



# バーチャルな身体の運動方向, 偏位方向およびサイズが 自己受容感覚ドリフトに及ぼす影響

内田裕基<sup>1)</sup>, 繁榎博昭<sup>2)</sup>

1) 高知工科大学大学院 工学研究科 (〒 782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185)

2) 高知工科大学 情報学群 (〒 782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185)

**概要:** VR 空間上の身体は位置やサイズを自由に変えることができるため, 自己の身体と位置やサイズが不一致になる場合にどのような影響が生じるか検討する必要がある. しかしこうした不一致の効果と身体運動方向や偏移方向, 遠近法手がかりの相互作用が身体知覚に与える影響については明らかではないため, 本研究では, これらの効果について検討した. 実験の結果, 遠近法手がかりの有無の効果は見られなかったが, 奥行き方向の偏移においては水平方向の偏移よりドリフト量が低下した. このことより網膜上のサイズの変化や運動方向の効果は小さく, 身体位置の偏移方向がドリフトに大きく影響することを示した.

**キーワード:** 自己受容感覚ドリフト 身体知覚 遠近法的奥行き手がかり 身体偏移方向

## 1. はじめに

VR 技術の発展に伴い, VR 空間上で自己の身体と同期したバーチャルな身体を使用する機会が増えた. バーチャルな身体は, VR 空間においてサイズや位置を自由に変更することができる. そのため, 例えば自己の手とバーチャルな手の空間的位置やサイズの差異が生じた場合に, 身体知覚にどのような影響が生じるかを検討する必要がある.

身体位置知覚と視覚フィードバックの関係に関する知見として, ラバーハンド錯覚 (Rubber Hand Illusion, 以下 RHI と略記) と呼ばれる錯覚現象がある [1]. RHI とは, 自己の手と異なる位置に偽物の手を配置し, 筆などを用いて両方の手に同期した触覚刺激を与えることによって, 偽物の手が自己の手のように感じられる錯覚現象である. この RHI が生じた際, 偽物の手の方に主観的な手の位置の移動 (ドリフト) が見られる. このドリフトの量は, 錯覚の程度を示す定量的な指標として用いられる. 通常は同期した触覚刺激を提示するが, 偽物の手と自己の手の動きを同期させることによっても同程度の RHI が生じることが報告されている [2]. さらに, 静止した視覚的フィードバックのみでも身体知覚が変調されることが報告されている [3]. そのため触覚刺激のない VR 環境においても, RHI の研究と同様にバーチャルな手の方向にドリフトが生じるかを検討することが可能であり, VR 環境を用いた RHI の先行研究も数多く存在する [4-9]. また, RHI の空間的特性に関する先行研究では, 自身の手からの偏移方向に関わらず, 偽物の手と自己の手の間距離が長くなることで偽物の手への自己所有感やドリフト量が小さくなることが報告されている [10].

VR 環境によりドリフトを指標とした先行研究では, バーチャルな手の水平方向の偏移において, 同期した運動の有無によるドリフト量への影響が見られることが報告されている [11]. この先行研究では水平方向の偏移についてしか検討が行われていないため, 本研究ではバーチャルな手の偏移方向に奥行き方向の条件を加えることによって, 運動方向の違いによるドリフト量への影響, および偏移方向と運動方向の一致不一致によるドリフト量への影響を検討を行った (実験 1). また, 奥行き方向の動きにおいて網膜上のサイズの変化が生じるため, その影響について検討し, 遠近法手がかりの有無の効果についての検討も行なった (実験 2).

## 2. 実験方法

### 2.1 被験者

#### 2.1.1 実験 1

被験者は, 18 名 (男性 17 名, 女性 1 名) が参加した. 全員が裸眼または, 矯正レンズを用いた正常な視力を有した. 被験者は, ヘッドマウントディスプレイ (HMD) の使用経験の有無の効果についても検討するため, それぞれ 9 人ずつとした. 一度でも HMD をある程度装着したことがあれば経験有りとした.

#### 2.1.2 実験 2

被験者は, 13 名 (男性 11 名, 女性 2 名) が参加した. 全員が裸眼または, 矯正レンズを用いた正常な視力を有した. 全員が実験 1 の被験者であった.

### 2.2 実験装置

視覚刺激は Unity 2017 を用いて作成した. 視覚刺激の提示には, HMD (Oculus Rift cv1) を用いた. VR 空間上の手と実際の手との同期, 主観的位置の評価は Oculus touch

と2台の赤外線センサを用いた。

### 2.3 実験環境

被験者は、右手はコントローラを固定し、左手はコントローラを自ら持った状態で実験を行なった。バーチャルな手は右手のコントローラの移動と回転に同期していた、右手にコントローラを固定したのは実験中にコントローラ的位置がずれないようにするためであり、ゴムバンドにより固定した。左手のコントローラは、主観的位置の判断に用いた。HMDは、カバーをつけることによって隙間から実世界が見えないようにした。

### 2.4 刺激および実験条件

自己の手の視覚フィードバック刺激として、コントローラの移動と回転が同期したバーチャルな手を用いた。バーチャルな手は自身の手からずれた位置に呈示しており、コントローラを回転すると少し離れた位置にあるバーチャルな手を中心に回転し、回転時に実際の手の位置の手がかりにはならなかった。手のサイズは実際の手と同程度に設定した。手の運動の統制ため直径1cmの青色の球体を呈示し、条件に応じて左右または前後に20cmの距離を約3.7sで5回往復運動をした。球体の初期位置は、被験者の目の高さ調整し呈示した。

#### 2.4.1 実験1の条件

実験条件は、手の偏移が水平方向と奥行き方向の2水準、運動方向が水平方向と奥行き方向の2水準の計4条件であった。手の偏移方向は、水平方向の偏移では図1のように左右に、奥行き方向の偏移では図2のように前後に、それぞれ10cmずつ偏移した。左右あるいは前後の2方向の偏移を設けたのは、これらの条件の差分を指標とし、ドリフトの左右または前後のバイアスを除去するためであった。各条件の呈示順はランダムであった。

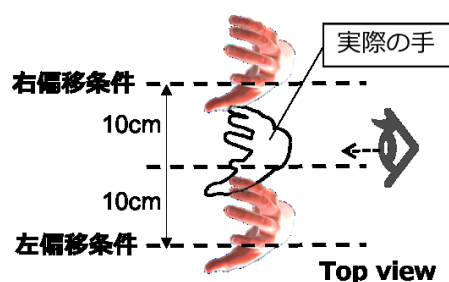


図1: 水平方向の偏移

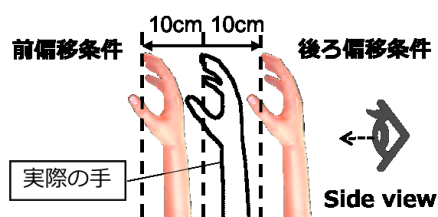


図2: 奥行き方向の偏移

#### 2.4.2 実験2の条件

実験条件は、手の偏移が水平方向と奥行き方向の2水準、遠近法手がかりの有無の2水準の計4条件であった。手の偏移方向は実験1と同様とし、運動方向は奥行き方向のみであった。遠近法手がかりがない条件では、基準となる手のサイズを運動開始時の大きさに調整し、図3に示すように目と手との距離が変化しても網膜上の手のサイズが変化しないようにした。なお偏移した手の位置を基準の位置としているため、偏移の条件に応じてサイズは異なる。遠近法手がかりの有無は試行ごとにランダムであった。

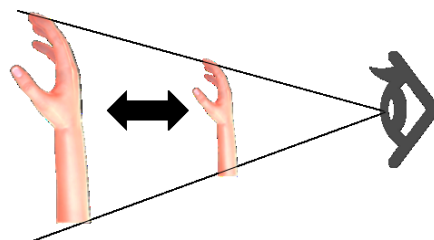


図3: 遠近法手がかりなし条件

#### 2.5 自己受容感覚ドリフトの分析方法

被験者は左手のコントローラでバーチャルな手を操作し、自己の手の位置の主観的位置に一致させた。主観的位置の決定を行なった時に右手のコントローラ的位置から実際の手の位置の情報を取得した。主観的な自己の手の位置の指標となるバーチャルな手の初期位置が位置の判断に与える影響を除去するため、球体が静止した位置から右または前に10cmか15cmの位置に呈示する場合と、左または後ろに10cmか15cmに位置する場合とを設定した。これらの初期位置は、試行ごとにランダムであった。被験者が示した自己の手の主観的位置と実際の手の位置との差分を算出し、左右または前後条件間の差をドリフト量とした。ドリフト量が正の場合、偏移した方向にドリフトしたことを示す。

#### 2.6 実験手続き

試行開始時に被験者の前方に青い球体が表示されるので、バーチャルな手の示指が球体に触れるように、被験者は手を動かしそこを初期位置とした。球体に指が触れると球体が左右方向または前後方向に5往復運動するので被験者はその球体を指で追従した。5往復後球体が静止するので被験者は右手を球体が停止した位置に維持した。運動後、視覚刺激による影響を除去するためブランクを1s挟み。その後、実際の手と動きが同期していない自己の手の位置を判断用のバーチャルな手が表示された。そのバーチャルな手を左手のコントローラで移動し右手の示指の主観的位置を判断した。これを1試行とした。実験1では各条件16試行ずつ4条件の計64試行を1ブロックとして2日に分けて2ブロック行なった。各条件の順番は被験者間でカウンターバランスをとった。実験2では遠近法手がかりの有無はランダムな順であったため、偏移方向ごとに32試行ずつ、計64試行を1ブロックとして、2日間行なった。偏移方向の順番に関しては被験者間でカウンターバランスをとった。

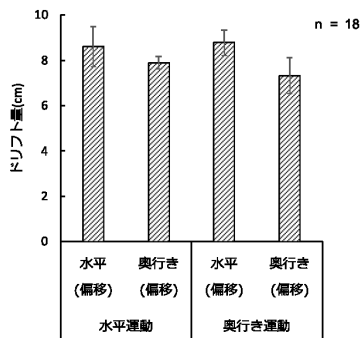


図 4: 実験 1 の結果

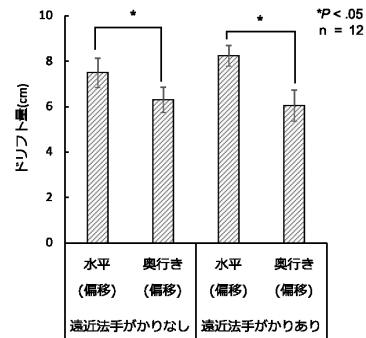


図 5: 実験 2 の結果

### 3. 結果と考察

#### 3.1 実験 1

各条件におけるドリフト量の結果を図 4 に示す。どの条件においても十分なドリフト量が生じていた。運動方向と偏移方向の 2 要因対応ありの分散分析の結果は偏移方向の効果が  $F(1, 3) = 9.445, p = .05, \eta_G^2 = .176$ , 運動方向の効果は  $F(1, 3) = .754, p = .4035, \eta_G^2 = .0032$ , 交互作用は  $F(1, 3) = 2.578, p = .136, \eta_G^2 = .013$  であった。運動方向に関わらず奥行き方向の偏移の方が水平方向よりもドリフト量の平均値が小さかったのは、奥行き方向の偏移は網膜上の差が小さいためと考えられる。また、偏移と運動の一致不一致による交互作用効果は見られず、運動方向に関わらず奥行き方向の偏移においてドリフト量が小さかったことから、運動方向と偏移方向が同じかどうかはドリフト量に影響を与えず、ここでもドリフト量は網膜上の差の大きさに依存することが示されている。運動方向の違いの効果については、網膜上の変化は水平方向の運動の方が大きいにも関わらずドリフト量への影響は小さいため、同期した運動であれば運動方向に関わらず同様のドリフトが生じると考えられる。なお、VR 経験の有無と運動方向と偏移方向の 3 要因対応ありの分散分析の結果、偏移方向と運動方向には同様の効果が見られたが VR 経験の有無による効果は見られなかった。このことから、VR 経験の有無はドリフトへの大きな影響はもたらさないと考えられる。

#### 3.2 実験 2

結果を図 5 に示す。この結果より遠近法手がかりがない場合でも、十分なドリフト量が生じていた。ドリフト量に対して、偏移方向と遠近法手がかりの有無の 2 要因対応ありの分散分析を行なった結果、偏移方向に主効果が見られ、水平方向の偏移に比べ奥行き方向の偏移のドリフト量が小さかった  $F(1, 11) = 7.019, p = .022, \eta_G^2 = .152$ 。しかし、遠近法手がかりの有無および交互作用は有意ではなかった。奥行き方向の偏移は水平方向の動きよりも小さくなっており結果が再現された。また、実験 1 と同様に遠近法手がかりの有無に関しては、偏移方向に関わらずドリフト量への影響が小さく、ドリフトを生じさせるには奥行き方向の運動に同期したサイズの変化は必要ないことが示唆された。

### 4. まとめ

本研究では、バーチャルな手を実際の手の位置から水平方向または奥行き方向に偏移させ、水平または奥行き方向への運動を行なった後、実際の手の主観的位置を測定することによってドリフト量を検討した。これによってバーチャルな手の運動方向と偏移方向の一致不一致の効果について検討した (実験 1)。加えて、偏移方向ごとの遠近法手がかりの有無による効果についても検討した (実験 2)。実験の結果、運動方向に関わらず偏移が奥行き方向の場合、水平方向に比べてドリフト量が小さかった。また、偏移方向に関わらず遠近法手がかりの有無によるドリフト量への影響は見られなかった。これらのことから、身体位置の偏移方向がドリフト量の大きさに影響を及ぼすこと、遠近法手がかりの有無のドリフト量への影響は小さいことが示された。このことにより、前後の位置のズレや前後運動による網膜像の変化の矛盾はバーチャルな手への自己所有感に及ぼす影響は小さいことが示唆された。

謝辞 本研究は科研費 (16K00211) の助成を受けた。

#### 参考文献

- [1] Botvinck, M. and Cohen, J.: Rubber hands 'feel' touch that eyes see, *Nature*, 391, 756, 1998.
- [2] Dummer, Picot-Annand, Neal, Moore: Movement and the rubber hand illusion, *Perception*, volume 38, pp. 271-280, 2009.
- [3] Harris, C. S.: Perceptual adaptation to inverted, reversed, and displaced vision; *Psychological Review*, 72(6), pp. 419-444, 1965.
- [4] Slater, M., Peres-Marcos, D., Ehrsson, H. H. and Sanchez-Vives, M. V.: Towards a digital body: the virtual arm illusion; *Frontiers in human neuroscience*, 2, 6, 2008.
- [5] Hara, M., Pozeg, P., Rognini, G., Higuchi, T., Fukuhara, K., Yamamoto, A., et al.: Voluntary Self-touch Increases Body Ownership; *Frontiers in Psychology*, 6, 1509, 2015.
- [6] Slater, M., Peres-Marcos, D., Ehrsson, H. H. and Sanchez-Vives, M. V.: Inducing illusory ownership of a virtual body; *Frontiers in Neuroscience*, 3, 2, 2009.

- [7] Peres-Marcos, D., Sanchez-Vives, M. V. and Slater, M.: Is my hand connected to my body? The impact of body continuity and arm alignment on the virtual hand illusion; *Coin Neurodyn*, 6, pp. 295-305, 2012.
- [8] Shibuya, S., Uenaka, S. and Ohki, Y.: Body ownership and agency: task-dependent effects of the virtual hand illusion on proprioceptive drift; *Exp Brain Res*, 235, pp. 121-134, 2017.
- [9] Tire, G., Tidoni, E., Pavone, EF. and Aglioti, SM.: Body visual discontinuity affects feeling of ownership and skin conductance responses; *SCIENTIFIC REPORTS*, 2015.
- [10] Sanchez-Vives, M. V., Spanlang, B., Frisoli, A., Bergamasco, M. and Slater, M.: Virtual hand illusion induced by visuomotor correlations; *PLoS ONE*, 5, e10381, 2010.
- [11] 川村 卓也, 繁榘 博昭: 自己受容感覚における身体の奥行き位置および能動的運動の視覚情報の効果”, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 21(1), pp. 141-147, 2016.