



運動融合共有身体によるリーチング行動の解析

Shared Body by Action Integration of Two Persons: Reaching Performance

萩原隆義¹⁾, 杉本麻樹²⁾, 稲見昌彦³⁾, 北崎充晃¹⁾

Takayoshi HAGIWARA, 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, hagiwara@real.cs.tut.ac.jp, mich@cs.tut.ac.jp)
 2) 慶應義塾大学理工学部 (〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, sugimoto@ics.keio.ac.jp)
 3) 東京大学 (〒113-0033 東京都文京区本郷 7 丁目 3-1, masahiko_inami@ipc.i.u-tokyo.ac.jp)

概要: 人は自分の身体を 1 つ持っているが、バーチャル空間では異なる 2 人が 1 つの身体を共有することが可能である。2 人の行動によって制御される共有身体を開発し、0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0 の割合で統合した。物体に右手を伸ばすリーチングタスクを行った結果、運動の反映割合が大きい程、行為主体感と身体所有感が強く生じた。手の運動軌跡は共有身体条件の方が、1 人での条件よりも短くなり、運動パフォーマンスが向上することが示唆された。

キーワード: 人間拡張, 身体認知, we-mode, 拡張身体

1. 序論

身体所有感は、ラバーハンド[1]、他人の身体[2]、バーチャル身体[3]、見えない身体[4]に対しても生じる。また、2本のラバーハンド[5]や 2 つの身体[6]に対しても身体所有感が誘発可能である。一方、1 人の身体にロボットアームを取り付け、実際の身体を操作する人と遠隔地でロボットアームを操作する人の 2 人で共同作業を行うシステム Fusion [7]が開発されている。ただし、これらの身体所有感の錯覚は自己身体から 1 つの異なる身体に対する 1 対 1 対応である。

2. 目的

本研究では、バーチャルリアリティ空間内のアバタの身体を 2 人の被験者の運動融合により操作することで共有身体を実現し、それに対して行為主体感や身体所有感が生じるかを調べた。また、共有身体時のリーチング行動のパフォーマンスについても調べた。

3. 実験 1

3.1 方法

被験者の身体の動きは、モーションキャプチャシステム (Vicon Bonita10, 1024 x 1024 ピクセル, 250fps 12 カメラ) で計測し、同一のコンピュータ (HP Z440, Xeon E5-1620, 3.5 GHz, Quadro 5000) に取り込んだ。各被験者は、ヘッドマウントディスプレイ (Oculus Rift CV1, 1080 x 1200 ピクセル, 視野角 90 x 110 度, リフレッシュレート 90 Hz) を通して、コンピュータ (PC1 : DELL XPS8900, Core i7-8700, 3.2GHz, GeForce GTX1080) (PC2 : DELL Alienware Aurora, Core i5-6400 2.7GHz, 16GB, GeForce GTX 1080) で生成した刺激を両眼で観察した。

実験の目的を知らない 22 人の被験者が 11 組となり、インフォームドコンセントに署名した後実験に参加した。すべての被験者は健常な視力と身体能力を有した。本実験は、豊橋技術科学大学ヒトを対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。

アバタは部屋 (縦 4.5m x 幅 5.5m x 高さ 2.5m) 中の椅子に座り、被験者はアバタの 1 人称視点から観察した。アバタの前には鏡を置いた。アバタの動きは 2 人の被験者の動きの合計で、0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0 のいずれかの割合で合成した。被験者に動きの反映割合は教示せず、各条件はランダムに提示した。

各条件で、バーチャル空間のランダムな位置に提示される立方体 (10 x 10 x 10 cm) を右手を伸ばして触るタスクを 5 分間行った。立方体は触ると消え、5 秒後にランダムな違う位置に出現した。5 分後、被験者は行為主体感 (0-100%) と身体所有感 (-3 ~ +3; 7 段階リッカート尺度) を答えた。

3.2 結果

共有身体への反映割合が増加すると、行為主体感は有意に増加した (図 1 上)。100%を除いて、行為主体感は実際の反映割合よりも有意に増加した ($p < .001$)。反映割合が増加すると、身体所有感は有意に増加した (図 1)。反映割合が 50%のとき、行為主体感は 50%よりも増加し、身体所有感は 0 よりも増加した。

共有身体時 (20:75, 50:50, 75:25) のリーチングタスクにおける被験者の手の移動軌跡は、1 人での条件 (0:100, 100:0) よりも短くなった (図 1 下; ANOVA 反映割合の主効果: $p = .002$)。反映割合が 75:25 のとき、手の移動軌跡は

100:0 よりも有意に短くなった ($p=.0475$).

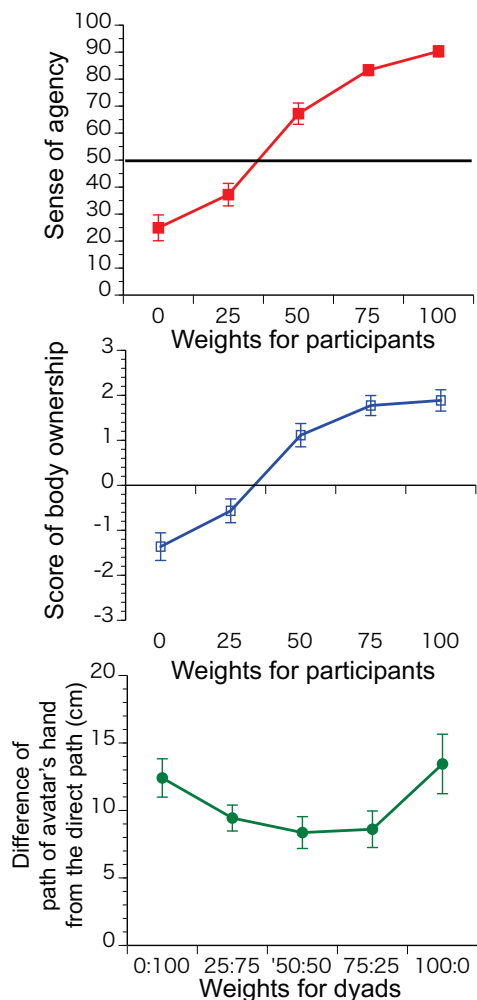


図1: 行為主体感 (上段), 身体所有感 (中段), リーチングタスクのパフォーマンス (下段)の結果

4. 実験2

共有身体において運動パフォーマンスが向上することが2つの手の運動軌跡の平均化による分散低減の効果であるかを検討することを目的として, 2人が独立に同じ対象にリーチングする条件を設け, 共有身体と比較することを目的とした。

4.1 方法

実験の目的を知らない20人の被験者が10組となり, インフォームドコンセントに署名した後に実験に参加した。実験1と同様の装置や刺激を用いて, 反映割合50%の共有身体条件と, 同じ対象に対して被験者それぞれの動きのみが反映される身体条件(両者とも100%)を設定した。手続きや課題は, 実験1と同様とした。

4.2 結果

共有身体との運動パフォーマンス比較のため, 自分の身体の動きのみが反映される条件における被験者の手の移動軌跡から, 被験者1:被験者2を50:50の割合で計算し統合した平均身体を作成した。リーチングタスクにおける

共有身体の手移動軌跡は, 平均身体よりも有意に短くなった(図2: $p<.001$).

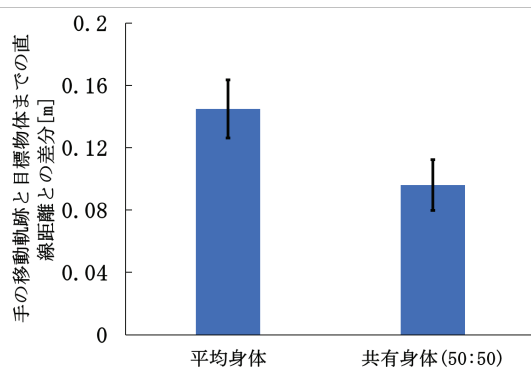


図2: 平均身体と共有身体のパフォーマンス

5. 考察

実験1では, 100%以外のすべての水準で高い行為主体感が評定され, 50%以上では身体所有感の評定が正となった。リーチングタスクにおける手の移動軌跡は共有身体条件のほうが, 単独条件よりも短くなった。実験2では, 共有身体のほうが平均身体よりも手の移動軌跡が短くなった。これらの結果から, 共有身体に対して行為主体感と身体所有感が生じ, 身体の共有によって運動パフォーマンスが向上することが示唆された。

謝辞

本研究は, JST ERATO JPMJER1701 (稲見自在化身体プロジェクト) の補助を受けて実施された。

参考文献

- [1] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 391 (6669), 756-756.
- [2] Lenggenhager, B., Tadi, T., Metzinger, T., & Blanke, O. (2007). Video ergo sum: manipulating bodily self-consciousness. *Science*, 317(5841), 1096-1099.
- [3] Gonzalez-Franco, M., Perez-Marcos, D., Spanlang, B., & Slater, M. (2010). The contribution of real-time mirror reflections of motor actions on virtual body ownership in an immersive virtual environment. *Proceedings of IEEE Virtual Reality 2010*, 111-114.
- [4] Kondo, R., Sugimoto, M., Minamizawa, K., Hoshi, T., Inami, M., & Kitazaki, M. (2018). Illusory body ownership of an invisible body interpolated between virtual hands and feet via visual-motor synchronicity. *Scientific Reports*, 8 (1), 7541.
- [5] Ehrsson, H. H. (2009). How many arms make a pair? Perceptual illusion of having an additional limb. *Perception*, 38(2), 310-312.
- [6] Heydrich, L., Dodds, T., Aspell, J., Herbelin, B., Buelthoff, H., Mohler, B., & Blanke, O. (2013). Visual capture and the experience of having two bodies—evidence from two different virtual reality techniques. *Frontiers in Psychology*, 4, 946.
- [7] Saraji, Y., Sasaki, T., Matsumura, R., Minamizawa, K., and Inami, M., (2018). Fusion: Full Body Surrogacy for Collaborative Communication, SIGGRAPH 2018 Emerging Technologies, Vancouver, Canada