

交通流ビデオ解析手法を用いた信号交差点における追突危険事象の時空間分析*

Time-Space Analyses of Rear-end Hazardous Events at a Signalized Intersection using Digital Vehicle Tracking Method*

松尾幸二郎**・廣島康裕***・小松裕史****

By Kojiro MATSUO**・Yasuhiro HIROBATA***・Hiroshi KOMATSU****

1. はじめに

近年、交通安全性の向上を目的としたITS技術の開発が進み、実用化の兆しを見せ始めている。しかしこれらの技術が一連の交通流に及ぼす影響が適切に評価されているとはいえず、例えばITS技術を搭載した車両と非搭載の車両が混在するような状況では、逆に危険な状態の発生頻度が高くなってしまふことも十分に考えられる。これらの影響を事前に定量的かつ視覚的に評価する有力な手法の1つとして交通流シミュレーションが考えられる。シミュレーションを用いて交通流の危険性を評価した研究はいくつか見られる²⁾が、あくまで既存の交通流シミュレーションシステムを用いてコンフリクト指標を出力した上で危険性を評価するに留まっているものがほとんどである。すなわち、交通量や平均速度等のマクロ指標では再現性が得られていてもコンフリクトというミクロな危険事象の発生が適切に再現できているかは定かではない。シミュレーションにより交通流の危険性を適切に評価するためには、ミクロな危険事象を一定程度再現できていることを確認する必要があるが、そのためにはどのような交通流状況下で危険事象がどの程度発生しているかを把握しておく必要がある。

そこで本研究では、交通流ビデオ解析システムを構築した上で、信号交差点付近における追突危険事象がどのような交通流状況下でどの程度発生しているのかを時空間的に整理して把握することを目的とし、将来的には信号交差点付近におけるミクロな車両挙動の発生状況のモデル化を含め、交通流の追突危険性を評価するためのシミュレーションの構築を目指す。

*キーワード：交通流ビデオ解析，追突事故，コンフリクト

**学生員，修士(工)，豊橋技術科学大学大学院 工学研究科
環境・生命工学専攻

***正会員，工博，豊橋技術科学大学大学院
建築・都市システム学系

****非会員，豊橋技術科学大学，建築・都市システム学課程
(愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1，

TEL : 0532-44-6833, E-mail : hirobata@acc.tut.ac.jp)

2. 既存研究と本研究の位置付け

交通流ビデオ解析手法を用いて交通流中の危険事象を分析している既存研究として、宇野ら³⁾や若林ら⁴⁾は、Heyward⁵⁾が提唱したコンフリクト指標であるTTCに加え、より潜在的なコンフリクト指標であるPICUDやPTTC等を提案し、一般織込み部における危険事象の発生状況を分析している。しかし、信号交差点付近における追突危険事象を時空間的に整理している研究は見られない。また、信号交差点の追突事故危険性に関連して、従来からジレンマゾーン等の信号切り替わり時が問題とされているが、実際に信号切り替わり時に危険事象が発生しているかどうかを実証的に示した研究は少ない。

以上をふまえて本研究では、交通流ビデオ解析手法を用いて、信号交差点付近におけるTTCやPICUDというコンフリクト指標を追突危険事象として抽出し、その発生状況を時空間的に整理するとともに、実際の事故発生箇所と比較することでコンフリクト指標の妥当性の検討を行う。

3. 分析対象地点と交通流ビデオ解析方法

(1) 分析対象地点とビデオ観測方法

分析対象地点は、図-1に示す豊橋市内大池南信号交差点の北から南へ向かうアプローチとした(片側2車線・右折専用レーン有・右折矢有)。この大池南交差点は対象アプローチである県道と片側1車線の市道という2本の市街地幹線道路の交差上にあり、豊橋市内で最も多く事故が発生する交差点の1つである(図には対象アプローチの追突事故のみ表示)。対象アプローチでは停止線手前5mから手前35mの範囲で1年に5件(H17)の追突事故が発生している。交差点形状が十字でなくX型になっているが、あえてこの交差点を選んだのは、交通流ビデオ観測に都合の良い場所があり、追突事故も比較的多く発生しているためである。

ビデオ観測は、2010年6月3日(木)の10時~12時の2時間に行った。観測方法は、交差点の西にある5階建てのショッピングセンターの屋上駐車場から、対象アプローチのうち停止線から北へ100mと交差点内へ30mの計

130mの範囲を2台のビデオで撮影した。また信号現示状況データを取得するために地上にもビデオを設置した。なお、本稿の分析では用いないが、大池南交差点の手前（北側）の信号交差点から50mおきに断面の撮影も同時に行っている。観測時間帯の交通量は685(台/h)であった。

(2) 車両挙動データの取得方法

本研究では、交通流ビデオ解析システムを構築した上で、対象地点に流入した全ての車両の挙動データを取得する。ビデオ解析システムによる全車両の挙動・属性データ取得の手順を以下に述べる。

まずショッピングセンターの屋上から撮影した2つの画像（図-2参照）それぞれにおいて、0.5秒ごとに車両の右前隅をマウスでクリックすることで画像上の座標を取得する。取得した画像上の座標は、あらかじめ推定した2次射影変換式により実座標へと変換する。次に2つの画像間で同じ車両の軌跡同士を結合することで、対象範囲約130mの間において全車両の0.5秒ごとの位置座標を得る。各時点での速度は前後2時点の位置座標を用いて移動平均法により平滑化して算出する。また、画像データから各車両の車種（普通車・大型車・二輪車）、交差点進行方向（直進・左折・右折）、車両の長さを取得する。

(3) コンフリクト指標の算出

本研究では、挙動データをもとに交通流に内在するコンフリクト指標を算出することで追突危険事象の発生状況の分析を行う。なお、宇野ら³⁾はコンフリクト指標を算出する際に、車両の軌跡を1次元座標系としているのに対し、若林ら⁴⁾は車両の走行角度の違いを考慮できるように車両の軌跡を2次元座標系としている。本稿では複雑さを避けるために車両の軌跡を1次元座標系とする。すなわち、各時点において各車両が所属している車線を判定し、同一車線に所属する車両は全て同一直線上に並んでいると考えて、コンフリクト指標を算出する。その際は車両先端の中心が入っている車線を所属車線とする。所属車線は走行車線、追越車線、右折専用車線とする。車両先端の中心座標は車幅から算出するが、このとき車幅は普通車は1.5m、大型車は2.5m、二輪車は0mと仮定する。

以上により取得した各車両の挙動データを、車線毎、時点毎に集計しなおした上で（図-3参照）、コンフリクト指標としてTTCを算出する。TTCはHayward⁵⁾が提唱した客観的コンフリクト評価指標であり、「2台の車両がその時点での速度と進行方向を保持すると仮定した場合に、2車両の衝突までに要する時間」と定義される。すなわち、



図-1 分析対象地点とビデオ観測方法



図-2 ビデオ観測画像

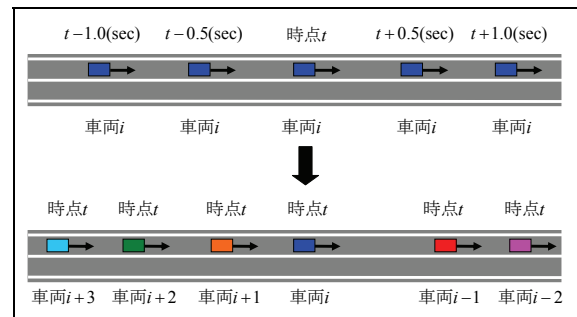


図-3 時系列に再集計のイメージ

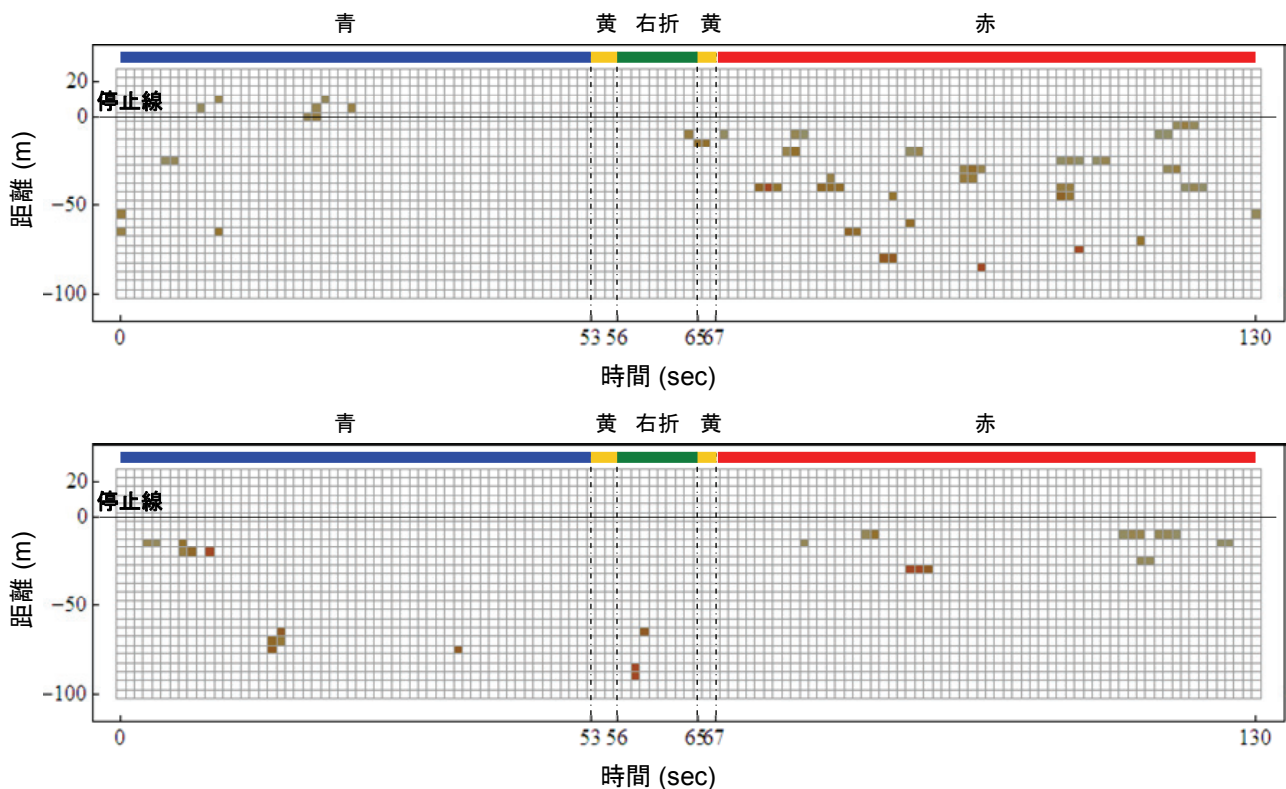


図 - 4 限界TTC頻度の時空間分布 (上：走行車線, 下：追越車線)

$$TTC = \frac{d}{v_2 - v_1}, \quad v_1 < v_2 \quad (1)$$

ただし、 d ：車間距離、 v_1 ：前方車の速度、 v_2 ：後続車の速度である。またTTCは、前方車の速度が相対的に速い場合は算出されないという問題があるため、本研究では、宇野ら³⁾が提案しているPICUDも算出する。PICUDは「前方車が仮に急減速を行うとした時に、後続車が反応遅れ後に急減速して、両者が停止した時の相対的な位置」と定義される。すなわち、

$$PICUD = \frac{v_1^2}{-2a} + d - \left(v_2 \Delta t + \frac{v_2^2}{-2a} \right) \quad (2)$$

ただし、 a ：減速時の加速度、 Δt ：反応遅れ時間である。

4. 分析結果

本稿では観測を行ったうち最初の20サイクルについて分析を行う。図 - 4は、全20サイクルを重ね合わせた上で、車線別（走行車線・追越車線）に、時間距離図上に限界TTC頻度の時空間分布を示したものである。ここで限界TTC頻度とは、ある時点のある空間において限界TTC（2秒以下のTTC）が発生した回数を、その時点

にその空間に存在した車両数で除したものである。ここでは時間を1秒毎、空間を5m毎に分割している。これらを見ると、追越車線に比べ走行車線の方が限界TTC発生箇所が広く散らばっていることが見て取れる。特に走行車線では信号現示が青の場合に停止線よりも交差点側で限界TTCが発生している。これは左折車の影響によるものだと考えられるが、実際の追突事故が停止線よりも交差点側では発生していないことを考えると、過度に危険側に判定してしまっていることになる。直進車が左折車をかわすという挙動が限界TTCを発生させている可能性も考えられるため、今後この影響を小さくするための検討が必要である。

さらに図 - 5、図 - 6にはそれぞれ走行車線および追い越し車線における限界TTCの周辺空間分布を示す。実際の追突事故が停止線手前5mから手前35mの範囲で発生していることと比較すると、限界TTC頻度もその辺りに広がっており、周辺空間分布はある程度対応しているのが分かる。しかしながら、実際に追突事故が発生していない停止線手前80m程度の範囲でも限界TTCが発生している。この理由の1つとして、赤現示の間に形成された待ち行列の後方に減速しながら到着する車両群の影響が考えられる。TTCを算出する際には算出時点より前の情報を用いず算出時点でのそのままの速度で進んだ場合を仮定するため、実際には既に減速傾向にあり危険ではない場合でも過度に値の小さいTTCが算出されてしまうことがあると考えられる。図 - 7は走行車線

における限界TTC頻度の周辺時間分布であるが、赤現示中において限界TTCが多く発生しているのがわかる。これからも赤現示中に待ち行列を形成する際に、過度に危険を示すTTCが算出されてしまうことが伺える。

ここで、PICUDの分析結果についても簡単に触れておきたい。減速時の加速度 $a = -3.3m/sec^2$ 、反応遅れ時間 $\Delta t = 1.0sec$ としたときにPICUDが0を下回る場合を限界PICUDとし、その周辺時間分布（走行車線）を図-8に示す。限界TTC頻度の周辺時間分布と比べると、限界PICUD頻度は赤現示中に低く青現示中に高くなっており、交通流に動きがあるときに危険と判定されやすいのがPICUDの特徴であることが分かる。しかしやはりPICUDのみでは本当に危険な状態であったかどうかを判断することが難しいため、TTCなど他のコンフリクト指標と組合わせた判断が必要だと考えられる。

5. おわりに

本研究では、信号交差点付近における追突危険事象がどのような交通流状況下で発生しているのかを把握することを目的とし、まずは車両挙動データを取得するための交通流ビデオ解析システムを構築した。得られた挙動データからコンフリクト指標としてTTCとPICUDを算出し、危険性の高い限界TTC、限界PICUDの発生頻度の時空間分布の分析を試みたところ、限界TTCの空間分布と実際に追突事故が発生した場所との間に一定の対応関係が得られた。しかしながら、実際に事故が起きていない場所でも危険性の高いTTCが算出されるといった問題も生じた。今後は減速、停止、加速といった挙動が絶えず繰り返される信号交差点付近により適したコンフリクト指標の検討を行っていく。

参考文献

- 1) 内閣府：平成22年度版交通安全白書，日経印刷，2010.
- 2) Yang, H.・Ozby, K.・Bartin, B.：Application of Simulation-based Traffic Conflict Analysis for Highway Safety Evaluation, Selected Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research (CD-ROM), 2010.
- 3) 宇野伸宏・飯田恭敬・安原真史：一般道織込み部における客観的コンフリクト分析と速度調整モデルの構築，土木計画学研究・論文集，Vol. 20, no. 4, pp. 989-996, 2003.
- 4) 若林拓史・高橋吉彦・新美栄浩・蓮花一己：交通流ビデオ解析システムを用いた交通コンフリクト分析と新しい危険度評価指標の提案，土木計画学研究・論文集，Vol. 20, no. 4, pp. 949-956, 2003.
- 5) Heyward, J. C.：Near-miss determination through use of a scale of danger, Highway Research Record, No. 384, pp.24-34, 1972.

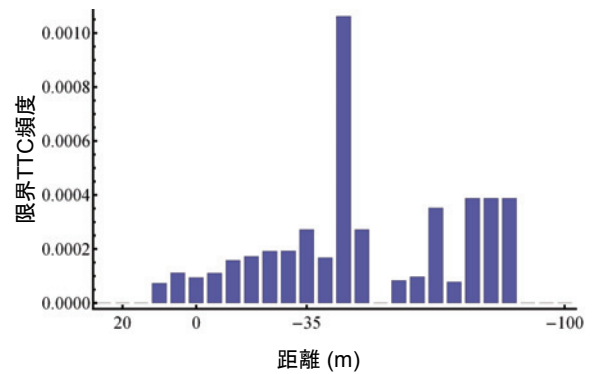


図-5 限界TTC頻度の周辺空間分布（走行車線）

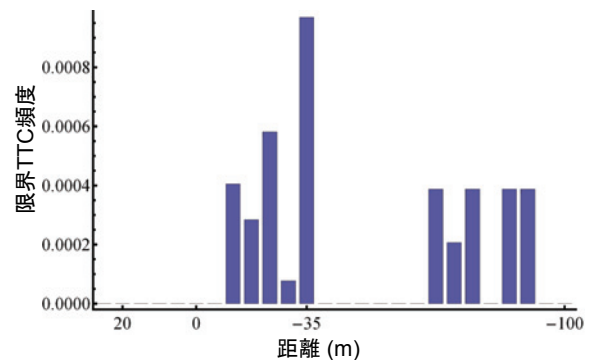


図-6 限界TTC頻度の周辺空間分布（追越車線）

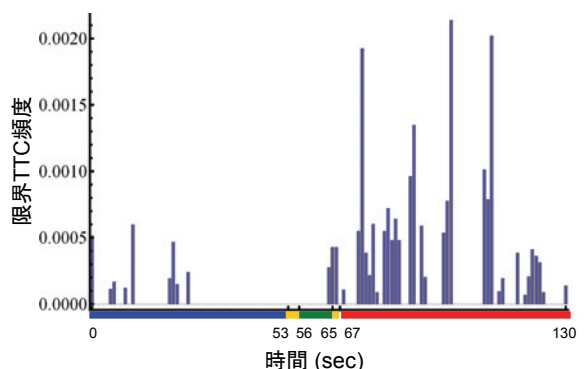


図-7 限界TTC頻度の周辺時間分布（走行車線）

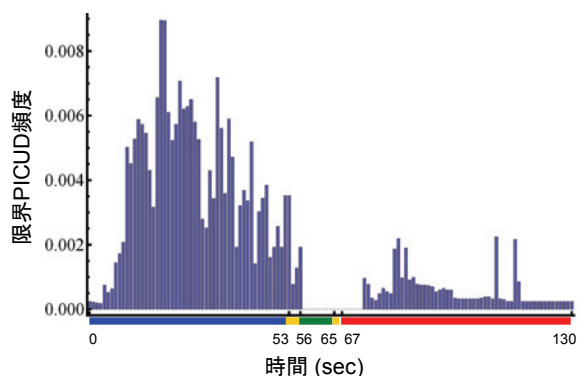


図-8 限界PICUD頻度の周辺時間分布（走行車線）