

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

深川 裕規† 山田 啓一†

名城大学大学院理工学研究科†

1. まえがき

自動車交通における歩行者事故の防止は安心安全な社会を実現する上で重要な課題の一つである。自動車事故の大半はドライバの認知ミスが要因といわれている。このような中で、歩行者事故の防止を目的に、車両前方の歩行者等をセンサで検出しその存在をドライバに知らせる運転支援システムの研究が進められ、一部は実用化されている。このようなシステムでは、事故の防止という観点では歩行者の存在をできるだけ早くドライバに警報する方が望ましいが、そうするとドライバが歩行者に気付いている、あるいは気付く場合にも警報してしまう可能性がある。そのようなシステムはドライバにとって煩わしいものとなり、結果的にドライバがシステムを無視あるいはスイッチを切ってしまう恐れがある。もしドライバが歩行者に気付いているかを推定できれば、センサで歩行者が検出されたときにドライバがその存在に気付いていない場合にのみドライバに警告することが可能となる。

このような考えから筆者らは、実走行データの分析に基づき、ドライバのアクセル踏み込み量の情報からドライバが歩行者に気付いている確率を推定する手法を提案した[1]。しかしこれまでの検討においては、ドライバが歩行者に気付いていない場合の実走行データを得ることが安全上困難であるため、歩行者の存在しない場合の運転行動を歩行者に気付いていない場合の運転行動と仮定して検討してきた。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歩行者に気付いていない場合の運転行動データを収集し提案手法の評価を行う。

2. 提案手法

車両の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、まずアクセルを緩める行動を起こす。このアクセルを緩める行動（以

下、アクセル反応）から、ドライバの歩行者への気づきを推定する。

いま、アクセル反応が観測されたときの車両から前方歩行者までの距離を x とする。前方に歩行者が検出されたとき、ドライバのアクセル反応が距離 x において観測される確率 $p(x)$ は $p(x,r)$ と $p(x,-r)$ の和になると考えられる。ここで、 $p(x,r)$ はドライバが歩行者に気付いたことによるアクセル反応が距離 x において観測される確率、 $p(x,-r)$ はドライバが歩行者に気付いたことによるものではないアクセル反応が距離 x において観測される確率である。

歩行者への気づき以外の要因によるアクセル反応 $p(x,-r)$ は距離 x に依存することなく一定の率で生じるはずである。この性質を利用し、歩行者までの距離 x において歩行者への反応であるアクセル反応が観測される分布 $p(x, r)$ と歩行者への反応ではないアクセル反応が観測される分布 $p(x,-r)$ を $p(x)$ から推定する。図1に実走行データから推定された $p(x)$, $p(x, r)$ および $p(x,-r)$ の例を示す。

このようにして推定された $p(x, r)$ と $p(x,-r)$ を用い、歩行者からの距離 x においてアクセル反応が観測されたときにそれが歩行者へのアクセル反応である確率 $p(r | x)$ を、

$$p(r | x) = \frac{p(x, r)}{p(x, r) + p(x, -r)}$$

で計算する。

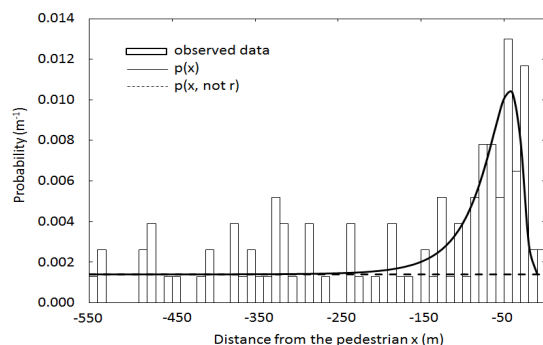


図1 推定された $p(x)$ 及び $p(x,-r)$

Probabilistic Estimation of Driver's Awareness of Pedestrian from the Driving Behavior

†Yuuki Fukagawa, Keiichi Yamada - Meijo University

また、同一の歩行者に対して複数回のアクセル反応が観測された場合には、各々の反応が独立事象である仮定の下で、少なくともそれらの1つが歩行者に気付いたときのアクセル反応である確率 $p(r|x_1, \dots, x_n)$ は、

$$p(r|x_1, \dots, x_n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p(r|x_i))$$

で計算される。ここで、 x_1, \dots, x_n は各アクセル反応が観測された距離である。

これらの式から、ドライバの歩行者への気づきの確率 $p(\text{aware})$ は、ドライバは一度気付いた歩行者の存在を忘れないという仮定の下、

$$p(\text{aware}) = 1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{p(x_i, r)}{p(x_i, r) + p(x_i, -r)} \right)$$

によって推定される。

3. 実験

3.1. 実験方法

ドライビングシミュレータを用いて、片側1車線の直線道路における歩行者出現時の運転行動データを収集した。歩行者に気付いた場合のデータを収集するためには、先行車両、交差点、信号などが存在しない単純なシナリオを用いた。また、気付いていない場合のデータは、歩行者が出現してから歩行者を通り過ぎるまで画面の右上に桁の数字を表示させ、出現した数字の和を計算してもらうタスクを課して注意をそらすことにより収集した。図2に実験に用いた走行シナリオの前方模擬画面を示す。さらに、歩行者が出現していない場所での運転行動も収集した。

歩行者に気付いたデータと歩行者が出現していないデータを用いて確率モデルを学習し、歩行者が気付いているデータと歩行者への気づきが遅れたデータを用いて、提案手法の性能を評価した。

気づき推定の性能として、歩行者までの距離が50m (TTC約3.6秒)の時点における、歩行者への気づきの検出率と誤検出率の関係を求めた。

3.2. 実験結果

図3に歩行者までの距離が50mの時点における歩行者への気づきの検出率と誤検出率の関係を示したROC曲線である。同図から、誤検出率が33%の時、歩行者に気付いていないことを81%の検出率で検出できた。未検出の主な原因として、アクセルをゆっくり緩めたためにアクセル反応が検出できなかったことやステアリングの操作によって歩行者を避けたためにアクセル反応が現れなかったことなどが挙げられる。本



図2 走行シナリオの前方模擬画面

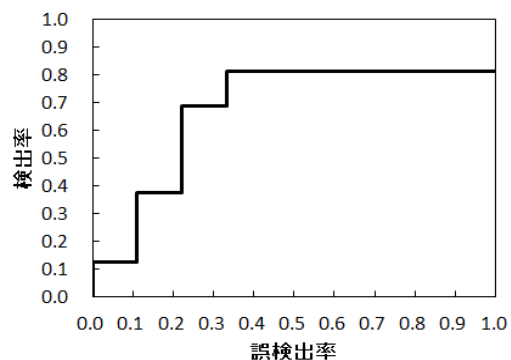


図3 検出率と誤検出率との関係

論文では、アクセル反応を閾値処理によって検出したが、これは改良の余地がある。また、アクセル反応だけではなく他の情報を利用することでさらに性能を上げることができると考えられる。

4. まとめ

歩行者が出現したときのドライバのアクセル反応からそのドライバが歩行者に気付いている確率を推定する手法を提案した。そして、ドライビングシミュレータを用いてドライバが歩行者に気付いていない場合の運転行動データを収集し提案手法を評価し、ドライバの歩行者への気づきの遅れを検出できることを確かめた。

今後の課題として、アクセル反応の検出方法の改良、アクセル反応以外の情報を利用する方法の検討などが挙げられる。

参考文献

[1] 深川, 山田, 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前刷集, No.93-13, pp17-20, 2013