

交差点における事故リスク推定モデルの構築

岡田 洋晃¹ 吉井 稔雄² 坪田 隆宏³ 白柳 洋俊⁴

¹ 愛媛大学 工学部 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番)
okada.hiroaki.13@cee.ehime-u.ac.jp

² 正会員 愛媛大学教授 大学院理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番)
E-mail:yoshii@cee.ehime-u.ac.jp

³ 正会員 愛媛大学助教 大学院理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番)
E-mail:t.tsubota@cee.ehime-u.ac.jp

⁴ 正会員 愛媛大学講師 大学院理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番)
E-mail:shirayanagi@cee.ehime-u.ac.jp

本稿では、生活道路において発生する交通事故のうち交差点部における交通事故を対象として、500m×500m メッシュのゾーンを単位として、ETC2.0 搭載車両から得られる走行履歴を活用し、生活道路における交通事故リスクを算定し、交差点における事故リスク、すなわち単位交差点通過交通量あたりに期待される交通事故発生件数を推定するモデルを構築した。車両相互事故、自転車対車、人対車および単独事故との事故類型別に交差点事故リスクモデルを推定した結果、交差点サイズ、ゾーンの交通量、ならびに土地利用状況が交差点の事故リスクに有意な影響を与えることを示した。

Key Words: accident risk, residential roads, ETC2.0, probe data

1. はじめに

我が国においては、平成 6 年に約 76 万件であった事故件数が、平成 26 年には 57 万件へと減少¹⁾しており、交通の安全性が向上していることが伺える。一方で、生活道路における交通事故に限れば、その発生件数は、約 14 万件で横ばい状態となっている。また、警察庁の統計²⁾によれば、歩行者・自転車乗車中の死者の約半数が自宅から 500m 以内に集中している。このため、生活道路における事故削減に向けた有効な交通事故対策の実施が求められている。

生活道路における有効な事故対策の実施に向けては、まず第一に生活道路における事故発生の状況を把握することが必要であることから、本稿では、生活道路における事故の起こりやすさ（以下、“事故リスク”）を評価算定する。なお、交通事故は、単路部で発生する事故と交差点で発生する事故とに大別されるが、生活道路を含むエリアにおいては、交差点における事故が多発していることから、生活道路での事故を交差点部とそれ以外の単路部で発生する事故とに区別し、以下では、交差点部において発生する事故を対象を絞り、生活道路の交差点事故発生リスクに影響を与える要因を抽出するための事故リスク推定モデルの構築を試みる。

2. 分析方法

本研究では、松山市中心部の道路ネットワークを 500m×500m のメッシュ（以下「ゾーン」）に区切り、

各ゾーン単位で、交差点部の事故として記録されている事故を対象に事故リスクを評価する。事故リスクは、通常 1 億台キロ当たりの事故件数を持って評価されるが、本分析では、単位交差点通過車両台数あたりの事故件数を以て評価する。また、生活道路の交通量については、感知器などによる定点観測データが存在しないため、ETC2.0 の走行軌跡データを利用し、同データによる交通量を拡大するリンク交通量推定モデルを構築し、同モデルを用いて各リンクのリンク交通量を推定し、各交差点の通過車両台数を算定する。なお、以下の分析では、車両相互、車両対自転車、車両対人、および車両単独の 4 つの事故類型別に交通事故リスク推定モデルを構築する。

3. 分析対象ネットワークと分析に使用するデータ

(1) 分析対象道路ネットワーク

道路ネットワークデータには、平成 24 年 3 月に発行された DRM データを使用する。分析対象地域は愛媛県松山市中心部の 5km 四方とする。本研究では、道路構造要因、居住人口特性、土地利用特性等の要因を考慮した事故リスク分析をゾーン単位で行うため、DRM データと 500m 四方の 4 次メッシュを掛け合わせることで対象地域を 100 ゾーンに分割した。図 1 に、分析対象道路ネットワーク図を示す。

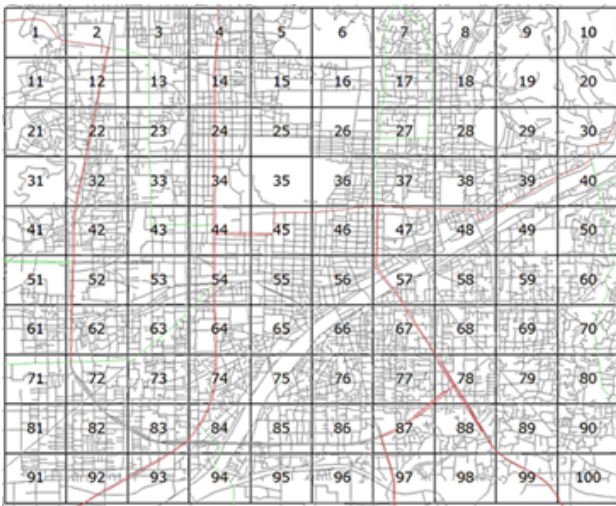


図-1 100ゾーンで構成される分析対象道路ネットワーク

(2) 道路データ

DRM データでは、道路の幅員が“13.0m 以上”，“5.5m 以上 13.0m 未満”，“3.0m 以上 5.5m 未満”に 3 分類されているが、本研究では、車線数が 4 車線以上の道路を“幅員大”，車線数が 4 車線未満で幅員 5.5m 以上 13.0m 未満の道路を“幅員中”，車線数が 4 車線未満で幅員 3.0m 以上 5.5m 未満の道路を“幅員小”と定義し、分析を行う。表-1 には、分析対象とした松山市中心部 5km×5km における各幅員の道路総延長を示す。

交差点については、交差する道路の幅員の組み合わせによって、幅員大と幅員大の道路が交差する交差点を“交差点大大”，幅員大と幅員中が交差する交差点を“交差点大中”，以下同様に，“交差点大小”，“交差点中中”，“交差点中小”，“交差点小小”と定義する。表-2 には、対象エリア内に存在する各交差点の数を示す。

(3) 交通事故データ

事故データについては、平成 23 年 1 月 1 日から平成 25 年 12 月 31 日に発生した人身事故を分析対象とする。同データは、交通事故の発生日時、発生場所、車道幅員、路面状態等の情報が含まれる。同データにおける発生場所情報は、ジオコーディングすることで緯度・経度を算出し、分析対象地域の 100 メッシュ毎に集計を行う。

(4) 交通量データ

各リンクの交通量は、ETC2.0 搭載車両から得られる走行履歴データを用いて推定する。ETC2.0 搭載車両の走行履歴データ収集期間は、平成 27 年 4 月 1 日から平成 28 年 3 月 31 日の 1 年間である。

(5) 地域特性データ

各ゾーンの特性を示す指標としては、以下のデータを

用いる。

- 人口総数（人），
- 世帯総数（世帯），
- 14 歳以下人口（％），
- 15 歳以上 24 歳以下人口（％），
- 25 歳以上 64 歳以下人口（％），
- 65 歳以上人口（％），
- 事務所数（所）
- 従業員数（人）
- 住居系地域割合（％）
- 商業系地域割合（％）
- 工業系地域割合（％）
- 病院・福祉施設数（箇所）
- 駅・バス停（箇所）

居住人口データとしては、平成 22 年度国勢調査データを用いて集計した。事業所数・従業者数は平成 24 年度経済センサスデータを用いてメッシュごとに集計した。また、住居系・商業系・工業系といった用途別の地域割合や、病院・福祉施設や駅・バス停等の施設数については国土数値情報データの情報をを用いて集計した。

表-1 幅員別道路延長

車道幅員	道路延長 (m)
幅員大	55,088
幅員中	78,264
幅員小	521,394
合計	654,746

表-2 対象交差点数

交差点形状	箇所数
交差点大大	9
交差点大中	65
交差点大小	370
交差点中中	73
交差点中小	988
交差点小小	4,700
合計	6,205

4. リンク交通量の推定

事故リスクを評価算定するためには、被曝量、すなわち交通量を明らかにする必要がある。しかしながら、一部の幹線道路を除いては交通量を計測するセンサーインフラが設置されていないため、常時交通量を観測することは不可能である。そこで、本研究では、ETC2.0 搭載

車両の走行奇跡データを用いて、同車両による各リンクの通行実績に基づいて、全車両の交通量を推定する。

(1) 生活道路における交通量観測調査

図-2 に示す 5 つのエリアにおいて、東西及び南北を横断するスクリーンラインを設け、交通量観測調査を実施した。同エリアは幹線道路の有無や人口、事務所数等のバランスを考慮して選定した。エリア A における観測地点を図-3 に示す。以下の分析では、観測交通量については平成 28 年 9 月における平日 1 日の断面交通量を、ETC2.0 搭載車両の交通量については平成 28 年 9 月の平日（合計 20 日）分を用いて、ETC2.0 の交通量を全車両の交通量へと拡大する交通量推定モデルを構築する。

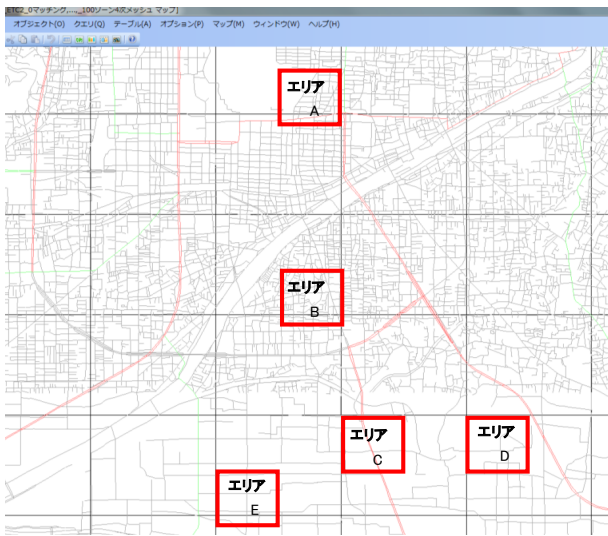


図-2 交通量観測調査の実施エリア



図-3 交通量観測調査実施地点（エリア A）

(2) 生活道路におけるリンク交通量の推定

図-4 には、20 日間合計の ETC 車両通行回数と観測日交通量の関係を示す。これらのデータを用いて、式(1)の線形回帰モデル式を用いて、ETC 交通量から全車両の交通量を推定するモデル式を求めた。モデル推定結果を表-3 に示す。以下では、100 のゾーンそれぞれにおい

て、同モデルを用いて推定された各リンクのリンク交通量を集計し、リンク交通量から各交差点の通過交通量を求めて、ゾーン単位での交差点事故リスクを推定する。

$$q = a_0 + a_1 N_E + a_2 D N_E + a_3 D \quad (1)$$

N_E : ETC 交通量(台/日)

q : 観測交通量(台/日)

D : 幅員ダミー (1 : 幅員中, 0 : 幅員小)

表-3 リンク交通量推定モデルの推定結果

説明変数	係数	標準誤差	t	P-値
切片	778.2	293.3	2.653	0.011
ETC 交通量	2002.3	540.7	3.703	0.001
ETC 交通量*幅員ダミー	-1587.4	546.4	-2.905	0.005
幅員ダミー	5310.0	839.1	6.328	0.000

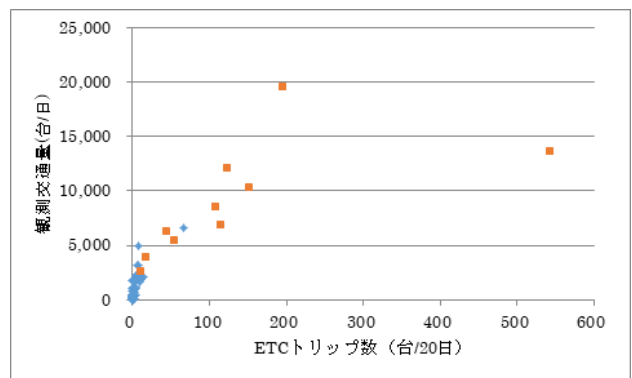


図-4 観測交通量と ETC2.0 トリップ数の関係

5. 交差点部における交通事故リスク推定モデル

(1) 交差点部における交通事故リスク推定モデル

交差点部における事故リスク推定モデルの構築に際しては、車両相互・自転車対車・人対車・単独の 4 種類の別に、各ゾーンにおける交差点部の事故類型別事故リスクを推定するモデルの構築を行う。なお、交差点部事故リスク推定モデルの事故リスク原単位には、交差点交通量を用いる。

ここで、交通量が事故リスクに影響を与えると考え、各ゾーンの類型別事故件数が走行台キロのべき乗に比例するとし、式(2)を用いて決定係数（以下“R2 値”）が最大となる累乗の値を算定した。k = 0, 0.1, 0.2, ..., 1.0 の値を設定して R2 値を求めた結果、各事故類型の別に R2 値を最大とする k の値を表-4 に示す。

$$N_{yi} = aL_y^k \quad (2)$$

N_{yi} : ゾーン y 内における事故類型 i の事故件数 (件/日)

L_y : ゾーン y 内単路部の総走行台キロ (億台キロ/日)

a: 未知パラメータ

表-4 事故件数と総走行台キロの関係

事故類型	k	R2
車両相互	0.5	0.69
自転車対車	0.5	0.72
人対車	0.6	0.30
単独	0.3	0.26

以上、ゾーン内交差点部の車両相互ならびに自転車対車の事故リスクは同ゾーンの総走行台キロの-0.5 乗、人対車の事故リスクは-0.4 乗、単独事故の事故リスクは-0.7 乗に比例して、交通量の増加とともに小さくなるとの結果が得られた。

同結果を踏まえて、式(3)を用いて、事故類型別にゾーン内交差点部における事故件数を大大交差点、大中交差点、中中交差点、中小交差点、小小交差点、および全交差点の合計交通量を用いて説明するモデルを構築する。

$$\begin{aligned}
 N_{iy} = & (a_0 + a_1x_{1i} + \dots + a_lx_{li}) \frac{L_{i1}}{L_{i6}^{1-k}} \\
 & + (b_0 + b_1x_{1i} + \dots + b_mx_{mi}) \frac{L_{i2}}{L_{i6}^{1-k}} \\
 & + (c_0 + c_1x_{1i} + \dots + c_nx_{ni}) \frac{L_{i3}}{L_{i6}^{1-k}} \\
 & + (d_0 + d_1x_{1i} + \dots + d_ox_{oi}) \frac{L_{i4}}{L_{i6}^{1-k}} \\
 & + (e_0 + e_1x_{1i} + \dots + e_px_{pi}) \frac{L_{i5}}{L_{i6}^{1-k}} \\
 & + (f_0 + f_1x_{1i} + \dots + f_q) \frac{L_{i6}}{L_{i6}^{1-k}} \quad (3)
 \end{aligned}$$

$L_{i1} \sim L_{i6}$: ゾーン i 内の大大 (i1) , 大中 (i2) , 中中 (i3) , 中小 (i4) , 小小 (i5) および全交差点 (i6) の交通量

x : 事故リスクに影響を与える要因

a~f : パラメータ

(2)事故リスク推定結果

車両相互事故、自転車対車、人対車および単独事故の、の交差点事故リスク推定結果を表5~表8に示す。

表4、表5に示すように、交差点部における車両相互事故件数は、交通量の-0.5 乗に比例し、住居系地域割合の増加とともに事故リスクが低減するとの結果が得られた。また、交差点サイズ別の事故リスクに有意な差は認められなかった。

表4、表6に示すように、交差点部における自転車対車の事故リスクは、交通量の-0.5 乗に比例し、病院・福

表5 車両相互事故の交差点事故リスク推定結果

説明変数等	偏回帰係数	T	P-値
全交差点交通量	0.25	12.67	0.00*
住居系地域割合(10%)*全交差点交通量	-0.01	-3.99	0.00*
データ数		100	
R2		0.76	
修正 R2		0.75	

*:5%有意

表6 自転車対車事故の交差点事故リスク推定結果

説明変数等	偏回帰係数	T	P-値
病院・福祉施設数*中中交差点交通量	-0.28	-2.96	0.00*
幹線道路延長(km)*中中交差点交通量	1.56	4.36	0.00*
全交差点交通量	0.06	8.04	0.00*
病院・福祉施設数*全交差点交通量	0.01	2.49	0.01*
事業所数(100所)*全交差点交通量	0.02	7.49	0.00*
データ数		100	
R2		0.89	
修正 R2		0.87	

*:5%有意

表7 人対車事故の交差点事故リスク推定結果

説明変数等	偏回帰係数	T	P-値
病院・福祉施設数*中中交差点交通量	-0.23	-4.98	0.00*
事業所数(100所)*中中交差点交通量	0.27	9.31	0.00*
病院・福祉施設数(10所)*全交差点交通量	0.05	2.35	0.02*
事業所数(100所)*全交差点交通量	0.01	7.00	0.00*
住居系地域割合(100%)*全交差点交通量	0.02	2.95	0.00*
データ数		100	
R2		0.86	
修正 R2		0.85	

*:5%有意

表8 車両相互事故の交差点事故リスク推定結果

説明変数等	偏回帰係数	T	P-値
大中交差点交通量	0.02	4.48	0.00*
住居系地域割合(100%)*大中交差点交通量	-0.02	-2.68	0.01*
幹線道路延長(km)*中中交差点交通量	0.07	3.01	0.00*
事業所数(100所)*中中交差点交通量	0.01	2.04	0.04*
工業系地域割合(10%)*中中交差点交通量	-0.05	-2.68	0.02*
データ数		100	
R2		0.50	
修正 R2		0.47	

*:5%有意

福祉施設数の増加に伴ってわずかに大きくなること、また事業所数の増加に伴って大きくなるとの結果が得られた。ただし、中中交差点の事故リスクは他のサイズの交差点との比較において、ゾーン内幹線道路の延長に比例して大きくなり、病院・福祉施設数の増加に伴っては小さくなるとの結果が得られた。

表4、表7に示すように、交差点部における人対車の事故リスクは、交通量の-0.4 乗に比例し、病院・福祉施設数、事業所数ならびに住居系地域割合の増加に伴って高まるとの結果が得られた。さらに、中中交差点においては、その他の交差点との比較において、事業所数の増加によってさらに事故リスクが高まり、病院・福祉施設数が増加すると逆に事故リスクが低減されるとの結果が得られた。

表4、表8に示すように、交差点部における単独事故の事故リスクは、交通量の-0.7 乗に比例し、幅員大の幹線道路と幅員中の生活道路が交差する大中交差点の事故リスクが高くなること、また、同事故リスクは住居系地

域割合の増加に伴って減少するとの結果が得られた。さらに、幅員中の道路と幅員中の道路が交差する中中交差点において、幹線道路延長、事業所数さらには工業系地域割合の増加に伴って事故リスクが増大する、との結果が得られた。なお、大中交差点、中中交差点以外のサイズの交差点交通量は事故件数に有意な影響を与えない、すなわち、大中交差点、中中交差点以外のサイズの交差点事故リスクは極めて小さい、との結果が得られた。

6. おわりに

本稿では、生活道路における交差点事故リスクの要因分析を行い、車両相互事故、自転車対車、人対車および単独事故との事故類型別に交差点事故リスクに影響を与える要因を分析し、交通量、交差点サイズや土地利用状況が交差点の事故リスクに有意な影響を与えることを示した。ただし、プローブデータを用いた推定交通量に基

づく分析手法を用いた。今後は、実交通量観測に基づく事故リスク値と本分析手法によって算定される事故リスクとを照合し、本分析手法の妥当性を検証する。

謝辞：本研究は、国土技術政策総合研究所の委託研究、道路政策の質の向上に資する技術研究開発「交通事故リスクマネジメント手法の研究開発」において実施した。ここに研究に支援下さった関係各位に謝意を示します。

参考文献

- 1) 警察庁交通局：平成 28 年における交通事故の発生状況，2017
- 2) 下村静喜，交通事故リスクアセスメント～生活道路における交通安全対策～，平成 27 年第 18 回 交通事故・調査分析研究発表会，2015