

事故発生プロセスに着目した事故リスク分析モデルによる特異交差点の抽出と事故要因分析

A Model of Traffic Accident Risk Considering the Occurrence Mechanism at Four-legged Signalized Intersections and Analysis of Accident Factors at Peculiar Intersections

家田 仁*, 柴崎隆一**, 越湖 淳***

By IEDA Hitoshi*, SHIBASAKI Ryuichi**, and KOSHIKO Jun***

1 はじめに

従来の交差点事故に関する研究は、交通量や交差点環境要因などを要因として、重回帰分析をはじめとする多変量解析理論を用いて事故件数を説明するものや、地域における交差点数を要因として、地域の交通事故危険率を算出するといった分析が行われてきた。しかし、交通事故の発生は交差点環境と運転者の挙動とのインタラクションとして捉えることが重要である。また、交差点の交通環境は各レグ別に大きく異なり、交差点としての事故リスクを議論するためには、各レグ別（進入方向別）に詳細な分析を行うことが必要であると考えられる。これに対し筆者らは、特に事故発生プロセスに着目して交差点レグ別の交通事故発生件数の期待値を求めるという事故リスク分析モデルを、追突事故^{1),2)}、右折直進事故³⁾、車両対歩行者・自転車事故⁴⁾の3種類について、東京都内主要116交差点の交通事故データ(1992~1995年)を用いて構築した。多くのレグにおいては、現状の事故件数とモデルの出力結果はよく一致するものの、一部に両者の乖離が見られるレグが存在する。これらのレグを多く含む交差点（以下では「特異交差点」とよぶ）については、モデルからただちに事故通減施策を得ることができず、個別の対策が必要となる。そこで本稿は、①モデルの現状再現性に問題がないことを検証するために、上記3種類の事故リスク分析モデルを東京都内の79の事故多発交差点に適用し、モデルの移転性を確認したうえで、②特異交差点を抽出し、その事故要因を詳細に分析することを目的とする。

2 事故リスク分析モデルの概要

ある交差点レグにおける事故発生確率は、流入してきた車両が他の車両や歩行者等によって進路

を妨害する確率 P_{ob} と、進路を妨害した車両や歩行者の回避にその流入車両のドライバーが失敗する確率 P_f の積で表される。すなわち、1日あたりの事故発生件数の期待値 f は、交通量を q (台/日) とすると、(1) 式のように表される。

$$f = q \cdot P_{ob} \cdot P_f \quad (1)$$

右折直進事故を例にした事故発生プロセスを図1に示す。この場合、 P_{ob} は対向直進車が右折車両によって進路を妨げられる確率、 P_f は対向直進車が進路を妨害した右折車の回避に失敗する確率と定義される。右折車が対向直進車の進路を妨げるのは、右折車のドライバーが対向直進車の交差点到着時間の判断を誤るか、もしくは右折途中で横断歩行者等を発見し交差点内に停車するときと想定される。

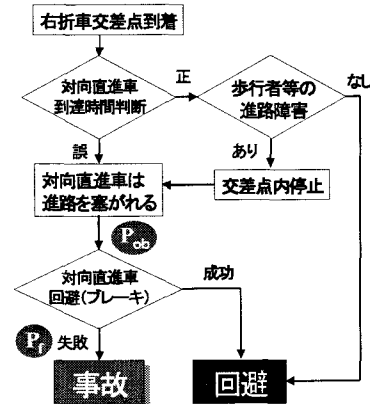


図1 本研究で仮定する事故発生プロセス
(右折直進事故の例)

本研究の対象とする3種類の事故について、 P_{ob} と P_f の定義を表1にまとめる。

表1 各モデルの P_{ob} と P_f の定義

モデル	P_{ob}	P_f
追突事故	前方車両が急ブレーキを踏む確率	後方車両が急ブレーキを踏んだ前方車両の回避に失敗する確率
右折直進事故	対向直進車が右折車両によって進路を妨害される確率	対向直進車が進路を妨害した右折車両の回避に失敗する確率
車両対歩行者・自転車事故	右折車または左折車が歩行者や自転車に進路を妨害される確率	右折車または左折車が進路を妨害した歩行者や自転車の回避に失敗する確率

キーワード：交通安全、交差点計画、ITS *正会員、工博、東京大学大学院社会基盤工学専攻交通・都市基盤計画研究室教授 **正会員、工修、東京大学大学院社会基盤工学専攻交通・都市基盤計画研究室助手 ***元東京大学土木工学科交通・都市基盤計画研究室（〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, tel 03-5841-6119, fax 03-5841-8506, ieda@trip.t.u-tokyo.ac.jp）

妨害車両や歩行者の到着確率が到着率 η の指数分布に従うと仮定すれば、(2) 式に示すように P_{ob} はその累積分布関数で表される。ここで単位時間あたりの到着量 ηt は、(3) 式に示すように、交通量をはじめとする複数の説明変数 x_d によって表されると仮定する。

$$P_{ob} = 1 - \exp(-\eta \cdot t) \quad (2)$$

$$\eta t = \exp\left(\sum_d \beta_d x_d\right) \quad (3)$$

ここで、 β_d : 未知パラメータ。

また P_f は、流入車両のドライバーが回避行動を取るまでの空走時間 t_v が、衝突を回避可能な最大空走時間 t_{av} を上回る確率 ($P(t_v > t_{av})$) で表される。ここで、 t_v と t_{av} はそれぞれワイブル分布 (α, λ) 、 (α, γ) に従うものとする。ワイブル分布のパラメータ α は分布形を規定するものでここでは正規分布に近い値 ($\alpha = 3.5$) を仮定し、 λ と γ については車頭時間や視界を遮る高架橋の有無などの複数の説明変数 x_h によって表されると仮定する。このとき P_f は (4) 式のように表される。

$$P_f = \int_0^\infty \left\{ \int_0^\infty f(\lambda, t) dt \right\} f(\gamma, t_{av}) dt_{av} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\gamma}} \quad (4)$$

ここで、 $f(\cdot)$ はワイブル分布の確率密度関数。上式より、 P_f は α に依存しないことがわかる。ここで、

$$\frac{\lambda}{\gamma} = \exp\left(\sum_h \beta_h x_h\right) \quad (5)$$

とおけば、(4) 式は

$$P_f = \frac{1}{1 + \exp\left(\sum_h \beta_h x_h\right)} \quad (6)$$

と書きなおせる。ここで、 β_h : 未知パラメータ。

以上の (1) ~ (6) 式から、都内主要 116 交差点のレッグ別交通事故データを用いて、事故発生件数の期待値入が負の 2 項分布に従うという仮定によって定義された尤度関数を最大にするように、説明変数の選択と未知パラメータを各モデルごとに推定した。パラメータ推定方法の詳細は、文献 1) を参照されたい。また、各モデルにおいて選択された説明変数と推定されたパラメータや尤度比については、文献 2), 3), 4) をそれぞれ参照されたい。

3 事故多発交差点への各モデルの適用

(1) 入力データの準備

本研究の入力データは既存モデル リ と同種のものを用いるが、東京都内の事故多発交差点（主要交差点との重複を除く 79 の四肢交差点）を対象としたため、交通事故総合分析センターの保有する事故多発地点データや道路交通センサス等を参考とした。また、既存データから得られない、サイクル時間や信号現示パターン、右左折交通量などについては、独自の現地調査を行うことにより得た。

(2) モデル適用の結果と考察

上記 79 交差点に対するモデル適用の結果を図 2 に示す。ここで、過小推計・過大推計されたレッグとは、推計値と実測値の差が標準偏差より大きいレッグと定義している。また、データの欠損や横断歩道の有無等により事故発生件数の推計可能なレッグ総数がモデルにより異なる点に注意されたい。

図 2 に示すように、どのモデルにおいても 6~7 割のレッグが「推計可能」であることから、モデルの空間移転性は十分に認められる結果となった。これらのレッグに対する交通安全対策としては、モデルに既に取り込まれている説明変数を参考に交差点の改良投資メニューをまとめることで対応可能と考えられる。また、モデル適用の対象交差点が現状で事故の多発している交差点であるため、推計値が実測値よりも大幅に大きい「過大推計」されたレッグも各モデルにおいて 2~3 割存在する。これらのレッグに対しては、交通事故対策の立案において現状ではモデルによるインプリケーションを与えることができず、個別の対策が必要となる。以下では、「過小推計」されたレッグを含む交差点について事故要因を詳細に分析する。

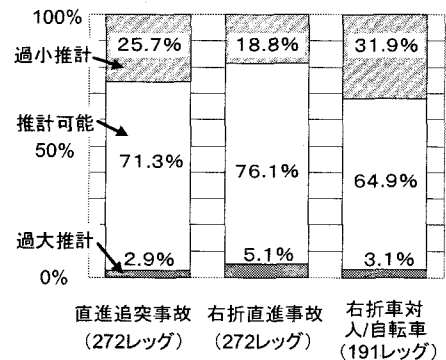


図 2 事故多発交差点に対する各モデルの適用結果

4 特異交差点における事故要因分析

(1) 「特異交差点」の抽出

以下ではモデル構築に用いた「主要交差点」、モデル移転性の確認に用いた「事故多発交差点」の両者を統合して分析を行う。

本研究では、モデルによる対策立案の困難な「特異交差点」を、以下のいずれかの条件を満たす交差点と定義した。

- ①過小推計されたレッグを1/3以上含む。(ただし、計算可能なレッグが極端に少ない交差点を除く)
- ②推計値と実測値の差が2.0(件/年)以上であるレッグがひとつでも存在する。

基準①・②を満たす交差点がそれぞれ19ずつ存在し、重複を除いた計30交差点を特異交差点とした。

(2) 特異交差点における事故要因の分析

前節で抽出した特異交差点について、交差点ごとに既存のモデルに考慮されていない事故発生要因を考察した。その例を以下に示す。

a) 丸子橋操車場前交差点(大田区; 図3)

図中矢印方向の右折直進事故が年2件以上過小評価であると同時に、幹線両方向の追突事故と上方向からの右折直進事故も過小評価されている。右折直進事故の過小評価されている2つのレッグにおいては、右折の角度が緩やかであるため、右折車が速度を落とさずに交差点に進入し事故を招きやすいと考えられる。既存モデルでは交差点角度が直角か否かの考慮しかされておらず、鋭角/鈍角の区別が必要と考えられる。また、図中左方向に丸子橋があるため車線が減少するという特異な形状になっており、幹線方向の車両の速度に乱れが生じやすいことも事故の要因と考えられる。

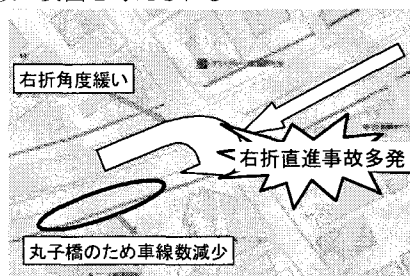


図3 特異交差点の例：丸子橋操車場前交差点

b) 上野2丁目交差点(台東区; 図4)

図中矢印方向の追突事故が年2件以上過小評価であると同時に、上下方向からの右折直進事故や対歩行者・自転車事故の多くで過小評価となっている。図中下方向からの流入車両にとっては、交差点の直前にカーブがあり視認性が悪いことが追突事故多

発の原因と考えられる。また、この交差点においては歩行者が多く、また左右方向の道路の慢性的な渋滞により、無理な右左折や2輪車の飛び出し等が多いと予想される。

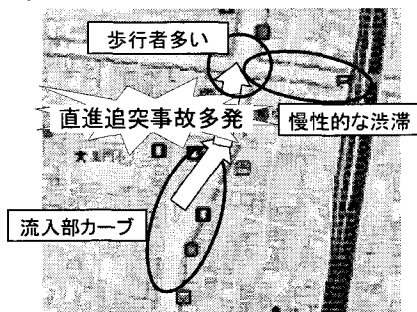


図4 特異交差点の例：上野2丁目交差点

以上のような検討をすべての特異交差点について行い、既存モデルでは考慮されていない事故要因を以下の11に整理した。

- ①渋滞 渋滞の激しいレッグが存在すると、その方向への右左折車や直進車が交差点内に残り、交通流を乱す原因となる。特に、渋滞の間隙を縫って走行する二輪車等との接触事故が増加する傾向にある。
- ②路上駐車 交差点付近に路上駐車車両が多く存在すると、①と同様の理由により事故の要因となる。特に、周辺地域の特性により、常に多数の路上駐車車両が存在する交差点で顕著である。
- ③歩行者多い 歩行者の多い交差点では当然歩行者と車両の事故が多くなるが、各交差点の歩行者数データが入手不可能のため、本モデルでは周辺土地利用状況から判断して近似的に与えている。そのため、特に歩行者が著しく多い交差点において過小評価される傾向にあると考えられる。
- ④道路幅員の差・⑤道路のずれ 同一方向の道路が交差点を境に幅員が異なったり、交差点がずれていたりするとドライバーの混乱を招きやすい。
- ⑥形状特異 周辺環境の制約などにより交差点形状の一部に凹凸があったり、細い生活道路が交差点付近で合流していたりすると、交通流の乱れやドライバーの見通しの悪化を招く。
- ⑦右折角度緩い 道路が直角に交わらない交差点で事故が多いということについては本モデルで考慮されているが、特に右折の角度が緩い交差点で右折車の速度が落ちないために右折直進事故や対歩行者・自転車事故が多い傾向にある。
- ⑧明るさ変化 高架下交差点の視認性の悪さによる事故の誘発については既存モデルで考慮されているが、車両が高架下を通過する際に高架橋のカーブなどにより明るさが変化する交差点が存在する。

⑨流入部カーブ 交差点流入部が特に左方向にカーブしていると、交差点が直前まで視認できず、追突事故を招きやすい。

⑩近接交差点の影響 至近距離に別の交差点が存在すると、交差点内に車両が取り残されたり、ドライバーの混乱を招きやすい。

⑪信号特殊 方向によって交通流が極端にアンバランスな交差点や特異な形状の交差点では、時差式信号や右折・左折現示のタイミングが特殊な信号制御を行っているケースが存在するが、通常の信号制御に比べてドライバーが不慣れなために事故が多いと考えられる。

以上のうち①～③は、交通流に関する要因であり、④～⑩は交差点の形状に関する要因である（⑪は場合により異なる）。それぞれの要因に当てはまる特異交差点の数を図5に示す。

また、各特異交差点において当てはまる事故要因数のまとめを図6に示す。3/4以上の特異交差点において複数の事故要因が考えられ、モデルで考慮されない要因が複合する場合に特異交差点となることがわかる。ただし、上記の11の事故要因のいずれにも当てはまらず、一見事故多発の要因が全く説明できない、いわゆる「魔の交差点」も2つ存在する。これらの交差点についてはさらに詳細な検討が必要であろう。

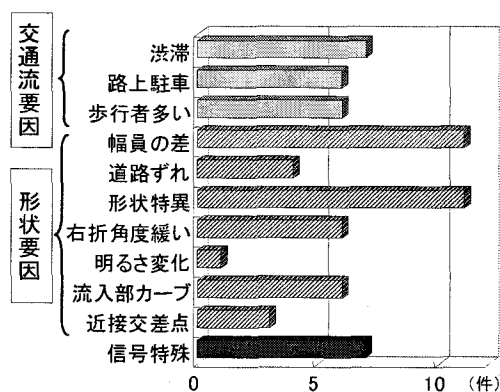


図5 特異交差点における事故要因

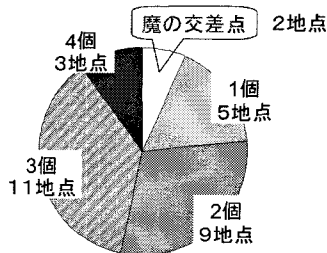


図6 各特異交差点の事故要因数

(3) 特異交差点における交通事故対策への本モデルの活用策

以上の本モデルで考慮されていない11の事故要因のうち、⑦右折角度・⑪特殊信号についてはモデルの説明変数の設定方法の改良、④道路幅員の差・⑤道路のずれ・⑨流入路カーブについては説明変数の新規追加、③歩行者交通量についてはデータの整備により対応可能と考えられる。ただし今回の分析は過小推計レグにのみ着目しているため、これらの要因を取りこむことが、モデルの改善に直ちにつながるかどうかについては検討の余地がある。

残りの要因については、問題点が個々の交差点ごとに大きく異なっていたり（⑥交差点形状特異・⑩近接交差点）、時間帯により変動し数値化が困難であったり（①渋滞・②路上駐車）、事例が極端に少なくモデルに取りこむことが困難である（⑧明るさ変化）。これらの要因については、モデルに取り込むのではなく、個別の交差点ごとに対応した方が現実的といえる。

5 まとめ

本研究では、これまでに構築した事故リスク分析モデルを東京都内の事故多発交差点79に適用し、7割低でのレグで事故件数が推計可能であることがわかった。また、過小推計されたレグ等を多く含む特異交差点について、モデルに考慮されていない要因を個別に考察した結果、11の要因を得た。そしてこれらの要因を、モデルの改良等により対応すべき要因と個別の交差点ごとに対応すべき要因に分類した。今後の課題としては、今回得た知見をもとにモデルの改良を実際に行うことや、事故要因の全く不明な「魔の交差点」について詳細に調査を行うこと、などがあげられる。

参考文献

- 1) 王印海, Modeling Vehicle-to-Vehicle Accident Risks Considering the Mechanism of Their Occurrence at Four-legged Signalized Intersections, 東京大学学位論文, 1998.
- 2) WANG, Y., IEDA, H., SAITO, K. and TAKAHASHI, K., Using Accidents Observations to Evaluate Rear End Accident Risk at Four Legged Signalized Intersections, Selected proceedings of the 8th World Conference on Transport Research, vol.2, pp.123-136, 1999.
- 3) 齊藤功次・王印海・高橋清・家田仁, 事故発生過程を考慮した信号交差点における右折直進事故の事故リスク算定モデルの構築, 第53回土木学会年次学術講演会講演概要集第IV部, pp.476-477, 1998.
- 4) 有田淳・齊藤功次・高橋清・家田仁, 車両対歩行者・自転車事故を対象とする事故リスク分析モデルの構築, 第26回土木学会関東支部技術研究発表会・講演概要集, pp.678-679, 1999.
- 5) (財)交通事故総合分析センター, 交通事故多発地点の概要と総括