



身体の数が増える複数身体への所有感に及ぼす効果

近藤亮太¹⁾, 杉本麻樹¹⁾

1) 慶應義塾大学 (〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, ryota.kondo@keio.jp, maki.sugimoto@keio.jp)

概要: バーチャルリアリティを用いることで、生得的でない 1 つの身体や複数の身体に対して、自分の身体のような感覚 (身体所有感) が生起する。しかし、身体の数と所有感の関係は明らかとなっていない。1 体, 2 体, 4 体のアバタの身体所有感を調べた研究では、身体の数が多いほどアバタ 1 体の所有感の強さに近づく傾向があった。そこで、本研究では、身体の数を増やすことで、複数身体に対する所有感が強くなるか調べた。実験では、参加者の運動に同期して動く複数アバタを縦に並べて提示し、参加者はヘッドマウントディスプレイを通して複数アバタを一番後ろのアバタの位置から観察した。その結果、予想とは反対に、身体の数が多いほど所有感は弱くなった。

キーワード: 身体所有感, 複数身体, 自己位置感覚

1. はじめに

バーチャルリアリティ (VR) を用いることで、生得的でない 1 つの身体[1], [2]や複数の身体[3]-[5]に対して、自分の身体のような感覚 (身体所有感[6]) が生起する。Heydrich ら[3]は、参加者の背中と 2 体のアバタの背中を同時に刺激し、参加者がアバタの背中を観察すること (視覚・触覚同期) で、2 体のアバタに対して所有感が生起した。Guterstam ら[5]は、1 PP から 2 体のマネキンを観察した際、視覚・触覚同期刺激を与えた方のマネキンにのみ所有感が生じ、両方のマネキンに対して同時に刺激を与えると両方に所有感が生起することを報告している。

Miura らの研究[4]では、4 体のアバタの視点を 1 画面に表示し、参加者が一人で 4 体のアバタを操作することで、4 体すべてのアバタに所有感を誘発している。このように、複数の身体に所有感が誘発できることがわかっているものの、身体の数と所有感の関係は明らかとなっていない。彼らの研究では、2 体のアバタの所有感は 1 体よりも弱い。1 体と 4 体の間では所有感に統計的有意差が見られていない。そのため、身体の数を増やすことで、複数身体に対する所有感が強くなるのではないかと考えた。本研究では、身体数を 1 体, 2 体, 4 体, 8 体と増やすことで、身体所有感が強くなるか調べた。

また、Miura らの研究[4]では、アバタが中央のオブジェクトを囲う特殊な配置であり、複数の視点を 1 つの画面で見るという監視カメラのような観察方法だったため所有感の低下が危惧された。そのため、本研究では、すべてのアバタを縦に並べ、参加者は一番後ろのアバタの頭の位置から 1 PP で観察するようにした。また、アバタを縦に並べ、すべてのアバタが同じ動きをすることで、一つのまとまりとして知覚 (群化[7],[8]) され、1 つの身体への所有感

に近い状態にできるのではないかと考えた。ヒトの意識は一つであることから、複数のアバタであっても一つにまとまっていれば、1 つの身体と同様に強い所有感が生起すると予想した。

2. 方法

2.1 装置と刺激

24 名の参加者がモーションキャプチャスーツ、ヘッドマウントディスプレイ (HTC Vive Pro Eye) を身に付け、Vive コントローラーを両手に持った状態で、コンピュータによって作成された VR 空間を観察した。VR 空間には参加者の運動に同期して動く 1 体 (1B), 2 体 (2B), 4 体 (4B), または 8 体 (8B) のアバタが提示され、参加者はアバタを 1 人称視点から観察した (図 1)。アバタが複数ある場合、アバタは参加者の前方にまっすぐ縦に並んだ状態で提示され、参加者の視点は一番後ろのアバタの頭の位置にあった。つまり、参加者の身体と同じ位置に 1 体のアバタがあり、それ以外のアバタは参加者の前方に提示された。参加者の動きは 24 台モーションキャプチャカメラ (OptiTrack) によってトラッキングされた。

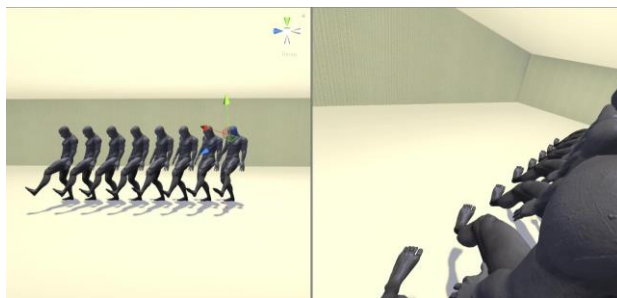


図 1: 8B 条件におけるアバタのレイアウト (左), 観察者の視点 (右)

2.2 Mental Imagery Task (MIT)

実験では、参加者の自己位置を計測するため、Mental Imagery Task (MIT)[2]を実施した。前方の身体に所有感が生じた場合、自己位置が前方にドリフトすることがわかっている[2]。本研究では、縦に並んだアバタに所有感が生じた場合、前方へ自己位置がドリフトすると予想した。また、アバタの数が多いほど、身体所有感が強くなり、ドリフトも大きくなると考えた。MITでは、VR空間内で参加者の前方に赤いボールが出現したあと、参加者に向かって移動し、移動開始から3s後に画面が暗転した。参加者は、暗転後もボールの運動を予想し、自分の右足にぶつかったと感じたタイミングでボタンを押すよう教示された。これを1ブロックあたり3回繰り返した。

2.3 手続き

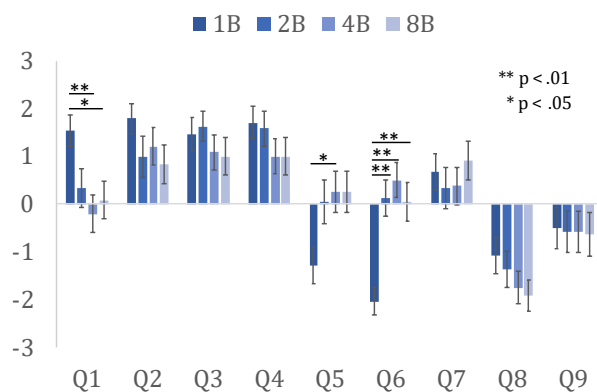
実験では、最初にMITの練習を1ブロック行ったあと、ベースラインとしてMITを1ブロック実施した。その後、身体所有感を誘発するため、2分間音に従ってアバタを動かした(学習セッション)。そして再びMITを1ブロック行い、最後に主観評定を実施した。参加者は身体知覚に関する項目に7段階のリッカート尺度(-3:全く感じなかった,+3:非常に強く感じた)で答えた。学習セッションから主観評定までの手続きを各身体条件1回ずつランダム順で合計4回実施した。

3. 結果

主観評定の結果に対してウィルコクソンの符号順位検定、MITの結果に対しては反復測定1元配置分散分析を行った。

3.1 主観評定

Q1では、アバタが1体のほうが4体や8体よりもすべてのアバタに対する身体所有感が強くなった(図2 1B vs. 4B: $z = 3.08, p = .0078, r = .63$; 1B vs. 8B: $z = 2.65, p = .039, r = .54$)。1体と2体の間には有意差は見られなかった($z = 2.37, p = .098, r = .48$)。Q2では、アバタの数に関わらず、すべてのアバタに対する強い行為主体感(自分の運動である感覚[6])が報告された。Q3はある一つの身体に対する所有感であり、どの条件においても強い所有感が誘発され、条件間に差は見られなかった。Q4のある一つの身体に対する行為主体感においても同様の結果となった。Q5は、主観的な自己位置ドリフトに関する項目であり、4体のアバタのほうが1体よりも、より強く前方へ広がったように感じた($z = -2.62, p = .044, r = .53$)。Q6では、身体が複数になることで、1体の場合よりも、自分の身体が複数になったように感じた(1B vs. 2B: $z = -3.75, p < .001, r = .76$; 1B vs. 4B: $z = -3.84, p < .001, r = .78$; 1B vs. 8B: $z = -3.48, p < .001, r = .71$)。Q7では、アバタの数に関わらずアバタが一つにまとまって見えると報告された。Q8とQ9はコントロール質問であり、条件間に有意差は見られなかった。



Q1	すべてのバーチャルな身体が自分の身体のように感じた
Q2	すべてのバーチャルな身体の動きが自分の動きのように感じた
Q3	ある一つのバーチャルな身体が自分の身体のように感じた
Q4	ある一つのバーチャルな身体の動きが自分の動きのように感じた
Q5	自分の身体が前方へ広がったように感じた
Q6	自分の身体が複数になったように感じた
Q7	すべてのバーチャルな身体が一つにまとまって見えた
Q8	自分が裸になったように感じた
Q9	バーチャルな身体が意思を持っているように感じた

図2: 主観評定の結果。エラーバーは標準誤差。

3.2 MIT

各条件におけるボールを止めた位置から、ベースラインブロックのボールを止めた位置を引いたものを自己位置のドリフトとして解析した。解析では、ボタンを押してない試行があった参加者2名を除外した。数が増えるほど身体所有感が強くなり、自己位置ドリフトも大きくなると予想したが、ANOVAで主効果や交互作用は見られなかった($F(3, 63) = 0.90, p = .44, \eta_p^2 = .041$)。

4. 考察

本研究では、身体の数を増やすことで身体所有感が強くなるか調べた。実験の結果、アバタが1体の条件でアバタ4体や8体の条件よりもすべてのアバタに対する身体所有感が強くなった。そのため、身体の数を増やした場合、予想とは反対に複数身体に対する所有感が弱くなることが示唆された。

これは、1体と4体で所有感に有意差がなかったMiuraらの研究[4]と異なる結果である。アバタを観察する視点の原因として考えられる。Miuraらの研究[4]では、それぞれのアバタの1PP映像が一面に分割提示されていた。それは監視カメラの映像に近く、1PPと比較すると所有感が弱くなると考えられるが、すべての視点でアバタの見え方が同じだった。本研究では、複数の身体が一つにまとまって知覚されるように、アバタを縦に並べて提示し、一番後ろのアバタの位置から一人称視点で観察した。そのため、アバタが4体以上の条件では、前のアバタが観察しづらい状態だった。加えて、観察者の身体から遠いアバタは所有

感が減衰する[9]ため、アバタの数が多条件は所有感が減少したと考えられる。

本研究では、アバタを縦に並べることで、複数のアバタを一つのまとまりとして知覚（群化[7],[8]）させ、一つの身体の所有感に近い状態にすることで、所有感が強くなると予想した。Q6では複数身体感覚が弱く、Q7ではある程度まとまりは知覚されていたものの、複数身体所有感には関わっていないと思われる。一方で、ある一つの身体に対する所有感強く、条件間で有意差が見られなかった。これは、複数身体が提示されている場合においても、一つの身体に対する所有感変化しないことを意味する。

今回、自己位置ドリフトで有意差が見られなかった理由としては、複数身体所有感が弱かったこと、アバタが縦に並んでいたことで一番前のアバタの位置が分かりづらかったことが影響していると思われる。アンケートにおいても、主観的な前方へのドリフト（Q5）が複数身体条件でアバタ1体条件よりも強くなったものの、スコアは0付近であり、非常に弱かった。そのため、主観的にも客観的にもドリフトは生起していないと考えられる。

謝辞 本研究は JST ERATO JPMJER1701 及び JSPS 科研費 JP22K17938 の助成を受けた。

参考文献

- [1] M. Gonzalez-Franco, D. Perez-Marcos, B. Spanlang, and M. Slater, "The contribution of real-time mirror reflections of motor actions on virtual body ownership in an immersive virtual environment," in *2010 IEEE Virtual Reality Conference (VR)*, IEEE, 2010, pp. 111–114. doi: 10.1109/VR.2010.5444805.
- [2] E. Nakul, N. Orlando-Dessaints, B. Lenggenhager, and C. Lopez, "Measuring perceived self-location in virtual reality," *Scientific Reports* 2020 10:1, vol. 10, no. 1, pp. 1–12, Apr. 2020, doi: 10.1038/s41598-020-63643-y.
- [3] L. Heydrich *et al.*, "Visual capture and the experience of having two bodies – evidence from two different virtual reality techniques," *Front Psychol*, vol. 4, p. 946, 2013, doi: 10.3389/fpsyg.2013.00946.
- [4] R. Miura, S. Kasahara, M. Kitazaki, A. Verhulst, M. Inami, and M. Sugimoto, "MultiSoma: Motor and Gaze Analysis on Distributed Embodiment With Synchronized Behavior and Perception," *Front Comput Sci*, vol. 0, p. 55, May 2022, doi: 10.3389/FCOMP.2022.788014.
- [5] A. Guterstam, D. E. O. Larsson, J. Szecotka, and H. H. Ehrsson, "Duplication of the bodily self: a perceptual illusion of dual full-body ownership and dual self-location," *R Soc Open Sci*, vol. 7, no. 12, p. 201911, Dec. 2020, doi: 10.1098/RSOS.201911.
- [6] S. Gallagher, "Philosophical conceptions of the self: Implications for cognitive science," *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 4, no. 1. Elsevier Current Trends, pp. 14–21, Jan. 01, 2000. doi: 10.1016/S1364-6613(99)01417-5.
- [7] M. Wertheimer, "Laws of organization in perceptual forms.," *A source book of Gestalt psychology.*, pp. 71–88, Aug. 1938, doi: 10.1037/11496-005.
- [8] M. Wertheimer, "Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II," *Psychologische Forschung*, vol. 4, pp. 301–350, 1923.
- [9] A. Maselli and M. Slater, "Sliding perspectives: Dissociating ownership from self-location during full body illusions in virtual reality," *Front Hum Neurosci*, vol. 8, p. 693, Sep. 2014, doi: 10.3389/FNHUM.2014.00693/ABSTRACT.