



没入型 HMD を用いた VR 空間移動時における描画面の 微小移動によるベクシオン誘発手法の提案

山下知也¹⁾, 橋本渉²⁾, 西口敏司²⁾, 水谷泰治²⁾

Tomoya YAMASHITA, Wataru HASHIMOTO, Satoshi NISHIGUCHI and Yasuharu MIZUTANI

- 1) 大阪工業大学大学院 情報科学研究科 (〒573-0196 大阪府枚方市北山 1 丁目 79-1, m1m21a44@oit.ac.jp)
2) 大阪工業大学 情報科学部 (〒573-0196 大阪府枚方市北山 1 丁目 79-1, {wataru.hashimoto, satoshi.nishiguchi, yasuharu.mizutani}@oit.ac.jp)

概要 : 本研究は, VR 空間を移動する際, ユーザが観察する描画面を移動させることで, 没入感の向上とベクシオンの誘発を狙いとする. 著者らは, ドーム型スクリーンを用いて描画面移動による没入感への影響を調査し, その結果, 没入感向上が見られた. また, 描画面が大きく動くことによる酔いの発生やベクシオン誘発の可能性も確認された. そこで, 没入型 HMD を用いた描画面移動を知覚させない微小移動による, ベクシオン誘発手法を提案する.

キーワード : 視線誘導, ベクシオン, 没入型 HMD, VR 酔い

1. はじめに

視覚性自己運動感覚 (ベクシオン) とは, 実際には静止している人間が視覚情報によって移動しているかのような錯覚を引き起こす現象である. ベクシオンの実例として, 自身が乗っている電車が止まっているにも, 反対側の電車が動き出すと, 自身が乗っている電車が動いたような感覚になり, 身体が無意識に動いてしまう現象がある.

先行研究では, 役山らによる運動強調ディスプレイという装置を用いた, 視線誘導手法が考案されている[1]. この研究では, ディスプレイ自体を動かすことで, ユーザの視線を動かし, 運動感覚の強調を行っている. アクチュエータを用いて物理的に装置を動かす必要があり, 大がかりになってしまう.

そこで本研究では物理的な画面の移動ではなく, 画面内において描画面の拡大や移動を行うことで, 運動感覚を強調できるか試みた. 自動車運転シミュレータを題材に, 自動車が加速度を受けた場合に, 描画面を拡大移動する. まず, ドーム型スクリーンを用いることで, 使用者の視線を動かし, 没入感の向上とベクシオン誘発を狙う. この手法は, スクリーン内の描画面を移動させるだけであるため, 先行研究と比較して簡易的な手法であるといえる.

一方, 大型のスクリーンでは, 大きな画面移動に伴うため, 酔いの症状を引き起こすケースも見られた. そこで本研究では提案手法を没入型 HMD に対応させる. ユーザの視界を完全に覆い, 環境光の影響を受けない環境を構築する.

2. ドーム型スクリーンを用いた描画面移動

2.1 提案手法

描画面を変化させる際, 自動車が前進する場合は図 1 の左側のように, 描画面を拡大させる. これは, 現実世界の自動車が急発進するとき, 身体が後ろにのけ反り, 停止時等と比較して見える範囲が広がるためである. また, 自動車が右旋回する場合は図 1 の右側のように, 描画面を右方向に移動させる. これは, 現実世界の自動車が右旋回するとき, 自動車には左方向に加速度が加わり, 姿勢を保つため自然と旋回方向に視線が向けられる. したがって, 受ける加速度の反対側に描画面を移動させることで, 実際と同じ視線移動になるといえる.

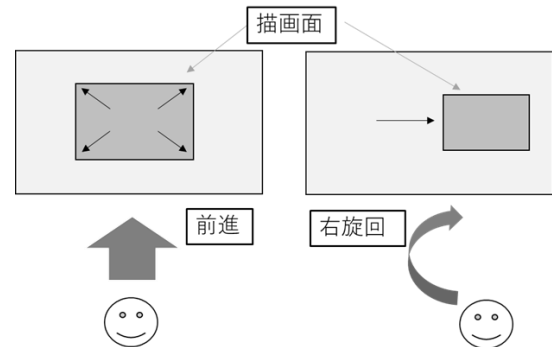


図 1: 描画面変化パターン.

2.2 システム構成

ドライビングシミュレータをベースとした環境で描画面移動環境を実装している. ユーザはコントローラを用

いて自動車を操作する。それによって自動車は加減速や旋回を行う。そのときに自動車の加速度と速度を検出し、その値に応じて拡大縮小移動量を算出し、描画面移動させる。実装にはUnityを用い、移動パラメータの検出にはRigidbodyを利用している。システムの概要を図2に示す。

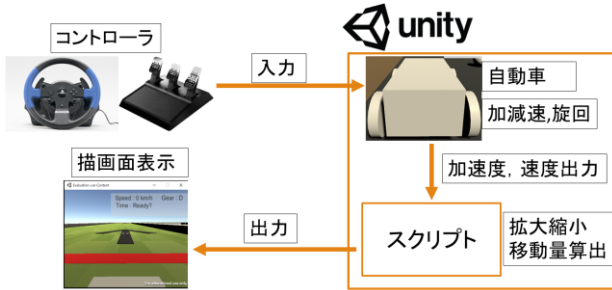


図2: システムの概要.

実験に利用した環境を図3に示す。この環境の特徴は、映像をドーム型スクリーン（曲率 1050mm）に提示し、描画面移動量を大きく表現していることである。画面に表示されている映像は、前進している自動車に対してシステム使用者がハンドルを大きく右に切った場合、左側に遠心力が働き、描画面が右側に移動している状態を表している。



図3: 実験環境.

2.3 没入感に関する実験

2.3.1 実験手順

システムの没入感向上の効果、酔いを感じるかなどを検証するため、評価実験を次の手順で行った。

1. 練習用コースで慣らし運転を行う。内容として、コース1周と実験参加者が満足するまで行う。
2. 本番用コースを描画面変化ありとなしの2パターン、順番をランダムにして行う。
3. アンケートに回答する。

実験に用いた慣らし運転のための練習用コースと評価実験に用いた本番コースを図4に示す。図4の左側練習用コースは基本操作を確認するため、複雑なハンドル操作や

ペダル操作を要求されないレイアウトを採用した。図4の右側本番コースは旋回時の描画面を顕著にするため、練習用コースと比較してハンドルの切り返し回数が増加するようなレイアウトを採用した。

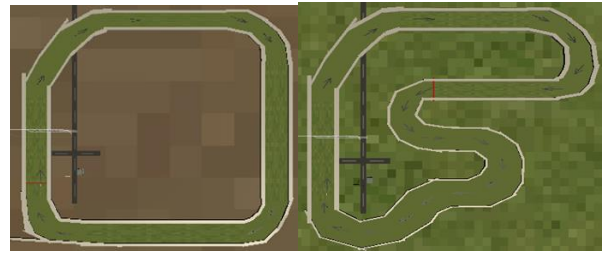


図4: 練習用コース（左）と本番用コース（右）.

次に、アンケート項目を以下に示す。回答にはリッカート尺度を用いた。

1. どちらの方が、より没入感がありましたか。(4段階)
2. どちらの方が気持ち悪くなりましたか(酔いましたか)。(4段階)
3. (各設問に対して)何故、そう思ったのか(記述式、任意)

実験参加者として、学生16名の協力が得られた。

2.3.2 実験結果

まず、没入感についてのアンケート結果を図6に示す。縦軸は回答人数、横軸は回答した得点である。

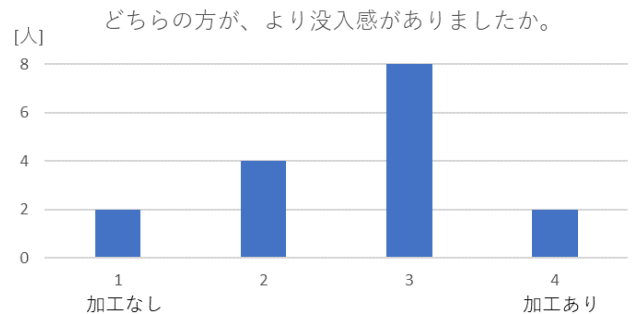


図5: 没入感についてのアンケート結果.

図5から、平均評価は2.6であり、描画面加工ありがやや優勢という結果となった。また、この項目について、参加者から以下のようなコメントが得られた。

- ・ より画面を注視したから（3と回答）
- ・ 集中しないと壁にぶつかるから（3と回答）

図5とコメントから、描画面加工が集中力を増す要因となり、没入感向上に繋がったことが分かる。

次に、酔いについてのアンケート結果を図6に示す。縦軸は回答人数、横軸は回答した得点である。

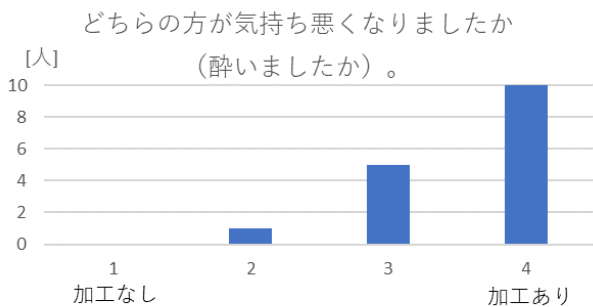


図 6: 酔いについてのアンケート結果。

図 6 から、平均評価は 3.6 であり、描画面加工が優勢という結果となった。また、この項目について、参加者から以下のようなコメントが得られた。

- ・ 想像以上にウインドウが左右にブレ、目線で追いきれなかったため (3 と回答)

図 6 とコメントから、参加者の予想よりも大きな描画面の変化が酔いの原因になる可能性がある。

2.3.3 考察

図 5 から、描画面加工によって没入感向上の効果があつたと考えられる。これは実験参加者のコメントから、描画面が移動することによって進行方向を注視することが難しくなり、より画面を注視する必要があるためと考えられる。また、描画面の移動に伴って、実験参加者の体勢が動くことがあつた。このため、ベクシオン誘発の可能性がある。ただし、描画面の移動を追った際に、偶然に体勢が動いたことが原因とも考えられる。

また、図 6 から、描画面加工によって酔いを呈する効果があることも分かった。これはコメントから、実験参加者が予想していた描画面の動きと実際の動きに差異があつたためと考えられる。しかし、全実験参加者の予想する動作に合わせることは困難であると言える。

2.3.4 実装環境の問題点

本節の実験では、ドーム型ディスプレイを用いている。しかし、ドーム型ディスプレイは環境光の影響を受け、実験参加者が映像に集中できない場合や、描画面移動が知覚されやすいなどの問題点があると考えられる。この点は平面ディスプレイにおいても同様である。

3. 没入型 HMD を用いた描画面移動

描画面移動を全ユーザの予想する動きに合わせることは困難である。そのため、ユーザに知覚されにくい、微小な描画面移動にすることによって、ベクシオン誘発が出来ないかと考えた。そこで、没入型 HMD に対応させることで、ユーザの視界を完全に覆い、環境光の影響を受けない環境を構築することを目指す。

3.1 没入型 HMD 使用時の描画面表示手法

没入型 HMD ではフルスクリーン表示でのコンテンツ利用を想定しており、本研究で用いるような描画面表示には対応していない。そのため、描画面に対応させる必要があるが、今回は Unity のレンダーテクスチャを用いることで、描画面を疑似的に再現した。レンダーテクスチャとは、Unity 内のカメラ映像を物体に投影する機能である。

まず、図 7 のように VR 空間内の自動車にカメラを設置する。これを車カメラとする。今回は図 8 のように、運転席の上部、ボンネットが下方に見える位置とした。次に、図 9 のようにレンダーテクスチャを用いて車カメラの映像を投影するための平面を用意する。この平面が描画面の代わりとなり、これを疑似描画面とする。最後に、図 10 のように没入型 HMD 用のカメラを用意し、疑似描画面の前に設置する。これを HMD カメラとする。

以上の手法によって、HMD カメラから、車カメラの映像を投影した疑似描画面を観測することができる。ユーザからは、VR 空間内に車カメラの映像を投影したテレビが、空中に浮かんでいるように見える。

本研究では、視線検出をするため VIVE Pro Eye を没入型 HMD として採用した。疑似描画面の大きさは、VIVE Pro Eye の表示解像度と同じになるように調整した。また、ユーザが見た際に、疑似描画面が表示領域の 8 割程度の大きさに見えるように、HMD カメラと疑似描画面の距離を調節した。



図 7: 車カメラの設置。



図 8: 車カメラの映像。



図 9: 疑似描画面の設置.

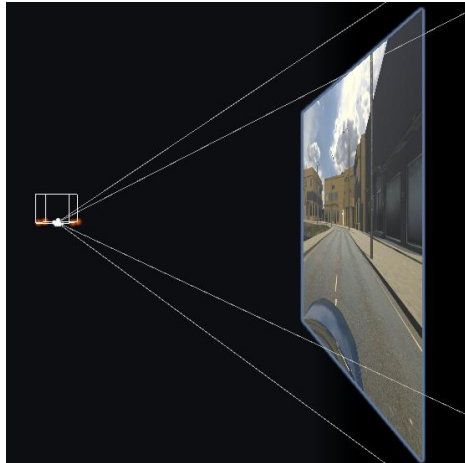


図 10: HMD カメラの設置.

3.2 実験環境

提案するベクシオン誘発手法を検証するため、実験環境として図 11 のような 8 の字コースを作成した。これは右旋回と左旋回がバランスよく出現するようなレイアウトを構成するためである。図 11 の中心部分を開始地点とし、矢印が示す様な、3 回左旋回が連続する部分を走行し、直進後に 3 回右旋回が連続する部分を走行する。最後に開始地点に到着し、これを 1 周とする。

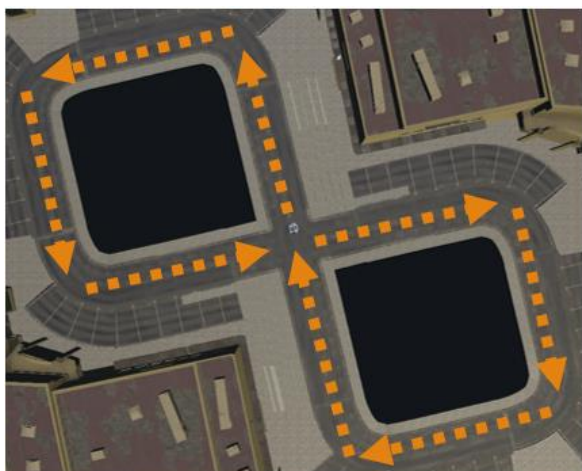


図 11: 実装した 8 の字コース.

図 11 のコースを実際に走行している様子を図 12 に示す。没入型 HMD の画面に表示されている映像は、前進している自動車に対してシステム使用者がハンドルを右に切った場合、左側に遠心力が働き、疑似描画面が右側に大きく移動している状況を表している。実際は図に示すほど極端に移動させないが、描画面移動が実現できていることがわかる。実際に本システムを動作させる際は、疑似描画面の移動量を僅かにすることで、微小移動を実現する。

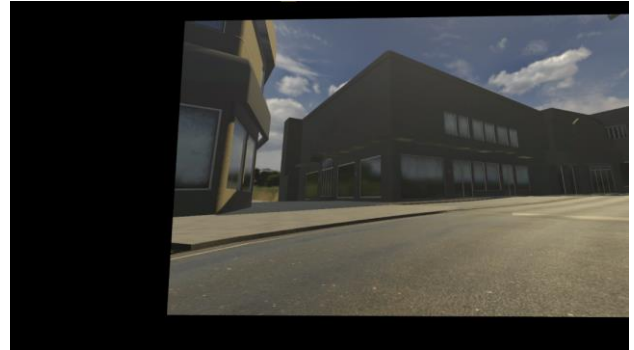


図 12: 没入型 HMD を用いた実験環境.

4. むすび

本稿では、描画面の加工を行うことで、ユーザの視線を強制的に動かし、ベクシオンの誘発を試みた。結果として、進行方向注視の難しさや強制的な視線移動から、没入感の向上について効果が見られた。またベクシオン誘発の可能性もあることも分かった。しかし、ユーザの予想よりも描画面が移動することにより、酔いを感じる原因になることが分かった。また、環境光による問題点も懸念事項として浮上した。

これらを解決するため、微小な描画面移動や没入型 HMD を用いた環境を提案した。また、この手法を実現するため、没入型 HMD 使用時に疑似的な描画面表示を行う手法を考案し、動作することを確認した。今後は、ライフサイエンス委員会の承認を経て実験を行う。ベクシオン誘発についての評価は重心動揺計を用いる予定である。また、視線を誘導する手法として、フレームレート制御や視覚的顕著性に着目した、局所的な解像度変更による画像加工[2]を用いる手法がある。それらと描画面加工による手法との運動強度の比較を行う予定である。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP18K11415 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 役山寛将, 妻木勇一: 運動強調ディスプレイ, 第 17 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2012.
- [2] 畑元, 小池英樹, 佐藤洋一: 解像度制御を用いた視線誘導, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.4, 1152-1161, 2015