

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03086

研究課題名（和文）360度カメラ映像を用いたドライバーの認知能力訓練システムの開発

研究課題名（英文）Development of Driver's Cognitive Ability Training System using 360 Degree Video

研究代表者

猿田 和樹（Saruta, Kazuki）

秋田県立大学・システム科学技術学部・教授

研究者番号：80282193

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）：本研究課題は、ドライバー視点の360度カメラ映像を視線計測機能付きのヘッドマウントディスプレイに提示し、歩行者や危険個所への被験者の注視行動を計測・分析することでドライバーの認知能力を向上させる仕組みの実現を目的に遂行した。研究成果としては、深層学習を用いた物体検出技術と視線計測技術を融合した注視物体の自動判定手法、およびドライバーの認知能力訓練システムの開発が挙げられる。また、気象条件や時間帯の異なる様々な映像を収集・提示する環境を構築し、同一シーンに対する被験者の注視行動分析を可能とした。さらに注視行動分析実験により、被験者間および異なる条件下での注視傾向の違いを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題において開発したシステムにより、同一シーンに対して被験者注視行動を分析することができ、かつ360度カメラ映像を用いることでより実走行環境に近く臨場感の高いシーンを提示することも可能とした。また、映像さえ収集すれば様々なシーンを提示できること、注視物体を目視ではなく自動判定する仕組みを導入することもできた。従来の実験環境のように被験者毎に走行シーンにバラつきが生じることや、注視物体を目視で判定することがなく、研究効率を大きく向上する仕組みを実現でき、学術的・社会的な意義の高い成果が得られたといえる。

研究成果の概要（英文）：The objective of this research project was to develop a system to improve the cognitive ability of drivers by measuring and analyzing their gazing behavior toward pedestrians and hazardous locations by presenting 360-degree camera images from the driver's viewpoint on a head-mounted display equipped with a gaze measurement function. The research results include the development of an automatic object detection method that combines object detection technology using deep learning and gaze measurement technology, as well as a system for training the cognitive abilities of drivers. In addition, an environment that collects and presents a variety of video images under different weather conditions and at different times of the day has been constructed, making it possible to analyze the gazing behavior of subjects in the same scene. Furthermore, we clarified differences in gazing tendencies among subjects and under different conditions through gazing behavior analysis experiments.

研究分野：情報学

キーワード：運転者教育 認知能力 360度カメラ映像 画像認識 視線計測 認知負荷

## 1. 研究開始当初の背景

自動車運転における人間の行動は、認知、判断および操作の3つの要素によって成り立っている。認知とは前方車両や歩行者、信号機等運転に必要な対象を見ることを指している。警察庁交通局的統計データによると、平成27年中の75才未満の原付以上運転者(第1当事者)の法令違反別の死亡事故件数では、漫然運転や安全不確認等の認知ミスが7割近くを占めている。また、(財)交通事故総合分析センターの交通事故分析レポートでは、高齢ドライバーの出会い頭事故の原因として認知能力の低下が指摘されている。現在は75歳以上のドライバーは免許更新時および一定の違反行為をしたときに認知機能検査を受けることが義務付けられている等、交通事故の発生には認知能力が大きく影響しているといえる。一方、AI関連技術の性能の向上もあり自動運転技術が大きな進歩を遂げている。しかし、完全な自動運転車のみが走行する世の中を実現するまでは多くの課題がある。当面は一定の条件下や限定されたルート内での実現となり、自動運転車でも人間に運転権限が委譲される状況が発生することが想定される。そのため、ドライバーの認知能力を向上させることは交通事故の防止に今後も有効と考えられる。

認知能力を測定するために、高齢者講習や更新時講習においてCRT運転適性検査が行われている。CRT運転適性検査器は簡易的なブレーキやアクセル、ハンドルを操作し、運転能力を評価する。しかし、画面表示は実写映像ではないため、実際の運転状況における認知能力の測定とは異なる可能性がある。また、CRT運転適性検査は検査器自体がやや大がかりで手軽に測定ができないという問題もある。そこで、認知能力を訓練するiPadを用いた小型なシステムとして、三品らは「Hazard Touch」を開発している。Hazard Touchにおける訓練では、iPad上で実際の事故映像を再生し、事故直前で画面を停止させる。停止中の画面上でユーザが危険な場所をタッチした後に映像の再生を再開し、交通事故の瞬間を提示する。この訓練が被験者の運転行動に効果があることが示されている。しかし、事故映像を用いことによる心的ストレスが懸念される。また、危険な場所へのタッチを画面停止中に行うため、実際の運転において歩行者の動きや背景が連続的に変化する点を考えると、やや現実感に欠ける。そこで申請者らは、連続再生する実写映像を用いた運転者教育システムの開発をこれまで行ってきた。このシステムはタッチパネル式モニタを搭載したPC上で、連続再生される車載カメラ映像に対し、歩行者と認めた際に画面上をタッチし、歩行者出現からの反応時間、歩行者までの距離、車両速度を計測し、危険度を判定する。また、視線計測器を組み込むことで、被験者の注視行動を計測分析できるよう改良している。これまでに、訓練により歩行者に対する認知時間が有意に短縮すること、高齢者は若年者に比較して訓練効果が高いこと、提示映像サイズを変更しても同等の訓練効果が得られること等、知見として得られている。一方で、提示映像の視野角が実際の運転風景での視野角と異なること、被験者の頭部をあご台に固定するため頭部運動が制限されること、歩行者に特化した訓練システムであること、注視行動の定量化が不十分であること、実際の運転行動に対する効果や、効果的な訓練方法等、検証できて課題も多い。これらの点が改善されれば、より高精度な計測を可能とし、ドライバーの認知能力向上に大きく貢献できる。

## 2. 研究の目的

ドライビングシミュレータ等の従来のドライバーの訓練システムに比べ、小型でより高い臨場感で運転映像を提示して注視行動を計測・分析することにより、ドライバーの認知能力を向上させ、ドライバーの認知ミスに起因する交通事故の低減することを目的とする。

具体的には視線計測機能付きのヘッドマウントディスプレイに360度カメラで撮影したドライバー視点の運転映像を提示し、歩行者や危険箇所に対する被験者の注視行動を計測する。多様な状況の映像に対し、被験者が映像中のどの位置を注視したか、何を認知したか、認知にどれくらい時間がかかったか等を分析し、注視行動を数値化する。また、その分析結果を被験者にフィードバックすることで認知能力の訓練を実施し、認知能力の向上を図る。さらに、実際の運転行動にどのような効果を及ぼすかを走行実験により明らかにする。

## 3. 研究の方法

本研究課題では、従来取り組んでいたタッチパネル式の運転者教育システムをプロトタイプとし、(1)360度カメラ映像を用いた認知能力訓練システムの構築、(2)深層学習を用いた注視物体の自動判定手法、(3)映像中の同一物体判定手法、(4)深層学習を用いた視線予測、(5)ドライバーの認知負荷の推定、(6)気象条件・時間帯等が異なる映像に対する注視行動分析、について遂行した。以下では各年度における研究方法について示す。

2019年度は映像収集、開発するシステムの基礎的な枠組みの構築を中心に遂行した。映像収集は秋田県由利本荘市および秋田市内の一般道にて実施した。ヘッドレスト固定型スタンドを

用いてドライバーの頭部横にカメラを設置し、走行中の 360 度カメラ映像を収集した。また、システム構築では、作成した 360 度カメラ映像を運転者教育に用いるために、視線計測機能付きの HMD への映像提示と視線計測技術の利用を試みた。

2020 年度は、被験者の注視物体の自動判定に必要となる同一物体の判定手法、注視行動の定量評価のためのドライバーの視線予測モデル、提示映像の認知負荷計測手法について検討した。同一物体の判定手法は、異なるフレームでの注視物体が同一カテゴリーの場合に、同一物体かどうかを判定し注視行動の分析に用いる技術である。ドライバーの視線予測モデルは、ドライバー個人の注視行動の獲得により、被験者を動員せずに注視行動計測を可能とすることを旨とするものである。認知負荷の計測手法は、ドライバーの心拍数等をもとに、提示映像の認知負荷の大きさを数値化することをねらいとする。Web カメラ映像から抽出した顔領域の輝度値の変化から心拍数とストレス度を非接触で計測する手法について検討した。

2021 年度は、被験者の注視物体の自動判定に必要となる同一物体の判定手法、注視状態の自動判定手法、異なる気象条件下での注視行動比較について検討した。同一物体の判定手法は、異なるフレームでの注視物体が同一物体かどうかを判定するものである。注視状態の自動判定手法については、視線の移動速度にもとづく従来手法では頭部運動が生じた場合の注視状態を判別に対応できないため、画像認識技術を用いた注視状態を判別する手法について検討した。異なる気象条件下での注視行動比較については、晴天時および降雨・降雪時の映像も対象とし HMD に提示した実験環境の構築を目指した。

2022 年度は、被験者の注視物体の自動判定に必要な同一物体の判定手法の性能向上、映像中の物体検出性能の向上を目指すとともに、異なる時間帯での注視行動比較について遂行した。同一物体の判定手法については、提案してきた特徴点抽出にもとづく手法の性能向上に寄与する処理について検討した。映像中の物体検出性能の向上については、物体検出処理に新たなアルゴリズムの導入を検討した。また、異なる時間帯の映像に対する注視行動について分析を試みた。

#### 4. 研究成果

本研究課題は、ドライバー視点の 360 度カメラ映像を視線計測機能付きのヘッドマウントディスプレイ（以下、HMD）に提示し、歩行者や危険個所への被験者の注視行動を計測・分析することでドライバーの認知能力を向上させ、交通事故の低減に貢献できるシステムを開発することを目的とする。

2019 年度は映像収集、開発するシステムの基礎的な構築を中心に遂行した。秋田県由利本荘市および秋田市内の一般道にて映像を収集した。被験者への提示の際の負担を考慮し、試験的に 20～50 秒程度の映像に編集し、晴天時の片側一車線および複数車線の映像など、ドライバーの認知負荷が異なると予想される映像を複数作成した。システム構築では、360 度カメラ映像を HMD の仮想空間内に映像を提示し、搭載されている視線追跡機能を用いて仮想空間内における被験者の注視座標で取得した。この際、仮想空間内のシーンカメラを用いて被験者の視野に視線座標を重畳した映像を記録し、2 次元映像で被験者の注視物体を確認できる仕組みを構築した。これにより開発中注視対象物の自動判定と組み合わせることが可能とした。以上により、360 度カメラ映像を視線計測機能付き HMD に投影し、既存のシステムよりも実際の運転感覚に近く、かつ全被験者に同じ映像を提示し認知負荷を統一する基礎的な環境を構築できた。また、注視対象物の自動判定手法と組み合わせることで、仮想空間提示映像を用いた運転者教育システムの基礎的な仕組みを構築できた。

2020 年度は、被験者の注視物体の自動判定に必要となる同一物体の判定手法、注視行動の定量評価のためのドライバーの視線予測モデル、提示映像の認知負荷計測手法について検討した。同一物体の判定手法は、特徴点抽出に基づいた物体領域の抽出と同一物体判定手法について検討し、いずれも一定の精度が得られることを性能評価実験により明らかにした。ドライバーの視線予測モデルについては、実走行時のドライバー視点映像と映像内の注視座標のデータを視線計測器により収集し、深層学習を用いた予測モデルを検討した。3 種類の予測モデルによる評価実験では、出力映像をグリッドに分割し大まかな位置を予測するモデルが比較的良好な結果が得られることを示した。一方で、情報量の削減や時系列情報の導入等の課題を抽出できた。認知負荷の計測については、Web カメラ映像から抽出した顔領域の輝度値の変化から心拍数とストレス度を非接触で計測する手法について検討した。実験により数分のストレス付加による心拍数とストレス度の変動は確認できたものの、瞬間的な状況変化や低いストレス時のへ対応が課題であることを示した。

2021 年度は、被験者の注視物体の自動判定に必要となる同一物体の判定手法、注視状態の自動判定手法、異なる気象条件下での注視行動比較について検討した。同一物体の判定手法は、物体検出手法により抽出した映像中の車両の大きさと抽出できる特徴点数を分析し、一定サイズ以上の車両領域で提案手法が有効であることを確認した。また、オプティカルフローの導入によ

り、映像から走行状態を自動分類する可能性を示すことができた。注視状態の自動判定手法については、視線座標周辺部の画像から特徴手を抽出し、特徴点マッチングにより注視状態を判別する手法を提案し有効性について検証した。実験により、直線走行シーンにおいて提案手法の有効性を確認できた。一方でコーナー走行シーンにおいては判別精度に課題があることが判明した。異なる気象条件下での注視行動比較については、これまでの晴天時の映像だけでなく降雨・降雪時の映像も対象としHMDに提示して実験した。目視により判定した結果、自動車・人・信号等に対し晴天時の注視率が高いことが明らかになった。また、運転タスクを追加した視線計測可能なVRドライビングシミュレータを構築した。実験により追い抜き時と右折時の注視行動パターンについて分析し、気象条件により注視状態が異なることを明らかにした。

2022年度は、被験者の注視物体の自動判定に必要な同一物体の判定手法の性能向上、映像中の物体検出性能の向上を目指すとともに、異なる時間帯での注視行動分析について主に遂行した。同一物体の判定手法については、位置情報の活用、フレーム内同一判定回避、画面端の車両に対する閾値調整、候補機能の4処理を追加し、映像中の同一車両判定手法の性能向上を実現した。映像中の物体検出性能の向上については、物体検出処理に新たなアルゴリズムの導入を図り、映像中の注視物体の判定実験の結果、物体検出性能が向上すること、より正確な注視物体判定が可能となることを明らかにした。異なる時間帯での注視行動比較については、日中・薄暮・夜間の異なる時間帯の映像を対象に注視行動を分析した。目視により判定した結果、夜間映像では人以外に対する注視率が高まること、薄暮映像では人に対する注視率が低下傾向にあることを明らかにした。

研究期間全体を通じた成果として、深層学習を用いた物体検出技術と視線計測技術を融合した、360度カメラ映像を用いたドライバーの認知能力訓練システムを開発したことが挙げられる。また、異なる気象条件および異なる時間帯の映像を収集・提示する環境を構築し、同一シーンに対する被験者の注視行動分析を可能とした。さらに、構築したシステムを用いた注視行動分析実験を行い、被験者および異なる条件下での注視傾向の違いを明らかにできた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山口太雅, 猿田和樹, 寺田裕樹, 陳国躍
2. 発表標題 特徴点抽出を用いた同一車両判定
3. 学会等名 2021年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 百瀬智也, 猿田和樹
2. 発表標題 簡易ドライビングシミュレータによる注視行動の計測と評価
3. 学会等名 令和3年度本荘由利テクノネットワーク【学生×企業】事業 学生発表会・コンテスト
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口太雅, 猿田和樹
2. 発表標題 特徴点抽出に基づく映像中の同一物体の判定
3. 学会等名 令和2年度本荘由利テクノネットワーク【学生×企業】事業 学生発表会・コンテスト
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川上庄慶, 猿田和樹
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークによる運転者の視線予測手法
3. 学会等名 令和2年度本荘由利テクノネットワーク【学生×企業】事業 学生発表会・コンテスト
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 猿田和樹, 富樫大介, 寺田裕樹, 陳国躍
2. 発表標題 実走行時の注視行動に対する運転者教育の効果
3. 学会等名 日本交通科学学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 百瀬智也, 猿田和樹, 寺田裕樹, 陳国躍
2. 発表標題 簡易ドライビングシミュレータによる注視行動の計測と評価
3. 学会等名 2022年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大場悠生, 猿田和樹, 寺田裕樹, 陳国躍
2. 発表標題 画像認識を用いたドライバーの注視状態の判別
3. 学会等名 2022年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 和田健太郎, 猿田和樹
2. 発表標題 深層学習を用いた実走行時の注視物体の判定と評価
3. 学会等名 令和4年度本荘由利テクノネットワーク 学生発表会・コンテスト
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口太雅, 猿田和樹, 陳国躍, 寺田裕樹
2. 発表標題 特徴点マッチングを用いた映像中の新規車両と同一車両の判別
3. 学会等名 2023年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2023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
研究分担者	寺田 裕樹  (TERATA YUKI)  (40360002)	秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授    (21401)	

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
---------	---------