

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：33908

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11905

研究課題名（和文）ドライビングシミュレータ操作時の視線データによる映像酔い評価の指標開発

研究課題名（英文）Development of VIMS evaluation index using gaze data during driving simulator operation

研究代表者

藤掛 和広（FUJIKAKE, Kazuhiro）

中京大学・心理学部・講師

研究者番号：90508467

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ドライビングシミュレータ（以下、DS）の操作に伴って発生する映像酔いの評価指標の開発が目的である。DS操作時の映像酔いの兆候を速やかに検出し、休憩を促すことによって負担の軽減が実現すると考えられる。本研究では、非接触式視線計測装置を用いて、視線データから若年者の映像酔いを評価する指標開発を目的とした。

本研究の結果、実験前後の安静時の視線データから、映像酔いの評価指標として総軌跡長と疎密度の有効性が示された。しかしながら、DS操作時の視線データでは、有効な評価指標は提言できなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究での目的は、非接触型の視線計測機器を用いてDS体験時の視線計測を行い、映像酔いの評価指標を開発することである。学術的な独自性・創造性としては、データサイエンスの手法を用いてリアルタイムの視線データを定量化することで、映像酔いの予兆や程度を捉えられる評価指標を開発することである。本研究の社会的意義としては、映像酔いの兆候を早期に発見することで映像酔いの深刻化を未然に防ぐことで、DSや映像刺激を利用する実験の負担を軽減させることにある。そして、DS実験の負担を軽減させることで、交通場面の研究に寄与し、社会交通場面の安全に貢献するものである。

研究成果の概要（英文）：Driving simulators (DS) have been used in many studies of traffic scenes, and the risk of visually induced motion sickness (VIMS) has been highlighted. This study aimed to develop an index for evaluating VIMS in young people from gaze data using a non-contact gaze measurement device. This study develops an evaluation index that enables the early detection of VIMS using gaze data. Gaze data were collected before and after a DS run. In addition, Gaze data were collected 1st and 5th trial a DS run, too. Gaze data were measured using a non-contact eye-measuring device.

The results of this study indicate the validity of total locus length and sparse density (S5) as evaluation indicators for VIMS and other issues. The total locus length and sparse density (S5) were valid evaluation indices for VIMS. However, it was also clear that further studies on evaluation indexes other than the total locus length and the sparse density (S5) are needed for the early detection of VIMS.

研究分野：ヒューマンファクタ

キーワード：映像酔い 視線データ ドライビングシミュレータ

様式C-19、F-19-1（共通）

1. 研究開始当初の背景

高齢ドライバーの増加に伴い、高齢ドライバーの事故予防が社会的な課題である。高齢ドライバーに関する研究では、運転支援を目的として、高齢ドライバーの視覚機能・認知機能や運転特性の検討等がなされている。申請者も、高齢ドライバーを対象とした運転支援手法として、DSによる調査研究を行っている。高齢ドライバーに関する研究では、実車両や一般道での調査も見られるものの、多くはDSの利用がなされている。DSを利用した実験のメリットは「事故やトラブルのリスクが少ない」「状況場面の設定・再現が容易」「実験条件の調整が可能」等が挙げられる。その反面、DSのデメリットとしては「映像酔いの発生」「現実感との乖離」「コスト」等が挙げられる。近年は、DSに関連するハードウェアが高性能化・低コスト化したことから、現実感やコストの問題は解消されつつあるものの、映像酔いについては有効な解決策とはなっていない。逆に、映像酔いは視野の拡大に伴い症状が悪化することから、表示画面の大型化に伴って、映像酔い発生リスクの増大が指摘されている。

映像酔いは、乗り物酔い等と同じ動揺病の一種と見なされ、視覚情報に起因する動揺病は視覚性動揺病と分類される。映像酔いは、視覚情報と三半規管等の前庭系の不調和によって発生すると考えられていることから、眼球運動制御系の関与が予想されている。映像酔いに伴う身体症状としては、気分の悪さ、嘔吐感（胃のむかつき）、めまい、立ちくらみ等が挙げられる。そのため、映像酔いの評価指標としては、主観評価であるSSQ（Simulator Sickness Questionnaire）や、立位時の重心動揺の測定等が利用されている。また、酔いによるふらつきが発生すると、眼球は視界を傾けない様にするために、ふらつきとは逆方向に眼球が回旋することが知られている。この眼球回旋運動は映像酔いの生理指標として利用可能で、眼球付近の筋電図による評価が検討されている。更に、新しい生理指標として、胃電図の測定によって、嘔吐感（胃のむかつき）を評価する方法も検討されている。しかしながら、生理指標を用いた評価に関しては、酔いの進行過程の複雑な変化については一貫した結果が得られていない。また、筋電図や胃電図は、電極装着や専用の機器が必要なため、利用場面は限定されている。更に、SSQによる内観報告は自由度の高い評価が可能であるものの、映像酔いを主観的に捉えられる状態まで症状が進行した場合、酔いの症状が1週間程度持続することもある。このことから、映像酔いの症状が深刻化する前に、酔いの兆候を早期に検出することが、DS実験には求められる（図1参照）。

2. 研究の目的

測定に伴う負荷が少ない生体信号の測定の一つとして、非接触型の視線測定機器の利用が考えられる。本研究での目的は、非接触型の視線測定機器を用いてDS体験時の視線測定を行い、映像酔いの評価指標を開発することである。

学術的な独自性・創造性としては、データサイエンスの手法を用いてリアルタイムの視線データを定量化することで、映像酔いの予兆や程度を捉えられる評価指標を開発することである。本研究で用いるデータサイエンスの手法は「非ランダムな変動過程（カオス過程）」か「不規則的な変動過程（確率過程）」かの判定が可能な、Wayland法による解析である。Wayland法は非ガウス時系列の数理モデル解析手法で、生体情報や株価データの解析や予測に優れた特性を有している。Waylandらのアルゴリズムは、時系列を生成すると想定されるアトラクターのかたちの複雑性を並進誤差と呼ばれる統計量で評価する。その数理モデルについての決定論性の程度が計量できることが特徴である。例えば、DS走行時の視線データにカオス過程成分が多ければ、眼球回旋運動に由来する成分が含まれると予想され、映像酔いの症状が発生していると考えら

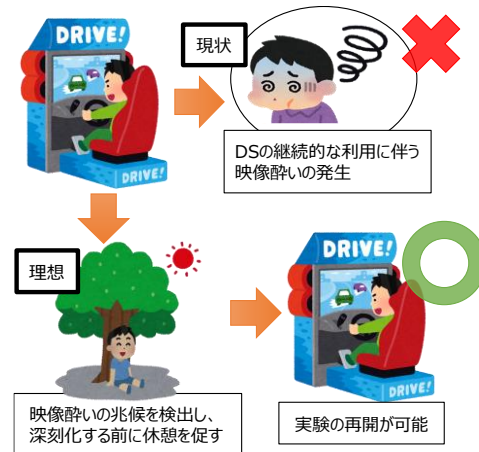


図1. DS実験の現状と理想

れる。また、本研究では、Wayland 法を発展させた Double-Wayland 法を用いて、映像酔いの評価指標を開発する。更に、視覚機能・平衡機能が低下した高齢者の視線データも対象とすることで、より精度の高い評価指標の開発を目指すものである。

3. 研究の方法

本研究は、DS 走行時及び DS 走行前後の安静時の視線データから映像酔い評価指標を開発するものである。使用する DS はパソコン本体と複数のモニタで構成され、制御ソフトウェアは UC-win/load の DS モードまたはその記録映像を利用した。視線データの測定は、非接触型の視線測定機器を利用した。高齢者を対象とした実験では Tobii Pro X2-30、解析ソフトは Tobii Pro Studio を使用した。若年層を対象とした実験では、Tobii Pro Fusion で、解析ソフトは Tobii Pro Lab を使用した。

3.1 高齢者を対象とした実験調査

実験協力者は人材派遣会社を通じて公募し、日常生活に支障のない視覚機能・平衡機能を有する高齢者 9 名を対象とした（平均年齢 74.7 歳）。実験協力者にはインフォームドコンセントを実施し、同意の得られた高齢者を対象とした（承認番号 H2018003）。

実験で使用した DS は、5 つの画面（実験協力者から正面の画面までの視距離は 1 m 程度）、ハンドル、アクセル/ブレーキペダル、制御用 PC で構成されている。実験協力者は 1 分程度の練習走行 1 回と 5 分間程度の実験走行 5 回の計 6 回、DS 走行を体験した。

測定する視線データは、DS 走行前後の安静時 60 秒間と DS 走行時とした。実験協力者には、安静時の視線データ測定の際には画面正面に表示される視標を注視するように教示した。本研究の映像酔い評価指標開発の対象とする視線データは、DS 走行前後の安静時と、DS 走行 1 回目と 5 回目のものとした。使用した視線測定機器は Tobii Pro X2-30 で、解析ソフトは Tobii Pro Studio であった。視線データは、シーンカメラ（ロジクール社製 HD Webcam C270）の解像度（幅 640×高 480 pixel）に対応してプロットされる（1 pixel は、注視する画面上では 1 mm 程度の大きさである）。

3.2 若年者を対象とした実験調査

実験協力者は中京大学の授業後の時間等で募集し、日常生活に支障のない視覚機能・平衡機能を有する若年者 43 名を対象とした（平均年齢 21.2 歳）。実験協力者にはインフォームドコンセントを実施し、同意の得られた若年者を対象とした（中京研倫第 2022-51 号）。

実験では DS 走行場面を記録した映像を使用した。映像記録は、制御ソフトウェアは UC-win/load の DS モードの走行場面を録画して作成した。DS 走行映像の提示は 31.5 インチモニタを利用した。実験協力者は練習として 1 分程度の映像注視 1 回と 5 分間程度の実験走行映像注視 5 回の計 6 回、DS 走行映像を注視した。

測定する視線データは、DS 走行映像注視前後の安静時 60 秒間と DS 走行映像注視時とした。実験協力者には、安静時の視線データ測定の際には画面正面に表示される視標を注視するように教示した。本研究の映像酔い評価指標開発の対象とする視線データは、DS 走行映像注視前後の安静時と、DS 走行映像注視時 1 回目と 5 回目のものとした。使用した視線測定機器は Tobii Pro Fusion で、解析ソフトは Tobii Pro Lab であった。視線データは、画面の解像度（幅 3840×高 2160 pixel）に対応してプロットされる（1 pixel は、注視する画面上では 0.5 mm 程度の大きさである）。

4. 研究成果

4.1 高齢者の実験結果

高齢者の実験協力者の DS 走行前後の SSQ の総合得点から、得点が変わらない 4 名と得点が低下した 1 名を、映像酔いなし群とした。また、DS 走行前後の SSQ の総合得点が高くなった 4 名を映像酔いあり群とした。

高齢者の安静時の視線データを解析した結果、開発した評価指標「総軌跡長」では映像酔いあり群となし群に差は認められなかったものの、「疎密度 (S_2)」では映像酔いあり群の前後の比較にて有意な差の傾向が認められた ($p < 0.1$)。また、DS 走行時の視線データの解析結果については、映像酔いなし群では DS 走行 1 回目と 5 回目に差は見られなかったものの、映像酔いあり群では DS 走行 1 回目と 5 回目で差が認められた埋め込み次元があった ($p < 0.05$)。

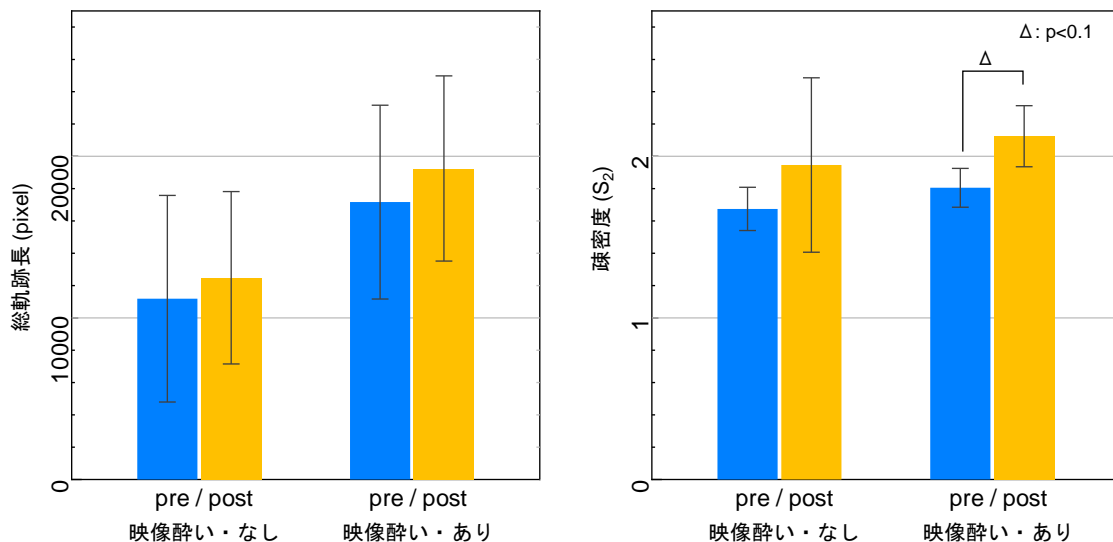


図 2 高齢者の安静時の視線データの結果 (左: 総軌跡長の結果, 右: 疎密度の結果)

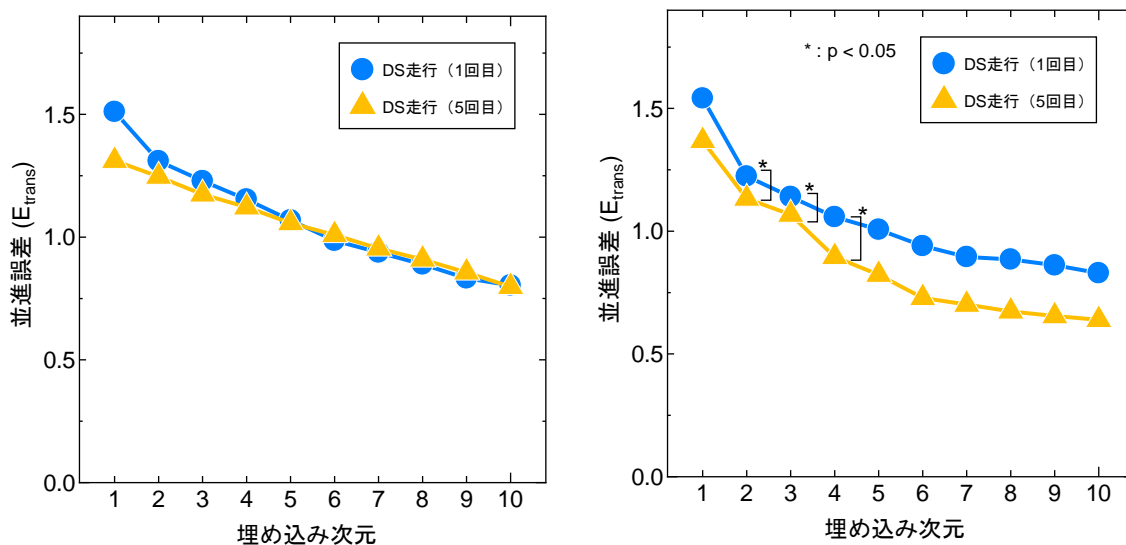


図 3 高齢者の DS 走行時の視線データの結果 (左: 映像酔いなし群, 右: 映像酔いあり群)

4.2 若年者の実験結果

若年者の実験協力者 43 名のうち、斜視であった 2 名と立位時の姿勢が極端に不安定であった 1 名のデータを排除した。若年者 40 名の DS 走行映像注視前後の SSQ の総合得点から、得点が変わらない 12 名と得点が低下した 8 名を、映像酔いなし群とした。また、DS 走行映像注視前後の SSQ の総合得点が高くなった 20 名を映像酔いあり群とした。

若年者者の安静時の視線データを解析した結果、開発した評価指標「総軌跡長」では映像酔いあり群となし群で映像注視前後の比較で、共に有意差が認められた ($p < 0.001$)。また、「疎密度 (S_5)」では映像酔いあり群の前後の比較にて有意差が認められた ($p < 0.05$)。DS 走行映像注視時の視線データについては、SSQ の得点が 20 以上増加した実験協力者 2 名を対象に Double-Wayland 法による解析を行った。その結果、DS 走行 1 回目と 5 回目に差は見られなかった。

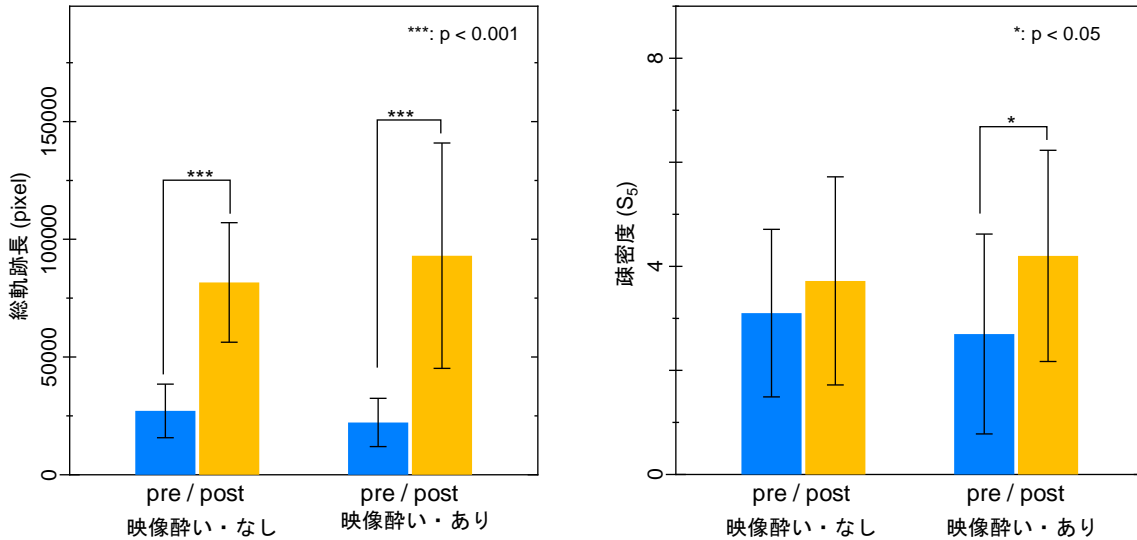


図4 若年者の安静時の視線データの結果 (左：総軌跡長の結果，右：疎密度の結果)

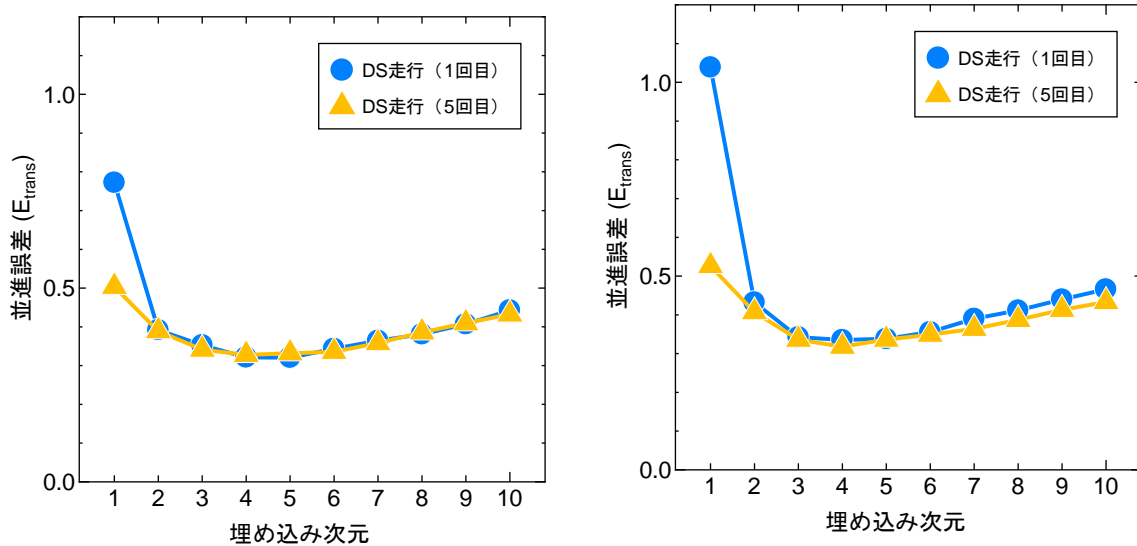


図5 若年者のDS 走行時の視線データの結果 (左：実験協力者 A 氏，右：実験協力者 B 氏)

4.3 全体の研究成果

本研究は、非接触型の視線測定機器を用いてDS体験時の視線測定を行い、映像酔いの評価指標を開発することを目的として、高齢者と若年者を対象として実験を行った。その結果、高齢者では、安静時及びDS走行時の視線データによる映像酔い評価指標の有効性が示された。このことから、高齢者の映像酔い評価指標としてWayland法を発展させたDouble-Wayland法の有効性が示された。若年層の結果からは、安静時の視線データによる映像酔い評価指標の有効性が示された。

本研究の成果から、映像酔いの兆候を早期発見に資する評価指標が開発された。これらの評価指標を活用することで映像酔いの深刻化を未然に防ぎ、DSや映像刺激を利用する実験の負担を軽減させる手法の確立に貢献できると考えられる。そして、本研究成果によって、交通場面の研究に寄与し、社会交通場面の安全に貢献するといえる。

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 1件）

1. 著者名 Fujikake Kazuhiro, Takahashi Nari, Nakane Kohki, Takada Hiroki	4. 巻 Late Breaking Papers
2. 論文標題 Development of an Index for Evaluating VIMS Using Gaze Data of Young People	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceeding of HCI International 2023	6. 最初と最後の頁 22 ~ 33
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-031-48050-8_2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤掛和広, 板津佳希, 高田宗樹
2. 発表標題 機械学習によるドライビングシミュレータ操作時の視線データ解析
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤掛和広, 板津佳希, 高田宗樹
2. 発表標題 視線データの機械学習による映像酔い評価指標の開発
3. 学会等名 2021年 電気学会 電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤掛 和広, 小野 蓮太郎, 高田 宗樹
2. 発表標題 視線及び重心動揺を利用したドライブシミュレータ酔いの評価について
3. 学会等名 第91回日本衛生学会学術総会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋奈里、藤掛和広、中根滉稀、高田宗樹
2. 発表標題 映像酔いに対する視線データと重心動揺の比較検討
3. 学会等名 日本人間工学会東海支部大会2023年研究大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤掛和広、高橋奈里、中根滉稀、高田宗樹
2. 発表標題 リアルタイムの視線行動による映像酔い評価手法について
3. 学会等名 日本人間工学会東海支部大会2023年研究大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kazuhiro FUJIKAKE	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 163
3. 書名 Bio-information for Hygiene (Chapter 5. Measurements for visual function, including gaze, & electro-oculography (EOG))	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 酔い推定装置	発明者 藤掛和広	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2021-039210	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究 分 担 者	高田 宗樹 (Takada Hiroki) (40398855)	福井大学・学術研究院工学系部門・教授 (13401)	

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