

交差点空間特性からみた高齢運転者が加害者となる無信号交差点出会い頭事故発生箇所の特徴

三村 泰広¹, 樋口 恵一², 安藤 良輔¹, 楊 甲¹, 西堀 泰英¹

¹正会員 公益財団法人豊田都市交通研究所 (〒471-0024 愛知県豊田市元城町3-17)

E-mail:mimura@ttri.or.jp

²正会員 大同大学工学部 (〒457-8530 名古屋市南区滝春町10番地3)

E-mail:higuchi@daido-it.ac.jp

本研究では、超高齢社会においてあり得べき無信号交差点空間について提案するため、高齢運転者の道路空間認知特性に関する基礎的整理を行うとともに、交差点空間特性からみた高齢運転者が加害者となる無信号交差点出会い頭事故の予測モデルを構築した。結果、空間構造については、交差点枝数が増加すると性別や年齢にかかわらず有意に出会い頭事故件数が増加すること、直角からの偏差角総和はいずれの属性においても有意とはならず、出会い頭事故の発生に影響を与える空間特性とはいえないこと、空間土地利用については、高齢になるに従い、用途地域内で出会い頭事故を起こす傾向が低くなり、用途地域外の市街化調整区域や、白地地域といった施設等の少ない箇所での出会い頭事故が多くなる傾向を明らかにした。

Key Words : elderly drivers, non-signalized intersection, crossing collision

1. はじめに

図-1 に示すように、道路空間の中でも、高齢運転者は無信号交差点における出会い頭事故の多さが特徴として知られる。この原因として自動車技術会が発行する「高齢者運転適性ハンドブック」(2005)によれば、相手の車の見落とし、速度誤認、信号・標識の見落とし、小さな移動体の見落としなど、認知機能、特に視力に起因する能力の低下が関与しているものとされている。無信号出会い頭事故においては、視認性の観点からカメラやレーダが主流となっている ASV (先進安全自動車) 単独による解決に課題が予想されるなかで、交差点空間のあり方について政策論的観点から議論を重ねることが重要である。

本研究では、超高齢社会においてあり得べき無信号交差点空間について提案するため、高齢運転者の道路空間認知特性に関する基礎的整理を行うとともに、交差点空間特性からみた高齢運転者が加害者となる無信号交差点出会い頭事故の予測モデルを構築することを目的とする。

2. 既往研究の整理

高齢運転者が加害者となる無信号交差点出会い頭発生箇

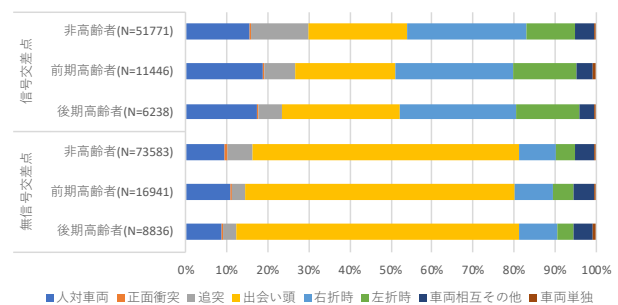


図-1 我が国の交差点種別・年齢別事故種類の傾向 (平成 29 年)¹⁾

(1) 出会い頭事故と空間要因の関連性に関する既往研究

出会い頭事故を含め、事故類型からみた事故リスクを高める空間要因についてみた研究がいくつか散見される。塩見ら²⁾ はセンサス対象リンクを含む395交差点を対象にGoogle Earthを用い、幹線道路信号交差点における類型別の事故リスクについて、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のデータを数値化し、出会い頭事故を含む多様な種類の事故リスクとの関係をポワソン回帰モデルにより分析している。多枝、

鋭角、隣接交差点間距離が短い交差点で全般的に事故リスクが高く、出会い頭事故において特徴的な傾向として、右折信号・車線があること、セットバック距離が長いほど、中央分離帯の剛性が上がるほど事故リスクが低下することが示されている。その他、沿道土地利用が郊外であるほど出会い頭事故のリスクが高いことが示されている。

コリム=マサド=デワンら³⁾は東京都内の事故多発交差点も含めた190カ所の四肢信号交差点を対象に、出会い頭事故及び進路変更巻き込み事故の交差点事故リスクモデルを構築している。本研究では、事故の発生確率を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の積で表されるとし、それぞれの事故リスクを説明するパラメータを推定している。結果、四肢交差点に細街路がある場合、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出会い頭事故リスクが上昇することが明示されている。

上記の研究によるパラメータの推定結果は空間要因からみた出会い頭事故の傾向を把握する上で、極めて有用である。他方、これらの研究は、交通流データや詳細な幾何形状データの揃った幹線道路の信号交差点を対象とするもので、本研究の着眼点である無信号交差点の出会い頭事故においては異なる傾向を示すことも予想される。無信号交差点の多い細街路や生活道路までを含めた交通事故リスクを検討しているものは少ないものの、高松ら⁴⁾道路ネットワークデータなどの一般に入手可能な空間基盤データを基に、道路の幾何的な繋がり方の分析手法であるスペースシンタクス理論を用いて、地点の事故リスクを推計するモデルを提案している。結果、出会い頭事故リスクの推定では、主要交差点指標、信号交差点からの距離、広域近接性、近隣媒介性がモデルの説明変数として採用されている。本研究は生活道路を対象を含めたパラメータ推定を実施している点において有用な成果を導出している。他方、本研究では事故の加害者となる運転者年齢、特に心身機能の変化が予想される高齢となる場合の影響に着眼しているが、この点を踏まえた研究は筆者らの知る限り見当たらない。

(2) 加齢による心身機能の変化と出会い頭事故との関連

先にふれたように、高齢運転者は加齢に従い出会い頭事故が多くなる。この想定される原因について加齢による心身機能の変化についての既往研究を俯瞰しながら整理する。加齢による身体機能の変化は、その機能によって傾向が異なる。例えば、特に聴力⁵⁾（反応時間含む）と運動能力⁶⁾（特に柔軟性・平衡性・瞬発力）の低下は他の機能と比べても顕著であることが知られてい

る。また、視力では、中でも視野（特にランダム背景下の輝度変調の検出）や減能グレア（眩しさ耐性）が加齢によって大きく低下することが知られている⁷⁾。運転を「認知」、「判断」、「操作」のプロセスでみた場合、主に加齢による視力低下及び視野の縮小、柔軟性の低下によって空間を「認知」する能力に課題が生じることが予想される。この認知能力の低下は特に認知すべき範囲や対象が他の道路空間より多い交差点で、大きな課題となることが予想される。

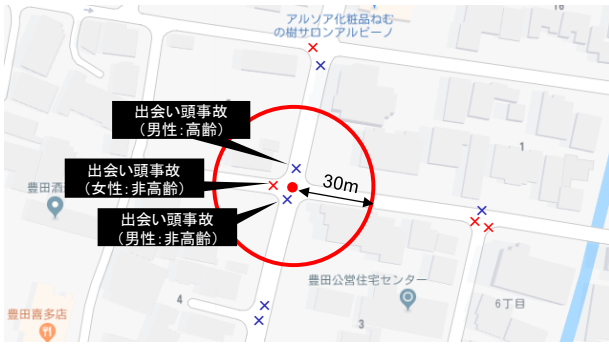
反応時間の変化はやや緩やかである⁸⁾。ただし、反応時間の長さよりもその分散、単純反応よりも弁別反応（既知の複数の刺激のいずれかが提示され、そのうち特定の刺激の場合のみ、決められた1種の反応をするときの反応）、視覚・触覚よりも聴覚における反応において、加齢の影響がより大きい⁹⁾。交差点など極めて速い速度で連続的に変化する運転環境下においては、安定的に的確に空間を認知し、反応できる能力が不可欠であり、加齢によるこの変化は安全上、深刻な課題を生じさせている可能性が予想される。

加齢は心機能にも大きな変化をもたらす。なかでも記憶、特にワーキングメモリや長期記憶¹⁰⁾、社会的バイタリティの低下¹¹⁾が大きいことが知られている。他方、ネガティブ・中立的な記憶は忘れやすく¹²⁾、調和性や誠実性は高まる¹³⁾。また、帰納的推論（個別的・特殊的な事例から一般的・普遍的な規則・法則を見出そうとするもの）や、空間イメージ操作、言語能力、言語記憶などの知能に関する能力、情報処理に関する能力は老化による変化は比較的小さいとされる¹⁴⁾。ワーキングメモリに関する能力低下は、交差点など多様な状況判断が同時並行的に求められる自動車運転時における大きな課題となるものと予想され、加齢における大きな課題であるものと推察される。

以上のように、加齢による多くの心身機能の低下は主に交差点などの交通環境の安全な走行に支障をきたすことが予想でき、加齢による出会い頭事故の増加につながっていると整理できよう。

3. 高齢運転者が加害者となる出会い頭事故発生箇所の抽出

高齢運転者が加害者となる出会い頭事故の発生箇所を抽出するに際し、ここでは、過失の最も大きい高齢者が第一当事者となった出会い頭事故に着目し、当該事故の多発する交差点を抽出し、その傾向について考察する。なお、上述の整理のように、高齢運転者の加齢に伴う心身機能の変化の大きさを踏まえ、本分析では、高齢者を



※この交差点の場合、男性高齢1件、非高齢1件、女性非高齢1件

図-2 事故件数のカウント方法

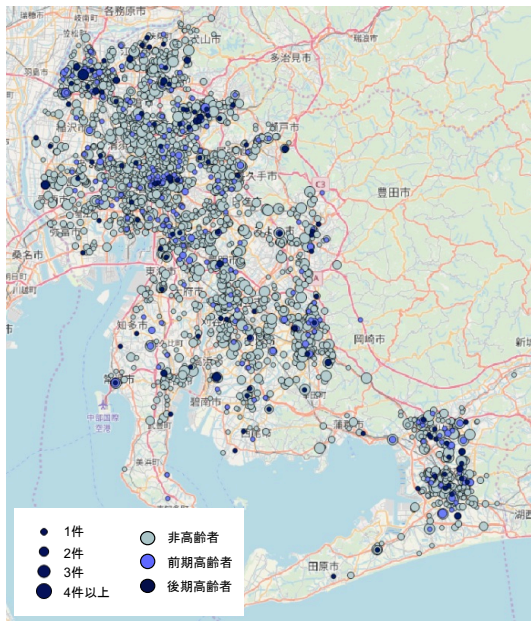


図-3 愛知県における無信号交差点での出会い頭事故多発箇所（男性）

65 歳から 74 歳を前期高齢者、75 歳以上を後期高齢者とし、それぞれの年齢による傾向の整理を試みる。加えて、交通事故総合分析センターの報告¹⁵⁾や岐阜県警察本部の報告¹⁶⁾等、交通事故の原因について男女間の差が知られていることから、以下では性別による傾向の違いも捉える。

(1) 方法

使用する交差点データは、ESRI 社から提供される ArcGIS Geo Suite 道路網データである¹⁷⁾。本データは住友電気工業株式会社の拡張版全国デジタル道路地図データベース (ADF) を加工して開発した全国道路ネットワークデータセットである。当該データには一方通行や右左折禁止、規制速度などの交通規制情報とともに、ノード情報が格納されており、当該交差点の信号の有無が判別できるようになっている。

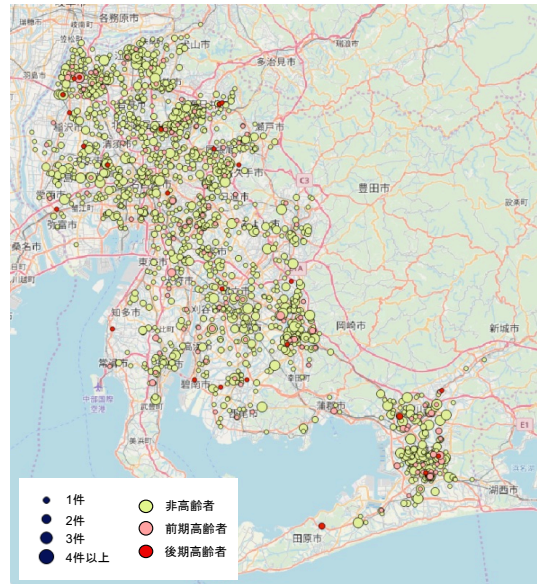


図-4 愛知県における無信号交差点での出会い頭事故多発箇所（女性）

交通事故データについては、愛知県警察本部より貸与を受けた 2012～2017 年に愛知県下で発生した交通事故データ (269,144 件) を用いる。本データは、事故内容 (死亡・重傷・軽傷)、発生年月日、発生時間、天候、地形、路面状態、道路形状、信号機の有無、中央分離施設の有無、歩車道区分、事故類型、第一・第二当事者別の種別 (自動車、歩行者、自転車等)、性別、年齢、通行目的、法令違反、負傷程度、発生位置 (緯度・経度) が含まれる。なお、2012 年のデータは、一部緯度、経度情報が掲載されていないデータが含まれている (49,651 件中、622 件)。

本研究では、高齢運転者が第一当事者となった出会い頭事故の多発箇所を選定するため、図-2 に示すように、一般に交差点関連の事故が発生する交差点付近¹⁸⁾とされる範囲に該当する無信号交差点中心から半径 30m のバッファを作成し、当該バッファに包含される出会い頭事故の件数を第一当事者の性別・年齢別にカウントした。カウントに使用した GIS ソフトウェアは QGIS Desktop 2.18.24 である。

(2) 結果

性別及び年齢別の出会い頭事故多発無信号交差点分布を図-3、図-4 に示す。発生件数が少ない影響もあるが、男性、女性ともに高齢になるに従い、発生箇所が特定の交差点に集約していく傾向がみられる。

4. 高齢運転者が加害者となる出会い頭事故発生箇所の空間特性の道路形状・土地利用特性による定量化

本章では、抽出した高齢者が第一当事者となる出会い頭事故の発生件数が多い交差点について、その空間構造、周辺土地利用からみた特性を整理する。本分析においても、高齢運転者の加齢に伴う心身機能の変化の大きさを踏まえ、高齢者を 65 歳から 74 歳を前期高齢者、75 歳以上を後期高齢者とし、それぞれの年齢による傾向を把握するとともに、性別による傾向の違いを把握する。

(1) 方法

表-2 にモデル構築で使用する説明変数を整理した。空間構造として、「交差点付近施設面積」、「交差点の直角からの偏差角総和」、「交差点枝数」、「交差点形状」を採用した。「交差点付近施設面積」は、出会い頭事故の発生に与える死角の影響を捉える目的で設定した。施設面積が 0 であれば、死角がないと判定でき、施設面積が大きければ相対的に死角が生じている可能性が高いと判定できる。次に「交差点の直角からの偏差角総和」は、一般に交差点の交差角が鋭角もしくは鈍角であるほど、運転者の視認すべき範囲が広範となるなど交通事故が発生しやすいことが知られている^{19) 20)}ことを踏まえ設定したものである。図-5 に示すように、この値が大きくなればなるほど、当該交差点が鋭角もしくは鈍角により構成されていると判定でき、値が 0 の場合は直角交差点と判定できる。「交差点枝数」は同様の理由で設定している。枝数が多いほど交通事故が発生しやすいとされる²⁰⁾。「交差点形状」は、一般に交差点面積が大きいかほど交差点内の走行速度を高める、整流化が困難となることが知られる²⁰⁾ことを踏まえ設定したものである。

また、周辺土地利用として、ここでは「用途地域」を採用した。周辺土地利用が交通事故の発生に影響を与えることはよく知られている。例えば、Pulugurtha, S. S., Duddu, V. R. & Kotagiri, Y.の研究²¹⁾では住居が中心となる複合的な土地利用、都市住居、高層住居、商業、業務地域では交通事故が多いことが示されている。我が国の周辺土地利用状況を表象するものとして、用途地域が代表的であることから、これを変数のひとつとして設定した。

対象とする交差点は、性別、年齢等による影響をより明確に得るために、ある程度のお会い頭事故が発生している交差点であることが望ましいと考え、ここでは、対象期間において 3 件以上の出会い頭事故が発生した無信号交差点とした (3,942 箇所)。

本分析で使用するモデルについて、W. E. Marshall, et al.²²⁾ や M. Moeinaddini, et al.²³⁾、A. Hadayeghi, et al.²⁴⁾ にみられるように、交通事故予測モデルに用いられるのは、正規分布への当てはまりを想定する線形モデルよりむしろ、負の二項分布やポワソン分布など他の分布への当てはまりを想定する一般化線形モデルが用いられる。これは、交通事故は、期待発生回数が少ない場合 ($\lambda=1$ など) の

ポワソン分布や負の二項分布への当てはまりがよいためである。特に、M. Moeinaddini, et al.をはじめ、負の二項回帰分布に従うモデルでの当てはまりの良さが報告される例があり、交通事故発生予測に適する統計モデルを検討する際には、一般化線形モデルである負の二項回帰モデルをまずは採用することが望ましいといえる。

以上を踏まえ、性別、年齢別での無信号交差点における出会い頭事故の件数に与える要因分析を行った。なお、解析には R version 3.5.1 の MASS パッケージを使用した。

(2) 結果

表-3、表-4 にモデル構築の結果について示す。モデル全般の当てはまりの良さを示す残差逸脱度、AIC をみると、男性よりも女性、一般よりも高齢者のモデルの精度が比較的高いことがわかる。これは、精度の高いデータほど、件数がゼロとなるものが多いことからデータのば

表-2 モデル構築で使用する説明変数

	説明変数	内容	データソース	時点
空間構造	交差点付近施設面積	交差点中心点から半径 30m 内に所在する施設 (一般家柵等) の面積	株式会社ゼンリン 地図データ	2016 年 12 月
	交差点の直角からの偏差角総和	交差点の交差角が直角のとき 0 とし、各枝が直角からずれている角度の総和で算定	拡張版全国デジタル道路地図データベース	2014 年 10 月
	交差点枝数	交差点に接続する枝数	拡張版全国デジタル道路地図データベース	2014 年 10 月
	交差点形状 (ダミー変数)	交差道路の幅員から、交差点形状を整理 (最大と最小の幅員で表現) 小 = 幅員 3m ~ 5.5m 未満 中 = 幅員 5.5m ~ 13m 未満 大 = 幅員 13m 以上	拡張版全国デジタル道路地図データベース	2014 年 10 月
周辺土地利用	用途地域 (ダミー変数)	交差点中心点の位置する箇所の用途地域 (12 種類)	国土数値情報用途地域データ	2011 年度

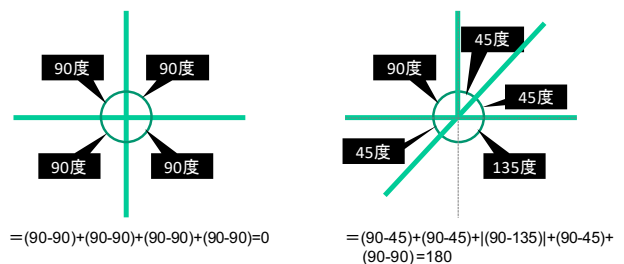


図-5 交差点の直角からの偏差角総和の算出イメージ

表-3 モデル構築の結果 (推定値, 男性)

		一般	前期高齢	後期高齢
定数項		0.7351**	-0.8293	-2.9100**
空間構造	交差点付近施設面積	-0.0002***	0.0001	0.0001
	直角からの偏差角総和	0.0006	0.0015	-0.0004
	交差点枝数	0.0742*	0.0990	0.3430***
	小小交差点ダミー	-0.3029	-0.7238	0.1145
	小中交差点ダミー	-0.2498	-0.4124	0.3626
	小大交差点ダミー	-0.2664	-0.4601	0.4060
	中中交差点ダミー	-0.1906	-0.2711	0.4808
	中大交差点ダミー	-0.3070	-0.3299	0.4159
周辺土地利用(用途地域)	第一種低層住居専用地域ダミー	-0.2098**	-0.0603	-0.1405
	第二種低層住居専用地域ダミー	-0.1887	-0.7197	-0.0451
	第一種中高層住居専用地域ダミー	-0.1481**	-0.2011	-0.0452
	第二種中高層住居専用地域ダミー	-0.2098*	-0.4311*	-0.4158
	第一種住居地域ダミー	-0.0360	-0.0428	-0.2481*
	第二種住居地域ダミー	-0.0422	-0.0740	-0.3486*
	準住居地域ダミー	0.0474	-0.3731	0.0212
	近隣商業地域ダミー	0.0749	-0.0865	-0.2957*
	商業地域ダミー	0.2474***	0.0466	-0.2455
	準工業地域ダミー	0.0406	-0.1607	-0.0521
	工業地域ダミー	0.1026	-0.0198	-0.6225**
	工業専用地域ダミー	0.1331	-0.7966	-0.5700
サンプル数		3,942		
残差逸脱度		4071.4	3651.3	2870.3
AIC		13665	6490.9	4963.8

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05, · p<0.1

表-4 モデル構築の結果 (推定値, 女性)

		一般	前期高齢	後期高齢
定数項		0.3058	-3.2318**	-21.9500
空間構造	交差点付近施設面積	-0.0001	0.0002	-0.0003
	直角からの偏差角総和	0.0001	-0.0008	-0.0007
	交差点枝数	0.1632***	0.4359***	0.3535*
	小小交差点ダミー	-0.6033*	0.0346	18.1600
	小中交差点ダミー	-0.5817*	0.2180	18.5200
	小大交差点ダミー	-0.5751*	0.2337	18.1600
	中中交差点ダミー	-0.5070	0.3285	18.6500
	中大交差点ダミー	-0.5061	0.2343	17.9400
周辺土地利用(用途地域)	第一種低層住居専用地域ダミー	0.0891	-0.2483	-0.2881
	第二種低層住居専用地域ダミー	-0.2791	0.2907	0.6265
	第一種中高層住居専用地域ダミー	0.1761**	0.1171	-0.1625
	第二種中高層住居専用地域ダミー	0.0784	-0.6248*	0.0449
	第一種住居地域ダミー	0.0298	-0.0389	-0.1572
	第二種住居地域ダミー	0.0016	-0.1844	-0.2926
	準住居地域ダミー	0.2390**	-0.2396	-0.0290
	近隣商業地域ダミー	0.0097	-0.2294	-0.2045
	商業地域ダミー	-0.2648***	-0.4833**	-0.4918
	準工業地域ダミー	0.0538	-0.0166	-0.3894
	工業地域ダミー	-0.2208**	-0.1687	-0.7599*
	工業専用地域ダミー	-0.2990	-0.4592	-0.9655
サンプル数		3,942		
残差逸脱度		4300.2	2797.1	1506.7
AIC		11926	4972	2403.9

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05, · p<0.1

らつきが小さくなっていることが影響しているものと想定される。なお、このようなゼロの多いデータにおいては、傾向が過大となりやすいことが知られており²⁵⁾、この扱いについては今後の課題である。

それぞれで有意となった変数の傾向を見ていくと、男性の前期高齢を除く、すべての年代で有意となったのは、交差点枝数である。枝数が増加すると性別や年齢にかかわらず有意に出会い頭事故件数が増加するなど、出会い頭事故との関連性が強い特徴的な空間特性であることがわかる。

また、直角からの偏差角総和はいずれの属性においても有意となっておらず、出会い頭事故の発生に影響を与える空間特性とはいえないことがわかる。また交差点近傍施設の面積について、男性の一般で有意となっているものの、それ以外の属性では有意となっていない。男性は特に一般の場合、施設が多い空間では出会い頭事故を起こしづらいことがわかる。交差点形状については、女性の一般において有意となったものの、それ以外では影響がみられない。

空間土地利用については、特に男性と女性で傾向が異なる。これは商業地域での傾向が顕著であり、男性の一般は比較的商業地域で出会い頭事故を起こす傾向がみられるが、女性はすべての年代で反対の傾向を示している。また、男性は住居系の土地利用において出会い頭事故を起こしづらく、一般は特に専用地域で少なく、高齢になるに従い、第一種・第二種住居地域など、専用地域に比べ多様な土地利用が包含される地域での出会い頭事故が少なくなっている。他方で、女性は一般において住居系で出会い頭事故を起こしやすい傾向がみられる。推定値の符号からも、一般的に高齢になるに従い、用途地域内で出会い頭事故を起こす傾向が低くなり、用途地域外の市街化調整区域や、白地地域といった施設等の少ない箇所での出会い頭事故が多くなる傾向が推定できる。

5. 結論

本章の成果を以下のように整理する。

(1) 高齢運転者が加害者となる出会い頭事故発生箇所の抽出

愛知県警察本部より貸与を受けた 2012～2017 年に愛知県下で発生した交通事故データを用い、高齢者が第一当事者となる出会い頭事故の発生割合が高い交差点を抽出し、その傾向について考察した。結果、男性、女性ともに高齢になるに従い、発生箇所が特定の交差点に集約していく傾向がみられることを明らかにした。

(2) 高齢運転者が加害者となる出会い頭事故発生箇所の

空間特性の道路形状・土地利用特性による定量化

抽出した高齢者が第一当事者となる出会い頭事故の発生件数が多い交差点について、その枝数、直角からの偏差角総和、施設面積、沿道土地利用など、道路形状・付属物等からみた空間特性を整理した。また、当該データを説明変数とする出会い頭事故予測モデルを構築した。結果、空間構造については、交差点枝数が増加すると性別や年齢にかかわらず有意に出会い頭事故件数が増加すること、直角からの偏差角総和はいずれの属性においても有意とはならず、出会い頭事故の発生に影響を与える空間特性とはいえないこと、男性は特に一般の場合、施設が多い空間では出会い頭事故を起こしづらいこと、交差点形状については、女性の一般において有意となったものの、それ以外では影響がみられないことを明らかにした。

また、空間土地利用については、男性の一般は比較的商業地域で出会い頭事故を起こす傾向がみられるが、女性はすべての年代で起こしづらい傾向がみられること、男性は住居系の土地利用において出会い頭事故を起こしづらい一方、女性は一般において住居系で出会い頭事故を起こしやすい傾向がみられること、一般的に高齢になるに従い、用途地域内で出会い頭事故を起こす傾向が低くなり、用途地域外の市街化調整区域や、白地地域といった施設等の少ない箇所での出会い頭事故が多くなる傾向がうかがえることを明らかにした。

今後の課題として、推定モデルの精度がある。構築したモデルでは、比較的多数を占める事故件数がゼロとなる交差点の扱いが適切に対応できていない。このようなゼロの多い事故のようなカウントデータにおいては、推定傾向が過大となりやすいことが知られており、この扱いについて適切に処理していくことが求められる。例えば、一般化線形モデルにおいて適用する確率分布に 01 の値を取るベルヌーイ分布とポワソン分布を混ぜたゼロ過剰ポワソン分布を採用するといった一つの解法が提案されている²⁶⁾。このような手法を採用するなどして、当該課題に対処していくことが望ましいといえる。

謝辞

本研究の遂行に当たり、公益財団法人タカタ財団より研究助成を受けた。また愛知県警察本部交通部交通総務課より多大なる支援をいただいた。ここに記し、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 交通事故総合分析センター「交通事故集計ツール」より作成
- 2) 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), 72, 4, p.368-379, 2016
- 3) コリム マサドデワン, 家田 仁, 寺部 慎太郎: 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, 土木計画学研究・論文集, 19, p. 751-756, 2002
- 4) 高松 誠治, 堀口 良太, 赤羽 弘和: 道路網の位相幾何学的評価尺度を導入した交通事故リスク推計モデルの構築, 交通工学 44(1), 54-62, 2009
 - 5) 立木, 笹森ほか: 日本人聴力の加齢変化の研究, *Audiology Japan*, 45, 241-250, 2002.
 - 6) 佐藤他: 「老いのこころ 加齢と成熟の発達心理学」有斐閣アルマ, 2014.
 - 7) 福永克己, 佐川賢, 氏家弘裕: 有効視野における加齢効果, 照明学会第 37 回全国大会講演論文集, 217, 2004
 - 8) J.L.Fozard et al. : Age Differences and Changes in Reaction Time : The Baltimore Longitudinal Study of Aging, *Journal of Gerontology : Psychological Sciences*, 49, 4, 179-189, 1994.
 - 9) R.M.Feldman, S.N.Reger : Relation among Hearing, Reaction time and Age, *Journal of Speech and Hearing Research*, 10, 4, 479-495, 1967.
 - 10) Park & Gutches : Aging, cognition, and culture: a neuroscientific perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 859-867, 2002.
 - 11) Roberts et al. : Patterns of mean-level change in personality traits across the life course: A meta-analysis of longitudinal studies. *Psychological Bulletin*, 132, 1-25, 2005.
 - 12) Mather : Aging and motivated cognition: The positivity effect in attention and memory. *Trends in Cognitive Science*, 9, 496-502, 2005.
 - 13) Roberts et al. : Patterns of mean-level change in personality traits across the life course: A meta-analysis of longitudinal studies. *Psychological Bulletin*, 132, 1-25, 2005.
 - 14) Schaie : *Developmental Influences on Adult Intelligence: The Seattle Longitudinal Study*, 2nd ed. Oxford University Press, 2013.
 - 15) 交通事故総合分析センター: 女性運転者による交通事故, *イタルダイフオメーション*, 60, 2006.
 - 16) 岐阜県警察本部: 男女別交通死亡事故分析 (H24~H28 年データから), <https://www.pref.gifu.lg.jp/police/tokei/jiko-tokei/index.data/danjyo.pdf>
 - 17) <https://www.esnj.com/products/data-content-geosuite-douromo/>
 - 18) 交通事故総合分析センター「交通事故統計用語解説集」によれば, 交差点の側端から 30m 以内の道路の部分をいう
 - 19) 国土技術政策総合研究所: 交通事故対策事例集, 165, 2004.
 - 20) 交通工学研究会: 「改訂交差点改良のキーポイント」, 2011.
 - 21) Pulugurtha, S. S., Duddu, V. R., Kotagiri, Y. : Traffic analysis zone level crash estimation models based on land use Characteristics, *Accident Analysis and Prevention* 50, 678-687, 2013.
 - 22) Wesley Earl Marshall, Norman W. Garrick, Does street network design affect traffic safety?, *Accident Analysis and Prevention* 43, 769-781, 2011.
 - 23) Mehdi Moeinaddini, Zohreh Asadi-Shekari, Muhammad Zaly Shah, The relationship between urban street networks and the number of transport fatalities at the city level, *Safety Science* Volume 62, Pages 114-120, 2014.
 - 24) Alireza Hadayeghi, Amer S. Shalaby, Bhagwant N. Persaud., Development of planning level transportation safety tools using Geographical-Hy Weighted Poisson Regression, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 42, Issue 2, Pages 676-688,, 2010.
 - 25) 南 美穂子・Cleridy E. Lennert-Cody : ゼロの多いデータの解析: 負の 2 項回帰モデルによる傾向の過大推定, *統計数理*, 61, 2, 271-287, 2013.
 - 26) 松浦健太郎: *Stan と R でベイズ統計モデリング*, 共立出版社, 2016.

(2019. 10. 4 受付)

An Analysis of Collision Accident at non-signalized Intersection by Elderly Drivers from the Viewpoint of Location Characteristics

Yasuhiro MIMURA, Keiichi HIGUCHI, Ryosuke ANDO, Jia YANG and Yasuhide NISHIHORI