

一般道路を対象とした路面性状と 交通事故リスクの関係分析

坪田 隆宏¹・吉井 稔雄²・白柳 洋俊³・倉内 慎也⁴

¹正会員 愛媛大学講師 大学院理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番)
E-mail: tsubota@cee.chime-u.ac.jp (Corresponding Author)

²正会員 愛媛大学教授 大学院理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番)
E-mail: yoshii@cee.chime-u.ac.jp

²正会員 愛媛大学講師 大学院理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番)
E-mail: shirayanagi@cee.chime-u.ac.jp

²正会員 愛媛大学准教授 大学院理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番)
E-mail: kurauchi@cee.chime-u.ac.jp

路面性状とは、時間の経過とともに車両の走行荷重等により生じる路面の劣化や傷み等の路面の状態を表す。路面劣化の進行に伴い、ハンドルを取られる等の交通事故に繋がる危険性が高まることが想定される。特に、直轄国道は経済・物流上の重要な施設等を連絡する役割を果たしており、路面性状を把握し適切な時期に補修を行うことで安全・円滑な走行環境を保つことが重要である。路面劣化度が交通事故リスクに与える影響を明らかにすることで、交通事故リスクの増大を未然に防ぐような補修戦略の策定が可能になると期待される。そこで、本研究では、一般道路における路面性状と交通事故リスクの関係を明らかにする。愛媛県松山市の直轄国道を対象に、交通事故件数を目的変数に、路面性状値や道路構造等を説明変数とするポアソン回帰モデルを構築した結果、部分的に路面性状値が悪化している区間において事故リスクが高まる傾向を確認した。

Key Words: road surface, traffic accident risk, poisson regression model, smartphone sensor

1. はじめに

我が国の道路整備事業は、一部の高規格道路等で計画段階のものが存在するものの、新規道路を建設する時代から、既存道路の維持・修繕が主体の時代へ移行している。道路の有する機能の一つに、安全で快適な車両の高速移動空間を確保すること、すなわち交通機能が挙げられる。同機能によって、道路は生活や産業を下支えし、我が国の経済を牽引してきた。このような道路の機能を保持することが維持管理の目的であると言える¹⁾。

道路を構成する要素のうち、車両との接触面である路面舗装は、①道路表面に緻密な層を設けることにより、雨天時の路面の泥濘化等を防止し、走行快適性を保持すること、ならびに、②路面の平坦性を良好にするとともに適度なすべり抵抗性を持たせることにより、車両通行時の快適性と安全性を向上させることが挙げられる。このように、道路舗装は走行快適性の観点だけでなく、交通安全性の確保といった観点からも道路の機能を担うと

いう重要な役割を果たしている。

膨大な道路舗装ストックに対して、効率的、かつ経済的に維持管理を実施する目的で、路面舗装の劣化予測に関する研究が多く報告されている。これらは、道路舗装の補修時期を予測し、補修に必要な予算計画の策定に活用され得るものであり、道路インフラのライフサイクル費用や補修需要を推計する際に重要な役割を果たす。

既往の劣化予測モデル²⁾では、舗装の劣化状態を舗装の健全度評価結果に基づいて定義している。健全度評価では舗装劣化度の指標として、わだち掘れ量、ひび割れ率、および平坦性指標等を用いている。これらの指標は、路面舗装の構造物としての健全度、あるいは走行快適性機能に着目した評価に適していると考えられる。一方、舗装に求められるもう一つの機能、すなわち走行安全性の観点から舗装機能を評価し、同評価に基づく健全度診断や補修計画の策定に資する試みは為されていない。

現行の道路舗装の健全度に係る評価で用いられる舗装

劣化度の指標は、舗装面の耐久性や走行円滑性のみならず、走行の安全性に対して大きな影響を持つと考えられる。例えば、平坦性が損なわれた道路区間を走行するにはドライバーの走行安定性が損なわれること、並びにタイヤと路面との接地面積の減少によってすべり抵抗値が低下することがテストコースの実験により示されている。このように、路面性状の悪化は走行安全性に影響を与え、交通事故の発生につながる可能性が考えられる。しかしながら、舗装の劣化度指標と潜在的な事故発生リスクとの関係に関する定量的な評価は十分には為されていない。道路舗装の安全性能を適切に評価し、舗装の走行安全性機能をも考慮した補修計画を策定するに際して、舗装劣化度と事故発生の関係を把握することは極めて重要である。

本研究では、交通安全性の評価指標を単位距離走行あたりには事故が発生する潜在的な確率（以下“事故リスク”）として定義した上で、舗装劣化に伴う事故リスク値の変化を推定可能な一般化線形モデルを構築し、同モデルの有効性を実証することを目的とする。なお、本研究における分析は、愛媛県松山市の一般道路における路面性状調査結果と人身事故の発生状況を対象に実施する。

2. 研究概要

(1) 路面性状値

本研究では、富士通交通・道路データサービス(FTRD社)が提供する道路パトロール支援サービス（以下、“道パト”）による路面性状測定結果を用いる。同サービスでは、専用のアプリがインストールされたスマートフォンを車のダッシュボードに固定し、車両走行時の揺れ、すなわち加速度を計測することで路面性状の把握を行っている。計測にはスマートフォンのGPSセンサと加速度センサを用い、0.1秒毎に計測した加速度データに基づき、任意の区間長ごとに路面の凹凸を点数化し、劣化情報指数(DII)として算出している。本研究では、DIIを50m毎に算出した値を路面性状値として用いる。

DIIは、主に縦断方向の路面凹凸を評価しており、従来より用いられる国際ラフネス指数(IRI)や舗装の維持管理指数(MCI)とも概ね整合することが確認されている。このような従来指標との比較から、DIIと、DIIを階級別に区分した劣化度、各劣化度における舗装診断区別の関係は表-1のように整理できる。

(2) 事故リスクの定義

本研究で扱う事故リスクは、単位走行量あたりの事故件数と定義する。具体的には、走行1億台キロあたりの事故件数として、式(1)により算定する。

表-1 DII, 劣化度, 舗装診断区別の関係

路面の状態	劣化度	劣化情報指数(DII)	舗装の診断区分
良	1	0.0 ~ 0.9	I: 健全 (損傷レベル小)
	2	1.0 ~ 2.9	
	3	3.0 ~ 4.9	
	4	5.0 ~ 6.9	II: 表層昨日保持段階 (損傷レベル中)
	5	7.0 ~ 8.9	
	6	9.0 ~ 10.9	III: 修繕段階 (損傷レベル大)
	7	11.0 ~ 12.9	
悪	8	13.0 ~	

$$R_i = \frac{N_i}{L_i} \times 10^8 \quad (1)$$

ただし、 R_i : 走行環境*i*の事故リスク[件/億台・km], L_i : 走行環境*i*の車両走行台キロ[台・km], N_i : 走行環境*i*の事故件数[件]とする。本研究における走行環境は、以下に示すとおり路面性状、舗装種別、天候、及び交通状態を考慮して定義される。

(3) 事故リスク推定モデル

交通事故は稀に起こる事象であり、ある期間内に発生する事故の発生件数はポアソン分布に従うと考えられる。そこで、本研究では各走行環境で発生する事故件数を説明変数に、走行環境を規定する各種要因を説明変数を持つポアソン回帰分析により、走行環境要因が事故リスクに与える影響を把握する。ここで、走行環境毎の事故件数は、事故危険性に対する曝露量、すなわち走行台キロに比例すると仮定し、事故件数と事故リスクと走行台キロの積によって表現する。本研究で用いるモデル式を式(2)と式(3)に示す。

$$P(Y = y_i | \lambda_i t_i) = \frac{e^{-\lambda_i t_i} (\lambda_i t_i)^{y_i}}{y_i!} \quad (2)$$

$$\lambda_i t_i = \exp(a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n) t_i \quad (3)$$

ただし、 y_i : 走行環境*i*の事故件数[件], λ_i : 走行環境*i*の事故リスク[件/億台キロ], t_i : 走行環境*i*の走行台キロ[台キロ], x_k : 走行環境要因*k*を表すダミー変数($k = 1 \sim n$), a, b_k : 未知パラメータ($k = 1 \sim n$)とする。

3. 分析対象路線とデータ概要

(1) 分析対象路線

本研究では、愛媛県松山市内の直轄国道を分析対象とする。具体的には図-2に示す4路線: 国道11号線 8.8km, 国道33号線 12.0km, 国道56号線 5.2km, 国道196号線 26.6kmであり、総延長は52.6kmである。なお、本研究では1kmの単位区間を対象に集計を行う。

(2) 分析データ概要

本節では、分析に用いたデータの概要を述べる。本研究では、愛媛県警から提供していただいた人身事故データ、国土交通省のホームページより一般公開されている平成 27 年度実施交通センサスの調査結果、FTRD 社から提供を受けた道路パトロール支援サービスの路面性状測定結果を用いる。

a) 交通事故データ

交通事故データは、平成 27 年 4 月～平成 30 年 3 月に愛媛県松山市で発生した人身事故である。内容は、路線名、天候、路面状態、事故類型、事故発生場所等があるが、分析の際には路線名と事故発生位置を用いて、分析区間毎に交通事故件数を集計する。

b) 交通量データ

交通量データは、平成 27 年実施交通センサスの調査結果を用いる。交通量はセンサス区間毎に集計されており、使用する項目は、24 時間交通量、中央分離帯の有無等の道路幾何構造である。分析の際には、センサス区間に集計された交通量データを、1km の分析区間毎に再集計したものをを用いる。

c) 路面性状データ

路面性状データは、FTRD 社の道パトサービスにより平成 30 年 1 月 10 日～12 月 9 日に実施された路面性状測定結果を用いる。路面性状データは 50m 毎上下線別に集計されており、内容は、路線名、測定回数、開始キロポスト、終了キロポスト、測定結果である。測定結果は、前章で述べた通り走行中の揺れを計測して劣化情報指数 (DII) を算出し、DII の値に応じて劣化度が 8 段階で定められている。1km の分析区間内においては、50m 毎に評価された複数の劣化度が記録されるが、分析に際しては路面性状測定結果の代表値を路面性状値とする。具体的には、部分的な路面の損傷が交通事故リスクに影響を与えるとの想定のもと、1km の分析区間に含まれる劣化度の最大値を代表値とした結果を報告する。

4. 分析結果

(1) 基礎集計結果

図-3 は、劣化度の最大値と事故リスクの関係を示している。区間に含まれる劣化度の最大値が 3 以上の区間においては、2 以下の区間との比較で事故リスク値が増加することが読み取れる。また、一様の傾向ではないものの、劣化度の最大値が増加するにつれて事故リスク値が高まる傾向が確認できる。

道路構造による影響を考慮する為、図-4 には中央分離帯の有無別に劣化度の最大値と交通事故リスクの関係を示している。まず、中央分離帯のない分析区間では、劣化度最大値が 6, 7, 8 など大きい値をとる場合に交通事故



図-2 分析対象路線

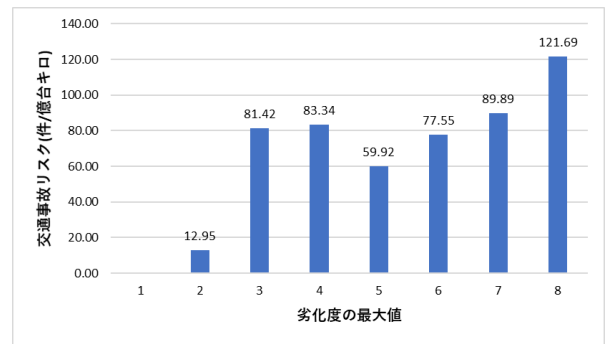


図-3 劣化度の最大値と事故リスクの関係

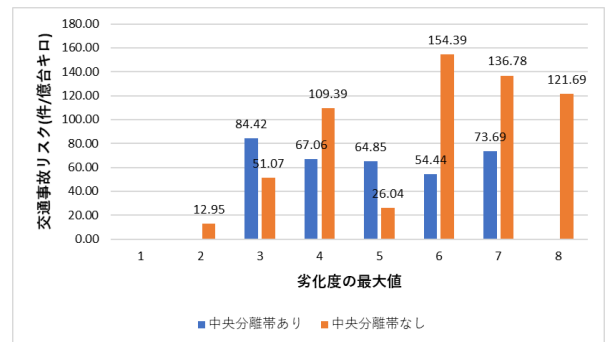


図-4 中央分離帯の有無を考慮した劣化度の最大値と事故リスクの関係

リスクが高まるとの結果が確認できる。一方、中央分離帯のある区間では、劣化度最大値によらず事故リスク値は概ね横ばい、あるいはわずかに減少傾向を示している。この結果から、中央分離帯のない区間において、路面の劣化が進むと交通事故が起りやすくなる可能性が考えられる。

表-2 中央分離帯を考慮した路面性状と交通事故リスクの関係

	係数	Z値
定数項	-14.677	-98.021 ***
最大値	0.096	6.048 ***
中央分離帯ありダミー	0.785	4.419 ***
最大値×中央分離帯ありダミー	-0.133	-6.245 ***
初期尤度	-304.646	
最終尤度	-276.549	
尤度比指標	0.09223	
AIC	561.10	
サンプル数	54	

P値: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(2) ポアソン回帰分析結果

最後に、交通事故件数を目的変数、劣化度の最大値と中央分離帯の有無を説明変数としたポアソン回帰分析を行い、基礎集計における結果の統計的有意性を確認する。

表-2は、中央分離帯の有無、および劣化度の最大値を説明変数に用いたポアソン回帰分析結果を示す。中央分離帯のない分析区間では、劣化度の最大値が高くなるほど交通事故リスクも高くなり、中央分離帯のある区間では、劣化度の最大値が高いほど交通事故リスクは低くなるなどの結果が得られた。すなわち、中央分離帯の有無を考慮した場合の劣化度の最大値と交通事故リスクの関係について、基礎集計と整合する結果が得られた。これらの結果は、部分的に劣化が進行している箇所を含む道路区間において事故リスクが高まる可能性を示唆している。また、同傾向は中央分離帯の存在しない区間においてより顕著に認められることから、対面通行区間において路面劣化が進行している箇所を通過する際にハンドルを取られる、あるいは劣化箇所を避けるためにハンドル操作を誤るなどの要因により事故危険性が高まる可能性が考えられる。

5. おわりに

本研究では、一般道路を対象に路面性状と交通事故リスクの関係を示した。愛媛県松山市の一般道路を対象と

して、分析区間毎に集計した交通事故データ、交通量データ、路面性状データ、道路幾何構造データを用いて劣化度別に交通事故リスクを算出し、中央分離帯の有無を考慮した劣化度と交通事故リスクの関係について基礎集計を行った。その後、劣化度の最大値と中央分離帯の有無を交通事故発生要因としてポアソン回帰分析を行い、交通事故リスクの推定を行った。

基礎集計及びポアソン回帰分析の結果より、中央分離帯のない区間では、部分的にでも路面が損傷を受けていれば交通事故が起こりやすくなるという結果が得られた。

この結果から、交通事故件数の減少に向けては、劣化度や道路幾何構造等の道路の条件から適切な補修時期を定める必要性が考えられる。

(2) 今後の課題

本研究の分析では、道路幾何構造を考慮した路面性状と交通事故リスクの関係について考察を行っているが、天候や時間帯等の考慮していない条件があるため、これらの条件を考慮して分析を行っていく必要がある。

また、本研究では分析区間が 54 個とサンプル数が限られており、統計分析に置いて複数の要因を同時に考慮することが困難であった。今後、分析対象区間を拡大するなどして、より多くのサンプルを用いた詳細な分析が必要である。

謝辞:

本研究で使用した路面性状データは、富士通交通・道路データサービス社の道路パトロール支援サービスにより、松山河川国道事務所が実施した調査結果を提供頂いた。また、愛媛県警からは人身事故データの提供を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省・社団法人国際建設技術協会：道路舗装の機能、平成 15 年度 建設技術移転指針策定調査(道路設計基準) 報告書, pp.98, 2004.
- 2) 小林潔司ら：舗装構造の最適補修更新モデル, 土木学会論文集 E1(舗装工学) Vol.68 No.2, pp.54-68, 2012.

(Received October 2, 2020)
(Accepted *****, *****)

EFFECT OF ROAD SURFACE CONDITIONS ON ACCIDENT RISK IN ARTERIAL STREETS

Takahiro TSUBOTA, Toshio YOSHII, Hirotoshi SHIRAYANAGI
and Shinya KURAUCHI