



# VR 空間での斜面滑降時における 人間の傾斜の体感と視覚の関係

Relationship between the feeling and vision of human inclination during slope sliding in VR space

伊藤泰輝<sup>1)</sup>, 高山英士<sup>1)</sup>, 朝倉甲稀<sup>2)</sup>, 久保田礼<sup>2)</sup>, 小方博之<sup>2)</sup>

Hiroki ITO, Eiji TAKAYAMA, Koki ASAKURA, Rei KUBOTA, Hiroyuki OGATA

1) 成蹊大学大学院 理工学研究科 (〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町 3-3-1, dm206303@cc.seikei.ac.jp)

2) 成蹊大学 理工学部 (〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町 3-3-1, ogata@st.seikei.ac.jp)

**概要** : VR において、例えばスキー滑降の加速を体験させる場合、実際の加速をかけることなどには限界がある。限界を超えると、VR ゴーグル装着者が違和感を覚えたり、VR 酔いになる可能性がある。そこで本研究では VR 空間内での斜面滑降時に、座位姿勢と立位姿勢での角度操作と加速度操作の計 4 パターンの影響を、恒常法の絶対閾を用いて VR ゴーグル装着者に知覚されずにどれだけ操作可能かの閾値を特定した。結果、座位姿勢では実空間の角度と VR 空間の角度の違いを認識しやすく、立位姿勢では加速度の違いを認識しやすいことが分かった。

キーワード : 深部感覚、体性感覚、斜面滑降

## 1. 研究背景

VR はコンピュータ上に生成された VR 空間を VR ゴーグル装着者に体験させることが出来る。近年では、没入感や臨場感を VR ゴーグル装着者に与えるために、VR 空間に身体性を取り入れるといった工夫がされてきた。しかし、これらを与えることにはハードウェア的な限界がある。限界を超えると、VR ゴーグル装着者が違和感を覚えたり、VR 酔いになる可能性がある。例えば、映像上で加速をかけるのが 1 つの例である。本研究では、VR 空間内の斜面滑降時に実空間の斜面の角度、映像の加速度を操作し、これらの操作が VR ゴーグル装着者に知覚されずにどれだけ操作可能かを、恒常法の絶対閾を用いて閾値を特定した。また、VR 空間と実空間での動きを同一と認識する主観的等価点(Point of Subjective Equality, PSE)も確かめた。

## 2. 先行研究

Steinicke ら[1]の研究では、限られた実空間内で歩行しているにも関わらず、広大な VR 空間を歩行していると VR ゴーグル装着者に知覚させる手法であるリダイレクテッドウォーキング(RDW)において、並進移動量操作、回転量操作、曲率操作の 3 つの視覚的操作で VR ゴーグル装着者に知覚されない 3 操作の閾値を恒常法の絶対閾を用いて特定している。

## 3. 実験

斜面を滑降する際の VR ゴーグル装着者の姿勢として、立位姿勢と座位姿勢の 2 パターンを想定した。立位姿勢では、斜面に立った時の足首の曲がり具合による深部感覚を、座位姿勢では主に上体の傾き具合による前庭感覚を使用して加速度や傾斜を知覚していることを想定している。また、実空間の斜面の角度を操作することで、VR ゴーグル装着者が知覚する重力方向を変化させる角度操作と、VR 空間内で斜面を滑降する映像の流れる加速度を操作する加速度操作の 2 種類の操作方法を用いた。これら 2 種類の姿勢と 2 操作を組み合わせてできる計 4 種類の実験を行った。実験装置には、VR ゴーグルとして Acer Windows MR(図 1)、VR ゴーグルの映像の提示には Unity2018 を使用した。立位姿勢での実験には角度を 3 度から 31 度まで、2 度刻みで調節可能な傾斜台(図 2)を使用し、座位姿勢での実験にはモーションプラットフォームの Yaw-VR(図 3)を使用した。角度操作の実験では、15 度の斜面を滑降する映像を標準刺激とし、実空間の斜面の角度を 7 度から 23 度までを 2 度刻みで 9 パターンの操作を行い、加速度操作の実験では実空間の 15 度の斜面を標準刺激とし、映像の加速度を同様の 9 パターンの角度の傾斜を滑降する際の加速度に変えた映像を提示する操作を行った。被験者は、20 代の男女 9 名(男性 8 名、女性 1 名)である。長時間の実験のため、感覚をリセットするために適度に休憩をとりつつ実施した。被験者には各刺激を 8 回ずつランダムに提示し「現実と比べて映像の方が角度が大きいと感じるか小さいと

感じるか」という質問を行った。また、加速度の実験の後には毎回提示される映像の違いに気づいたかどうかを問う質問と具体的に何がどう違うと感じたかを問う質問を行った。



図1 Acer windows MR



図2 傾斜台



図3 Yaw-VR

#### 4. 分析

得られた4パターンの実験の2肢強制選択法の結果に式(1)のロジスティック関数をあてはめた。

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{ax+b}} \quad (1)$$

加速度の実験後にとったアンケート結果を参考に各実験のデータ内で他の被験者の傾向から外れていると考えられるデータを除いた。除いた後のそれぞれの実験のデータ数は立位+角度実験が8人、立位+加速度実験が6人、座位+角度実験が7人、座位+加速度実験が8人となった。図

4は4パターンの実験の分析結果で、左上が立位+角度ゲイン、右上が立位+加速度ゲイン、左下が座位+角度ゲイン、右下が座位+加速度ゲインのグラフである(図4)。VRゴーグル装着者に知覚されないゲインの範囲は立位+角度ゲインが[0.75,1.1]でPSEは0.92、立位+加速度ゲインが[0.65,1.27]でPSEは0.96、座位+角度ゲインが[0.66,1.16]でPSEは0.91、座位+加速度ゲインが[0.75,1.34]でPSEは1.05だった。

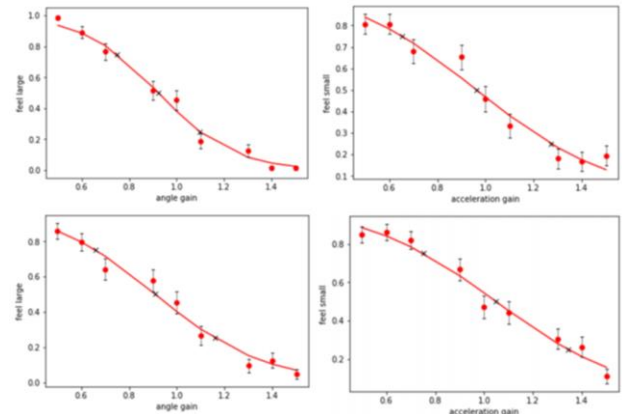


図4 4実験の分析結果

#### 5. 考察

除いたデータで分析を行った結果、全てのデータを含む分析結果よりゲインの幅が狭くなったが、PSEはほぼ1となった。この実験結果から角度操作のPSEが1より小さいことから、VRゴーグル装着者は映像から提示される角度よりも小さい角度として認識していると考えられる。また、VRゴーグル装着者は座位姿勢では角度操作よりも加速度操作の方が認識しづらく、立位姿勢では加速度操作よりも角度操作の方が認識しづらいたと考えられる。

#### 6. 結論

角度操作と加速度操作を用いてVRゴーグル装着者に知覚されない操作範囲を検証するために、恒常法の絶対閾を用いてゲインの範囲の特定とPSEを確認することが出来た。

#### 参考文献

- [1] F. Steinicke et al: Estimation of Detection Thresholds for Redirected Walking Techniques; IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol(16), 17-27,(2010)