



身体所有感が注意・眼球運動に及ぼす効果

Effect of illusory body ownership on attention and eye movements

小森 匠¹⁾, 石本 浩気¹⁾, Gowrishankar Ganesh²⁾, 杉本 麻樹³⁾, 稲見 昌彦⁴⁾, 北崎 充晃¹⁾

Takumi Komori, Hiroki Ishimoto, Gowrishankar Ganesh, Maki Sugimoto, Masahiko Inami, and Michiteru Kitazaki

1) 豊橋技術科学大学 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, komori.takumi.op@tut.jp, mich@cs.tut.ac.jp)

2) CNRS-UM Laboratoire de Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (LIRMM)

3) 慶応義塾大学理工学部 (〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, sugimoto@ics.keio.ac.jp)

4) 東京大学 工学系研究科 (〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1)

概要: 本当の手とゴムの手を同時に筆でなぞり、ゴムの手のみを見ているとそれがあたかも自分の手のように感じる身体所有感の錯覚が生じる。本研究では、身体所有感の新たな指標の開発のために、身体所有感の有無が注意と眼球運動に及ぼす効果を、バーチャルな手の上に提示した光点の位置弁別反応時間とサッカーボール眼球運動を用いて検討した。その結果、反応時間には身体所有感の効果はなかったが、サッカーボール眼球運動は身体所有感がないバーチャルな手への反応が速かった。

キーワード: ラバーハンド錯覚, 身体所有感, 視触覚統合, 眼球運動, 注意

1. はじめに

自分の身体とは異なる物体が自分の身体であると感じることが身体所有感の錯覚である。本当の手とゴムの手を同時に筆でなぞり、ゴムの手のみを見ているとそれがあたかも自分の手のように感じるラバーハンド錯覚が代表的な現象である[1][2]。この現象は、バーチャル空間内のアバタの手に対しても生じる[3][4]。身体所有感の計測方法には「質問紙を用いた主観評定」、「固有受容感覚のドリフト」、「脅威刺激に対する皮膚電位コンダクタンス反応」などがある。しかし、これらの方法は信頼性や安定性の懸念があり、より簡易で信頼性の高い身体所有感の定量的計測手法の開発が期待される。そこで、注意と眼球運動に着目して、身体所有感の有無によってそれらが影響を受けるかを調べることを目的とした。そのため、バーチャルリアリティ (VR) 空間内で身体所有感を生起させたバーチャルな手あるいは身体所有感の生じない手の上に光点を表示し、それに対する位置弁別の反応時間とサッカーボール眼球運動を計測した。

2. 方法

2.1 参加者

実験の目的を知らない 14 人の被験者が参加した。本実験は、豊橋技術科学大学人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て、その規則に基づいて実施された。全ての被験者実験同意書を理解・合意し、署名したのちに実験に

参加した。実験は実験 1 と実験 2 に分け、2 日間で行われた。

2.2 装置

ヘッドマウントディスプレイ (HMD, HTC Vive Pro Eye, 1440x1600pixel (単眼), 視野角対角 110deg, 90Hz) に視覚刺激を提示し、コンピュータで Unity を介して制御した。光点位置弁別反応時間と主観評定の反応には、フットペダルスイッチを用いた。触覚刺激は、Vive コントローラーに固定した絵筆を用い、VR 空間にも絵筆を提示した。

2.3 刺激と条件

被験者は、椅子に座り左右いずれかの手を机において実験を行った。その手の 10cm 内側にバーチャルな手を提示した。実験者が筆で被験者の手の 5 指をなぞると、VR 空間でも、筆がバーチャルな手の対応する指をなぞった。

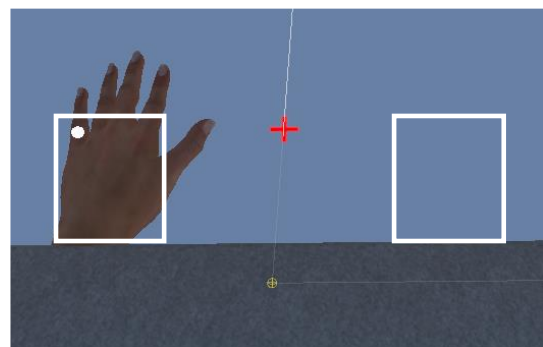


図 1 視覚刺激：左右の白い四角枠（実際には非表示）内のランダムな位置に光点が出現した。

ただし、VRの筆が同期してなぞる条件（同期条件）と2s遅延してなぞる条件（非同期条件）を設定した。各試行では、中央の注視点の左右の領域（図1、手の甲と机）にランダムに光点が出た（左右各20試行、計40試行）。

2.4 手続き

視触覚の同期・非同期条件と手の左右の計4条件はブロック化して行われた。事前の固有受容位置感覚の計測として、暗黒状態で使用する手の位置を反対側の手で机の下から示す方法で3回計測した。次に、実験者がその手を3分間筆でなぞった。その後、光点が左右どちらかに現れ、被験者はそれが左右いずれに現れたかを正確にできるだけ速く回答した。光点が出ている間も筆による触覚刺激は継続した。実験1ではペダルを使って反応し、その反応時間を計測した。実験2では光点へサッカード眼球運動することで、視線到達時間を計測した。課題終了後、再び固有受容位置感覚の計測を3回計測した。最後に身体所有感の主観評定を行った。項目は4問で、リッカート尺度7件法とした（Q1. 筆でなぞられている触覚を、見ているバーチャルハンドの位置に感じた。Q2. バーチャルハンドがまるで自分の手のように感じた。Q3. 自分の本当の手が内側に移動したように感じた。Q4. 自分には実際の手以外に、もう一つ手があるように感じた）。2分以上の休憩の後、次のブロックに移行した。各被験者は触覚の同期・非同期2水準と手の左右の2水準で計4条件を各1ブロックずつランダムな順で行った。

3. 結果

3.1 実験1

主観評定の結果から、同期条件では非同期条件よりもバーチャルな手に身体所有感を感じ、触覚がそこにあるように感じる事が示された。つまり、VR環境でラバーハンド錯覚は追試された。ただし、手の位置の固有受容感覚は同期・非同期条件で差が無かった。

机の上に光点が出たときの反応時間と手の上に光点が出たときの反応時間の差を従属変数として、手の左右と同期非同期条件の被験者内要因2元配置分散分析を行ったところ、手の左右の主効果があり（ $F(1,12)=8.31, p=.014, \eta_p^2=.41$ ）、右手の上に光点が出るときには左手に比べて光点弁別が有意に早かった。ただし、同期・非同期による効果や交互作用はなかった。

3.2 実験2

実験1と同様に主観評定ではバーチャルな手への身体所有感が見られたものの、手の固有受容感覚のドリフトは見られなかった。サッカード眼球運動について実験1と同様の分析を行った。ただし1名は眼球運動が計測出来なかったために除外した。非同期条件において同期条件よりも、手の上に光点が出た時に、机の上に出た時よりも早くなる傾向が見られたが（図2）、同期・非同期条件の主効果は有意ではなかった（ $F(1,11)=3.35, p=.094, \eta_p^2=.23$ ）。手の左

右の主効果も交互作用も見られなかった。

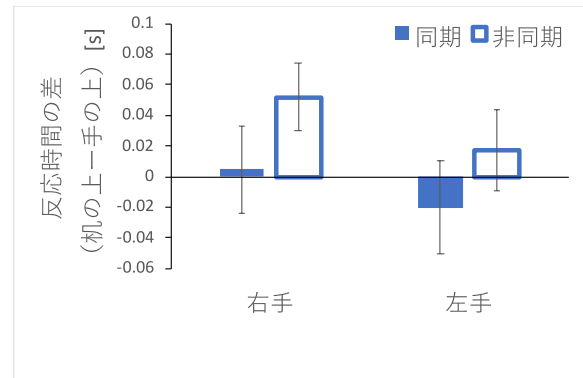


図1 実験2の結果：縦軸は、机の上に光点が出たときの反応時間と手の上に光点が出たときの反応時間の差であり、正であれば手の上の光点検出が早いことを示す。バースプロットは被験者14名の平均値、エラーバーはその標準誤差を示す。

4. 考察

VR空間内のバーチャルな手への身体所有感は、ペダルによる弁別反応時間に影響を与えなかった。一方、サッカード眼球運動による弁別では身体所有感がない場合に手の甲に光点を検出すると速く反応できることが示された。身体所有感がある場合にはバーチャルな手が自己身体化することで注意を引かず自動的に処理されるのに対して、身体所有感の無いバーチャルな手は、その違和感が注意を引き、手の上の光点刺激検出が速くなった可能性が考えられる。ただし、ペダルでの弁別反応時間に差が無いことから、今後より詳細な検討が必要である。

謝辞 本研究は、JST ERATO Grant Number JPMJER1701（稲見自在化身体プロジェクト）およびJSPS 科研費（JP 20H04489）の補助を受けて行われた。

参考文献

- [1] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756-756.
- [2] Tsakiris, M., & Haggard, P. (2005). The rubber hand illusion revisited: visuotactile integration and self-attribution. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(1), 80-91.
- [3] Yuan, Y., & Steed, A. (2010, March). Is the rubber hand illusion induced by immersive virtual reality?. In 2010 IEEE Virtual Reality Conference (VR) (pp. 95-102). IEEE.
- [4] IJsselstein, W. A., de Kort, Y. A. W., & Haans, A. (2006). Is this my hand I see before me? The rubber hand illusion in reality, virtual reality, and mixed reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 15(4), 455-464.