



## 共有身体における身体所有感覚と行為主体感

藤澤覚司<sup>1)</sup>, 上田祥代<sup>1)</sup>, 杉本麻樹<sup>2)</sup>, 稲見昌彦<sup>3)</sup>, 北崎充晃<sup>1)</sup>

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, [fujisawa@real.cs.tut.ac.jp](mailto:fujisawa@real.cs.tut.ac.jp), [ueda@real.cs.tut.ac.jp](mailto:ueda@real.cs.tut.ac.jp), [mich@real.cs.tut.ac.jp](mailto:mich@real.cs.tut.ac.jp))

2) 慶応技術大学理工学部 (〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, [sugimoto@ics.keio.ac.jp](mailto: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](mailto:masahiko_inami@ipc.i.u-tokyo.ac.jp))

**概要:** バーチャルリアリティを用いることで、異なる性別、人種、発達段階の身体に対しても身体所有感の錯覚が誘発可能であることが報告されているが、いずれも自己身体から 1 つの異なる身体への改変であった。

本研究では 1 つの身体を複数の人が共有する「共有身体」を提案・設計した。それに対してどのように身体所有感や行為主体感を感じるかを検証した。その結果、部分的な運動同期と視覚刺激の提示により、担当した身体に対する身体所有感覚と行為主体感が生じたが、全身に対する身体所有感覚と行為主体感は生じなかった。

**キーワード:** 人間拡張, マルチモーダル・クロスモーダル

### 1. 序論

#### 1.1 身体所有感錯覚の誘発

身体所有感覚 (Body Ownership) は実際の身体とは異なる対象に対しても生じる。例えば、ラバーハンド錯覚では、ゴムと人の手に触覚と同期した視覚刺激の提示で身体所有感覚を誘発する[1]。またサイバースペースにおいて、被験者の動きと同期したバーチャルな身体運動を提示することで、全身の身体所有感覚を生じさせられる[2]。つまり、身体所有感の錯覚を誘発させるには、視触覚の同期や身体運動の同期が必要である。

#### 1.2 異なる身体に対する所有感覚の誘発

視触覚の同期や視覚と運動の同期が保たれていれば、形状など見た目の異なる身体にも身体所有感覚を誘発させることができる。例えば人種を変更した研究では、視触覚と運動の同期によって異なる人種のゴムの手やアバタに対して身体所有感覚が誘発され、人種差別に関する潜在的態度の変化も生じる [3][4]。子どもや異なる性別の身体、透明な身体などに対しても身体所有感覚を誘発させることが報告されている[5][6][7][8]。

一方で、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一対一対応であり、複数人が 1 つの身体を共有する時の身体所有感覚については調べられていない。

### 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 人の被験者が部分的に分担して操作することで共

有身体を実現し、それに対して身体所有感覚や行為主体感が生起するか調べた。

### 3. 実験：共有身体と同期,非同期身体の比較

#### 3.1 方法

##### 3.1.1 被験者

実験の目的を知らない 6 人の被験者がインフォームド consent に署名した後に実験に参加した。被験者は全員が健常な視力と身体運動能力を有した。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。常に 2 人の被験者がペアになり実験に参加した。

##### 3.1.2 装置

各被験者は、ヘッドマウントディスプレイ (Oculus Rift CV1, 単眼解像度:横 1080x 縦 1200 pixel, 水平視野角 90deg, 垂直視野角 110deg, リフレッシュレート 90Hz) を通してコンピュータ ((PC1: DELL Alienware Aurora, MS-Windows 10, 16GB, Intel Core i5-6400 2667MHz, グラフィックボード NVIDIA GeForce GTX 1080 8GB) (PC2: DELL XPS 8930, Intel Core i7-8700K 3.2GHz, グラフィックボード NVIDIA GeForce GTX 10080 8GB)) で生成した視覚刺激を両眼で観察した。被験者の身体の動きは、モーションキャプチャカメラ (Vicon Bonita10, 解像度 1024x1024, 台数 10 台, フレームレート 250fps) でリアルタイムで計測し、同一のコンピュータ (HP Z440 Workstation, Intel(R)Xeon(R) 3.5GHz, 16GB, グラフィックボード NVIDIA Quadro5000 256MB) に取り込んだ (図 1)。

Satoshi FUJISAWA, Sachiyo UEDA, Maki SUGIMOTO,  
Masahiko INAMI, and Michiteru KITAZAKI

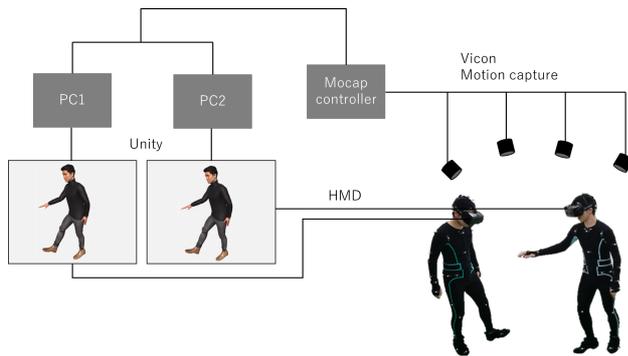


図 1 装置概略図

### 3.1.3 刺激と条件

#### 3.1.3.1 刺激

視覚刺激として、バーチャルな部屋と、被験者の身体運動と同期するアバタを 1 人称視点から観察した (図 2)。



図 2 設定したバーチャル空間

#### 3.1.3.2 条件

アバタの身体運動は、ある被験者にとって、全身が同期、全身が非同期、あるいは上半身か下半身のみが同期して運動した。

全身が非同期な条件とは、ペアの他方の被験者の全身運動に同期していた。

身体部位 (上半身/下半身) に同期する場合には、一方の被験者の上半身 (鳩尾から頭) の運動と、もう一方の被験者の下半身 (仙骨から足先) の運動が結合されアバタの運動として提示された (図 3)。

バーチャル空間での移動 (歩行) や体の回転は下半身を担当する被験者の運動に同期した。また頭の向きは上半身を担当する被験者の運動に同期したが、視点 (被験者が観察する映像) は各被験者が向く方向に独立していた。

つまり、実験条件は、被験者の全身に同期して運動する (全身) か、非同期に運動する (身体なし) か、上半身または下半身の運動のみが同期する (共有身体 (上半身、下半身)) かであった。

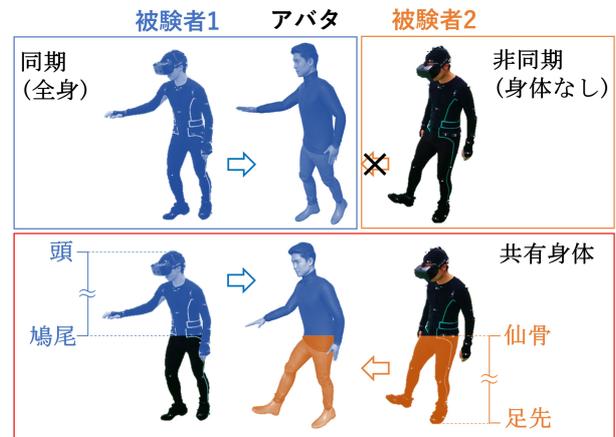


図 3 身体条件概略図

## 4. 手続き

被験者は HMD と皮膚電位反応測定器を装着し、モーションキャプチャスーツを着た状態で、刺激の観察と運動を行なった。

各試行では、バーチャルな部屋に表示される幾何学物体を対応した身体部位 (立方体は右手, 球は右足) で触るような運動を 10 分間行った (図 4)。その後、驚愕反応を計測するためにバーチャルなナイフを提示し、アバターの胸部、または右ふくらはぎに刺さるようにした (図 5)。驚愕反応は、ナイフが提示される 1 分前から皮膚電位反応測定器から測定された。

被験者は担当身体 4 水準 (全身, 身体なし, 上半身, 下半身) (ランダム順) とナイフ提示位置 2 水準 (胸部, 右ふくらはぎ) (カウンターバランス順) の組み合わせ 8 試行を 1 セッションとして行い、計 2 セッションを行った。



図 4 視覚刺激と身体運動例

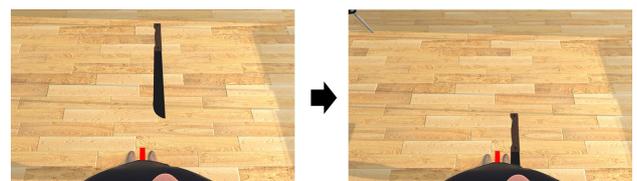


図 5 視覚刺激 (ナイフ)

各試行後に映像が消えてから、被験者は以下の 7 つの質問に対し、-3 を「全く感じない」3 を「以上に強く感じた」



として 7 段階で答えた (主観評定)。

1. 見ていた身体が自分の身体のように感じた (全身として)
2. 見ていた身体が自分の身体のように感じた (上半身のみ)
3. 見ていた身体が自分の身体のように感じた (下半身のみ)
4. 見ていた身体の動きが自分の動きのように感じた (全身として)
5. 見ていた身体の動きが自分の動きのように感じた (上半身のみ)
6. 見ていた身体の動きが自分の動きのように感じた (下半身のみ)
7. 課題を行うのは楽しい
8. 課題を行うのは易しい

## 5. 結果

全身に関する身体所有感 (Q1 (見ていた身体が自分の身体のように感じた (全身として)) と行為主体感 (Q4 (見ていた身体の動きが自分の動きのように感じた (全身として)) について、全身同期条件のほうが下半身 ( $p = 0.012$ ;  $p = 0.0047$ ), 上半身条件よりも有意に評定値が高かった ( $p = 0.0047$ ;  $p = 0.00084$ )。ただし、上半身・下半身条件は、身体無し条件よりはいずれの評定も高かった。

上半身に関する身体所有感 (Q2 (見ていた身体が自分の身体のように感じた (上半身)) と行為主体感 (Q5 (見ていた身体の動きが自分の動きのように感じた (上半身)) について、全身同期条件が最も評定値が高く、次に上半身条件、そして下半身条件の順であった ( $p = 0.023$ ;  $p = 0.042$ )。

下半身に関する身体所有感 (Q3 (見ていた身体が自分の身体のように感じた (下半身)) と行為主体感 (Q6 (見ていた身体の動きが自分の動きのように感じた (下半身)) について、全身同期条件と下半身条件の評定値が高く、その間に有差はなかった。上半身試行では評定値は有意に低下した。 ( $p = 0.22$ ;  $p = 0.33$ )。

Q7 (課題を行うのは楽しい) において、全身試行のほうが上半身、下半身試行よりも有意に評定値が高い傾向が見られた ( $p = 0.0544$ ;  $p = 0.05083$ )。身体分担なし試行は上半身・下半身条件よりも低い評定であった。

Q8 (課題を行うのは易しい) においてはいずれも評定値は+2弱であり、概ね易しいと評定され、条件間の差もなかった。

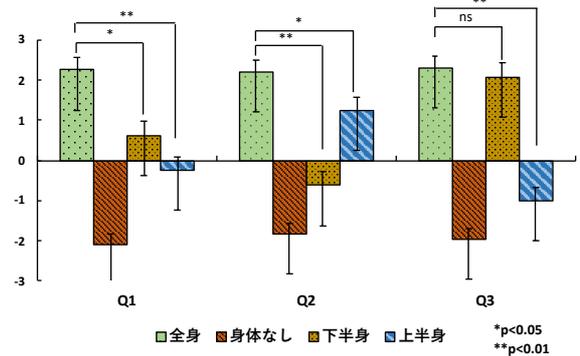


図 6 身体所有感に関する質問の結果

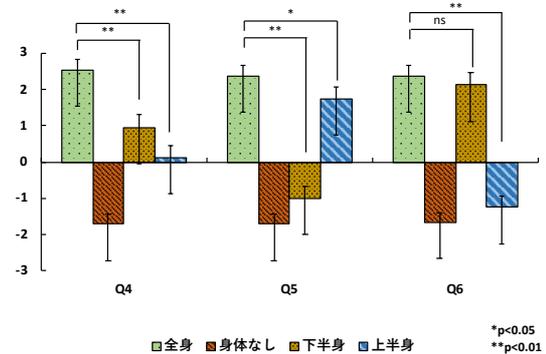


図 7 行為主体感に関する質問の結果

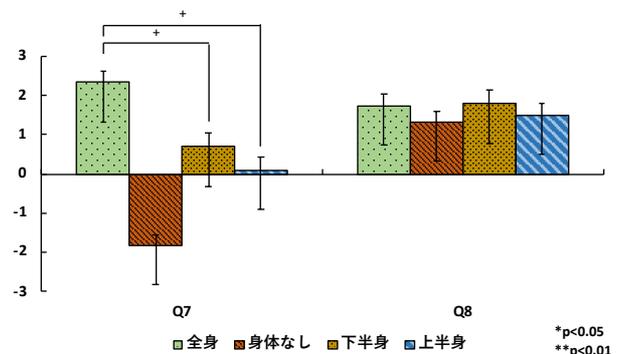


図 8 課題に関する質問の結果

## 6. 考察

全身を分担する通常の全身同期身体において、全身に関する身体所有感および行為主体感は最も高く感じられた。上半身あるいは下半身の共有身体ではそれよりも低い、非同期身体よりは高く評定された。また、課題の楽しさも同様に評価された。

共有身体の下半身の身体所有感と行為主体感については全身同期条件と下半身同期条件の評定値に有意差がなく、下半身の運動同期が、全身同期と近い身体所有感や行為主体感を生じたといえる。

一方で上半身分担における上半身身体所有感、行為主体感については、身体分担なしよりは高いものの、全身同期身体よりも有意に評定値が低かった。



上半身と下半身の身体所有感・行為主体感については、異方性が見られた。特に上半身の感覚については、上半身だけを分担しているだけでは不十分で有り、全身同期条件よりも所有感・行為主体感が減少した。これは、視点の大局的な移動が下半身を担当する他者によって行われるために低減させられているのかもしれない。つまり、下半身分担は、上半身分担よりも身体所有感・行為主体感に優位性がある可能性が示唆された。ただし、懸念点として、上半身条件での身体運動が少なかった可能性があり、今後の検討課題である。

全身の身体所有感、行為主体感については、全身同期条件と身体無し（非同期身体）条件の中間、あるいはやや全身同期条件に近い評定値となった。さらに、有意差は無いものの、下半身条件の方がやや高い値となったことから、やはり下半身担当の優位性が示唆される。

これらの結果から、共有身体による部分的な身体所有感覚や行為主体感が生じることを示唆された。

## 7. 結論

2人の被験者が1つの身体を部分的に操作する共有身体の身体運動と視覚刺激を提示することによって、担当した身体部位への身体所有感覚と行為主体感が生じることを示した。また、弱いながらも全身への身体所有感・行為主体感が観察された。また、共有身体において、下半身担当が上半身担当よりも優位性がある可能性が示唆された。

## 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] 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.
- [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] Peck, T. C., Seinfeld, S., Aglioti, S. M., & Slater, M. (2013). Putting yourself in the skin of a black avatar reduces implicit racial bias. *Consciousness and cognition*, 22 (3), 779-787.
- [5] Banakou, D., Groten, R., & Slater, M. (2013). Illusory ownership of a virtual child body causes overestimation of object sizes and implicit attitude changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (31), 12846-12851.
- [6] Slater, M., Spanlang, B., Sanchez-Vives, M. V., & Blanke, O. (2010). First person experience of body transfer in virtual reality. *PloS ONE*, 5 (5), e10564.
- [7] Guterstam, A., Abdulkarim, Z., & Ehrsson, H. H. (2015). Illusory ownership of an invisible body reduces autonomic and subjective social anxiety responses. *Scientific reports*, 5, 9831.
- [8] 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.