

# VR 映像内の移動に則した下肢運動による VR 酔い軽減の検討

## 1. はじめに

VR 映像を観賞した際、頭痛や吐き気、眩暈などの症状が起きる場合があり、VR 酔いとして知られている。VR 酔いは動揺病の一種と考えられており、動揺病が起きる要因は諸説あるが、有力なものに感覚不一致説がある。感覚不一致説は実際に知覚している感覚と、過去の経験から予測される感覚との矛盾が原因で酔いが起きる。しかし、VR 酔いが起きる原因は明確に解明されていないため、VR コンテンツの長時間の利用や快適な利用環境の妨げになる。

VR 酔い軽減の関連研究は、VR 映像を加工し眼球運動を抑制するシステムと観賞者の身体にデバイスを装着し、VR 映像に合わせ身体に刺激を提示するシステムの2種類に分類できると考えられる。Ajoy 氏らは移動時間に比例し、画面の外側から徐々に黒くなり、見えにくくすることで、画面中央を注視させた[1]。雨宮氏は、椅子型のデバイスを開発し、HMD と併用することで、上下揺と旋回の受動的な身体揺動による模擬歩行感覚の生成を行った[2]。

しかし、VR 映像を加工するシステムは、VR コンテンツの没入感やクオリティを低下する原因となると考えられる。また、デバイスで身体に刺激を提示するシステムは、限られたスペースで大きなデバイスを利用することや、多くのデバイスを観賞者に装着させることは利用環境の低下の原因になると考えられる。

本研究では、VR 酔いは現実と VR 映像の知覚の差により体調が悪化し、VR 映像の加工やデバイスの装着は、VR コンテンツの利用環境の低下になると考え、カメラによるモーションキャプチャを用い、観賞者が VR 空間の歩行移動をコントロールし、下肢に VR 映像の移動に則した刺激を能動的に与えることで、現実と VR 空間の知覚の差を減少させ、VR 酔いを軽減させるシステムを考案するための調査を行う。

## 2. 提案手法

### 2.1. 使用機器・映像

本実験では、VR 映像を観賞するために HMD である Oculus Rift S(Facebook 製)で映像提示する。HMD は、インサイドアウト方式で、視野角が 110deg、解像度は 2560×1440pixel(液晶パネル)、リフレッシュレートは 80Hz である。密閉型のイヤホン(audio-technica 社製)を HMD に接続し、環境音を出力する。モーションキャプチャで、関節の座標を取得するため、VR 空間の移

動操作を行うため、Azure Kinect DK(Microsoft 社製)を使用する。CPU が Intel Core i7-9700K、GPU が GeForce RTX 2080 SUPER の PC を用いる。計測項目の LF/HF (日常の安静時では 2.0-3.0、副交感神経活動が抑制または交感神経活動の興奮状態では 4.0 以上で、ストレスを感じている状態である[3]) を測定するため、心拍センサ my Beat WHS-3(ユニオンツール社製)を用いる。被験者の移動制限のため、縦 1.0m×横 1.0m×高さ 0.7m のエリア (以下 VR 観賞エリアと略す) の内側で VR を観賞する。

VR 映像は Unity を用いて作成した一人称視点で映像内を移動可能な VR 空間(500m×500m の平面地形)を被験者に操作させる。Unity の機能に 3D オブジェクトを配置でき、その一つである Cube の Scale 1 を 1.0m とし、建造物の大きさやカメラ (被験者の目線) の高さ、カメラの移動速度を設定する。

### 2.2. 実験概要

#### 2.2.1. 比較条件

VR 映像内の移動に合わせた刺激を能動的に下肢に与えることによる VR 酔い軽減の有効性を調べるため、立位姿勢操作と腕振り操作、足踏み操作を比較する。

立位姿勢操作は被験者に VR 映像の移動で移動方向を変える場合のみ下肢を運動させる。頭部を頷くように下方向に運動することで移動と停止を切り替える。腕振り操作は被験者に上肢のみを歩行時のように両腕を運動させ、下肢を運動させない。腕振りを行う場合に移動し、腕振りを行わない場合に停止する。足踏み操作は被験者にその場で足踏みをさせる。足踏みを行う場合に移動し、足踏みを行わない場合に停止する。

#### 2.2.2. 同一条件

各被験者の歩行速度を 5m 歩行テストで計測し、VR 空間の移動速度とする。また、床から目の高さを測定し、VR 空間のカメラの高さとする。

VR 空間の鐘の音がする 2 つの大きな建造物を見つけることと、移動方向は前方方向のみであることを教示する。計測項目は主観的評価の SSQ の total score の点数と客観的評価の LF/HF4.0 以上の合計時間である。

#### 2.2.3. 移動操作プログラム

VR 空間のカメラを移動することで、歩行を再現するため、Unity の機能で等速直線運動を実装できる CharacterController の SimpleMove()メソッドを用いる。移動方向を統一するため、カメラが映している方向(被

験者の視線方向)のみに移動する。

立位歩行操作は、bool 演算子でカメラと地面のオブジェクトの角速度が 100.0rad/s 以上の場合、移動の開始と停止を入れ替える。腕振り操作は、Azure Kinect DK で、HAND\_RIGHT (右手の甲) と HAND\_LEFT (左手の甲) の 3 次元座標を毎フレーム取得する。各座標の 0.1 秒毎の移動量を算出し、どちらかの手が 0.01m/s 以上の場合に移動する。また、どちらの手も 0.01m/s 未満で、Y 座標の移動量が 0.01m/s 未満の場合に停止する。足踏み操作は、Azure Kinect DK で、KNEE\_RIGHT (右膝) と KNEE\_LEFT (左膝)、ANKLE\_RIGHT (右足首)、ANKLE\_LEFT (左足首) の 3 次元座標を毎フレーム取得する。各座標の 0.1 秒毎の移動量を算出し、どちらかの膝が 0.05m/s 以上の場合に移動する。また、どちらの膝も 0.05 m/s 未満で、右足首と左足首の Y 座標の差が 0.01m/s 未満の場合に停止する。

#### 2.2.4. 実験構成

被験者は VR 観賞エリアの内側に移動し、心拍センサの my Beat WHS-3 を左胸部に貼付する。心拍センサのシステムの関係より、計測が安定するまで 2 分以上を要するため、計測開始から 1 分 30 秒後に HMD を装着し待機する。心拍センサの計測が安定し、計測開始から 2 分 30 秒後に VR 映像を開始し、10 分間 VR 映像を観賞する。VR 映像観賞直後 (計測開始から 12 分 30 秒後) に 1 回目の SSQ を行い、椅子に座り 10 分間安静姿勢で休憩する。休憩後 (計測開始から 22 分 30 秒後) に 2 回目の SSQ を行う。

また、実験の順番により計測結果に影響を及ぼすことを考慮し、立位姿勢操作と腕振り操作、足踏み操作の順番を入れ替え、6 回計測を行う。

### 3. 結果と考察

被験者は健康な 20 代の大学生 2 名 (被験者 A, 被験者 B) とする。実験番号 1 は立位姿勢操作、腕振り操作、足踏み操作の順で、実験番号 2 は足踏み操作、立位姿勢操作、腕振り操作の順で行った。

図 1 は各被験者と各実験番号の SSQ total score の点数を表す。被験者 A は実験番号 1 と 2 で、立位姿勢操作より腕振り操作と足踏み操作が低い。被験者 B は実験番号 1 と 2 で、足踏み操作が一番低い点数であるが、実験番号 2 で腕振り操作が著しく高い点数である。

また、被験者 A と B は実験番号 1 と 2 で、観賞後より休憩後の点数が低い。

図 2 は各被験者と各実験番号の LF/HF 4.0 以上の合計時間を表す。被験者 A は実験番号 1 と 2 で、腕振り操作が一番多く、実験番号 1 では、立位姿勢操作よりも足踏み操作が多い。被験者 B は実験番号 1 と 2 で、足踏み操作が立位姿勢操作と腕振り操作より著しく少ない。

また、被験者 B は実験番号 1 と 2 で、腕振り操作と足踏み操作は観賞より休憩が著しく多くなるため、VR 空間から現実に戻る際に VR 酔いの症状を引き起こしやすい体質であると考えられる。

SSQ total score の点数と LF/HF 4.0 以上の合計時間の

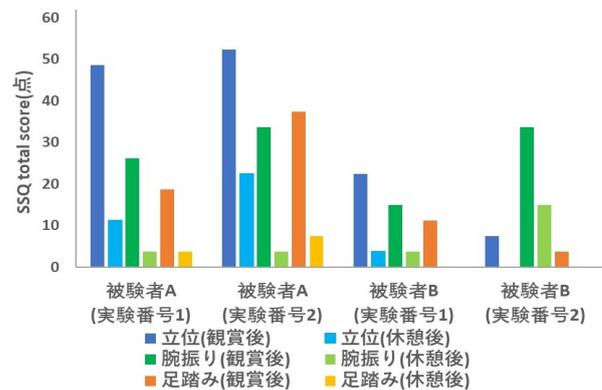


図 1 SSQ total score の点数

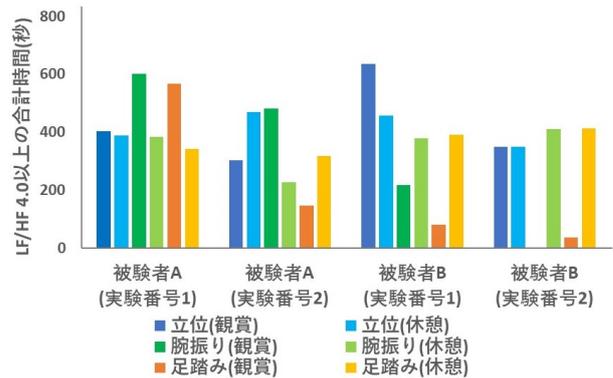


図 2 LF/HF 4.0 以上の合計時間

結果より、立位姿勢操作より腕振り操作と足踏み操作の値が低いため、上肢と下肢運動の能動的提示により VR 酔い軽減の可能性が見られる。

### 4. おわりに

本研究では、カメラのモーションキャプチャを用い、下肢運動 (足踏み) で、VR 空間の移動を操作することによる VR 酔い軽減を立位姿勢操作と腕振り操作、足踏み操作の 3 条件を比較し検討した。主観的評価の SSQ total score の点数と客観的評価の LF/HF 4.0 以上の合計時間は立位姿勢操作より腕振り操作と足踏み操作が低いため、能動的提示により VR 酔い軽減の可能性が見られた。今後は実験回数と被験者数を増やし、実験結果の精度を高める。

## 実験の使用機器とVR空間



図6 Oculus Rift S



図7 MousePro



図8 Azure Kinect DK



図9 心拍センサmy Beat WHS-2



図10 VR空間(Unityで作成)

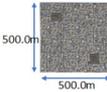


図11 全体マップ

4

## 実験風景のイメージ

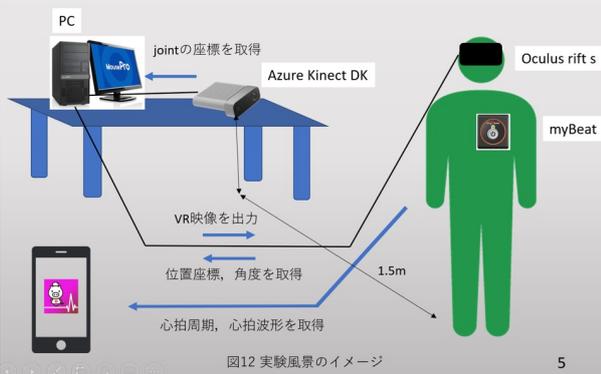


図12 実験風景のイメージ

5

## 移動操作プログラム (3/3)

### ・ 模擬歩行操作

- 取得座標：KNEE\_RIGHT(右膝), KNEE\_LEFT(左膝), ANKLE\_RIGHT(右足首), ANKLE\_LEFT(左足首)
- 各座標の0.1秒毎のスカラー量を算出
- 移動条件：どちらかの膝が0.1m/s 以上
- 停止条件：どちらの膝も0.1 m/s 未満  
または、右足首と左足首のY座標の差が0.05m/s 未満

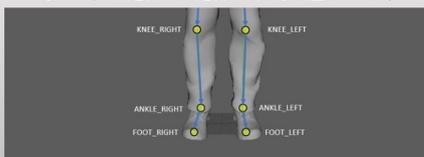


図22 Azure Kinect Body Trackingのjoint (下半身)

12