

暫定 2 車線道路が 交通事故リスクに与える影響の検証

松浦 巧弥¹・瀬谷 創²

¹ 学生非会員 神戸大学大学院 工学研究科 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1)

E-mail: 221t134t@stu.kobe-u.ac.jp

² 正会員 神戸大学准教授 工学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

E-mail: hseya@people.kobe-u.ac.jp

日本では、高速道路網の早期整備を行うため暫定 2 車線道路として開業される区間がある。これにより、初期コストを削減できるという利点がある一方で、対面通行区間が多いため正面衝突といった重大な事故も発生している。しかし、暫定 2 車線道路が交通事故リスクに与える影響については不明な点が多い。本研究では、交通事故データを利用し、暫定 2 車線道路における交通事故リスクを分析することを目的とする。人的要因や環境要因といった交絡要因の影響を小さくするため、分析対象区間として、同一路線内で車線数が増える境界部付近に着目する地理的境界デザイン（地理的回帰分断デザイン）を応用し、一般化線形モデルによる検証を行った。検証の結果、人身事故については暫定 2 車線道路区間であることが交通事故リスクを有意に高める可能性があることが示された。

Key Words: *Provisional two-lane highway, Risk of traffic accidents, General linearized model, Geographic boundary design*

1. はじめに

(1) 本研究の背景

高速道路ネットワークの整備により、自動車を利用した交通が速達化され、都市間の交流が容易となった。しかし地方部においては高速道路の事業化の見込みが立っておらず、いわゆるミッシングリンクとなっている過疎も見られる。高速道路の開通は沿線や周辺地域の道路交通の渋滞を緩和し、経済を活性化させるなど正の影響を及ぼすことが多いため早期の開通が望まれている。そこで、暫定 2 車線道路として開通している区間がある。

暫定 2 車線道路とは、4 車線道路（片側 2 車線道路）で計画されている高速道路のうち、先に片側の 2 車線のみを整備し暫定的に 2 車線道路（片側 1 車線道路）として供用されている道路のことである。暫定 2 車線道路として整備することにより、建設費などの初期投資を抑えることができる。開業時には交通量が少ないと推定される区間を暫定 2 車線道路として整備することで、抑えられた費用により別の区間の整備が可能となり高速道路のネットワークを早期に拡充することが期待できる。国土

交通省によると日本では令和 3 年 1 月の時点で、高規格幹線道路の供用延長のうち約 4 割が暫定 2 車線道路として供用されている。令和 3 年 7 月には東九州自動車道の志布志 IC と鹿野串良 IC の区間、12 月には東北中央自動車道の村山本飯田 IC と大石田村山 IC の区間が暫定 2 車線道路として開通しており、今後も高速道路未整備地域には、暫定 2 車線道路として整備されていくと考えられる。

一方で、暫定 2 車線道路には課題も多い。4 車線区間よりも規制速度が低く、低速作業車などの追い越しもできないため道路全体の平均速度の低下や渋滞を引き起こす。また、積雪で立ち往生車両が生じた場合や除雪作業中に通行止めをせざるを得なくなる。災害が発生すると復旧工事の際に片側通行などが必要となり緊急輸送路としての役割を発揮しづらくなる。暫定 2 車線道路のうち約 7 割が対面通行区間であるため、対向車線にはみ出し正面衝突となるなど事故が発生すると重大事故となる傾向もある。

暫定 2 車線道路区間での事故では、平成 28 年 11 月に秋田自動車道の大曲 IC と横手 IC 間で 2 人が死亡した事

故や平成 28 年 12 月の道央道八雲 IC と国縫 IC 間で 3 人が死亡した事故のように多くの犠牲者が出る重大事故が発生している。国土交通省²⁾によると平成 25 年には暫定 2 車線区間での死亡事故率は 4 車線以上の区間の約 2 倍となっている。このような悲惨な事故が発生すると暫定 2 車線道路は危険であるため、早期に 4 車線化するべきだという意見もみられる。しかし、交通事故リスクへの暫定 2 車線道路による影響を検証している研究はほとんどなく、不明な点が多い。

例外としては、吉井 (2012)³⁾が挙げられる。吉井³⁾では、四国地方の高速道路ネットワークを対象とし、交通流状態や天候などの環境要因、および傾斜といった道路の幾何構造を考慮した分析が行われている。分析の結果、暫定 2 車線区間の事故リスクは低いということが示されている。暫定 2 車線の交通事故リスクに関する研究は、筆者らがレビューした範囲では他にはなく、さらなる研究の蓄積が望まれる。

(2) 本研究の目的

このような背景をふまえ、本研究では全国の高速道路を対象とし、暫定 2 車線道路区間における交通事故リスクを分析することとする。

本検証においては、同一路線内で車線数が変化する境界部付近に着目する、地理的境界デザイン(あるいは地理的回帰分断デザイン)(例えば、MacDonald et al., 2016⁴⁾)と呼ばれる方法を用いて、可能な限り交絡要因(運転者特性や地理的特性の違い)を排除した上で、暫定 2 車線の効果を抽出する工夫を施す。具体的には、全国の高速道路のうち暫定 2 車線道路区間と完成 4 車線道路区間の境界部のみを分析対象とし、実証分析に用いる統計モデルにおいて、それぞれの境界部に固定効果を加えることで、運転者特性や地理的特性の違いによる影響を軽減する。また、事故リスク指標を 100m ごとに道路を分割した場合と 1km ごとに分割した場合の 2 通り作成し、道路分割距離に対する感度分析も実施する。

以下、第 2 章では関連する既往研究のレビューを行い、本研究の位置づけについて述べる。第 3 章では、データ整備の概要について述べる。続いて第 4 章では、本研究で用いる分析手法について述べ、第 5 章で実証分析の結果を示す。再度に第章で本研究のまとめと今後の課題を述べる。

2. 既往研究のレビューと本研究の位置づけ

(1) 既往研究のレビュー

暫定 2 車線道路区間における交通事故リスクの分析として、吉井³⁾の研究が挙げられる。吉井³⁾は、主に交通事故発生リスクに影響を与える要因のうち交通流要因、

天候などの環境要因、道路構造による要因を考慮し、分析を行っている。分析対象は、四国地方の高速道路ネットワークにおいて 2007 年 1 月 1 日から 2010 年の 12 月 31 日までの 4 年間に発生した交通事故である。事故発生リスクは交通流状態や道路幾何構造、および走行環境により区分された走行状態カテゴリー別の車両 1 億台・km あたりの事故発生件数としている。死傷者数の有無により事故形態を分類し、事故形態別に走行距離 10 万台・km ごとに算定した事故発生リスクを被説明変数として重回帰分析を行った。この結果、事故形態にかかわらず暫定 2 車線道路区間であることは交通事故発生リスクを有意に低下させるという結果が得られている。

兵頭ら (2012)⁵⁾は、都市内高速道路である阪神高速道路ネットワークを対象として、片側 2 車線区間と多車線区間において事故形態別にそれぞれの交通事故要因が事故発生リスクに与える影響を分析している。交通事故発生リスクは吉井³⁾と同様に、走行状態カテゴリー別の車両 1 億台・km あたりの事故発生件数として定義されている。走行状態カテゴリーは 5 分間ごとおよび 100m 区間ごとの交通流状態、道路幾何構造、走行環境による区分で分類される。道路構造要因として分析されているのは「曲率半径」と「分合流部・料金所」である。曲率半径に関しては、半径 300m 未満、半径 300m 以上 1000m 未満、半径 1000m 以上、直線のカテゴリーに分けられ分析している。この結果、車線数や事故形態にかかわらず半径 300m 未満では交通事故発生リスクが高くなるという結論が得られた。分合流部・料金所に関しては、分合流部と分合流部上 100m、分合流部下 100m に分類し分流部・合流部それぞれにおいて分析を行っている。この結果、多車線区間では分流部下での追突事故を除き事故発生リスクが高くなると示されている。

兵頭ら⁶⁾は、四国地方の高速道路ネットワークにおける 2007 年 1 月 1 日から 2010 年の 12 月 31 日までの 4 年間の事故を対象とし、明るさの変化が交通事故リスクに影響を与えるかを分析している。交通事故リスクは吉井³⁾と同様に車両 1 億台・km あたりの事故発生件数として定義されている。明るさを昼間、薄明、夜間に分類し早朝と夕方の時間帯において時間的な明るさの変化による交通事故リスクへの影響をポアソン回帰モデルにより分析している。この結果、物損事故においては明るさの低下により事故発生リスクが高まる傾向が示されている。

谷本ら (2009)⁷⁾は、長時間走行による疲労をトリップ長で表し、交通事故の発生に及ぼす影響を分析している。対象の高速道路を 100m ごとに分割した区間を分析単位とし、分析単位ごとの 1 億台・km あたりの事故件数を目的変数としたポアソン回帰分析を行っている。分析の結果、下り勾配がきつい場合や曲率の大きい箇所、トリップ長が長いほど有意に事故率が高くなると示された。

よって運転者の疲労というような人的な要因も交通事故リスクに影響するため、考慮に入れる必要があると考えられる。

(2) 本研究の位置づけ

本研究では、4(1)で詳述するように、同一路線内において暫定2車線道路から完成4車線道路へと車線数が増える地点の周辺区間に着目して分析を行う。同一路線内の当該区間のみを分析対象とする場合、通過する車両の運転者はおおむね同じと考えられ、運転者の技能や性質といった特性は（固定効果によって）コントロールできる。また、対象区間を通過中に運転者の体調や天候、時間帯による明るさといった条件も大きくは変化しないと考えられるため、既往研究において重要であることが示されたこれらの環境要因、運転者の疲労具合についても、概ねコントロールできる（同様のアイデアは、商店街における通行人数外部性の実証分析で用いられている、Koster et al., 2019⁸⁾）。このような方法を用いて、暫定2車線道路区間が交通事故リスクに与える影響を検証する。

3. データ整備の概要

(1) 交通事故データの整備

交通事故データは、2019年から2021年の3年間は警察庁ウェブサイト公開されている「交通事故統計情報のオープンデータ」⁹⁾を使用した。交通事故の正確な位置情報は、プライバシー保護のため、一部の都道府県を除いて公開されることは少なかったが、2020年度よりオープンデータとなり、各種計画・分析目的用いることが可能になった。交通事故データからは、発生した各事故の緯度、経度、死傷者数、発生日時、路線名および上下線、道路の部分などの情報が得られる。2013年から2018年の5年間については、交通事故総合分析センター（イタルダ）の有償での受託集計サービスを利用して作成した。今回は、事故を死亡・重傷・軽傷（死亡：死亡を含む事故、重傷：死亡は含まずに重傷を含む事故、軽傷：死亡と重傷は含まずに軽傷を含む事故）の3類型とし、それぞれの事故件数を0.1キロポストごとに集計した。

(2) 説明変数データの整備

a) 交通量

交通量データとしては、平成27年度の道路交通センサス¹⁰⁾の24時間自動車類交通量を使用した。

b) 道路傾斜

道路傾斜の計算には、ESRIのArcGISデータコレクション地形2013を使用した。本データセットでは、10m

数値標高モデルが格納されている。道路の勾配はそれをもとに、GISで1区間の平均傾斜角を計算した。上り勾配または下り勾配はその区間の両端における標高差から判別した。

c) 高速道路関連情報

高速道路のデータは、国土数値情報の高速道路時系列¹¹⁾の令和2年のものを利用した。このデータより、高速道路の線形、路線名、車線数ならびに供用状況、インターチェンジ・サービスエリア・パーキングエリアの位置を得ることができる。高速道路の曲率半径は、高速道路時系列データをもとにArcGISのツールボックスであるROCA¹²⁾を利用することで求めた（なお、作者に確認したところ、ROCAは2022年1月現在、日本語OS環境下では動作しないため、英語OSを用いた）。

高速道路時系列データでは車線数の変化箇所はインターチェンジまたはサービスエリアとなっている。しかし、実際は車線数の変化箇所とインターチェンジの位置は離れている場合もある。そこで本研究ではGoogle Earth¹³⁾と国土地理院地図¹⁴⁾の衛星・航空写真を利用し、車線数の変化箇所を調べ道路データの一部の区間で車線数を実態に合うように変更した。

4. 分析手法

(1) 分析対象路線

本研究では、全国の高速道路のうち連続した同一路線内で、暫定2車線道路と完成4車線道路の境界が存在する路線を対象とする。このうち、図-1のように車線数の変化箇所に最も近いインターチェンジまたはサービスエリア・パーキングエリアから両隣のインターチェンジまたはサービスエリア・パーキングエリアまでの区間を分析の対象とする。ただし、4車線化工事により対象区間または隣接する区間の車線数が変化した場合は、工事完成時期の年度および暫定2車線道路と完成4車線道路の境界ではない年度は除外した。

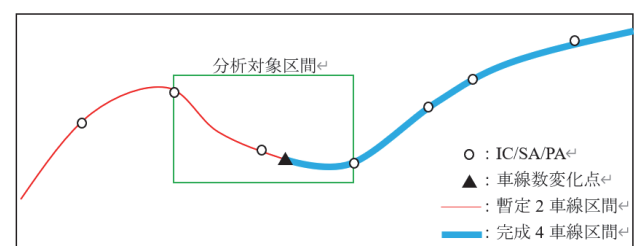


図-1 対象区間選択の概念図

図-2 のようにひとつのインターチェンジ間のみ暫定 2 車線道路区間で両隣が完成 4 車線道路区間となっている箇所は、暫定 2 車線道路区間を中点で分割し、それぞれ車線数変更箇所のある区間として対象とした。

このように分析対象区間を選択することにより、区間内に存在する 1 か所のインターチェンジにおける車両の流入・流出はあるが、この区間内を通行する利用者は概ね同じであると考えられる。よって、運転者の技能や性質といった特性、および通行時の疲れなどの人的要因による影響は概ねコントロールできると考えられる。また、ある車両がこの区間を通過する際に天候の変化や時間的明るさの変化は大きくないと考えられる。よって、天候や明るさの変化というような環境要因の影響は小さいと考えられる。

表-1 に具体的な対象区間を示す。また、図-3 に対象区間の位置を示す。ただし、湯浅御坊道路では車線数の変更箇所が上下線で別のインターチェンジ間であったため、3 インターチェンジ間を対象とした。なお、4 (3) で説明するとおり、これらの区間を固定効果として実証分析における統計モデルに投入することで、区間の特徴（差異）をコントロールする。

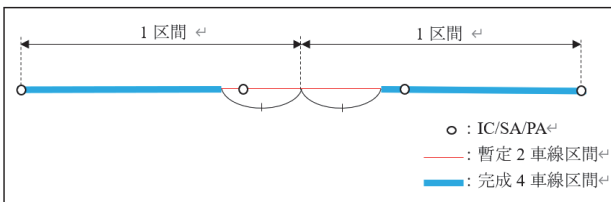


図-2 区間分割についての概念図



図-3 分析対象区間の位置図

表-1 分析対象区間

| 路線区分名 | 区間 |
|--------------|--------------------|
| 道央自動車道 登別 | 室蘭 IC-登別東 IC |
| 道央自動車道 旭川 | 音江 PA-旭川北 IC |
| 秋田自動車道 秋田南 | 河辺 JCT-秋田中央 IC |
| 秋田自動車道 大曲 | 西仙北 IC-横手北 IC |
| 秋田自動車道 横手北 | 大曲 IC-横手 IC |
| 秋田自動車道 横手 | 横手北 IC-湯田 IC |
| 日本海東北自動車道 | 新潟空港 IC-豊栄新潟東港 IC |
| 磐越自動車道 | 磐梯河東 IC-新鶴 PA |
| 常磐自動車道 | いわき JCT-いわき四倉 IC |
| 仙台東部道路 | 亘理 IC-仙台空港 IC |
| 上信越自動車道 | 豊田飯山 IC-妙高高原 IC |
| 湯浅御坊道路 | 下津 IC-湯浅 IC |
| 岡山自動車道 | 総社 PA-有漢 IC |
| 米子自動車道 | 湯原 IC-江府 IC |
| 高松自動車道 | さぬき三木 IC-高松中央 IC |
| 舞鶴若狭自動車道 舞鶴 | 綾部 JCT-舞鶴東 IC |
| 舞鶴若狭自動車道 綾部 | 福知山 IC-綾部 JCT |
| 舞鶴若狭自動車道 福知山 | 春日 IC-綾部 IC |
| 松江道路 | 松江中央 IC-宍道 IC |
| 高知自動車道 | 南国 IC-伊野 IC |
| 松山自動車道 | 川内 IC-伊予 IC |
| 長崎自動車道 | 諫早 IC-長崎芒塚 IC |
| 東九州自動車道 北九州 | 北九州 JCT-行橋 IC |
| 宇佐別府道路 | 大分農業文化公園 IC-日出 JCT |
| 京都縦貫自動車道 | 丹波 IC-八木西 IC |
| 能越自動車道 | 高岡北 IC-福岡 IC? |
| 圏央道 茨城 | つくば JCT-牛久阿見 IC |
| 圏央道 千葉 | 市原鶴舞 IC-木更津 JCT |
| 三陸縦貫自動車道 | 河北 IC-桃生津山 IC |
| 日高自動車道 厚真 | 苫東中央 IC-鶴川 IC |
| 日高自動車道 苫東中央 | 沼ノ端西 IC-苫東中央 IC |
| 日高自動車道 苫小牧 | 沼ノ端東 IC-苫小牧東 IC |
| 安来道路 | 安来 IC-竹矢 IC |
| 大洲道路 北 | 大洲 IC-大洲富士 IC |
| 大洲道路 南 | 大洲脇南 IC-大洲北只 IC |
| 東海北陸自動車道 | 白川郷 IC-荘川 IC |
| 東九州自動車道 大分 | 臼杵 IC-大分米良 IC |
| 函館新道 | 七飯藤城 IC-七飯大川 IC |

(2) 交通事故リスク

本研究では死亡事故の件数のみを対象とした分析と死亡事故を含む人身事故件数を対象とした分析した。また、交通事故リスクの定義の違いにより、分析結果に違いが見られるかを検証するため単位区間を 100m とした場合と単位区間を 1km とした場合の 2 種類を交通事故リスクとして定義し、人身事故を対象とする場合は単位区間あたりの事故件数を交通量により基準化したものを交通事故リスクとして用いた。死亡事故を対象とする場合は単位区間あたりの事故件数を交通事故リスクとした。交通事故リスクは上下線を分離してそれぞれで算出している。

既往研究⁹⁾では、単位区間に分割する基準となる地点を暫定 2 車線道路区間と完成 4 車線道路区間の境界から直近のインターチェンジとしている。しかし、実際の境界はインターチェンジから 1km 程度離れている場合もあり、車線数が実際と異なる単位区間が 100m 分割の場合は発生してしまう。本研究では衛星・航空写真¹³⁾¹⁴⁾をもとに車線数が変化する場所を調べて対応させた。警察庁のオープンデータ⁹⁾を使用した場合は、実際に車線数が変化する境界を基準として単位区間に分割した。イタルダから頂いた交通事故データの場合は、実際に車線数が変化している地点に最も近いキロポストを調べ基準の点とした（キロポストの厳密な位置のデータは入手できなかったため、本作業では一定程度の誤差が混入している可能性は否定できない）。ただし、車線数は急には変化せず、200m ほどかけて徐々に変化しているため、車線数が変化している区間の中央付近を境界の位置とした。また、単位区間中にインターチェンジが含まれる場合、単位区間の途中で交通量が変化する。この場合は単位区間中により長く含まれている区間の交通量を採用した。

警察庁のオープンデータ⁹⁾から得られる交通事故データは緯度、経度、路線名を用いて分析対象区間に含まれる事故件数を数えた。2013 年から 2021 年の 9 年間において対象区間での人身事故件数は 457 件となった。また、死亡事故 26 件となった。

(3) 説明変数の選定

分析対象区間の選び方により環境要因と人的要因による交通事故リスクへの影響は小さいと考えられるので、道路幾何構造による要因のみを説明変数として用いる。既往研究により交通事故リスクに有意な影響を与えると示された「交通量」、「縦断勾配」、「曲率半径」、「車線数」、「分岐・合流部付近」を説明変数として採用する。

「交通量」平成 27 年度の道路交通センサス¹⁰⁾の 24 時間自動車類交通量を使用した。「曲率半径」は 3.4 で述べた ROCA¹²⁾を利用して算出しているため、単位区間端と曲線部の端は一致しない。既往研究⁷⁾によると曲率は 200m 手前の道路構造が影響を及ぼすと示されているため、100m 分割では単位区間内で曲率半径がより小さく、カーブが急であるものを採用した。1km 分割の場合は単位区間内の平均値を採用した。「車線数」は完成 4 車線道路区間を 1、暫定 2 車線道路区間を 0 とするダミー変数とした。「分岐・合流部付近」はダミー変数とした。既往研究⁹⁾を参考に分岐・合流点から 100m 先までを考慮するため、衛星・航空写真¹³⁾¹⁴⁾を参照すると分析対象区間内ではおおむねインターチェンジから 500m 以内に含まれている。よって、100m 分割の場合「分岐・合流部付近」はインターチェンジから半径 500m 以内に存在

する単位区間とした。1km 分割の場合、同様に定義すると「分岐・合流部付近」となる区間の距離が長くなる場合もあるため、インターチェンジを含む区間を「分岐・合流部付近」とした。

車線数が変化する付近でも分岐・合流と似た状況が起きると考えられるため、ダミー変数として説明変数に加える。100m 分割の場合は「分岐・合流部付近」と同様に車線が変化する境界から半径 500m 以内に存在する区間を「車線数変化地点付近」とした。1km 分割の場合は車線数変化地点の前後の区間または車線数変化地点を含む区間を「車線数変化地点付近」とした。完成 4 車線道路区間から暫定 2 車線道路区間へと進行する場合には車線数が減少するため、合流が発生するため車線数が増加する場合と比べて事故リスクが高くなると推測できる。分析では「2 車線から 4 車線への車線数変化地点付近」と「4 車線から 2 車線への車線数変化地点付近」に区別して説明変数とした。表-2 に説明変数をまとめて示す。

本研究では地理的要因を考慮するため、路線名を識別子として説明変数に加えた。これにより路線ごとの固定効果を考慮することができる。

(4) 分析モデル

a) 人身事故を対象とした場合

交通事故は頻繁に発生するものではないので、交通事故発生件数はポアソン分布に従うと仮定できる。ただし、通常のポアソン分布は、平均＝分散という性質のため、過分散を考慮できないという課題がある。そこで、本研究では過分散の課題を解消するため、疑似ポアソン分布と負の二項分布を仮定した回帰分析を行う。

b) 死亡事故を対象とした場合

すべての単位区間において死亡事故件数は 0 件または 1 件となったので、ロジットモデルを利用し回帰分析を行う。

表-2 説明変数

| 説明変数 | 単位 |
|----------------------------|---|
| 車線数ダミー | 1 : 4 車線 0 : 2 車線 |
| 日平均交通量 | 台/日 |
| 曲率半径 | m |
| 縦断勾配 | グレード |
| 分岐・合流部付近 ダミー | 1 : 分岐・合流部付近 0 : 上記以外の場所 |
| 車線数変化付近 ダミー (カテゴリ変数) | 1 : 2 車線から 4 車線へ 進行する場合の 車線数変化地点付近 2 : 4 車線から 2 車線へ 進行する場合の 車線数変化地点付近 0 : 上記以外の場所 |

表-3 疑似ポアソン分布 分析結果

| 説明変数 | 係数 | t 値 | p 値 |
|-------------|-------------------------|---------|-----|
| 定数 | -1.408×10 | -77.413 | *** |
| 車線数 | -2.175×10^{-1} | -1.987 | * |
| 曲率半径 | -1.872×10^{-6} | -0.020 | |
| 縦断勾配 | 7.122×10^4 | 0.245 | |
| 分岐・合流部付近 | 7.047×10^{-1} | 5.796 | *** |
| 2車線→4車線 | -7.240×10^{-2} | -0.285 | |
| 4車線→2車線 | 7.979×10^{-1} | 4.525 | *** |
| 宇佐別府道路 | -2.305 | -3.027 | ** |
| 岡山自動車道 | -7.073×10^{-1} | -2.252 | * |
| 京都縦貫道 | -1.058×10^{-1} | -0.352 | |
| 圏央道 茨城 | -7.742×10^{-1} | -2.257 | * |
| 圏央道 千葉 | -9.927×10^{-1} | -2.420 | * |
| 高松自動車道 | -1.235×10^{-1} | -0.329 | |
| 高知自動車道 | -9.900×10^{-1} | -2.734 | ** |
| 三陸縦貫道 | -6.891×10^{-1} | -1.576 | |
| 秋田自動車道 横手 | -1.985 | -1.869 | . |
| 秋田自動車道 横手北 | -8.394×10^{-1} | -0.791 | |
| 秋田自動車道 秋田南 | -1.286 | -2.323 | * |
| 秋田自動車道 大曲 | -7.993×10^{-1} | -2.514 | * |
| 松江道路 | -2.963 | -3.889 | *** |
| 松山自動車道 | -7.608×10^{-1} | -2.520 | * |
| 上信越自動車道 | 3.704×10^{-1} | 1.293 | |
| 常磐自動車道 | -1.112 | -3.077 | ** |
| 仙台東部道路 | -5.659×10^{-1} | -1.610 | |
| 大洲道路 南 | -1.602 | -2.523 | * |
| 大洲道路 北 | -9.654×10^{-1} | -1.921 | . |
| 長崎自動車道 | -3.547×10^{-2} | -0.131 | |
| 東海北陸道 | -1.376 | -2.483 | * |
| 東九州自動車道 大分 | -1.146 | -2.073 | * |
| 東九州自動車道 北九州 | 2.120×10^{-1} | 0.870 | |
| 湯浅御坊道路 | 9.129×10^{-2} | 0.380 | |
| 道央自動車道 旭川 | -9.895×10^{-1} | -2.674 | ** |
| 道央自動車道 登別 | -1.160 | -2.655 | ** |
| 日高自動車道 厚真 | -1.184 | -1.868 | . |
| 日高自動車道 苫小牧 | -1.757×10^{-1} | -0.315 | |
| 日高自動車道 苫東中央 | -9.608×10^{-1} | -1.262 | |
| 日本海東北自動車道 | -1.565 | -2.481 | * |
| 能越自動車道 | 1.451×10^{-1} | 0.457 | |
| 函館新道 | -1.421×10 | -0.052 | |
| 磐越自動車道 | -9.114×10^{-1} | -1.813 | . |
| 舞鶴若狭道 綾部 | 6.477×10^{-2} | 0.103 | |
| 舞鶴若狭道 舞鶴 | -1.044 | -2.255 | * |
| 舞鶴若狭道 福知山 | -4.916×10^{-1} | -1.492 | |
| 米子自動車道 | 9.375×10^{-2} | 0.358 | |

*** : 0.1%有意 ** : 1%有意 * : 5%有意 . : 10%有意

表-4 負の二項分布 分析結果

| 説明変数 | 係数 | t 値 | p 値 |
|-------------|-------------------------|---------|-----|
| 定数 | -1.414×10^1 | -74.442 | *** |
| 車線数 | -2.211×10^{-1} | -2.047 | * |
| 曲率半径 | -4.334×10^{-6} | -0.047 | |
| 縦断勾配 | 5.989×10^{-4} | 0.210 | |
| 分岐・合流部付近 | 6.884×10^{-1} | 5.658 | *** |
| 2車線→4車線 | -4.234×10^{-2} | -0.169 | |
| 4車線→2車線 | 7.522×10^{-1} | 4.070 | *** |
| 宇佐別府道路 | -2.230 | -3.033 | ** |
| 岡山自動車道 | -6.334×10^{-1} | -2.030 | * |
| 京都縦貫道 | -1.373×10^{-2} | -0.045 | |
| 圏央道 茨城 | -7.052×10^{-1} | -2.042 | * |
| 圏央道 千葉 | -9.148×10^{-1} | -2.279 | * |
| 高松自動車道 | -5.590×10^{-2} | -0.147 | |
| 高知自動車道 | -9.098×10^{-1} | -2.546 | * |
| 三陸縦貫道 | -6.101×10^{-1} | -1.410 | |
| 秋田自動車道 横手 | -1.911 | -1.875 | . |
| 秋田自動車道 横手北 | -7.566×10^{-1} | -0.739 | |
| 秋田自動車道 秋田南 | -1.209 | -2.249 | * |
| 秋田自動車道 大曲 | -7.231×10^{-1} | -2.297 | * |
| 松江道路 | -2.879 | -3.927 | *** |
| 松山自動車道 | -6.833×10^{-1} | -2.263 | * |
| 上信越自動車道 | 4.555×10^{-1} | 1.572 | |
| 常磐自動車道 | -1.037 | -2.900 | ** |
| 仙台東部道路 | -4.653×10^{-1} | -1.310 | |
| 大洲道路 南 | -1.504 | -2.420 | * |
| 大洲道路 北 | -8.656×10^{-1} | -1.734 | . |
| 長崎自動車道 | 4.589×10^{-2} | 0.166 | |
| 東海北陸道 | -1.302 | -2.426 | * |
| 東九州自動車道 大分 | -1.067 | -1.985 | * |
| 東九州自動車道 北九州 | 2.638×10^{-1} | 1.049 | |
| 湯浅御坊道路 | 1.684×10^{-1} | 0.674 | |
| 道央自動車道 旭川 | -9.171×10^{-1} | -2.520 | * |
| 道央自動車道 登別 | -1.084 | -2.544 | * |
| 日高自動車道 厚真 | -1.102 | -1.793 | . |
| 日高自動車道 苫小牧 | -1.027×10^{-1} | -0.188 | |
| 日高自動車道 苫東中央 | -8.757×10^{-1} | -1.187 | |
| 日本海東北自動車道 | -1.483 | -2.429 | * |
| 能越自動車道 | 2.376×10^{-1} | 0.748 | |
| 函館新道 | -2.713×10 | 0.000 | |
| 磐越自動車道 | -8.333×10^{-1} | -1.701 | . |
| 舞鶴若狭道 綾部 | 1.703×10^{-1} | 0.276 | |
| 舞鶴若狭道 舞鶴 | -9.696×10^{-1} | -2.147 | * |
| 舞鶴若狭道 福知山 | -4.101×10^{-1} | -1.254 | |
| 米子自動車道 | 1.674×10^{-1} | 0.634 | |

*** : 0.1%有意 ** : 1%有意 * : 5%有意 . : 10%有意

5. 実証分析

(1) 人身事故を対象とし単位区間を 100m とした場合

疑似ポアソン分布を用いて回帰分析した結果を表-3に示し、負の二項分布を用いて分析を行った結果を表-4に示す。分析の結果どちらの場合においても「分岐・合流部付近」及び「4車線から2車線への車線数変化地点付近」が1%水準で有意な値となった。

このことから合流が発生する付近で事故が起きやすいことが示されており、異なる速度の車両が前に進入することにより車間距離が詰まるのではないかと推測できる。また、「車線数」に関しても5%水準で負の値となっており、暫定2車線道路の方が事故リスクは高いという結果となった。

表-5 疑似ポアソン分布 分析結果

| 説明変数 | 係数 | t 値 | p 値 |
|-------------|--------------------------|---------|-----|
| 定数 | -1.196×10 | -57.186 | *** |
| 車線数 | -2.794× 10 ⁻¹ | -2.508 | * |
| 曲率半径 | 9.742× 10 ⁻⁵ | 1.703 | . |
| 縦断勾配 | -3.188× 10 ⁻⁴ | -0.091 | . |
| 分岐・合流部付近 | 3.088× 10 ⁻² | 0.207 | . |
| 2車線→4車線 | 1.104× 10 ⁻¹ | 0.516 | . |
| 4車線→2車線 | 9.453× 10 ⁻¹ | 5.933 | *** |
| 宇佐別府道路 | -1.483×10 | -0.053 | . |
| 岡山自動車道 | -5.918× 10 ⁻¹ | -1.766 | . |
| 京都縦貫道 | -3.508× 10 ⁻¹ | -0.869 | . |
| 圏央道 茨城 | -7.512× 10 ⁻¹ | -2.005 | * |
| 圏央道 千葉 | -5.395× 10 ⁻¹ | -1.436 | . |
| 高松自動車道 | 3.837× 10 ⁻¹ | 0.936 | . |
| 高知自動車道 | -6.987× 10 ⁻¹ | -1.798 | . |
| 三陸縦貫道 | -2.262× 10 ⁻¹ | -0.716 | . |
| 秋田自動車道 横手北 | -3.366× 10 ⁻¹ | -0.313 | . |
| 秋田自動車道 秋田南 | -1.090 | -1.931 | . |
| 秋田自動車道 大曲 | -5.442× 10 ⁻¹ | -1.630 | . |
| 松江道路 | -3.190 | -2.964 | ** |
| 松山自動車道 | -5.406× 10 ⁻¹ | -1.718 | . |
| 上信越自動車道 | 5.679× 10 ⁻¹ | 1.897 | . |
| 常磐自動車道 | -9.045× 10 ⁻¹ | -2.410 | * |
| 仙台東部道路 | 1.008× 10 ⁻² | 0.028 | . |
| 大洲道路 南 | -5.020× 10 ⁻¹ | -0.644 | . |
| 大洲道路 北 | -6.667× 10 ⁻¹ | -1.401 | . |
| 長崎自動車道 | 1.308× 10 ⁻¹ | 0.455 | . |
| 東海北陸道 | -1.154 | -2.040 | * |
| 東九州自動車道 大分 | -8.086× 10 ⁻¹ | -1.430 | . |
| 東九州自動車道 北九州 | 4.024× 10 ⁻¹ | 1.539 | . |
| 湯浅御坊道路 | 2.618× 10 ⁻¹ | 0.982 | . |
| 道央自動車道 旭川 | -7.348× 10 ⁻¹ | -1.932 | . |
| 道央自動車道 登別 | -1.090 | -2.571 | * |
| 日高自動車道 厚真 | -1.059 | -2.226 | * |
| 日高自動車道 苫小牧 | 2.807× 10 ⁻¹ | 0.495 | . |
| 日高自動車道 苫東中央 | -6.361× 10 ⁻¹ | -0.988 | . |
| 日本海東北自動車道 | -1.593 | -2.480 | * |
| 能越自動車道 | 2.393× 10 ⁻¹ | 0.637 | . |
| 函館新道 | -1.513×10 | -0.025 | . |
| 磐越自動車道 | -7.342× 10 ⁻¹ | -1.430 | . |
| 舞鶴若狭道 綾部 | 6.657× 10 ⁻² | 0.157 | . |
| 舞鶴若狭道 舞鶴 | -8.690× 10 ⁻¹ | -1.831 | . |
| 舞鶴若狭道 福知山 | -3.511× 10 ⁻¹ | -1.009 | . |
| 米子自動車道 | 2.632× 10 ⁻¹ | 0.940 | . |

***: 0.1%有意 ** : 1%有意 * : 5%有意 . : 10%有意

表-6 負の二項分布 分析結果

| 説明変数 | 係数 | t 値 | p 値 |
|-------------|--------------------------|---------|-----|
| 定数 | -1.206×10 | -50.483 | *** |
| 車線数 | -2.584× 10 ⁻¹ | -2.209 | * |
| 曲率半径 | 9.282× 10 ⁻⁵ | 1.510 | . |
| 縦断勾配 | -1.405× 10 ⁻³ | -0.387 | . |
| 分岐・合流部付近 | 1.329× 10 ⁻² | 0.082 | . |
| 2車線→4車線 | 1.384× 10 ⁻¹ | 0.619 | . |
| 4車線→2車線 | 9.011× 10 ⁻¹ | 4.997 | *** |
| 宇佐別府道路 | -2.672×10 | 0.000 | . |
| 岡山自動車道 | -4.854× 10 ⁻¹ | -1.378 | . |
| 京都縦貫道 | -2.306× 10 ⁻¹ | -0.541 | . |
| 圏央道 茨城 | -6.471× 10 ⁻¹ | -1.597 | . |
| 圏央道 千葉 | -4.437× 10 ⁻¹ | -1.131 | . |
| 高松自動車道 | 5.270× 10 ⁻¹ | 1.139 | . |
| 高知自動車道 | -5.779× 10 ⁻¹ | -1.439 | . |
| 三陸縦貫道 | -1.138× 10 ⁻¹ | -0.328 | . |
| 秋田自動車道 横手北 | -2.225× 10 ⁻¹ | -0.208 | . |
| 秋田自動車道 秋田南 | -9.928× 10 ⁻¹ | -1.752 | . |
| 秋田自動車道 大曲 | -4.498× 10 ⁻¹ | -1.281 | . |
| 松江道路 | -3.080 | -2.988 | ** |
| 松山自動車道 | -4.407× 10 ⁻¹ | -1.304 | . |
| 上信越自動車道 | 6.867× 10 ⁻¹ | 2.059 | * |
| 常磐自動車道 | -7.998× 10 ⁻¹ | -2.041 | * |
| 仙台東部道路 | 1.387× 10 ⁻¹ | 0.336 | . |
| 大洲道路 南 | -3.723× 10 ⁻¹ | -0.442 | . |
| 大洲道路 北 | -5.564× 10 ⁻¹ | -1.072 | . |
| 長崎自動車道 | 2.567× 10 ⁻¹ | 0.794 | . |
| 東海北陸道 | -1.051 | -1.878 | . |
| 東九州自動車道 大分 | -6.953× 10 ⁻¹ | -1.221 | . |
| 東九州自動車道 北九州 | 4.756× 10 ⁻¹ | 1.587 | . |
| 湯浅御坊道路 | 3.553× 10 ⁻¹ | 1.140 | . |
| 道央自動車道 旭川 | -6.458× 10 ⁻¹ | -1.648 | . |
| 道央自動車道 登別 | -9.878× 10 ⁻¹ | -2.303 | * |
| 日高自動車道 厚真 | -9.714× 10 ⁻¹ | -2.009 | * |
| 日高自動車道 苫小牧 | 4.060× 10 ⁻¹ | 0.704 | . |
| 日高自動車道 苫東中央 | -5.468× 10 ⁻¹ | -0.852 | . |
| 日本海東北自動車道 | -1.477 | -2.338 | * |
| 能越自動車道 | 3.733× 10 ⁻¹ | 0.940 | . |
| 函館新道 | -2.702×10 | 0.000 | . |
| 磐越自動車道 | -6.326× 10 ⁻¹ | -1.217 | . |
| 舞鶴若狭道 綾部 | 1.736× 10 ⁻¹ | 0.389 | . |
| 舞鶴若狭道 舞鶴 | -7.758× 10 ⁻¹ | -1.613 | . |
| 舞鶴若狭道 福知山 | -2.387× 10 ⁻¹ | -0.653 | . |
| 米子自動車道 | 3.556× 10 ⁻¹ | 1.165 | . |

***: 0.1%有意 ** : 1%有意 * : 5%有意 . : 10%有意

(2) 人身事故を対象とし単位区間を 1km とした場合

疑似ポアソン分布を用いて回帰分析した結果を表-5に示し、負の二項分布を用いて分析を行った結果を表-6に示す。

分析の結果どちらの場合においても「4車線から2車線への車線数変化地点付近」のみ1%水準で有意な値となった。また、「車線数」に関しても5%水準で負の値となっており、暫定2車線道路の方が事故リスクは高い

という結果となった。100mの単位区間の場合には「分岐・合流部付近」も有意な影響があるという結果であったため、単位区間を伸ばすことで少し精度が低くなっているとも考えられる。

表-7 単位区間 100m の場合の分析結果

| 説明変数 | 係数 | t 値 | p 値 |
|-------------|-------------------------|--------|-----|
| 定数 | -8.448 | -5.525 | *** |
| 車線数 | -3.891×10^{-1} | -0.766 | |
| 交通量 | 4.343×10^{-5} | 0.578 | |
| 曲率半径 | -1.105×10^{-4} | -0.211 | |
| 縦断勾配 | 1.419×10^{-2} | 1.391 | |
| 分岐・合流部付近 | 5.097×10^{-1} | 0.902 | |
| 2車線→4車線 | -1.658×10 | -0.007 | |
| 4車線→2車線 | -1.655×10 | -0.007 | |
| 宇佐別府道路 | -1.652×10 | -0.005 | |
| 岡山自動車道 | 4.782×10^{-1} | 0.357 | |
| 京都縦貫道 | 5.556×10^{-1} | 0.381 | |
| 圏央道 茨城 | 4.510×10^{-1} | 0.304 | |
| 圏央道 千葉 | -1.641×10 | -0.007 | |
| 高松自動車道 | -1.677×10 | -0.003 | |
| 高知自動車道 | 7.140×10^{-1} | 0.553 | |
| 三陸縦貫道 | -1.667×10 | -0.004 | |
| 秋田自動車道 横手 | -1.633×10 | -0.005 | |
| 秋田自動車道 横手北 | -1.622×10 | -0.002 | |
| 秋田自動車道 秋田南 | 6.847×10^{-1} | 0.450 | |
| 秋田自動車道 大曲 | 3.623×10^{-1} | 0.268 | |
| 松江道路 | -1.666×10 | -0.007 | |
| 松山自動車道 | 5.132×10^{-1} | 0.404 | |
| 上信越自動車道 | 1.300 | 0.934 | |
| 常磐自動車道 | 1.347×10^{-2} | 0.009 | |
| 仙台東部道路 | -1.683×10 | -0.004 | |
| 大洲道路 南 | -1.649×10 | -0.003 | |
| 大洲道路 北 | -1.660×10 | -0.003 | |
| 長崎自動車道 | 9.361×10^{-1} | 0.756 | |
| 東海北陸道 | 2.311×10^{-1} | 0.147 | |
| 東九州自動車道 大分 | -1.656×10 | -0.004 | |
| 東九州自動車道 北九州 | -5.158×10^{-3} | -0.004 | |
| 湯浅御坊道路 | 5.531×10^{-1} | 0.384 | |
| 道央自動車道 旭川 | -1.617×10 | -0.009 | |
| 道央自動車道 登別 | -1.625×10 | -0.008 | |
| 日高自動車道 厚真 | -1.621×10 | -0.004 | |
| 日高自動車道 苫小牧 | -1.588×10 | -0.004 | |
| 日高自動車道 苫東中央 | -1.642×10 | -0.003 | |
| 日本海東北自動車道 | 9.002×10^{-1} | 0.612 | |
| 能越自動車道 | -1.622×10 | -0.006 | |
| 函館新道 | -1.682×10 | -0.003 | |
| 磐越自動車道 | -1.634×10 | -0.005 | |
| 舞鶴若狭道 綾部 | 2.411 | 1.550 | |
| 舞鶴若狭道 舞鶴 | -1.630×10 | -0.007 | |
| 舞鶴若狭道 福知山 | 8.779×10^{-1} | 0.625 | |
| 米子自動車道 | -3.297×10^{-1} | -0.202 | |

*** : 0.1%有意 ** : 1%有意 * : 5%有意 . : 10%有意

表-8 単位区間 1km の場合の分析結果

| 説明変数 | 係数 | t 値 | p 値 |
|-------------|-------------------------|--------|-----|
| 定数 | -4.922 | -2.953 | ** |
| 車線数 | 4.547×10^{-1} | 0.738 | |
| 交通量 | -2.288×10^{-5} | -0.244 | |
| 曲率半径 | -5.816×10^{-4} | -1.029 | |
| 縦断勾配 | -1.100×10^{-2} | -0.859 | |
| 分岐・合流部付近 | -2.111 | -1.865 | |
| 2車線→4車線 | 3.032×10^{-1} | 0.281 | |
| 4車線→2車線 | 9.808×10^{-1} | 1.210 | |
| 宇佐別府道路 | -1.709×10 | -0.005 | |
| 岡山自動車道 | -2.501×10^{-1} | -0.182 | |
| 京都縦貫道 | -1.723×10 | -0.004 | |
| 圏央道 茨城 | 7.067×10^{-1} | 0.446 | |
| 圏央道 千葉 | -1.729×10 | -0.007 | |
| 高松自動車道 | -1.685×10 | -0.003 | |
| 高知自動車道 | -2.766×10^{-1} | -0.188 | |
| 三陸縦貫道 | -9.551×10^{-2} | -0.064 | |
| 秋田自動車道 横手北 | -1.690×10 | -0.002 | |
| 秋田自動車道 秋田南 | 1.189×10^{-1} | 0.077 | |
| 秋田自動車道 大曲 | -5.001×10^{-1} | -0.346 | |
| 松江道路 | -1.698×10 | -0.006 | |
| 松山自動車道 | 1.800×10^{-1} | 0.143 | |
| 上信越自動車道 | 3.539×10^{-1} | 0.245 | |
| 常磐自動車道 | -2.209×10^{-1} | -0.155 | |
| 仙台東部道路 | -1.707×10 | -0.003 | |
| 大洲道路 南 | -1.658×10 | -0.002 | |
| 大洲道路 北 | -1.677×10 | -0.003 | |
| 長崎自動車道 | 8.211×10^{-1} | 0.655 | |
| 東海北陸道 | -4.454×10^{-1} | -0.280 | |
| 東九州自動車道 大分 | -1.740×10 | -0.004 | |
| 東九州自動車道 北九州 | -4.914×10^{-1} | -0.340 | |
| 湯浅御坊道路 | 1.686×10^{-1} | 0.098 | |
| 道央自動車道 旭川 | -1.763×10 | -0.009 | |
| 道央自動車道 登別 | -1.747×10 | -0.008 | |
| 日高自動車道 厚真 | -1.750×10 | -0.006 | |
| 日高自動車道 苫小牧 | -1.748×10 | -0.003 | |
| 日高自動車道 苫東中央 | 1.123×10^{-1} | 0.067 | |
| 日本海東北自動車道 | 2.957×10^{-1} | 0.020 | |
| 能越自動車道 | -1.753×10 | -0.005 | |
| 函館新道 | -1.693×10 | -0.002 | |
| 磐越自動車道 | -1.739×10 | -0.005 | |
| 舞鶴若狭道 綾部 | 1.793 | 1.349 | |
| 舞鶴若狭道 舞鶴 | -1.720×10 | -0.006 | |
| 舞鶴若狭道 福知山 | -4.212×10^{-6} | 0.000 | |
| 米子自動車道 | -1.311 | -0.769 | |

*** : 0.1%有意 ** : 1%有意 * : 5%有意 . : 10%有意

(3) 死亡事故を対象とした場合

単位区間を 100m にした場合を表-7 に示し、単位区間が 1km の場合を表-8 に示す。死亡事故を対象とした場合、5%水準で有意な説明変数はなかった。すなわち、暫定 2 車線道路と 4 車線道路の死亡事故件数が同じという帰無仮説は棄却されなかった。

6. おわりに

本研究では、全国的高速道路における暫定 2 車線道路区間において交通事故リスクに暫定 2 車線道路であるという要因が影響を及ぼすのかを検証することを目的とし、回帰分析を行った。交通事故リスクには運転者特性など

の人的要因や天候などの環境要因も影響すると考えられるため、同一路線内の車線数の異なる隣接した区間に着目することで人的要因と環境要因による交通事故リスクへの影響を小さくした。また、交通事故リスクの定義を 2 種類用意することで、分析結果に違いがあるのかを検証した。さらに、路線ごとの固定効果を考慮することにより、路線や周辺地域の特性といった地域特性も考慮し交通事故リスクの分析を行った。

分析の結果、人身事故については暫定 2 車線道路区間であることが交通事故リスクを有意に高めるということが示された。また、車線数が減少する地点において交通事故リスクが高いということが示された。暫定 2 車線道路では死亡事故などの重大な事故が多いといわれているが、死亡事故に限定して同様に分析を行った結果、暫定 2 車線道路区間であることは交通事故リスクへ有意な影響を及ぼさないという結果が得られた。

本研究では異なる交通事故リスクを定義し、2 種類の回帰モデルを使用し分析を行い同様の結果が示された。そのため人身事故を対象とした分析においては検証ができたと考える。一方で死亡事故に関しては最大で 26 件しかなく、データ数が充分であったとはいえない。今後は過去の交通事故データを入手することで過去のデータを追加し、新たに公開される新年度のデータも加えることで事故件数を増やしたうえで分析を行うことが必要となる。

交通量に関しては一定の値を利用したがコロナウイルスの影響など社会的な要因で変動していると考えられる。今後、年度ごとの交通量での分析を行い社会的な変化も考慮することが必要であると考えられる。また、追突事故や車線変更時の事故など車線数によって発生しやすい事故の種類も異なると推測できるため、暫定 2 車線道路の安全対策を考える上では事故の種類で分類した細かい分析を行う必要があると考えられる。

謝辞：本研究に対して、神戸大学の土木計画系研究グループ教員各位より貴重なコメントを賜った。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 令和 3 年度における 暫定 2 車線区間の対応について
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001390308.pdf> (最終閲覧日：2022-1-21)
- 2) 国土交通省 暫定二車線区間の現状と課題
https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/front_accident/pdf01/04.pdf (最終閲覧日：2022-1-21)
- 3) 吉井稔雄：暫定 2 車線道路区間における交通事故発生リスクに関する研究，高速道路と自動車，Vol.59, pp.45-47, 2012.
- 4) MacDonald, J.M., Klick, J. and Grunwald, B.: The effect of private police on crime: evidence from a geographic regression discontinuity design, *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, Vol.179, No.3, pp.831-846, 2016.
- 5) 兵頭知，吉井稔雄，高山 雄貴：都市内高速道路における他車線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，pp.I_1349-I_1355，2012.
- 6) 兵頭知，吉井稔雄，高山 雄貴：明るさの変化に着目した高速道路走行時の事故発生リスク分析，土木学会論文集 D3，Vol.71，pp.I_1027-I_1033，2015.
- 7) 谷本修一，藤原章正，嶋本寛，張峻屹，楠橋康広：ポアソン回帰モデルを用いた高速道路におけるトリップ長と事故率の分析，土木学会中国支部研究発表会発表概要集，CD-ROM，2009.
- 8) Koster, H.R., Pasidis, I. and van Ommeren, J. (2019) Shopping externalities and retail concentration: Evidence from Dutch shopping streets, *Journal of Urban Economics*, 114, 103194.
- 9) 警察庁 交通事故統計情報のオープンデータ
https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/opendata/index_opendata.html
(最終閲覧日：2022-8-20)
- 10) 国土交通省 平成 27 年度 道路交通センサス
<https://www.mlit.go.jp/road/h27/index.html> (最終閲覧日：2022-9-15)
- 11) 国土交通省 国土数値情報ダウンロードサービス 高速道路時系列データ 令和 2 年
https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N06-v1_2.html (最終閲覧日：2022-8-14)
- 12) ROCA
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0208407> (最終閲覧日：2022-1-19)
- 13) Google Earth <https://earth.google.com/> (最終閲覧日：2021-9-16)
- 14) 国土地理院 地理院地図 <https://maps.gsi.go.jp> (最終閲覧日：2021-9-16)

(Received?)
(Accepted?)