

自己身体の視覚フィードバックが 3 次元空間知覚に及ぼす影響

1205087 山根 祥 【 知覚認知脳情報研究室 】

Effects of visual feedback of self-body on the three-dimensional spatial perception

1205087 YAMANE, Sho 【 Perceptual and Cognitive Brain Information Processing Lab. 】

1 はじめに

バーチャルリアリティ (Virtual Reality, 以下 VR) 空間上でバーチャルな手の視覚フィードバックを提示しそれを操作すると、自己受容感覚による手の位置の知覚や 3 次元空間知覚が影響を受けることが報告されている。自己受容感覚とは自己の身体位置や態勢を筋や関節などの状態から知覚することであり、この自己受容感覚による身体位置の知覚が実際の手の動きと同期する視覚フィードバックによって変化することが報告されている [1]。また、視覚フィードバックが自身の手の位置と異なると目標物までの距離の知覚に影響を与え、その結果として対象の奥行き知覚が変化することが報告されている [2]。この先行研究では、自身の指先より速くに表示された光点を操作し、目標物への到達運動を繰り返し行うと、物体間の奥行き距離を過大評価することが示された。これは、自己の手が伸びたという視覚情報に順応することで空間知覚の基準となる距離の知覚が変容したためと報告されている。しかし、先行研究では手の位置の視覚フィードバック情報として光点のみを用いて検討していたため、この視覚情報が自己身体と類似することで空間知覚の変容にどのような影響を及ぼすかについては明らかではない。そこで実験 1 では提示する視覚フィードバック情報について実際の手との類似性を操作し、その効果を検討した。また、到達運動によって得られる視覚フィードバック情報の差異が自己受容感覚による身体位置の知覚特性に影響を及ぼすか検討されていないためこの点について実験 2 で検討した。

2 実験方法

2.1 装置および被験者

視覚刺激と VR 環境は Unity (Ver2017.1.1f1 Personal) を使用し、自己身体の視覚フィードバックを操作するため Oculus Touch を使用した。視覚刺激の提示には HMD (Oculus Rift CV1) を使用した。被験者は実験 1, 2 ともに同じ 20 代の大学生 8 名が参加した。

2.2 刺激

被験者が操作する Oculus Touch に同期して提示するモデルとして、手 (virtual hand) 条件と球 (sphere) を

人差し指先端位置に提示した条件の 2 水準設定した (図 1 左)。さらに、それぞれのモデルに対して実際の手的位置に提示する (Normal) 条件と 200 mm 奥にずらした (Extend) 条件の 2 水準を設定した。また、到達運動の目標物として直径 100 mm の円形のオブジェクトを設定した (図 2 左)。実験 1 の奥行き距離判断課題では直径 10 mm の直立した円柱を用い奥行きの手がかりとなる円柱の両端は視野から外れるように長く設定した (図 2 右)。実験 2 の自己受容感覚による自己身体の位置を判断させる課題 (ポインティング課題) では、実際の人差し指に沿って直径 5 mm, 長さ 2 m の円柱を提示した。その円柱上に被験者が自己身体の位置を判断するための赤いマーカーを設定した (図 1 右)。

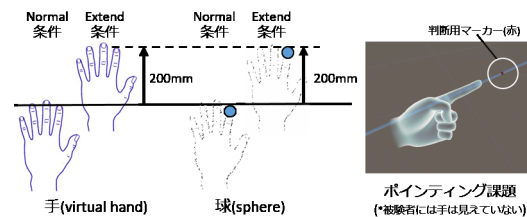


図 1. 操作するモデルと刺激

2.3 手続き

2.3.1 実験 1

被験者は HMD を装着し、左手に Oculus Touch を人差し指を伸ばした状態で持って、バーチャルな机の上に提示された目標物に対して自己身体の視覚フィードバック情報を用いて到達運動課題を 60 試行繰り返した。このとき目標物までの視距離条件は被験者の視点から 420, 495, 570 mm の 3 水準とした (図 2 左)。次に被験者は同一奥行き上に並んだ 3 つの円柱のうち、中央の円柱の奥行き位置を Oculus Touch のスティック部で操作し、円柱間の奥行き距離を左右の円柱間距離と同じ距離になるように調整する奥行き距離判断課題を行った (図 2 右)。左右の円柱の距離は 40, 80 mm の 2 水準設定した。各条件下でこの課題を 5 試行ずつ繰り返し、計 30 試行とした。順序効果を避けるためモデルの提示順はカウンターバランスを取った。奥行き距離判断課題で提示される左右の円柱の位置はランダムな順とし、中央の円柱は操作する方向が偏らないように上昇系列、下降系列に分けカウンターバランスを取った。

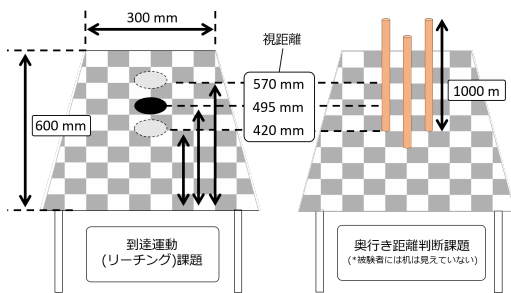


図 2. 各課題の環境

2.3.2 実験 2

実験 1 で行った到達運動課題の前後にポインティング課題を 5 試行ずつ行った。被験者には自身の手のモデルは見えおらず、円柱に沿って表示される判断用の赤いバーを操作して自分の左手人差し指先端の主観的位置を判断した(図 1 右)。実験は順序効果を避けるため、提示される赤いバーの初期位置はランダムに表示した。

3 実験結果および考察

実験 1 の奥行き距離判断課題において被験者が調整した奥行き距離の平均値を分析した結果、どの条件間でも有意な差は認められなかった。次に、各視距離、円柱間距離条件において手の位置条件間における調整した奥行き距離の分散値について分析した(図 3)。手の位置条件、手のモデル条件の 2 要因対応ありの分散分析の結果、操作する手のモデルの主効果が見られた ($F(1,20)=5.26, p<.05$)。手の位置の違いの主効果は見られず、また交互作用も見られなかった。virtual hand 条件より sphere 条件の方が分散値が大きいことから、球のような抽象的な視覚フィードバックは手と比べて身体的位置知覚の差が個人間で生じやすいという仮説が考えられる。また、球の位置の知覚が手のモデルよりも知覚しにくく、このことがより大きな個人差を生じた可能性もある。そこで実験 2 では、個人間の違いが自己身体の主観的位置の知覚や奥行きに対する感度の違いで説明できるのかについて検討した。

実験 2 のポインティング課題で測定した自己身体の主観的位置の平均値を分析した結果、どの条件間でも有意な差は認められなかった。また、自己身体の到達運動課題前後の主観的位置の変化量(ドリフト量)の分散値について分析した(図 4)。手に対応するモデル、手の位置条件の 2 要因による混合要因計画の分散分析を行った結果、Normal 条件において、モデルの主効果が見られた ($F(1,8)=23.52, p<.01$)。手の位置の主効果は見られず、また交互作用も見られなかった。Normal 条件において sphere 条件より virtual hand 条件の方が分散値が大きかったことから、操作したモデルが実際の手との類似性が高くなると、かえって手の位置の知覚が個人間で異なることが示唆された。また、Extend 条件においてどちらのモデルでもドリフト量に有意な差が認められなかったことも合わせて、奥行き判断の個人差が手のモデルによって異なることが自己身体の主観的位置の変

化の程度では説明することができないことが示された。

そこで、実験 1 の奥行きを調整した値と実験 2 のドリフト量の間で相関分析をしたところ、球のモデルの条件においてのみ Extend 条件の方が Normal 条件より有意に相関が高く ($p<.05$)、最も大きな相関を示した。したがって、手よりも球のモデルの方が奥行きの違いを知覚しにくく奥行きに対する感度の違いが奥行き知覚やドリフト量の大きな差を生じ分散が大きくなった可能性が考えられる。

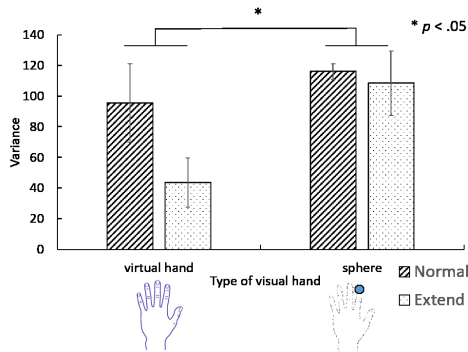


図 3. 奥行き距離判断課題における調整値の分散

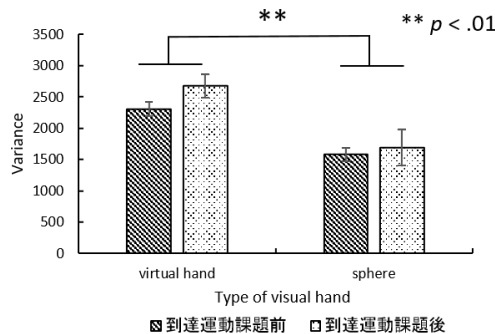


図 4. Normal 条件におけるドリフト量の分散

4 まとめ

実験 1 では VR 空間において提示する視覚フィードバック情報を実際の手との類似性を操作することでその効果を検討した。その結果、自身の手の視覚フィードバックが球のような抽象的な情報であった場合、奥行き判断において個人差が生じやすいことが示された。また、個人間で奥行き判断が異なることと自己身体の主観的位置の知覚との関係を実験 2 で検討した。その結果、球のモデルで個人差が大きかったのは自己身体の主観的位置の違いではなく、奥行きが知覚しにくい球のモデルでは位置の条件の差を知覚しにくいため、奥行きの感度の違いによって個人差を生じたことが示唆された。

参考文献

- [1] 川村 卓也, 繁樹 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, 2016 21(1) pp.141-147.
- [2] Volcic R, Fantoni C, Caudek C, Assad JA & Domini F. Visuomotor adaptation changes stereoscopic depth perception and tactile discrimination, The Journal of Neuroscience, 2013 33(43):17081-17088.