

ETC2.0 データを活用した 生活道路の交通事故リスク分析

坪田 隆宏¹・山本 篤志²・吉井 稔雄³・倉内 慎也⁴

¹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

²正会員 奈良県吉野土木事務所 (〒639-3111 奈良県吉野郡吉野町上市 2150-1)
E-mail:yamamoto.atsushi.11@gmail.com

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

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

生活道路とは、主に地域住民が居住地から幹線道路に出るまでに利用するアクセス道として整備されており、一般に車線幅員が狭く、無信号交差点が多いなどの特徴を有する。それ故、交通事故の危険性が高いと推察されるが、センサーインフラの不足から交通量の把握が困難であり、交通事故リスクの把握が容易ではなかった。一方、近年はプローブ技術の進展により生活道路における車両走行の実態把握が可能となった。そこで本研究では、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の算定と要因分析を行なう。具体的には、はじめに ETC2.0 搭載車の観測台数を用いて全車両交通量を推定する方法を構築する。続いて、愛媛県松山市中心部を対象に 500m 四方メッシュ単位での生活道路事故リスクを事故類型別に算出する。最後に、重回帰モデルを用いて各メッシュ単位での生活道路における交通事故リスクの要因分析を行う。分析の結果、幹線道路付近の地域や事業所数の多い地域、学生や生産年齢人口の多く居住する地域において交通事故リスクが高まる傾向が明らかになった。

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

1. はじめに

(1) 背景

我が国における交通事故件数の長期的推移¹⁾を見ると、平成 16 年の約 95 万件をピークに経年的に減少傾向を示している。この間にも自動車保有台数、及び自動車走行台キロは共に一貫して増加傾向にあることを考え合わせると、全国的にみた場合、交通事故安全対策が一定の効果を示していると言える。

一方で、生活道路の事故件数には大きな変化がみられない。下村²⁾によると、平成 6 年と平成 26 年における交通事故件数を比較した場合、全事故件数は 20 年間で 25%減少したにも関わらず、生活道路においては何れの年も 14 万件程度の交通事故が発生している。また、我が国における交通事故死者数を、事故発生時の状況別に見た場合、歩行中、または自転車乗用中の交通事故死者数が全交通事故死者数の約 4 割を占め、そのうちの約 6 割の事故が自宅から 500m 以内で発生している³⁾。これらのことより、居住空間に近い生活道路での交通事故危険性が非常に高い状態にあることが推察され、効果的な

事故対策が喫緊の課題となっていると言える。

生活道路とは住宅地域や商業地域内の比較的狭幅員の道路を指す⁴⁾。これらの道路は、当該地区内において居住や活動する人々が、地区内での移動、あるいは地区内と幹線道路との接続に利用する目的で整備されており、幹線道路のように車両を多く通行させる目的では設計されていない。その為、車道幅員が狭く、無信号交差点が多いなどの特徴を有する。それにも関わらず、幹線道路における交通渋滞や赤信号を避け生活道路を抜け道として利用する車両が多く存在しており⁵⁾、生活道路における効果的な交通事故対策が必要と考えられる。

事故対策を実施する際には、過去の事故発生状況を分析し、交通事故発生リスク（以下、事故リスク）を高める要因を特定した上で、それらを除去することが効果的であると言える。幹線道路のような高規格の道路においては、車両感知器や道路交通センサなどの交通調査から交通量を把握可能であるため、交通事故件数を交通量で基準化することで事故リスクを算出し、事故発生への影響要因を特定することが可能である^{6),7),8)}。しかしなが

ら、生活道路においては交通センサーインフラが十分に設置されておらず、交通量を把握することが困難であることから、生活道路を対象とする既往の交通事故分析では事故リスクの算定が容易ではなく、事故リスク要因の把握には至っていなかった。

一方、近年のプローブ技術の発展に伴い、民間プローブカーや ETC2.0 搭載車等から得られる走行履歴情報を活用し、生活道路の交通実態の把握と、それに基づく事故リスク算定の試みが為されつつある。先駆的な報告として、香川県高松市の非センサ対象区間を生活道路と定義して事故リスクの算定と要因分析を試みた事例⁹⁾が挙げられる。ここではプローブカーの走行台キロをプローブカー混入率を用いて拡大することで生活道路の走行台キロを推定している。しかし、データの制約上、センサリンクを対象に推定されたプローブカー混入率を生活道路に対しても適用している点が課題として挙げられる。

そこで本研究では、生活道路を対象に実施された交通量調査結果に基づき、ETC2.0 搭載車の走行履歴データを活用して交通量の推定を行なう。それによって、生活道路での事故リスクを事故類型別、すなわち車両相互事故、自転車対車両事故、歩行者対車両事故に対して算出し、事故リスクに影響を与える要因を特定することを目的とする。なお、本研究で車両と呼称する場合は、四輪自動車を指すものとする。また、生活道路の明確な定義は存在しないが、本研究ではデジタル道路地図データ（以下、DRMデータ）において幅員 13.0m 未満と区分される道路を生活道路、幅員 13.0m 以上の道路を幹線道路と定義する。

2. 分析方法

(1) 生活道路事故リスクの定義

生活道路は幹線道路に比して約 6 倍の道路延長¹⁰⁾を有し、広域に分布しているため、交通安全対策を検討する際には個々のリンクに対してではなく、一定の面積を持ったゾーン単位の面的な対策が一般的である⁴⁾。従って、事故リスク要因分析においても、リンクや路線単位ではなく、面的な広がりを持ったエリアを対象に、事故危険性の高い地域の特徴を把握することは、対策の優先順位や施策を検討する上で有用と考えられる。

そこで本研究においては、500m 四方のメッシュ単位で事故リスクを算定し、各メッシュの特性指標を用いて事故リスク要因を特定する。メッシュ毎の事故件数を走行台キロによって除することで基準化した値を事故リスクと定義し、式(1)により算定する。

$$R_{ij} = \frac{N_{ij}}{L_i} \times 10^8 \quad (1)$$

ここで、

R_{ij} : メッシュ i における事故類型 j の事故リスク [件/億台・km]

N_{ij} : メッシュ i で分析対象期間中に発生した事故類型 j の事故件数 [件]

L_i : メッシュ i における分析対象期間中の生活道路走行台キロ [台・km]

である。なお、生活道路走行台キロ L_{ij} の推定方法については第 3 章にて詳述する。

(2) 事故リスクに影響を与える要因

事故リスクは、メッシュ毎の道路特性や土地利用特性、年齢別人口など多くの要因に応じて変動すると考えられる。本研究では以下に示す要因に着目して、メッシュ毎の事故リスクに影響を与える要因を特定する。

a) 道路構造要因

各メッシュ内の道路構造によって走行特性も異なり、事故発生にも影響を及ぼすと考えられる。本研究では道路構造に関わる指標として、メッシュ内の交差点密度、および幹線道路延長を考慮する。

b) 居住人口特性

メッシュ内に居住する人口規模や年齢別人口に応じて事故の発生傾向が異なると考えられる。本研究では人口特性に関わる指標として、メッシュ毎の総人口、および年齢別人口を考慮する。

c) 土地利用特性

土地利用が異なると、当該メッシュの利用者や車種構成、及び交通状況が変化すると考えられる。本研究では土地利用特性として、メッシュの居住系地域割合や商業系地域割合、及び事業所数等を考慮する。

(3) 交通事故リスク算定モデル

メッシュ i における事故類型 j の交通事故リスク R_{ij} を目的変数、交通事故リスクに影響を与える要因を説明変数として重回帰モデルを構築する。式(2)に本研究で扱うモデル式を示す。

$$R_{ij} = \alpha_j + \sum_k \beta_{jk} x_{ik} \quad (2)$$

ここで、

x_{ik} : メッシュ i の k 番目の特性指標

α_j, β_{jk} : 事故類型 j に対する未知パラメータとする。

3. 生活道路走行台キロの推定

(1) 生活道路走行台キロの推定方法

本研究では ETC2.0 搭載車の生活道路リンクにおける総走行距離を用いて、生活道路を走行する全車両の走行台キロを推定する。具体的には、複数の生活道路リンクにおいて実施された平日 24 時間の交通量調査結果と、

同リンクで観測された ETC2.0 搭載車交通量より、式(3)と式(4)に示すような線形式を推定する。なお、道路幅員によって ETC2.0 搭載車の混入率が異なると考えられる。よって、生活道路を幅員別に2分類し、幅員 5.5m 以上 13.0m 未満の道路を広幅員、幅員 5.5m 未満の道路を狭幅員として、それぞれに対して線形式を推定する。

$$Q^w = a^w q^w + b^w \quad (3)$$

$$Q^n = a^n q^n + b^n \quad (4)$$

ただし、

Q^w, Q^n : 広幅員, 狭幅員の交通量[台/日]

q^w, q^n : 広幅員, 狭幅員の ETC2.0 搭載車交通量[台/日]

a^w, b^w, a^n, b^n : 未知パラメータ

である。

(2) 使用データ

a) 交通量データ

愛媛県松山市内の生活道路を含む複数路線で平成 28 年 9 月に実施された交通量調査結果を用いる。交通量調査は、異なる特性を有する 5 つのエリアにおいてスクリーンライン調査によって実施された。エリアは幹線道路の有無や人口、事業所数等の指標を基に選定された。調査では各エリアを東西、および南北に分割するスクリーンラインを設け、そこを横断する平日 24 時間の交通量を簡易トラカン、またはビデオ撮影により計測した。調査結果は合計 56 断面で得られ、内訳は広幅員道路 10 断面、狭幅員道路 46 断面であった。

b) ETC2.0 搭載車交通量データ

式(3)、式(4)に示す線形式を推定するため、交通量調査実施日を含む平日 20 日間において、交通量調査断面を走行した ETC2.0 搭載車交通量を集計し、断面毎に日平均交通量を算出した。

(3) 分析結果

観測交通量と ETC2.0 搭載車交通量の関係を、道路の幅員別に示したグラフを図-1 に示す。これらの散布図より線形近似によって得られた回帰式の推定結果を表-1 に示す。広幅員道路交通量の推定式については、ETC2.0 交通量が有意水準 5%で棄却される結果となっているが、P値は0.051であり、やや有意な傾向が認められる為、本推定結果を以降の分析に用いるものとする。なお、推定式の切片については、ETC2.0 の走行履歴データが蓄積される際、個人情報保護の観点から走行開始と終了地点の概ね半径 500m のデータが削除されているという特性によるものと考えられる。すなわち、データ上の ETC2.0 搭載車交通量がゼロの場合であっても、当該メッシュを起終点に持つ交通量が存在することを示してい

る。

線形回帰式の推定結果により、式(5)を用いて生活道路の走行台キロを推定する。

$$L_i = 414.94l_i^w + 2002.3l_i^n + 6866.41 \quad (5)$$

ただし、

l_i^w, l_i^n : 分析対象期間中にメッシュ*i*で観測された広幅員道路、及び狭幅員道路における ETC2.0 搭載車の総走行距離[台・km]

である。

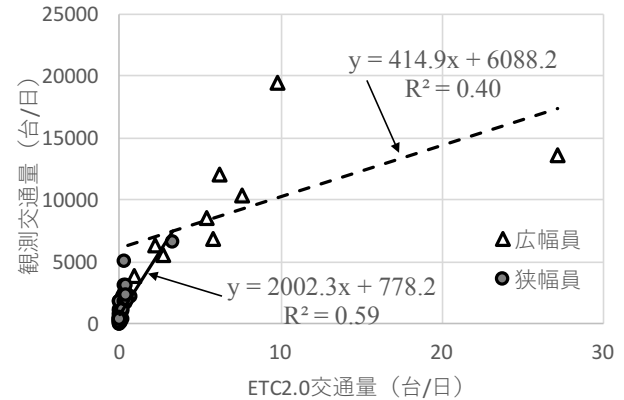


図-1 観測交通量と ETC2.0 交通量の比較

表-1 幅員別の生活道路交通量推定式

説明変数	広幅員		狭幅員	
	係数	P 値	係数	P 値
ETC2.0 交通量[台/日]	414.9	0.051	2002.3	0.000*
定数項	6088.2	0.010*	778.2	0.000*
サンプル数	10		46	
重決定数 R ²	0.40		0.59	

*: 有意水準 5%

4. 生活道路事故リスクの算定

(1) 分析対象地域

本研究の分析対象地域は、図-2 に示すとおり、愛媛県松山市中心部の 5km 四方の範囲に含まれる生活道路とする。事故リスクは 500m 四方のメッシュ単位で算定される為、合計 100 メッシュが分析対象となる。

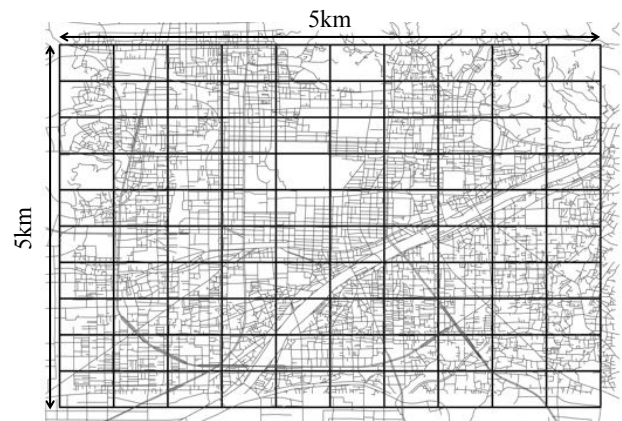


図-2 愛媛県松山市中心部の 100 メッシュ

(2) 使用データ

a) 交通事故データ

平成 23 年から平成 25 年の 3 年間に分析対象地域で発生した交通事故に関して、愛媛県警の交通事故原票に基づく人身事故データを使用する。同データには事故発生時の日時、発生場所、道路形状や車道幅員、ならびに事故当事者情報等が記録されている。

本研究で対象とする生活道路で発生した事故を抽出するに際して、事故発生場所の住所、ならびに車道幅員情報を使用した。具体的には、事故発生場所の幅員情報から幅員 13.0m 未満の単路部、ならびに幅員 13.0m 未満の道路が交差する交差点で発生した事故を抽出した。また、事故発生場所の住所から緯度・経度を算出し、分析対象地域の 100 メッシュに対応させることでメッシュ毎の事故件数を集計した。抽出された 3,457[件/3年]の事故を分析対象とする。事故類型別の内訳は表-1 に示す通りである。

表-1 類型別事故件数

	車両相互	自転車 対車両	歩行者 対車両	合計
件数[件/3年]	2,181	940	336	3,457
割合	63.1%	27.2%	9.7%	

b) ETC2.0 走行履歴データ

平成 27 年 4 月から平成 28 年 3 月の 1 年間（平日 246 日間）に収集された ETC2.0 走行履歴データを用いた。走行履歴データとは、ETC2.0 搭載車両の緯度・経度や時刻等の情報を含む点列データであり、車両が概ね 200m 走行毎、または進行方向が 45 度以上変化した際に記録される。走行履歴データは DRM リンクにマッチング処理が行われており、道路幅員情報との紐付けが可能となっている。従って、メッシュ毎に生活道路の走行履歴データのみを抽出し、広幅員道路と狭幅員道路に分けて ETC2.0 搭載車の総走行距離を算出し、式(5)により走行台キロを推定した。なお、式(5)によって推定された走行台キロは平日 246 日分の値となる為、事故データの収集期間である 3 年間、すなわち 1,096 日分に拡大して事故リスクの算出に使用した。

c) 道路ネットワークデータ

道路ネットワークデータとして、平成 24 年度版 DRM データを使用した。道路リンクの幅員種別情報を用いて、メッシュ毎に生活道路と幹線道路の道路延長、ならびに生活道路同士の交差点数を集計した。

c) 居住人口データ

居住人口データとして、平成 22 年度国勢調査データ

を用いてメッシュ毎に総人口、および年齢別人口を集計した。

d) 土地利用データ

土地利用データとしては、平成 24 年度経済センサスデータよりメッシュ毎の事業所数を集計した。また、国土数値情報データより住宅系地域割合を得た。

(3) 生活道路事故リスクの算定結果

生活道路事故リスクの算出結果に基づきメッシュ毎に塗り分けて視覚化した結果を図-3 に示す。事故リスクの算出対象はメッシュ内の生活道路で発生した全人身事故となっている。なお、図中で太線で描画されているリンクは幹線道路を示している。幹線道路周辺や、繁華街等の商業系地域を含むメッシュで事故リスクが高まる傾向にあることが読み取れる。

分析対象地域 100 メッシュに含まれる生活道路全体での平均事故リスクは 217 [件/億台キロ]となった（図-4）。全国のセンサスリンクを対象に平成 20 年に算出された事故リスクは 103[件/億台キロ]とされており、本研究の算出では、生活道路は 2 倍以上の事故リスクを有する結果となった。生活道路の幅員別に見ると、広幅員道路で 213 [件/億台キロ]に対し、狭幅員道路では 232 [件/億台キロ]となり、幅員が狭いほど事故リスクの高まる傾向が見られる。

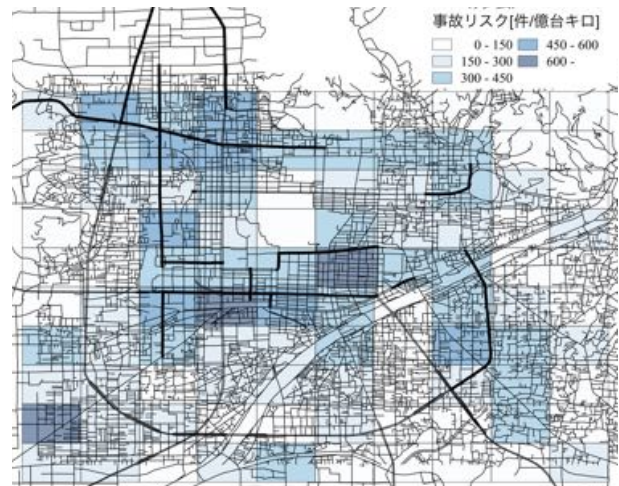


図-3 全事故類型の生活道路事故リスク空間分布

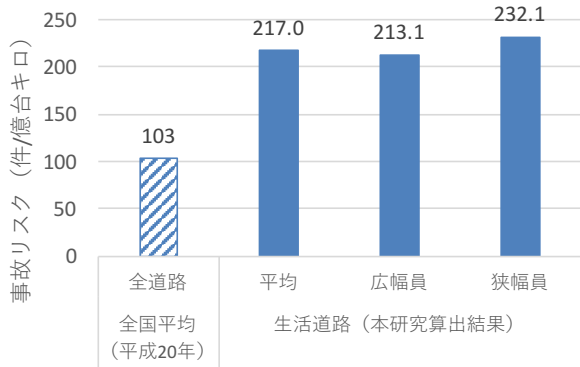


図-4 生活道路と全道路の事故リスク比較

事故類型別に事故リスクの空間分布を視覚化した結果を図-5 から図-7 に示す。なお、色の凡例は共通のものを使用している。車両相互と自転車対車両の事故については、幹線道路周辺のメッシュで事故リスクが高くなっている傾向が見られる。一方、歩行者対車両に関しては、特定のメッシュのみにおいて際立って事故リスクが高くなっている。これはオフィスを含む繁華街エリアであり、歩行者と自動車の錯綜が多く発生しており事故リスクを高める要因になっていると考えられる。

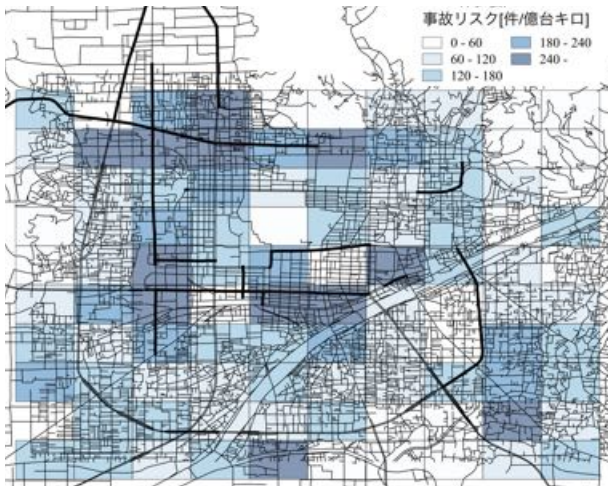


図-5 車両相互の生活道路事故リスク空間分布

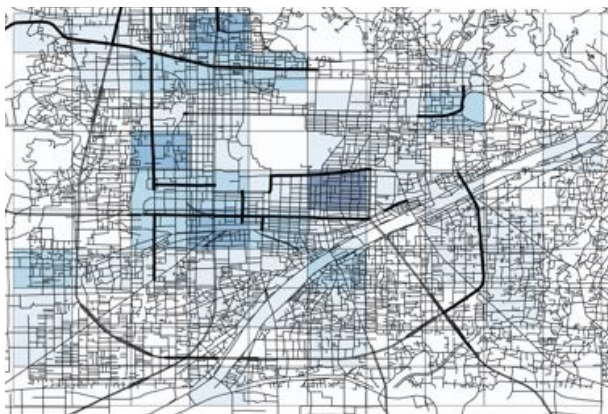


図-6 自転車対車両の生活道路事故リスク空間分布

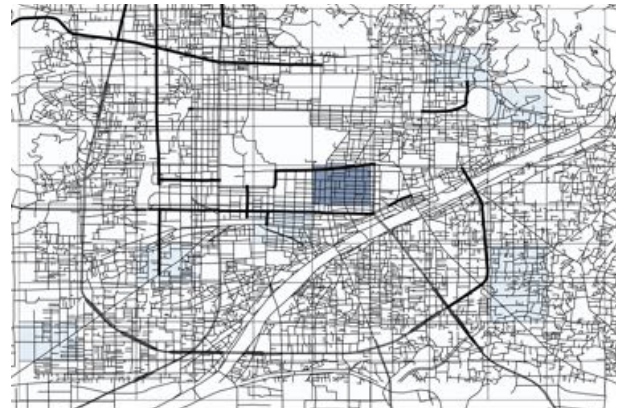


図-7 歩行者対車両の生活道路事故リスク空間分布

(4) 事故リスク要因分析結果

最後に、式(2)に示す重回帰モデルを用いて、類型別に事故リスク要因分析を行なった。説明変数は、メッシュ毎の道路延長(幹線, 生活道路別), 交差点密度(幹線道路, 生活道路別), 年齢別人口割合(14歳以下, 15歳以上24歳以下, 25歳以上64歳以下, 65歳以上), 事業所数, 学校数, 用途地域割合(住宅系地域割合, 商業系地域割合, 工業系地域割合)を考慮した。重回帰モデルのパラメータ推定結果を表-2 に示す。なお、ここでは何れかの事故類型において有意となった説明変数のみを示す。

表-2 事故リスクモデル推定結果

説明変数	事故類型別偏回帰係数		
	車両相互	自転車対車両	歩行者対車両
幹線道路延長[m]	0.20*	0.09*	-
交差点密度[箇所/km]	-	4.09*	-
15歳以上24歳以下人口[人]	-	0.04*	-
25歳以上64歳以下人口[人]	0.07*	-	-
事業所数[箇所]	0.17*	0.14*	0.21*
居住系地域割合[%]	-	-	0.23*
サンプル数	100		
修正 R ²	0.51	0.63	0.63

*: 有意水準 1%

まず車両相互事故に着目すると、推定結果から幹線道路近くの事業所が集中している地域で事故リスクが高まる傾向にあることが分かる。幹線道路延長が大きいほど事故リスクが高まる点については、幹線道路から生活道路への車両が流入する際に、事故が発生している可能性が考えられる。すなわち、ドライバーが道路規格の変化に気付かず、スピード超過のまま生活道路へ侵入し、事故につながっていると推察される。25歳以上64歳以下の生産年齢人口が多いほど、また事業所数が多いほど事故リスクが高まる理由については、出勤や帰宅時の交通集中によって事故危険性が高まっていると考えられ

る。このような地域は、自動車通勤者の発着点になっており、交通量が集中する時間帯が存在すると想定され、交通集中による混雑によって事故リスクが高まっていると考えられる。

自転車対車両事故について、幹線道路近くの学生人口が多く居住する地域や事業所数の多い地域、中でも道路延長に比して交差点の多い地域で事故リスクが高まる傾向にあることが分かる。幹線道路と事業所数が事故危険性を高める理由については、車両相互事故の場合と同様のケースが想定される。15歳以上24歳以下は高校生や大学生等の学生人口であり、多くの場合、通学に自転車を利用していることが考えられ、それが自転車対車両事故のリスクを高めていると想定される。また、交差点密度が正に有意な影響を及ぼす点については、交差点の見通しの悪さが事故リスクを高める要因になっていると考えられる。

最後に、歩行者対車両の事故を見ると、居住系地域割合と事業所数が正に有意となり、地域の土地利用方法によって事故リスクが変化するという結果となった。これは道路構造要因や居住者年齢等の要因が影響していないという点で他の事故類型と異なっている。居住系地域割合、あるいは事業所数が大きい地域には歩行者が多く存在し、それによって事故リスクが高まっていると考えられる。

5. おわりに

本研究では、ETC2.0 データを活用して生活道路の走行台キロを推定し、それによって500m四方のメッシュ単位で生活道路事故リスクの算定を行った。また、メッシュ毎の特性指標を説明変数に用い、事故リスクに影響を与える要因の特定を行った。分析の結果、以下の知見が得られた。

車両相互事故と自転車対車両事故については、幹線道路近くの地域で事故危険性が高まる傾向にあることが分かった。これは幹線道路と生活道路の接続部において事故が多く発生している状況を示唆しており、生活道路エリアへの流入部に速度抑制策を講じることが効果的であると考えられる。

自転車対車両事故特有の要因については、交差点密度が事故リスクに正に有意な影響を与えており、交差点での見通しの悪さが一因であると考えられる。加えて、学生人口が多い地域で事故危険性が高まることも考え合わせると、道路延長に比して交差点の多い地域では、飛び出し等の不用意な横断が多く発生している可能性が想

定される。このような地域では、交差点付近の速度抑制策や注意喚起など、集中的な対策が必要と考えられる。

全事故類型に共通する要因として事業所数が正に有意な影響を与えることが明らかになった。事業所の多いオフィス街や繁華街といった地域では車両や自転車、歩行者が錯綜する機会が多いことが想定されるため、歩車分離やエリア内の速度抑制策などの優先的な検討が必要と考えられる。

謝辞：本研究を実施するに際し、四国地方整備局松山河川国道事務所から貴重なデータを提供頂きました。また、株式会社オリエンタルコンサルタンツの尾高氏には分析に多大なご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

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～，第18回交通事故・調査分析発表会，公益財団法人交通事故総合分析センター，2015.
- 3) 国土交通省：生活道路をとりまく環境，第18回交通事故・調査分析発表会，第1回生活道路における物理的デバイス等検討委員会，2015.
- 4) 一般社団法人交通工学研究会：生活道路のゾーン対策マニュアル，丸善出版株式会社，2011.
- 5) 稲垣具志，寺内義典，橘たか，大倉元宏：生活道路における地区関係者と抜け道利用者の走行速度比較分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol. 70, No. 5, pp.933- 941, 2014
- 6) 兵頭知，吉井稔雄：センサス道路における時間帯交通量別交通事故リスク分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol. 72, No. 5, pp.1283- 1291, 2016
- 7) 兵頭知，吉井稔雄，高山雄貴：車両検知器の5分間データを利用した交通流状態別事故発生リスク分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol. 70, No. 5, pp.1127- 1134, 2014
- 8) 塩見康博，渡部数樹，中村英樹，赤羽弘和：交差点幾何構造を考慮した幹線道路信号交差点における交通事故リスク要因の分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol. 72, No. 4, pp.368- 379, 2016
- 9) 公益財団法人国際交通安全学会：香川研究-事故発生要因の分析と対策への提言 報告書，平成27年度研究調査プロジェクト（H2754），pp.14-23, 2016.
- 10) 国土交通省：我が国の交通事故死者数・死傷者数・死傷事故件数の状況，効果的・効率的な交通事故対策の推進，2016
- 11) 本田肇：交通事故の現状と生活道路における対応，第10回 ITS シンポジウム 2011, 2011

AN ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENT RISKS ON RESIDENTIAL STREETS USING ETC2.0 PROBE DATA

Takahiro TSUBOTA, Atsushi YAMAMOTO, Toshio YOSHII
and Shinya KURAUCHI