

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：33908

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26730098

研究課題名(和文)自動車運転支援のための運転者の認知状態推定に関する研究

研究課題名(英文) A study on estimating the cognitive status of a driver for driver assistance systems

研究代表者

道満 恵介 (Doman, Keisuke)

中京大学・工学部・講師

研究者番号：90645748

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：下記の4つの事項について研究を遂行した。

1) 複数の注視対象が存在するシーンにおける各対象物体の視認性を推定する手法について検討した。2) 降雨により自動車のフロントガラス上に雨滴が付着するシーンにおける対象物体の視認性推定手法を検討した。3) 走行シーンの3次元的な構造に基づく対象物体の顕著性推定手法を検討した。4) 運転者毎に推定器を切り替えることで対象物体の見つけやすさを高精度に推定する手法を検討した。

研究成果の概要(英文)：The following four techniques have been studied: 1) a visibility estimation method considering the relationship among multiple target objects in traffic scenes, 2) a visibility estimation method in rainy driving scenes where raindrops are on the front glass of a vehicle, 3) a visibility estimation method based on the 3D-structure of the traffic scene, 4) a visibility estimation method for adaptively switching the estimators based on the characteristics of vehicle drivers.

研究分野：画像解析・パターン認識

キーワード：自動車運転支援 車載カメラ シーン理解

1. 研究開始当初の背景

(1) 自動車運転時には、歩行者、道路標識、信号機等、自車周辺の物体を瞬時に認知する必要がある。これらの物体の存在を運転者に知らせるシステムは、交通事故防止のために有用である。しかし、これまで国内外で実用化されている運転支援システムはいずれも、運転者が既に認知しているかどうかは一切考慮せずに情報提供を行うものである。例えば、図1のシーンにおいて、運転者が広告看板を注視した状態で交差点に進入した場合、広告看板は認知できている可能性が高いが、信号機やその他の物体の認知が遅れる、またはそれを見逃す恐れがある。加えて、運転者が既に認知できているものに関するシステムからの過度の情報提供は、運転者に不快感を与えかねない。そこで、運転者が認知している可能性が高い物体に関する警告は控え、認知している可能性が低い物体に関して積極的に警告するという、不快感のないスマートな運転支援のための技術を開発したいと考えた。

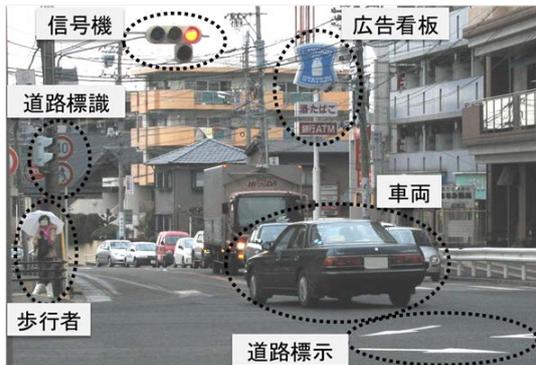


図1 交通シーンの例

2. 研究の目的

(1) 当初、研究代表者は、車載カメラ画像から物体を検出し、その視認性を推定する手法を研究してきた(文献①, ②, ③)。物体の視認性は、物体自体の輝度・色・大きさや周辺とのコントラスト等によって決まり、運転者からみた物体の認知しやすさに影響を及ぼす一要因である。

(2) 本研究では、これらの研究成果を発展させ、走行環境や運転者の視覚的注意状況を基に各物体に対する認知状態を推定する手法の開発を目指した。

3. 研究の方法

(1) 一般に、物体の視認性が高く、視界が良好であり、運転者の視線が物体付近に向けられていれば、その物体は認知しやすくなる。ただし、視覚特性や認知に至るまでの視線移動の傾向には個人差があり、同じ道路環境でも物体の認知しやすさにはばらつきがある。以上の考察を基に、本研究では以下の4つの事項に取り組んだ。

① 複雑なシーンコンテキストにおける物体の顕著性推定手法：実際の交通シーンでは、歩行者、道路標識、信号機が3次元空間内に様々な位置関係で存在する。複数の注視対象が混在するシーンにおいては、各物体を個別に扱うのではなく、それぞれの3次元的位置関係も考慮する必要がある。そこで、これらの3次元的なシーン構造を基に注視対象の顕著性を推定する手法を検討した。

② 運転者の視界を考慮した物体のを見つけやすさ推定手法の開発：雨天時にはフロントガラス上に雨滴が付着し、それが運転者の視界を悪化させることで物体を認知しづらくなる。そこで、特に雨天時に注目し、フロントガラス上の雨滴が物体の視認性に及ぼす影響を調査した。それに基づき、雨天時における視界の悪化を考慮した物体の視認性推定手法を検討した。

③ 運転者の注視傾向と画像特徴の関係分析：運転者の視線が物体から離れた位置にある場合、その物体を認知することは難しく、逆に物体付近を注視している場合、その物体を認知しやすい状況にある。これを踏まえ、運転者の注視傾向と物体の画像特徴との関係を分析した。

④ 物体の視認性推定手法の個人適応化：運転者の視覚特性や認知行動には個人差があるため、個人毎に最適な認知状態推定モデルは異なると考えられる。そこで、視認性推定器を個人毎に切り替える手法を検討し、それによる推定精度の変化を調査した。

4. 研究成果

(1) 3. で述べた①の取り組みについて、以下の2つの成果が得られた。

① 一つ目は、複数の注視対象が存在するシーンにおける視認性推定の手法を開発し、その有効性を確認できたことである。具体的には、まず、信号機および歩行者が存在する交差点において撮影された車載カメラ画像データセットを構築した。このデータセットは、80枚の車載カメラ画像および各画像に対応する視認性評価値のセットである。このデータセットに含まれる車載カメラ画像の一例を図2に示す。ここで、視認性評価値は、サーストンの一対比較法を用いて設定した。これを基に視認性推定に有効な画像特徴を調査した結果、対象物体の画像上の位置や他の物体からの距離を利用することが有効であることが判った。上記の画像データセットを利用して手法の評価実験を行ったところ、視認性の推定精度が従来手法よりも向上することが確認できた。



図2 複数の注視対象（歩行者と信号機）が存在するシーンで撮影された実験用画像の例

② 二つ目は、シーンの3次元的な位置関係を考慮した手法を開発し、その有効性を確認できたことである。具体的には、まず、車載ステレオカメラを用いて市街地を走行して撮影された50枚の画像データセットを構築した。これを用いて、自動車の運転時を想定した被験者実験を実施し、各画像に対する被験者（運転者）の視線を計測した。これにより、50枚のステレオ画像およびそれに対する視線データが付与されたデータセットが得られた。その結果を可視化した例を図3に示す。さらに、各ステレオ画像から深度マップおよび顕著性マップを計算し、それらを結合することで対象物体の顕著性の推定精度を向上させられることが確認できた。



図3 車載カメラ画像に対する被験者の視線計測結果の例（青から赤にかけて視線位置が停留した時間が長いことを示す）

(2) 3. で述べた②の取り組みについて、雨天時に市街地を走行して撮影された車載カメラ画像データセットを構築し、手法の有効性を確認できた。このデータセットは、雨天時に撮影された100枚の車載カメラ画像からなる。図4は降雨量が多いシーンおよび少ないシーンそれぞれにおける一例である。従来から、文献③において、フロントガラス上に付着する雨滴を Visual Noise とみなした画像特徴が有効であることが確認されていたが、本データセットにおいてもその有効性が確認できた。また、それらの画像特徴に加えて、対象物体の画像上の位置等を利用することで良好な精度で視認性推定ができることが確認できた。



(a) 降雨量：多



(b) 降雨量：少

図4 雨天時の車載カメラ画像の例

(3) 3. で述べた③の取り組みについて、車載カメラ映像およびそれらに対する被験者の視線計測のデータセットを構築し、注視傾向と画像特徴の関係について視認性推定器の改良に向けた有益な示唆が得られた。この映像データセットは5つのシーンからなり、各シーンで10名分の視線データが付与されている。実験結果として、日常的に自動車を運転する被験者とそうでない被験者の間で注視パターンの差異が現れることが判った。また、視線位置と対象物体までの距離を目的変数とし、対象物体の見えに関する画像特徴を説明変数とする回帰分析を行った結果、日常的に自動車を運転する被験者群において回帰誤差が小さくなるという知見が得られた。これは、日常的に自動車を運転する被験者の注視行動がある程度規則的なものになっていると考えると、妥当な結果といえる。これらの結果は、今後、視認性推定に有効な画像特徴を設計する上で有用な知見になると考えられる。

(4) 3. で述べた④の取り組みについて、運転者の視野特性を考慮した視認性推定手法を開発し、その有効性を確認できた。具体的には、対象物体の明るさ、エッジ強度、コントラスト、動きに関する特徴量、および、それらの時間変化に関する特徴量を利用し、回帰の枠組みで視認性推定器を構築した。このとき、中心視と周辺視の視野特性の差異を考慮し、対象物体の位置に応じて視認性推定に利用する画像特徴群を切り替える枠組を採用した。歩行者を撮影した車載カメラ映像を利用した被験者実験の結果、高精度な視認性推定が可能であることを確認した。

<引用文献>

① Keisuke Doman, Daisuke Deguchi, Tomokazu Takahashi, Yoshito Mekada, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Yukimasa Tamatsu : "Estimation of traffic sign visibility considering temporal environmental changes for smart driver assistance", 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symp. (IV), pp.667-672, June 2011

② 道満 恵介, 出口 大輔, 高橋 友和, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋, 玉津 幸政 : "コントラスト特徴とアピアランス特徴の統合による道路標識の視認性推定", 電子情報通信学会論文誌(D), vol.J95-D, no.1, pp.122-130, Jan. 2012

③ Ryuhei Sato, Keisuke Doman, Daisuke Deguchi, Yoshito Mekada, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Yukimasa Tamatsu : "Visibility estimation of traffic signals under rainy weather conditions for smart driving support", Proc. of 2012 IEEE Int. Conf. on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp.1321-1326, Sept. 2012

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

① 谷繁 龍之介, 道満 恵介, 出口 大輔, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋 : "運転時の人間の視野特性を考慮した歩行者の見落としやすさ推定手法", 電子情報通信学会論文誌(D), vol.J99-D, no.1, pp.56-66, 2016, 査読有

[学会発表] (計 4 件)

① 谷繁 龍之介, 道満 恵介, 出口 大輔, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋 : "運転時の人間の視野特性を考慮した歩行者の見落としやすさ推定手法に関する検討", 電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU)技術研究報告, 平成 27 年 3 月 20 日, 慶應義塾大

② Ryunosuke Tanishige, Daisuke Deguchi, Keisuke Doman, Yoshito Mekada, Ichiro Ide, Hiroshi Murase : "Prediction of driver's pedestrian detectability by image processing adaptive to visual fields of view", Proc. of 2014 IEEE Int. Conf. on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014 年 10 月 10 日, Shandong, China

③ Keisuke Doman, Daisuke Deguchi, Tomokazu Takahashi, Yoshito Mekada, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Utsushi Sakai :

"Estimation of traffic sign visibility considering local and global features in a driving environment", Proc. of 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symp. (IV), 2014 年 6 月 9 日, MI, USA

④ 谷繁 龍之介, 出口 大輔, 道満 恵介, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋 : "視覚特性を考慮した歩行者の見落としやすさ推定に関する検討", 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU)2014, 2014 年 7 月 31 日, 岡山コンベンションセンター

[その他]

ホームページ等

<http://md.sist.chukyo-u.ac.jp/~doman/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

道満 恵介 (DOMAN, Keisuke)

中京大学・工学部・講師

研究者番号 : 90645748