

## VR 環境下でラバーハンドイリュージョン（自己受容感覚ドリフト）は生じるか？

162G004 岩井 悠・162G053 福原 久瑛・162G061 松田 明日香

## 問題

ラバーハンドイリュージョン（以下 RHI）とは、視覚的に隠された自分の手と、目の前に置かれたゴム製の手が同時に繰り返し触られる事により、次第にゴム製の手が自分の手であるかのような感覚が生じる現象の事である。また、通常とは異なる視覚的フィードバックが自己受容感覚に影響し、自己の身体の主観的位置が変調される現象を、自己受容感覚ドリフトという。そして、ゴムの手の位置に向けて自己受容感覚ドリフトが生じる事が、RHI の生起を確認するための一つの指標として用いられる（川村・繁樹, 2016）。

筆者らは、VR 環境における対象への RHI や自己受容感覚ドリフトを調べる事で、そのような操作環境に対する人の適応能力を評価する指標が得られるのではないかと考えた。本研究においては、ターゲットとして参加者の前方に赤いボールを提示し、そのターゲットと仮想の手に付属した青いボールを重ね合わせる作業をさせる。我々は、自分の手が見えない状況でも、自己受容感覚に基づいて、手をターゲットの位置に伸ばすことができるが、実験では、VR 環境に仮想の手が表示されない状況と表示される状況を、非表示-表示-非表示の順で交互に行い、手が表示される際に、仮想の手と実際の手の空間座標が一致していない条件を設ける事で、その後、仮想の手が表示されない状況下で、参加者の手の位置に関する自己受容感覚がどの程度仮想の手の位置に向けて偏位するかを測定することを試みた。

## 方法

**参加者** 正常な視力を持った大学生 20 名（男性 10 名、女性 10 名）が実験に参加した。

**装置** PC (G-Tune LGi310) と、VR ゴーグル (Oculus Rift), コントローラー (Oculus touch), および 2 台の赤外線センサーを用いた。実験プログラムの開発には、ゲーム開発環境である Unity 2018 を使用した。

**刺激** VR 空間内では、参加者から前方 400 mm の位置にターゲットとして赤いボールを提示した。ターゲットは参加者の正面 (0 mm), 左 (-200 mm), 右 (200 mm) のいずれかの位置にランダムに提示された。

**手続き** 実験は暗室で行われた。参加者は VR ゴー

グルを装着し、VR 空間の中に提示された仮想の手をコントローラーで操作した (Figure 1)。まず練習試行として、ターゲットとして赤いボールが正面、左、右のいずれかの位置に表示される事を説明し、その位置に仮想の手と共に表示されている青いボールを重ね合わせるよう教示した。

実験は、1 回につき 3 つのセッションに分かれていた。まずセッション 1 (S1) では、仮想の手が表示されていない条件で、参加者自身の自己受容感覚だけを頼りにターゲット位置に手を伸ばす作業を行った。セッション 2 (S2) では、仮想の手が表示される条件で作業を行った。ただし、S2 では実験前に選択されたオフセット条件によって、仮想の手の位置が操作されていた。オフセット条件は 3 つあり、仮想の手が実際の手よりも左と右にそれぞれ 100mm ずつ偏位した状態で表示される条件と、偏位していない条件があった。セッション 3 (S3) では、再び仮想の手が表示されていない条件で作業を行った。1 回の実験は、各セッション 30 試行、合計 90 試行からなっていた。

オフセット条件の実施順序は参加者間でカウンタバランスをとり、S2 における実験操作の効果が後の条件に影響するキャリーオーバー効果を避けるため、実験は条件ごとに 1 日以上の間隔を空けて行った。



Figure 1. 実験中に参加者が見ている画面。

## 結果

実験結果を Figure 2 に示す。この図に示される値 (縦軸) は、S1, S3 では実際の手の位置を、S2 では仮想の手の位置を意味している。この結果について、オフセット条件ごとに、ターゲット出現位置 (-200 mm, 0 mm, 200 mm) ×セッション (S1, S2, S3) の 2 要因による対

応ありの分散分析を行った結果、オフセットなし条件では、ターゲットの出現位置の主効果 ( $F(2,38)=449.87, p<.001$ )、およびターゲット出現位置とセッションの交互作用 ( $F(4,76)=9.86, p<.001$ ) が有意であった。セッションの主効果 ( $F(2,38)=2.48, ns$ ) は有意ではなかった。オフセット左条件では、ターゲット出現位置の主効果 ( $F(2,38)=3344.05, p<.001$ )、セッションの主効果 ( $F(2,38)=36.16, p<.001$ )、ターゲット出現位置とセッションの交互作用 ( $F(4,76)=8.42, p<.001$ ) のすべてが有意であった。オフセット右条件でも、ターゲット出現位置の主効果 ( $F(2,38)=1887.23, p<.001$ )、セッションの主効果 ( $F(2,38)=39.25, p<.001$ )、ターゲット出現位置とセッションの交互作用 ( $F(4,76)=3.60, p<.01$ ) のすべてが有意であった。

ターゲット出現位置とセッションの交互作用の下位検定として、ターゲット出現位置ごとに、セッションの単純主効果について Ryan 法による多重比較 ( $p<.05$ ) を行った。その結果、Figure 2 に描いた楕円で囲まれる値の間には有意差が認められなかったが、それ以外には有意差があることがわかった。

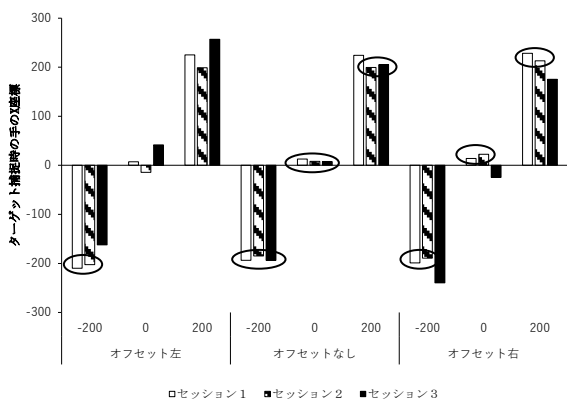


Figure 2. ターゲット捕捉時の手の X 座標。

### 考察

本実験では、VR 環境下で表示されるターゲットと仮想の手に付属した青いボールを重ね合わせる作業をさせ、その際、仮想の手と実際の手の空間座標が一致していない条件を設ける事で、参加者の手の位置に関する自己受容感覚がどの程度仮想の手の位置に向けて偏位するかを測定する事を目的とした。

まず、オフセットなし条件では、どのセッションでもおおむね正しい位置に手を伸ばす事ができていた。実際の手と VR 空間内の手は偏位していないため、ターゲット出現位置-200 mm と 0 mm ではセッションによる位置の違いが見られなかったが、200 mm の位置では、S1 と S2, S3 の間に有意差があった。これは、S1

では 224.2 mm とターゲットよりも右にずれた位置に手を伸ばしていたのが、S2 で自分の手の位置に仮想の手が表示されたことによって修正され 199.6 mm となり、それが S3 でも 205.0 mm と維持されたことを示していた。

オフセット左条件では、各出現位置の S1 と S3 の間で、ターゲットが左に出現した場合は 47.4 mm、正面出現時は 34.5 mm、右出現時は 31.7 mm、手の位置が右にシフトしていた。これは S2 の作業を行う中で、左に 100 mm ずれて表示される仮想の手をターゲットに合わせて（手を実際よりも右にずらして）作業することにより、S3 で自己受容感覚ドリフトが右方向に発生したことを意味している。

オフセット右条件では、各出現位置の S1 と S3 の間で、ターゲットが左に出現した場合は 40.5 mm、正面出現時は 38.5 mm、右出現時は 53.2 mm、手の位置が左にシフトした。この条件においても、オフセット左条件と同様の現象が発生したと思われ、自己受容感覚ドリフトの発生を意味していると言える。

以上をふまえて、左右どちらのオフセット条件においても自己受容感覚ドリフトの発生が認められる結果となり、VR 環境下での RHI を確認するための指標を得る事ができた。

なお、本実験全体を通して、S2 で仮想の手がずれている条件があることに気づいた参加者はひとりもいなかったが、それにもかかわらず、仮想の手がオフセットされた条件でも、S2 においてずれた位置に提示される仮想の手を正確に対象に伸ばす事ができていた。このことは、我々が実際とはずれた位置に表示される仮想の手を、意識せずとも問題なく自分の手として正確に操作できたことを示している。オフセットなし条件のターゲット出現位置 200 mm の条件の結果も、S1 で誤差のあった手の位置が、S2 で仮想の手を使って作業したことによって、S3 では正しい位置に修正されたと解釈できる。このように、VR 空間内で仮想の手を使って作業をする場合、それが実際の手とは異なった位置にあるか否かを問わず、我々はその手を自分の手として適応的に用いることができる柔軟な身体認知を行っていると言えよう。

### 引用文献

川村 卓也・繁樹 博昭 (2016). 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, 141-147.