

令和 5 年 6 月 10 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K11415

研究課題名(和文) 没入型ディスプレイ環境における視線誘導に関する研究

研究課題名(英文) Eye Guidance in Immersive Display Environments

研究代表者

橋本 渉 (Hashimoto, Wataru)

大阪工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：80323278

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：ユーザの周囲を映像で覆ってしまう没入型ディスプレイにおいて、頭部運動を伴った視線誘導を目的として、その方法を模索した。まず、空間解像度制御による視線誘導においては、視野外への視線誘導が可能であることがわかった。ただし、誘導を強要される不快感が伴い、無意識での誘導は困難であった。次に映像の収縮歪みによる方法では、視線誘導に寄与しない傾向が見られた。しかし誘導対象が滑動する条件においては視線誘導効果が高く、頭部運動の誘発が多いことがわかった。時間解像度制御による視線誘導においては、個人差はあるが、フレームレートの低い領域に注意が向く傾向があることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

没入映像環境において、頭を動かしてでも周りが見たくなるような視線誘導方法を模索した。周辺視野に点滅させるなどの方法は従来から存在するが、本研究ではできるだけ元の映像を変質させず、空間解像度制御(ボケ)や画像の収縮歪み、時間解像度制御(フレームレート)に着目しているのが特徴である。無意識下での視線誘導は困難であったが、注意を向けることによる視線誘導ができることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：We explored methods for guiding the user's gaze in immersive displays that cover the user's surroundings with images, with the aim of guiding the user's gaze in conjunction with head movements. First, we found that gaze guidance by spatial resolution control can guide the user's gaze out of the field of view. However, it was difficult to guide gaze unconsciously due to the discomfort of being forced to do so. Next, the method using constriction and distortion of the image tended not to contribute to gaze guidance. However, the method using the image contraction distortion tended not to contribute to gaze guidance, but was more effective under the condition that the guided object glided, and induced many head movements. In the case of gaze guidance by temporal resolution control, it was found that attention tended to be directed to the area with low frame rate, although there were individual differences.

研究分野：人工現実感

キーワード：空間解像度 ボケ 時間解像度 フレームレート 収縮歪み

## 1. 研究開始当初の背景

視線誘導は、無意識状態でありながら視線の動きを意図的に制御することであり、写真の構図や映画、広告、手品などの分野で幅広く用いられている。通常、視線を自然に誘導することができる視野の領域は有効視野と呼ばれ、その画角は水平 30 度、垂直 20 度程度とされている。この領域では頭を動かすことなく瞬時に視線を移動することができるため、頭部の向きを変えるなどの運動を伴わないのが一般的である。ところがヒトの視覚には、誘導視野や補助視野などの周辺視が存在し、水平 100 度以上、垂直 85 度以上あるため、有効視野の外側まで視線誘導できる可能性がある。誘導視野や補助視野は臨場感やベクションを引き起こす役割を果たしており、映像の臨場感や周波数解像度を意図的に制御することによって、頭部運動をも誘発するような視線誘導を実現することが期待できる。

そこで本研究では、眼球運動のみならず頭部運動を誘発するような視線誘導について、没入型ディスプレイを用いて検証する。没入型ディスプレイは同時に広範囲の視野を映像で覆うことができるため、周辺視への視線誘導の検証に適している。頭部運動を伴う視線誘導がどの程度有効か明らかになれば、周辺視のメカニズム解明のみならず、没入映像メディアにおける訴求的なサイネージやニュース速報などの情報提示に応用することができるだろう。

## 2. 研究の目的

ユーザの周囲を映像で覆ってしまう没入型ディスプレイにおいて、頭部運動を伴った視線誘導を目的とする。視線誘導とは、映像観察時に視線の動きを意図的に導く技術の一種で、その効果は映画や広告など多岐に渡って利用されている。一般に視線誘導では、瞬時に視線の移動ができる有効視野の範囲において、注視点を変えることで無意識的に行われている。しかし、ヒトの視野は有効視野の外に周辺視があり、周辺視においても視線誘導できる可能性がある。本研究では、頭を動かしてでも周りが見たくなるような視線誘導ができないか、没入型ディスプレイ環境を用いて検証する。ここでは、できるだけ元の映像を変質させないように、解像度の変化、歪みの分布による誘導手法を検討する。周辺視への視線誘導が可能になれば、没入型メディアにおけるニュースやサイネージへの注意が喚起され、効率的な情報提示が期待できる。また同時に多数の視線を誘導できるならば、講義や訓練などにも活用できる。

## 3. 研究の方法

### (1) 解像度の変更による視線誘導

視線誘導をさせたい領域を中心に、段階的なブラー(ぼけ)を付加させることにより、焦点が合っている箇所に視線誘導させる、という発想に基づいている(図1)。<sup>[1]</sup>によると有効視野において視線誘導が可能であることが示されているが、周辺視に適用する場合はさらなる検証が必要である。

### (2) 映像の収縮歪みによる視線誘導

視線誘導をさせたい領域を中心に、画面全体を収縮させることによって、収縮中心に視線誘導させる、という発想に基づいている(図2)。一般的に人間の視覚は周波数成分の高い箇所に注意が向くという性質から、映像全体を1点に収縮させることにより、注視させようとしている。

没入型ディスプレイは、教育や訓練の分野でも広く用いられている。周辺視の視線誘導が実現することにより、シミュレーション中の教示にも効果を発揮するものと考えられる。また、没入型ディスプレイは同時に多数の観察にも向いている。したがって、観察者全員の視線を同時に誘導することができるならば、没入環境を用いた教示の効果がさらに発揮されるだろう。

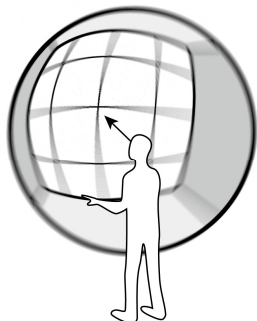


図1: 解像度の変更による視線誘導

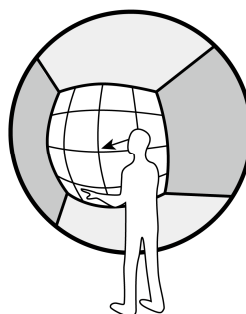


図2: 映像の収縮歪みによる視線誘導

## 4. 研究成果

### (1) 解像度の変更による視線誘導

画像に段階的なブラー(ぼけ)を付加させることにより、画像の鮮明な領域に視線誘導できる、

という知見に基づき、有効視野外への視線誘導ができるかどうかの実験を行った。ここでは没入型ディスプレイの代わりに視線検出機能付きのHMDを用いて、HMDの視野角外に視線を誘導できるかどうかを確認した。図3のように、解像度を段階的に変化させることで、中央の高解像領域に視線を誘導するものである。その結果、実験参加者の視力には依存するものの、HMDの視野角外への誘導が可能であることがわかった。特に、空間周波数の高いコンテンツ条件、鮮明領域が動的に移動、変形する条件で誘導の効果が高まった。ただし、誘導を強要されているという不快感が伴い、無意識での誘導は困難であった。

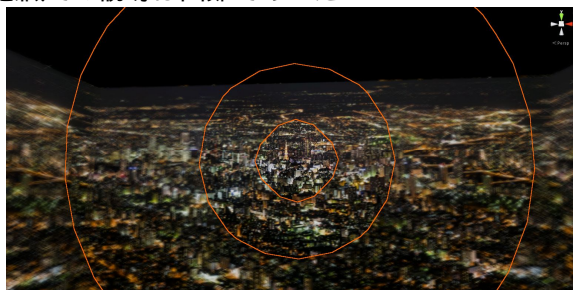


図3:解像度の変更による視線誘導

(解像度変化の境界がわかるように表記しているが、実験では表示しない)

### (2)映像の収縮歪みによる視線誘導

映像の一部や全体を収縮させ、その収縮の中心点に視線を誘導することができるかどうかを調べた。眼球運動のみでの誘導を確認するため、曲面モニタとアイトラッカーを使用して視線誘導の可否を確認した。ここでは収縮歪みの形状や勾配、大きさなどを変えながら(図4)、視線の誘導が顕著に観察される条件を調べた。その結果、視線誘導の傾向があったものの、顕著な効果が見られなかった。静止画だけでなく、動画に対しても同様の結果であった。ただし、誘導方向が直感的にわかるため、没入型ディスプレイ(図5)において頭部運動を誘発するような視線誘導ができる可能性が示された。

同様の実験を、没入型ディスプレイと装着式のアイトラッカーを使用して行った。収縮領域が瞬時に移動する条件、滑動する条件と比較した。また収縮領域の大きさ条件も変更して、実験参加者のふるまいを観察した。その結果、収縮領域の大きさ条件では、参加者の視線誘導に寄与しない傾向があった。また収縮領域の移動条件においては、滑動条件では視線誘導効果が高く、頭部運動の誘発が多いことがわかった。ただし個人差は大きく、頭部運動の誘発は全体の7割程度であった。

収縮歪みによる視線誘導が可能であっても、表示されている内容に違和感を与えてしまうと、情報に変質してしまったり、観察者に不快感を与えたりする恐れがある。そこで、表示されている内容に違和感を与えない程度の歪みがどの程度かを調査した。こちらも個人によって好みが変われるが、歪みとして知覚されないケースや、単なる拡大縮小として認識されるパターンがあることがわかった。

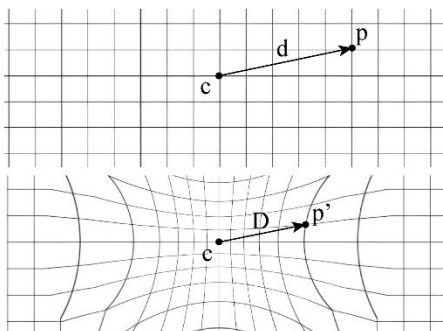


図4: 収縮歪みの生成方法



図5:没入型ディスプレイにおける提示

### (3)時間解像度制御による視線誘導

(1)の空間的な解像度の制御による視線誘導は確認されたが、不快感を伴うことがわかった。そこで、空間解像度ではなく時間解像度を変化させることを試みた。つまり、動画の一部のフレームレートを故意に変更することにより視線誘導できないかを試みた。情報量の高い領域に視線誘導できるならば、高フレームレートの領域を注視することが予想される。このことを確認するため、視線検出機能付きのHMDを用い、画面の領域によってフレームレートが異なる動画を

提示して確認した。高フレームレート領域を移動すると、その移動に応じて視線が追従することがわかった。ただし、フレームレートの差が生じる境界部分に違和感を覚えたため、注意が向くという実験参加者もいた。

フレームレートの境界を生じさせないようにするため、画面を横に3分割し、左右にフレームレートの高低差がある領域、中央に何も表示しない領域を設けることで、フレームレートの異なる左右どちらに注目が集まるかを確認した。その結果、個人差はあるが、フレームレートの低い領域に注意が向く傾向があることがわかった。この現象は、スマートフォンなどの画面のスクロール操作において、画面のスクロール速度が遅くなったときに引っ掛かりのような抵抗を感じることに類似する。そこで、HMDなどの映像装置において、視線が特定方向に向いたときにフレームレートを故意に低下させて注意を引き、視線誘導させることができないか、という着想を得た。今後の研究課題として探究したい。

#### (4)映像の収縮歪みによる没入感の提示

(2)の収縮歪みに関する成果を活かし、映像を左右に移動したり拡大縮小したりすることによって、視線誘導でなく没入感を与えることができないか、という発想を得た。VR空間内での視点移動において、前向きに加速が生じると画面拡大、後ろ向きで画面縮小、左右の加速度で画面の左右移動、という要領である(図6)。この収縮歪みを、没入型ディスプレイに提示したところ、没入感が増したという感想は得られたが、視点移動の操作性や精度には影響を与えなかった。逆にVR酔いに似た違和感を呈する実験参加者もいた。

そこで、描画面の移動を悟られにくいよう、HMDで同様の検証をおこなった。その結果、映像の微小移動や歪みは没入感に影響を与えていないことがわかった。さらに、映像観察中の重心動揺を計測したところ、映像の移動量との相関がみられなかった。しかしながら、微小移動する描画面を視線で追う際に、頭部の回転運動が誘発されることが明らかとなった。

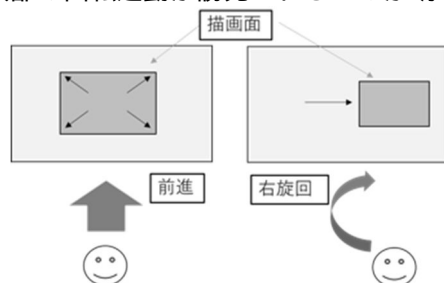


図6: 描画面の左右移動・拡大縮小による没入感提示の試み

#### 参考文献

[1]: 畑, 小池, 佐藤: 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, pp. 1152-1161, 2015

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tomoya Yamashita, Wataru Hashimoto, Satoshi Nishiguchi, and Yasuharu Mizutani	4. 巻 Part I
2. 論文標題 Presenting a Sense of Self-motion by Transforming the Rendering Area Based on the Movement of the User's Viewpoint	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 HCI International 2021 - Late Breaking Posters	6. 最初と最後の頁 410-417
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-90176-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山下知也, 橋本 渉, 西口 敏司, 水谷 泰治
2. 発表標題 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ョン誘発手法の提案
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柴田龍一, 橋本 渉, 水谷 泰治, 西口 敏司
2. 発表標題 回転するハーフミラーを用いたペッパーズゴーストによる全方位型立体像提示装置
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山下 知也, 橋本 渉, 西口 敏司, 水谷 泰治
2. 発表標題 没入型映像システムにおける描画面加工によるベクションの提示の試み
3. 学会等名 画像電子学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下知也, 橋本渉
2. 発表標題 ユーザ視点の加速度に基づいた描画面移動と拡大縮小による移動感覚提示の試み
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒木凌, 竹内凌一, 橋本渉, 水谷泰治, 西口敏司
2. 発表標題 映像の収縮歪みによる視線誘導の検討
3. 学会等名 情報処理学会インタラクション2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------