

修士論文要旨 (2021 年度)

焦点ぼけと表示遅延を用いた VR 環境における映像酔いの軽減法

Visually-Induced Motion Sickness Reduction Using Defocus and Delay Effects in VR Environment

電気電子情報通信工学専攻 平井 拓人

1. はじめに

近年、PlayStation VR や Oculus Quest2 などの家庭用 VR 機器の登場により VR 環境を体験するために必要なヘッドマウントディスプレイ (HMD) が一般層にも求めやすい価格で発売されている。こうした VR 技術の進歩や様々な場面での普及に伴い問題とされているのが、「VR 酔い」である。VR 酔いは利用時に強い違和感を感じたり、眼球疲労やめまい、頭痛、吐き気などを引き起こすことがある。実際に、VR 酔いや関連するシミュレータ酔い、映像酔いなどについてこれまでに数多くの報告が行われている [1][2]。

関連研究では、VR コンテンツの精度の変化に対して、現実感が高くなるほど VR 酔いの評価は低下することが明らかとなっており [3]、対象コンテンツをぼかして修正を行う手法や、移動時に視野を狭くする手法などが研究されている [4][5]。

しかしながら、これらの手法では VR 酔いの軽減には効果はあったが常に情報量を減らしているためゲームへの没入感や、現実感などを損なってしまうという問題がある。そこで本研究では、特定の条件下のみで画面内の情報を減らすことにより没入感や現実感を損なうことなく VR 酔いを軽減する手法を提案する。また、実際に被験者に対してこの手法を用いたゲームをプレイしてもらい、何も加工を行っていないケースと比較し分析を行う。

2. 提案手法

本研究では、特定の条件下でのみ映像をぼかすことにより VR 酔いの軽減と没入感のバランスをとることを目的とした手法を提案する。特に VR 酔いが起こるとされ

ている移動および頭の回転を条件とした [2][6]。

2.1 ゲームシステムの開発

ケース A を何も加工を行っていないゲームとする。ケース B はゲーム内キャラクターが移動をしている間に焦点ぼけの処理を行い、ケース C は被験者が HMD を横に回転させた時焦点ぼけの処理を行った。今回の研究では、映像酔いの軽減を目的とした実験のためゲームの設計はシンプルなものとした。被験者がゲームを始めると目の前にテーブルと銃が置いてあり、左コントローラーで移動しながら対象物体を探し右コントローラーを使って上下に動く対象物体を撃つシステムとなっている。一つのゲームの制限時間を 5 分とし、被験者には制限時間中この作業を繰り返してもらった。

2.2 焦点ぼけ処理

本研究では HMD に表示する映像の解像度を下げることにより、焦点ぼけを表現した。今回の実験では、条件下においてケース B とケース C どちらも下げる解像度を 0.2 倍とした。実際のゲーム画面での焦点ぼけが発生していない状態と発生している状態の映像を図 1 と図 2 に示す。また、条件下でないときは通常の解像度であるため、被験者自身が対象物を探す際に最低限の移動や振り向きに抑えることが期待でき、映像酔いを引き起こしやすいとされる VR 環境内の移動や HMD を動かすことで発生する無駄な映像の揺れを抑えることができると考えられる。

2.3 移動時の処理

ケース B ではゲーム内のプレイヤーが移動を行った際に焦点ぼけを発生させるシステムを作成した。プレイヤーの移動を確認するために、ゲーム内を移動する際に

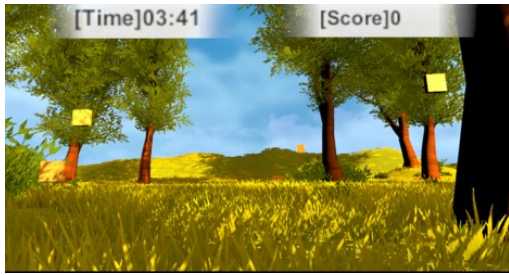


図 1: 焦点ぼけ発生前のゲーム映像



図 2: 焦点ぼけ発生後のゲーム映像

使用する左コントローラーのスティックの座標を取得する。左スティックの座標の数値は二次元ベクトル状で x と y がそれぞれ $-1 \sim 1$ の変数で返って来るため条件の数値を 0.2 に設定した。左スティックの座標の x か y どちらかの数値が ± 0.2 を超えたときに焦点ぼけが発生する。図 3 に左スティックの座標の取得と焦点ぼけを発生させる流れを示す。

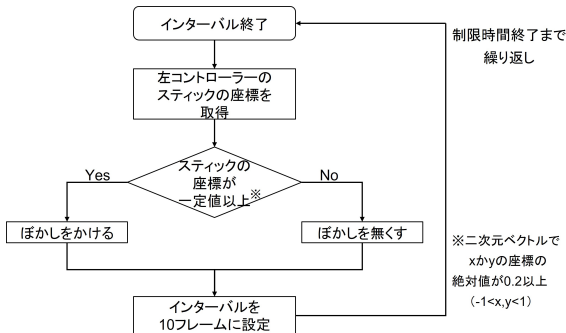


図 3: 移動時の処理の流れ

2.4 HMD 回転時の処理

ケース C では被験者が頭を横に動かした際に焦点ぼけを発生させるシステムを作成した。HMD の座標を取得すると四元数によって変数が返されるため、地面に垂直な Y 軸周りの回転座標の差を得ることにより HMD を横に動かしたかの判断を行うものとする。HMD の Y 軸周りの回転座標の前フレームの数値との差が 0.2 以上だっ

た時に焦点ぼけを発生させる。図 4 に HMD の座標の取得と焦点ぼけを発生させる流れを示す。

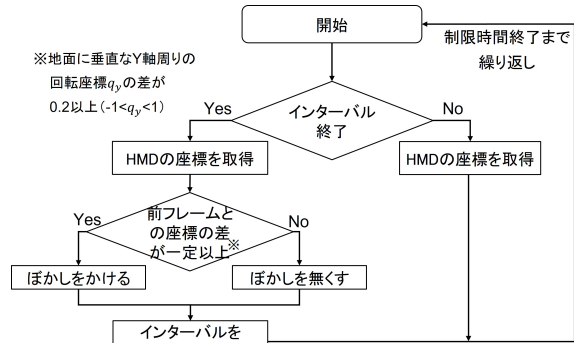


図 4: HMD 回転時の処理の流れ

3. 評価実験

3.1 実験の設定

実験は主に研究室（中央大学春日キャンパス 1 号館 1638 教室）で行った。今回実験を行った被験者は 22 歳～25 歳の男女計 30 人（男性 28 人，女性 2 人）で，2022 年 1 月 21 日から 2 月 4 日の間に実験を行った。また，被験者のうち 8 人は実験中の脳波の測定を行った。

各被験者は図 5 の流れで実験を行う。全部で 3 回各 5 分間のゲームを行ってもらい。各ゲームの終了後に HMD を外し，一度研究室内を 1 周歩いた後に椅子に座り SSQ[7] を記入してもらい。また連続で VR ゲームを行うと疲れなどにより VR 酔いを引き起こしやすくなるため各ゲームの間を最低 1 時間空けて行った。休憩時間中は特にこちらからの指示は行わず 1 時間以上経った後に体調の不具合などがいないかの確認を行ってから次のゲームを開始した。スケジュールなどの関係からすべてのゲームを同日に行うことができない被験者もいたが，体調の確認を行いほかの影響を受けない様心がけて実験を行った。

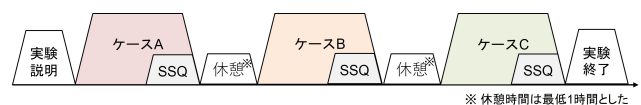


図 5: 実験の流れ

3.2 実験結果

システムの有用性を評価する方法として、主観評価である SSQ、客観評価である脳波データの集計を行った。SSQ からは悪心、眼精疲労、失見当識、総合スコアの 4 つのスコアを指標とした。脳波データからは α 波に対する β 波の含有量を指標とした。

3.2.1 SSQ 各スコアのケース間比較

主観評価として SSQ の結果を元に 4 つのスコアを算出しケース間で対応ありの母平均の差の検定を行った。検定は、一元配置分散分析を行った後、有意差が確認できた場合にボンフェローニの多重比較を行い、どの群間に有意差があるのかを確認した。以下三郡以上の母平均の差の検定において、同様の手順で検定を行ったものとする。4 つのスコアのケースごとの結果を図 6～図 9 に示す。

悪心スコアにおいてはケース A に対してケース B と C で有意差がみられた。移動時に焦点ぼけを追加したケース B および HMD 回転時に焦点ぼけを追加したケース C が何も加工を行っていないケース A に対し有意に低いスコアとなった。これは移動時や HMD 回転時に焦点ぼけの処理を行うことで、吐き気や気分が悪くなるのを抑える効果があると考えられる。疲労スコアにおいてはケース A に対してケース C で有意差が見られた。HMD 回転時に焦点ぼけを追加したケース C が何も加工を行っていないケース A に対し有意に低いスコアとなった。失見当識スコアにおいてはケース A に対してケース B と C どちらも有意差が見られなかった。これは本研究で設計したゲーム内での移動が徒歩に限られ、方向感覚を失いやすい移動手段がなかったためであると考えられる。総合スコアにおいてはケース A に対してケース C で有意差が見られた。HMD 回転時に焦点ぼけを追加したケース C が何も加工を行っていないケース A に対し有意に低いスコアとなった。

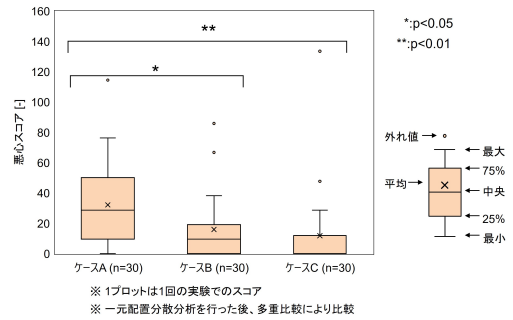


図 6: 悪心スコアのケース間比較

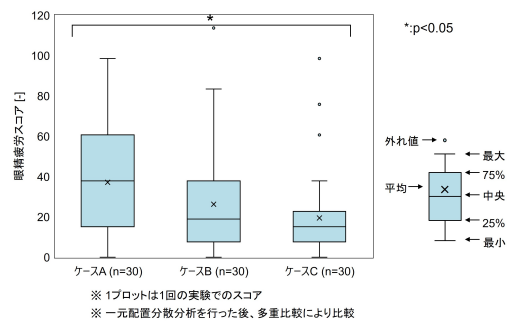


図 7: 眼精疲労スコアのケース間比較

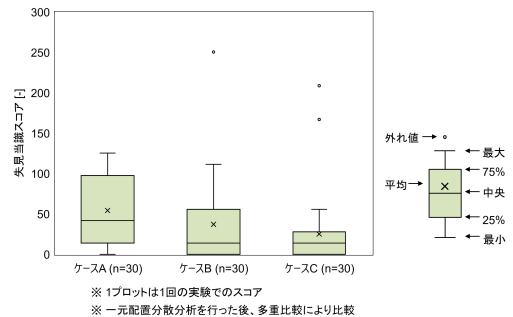


図 8: 失見当識スコアのケース間比較

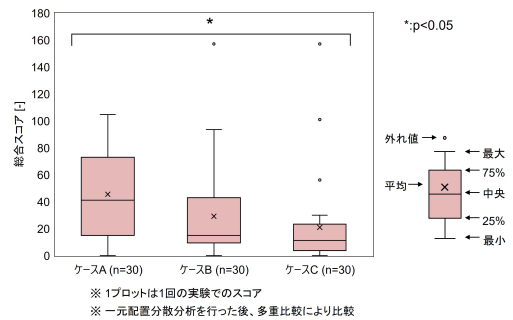


図 9: 総合スコアのケース間比較

3.2.2 脳波データのケース間比較

客観評価として8人の被験者からそれぞれ3回ずつ計測した脳波データの結果をもとにα波に対するβ波の含有量をケース間で比較を行った。結果を図10に示す。脳波データはどの群間においても有意差は見られなかった。今回脳波データにおいて有意差が見られなかったのは、脳波データの検査数の少なさや実験時間が生理的影響が出るほどの長さではなかったと考えられる。

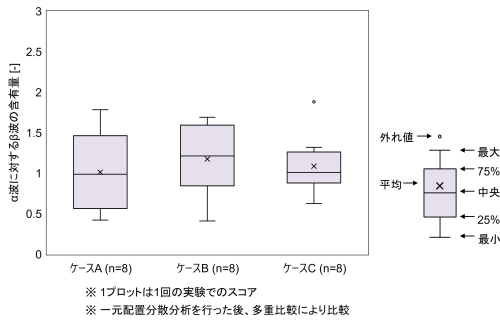


図 10: α波に対するβ波の含有量のケース間比較

3.2.3 ゲームスコアのケース間比較

今回の研究では、評価の一つとしてゲーム内のスコアをケース間で比較を行った。ゲームスコアのケースごとの結果を図11に示す。

ゲームスコアにおいてケースAに対してケースBとCで有意差がみられた。移動時およびHMD回転時に焦点ぼけの処理を行ったケースBとCが何も加工を行っていないケースAに対し有意に高いスコアとなった。この結果より、移動時やHMD回転時に焦点ぼけを発生させたがゲームの障害になることなく被験者が快適にゲームをプレイできたと考えられる。主観評価と同様に試行回数による慣れによるゲームスコアへの影響も考えられる。

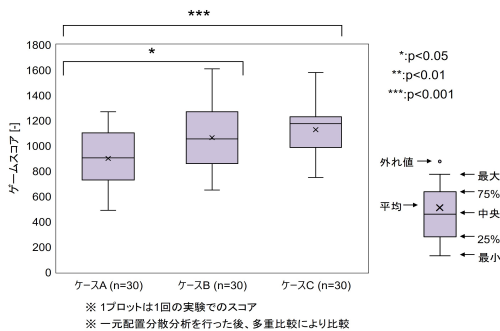


図 11: ゲームスコアのケース間比較

4. おわりに

今回の研究ではVR酔いの軽減を実現するために、特定条件下において焦点ぼけと表示遅延を用いることの有用性について検証を行った。焦点ぼけを用いた手法においては、HMD回転時に発生させる焦点ぼけが何も加工を行っていないケースに対して主観評価で有意差が確認できた。客観評価である脳波データにおいては有意差が確認出来なかった。よって、今回の提案したHMD回転時に焦点ぼけを発生させるシステムは主観評価にはより効果があると考えられる根拠になりえる。

今後の課題としては、今回被験者が偏った少ない人数での実験となってしまったため、被験者の属性を広げ被験者数を増やしてさらに有用性の検証を行いたい。今回主観評価で用いた手法がSSQのみであったので実験に合わせた形でのVR環境の快適さについての検証も行いたい。また、焦点ぼけの手法の実験においては主観評価のみでしか結果を得ることが出来なかったため、脳波だけでなく、心電図や眼球運動などのデータを取得しさらに検証を行いたい。今回の研究ではシンプルなゲーム設計を行いその中でのみでの検証であったが、VR酔いは様々な要因で発症するといわれているので、ゲーム環境を変えた上でその環境にあった対策が提案できるような検証を行いたい。

参考文献

- [1] 田中信壽, VR酔い対策の設計に求められる知見の現状, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10, No.1, pp.129-138, 2005
- [2] 中川千鶴, 大須賀美恵子, VE酔い研究および関連分野における研究の現状, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 3巻, 2号, p.31-39, 1998
- [3] 藤木卓, 市村幸子, 寺嶋浩介, 小清水貴子, VRコンテンツの精度が現実感と酔いに与える影響, 日本教育工学会論文誌, 36巻, Suppl.号, p.73-76, 2012
- [4] 森大海, 内田真司, 対象コンテンツの修正によるVR酔いの抑制に関する研究, 教育システム情報学会, 2017
- [5] 萱場大貴, 宮下芳明, VRレースゲームでの動的なトンネルリングによる速度感と酔いの調査, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2021), pp.208-213, 2021
- [6] 木村信人, 内田真司, 回転映像時に対するVR酔いの軽減の対策, 教育システム情報学会, 2018
- [7] R.S.Kennedy, N.E.Lane, K.S.Berbaum and M.G.Lilienthal, Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness., The international journal of aviation psychology, 3(3) 203-220, 1993