

タイトル	VR 空間上の移動操作における酔いやすいシチュエーション及び対応策の模索
著者	佐々木，隼太；Sasaki，Shunta；菊地，慶仁；Kikuchi，Yoshihito
引用	工学研究：北海学園大学大学院工学研究科紀要(22)：29-34
発行日	2022-09-30

研究論文

VR 空間上の移動操作における酔いやすいシチュエーション及び対応策の模索

佐々木 隼太* ・ 菊地 慶仁**

Report on Situations Prone to Sickness in Moving Manipulations in VR Space and the Search for Countermeasures

Shunta Sasaki* and Yoshihito Kikuchi**

要 旨

本報では、VR（Virtual Reality）コンテンツを視聴した際に発生する VR 酔いを対象としている。VR は HMD（Head Mount Display）を装着することで視界からの入力全てが人工的に作り出された立体視画像となりシーン中での移動などを行うと通常の生活と異なる視覚を得るために気分が悪くなる酔いが発生するとされている。本報告では VR 酔いを起こしやすい状況の把握を目的として実験を行い得られた結果についての考察を行う。

1. 序論

VR 酔いとは「VR 体験中に映像の違和感から気持ちが悪くなってしまう現象」である [1]。より具体的には、眠気、顔面蒼白、冷や汗、胃部不快感、吐き気や嘔吐、平行失調などが起こるとされている。VR 酔いについての研究は原因の解明について進んでおり、HMD 装着時の VR 映像の見え方に起因することが指摘されている。また体験者本人の体質や体調も VR 酔いに影響を及ぼす原因として判明している [1]。

酔いが起きやすいと考えられる状況は VR 空間中での静止時ではなく移動時であるが、具体的にどのような状況で移動すると酔うかというシチュエーションに関する情報はあまり報告されていない。

そこで本研究では VR 酔いを起こしやすい移動中での操作に注目し、幾つかの状況を比較することで酔いやすいと想定される状況を特定し対応策を取ることを目的とする。

本報告は以下の構成を取る。2 章では VR 体験に必要な HMD とこれまで報告されている VR 酔

いの原因について述べ本報告での課題についてまとめる。3 章では本研究で開発した実験システムについて述べる。4 章では実験システムでの結果と考察について述べ、5 章で結論とする。

2. 関連技術及び本研究での課題

第 2 章では VR 酔いの原因として報告されている VR HMD 及び他の要因について述べ本研究での課題をまとめる。

2.1 VR HMD

VR を視聴する方法としては HMD を用いることが多い。HMD は内部に 2 枚のディスプレイが設けられており、それぞれのディスプレイが左右の眼球から別々に見えるように光学系が設定された顔面装着型のディスプレイである。ディスプレイには視聴の対象となっている 3D 空間中のオブジェクトをそれぞれ右目と左目の位置から見ているように、眼球の距離だけ視点の位置をずらした

* 株式会社ロケットスタジオ（北海学園大学工学部電子情報工学科卒）
Rocket Studio, Inc. (Graduated from Hokkai-Gakuen University)

** 北海学園大学工学部電子情報工学科

Hokkai-Gakuen University Faculty of Engineering Department of Electronics and Information Engineering

画像をレンダリングして表示する。この別々の画像をそれぞれ右目と左目で見ることによって立体視を得ることができる [1]。

HMD には頭を上下左右に振る動きを検知するジャイロセンサーが備えられている。このセンサーからの頭の振れ角に関するデータに対応してディスプレイ上の画像を上下と左右に移動させる。頭の振りと描画される動作を一致させることで体験者が首を振ると HMD 中では丁度その方向の対象物が動き仮想空間を自由に視聴している感覚を得ることができる。HMD では、頭の振れ角で画像が振れる角度は決定されるが、初めに描画を行う際の方向の基準が必要となるため、予めマーカーを用意しそれらが設置された方向を正面として扱う機種もある。

HMD の左右 2 枚のディスプレイは、基本的には目の正面を中心に視野角の範囲のみを描画し、それ以外の部分は描画されない。

この 2 つのディスプレイへのレンダリングは、同一の対象と光源モデルを用いながら 2 枚分を並行して行う必要がある。HMD が開発された当初はこのレンダリングを PC 側のグラフィックボードで行う必要があった。このためグラフィックボードに高い描画性能が要求されるとともに HMD と PC をケーブルで結ぶ必要性が生じた。図 1 にケーブルで PC と接続して用いる形式の HMD を示す。その後、VR 空間の描画用のハードウェアが開発され、そのチップを搭載した独立型の HMD が用いられるようになった。

2.2 HMD に起因する VR 酔い

当初 HMD では一般のディスプレイと同じようにバックライト付き液晶を用いている機種があった。特に初期の HMD では液晶ディスプレイの解像度が十分ではなく、HMD を装着すると液晶の画素が見えてしまうことがあり、VR 酔いを起こす原因の一つとなっていた [3]。

また古い機種でのディスプレイのリフレッシュレートの低さも VR 酔いの原因として指摘されていた。

さらに頭の動きと異なるレンダリングによる問題が指摘されている。頭部の動きを HMD のセンサーが検知してディスプレイ上で再描画を行う際に、描画の遅れやがたつきなどが発生することで原因となることが知られている。これまで述べて



図 1 htc Vive Head Mount Display

きた HMD による VR 酔いの発生は機種としては致命的な欠点となるため機種が更新される度に解消される方向となっている。

また体験者本人の体調や体質に起因する VR 酔いも報告されている。端的な例としては、体験者の左右の目と HMD の光学系の不一致が挙げられる。例えば人間の左右の視力が極端に違う又は斜視などがある場合に左右の光学系が同じ特質の HMD を装着すると VR 酔いを起こしてしまうことが報告されている。

2.3 感覚不一致説と本研究での課題

前節では HMD に起因する VR 酔いの原因について述べてきたが、それらに不調が無く通常の移動を行った際でも VR 酔いが起こることがある。このような現象に関する解釈として感覚不一致説がある。

感覚不一致説は「今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という説」である。例えば、現実で歩行する際には視点が上下するが、VR 空間で移動する際には直線的な水平移動をしてしまうことが多いため、これにより違和感を覚えて酔うことが考えられる。[5]

感覚不一致説に基づく酔いは、能動的な行動によって起きる現象で、移動操作などを行った際に違和感を覚えるものである。したがって VR 空間上で移動操作を行い、実際に酔うかどうかを確認することで酔いやすいシチュエーションを特定することができる。

本研究での課題をまとめると以下の 2 項目となる。

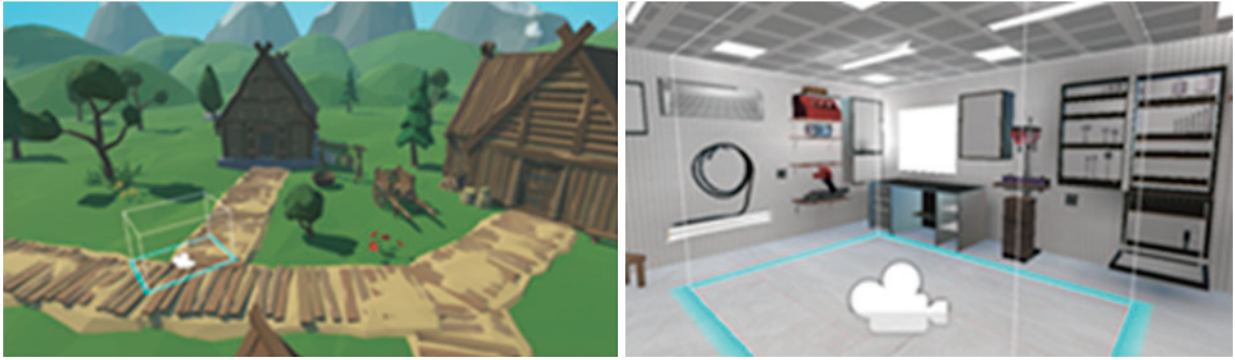


図2 実験用に作成した VR 空間（左）屋外空間（右）屋内空間

- 1) 異なる移動操作毎に HMD の脱着やアプリのリセットを行うと、客観的にどのような移動操作が最も酔いや酔いやすいか判断しにくいので、連続した移動操作の中のどこで酔いを感じやすいかを比較できるようにする。このため 1 つの VR コンテンツ中で異なる移動操作を比較できるようにする。
- 2) 被験者の個人的な特質に依存して結果に大きなばらつきが出るのが考えられるので複数の被験者によって評価すること。

3. 本研究での開発・実験環境

3.1 使用機材・ソフトウェア

開発に用いた機材及びソフトウェアを以下に列挙する。

1) HTC VIVE Pro

HTC Corporation によって開発された HTC VIVE Pro を用いた。解像度は片側のディスプレイ当たり 1440×1600 、リフレッシュレート 90Hz、視野角は 110 度である。コントローラーは付属の VIVE コントローラーを用いる。[6]

2) Unity

Unity Technologies によって開発されたゲームエンジンである Unity を用いる。実験ではバージョン 2020.3.21、Unity 上で VR 開発を可能とする SteamVR プラグインを導入したプロジェクトを用いる。[7]

3.2 酔いや酔いやすいシチュエーションの再現実験

VR 空間中に屋外及び室内をモデリングした空間を設置する。また移動方法として以下の 2 種類の方法を用意する。[8] [9]

- ・ VR コントローラーのトラックパッドをタッチすることによる水平方向の連続的な移動
- ・ VR コントローラーのトラックパッドを押し込むことによるテレポータ的に瞬間的に位置が変わる移動

また視点移動方法として以下の 2 種類の方法を用意する。

- ・ VR コントローラーのグリップを押し続けることで 1 フレームごとに一度ずつ視点を移動させる
- ・ VR コントローラーのグリップを押し込むことで 90 度瞬間的に視点移動

これらの移動方法と視点移動方法を組み合わせた 4 パターンの方法を屋外と室内のシーンのそれぞれで実験を行う。

4. 試作システムによる実験と考察

4.1 実験結果

実験は報告者を含めた研究室生 4 人で行った。屋外空間、室内空間のそれぞれの空間（図 2）で 2 つの移動方法と 2 つの視点移動方法を組み合わせた以下の 4 パターン移動を行う。

- ・ パターン①：トラックパッドを触って連続的な移動時+左右のグリップを押し続けて連続的な視点移動
- ・ パターン②：トラックパッドを触って連続的な移動時+左右のグリップを押し続けて 90 度の



図 3 実験をしている被験者の様子

表 1 屋外空間での実験結果

操作パターン 被験者	パターン①	パターン②	パターン③	パターン④
制作者	4	4	1	1
被験者 1	5	2	1	2
被験者 2	2	1	1	4
被験者 3	1	1	1	1

表 2 屋内空間での実験結果

操作パターン 被験者	パターン①	パターン②	パターン③	パターン④
制作者	5	5	2	2
被験者 1	新型コロナウイルスの関係により未実施			
被験者 2				
被験者 3				

瞬間的な視点移動

- ・パターン③：トラックパッドを押して任意の場所にテレポート+左右のグリップを押し続けて連続的な視点移動
- ・パターン④：トラックパッドを押して任意の場所にテレポート+左右のグリップを押し続けて 90 度の瞬間的な視点移動

また、どの程度酔ったかを以下の 5 段階で評価する。

- ・評価 1：酔わない
- ・評価 2：どちらかという酔わない
- ・評価 3：わからない
- ・評価 4：どちらかという酔う
- ・評価 5：酔う

被験者には「2 分間、空間内を自由に動き回る」という指示を与えて実験を行った。実験中の様子を図 3 に示す。

屋外空間の実験結果を表 1 に示す。また室内空

間での実験結果を表 2 に示す。ただし、被験者 1、被験者 2、被験者 3 は新型コロナウイルスの関係で実験を行えなえずデータが取れていない。

パターンごとの評価数値の合計で比較すると、屋外空間ではパターン①、室内空間ではパターン①とパターン②が酔いやすい結果になった。

4.2 実験に対する考察

4.2.1 屋外空間における酔いやすいシチュエーション

初めに屋外空間におけるパターン①、パターン②の実験結果に対して考察を行う。パターン①とパターン②で用いた移動方法は連続的な移動方法であり、現実と“似た”動きをするが、現実と“同じ”動きではない。したがって、主な原因は感覚不一致によるものであると考えられる。

また被験者から「ものが近くにある状態で移動

表3 酔いの原因・シチュエーションと対応策

酔いの原因, 及びシチュエーション	対応策
感覚不一致	デモンストレーションや、移動時にフェードをいれるなど移動の予兆を可視化
オブジェクトが近い状態での移動	オブジェクトが至近距離にある場合、そのオブジェクトを透過させるなど
連続的な移動操作及び視点移動操作の同時使用	移動と視点移動を同時に行えないよう入力受付制限
連続してのテレポート操作	連打できないよう入力受付制限
テレポートの操作性	テレポート先をわかりやすくするエフェクトなど操作性の向上
室内での連続的な視点移動	連続的な視点移動の際の視点変化量を減らす、または連続かつ瞬間的な視点移動方法の実装
室内での瞬間的な視点移動	環境音などで位置の認識

すると違和感がある」との意見があった。オブジェクトが近ければ近いほど、相対的にオブジェクトの位置的变化量が大きくなる。加えて移動量が多いと、リフレッシュノートあるいはfpsの限界により映像のつなぎ目の粗が浮き彫りになる。この違和感により酔いが生じたと考えられる。

次にパターン②よりパターン①の合計評価値が大きかった理由について考察を行う。パターン①とパターン②の操作法の違いは視点移動方法にあるが、注目すべきは“移動操作と視点移動操作の同時使用”についてである。今回の実験で被験者に対し「移動操作と視点移動操作の同時使用の可否」については指定していなかった。しかし、パターン②では同時使用している被験者はおらず、パターン①では同時使用している被験者が多かった。この違いは現実と経験の差異が関係していると考えられる。瞬間的な視点移動は非現実的であるため、無意識に併用できないのだと考えられる。対して、連続的な視点移動は、瞬間的な視点移動と比較して現実に近い視点移動方法であるため、被験者は自然と移動操作と視点移動操作の同時使用を行えたのだと考えられる。結論として、移動操作と視点移動操作の同時使用は酔いの原因であると考えられる。

続いてパターン④の酔いの原因について考察を行う。パターン④の実験において、一部被験者がトラックボタンを連打しての小刻みなテレポート移動を行っていた。今回の実験において、ボタンの入力受付等の制限を行っていなかったことが原因である。この小刻みなテレポートにより、リフレッシュノートの低い映像に近い見え方になり、酔ってしまったと考えられる。また、被験者から「テレポート先がわかりにくい」という意見もあった。ゆえに、パターン④の酔いの原因は操作性の

悪さにあるといえる。

4.2.2 室内空間における酔いや酔いシチュエーション

室内空間での実験は制作者のみで行ったため主観的な内容となっている。

初めにパターン①及び②の実験結果について考察を行う。屋外空間と同様に感覚不一致による酔いを感じたが、それ以上に“常にオブジェクトが近い状態で移動する”という状況に強い違和感を覚えた。“ものが近い状態での移動”というシチュエーションは極めて酔いや酔いと考えられる。

次に、パターン③及びパターン④の実験結果について考察を行う。室内空間においてテレポートすると、空間自体が狭いためテレポートした際に頻繁に壁際へ移動してしまう。壁際にテレポートした際、瞬間的に目の前にオブジェクトが出現するという状況に違和感を覚えた。テクスチャの粗さないし圧迫感、極めて大きな映像の変化による酔いであると考えられる。

また全パターンについて、どちらの視点移動方法も違和感を覚えた。室内空間での連続的な視点移動を行う際には、オブジェクトが近い映像の変化が激しい。瞬間的な視点移動は位置の把握がしにくく、視点移動方法にはVR酔いの要因があると考えられる。

4.2.3 各シチュエーションに対する対応策の考案

4.2.1 及び 4.2.2 の考察を基に、特定した酔いの原因、シチュエーションに対し表3に考案した対応策を示す。

5. 結論

本報告では

- ・「VR 空間上で移動する」という特定操作に限定し、酔いやすいと想定されるシチュエーションの空間・操作の再現実験をおこなう.
- ・どのようなシチュエーションで酔うのかを特定する.
- ・特定された VR 酔いを起こしやすいシチュエーションに対しアプリケーション側で可能な対応策の考案を行う.

を目的とした実験及び考察を行った.

その結果、幾つかの酔いやすいパターンを見つけて対応を提案することができた. また新規に、移動中に近くに物体が見える場合に酔いやすいことも判明した.

しかし酔いには個人差があり、酔うシチュエーションや原因は本研究で特定したシチュエーションや原因以外にも多く考えられる.

現状では本研究で考案した対応策が実際に有効であるかの立証実験が行なわれていない. 今後の課題としては、本研究で考案した対応策を実装した環境で実験を行い、対応策の有効性を立証する必要がある.

参考文献

- [1] 氏家弘裕, 渡邊洋, 兵頭啓一郎, 映像酔い低減のためのガイドライン構築と HMD の人間工学的指針作成への取り組み, 電子ディスプレイの人間工学シンポジウム 2017 資料
- [2] VR 大好きなんです超酔うんですがーVR 酔いの研究, (<https://www.moguravr.com/shiraihakase-vr-omoshirosoudan-3/>)
- [3] 西川善司, 古林克臣, 野生の男, izm, 比留間和也, VR コンテンツ開発ガイド, エムディエヌコーポレーション (MdN)
- [4] 河合隆史, 盛川浩志, 太田啓路, 阿部信明, 3D 立体映像表現の基礎ー基本原理から製作技術までー, オーム社
- [5] MoguraVR News “VR 酔いの症状・原因, 開発者向けの対策を紹介” (<https://www.moguravr.com/vr-yoi/#link2>), 2017
- [6] HTC Vive Pro2 (<https://www.vive.com/jp/product/vive-pro2-full-kit/overview/>)
- [7] Unity (<https://unity.com/ja>)
- [8] VR with Andrew “[01] [Unity] Vive Teleport for SteamVR 2.0” (<https://www.youtube.com/watch?v=-T09oRMDuG8&t=1s>)
- [9] VR with Andrew “[01] [Unity] Basic Touchpad Locomotion for SteamVR 2.0” (<https://www.youtube.com/watch?v=QREKO1sf8b8&t=205s>)