

ドライビングシミュレータを用いた車両挙動からの 右折先歩行者への気付き推定に関する検討

立岩 佳 中村 章紀 山田 啓一

名城大学

A Study on Estimation of Driver Awareness of Crossing Pedestrians When Turning Right Using Driving Simulator

Kei Tateiwa, Akinori Nakamura, Keiichi Yamada (Meijo University)

1. まえがき

自動車と歩行者が共存する交通環境下において、歩行者の安全をいかに確保するかは重要な課題である。自動車のドライバに対して運転支援を行うシステムが実用化されており、歩行者や自転車に対しての事故を減少させる試みがある。ドライバへの支援システムは、必要な時に適切なタイミングで警告を出す必要があり、適切でないタイミングで警告をすると煩わしいものになってしまう。このような背景から筆者らは、ドライバの運転行動あるいは車両挙動からそのドライバが走行先の歩行者に気付いているかを推定する方法の研究に取り組んでおり、交差点右折時における気付き推定方法を提案した⁽¹⁾。しかしながら本研究ではこれまで公道での実走行データを用いていたため、安全上の問題等から、歩行者の存在しないケースを歩行者に気付いていないケースとみなして評価を行っていた。そこで今回、ドライビングシミュレータを用いて、ドライバが真に歩行者に気付いていないケースのデータを取得し、ドライバが歩行者に気付いていないことを車両挙動から検出できるのかについて評価実験を行ったので報告する。

2. 方法

本研究で提案している気付き推定法の概要は以下のとおりである。ドライバが歩行者の存在に気付いている場合と気付いていない場合とでは、同様の状況であっても、そのドライバは異なる運転行動を取ると考えられる。この考えに基づき、歩行者が存在するにも関わらず歩行者の存在しない場合と同様の運転行動あるいは車両挙動が観測された場合にはそのドライバは歩行者に気付いていないと推定する。

推定のための識別器として、歩行者が存在しない場合の同一ドライバの車両挙動データを用いて訓練した1クラスサポートベクターマシンを用いる。特徴ベクトルには、速度、加速度の過去1秒間の系列(0.5秒間隔)を用いる。本手法の概念図を図1に示す。特徴空間には6次元となるが、同図では模式的に2次元としている。まず、歩行者が存在しない場合の学習用データを基に、特徴空間中に気付いているか否かの決定境界を求める。この学習済みの決定境界を用いて、新たに観測されたデータが決定境界の内側であればドライバは歩行者に気付いていないものと推定し、決定境界の外側であれば歩行者に気付いているものと推定する。なお、歩行者に気付いた場合のデータも用いて2クラスで学習する方法を用いていない理由は、ドライバが交差点右折時に歩行者に遭遇する率は一般には高くないので、そのような学習用データを十分に獲得することは容易ではないと考えたためである。

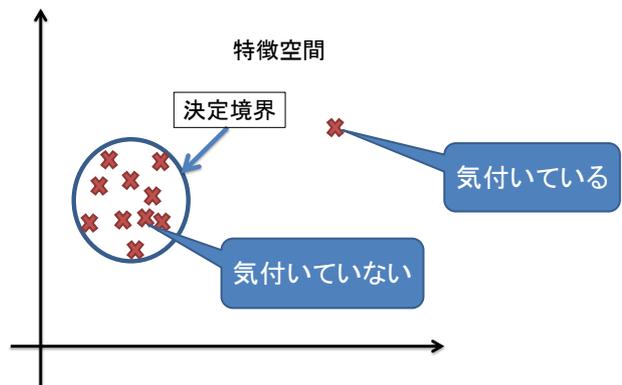


図1 気付き推定法の概念図

3. 実験方法

3.1 ドライビングシミュレータと走行シナリオ

ドライビングシミュレータを用いて、交差点右折を複数含む全長 5.4 km の道路コースを、5 名（自動車運転免許を有する 21~22 歳の男性）のドライバのそれぞれに 2 日に分けて 4 回走行してもらい、評価のためのデータを収集した。まず、本実験を行う前に練習用のコースで走行を行ってもらい、シミュレータ環境でのブレーキの利き具合や曲がる際の動作の確認を行ってもらった。また、本実験開始時に被験者には、いつものように運転することと走行道路の制限速度が 50 km/h であることを教示した。一回の走行時間は、平均約 10 分となった。走行環境は、夜の市街地道路（晴天）とし、道路は車線幅 3.4 m の片側 2 車線とした。道路コース中には、図 2 に示すような交差点での右折が 12 回含まれ、それらのうちの一部で、右折先横断歩道に、ドライバにとって無作為に、横断歩行者が出現するようにした。右折交差点では対向車を必ず出現させて、交差点中央付近で一時停止する必要がある状況にした。交差点を右折後にどちらの車線に入るのかは、画面上にテキストを表示し指示した。歩行者に気付いていないケースを起りやすくするために、交差点の道路街灯は少なめにした。図 3 に、交差点右折時における前方模擬画面の例を示す。

このようにして、一人当たり 45 回の右折データ（内、同方向の歩行者出現が 9 回、逆方向の歩行者出現が 9 回）を収集した。なお、同方向の歩行者とは右折先横断歩道の左側から来る歩行者を、逆方向の歩行者とは右側から来る歩行者を指す。走行してもらった直後に、右折先歩行者に気付いたか（気付いた、気付くのが遅れた、歩行者直前まで気付かなかった）を、ドライバにアンケート調査を行い、それをデータの真値とした。

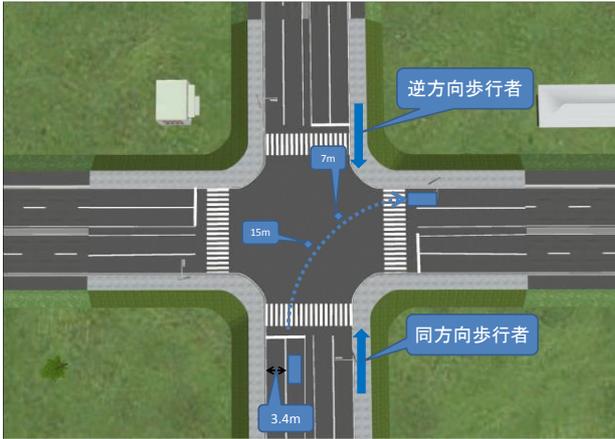


図 2 実験交差点環境



図 3 実験時の前方模擬画面例

3.2 評価方法

評価は、ドライバ毎に、歩行者の出現しないケースを学習データとし、歩行者の出現したケースをテストデータとして行った。気付いたかの判定は、車両の右折先横断歩道までの距離 1 m 毎に行った。このようにして、歩行者に気付いた、気付くのが遅れた、および気付かなかったケースについて、距離毎に気づきの検出率を求めた。

4. 結果

5名のドライバに走行してもらった結果、同方向の歩行者について、気付くのが遅れたケースが計 8 ケース、直前まで気付かなかったケースが計 14 ケースあった。逆方向の歩行者については、気付くのが遅れたり気付かなかったケースはなかった。これらのケース別に、5名分の評価結果を図 4、図 5 に示す。図中の縦軸は検出率を、横軸はドライバが運転する車両から横断歩道までの距離である。まず、逆方向の歩行者に気付いたケース（図 4）では、7m までに約 90% のケースが気付いたと検出されており、気付くのが遅れたケースでは 8m で 100% 検出されていることがわかる。また、同方向の歩行者に気付いたケース（図 5）についても、7m までに約 90% が正しく検出されている。同方向の歩行者に気付かなかったケース（図 5）については、気付いたとは検出されておらず、正しく推定されていることが確認できる。気付くのが遅れたケース（図 5）については、気付いたケースと比べて気付いたと検出される距離が短くなっており、妥当な結果だと言える。また、同方向歩行者が存在したケースに 1 度だけ歩行者に対して接触したケースが含まれており、このケースについて歩行者に気付いていないものとして推定されていたため有効であると考えられる。

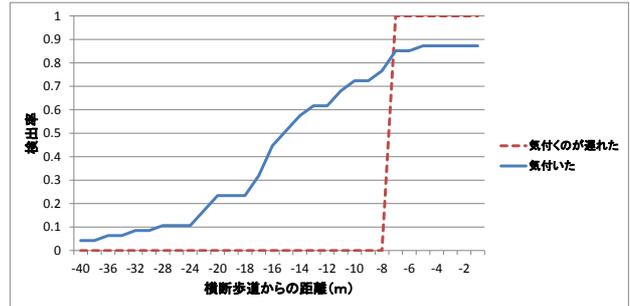


図 4 逆方向歩行者についての気づき検出率

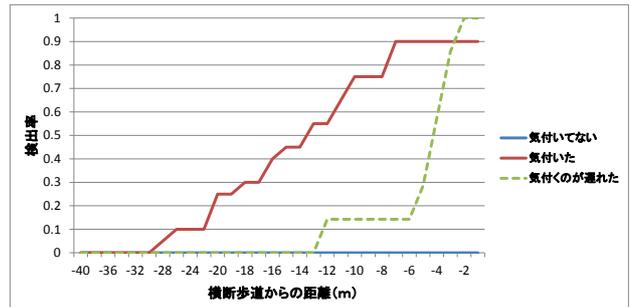


図 5 同方向歩行者についての気づき検出率

5. 考察

同方向または逆方向の歩行者に気付いたケースについては、気付いたことが横断歩道から 7m の距離でほぼ検出できていることから、横断歩道から 7m までに歩行者に気付いていると検出されなければ警報することが考えられる。そこで歩行者が存在しない場合のデータであるすべての学習用データの 7m 地点での速度を用いて車両の停止距離を試算した。停止距離は、道路とタイヤの摩擦係数を 0.7、警報を行ってからドライバがブレーキを踏むまでの反応時間を 1.3 秒とし計算した。速度が平均+σにおいて停止距離が約 6.6m となるため、約 84% のケースについて 7m で警報を行った場合に横断歩道手前で停止できると見積もられた。一部検出漏れが生じているが、これら検出漏れが生じた原因としては、歩行者の存在しないケースの中に歩行者が存在した場合の走行パターンと似たケースが存在することが考えられる。また、右折先横断歩道に歩行者が存在するが、歩行者の進路を予測して運転することにより、歩行者が存在しない場合の車両挙動と歩行者が存在する場合の車両挙動が似ている場合があることが考えられる。

6. まとめ

ドライビングシミュレータを用いることで、実際に交差点右折先歩行者に対して気付いていないケースのデータについて推定を行った。その結果、ドライバが歩行者に気付いていないことを車両挙動から検出できることを確認できた。今後の課題として、歩行者に気付いたことを検出漏れするケースについて検討する必要があると考えられる。

文献

- (1) 立岩, 山田: 車両挙動からのドライバの交差点右折先歩行者への気づき推定法の検討, 信学総大, A-17-9, 2015-3.