

# フルボディー錯覚における自己身体のプロジェクション

## Projection of self-body image in the full body illusion

湯本 淳史\*1  
Atsushi Yumoto

嶋田 総太郎\*2  
Sotaro Shimada

\*1 明治大学大学院  
Meiji University Graduate School

\*2 明治大学  
Meiji University

The full body illusion (FBI) is an illusion of the self-ownership and self-agency towards an avatar that is touched synchronously with one's own body. Here we investigated the FBI using an avatar that moves synchronously with the participant's movement. Participants made their steps on the spot while watching a VR scene as if the avatar walked in a street either synchronously or asynchronously with their steps. The avatar was presented in either 1st-person or 3rd-person perspective. The result showed that the participants felt the sense of ownership and the sense of agency toward the avatar that moved synchronously in both 1st- and 3rd-person perspectives. Our results suggest that our body image can be projected on the avatar that moves synchronously with our own body.

### 1. はじめに

自己身体認識は身体所有感と運動主体感から構成される[Gallagher 2000]. 身体所有感とはこの身体は自分自身の身体であると感じる感覚であり, 運動主体感とはこの運動を引き起こしたのは自分自身であると感じる感覚である. 「プロジェクションサイエンス」の考え方をを用いると, 自己身体認識とは脳内にある自己身体の表象を身体的なものに投射することで自分の身体として認知することだと説明できる. このとき, 自己身体の表象の投射先が自己身体以外となる例として, ラバーハンド錯覚やフルボディー錯覚が挙げられる.

ラバーハンド錯覚とは, 自己身体を自分の手ではない偽物の手(ラバーハンド)に投射して, ラバーハンドが自分の手のように感じられる錯覚である[Kalckert 2012]. ラバーハンド錯覚を全身に拡張した現象がフルボディー錯覚であり, 自分の身体が刺激されている状態で, アバターの 1 人称視点でアバターが筆で同じ場所を刺激される映像を見ると, そのアバターに対し身体所有感を感じることが報告されている[Petkova 2011]. 3 人称視点のフルボディー錯覚ではアバターの背面をアバターの後方から見る. 自分の背中を刺激された状態で, 3 人称視点からアバターの背中が刺激されている映像を見るとアバターに対して身体所有感を感じることが報告されている[Heydrich 2013].

本稿では, 自ら動かせるアバターに対して身体所有感および運動主体感を感じる錯覚(フルボディー錯覚)について検討する. ここでは, アバターの 1 人称視点で見た場合と 3 人称視点で見た場合, アバターの動きが同期している場合と非同期である場合において錯覚の強度に違いが生じるのかを調べる. これによって自己身体全体がどのように他の物体に投射されるのかについて考察する.

## 2. フルボディー錯覚実験

### 2.1 被験者

16名の健康な男性が実験に参加した(22.0 ± 0.61 歳). 被験者には実験前に実験内容や安全性についての説明を行い, 書面にて実験参加の同意を得た.

### 2.2 実験環境

被験者はモーションキャプチャーデバイス(Perception Neuron, Noitom, CHN)とヘッドマウントディスプレイ(HMD: Head Mounted Display)(Oculus rift, Oculus, USA)を装着した. Oculus rift は視野角が約 110°, 解像度が 1080 × 1200, リフレッシュレートが 90 Hz であった.

Perception Neuron のセンサは磁気の影響を受けやすいため磁場シールド(アンディエミー4010T 東京計器ビエーション株式会社, JPN)の中に入り, 磁場の影響を極力少なくし実験を行った. また, Perception Neuron のセンサは計 12 個のセンサを用いて実験を行った.

被験者は実験開始位置に立った状態で HMD を装着した. ゲーム開発プラットフォーム(Unity, Unity Technologies, USA)で仮想現実空間の映像を作成した.

### 2.3 実験手順

被験者にアバターが 1.0 m/s の速さで前に動いている映像を見せながら, 1 分間その場での足踏みを行ってもらった(図 1). アバターに対する身体所有感を変調させる要因として視点(一人称視点: 1pp, 三人称視点: 3pp)とアバターの動きの整合性(同期 vs 非同期)の二つの要因を設け, 2 × 2 = 4 つの実験条件で実験を行った. 非同期条件は事前に録画しておいたモーションデータをアバターに反映させて行った.

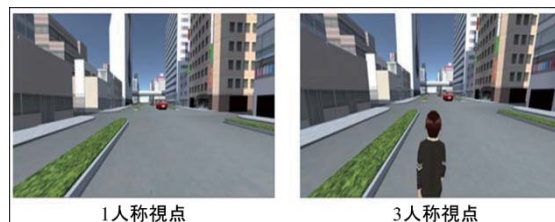


図 1 実験映像

実験開始前に, 足踏みによる影響をなくすために HMD の画面が真っ暗な状態でその場での足踏みの練習を数回行ってもらった. 足踏みを行うにあたり被験者には「普段のんびり歩いている感覚で足を上げる高さやタイミングを一定にすること。」と指示を行った. 足踏みによる実験開始位置からの変位が 50 cm 以内, 一回前に測定した変位との差が 10 cm 以内であれば練習を終了してもらった.

フルボディー錯覚の強度を測る指標として以下の 2 つを用いた。

### (1) ドリフト測定

客観的指標としてドリフト測定を行った。1 分間の足踏み終了後に被験者に対し「開始位置から動いてしまったと感じたら基準位置まで戻ってください。前後左右に動くまたは回転していただいても大丈夫です。」と教示を行った。そして被験者が戻った位置を実験終了位置とし、実験開始位置からの前後方向の被験者の位置の変位を測定した(図 2)。また映像あり条件の変位と映像無し条件の変位の差をドリフト距離とし、フルボディー錯覚生起の指標として定義した。

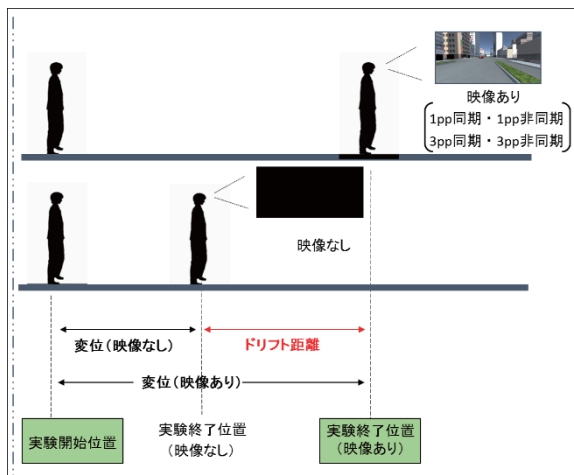


図 2 ドリフト測定

### (2) 自己身体感アンケート

主観的指標として自己身体感アンケートを行った。アンケートは先行研究[Kalckert 2012]で用いられたものを今回の実験に合わせた内容に変更し日本語に翻訳したものを採用し、身体所有感と運動主体感およびそのダミー項目の全 8 項目から成る。評価には「とても思う(+3)」から「まったく思わない(-3)」までの 7 段階リッカート尺度を用いた。2 項目は身体所有感に関するもの(「アバターの身体が自分の身体であるかのように感じました」など)、2 項目は運動主体感に関するもの(「アバターの身体は、私の意思に従うように、思った通りに動きました」など)、残りの 2 項目ずつはダミーの質問(「二つ以上の身体を持っているかのように感じました」や「アバターの身体が私の意思をコントロールしているかのように感じた」など)であった。

被験者はそれぞれの実験条件につき 1 試行ずつ行った。順序効果を避けるため 4 つの実験条件の提示順序は被験者間でカウンターバランスを取った。

身体所有感、運動主体感それぞれ 0 に対して有意に大きなスコアであった場合(t 検定)、アバターに対して身体所有感、運動主体感を感じたと定義した。

## 3. 実験結果

### 3.1 ドリフト測定

身体所有感に関する客観的評価を解析した結果、1pp 同期、3pp 同期条件において(0 に対して)有意なドリフト距離( $t(15) = 2.95, p < 0.01, t(15) = 3.03, p < 0.01$ , 図 3)が得られた。さらに二要因分散分析を行った結果、動きの整合性の主効果がみられた( $F(1, 15) = 9.27, p < 0.01$ , 同期 > 非同期, 図 3)。

以上の結果より、1pp 同期、3pp 同期条件においてフルボディー錯覚が生じたといえる。

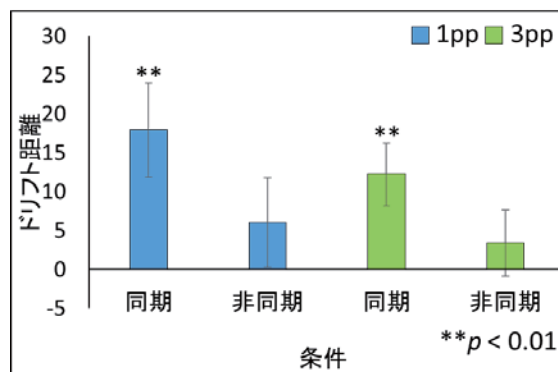


図 3 フルボディー錯覚生起の客観的指標

### 3.2 自己身体感アンケート

身体所有感に関するアンケートを解析した結果、1pp 同期条件において有意なアンケートスコアが得られた( $t(15) = 2.31, p < 0.05$ , 図 4)。さらに 2 要因分散分析(視点×動きの整合性)を行った結果、視点( $F(1, 15) = 8.10, p < 0.05$ , 図 4)、動きの整合性( $F(1, 15) = 15.36, p < 0.01$ , 図 4)による主効果がみられた。また、交互作用が見られた( $F(1, 15) = 7.37, p < 0.05$ , 図 4)。交互作用の効果を調べるために単純主効果の下位検定を行った結果、1pp 非同期と 3pp 非同期条件の間および 3pp 同期と 3pp 非同期条件の間に有意な単純主効果がみられた( $F(1, 15) = 15.26, p < 0.01, F(1, 15) = 22.69, p < 0.01$ , 図 4)。

運動主体感に関するアンケートを解析した結果、1pp 同期、3pp 同期条件において有意なアンケートスコアが得られた( $t(15) = 10.6, p < 0.01, t(15) = 11.4, p < 0.01$ , 図 5)。さらに 2 要因分散分析(視点×動きの整合性)を行った結果、動きの整合性による主効果がみられた( $F(1, 15) = 16.55, p < 0.01$ , 図 5)。また、交互作用( $F(1, 15) = 7.23, p < 0.05$ , 図 5)が見られた。交互作用の効果を調べるために単純主効果の下位検定を行った結果、1pp 非同期と 3pp 非同期条件の間および 3pp 同期と 3pp 非同期条件の間に有意な単純主効果がみられた( $F(1, 15) = 9.68, p < 0.01, F(1, 15) = 23.77, p < 0.01$ , 図 5)。

以上の結果より、1pp 同期、3pp 同期条件にアバターに対して身体所有感、運動主体感を感じたとはいえる。

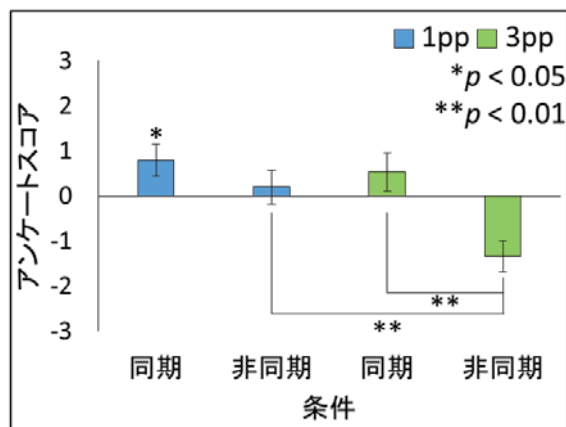


図 4 身体所有感の主観的指標

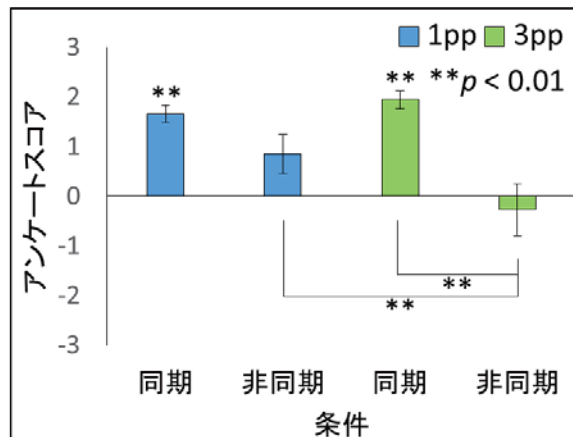


図5 運動主体感の主観的指標

#### 4. 考察

今回の実験では、VR環境において自分の身体の動きをアバターに投射し、視点とアバターの動きの違いによる自己身体感を調べた。自分の動きに同期していれば視点に関係なくアバターに対して身体所有感、運動主体感を感じる事が分かった。この結果は自分の手と同じ動きをするラバーハンドに対して身体所有感、運動主体感を感じたと報告した先行研究[Kalckert 2012]の結果と整合性があり、このことから自分の動きに同期していれば身体の一部だけでなく身体全体を外界に投射できると考えられる。今後は脳活動や生理学的指標を計測することで、自己身体のプロジェクションのメカニズムを解明していきたい。

#### 参考文献

- [Gallagher 2000] Gallagher, S: Philosophical conceptions of the self: Implications for cognitive science. Trends in Cognitive Sciences, 4: 14-21. 2000.
- [Kalckert 2012] Kalckert, A: Moving a rubber hand that feels like your own: A dissociation of ownership and agency. Frontiers in Human Neuroscience, 6, 40. 2012
- [Petkova 2011] Petkova, V. I: The perspective matters! Multisensory integration in ego-centric reference frames determines full-body ownership. Frontiers in psychology, 2, 35. 2011
- [Heydrich 2013] Heydrich, L: Visual capture and the experience of having two bodies – evidence from two different virtual reality techniques. Front. Psychol., 4, 946. 2013