

過去事例を用いた死角からの飛び出し予測手法

石渡要介[†] 花田武彦[†] 対馬尚之[†] 虻川雅浩[†]

概要: 本論文では、車両周囲の物体によって生じる車両からの死角からの飛び出しによる事故を避けるため、このような飛び出しの可能性について、過去の事故・ヒヤリハット事例をもとにして求める手法について述べる。本手法では、過去の事故事例・ヒヤリハット事例で得られる被害者の位置と死角を生成している障害物の位置関係を利用し、その結果をもとにして死角周辺の飛び出し確率を求めることにより、死角周辺の飛び出しの可能性を求める。このようにして得られた確率分布についての評価を行う際、分布自体の正しさを証明すること自体が出来ず、また事故を避けるという観点から見た場合に誤りの検知も難しく、確率そのものの評価が難しい。そのため、事故回避時間による評価等の別手順による評価を行う必要がある。今後、この別手段による評価を行う。

キーワード: 自動運転, 飛び出し予測, 死角, ヒヤリハット, 事故履歴

A Prediction Method of Objects on a Blind Area Using Past Accident Data

YOSUKE ISHIWATARI^{†1} TAKEHIKO HANADA^{†1}
NAOYUKI TSUSHIMA^{†1} MASAHIRO ABUKAWA^{†1}

Abstract: This paper describes a prediction method for objects that run from a blind area. We calculate probabilities of appearance of objects from a blind area by using relative positions of accidents or incidents. Those positions are described by the locations from the object that creates unseen area that the object run out from. It is very difficult, however, that we evaluate precision of that probabilities because we don't obtain the correct value of the probabilities and we don't evaluate whether the probabilities are error values by the point of collision avoidance. So, we evaluate those probabilities with other aspects, such as the total driving time without accidents. We evaluate our method by the point of such aspects.

Keywords: Autonomous Driving, Prediction of Out-Running, unseen area, incident, history of accidents

1. はじめに

自動運転を行うにあたって、自車の移動方向・移動量を決定するためには、自車周囲の状況を把握することが不可欠である。周囲状況把握のため、カメラ・レーザセンサ・レーダーセンサ等、各種のセンサを搭載した車両が各社で作られ実験が行われている¹⁾²⁾。カメラ等の各センサは、車両から見える範囲を走査するため、見えない範囲(死角)に対しては他からの情報、例えば車車間・路車間通信による情報提供などを受け取らない限り周囲の物体、例えば移動体(人や車など)を判断できず(図1)、何らかの形で状況を推測する必要がある。推測の一例として、仮想的な歩行者のリスクポテンシャルを利用して速度調整を行う³⁾ことで飛び出し時の事故を回避するといった手法が行われている。

この飛び出し事故回避の観点から見ると、現在一般的に行われている手段は、「事故多発地帯」等、警告を掲示する

ことであり、これにより運転手に注意を促している。これらは事故の回数・見通しが悪いといった事故現場の状況などから判断するものだが、この考え方のベースは、過去の事故事例であり、過去の事故事例から「再び事故が起こり得る」ことを予測していることを意味する。すなわち、過去の事故事例から未来の事故を予測していることを意味する。過去の事故事例の分析による予測はこの発展形と言え、交通事故に対する分析も実際に各種行われている。分析例の1つに、過去の事故からの事故件数予測⁴⁾がある。

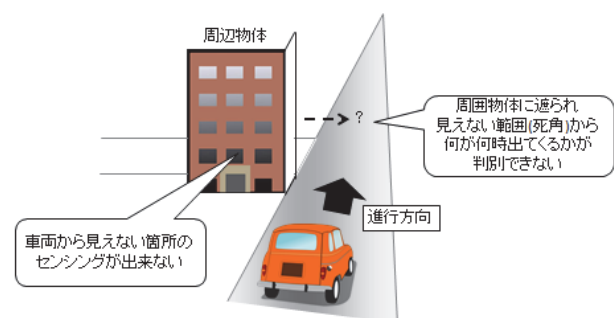


図1 見えない範囲からの飛び出し

[†] 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所
Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation.

本論文ではこの過去の事故事例に着目し、死角からの飛び出しを予測する手法、およびその評価手法について述べる。

2. 過去の事故事例とヒヤリハット

交通事故が発生した際、交通事故原票が作成される。交通事故原票は現場の状況等を記載した物であり、事故日付や時刻・事故位置や各種状況が記載される^{5) 6) 7)}。2012年から交通事故原票に事故現場の緯度経度が記載されるようになり、事故発生個所の収集が出来るようになってきている^{5) 8)}。

また、実際の事故ではなく、ヒヤリハット時の情報を取得し、整理分析を行う研究(ヒヤリハットデータベース)も行われている^{9) 10)}。先行研究では、各種センサで車情報を取得するとともに、ヒヤリハット発生時の対象(例えば飛び出しヒヤリハット時に飛び出してきた人・車等)を前方カメラで撮影し、後処理によって情報生成を行っている。

交通事故原票には、記載する位置の精度や記載された周辺状況の間違い等、後日の分析・利用という観点からは問題があり、データを自動取得し後処理によってデータ化するヒヤリハットデータベースが利用に適切と考えられる。一方、実際に起きた事故をデータ化したものが交通事故原票である以上、事故分析という観点からは、事故が起きていないヒヤリハットデータベースより実際に起きた事故を示したものである交通事故原票を使う方が、解析結果の正確性が上がる。そのため、交通事故原票に記載される内容の正確性が上がった段階で、交通事故原票の情報を利用した分析を行う方がよい、と考えられる。

なお、本論文では交通事故原票・ヒヤリハットデータベースの区別なく検討を行う。

3. 過去の事故事例を利用した死角からの飛び出し予測

3.1 飛び出し位置と周囲物体

本論文で述べる手法では、過去の事故事例・ヒヤリハットデータベースを利用する際、すべての事故に関するデータを使う必要はない。これは、死角からの飛び出しと他の事故、例えば他車との追突といった事故発生の要因となる条件が違うものを除く必要がある、ということである。即ち、死角からの飛び出しとはどういうものであるかを定義し、その定義を満たすデータだけを抜き出して分析する必要がある。

死角からの飛び出しとは図1で示すような場所、つまり死角から人・車等が飛び出してくることである。すなわち、必要な要因は自分と死角と飛び出し対象(人・車等)の3点であり、死角を作る際に必要なものは自分の周囲にある建物等の物体である。この際に注意すべきことは、場所の絶対位置が必ずしも重要でないことである。図2に例を示す

が、本来見通せる場所であっても路駐車両により死角が生成され飛び出しが起き得る。つまり、「事故多発地帯」と



図2 路駐車両による死角生成

といった表示をするだけ、つまり事故が起きた場所だけを分析するだけでは不足であり、図2における路駐車両の情報といった、自分の周囲にある物体(建物も含む)の情報が必要である。また逆に、事故が起きた場所と異なる場所でも、同じような車両が同じように路駐していた時にも同じような事故が起き得る、と考えられる。

3.2 過去の事故事例から利用するデータ

前節で述べた内容から、過去の事故事例における、「飛び出し事故」が起きた時の「自分の位置(事故位置)」と「周囲の物体の情報」が必要であることが分かる。実際には、周囲の物体によって生成される死角によって、事故対象(飛び出してきた人・車等)が一旦隠れる状態になり、またそれによって事故対象の認識が遅れた、という状況である事が必要だが、本論文では、過去の事故事例・ヒヤリハット等でデータとして収集している時点で、そのような状況が起きている、と判断するものとする。これは、そうでない場合には事故・ヒヤリハットが起きていないであろう、という想定に基づくものである。

周囲の物体の情報のうち、本論文では物体の位置と事故位置の相対位置関係に着目する。死角からの飛び出しであるため、死角を生成する物体との位置関係に関係性があると考えられるためである。例えば図3のような位置関係から事故・ヒヤリハットが起きたと考えると、図3の物体と事故位置の相対関係を分析する。この際、基準は図4のように物体の奥の点とする。これは、基準とした点は、自分がどれだけ物体に近い位置にいたとしても、事故対象を必ず認識できる位置となるためである。また前記した通り周囲物体の絶対位置や事故位置の絶対位置(緯度経度等)そのものは重要ではない。

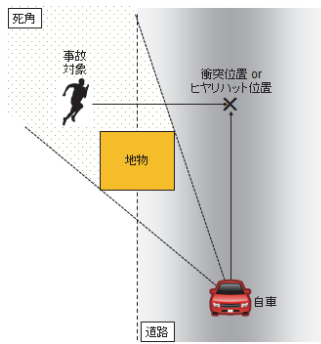


図 3 事故・ヒヤリハット時の位置関係例(1)

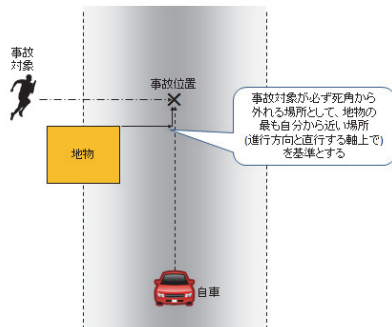


図 4 事故・ヒヤリハット時の位置関係例(2)

3.3 提案手法

前節までで述べた考え方をもとにした、死角からの飛び出し予測手法について述べる。なお、前節で述べた使用データは、何らかの形で正しく取得できているものとする。

3.3.1 概略

提案手法は 2 つの処理からなる。1 つは過去の事故事例から事前データを作成する処理であり、もう 1 つは事前データを利用して予測をする処理である。予測をする内容は前記の通り「死角からの飛び出し」であるが、具体的には「死角から何らかの物体(人・車など)が飛び出し、その物体が存在し得る確率を死角周囲の場所の点単位で求めること」を指す。

3.3.2 事前データの作成

事前データを作成する処理は、過去の事故事例から得る「事故発生位置・ヒヤリハット発生位置」と「物体の座標」から、相対位置関係の分布を求め統計値(平均・標準偏差等)を算出するものである。本処理は名称の通り、後述する予測処理で使用するパラメータを予め求めておくものであり、予測処理毎に行う動作は想定していない。ただし、分布は事故・ヒヤリハットが起きる毎に変わる可能性があるため、予測処理毎に、当該事前データを確認する必要がある。

なお、位置関係をわかりやすくするため、座標系は 3 次元座標ではなく、(図 2.3 で示したような)道路上の 2 次元座標とする。

3.3.3 予測処理

予測処理では、以下の 3 つの手順を順に行う。前提条件としては、自分の周囲物体のフットプリント(道路上の 2 次元座標における物体の専有範囲)が与えられているものと

する。座標系は計算上一致していればどのように設定しても問題は無いが、以下では車両中心座標系(自分の位置を原点・進行方向と進行方向右手を軸とした座標系)を想定している。

(1) モデルの設定

まず予測に際し、飛び出し対象が何であるか、どんな動きをするかを規定したモデルと、そのモデルに応じた確率分布設定を行う。例えば、飛び出し対象が人か車か、人である場合にはどのような動きを仮定するか(単純な直進運動か、ランダムウォークか、など)を決定する。この決定には、事前データを利用するものとする。

(2) 物体毎パラメータを計算

事前データを利用し、確率計算用パラメータを物体毎に設定する。この処理は、事前データにより得られた過去事例による事故位置・ヒヤリハット位置の分布を各物体に対して適用するものであり、例えば「物体に対して事故・ヒヤリハットのピークはどの位置か」を示すために行う。

(3) モデルを利用した確率計算

前記処理で得られた物体毎パラメータを用い、各物体における物体周辺の各座標における確率計算を行う。この際、複数の物体による結果を複合する処理も行う。複合処理は論理和により計算される。物体毎に得られる値が存在確率であり、論理和によって最終的に得られる値は「周囲の物体のどれかから飛び出しが起き、飛び出した物体が存在する確率」となる。

3.3.4 計算例

図 5 に計算例を示す。人が 2 次元正規分布に沿った存在確率になるモデルを設定し、事故・ヒヤリハットのピークを死角境界と障害物の接点とし、標準偏差は 3m とした。この数値は参考文献¹¹⁾記載の人の歩行速度データをもとに設定している。

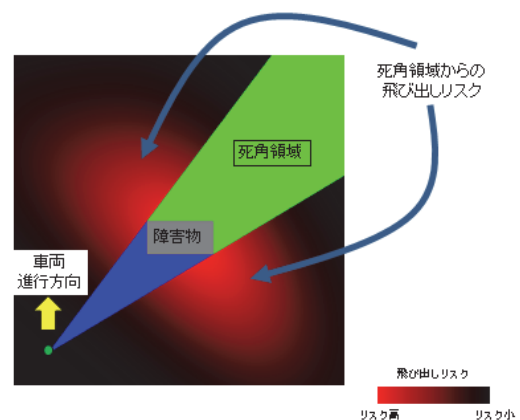


図 5 正規分布によるリスク

図 6 に、人の動きが 1 次元ランダムウォークの場合の計算例を示す。図 6 では、ランダムウォークの移動方向を自分の移動方向と直行する方向 a にしたものであり、1.0 秒後

a これは、「歩行者が道路を最短で横切る」状況を想定したものである。

の予測を行った結果を示している。

1次元ランダムウォークの動きは以下の式から導いている。事故・ヒヤリハットのピークを基準(時刻 0)とし、時刻 $t(\geq 0)$ での位置 $X(t)$ 、速度は v (等速運動)とした場合、 $X(t)$ は進行方向に動いた時間 $T(t \geq T \geq 0)$ を用いて $X(t) = vT - v(t - T) = v(t - 2T)$ と表せる。Tの分布として正規分布を仮定し、時刻 0での位置を死角領域の境界と定義している。

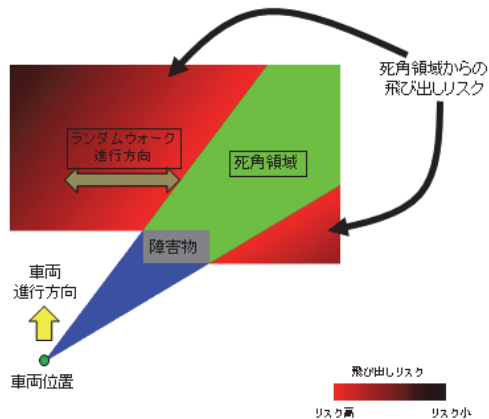


図 6 1次元ランダムウォークによるリスク

3.4 課題

前節で述べた、事前データを利用した予測計算には、解決すべきいくつかの課題がある。以下、順に述べる。

3.4.1 モデルの妥当性

本処理では計算に際し飛び出し対象のモデルを必要とする。これは、予測対象が人・車等で移動速度・動き方が異なること、動きが異なれば予測結果が異なることが自明であることに因る。一方、使用したモデルが正しいかどうかは予測の評価結果に表れるが、次節で述べるような評価方法自体の問題があることに加え、評価結果が正しいことがモデルの正当性を担保することにはならない、という問題もある。モデルを定義することは対象の動きを制約することでもあり、特に動きが複雑である人(歩行者)のモデル化は、予測を限定的にしてしまう問題も含む。

3.4.2 評価方法

飛び出しの予測については、その評価手法の選択にも課題がある。事故の結果・ヒヤリハットの結果を使う評価ならば、事故・ヒヤリハットの有無は表現できても確率的な部分の解釈は出来ない。例えば、計算した予測結果のピークの部分に事故位置が来なかったからといって、予測結果が間違っているかどうかの判断は出来ない。実際、あるデータで予測した結果のピーク位置から離れている場所で起きていたとしても、それ自身に意味はなく、例えば一定以上の確率になった場所で評価する、といった形が必要になる。

また、上記予測で得られる値は「飛び出しが起きるとしたら」という仮定である以上、計算で得られる値と実際

に起き得る可能性に乖離がある。実際の予測では、「実際に起きた事故・ヒヤリハットのうち、飛び出しがどの程度の確率で起きているか」も考慮に入れなければ、予測の結果安全に動ける場所が全く存在しない状態が多発する、ということもなり得る。

3.4.3 確率以外の値の評価

前記の通り、予測値(確率値)をそのまま評価することには問題があると考えられるため、別尺度による評価が必要である。予測の目的は事故の回避であるため、「どのくらい回避できるか」を評価するべき、と考える。例えば、飛び出し予測の有無でどのくらい事故無しで走れたか(距離・時間の評価)などである。この場合、走行環境を一致させられるのがシミュレーションのみであり、実環境で評価する場合には、同じルートを走るだけではなく、条件を出来るだけ一致させる必要があり、また実際に事故が起きるかどうかで判定するのではなく、事故が起きそうになるまでの距離・時間で評価する必要があるb。

4. おわりに

本論文では、過去の事故事例・ヒヤリハットによるデータを利用し、死角からの飛び出しを予測する手法について述べた。一方、このような飛び出し予測については大きな制約があること、評価手法も従来の方法では正しく評価できないことなど、手法を確立するための課題が残っている。今後、これらの課題を解決し、評価する。

参考文献

- 1) “Autonomous long-distance drive”, Mercedes-Benz, <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/autonomous-long-distance-drive/>
- 2) Google Self-Driving Car Project, <https://www.google.com/selfdrivingcar/>
- 3) 長谷川他, “リスクポテンシャルを考慮した最適制御理論による自立運転転能システムに関する研究”, 自動車技術会論文集, Vol.46, No.2, pp.497-502 (2015)
- 4) 交通事故総合分析センター, “交通事故の20年 ―交通事故件数の説明モデルの構築―”, http://www.itarda.or.jp/materials/pub_selfreports.php?page=2
- 5) 山田他, “交通事故発生場所の経度・緯度の精度検証と自己分析システムの開発”, 土木計画学研究・講演集, 第49巻 (2014)
- 6) 本田, “交通事故原票に基づく自転車自己分析”, http://www.enveng.titech.ac.jp/yai/pdf/2013/201303_honda.pdf
- 7) 松本, “交通事故統計原票の改正と新調査項目の集計結果”, 国際交通安全学会誌, Vol.2, No.4, pp36-46 (1976)
- 8) 萩田他, “GISを活用した交通事故分析システムの開発”, 第43回土木計画学研究発表会, http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201105_no43/pdf/298.pdf
- 9) “ドライブレコーダ活用によるヒヤリハット解析”, 東京農工大 永井研究室, http://www.tuat.ac.jp/~nagaimu/kenkyu_its1.html
- 10) “Near-Miss Incident Database Construction”, 東京農工大 ス

b 本場に飛び出しによる事故を起こしたら、その時点で実験中止となる可能性が高く、それ以降のデータ(2回目の事故がどのくらいで起きるか、など)が取得できない。

マートモビリティ研究拠点,

<http://www.tuat.ac.jp/~smrc/research.html#DB>

11) 石川, “歩行者事故の特徴分析”, 交通事故総合分析センター
第13回 交通事故調査・分析研究発表会,

https://www.itarda.or.jp/ws/pdf/h22/13_01hokousyaziko.pdf