

非幹線道路ブロックエリア内におけるマクロ交通状態量と交通事故リスクとの関係分析

兵頭 知¹・岡田 航平²

¹正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: hyoudou.satoshi@nihon-u.ac.jp

²学生会員 日本大学 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: csko19003@g.nihon-u.ac.jp

非幹線道路, すなわち住区内生活道路の交通安全向上を目指し, ハンプ, ボラードなど物理的対策に加え, ゾーン 30 などエリアマネジメント的な交通安全の取り組みも強化されている. しかしながら, その対象エリアの明確な基準はなくアドホックに選定されている可能性が高い. そこで, 本研究では, 幹線道路によって囲まれたブロックエリア内の生活道路ネットワークを巨視的に捉えて, 同ネットワークのマクロ交通流状態とブロック内の交通事故の起こりやすさの関係を分析する. これにより, 例えば, 通過交通の多発などによる危険なエリアの交通流状態に関する定量的な条件を含めた交通安全対策を優先的に行うエリアを選定するための明確な基準を設けることを目的とする.

Key Words: traffic states, speed, accident risk, residential roads area, prove data

1. はじめに

千葉県警察の統計¹⁾によると, 平成 30 年における千葉県の交通事故件数は, 17,374 件であり, その内訳は死亡事故が 183 件 (1.1%), 負傷者事故が 17,191 件 (98.9%) という構成になっている. 前年と比較すると, 事故件数全体は 656 件減少してきているものの, 死亡事故については 32 件増加している. また, 道路種別についてみると, 図-1 に示すように交通事故発生件数の約 60%, 死亡事故の約 45% が市町村道等の非幹線道路で発生している¹⁾. そのような現況を受け, 我が国においては, 同道路における安全な通行を確保するため, ゾーンを定めて最高速度 30 [km/h] の速度規制やハンプなどの物理的デバイスにより, ゾーン内における速度抑制やゾーン内を抜け道として通行する行為の抑制等を図る対策が積極的に推進されている. 千葉県内においても, 平成 29 年時点で 142 箇所の整備実績²⁾があることを確認している.

こうした交通安全対策地域の選定を行う際においては, 過去の交通事故の発生状況等の分析や交通・道路管理者の経験則に基づきながら対策の実施をすることが基本的な手法となっている. このため, 主として交通事故が発生した場所や事故の種別などを分析しながら, 用途地域や都市構造などに着目し, 事故危険性の高い対策が必要となるゾーンを特定化している.

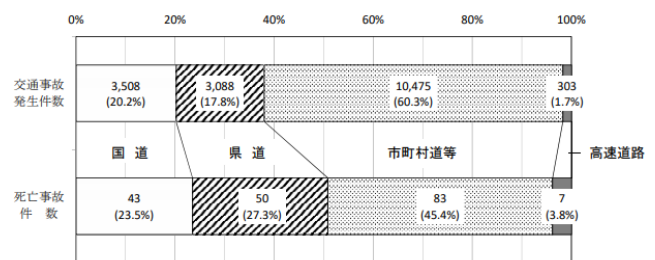


図-1 道路別交通事故発生状況¹⁾

他方で, 近年では, 交通状況の情報収集が容易になっており, 交通事故の起こりやすい, すなわち事故リスクの高い交通状況の指標を分析することが可能になってきている. これまで, それらの関係性を解明する研究が国内外を問わず行われてきたものの, 対象路線はいずれも高速道路や幹線道路の事故発生時の交通状況に限定されており, 生活道路に代表される非幹線道路の交通状況を考慮した研究事例は筆者の知り得る限り存在しない.

そこで, 本研究では, 幹線道路によって囲まれたブロックエリア内の生活道路ネットワークを巨視的に捉えて, 同ネットワークのマクロ交通流状態とブロック内の交通事故の起こりやすさの関係を分析する. これにより, 例えば, 通過交通の多発などによる危険なエリアの交通流状態に関する定量的な条件, すなわち交通安全対策を優先的に行うエリアを選定するための明確な基準を設ける

ことを目的とする。

2. 既存研究のレビューと本研究の位置づけ

既存研究では、主として生活道路事故リスクと周辺施設・環境や道路環境などに代表されるような静的な要因を関連付けた分析による数多くの蓄積がある。それら影響する要因としては、例えば、道路の形成過程³⁾、交差点の幾何構造⁴⁾、道路幅員や用途地域⁵⁾、都市構造や居住人口⁶⁾¹⁰⁾などに着目した研究事例が代表として挙げられる。しかしながら、これらの既往研究で考慮された要因のみでは、例えば通過交通などエリア内の交通状況の変化が事故リスクに与える影響については、未だ十分に明らかとされていないものと考えられる。

一方で、高速道路や幹線道路を対象にした事故解析の研究について概観すると、例えば、三浦ら¹¹⁾は、首都高速のサグ部を対象にトラカンデータを用いて追突事故リスクの分析を行い、事故が起こりやすい交通流状態を明らかにした。また、著者ら¹²⁾は、交通流状態が事故発生リスクに与える影響を分析し、自由流と渋滞流が混合する混合流状態で事故の危険性が高いことを示した。

次に、海外の研究事例についてみると、Zhou and Shsiopiku¹³⁾は、ミシガンの高速道路 15.5km を対象に事故率[件/億台キロ]と混雑度(v/c)の関係を分析し、U型の関係性を有することなどを示した。

また、Wang et al¹⁴⁾は、M25 モーターウェイを対象にして、日単位の平均旅行時間に基づく混雑指標 CI を定義し、その指標と事故の発生頻度の関係を分析し、定義された混雑度指標 CI の影響については、その他の要素に比べ小さいことを示した。

さらに、Oh et al¹⁵⁾、Lee et al¹⁶⁾は速度の標準偏差や速度の変動係数が、通常交通流と事故が発生する危険な交通流を区別するための有効な変数であることを指摘している。

しかしながら、先述した通りこれらの研究はいずれも高速道路や幹線道路の交通状況を事故要因として考慮するに留まっており、生活道路に代表される非幹線道路の交通状況まで考慮した研究事例は見当たらない。

そこで、本研究においては、生活道路ネットワークエリア内の交通状況の特徴を表す指標としてリンク別の平均旅行速度とその速度分散に着目し、同指標と事故リスクとの関係性について把握する。具体的には、千葉県を対象に幹線道路内のブロックエリアごとに平均速度などの交通流状態を定義し、同交通流状態と事故リスクとの関係を統計モデルを用いて分析する。

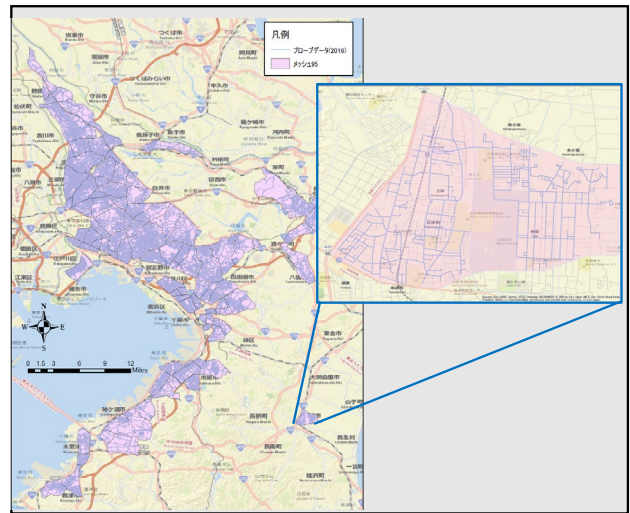


図-2 分析対象地域およびブロックエリアの概要図

3. 分析方法

(1) 分析対象地域およびブロックエリアの定義

本研究では、図-2 に示すように千葉県の事故が集中して発生している北西部を中心とした対象範囲を分析する(市町村道等で発生した事故の約 50%を占める)。また、分析対象エリアについては、骨格幹線道路を基に設定する。ここで、骨格幹線道路としてセンサスリンクを定めて、これらを境界とした分割を行う。その結果、同図に示すように対象のエリアとして、計 95 のエリアと非幹線道路ネットワークが分析対象として選定された。なお、選定エリアの大きさについては、いずれも 3 次メッシュ (約 1 [km²]) 以上であることに注意されたい。

(2) エリア交通事故リスク

本研究では、上記にて定義したエリアごとの交通事故リスクとして以下の式(1)にて定める。具体的には、車両 1 億台 km あたりの交通事故発生件数、すなわち、あるエリアにおける事故件数をそのエリアの総走行台キロで割った値で表される。ただし、非幹線道路の交通量データに関しては厳密な観測結果が得られないため、現地調査の結果に基づいて、主要一般道路は、800 [台/h]、その他の細街路は 400 [台/h]にて一様に分布していると仮定してエリアの走行台キロを推定している。

$$\lambda_j^m = \frac{N_j^m}{L_j} \quad (1)$$

ここで、 j はエリア ID ($j=0,2,3,\dots,94$)、 N_j^m とは、ある対象期間のエリア j を構成する各リンクで発生した事故類型 m の総事故件数 [件/年] である。 L_j はある対象期間のエリア j を構成する各リンクの総走行台キロ [台・km/年] である。

(3) ブロックエリア内のネットワーク交通流状態量

複数の主要一般道路および細街路から構成されるブロックエリア道路ネットワーク内の交通流状態として、日単位のエリア平均旅行速度とエリア平均旅行速度分布の分散の2つの交通状態量を取り上げる。ここで、エリア平均速度 v_j とは、エリアに内包される主要一般道路および細街路に対して、リンク単位・日単位の旅行速度を平均化した値である。次に、エリア平均旅行速度分布の分散 σ_j^2 とは、エリアに内包される主要一般道路および細街路に対して、リンク単位の平均旅行速度の分散値を示す。

$$v_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1} v_{ij} \quad (2)$$

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{n_j - 1} \sum_{i=1} (v_{ij} - v_j)^2 \quad (3)$$

ここで、 $v_{ij}(i=1 \sim n_j)$ とは、ある対象期間のエリア j を構成する各リンクの通過プローブカーの平均旅行速度 [km/h]、 n_j とはエリア j を構成する非幹線道路の全リンク数である。

(4) エリア事故リスクモデル式

本研究では、幹線道路内のブロックエリアの交通流状態と事故リスクとの関係を重回帰モデルを用いて分析する。ここで、目的変数をエリア事故リスク、説明変数を交通流状態量として定式化する。なお、本研究で扱うモデル式については、式(4)に示すように重回帰モデルを用いて関係性を記述する。

$$\lambda_j^m = a^m + \sum \beta_{jk}^m x_k \quad (4)$$

ここで、 λ_j^m はエリア j における事故類型 m の年間事故リスク [件/台・km]、 x_k はブロックエリアの交通流状態量を示す変数群 ($k=1,2,3,4$)、 a は定数項、 β は未知パラメータである。

(5) 分析データ

本研究で使用した三つのデータを以下にて整理して示す。

a) 交通事故データ

本分析に用いた交通事故発生地点データは千葉県警から提供していただいたものである。これらのデータは発生地点を GIS 上で確認することができ、それぞれのデータに対して、発生日時や事故類型などを含めた約 22 の項目を記録したものである。本研究では対象の 95 エリア内で発生した 2016 年 1 月 1 日から 2018 年 12 月 31 日までの 3 年間に発生した非幹線道路上の交通事故 14,100 件を対象とする (図-3 参照)。なお、対象の事故については、車道幅員 3.5m 以上、13.0m 未満の骨格幹線道路ブロック内の一般市町村道路上で発生した交通事故を対象

としている。また、図-4 に対象エリアにおける 2016 年から 2018 年までの交通事故件数の推移を示す。同図に示すように、全体事故および負傷事故は年々増加傾向にある。また、死亡事故の傾向についてみると、減少傾向にはあるものの、近年の 2017 年から 2018 年間については、ほぼ横ばい傾向を示していることが伺える。

b) デジタル道路地図ネットワークデータ

道路ネットワークデータとしては、平成 30 年のデジタル道路地図データを用いる。同データの道路リンクの幅員、道路種別の情報を用いて、ブロックエリア毎に主要一般道路と細街路に分けて非幹線道路の道路延長を集計した。

c) 携帯カーナビプローブデータ

本研究では携帯カーナビプローブデータを用いて、道路ネットワークの交通流状態の定量化を行う。同データは、株式会社ナビタイムジャパンが運営する携帯カーナビゲーションサービスにて携帯の GPS により取得されたプローブデータを用いた。同データには、集計期間単位のリンク別平均旅行速度、ユニークユーザー数、通過回数等の 41 項目のデータが収録されている。本研究では、千葉県内における 2016 年 1 月 1 日から 2018 年 12 月 31 日の 3 年間分のデータを活用した。

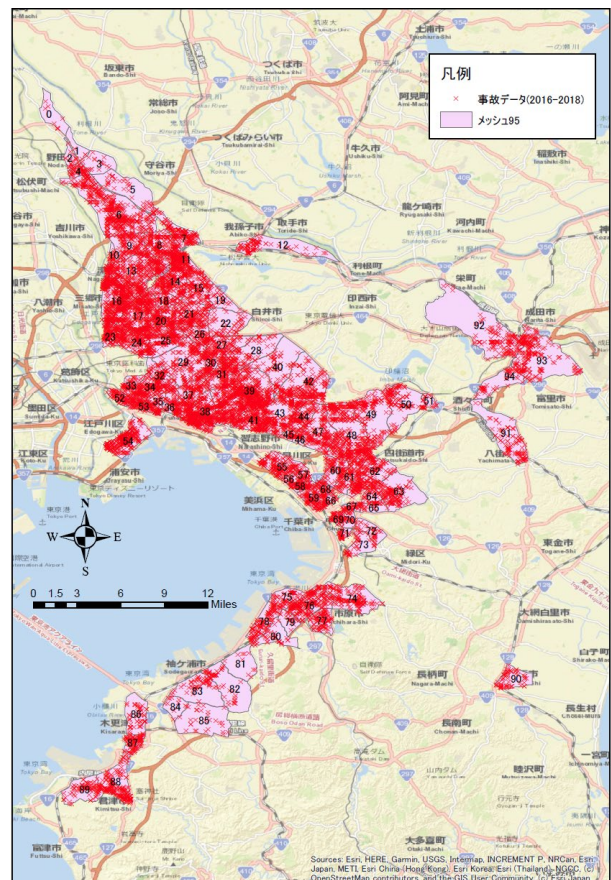


図-3 分析対象ブロックエリアにおける事故発生分布図

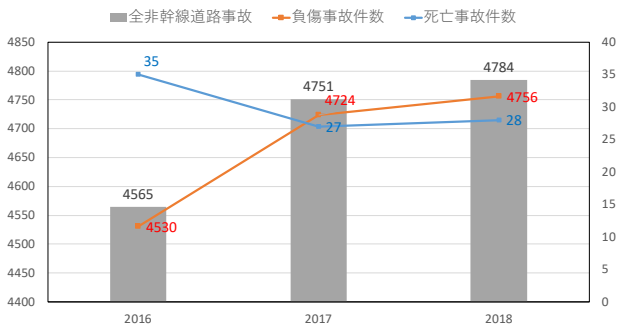


図4 分析対象エリアにおける交通事故件数の推移

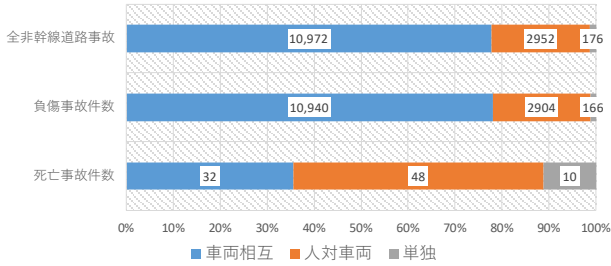


図5 事故深刻度別の事故類型による比較

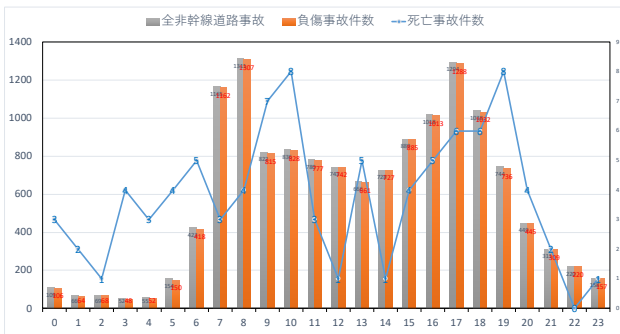


図6 事故深刻度別の事故発生時間帯による比較

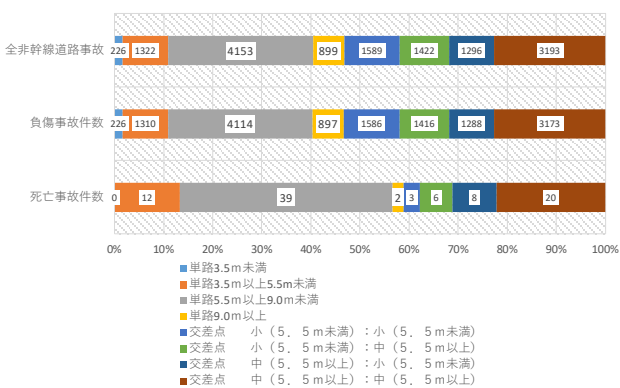


図7 事故深刻度別の事故発生場所による比較

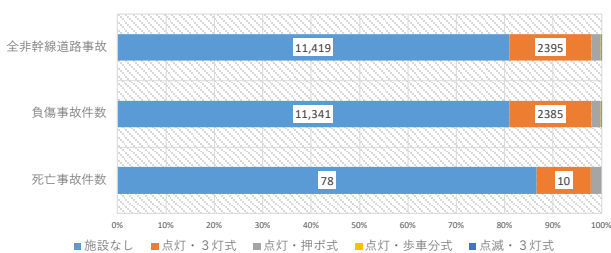


図8 事故深刻度別の信号の有無による比較

4. 分析結果

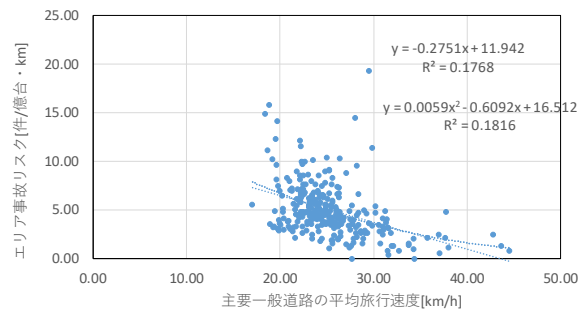
(1) 事故基礎集計結果

2016年から2018年までに発生した対象エリアの事故件数のうち、負傷事故14,010件と、死亡事故90件の事故深刻度別に分けて比較を行う。

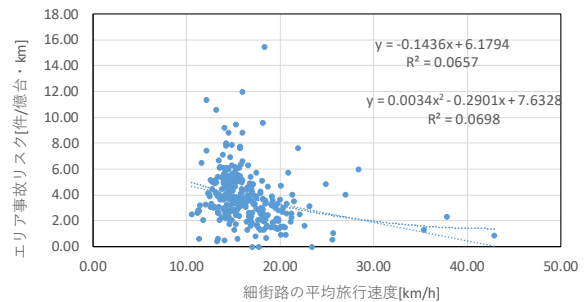
図-5に負傷事故と死亡事故の別に発生した事故を対象に事故類型別に集計した結果を示す。結果に示すように、非幹線道路の負傷事故においては車両相互事故がおよそ99.7%とその大部分を占めていることが分かる。

一方、死亡事故については、人対車の事故と単独事故で約64%を占めていることが分かる。図-6に負傷事故と死亡事故の別に発生した事故を対象に事故発生時間帯別に集計した結果を示す。結果に示すように、非幹線道路の負傷事故においてはピーク時間帯の8時台や17時台に事故が集中していることが分かる。対して、死亡事故については、10時台および19時台の時間帯で多く発生していることが分かる。

図-7に負傷事故と死亡事故の別に発生した事故を対象に事故発生の地点別に集計した結果を示す。結果に示すように、負傷事故においては交差点における事故が約53%を占めていることが分かる。一方で、死亡事故では、単路における事故が約60%を占めていることが分かる。さらに、図-8に負傷事故と死亡事故の別に発生した事故を対象に信号機の有無別に集計した結果を示す。同図の結果に示すように、負傷事故および死亡事故の違いに関わらず、信号施設の無い地点での事故が大多数を占めていることが確認できる。

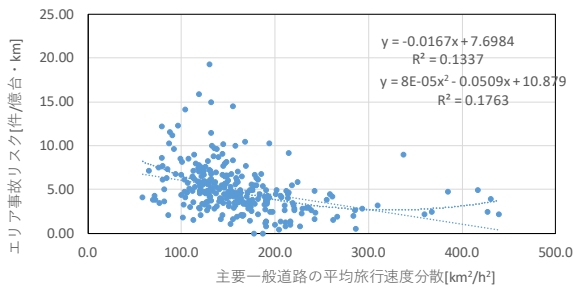


(a) 主要一般道路

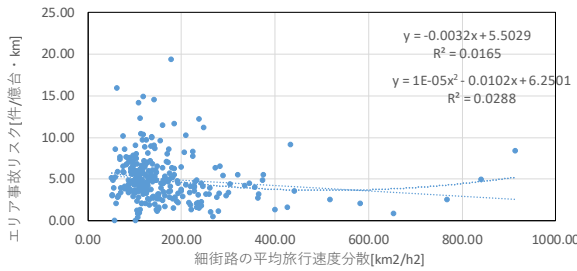


(b) 細街路

図9 平均旅行速度とエリア事故リスクとの関係



(a) 主要一般道路



(b) 細街路

図-10 平均旅行速度の分散とエリア事故リスクとの関係

表-1 重回帰モデル分析の推定結果 (全事故モデル)

| 説明変数 | 係数 | 標準誤差 | t値 | P-値 |
|--|--------|-------|-------|-------|
| 定数項 α | 12.225 | 0.934 | 13.09 | 0.000 |
| 平均旅行速度(主要一般道) $\beta 1$ [km/h] | -0.166 | 0.061 | -2.70 | 0.007 |
| 旅行速度分散(主要一般道) $\beta 2$ [km ² /h ²] | -0.011 | 0.003 | -3.52 | 0.000 |
| 平均旅行速度(細街路) $\beta 3$ [km/h] | -0.124 | 0.083 | -1.50 | 0.135 |
| 旅行速度分散(細街路) $\beta 4$ [km ² /h ²] | 0.005 | 0.002 | 2.22 | 0.027 |
| データ数 | 285 | | | |
| 決定係数(R2) | 0.22 | | | |
| 修正済み決定係数(R2) | 0.21 | | | |

(2) 平均旅行速度とエリア事故リスクの関係

エリアの平均旅行速度と事故リスクの関係をプロットしたものを図-9 に道路別にそれぞれ示す。また、同関係について、一次近似および二次近似のケースについての関係を調べた結果も併せて示す。これを見ると、道路の種別に関わらず、旅行平均速度が低速度になるにつれて、エリア事故リスクが高くなる傾向にあることが分かる。このことから、年間を通して平均旅行速度が総じて低下しているリンクを有する道路ネットワークにおいて、そのエリアの事故リスクが高まることを示唆している。

(3) 平均旅行速度分散とエリア事故リスクの関係

エリアの平均旅行速度分散と事故リスクの関係をプロットしたものを図-10 に道路別にそれぞれ示す。また、エリアの平均旅行速度分散と事故リスクの変数のみを用いて、一次近似および二次近似のケースについての関係を調べた結果も併せて示す。同図の結果を見ると、道路種別に関わらず、平均旅行速度分散と事故リスクの関係については、下に凸でU型の関係性にあることが伺え

る。このことから、エリアの旅行速度の分散値が小さい領域と高い領域において同エリアにおける事故リスクが高まり、その中間に位置する分散値においては事故リスクが最小となる関係にあることを示唆している。

(4) モデル分析結果

本研究では目的変数を非幹線道路ブロックエリア内の事故リスク、説明変数を主要道路の平均速度および平均旅行速度分散、細街路の平均速度および平均旅行速度分散として重回帰モデルによる分析を行う。

同モデルの推計結果を表-1 に示す。推定結果に示すように、モデルの適合度を示す修正済み決定係数は 0.21 と若干低いものの、有意水準 5%では主要道路の平均速度 $\beta 1$ および平均旅行速度分散 $\beta 2$ 、細街路の平均旅行速度分散 $\beta 4$ の説明変数について有意なパラメータが得られ、これらの変数がエリア事故リスクに影響することを示した。具体的には、主要道路の平均旅行速度 $\beta 1$ および平均旅行速度分散 $\beta 2$ は共に負の値を示している。このことから、それらの状態量が低下するにつれて、エリア事故リスクが高まる傾向にあることが分かる。これは、このようなブロックエリアについては、駅や商業施設など交通が集中するような場所が集積しているものと想定される。このため、その集中による交通混雑によって恒常的に平均旅行速度が低下し、事故リスクが高まっているものと想像できる。

対して、細街路における交通状況についてみると、平均速度の分散値 $\beta 4$ は正值を示しており、その値が増大するにつれて事故リスクが高まるとの結果を示した。これは、細街路における旅行平均速度の空間的な分散が高い地域において、事故リスクが高まることを示している。一方、細街路の平均旅行速度 $\beta 3$ に関しては、エリア事故リスクに影響を与えたとの結果を得ることはできなかった。

5. おわりに

本研究では、千葉県を対象に幹線道路によって囲まれたブロックエリア内の非幹線道路ネットワークを巨視的に捉え、同ネットワークのマクロ交通流状態がブロックエリア内の交通事故リスクに与えた影響を重回帰モデルを用いて分析した。

その結果、主要道路の平均速度および平均旅行速度分散、細街路の平均旅行速度分散が有意に影響することを示した。このことから、ネットワークのマクロ交通流状態がブロックエリア内の交通事故リスクの高低を左右する重要な要因であることが示唆された。

具体的には、比較的幅員の大きい主要一般道路の平均

旅行速度ならびにその分散値が低いエリアほど事故リスクは高まること。さらに、細街路における平均旅行速度分散が大きい地域ほど事故リスクが高くなる傾向にあることなどが示された。すなわち、主要一般道路のリンクの速度変動が小さく常に走行速度が低くなっているリンクおよび細街路リンクの空間的な速度変動が大きい区域において、同エリアの事故リスクが高いことが示唆された。このため、区画内の主要一般道路の混雑の抑制対策および細街路リンクの速度のばらつきを抑制するような交通静穏化対策を同時に図っていくことが重要であるものと考えられる。

しかしながら、本研究では集計的な関係付けを示すにとどまっているため、そのような関係性がなぜ成立するのかという点に対しては明確化することができていない。従って、今後の課題としては、時々刻々の交通状況、土地利用や周辺環境等の要素を考慮することで、同要因とエリア事故リスクの関係性をより詳細に明らかにすることが挙げられる。さらに、事故実態をより精緻に把握するためには、全事故モデルのみならず事故類型別にセグメントしたモデル構築についても検討することが必要である。

謝辞：本研究は「一般財団法人日本デジタル道路地図協会」の研究助成を受けたものです。また、本研究を進めるにあたって、千葉県警察本部からは交通事故データの貴重なデータの提供をいただきました。ここに示して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 千葉県警察本部 HP：交通事故統計資料集 (https://www.police.pref.chiba.jp/kotsusomuka/traffic-safety_hakusyo.html).
- 2) 千葉県警察本部 HP：「ゾーン 30」の概要 (https://www.police.pref.chiba.jp/kotsukiseika/traffic-safety_defend-08.html)
- 3) 吉田進悟, 宮崎正典, 坂本邦宏, 久保田尚：「地域 DNA」に着目した生活道路と幹線道路との交差点における交通事故要因分析, 第 29 回交通工学研究発表会論文集, CD-ROM, 2009.
- 4) 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.
- 5) 渡部数樹, 中村英樹：道路交通環境に着目した交通事故発生要因に関する統計モデル分析, 土木計画学論文集 D3 (土木計画学), Vol. 71, No. 5, pp. 889-901, 2015.
- 6) 橋本成仁, 嶋田喜昭, 安藤良輔, 三村泰広, 吉城秀治：土地利用と道路ネットワークを考慮した面的速度抑制対策の対象地域選定モデルの検定, 平成 26 年度 (本報告) タカタ財団助成研究論文, 2015.
- 7) 福井 智侑, 塩見 康博：プローブデータを用いた非センサスリンクを対象とした事故リスク要因の分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 74, No. 5, pp. 703-713, 2018.
- 8) 坪田隆宏, 吉井稔雄, 倉内慎也, 山本篤志：ETC2.0 データを活用した生活道路の交通事故リスク要因分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 74, No. 5, pp.1029-1035, 2018.
- 9) 北野明子：土地利用の特徴と歩行者事故との関連分析：イタルダインプォメーション, No.120, 2017.
- 10) Marshall, W.E, Garrick, N.W. : Does street network design affect traffic safety ?, *Accident Analysis & Prevention*, vol. 43, No. 3, pp. 769-781, 2011.
- 11) 三浦久, 洪性俊, 田中伸治, 桑原 雅夫：首都高速道路における追突事故リスク予測に関するミクロ的分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 68, No. 5, pp. 1143-1148, 2012.
- 12) 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.
- 13) Zhou, M., Sisiopiku, V. : Relationship between volume-to-capacity ratios and accident rates. In: *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, nr. 1581, p. 47-52, 1997.
- 14) Wang, C., Quddus, M.A., Ison, S.G. : Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 41, No. 4, p. 798-808, 2009.
- 15) Oh, C., Oh, J., Ritchie, S., and Chang, M.: Real-time Estimation of Freeway Accident Likelihood. Presented at the 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 2001.
- 16) Lee, C., Hellinga, B., Saccomanno, F. : Real-Time Crash Prediction Model for Application to Crash Prevention in Freeway Traffic, *Transportation Research Record*, vol. 1840, pp.67-77, 2003.

(2019. 10. 4 受付)

ANALYSIS OF RELATIONSHIP BETWEEN TRAFFIC STATES AND TRAFFIC ACCIDENT RISK ON RESIDENTIAL ROADS AREA

Satoshi HYODO and Kohei OKADA