

VR空間内の身体知覚における視覚的要因の影響

1245129 中島 翔 【知覚認知脳情報研究室】

The Effects of Visual Factors on Self-Body Perception in VR Space

1245129 NAKAJIMA, Kakeru 【Perceptual and Cognitive Brain Information Processing Lab.】

1 はじめに

身体の視覚情報を操作すると、その身体の体性感覚は影響を受ける。このような現象の代表的な例として、ラバーハンド錯覚 (Rubber Hand Illusion, 以降 RHI) が挙げられる。RHIとは、自己の手が見えない状態で、その近くに置いたゴム製の偽物の手を観察し、自己の手と偽物の手の両方に同期した触覚刺激を与えると、偽物の手に触覚を感じる錯覚現象である [1]。この時、自己の手の位置の知覚は偽物の手の方にずれて知覚される。この知覚位置のずれを自己受容感覚ドリフトという。自己受容感覚とは、筋、腱、関節の状態から身体の位置を知覚する感覚である。RHIに関する研究は多く行われているが、視覚上の身体位置のずれの向きは一方のみで一定となっており、自己受容感覚ドリフトの向きも同方向で一定である。そのため、ずれの向きが位置に応じて変化する場合でも自己身体化が生じ、ドリフトの向きも変化するかは明らかではない。VR環境上の活動では、手の届く範囲を拡大させることで、動きをダイナミックにすることがあり得るが、このような活動時には、現実の手の位置とVR空間上の手の位置にずれが生じ、手の位置に応じて、ずれの向きが変化することになる。この身体位置のずれの向きの変化に応じて、自己受容感覚ドリフトの向きも変化するを示すことができれば、人間はVR空間で操作する身体に対して、より柔軟な適応が可能であることを示すことにつながる。

そこで本研究では、VR空間上における手の位置の視覚フィードバックを操作し、手の動きを大きく見せることによって生じる視覚上の身体位置のずれの向きの変化が、身体位置の知覚に及ぼす影響について検討した。実験は2種類に分けられ、実験1では左右、実験2では前後の手の動きによる視覚上の身体位置のずれの影響を検討した。2種類の方向のずれの影響を検討した理由は、網膜上における身体位置のずれの変化が大きい左右方向のずれと、比較的小さい前後方向のずれの間で、同様の効果が見られるかを明らかにするためである。

2 実験方法

2.1 実験参加者及び実験環境

各実験の参加者は正常な視力 (矯正含む) を有する学生12名であり、全員右利きであった。両実験ともに動

かす手は左手であった。視覚刺激の呈示には、ヘッドマウントディスプレイ (VIVE Pro, HTC社) を用いた。

2.2 実験条件

実験条件は、左手の身体位置のずれがある条件とない条件の2条件であった。ずれあり条件では、VR空間上で参加者の頭部から前方30cmを中心とし、実験1では左右、実験2では前後の手の動きを1.5倍大きくした。左手は中心から水平/垂直方向に最大20cm動かすため、身体位置のずれの大きさは最大10cmであった。ずれなし条件では、現実とVRの手の位置を一致させた。

2.3 手続き

参加者は着座した状態で、VR空間上での左手の動きに慣れることを目的とした学習課題を行った。課題の内容は、ランダムな位置に出現する青い球体に対し、左手を到達させる作業を50回行うことであった。青い球体の出現位置は、実験1では頭部の前方30cmにおける縦20cm、横40cmの前額平行面上の領域で、実験2では縦20cm、横20cm、奥行き40cmの領域であった。

学習課題の終了後、現実の身体位置と知覚された身体位置のずれの大きさと向きを計測するために、身体位置判断課題を行った。課題の内容は、前方の7つのいずれかの位置にランダムに出現する赤い球体に、自身の左手の位置を合わせることであった。赤い球体の出現位置は、頭部中心の前方30cmを基準に、実験1では左右、実験2では前後に ± 10.0 、 ± 6.67 、 ± 3.33 cmだけ離れた6か所、および基準点の0cmの計7か所とした。以降、赤い球体の位置を、中心から左と手前の3箇所は「-」、右と奥の3箇所を「+」で表現する。参加者は、位置合わせが完了したら、次の試行に移った。この時、VR空間上では左手が見えていない状態とし、参加者は自身の自己受容感覚を頼りに課題を行った。赤い球体は7か所の位置に各3回ずつ出現し、計21試行を作った。

この学習課題と判断課題を1セットとし、参加者が身体位置のずれの有無の各条件で5セットずつ繰り返した。そのため、各条件の7か所の位置ごとの身体位置判断の試行数は15試行であった。ずれの有無の条件は、それぞれ日を分けて行い、条件の順は参加者間でカウンターバランスを取った。

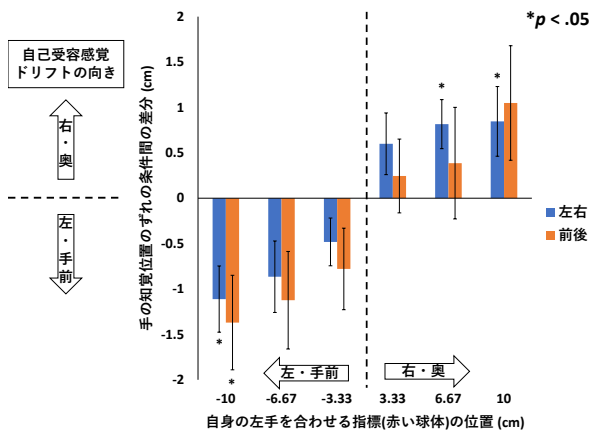


図1 自身の左手を合わせる指標の各位置における自己受容感覚ドリフトの向きと大きさ (エラーバーは標準誤差を示す)

3 結果及び考察

知覚される身体位置のずれとして、赤い球体と左手のずれを利用した。ずれの有無の各条件で、赤い球体で示す7つの位置での計測値の平均を算出した。それらの平均値に対して、赤い球体が中央正面に出現したときを基準点として差分を求め、中央以外の残り6つの位置での、手の位置の知覚のずれの向きと大きさを算出した。

12名分の参加者のデータを用いて、身体位置のずれの有無と赤い球体の位置の2要因の分散分析を行った。その結果、両実験とも交互作用が有意となった (実験1: $F(5, 55) = 9.27, p = .00, \eta_G^2 = 0.10$, 実験2: $F(5, 55) = 5.57, p = .00, \eta_G^2 = 0.06$)。

単純主効果検定を行った結果、実験1では ± 10.0 cm, $+6.67$ cm, 実験2では -10 cm の位置において、身体位置のずれの有無の条件間で有意差が認められた (実験1: -10 cm: $F(1, 11) = 9.29, p = .01, \eta_G^2 = 0.11$, $+6.67$ cm: $F(1, 11) = 9.10, p = .01, \eta_G^2 = 0.15$, $+10$ cm: $F(1, 11) = 4.85, p = .0498, \eta_G^2 = 0.08$, 実験2: -10 cm: $F(1, 11) = 6.92, p = .02, \eta_G^2 = 0.11$)。

赤い球体の各位置における手の知覚位置のずれの条件間の差分 (自己受容感覚ドリフトの向きと大きさ) の結果を図1に示す。グラフは、ずれあり条件より、ずれなし条件における手の知覚位置が左・手前にある場合は「-」、右・奥にある場合は「+」を示している。結果の図1において、ずれあり/なしの条件間の差分を示した理由は、ずれなし条件においても身体知覚位置がシミュレートした位置 (赤い球体の出現位置) と大きな乖離 (-10 cm の位置において最大 3.25 cm の知覚位置のずれ) があったため、視覚フィードバックによる身体位置の影響を明確化するためである。

実験1では、 ± 10.0 cm の位置において、手の知覚位置にずれあり/なしの条件間で有意な差が認められ、図1より、 ± 10.0 cm の各位置における自己受容感覚ドリ

フトの向きが異なっていることが分かる。以上のことから、視覚上の身体位置のずれの向きが左右に変化すると、自己受容感覚ドリフトの向きも左右に変化することが示された。また、今回のような数分程度の短時間の学習課題においても方向に応じたドリフトが生じることも明らかとなった。

実験2では、手前においては手前方向のドリフトが生じたものの、奥の条件では個人差が大きく、検定の結果においては有意ではなかった。そのため、視覚上の身体位置のずれの向きに応じて、自己受容感覚ドリフトの向きが変化しているという明確な結果は得られなかった。しかし、図1から、実験1の結果と同様に、視覚上の身体位置のずれの向きが変化する中央を基準に、知覚位置のずれの向きが変化している傾向が見られる。正面の位置でずれの方向が変化する左右のずれより、ずれの方向が変化する位置が判断しづらい前後方向のずれの場合においても、同様の知覚位置のずれの向きが変化している傾向が見られており、前後方向のずれにおいても、ずれの方向に応じた影響が生じていることが推測される。実験2では、参加者の身体との距離が近い -10 cm の位置において条件間で知覚位置に差が生じ、参加者との距離が比較的遠い $+10$ cm の位置では明確な差が認められなかった。先行研究より、視覚上の身体位置のずれによる自己受容感覚ドリフトは、身体から離れた位置の場合、ドリフト量が小さくなることが示されている [2]。そのため、左手と参加者との距離が比較的大きくなることにより、視覚フィードバックの操作の影響が小さくなったことが考えられる。

4 おわりに

本研究では、VR空間上における手の位置の視覚フィードバックを操作し、手の動きを大きく見せることによって生じる視覚上の身体位置のずれの向きの変化が身体位置の知覚に及ぼす影響について検討した。実験の結果、ずれの向きが変化すると、自己受容感覚ドリフトの向きも変化することが示唆された。このことから、人間は、従来の研究で示されたような一方向のみの身体位置知覚の変化だけでなく、VR空間で操作する身体、現実と異なる動きに柔軟に適応し、その動きや位置に応じて知覚される身体位置の変化が生じることが推測される。

参考文献

- [1] Botvinick, M. and Cohen, J., “Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see.”, Nature, Vol.391, No.756, 1998.
- [2] Preston, C., “The role of distance from the body and distance from the real hand in ownership and disownership during the rubber hand illusion”, Acta Psychologica, Vol.142, No.2, 2013.