

平成 30 年 5 月 7 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00308

研究課題名（和文）運転者の注意解析に基づく能動的運転補助システム

研究課題名（英文）Driving assistance system based on the gaze analysis of drivers

研究代表者

李 仕剛（Li, SHIGANG）

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：50252630

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）：本研究の成果としては、（1）眼球モデルの情報を利用して画像上で黒目の輪郭の出現位置と形状に拘束条件を付け加えた新しい視線推定手法を提案した。さらに、車の内部に取り付けられた全天周カメラを用いて、運転者の視線を推定し、推定された視線情報で、対応の外部シーンの注視点を決定する方法を提案し、システムを構築し、評価を行った。（2）車の屋根に取り付けられた全天周カメラを用いて、運転環境の解析を行った。（3）ディープラーニングを用いて顕著性マップを作成し、ヒトの注意の予測を行った。また、実際の視線との比較を行い、顕著性マップの妥当性の検証を行った。

研究成果の概要（英文）：The achievements of this research project are as follows. (1) We proposed new methods of estimating gaze direction by using eye-model and predicting the position and shape deformation of iris in image. Furthermore, we also developed a new method of estimating gaze points of scenes by using a full-view camera. (2) We carried out the analysis of driving environment by a full-view camera mounted on roof of an electrical vehicle. (3) We carried out the prediction of users' gaze by generating a saliency map using deep learning approach. And the comparative experiments were also carried out to evaluate the proposed methods.

研究分野：ロボットビジョン、マンマシンインタフェース

キーワード：運転補助 視線推定 注意解析

1. 研究開始当初の背景

図 1 では、本研究で開発するシステムのスケッチを示す。運転手の注意を解析するためには、以下の研究課題を解決する必要がある。

- 車内カメラによる運転手の視線方向推定
- 視線方向のマッピングのための車内カメラと車外カメラの間の相対姿勢の推定
- 運転環境に応じた、歩行者、信号、道路標識などの物体に対する運転手の注意度の算出

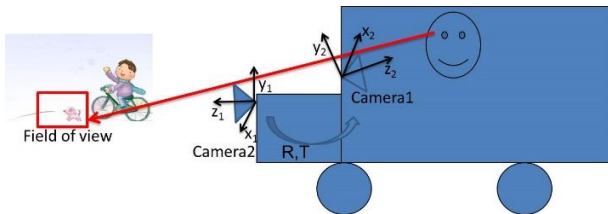


図 1 運転者の運転環境に応じた物体に対する注意度を計測するシステム

上で示した研究課題において、視線方向の推定は、セッティングが簡単で、環境変化に強い設備・手法を用いて、実時間で簡便かつ精確に行う必要がある。車内カメラと車外カメラの間の相対姿勢の推定には、車内カメラと車外カメラに重複視野がないため、従来

の重複視野をもつステレオカメラの校正法とは異なる手法を開発することが必要である。運転環境に応じて、歩行者、信号、道路標識などの物体に対する運転手の注意度を算出するためには、車外カメラを用いた歩行者や交通標識などの物体認識による運転環境の解析に加え、運転者の注視点の時間的な動きのパターンを、運転環境内の物体と関連付けることにより、運転者の注意度を算出する必要がある。

2. 研究の目的

安全な運転を行うために、運転者は、運転環境に応じて、歩行者、信号、道路標識など、適切なところに注意を払う必要がある。本研究では、外向きの車載カメラ（車外カメラ）を通して運転環境を観測し、内向きの車載カメラ（車内カメラ）を通して運転者の視線方向を計測する。また、内部カメラで計測された視線方向を外部カメラにマッピングすることにより、運転手の運転環境における注視点を決める。さらに、その注視点の時間的な動きのパターンから、運転手が運転環境において、どのような物体にどの程度の注意を払っているかを定量的に評価する。

3. 研究の方法

現状の運転補助システムは、車外カメラの観測

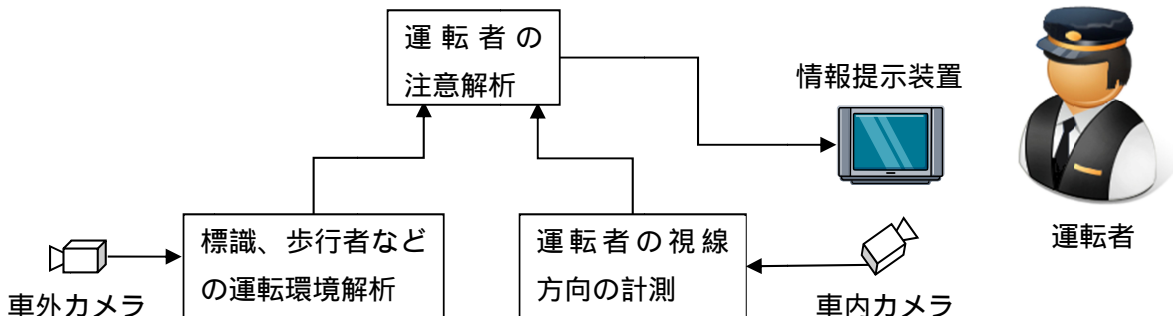


図 2 提案するシステムのブロック図

の解析結果をそのまま運転者に提示している。不必要な提示を頻繁に行うと、かえって運転集中に悪影響を与えてしまう。そのため、運転者が気付いていることを省き、気付いていないようなことを提示するのが理想で、これが本研究において目指す能動的な運転補助である。提案したシステムのブロック図を、図2に示す。

具体的は、以下の3つの課題に分解して、解決方法を考案した。

(1) 運転者視線推定に関しては、リモートカメラを用いる手法、装着型カメラを用いる手法、シーンカメラ(Scene Camera)とアイカメラ(Eye Camera)の一体型の手法を提案した。

(2) 運転環境の解析に関しては、小型電気自動車の屋根に全天周カメラを取り付けて、車線検出などの運転環境の解析の手法を提案した。

(3) 運転者の注意解析に関しては、ボトムアップ要因とトップダウン要因に基づきヒトの注意を予測する顕著性マップを作成した。特に、トップダウン要因に関しては、ディープラーニングを用いてヒトの注意を予測する手法を提案した。

4. 研究成果

上述の課題に取り組み、以下の課題別に以下の研究成果を得た。

(1) 視線推定に関する研究成果

ユーザの前方に置きリモート RGBD カメラを用いて、眼球モデルに基づいた視線測定技術を開発した[発表論文 1]。また、車の走行時の照明変化を考慮して、赤外光の照明を利用した装着型カメラ装置 Pupil を購入して、眼球モデルの情報を利用して画像上で黒目の輪郭の出現位置と形状に拘束条件を付け加えた新しい視線推定手法を提案した[発表論文 2, 学会発表 1]。さらに、実用性を考慮して、従来の注視点を推定する際にユーザ側に向くカメラと外のシーンを観測するカメラのシステムかわりに、1つの全天周カメラで運転者と車外のシーンを同時に観測する技術を開発した

[学会発表 4]。

(2) 運転環境の解析に関する研究成果

通常、比較的に高価なレーザースキャナーを用いて車の周辺環境の測定が行われている。本研究では、小型電気自動車の屋根に全天周カメラを取り付けて車の周辺環境の解析を行った(図3を参照)。そのために、全天周カメラからカメラの位置と環境の地図を推定する Spherical SLAM (Simultaneously Localization And Mapping) の技術を開発した[学会発表 2]。また、全天周画像間の特徴点の対応の制度を向上するために、深層学習の手法を利用した全天周画像の特徴記述子を生成する記述を開発した[発表論文 3, 4]。さらに、車載の全天周画像からカメラの姿勢を推定し、車線の検出を行う技術を開発した[学会発表 3]。



図3 小型電気自動車の屋根に取り付けられた全天周カメラ

(3) 運転者の注意解析に関する研究成果

まず、ボトムアップ要因に基づく注意を予測する顕著性マップを作成し、真値であるヒトの眼球運動計測結果と主観評価を行った[学会発表 5]。さらに、トップダウン要因に基づく顕著性マップも作成し、ボトムアップ要因に基づく顕著性マップと比較・評価を行った[学会発表 6, 8]。また、トップダウン要因に基づく顕著性マップではディープラーニングを用いて作成し、主観評価だけでなく、客観評価も行い、ヒトの注意を予測する手法を提案した[学会発表 7, 8, 9]。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計4件)

Jianfeng Li and Shigang Li, Gaze Estimation from Color Image Based on Eye Model with Known Head Pose, IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol.46, No.3, pp.414-423, June 2016. 査読有

DOI: 10.1109/THMS.2015.2477507

Jianfeng Li, Shigang Li, Tong Chen and Yiguang Liu, A geometry-appearance based pupil detection method for near-infrared head-mounted cameras, IEEE Access, Page(s):1-1, 2018. 査読有

DOI:10.1109/ACCESS.2018.2828400

Yuhao Shan and Shigang Li, Descriptor Matching for a Discrete Spherical Image with a Convolutional Neural Network, IEEE Access, Page(s)1-1, 2018. 査読有

DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2825477

北村理知, 李仕剛, 中西功: 離散球面画像における FAST の実現, 電気学会論文誌 C, Vol.136, No.6, pp.838-843, 2016. 査読有
DOI:10.1541/ieejciss.136.838

[学会発表] (計9件)

Jianfeng Li and Shigang Li, Two-phase approach - calibration and iris contour detection - for gaze tracking of head mounted eye camera, Proc. of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2016. 査読有

Jianfeng Li, Shigang Li and Tong Chen, Tracking on full-view image for camera motion estimation based on spherical model, IEEE International Conference on Robotics

and Biomimetics (ROBIO), 2017. 査読有
松尾 将司、李仕剛、小嵯 貴弘、満上 育久、全天周カメラによる車線の検出、第19回 IEEE 広島支部学生シンポジウム、2017

趙梓豪、李仕剛、小嵯 貴弘、満上 育久、注視計測機能を有した全天周ドライビングレコーダー、2018年電子情報通信学会総合大会、2018

足立翔一、白岩史、中西功、李仕剛、視線計測を用いた自動車運転時の顕著性マップモデルの評価。電子情報通信学会 2016年総合大会 基礎・境界講演論文集, H-2-10、2016.

足立翔一、白岩史、李仕剛、視線計測を用いた自動車運転時の顕著性マップモデルにおける評価の比較。VIEW2016 ビジョン技術の実利用ワークショップ講演概要集, IS1-17, 141-145、2016. 査読有

足立翔一、白岩史、李仕剛、視線計測を用いた顕著性マップにおけるトップダウン要因とボトムアップ要因の比較。第20回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2017), PS2-19、2017.

白岩史、足立翔一、李仕剛、自動車運転時における注視位置推定の検討。電気学会知覚情報研究会, PI-17-072, pp.7-10、2017.

足立翔一、白岩史、李仕剛、トップダウン要因とボトムアップ要因を用いた顕著性マップにおける比較評価。電子情報通信学会研究会, 117(391), 75-8、2018.

6. 研究組織

(1)研究代表者 李仕剛 (LI, Shigang) 広島市立大学・情報科学研究科・教授 研究者番号: 50252630

(2)研究分担者 白岩史 (SHIRAIWA, Aya) 鳥取大学大学・工学研究科・助教 研究者番号: 80640276