



# アバターと自己身体の視点シフトによる身体感覚の変化

Embodiment modification by viewpoint shift between avatar and the self-image

中川 航太郎<sup>1)</sup>, 井上 康之<sup>1)</sup>, 杉本 麻樹<sup>2)</sup>, 稲見 昌彦<sup>3)</sup>, 北崎 充晃<sup>1)</sup>

Kotaro Nakagawa, Yasuyuki Inoue, 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, nakagawak@real.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)

3) 東京大学 工学系研究科 (〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1)

**概要**：サイバー空間における VR アバターや実世界にあるアバターロボットの 1 人称視点 (1PP) 映像を用いた没入 VR 体験は、自己位置の変化と自己身体意識の変化を引き起こす。また、体験者と同じ姿勢や動きのアバターを鏡により 3 人称的視点から見ることで、アバターを 1 人称視点で観察する場合と同じような全身所有錯覚が起きる。本研究では、視野中心を観察者の目の位置からロボットの目の位置へ変更することによって生じる鏡に映る身体への自己身体感覚の変化を調べた。

**キーワード**：アバターロボット、身体所有感、1 人称視点、3 人称視点、鏡

## 1. はじめに

人はロボットアバターや VR アバターに身体所有感を感じることができる。この身体所有感の錯覚を生じさせるには、視覚と触覚の同期と統合[1]、視覚と身体運動あるいは固有受容感覚の同期と統合[2-3]、そして視点の一致[4]が必要とされる。視点が一致していれば、1 人称視点および鏡の中の 3 人称視点で観察するアバターに対して、全身所有感を感じず動かし止まってもたった 5 秒で生じる[5]。そこで、鏡の中に自己イメージとロボットの顔があるときに、視点位置の一致性 (1 人称視点) と身体運動同期が身体所有感に及ぼす影響を調べた。

## 2. 方法

### 2.1 被験者

実験の目的を知らない 15 人の被験者が参加した。本実験は、豊橋技術科学大学学生および大学院生を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て、その規則に基づいて実施された。全ての被験者実験同意書を理解・合意し、署名したのちに実験に参加した。

### 2.2 装置

両眼立体視カメラを装着したテレプレゼンスロボットヘッド (TeleXistence toolkit, 1920x1080pixel, 視野角: 水平 100 deg, 垂直 98 deg, 90 fps, 映像遅延 100 ms 以下) から得た映像をコンピュータで Unity を介して制御し、ヘッドマウントディスプレイ (HMD, Oculus Rift S, 12800x1440pixel (単眼), 視野角対角 110deg, 80Hz) に提示した。ロボッ

トヘッドの後ろに被験者が座り、視点は被験者がロボットの上 20cm の位置にあった。ロボットの正面 60 cm に鏡を設置し、鏡の枠に 4 つの LED を設置し、ランダムな順で点灯させた (図 1)。ロボットのカメラは鏡の枠を含んで捉えた。



図 1 実験装置の模式図

### 2.3 刺激と条件

被験者は、椅子に座り点灯した LED を頭を動かし顔の正面で見る条件 (同期運動条件) と頭部を動かさずに眼球運動のみで見る条件 (運動なし条件) を設定した。

ロボットカメラから得た映像を上下にシフトさせて、仮想的な視点位置 (画面中央) を、-20cm から 10cm ステップで +50cm までの範囲設定した (8 段階の視点位置)。視点 0cm はアバターロボットの視点位置、+20cm が被験者の視点位置であった。つまり、0cm では画面中央にロボットア

バターの目があり、+20cm では被験者の HMD が画面中央に見えた。

## 2.4 手続き

被験者は、ランダムな順で点灯する LED を頭部あるいは視線を動かしながら 40 秒間観察した (点灯 4 か所 x2 回繰り返し)。その後、以下の 6 項目の主観評定アンケートに回答した。

Q1 鏡に映ったロボットが私の身体のように感じた

Q2 鏡に映った人が私の身体のように感じた

Q3 私が鏡に映ったロボットの頭を動かしていたように感じた

Q4 私が鏡に映った人の頭を動かしていたように感じた

Q5 私の頭の高さが、普段の生活で経験する座高よりも低いように感じた。

Q6 私の頭の高さが、普段の生活で経験する座高よりも高いように感じた。

これらのアンケート項目は毎回ランダムな順で 1 つずつ提示され、7 件法のリッカート尺度で回答が求められた。

## 3. 結果

### 3.1 身体所有感

Q1 (ロボットへの身体所有感) と Q2 (自己イメージへの身体所有感) について、それぞれ同期運動条件・運動なし条件と視点位置 8 段階での繰り返しあり 2 元配置分散分析を行った。いずれの要因も主効果が有意 (ロボットへの身体所有感: 同期運動条件・運動なし条件:  $F(1,14)=30.3746$ ,  $p=0.0001$  \*\*\*,  $\eta^2p=0.6845$ , 視点位置:  $F(1.83,25.64)=6.7752$ ,  $p=0.0053$  \*\*,  $\eta^2p=0.3261$ , 交互作用:  $F(3.45,48.26)=0.8763$ ,  $p=0.4722$  ns,  $\eta^2p=0.0589$ , 自己イメージへの身体所有感: 同期運動条件・運動なし条件:  $F(1,14)=6.7255$ ,  $p=0.0213$  \*,  $\eta^2p=0.3245$ , 視点位置:  $F(1.9,26.65)=4.2159$ ,  $p=0.0272$  \*,  $\eta^2p=0.2314$ , 交互作用:  $F(3.41,47.68)=2.3879$ ,  $p=0.0733$  +,  $\eta^2p=0.1457$ ) であり、同期運動条件 (図 2 上) は運動なし条件 (図 2 下) よりもロボットへも自己イメージへも身体所有感が強くなり、視点の位置によって身体所有感は異なった。より下側ではロボットへの身体所有感が強まり、より上側では人への身体所有感が強まった。自己イメージへの身体所有感は頭部運動のありなしに関わらずリッカート尺度で中央よりも上であったのに対して、ロボットの場合は頭部運動同期があれば中央より上だが、頭部運動がないと中央よりも下であった。

### 3.2 行為主体感

Q3 (ロボットへの行為主体感) と Q4 (自己イメージへの行為主体感) について、それぞれ同期運動条件・運動なし条件と視点位置 8 段階での繰り返しあり 2 元配置分散分析を行った。いずれの要因も主効果が有意 (ロボットへの行為主体感: 同期運動条件・運動なし条件:  $F(1,14)=125.4639$ ,  $p<0.0001$  \*\*\*,  $\eta^2p=0.8996$ , 視点位置:  $F(2.29,32.01)=5.4187$ ,  $p=0.0072$  \*\*,  $\eta^2p=0.2790$ , 交互作用:  $F(4.51,63.11)=0.4191$ ,  $p=0.8158$  ns,  $\eta^2p=0.0291$ , 自己イメー

ジへの行為主体感: 同期運動条件・運動なし条件:  $F(1,14)=66.6925$ ,  $p=0.0000$  \*\*\*,  $\eta^2p=0.8265$ , 視点位置:  $F(2.63,36.76)=4.5707$ ,  $p=0.0105$  \*,  $\eta^2p=0.2461$ , 交互作用:  $F(3.48,48.68)=2.6918$ ,  $p=0.0487$  \*,  $\eta^2p=0.1613$ ) であり、同期運動条件 (図 3 上) は運動なし条件 (図 3 下) よりもロボットへも自己イメージへも行為主体感が強くなり、視点の位置によって身体所有感は異なった。より下側ではロボットへの身体所有感が強まり、より上側では人への身体所有感が強まった。自己イメージの行為主体感については交互作用が有意であり、頭部運動同期があるときに、視点位置の効果が運動ありよりも顕著であった。

### 3.3 頭部の高さ知覚

Q5, Q6 について身体所有感・行為主体感と同様の分析を行ったがいずれの主効果も交互作用も有意ではなかった (運動同期・運動なし条件:  $F(1,14)=3.0415$ ,  $p=0.1031$  ns,  $\eta^2p=0.1785$ , 視点位置:  $F(1.28,17.85)=3.0225$ ,  $p=0.0917$  +,  $\eta^2p=0.1776$ , 交互作用:  $F(3.64,50.92)=1.6136$ ,  $p=0.1896$  ns,  $\eta^2p=0.1033$ ) (図 4)。

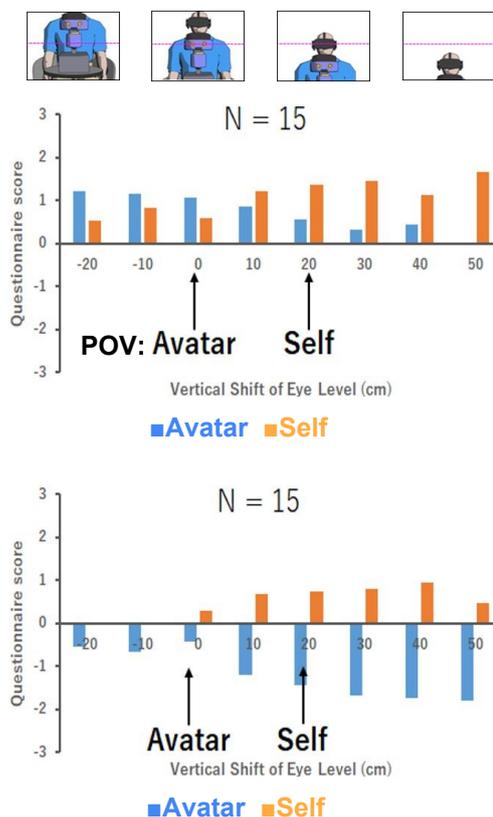


図 2 身体所有感の結果: (上) 運動同期条件, (下) 運動なし条件

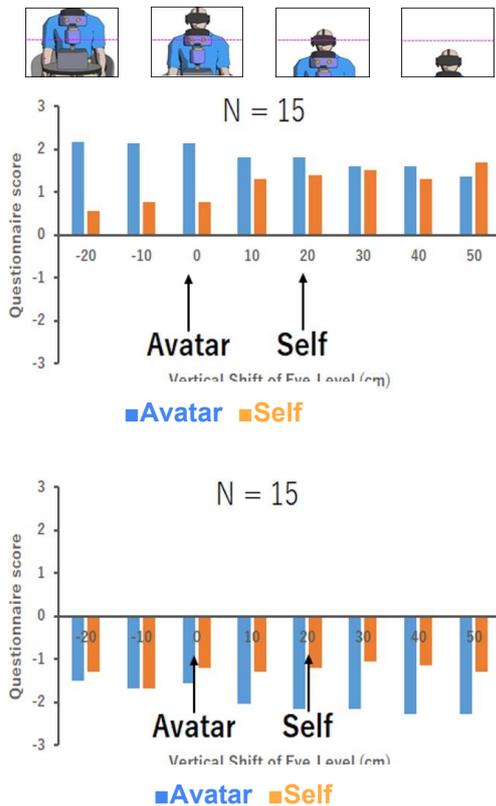


図3 行為主体感の結果：(上) 運動同期条件, (下) 運動なし条件



図4 頭部の高さ知覚の結果

#### 4. 考察

視点の位置がロボットあるいは自己イメージに近いと、それぞれに対する身体所有感および行為主体感が強くな

ることが示された。また、頭部運動同期がある場合には、ロボットあるいは自己イメージへの身体所有感および行為主体感が強くなることを示された。ただし、これらに交互作用は無く、独立に機能していることが示唆された。

視点位置の一致性については、完全に同じ位置であるよりも上か下かに他方よりも離れる方が身体所有感・行為主体感ともに強くなる傾向が見られた。このことは、ロボットと自己イメージの両方が鏡に映っていることで相対的な身体所有感・行為主体感のシフトあるいは切替が生じていた可能性を示す。

本研究結果から、自己身体とロボットアバターの両方を鏡に提示し、その位置をシフトするだけで身体所有感を連続的にシフトさせることが可能であることが示された。これは、身体意識切替の方法として期待される。

**謝辞** 本研究は、JST ERATO Grant Number JPMJER1701 (稲見自在化身体プロジェクト)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] Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756-756.
- [2] Sanchez-Vives, M. V., Spanlang, B., Frisoli, A., Bergamasco, M., & Slater, M. (2010). Virtual hand illusion induced by visuomotor correlations. *PloS one*, 5(4), e10381.
- [3] 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.
- [4] Maselli, A., & Slater, M. (2014). Sliding perspectives: dissociating ownership from self-location during full body illusions in virtual reality. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 693.
- [5] Keenaghan, S., Bowles, L., Crawford, G., Thurlbeck, S., Kentridge, R. W., & Cowie, D. (2020). My body until proven otherwise: Exploring the time course of the full body illusion. *Consciousness and Cognition*, 78, 102882.