

# 他者アバタの存在が自己アバタの身体所有感に与える影響

## The effect of coexistence with other avatars on the sense of embodiment of self-avatar

伝 真実<sup>1</sup>, 永留 菜花<sup>1</sup>, 松室 美紀<sup>2</sup>, 柴田 史久<sup>1</sup>, 木村 朝子<sup>1</sup>

Mami Tsutae, Nanoka Nagatome, Miki Matsumuro, Fumihisa Shibata, Asako Kimura

<sup>1</sup>立命館大学大学院情報理工学研究科, <sup>2</sup>Department of Communication, Cornell University  
[tsutae@rm2c.ise.ritsumei.ac.jp](mailto:tsutae@rm2c.ise.ritsumei.ac.jp) (伝)

### 概要

VRにおける他者アバタの存在感や、その大きさを左右する要因に関する研究はこれまでに多くなされてきた。しかしながら、VRにおける他者アバタの存在が、自己アバタに対して抱く身体化感覚にどのような影響を及ぼすのかについては、未だ十分に検討されていない。本研究では、VR空間において、他者アバタの存在が現実空間と同様に身体化感覚に影響を与えると仮定し、実験参加者の身体化感覚に及ぼす影響を調査した。結果、身体所有感の増加には、他者アバタの存在だけでなく、共通の目標を持って行動をすることが必要であることが示された。

### 1. はじめに

人間は成長に伴い、自然と自己と他者を区別することを身につける。この時、自分に向けた意識は「自己意識」と呼ばれる。自己意識は、「自身の身体を所有している感覚」を指す身体所有感 (Sense of Body Ownership) と、「自身の行為を制御している感覚」を指す行為主体感 (Sense of Agency) から最小単位が構成されると言われている [1]。

一方で近年、人工現実感 (Virtual Reality; VR) の技術によって、人間は、自身の身体の代替となるアバタを操作することが求められるようになった。先行研究より、自身が操作するアバタ (以下、自己アバタ) を「自身である」と認識するためには、自己アバタに対する身体化感覚 (Sense of Embodiment) の成立が必要となる [2]。感覚の対象を自身からアバタや対象物まで広げた上記の2つの感覚 (身体所有感, 行為主体感), そして、「アバタや身体部位に対する自身の位置感覚」を指す自己位置感覚 (Sense of Self Location) の3つから構成される。

しかし、このうち身体所有感に関しては、自己アバタの外見や動き操作が与える影響が検討の対象となっており [2], 外界, すなわち、他者や環境が与える影響はあまり着目されていない。

本研究では特に、空間を共有する他者に焦点を当て、その影響を調べる。リモートワークの普及や、メタバースの台頭に伴い、VR技術のコミュニケーションツールへの応用が進んでいる。これまで、VRにおける他者が操作するアバタ (以下、他者アバタ) の存在感や、その大きさを左右する要因に関する研究が多くなされてきた [4] [5]。しかしながら、VRにおける他者アバタの存在感が、自己アバタに対して抱く身体化感覚, すなわち、VRにおける自己意識の形成にどのような影響を及ぼすのかについては、未だ十分に検討されていない。

自己を強く意識する、すなわち自己意識が高まる状況として、「鏡に映る自分の姿を見る」「録音した自分の声を聞く」といったもののほか、「他者に見られている」という状況においても高まることが知られている。またそのような状況下で、人は他者の目を気にして自身の外見に気を使ったり、振る舞い方をコントロールしたりする傾向にあることが、先行研究 [1] より明らかになっている。

そこで本稿では、VR空間における身体所有感・行為主体感への他者アバタの影響を検討することで、VR空間における自己意識の形成メカニズムを目指す。

### 2. 本研究の目的

本稿では、第一に、視覚刺激としての他者の存在, すなわち、他者アバタとの共存が、自己アバタの身体化感覚に与える影響を分析する。VRシステムを用いた環境において、自己アバタのみの状況下や他者アバタと共存する状況下を再現し、身体所有感, 及び行為主体感を比較する。

第二に、他者アバタと共存するVRシステムにおいては、視覚刺激として他者アバタが存在するだけでなく、他者アバタとのインタラクションが発生する場面が想定される。そこで、他者アバタと同一のVR空間に共存しながら、他者アバタと競い合う、協力するといったインタラクションを通して、身体所有感, 及び行為主体感の生起のしやすさに変化があるのかを確認する。

これらの実験は、課題、手続き参加者等がほぼ共通しているため、実験 a, b として以下にまとめて記述する。

### 3. 実験 a, b

実験 a では参加者が 1 人で課題を行った場合と、他者アバターと同じ空間で課題を行った場合の身体所有感を比較した。3 つ目の条件として、共存するアバターが他者に操作されているかどうかの効果を確認するため、課題中動かないアバターを配置した。実験 b ではペアとの競争または協力の課題を行った。参加者は課題中、パートナーに注意を配る必要があった。

#### 3.1. 参加者

実験は 2 人 1 組で行われた。ほとんどの参加者は、実験前から知り合いや友人としてお互いを知っていた。実験 a は全体で 8 組、合計 16 人が参加した。参加者は全員、大学院生または学部生の男子学生であった。16 人は HMD の使用経験があり、2 人は経験がなかった。実験 b では、実験 a と同じ学部生と大学院生が参加した。実験 a と実験 b の間には 1 日以上の間隔を開けた。実験 b には 1 組が参加できず、参加者は 7 組であった。

#### 3.2. 課題

課題には VR 空間における簡単なリーチング課題を用いた。課題は図 1 のように椅子に座った状態で行い、現実と VR 空間ともに参加者の前に机が配置された。参加者は待機位置である机上の黒い四角に手を置き課



図 1 実際の実験の様子



(a) 他者アバタなし条件 (b) 他者アバタあり・動きあり条件

図 2 実験に用いた VR 環境

題を始める。参加者は、図 2 のように、目の前の 8 つの場所のいずれかにランダムに現れる立方体に右手で触れ、立方体が消えたら黒い四角の上に戻すよう求められた。その際、ベースラインとなる身体所有感が高くなりすぎないように、そして、後に記述するドリフト量の測定のために、アバタの右手は実際の手から 10cm 右へずれて表示された。課題は 1 分間続き、その間、参加者はリーチングを続けた。速さ、正確さに関する特別な教示は与えず、ただ立方体に触れるよう教示した。

実験 b では、同様の課題を用い、参加者に競争的または協力的なゴールを与えた。競争条件では、参加者はパートナーよりも早く立方体に触れることを目標とした。より早く立方体に到達した参加者には、フィードバック音が提示される。協力条件では、パートナーと同時に立方体に触れることを目標とした。両者が 0.5 秒以内に立方体に触れれば成功音が、そうでなければ失敗音が提示される。立方体は、ペアの両参加者に、同じ場所に同じ色で表示された。

両実験において、リーチング課題後に身体所有感 [7]、行為主体感 [7]、セルフプレゼンス [8]、ソーシャルプレゼンス [9] に関する質問紙に回答させた。ソーシャルプレゼンスを図る指標は 3 区分あり、相手と共存しているかどうかの感覚を指す下位尺度である Co-Presence (Co-P)、相手にどの程度注意を向けているかを指す下位尺度である Attentional Allocation (AA)、相手の行動がどの程度自分に影響するかを指す下位尺度である Perceived Behavioral Independence (PBI) である。この回答を主観指標として用いる。

また、身体所有感の客観指標として、固有受容感覚ドリフト量の計測を行った。参加者は両手を机上におき、目を閉じた状態で行う。実験者が参加者の右手を覆うように机上台を設置し、その上から参加者に右手の中指があると思う位置を、左手の人差し指で指し示させた。実際の右手中指からのずれをドリフト量とした。

#### 3.3. 手順

実験参加者は常に 2 人組で実験に参加した。実験の説明の後、リーチング課題前のベースラインとなるドリフト量の測定を行った。測定後すぐにいずれかの条件でリーチング課題を実施した。課題の終了後に再びドリフト量の測定を行い。その後、HMD を外し、質問紙への回答を行わせた。

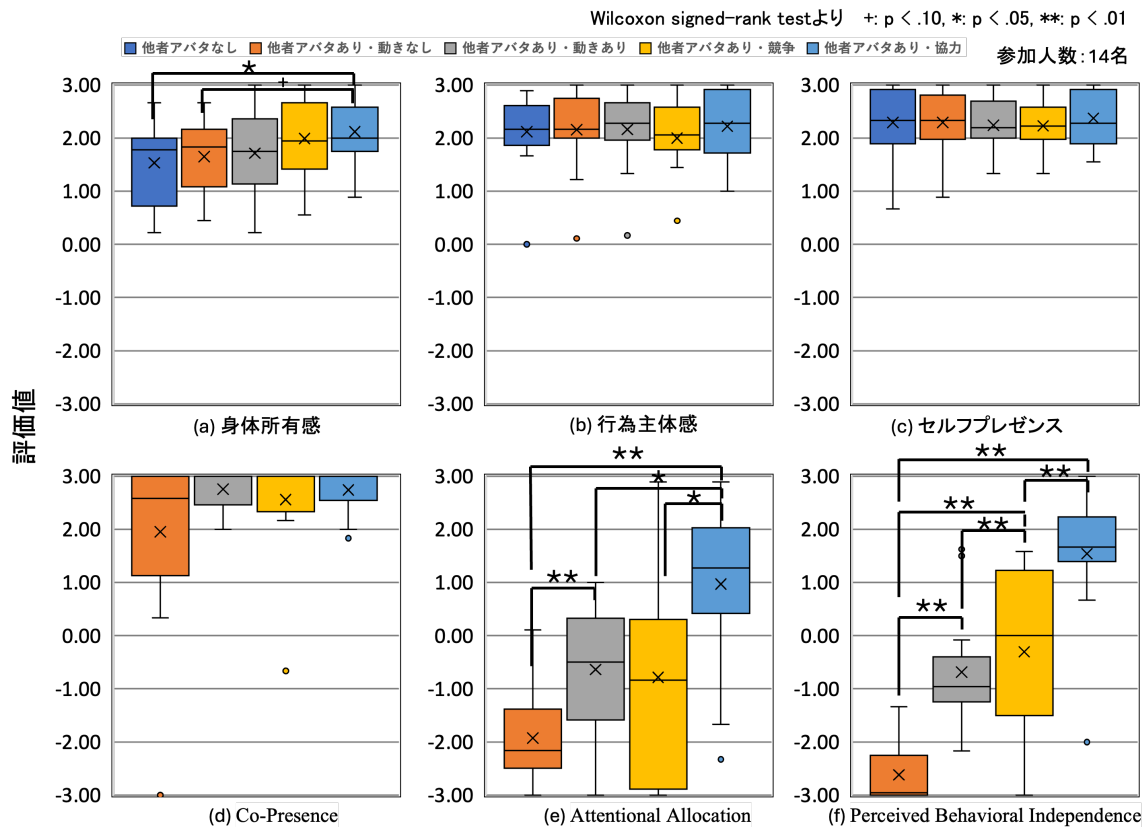


図3 主観評価の結果

条件間のドリフトのキャリーオーバーを防ぐため、各条件の最初に HMD を装着せずに、指定した位置に手を動かす課題を行った。

実験 a, b とともに課題の目標の教示が異なること以外は同様の手続きで実験を行った。各実験内で条件の順

番のカウンターバランスがとられたが、実験 a, b は常にその順で行われた。これは一度でも、パートナーを意識して課題を行ってしまうと、パートナーを気にしないことが難しくなるためである。両実験の参加者、手続きは共通しているため、結果は合わせて分析した。

#### 4. 結果

本実験では、身体化感覚の中でも、特に身体所有感に着目して分析を行う。そのため、実験 a では身体所有感の主観評価において、四分位範囲を用いて外れ値を検出した結果、1 名の実験参加者のデータが外れ値であったため、分析対象から除外した。この 1 名は実験 b に参加できなかったペアの一人であるため、ペアごと除外し分析を行った。

課題後のアンケートで得た主観評価の結果を図 3 に示す。各項目に対して、フリードマン検定を用いて、条件の影響を分析した。主効果が有意であった項目に関しては、ホルムの方法を用いて有意水準を調整したウィルコクソンの符号付順位和検定により多重比較を行った。

身体所有感 ( $\chi^2(4) = 20.116, p < 0.001$ )、および、ソーシャルプレゼンスに関する下位尺度全て (Co-P  $\chi^2(3) =$

$8.837, p = 0.032$ ; AA  $\chi^2(3) = 24.556, p < 0.001$ ; PBI  $\chi^2(3) = 35.717, p < 0.001$ ) において主効果が有意であった。多重比較により確認された有意差を図中に記載した。

身体所有感は、他者アバタあり・協力条件では他者アバタなし条件と比べて有意に得点が大きく ( $p = 0.033$ )、他者アバタあり・動きなし条件と比較すると有意傾向で大きく生起することが示された ( $p = 0.058$ )。

ソーシャルプレゼンスに関して、Co-P については、条件間に有意差はなかった ( $ps > 0.120$ )。AA, PBI に関しては、確認された有意差を図中に記載した。AA については、他者アバタあり・協力条件において他の 3 条件よりも有意に得点が高かった ( $ps < 0.030$ )。さらに、他者アバタなし条件より他者アバタあり・動きなし条件の方が有意に得点が高かった ( $p = 0.008$ )。また、PBI に関しては、全ての条件間に有意な差があった ( $ps < 0.007$ )。

行為主体感 ( $\chi^2(4) = 1.470, p = .832$ )、セルフプレゼン

スは ( $\chi^2(4) = 2.065, p = .724$ ) 全体的に得点が高く、条件の効果は有意ではなかった。

続いて、各質問紙への回答に関連があるかを調べるため、反復測定相関分析を行った。本研究の焦点である身体所有感に着目すると、行為主体感、セルフプレゼンス、そして PBI との間に有意な正の相関があった (行為主体感:  $r(55) = .4307, p < .01$ , セルフプレゼンス:  $r(55) = .2985, p < .05$ , PBI:  $r(41) = .3726, p < .05$ )。

最後に、身体所有感の客観評価として、ポストテストからプレテストの右手のドリフト量を引いたドリフト量の変化量を図4に示す。Shapiro-Wilk 検定とデータの分布をヒストグラムで確認した結果全ての条件において正規分布が確認された。そのため、反復測定分散分析を用いて、他者アバタとのインタラクションによる右手のドリフト量の変化量の比較をした結果、条件間で有意差は確認されなかった ( $F(4, 52) = .448, p = .773$ )。

## 5. 考察

実験 a, b を通して、自己アバタへの身体所有感の大きさについて、他者アバタと共存するだけの状況下では他者アバタへのソーシャルプレゼンスは影響しないことを確認した。一方、他者アバタと協力するような状況下において、自己アバタへの身体所有感を高く知覚することを確認した。加えて、PBI と身体所有感の間に正の相関があった。

以上から、他者アバタが自己アバタと別の者として存在しているだけでなく、自己の動きに注意を向け

て反応することが身体所有感の生起に重要であると考えられる。競争条件では、一部の参加者がパートナーを気にせず、ただ素早く動こうとしたとコメントしていた。そのため、協力条件ほど身体所有感が上がらなかった可能性がある。

本実験の問題点として、参加者内デザインであるが、協力、競争条件が常に後半に行われていることが挙げられる。それまでのリーチング経験が、後の実験結果に影響していた可能性が捨てきれない。参加者デザインを用いる等のより正確な結果が得られるデザインでの追試が必要である。

## 6. 結論

本稿では、他者アバタの参加者が自己アバタに持つ身体所有感への影響について検討を行った。実験の結果、協力するインタラクションを通して、他者アバタと自己アバタの行動の関連性について強く意識することによって、自己アバタへの身体所有感を高く知覚する可能性が示された。今後は、実験デザインの改良を含め、どのような感覚がどのように身体所有感へと影響するのか検討を進めていく。

## 文献

- [1] Gallagher, S., (2000) "Philosophical conceptions of the self: Implications for cognitive science," *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 4, no. 1, pp. 14–21.
- [2] Kiltner, K., Groten, R., & Slater M., (2012) "The sense of embodiment in virtual reality," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 21, no. 4, pp. 373–387.
- [3] 小川奈美. (2021)"VR 空間における身体化感覚". 心理学ワールド/日本心理学会編, Vol. 94, pp. 17–20.
- [4] Kim, J., H. Kim, Tay, B. K., Muniyandi, M., Srinivasan, M. A., Jordan, J., *et al*, (2004) "Transatlantic touch: a study of haptic collaboration over long distance," *Presence*, vol. 13, no. 3, pp. 328–337.
- [5] Appel, J., von der Pütten, A., Krämer, N. C., & Gratch, J., (2012) "Does humanity matter? analyzing the importance of social cues and perceived agency of a computer system for the emergence of social reactions during human-computer interaction," *Adv. Hum. Computer Inter.*, 324694.
- [6] Scheier, M. F., (1980) "Effects of public and private self-consciousness on the public expression of personal beliefs," *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 39, no. 3, pp. 514–521.
- [7] Kalckert, A., & Ehrsson, H. H., (2012) "Moving a rubber hand that feels like your own: a dissociation of ownership and agency," *Frontiers in human neuroscience*, Vol. 6, No. 40.
- [8] Witmer, B. G., & Singer, M. J., (1998) "Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire," *Presence*, Vol. 7, No. 3, pp/ 225–240.
- [9] Harms, C. & Biocca, F. A., (2004) "Internal Consistency and Reliability of the Networked Minds Measure of Social Presence," *Seventh Annual International Workshop: Presence*.

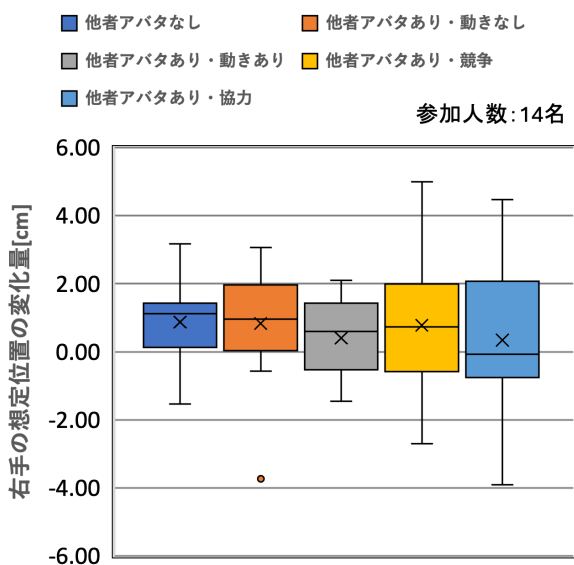


図4 ドリフト量の変化量