



# バーチャル身体基点の空間知覚の検討

Effect of virtual body centered reference frame on spatial perception

長町和弥<sup>1)</sup>, 上田祥代<sup>1)</sup>, 北崎充晃<sup>1)</sup>

Kazuya NAGAMACHI, Sachiyo UEDA, and Michiteru KITAZAKI

1) 豊橋技術科学大学 工学系研究科 (〒 441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1,  
nagamachi@real.cs.tut.ac.jp, ueda@cs.tut.ac.jp, mich@cs.tut.ac.jp)

**概要:** バーチャル空間において, 人は自分の身体と連動して動くバーチャル身体が自分の身体であるという感覚を持つ. この身体所有感の錯覚は一人称視点において強く生じるとされるが, 三人称視点でもある程度起こりうる. 一方で, 通常, 空間知覚は自己身体中心座標系で行われる. そこで本研究では, 触覚手がかりによって引き起こされる線運動錯視を用い, 空間知覚が, 身体所有感を感じるバーチャル身体中心座標に影響されるかを調べた.

**キーワード:** 空間知覚, 身体所有感, 線運動錯視

## 1. 序論

### 1.1 身体所有感の錯覚

人が「この身体は自分のものである」と感じる感覚を身体所有感 (Body Ownership) と呼ぶ. この感覚は, 自分の身体とは異なる偽の身体全体や身体部位にも生じうる. これを身体所有感の錯覚 (Illusory Body Ownership) と呼ぶ. 例えばよく知られたものとして, 視界から隠された自分の手と目前に置かれたゴムの手が同期してブラシでなでられた場合, ゴムの手を自分の手であるかのように感じるラバーハンド錯覚がある [1][2]. 非同期条件では身体所有感が生じないことから, 視触覚刺激の適切な統合が身体所有感の生起に重要であると考えられる. また, 自分の身体運動と同じ動きをするバーチャル空間上の身体を観察することでも, その偽の身体全体に対して身体所有感を感じる [3]. この場合, 年齢や性別の異なる身体や透明な身体など, 自分の身体と見た目の異なる偽の身体に対しても身体所有感の錯覚が生じることが報告されている [4][5][6].

### 1.2 身体所有感の誘発における視点の効果

身体所有感の錯覚には視覚-触覚や, 視覚-運動の同期に加えて, 視点の位置も重要な要因となる. 自分の身体と同期するバーチャル空間上の身体を主観的な視点である一人称視点で見るとした場合や, 同様の視点で鏡に映った自分の身体像を見る場合には, 自分の運動と同期するバーチャル空間上の身体を外から見る三人称視点よりも強い身体所有感が生じるとする報告もある [7][8]. ただし, バーチャル空間上で自身と連動して動くアバタを真後ろから観察する三人称視点においても, 視覚, 運動, 触覚が同期する場合は一人称視点と同程度の身体所有感が生じるとする報告もあり [9], 三人称視点においても, ある程度身体所有感が生じることが示されている.

## 2. 目的

通常, 人間は自分の身体を中心として, 周囲の環境にある事物の空間位置を把握している. しかし, 上記のようにバーチャル空間上で自分の運動と同期して動くアバタに対して身体所有感を感じる場合, バーチャル身体を基点とした空間知覚が行われる可能性も考えられる. 本研究では, 実身体とアバタの空間位置が矛盾する三人称視点条件において, アバタに身体所有感を感じている場合, 空間知覚は実身体を基点とする空間座標, アバタ身体を基点とする空間座標のどちらに依存するのか, 及び, 身体所有感は実身体とアバタの空間位置関係によってどのように変化するのかを調べることを目的とした.

空間知覚の指標として, 触覚刺激を手がかりとする線運動錯視を用いた [10]. 空間知覚がアバタ基点の空間座標に依存する場合, 実身体とアバタ身体の空間位置が矛盾する三人称視点条件においても, 触覚刺激が与えられた部位に対応するバーチャル身体の部位から線分が描かれるように錯視が生じることが予想された.

## 3. 実験 1

### 3.1 方法

#### 3.1.1 被験者

実験の目的を知らない 15 名の大学生, 大学院生 (男性 13 名, 女性 2 名, 平均年齢 21.4 歳) がインフォームド・コンセントのもと, 実験同意書に署名を行い, 実験に参加した. 被験者は全員裸眼視力, または矯正視力が正常であった. 本実験は, 豊橋技術科学大学における人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て実施された.

#### 3.1.2 装置

コンピュータ (DELL XPS8930, MS-Windows10, 32GB, Core i7-8700, 3.20GHz, GeForce GTX 1070 Ti) で視覚刺

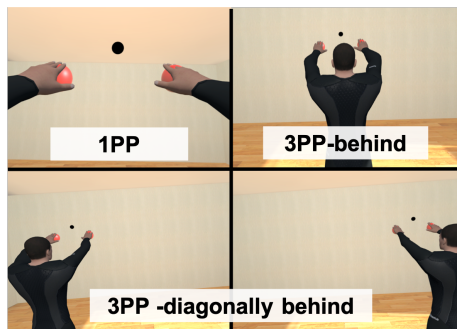


図 1: アバタの位置 (視点) 条件

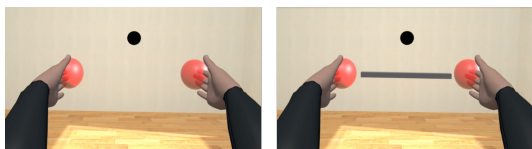


図 2: 触覚刺激による線運動錯視

激を生成し、ヘッドマウントディスプレイ (HTC VIVE, 各眼横 1080 × 縦 1200 Pixel, 90Hz, 視野角 110 度) を用いて被験者に提示した。被験者の動きは、HTC VIVE, VIVE コントローラ, VIVE トラッカーを用いたモーションキャプチャシステム (IKINEMA Orion) によってバーチャル空間のアバタの動きに反映した。

### 3.1.3 手続き

アバタと被験者の位置関係は、一人称視点 (1PP), アバタの真後ろ (3PP-behind), アバタの斜め後ろ (3PP-diagonally behind) の 3 条件を設定した (図 1)。各視点条件は別日に行われた。実験では、バーチャル空間上でアバタの両手を所定位置に制止させた状態で、触覚刺激による線運動錯視の測定を行った (図 2)。線運動錯視は、空間上のどこかに視覚、聴覚、触覚などで手がかりを提示し、その後線分を提示すると、手がかりが出た空間位置から線が描かれて運動が見える現象である。ここでは、左右の手のいずれかに振動の触覚刺激が手がかりとして与えられ、その後線分が表示された。続いて、ランダム位置に提示される視覚刺激を触るよう手足を動かす作業を 5 分間行い、再び線運動錯視を測定した。HMD を外した後に、7 題からなる身体認知に関する質問に対して 7 段階で回答した (主観評定)。以上の流れを被験者の動きとアバタの動きが連動する同期条件、連動しない非同期条件で 2 試行ずつ、合計 4 試行を 3 つの視点条件でそれぞれ行った。

### 3.2 結果

全ての条件において、触覚刺激が与えられた部位に対応するアバタ身体部位の方向から線分が描かれているように知覚した割合が、線運動錯視のチャンスレベルである 50% よりも有意に高かった ( $p < 0.0001$ , 1 標本  $t$  検定)。特に、3PP 斜め後ろ条件では、被験者座標系での触覚刺激 (例えば右手) はアバタの反対の手 (左手) の位置に近いにも関わらず、アバタの身体座標系での位置 (右手) から線が描かれ

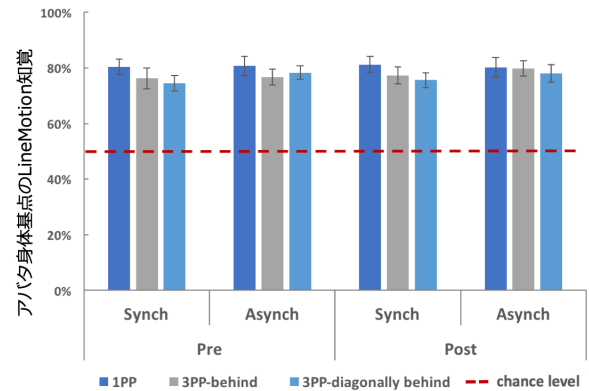


図 3: 各視点条件での線運動錯視 (アバタ表示あり)

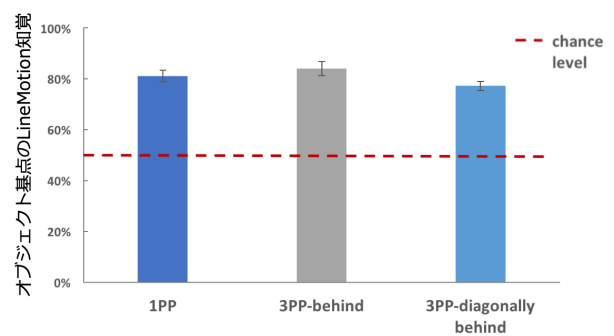


図 4: 各視点条件での線運動錯視 (アバタ表示なし)

ているように知覚された (図 3)。被験者内 3 要因分散分析では、要因の主効果、交互作用いずれも有意ではなかった。

## 4. 実験 2

バーチャル空間にアバタを表示せずに触覚刺激を用いた線運動錯視を測定することにより、線運動錯視が人型のオブジェクトが存在するだけで、そのオブジェクトを基点に発生している可能性について調べた。

### 4.1 方法

装置は実験 1 と同様とした。刺激は、実験 1 からアバタの身体刺激のみを削除した。手続きは、実験 1 から視覚刺激を触るよう手足を動かす作業をなくし、それ以外は同様とした。

#### 4.1.1 被験者

実験の目的を知らない 14 名の大学生、大学院生 (男性 13 名, 女性 1 名, 平均年齢 21.87 歳, うち 7 名は実験 1 と同じ被験者) がインフォームド・コンセンツのもと、実験同意書に署名を行い、実験に参加した。被験者は全員裸眼視力、または矯正視力が正常であった。本実験は、豊橋技術科学大学における人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て実施された。

### 4.2 結果

全ての条件において、線分を基点として、触覚刺激が与えられた部位に対応する側から線分が描かれているように知覚された (例えば、右手に触覚刺激を与えた場合、線分は右側から描かれているように知覚された)。特に、3PP 斜め

後ろ条件では、被験者座標系での触覚刺激(例えば右手)は線分の反対側の末端(左側)に近いにも関わらず、触覚刺激と同じ側(右側)から線運動錯視が生じているように知覚された。(図4)被験者内1要因分散分析(被験者に提示した視点条件)では、要因の主効果が有意ではなかった。

## 5. 考察

実験1では、アバタの動きの同期/非同期に関わらず、アバタ身体基点の線運動錯視が見られた。全ての視点条件において空間知覚の変化は見られなかった。このことから、バーチャル空間に人型のオブジェクトが存在するだけで、その人型のオブジェクトを基点として線運動錯視が生じている可能性が示唆された。しかし、実験2でアバタを非表示にしても実験1と同様の結果となった。これらの結果から、自分の実身体が見えない場合、視覚的な空間注意は、実際に触覚刺激が与えられた位置ではなく、左右の体性感覚的注意と結びつくことが示唆された。

## 謝辞

本研究は、JST ERATO JPMJER1701(稲見自在化身身体プロジェクト)の補助を受けて実施された。

## 参考文献

- [1] Botvinick, M., & Cohen, J. : Rubber hands 'feel' touch that eyes see, *Nature*, 391(6669), 756-756, 1998.
- [2] Takiris, M., & Haggard, P. : The rubber hand illusion revisited: visuotactile integration and selfattribution, *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance*, 31(1), 80, 2005.
- [3] Sanchez-Vives, M. V., Spanlang, B., Frisoli, A.,Bergamasco, M., & Slater, M. : Virtual hand illusion induced by visuomotor correlations, *PloS one*, 5(4), e10381, 2010.
- [4] Banakou, D., Groten, R., & Slater, M. : 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, 2013.
- [5] Slater, M., Spanlang, B., Sanchez-Vives, M. V., & Blanke, O. : First person experience of body transfer in virtual reality, *PloS ONE*, 5 (5), e10564, 2010.
- [6] Kondo, R., Sugimoto, M., Minamizawa, K., Hoshi, T., Inami, M., & Kitazaki, M. : Illusory body ownership of an invisible body interpolated between virtual hands and feet via visual-motor synchronicity, *Scientific reports*, 8(1), 7541, 2018.
- [7] Preston, C., Kuper-Smith, B. J. & Ehrsson, H. H. : Owing the body in the mirror: The effect of visual perspective and mirror view on the full-body illusion, *Scientific Reports*, 5, 18345, 2016.
- [8] Petkova, V. I., Khoshnevis, M. & Ehrsson, H. H. : The perspective matters! Multisensory integration in ego-centric reference frames determines full-body ownership, *Frontiers in Psychology*, 2, 35, 2011.
- [9] Debarba, H. G., Bovet, S., Salomon, R., Blanke, O.,Herbelin, B., & Boulic, R. : Characterizing first and third person viewpoints and their alternation for embodied interaction in virtual reality, *PloS one*, 12(12), e0190109, 2017
- [10] Hikosaka, O., Miyauchi, S., & Shimojo, S. : Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation, *Vision Research*, 33, 1219-1240, 1993.