



乗り物酔い軽減を目的とした色と解像度の制御に基づく 無意識的な視線誘導システム

Unconscious gaze guidance system based on color and resolution control for reducing motion sickness

宮島大和¹⁾, 澤邊太志²⁾, 神原誠之³⁾, 謝淳⁴⁾, 北原格⁴⁾

Yamato MIYAJIMA, Taishi SAWABE, Masayuki KANBARA, Chun XIE, and Itaru KITAHARA

- 1) 筑波大学 大学院システム情報工学研究群 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1)
- 2) 奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 (〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5)
- 3) 甲南大学 知能情報学部 (〒658-8501 兵庫県神戸市東灘区岡本 8-9-1)
- 4) 筑波大学 計算科学研究センター (〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1)

概要: 視線動向は乗り物酔いの発生原因に密接に関係していると考えられており, 視線誘導を用いた視線動向の改善によって, 乗り物酔いの軽減効果が期待されている. 従来研究では, 明示的な視覚刺激を与える視線誘導が採用されているため, ユーザエクスペリエンスを低減させるという課題が存在した. 本研究では, 明示的な視覚刺激によらない無意識的な視線誘導法, 具体的には提示映像の解像度および色の制御による視線誘導法を提案し, 車窓映像における有効性を検証する. また, 二つ(解像度と色)の手法を組み合わせることで, より強い視線誘導の可能性についても検証する.

キーワード: 無意識, 視線誘導, 酔い, 画像処理

1. はじめに

自動車は日常生活の利便性を高める交通手段である一方, 乗り物酔いに悩まされている人は少なくない. 乗り物酔い時には, 吐き気や倦怠感, めまいなど様々な不快症状が生じるため, 乗り物酔いになりやすい人は旅行や通勤時の移動手段に制約を受けることがある. 乗り物酔いの発生メカニズムの一つである感覚混乱説(sensory conflict theory)[1]では, 乗り物酔いは視覚・前庭感覚・体性感覚といった感覚器官の情報の不一致によって脳が混乱することで発生すると考えられている. その他の発生メカニズムの眼球運動説[2]では, 動く対象を追うような遅い眼球運動(緩徐相)と, 眼球位置をリセットするための早い眼球運動(急速相)の繰り返しの発生による視運動性眼振によって酔いが生じると考えられている. 高速に移動する自動車搭乗時には, 近接物体や対向車のように見かけの動きが大きい物体を目視する機会が増加するため, 視運動性眼振が引き起こされやすと考えられる.

乗り物酔いと類似した症状を引き起こす事象として映像酔いがある. 映像酔いの発生メカニズム[3]も乗り物酔いの発生要因と同様, 感覚混乱説や眼球運動説が有力であることから, 映像酔いを軽減するアプローチは乗り物酔いの軽減にも有効であると考えられる. 例えば, 映像中の特定

の対象を注視することにより映像酔いが軽減されることが明らかになっている[4]. 我々は, 自動車搭乗中においても注視を促すような視線誘導を行うことで, 乗り物酔いの軽減を目指す. その際, 図1に示すように点滅提示などの明示的な視覚刺激を与える手法では, 自動車搭乗中のユーザエクスペリエンスを妨げることが懸念されるため, ユーザが誘導されていることを知覚しにくい“無意識的な”視線誘導法が好ましいと考えた.

無意識的に視線を誘導する方法として, 色相を調整し視線を誘導する方法[5,6]と, 解像度を制御し視線を誘導する

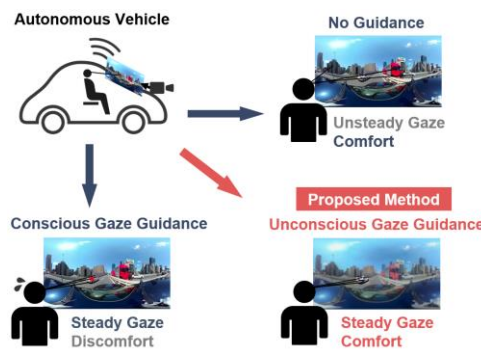


図1 無意識的な視線誘導により快適性を損なわずに視線を安定化

方法[7]が報告されている。これらの方法は、明示的な視覚刺激を提示しないため、無意識的に視線を誘導することが可能であるが、乗り物酔いの軽減への効果は未だ確認されていない。そこで本研究では、乗り物酔いの軽減に向けて解像度制御による視線誘導法と、色制御による視線誘導法を車窓映像に対して適用し、その有効性を検証する。また、解像度制御と色制御を組み合わせることで、より強い視線誘導効果を得ることができるかについても検証する。

2. 関連研究

2.1 注視による乗り物酔い軽減

未だ究明には至っていないものの、乗り物酔いの原因がいくつか提唱されている。前述した感覚混乱説や眼球運動説では、視覚情報や眼球運動がその一つとされている。視覚情報や眼球運動に起因する酔いとして映像酔いやVR酔いが挙げられる。映像酔いでは、映像中に固視点を設け、固視点を注視することによって酔いと眼振が抑制されることが明らかになっている[4]。また、Miuraら[8]はVRコンテンツにおいても固視点の注視が酔いの軽減に有効であることを示した。加えて、固視点に動きを与えることで、固視点注視が持つ“特定対象への視線の維持”と“特定方向への視線の維持”の二つの要素のどちらが酔いに有効であることを検証し、“特定対象への視線の維持”は“特定方向への視線の維持”よりも相対的に酔いに有効であることを示した。

以上の点から、特定の対象物を注視することは映像酔いやVR酔いの軽減に有効な手法であり、同様の要因で発生する乗り物酔いの軽減にも有効な手法だと考えられる。

2.2 視線誘導画像処理

画像処理を用いた視線誘導法は大きく2種類に分けられる。一つめは、画像内に固視点や矢印などの視覚刺激を提示する明示的な視線誘導である。明示的な視線誘導は強い視線誘導効果を持つ一方で、ユーザが誘導を作為的に感じてしまい、不快感を生じさせることが報告されている[9]。

二つめは無意識的な視線誘導である。無意識的な視線誘導は人の視覚特性に着目し、変化を認識されることなくユーザの視線を誘導する方法である。無意識的な視線誘導として視覚的顕著性を利用した手法が提案されている。視覚的顕著性とは人の注視の引きやすさを示す指標であり、それを空間的に定量化したものが視覚的顕著性マップと呼ばれている。Ittiらは画像の輝度、色相、エッジについての顕著性を計算し、それらを統合することによって視覚的顕著性マップに近いものができることを示した[10]。

視覚的顕著性を利用した視線誘導法として、萩原らの手法[5]が挙げられる。萩原らは視覚的顕著性マップにおいて顕著性が高い領域が優先的に注視されるという考えに基づき、誘導させたい領域の顕著性が画像内で高くなるように色相や明るさを変化させる視線誘導手法を提案した。また、滝本らはより高速かつ自然な色修正を達成するためにL*a*b*表色系に基づく画像加工手法を提案した[6]。これら

の誘導法は明示的な視覚刺激提示を行わないため、ユーザが誘導の意図を感じにくいという長所がある。

畑らは、解像度制御を用いることにより自然な注視誘導手法を提案している。注視させたい領域以外の解像度を低下させることで、低解像度化されていない高解像度の領域に視線を集めることが可能であることを示した[7]。また、解像度制御によってユーザに気づかれない視線誘導の可能性も示唆している。

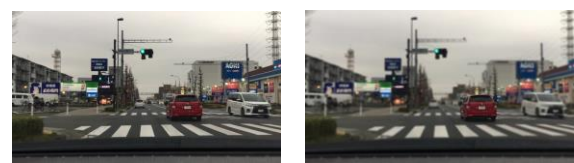
以上の関連研究を通じて、明示的な視覚刺激を与えることなく視線誘導が可能であることが示されている。本研究では、これらの無意識的な視線誘導法を車窓映像に対して適用し、その有効性を検証する。

3. 提案手法

本節では、解像度制御による視線誘導法、色制御による視線誘導法、解像度制御と色制御を組み合わせた視線誘導法の各手法の実装方法について述べる。

3.1 解像度制御による視線誘導

解像度制御による視線誘導法は、畑ら[7]の手法を参考に、平滑化処理によって誘導対象外の領域を低解像度化し、高解像度領域に視線を誘導する。平滑化処理には移動平均フィルタを用いた。移動平均フィルタを用いることで、カーネルサイズの変更によりぼかしの強さを細かく調整することができる。また、高解像度領域と低解像度領域の境界部分はガウシアンフィルタを用いることで連続的な見え方の変化を実現する。図2に解像度制御による視線誘導処理の一例を示す。図2(a)中の赤い車を視線誘導対象とした。図2(b)に示す誘導処理結果では、誘導対象である赤い車の解像度が高く、誘導対象外の領域が低くなっている。これにより、高解像度領域である赤い車に視線が誘導されやすくなると考えられる。



(a)処理前画像 (b)処理後画像

図2 解像度制御による視線誘導処理結果

3.2 色制御による視線誘導

色制御による視線誘導法は、滝本ら[6]の手法を参考にL*a*b*表色系に基づく方法を用いる。

図3に色制御による視線誘導処理の結果を示す。図3(a)(b)に示した誘導処理前後の画像を比較すると、誘導対象である赤い車はより鮮やかな赤色になり、誘導対象外の領域は彩度が低下していることが分かる。また、図3(c)(d)に示した誘導処理前後の視覚的顕著性マップを比較すると、誘導対象である赤い車の領域の顕著性が向上し、誘導領域外の顕著性は低下していることが分かる。このことから、赤い車に視線が誘導されやすくなると考えられる。



図3 色制御による視線誘導処理結果

3.3 解像度・色制御を組み合わせた視線誘導

3.1 節で述べた解像度制御による視線誘導法は視覚的顕著性マップにおけるエッジ成分を操作することにより視線を誘導する。3.2 節で述べた色制御による視線誘導法は視覚的顕著性マップにおける輝度、色相の成分を操作することにより視線を誘導する。解像度制御による視線誘導法と色制御による視線誘導法を組み合わせることにより、視覚的顕著性マップの輝度成分、色相成分、エッジ成分の三つの要素全てを操作し、より強い視線誘導効果を得ることができると考えた。3.2 節の手順で色を制御した画像に 3.1 節の手順で解像度を制御する。図 4 に解像度制御と色制御を組み合わせた誘導処理法の処理結果を示す。図 4(a)(b) に示した誘導処理前後の画像を比較すると、誘導対象である赤い車はより鮮やかな赤になり、誘導対象外の領域は彩度が低下したうえに、解像度も低下していることが確認できる。

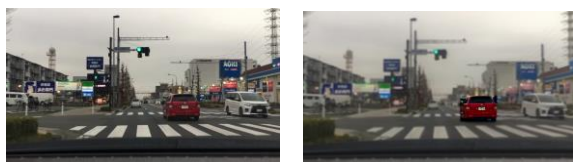


図4 解像度制御と色制御を組み合わせた視線誘導処理結果

4. 実験概要

4.1 実験手順

前述した視線誘導法の有用性を検証するために評価実験を実施した。図 5 に示すような郊外と都市部の 2 種類の走行シーンに対し 5 種類の処理を施した映像、全 10 種類の全方位車窓映像を視線計測機能付きの頭部装着型ディスプレイ (HMD) で再生し、視聴中の視線位置を計測した。実験の様子を図 6 に示す。HMD は Meta 社の Meta Quest Pro を用いた。再生する映像は解像度 3840 画素×2160 画素、フレームレート 30fps の映像を用いた。また、映像視聴時の不快感を調査するために、各映像視聴時に以下の二つについて 0 から 6 の 7 段階でアンケート調査を実施した。

【質問 1】 画像に加工が施されていると感じたか

【質問 2】 視線誘導の意図を感じたか

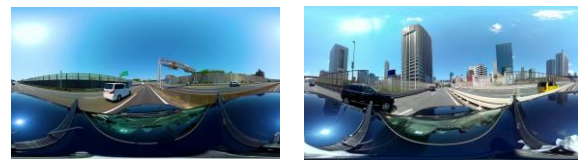


図5 実験に用いた映像



図6 Meta Quest Pro を装着した実験参加者

4.2 実験結果

被験者は正常な視力 (矯正含む) 及び色覚を有している 20 代の男性 10 名を対象に実験を実施した。図 7 に各手法により生成した映像を視聴した際の視線誘導率の結果を示す。ここでの視線誘導率とは全フレーム中、誘導対象の領域と視線位置が一致しているフレームの割合を表す。図 7 中の各値は各手法での視線誘導率の平均値を示している。注視点描画を除く各手法の視線誘導率の平均値を比較すると解像度制御と色制御を組み合わせた手法が最も高い値となった。このことから、解像度制御や色制御を単体で用いる場合よりも、組み合わせることで高い視線誘導効果が得られると考えられる。乗り物酔いの軽減に有効とされる注視点描画の視線誘導率と比較すると、何も処理を施さない場合は 30%、組み合わせた手法では 85% となった。このことから、組み合わせた手法では明示的な視線誘導に近い視線誘導効果があると考えられる。次に図 8 に画像加工感に関するアンケート調査の結果、図 9 に視線誘導感に関するアンケート調査の結果を示す。図 8, 9 から注視点描画が最も画像加工感と視線誘導の意図を強く感じていることが分かる。組み合わせた手法の各項目を注視点描画と比較すると、画像加工感は 80%、視線誘導の意図は 74% とどちらも低下していることから、組み合わせた手法の映像視聴時の不快感は注視点描画に比べて小さいと考えられる。

図 10 にシーン別の視線誘導率の結果を示す。シーン 1 は建物が少なく、シーン 2 は建物が多きシーンである。各手法の視線誘導率の平均値を比較すると、どちらのシーンにおいても注視点描画、組み合わせた手法、解像度制御、色制御の順に高く、傾向に大きな違いが無いことがわかる。各誘導法におけるシーン別の誘導率の平均値を比較すると、解像度制御ではシーン 1 の方がシーン 2 に比べて誘導率が低く、他の誘導法に比べて大きな差が生じた。誘導率

に差が生じた要因は、建物が少ないシーン2に比べて建物が少ないシーン1ではテクスチャが乏しい領域が広いいため、誘導効果が小さくなったと考えられる。

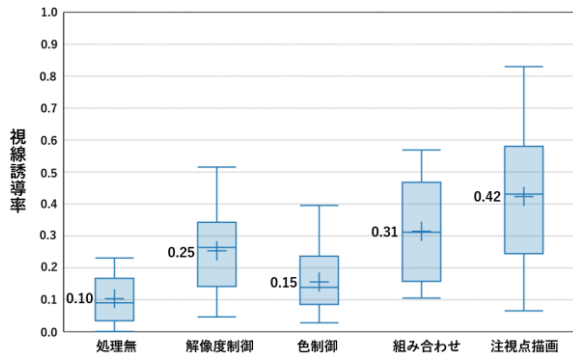


図7 視線誘導率

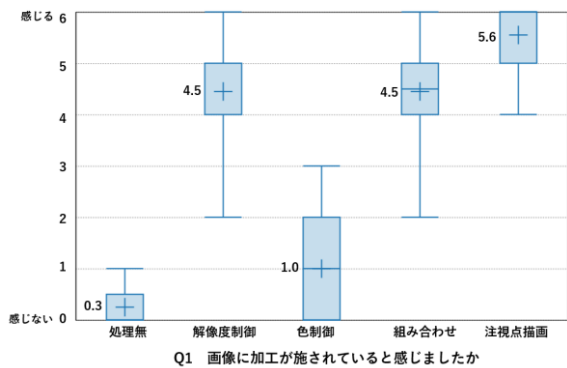


図8 画像加工感に関する調査結果

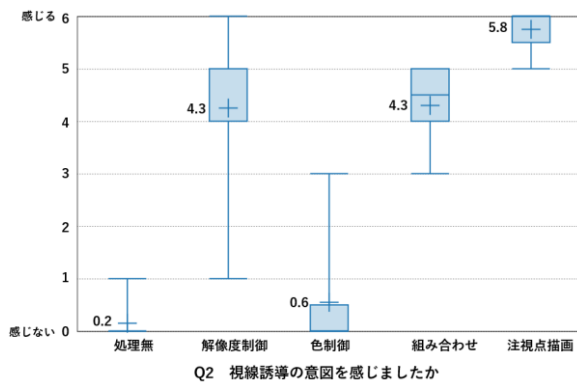


図9 視線誘導感に関する調査結果

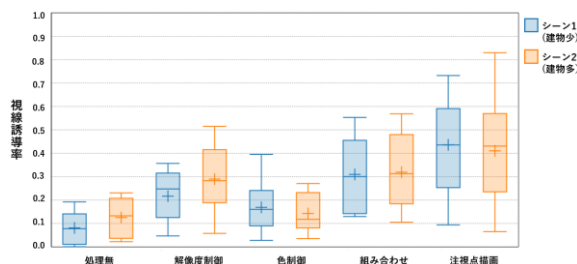


図10 シーン別の視線誘導率

5. おわりに

本稿では、乗り物酔い軽減に向けた車窓映像上での無意識的な視線誘導法を検証した。無意識的な視線誘導法として、解像度を制御する方法、色を制御する方法、二つ誘導法を組み合わせた方法の3種類を実装した。評価実験の結果、二つの誘導法を組み合わせることにより、誘導効果が上昇することを確認した。また組み合わせた手法では、乗り物酔いの軽減に有効とされる明示的な視線誘導と比較して、85%の視線誘導効果があり、画像加工感や視線誘導感などの不快感は低下することが明らかになった。本研究の一部はJSPS 科研費24K02978によるものである。

参考文献

- [1] J. T. Reason, J. J. Brand, "Motion sickness", Academic Press, London, 1975
- [2] S. M. Ebenholtz, M. M. Cohen, B. J. Linder, "The possible role of nystagmus in motion sickness: a hypothesis.", Aviat Space Environ Med, Vol.65, No.11, pp.1032-1035, 1994.
- [3] M. B. Flanagan, J. G. May, T. G. Dobie, "Optokinetic nystagmus, vection, and motion sickness.", Aviat Space Environ Med, Vol.73, No.11, pp.1067-1073, 2002
- [4] N. A. Webb, M.J. Griffin, "Optokinetic stimuli: motion sickness, visual acuity, and eye movements", Aviation, Space, and Environmental Medicine, Vol.73, No.4, pp.351-358, 2002
- [5] A. Hagiwara, A. Sugimoto, K. Kawamoto "Saliency-based image editing for guiding visual attention", Proceedings of the 1st international workshop on pervasive eye tracking & mobile eye-based interaction, pp.43-48, 2011
- [6] 滝本 裕則, 山内 仁, 満倉 靖恵, 金川 明弘: "注視誘導のための視覚的顕著性を利用した動画再配色", 電気学会論文誌 C, Vol.137-C, No.1, pp.144-151, 2017
- [7] 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, pp.1152-1161, 2015
- [8] N. Miura, H. Ujike, M. Ohkura "Influence of fixation point movement on visually induced motion sickness suppression effect", International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, pp.277-288, 2018.
- [9] L. M. Peet, M. Lalmas, V. Navalpakkam "On Saliency, Affect and Focused Attention." Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.541-550, 2012
- [10] L. Itti, C. Koch, E. Niebur, "A model of saliency based visual attention for rapid scene analysis" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, No.11, pp.1254-1259, 1998.