

交差点幾何構造を考慮した 交通事故リスク要因の分析

塩見 康博¹・渡部 数樹²・中村 英樹³・赤羽 弘和⁴

¹正会員 立命館大学准教授 理工学部環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)
E-mail: shiomi@fc.ritsumei.ac.jp

²正会員 名古屋大学大学院研究員 環境学研究科 都市環境学専攻
E-mail: watanabe-kz@genv.nagoya-u.ac.jp

³フェロー会員 名古屋大学大学院教授 環境学研究科 都市環境学専攻
E-mail: nakamura@genv.nagoya-u.ac.jp

⁴正会員 千葉工業大学教授 工学部建築都市環境学科
E-mail: hirokazu.akahane@it-chiba.ac.jp

一般道で発生する交通事故の半数以上は交差点、および交差点付近で発生している。交通安全性を向上させるためには、交差点における交通事故リスク要因を定量化し、適切な交差点改良、あるいは交通運用を図ることが求められる。しかしながら、交差点毎にその幾何構造的特徴を数値化したデータベースはこれまでに整備されておらず、交通事故リスク要因の定量化がなされていないのが現状である。そこで、本研究ではgoogle earthやgoogle street viewを用い、停止線間距離やアプローチの交差角度、ガードレールの有無や縁石の有無、車線運用や路面標示状況、沿道土地利用状況など交差点幾何構造データを数値化し、類型毎の事故リスクとの関係をポアソン回帰モデルにより分析した。その結果、交差点のコンパクト化が事故リスクの軽減に極めて有効であることなどが明らかとされた。

Key Words : *traffic accident, risk, intersection geometry, Poisson regression*

1. はじめに

我が国では、交通事故件数、負傷者数、死亡者数共にピークを過ぎ、逡減傾向にあるものの、近年では下げ止まりつつある。依然として年間4,000人以上もの貴い命が交通事故により失われており、人口当たりの交通事故死亡者数の割合も世界19位 (WHO, 2013) ¹⁾とスウェーデン、UK、オランダ、デンマーク、ドイツなどの交通安全先進国の後塵を拝しているのが現状である。安心・安全・安寧の都市空間を創造し、交通事故に関わる社会的費用を低減させるためには、さらなる交通安全対策の検討は必要不可欠であると言えよう。とりわけ、全交通事故の内、53.9%が一般道路ネットワークの交差点、および交差点付近で発生している (ITARDA, 2012) ²⁾ことを鑑みると、交差点における事故リスク要因を定量的に把握し、効率的かつ効果的な交差点安全対策を実施していくことが重要となる。

交差点改良のポイントとしては、面積、枝数、形状、流入部の車線運用、道路標識・路面標示などの交通安全施設の導入、停止線間距離の短縮によるコンパクト化な

どが挙げられる³⁾。また、交差点のコンパクト化に関する安全性向上効果については、多くの報告がなされている⁴⁾⁵⁾。しかしながら、交差点構造を規定する各要因が事故の低減に及ぼす影響については、これまでに定量的には把握されていない。

ここで、特定の都道府県が、人口当たりの事故件数や交通事故死者数などの指標において定例的にワースト上位を占める事実を考慮すると、「事故の発生しやすさ」は地域性を持つといえよう。一般的には、「事故の発生しやすさ」は、「名古屋走り」や「伊予の早曲がり」などのように、運転行動特性における県民性の違いとして認識されているようである。また、学術研究の領域でも交通行動特性や交通心理学上の地域性に着目した研究⁶⁾⁷⁾は散見される。

一方、道路幾何構造や交差点構造については、道路構造令を踏まえて設計されているものの、道路整備の歴史的背景、モータリゼーションの水準や地域経済・産業の状況に依存して何らかの地域性がある可能性がある。もしそうなのであれば、「事故の発生しやすさ」の地域性を、「交差点幾何構造」の地域性によって説明される可

能性も排除できないであろう。その場合、地域特有の交通事故要因を排除するなど、効率的かつ効果的な事故対策の策定が可能となる。

そこで本研究では、複数の地域を対象とし、交差点幾何構造と事故リスクの関係性を定量的に明らかにすることを目的とする。そのために、まず交差点幾何構造の数値化を行う。交差点幾何構造については、これまでに統一規格でのデータベース整備はなされておらず、また、すべての対象交差点の図面を調達したり、現地で計測したりするのは困難である。そこで、本研究ではGoogle Earthの航空写真表示機能、およびStreet view表示機能を活用し、PC上で各交差点の幾何構造上の特徴量を計測し、データ化する。また、それらを各交差点において発生した類型別の事故件数と紐付け、道路交通センサスや国勢調査のデータと統合したデータベースを構築する。その上で、事故件数を交通量で除することで基準化した類型別の事故リスクを定義し、それを目的変数とする統計モデルを適用することで、各交差点幾何構造要因が事故リスクに及ぼす影響を定量的に把握する。さらに、構築したモデルを用いて、交差点事故対策シナリオを策定し、事故削減効果の試算を行う。

本稿の構成は以下の通りである。まず第1章では本研究の背景と目的を述べた。続く第2章では、事故リスク評価に関する既往研究を整理し、本研究の位置づけと新規性を明確化する。第3章では交差点幾何構造データの取得方法について詳説すると共に、本研究で構築するデータベースの概要を述べる。第4章では、対象地域毎に交差点幾何構造の特徴量を比較し、地域による交差点構造の差異を明らかとする。第5章では、事故リスクを目的変数とするポアソン回帰モデルの概要とパラメータ推定結果、およびその解釈をまとめ、さらに、効果的な交差点事故対策シナリオを策定の上、それによる事故削減効果を試算する。最後に、第6章にて本研究の成果、および今後の課題を取りまとめる。

2. 事故リスク分析に関する既往研究の整理

交通事故には大きく交通要因・線形要因・環境要因が複合的に作用してそのリスクに影響を与えられられる。高速道路においては、これらに関するデータの収集が容易であるため、これまでも多くの研究がなされている⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾。

一方、一般道路ネットワークにおける事故リスクについて、iRAP (International Road Assessment Programme) によって3枝交差点・4枝交差点・ラウンドアバウトなどの交差点形状毎の事故リスクを定量化している¹³⁾。Chin and Quddusはランダム効果を考慮した負の二項分布モデルを用いて信号交差点における事故率に影響を及ぼす変

数について分析を行っている¹⁴⁾。van Petegem and Wegman¹⁵⁾は単路部における路外衝突に関する事故発生予測モデルを構築し、道路線形要因におけるリスク因子について分析を行っている。しかしながら、いずれの研究も交差点の幾何構造に焦点を当てたものではなく、例えば、停止線間距離の短縮化など交差点のコンパクト化などの対策効果を定量化するものではない。

交差点幾何構造とリスクの関係を分析した事例としては、鈴木らが挙げられる¹⁶⁾。この研究では、交差点における横断歩行者・自転車のリスク指標を提案し、リスク事象発生確率への影響要因を横断歩道長などの交差点幾何構造を含む説明変数との関係で明らかとしている。しかしながら、リスク指標と交通事故件数との関連性は必ずしも明らかとはなっていない。

対する本研究では、交差点幾何構造として、停止線間距離、横断歩道長、横断歩道セットバック距離、交差角度、交差枝数、路面標示の種類、二輪車用二段停止線の有無、など運転挙動の影響を与えられられる交差点構造特性を事故リスク要因として考慮する。その上で、交通事故リスクの高い滋賀県大津湖南地域、香川県高松中讃地域、愛知県岡崎・西尾市における全395箇所の交差点を対象に、追突事故・右左折事故・出会い頭事故・二輪車関連事故・自転車関連事故・歩行者関連事故などの類型別の事故件数に基づく事故リスク指標を定義し、その影響要因をポアソン回帰モデルにより定量化する。これにより、交差点のコンパクト化など、様々な交差点安全対策の効果を試算できる他、最適な安全対策シナリオの策定や優先的に安全対策を進める交差点選定などに活用することが可能となる。

3. データベースの構築

本研究では、人口当たり交通事故件数が全国でも比較的高い、香川県(2008年~2012年で5,739件/10万人、全国1位)の高松市および中讃地域(以降、「高松中讃」と表記)、愛知県(2008年~2012年で3,441件/10万人、全国9位)の岡崎市および西尾市(以降、「岡崎西尾」と表記)、滋賀県(2008年~2012年で3,077件/10万人、全国14位)の大津市および湖南地域(以降、「大津湖南」と表記)を分析対象とする。

以下、本研究で用いる交差点幾何構造データ、平成22年度道路交通センサスデータ、平成22年度国勢調査データ、交通事故データの概要とその利用法について詳説する。

(1) 交差点幾何構造データ

本研究で対象とした交差点は、当該地区内に存在し、道路交通センサスの調査対象リンク同士によって形成さ

表-1 集約事故類型の定義

集約事故類型	抽出条件			
	条件1		条件2	条件3
追突	事故類型 が 車両相互 追突			
右左折	事故類型 が 車両相互 左折時	or	事故類型 が 車両相互 右折時・右折直進	or
出会い頭	事故類型 が 車両相互 出会い頭			事故類型 が 車両相互 右折時・その他
二輪車	当事者種別1当 が 二輪車	or	当事者種別2当 が 二輪車	
自転車	当事者種別1当 が 軽車両 自転車	or	当事者種別2当 が 軽車両 自転車	
歩行者	事故類型 が 人対車両			

れる交差点と、国土交通省により平成 25 年 7 月付で事故危険箇所指定されている交差点の内、センサス対象リンクを含む交差点とした。これは、交通量に事故件数が比例する自明の関係を排除するため、交通量により事故件数を正規化できる交差点のみを対象とするためである。その結果、高松中讃では 234 地点、岡崎西尾では 116 地点、大津湖南では 45 地点が分析対象となった。

交差点幾何構造を数値化するにあたっては、Google earth の航空写真表示機能、および Street view 表示機能を用いた。なお、航空写真が不鮮明な地区における交差点は分析対象外としている。

数値化した項目は以下の通りである。ただし、停止線間距離、横断歩道距離、横断歩道の隅角部からのセットバック距離など、1 つの交差点に対して複数の値が存在する場合は、その最大値をもって交差点を代表する値として用いる。また、交差点を構成する各道路の道路交通センサスリンク番号も併せてデータベースとして記録することで、センサスデータと照合する。

<p>交差点特性一般</p> <p>右折信号・右折車線の有無／停止線間距離 [m]／枝数／交差角度／最近接交差点までの距離 [m]／角地土地利用（駐車場を伴う店舗、もしくはガソリンスタンド）の有無／交差点中央地点の緯度経度</p> <p>横断歩行者関連施設</p> <p>横断歩道距離 [m]／横断歩道セットバック距離 [m]／横断歩道橋の有無／二段階横断帯の有無／縁石・ガードレールの有無</p> <p>自転車関連施設</p> <p>自転車横断帯の有無</p> <p>自動車走行に関する路面標示</p> <p>右折導流路標示の有無／右折方法標示の有無／左折導流路の有無／二輪車用二段停止線の有無</p>
--

(2) 交通センサス・国勢調査データ

分析対象交差点を構成するリンクのセンサスリンク番号を記録しているため、道路交通センサスで収集されたデータを(1)で構築したデータベースに統合することが可能となる。ここで、平成 22 年度に実施された道路交通センサスデータの内、12 時間交通量、中央分離帯の

種類（1 から 7 までにコード化されており、それぞれ、1: 高架道路等の橋脚・地形要因による分離、2: 剛性防護柵、3: たわみ性防護柵、4: その他の柵、5: 植樹施設・マウントアップ、6: ポストコーンなど、7: マーキングまたは中央分離帯なし、を表す）、歩道幅員 [m]、沿道状況（1 から 5 までにコード化されており、それぞれ、1: 人口集中地区かつ商業地域、2: 人口集中地区（商業地域を除く）、3: その他市街部、4: 平地部、5: 山地部、を表す）に関するデータを用いる。

国勢調査データからは、町丁目単位での年齢別人口データ（平成 22 年度時点）を活用し、当該交差点を含む町丁目の 65 歳以上の人口割合を算出し、交差点の周辺環境を表す指標として用いる。

(3) 交通事故データ

高松中讃、岡崎西尾では 2008 年から 2012 年の 5 年間、大津湖南では 2008 年から 2013 年の 6 年間に発生した個別の事故に関するデータを分析対象とする。データには、事故発生地点の緯度経度、事故類型、第 1 当事者・第 2 当事者の属性や違反行動などが含まれる。警察庁による事故類型は 34 種類に細分化されているため、事故類型、当事者属性を考慮の上、表-1 に示す新たに集約した類型区分を定義する。なお、この集約事故類型には、全交通事故件数の 90%以上が区分されており、一般性に影響はないと考えられる。

その上で、(1)で収集した対象交差点の中心座標から半径 40m 以内で発生した事故を、各交差点における事故として定義し、集計した。

4. 交差点幾何構造の地域比較

本研究では、地域による事故リスクの差異は交差点幾何構造特性の差異に幾分かは起因している、との仮説を暗に措定している。これは、交差点幾何構造特性に地域による有意な差異が存在することが前提となっている。本章では、このことを確認するため、第 3 章で収集したデータに基づき、各幾何構造特性値に対し、大津湖南、高松中讃、岡崎西尾の各地域を水準とする Bonferroni の多重比較を行い、地域間の有意差を検証する。

表-2 交差点幾何構造特性値に関する多重比較結果

	右折車線・信号の有無 ¹⁾			停止線間距離			交差角度 (sin)			角地土地利用 ²⁾		
	平均値	p-value		平均値 [m]	p-value		平均値	p-value		平均値	p-value	
		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃
大津湖南	0.62	-	-	38.8	-	-	0.976	-	-	0.400	-	-
高松中讃	0.86	0.16	-	49.5	0.00	-	0.917	0.01	-	0.812	0.00	-
岡崎西尾	1.31	0.00	0.00	40.9	1.00	0.00	0.941	0.33	0.28	0.710	0.00	0.28
	横断歩道距離			横断歩道セットバック距離			二段階横断の有無 ³⁾			ガードレール・縁石の有無 ⁴⁾		
	平均値 [m]	p-value		平均値 [m]	p-value		平均値	p-value		平均値	p-value	
		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃
大津湖南	11.24	-	-	4.88	-	-	0.022	-	-	1.38	-	-
高松中讃	16.49	0.00	-	7.99	0.00	-	0.056	0.90	-	0.94	0.00	-
岡崎西尾	14.01	0.05	0.00	6.91	0.01	0.03	0.018	1.00	0.28	1.35	1.00	0.00
	右折方法標示の有無 ⁵⁾			右折導流路標示の有無 ⁶⁾			左折導流路の有無 ⁷⁾			二輪車用二段停止線の有無 ⁸⁾		
	平均値	p-value		平均値	p-value		平均値	p-value		平均値	p-value	
		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃
大津湖南	0.333	-	-	0.356	-	-	0.222	-	-	0	-	-
高松中讃	0.594	0.00	-	0.620	0.00	-	0.235	1.00	-	0.44	0.00	-
岡崎西尾	0.868	0.00	0.00	0.149	0.03	0.00	0.132	0.60	0.07	0.01	1.00	0.00
	枝数			沿道状況			歩道幅員			車線数		
	平均値	p-value		平均値	p-value		平均値	p-value		平均値	p-value	
		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃		大津湖南	高松中讃
大津湖南	3.911	-	-	2.36	-	-	2.82	-	-	2.356	-	-
高松中讃	3.880	1.00	-	3.29	0.00	-	2.36	0.31	-	3.162	0.00	-
岡崎西尾	3.877	1.00	1.00	4.00	0.00	0.00	3.51	0.08	0.00	2.982	0.17	0.65

1) 右折専用車線、右折青矢標示共にある場合を2、どちらかみの場合を1、両方ともない場合を0。2) 交差点隣接の角地に駐車場を伴う商店、あるいはガソリンスタンドがある場合を1、ない場合を0。3) 二段階横断施設がある場合を1、ない場合を0。4) ガードレール・縁石共にある場合を2、どちらかのみがある場合を1、両方ともない場合を0。5) 右折方法標示がある場合を1、ない場合を0。6) 右折導流路標示がある場合を1、ない場合を0。7) 左折導流路がある場合を1、ない場合を0。8) 二輪車用二段停止線がある場合を1、ない場合を0。

表-2 に多重比較の結果を示す。表中、平均値の列には上から順に大津湖南、高松中讃、岡崎西尾の平均値を表し、p-value の列には各地域間の平均の差に関する有意確率を表している。たとえば、右折車線・右折信号の有無に関して例を挙げると、大津湖南と高松中讃の平均の差に対する有意確率が 0.16、大津湖南と岡崎西尾の平均の差に対する有意確率が 0、高松中讃と岡崎西尾の平均の差に対する有意確率が 0 であり、それぞれの平均値が 0.62, 0.86, 1.31 であることを併せて考えると、岡崎西尾では他の 2 地域との比較で有意に右折車線・右折信号の整備が進められている、と解釈される。

まず、交差点の大きさに関わる指標である停止線間距離、横断歩道距離、横断歩道セットバック距離に着目すると、高松中讃における各指標値が他との比較で有意に高いことが読み取れる。この傾向を詳細に確認するため、各地域におけるそれぞれの指標値の相対頻度分布を図-1～図-3 に示す。これより、いずれにおいても高松中讃では他の 2 地域と比べて分布領域が右側にシフトし、かつ分散が大きく、最頻値の相対頻度が小さいことが読み取れる。すなわち、高松中讃では、全般的に交差点が大きく、コンパクト化対策の余地も大きいことが示唆される。また、交差点形状を表すと考えられる交差角度に着目すると、高松中讃では 0.917 と小さい値をとっており、大津湖南との比較では 5%水準で有意であることが分か

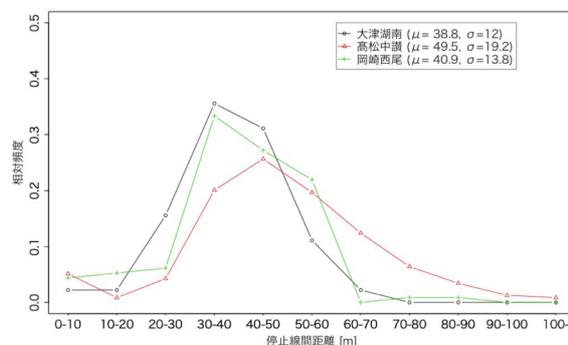


図-1 停止線間距離分布の比較

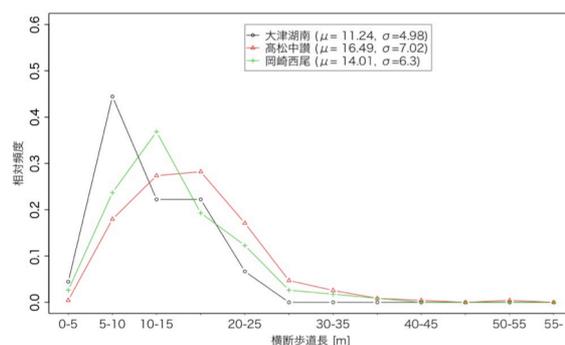


図-2 横断歩道長分布の比較

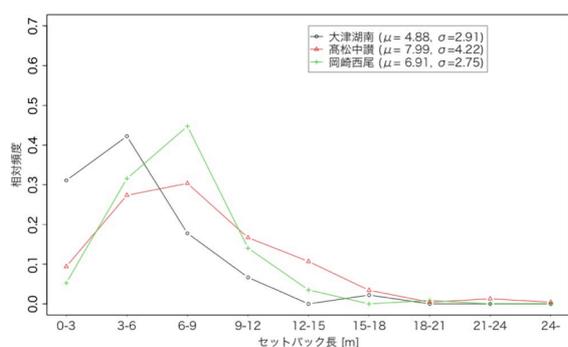


図3 横断歩道セットバック距離分布の比較

る。すなわち、高松中讃では鋭角に交差する交差点の割合が大きいことがうかがえる。停止線間距離と交差角度の \sin 値の相関係数は-0.24 程度であり、これが、交差点規模が一般的に大きいことに帰結していることも、容易に推定できる。

次に、歩行者関連の施設であるガードレール・縁石の有無、歩道幅員に着目すると、高松中讃ではいずれも小さい値を取っていることが分かる。このことより、高松中讃では歩行者環境の観点で他地域よりその整備水準が低いことが示唆される。

最後に、車両走行挙動に働きかける右左折指導線、および二輪車用二段停止線に着目する。前者に関して、右折方法標示については岡崎西尾、高松中讃、大津湖南の順で、右折導流路標示については高松中讃、大津湖南、岡崎西尾の順で設置交差点の割合が高く、左折導流路に関しては地域間で有意な差はないことが分かる。すなわち、ばらつきはあるものの、右左折に関する各指導線に関しては、整備水準に対する顕著な地域差はないといえよう。その一方で、二輪車用二段停止線については、高松中讃で極めて設置割合が高いことが分かる。

以上より、交差点幾何構造特性については地域性が色濃く存在し、とりわけ高松中讃では、規模が大きい交差点、歩行環境の整備水準が低い交差点、二輪車用二段停止線が設置されている交差点の割合が、他地域との比較で高いことが分かった。

5. 交通事故リスク要因分析

本章では類型別の事故リスクを定義し、ポアソン回帰モデルを用いて事故リスクへの影響要因について定量的に把握する。また、構築したモデルを用い、交差点对策シナリオ下での事故削減効果について推計を行う。

(1) ポアソン回帰モデルの概要

一般に一定時間中に生起する交通事故件数のように、稀事象に対する発生件数はポアソン分布に従うとされている。ポアソン回帰モデルは一般化線形モデルの一種で

あり、発生件数がポアソン分布に従うとの仮定のもと、式(1)に示すように期待値 λ を対数変換した値を線形モデルにより推定するものである。

$$\ln(\lambda) = \beta x + \varepsilon \quad (1)$$

ただし、 β は偏回帰係数ベクトル、 x は説明変数ベクトル、 ε は誤差項を表す。ポアソン分布の分散は期待値と一致する性質がある。そのため、理論的に求まる発生件数が多くなるほど、観測値の分散が大きくなるような事象に対しては、単純な重回帰モデルより適した分析手法であり、事故リスク分析の文脈における適用事例も多い。

(2) 事故リスク推定ポアソン回帰モデルの構築

事故発生件数は交通量の大きい交差点ほど多いという自明の相関性が想定できるため、本研究では式(2)の通り、事故リスクを定義する。

$$r_{ij} = \frac{A_{ijt}}{\left(\max_{k \in L_j} Q_k\right) \cdot T} \cdot 10^6 \quad (2)$$

ただし、 r_{ij} は交差点 j における事故類型 i の事故リスク[件/台/年]、 A_{ijt} は観測期間 T [年]における交差点 j で発生した事故類型 i の件数、 L_j は交差点 j に接続するリンク集合、 Q_k はリンク k の昼間12時間交通量[台]をそれぞれ表す。

モデルの説明変数としては、第2章で述べた交差点幾何構造に関する指標を採用する。ただし、説明変数の内、右折方法標示と右折導流路標示は相関性が高いため、右折導流路標示のみを説明変数に投入する。また、停止線間距離は、横断歩道長と横断歩道セットバック距離の和におおよそ一致すると考えられることから、追突事故リスクに関しては停止線間距離、それ以外の種類の事故リスクに関しては横断歩道長と横断歩道セットバック距離を説明変数として考慮する。その際、停止線間距離、横断歩道長はいずれも接続するリンクの車線数に大きく依存するため、それぞれ車線数で除した値を用いる。

加えて、交差点幾何構造要因では説明のつかない地域性を表す変数として、高松中讃ダミー、岡崎西尾ダミーを説明変数として考慮する。また、5枝以上の交差点を表す多枝交差点ダミー、交差角度が45度以下の交差点を表す鋭角交差ダミーをそれぞれ説明変数として導入する。

(3) 推定結果

表-1に記した6つの集約事故類型に対して、それぞれ事故リスクに関するポアソン回帰モデルのパラメータを最尤法により推定した。その結果を表-3~表-8にまとめる。ただし、歩行者・自転車関連事故に関しては、郊外地区では歩行者・自転車交通量が少なく、そのため

表-3 追突事故リスクモデル推定結果

説明変数	偏回帰係数	標準化係数	標準誤差	z値
定数項	4.16	-	0.059	70.13 **
高松中讃D	0.30	0.15	0.026	11.41 **
岡崎西尾D	-1.47	-0.67	0.034	-42.93 **
右折信号・右折車線D	0.42	0.20	0.018	22.95 **
隣接交差点距離 [m]/1000	-0.27	-0.04	0.051	-5.30 **
停止線間距離	0.02	0.16	0.001	24.84 **
多枝交差点D	-0.15	-0.03	0.034	-4.31 **
鋭角交差D	-0.70	-0.16	0.037	-19.02 **
右折導流路標示D	-0.07	-0.04	0.016	-4.60 **
左折導流路D	-0.12	-0.05	0.016	-7.20 **
二輪車用二段停止線D	0.13	0.06	0.016	7.73 **
歩道橋D	-0.03	-0.01	0.034	-0.86
二段階横断D	-0.42	-0.08	0.038	-11.19 **
自転車横断帯D	0.04	0.03	0.007	5.68 **
緑石・ガードレールD	-0.07	-0.03	0.020	-3.48 **
中央分離帯種類	-0.03	-0.03	0.007	-3.87 **
歩道幅員 [m]	-0.09	-0.16	0.005	-19.16 **
65歳以上割合	-1.08	-0.08	0.104	-10.45 **
沿道状況	0.00	0.00	0.006	0.36
角地土地利用D	0.15	0.09	0.013	11.75 **
N				395
L(0)				30,342
LL				19,245
χ^2				-11098 **
ρ^2				0.365

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表-4 右左折事故リスクモデル推定結果

説明変数	偏回帰係数	標準化係数	標準誤差	z値
定数項	3.25	-	0.068	47.68 **
高松中讃D	0.24	0.12	0.031	7.54 **
岡崎西尾D	-0.67	-0.31	0.034	-19.82 **
右折信号・右折車線D	0.30	0.14	0.021	14.01 **
隣接交差点距離 [m]/1000	-0.64	-0.09	0.062	-10.32 **
多枝交差点D	0.06	0.01	0.036	1.73
鋭角交差D	-0.39	-0.09	0.041	-9.50 **
横断歩道セットバック距離 [m]	0.03	0.11	0.002	13.01 **
横断歩道長 [m]	0.09	0.19	0.003	26.72 **
右折導流路標示D	-0.01	-0.01	0.019	-0.71
左折導流路D	0.05	0.02	0.018	2.99 **
二輪車用二段停止線D	0.00	0.00	0.020	0.12
歩道橋D	-0.05	-0.01	0.036	-1.49
二段階横断D	-0.29	-0.06	0.037	-7.87 **
自転車横断帯D	0.03	0.02	0.009	3.86 **
緑石・ガードレールD	0.26	0.09	0.027	9.52 **
中央分離帯種類	-0.04	-0.04	0.007	-5.22 **
歩道幅員 [m]	-0.04	-0.06	0.005	-6.65 **
65歳以上割合	-0.85	-0.06	0.118	-7.16 **
沿道状況	-0.02	-0.03	0.007	-3.57 **
角地土地利用D	0.16	0.09	0.015	10.67 **
N				395
L(0)				24,311
LL				19,466
χ^2				-4845.2 **
ρ^2				0.199

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表-5 出会い頭事故リスクモデル推定結果

説明変数	偏回帰係数	標準化係数	標準誤差	z値
定数項	2.70	-	0.094	28.65 **
高松中讃D	0.38	0.19	0.038	10.12 **
岡崎西尾D	-0.37	-0.17	0.043	-8.65 **
右折信号・右折車線D	-0.32	-0.15	0.026	-12.01 **
隣接交差点距離 [m]/1000	-1.13	-0.15	0.084	-13.48 **
多枝交差点D	-0.52	-0.11	0.064	-8.19 **
鋭角交差D	-0.29	-0.07	0.049	-5.87 **
横断歩道セットバック距離 [m]	-0.04	-0.15	0.003	-12.04 **
横断歩道長 [m]	0.07	0.16	0.005	15.34 **
右折導流路標示D	-0.07	-0.03	0.024	-2.74 **
左折導流路D	-0.08	-0.03	0.029	-2.65 **
二輪車用二段停止線D	0.04	0.02	0.027	1.50
歩道橋D	-0.04	-0.01	0.057	-0.75
二段階横断D	0.93	0.18	0.046	20.17 **
自転車横断帯D	-0.22	-0.16	0.021	-10.07 **
緑石・ガードレールD	-0.22	-0.08	0.027	-8.19 **
中央分離帯種類	0.18	0.21	0.012	15.68 **
歩道幅員 [m]	-0.04	-0.07	0.007	-6.08 **
65歳以上割合	-0.43	-0.03	0.152	-2.84 **
沿道状況	0.05	0.06	0.010	5.01 **
角地土地利用D	-0.10	-0.05	0.019	-5.12 **
N				395
L(0)				22,141
LL				17,755
χ^2				-4386.5 **
ρ^2				0.197

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表-6 二輪車関連事故リスクモデル推定結果

説明変数	偏回帰係数	標準化係数	標準誤差	z値
定数項	3.47	-	0.092	37.60 **
高松中讃D	-0.21	-0.10	0.034	-6.21 **
岡崎西尾D	-1.71	-0.78	0.045	-37.93 **
右折信号・右折車線D	0.20	0.09	0.026	7.52 **
隣接交差点距離 [m]/1000	-0.74	-0.10	0.083	-8.91 **
多枝交差点D	-0.37	-0.08	0.059	-6.33 **
鋭角交差D	-0.33	-0.07	0.053	-6.17 **
横断歩道セットバック距離 [m]	0.02	0.06	0.003	5.01 **
横断歩道長 [m]	0.08	0.18	0.004	18.90 **
右折導流路標示D	-0.03	-0.01	0.024	-1.22
左折導流路D	-0.24	-0.10	0.026	-9.12 **
二輪車用二段停止線D	-0.27	-0.12	0.026	-10.26 **
歩道橋D	-0.17	-0.04	0.059	-2.97 **
二段階横断D	-0.68	-0.13	0.065	-10.49 **
自転車横断帯D	-0.02	-0.01	0.013	-1.33
緑石・ガードレールD	0.00	0.00	0.030	0.00
中央分離帯種類	0.06	0.07	0.011	5.54 **
歩道幅員 [m]	-0.08	-0.14	0.007	-11.35 **
65歳以上割合	-0.76	-0.06	0.150	-5.09 **
沿道状況	-0.08	-0.10	0.009	-8.58 **
角地土地利用D	0.20	0.11	0.019	10.53 **
N				395
L(0)				16,681
LL				12,174
χ^2				-4507 **
ρ^2				0.269

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

に当該事故件数が少なくなるという自明の関係性を排除するため、DID 地区の交差点のみを対象にモデル推定を行っている点に注意されたい。なお、いずれのモデルに対しても χ^2 値は有意であり、かつ尤度比が 0.2 程度以上と高く、十分な説明力を有しているといえる。

a) 自動車・二輪車関連事故

まず、自動車に関連する追突事故、右左折事故、出会い頭事故に着目すると、事故類型を問わず、高松中讃ダミーが有意に正值、岡崎西尾ダミーが有意に負値を取っている。すなわち、本モデルで考慮した説明変数以外の要因で天津湖南との比較で高松中讃では事故リスクが高

い一方、岡崎西尾ではリスクが低い傾向が示された。また、二輪車関連事故については、いずれも有意に負値と推定され、天津湖南地域で事故リスクが高い傾向が示された。各ダミー変数が示唆する内容としては、本モデルでは考慮されていない信号制御パラメータ、車種構成や動的な交通状態、ドライバー属性の差異などが考えられる。これらについては、車両走行軌跡の分析や、交通心理学的アプローチなど、本研究とは異なる次元での取り組みが求められよう。以下では、有意に推定された変数のうち、標準化係数の絶対値が比較的大きい変数を中心に、考察を行う。

表-7 自転車関連事故リスクモデル推定結果

説明変数	偏回帰係数	標準化係数	標準誤差	z値
定数項	2.30	-	0.176	13.03 **
高松中讃D	0.43	0.43	0.059	7.32 **
岡崎西尾D	-0.94	-0.94	0.107	-8.74 **
右折信号・右折車線D	0.70	0.33	0.050	13.89 **
隣接交差点距離 [m]	1.71	0.17	0.156	10.97 **
多枝交差点D	-0.24	-0.06	0.105	-2.24 *
鋭角交差D	-0.74	-0.14	0.128	-5.77 **
横断歩道セットバック距離 [m]	0.02	0.08	0.005	3.86 **
横断歩道長 [m]	0.06	0.14	0.007	8.74 **
右折導流路標示D	-0.32	-0.16	0.041	-7.78 **
左折導流路D	-0.06	-0.02	0.041	-1.34
二輪車用二段停止線D	-0.42	-0.20	0.042	-10.05 **
歩道橋D	-17.11	-2.37	257.500	-0.07
二段階横断D	-0.60	-0.10	0.123	-4.85 **
自転車横断帯D	-0.30	-0.14	0.045	-6.64 **
縁石・ガードレールD	0.22	0.08	0.063	3.53 **
中央分離帯種類	0.06	0.07	0.023	2.70 **
歩道幅員 [m]	0.00	0.00	0.014	0.00
65歳以上割合	-0.73	-0.07	0.221	-3.33 **
角地土地利用D	0.21	0.11	0.034	6.13 **
N				103
L(0)				4,448
LL				3,216
χ^2				-1232.2 **
ρ^2				0.274

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表-8 歩行者関連事故リスクモデル推定結果

説明変数	偏回帰係数	標準化係数	標準誤差	z値
定数項	2.69	-	0.318	8.46 **
高松中讃D	-0.20	-0.20	0.113	-1.79
岡崎西尾D	-1.34	-1.34	0.188	-7.11 **
右折信号・右折車線D	0.72	0.34	0.089	8.10 **
隣接交差点距離 [m]/1000	-1.04	-0.10	0.353	-2.96 **
多枝交差点D	0.71	0.17	0.177	4.03 **
鋭角交差D	-17.83	-3.46	585.11	-0.03
横断歩道セットバック距離 [m]	0.03	0.12	0.010	3.10 **
横断歩道長 [m]	0.00	-0.01	0.014	-0.21
右折導流路標示D	-0.63	-0.31	0.077	-8.15 **
左折導流路D	-0.60	-0.25	0.084	-7.16 **
二輪車用二段停止線D	0.11	0.05	0.085	1.23
歩道橋D	-17.24	-2.39	770.64	-0.02
二段階横断D	-0.30	-0.05	0.181	-1.65
自転車横断帯D	0.32	0.16	0.087	3.65 **
縁石・ガードレールD	0.24	0.09	0.120	1.98 *
中央分離帯種類	0.09	0.09	0.043	2.05 *
歩道幅員 [m]	-0.18	-0.28	0.024	-7.35 **
65歳以上割合	-2.32	-0.21	0.419	-5.55 **
角地土地利用D	-0.02	-0.01	0.069	-0.34
N				103
L(0)				1,907
LL				1,379
χ^2				-528.21 **
ρ^2				0.270

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

いずれの類型においても右折信号・右折車線ダミーが有意に正値を取っており、これらの処置を施している交差点ほど事故リスクが高いことが示唆されている。これは一見、直感とは異なるものの、右折信号・右折車線を設置している交差点では右折交通量が大きく、そのような交差点で事故リスクが高い、という関係性を反映した可能性が想定される。

隣接交差点距離に関しては、いずれの類型に対しても有意に負値をとっており、交差点間距離が長くなるほど事故リスクが低くなる傾向を示唆している。

停止線間距離、あるいは横断歩道長、横断歩道セットバック距離については、出会い頭事故を除いていずれも有意な正値となっており、交差点規模が大きいほど事故リスクが高くなることが示されている。

多枝交差点ダミー、鋭角交差点ダミーについては、すべての事故類型に対してではないものの、多くのケースで有意に負値を取っている。これは、変形交差点では利用者はより慎重な運転となるよう留意しているためとも解釈できるが、前述の通り、鋭角交差の交差点ではその規模が大きいという相関性が影響している可能性もある。より精緻な分析・考察が求められよう。

右左折導流路標示については、多くのケースで有意に負値となり、事故リスクを低減する効果があるものの、右左折事故に関しては有意に正値として推定されている。これは、左折導流路が存在する交差点は規模が大きいことが多く、左折する自動車の自由度が高くなり、その結果として比較的の高い速度での左折が可能となることが考えられる。そのため、事故リスク要因となっている可能性が想定される。

二輪車用二段停止線ダミーについては、二輪車関連事故に関しては有意に負値が推定されている。そもそも、二段停止線は二輪車の巻き込み事故防止の目的で設置されているものであり、期待通りの効果が発揮されていることがうかがえる。その一方で、追突事故に関しては事故リスクを増加させる傾向があることが読み取れる。これは、二段停止線の設置により、実質上、停止線間距離が長くなるという副次的な効果があり、その影響によるものと推察される。すなわち、二輪車用二段停止線については、二輪車混入率に応じて選択的に設置していくことが必要であろう。

二段階横断については、出会い頭事故に対しては正値であるものの、その他の類型に対しては負値を取り、事故リスクを軽減する要因として求められている。二段階横断施設が存在することにより交差方向の見通しが悪くなり、出会い頭事故のリスクを増大している可能性が示唆される。

自転車横断帯は、追突・右左折事故については有意に正、出会い頭事故については有意に負となっている。出会い頭事故に対しては、セットバック距離も有意に負値が算出されており、自転車横断帯が付されることは結果的にセットバック距離が増大することと同じ効果を持つために、整合した結果であるといえる。これはすなわち、出会い頭事故に関しては、交差する動線までの距離が長いほど、衝突を回避できる可能性が高くなる可能性がある。

中央分離帯については、追突・右左折で負値、出会い頭・二輪車で正値となっている。すなわち、上下分離が進むほど追突・右左折リスクは高くなる一方、上限分離

が曖昧なほど出会い頭・二輪車事故のリスクが高くなる傾向にあるといえる。

歩道幅員についてはすべての類型に対して負に有意であり、歩行環境が整っているほど事故リスクが低くなる傾向が読み取れる。

沿道状況については、右左折事故・二輪車関連事故に関しては有意に負値である一方、出会い頭事故に関しては有意に正値と求まっている。すなわち、郊外部と都市部に位置する交差点では、類型毎の事故リスクが異なり、郊外部では出会い頭事故のリスクが高まることが示唆されている。

最後に、角地土地利用ダミーについては、出会い頭事故以外で有意に正値と求まっている。交差点付近に沿道施設への車両の出入りが存在することで、事故リスクが高くなる傾向が示唆される。

b) 自転車・歩行者関連事故

次に、自転車関連事故、および歩行者関連事故に着目する。なお、本分析では自転車・歩行者の交通量データを考慮できていない点には注意されたい。

まず、高松中讃ダミー、岡崎西尾ダミーを見ると、自転車関連事故については、高松中讃、大津湖南、岡崎西尾の順に事故リスクが高い一方、歩行者関連事故については、大津湖南、高松中讃、岡崎西尾の順に事故リスクが高く、類型によって傾向が異なることが分かる。

右折信号・右折車線ダミーについては、前述の自動車関連事故と同様の傾向を持ち、右折交通需要の大きい交差点でリスクが高い可能性がある。

隣接交差点距離については、自転車関連事故に対して正値、歩行者関連事故に対しては負値となっており、DID 地区内でも、より交差点間距離が短いと考えられる中心商業エリアの交差点で歩行者関連事故リスクが高いことが分かる。

多枝交差点ダミーは自転車関連事故に対しては負、歩行者関連事故に関しては正と求まっており、歩行者に対してはリスク要因となることが示唆される。

横断歩道セットバック距離については、自転車・歩行者いずれに対しても正値と推定されている。すなわち、自転車関連・歩行者関連事故に対しても規模の大きい交差点では事故リスクが高くなる傾向にあることが示唆される。これらの結果は、交差点のコンパクト化対策の有効性を示している。

右左折導流路標示についても自転車・歩行者共に負値を取っている。自動車の走行軌跡を安定化させるのに有効な路面標示によって、自転車関連事故・歩行者関連事故の低減につながることを示唆しており、興味深い結果であるといえよう。

二輪車用二段停止線、および二段階横断については、自転車関連事故に対してのみ有意に負値となっており、

事故リスクの抑制に一定の効果があると言える。

自転車横断帯については、自転車関連事故に対しては事故リスクを抑制する要因である一方、歩行者関連事故に関しては事故リスクを増大させる要因と推定されている。これは、自転車横断帯を設置している場合、横断歩道をセットバックしているのと同様の影響を及ぼしていることが推察される。

縁石・ガードレールについては、自転車・歩行者共に事故リスクを増大させる要因と推定されており、直感とは異なる結果であると言えよう。本研究では、事故リスクの定義として自動車交通量は考慮しているものの、自転車・歩行者の交通量による基準化はできていない。そのため、暗に歩行者・自転車の多い交差点にはガードレールや縁石が設置されており、そのために歩行者・自転車関連の事故が多いという関係性が存在する可能性がある。この点については、異なるアプローチによる分析が求められる。

中央分離帯・歩道幅員に関しては、ハード分離がなされている程、自転車・歩行者関連事故リスクを軽減する作用があり、歩道幅員が広いほど歩行者事故リスクを軽減する効果があることが読み取れる。

最後に、角地土地利用については自転車関連事故に対して有意に正値と推定されており、交差点付近での車両の出入りがあることで、事故リスクが増大されることが懸念される。ただし、角地利用が事故リスク増大に直結しているとは限らず、ポストコーン、植栽、ガードレール等により車両の出入りを制御することで安全性を担保する方策も考慮されるべきである。

(4) シナリオ分析

これまでで得られた知見より、規模の大きい交差点では、あらゆる事故類型に対するリスクを悪化させることが明らかとされており、このことは交差点のコンパクト化が有効な事故対策となり得ることを示唆している。また、第4章の分析結果に基づくと、高松中讃では規模の大きい交差点の割合が高いことが分かっている。そこで、本節では高松中讃の DID 地区内にある交差点を対象に、交差点コンパクト化を進めることによる事故削減件数を試算する。

交差点改良を進める上ではコンパクト化と同時に、他のリスク要因の改善も実施されると想定される。そこで、停止線間距離が 50m 以上の交差点を対象に、以下の通りの交差点改良シナリオを策定する。

- ・ 停止線間距離、横断歩道長、あるいは横断歩道セットバック距離を 20%短縮
- ・ 右折方法標示・右折導流路標示・左折導流路の設置
- ・ 2.5m 未満の歩道を 2.5mに拡幅

- ・ 角地施設の車両出入り口の制限

期待事故削減件数 E の試算に当たっては、前節で構築したポアソン回帰モデルを用い、式(3)により算出する。

$$E = \sum_i \{f_i(\mathbf{x}_{before}) - f_i(\mathbf{x}_{after})\} \quad (3)$$

ただし、 $f(\cdot)$ は事故類型 i に対するポアソン回帰モデル、 \mathbf{x}_{before} は現状の交差点幾何構造入力値、 \mathbf{x}_{after} は対策後の交差点幾何構造入力値を表す。

図4には、対象地域内交差点に対する推定事故件数（すなわち、式(3)中の $\sum f(\mathbf{x}_{before})$ ）と期待削減事故件数の推定値（すなわち、式(3)中の E ）の関係を示す。これより、事故件数の高い交差点では高い事故削減効果が期待されることが分かる。ただし、事故件数が多いものの、期待削減事故件数が0の交差点も少なくはない。これは停止線間距離が50m未満の交差点を表している。これらの交差点では、コンパクト化とは別の事故対策が必要であることが示唆される。

次に、対策シナリオに基づく、事故削減件数の累積分布を図5に示す。図中、横軸は対策効果の高い交差点を降順に並べた時の順位を、縦軸は累積期待事故削減件数を表している。これより、すべての対象交差点でコンパクト化対策を実施した場合、5年間でおよそ300件程度の交通事故件数を削減可能であることが分かる。ただし、38箇所ある対象交差点すべてでコンパクト化を実施することは時間的・財源的に困難である。そこで、事故削減効果の高い10の交差点を選定すると想定し、類型別の事故件数の事前事後比較を行った。その結果を図6に示す。これより、横断歩道セットバック距離を短縮するため、出会い頭事故は増加すると推定されているものの、その他の事故類型に関しては大幅に事故件数が減少し、全体として35%以上の事故件数の削減が見込まれることが明らかとなった。とりわけ、死亡事故に繋がりがやすい歩行者関連事故は約65%程度、自転車関連事故は約55%程度の事故削減が見込まれ、交差点のコンパクト化、およびそれに伴う一連の交差点改良により、大幅な事故件数、そして死亡者数の削減が期待されることが示唆された。

6. おわりに

本研究では、交差点で発生する交通事故に着目し、交差点幾何構造要因が交通事故リスクに及ぼす影響を定量化することを目的とした。

まず、交差点幾何構造特性を表す指標を定義し、それらと交通センサスデータ、事故データをGIS上で統合したデータベースを構築した。次に、交差点幾何構造特性値を地域間で比較することにより、交差点構造に統計

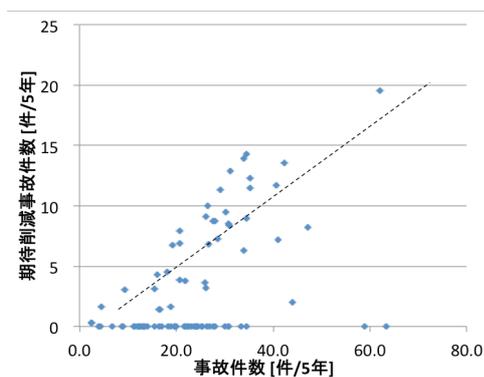


図4 事故件数と期待削減事故件数の関係

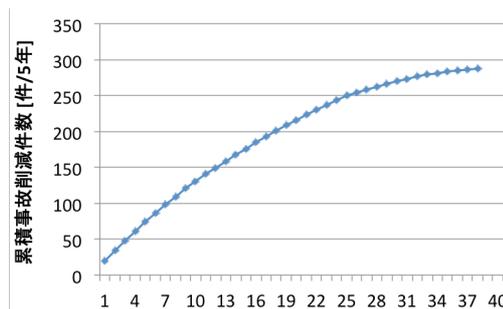


図5 期待事故削減件数の累積分布

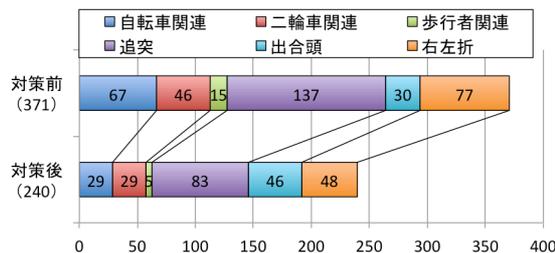


図6 期待事故件数の事前事後比較

的に有意な地域差が存在することを明らかにした。そして、交通事故件数を観測交通量で正規化した交通事故リスクを定義し、ポアソン回帰モデルにより交差点構造要因が交通事故リスクに及ぼす影響を求めた。その結果、停止線間距離、横断歩道長、横断歩道のセットバック距離といった交差点規模を表す変数が有意に交通事故リスクを増大させることが示された。とりわけ、二輪車用二段停止線や自転車横断帯など、間接的に交差点規模を大きくするような施設は、それぞれ二輪車・自転車関連の事故リスクを低減する効果を有するものの、追突事故や歩行者関連事故など、他の種類の事故リスクを悪化させる場合があることが明らかとなった。さらに、シナリオ分析の結果、コンパクト化を含む交差点改良を行うことで、有効性の高い交差点を対象にした場合は35%程度の事故件数を削減可能であることを示した。

本研究の成果は、これまで特定の交差点にて事業の実施前後比較でしか有効性が検証できなかった交差点のコ

コンパクト化対策について、統計的にその有効性を示した点で重要なものであると考えられる。その一方、本研究で採用した手法には一定の限界が存在することも事実である。例えば、交差点構造データの収集には Google earth を用いているが、航空写真が撮影された時期は必ずしも明確ではなく、分析対象期間の交差点構造と一致している保証はない。また、交通センサスによる 12 時間交通量データを用いて事故リスクを算出しているが、二輪車・自転車・歩行者などの交通量は不明であり、それらに関連する事故リスクを適切に評価し得ていない。さらに、交差点中心から半径 40m 以内で発生した事故を、当該交差点で発生した事故と定義しているが、本来はその閾値も交差点毎に設定すべきである。今後は、これらの点も考慮しつつ、より多様なデータを融合的に活用し、交通事故リスクへの影響要因評価を行い、有効な事故対策の検討などに活用することが求められる。

謝辞

本研究は（公財）国際交通安全学会のH2646研究プロジェクトの一貫として実施されたものである。研究を遂行するにあたり、愛知県警、滋賀県警、香川県警より交通事故データを提供していただいた。交差点幾何構造データの収集にあたっては近藤真奈氏に協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) WHO: http://www.who.int/gho/road_safety/en/ (2015 年 4 月 10 日アクセス)
- 2) 公益財団法人 交通事故総合分析センター：交通統計平成 24 年版, 2013.
- 3) 一般社団法人 交通工学研究会：改訂 交差点改良のキーポイント, 2011.
- 4) 清水哲夫, 森地茂, 福原大介：安全対策による交通事故削減効果の分析, 土木計画学研究・講演集 CD-ROM Vol.29, 2003.
- 5) 佐藤大士, 鈴木弘司, 藤田素弘, 伊藤太一：走行特性に着目した交差点コンパクト化の効果分析, 第 29 回交通工学研究発表会論文集, pp.41-44, 2009.
- 6) 国際交通安全学会 112 プロジェクトチーム：地域文化特性と運転行動—ソーシャル・スピードのイン
- 7) 久保田尚：「地域」に着目した交通安全対策, 予防時報 255 号, pp.18-23, 2013.
- 8) 彦坂崇夫, 中村英樹：高速道路単路部における事故率と交通状況との関連に関する統計的分析, 第 21 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.173-176, 2001.
- 9) 大口敬, 赤羽弘和, 山田芳嗣：高速道路交通流の臨界領域における事故率の検討, 高速道路と自動車, Vol.47 No.5, pp.49-52, 2005.
- 10) 後藤秀典, 田中淳, 赤羽弘和, 割田博：都市高速道路のトンネル区間を対象とした事故分析, 第 25 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.49-52, 2005.
- 11) 藤井大地, 宇野伸宏, 嶋本寛, 塩見康博：都市間高速道路における追突事故発生影響要因に関する統計的分析, 第 31 回交通工学研究発表会論文集, pp.87-92, 2011.
- 12) 兵頭知, 吉井稔雄, 高山 雄貴：都市内高速道路における多車線道路区間を考慮した事故発生リスク要因分析, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5, pp. 11349-1355, 2012.
- 13) iRAP: <http://www.irap.net/en/> (2015 年 4 月 12 日アクセス)
- 14) Hoong Chor Ching, and Mohammed Abdul Quddus: Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections, Accident Analysis and Prevention, Vol. 35, pp.253-259, 2003.
- 15) J.W.H. van Petegem, and Fred Wegman: Analyzing road design risk factors for run-off-road crashes in the Netherlands with crash prediction models, Journal of Safety Research, Vol. 49, pp.121-127, 2014.
- 16) 鈴木弘司, 藤田素弘, 小塚一人, 串原喜之：利用者のリスクテイキング/回避行動を考慮した信号交差点の運用評価に関する研究, 土木計画学研究・論文集 Vol.22, pp.853-862, 2005.

(2015. **. ** 受付)

QUANTITATIVE ANALYSIS ON RISK FACTORS FOR ROAD TRAFFIC ACCIDENTS CONSIDERING GEOMETRIC FEATURES OF INTERSECTIONS

Yasuhiro SHIOMI, Kazuki WATANABE, Hideki NAKAMURA,
and Hirokazu AKAHANE