

出会い頭事故及び進路変更巻き込み事故を対象にした 事故リスク分析モデルの構築とその地理情報システムへの適用*

Modeling Angle Accident Risks at Four-legged Signalized Intersections and Its GIS Application*

カリム=マサド=デワン**・家田仁***・寺部慎太郎****

By Dewan Md KARIM**・Hitoshi IEDA***・Shintaro TERABE****

1. はじめに

交通事故に関わる多大な社会的費用のため、安全性の向上は交通工学の中でも重要なテーマとなっている。また、わが国における交通事故問題は未だ満足できるレベルまで軽減されてはいない。これは1990年以降10年間連続して交通事故総件数は過去最悪の数値を更新し続け、2000年には93万件にまで達していることから言える。そのうち、交差点での事故は全体の約40-60%を占めている。後述する筆者らの交通事故データベースに依れば、事故総件数のうち58.4%が、また死亡事故件数のうち45.2%が交差点で発生しており、中でも右折直進事故が25%、続いて追突事故が24%を占めている。また、出会い頭事故の33%は死亡事故となり、左折事故の45%は自動二輪車を巻き込んでいる。

本研究では筆者らの研究室におけるこれまでの成果¹⁻⁴⁾も踏まえて、下記のような2点を研究目的とした。①既存研究では扱わなかった事故タイプを対象としたモデルの構築と改良：これまでの研究で構築された交差点事故リスク分析モデルは、追突事故、右折直進事故、車両対歩行者・自転車事故を対象としたものであったが、本研究においては、出会い頭事故及び進路変更巻き込み事故について取り扱う。また、その際には、既存のモデルに取り込まれていなかった要素を検討し、モデルの改良を図る。②交差点のリスク診断とその視覚化：構築された交差点事故リスク分析モデルを用いた交差点リスク診断(安全度評価)の結果を、GIS(地理情報システム)を用いた地図データの各交差点上にプロットし、

情報の視覚化による分析・評価結果の有効利用を図る。

2. 事故リスク分析モデルの概要

(1) モデルの概要

ある交差点レグにおける事故発生確率は、進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される確率 P_{ob} と、進路を妨害した車両や歩行者の回避にその進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、基準化交通量を q (台/日)とすると、(1)式のように表される。

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

ここで基準化交通量とは、これまでの成果¹⁻⁴⁾において、追突事故では当該レグから交差点に流入する直進車交通量、右折直進事故では当該レグから見た対向レグから交差点に流入する直進車交通量、車両対歩行者・自転車事故では交差点において当該レグから右折する交通量を用いている。

さて、本研究で対象とする2種類の事故について既存の事故報告などからその発生メカニズムについて検討した。その結果 P_{ob} と P_f の定義を表-1のように仮定すると既存の成果の事故リスク分析モデルが適用できる。

また、基準化交通量として、出会い頭事故では当該レグから交差点に流入する直進車交通量、進路変更巻き込み事故では交差点において当該レグから左折する交通量を用いた。

以下では、既存発表論文と重複する部分もあるが、説明のためモデルとパラメータ推定について述べる。

進路を妨害する車両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

*キーワード：交通安全, GIS

**正会員, 修(工), 日本鋪道(株)

***正会員, 工博, 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻

****正会員, 博(工), 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻 (〒113-8656文京区本郷7-3-1, TEL:03-5841-6135, FAX:03-5841-8506, E-MAIL:shin@trip.t.u-tokyo.ac.jp)

表-1 両モデルの P_{ob} と P_f の定義

モデル	P_{ob}	P_f
出会い頭事故	青信号で交差点に進入した車両が、他方から赤信号や黄信号で交差点に進入した車両によって進路を妨害される確率	青信号で交差点に進入した車両が、他方から赤信号や黄信号で交差点に進入した車両の回避に失敗する確率
進路変更巻き込み事故	先行車両が、左折や進路変更した後続車両によって進路を妨害される確率	先行車両が、進路を妨害した後続車両の回避に失敗する確率

量 η t 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、進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 (ν, λ)、(ν, γ) に従うものとする。ワイブル分布のパラメータ ν は分布形を規定するものでここでは正規分布に近い値 ($\nu = 3.5$) 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。

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

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 ν 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

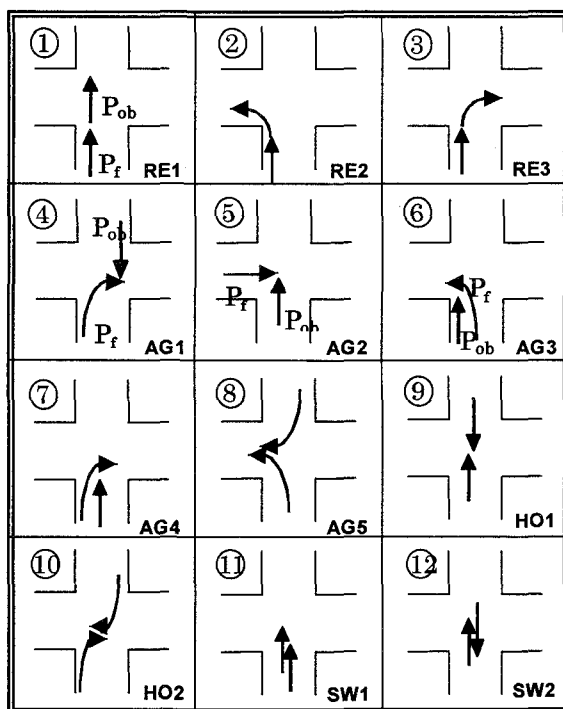
$$P_f = \frac{1}{1 + \exp\left(\sum_h \beta_h x_h\right)} \quad (6)$$

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、事故発生件数の期待値 λ 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目的関数とし、それを最大化するように説明変数の選択と未知パラメータ推定を各モデルごとに行った。

(2) 用いたデータ

本研究の入力データは既存研究¹⁻⁴⁾と同種のものを用いるが、これまでの都内主要交差点116カ所だけではなく、東京都内の事故多発交差点も含めた190カ所の交差点(全て四肢信号交差点)を対象とした。交通事故データベースの構築に当たっては、対象交差点の1992年から1994年の交通事故を対象とし、図-1に示すような事故類型に分類した。本研究のモデル構築の対象はこのうち、出会い頭事故のAG2(141件)と進路変更巻き込み事故のAG3(272件)である。交差点の特徴を示す項目については、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、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



RE-追突; AG-側面衝突; HO-正面衝突; SW-側面接触
(注: AG2については右方向レグからの進入車両との事故類型も含まれている)

図-1 データとして用いた交通事故類型

調査を行うことにより得た。

3. モデルの推定結果とその考察

(1) 推定結果

出会い頭事故の結果を表-2と表-3に、進路変更巻き込み事故の結果を表-4と表-5にそれぞれ示す。これらの変数はt値の大小比較で選択されたものであり、係数が正の場合は事故リスク、つまり P_{ob} と P_f の積を増大させ、係数が負の場合には事故リスクを減少させる要因であることを示す。

また、モデルの適合度を表す指標として尤度比を計算すると、出会い頭事故では0.41、進路変更巻き込

表-2 出会い頭事故のパラメータ推定結果
(P_{ob} に関する要因)

要因	係数	t値
四肢+細道路(有り→1)	1.98	5.00
高架下(有り→1)	1.81	3.98
右折禁止(有り→1)	1.10	1.21
直進右折レーン(有り→1)	0.98	1.44
視距障害(有り→1)	0.96	2.91
中央分離帯(2m以上→1)	0.52	1.24
歩道橋(有り→1)	0.32	1.57
曲線アプローチ(有り→1)	0.21	1.65
構造物障害(有り→1)	0.17	1.51
右方向進入交通量(千台/日)	0.08	2.52
左方向進入交通量(千台/日)	0.08	2.31
右折レーン幅員(m)	-0.05	-1.97
対向進入交通量(千台/日)	-0.06	-4.66
右折交通量(千台/日)	-0.08	-1.18
信号無細道路(有り→1)	-1.35	-2.68
定数	-1.92	-3.04

表-3 出会い頭事故のパラメータ推定結果
(P_f に関する要因)

要因	係数	t値
右左折禁止(有り→1)	0.95	1.78
信号有細道路(有り→1)	0.88	2.95
細道路(有り→1)	0.14	1.60
大型車混入率(%)	0.05	2.80
右折障害	-0.16	-1.57
右折専用レーン(有り→1)	-0.34	-1.31
直進角度(15度以上→1)	-0.59	-1.56
四現示信号制御(有り→1)	-0.68	-1.67
視野(10度以下→1)	-0.70	-2.64
二現示信号制御(有り→1)	-2.12	-5.95
定数	-15.57	-30.64

み事故では0.47となり、良好な結果が得られたといえる。

(2) 結果の考察

ここではパラメータ推定結果より、事故リスクを大きく増減させる要因、即ち係数の絶対値の大きなものを各表からそれぞれ数個ずつ挙げて考察する。

まず、出会い頭事故では交差点付近での信号の無い細街路の存在、右折交通量や対向進入交通量の多さ、二現示信号制御の存在、視野の狭さなどが主に事故リスクを低下させる要因となっている。この結果から推定される状況として、 P_{ob} に関しては、比較的交通量の多い通りを走行する車両が細街路から出てくる車両に進路を妨害されることや、右折交通量や対向進入交通量が多い場合は左右方向から進路を妨害するような形で車両が交差点に入ることが少ないことなどがわかる。また P_f に関して、信号現示により交通制御を細かく行うことや、視野が狭いような交差点ではかえって運転者が注意することによって、出会い頭事故の発生を抑えていることなどがわかる。

表-4 進路変更巻き込み事故のパラメータ推定結果
(P_{oc} に関する要因)

要因	係数	t値
左折視距障害(有り→1)	1.18	3.42
二輪車混入率(%)	1.07	1.54
細道路(有り→1)	0.63	1.83
二現示信号制御(有り→1)	0.55	1.41
土地利用(CBD→1)	0.32	1.85
左折方向レーン数	0.11	3.45
左方向進入交通量(千台/日)	0.03	1.29
直進進入交通量(千台/日)	0.01	4.40
対向右折交通量(千台/日)	0.00	-1.41
フェンス(有り→1)	-0.42	-1.56
視野(10度以下→1)	-1.50	-3.74
信号有細道路(有り→1)	-2.09	-2.14
定数	-3.75	-6.22

表-5 進路変更巻き込み事故のパラメータ推定結果
(P_{if} に関する要因)

要因	係数	t値
進入レーン数	0.42	3.82
進入道路勾配(±3%以上→1)	0.30	1.43
左折角度(105度以上→1)	0.18	1.88
右方向進入レーン数	0.11	1.88
進入速度制限(四段階)	0.00	1.25
大型車混入率(%)	-0.03	-1.70
高架下(有り→1)	-0.29	-1.35
定数	-20.17	-23.49

一方、四肢交差点に細街路がある場合や、交差点が高架下に位置するような場合、右左折が禁止されているような場合には事故リスクが上昇する要因となっている。この結果から推定される状況として、細街路の存在や高架橋下空間の見通しの悪さが、交差点に進入した車両にとって障害となりやすく、進路を妨害しがちなことがわかる。また、右左折を禁止することによって、直進車両の交通量が多くなりそれだけ事故リスクも高まることと解釈できる。

つづいて、進路変更巻き込み事故では、信号のある細街路の存在、視野の妨害、フェンスの存在、高架橋の下であることなどが事故リスクを低下させている要因となっている。この結果から推定される状況として、細街路であるが故に車線数が少なく、先行直進車両が後続の左折車両に巻き込まれること自体が少ないこと、また、視野が狭いことで左折車両に気づくのが遅れて進路妨害をしてしまいがちなこと、高架橋下空間で見通しが悪く妨害車両の回避が困難になること、歩行者の無理な横断を防ぐフェンスの存在により先行車両への進路妨害が少なくなることがわかる。

一方、右左折の視距の障害や進入レーン数、進入道路の勾配が事故リスクを上昇させる要因となっている。これを解釈すると、視距が十分でない場合や車線数が多い場合は、進路変更が起こりやすくまた見通しが利かないため事故が起こりやすい。また進入道路の勾配が一定以上の値を取る場合は、交差点進入スピードは勾配が小さい場合に比べて高すぎたり低すぎることがあることや、サグの存在により視距の確保に悪影響を与えることのため事故リスクが高くなっていると思われる。

4. GISへの基礎的適用とその考察

(1) システムの概要

これまでに作成した事故リスク分析モデルを用いた交差点のリスク診断結果をGISに取り込むことによって、情報の視覚化による分析・診断の有効利用を図ることができる。ここでは、25000分の1スケールの道路網データ、独自調査による道路幅・車線幅・車線数・レグ別交通量・交通規制や交通制御の状況など交差点環境データ、交通事故分析センターによる交通事故データを用いてGISを構築した。そこで、事故リスクの高い交差点の位置確認、事故の要因と交差点地理の関係といった分析を

行った。なお、ここでの検討は2種類の事故類型モデルについて行ったが、本稿では主に出会い頭事故について示す。

(2) 事故リスクの高い交差点の地理的分布

各交差点の事故リスクを表現する指標(PI)を $P_{ob} * P_f * 10^7$ として定義し、前章で得られた事故リスク分析モデルを用いてその値を計算し、地図上にプロットした。出会い頭事故の場合を図-2に、進路変更巻き込み事故の場合を図-3にそれぞれ示す。なお、円が大きいほど高リスクである。

これをみると、出会い頭事故リスクの高い交差点は環状7号線や山手通りなど環状道路に多く存在している。またそれらが国道4号線、17号線、246号線といった放射状幹線道路と交差する部分にも多い。これはそれらの交差点において右左折に制限があったり、立体交差することで高架橋下の見通しが悪い空間を作りだしていることが多い。



図-2 出会い頭事故リスクの高い交差点の分布



図-3 進路変更巻き込み事故リスクの高い交差点の分布

一方、進路変更巻き込み事故リスクの高い交差点は、出会い頭事故の場合より事故件数が多いことから、数が圧倒的に多く、特に環状7号線より内側の都心部交差点と青梅街道沿いに集中して分布している。これらの交差点の多くは左折交通量が23000(台/日)より多い。

(3) 事故リスクへの要因の影響

さて、GISへの適用においては、事故リスク分析モデルにおいて取り込まれた個々の要因を種類別に分けて、事故リスクを増大させるのか、それとも減少させるのかを一覧することもできる。図-4は交通管理に関する要因(信号制御や右左折規制、速度規制など)を取り上げて、それらの要因が事故リスクに対して正の影響を与える場合、つまり事故リスクを増大させる場合を濃い色で、負の影響を与える場合、つまり事故リスクを減少させる場合を薄い色で円グラフにしたものである。なお、円そのものの大きさは図-2等と同様に事故リスクの大きさを示している。これをみると、都心部と都内北部で特に濃い色が多く、都内西部で薄い色が多い。これは前者の交差点ではこのような交通管理に関する要因が事故リスクを増大させているのに比して、後者では減少させているといえる。

ここで挙げた例では信号制御や右左折規制、速度規制などに関する要因のため、信号を置換したり規制を変更するなど比較的短期的に対策を取ることができるであろう。当然、道路の平面線形や縦断線形、幅員などのような地形的要因のような短期的には対策の取ることのできないこともあり、そのような要因の存在も同様の分析によって知ることができる。

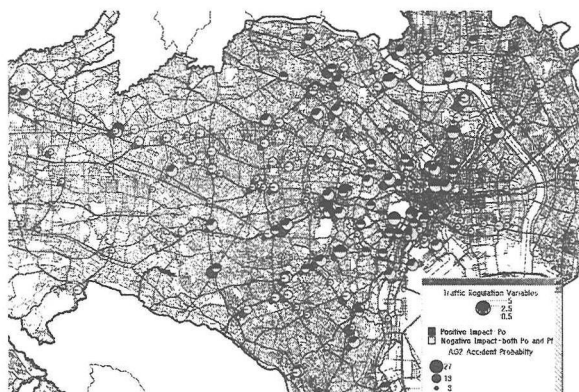


図-4 各交差点の交通管理要因が出会い頭事故リスクに与える影響

5. まとめ

本研究では、先行研究¹⁻⁴⁾においてその事故リスクに影響を与える要因が未だ解明されていなかった出会い頭事故と進路変更巻き込み事故に焦点を当て、事故発生メカニズムをモデル化し、そのようなタイプの事故への対策を講じる際の助けとなることが示された。さらに得られた結果をGIS上に表現することで、地域的な分布や道路種別など様々な地理的要因と交通事故の間の関係について考察することができた。

本研究の成果を活かすことによって、今回対象とした交差点だけでなく一般の交差点においても事故対策マネジメントが容易になるであろう。また将来的には、交通事故データベースを更新し、講じられた交通事故対策施策を継続的に記録したデータを元に、本モデルで再評価することによって、交通安全システムの継続的なモニタリングが可能になる。

本研究は(財)佐川交通社会財団、(社)土木学会・交通事故分析とITSに関する研究小委員会より支援を受けた。また論文審査の過程において、査読者より丁寧かつ有益なコメントを得た。ここに記して謝意を表する。

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) 斉藤功次・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・斉藤功次・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.

出会い頭事故及び進路変更巻き込み事故を対象にした事故リスク分析モデルの構築とその地理情報システムへの適用

コリム=マサド=デワン**・家田仁***・寺部慎太郎****

本研究では、まず出会い頭事故及び進路変更巻き込み事故を対象とした交差点事故リスク分析モデルの構築と改良を行った。そして、東京都内の主要交差点190カ所を対象として、構築されたモデルから得られた交差点リスク診断（安全度評価）の結果をGIS（地理情報システム）を用いた地図データの各交差点上にプロットし、情報の視覚化による分析・評価結果の有効利用を図った。その結果、例えば、出会い頭事故リスクの高い交差点は環状道路やそれらが放射状幹線道路と交差する部分に多いこと、また進路変更巻き込み事故リスクの高い交差点は特に環状7号線より内側の都心部交差点と青梅街道沿いに集中して分布していることなどがわかった。

Modeling Angle Accident Risks at Four-legged Signalized Intersections and Its GIS Application*

By Dewan Md KARIM**・Hitoshi IEDA***・Shintaro TERABE****

In this paper, the risk evaluation model for traffic accident at signalized intersections is developed for two type of angle accident, which are an accident between through vehicles from different crossing legs and an accident between through vehicle and turn oriented vehicle. The parameters of the model are estimated from various data of 190 intersections in Tokyo and the result are plotted on the map in GIS (Geographical Information Systems). Implementation of GIS using existing risk model reveals some important characteristics about angle accident such as high-risk accident intersection lied along the ring road or national highways.
