

## 歩行者が道路を横断する挙動に対する自動車視点の観測調査

木平 真<sup>†1</sup>森 健二<sup>†2</sup>矢野伸裕<sup>†3</sup>新井棟大<sup>†4</sup>萩田賢司<sup>†5</sup>科学警察研究所<sup>†1</sup>科学警察研究所<sup>†2</sup>科学警察研究所<sup>†3</sup>科学警察研究所<sup>†4</sup>科学警察研究所<sup>†5</sup>

## 1 はじめに

交通事故による死者のうち道路横断中の歩行者が約3分の1を占めるなど、道路を横断する歩行者との衝突を未然に防ぐ対策の必要性は高い。一方で、歩行者の存在の有無や、有りの場合の位置や挙動を画像処理で限なく正確に把握することは容易でなく、検出に遺漏があれば危険に直結し、反対に自動運転の自動車が歩行者の存在に過剰に反応するようでも、例えば、危険性の少ない場面にもかかわらず急停止を行えば、交通の円滑性に支障を来したり、後続車両による追突を招くなど事故を巻き起こしたりといった別の不具合を生じさせかねない。歩行者や自転車といった道路を横断する人が、どのような道路の渡り方をしているかの情報を収集することは、適切な交通管理、および自動運転自動車の実用化の推進にとって有益な資料となると考えられる。

本研究では、市街地の公道を走行する自動車の前で、道路を横断しようとする歩行者がどのような行動をしているかを、流しの実験車両にステレオカメラを搭載して、歩行者までの距離を計測するというスタイルの調査を行い、その際の歩行者の行動がどの程度の安全性であったかを数値化する指標の考案を試みた。

## 2 方法

## 2.1 実験車両

シルバーの車体のトヨタマークXにステレオカメラ（ZMP社製 Robovision 2）を取り付けて、走行中の前方風景のステレオカメラ映像を取得した。また、当該車両にはドライブレコーダー（セルスター社製 TZ-D305W）も搭載しており、その録画ファイルから、埋め込まれている毎秒の時刻-速度対データを抽出した。

## 2.2 調査

東京都 23 区及び神奈川県横浜市近辺の市街地

Observation Survey of Pedestrian Behavior Crossing Road from the Car Perspective

<sup>†1</sup>Makoto Kihira · National Research Institute of Police Science

<sup>†2</sup>Kenji Mori · National Research Institute of Police Science

<sup>†3</sup>Nobuhiro Yano · National Research Institute of Police Science

<sup>†4</sup>Munehiro Arai · National Research Institute of Police Science

<sup>†5</sup>Kenji Hagita · National Research Institute of Police Science

で、横断歩行者が多く発生しそうな場所を通る走行時間 15 分程度のコース（東京都、神奈川県各 5 か所、合計 10 か所）を設定し、8 月下旬～10 月の間の降雨日を除く日中に、23 日間の走行調査を行った。各実験日は、東京都あるいは神奈川県いずれかで行い、1 か所につき 2 周ずつ走行した。ただし、時間の都合上、1 日で 5 か所全ては回れず、走行回数の合計がほぼ同数になるよう調整した。

## 2.3 解析

走行調査で撮り溜めたデータから実験車両の前方概ね 70m 以内の距離で行われた歩行者又は自転車の横断のシーンを特定し、該当するステレオカメラ画像（片眼 1280×960pixel の RGB×2）を物体検出パッケージ（ZMP 社製 Version1.3.2\_Ubuntu20）を使用して横断歩行者等（自転車も含めて収集したが、本稿の対象は歩行者とした）までの距離を求めた。当該ソフトウェアはその物体が何かを識別する機能を有しないため、目視で歩行者を選り分けた。

仮に、実験車両の進路上（直進する場合は走行する車線上）に歩行者が静止していれば、この歩行者までの距離  $L$ (m)を実験車両の速度  $V$ (m/s)で割った  $L/V$ (s)が衝突までの余裕時間（TTC）として算出される。しかしながら、静止しない実際の歩行者が車両到達前に渡り切ってしまうと、衝突は発生せず、狭義の意味で衝突余裕も存在しなくなる。そのため、衝突発生にかかわらず  $L/V$ (s)が広義の TTC と区別して使用される場合がある。そこで、こういった場面では、横断歩行者が実験車両の進路上、つまり衝突領域を脱した後、車両が元々歩行者の居た位置に到達するまでにどのぐらいの余裕時間が存在したか、PET（Post Encroachment Time）<sup>1)</sup>という指標が使用されている。本稿では、PET の考え方を参考に、横断歩行者が衝突領域を通り抜ける時刻に対して車両の到達予想時刻がどの程度前後するかを時々刻々の距離と走行速度で追跡し、横断行動の安全性を評価することとした。この指標を、動的仮想 PET と呼ぶ。

## 3 結果

収集した事例に、同じ場所から2人の歩行者が相次いで横断を試み、1人目はそのまま横断、2人目が横断を中止したケースがあった(図1)。両者の横断開始に生じた時間差で実験車両の進行分だけ車両-歩行者間距離の短縮等が生じており、横断しようとしてそのまま渡るか中止するか、両者の間に存在する判断の分岐を検討するのに適していると考えられる。そこで、車両と歩行者との距離、車両の速度、広義のTTC、1人目の仮想PET値の経時変化、並びに1人目の横断速度をあてはめた場合に想定される2人目の動的仮想PET値の経時変化を図2に示した。ここで、横断中止者の横断残時間は実測できないことから、横断実施者の歩行速度と同一とみなして推定した(1人目の横断開始から2人目が横断開始の素振りを見せるまでの時間差が概ね2秒であったことから、2秒遅らせて当てはめた。)

#### 4 考察

1人目(横断者)の横断開始時の仮想PET値は約4秒であり、2人目(中止者)の横断開始時の仮想PET値は1秒強であった。仮に、横断開始時の仮想PET値が横断を敢行するかどうかの判断に影響する指標になり得るとすれば、その閾値は1秒強から4秒までの間にあるものと推測され、事例の収集と分析を重ねることで、この幅は



図1 分析対象の横断シーン

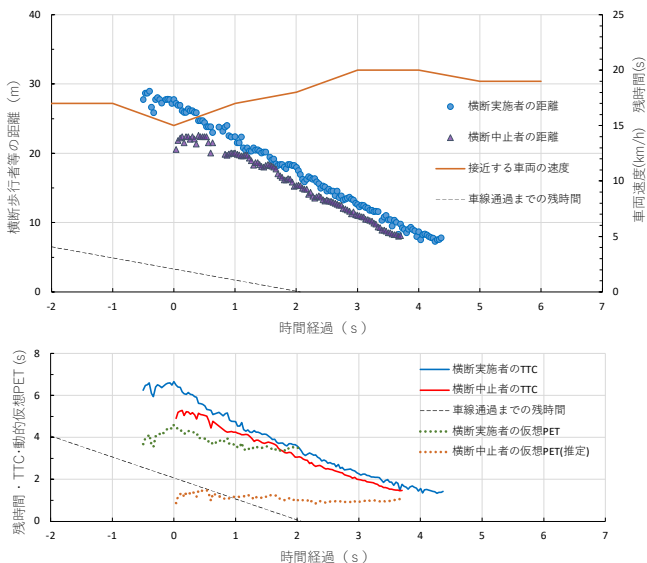


図2 横断実施者と中止者の横断判断指標

縮小されるものと考えられる。ただし、この2者が実際に実験車両をどのように判断したかの確認は行っておらず、行動の違いが判断基準の個人差等、本稿で注目した仮想PET値以外に起因するものである可能性は否定できないほか、中止者の横断時間には実測値を用いられないため正確でない可能性がある。

また、これは横断歩道のない特定の地点・状況で観測された横断行動のため、例えば横断歩道のある場所には当てはまらない可能性が高いほか、その他の要因によっても、同様の距離や速度で接近する車両に対し、歩行者がその前で横断を敢行しようとするかどうかが増える可能性がある。

ところで、今回の分析方法では、歩行者が車両の前(衝突領域)を横切る所要時間に実測値を用いたが、横断速度等から推定した値を用いる方が自動運転等で用いるには実用的である。しかしながら、それを実現するには横断歩行者等の存在が認識できるだけでは不十分で、その存在が高齢者や子どもであるか等といった属性を識別する高度な処理が要求されるものであるほか、複数の横断者が重なって手前側の横断者しか認識できなかった場合(奥により遅い横断者が隠れている状況)等では、安全性を見誤る可能性がある。

一方、所要時間に実測値を用いた本稿の手法では、歩行者が横断速度を変化させた場合(渡はじめは急だが、車両が停止したり歩行者に譲る挙動を見せたとき歩行者が判断したりし、途中から歩行速度を緩めた場合など)は仮想PET値が下振れしてしまう(実際よりも危険な状況下で横断を敢行する判断をしたと評価することになる)ため、こういったケースに対しては、横断歩行者の判断を正確に反映した評価を行うために、横断開始時の速度を維持した横断所要時間の推定値を用いることが必要である。

#### 5 まとめ

交差する交通参加者の安全性を測るPET指標を仮想的に遡って推定する手法による横断歩行者等の評価を考案した。そして、ステレオカメラを搭載した実験車両から偶発的に前方を横断する歩行者等を観測して、接近する車両との距離、その車両の速度、横断歩行者等の属性(横断速度に影響すると考えられる)、横断歩道の有無・対向車の有無・駐車車両の有無等の状況が様々な横断のデータを取得し、分析した一例を紹介した。

#### 参考文献

1) Allen, B.L., Shin, B.T. and Cooper, P.J. Analysis of traffic conflicts and collision, Transportation Research Record, 667, 67-74 (1978).