

車両の挙動情報に基づく運転支援

箕浦 一馬[†] 渡邊 豊英[†]

名古屋大学大学院 情報科学研究科[†]

1. はじめに

近年の交通事故に関する統計では、車両同士の事故の約半数が交差点付近で発生しているとされる。交差点でのこれらの事故を低減するための運転支援の仕組みが強く求められている。交差点における事故の原因として、追突事故や出会い頭の衝突、右折車と直進車との右直事故等が挙げられる。これらの事故の多くが交差点通過中に発生する死角に起因しており、運転者が死角中の車両の存在を正しく認識できない場合に衝突の危険性が飛躍的に高まる。この死角中の情報を提示する形で運転者を支援する研究として、SasakiらによるHIRシステムを応用した情報提示手法[1]や、Tayaらによる対向車線上の監視カメラ映像の提示手法[2]などがある。しかし、これらの研究には、それぞれ実現可能性や情報の有効性に欠ける問題が存在する。

図1では、中央の大型車両が障害物になり、その後ろを走る車両の車線変更を認識することができないため衝突事故が起きる例である。本研究ではこのような死角中に存在する危険車両を検出し、事故回避に必要な警告情報を生成することを目的としている。運転者から認識不可能な、死角中に存在する車両の位置や振る舞いを運転者に提示することで、運転者が認識できない車両との衝突事故を減らすことができる。

2. アプローチ

本研究では、危険車両を『運転者が位置を正しく認識、もしくは推測できない車両』と定義する。このような危険車両を検出するために、我々は交差点監視カメラと車載カメラの映像から、運転者の死角情報と車両の挙動情報を抽出し、それらを組み合わせて警告情報を生成する。

運転者の死角は、図2のように運転者の視点から周辺の車両に対して引いた接線に囲まれる領域として推定する。この死角に含まれる車両は運転者が認識できないため、検出対象となる。

車両の挙動は、その移動軌跡を分析することによって知ることができる。本研究で検出対象とする車両挙動は直進、右左折、左右車線変更、加減速、停止の計8種類である。このうち速度に

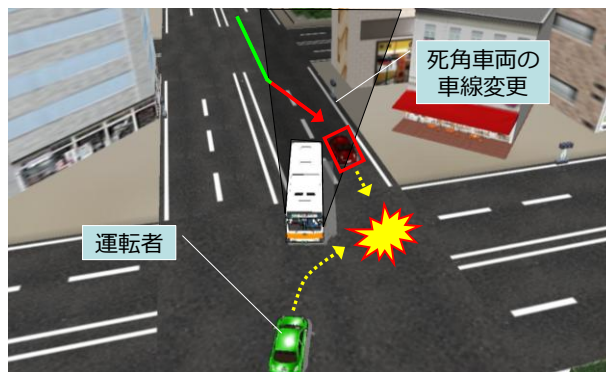


図1. 交差点における死角によって事故の危険性が高まる例

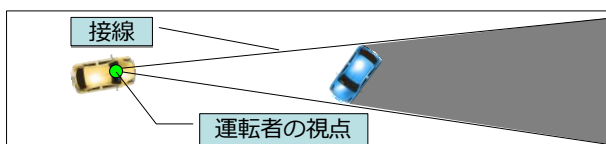


図2. 運転者の視点と車両の形状に基づく死角推定

関わる加減速と停止の挙動は、監視カメラ映像から得られる車両の移動距離の変化を解析することによって検出する。それらを除いた5種類の挙動は、車両の移動軌跡を時系列特徴量として隠れマルコフモデル(HMM)を適用することで推定する。これらによって得られる車両の挙動情報と運転者の死角情報から、死角中の車両の存在と、その車両が現在どのように振る舞っているかを知ることができ、危険車両を検出することが可能になる。

3. 死角領域

交差点監視カメラ映像を用いて交通シーンを分析するためには、初めに映像中に存在する車両を抽出する必要がある。提案手法では、背景差分に基づく伝統的な移動物体追跡手法を用い、物体の位置と外接矩形を得る。この情報から、車両の速度、加速度、移動軌跡、進行方向を推定し利用する。

運転者の死角を推定するためには、追跡で得られた車両から自車両を特定する必要がある。本研究では対象エリアが交差点に限定される特徴を利用し、白線情報をランドマークとして交差点中の自車両の位置を特定する。車載カメラから抽出した白線情報を上空から俯瞰する形に射影変換し、予め作成した交差点の白線マップと比較する。射影変換した白線を、追跡で得ら

"Driver Assistance Based on Vehicle Behavior"

[†] Department of Systems and Social Informatics, Graduate School of Information Science, Nagoya University

れた車両の位置と進行方向を用いて回転・平行移動させ、マップ中の白線とのユークリッド距離を点ごとに計算し全て合計する。結果が最も小さくなる車両が、追跡で得られた車両中の自車両として特定される。

死角領域は、自車両の位置から周辺の車両の外接矩形に対して引いた接線に囲まれる領域として推定する。この死角により、周囲の車両を認識可能なものと不可能なものに分類する。

4. 車両の挙動

直進・右左折・左右車線変更は、車両の移動軌跡を時系列特徴量としてHMMを適用することで推定する。本研究では車両の進行方向のみを特徴量とするHMMを作成する。座標を含まない特徴を使うことで、発生位置の定まらない車線変更のような挙動検出に対応できる。HMMは右左折後の直進等を加えた11種類に、各挙動間の軌跡を表す110種類を加えた121種類から、カテゴリを統廃合して得られる23種類である。中間軌跡は各挙動の開始・終了時に相当するため、これにより挙動の早期検出が期待できる。

モデルの訓練には、監視カメラを分析して得られる軌跡に、手で挙動情報を付加した教師データを利用する。教師データを挙動情報毎に進行方向のシンボル系列に変換し、Baum-Welchアルゴリズムによってモデルを訓練する。挙動検出の際は得られたHMMに車両の軌跡を入力することで各挙動の尤度を計算し、最も尤度の高くなる挙動を車両の現在の挙動として検出する。

得られた車両の挙動情報と、3章で抽出した死角情報を組み合わせ、危険車両との衝突回避に必要な、死角中の車両に関する警告情報を生成する。警告情報は運転者が位置を正しく推測できない死角中の車両、すなわち死角中で右左折や車線変更、加減速、停止する車両を特に強調する形で生成する。

5. 評価実験

提案手法によって車両の挙動を正しく検出できるか、及び情報の有効性を検証するための実験を実施した。挙動検出実験では実際の監視カメラの映像から得られた車両の軌跡387本に挙動情報を付加したものを正解データとして利用し、挙動の検出結果と比較して精度を評価した。

表1. 挙動検出の評価結果

	直進	右折	左折	右変更	左変更
適合率	430/439	34/37	75/94	8/45	13/14
	0.98	0.92	0.80	0.18	0.93
再現率	339/374	34/34	74/76	8/8	14/19
	0.91	1.00	0.97	1.00	0.74
F値	0.94	0.96	0.88	0.30	0.82



図3. シミュレーションによる挙動検出結果

表1は提案手法の精度を適合率と再現率によって評価した結果である。適合率は検出成功数/検出件数、再現率は検出成功数/発生件数であり、正解と比較し半分以上のフレームで正しく検出された場合にその挙動を検出成功とした。結果、約8割の挙動検出に成功している。車線変更の検出が困難だが、これは右左折の開始部分と車線変更の軌跡の差が小さいことが原因である。

情報の有効性については、衝突が発生しやすい交通シーンを再現する映像9つに対して手法を適用し、衝突回避に有効な情報を提示できるかどうかを検証した。図3は実際に挙動を検出した例を示している。左図は死角中を等速で直進する車両、右図は死角中で車線変更する車両に対して手法を適用した結果である。実験の結果、9シーン中7シーンで衝突回避に必要な時間である3秒以上早く、死角中の車両の位置と挙動を検出できたことから、提案手法によって衝突回避のために有効な情報が得られたと言える。失敗した2ケースは監視カメラ映像に含まれる道路の距離が短く、車両検出が遅れたことが原因だったため、広角カメラの利用や複数カメラの映像の合成により改善できる。

6. おわりに

本稿では、交差点で運転者の死角と車両の挙動情報を用いた警告情報生成手法について提案した。実験の結果、提案手法によって車両の直進や右左折といった挙動を高い精度で検出できるが、車線変更の検出率が低くなりやすい傾向があることがわかった。今後は挙動検出モデルの構築方法の工夫や移動軌跡以外の情報の利用により、精度を改善していく必要がある。

また、衝突を再現する映像に手法を適用する実験では、事故回避に必要な警告情報を早期に生成できることが分かった。今後、適用するシーンを増やし、実環境下での評価を加えて、有効な情報提示方法について検討していく。

文献

[1] H. Sakai, et al: "Visual Assistances to Right Turn in an Intersection by Using HIR System", IEEE IV'2002, pp. 316-321, 2002.
 [2] F. Taya, et al: "NaviView: Virtual Slope Visualization of Blind Area at an Intersection", Proceedings of 12th ITS World Congress, 2005.