

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 25 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500221

研究課題名(和文) 歩行者事故防止のためのドライバの歩行者への気付きの推定に関する研究

研究課題名(英文) Research on the estimation of driver awareness of pedestrians for preventing pedestrian accidents

研究代表者

山田 啓一 (Yamada, Keiichi)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：50394705

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：自動車と歩行者間の交通事故を防止することは、安全な社会を実現する上での重要な課題の一つである。本研究では、ドライバの運転する車両が道路を直進あるいは交差点で右左折するときに、走行先に現れた歩行者にそのドライバが気付いているかを推定する方法を開発した。ドライバが歩行者に気付いていると、そのドライバは歩行者に気付いていない場合とは異なる運転行動をとると考えられる。開発した方法は、この考えに基づいて、ドライバが歩行者に気付いたかを、ドライバの運転行動やドライバの運転する車両の挙動の情報から推定する。

研究成果の概要(英文)：Preventing accidents between automobiles and pedestrians is a crucial issue for the realization of a safe society. In this research, we developed methods to infer whether a driver is aware of a pedestrian in his/her path while driving mostly straight roads or turning right/left at intersections. When a driver is aware of the pedestrian, the driver will perform different action than when he or she is not aware of the pedestrian. On the basis of this assumption, the proposed methods estimate whether a driver has noticed a pedestrian from the information regarding the driver's action and vehicle behavior.

研究分野：情報センシング

キーワード：情報センシング 自動車 ドライバ 歩行者 気付き

1. 研究開始当初の背景

安心・安全な社会実現に向けた自動車交通事故削減のために、各種の運転支援システムの研究開発が国内外の研究機関や自動車メーカーによって進められ、一部は既に商品化されている。これらを含む様々な取組みにより、日本における交通事故死者数は近年減少に転じているが、平成 22 年の負傷者数はいまだ 90 万人にのぼる。特に交通弱者である歩行者の死者数が平成 20 年度からは自動車乗車中の死者数を上回るようになっており、歩行者事故防止のための更なる対策が重要課題となっている。

交通事故の主な原因はドライバの認知ミスであるといわれている。そこで歩行者事故の防止をねらいとした運転支援システムとして、車両進行方向前方の歩行者を車載センサなどにより検出し、検出された歩行者の存在をドライバに知らせることにより、ドライバの安全運転を支援するシステムの研究開発が進められてきている。このようなシステムとして、車載のカメラなどを用いて歩行者を検出し衝突する危険をシステムが認識するとドライバに音などにより警報するシステムが既に実用化されている。また、見通しの悪い交差点においてインフラ側センサや携帯端末を用いて歩行者を検出し、路車間通信などを用いてドライバに死角の歩行者の存在を知らせるシステムの実験も行われている。

歩行者の存在をドライバに警報などによって知らせるこのような運転支援システムにおいて、歩行者事故を未然に防止するという観点からは、歩行者の存在をなるべく早いタイミングでドライバに知らせるのが望ましいと考えられる。他方、ドライバは通常は危険に至る前に自らの視覚によって歩行者に気づくので、歩行者が検出されるたびにドライバに知らせるようにすると、ドライバにとって極めて煩わしいものとなる。ヒューマンファクタの観点からは、このような煩わしいシステムはドライバのシステムへの信頼を低下させ、ドライバがシステムを無視するあるいは動作を停止させるなどし、結果的に支援システムの効果をなくすことに繋がる。

2. 研究の目的

検出された歩行者の存在をドライバに知らせることにより、歩行者事故を防止しようとする運転支援システムにおいて、上記のような問題を避けるためには、センサで歩行者が検出されたとき、ドライバがその歩行者に気付いていないときのみドライバに警報を与えるようにすることが考えられる。このようなねらいから本研究は、前方に出現した歩行者にドライバが気付いているかを推定する手法を開発することを目的とする。これにより、ドライバが気づいたにも関わらず警報されることでドライバのシステムへの信頼が低下し支援効果が低下すると

いう問題が解決され、より効果的な支援の実現につながることを期待される。

3. 研究の方法

ドライバが歩行者の存在に気付いた場合は、気付いていない場合とは異なる運転行動をとると考えられる。そこで本研究ではドライバの運転行動に着目し、ドライバが歩行者に気付いたかを、そのドライバの運転行動あるいは車両挙動から推定する手法を研究した。まず、歩行者出現時のドライバの運転行動のデータを統計的に解析することにより、歩行者出現と運転行動との関係を把握した。運転行動データとしては、一般ドライバが実験用車両で公道を走行することにより収集された運転行動データなどを用いた。これらの解析結果に基づき、歩行者の出現に気づいた場合あるいは気づかなかった場合の運転行動をモデル化した。そして、このモデルを用いて、ドライバが歩行者に気付いたかを推定する方法を構築した。さらに、前述の運転行動データを用いて気付きの推定手法を評価し、手法の特性と性能を明らかにした。なお、歩行者が出現したのに気付かなかった場合の運転行動データを収集することは現実的に安全上の問題から困難であるので、前方に歩行者がいないときの運転行動を、ドライバが歩行者に気付かなかった場合の運転行動とみなして用いた。これは、歩行者に気付かなかった場合にはドライバにとっては歩行者が存在しなかったことと同じなので、歩行者が存在しなかった場合の運転行動をとるはずと考えられるためである。

4. 研究成果

単路直進および交差点右左折の場面において、ドライバが歩行者に気付いているかを、ドライバの運転行動あるいは車両挙動の情報から推定する方法を開発した。

単路においては、ドライバが歩行者に気付いているかを、ドライバのアクセル踏込量の情報から推定する手法を開発した。前方に現れた歩行者の存在に気付いたときドライバは通常、まずアクセルペダルを緩める行動を起こす。このアクセルペダルを緩める反応から、ドライバが歩行者の存在に気付いている確率を推定する。推定に用いる確率モデルは、対象ドライバ自身のデータから学習する。図 1 に推定結果の例を示す。同図の上段はアクセルペダル踏込量を、2 段目は車速を、3 段目はアクセルペダル踏込量の時間微分を、最下段は推定された歩行者に気付いている確率を表している。この例では、ドライバが歩行者に気付いている確率が、歩行者からの距離が 40 m において 78 % と推定されている。図 2 には、歩行者までの TTC が 2 秒、3 秒、4 秒および 5 秒の時点におけるドライバの歩行者への気づき推定の性能を、あるドライバについて示す。縦軸は検出率でありドライバが歩行者に気付いているケースを気付いてい

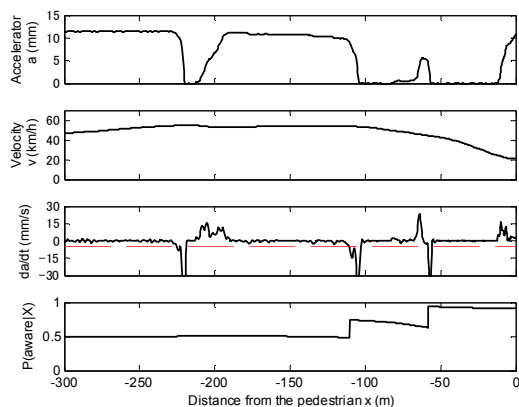


図1 推定結果の例

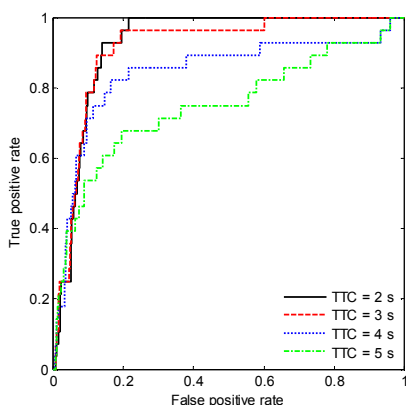


図2 評価結果

ると正しく検出した率、横軸は誤検出率でありドライバが歩行者に気付いていないケースを気付いていると誤って検出した率である。同図に示すように、TTCが3秒の時点において、誤検出率12%のときの検出率が89%という性能が得られた。

交差点右左折においては、ドライバが右左折先の横断歩道付近の歩行者に気付いているかを、そのドライバの運転する車両の挙動から推定する手法を開発した。歩行者の存在に気付いている場合には、ドライバは歩行者との衝突のリスクを避けるように運転するので、そのドライバの運転する車両は歩行者に気付いていない場合とは異なる挙動を取ることになる。この車両挙動の情報から、ドライバが歩行者の存在に気付いている尤度および気付いていない尤度を推定する。さらに隠れマルコフモデルを用いて、ドライバが歩行者に気付いているかを推定する。これらの推定に用いる確率モデルは、対象ドライバ自身のデータから学習する。図3に左折の場合の推定結果の例を示す。同図の上段は車速を、中段はドライバが歩行者の存在に気付いている尤度および気付いていない尤度を、下段は気づきの推定結果（その時点までの観測から推定された、最も確からしいドライバの気づきの状態）を表している。横軸は、車両の右左折先の横断歩道までの距離である。この例では、横断歩道から13mの距離において、歩行者に気付いていることが推定されて

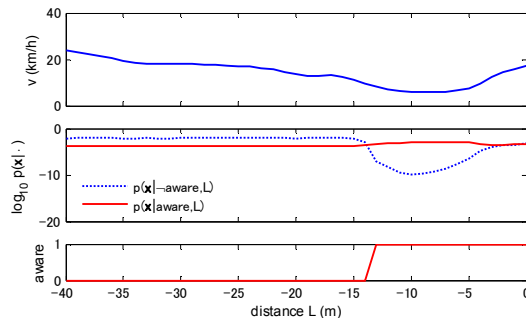
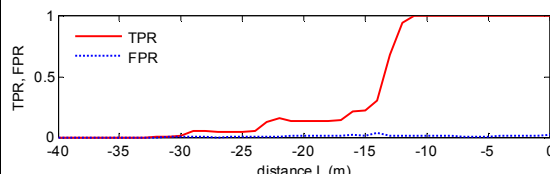
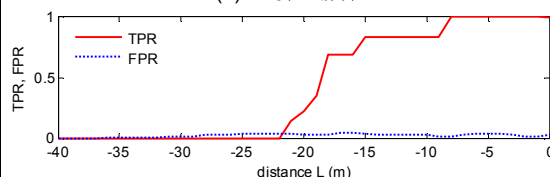


図3 推定結果の例



(a) 左折の場合



(b) 右折の場合

図4 評価結果

いる。図4には、各距離における気づき推定の性能を示す。実線が検出率、点線が誤検出率を表している。例えば左折の場合、横断歩道からの距離が11mにおいて検出率が100%になり、そのときの誤検出率は2%という性能が得られた。

以上のように本研究では、道路前方に現れた歩行者にドライバが気付いているかをドライバの運転行動やドライバの運転する車両の挙動の情報から推定する方法を開発し、実際に乗用車で走行したときの運転行動データを用いた評価結果を明らかにした。開発した方法は、ドライバが歩行者に気付いたかを確率モデルを用いて推定するものである。確率モデルを用いるメリットとして、ドライバの視覚的注意や画像による歩行者の顕著性などの情報との確率的な融合を考慮することが可能であることが挙げられる。今後の課題として、アクセル反応の検出方法の改良、確率モデルを車両の速度や加速度、対向車の存在状況などに応じて決定するようにしてより複雑な状況に適用できるようにすることなどが挙げられる。また、対象ドライバ以外のドライバのデータからモデルを獲得することも今後の課題として挙げられる。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計12件)

- ① Kei Tateiwa, Keiichi Yamada, Estimating Driver Awareness of Pedestrians in Crosswalk in the Path of Right or Left Turns at an Intersection from Vehicle Behavior, 2015 IEEE Intelligent

Vehicles Symposium (IV 2015), 2015年6月30日, Soul (Korea)

- ②立岩 佳, 山田 啓一, 車両挙動からのドライバの交差点右折先歩行者への気付き推定法の検討, 2015年電子情報通信学会総合大会, 2015年3月11日, 立命館大学(滋賀県・草津市)
- ③深川 裕規, 山田 啓一, 運転行動からのドライバの前方歩行者への気付きの推定～速度情報を利用した推定精度向上の検討～, 平成26年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2014年9月9日, 中京大学(愛知県・名古屋市)
- ④ Keiichi Yamada, Tomonori Mitani, Estimating Driver Awareness of Crossing Pedestrians While Turning Left Based on Vehicle Behavior Using Bayesian Approach, The 22nd International Conference on Pattern Recognition (ICPR2014), 2014年8月26日, Stockholm (Sweden)
- ⑤深川 裕規, 山田 啓一, 運転行動からのドライバの歩行者への気づきの確率的推定, 情報処理学会第76回全国大会, 2014年3月12日, 東京電機大学(東京都・足立区)
- ⑥深川 裕規, 山田 啓一, 運転行動からのドライバの前方歩行者への気付きの推定～ドライビングシミュレータによる評価実験～, 平成25年度電気関係学会東海支部連合大会, 2013年9月24日, 静岡大学(静岡県・浜松市)
- ⑦ Yuuki Fukagawa, Keiichi Yamada, Estimating Driver Awareness of Pedestrians from Driving Behavior Based on a Probabilistic Model, 2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2013), 2013年6月26日, Gold Coast (Australia)
- ⑧深川 裕規, 山田 啓一, 確率モデルに基づく運転行動からのドライバの歩行者への気づきの推定, 自動車技術会学術講演会, 2013年5月24日, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
- ⑨深川裕規, 山田啓一, 運転行動からのドライバの前方歩行者への気付きの推定, 2013年電子情報通信学会総合大会, 2013年03月21日, 岐阜大学(岐阜県・岐阜市)
- ⑩三谷 知令, 山田 啓一, 交差点左折時におけるドライバの歩行者への気づき推定とそれに基づくドライバ支援方法に関する検討, 2013年電子情報通信学会総合大会, 2013年03月21日, 岐阜大学(岐阜県・岐阜市)
- ⑪深川 裕規, 山田 啓一, 確率モデルを用いた運転行動からのドライバの歩行者への気づき推定法の検討, 平成24年度電気関係学会東海支部連合大会, 2012年09月25日, 豊橋技術科学大学(愛知県・豊橋市)
- ⑫三谷 知令, 山田 啓一, 実走行データを用いた交差点左折時におけるドライバの歩行者への気づきの推定法の検討, 平成24

年度電気関係学会東海支部連合大会 2012年09月25日豊橋技術科学大学, 豊橋技術科学大学(愛知県・豊橋市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 啓一 (YAMADA, Keiichi)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号: 50394705