



バーチャル分身所有感における課題特性の効果

Effects of task characteristics on the sense of virtual alter ego ownership

成川 駆武人¹⁾, HAPUARACHCHI, HARIN¹⁾, 小野 寺 琉¹⁾, 北崎 充 晃¹⁾

Kabuto NARUKAWA, Harin HAPUARACHCHI, Ryu ONODERA and Michiteru KITAZAKI

1) 豊橋技術科学大学 大学院工学研究科 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, narukawa.kabuto.aa@tut.jp, harinmanujaya@gmail.com, onodera.ryu.bt@tut.jp, mich@tut.jp)

概要: 一人で複数の身体を操作する「バーチャル分身」が研究されている。これまで複数の分身アバターを同期して同時並列的に操作するものが開発され、その心理・行動特性が調べられているが、遅延された分身アバターに関する研究はなかった。本研究では、身体運動に対して遅延時間の異なる複数のアバターを同時に操作するバーチャル分身を実装し、遅延のあるアバターに機能性を与えることで遅延による身体性の低下を軽減できるという仮説 (機能性仮説) を立て、実験による検証を行った。遅延のあるアバターでも、創造的運動を課し機能性を持たせることで、遅延の無い身体でしかできないリーチング課題に対して、身体所有感の低下を軽減できることが示された。

キーワード: 複数身体、分身、身体性認知

1. はじめに

バーチャルリアリティ (VR) 技術を活用することで私たちは自分の身体の一部を変更したり、あるいはそれらの部分の制御を維持したまま、自分の身体に新たな身体を追加したりすることができる。その中に、身体を追加し、一人で複数のアバターを操作するバーチャル分身がある。これまで取り組まれてきた複数身体システムでは、複数の分身アバターを異なる向きや位置で、同時並列的に操作するものがある[1]。複数の身体を疑似一人称視点で観察するために、頭部搭載型ディスプレイ (HMD) で複数のアバターの視点からの映像を分割して提示するシステムを用いた研究では、人は注意を切り替えることで複数身体を操作できることが示されている[2]。

自分とは異なる身体を自己身体化する際には、視覚触覚同期や身体運動同期に加えて、その新しい身体部位が機能を持ち、役立つことが必要であるという身体性に関する機能性仮説が提唱されている[3]。本研究では、自分自身の身体運動に対して、異なる遅延時間を与えた複数のアバターを同時に操作するバーチャル分身を実装し、遅延のあるアバターに機能性を与えることで遅延による身体性の低下を軽減できるという仮説 (機能性仮説) を立て、実験による検証を目的とした。

2. 方法

複数の身体が身体感覚に与える影響を調べることと機

能性仮説を検証することを目的に、1つまたは複数 (2体、3体) の身体を操作し、創造的動きをする自由課題と提示された対象へ手を伸ばすリーチング課題を与え実験を行った。

2.1 参加者

実験の目的を知らない 24 名の大学生、大学院生 (男性 24 名、平均年齢 21.33 歳、SD0.85、VR 経験者 23 人) が実験に参加した。参加者は全員裸眼視力または矯正視力が正常であった。参加者は、インフォームドコンセントを理解し、署名した上で実験に参加した。本実験は、豊橋技術科学大学における人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て実施された。

2.2 装置

実験では、コンピュータ (iiyama LEVEL-R969-LC129-WAX [Windows11 Home], メモリ 32GB, 12th Gen Intel(R) Core(TM) i9-12900 2.40GHz, NVIDIA GeForce RTX 3080 Ti 12GB) で動作・制御し、ヘッドマウントディスプレイ (VIVE Pro EYE 片目あたり 1440(幅)×1600(高さ)ピクセル (合計 2880 x 1600 ピクセル), 視野角 110°, 90Hz) によって視覚刺激を提示した。身体のトラッキングには、モーションキャプチャスーツと反射マーカをモンションキャプチャカメラシステム (OptiTrack PrimeX 22 12 台) で計測して実現した (OptiTrack Motive 3.0.0)。実験プログラムは、Unity (2021.3.25 f1) で作成した。

2.3 刺激

奥行き 5m, 幅 10m, 高さ 6m のバーチャルな 3D 空間の床の中心を参加者の立ち位置とし, 正面の 2.5m 先に縦 6m × 横 10m の鏡を設置し, 参加者が自分の分身アバターを観察できるようにした。

機能性仮説を検証するための課題条件として, リーチング課題と自由課題を設定した。リーチング課題では, 参加者はアバターを操作して, 身体の周りに出現するターゲットオブジェクト (直径 10cm の赤色の球) に対して, 左右いずれかの手でリーチングすることが求められた。ターゲットオブジェクトは, 参加者の立ち位置の床から 120cm の地点を中心として, 水平方向に -45 度 (左斜め) から $+45$ 度 (右斜め) (図 1), 垂直方向に -70 度 (斜め下) から $+45$ 度 (斜め上) (図 2) の身体前面の範囲内で, かつ中心から 60cm 離れた地点から 120cm の範囲までにランダムで出現した。リーチングでは原則的に遅延の無い身体で最初に触ることになり, 遅延のある分身は役に立たない。

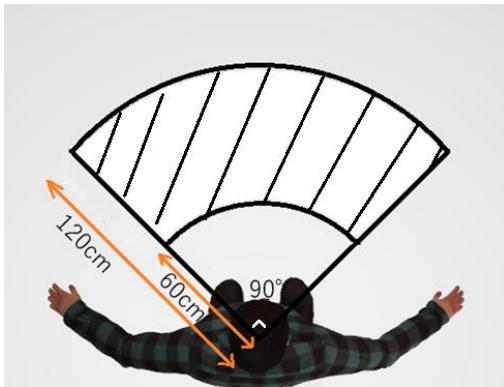


図 1 : ターゲットオブジェクトの水平方向の出現範囲

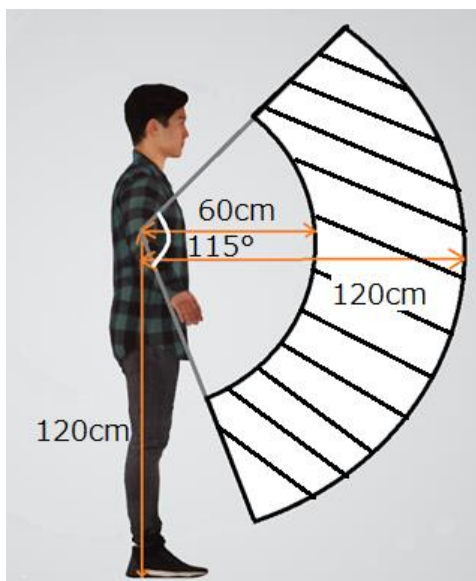


図 2 : ターゲットオブジェクトの垂直方向の出現範囲

自由課題では, 参加者は VR 空間で作成した部屋でアバターを操作し, 見て楽しく感じるような創造的動作を行う

よう求められた。この課題では, 創造性を発揮するためにさまざまな動きをすることで, 遅延のある分身も有効活用できる。

身体条件には 3 種類あり, 操作するアバターが 1 体, 2 体, 3 体の 3 条件あった。アバターには, 参加者の身体運動を即時反映した黄色のアバターが 1 体, 黄色のアバターの運動に 1s の遅延をいれた赤色のアバターが 1 体, そして赤色のアバターの運動に 1s の遅延をいれた青色のアバターが 1 体とした。1 体条件では, 黄色のアバターのみの操作, 2 体条件では, 黄色のアバターと赤色のアバターの操作, 3 体条件では, 黄色のアバターと赤色のアバター, 青色のアバターの操作であった (図 3)。



図 3 : 体条件 : 黄色のアバター (遅延無し) と赤色のアバター (1s 遅延) と青色のアバター (2s 遅延)

2.4 手続き

参加者はモーションキャプチャスーツを着用し, マーカーを付け, HMD を装着した。VR 空間の部屋には参加者アバターの前方 2.5m 先に鏡があり, 自身のアバターを観察できた。実験条件は被験者内要因で課題条件 2 水準 (リーチング・自由) と身体条件 3 水準 (アバター 1 体・2 体・3 体) の組み合わせ 6 条件をランダムな順で 1 回のみ実施した。

実験開始後, 正面に赤色か青色の球が出現した。この球は出現してから 5 秒後に消えた。最初に出現した球が赤色であれば, 球が消えて 5 秒後に赤色の球が前方のランダムな位置に 10 個出現し, 参加者はそれを左右いずれかの手でリーチングするように求められた (リーチング課題)。球は手が触れると即座に消失した。出現したすべての球を消失することができると 5 秒後に再びランダムな位置に 10 個出現し, 同様のリーチング課題が行われた。最初に出現した球が青色であれば, 球が消えてから 5 秒後に見て楽しく感じるような動作をすることが求められた (自由課題)。リーチング課題と自由課題は, どちらも 5 分間行われた。

5 分間のセッションが終了すると, 身体性に関する質問紙が提示され, それに対して 7 段階のリッカート尺度で回答が求められた (表 1)。赤色と青色のアバターに対しても表 1 の質問内容と同様の質問があり, 複数身体の場合のみ提示された。

表 1 : 質問項目

質問内容	種別
<ul style="list-style-type: none"> 黄色のバーチャル身体が自分の身体のように感じた 黄色もバーチャル身体がだれか他人であるように感じた 	身体所有感
<ul style="list-style-type: none"> 黄色のバーチャル身体を自分で動いているように感じた 黄色のバーチャル身体が勝手に動いているように感じた 	行為主体感
<ul style="list-style-type: none"> まるで複数の体を持っているかのように感じた 	複数身体感

3. 結果

質問項目の身体所有感と行為主体感には逆転項目があり差分でスコアを条件毎に求めた。

1s 遅延の 2 体目 (赤色のアバター) に対して, 分身条件 (2, 3 体) と課題条件 (リーチング, 自由) を独立変数とし質問紙項目の得点を従属変数とした反復測定分散分析を行った。2 体, 3 体条件における 2 体目への身体所有感については, 課題条件 ($F(1,23)=7.087, p=0.014, \eta_p^2 = 0.236$) の主効果のみが有意であり, 身体の数 ($F(1,23)=0.052, p=0.822, \eta_p^2 = 0.002$) と交互作用 ($F(1,23)=0.796, p=0.381, \eta_p^2 = 0.033$) は有意ではなかった。行為主体感についても, 課題条件 ($F(1,23)=12.706, p=0.002, \eta_p^2 = 0.356$) の主効果のみが有意であり, 身体の数 ($F(1,23)=0.016, p=0.901, \eta_p^2 = 6.887 \times 10^{-4}$) と交互作用 ($F(1,23)=0.695, p=0.413, \eta_p^2 = 0.029$) は有意ではなかった (図 4)。つまり, 複数身体を操作している時には, 創造的な自由課題を行う条件でリーチング課題よりも高い身体所有感と行為主体感が示された。

2 体, 3 体条件における各分身対象の複数身体感については, 課題条件 ($F(1,23)=13.323, p=0.001, \eta_p^2 = 0.367$) と身体の数 ($F(1,23)=8.088, p=0.009, \eta_p^2 = 0.260$) の主効果が有意であったが, 交互作用 ($F(2,46)=0.042, p=0.840, \eta_p^2 = 0.002$) は主効果が有意ではなかった (図 5)。つまり, 2 体よりも 3 体を同時に操作する時の方が複数身体を所有している感覚が強く, リーチング課題よりも自由課題で複数身体所有感が高かった。

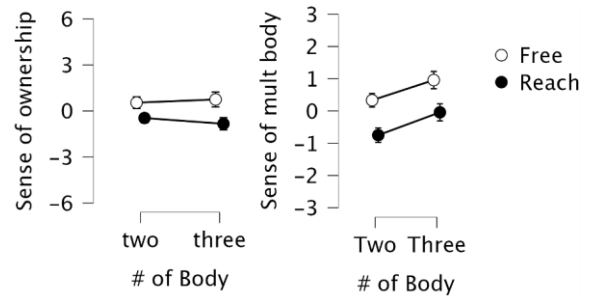


図 4 : 1s 遅延 2 体目に対する 2 体・3 体分身条件での身体所有感 (左) と行為主体感 (右)

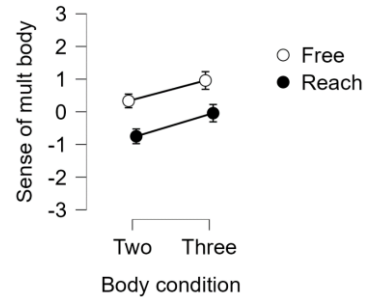


図 5 : 2 体, 3 体条件における複数身体感スコア

4. 考察

遅延して同期する分身に対して, 遅延しない身体よりも身体所有感は下がるものの, 自由な運動をすることで 2 体目以降にも機能性が付与され, リーチング課題よりも高い身体所有感・行為主体感が示された。したがって, 機能性仮説が支持された。したがって, 身体の機能性が身体所有感や行為主体感の低下を軽減できることが示唆された。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 (JP22KK0158, JP23K17460) の補助を受けて実施された。

参考文献

[1] Miura, R., Kasahara, S., Kitazaki, M., Verhulst, A., Inami, M., and Sugimoto, M. (2021). MultiSoma: Distributed Embodiment with Synchronized Behavior and Perception, *Augmented Humans 2021*

[2] Miura, R., Kasahara, S., Kitazaki, M., Verhulst, A., Inami, M., and Sugimoto, M. (2022). MultiSoma: Motor and Gaze Analysis on Distributed Embodiment with Synchronized Behavior and Perception. *Frontiers in Computer Science*, 4:788014, <https://doi.org/10.3389/fcomp.2022.788014>

[3] Aymerich-Franch, L., & Ganesh, G. (2016). The role of functionality in the body model for self-attribution. *Neuroscience research*, 104, 31-37.