

視触覚統合に基づく各身体部位の所有感およびその部位数と全身所有感の関係

門脇 廉太郎

東京大学大学院人文社会系研究科

浅野 倫子

東京大学大学院人文社会系研究科

身体全体を自分のものと感じる感覚(全身所有感)が生起・増加するメカニズムや、全身所有感と身体部位の所有感(部位所有感)との関係を、視触覚統合による人型アバターへの所有感の錯覚を利用して明らかにする目的で実験を行った。被験者は HMD を装着して前方に立つアバターが身体部位を刺激される様子を背後から観察し、同時に現実空間で自己の同じ身体部位に触覚刺激を受けた。刺激部位(背中、右腕、右腕と右脚)と刺激タイミング(アバターの刺激と実際の触覚刺激が時間的に同期 or 非同期)を被験者内で操作した。アバターへの身体所有感を客観指標(自己定位課題における定位のドリフト量)と主観指標(質問紙)により測定した。結果、客観指標では、全身所有感が生起するには2部位以上を同期刺激する必要があると示唆された。しかし主観指標では、1部位を同期刺激すれば全身所有感が生起することを示す結果となり、指標間で乖離があった。全身所有感のメカニズムや部位所有感との関係の解明にはさらなる検討を要する。

Keywords: sense of ownership, full-body ownership, body part ownership, sense of embodiment, virtual reality

問題・目的

「これは自分の身体である」と感じる感覚を身体所有感と呼ぶ。身体所有感に密接に関わる要因の一つとして、視触覚統合がある。視触覚統合とは、視覚情報と触覚情報が統合的に処理されることであり、両情報の入力時間が時間的に同期した際に生じやすい。統合されて同一の原因から情報が入力されていると判断された結果、見えている身体または身体を模した物体に所有感を覚える。

身体所有感には、部位所有感と全身所有感の2つがある。全身所有感について、その詳しい生起・増加メカニズムや、部位所有感との関係は明らかになっていない。O'Kane and Ehrsson(2021)は、マネキンに対して身体所有感錯覚を起こさせる実験を行った。1部位に対して視覚刺激と触覚刺激が同期して与えられると(1部位に部位所有感が生じると)全身所有感が生起し、それ以上刺激部位を増やしても全身所有感は増加しないことを質問紙の結果から示した。しかし、各部位が全身所有感に与える影響の違い(部位特異性)を考慮せず部位数だけで議論しており、加えて客観指標では主張を支持する結果は得られていなかった。

本研究では、刺激部位を変更し、自己定位課題という客観的な課題を用いることで、全身所有感の生起・増加メカニズムや、全身所有感と部位所有感の関係をより精密に検討することを目指した。部位数に関して、「同期刺激を行う部位数を増やすと全身所有感は増加する」という仮説を立てた。部位そのものに関して、「部位特異性が存在する(全身所有感に与える影響が各部位で異なる)」という仮説を立てた。

方法

独立変数として、刺激タイミング(同期(S)、非同期(A)の2水準)、刺激部位(背中、右腕、右腕・右脚(2か

所同時)の3水準)を被験者内要因として設定した。自己定位課題における定位のドリフト量(後述)と、質問紙における評定値を従属変数とした。被験者は、実験を6ブロック行った。各ブロックには、同期-背中条件(以下S背中)、同期-右腕条件(S右腕)、同期-右腕・右脚条件(S右腕・右脚)、非同期-背中条件(A背中)、非同期-右腕条件(A右腕)、非同期-右腕・右脚条件(A右腕・右脚)の6条件のうちいずれかが適用された。

被験者 大学生16人が実験に参加し、実験の目的に気づいた1人を除いて15人を分析に含めた。

実験環境と刺激 VR空間(図1A)：灰色の壁に囲まれた部屋を構築し、被験者視点の2m先に、背を向けて立つアバターを表示した。被験者は、先端が球(直径8cm)になっている棒がアバターの身体部位を30回叩く様子を観察した。棒がアバターを叩くペースは約2秒に1回だった。

現実空間(図1B)：被験者は広い部屋で立った状態でHMDを装着した。VR空間上のアバターと同様の姿勢を取り、VR空間でアバターが叩かれているのと同様の位置を、先端が球になっている棒で優しく30回叩かれた。刺激タイミングについて、同期条件ではアバターが叩かれているのと同時に叩かれ、非同期条件ではアバターが叩かれた1秒後に叩かれた。

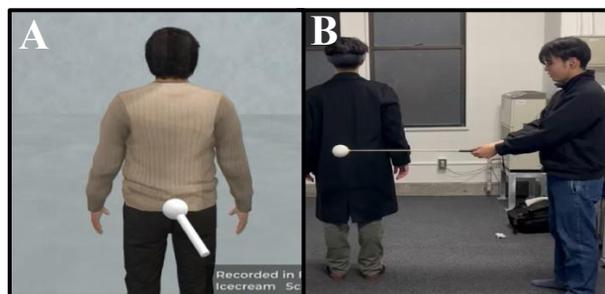


図1. 実験環境と刺激。(B)左が被験者で右が実験者。

手続き 全6つのブロック間に3分間程度の休憩を設け、ブロックの順番についてはカウンターバランスをとった。各ブロックでは、刺激フェーズ、自己定位課題、質問紙の回答が順番に行われた。

刺激フェーズ 被験者は立った状態でHMDを装着し、正面を向いてアバターが30回刺激される様子を観察した。現実空間では自分の身体を30回刺激された。刺激が終了するとHMDの画面は暗転した。

自己定位課題 画面暗転の後、被験者は目を閉じてその場で足踏みし、そのまま実験者の指示で2m後ろに下がった。そこから視覚に頼らず自身の感覚を頼りに元いた位置まで歩いて戻った。元いた位置と被験者が戻った位置の垂直距離(ドリフト量)を客観的指標とした。元いた位置より前に歩いた場合は正の値、元いた位置に到達しなかった場合は負の値として計測した。刺激フェーズで前方のアバターに全身所有感を感じているほど自己位置感覚が前方に移動し、前に歩くことが予想されるため、ドリフト量が大きいほど全身所有感を感じていると解釈できる。課題は

Lenggenhager et al. (2007) を参考にした。

質問紙の回答 全身所有感や各部位(右腕、胴体など)への所有感を感じたかを問う質問に対し、7を「強く同意する」、1を「全く同意しない」とする7件法で回答した。

結果

自己定位課題 途中で計測方法を変更したため、4人を除外し、11人を分析に含めた。ドリフト量の平均を図2に示した。ドリフト量を従属変数として、被験者内2要因の分散分析を行った。その結果、刺激タイミングの主効果 ($F(1,10) = 2.47, p = .15, \eta_p^2 = 0.20$)、刺激部位の主効果 ($F(2,20) = 1.78, p = .20, \eta_p^2 = 0.15$) は有意ではなかった。交互作用では有意傾向がみられた ($F(2,20) = 2.72, p = .09, \eta_p^2 = 0.21$)。単純主効果検定の結果、S右腕・右脚の方がA右腕・右脚よりもドリフト量が有意に大きかった ($F(1,10) = 7.35, p = .02, \eta_p^2 = 0.42$)。また同期条件において、刺激部位の単純主効果の有意傾向が見られた ($F(2,20) = 2.75, p = .09, \eta_p^2 = 0.22$) ため、Shaffer法による多重比較を行ったところ、S右腕・右脚の方がS右腕よりもドリフト量が有意に大きかった ($t(10) = 4.02, p < .01$)。

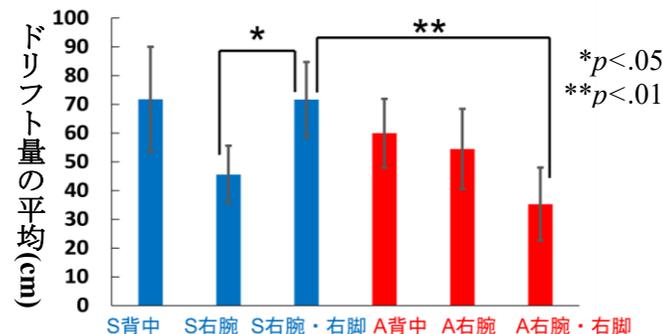


図2. ドリフト量の平均。エラーバーは標準誤差。

質問紙 15人を分析に含めた。O’Kane and Ehrsson (2021) に形式を合わせるため、全身所有感の1~7の評

定を-3~3に変換した。その平均を図3に示す。被験者内2要因の分散分析の結果、同期条件の方が非同期条件よりも優位に評定値が高かった ($F(1,14) = 5.50, p = .03, \eta_p^2 = 0.28$)。刺激部位の主効果 ($F(2,28) = 1.23, p = .31, \eta_p^2 = 0.08$)、 ($F(2,28) = 1.03, p = .37, \eta_p^2 = 0.06$) は有意ではなかった。

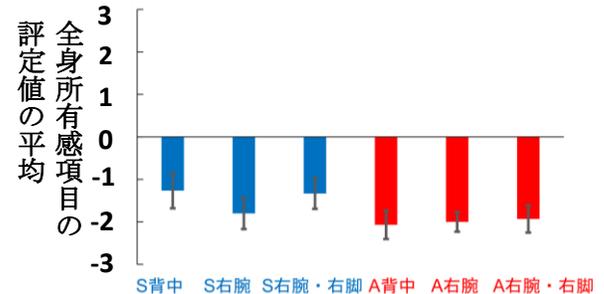


図3. 全身所有感項目の評定値の平均。エラーバーは標準誤差。

考察

仮説「同期刺激を行う部位数を増やすと全身所有感は増加する」について 自己定位課題では、S右腕とA右腕の間に差がなく、S右腕・右脚とA右腕・右脚の間に差があったため、全身所有感の生起には2つ以上の部位を同期刺激する必要があることが示唆された。ただし、S背中とA背中の条件間に、本来期待される差が見られなかったことには注意が必要である。一方質問紙では、同期と非同同期間の差はあったが、S右腕とS右腕・右脚間の差はなかったため、1部位の同期刺激で全身所有感は生起し、部位を増やしても全身所有感が増加しないことが示唆された。つまり本仮説は質問紙の結果からは支持されなかった。O’Kane and Ehrsson (2021) の「同期刺激を行う部位数を増やしても全身所有感が増加しない」という主張と比較すると、本研究の質問紙の結果はこれを支持したが、自己定位課題の結果は支持しなかった。

仮説「部位特異性が存在する」について 自己定位課題では、S背中とS右腕の間に差はなかったがグラフからその傾向がみてとれ、実験手法の改善により仮説が支持される可能性がある。一方、質問紙ではS背中とS右腕の間に差はなく、部位特異性はないことが示唆された。

本実験の問題として、サンプルサイズの小さが挙げられる。また、触覚刺激方法や客観指標の取り方にも改善の余地があり、今後の更なる検討を要する。

引用文献

Lenggenhager, B., Tadi, T., Metzinger, T., & Blanke, O. (2007). Video ergo sum: Manipulating bodily self-consciousness. *Science*, 317(5841), 1096–1099. <https://doi.org/10.1126/science.1143439>

O’Kane, S. H., & Ehrsson, H. H. (2021). The contribution of stimulating multiple body parts simultaneously to the illusion of owning an entire artificial body. *PLoS ONE*, 16(1), e0233243. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233243>