



生理指標を用いた VR 酔いの発生状況の検証

Study of the occurrence of VR motion sickness using physiological indices

渡邊海斗¹⁾, 大西克彦¹⁾

Kaito Watanabe and Katsuhiko Onishi

1) 大阪電気通信大学 総合情報学部 情報学科 (〒575-0063 大阪府四條畷市清滝 1130-70, ht20a117@oecu.jp)

概要 : VR 酔いの検出に関する実験では SSQ アンケートなどの主観的評価で行われることが多い。しかしその方法ではリアルタイムでの観測やどの地点で VR 酔いが検出されたかの判断が難しい。そのため、今回の実験では VR 酔いの途中計測を行うために生理指標などを用いて実験を行い、VR 酔いの発生と相関性が高い測定方法の発見と検証を行った。

キーワード : VR, VR 酔い, 生理指標, HMD

1. はじめに

近年、VR (Virtual Reality) 技術の発展により、医療や職業訓練など以外にも、一般向けの価格が抑えられたヘッドマウントディスプレイ (HMD) が登場してきている。それにより VR 技術の体験が身近になってきており、使用する機会が広まりつつある。その一方で、VR コンテンツを体験する上で「VR 酔い」と呼ばれる症状が発生することは珍しくない。VR 酔いとは、映像酔いやシミュレータ酔いとも呼ばれ、動揺病の一種と考えられている。症状としては、頭痛や吐き気、眩暈、嘔吐、胃のむかつきなどの症状が不快感とともに現れることが多い。この VR 酔いの発生には個人差はあるが、発生することで VR 体験を妨げてしまう。そのため VR 技術のさらなる普及には、VR 酔いやそれに類する映像酔いやシミュレータ酔いの性質や特性を明らかにすることが重要である。

この VR 酔いを解消するために多くの研究が行われている。外部機器を用いた方法[1]やソフト側からアプローチ方法[2]など、軽減手法の検証は多岐にわたる。しかし、VR 酔いの軽減効果を検証する上で、軽減手法の検証と同等に重要なのが、VR 酔いを評価する指標の選定である。VR 酔いを計測する上で用いられるのは主に、心理学的な計測や生体的な計測である。特に心理学的な計測方法では SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) と呼ばれるアンケートを用いることが多い。その一方で、生体的な計測ではストレスとの関連性から脳波や心拍変動、皮膚電気活動などが用いられることが多いが、SSQ と比べると酔いそのものに対する客観的な測定としての信頼性を得られてはいない。そのため、VR 酔いの軽減効果の検証には SSQ アンケートを用いた開始時と終了時の比較で行われることが多く、VR 酔いが発生した地点の検出には様々な問題が残

っている。そのため本研究では、生理的な指標を用いて VR 酔いの発生地点の検出方法の検討とより信頼性が高い方法の発見を目指して実験した。

2. 実験方法

2.1 実験機材・実験環境

今回の実験環境は Unity (2021.3.32f) を使用して実験環境の構築した。周辺風景には「Japanese Dosanko City」[3]を使用した。実験中の様子は図 1 に示し、図 2 に作成した環境を示す。この環境を HMD (HTC Vive Pro Eye) を利用して実験参加者に提示する。なお、視点移動はあらかじめ決められたルートを移動する。実験中は実験参加者の瞬きや瞳孔位置を HMD によって計測すると共に、心拍運動も計測する。心拍運動の計測には BITalino [4] を利用する。



図 1 実験風景

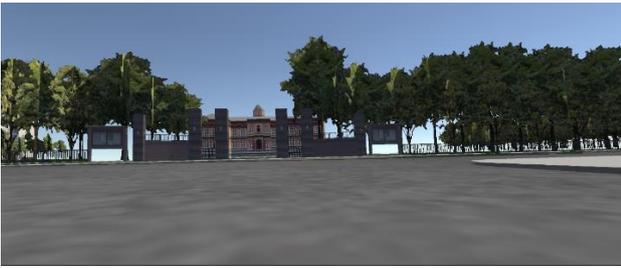


図 2 実験環境

2.2 計測装置・計測項目

VR 酔いの検出方法として、今回は生理的計測を重視して実験した。計測した項目は眼球内の瞳孔位置、瞬きの回数、心拍運動から計測することが出来る交感神経と副交感神経の比である LF/HF の3つの計測項目を用いて実験した。

眼球の瞳孔位置や瞬きの計測を行う際には個人差によるぶれを軽減するために、アイトラッキングのキャリブレーションをしている。

心拍運動を測定する際には、最初に正常時の心拍を取得するために実験前に2分間の計測をした。また、測定を行う場合には筋肉の活性化(動きのアーチファクト)のノイズが発生してしまうことが多く、それを避けるために電極を筋肉活動が少ない骨に配置することが推奨されている。そのため、今回の貼付けでは-電極を左鎖骨、リファレンス電極を右鎖骨に貼り付け、+電極は服の擦れによるノイズを軽減するために左の脇腹に貼り付けた。

また、信頼性が高いSSQ アンケート[5]を用いた。このSSQ アンケートは16項目の症状を5段階(0~4)で計測を行っており、実験終了後に実験参加者の状態を調べるとともに、今回の生理指標との関連性を調べるために用いた。

2.3 実験参加者

実験参加者は合計8名(男性:7名, 女性:1名)である。実験参加者は全員成人しており、今回の実験に関してはVR酔いの発生の同意を得て実験を行っている。

2.4 実験手順

まず初めに、実験を行う前に平常時の心拍を取得するために実験者にBITalinoを装着してもらい、2分間の計測を行う。次にアイトラッキング機能の調整を行うために実験開始前に1度キャリブレーションを挟んでから実験した。今回の実験ではキャリブレーション終了後のテスト画面でトラッキング精度の不安が見られた場合には、再度の計測をしている。

その後、上記の2つの初期設定が完了した場合に実験に移行する。本実験では指定したコースを自動走行するようなシステムを作成し、視界の移動のみの操作環境で約5分20秒間の実験を行った。その際、実験の継続が難しいと実験者側で判断した場合には実験者に声をかけていただき、即座に実験を終了している。その際の生体データは実験終了時までのものを今回は使用した。

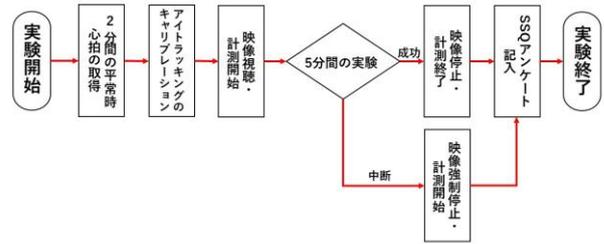


図 3 実験の実行手順

3. 実験結果

3.1 瞳孔位置

この実験では8名のデータを取得した。実験で得た瞳孔位置から計算した分散を図4と図5に示す。VRのような映像を体験した場合、追従運動とサックードが組み合わさった視運動性眼振のような眼球運動が発生し、それが原因でVR酔いが起こることがある[6]。このことから、VR酔いが起こった場合には瞳孔位置のぶれが多くなる可能性があると考え、本研究ではぶれを分散を用いて表現した。本実験では平均で0.3秒毎で1回の割合で、瞳孔の位置を取得している。この瞳孔位置を10秒ごとの分散値を出力した。

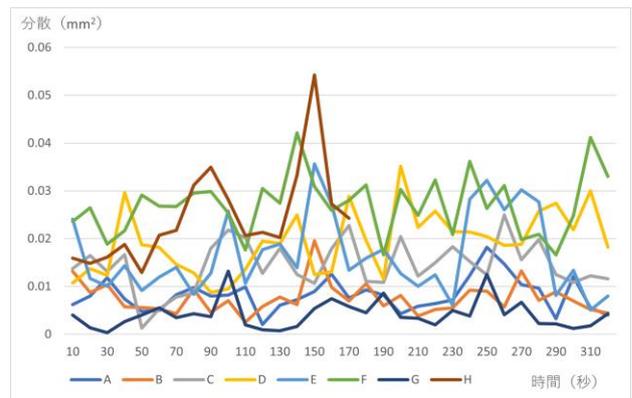


図 4 10秒ごとの左瞳孔の分散

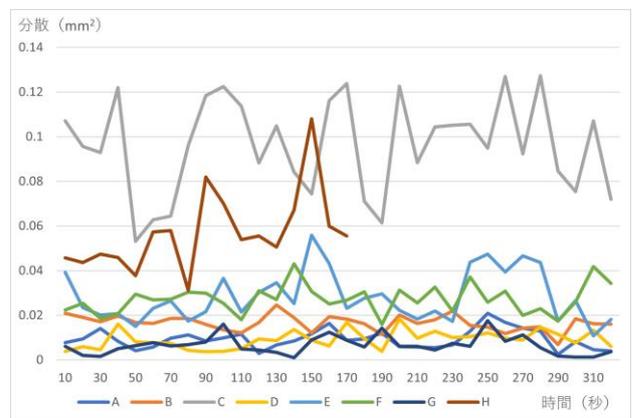


図 5 10秒ごとの右瞳孔の分散

3.2 瞬きの回数

この実験ではAを除いた7名のデータを取得した。取得時間は平均で0.3秒毎で1回の割合で、瞼の開き具合を

取得している。使用した HMD では 0~1 の範囲で瞼の開き具合を計測しており、1 の場合に瞼は開き、0 の場合は瞼を閉じていることを表している。今回の研究では精度にはばらつきがあるため、事前にデータを検証した結果、瞬きをしたことを以下の条件から判断した。

- ① 両まぶたの開きぐらゐが特定の数値以下に到達
- ② 片方の瞼が約 0.09 秒間、特定数値以下に到達
- ③ 特定数値以下の秒数が 0.20 秒以上に到達

今回は瞬きしたと判断するために、瞼の開きぐらゐが 0.7 以下に到達した場合に瞬きを行い始めたかとカウントした。また 1 回の瞬きの速さは平均で 100~150 ミリ秒[7]と言われている。そのため、片方しか検出されなかった場合と考えられる場合に②を適用し、複数回の瞬きの検出を感知するために③を適用する。また、区間の中で明らかな数値の上下が見られた場合には複数回と考へて 1 回とカウントした。10 秒ごとの瞬きの回数を図 6 に示す。また、図 6 には 1 分間の平均瞬き回数[8]から算出した 10 秒間の平均瞬き回数の軸を黒の点線で表している。

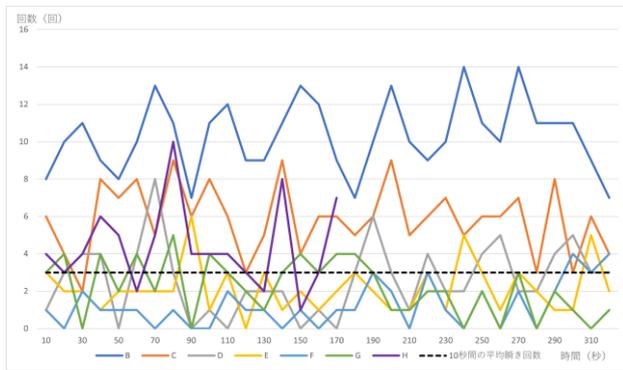


図 6 10 秒ごとの瞬きの回数

3.3 心電図における LF/HF

この実験では H を除いた 7 名のデータを取得した。今回は実験中に取得した全体の心電図から 30 秒ごとの LF/HF に分割した。その後、30 秒ごとの LF/HF を実験開始前に取得した平常時の LF/HF で引いた値を算出した。取得した実験中の 30 秒ごとの LF/HF と平常時の LF/HF の差を図 7 に示す。

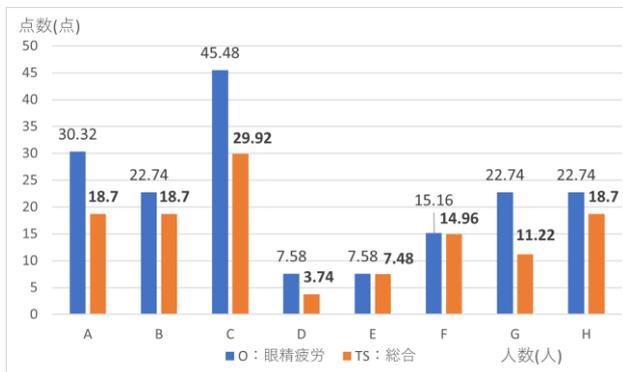


図 7 実験時と平常時 LF/HF の差

3.4 SSQ における眼精疲労と総合スコア

この実験では 8 名のデータを取得した。ここでは実験終了後に実施した SSQ から計算した眼精疲労と総合スコア

を示す。今回は総合スコア (Total) だけではなく、眼球のデータも用いているため、眼精疲労に相当している Oculomotor のスコアも評価指標として用いた。ここで取得した眼精疲労と総合のスコアを図 8 に示す。

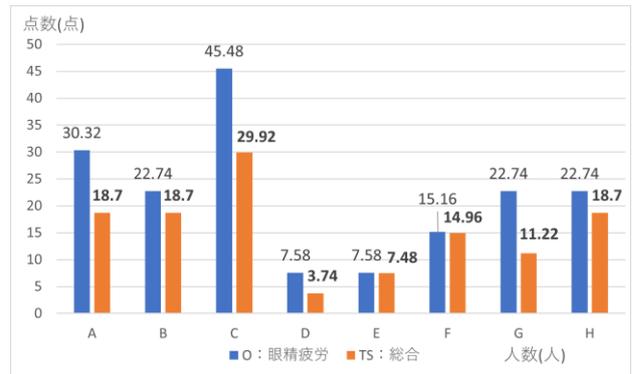


図 8 SSQ を用いた眼精疲労と総合のスコア

4. 考察

4.1 瞳孔位置を用いた生理評価についての考察

図 4 と図 5 を比較した結果、複数人が特定の時間で分散が大きくなっている地点が何箇所か見受けられた。図 4 では 90 秒や 150 秒、250 秒地点付近で分散が増大している人が多く、図 5 でも 90 秒と 150 秒地点で増大が確認できた。ここは実験中の曲がり角が多発する地点や Z 軸方向の動きが増えた地点などであった。また、今回の実験において途中で計測終了した実験者の分散に注目すると、徐々に分散が増大しており、実験中断前の 150 秒地点では大きく増大している。

この結果から、特定の VR 酔いを誘発するような地点においては、分散によってある程度の VR 酔いが検出出来る可能性がある。しかし、実験前後で分散の値が上昇している人物は少ないため、VR 酔いの低減に関する指標としては用いることが難しいのではないかと考へた。このことから、瞳孔位置は VR 酔いを途中計測出来る指標として用いることが出来る可能性があるかと考へた。

4.2 瞬きの回数をを用いた生理評価についての考察

図 6 の結果から、瞬きの回数が 80 秒、140 秒、190 秒付近において増大している人物が多く見受けられた。この部分を調べると、建物との接近や三次元的な上下移動が起こった箇所だった。また、実験を途中終了している人物に関しては、終了間際には瞬きの回数が増大していることが確認できる。しかし、実験前後において回数が上昇している人物が少なく、回数は 10 秒ごとで増減している。

このことから、少なからず VR 酔いが起こりやすい箇所での瞬きの増加は確認できるが、個人差が大きいため指標として用いるには難しいと感じた。また時間経過で増減している点や実験前後の値の上昇が少ないことから、低減効果の確認にも難しいと考へた。そのため、瞬きを評価指標としての見た場合、VR 酔いを起こしやすい人に関しては指標として扱える可能性がある。しかし、VR 酔いを起こしにくい人の場合には、指標として用いるのは信頼性が

低い可能性が高い。全体的な評価としては指標に用いることは難しいと考察した。

4.3 LF/HFを用いた生理評価についての考察

図7の結果から、180秒や200秒付近でのLF/HFの値の増加が見られた。しかし、この部分での値が増大している人物は少なく、個人差である可能性が高い。しかし、図4、図5、図6などを比較してみると120秒視点のAや270秒地点のBはある程度の相関関係が見られた。

このことから、少なからず指標としては用いることが出来る可能性があると考えられる。しかし、現時点では指標としては不適であり、精度の上昇が必要だと感じた。

4.4 SSQと他の生理指標との分析

図8と他の図4、図5、図6、図7を比較して分析してみると、値が大きいAやCなどと他のデータには大きな相関関係は見られなかった。逆に値が低いDはLF/HFの値がほぼ0になり、DとEの2つを見ると瞬きの回数が平均以下な点や瞳孔の分散があまり大きくない点など、低い場合との相関関係は大きいと感じた。

このことから、SSQでスコアが低い場合でも、瞳孔位置やLF/HFの精度を上げることが出来れば、自覚していない軽度のVR酔いであっても検出が可能になる可能性があると考えた。

5. まとめと今後の課題

本研究ではVR酔いの途中検出を目指して、眼球や心拍運動などの生理指標を用いる方法を提案し、検証した。その結果、瞳孔位置やLF/HFなどを用いることでSSQアンケートでは知ることの出来ないVR酔いの検出の可能性が示唆された。

しかし、瞳孔位置や瞬きなどの眼球のデータに関しては測定器や用意された関数に依存している部分が多く、心拍運動に関しても測定するアプリケーションに計算をま

かせている。そのため、精度に関してはこちらで向上することが難しい。次回までの課題としては、今回使用した指標の精度を向上させる手段の検討や新たな指標の考察などを必要があると考えた。また、本研究の実験では実験を途中終了した人物のデータが1つだけだったので、その条件のデータのモデルを増やすため、実験者を増やす必要がある。

参考文献

- [1] 齋藤真里,原田竜彦,前田佑輔: VR酔いの発生を遅延させる振動の効果についての 実験的検討,日本バーチャルリアリティ学会第25回大会論文集, 2C1-7
- [2] 渡邊 海斗, 大西 克彦: コックピット効果を用いたVR酔いの低減効果の検証, 情報処理学会第85回全国大会予稿集, 2ZE-06, Vol.4 pp.83-84, 2023.
- [3] UnityAssetStore, “Japanese Dosanko City”, 6.11 2018, <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/urban/japanese-dosanko-city-36810?locale=ja-JP>.
- [4] Diana Batista : Benchmarking of the BITalino biomedical toolkit against an established gold standard, <https://www.creact.co.jp/blog/20220714>.
- [5] 氏家弘裕: 映像酔い, 映像情報メディア学会誌 Vol. 61, No. 8, 2007.
- [6] S.M.Ebenholtz, Motion sickness and oculomotor systems in virtual environments, Presence (Camb.) 1, pp.302-305, 1992
- [7] Davina Bristow : Two distinct neural effects of blinking on human visual processing , NeuroImage 27, 136-145, 2005.
- [8] 横山春彦: 探索的計測による瞬き回数の変動に関する行動データの分析, 鹿児島大学法文学部紀要人文科学論集, Vol.89, pp.111-125, 2022.