



# VRChat 内実験室における不可能身体所有感の研究

Illusory Ownership of Impossible Body studied in VRChat Laboratory

石本浩気<sup>1)</sup>, 杉本麻樹<sup>2)</sup>, 稲見昌彦<sup>3)</sup>, 北崎充晃<sup>1)</sup>

Hiroki ISHIMOTO, 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, hiroki.ishimoto.tc@tut.jp, mich@cs.tut.ac.jp)  
 2) 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)  
 3) 東京大学 (〒113-0033 東京都文京区本郷 7 丁目 3-1, drinami@star.rcast.u-tokyo.ac.jp)

**概要** : VRChat 上に実験環境を構築し, 不可能な関節運動を行うアバタ身体に対して, 自己運動と連動することで身体性が獲得されるかを調べた. 被験者の頭部と両手の運動をトラッキングし, リアルタイムに連動(同期, 非同期)するアバタと関節が逆に曲がるアバタを 5 分間体験させた. その結果, 同期して動く可能身体アバタには高い身体所有感と行為主体感が得られ, 実験環境の妥当性が示された. 一方, 不可能身体アバタでは身体所有感は得られず, 3 点トラッキングでの実験環境における課題が明らかとなった.

**キーワード** : 身体認知, 自在化身体, 人間拡張

## 1. はじめに

人は自分のものではない身体やバーチャル空間のアバタに対しても身体所有感の錯覚(Illusory Body Ownership)を感じる[1]. 人が実行可能な動作に対して不可能な動作の知覚は困難であり, 自分が動作を行えるかどうかは他者身体への認知に影響することが知られているが[2-3], 自己身体としての認知への効果は調べられていない.

また, 昨今の情勢により, 人を対象にした実験を行う際には感染症対策を徹底することの重要性が増加し, ネットワークを介して実験者と被験者が非接触状態で実験を行えるオンライン実験の需要が高まっている. VRChat は, HMD とコントローラを用いてプレイヤーの動きをアバタに反映し, コミュニケーションを行うことのできるバーチャル SNS である. さらに, コミュニケーションの場となる World とアバタはユーザーが作成しアップロードすることで VRChat 内で使用可能であり, これを利用することで VRChat 内に実験環境を構築することができる.

本研究では, VRChat 内に実験室を構築し, 不可能な関節運動を行うアバタ身体に対して, 身体所有感および行為主体感が生起するかを調べることを目的とした.

## 2. 方法

### 2.1 VRChat 内実験室の構成

World およびアバタの作成は Unity 2018.4.20f1 を用いて行った. World 作成時, 専用のノードプログラム環境である Udon を使用可能であり, 本実験では Udon を C# に準ずるスクリプト形式で記述可能な UdonSharp (U#) を用いて

実験プログラムを作成した. HMD と左右コントローラによる 3 点トラッキングでは, 頭と両手先の位置・回転が現実空間と一致し, それらの情報を用いた IK (Inverse Kinematics) 技術によって肘や肩関節の運動は補完されたものが適用される.

### 2.2 手続き

VRChat をプレイしたことのあるユーザーの中から, 実験の目的を知らない 24 人の被験者がインフォームドコンセントに同意し, 署名した後実験に参加した.

被験者はアバタの身体を操作し, World 内に現れる目標物体に手で触れるリーチングタスクを 5 分間行った. 目標物体は直径 15cm の球であり, 被験者を中心として高さ 130cm の点から半径 40~90cm, 水平角度 0~360 度, 垂直角度 -40~40 度の範囲に出現した. 5 分後に, アバタの両腕が不可能な方向へ勝手に 90° 曲げた. これを脅威刺激としてアンケート応答を取った.

不可能なアバタの動きは, 被験者の動きに対し左右腕の肘の回転角を反転させることによって生成した(図 1).

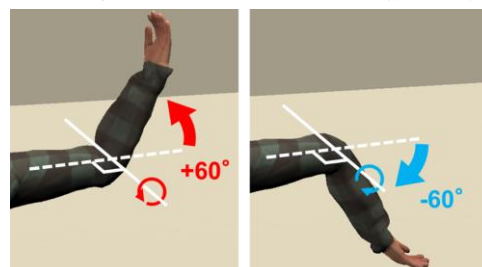


図 1. 可能アバタ(左), 不可能アバタ(右)の肘関節

実験は腕の関節方向 2 水準（可能，不可能）に対し，それぞれ同期の有無 2 水準（同期，1s 遅延非同期）の計 4 試行を行った。

各試行後に被験者は脅威刺激に関するアンケート（全 2 問）に 0-100 の数値で回答した後，身体所有感と行為主体感に関するアンケート（全 4 問）に「非常にあてはまらない」を-3，「非常に当てはまる」を 3 として 7 段階で回答した。アンケートは全 6 項目あり，Q1,2 を順に提示した後，Q3-6 を試行ごとに無作為な順で提示した（表 1，2）。

表 1. 脅威刺激に関する質問項目

Q1	バーチャル身体が自分の身体のように感じた
Q2	バーチャル身体が他の誰かであるように感じた

表 2. 身体所有感と行為主体感に関する質問項目

Q3	バーチャル身体が自分の身体のように感じた
Q4	バーチャル身体が他の誰かであるように感じた
Q5	まるで自分の身体であるかのようにバーチャル身体を制御できると感じた
Q6	自分の手がボールに触れているようだった

### 3. 結果

アンケートによる主観評定結果から，身体所有感の指標となる Q3，行為主体感の指標となる Q5 について全被験者の平均を求め，同期・非同期と可能・不可能身体の 2 元配置分散分析を行った結果，いずれも交互作用が有意であった。身体所有感は，腕の関節運動の可能条件において同期条件の方が非同期条件よりも有意に高くなった ( $p<.001$ ，図 2) が，不可能条件では，同期・非同期条件の間に有意な差は見られなかった。また，同期・非同期条件のどちらにおいても，関節運動の可能条件の方が不可能条件よりも有意に高くなった ( $ps<.05$ )。行為主体感は，可能・不可能条件どちらにおいても同期条件の方が有意に高く ( $ps<.05$ ，図 3)，同期・非同期条件のどちらにおいても可能条件の方が有意に高くなった ( $ps<.001$ )。

### 4. 考察

腕の関節運動の可能条件において，自身の手と頭の動きから生成されたアバタ身体の動きを同期した視覚的フィードバックとして受け取ることで身体所有感が生起することが示唆された。これにより，VRChat での 3 点トラッキングによるアバタの制御が身体所有感を得るために十分であり，実験環境として妥当なものであることが示された。一方，不可能条件では身体運動が同期した場合でも身体所有感が生起しなかった。同条件で行為主体感もあまり生起しなかったことから，不可能身体の習得自体が困難であった可能性が考えられる。

可能条件の場合は IK によって身体運動が生成されていても手先の位置は現実空間と一致するため，補完された肘および肩関節の運動のずれはリーチングタスクを行う上で大きな影響はなかったと考えられる。しかし，不可能条件では，肘関節の位置・回転角によって手先の位置が決まる上，IK による肘関節の回転角の変位は実空間とずれが生じてしまうため，これが行為主体感を損なう原因となった可能性がある。VRChat では HTC VIVE トラッカーを用いることでトラッキング箇所を増やすことが可能であり，これを利用して両肘のトラッキングを追加して IK を使用しない不可能身体アバタの検討が必要である。

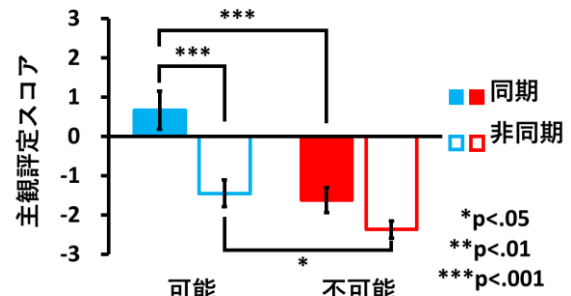


図 2. 身体所有感の主観評定結果(誤差線は標準誤差)

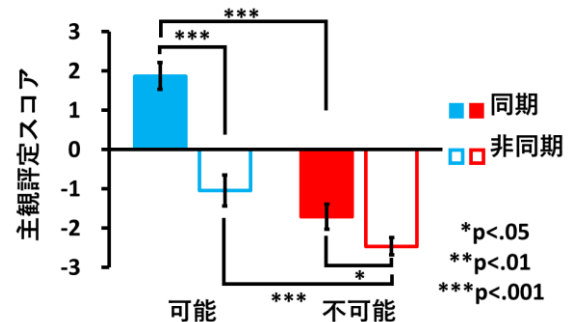


図 3. 行為主体感の主観評定結果(誤差線は標準誤差)

謝辞 本研究は，JST ERATO Grant Number JPMJER1701（稲見自在化身プロジェクト）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] 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.
- [2] Reed, C.L., Stone, V.E., Bozova, S., & Tanaka, J. (2003). Body-inversion effect. *Psychological Science*, 14, 302-308.
- [3] 井上康之・北崎充晃. (2010). 生体力学的制約が身体ポーズ認識における視点依存性と倒立効果に及ぼす効果. *心理学研究*, 81(2), 105-113.