

# 首都高速道路における施設接触事故の深刻度に着目した事故リスク要因分析

伊藤 亜美<sup>1</sup>・加藤 瑞穂<sup>2</sup>・兵頭 知<sup>3</sup>・梅田 祥吾<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 非正会員 首都高速道路株式会社 (〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-16-3)

E-mail: a.ito7454@shutoko.jp

<sup>2</sup> 非正会員 首都高速道路株式会社 (〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-16-3)

E-mail: m.kato1361@shutoko.jp

<sup>3</sup> 正会員 徳島大学准教授 大学院社会産業理工学研究部 (〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1)

E-mail: hyodo.satoshi@tokushima-u.ac.jp

<sup>4</sup> 正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1)

E-mail: umeda-su@oriconsul.com

重大事故の発生を抑制することを目的に、事故の発生や事故の重度に与える要因を明らかにすることを主旨とし、施設接触事故を対象に分析を行い、人身事故と物損事故の発生に影響を与える要因について考察を行った。分析については、過去 12 年間に首都高速道路東京西局管内で発生した明かり部カーブ部での施設接触事故件数を目的変数とした負の二項回帰分析を用い、構造、交通状況、環境要因が事故の発生に与える影響程度を確認した。その結果、事故発生箇所における曲率半径、事故発生時における天候（降雨の有無）、事故当事者の走行速度や事故発生箇所における法定速度、実勢速度による速度比が人身事故と物損事故の発生に影響を与える要因であることが分かった。

**Key Words:** traffic accident, risk, factor analysis, urban expressway

## 1. はじめに

近年、世界では道路利用者が車両運転等で間違いを犯すことを前提として安全対策を検討する「セーフシステム・アプローチ<sup>1)</sup>」の考えが注目されており、国連や世界道路協会 (PIARC) 道路安全マニュアルにおいてもこの考え方が取り入れられている。そのため、今後は安全対策の検討の際、死傷者の削減のために全ての道路関係者や道路利用者間で責任を共有し、事故リスクを積極的に特定し、対応することが必要不可欠になると考えられる。そこで本研究では、首都高速道路東京西局管内における重大事故（本稿では死亡事故と重傷事故の総称と定義する）に着目し、道路幾何学構造や交通流状態、道路環境等の諸要因が事故の発生、事故の重度に与える影響を広範囲に分析することで事故リスクの要因を明らかにし、安全対策の検討に活用することを目的とする。

## 2. 既存研究の整理と本研究の位置づけ

### (1) 既存研究の整理と本研究の位置づけ

#### a) パルスデータを用いた事故リスク予測に関する研究

三浦ら<sup>2)</sup>は、首都高速道路の谷町 JCT における追突事故リスクの高い交通流状態とその出現状況について、車両感知器パルスデータを用いた分析を行った。結果として、追突事故発生には速度の低下が関係しており、さらに時間帯と車線が事故リスクの高さに影響していることを明らかにしている。

#### b) 速度分散・速度変化と事故率の関係性に関する研究

谷下ら<sup>3)</sup>は、東名高速道路の厚木・横浜町田間における平均速度データ (5 分間) を用いた 2 次元加法ポアソンモデルを構築し、平均速度とその変化が事故率に影響を与えることを示した。特に、平均速度が 110km/h から 85km/h へ変化する際に最も高い事故率となることを明らかにしている。

### c) 天気・気象と事故リスクの関係性に関する研究

兵頭ら<sup>4)</sup>は、都市高速道路における追突事故を対象に事故重大性を考慮した事故リスクと交通環境の諸要因との関係について、一般化線形モデルを用いて分析を行った。結果として、交通流状態と大型車混入率といった複数の要因が事故リスクに影響を与えており、その中で環境要因においては降雨の有無が大きく影響していることを明らかにしている。

横関ら<sup>5)</sup>は、事故発生時の走行速度と雨量に着目し、事故形態から見た降雨時の適正な速度規制値について分析を行った。結果として、雨量ごとに事故リスクの高い速度は異なり、雨量が多くなるほど安全な走行速度の最高値が低くなることといった相関関係を明らかにしている。

### (2) 本研究の位置づけ

以上のことから、事故リスクの分析手法に関する研究は多く存在し、走行速度や気象状況といった様々な観点から事故発生に影響を与える要因について考察されている。走行速度が大きくなるほど衝突時に衝突エネルギーが大きくなり重大事故になりやすいと考えられるが、道路構造や環境上望ましいとされる速度（規制速度や設計速度）と実際に走行している速度の関係性も確認することが望ましいと考えられる。しかし、これらの速度の比率に着目して事故リスクの要因分析を行っている研究は見受けられない。

そこで本研究では、事故当事者の走行速度や事故発生箇所における法定速度、実勢速度による速度比について事故リスクの要因の一つとして着目し、複数の視点から分析を行う。これは事故発生リスク、事故発生時の重度を下げることを目的とした安全対策の検討のための有用な知見になると考えられる。

## 3. 分析の流れ

本研究における分析の流れを図-1に示す。

はじめに、首都高速道路東京西局管内における施設接触事故を対象に、事故データベースや事故調書を用いて事故状況の整理を行う。次に、事故状況の整理による考察や過去の知見を踏まえ、事故リスク要因に関する仮説を立てる。そして、その仮説の確からしさを確かめるため、道路構造、地点区間ごとの交通量及び速度データ、天候等のデータを用いた分析を行う。その後、事故状況や仮説を踏まえ、事故のリスクと重度に関するモデルを構築し、分析を行う。最後に、構築したモデルの分析結果をとりまとめ、事故リスク、事故発生時の重度を下げる要素について考察を行う。

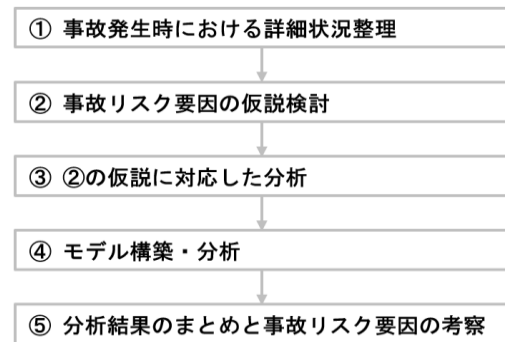


図-1 分析の流れ

## 4. 事故発生時の詳細状況整理

近年の施設接触事故の傾向を把握するため、下記のように事故データや事故調書を用いた事故状況の整理を行った。

### (1) 基礎分析

#### a) 分析方法

時間帯や走行速度をはじめとした複数の交通環境に関する要素を考慮した施設接触事故の基礎集計を実施した。このときの対象データ抽出条件は下記の通りである。

対象期間：2010年1月1日～2021年12月31日  
(12年間)

対象事故：本線の施設接触事故

(第1当事者が二輪車の事故は除く)

#### b) 分析結果

上記の分析結果を表-1、図-2に示す。施設接触事故では「時間帯」「路面状態（天候）」「道路構造（カーブ）」が影響することが分かった。

時間帯別の集計結果をより、全事故、重大事故共に「深夜帯（0時台～3時台）」の事故率が高いことが分かる。この要因として、深夜は視認性が悪いことや渋滞影響が少なく走行速度が大きくなることが考えられる。

路面状態別の集計結果より、全事故の場合は「湿潤時」、重大事故の場合は「乾燥時」の方が事故の割合が高いことが分かる。この要因として、全事故では路面湿潤時では路面が滑りやすくなること、重大事故では路面乾燥時は横転事故が発生しやすくなることが考えられる。

構造・線形別の集計結果より、全事故、重大事故共に「カーブ部」の事故率が高いことが分かる。この要因として、カーブ部は視認性が悪いことや道路構造が複雑で運転操作が困難であることが考えられる。

カーブ部曲線半径別の集計結果より、全事故、重大事故共に「曲線半径が小さい」ほど事故率が高いことが分かる。この要因として、曲率半径が小さいほど運転操作が困難になることが考えられる。

(2) 事故調書による事故状況整理

重大事故を含めた事故調書及び現場略図、現地写真を用いて、事故時の状況を項目に分けて事故データベースと紐づけを行うことで走行速度や施設被害について整理した。このときの対象データ抽出条件は下記の通りである。

対象期間：2020年4月1日～2022年7月31日

対象事故：本線の施設接触事故

(第1当事者が二輪車の事故は除く)

上記を整理した結果を図-3に示す。これより、走行速度に着目すると、速度が大きい場合に人身事故が発生しやすくなるのがわかる。車種に着目すると、物損事故、人身事故共に普通貨物車の割合が大きいことが分かる。路面状態に着目すると、物損事故、人身事故共に湿潤時の割合が大きく、特に人身事故になりやすくなることが分かる。ここで、重大事故の事故状況との比較においては、湿潤時のカーブ部で走行速度が大きいことが共通していることが分かった。

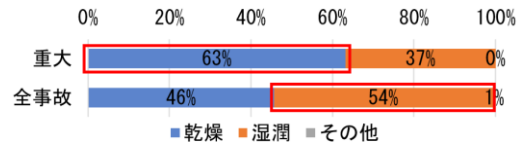


図-2 路面状態別の施設接触事故発生状況

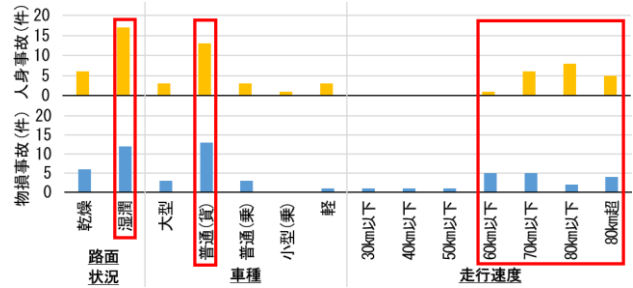


図-3 人身事故・物損事故別にみた施設接触事故状況

表-1 施設接触事故発生状況

(a) 時間帯別の施設接触事故発生状況

時間帯 (時台)	事故率(件/億台キロ)					
	重大	全事故	死亡	重傷	軽傷	物損
0	0.2	47.3	0.2	0.0	5.3	41.7
1	0.2	58.1	0.1	0.1	6.5	51.4
2	0.3	68.2	0.1	0.1	9.1	58.8
3	0.5	61.9	0.4	0.1	7.9	53.6
4	0.2	44.0	0.2	0.0	5.1	38.7
5	0.1	32.4	0.1	0.0	4.1	28.2
6	0.1	22.8	0.0	0.1	3.1	19.6
7	0.1	21.6	0.0	0.1	2.6	19.0
8	0.1	18.8	0.0	0.1	2.5	16.3
9	0.0	16.2	0.0	0.0	1.8	14.5
10	0.0	15.0	0.0	0.0	1.6	13.4
11	0.0	14.1	0.0	0.0	1.3	12.8
12	0.0	15.3	0.0	0.0	1.6	13.6
13	0.0	17.4	0.0	0.0	2.0	15.3
14	0.0	16.8	0.0	0.0	1.3	15.4
15	0.1	15.9	0.0	0.1	1.5	14.4
16	0.1	14.3	0.0	0.0	1.4	12.9
17	0.0	12.7	0.0	0.0	1.2	11.5
18	0.1	11.6	0.1	0.0	1.3	10.2
19	0.0	12.7	0.0	0.0	1.9	10.8
20	0.1	18.2	0.0	0.0	1.8	16.3
21	0.0	19.5	0.0	0.0	2.4	17.0
22	0.0	26.3	0.0	0.0	3.7	22.6
23	0.1	36.4	0.1	0.0	3.3	33.0

(b) 構造・線形別の施設接触事故発生状況

構造・線形	事故率(件/億台キロ)					
	重大	全事故	死亡	重傷	軽傷	物損
明かり部カーブ	0.1	38.1	0.1	0.1	4.5	33.5
トンネル部カーブ	0.1	33.8	0.0	0.0	3.6	30.1
明かり部単路	0.0	9.2	0.0	0.0	0.9	8.3
トンネル部単路	0.1	8.7	0.1	0.0	1.1	7.6

(c) カーブ部曲線半径別の施設接触事故発生状況

構造・線形	曲線半径	事故率(件/億台キロ)					
		重大	全事故	死亡	重傷	軽傷	物損
明かり部カーブ	R100未満	0.2	66.3	0.2	0.1	6.0	60.1
	R200未満	0.1	56.1	0.0	0.1	7.3	48.8
	R300未満	0.1	29.6	0.1	0.1	3.8	25.7
	R400未満	0.1	18.5	0.0	0.1	1.9	16.6
	R500未満	0.0	10.1	0.0	0.0	1.0	9.1
トンネル部カーブ	R100未満	0.2	96.4	0.0	0.2	9.3	86.9
	R200未満	0.1	47.1	0.1	0.0	5.8	41.2
	R300未満	0.1	28.3	0.1	0.0	2.2	25.9
	R400未満	0.0	10.9	0.0	0.0	1.2	9.6
	R500未満	0.0	4.8	0.0	0.0	1.0	3.8

5. 事故リスクモデルの構築・分析

第4章の結果を考慮して事故リスクモデルを構築し、さらに詳細な分析を実施した。分析に使用するデータについては、第4章の基礎分析で用いたデータから施設接触事故の多い「夜間」「カーブ部」「明かり部(天候により路面状況が変化する箇所)」の事故を抽出し、対象とした。また、事故の程度については、重大事故は発生頻度が少ないことから事故の影響要因を考察することが難しいため、全事故を対象とし、物損事故と人身事故の違いを把握することにより検証することとした。

(1) 仮説検討

走行速度のバラつき方と事故危険性に関係性があると仮説を立て、上記のモデル構築の際に考慮することとする。運転者が選択する速度(実際の速度)と道路構造や環境を踏まえた望ましい速度(設計速度、規制速度)に乖離やバラつき、分布の歪みが生まれやすい箇所においては、事故リスクや事故の程度に影響が出る可能性があると考えられるためである。特に、下記の3要素については施設接触事故発生に影響すると考えられる。

a) 速度比(速度の乖離)

図-4に示すように、各速度要素の乖離と事故リスクには関係があると考えられる。最大速度を95%タイル値、実勢速度を85%タイル値と定義すると、速度比(最大速度/実勢速度)は一部の速度超過車両の速度超過の程度を表すことが可能である。速度比(最大速度/法定速度)は一部の速度超過車両が走行している箇所の交通環境の危険性をどう捉えているのか表すことが可能である。速度比(実勢速度/法定速度)は一般的な車両が走行している箇所の交通環境の危険性をどう捉えているのか表す

ことが可能である。

b) 速度の標準偏差（速度分布のバラつき）

図-5 に示すように、各車両の速度にバラつきがあるほど多くの運転者がある箇所での道路構造や環境を認識していないため、事故発生の危険性が高いと考えられる。

c) 速度の歪度（速度分布の歪み）

図-6 に示すように、各車両の速度に着目したとき、多くの車両の速度が小さい中で一部の車両の速度が大きい場合、その一部の車両が事故を起こす可能性が高いと考えられる。

(2) 事故発生状況の整理

上記のモデルの構築するにあたり、対象使用事故データに該当する東京西局の明かり部カーブ（189 区間）において事故発生状況の整理を行った。このとき整理した項目を表-2 に示す。その結果、曲線半径が小さいほど事故が多い傾向にあり、さらに同じ曲線半径でも雨天時は事故が多い傾向であることが分かった。よって、事故件数を目的変数として、曲線半径と降雨状況も含めた各影響要因（説明変数）を用いた回帰モデルによって、有意となる影響要因を検証することとした。

(3) モデルの構築

表-3 に示す一般化線形モデルの作成を行った。目的変数である事故件数はポアソン分布（平均=分散）に従うと仮定することが一般的であるが、分散が期待値を大きく上回る場合には、仮定したモデルで実際のデータより誤差が小さく推定され、有意差が出やすくなるため過分散となる問題が生じやすい。そこでこの問題をモデル上で緩和するために、ポアソン分布よりもばらつきの大きな負の二項分布（平均≠分散）に従うと仮定して一般化線形モデルを作成した。このとき、説明変数間の多重共線性を考慮し、説明変数選択にあたっては VIF（分散拡大要因） $< 4$  となる組み合わせになるよう項目を選定した。モデルの精度を表す指標としては AIC（赤池情報量基準）を用い、AIC が最小となるモデルで考察を行うこととした。

(4) 分析結果

上記の結果を表-4 と表-5 に示す。これより、事故に影響を与える要因は「曲線半径」「実勢速度（85%タイル値）」「降水の有無」であることが分かる。このとき、曲率半径については、曲率半径が大きい箇所ほど事故が少ない傾向になることが示されたため、線形が直線であるほど事故が起こりにくいと考えられる。実勢速度については、実勢速度が大きい箇所ほど事故が少ない傾向になることが示されたため、運転者からみて見通しが良いなどの安全要素があり、速度が高くなる箇所ほど事故が

起こりにくいと考えられる。降水の有無については、雨天時において事故が多い傾向にあることが示された。さらに、物損事故と人身事故とで影響が異なる要因については、物損事故の場合は「速度比（実勢速度/法定速度）」と「速度の歪度」、人身事故の場合は「速度比（最大速度/実勢速度）」が要因の一つであることが分かる。このとき、速度比（実勢速度/法定速度）と速度の歪度については、この速度比と歪度が大きい箇所ほど物損事故になる傾向であることが示された。そのため、多くの運転者が安全であると認識している箇所でも、一部の車両が高速で走行している場合は物損事故が起こりやすいと考えられる。

一方、人身事故については、速度比（最大速度/実勢速度）が大きい区間ほど人身事故になる傾向であることが示されたため、一部の速度超過車両の速度超過程度が大きいと人身事故になりやすいと考えられる。

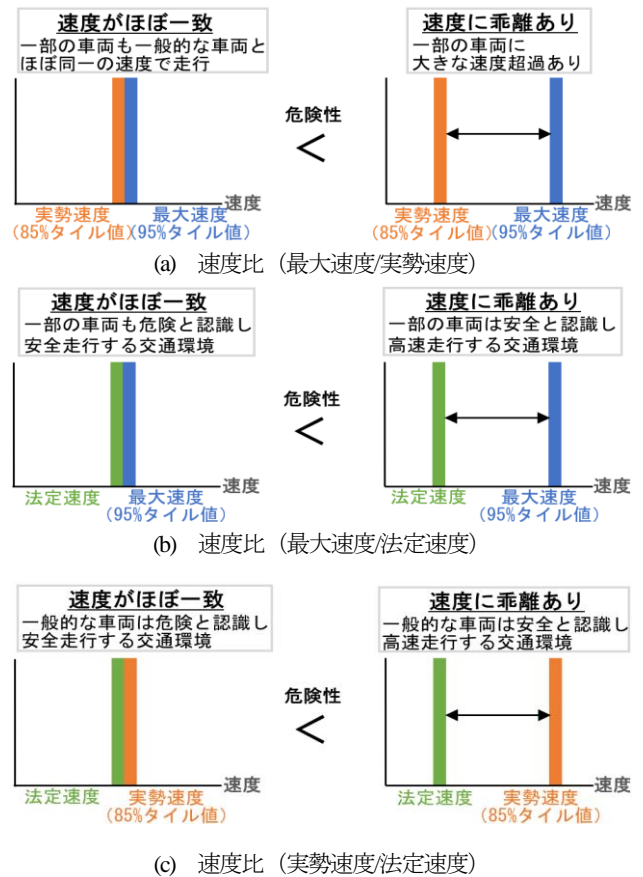


図-4 速度比のイメージ

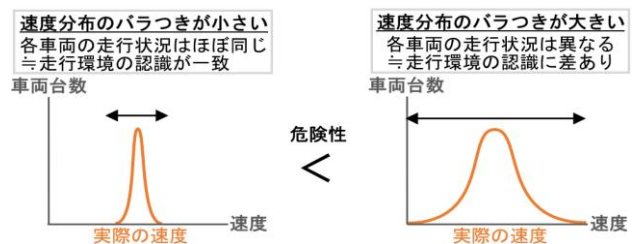


図-5 速度分布の標準偏差のイメージ

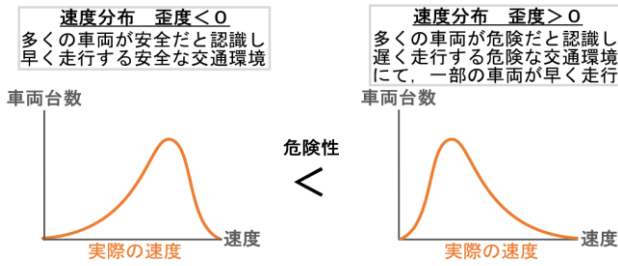


図-6 速度の歪度のイメージ

表-2 事故発生状況の整理項目

項目	整理方法
管理局・路線・方向	東京西局対象
トラカン	これまでの検討で整理した区間のうち「明かり部カーブ」に該当するもののみを対象
区間番号・地点番号	安全対策図よりトラカン地点番号の位置を見て判断
法定速度	これまでの検討で整理した情報
曲線半径	トラカン5分間区間交通量から、曲線半径の値からR100毎に分類
曲線半径区分	これまでの検討で整理した情報
縦断勾配	降雨情報のマッチングで使用
降水量観測地	走行台キロ
走行台キロ	深夜の降水あり・なしに分けてデータ整理
事故の程度毎の事故件数	重大事故、軽傷事故、人身事故、物損事故、全事故それぞれ抽出
事故の程度毎の事故率	事故件数×10 <sup>8</sup> /走行台キロ (件/億台キロ)
速度データサンプル数	トラカン1分間地点データのサンプル数
速度_最小値	1分間地点速度データの5%タイル値
速度_実勢速度	1分間地点速度データの85%タイル値
速度_最大値	1分間地点速度データの95%タイル値
速度_標準偏差	1分間地点速度データから算出
速度_歪度	1分間地点速度データから算出
速度_尖度	1分間地点速度データから算出
速度比_最大速度/実勢速度	箇所ごとに算出
速度比_最大速度/法定速度	箇所ごとに算出
速度比_実勢速度/法定速度	箇所ごとに算出
降水フラグ	0: 降水なし、1: 降水あり

表-3 事故リスクモデル

項目	
モデル	一般化線形モデル (GLM)
誤差構造	負の二項分布
リンク関数	log関数
目的変数	事故件数 (全事故、重大事故、軽傷事故、人身事故、物損事故)
説明変数	曲線半径、縦断勾配 (上り)、縦断勾配 (下り)、速度_実勢 (85%タイル値)、速度_標準偏差、速度_歪度、速度比_最大/実勢、速度比_実勢/法定、降水有無、走行台キロ (オフセット項)

表-4 負の二項分布モデルによる事故発生リスク推定結果

	有効速度 5 ≤ V ≤ 120									
	全事故		重大		軽傷		人身		物損	
	係数	P値	係数	P値	係数	P値	係数	P値	係数	P値
定数項	-10.508	0.00***	-3.738	0.00***	-16.961	0.00***	-17.205	0.00***	-10.652	0.00***
曲線半径	-0.005	0.00***			-0.006	0.00***	-0.006	0.00***	-0.005	0.00***
上り勾配										
下り勾配										
速度_実勢	-0.044	0.00***			-0.028	0.01*	-0.031	0.01**	-0.045	0.00***
速度_標準偏差										
速度_歪度	0.218	0.01**							0.228	0.01**
速度比_最大/実勢					3.931	0.04*	4.365	0.02*		
速度比_実勢/法定	0.807	0.02*							0.884	0.01*
降水有無	1.723	0.00***			1.715	0.00***	1.692	0.00***	1.729	0.00***
走行台キロ	1		1		1		1		1	

     : 事故に影響を与える要因 (有意差がある変数: P値<0.05)  
     : 物損と人身事故を分ける要因 (人身もしくは物損のいずれかのみ有意差がある変数)

表-5 事故に影響を与える要因

	正の係数 (事故が発生しやすい)	負の係数 (事故が発生しにくい)
全事故	・ 降水有無	・ 曲線半径 ・ 実勢速度
重大事故	—	—
軽傷事故	・ 降水有無 ・ 速度比 (最大/実勢)	・ 曲線半径 ・ 実勢速度
人身事故	・ 降水有無 ・ 速度比 (最大/実勢)	・ 曲線半径 ・ 実勢速度
物損事故	・ 降水有無 ・ 速度の歪度 ・ 速度比 (実勢/法定)	・ 曲線半径 ・ 実勢速度

## 6. おわりに

### (1) 得られた知見

本研究では、過去 12 年間に首都高速道路東京西局管内で発生した明かり部カーブ部での施設接触事故を対象として、人身事故と物損事故の発生に影響を与える要因について分析を行った。その結果、人身事故の発生リスクについては、実勢速度に対して最大速度が高い区間が高くなる傾向であることが確認できた。今後実勢速度に対して最大速度が高くなっている区間を対象に対策を検討することで重大事故の抑制に寄与すると考えられる。

### (2) 今後の課題

本研究では、分析の際にいくつかの条件や仮定をおいて、事故リスク要因の推定を行った。そのため、今後は本研究で考慮しなかった車種別の事故率の整理や使用しなかったプローブデータやパルスデータを活用して分析を行うことで、より精度の高い結果が得られると考えられる。また、対策の評価についても枠組みを考えることで、本研究の分析結果を活用した効果的な対策検討が期待できる。

## REFERENCES

- 1) ITF, TOWARDS ZERO Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach, OECD (2008)
- 2) 三浦久, 洪性俊, 割田博, 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, 生産研究, 63巻2号, p.173-177, 2011.
- 3) Tanishita, M. Wee, V. B. : Impact of vehicle speeds and changes in mean speeds on per vehicle-kilometer traffic accident rates in Japan, IATSS, 2017.
- 4) 兵頭知, 吉井稔雄, 轟朝幸: 事故の重大性に着目した都市高速道路における追突事故発生リスク要因分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.74, No.5, I\_1237-I\_1246, 2018.
- 5) 横関俊也, 森健二, 矢野伸裕, 萩田賢司, 牧下寛: 雨量と事故データの分析から見た高速道路における安全な速度, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5, I\_1309-I\_1317, 2012.