

自己身体の視覚フィードバックによる空間知覚の特性

1225114 内田 裕基 【知覚認知脳情報研究室】

Characteristics of spatial perception by visual feedback of self-body

1225114 UCHIDA Yuki 【Perceptual and Cognitive Brain Information Processing Lab.】

1 背景

VR技術の普及にともない、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今後増えていくと予測される。バーチャルな身体は、空間的位置やサイズを自由に変更することができる。そのため、自己身体と視覚フィードバックが異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。関連する知見としてラバーハンド錯覚がある。これは、同期した触覚刺激や運動によって偽物の手を自己の手と感ずる錯覚現象である。錯覚が生じる際、主観的な手の位置が偽物の手へ移動する。この移動量はドリフト量として錯覚の程度を示す定量的指標として用いられている。一方、バーチャルな手のズレの弁別感度自体については、厳密な検討がなされていない。加えて、身体運動の有無が弁別特性に与える影響についても明らかになっていない。過去の研究では運動による自己受容感覚の変化がバーチャルな手に対する自己所有感に影響すると報告されている[1][2]。これは、自己受容感覚によってバーチャルな手の弁別特性が変化するためだと考えられる。よって、実験1ではバーチャルな手に対する弁別特性および運動の有無による弁別特性への影響について検討した。

これまでの実験で運動する球体を自己の手と同期したバーチャルな手で追う課題を行なった際[1]、運動していた球体の停止時に運動方向とは反対方向にその球体が動いたと感ずることが確認された。先行研究では体性感覚に対応して視覚による身体知覚の処理が影響することが報告されているため、手の動きを止める遠心性コピー情報により、センサの遅延やズレによるバーチャルな手のわずかな運動が、自己の手ではなく球体の運動であると知覚された可能性がある。そこで、実験2ではバーチャルな身体を用いることによる遠心性コピーと視覚フィードバックの差異によって、外環境のオブジェクトの知覚が影響されるか検討した。

2 装置と参加者

視覚刺激とVR環境はUnityを用いて作成した。視覚刺激の呈示および操作は、HMD(Oculus)とコントローラ(Oculus touch)を使用した。実験1では12名(女性2名)、実験2では12名(女性1名)の20代の学生がそれぞれ参加した。

3 実験1

3.1 方法

バーチャルな手を自己の手から左右に0, 2, 4, 6 cm 偏位させ、手の位置の弁別特性を恒常法により測定した。運動する条件では、直径1 cmの青色の球体を追従することで20 cmの距離を約13 sで2回往復運動をした。運動なしの条件では、初期位置のまま約13 s静止した。その後、バーチャルな手が自己の手から見て左右どちらに存在したか二肢強制選択法で判断した。これを1試行とし、運動の有無2水準×偏位距離7水準の計14条件設定した。各条件20試行を2日に分けて行なった。条件の順はランダムであった。

3.2 結果と考察

バーチャルな手の偏位距離ごとに右を選択した割合を算出し、図1に示すように心理測定関数を当てはめた。その結果から、運動の有無に関わらず弁別閾は設定した条件の範囲を超えており、10名の参加者は偏位が最大の条件においても正答率が75%以下であり、心理測定関数から閾値を推定することができなかった。運動なしの条件でも、運動の課題自体は行っていないが、バーチャルな手と自己の手の運動は同期されていた。この同期の影響により運動の有無に関わらず視覚の位置情報に強く依存しドリフトが生じたため、実際の自己の手の位置との弁別が困難になったと考えられる。なお、過去の実験においても、偏位したバーチャルな手を自己の手と同期させたが[1]、自己の手とバーチャルな手の位置を判別できていた。その実験では手の位置の判断時には同期しない手を用いたため、判別が可能であったと考えられる。

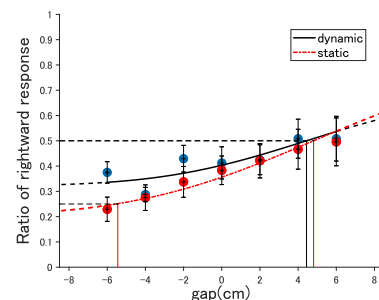


図1 運動条件ごとの心理測定関数

4 実験2

4.1 方法

実験参加者は、バーチャルな手により直径 2 cm の橙の球体を 10 cm 追従した。その球体とは別に運動方向の判断用のターゲットとなる直径 1 cm の青色の球体が 9.5 cm 奥にあり、橙色の球体と同期して運動した。橙色の球体が停止後、青色の球体のみ左右に 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 cm のいずれかの距離を移動した。移動せず 0.5 s 間静止する条件も設定した。参加者が橙色の球体を示指で触ると、橙色と青色の球体が同期して運動を開始した、その際、参加者に運動方向判断用の青色の球体を注視するように指示した。運動中青色の球体がフラッシュし、停止するため、そこで参加者は自己の手を止めた。図 2 に示すように、視覚フィードバックと遠心性コピーが不一致となる条件を設定し、バーチャルな手が自己の手の停止後も約 0.3~1.3 s で運動を続けた。知覚した青色の球体の運動方向を恒常法を用いて測定するため、停止後青色の球体が左右どちらに運動したか二肢強制選択法で選択した。これを 1 試行とし、視覚フィードバックと遠心性コピーの一致不一致の 2 水準 × 左右の運動方向 2 水準 × 球体の移動距離 11 水準の計 44 条件を設定した。各条件 20 試行を 2 日に分けて行なった。手の運動方向は 10 試行ごとに切り替え、カウンターバランスを取り、他の条件の順はランダムであった。

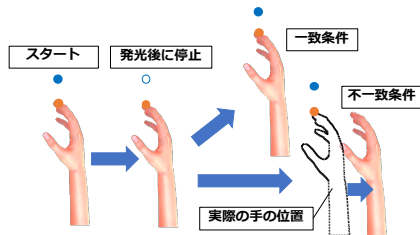


図 2 遠心性コピーと視覚フィードバックの一致不一致条件

4.2 結果と考察

知覚された運動方向について検討するため、参加者ごとに青色の球体一旦停止後に運動する条件の結果に心理測定関数を当てはめた (図 3)。移動距離が 2 cm を超える時でも正答率が 9 割以下の参加者 2 名は運動を正確に知覚できていないため除外した。その結果、視覚フィードバックと遠心性コピーの一致/不一致条件におけるターゲットが静止していると知覚されている主観的等価点 (PSE) には差が見られなかった (図 4) ($F(1, 9) = .70, p = .80, \eta_G^2 = .0001$)。不一致条件における停止後に移動する手は自己の手と同期していない。そのため、バーチャルな手への自己所有感が低下し、自己の手の移動として知覚しなかったことで一致不一致条件間で差が見られなかったと考えられる。また、PSE は手の運動方向の効果があり ($F(1, 9) = 17.20, p = .0025, \eta_G^2 = .55$)、ターゲットは手の運動方向側により動いて知覚され、逆に、運動方向の反対側にわずかに移動した球体は静止しているように知覚された。0 cm 条件

ではターゲットが手の運動と逆方向に知覚される傾向があり、遅延やフラッシュラグ効果により停止時の手の位置は球体の位置よりも運動方向側に移動して知覚されているはずである。その直後に球体が手の運動方向側に運動する場合、停止した実際の手の位置に近づくことになる。逆に、運動方向の反対側への運動ではより遠くなる。この自己の手に近づく移動が遠ざかる場合よりも感度が高く、手の運動方向側を知覚されたと判断した割合が上昇したと考えられる。

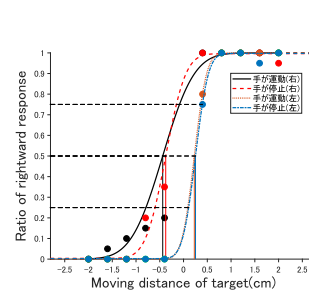


図 3 心理測定関数を当てはめ主観的等価点を算出 (代表例)

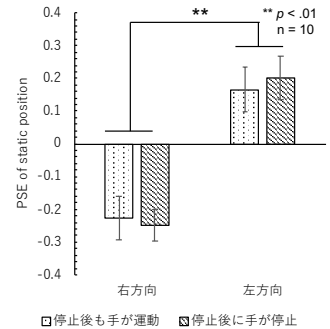


図 4 手の運動方向の違いによる主観的等価点の比較

5 まとめ

実験 1 では、バーチャルな手の位置の弁別特性および運動の有無によるその特性の変化について検討した。その結果、バーチャルな手と自己の手が同期することで、偏位の弁別が非常に困難になることが示された。実験 2 では、遠心性コピーと視覚フィードバックの差異による自己身体以外の知覚への影響について検討した。同期した手の運動方向に応じてオブジェクトの運動知覚が変化したが、バーチャルな手と自己の手が同期しない場合はそのようなオブジェクトの知覚への影響は生じず、遠心性コピーと視覚フィードバックの差異による効果は見られなかった。実験 1 では、視覚フィードバックと自己受容感覚が矛盾なく同期することで、視覚フィードバックが自己受容感覚よりも優先され、実験 2 では、視覚フィードバックと自己受容感覚の同期の矛盾により、視覚フィードバックの影響が低下した。これらのことから、バーチャルな環境において自己受容感覚と視覚が同期されるかどうか、自己身体の知覚において視覚が優先的に処理されるかを決定することが示唆された。

参考文献

- [1] 内田裕基, 繁樹博昭: “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”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 24(1), pp.61-67, 2019.
- [2] 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, 21(1), pp.141-147, 2016.