

5ZF-08

VR空間におけるライトタッチ効果の分析

—空間の傾きによる影響の分析—

宮田 来輝[†] 橋口 哲志[‡] 柴田 史久[†] 木村 朝子[†]立命館大学大学院 情報理工学研究科^{†‡}立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構[‡]

1. はじめに

ヒトは閉眼時のような不安定な状態でも、何かに軽く触れるだけで重心動揺が安定することが知られている[1]。この現象はライトタッチ効果と呼ばれ、空間に物体がない場合でも、指先に振動を与えることで同様の効果が発生することが確認されている[2]。

これまで、この現象は主に閉眼時の効果が研究されてきたが、開眼時の効果については十分解明されていない。また、開眼時でも特にVR体験中は、通常の開眼条件とは異なり、背景を自由に操作できるため、空間の傾きなどによって重心が不安定になる可能性がある。

そこで、本稿では、開眼時におけるライトタッチ効果と、VR空間の傾きと同効果の関係性を分析する。

2. 実験準備

【機器構成】本実験では、VR環境下における視覚刺激の提示装置としてVIVE Pro Eyeを使用した。重心動揺はPCとWiiボードをBluetooth接続して計測した。計測姿勢については、関連研究[3]を参考にし、両脚立位姿勢(図1)を採用した。

【視覚刺激】視覚刺激には、閉眼条件、開眼条件、および4種類のVR条件を設定した。開眼条件では、実験参加者に2m離れた位置の正面の壁を注視させた。VR条件では、同じく2m離れた位置にCG球を提示し、それを注視させた。4種類のVR条件は背景が異なり、それぞれ以下の通りである：

- (1) 地平線を左に10度傾けた背景(図2(a))
- (2) 水平な地平線の描かれた背景(図2(b))
- (3) 地平線を右に10度傾けた背景(図2(c))
- (4) 地平線のない背景(図2(d))

【触覚刺激】触覚提示にはバイブロトランスデューサ(Vp210)を使用し、実験参加者の右手指先に100Hzの振動刺激を与えた。



図1 実験環境

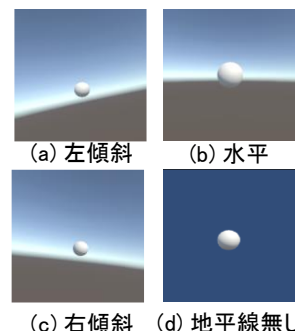


図2 視覚刺激

【評価手法】ライトタッチ効果やその強度を評価するため、先行研究で用いられた重心動揺の計測方法を採用した[2]。各条件で30秒間計測を行い、取得したデータから、重心位置の総移動距離、左右および前後方向における重心の平均座標、振れ幅、分散を分析した。

3. 実験

【実験目的】本実験では、閉眼状態と開眼状態(実験1)、および異なる傾きを持つVR空間(実験2)がライトタッチ効果に与える影響を分析することを目的とした。

【実験1条件】視覚刺激には「閉眼」「開眼」の2条件を設定し、触覚刺激は振動子による振動提示の「あり」「なし」の2条件を組み合わせた、計4条件で実験を実施した。

【実験2条件】視覚刺激には、4種類のVR条件を、触覚刺激は実験1と同様に「あり」「なし」の2条件を設定し、計8条件で実験を実施した。

【実験手順】実験参加者をWiiボードの上に直立させ、指定された姿勢を取らせた。触覚提示の有無にかかわらず、実験参加者には右手指先に振動子を持たせた。各実験条件を提示した後、計測を開始した。計測中は、視覚刺激がある場合は注視点を見つめさせ、視線移動による重心動揺への影響を排除した。実験2では、各試行後に知覚した重心動揺の強さを0から10の数値(評価値が大きいほど、重心動揺を少なく感じている)で回答させた(主観評価)。

Analysis of Light Touch Effect in VR -Effect of Spatial Tilt-

[†] Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

[‡] Ritsumeikan Global Innovation Research Organization, Ritsumeikan University

【実験参加者】実験 1 には 10 名（男性 9 名，女性 1 名，平均年齢 22 歳），実験 2 には 22 名（男性 22 名，平均年齢 22 歳）が参加した。

【実験 1 結果】重心の総移動距離（図 3）について，触覚提示「なし」「あり」間に対応ありの t 検定を行ったが，「閉眼」「開眼」どちらの条件でも有意差は認められなかった。

【実験 2 結果】重心の総移動距離（図 4）について，触覚提示「なし」「あり」間に対応ありの t 検定を実施した。その結果，水平背景条件において有意差が認められた ($p = .031$)。この結果から，VR 条件でのライトタッチ効果が確認された。

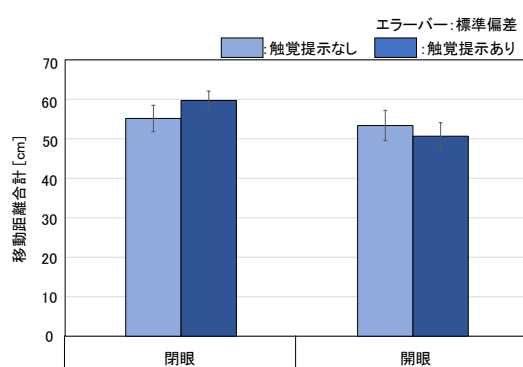


図 3 実験 1 重心の総移動距離の結果

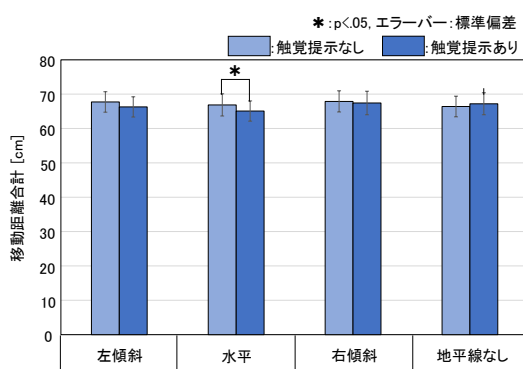


図 4 実験 2 重心の総移動距離の結果

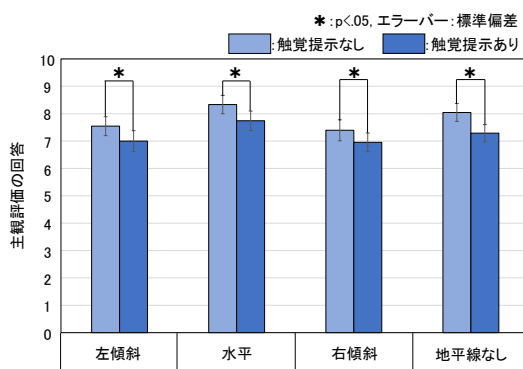


図 5 実験 2 主観評価の結果

また，主観評価（図 5）では，以下の条件で触覚提示の有無による有意差が確認された：

- ・地平線左傾斜条件：対応あり t 検定 ($p = .026$)
- ・地平線水平条件：ウィルコクソンの符号付順位検定 ($p = .014$)
- ・地平線右傾斜条件：対応あり t 検定 ($p = .006$)
- ・地平線なし条件：対応あり t 検定 ($p = .002$)

【考察】実験 1 では閉眼・開眼条件いずれにおいても触覚提示による影響は確認できなかった。しかし，実験 2 では，VR 空間において水平地平線条件のみライトタッチ効果が得られた。これは，閉眼・開眼条件の重心動揺が VR 条件と比較して小さく，ライトタッチの効果が確認しづらかった可能性が考えられる。

また，VR 条件における左右傾斜条件では，触覚提示による有意差は確認できなかったものの，重心動揺が減少する傾向が見られた。本稿では左右に 10° 傾いた条件を用いたが，より大きな傾き角度や，左右に揺れる動的条件についても検討が必要である。

さらに，客観評価と主観評価において安定感の評価が逆転する現象が確認された。これは，触覚提示によって自身の重心動揺が不安定であると認識した結果，意識的に動揺を抑えようとした可能性がある。

4. まとめ

本稿では，ライトタッチ効果と視覚刺激との関係に着目し，客観評価および主観評価を通してその効果を分析した。客観評価の結果，VR 条件下においてライトタッチの効果が重心移動を減少させることが確認された。一方，主観評価では，触覚刺激によって重心が不安定に感じられることが明らかになった。これらの客観評価と主観評価の違いは，実験参加者が触覚刺激をどのように認識したかに起因する可能性がある。

参考文献

- [1] M. Holden, et al.: "Stabilization of posture by precision contact of the index finger," *Journal of Vestibular Research*, Vol. 4, No. 4, pp. 285-301, 1994.
- [2] T. Kamijo, et al.: "Assessment of virtual light touch phenomenon by vibrotactile stimulation control based on body sway," *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, pp. 1236-1241, 2020.
- [3] T. Ishigaki, et al.: "Association between Unintentional Interpersonal Postural Coordination Produced by Interpersonal Light Touch and the Intensity of Social Relationship," *ORIGINAL RESEARCH article*, Vol. 8, 2017.