

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：12605

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K14127

研究課題名（和文）注視行動を利用する没入型運転者リスク知覚教育システムの開発

研究課題名（英文）Development of an Immersive Driver Risk Perception Education System Utilizing Gaze Behavior

研究代表者

張 興国 (Xingguo, Zhang)

東京農工大学・工学（系）研究科（研究院）・特任助教

研究者番号：60780492

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、運転者原因の交通事故を減らすために、視線計測機能が付いたヘッドマウントディスプレイを使用し、全方位カメラで撮影されたドライバーの視点のヒヤリハット運転映像を提示し、潜在的な危険箇所に対する被験者の注視行動を計測した。多様な交通場面に対して、画像認識技術を利用して、360度の全方位映像中の歩行者、車両、信号機などの重要な物体を検知し、被験者が何に注視していたか、危険箇所に対する反応時間などを自動的に分析を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、危険予測訓練に特化したシミュレータの開発を行った。このシミュレータを使用することで、運転中のヒヤリハット状況を仮想空間で疑似体験し、自身の体験と同様の危険性を感じることができた。これにより、低コストかつ省スペースの没入型危険予測シミュレータの実現が可能になった。また、画像認識による注視対象物の判定と効率的な新映像の追加も効率的に行える。注視行動の自動分析も可能になる。さらに、視線計測による安全意識の客観的評価することができる。

研究成果の概要（英文）：This study utilized a head-mounted display with eye-tracking functionality to reduce driver-caused traffic accidents. It presented hazardous driving footage captured from the driver's perspective using a 360-degree camera and measured the participants' gaze behavior towards potential danger zones. Using image recognition technology, it detected significant objects such as pedestrians, vehicles, and traffic signals in the 360-degree footage across various traffic scenarios. The study automatically analyzed what the participants were looking at and their response times to hazardous areas.

研究分野：教育工学

キーワード：仮想現実 教育システム 安全運転 全方位映像

## 1. 研究開始当初の背景

自動車を運転する際、人間は認知、判断、操作の3つの行動を繰り返している。認知は前方に現れる車両や歩行者などを見るだけでなく、まだ顕在化していない危険な状況を早期に認識することも含まれる。

JAF(日本自動車連盟)の調査によると、40km/hで走行中の車が危険に遭遇する場合、まったく危険を予測していなかった場合の「驚愕反応時間」は1.5秒であり、危険を予測していた場合は反応時間が約半分に短縮できると報告されている。したがって、交通事故を防止するためには、ドライバーの危険な状況に対する予測能力を向上させることが有効と考えられている。

運転者の危険予測能力を高めるための教育システムとして、「Hazard Touch」(三品らによって開発された)や「実写版危険予知トレーニング」(JAFによって開発された)などが自動車事故対策機構に提供されている。しかし、これらのシステムは平面のモニター上に映し出される映像を見ながら訓練を行うため、実際の運転時の臨場感を完全に再現することができず、使用者の自主性が低下するという問題もある。したがって、臨場感と自主性の両方を高め、危険予測能力を測定および訓練できるシステムが必要と考えられている。

## 2. 研究の目的

本研究の課題は、ドライバーのリスク認知能力を高める運転者教育システムを開発し、ドライバーの認知ミスによる交通事故の低減に寄与することを目的とする。具体的には：

1)視線計測機能付きのヘッドマウントディスプレイを用い、危険個所に対する被験者の注視行動を計測し、分析するドライバーリスク知覚訓練システムを開発する。2)Deep Learning手法で全方位映像を自動認識し、多様な状況の映像に対し、被験者が映像に何を認知していたか、危険個所の認知にかかった時間等を自動分析し、注視行動の数値化を試みる。3)ドライバーの視線行動の傾向に加えて、その結果を被験者にフィードバックし、訓練により認知能力の向上を図り、実際の運転行動への効果を明らかにする。

## 3. 研究の方法

まず、運転者の視線行動及び注視物体の自動分析を図るため、全方位ヒヤリハット映像の収集と全方位映像認識モジュールと計測モジュールの開発を実施している。運転者がヒヤリハットに遭いやすい道路環境で走行し、360度全方位カメラ「GoPro Fusion」を用いて、ヒヤリハットの運転映像を収集した。これらの作業は免許を持っている学部4年生5名が協力者として行った。

認識モジュールでは、画像認識技術により全方位映像内の歩行者、自動車、信号機などの対象物を自動検知し、危険箇所をクリックするために配置された仮想物体を自動的に作成する機能を開発している。

計測モジュールでは、アイトラッカーとドライビングシミュレータを用いて、注視行動の計測・分析を行っている。認識モジュールの出力結果に基づく、ドライバーが仮想空間に対して何を見ているかを自動解析する機能を開発している。角膜反射法(PCCR法)を用いて人の眼の3Dモデルと空間内の眼の位置を推定している。視線移動幅を求めるために、ピタゴラスの定理を用いて注視点座標間のユークリッド距離を算出している。次に閾値を定めて一定のピクセル分視線が移動した際に視線移動とみなし、視線移動回数をカウントする。視線行動の分析には、注視行動を分析する際に重要な視線移動回数と分散の指標を用いて定量化している。本研究では折れ線グラフを用いて視線移動回数と視線移動幅の可視化を行い、ヒストグラム、散布図、ヒートマップを用いて注視時間の可視化も行っている。

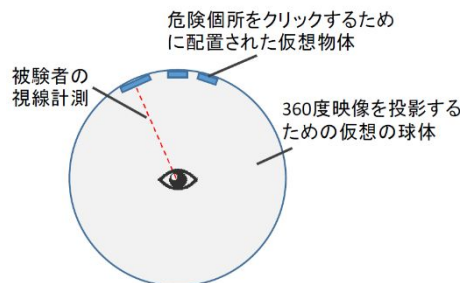


図1 全方位映像を投影する仮想環境

## 4. 研究成果

本研究では、実写の360度運転映像の収集と運転者教育システムの開発を行った。

まず、運転者と同じ視点の高さに配置された「GoPro Fusion」という360度全方位カメラを使用し、ヒヤリハットに遭いやすい道路環境で走行することにより、合計124件(平均23秒)のヒヤリハットの運転映像を収集した。これらの映像は、走行環境(交差点、バス停留場付近、横断歩道など)、時間帯(日中、夜間など)などの条件に応じて分類した。このように収集され

た 360 度映像は、従来の 2D ドライブレコーダー映像と比較して、より臨場感があり情報量も豊富なものとなった。

また、被験者が注視している内容や危険箇所への反応時間などを自動的に分析するため、画像認識技術を活用しています。具体的には、全方位映像内の歩行者、自動車、信号機などの対象物を自動検知する機能を開発した。このシステムにより、実写映像に映っている歩行者と車の認識率がそれぞれ 92% と 96% で高精度に検知することが達成した。

さらに、連続再生映像から歩行者などの交通参加者を追跡するために、改良された LSTM 法を使用し、追跡の精度を向上させた。この改良により、より正確な追跡が実現された。

ただし、信号機に対する認識率は 71% と比較的検知精度が低い結果となった。その原因の一つは、信号機が映像中のエリアにおいて画素値が低いことによるものである。今後は、信号機の検知性能を向上させるための方法を検討する必要がある。例えば、画像処理技術や機械学習アルゴリズムの改善、光環境の制御などのアプローチが考えられる。

また、アイトラッカーとドライビングシミュレータを用いて、注視行動の計測・分析を行った。被験者の視線行動を分析するために、仮想環境に先行車を追従する形で運転してもらった。図 2 に被験者に運転してもらった実験車と先行車を示す。先行車は示した道路上を走行し、それぞれの対象交差点で右折をする。右折の際の被験者の注視行動を取得する。運転者の視界は実際に運転する際の視界に近い状態を再現する。

また対象交差点では歩行者や自転車の飛び出しや対向車等の場面を再現し、周辺環境による注視行動特性の違いを分析する。



図 2 受験者の運転例

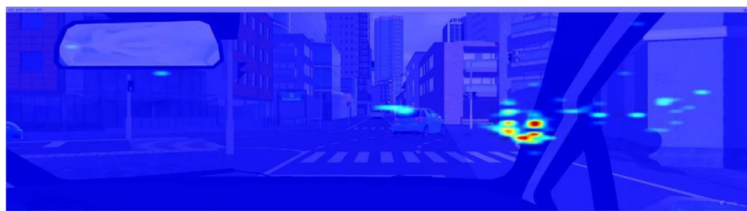


図 3 運転者の視線停留ヒートマップ

以下に本研究で得られた知見を示す。

1. アイトラッカーの視線データから、ヘッドマウントディスプレイのスクリーン映像内に注視点を推定する手法について示し、安定した注視行動の検出、有効性を確認した。
2. 得られた注視行動データを定量化・可視化する手法について示した。
3. 26 人の被験者を対象にシミュレーション実験を行い、提案した定量化・可視化手法の有効性を確認した。
4. 分析の結果、運転者ごとの注視行動特性を定量的に比較することができることや、交通参加者や道路形状など周辺環境によって注視行動が変化することを確認した。また、可視化により瞬時に運転者の注視行動特性を把握することが可能となった。

また、本研究では図 3 のように運転者の注視行動をシミュレーション実験によって分析した。今回は比較のため、分析範囲を対象交差点ごとに統一しましたが、運転者の先行車に対する追従具合によって外的要因の交差点進入タイミングが異なる場合があることが確認された。そのため、注視行動データにも影響がある可能性が考えられる。

今回は視線移動幅に対して低めの閾値を設定し、視線移動回数を算出したが、閾値を変更した場合に注視行動データがどのように変化するかを検討する必要がある。さらに、本研究では注視行動のみを分析したが、アクセルやブレーキのタイミングを加味することで注視行動との関係性を検討することができる。定量化の比較には視線移動回数や分散の指標を用いて実験を行った。より詳細な分析を行うためには、これらの指標に加えて注視対象の注視時間や注視範囲を定量的に比較する必要がある。また、被験者に関しては、運転歴が長く運転頻度が高い熟練ド運転者や認知能力が低下しやすい高齢運転者との比較を検討する必要がある。さらに、本研究では交差点での右折行動の注視行動のみを分析したが、左折や交差点以外、雨天時や夜間などの様々な交通場面についても検討する必要がある。

運転者教育システムの開発により、運転者の認知特性の計測・分析および訓練効果の検証実験を中心に行った。計測結果を基に、各条件ごとの平均反応時間の傾向を分析した。その結果、従来の運転者危険予測教育システムよりも、本システムを利用することで被験者の臨場感と自主性が高まり、効率的な訓練が可能となった。さらに、被験者の危険箇所を予測する能力が向上し、素早く正確に危険箇所を予測することが明らかになった。また、本システムの訓練を継続することで、効果がさらに向上することが確認された。そのため、本システムの活用により、運転者の危険予測能力が向上し、交通事故の減少につながることを期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Xingguo Zhang, Xun Shen, Pongsathorn Raksincharoensak
2. 発表標題 Interactive Educational System for Risk Prediction Training
3. 学会等名 6th International Symposium on Future Active Safety Technology Towards Zero-Traffic-Accidents (FAST-zero ' 21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Xingguo Zhang, Hiraki Watanabe, Xun Shen, Pongsathorn Raksincharoensak
2. 発表標題 Analysis on Pedestrian Road Crossing Behavior Using VR Headset Type Pedestrian Simulator
3. 学会等名 6th International Symposium on Future Active Safety Technology Towards Zero-Traffic-Accidents (FAST-zero ' 21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qi Xu, Xingguo Zhang, Pongsathorn Raksincharoensak, Hiroshi Mouri
2. 発表標題 Vehicle Distance Estimation of Monocular Camera based on 3D Bounding Box Detection
3. 学会等名 6th International Symposium on Future Active Safety Technology Towards Zero-Traffic-Accidents (FAST-zero ' 21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Xingguo Zhang, Qi Xu, Pongsathorn Raksincharoensak
2. 発表標題 Detection-Correction of Monocular 3D Bounding Box with LSTM Recurrent Networks
3. 学会等名 15th International Symposium on Advanced Vehicle Control (AVEC ' 22) (国際学会)
4. 発表年 2022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
---------	---------