運転者属性に応じた交通安全情報の提供に向けた交通事故危険地点の抽出

研究代表者：名古屋大学　山本俊行

1　はじめに

愛知県は 14 年連続で交通事故死者数が全国最多となっており，交通事故削減は喫緊の課題である．特に，交通事故発生件数は 2004 年の 95 万人を境に，減少傾向にあるものの（図-1），高齢者が関係する事故の割合は増加しており（図-2），今後の高齢者の増加を考えると，年齢や性別など道路利用者の属性変化に応じた交通安全対策が求められる．また，超小型車の普及や自動運転車の導入等，車両属性の変化も交通事故の発生傾向を変化させる可能性がある．このような交通環境の変化の中で交通事故を削減するためには，運転者属性や車両属性と交通事故の関係を詳細に把握することが不可欠である．そこで本研究では，長期観測による交通事故データを用いて，それらと交通事故との関係性について統計的に分析を行うことを目的とした．

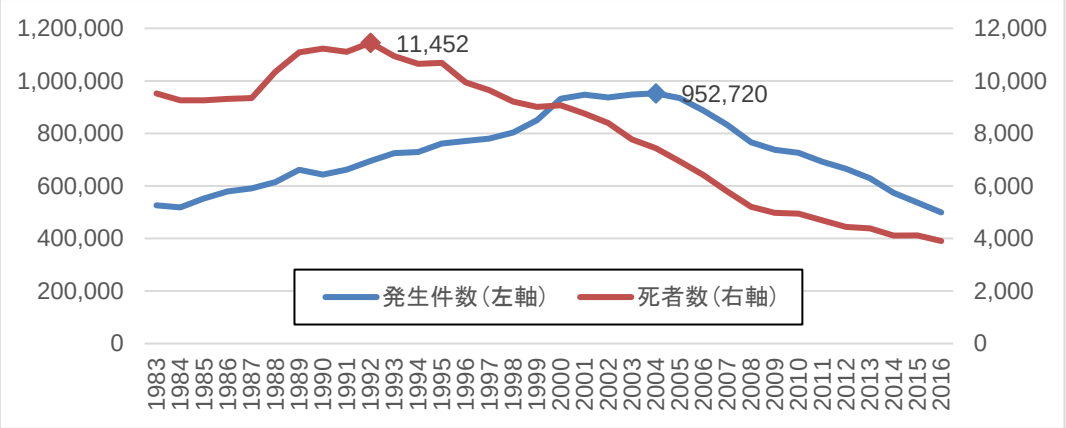


図-1　全国の交通事故発生件数と死者数の状況

※出典：平成 29 年度警察庁交通局より

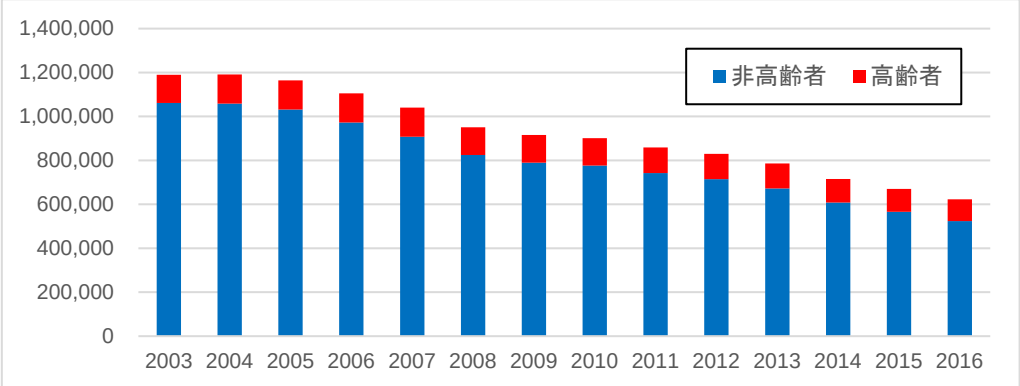


図-2　高齢者と非高齢者の死傷者数の推移

交通事故分析のモデル構築に関する研究はこれまで，数多く行われている．森地・浜岡（1995）は，運転者の意識を考慮した交通事故分析について，住民意識調査を行い，住民の特定地区の通行に関する危険意識を分析しており，危険性の度合いを「認知危険度」と「事故率」の二つの観点から関連性を比較した．また，「道路構造面」，「交通環境面」に関して主成分分析を行い，危険性に対する定性的要因を定量的に評価した．西村・奥村（2002）はドライバーの危険度認識の不一致と交通事故の発生率について，危険度の認識に個人差が生じやすい場所での交通事故発生確率を，ポアソン分布モデル，対数 Tobit モデルの二つのモデルを用いて分析した．この研究によりドライバー間の危険度認識の不一致度が大きいほど交通事故が多く発生することを示した．また，危険度認知に基づく交通事故の防止について，アンケート分析を行い，各個人に日常利用経路，危険地点と危険理由，その段階評価値を問い，日常利用経路の道路幅員が広域的道路評価値に与える影響を，オーダードプロビットモデルを用いて分析した．その結果，ドライバーのある地点に対する交通事故危険度認知には，直前利用経路や日常利用経路の差異が影響を及ぼしていることがわかった．一方，山田（2011）は，歩行者の交通事故を対象としてパーソントリップ調査データからポアソン分布を求め，最尤推定によってモデルを構築した．さらに，分散が大きくポアソン分布の適用が適切でないデータに関して負の二項分布モデルを適用し，歩行者の死者数についてはポアソン分布モデルが，重傷者数，軽傷者数は負の二項分布モデルが当てはまることを確認した．高井（2006）は，東広島市の事故特徴とアンケート調査による危険認識を比較し考察した．各年齢層における事故発生および事故危険意識・原因は大きく異なっており，年齢層毎に事故の特徴を分析する必要性を示した．池田・森ら（2004）は「高齢者ドライバーが第一当事者となる事故の分析」をテーマに高齢者が事故を起こしやすい道路環境の分析を行った．本研究では「三差路」「五差路」「点滅信号」など珍しい道路環境での事故への影響について分析を行った．結果，交差点部，特に無信号交差点における出会い頭事故割合が高く，高齢者の身体的特徴や課題処理能力の低下が周辺車両の確認の欠落につながっていることがわかった．

以上を踏まえ，本研究では，豊田市で長期観測された交通事故原票データを用い，運転者属性や車両属性，天候等の状況と，道路幅員や車線数，交差点形状等の道路構造，交通量の関係性について統計的分析を行い，道路構造や交通量が交通事故に及ぼす影響について把握する．さらに，これらの影響を加味し，運転者属性や車両属性毎に注意喚起が可能な，交通事故注意喚起アプリケーションの開発を行う．アプリケーションの開発は，研究予算の都合もあり，名古屋大学 COI の豊田市実証実験において開発した，既存のスマートフォン・タブレット向けアプリケーション（豊田市対応版）を改良することとする．分析およびアプリケーションの開発に利用するデータは，過去 10 年間分の豊田市 22,721 件の原票データで，詳細な統計解析の実施に十分なサンプル数が確保されている．また，我々は，以前に 1997 年から 2006 年の豊田市の交通事故データを解析し，高齢者ドライバーは非高齢者ド

ライバーと比較して点滅信号交差点において事故率が高いといった分析結果を得ているが，一方で，高齢者ドライバーは増加を続けており，道路整備による道路環境の変化等も合わせて考えると，最新のデータを用いた分析が必要であり，10 年間にわたる長期間の交通事故データを分析する上では，道路構造が道路整備等によって変化することも考慮が必要である．交通事故が発生した時点での道路構造と分析に用いる道路構造にずれがある場合，特に，交通安全対策が実施されたにも関わらず対策前の交通事故を対策後の道路構造と結び付けて分析した場合には，交通安全対策効果を正当に評価することが出来ない．本研究では，デジタル道路マップ協会（DRM 協会）から過去 10 年間のデジタル道路マップを入手済みであり，継続的に更新，蓄積されている DRM を用いることで個々の交通事故データを正確に交通事故発生時の道路構造と統合することを可能にした．

また，本研究の独創性・新規性は，大量かつ詳細なデータを対象として高度な統計解析手法を適用することで，運転者属性や車両属性，道路属性別に信頼性の高い知見を得る点にある．研究代表者らは，Mothafer et al (2016)にあるように，交通事故分析における新たな統計解析手法の開発に取り組んでおり，上記データに適用することで分析手法のさらなる学術的発展がもたらされるとともに，本研究助成により研究結果を実社会へフィードバックすることで，実社会への貢献を果たすものである．

2　データの概要

本研究で分析に用いるデータは，御協議会より入手した，愛知県名古屋市および豊田市における 2006 年から 2015 年の過去 10 年間分の交通事故原票データである．データ総数は，名古屋市 159,195 件，豊田市 22,597 件であり，本研究においては，最終成果であるナビゲーションが豊田市対応版であることから，分析対象を豊田市に限定し，過去 10 年間分の豊田市交通事故原票データを用いることとした．事故原票データは，当事者番号（A／B）事故発生年，発生時刻，天候，事故内容（軽傷／重傷／死亡），当事者種別（車両属性），道路形状（交差点／単路），路面状態（乾燥／湿潤／凍結／積雪／非舗装），当事者年齢（こども／若者／一般／高齢者），性別など，全 17 項目に及ぶ詳細な事故記録データであり，これに交通事故位置を示す緯度経度が付与されている．当事者番号は，事故当事者を示すデータであり，A が第一当事者，B が第二当事者を表している．

まず，データの概要を示す．図-3 は，第一当事者である当事者 A を対象とした年度毎の年代別事故件数を示している．豊田市の交通事故は，全体的に年々減少傾向にあるが，年代割合を見ると，どの年もおおよそ同じ割合であり，特に高齢者が第一当事者になっている事故件数に至っては，10 年前とほぼ同数であることが分かる．このため，高齢者による事故を減らす必要性がうかがえる．ここで，対象外当事者とは，事故の当事者が不明な場合や物損等を示している．

また，図-4 に示す時間帯毎の年代別事故件数を見ると，朝夕のラッシュ時（7～9 時，17 時～19 時）に事故件数が増え，朝夕に特に交通事故注意喚起が必要なものの，深夜帯（0 時

～6 時）は 10 分の 1 以下の事故件数であり，ラッシュ時とは異なる傾向が伺える．一方で高齢者の朝 7 時から夕方 6 時まで一定の交通事故件数になっており，高齢者の場合，時間帯は関係なく，昼間の活動時間全般にわたって注意喚起が必要なことが分かる．

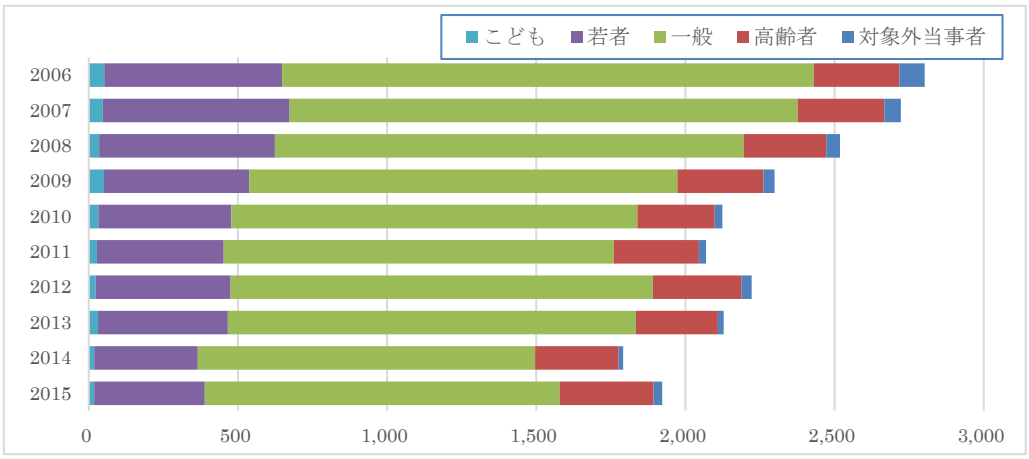
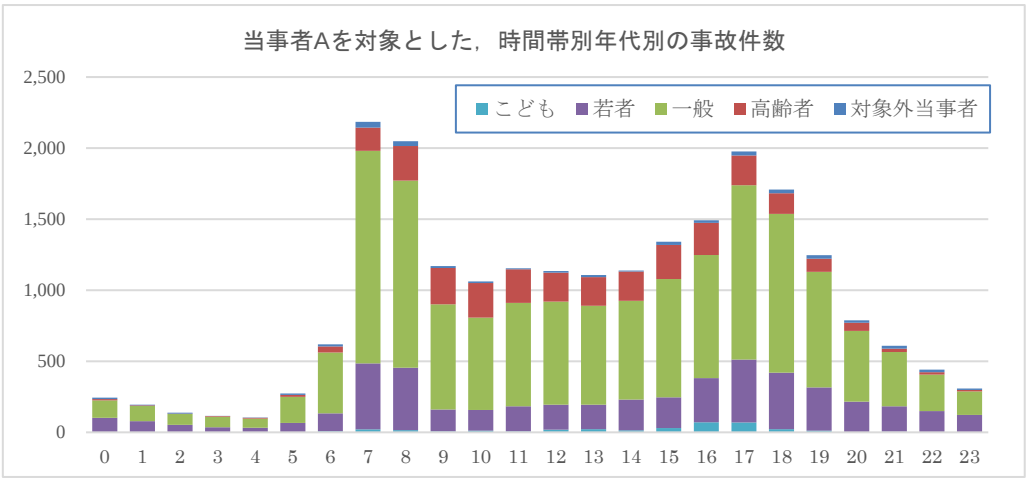


図-3　当事者 A を対象とした，年度毎の年代別交通事故件数



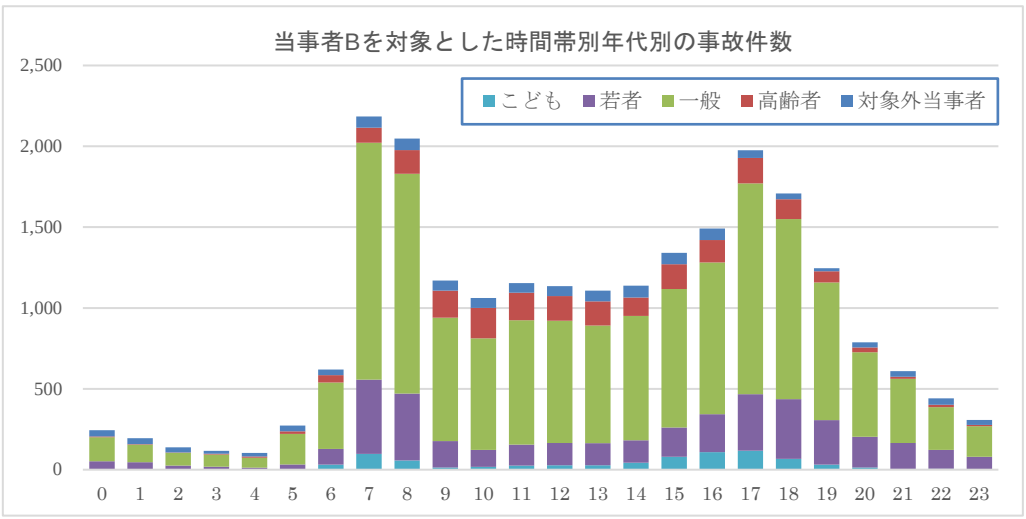


図-4　当事者 A および B を対象とした，時間帯毎の年代別交通事故件数

次に，当事者 A と B の関係性を把握するため，図-5 に事故内容毎の年代別事故発生件数を比較した．図を見ると，若者や高齢者における交通事故は，第一当事者（A）となる可能性が高く，こどもは第二当事者（B）が多い傾向にあることが分かる．

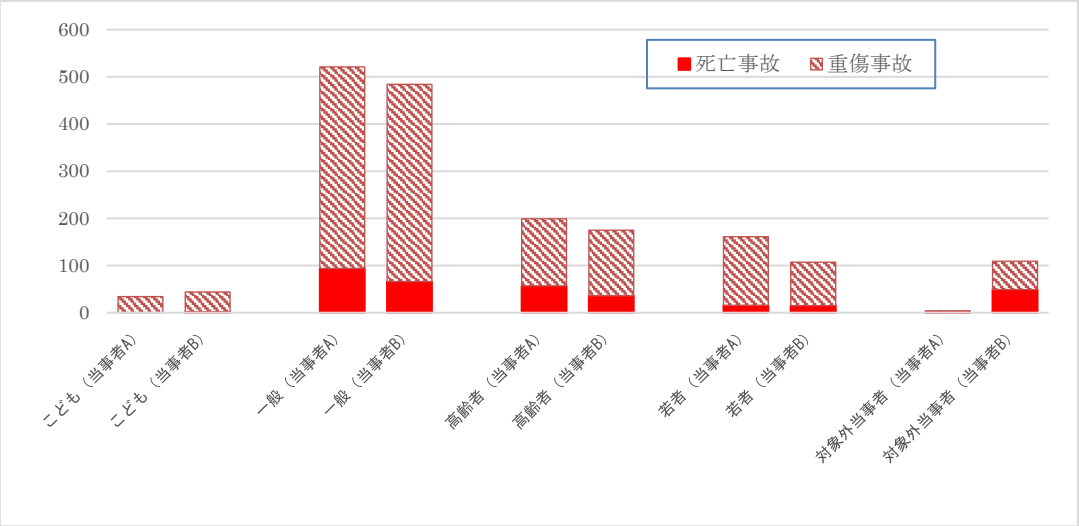


図-5　当事者 A と B における事故内容毎の年代別事故発生件数

豊田市の交通事故発生分布を図-6 に示す．国道や県道など車線数が 2 車線以上の幅員が大きい道路において交通事故が発生しており，特に交差点付近に多く見られることがわかる．また，事故地点毎の年代属性別の事故件数を比較すると，若者（16 歳～24 歳）と一般（25 歳～65 歳）は，交差点と単路での事故数がほぼ同数であるのに対し，こどもと高齢者（65 歳以上）に関しては，交差点の事故が 6～7 割程度を占めていることが分かる（図-7）．よって，以降では，交差点での事故を対象として分析を進める．

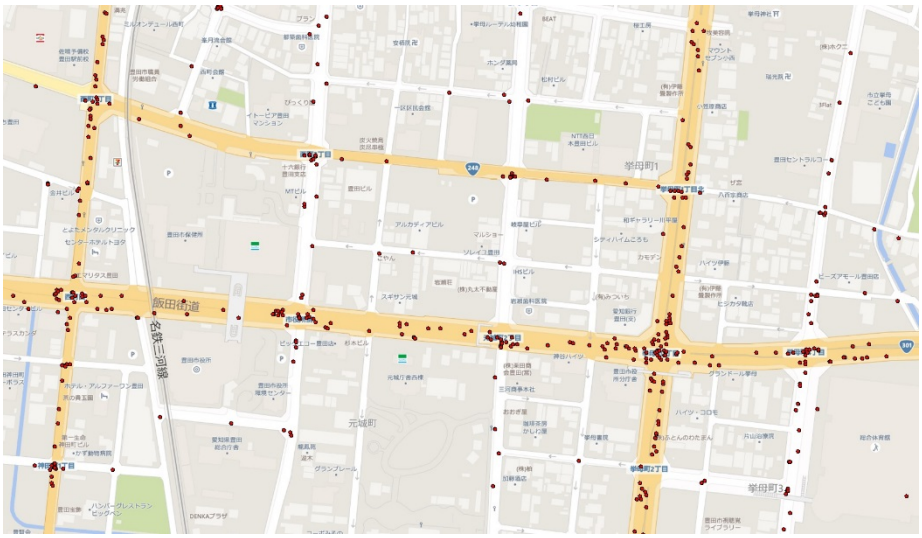


図-6　豊田市内の交通事故分布（過去 10 年間）

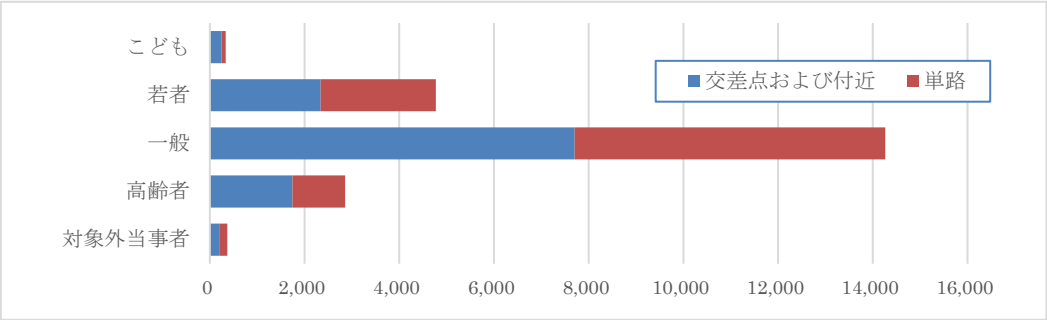


図-7　交通事故地点毎の年代別事故件数

さらに，車両属性別（自動車／二輪車／歩行者），年代別（こども／若者／一般／高齢者），時間帯別（朝夕ラッシュ時／深夜／その他）の組み合わせにおいて，交差点での交通事故の多い状況の上位 10 位を表-1 に示す．表より，事故が多い組み合わせは，一般世代による自動車が時間帯に影響されず多い一方で，高齢者が運転する自動車が事故当事者となる傾向も高く，各属性の組み合わせにおいても，個別に適切な注意喚起が必要だと言えよう．

表-1　当事者別の各属性の組み合わせによる交差点事故数トップ 10

	当事者 A			当事者 B		
	車両	年代	時間帯	車両	年代	時間帯
1 位	自動車	一般	その他	自動車	一般	その他
2 位	自動車	一般	ラッシュ	自動車	一般	ラッシュ
3 位	自動車	**高齢者**	その他	自動車	若者	その他
4 位	自動車	若者	その他	自動車	若者	ラッシュ
5 位	自動車	一般	深夜	自動車	一般	深夜
6 位	自動車	**高齢者**	ラッシュ	自動車	**高齢者**	その他
7 位	自動車	若者	ラッシュ	二輪	一般	その他
8 位	自動車	若者	深夜	自動車	こども	その他
9 位	二輪	若者	その他	二輪	一般	ラッシュ
10 位	二輪	一般	その他	自動車	こども	ラッシュ

3　道路ネットワーク Database の構築とマップマッチング

事故データには，事故の当事者に関連する情報はあるものの，事故現場周辺の道路構造や交通量などの情報は含まれていない．そこで，道路構造や交通量と交通事故との関連性を検討するために，DRM 道路ネットワークデータをベースとし，マップマッチングを行うことで，各交通事故データに道路構造情報および道路交通量情報を対応させる．

まず，DRM 協会保有の 2006 年～2015 年の過去 10 年分の愛知県全域の道路ネットワー

クデータを入手し，交通事故データ区間と同じ 10 年分の道路ネットワークデータを整備，データベース化した．図-8 にデータベースの構造を示す．図のように，年度毎に個別にデータベースを作成し，その配下に，リンク情報とノード情報に分かれた 4 種類のテーブルを作成した．各テーブルには，メッシュ ID とノード ID をプライマリキーとした様々な道路情報が格納されており，これらの情報を用いて，マップマッチングを実施する．

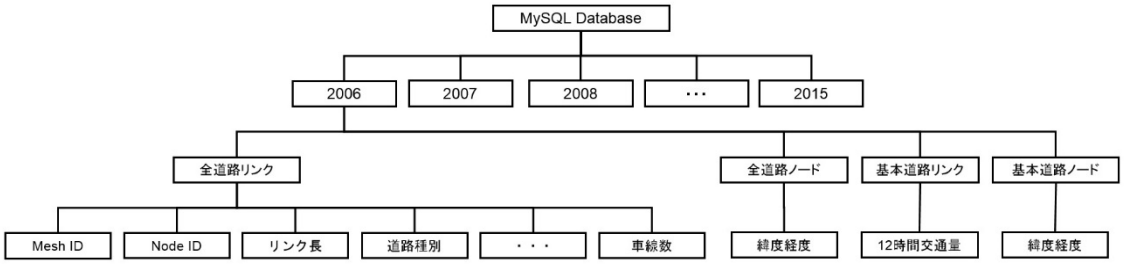


図-8　DRM 道路ネットワークデータベースの構造

マップマッチングとは，ある空間情報（経緯度）が周辺のどの道路リンク上に存在するか地図上マッチングさせる処理のことで，該当する経緯度に最も近い道路情報を付与することを意味する．

本研究では，まず，豊田市内の交差点での事故を対象として交通事故地点における道路構造を把握するために，交通事故発生場所の緯度経度と交通事故発生年度をもとに，年度別 DRM 道路ネットワークデータベースを用いてマップマッチングを行った．マッチングに事故発生年と同じ年のデータを使うことにより，交通事故発生時における道路構造と交通量の再現が可能になる．マップマッチングは，交通事故発生場所の経緯度にもっとも距離が近い道路リンクを抽出し，交通事故発生箇所の道路種別と車線数，道路幅員，12 時間交通量を得た．次に，交通事故総合分析センター（ITARDA）から提供頂いた交差点区間 ID と，DRM 道路ノードを経緯度により対応させ，交差点内事故データを ITARDA の交差点区間 ID により集計した．図-9 に事故件数毎の交差点箇所数を示す．図より，事故件数が少ない交差点が大半を占めており，事故件数と交差点数の関係性は，ポアソン分布に従う傾向が見られる．次に，道路種別毎，車線数毎の交差点箇所数（棒グラフ），および 1 交差点あたりの平均事故件数（折れ線グラフ）を図-10 に示す．事故発生箇所は，国道や県道に多いが 1 交差点あたりの事故件数は道路種別においては差異がない．一方で，車線数毎にみると，1 交差点あたりの事故件数は，車線数と正の相関があり，多車線において事故が多いことが分かる．ただし，3 車線，5 車線とも交差点サンプル数が少ないことには注意が必要である．また，図-11 に，交差点毎の，12 時間交通量と事故件数の散布図を示す．交通量と事故件数の相関係数は 0.26 と，弱い相関が見られるが，交通量の多い交差点が必ずしも事故件数が多いとは限らず，交通量が少なく事故が多い箇所においては，何らかの他の要因が含まれていると考えられる．ここで，図中の交通量が 0 のデータは，交通量が計測されていない交差

点であり，分析の際には，ダミー変数を設定するなど注意が必要である．なお，データ集計にあたっては，各交差点から直線距離にして 35m 以内の事故発生場所について，交差点内での事故とみなし，単路の事故と区別し分類した．

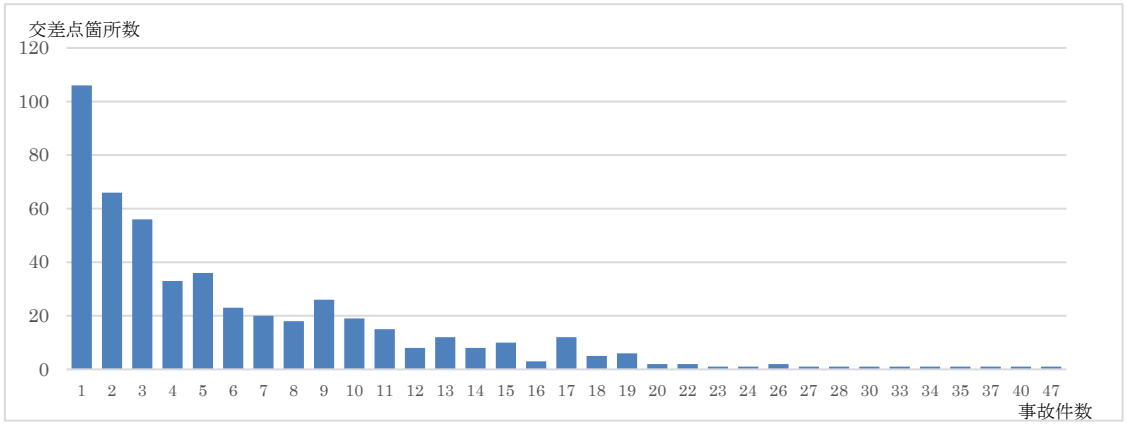


図-9　事故件数毎の交差点箇所数

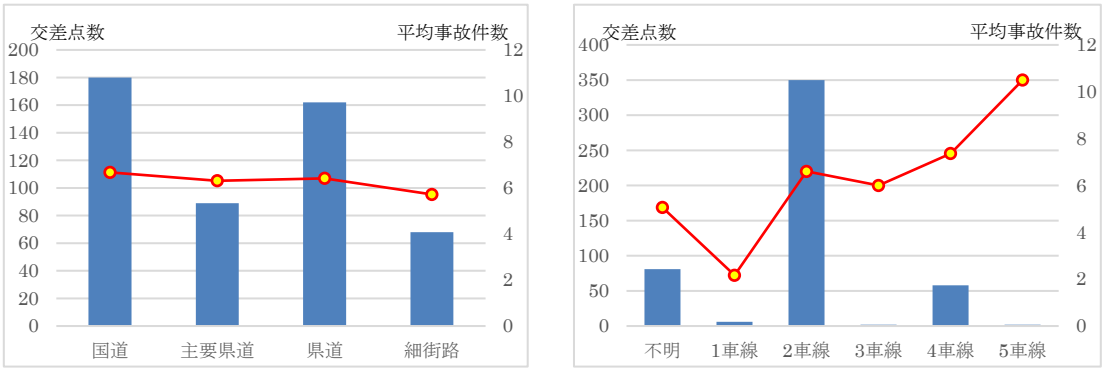


図-10　道路種別毎および車線数毎の，交差点の数と 1 交差点あたりの平均事故件数

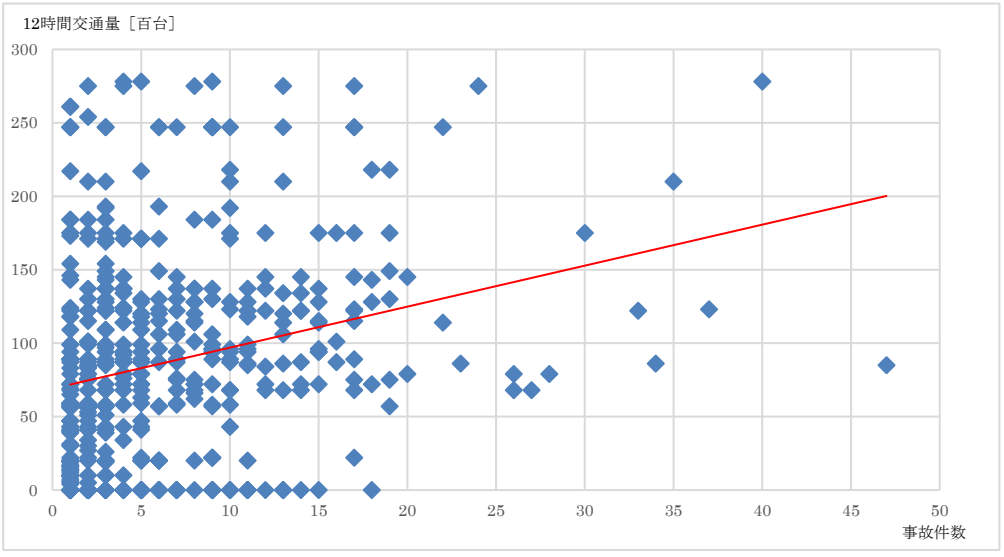


図-11　事故件数と 12 時間交通量の関係（N=499）

4　交通事故発生要因の分析

本研究では，交通事故原票データと前章で構築したデータベースを用いて，道路交差点毎の道路構造や交通量を説明変数，過去 10 年間の交通事故件数を被説明変数とした交通事故頻度モデルを構築した．モデル構築にあたっては，通常このような事象にはポアソン分布を仮定し推定を行うことが一般的だが，今回の場合，被説明変数の平均値と分散値の乖離が大きいため，負の二項分布を仮定した線形回帰モデルを構築した．表-2 に分析結果を示す．表より，国道などの幹線道路よりも県道や細街路など，道路規模が小さくなるにつれ，推定値も高く，z 値も有意になっており，道路規模の大きさが交通事故件数に起因していることが分かる．ただし，車線数に関しては，いずれも推定値が有意になっていないが，推定値が負になっていることから，車線数が多くなるにつれ，事故が減少する傾向がうかがえる．また，交通量の多い交差点においては，事故数も多くなる傾向があり，交通量と事故件数に相関があることが確認できた．

一方，交差点毎に交通事故の頻度を集計したデータには，交通事故が発生していない交差点は含まれていない．そのため，分析にあたっては，交通事故ゼロの交差点データが存在しない，という条件下のもとで分布を仮定する必要がある．そこで，一般化線形モデルの一つで，負の二項分布を仮定したゼロ切断モデルを構築し，再度パラメータの推定を行った（表-3）．推定結果を見ると，道路属性に関しては県道ダミーのみ負の二項分布の推定結果と同じく有意になっており，細街路については交通事故増加の傾向はあるものの有意にはならなかった．逆に，車線数に関しては，いずれも負に有意になっており，車線数が多い道路において，交通事故の頻度も増加する結果となった．

表-2　負の二項分布回帰モデル推定結果（交通事故頻度モデル）

説明変数	推定値	z 値
定数項	0.13	0.17
主要県道ダミー	0.21	1.83
県道ダミー	0.34	**3.36****
細街路ダミー	0.55	**2.15***
4 車線ダミー	-1.25	-1.76
12 時間交通量[百台]の対数	0.60	**8.14*****
交通量ゼロダミー	1.01	1.39
サンプル数		499
分散パラメータ		0.55
標準誤差		0.15
最終尤度（AIC）		2832

***0.1%有意，**1%有意，*5%有意

表-3　ゼロ切断モデル推定結果（交通事故頻度モデル）

説明変数	推定値	z 値
定数項	0.13	0.10
主要県道ダミー	0.27	1.72
県道ダミー	0.46	**3.35*** **
細街路ダミー	0.63	1.87
1 車線ダミー	-3.07	**-2.06***
3 車線ダミー	-2.96	**-2.04***
4 車線ダミー	-2.52	**-2.08***
12 時間交通量[百台]の対数	0.81	**7.98*** **
交通量ゼロダミー	0.70	0.56
サンプル数		499
分散パラメータ		-0.12
標準誤差		0.14
対数尤度		−1337

***0.1%有意，**1%有意，*5%有意

次に，運転者属性と交通事故要因を分析するため，過去 10 年間の第一当事者属性別（こども／若者／一般／高齢者）の事故件数を被説明変数とした交通事故頻度モデルをそれぞれ構築した．結果を表-4 に示す．まず，道路規模に関して，若者と一般は県道規模の道路において推定値が正に有意になっているが，高齢者は，細街路規模の道路においてのみ有意になっており，属性によって異なる傾向が見られた．また，一般と高齢者に関しては制限速度 50km/h 以下の道路において推定値が正に有意になっており，制限速度の低い道路で事故が多発している事が分かる．ただし，こどもに関しては，負に有意に推定されており，一般や高齢者とは異なる傾向が伺えた．また，車線数に関しては一般・高齢者のみ，両側 3 車線の道路において正に有意になっており，他と異なる傾向が伺えた．一方，交通量が多い交差点においては，高齢者よりも若者や一般の交通事故が多くなる傾向にあり，特に個別に注意喚起が必要と考える．以上の知見から，当事者属性毎に異なる傾向が伺えるため，個々の属性の特徴に即した場所において，個別内容の注意喚起を行うべきであろうことが分かる．

表-4　ゼロ切断モデル推定結果（第一当事者属性別）

説明変数	推定値			
	こども	若者	一般	高齢者
定数項	**-15.11****	**-3.73****	**-2.82*****	-3.60
主要県道ダミー	1.55	**0.71****	0.06	0.32
県道ダミー	0.93	**0.56***	**0.37****	0.27
細街路ダミー	3.12	1.03	0.65	**1.54***
速度 50km/h 以下ダミー	**-4.52***	-	**0.49***	**1.15***
3 車線ダミー	-	-	**0.73*****	**0.94***
12 時間交通量[百台]の対数	1.38	**0.76*****	**0.66*****	**0.36***
サンプル数	44	267	443	256
分散パラメータ	-9.14	-0.07	0.28	1.54
標準誤差	0.79	0.44	0.16	0.68
最終尤度（AIC）	-16	-392	-1016	-301

***0.1%有意，**1%有意，*5%有意

5　交通事故注意喚起アプリケーションの開発

5.1　アプリケーションの概要

前章の分析結果を念頭に，当事者属性別（運転者年代別）・時間帯別に個別注意喚起が可能な交通事故注意喚起アプリケーションの開発を行った．

本アプリケーションは，名古屋大学 COI プロジェクトにて開発されたスマートフォン・タブレット向けアプリ「Safety Navi」を改良することとした．Safety Navi は，個人情報（任意）と移動手段を登録すると自己位置情報をアプリケーション上の地図に表示し，随時，その位置情報をサーバー上のデータベースに格納するアプリケーションである．図-12 に既往の Safety Navi のインターフェースを示す．これまで，豊田市街地でゾーン 30 等の速度規制エリアへ自動車で侵入した際に注意喚起を行う実証実験や，自動車学校のスクールバスにアプリをインストールしたスマートフォンを設置し，取得した位置情報を web に表示することで，管理者や生徒へのお知らせとして利用した実績がある．本研究の実施手順および，Safety Navi に追加した機能の詳細を表-5 に示す．まず，交通量の影響を加味し，各事故発生地点での事故発生率を算出，利用者の年代と車両属性，時間帯区分の組み合わせにおいて，事故発生率の高いものを注意喚起必要ポイントとして抽出，データベース化した．さらに，作成したデータベースの情報をアプリケーション上のマップへ表示するために，Safety Navi を改良した（図-13 左）．また，利用者属性，車両属性に応じた注意喚起を行うため，利用者設定情報をデータ項目にあわせてカスタマイズ（図-13 中）し，事故多発地点から半径 70m 地点に進入した場合に注意喚起発声・表示を行う機能を付与した（図-13 右）．

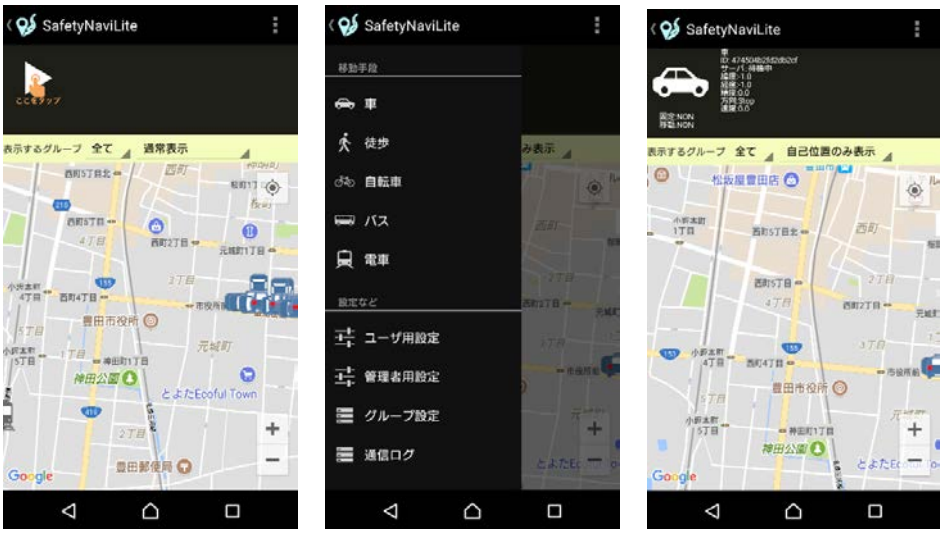


図-12　Android アプリ「Safety Navi」のインターフェース

表−5　交通事故注意喚起アプリケーション開発手順の詳細

①	交通量の影響を加味した事故発生率を算出
②	利用者の年代（こども，若者，一般，高齢者）と車両属性（自動車，二輪，歩行者），時間帯区分（平時，朝夕ラッシュ時，深夜時）の各組み合わせで，事故発生率トップ 10 位以内を注意喚起必要ポイントとして抽出
③	抽出したデータを交差点情報とともにデータベース化.
④	Safety Navi のユーザ設定情報のカスタマイズ（年代と車両属性の分類）
⑤	交差点範囲を半径 70m の円と定義し，範囲内に進入した移動体に対して，音声およびメッセージ表示にて注意喚起を行うよう Safety Navi を改良.

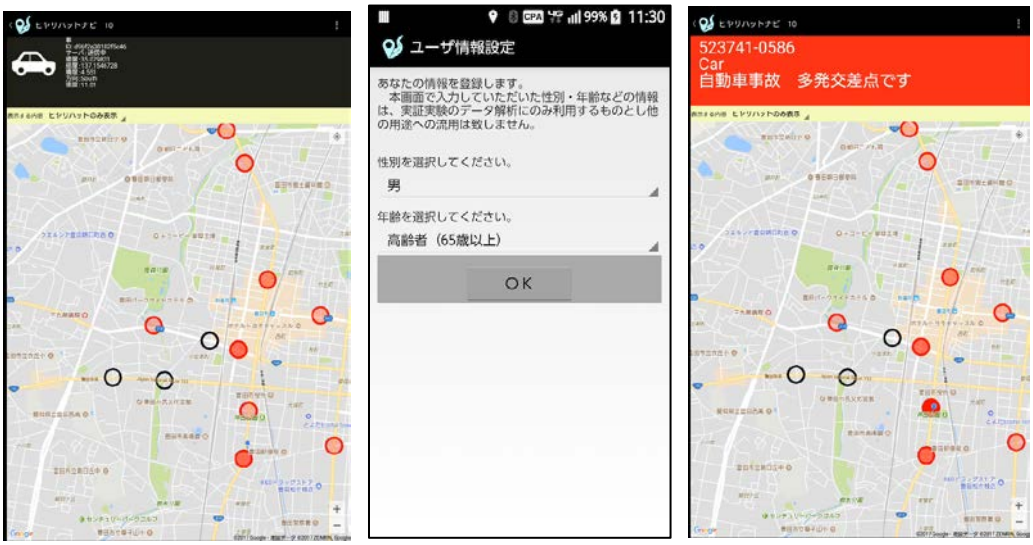


図-13　改良点（左：注意喚起情報表示，中：ユーザ情報の設定，右：注意喚起表示例）

5.2　属性別注意喚起の設定

前章までで示した通り，運転者属性や車両属性，時間帯によって，事故発生場所や内容も異なっており，属性毎に注意喚起を適切に設定する必要がある．本研究において設定した注意喚起パターンを表-6 に示す．注意喚起パターンは，運転者属性，移動手段，時間帯，当事者 B 属性，当事者 B 車両属性，の 4 つの属性について検討する．10 年間の交通事故件数が合計 10 件以上ある組み合わせパターンを抽出した結果，84 組が該当したが，そのうち，同一状況や注意喚起受け手の理解の容易性を考慮し，全 9 種類のパターンに集約し，これらの注意喚起について，対応する時間帯に応じて注意喚起を行うこととした．例えば，運転者属性「高齢者」が運転する「自動車」が「ラッシュの時間帯」に「二輪車」に注意する必要がある交差点において，注意喚起を行う（注意喚起(6)の例）．あるいは，「すべての年代」が運転する「自動車」が「すべての時間帯」において「こども」「歩行者」に注意する必要がある交差点において，注意喚起を行う（注意喚起(5)の例）．

表-6　設定した注意喚起パターン

	運転者属性	移動手段	B 属性	B 車両属性
注意喚起(1)	全属性	全属性	全属性	自動車
注意喚起(2)	一般・若者	自動車	全属性	二輪車
注意喚起(3)	全属性	自動車	高齢者	二輪車
注意喚起(4)	全属性	自動車	こども	二輪車
注意喚起(5)	全属性	自動車	こども	歩行者
注意喚起(6)	高齢者	自動車	全属性	二輪車
注意喚起(7)	高齢者	自動車	全属性	自動車
注意喚起(8)	全属性	二輪車	全属性	自動車
注意喚起(9)	全属性	二輪車	全属性	二輪車

5.3　事故発生率の算出

前述の注意喚起パターンに対応した交差点の事故発生率を算出し，事故発生率上位の交差点を抽出し，注意喚起箇所としてデータベースに格納する．事故発生率は，当該交差点の年間の 12 時間交通量当たりの年間事故件数であり，1 台の自動車が道路を 1 年間走行した時に発生する事故件数を意味している（式(1)）．ただし，12 時間交通量が未計測の道路に関しては，一般都道府県道の平均 12 時間交通量が 38（百台）であることから（H22 年道路交通センサスより），おおよそその半数である 20（百台）とした．

$$R_i = \frac{N_i/10}{Q_i \times 365} \quad \cdots \quad \text{式(1)}$$

R_i：交差点 i の事故率
N_i：交差点 i の 1 年間の事故件数（件）
Q_i：交差点 i の 12 時間交通量(百台/日)

次に，注意喚起データのフォーマットを表-7 に示す．注意喚起を行う地点は，第一当事者と第二当事者の年齢や車両属性、時間帯別の事故件数を交通量で除した値が高い地点を抽出し，それぞれ過去の事故内容に即した注意喚起メッセージを作成した．開発したアプリケーションが実際にどのように作動するのか，作動のタイミングやメッセージ内容，喚起場所を確認するため，別予算にて豊田市内において実車走行実験を行った．その結果，メッセージの発信タイミングは交差点から半径 70m でおおよそ妥当なタイミングであったが，交差点の間隔が短く，注意喚起位置が連続したところでは，二つ目の注意喚起が GPS 測位タイミングによっては流れないこともあることが分かった．また，測位の精度やタイミングによっては，注意喚起が遅れるといったこともあり，商用アプリとする際には，既存ナビゲーションとの連携も視野に入れ，何らかの対応が必要性である．なお，開発したアプリは，Safety Navi の機能の一つとして実装できるよう名古屋大学 COI プロジェクトと調整中である．

表-7　注意喚起データのフォーマット

No	カラム名	備考
1	ID	任意の文字列
2	緯度	度表記
3	経度	度表記
4	距離	範囲の半径（m）
5	移動手段	NON,CAR,WALKING,BICYCLE
6	性別	NON,MALE,FEMALE
7	年齢	NON,Under10,10,20,30,40,50,60,Upper70
8	時間帯	NON,LATENIGHT,MORNING,NOON,EVENING,NIGHT
9	メッセージ	任意の文字列



図-14　アプリケーションによる注意喚起の場所とメッセージ例

6　まとめ

本研究では，運転者属性や交通状況に応じた交通安全情報を，ナビゲーションシステム等を通じて提供するために，まず，運転者属性や車両属性，天候等の状況と交通事故多発交差点の関係を統計的分析により把握することを目的とし，過去 10 年間分の交通事故原票データと DRM 道路ネットワークデータを用いて分析を行った．分析にあたっては，負の二項分布を仮定した，当事者属性別のゼロ切断モデルを構築し，道路構造が交通事故に及ぼす影響について分析を行った．

交差点周辺の交通事故データを ITARDA 区間 ID 毎に集計し，交差点毎の交通事故件数を被説明変数，道路構造と交通量を説明変数にしたゼロ切断モデルを構築し，パラメータを推定した結果，道路規模が小さい県道や細街路で事故も多く，さらに，車線数も多く，交通量が多い交差点において事故件数が増加する傾向が伺えた．また，当事者属性別の推定結果を見ると，県道および交通量の多い交差点における交通事故が多い一方で，車線数による影響は示されなかった．ただし，高齢者においては，道路規模に応じて事故件数も増えており，個人属性に即した交通情報提供の必要性がうかがえた．

一方で，交差点においては，交差点の形状，信号機の有無やタイミング，右左折の矢印信号，歩車分離，歩道幅員，見通し等の情報が交通事故に何らかの影響を与えている可能性も高いが，それらが交通事故に及ぼす影響について詳細な分析ができなかった．これらの分析を行うためには，今後，DRM 道路ネットワークデータに加え，他のデータソースを入手する必要があり，今後の課題となった．また，今回は過去 10 年間の交通事故件数の合計値によりモデル推定を行っているため，説明変数に利用した道路構造は，1 時点（2012 年度データ）を利用した．3 章で示した通り，事故発生時の道路構造を反映するためには，事故発生時の道路構造で推定する必要があるが，今後の課題としたい．また，本研究では，当事者属性別のモデルを個別に推定したが，それらの間の相関を考慮するために Mothafer et al. (2016)や Nashad et al. (2016)で用いられているコピュラ関数を用いたモデル化や，Patil et al. (1977)で提案されているような多変量を対象としたゼロ切断モデルの適用が望まれる．

さらに，これらの知見を念頭に，個人属性別，車両属性別，時間帯別に注意喚起可能なアプリケーションの開発を行った．開発したアプリケーションは，実車による走行実験を実施し，動作検証および改善点の検討を行った．結果，交差点範囲の定義については，おおよそ半径 70m で問題ないものの，交差点間隔が短い場所や道路幅や車線数の多い広い交差点，道路が隣接する場合などにおいて，適切でない場所で注意喚起する場合もあった．また，注意喚起発声後，次の発声まで 30 秒間のインターバルを置いているが，交差点間隔が近いものは発声タイミングを逃す場所も存在した．実用化にあたっては，適切なタイミングに調整する必要があると考える．また，今回，アプリケーション開発予算の制限もあり，豊田市データのみを用いて，分析およびアプリケーション実装を行った．今後は，名古屋市の事故データをベースとして他のデータソースも加え，交通事故頻度多変量モデルの構築，および注意喚起アプリケーションの拡張についても，自主研究として続けて行く予定である．

参考文献

Mothafer, G.I.M.A., Yamamoto, Y. and Shankar, V.N.: Evaluating crash type covariances and roadway geometric marginal effects using the multivariate Poisson gamma mixture model, Analytic Methods in Accident Research, Vol. 9, pp. 16-26, 2016. DOI:10.1016/j.amar.2015.11.001

Nashad, T., Yasmin, S., Eluru, N., Lee, J. and Abdel-Aty, M.A.: Joint modeling of pedestrian and bicycle crashes: copula-based approach, Transportation Research Record, Vol. 2601, pp. 119-127, 2016. DOI:10.3141/2601-14

Patil, S.A., Patel, D.I. and Kovner, J.L.: On bivariate truncated Poisson distribution, Journal of Statistical Computation and Simulation, Vol. 6, No. 1, pp. 49-66, 1977. DOI:10.1080/00949657708810167

池田武司，森望，古屋秀樹，民田博子，上野一弘，菅藤学，舟川功，山中彰，市橋政浩(2004)：高齢者ドライバーが第一当事者である事故の道路交通環境要因と対策に関する事例的分析，土木計画学研究・講演集，Vol. 30，CD-ROM

警察庁交通局：安全・快適な交通の確保に関する統計等，
https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/index.html

高井広行(2006)：高齢者が関係した交通事故発生について，
http://www.jsce.or.jp/library/open/proc/maglist2/00039/200511_no32/pdf/85.pdf

西村智明，奥村誠（2002）：ドライバーの危険度認識と交通事故の発生率，土木計画学研究・講義集，Vol. 26，CD-ROM

橋本成仁，吉城秀治（2010）：街路空間要素が自動車走行速度に与える影響に関する研究，土木計画学研究・論文集 No.27，pp737-742

森地茂，浜岡秀勝（1995）：交通事故の危険意識に関する考察，土木計画学研究・論文集 No.12，pp713-718

山田晴利（2011）：今発表会の趣旨説明および交通特性と歩行者交通事故特性の関連性の分析，第１４回 交通事故調査・分析研究発表会