



バーチャル共有身体での姿勢照合課題における 心拍同期の研究

Investigating heart rate synchronization during a posture matching task using a virtually co-embodied avatar

Rorek CEDILLO¹⁾, Harin HAPUARACHCHI¹⁾, 北崎 充晃¹⁾
Rorek CEDILLO, Harin HAPUARACHCHI, 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)
(d213375@edu.tut.ac.jp, harinmanujaya@gmail.com, mich@tut.jp)

概要: バーチャルリアリティ空間での姿勢照合課題において、一つのアバターを制御している二人の参加者の心拍同期および反応時間、身体所有感、行為主体感を調べた。アバターは、各自が操作する単独身体、それぞれ左右半身を操作する結合身体、二人の平均合成による共有身体を用いた。結合身体あるいは共有身体では、単独身体操作に比べて、二人で行う姿勢照合課題の成績が上がり、心拍同期が高まると仮説を立て実験を行ったが、結果は仮説を支持しなかった。

キーワード: 共有身体、身体拡張、自在化身体

1. はじめに

二人のユーザーが1つの身体を平均して共有したり [1]、半身を別々に担当したりして [2]、バーチャルな合体の身体化を実現するさまざまな方法が検討されてきた。こうした研究では、バーチャルアバターに対する所有感や行為主体感を主観評定で計測したり、脅威刺激への皮膚コンダクタンス反応などの生理学的指標が調べられているが [2]、心拍の同期については調べられていない。同じ物語を聞くことが、個人間の心拍変動を同期させることが示されている [3]。心拍同期が音を聴くような受動的なタスクから生じるとすれば、合体されたアバターにおける協調的なタスクも同様の生理現象を生じさせる可能性があるという仮説が成り立つ。

本研究では、心理学的側面（主観的身体性）と生理学的側面（心拍）において、バーチャル身体を共有することから生じる効果の存在を探求し、評価することを目的とした。特に、バーチャルな合体によって心拍の同調が促進され、タスクのパフォーマンスと正の相関があるという仮説を立て、その検証を行った。

2. 方法

実験には、インフォームド・コンセントを確認し署名した上で、計 28 人が 2 人 1 組 (14 組) となり参加した。各参加者は、モーションキャプチャ用の機材 (Vicon Bonita10 カメラ、Vicon Pegasus ソフトウェア)、生体センサー

(BioPac BioNomadix®)、VR ヘッドセット (HTC® Vibe™ Pro Eye HMD) を装備した。参加者のリアルタイムの身体運動データは、一人称視点でヘッドセットにレンダリングされたアバター (Unity® 2017) で動きを再現するために使用された。

タスクのために、2 人組の参加者は鏡に面した別々の部屋にレンダリングされた (図 1)。参加者は、モデルとして提示された半透明な姿勢刺激に自らのアバターの姿勢を合わせるよう指示され、12 ポーズを連続して行った。各参加者の組は 12 ポーズを 3 セッション、計 36 種類のポーズをランダムな順序で行った。各セッションは、以下のようにアバターの制御方法が異なる身体条件に対応した。この制御方法はランダムな順で行われた。

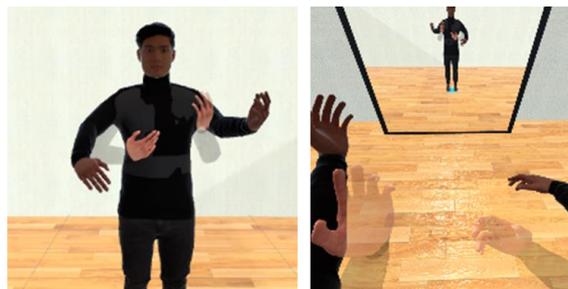


図 1: Room setting frontal view [LEFT] and first person perspective (HMD screen) [RIGHT].

- ・単独身体 (SOLO) : 参加者は通常通り 1 人 1 つのアバターの動きを制御した。

- ・結合身体 (JOINT) : 参加者は自分のアバターの半分 (左右) の動きを制御し、共同参加者が残りの半分 (左右) の動きを制御した。

- ・共有身体 (SHARED) : 参加者と共同参加者の両方の動きが平均化された (関節角度の線形補間)。

各セッションの後に、参加者は、質問紙 (先行研究 [4] に基づきリッカート尺度に適合させたもの) へ回答した。また、姿勢照合課題の間、心拍が計測された。

3. 結果

3.1 反応時間

姿勢を一致させるのにかった時間を条件毎に平均した。制御条件間で有意な差はなかった ($p > .05$) (図 2)。

3.2 身体所有感と行為主体感

質問紙の「身体所有感」(図 3) と「行為主体感」(図 4) の評定値も同様に条件毎に平均化した。ただし、結合条件では、「左腕の所有感・行為主体感」と「右腕の所有感・行為主体感」の値は「自己制御側の所有感・行為主体感」と「相手が制御する側の所有感・行為主体感」に分類した。フリードマン検定により、制御方法の主効果があり、多重比較の結果、単独身体は、共有身体や結合身体における相手が制御する側よりも身体所有感・行為主体感が高かった ($p < .001$)。

3.3 心拍同期

心拍同期の分析は、先行研究 [3] に基づき行った。ECG 信号を解析して各心拍における瞬間心拍数を求め、心拍間の値を補間してアップサンプリングした。その結果、心拍数の連続グラフが得られた。心拍の同期性は、それぞれの参加者組における 2 つのグラフのピアソン相関として定義された。

反復測定 ANOVA を行ったところ、主効果は有意ではなかった [図 5]。ただし、結合身体、共有身体、結合身体の順で相関は高かった。

さらに、心拍同期 (ピアソンの r 値) と、反応時間、身体所有感、行為主体感との間にも有意な相関はなかった。

4. 考察

共有身体・結合身体を使用することによる姿勢照合速度は単独身体状態と比較して統計的に有意に速くはなかった。また、心拍同期について有意な効果はみられなかった。したがって、身体の共有化・結合化が心拍同調を促進するという仮説、および心拍同期が課題パフォーマンスと正の相関があるという仮説は指示されなかった。

ただし、今回の実験では姿勢照合に必要な時間が短く、心拍同期に至らなかった可能性もある。さらなる検討が必要である。

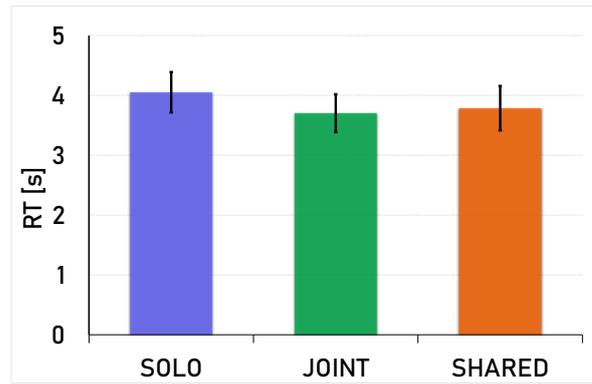


図 2: Response time by condition. (bars standard error)

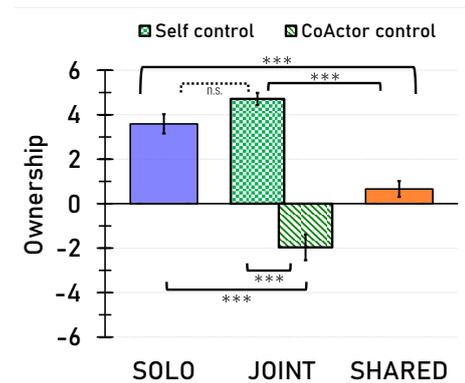


図 3: Ownership by condition. (bars standard error)

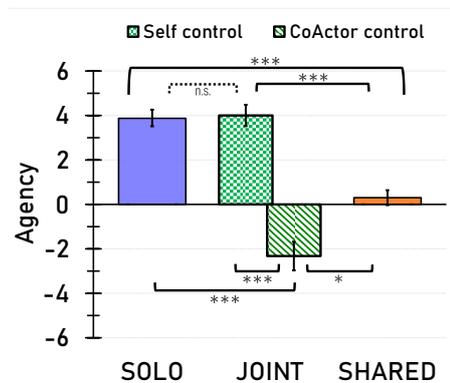


図 4: Agency by condition. (bars standard error)

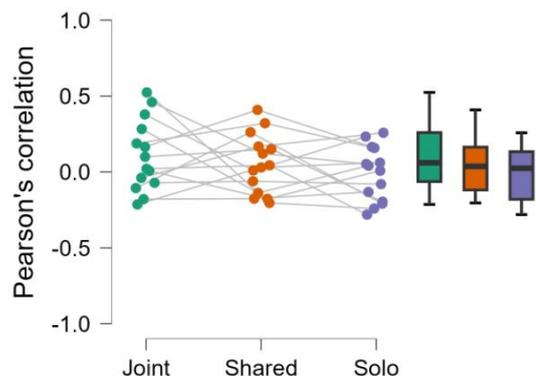


図 5: Distribution of heart rate synchronization by condition (n=14 dyads).

謝辞 本研究は、JSPS 科研費（JP20H04489; JP22H04774; JP22KK0158）と JST 科学イノベーション創出に向けた大学フェローシップ創設事業(JPMJFS2121)の補助を受けて行われた。

参考文献

- [1] Hagiwara, T.; Ganesh, G.; Sugimoto, M.; Inami, M.; & Kitazaki, M. (2020). Individuals prioritize the reach straightness and hand jerk of a shared avatar over their own. *iScience*, 23(12), 101732.
DOI: [10.1016/j.isci.2020.101732](https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101732)
- [2] Hapuarachchi, H.; & Kitazaki, M. (2022). Knowing the intention behind limb movements of a partner increases embodiment towards the limb of joint avatar. *Scientific Reports*, 12, 11453.
DOI: [10.1038/s41598-022-15932-x](https://doi.org/10.1038/s41598-022-15932-x)
- [3] Pérez, P.; *et al.* (2021) Conscious processing of narrative stimuli synchronizes heart rate between individuals. *Cell Reports* 36, 109692
DOI: [10.1016/j.celrep.2021.109692](https://doi.org/10.1016/j.celrep.2021.109692)
- [4] Gonzalez-Franco, M.; & Peck, TC. (2018). Avatar Embodiment. Towards a Standardized Questionnaire. *Frontiers in Robotics and AI*, 5:74.
DOI: [10.3389/frobt.2018.00074](https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00074)