能である[6]。本研究では、ユーザの視覚や動きをアバタに同期させることで、アバタに身体所有感を生起させる。

## 2.3 VRにおけるファントムタッチ

ソーシャルVRでは、ユーザ自身のアバタが他ユーザのアバタに触れられた際に、ユーザは自身の物理的身体に触れられた感覚を経験することがある[1]。この現象は、ファントムタッチと呼ばれ、実際の触覚刺激を用いずに身体接触感を体験できることが特徴である[1]。

従来、VR体験において触覚情報の提示は重要な要素とされ、多くの触覚デバイスが提案されてきた。特に、ユーザ間の身体接触動作による影響に着目した研究として、Hoppeらの研究[4]とFermoselleらの研究[2]が挙げられる。Hoppeらの研究[4]では、身体接触動作がVR空間内のコンピュータ制御されたキャラクターの人間らしさを向上させるかについて調査している。この研究では、人の手の感触を再現した人工手を用い、キャラクターの動きと人工手の動きを手動で同期させ、人工手の接触による触覚刺激を与えている。Fermoselleらの研究[2]では、ユーザ間のハイタッチや書類の手渡しといったインタラクションによる触覚が、VR空間でのコミュニケーション体験の質を向上させるか調査している。この研究では、振動によって触覚刺激を与える手袋型デバイスを用い、インタラクションによる触覚を再現している。このように、従来の研究では、触覚デバイスを用いたユーザ間の身体接触動作による影響を主題とするものが中心であり、触覚デバイスを用いない研究は限られる。

触覚デバイスを用いない研究として、アバタの見た目が身体接触動作や好感度の変化に与える影響を調査した研究[8]やファントムタッチを感じやすくする手法を検討した研究[1]などが挙げられる。触れられる側から見える情報の違いによるファントムタッチの生起への影響を調査

している研究はほとんどみられない。本研究では、アバタの種類や実験参加者の視点などの視覚的条件を変化させ、ファントムタッチが生じる際の視覚的条件を調査する。

## 3. 実験環境の構築

本研究では、VR空間における視覚的条件がファントムタッチの生起や身体所有感に与える影響を明らかにするため、ユーザの視界や動きをリアルタイムでアバタに反映させ、同じVR空間内で複数人が同時に交流できるシステムを構築した。システム構築に使用した機構について、VR空間の構築とソーシャルVR環境の構築に分けて説明する。

### 3.1 VR空間の構築

VR空間の提示にはVRヘッドセットであるMeta Quest 3とMeta Quest Proを使用する。VR空間及び実験プログラムはUnity2023.2.20f1を用いて構築している。VR空間の状態が実験参加者の身体接触動作や視覚的条件に対する注意を散漫させる可能性を考慮し、真っ白なVR空間を使用する。アバタはBlenderとVRoid Studioを用いて作成した。アバタは見た目の性別が男性、女性、頭と体が直方体で構成された素朴な人型のアバタを作成した（図1）。加藤らの研究[8]において、ソーシャルVRでの身体接触動作によるコミュニケーション難易度や好感度への影響は、ユーザやアバタの性別の影響を受けることが示唆されているためである。アバタの動きは、実験参加者の動きをVRヘッドセットと左右のコントローラーの三点トラッキングを用いて取得し、床の座標を加えた四点を用いた逆運動学の補完により再現する。システムにより実験参加者の動きはアバタに即時反映されるように実装している。

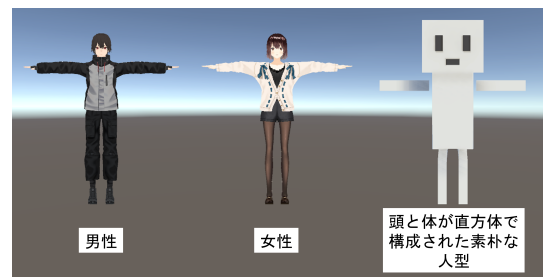


図1 実験に使用する三種類のアバタ

### 3.2 ソーシャルVR環境の構築

ソーシャルVR環境の実現には、オンライン環境で複数人同時参加できるシステムが求められる。本研究では、Exit Games Inc.が提供している、Photon Fusion 2を用い、オンライン環境を構築した。Photon Fusion 2は、Photon Cloudを通じて、クライアント間の通信処理やデータの同期などの基本機能が提供されている。Photon Cloudは、SaaS型（Software as a Service）のサービスであり、クラ

イアント側でホスティングやサーバー運用といったサーバ管理が不要であるため、容易にネットワーク通信を実現できるといった特徴を持つ。

Unity 上の実験プログラムやレンダリング処理などの実行は各端末で独立して行われるため、ユーザの動きや使用しているアバタの種類など、他参加者に反映させたいデータやパラメータのみを Photon Cloud 上で同期している。アバタや実験参加者の視点の切り替えは、実験者のみが操作できるよう設定されており、変数情報の変更を検知して同期が行われる仕組みとなっている。

## 4. 実験のデザインと評価方法

本章では実験のデザインと評価方法について説明する。

### 4.1 実験のデザイン

実験の前に、実験参加者には VR 空間とアバタの動きに慣れてもらうため、VR 空間内の鏡に映るアバターの動きを確認する動作を行うよう教示する。この際、VR 酔いや機器の不具合がないかを確認する。実験では、実験参加者は立った状態で VR ヘッドセットを装着し、実験用 VR 空間に実験用アバタで参加する。実験協力者は現実世界で実験参加者から見えない位置に直立で待機し、VR ヘッドセットを装着し、実験用 VR 空間に別の実験用アバタで参加する。実験協力者は VR 空間内でアバタを操作し、実験参加者のアバタの頭、肩、手の各部位をそれぞれ 5 秒ずつなでるような動作を行う。加藤らの研究 [8] で、ソーシャル VR での身体接触において、頭または手に触れることが多いと示唆されているため、頭に近い部位と手を触れる部位として選定した。

実験者は、Windows 搭載のノート PC を用いて実験プログラムを起動し、実験用 VR 空間に参加した。VR 空間内の実験参加者の様子はノート PC で画面録画を行い、同時に iPad を用いて現実での実験参加者の様子を記録する。

実験では、男性、女性、頭と体が直方体で構成された素朴な人型の見た目の性別が異なる三種類のアバタを用いる。実験参加者のアバタの見た目の性別に対して、実験協力者のアバタの見た目の性別が男性の場合、女性の場合、頭と体が直方体で構成された素朴な人型の場合の三種類の条件で行う。それぞれユーザ目線の一人称視点とユーザのアバタを背後から見ている三人称視点の二種類の視点を扱い、合計 18 条件で実験を行う（図 2）。実験参加者のアバタの見た目の性別と実験参加者の視点ごとに実験後アンケートを行う。

### 4.2 評価方法

各条件終了後にアンケートによる主観評価を行う。アンケートは「まったくそう思わない (1)」から「とてもそう思う (6)」までのリッカート六件法を用いる。アンケート

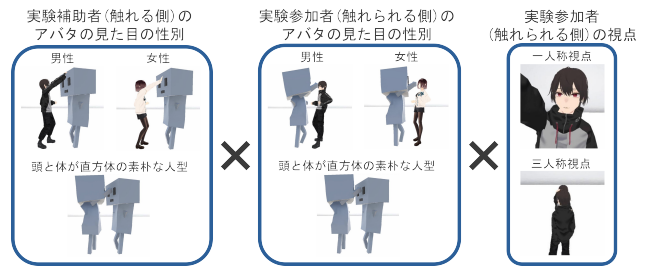


図 2 実験条件

では、各条件における身体所有感と触れられた感覚について調査する。身体所有感に関する質問は、Kalckert ら [5] の実験で用いられた質問を参考にし、本実験に適した内容へ変更したものを使用する（表 1）。身体所有感に関する評価項目は、身体所有感に関する二項目と身体所有感ダミーの二項目を加えた計四項目から構成されている。触れられた感覚に関する質問では、頭、肩、手の各部位において触れられた感覚を覚えたか調査する。実験参加者ごとに身体所有感に関する項目の平均値を算出し、これをその実験参加者の評価値とする。身体所有感の評価値が 4 以上の場合には「成立している」と判断し、評価値が 4 未満の場合には「成立していない」と判断する。

本実験のアンケートでは、回答の負担を減らし、選択肢の直感的な理解を促すため、中立に近い選択肢を加えた。リッカート尺度において、奇数件法は回答が中間選択肢に集中しやすく、中間選択肢には、ネガティブな回答や「分からない」などの意見が含まれ、回答が曖昧になる場合がある [10]。本実験では、実験参加者に自身の感覚を率直に表現できるようにし、曖昧さを排除することで各条件の違いを正確に比較するため、中間選択肢を除外する。

## 5. 予備実験

これまでに、20 代の大学生である男性 1 名と女性 1 名、合計 2 名を対象に予備実験を実施した（図 3、図 4）。いずれの実験参加者も座った状態で参加した。アバタの見た目の性別は男性、女性のアバタを使用し、実験参加者と実験協力者のアバタの見た目の性別を一致させた、男性と男性、女性と女性の 2 条件で実験を実施した。身体所有感に関する質問では、男性の実験参加者からは、特に意識していなかった、女性の実験参加者からは、どちらかといえば感じた、という回答がそれぞれ得られた。触れられた感覚に関する質問では、両名ともアバタの見た目の性別に関係なく、肩に触れられた際に最も触れられた感覚を覚えたとの回答が得られた。男性の実験参加者は、肩以外の部位に触れられた際に、触れられた感覚を覚えなかったと回答している。

今後は、予備実験で得られた知見をもとに実験を実施し、データを収集する予定である。

## 6. 考察

身体所有感に関する質問での結果から、実験参加者に身体所有感が十分に生起していないと考えられる。予備実験時、実験参加者がアバタを動かす機会や、自身のアバタの全身を見る機会がなかったことが原因だと考えられる。触れられた感覚について実験参加者に質問したところ、実験協力者のアバタの手が頭に触れる場合より、肩に触れる場合の方が実験協力者のアバタの手を見やすいという回答が得られた。一方、実験協力者のアバタとの距離が最も近くなり、恐怖を感じたという回答もあり、これは実験参加者と実験協力者の姿勢の違いにより、アバタ同士が予期しない形で接近したことが原因だと考えられる。

表 1 実験後アンケートの項目

項目	アンケート内容
身体所有感	自分の身体であるように感じたか
	自分の身体を見たとき、視界に映ったアバタを自分の身体であるように感じたか
身体所有感ダミー	自分の身体がアバタに変わったように感じた
	二つ以上の身体を持っているように感じた
男性アバタに触れられた際の感覚	男性アバタに頭を触れられた際に、触れられた感覚を覚えた
	男性アバタに肩を触れられた際に、触れられた感覚を覚えた
	男性アバタに手を触れられた際に、触れられた感覚を覚えた
女性アバタに触れられた際の感覚	女性アバタに頭を触れられた際に、触れられた感覚を覚えた
	女性アバタに肩を触れられた際に、触れられた感覚を覚えた
	女性アバタに手を触れられた際に、触れられた感覚を覚えた
直方体で構成された人型のアバタに触れられた際の感覚	直方体で構成された人型のアバタに頭を触れられた際に、触れられた感覚を覚えた
	直方体で構成された人型のアバタに肩を触れられた際に、触れられた感覚を覚えた
	直方体で構成された人型のアバタに手を触れられた際に、触れられた感覚を覚えた

## 7. おわりに

本研究では、ソーシャル VR における視覚的条件が、ファントムタッチの生起や身体所有感に与える影響を明らかにするため、アバタの見た目の性別や触れられる側の視点といった視覚的条件の操作機構を含む、実験環境に求められ



図 3 VR 空間における予備実験の様子



図 4 予備実験の様子

る要件を論じ、構築した実験環境について説明した。

今後は、本実験を実施してデータを収集した後、収集したアンケート回答を分析し、アバタの見た目の性別や触れられる側の視点がファントムタッチの生起や身体所有感にどのような影響を与えるかを考察する。

## 8. 謝辞

本稿の執筆にあたりご協力いただいた、渡部丈氏に深く感謝します。

## 参考文献

- [1] Alexdottir, S. and Yang, X.: Phantom Touch Phenomenon as a Manifestation of the Visual-Auditory-Tactile Synaesthesia and its Impact on the Users in Virtual Reality, *2022 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, pp. 727–732 (2022).
- [2] Fermoselle, L., Gunkel, S., Haar, F. t., Dijkstra-Soudarissanane, S., Toet, A., Niamut, O. and Stap, N. v. d.: Let's Get in Touch! Adding Haptics to Social VR, *Proceedings of the 2020 ACM International Conference on Interactive Media Experiences ser. IMX' 20*, pp. 174–179 (2020).
- [3] Gallagher, S.: Philosophical Conceptions of the Self: Implications for Cognitive Science, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 4, No. 1, pp. 14–21 (2000).
- [4] Hoppe, M., Neumann, D., Streuber, S., Schmidt, A. and Machulla, T. K.: A Human Touch: Social Touch Increases the Perceived Human-likeness of Agents in Virtual Reality, *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 1–11 (2020).
- [5] Kalckert, A. and Ehrsson, H. H.: Moving a Rubber Hand that Feels Like Your Own: A Dissociation of Ownership and Agency, *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 6 (2012).
- [6] Peck, T., Seinfeld, S., Aglioti, M. and Slater, M.: Putting



Yourself in the Skin of a Black Avatar Reduces Implicit Racial Bias, *Consciousness and Cognition*, Vol. 22, No. 3, pp. 779–787 (2013).

- [7] Tsuda, K., Ichino, J. and Shimizu, K.: Gender Effects on Physical Contact in Social VR, *Virtual, Augmented and Mixed Reality* (Chen, J. Y. C. and Fragomeni, G., eds.), Cham, Springer Nature Switzerland, pp. 691–705 (2023).
- [8] 加藤優貴, 長町和弥, 杉本麻樹, 稲見昌彦, 北崎充晃: VRChat における疑似身体接触が好感度とコミュニケーション難易度に及ぼす効果に関する調査研究, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 26, No. 1, pp. 22–31 (2021).
- [9] 秀未智, 畑田裕二, 葛岡英明, 鳴海拓志: ソーシャル VR における交友関係の性質と形成プロセスに関する予備調査, 第 27 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2022).
- [10] 増田真也, 坂上貴之: 調査の回答における中間選択, 心理学評論, Vol. 57, No. 4, pp. 472–494 (2014).