



手足のみ運動同期による透明身体感覚における 大局的空間関係の効果

Effect of globally spatial relationship on invisible body ownership induced by synchronously moving hands and feet

廣瀬 修也¹⁾, 北崎充晃¹⁾
Shuya Hirose, and Michiteru Kitazaki

1) 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, hirose.shuya.ds@tut.jp, mich@tut.jp)

概要: バーチャルな身体がユーザーと同期して運動するとそれに身体所有感が生じる。バーチャルな身体に代わり手と足のみの刺激が連動する場合には、手と足の間を補完するような透明な身体が知覚され、そこに所有感を感じる。手足の空間関係をスクランブルすることで手足への部位所有感が生じるが、全身所有感が消失することが報告されている。本研究では、手足刺激の大局的空間関係が透明身体への所有感に及ぼす効果を検討した。

キーワード: 運動学習, 視野変換, 拡張身体, 自在化身体

1. はじめに

身体所有感を誘発するためには、視覚と触覚の同期・統合あるいは視覚と運動感覚の同期・統合が必要であるとされる[1]。最初のラバーハンド錯覚は、見えない手と目の前になるゴムの手を同時に筆でなぞられることによって生じるものであり、視覚と触覚の同期・統合による錯覚である[2]。それに対して能動的ラバーハンド錯覚やバーチャルな鏡の中のアバターが自己身体と同期して動くことによる身体所有感、視覚と運動感覚の同期・統合による[3-4]。この方法を利用して、肌の色が違う身体や子どもの身体、透明身体、二人で共有する1つの身体に所有感を生じさせることができる[1, 5-9]。

左右の手と左右の足のみを提示して、それらを身体運動と同期させることで透明な全身を所有する感覚が生じる[5]。しかし、手足の配置が通常身体と同じレイアウトであれば全身への所有感が生じるが、ばらばらにスクランブル配置すると手足への部分所有感が生じるが、全身への所有感は生じない[6]。したがって、手足の大局的空間関係が全身所有感に重要であることが示唆されている。

身体性の構成要素として、身体所有感、行為主体感に加えて、主観視点・自己位置の感覚が指摘されている[10-11]。したがって、自己位置の感覚を増強することができれば、身体性や全身の身体所有感を増強することが可能であると仮説を立てた。

本研究では、手足のみの身体運動と同期・非同期に運動

する刺激を用いて、通常の配置とスクランブルした配置で身体所有感の誘発を行い、それに対して全身位置の移動が及ぼす影響を検討する。自己位置の感覚が身体性に重要であることから、スクランブル配置であっても、全身位置が移動することで自己位置の感覚が強化されると全身所有感も増強されることが予想される。

2. 方法

Unity (2021.3.15f1) を用いてバーチャルな環境を構築し、コンピュータ (Intel i9-12900 2.4GHz CPU, 32GB memory, MS-Windows 11, Nvidia RTX 3080 GPU) で刺激を制御・提示した。視覚刺激は頭部搭載型ディスプレイ (HMD、HTC Vive Pro Eye, 1440 width x 1600 height) で提示した。手足の運動は、Vive Tracker 3.0 を左右の手の甲、および左右の足の甲にストラップで装着して、Base station 2.0 で計測し、リアルタイムで刺激に反映した。

部屋の中央に実験参加者のアバターが位置し、正面に鏡を配置して刺激を観察可能とした (図1)。ノーマル配置条件は、通常の身体位置と同じところに手と足の刺激が提示された (図2)。スクランブル配置条件では、左右の手を上150cm、下50cmの範囲でランダムにシフトし、左右の足は、上200cmの範囲でランダムにシフトした。左右へのシフトはなかった (図3)。

同期条件では、手足刺激は実際の手足と11ms遅延で同期して運動し、非同期条件では1s遅れて提示された。

移動なし条件では、環境の中央の初期位置の周囲にボールが提示されて、実験参加者はその場でリーチングするよう教示された。移動あり条件では、ボールの出る範囲が左右の離れた位置であり、実験参加者は必然的に移動してボールにリーチングした。



図1 正面に鏡のあるバーチャル環境



図2 ノーマル配置条件の例



図3 スクランプル配置条件の例

3. 結果

24名が実験に参加予定である。全8条件（ノーマル配置・スクランブル配置 x 同期・非同期 x 移動あり・なし）について各実験参加者はランダム順で実験を行い、部位所有感および全身所有感について7段階リッカート尺度で回答を行う。

4. 考察

部位所有感については、配置や移動に関係なく、同期条件で非同期条件で増加することが予想される。全身所有感については、同期条件で非同期条件よりも増加するが、ノーマル配置ではスクランブル配置よりも増加し、移動あり条件では移動なし条件よりも増加することが予想される。

特に、スクランブル条件では移動なしでは全身所有感が生じないが、移動があると有意に上昇することが予想される。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 (JP 20H04489; JP 22H04774) の補助を受けて行われた。

参考文献

- [1] 北崎充晃(2021). 自在化身体の身体所有感, 行為主体感, 行動変容, 日本ロボット学会誌, 39(8), 701-707.
- [2] Kammers, M. P., de Vignemont, F., Verhagen, L., & Dijkerman, H. C. (2009). The rubber hand illusion in action. *Neuropsychologia*, 47(1), 204-211.
- [3] Kalckert, A., & Ehrsson, H. H. (2014). The moving rubber hand illusion revisited: Comparing movements and visuotactile stimulation to induce illusory ownership. *Consciousness and cognition*, 26, 117-132.
- [4] Gonzalez-Franco, M., Perez-Marcos, D., Spanlang, B., & Slater, M. (2010, March). 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) (pp. 111-114). IEEE.
- [5] Kondo, R., Sugimoto, M., Minamizawa, K., Hoshi, T., Inami, M., and Kitazaki, M. (2018). Illusory body ownership of an invisible body interpolated between virtual hands and feet via visual-motor synchronicity. *Scientific Reports*, 8:7541
- [6] Kondo, R., Tani, Y., Sugimoto, M., Inami, M., and Kitazaki, M. (2020). Scrambled body differentiates body part ownership from the full body illusion. *Scientific Reports*, 10:5274
- [7] Hagiwara, T., Ganesh, Sugimoto, M., Inami, M., and Kitazaki, M. (2020) Individuals prioritize the reach straightness and hand jerk of a shared avatar over their own, *iScience*, 23(12): 101732
- [8] Hapuarachchi H., and Kitazaki, M. (2022). Knowing the intention behind limb movements of a partner increases embodiment towards the limb of joint avatar, *Scientific Reports*, 12:11453
- [9] Hapuarachchi, H., Hagiwara, T., Ganesh, G., and Kitazaki, M. (2023). Effect of connection induced upper body movements on embodiment towards a limb controlled by another during virtual co-embodiment. *PLoS One*, 18(1): e0278022
- [10] Lenggenhager, B., Mouthon, M., & Blanke, O. (2009). Spatial aspects of bodily self-consciousness. *Consciousness and Cognition*, 18(1), 110-117.
- [11] Blanke, O., Slater, M., & Serino, A. (2015). Behavioral, neural, and computational principles of bodily self-consciousness. *Neuron*, 88(1), 145-166.