

首都高速道路における 事故発生要因に関する一考察

山下 浩行¹・船岡 直樹²・田村 勇二³・稲富 貴久⁴・割田 博⁵

¹非会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通政策部
(〒163-6018 東京都新宿区西新宿六丁目8番1号住友不動産新宿オークタワー22F)

E-mail: hiroyuki.yamashita@ss.pacific.co.jp

²E-mail: naoki.funaoka@ss.pacific.co.jp

³E-mail: yuuji.tamura@ss.pacific.co.jp

⁴E-mail: takahisa.inatomi@ss.pacific.co.jp

⁵正会員 首都高速道路株式会社 保全・交通部
(〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1 (日土地ビル))

E-mail: h.warita1116@shutoko.jp

交通事故は、様々な要因が相互に関りあって発生するものである。道路・交通管理者により車両感知器データや事故データ等が蓄積されているが、危険な状況・車両に対し、直接的に、かつ要因に応じた効果的な安全対策が施されているとは言い難い。一方、民間各社においてプローブデータ等により個別車両の精緻な挙動把握が進展しており、官民連携により相互が蓄積するデータを組み合わせ、事故発生リスクが高い走行状況を明らかにできれば、個別のドライバーに対し周辺状況を考慮した直接的な情報提供が可能となり、交通事故のより一層の削減を見込むことができると考えられる。そこで、本研究では、より一層の交通事故の削減を目的として、プローブデータ等から得られる個別車両の走行履歴に基づく事故発生リスク情報の提供可能性を探るために、その第一歩として、まず、様々な事故発生要因の交通事故への影響度を算出し、自車の走行状況要因の交通事故発生への寄与の大きさについて考察した。その結果、自車の走行状況要因は、周囲の交通状況要因や道路幾何構造要因と同様に事故に大きな影響を与える要因であることが分かり、先に述べた情報提供が可能となれば事故削減に向けて一定の意義を持つことを確認した。

Key Words : *Traffic accidents, Causal factors, Running speed, Principal component analysis*

1. はじめに

交通事故は、道路幾何構造要因、周辺の交通状況要因、自車の走行状況要因、環境要因（天候、路面状態、明暗等）、人的要因、車両要因等が相互に関りあって発生するものである。道路・交通管理者により車両感知器データや事故データ等が蓄積されているが、危険な状況・車両に対し、直接的に、かつ要因に応じた効果的な安全対策が施されているとは言い難い。

一方、昨今ではカーテレマティクスサービス等の進展によって自動車メーカ、モバイル型ナビゲーションサービス事業者等の民間各社においてプローブデータ等により個別車両の精緻な挙動把握が行われている。

萬ら³の既往研究においても、事故地点の下流側の速

度のみならず、事故多発交通状況は事故発生までに経験してきた速度域が関係している知見が示されており、車両感知器データによる周辺の交通状況に合わせて、プローブデータ等の個別車両の走行状況を組み合わせ、これらの相互関係を分析することでより実態を反映した事故発生リスクを算出できる可能性があると考えられる。

そのため、官民連携により相互が蓄積するデータを組み合わせ、事故発生リスクが高い走行状況を明らかにできれば、個別のドライバーに対し周辺状況を考慮した直接的な情報提供が可能となり、交通事故のより一層の削減を見込むことができると考えられる。

本研究において個別車両の走行状況のうち、特に個別車両の走行速度（以降、個別車両を自車と適宜言い換え

る)に着目しているが、研究を進めるにあたって様々な事故要因のうち、自車の走行速度がどの程度、寄与しているかを把握しておくことが重要である。既往資料⁵⁾においても制動距離やカーブなどで生じる遠心力はいずれも走行速度の2乗に比例して大きくなること等、運転への走行速度の影響が示されており、走行速度の事故への影響があることは明白である。彦坂ら²⁾の既往研究では、交通事故の要因分析が行われ、交通状況要因は道路幾何構造要因と同程度の寄与率を持っていることが明らかにされているが、自車の走行状況要因は加味されていないため、自車の走行速度の寄与率の把握には至っていない。

そこで、本研究では、より一層の交通事故の削減を目的として、プローブデータ等から得られる個別車両の走行履歴に基づく事故発生リスクを活用した直接的な安全運転支援情報の提供可能性を探るために、その第一歩として、まず、様々な事故発生要因の交通事故への影響度について既存の車両感知器データ及び事故データを元に算出するとともに、それらを相対比較することで自車の走行状況要因の交通事故発生への寄与の大きさについて考察した。また、分析の順序としては、基礎分析として分析対象とする事故要因に係る単純集計、クロス集計によって事故要因の相互の関係性について特性を把握した上で、それらの要因の事故に与える影響度を主成分分析を用いて把握することとした。

2. 事故特性の基礎分析

(1) 基礎分析方法

様々な事故発生要因の交通事故への影響度について考察するにあたって、まず、既存の車両感知器データ及び事故データを基礎整理し、事故の特性や事故発生の大まかな傾向を把握した。

分析対象路線としては、下記の理由から首都高速道路4号新宿線(上下線)とした。

【選定理由】

- ◇ 事故が多発している路線(年間の総事故件数上位5位の路線[2012年])
- ◇ 様々な道路線形が存在
- ◇ 広範な交通状況が出現

分析対象期間は、大型連休等の著しい交通量変化がない2012年9月～11月(3ヶ月)とし、対象事故は、全事故データ(人身、物損を全て含む207件)として基礎分析を実施した。

交通事故の主要な要因として、既往資料⁹⁾において次の3つが挙げられている。

- ・人的要因:「心理的、精神的条件(性格、気質等)」、「生理的、感覚的条件(視覚、聴覚、年齢、性別等)」、「身体的、筋肉的条件(筋肉、運動機能等)」

- ・環境要因:「道路構造」、「交通状況(交通量等)」、「交通運用」、「時刻(明暗等)」、「天候、路面状況」、「社会環境条件(沿道施設、土地利用等)」
- ・車両要因:「車両の形状」、「車両の性能」

以降では、先に示した要因のうち、統計的に整備されたデータを用いてデータ分析を実施することが可能な下記の要因を分析対象とするとともに、今後、プローブデータ等から得られる個別車両の走行速度の活用を想定し、自車の走行状況要因を加えることとした。分析対象要因、使用データを以降に示す。

表-1 分析対象事故要因と使用データ

事故要因	使用データ
道路幾何構造要因	縦断勾配、曲率半径(事故データベース内、100mピッチの縦断勾配、曲率半径データ)
周辺の交通状況要因	交通密度(交通状況を表す指標としては、自由流、渋滞流を表現可能な交通密度を採用し、車両感知器データ[区間5分値]から推計。前田ら ¹⁾ の見聞から道路管理者が事故を確認した時刻は必ずしも事故発生時刻と一致しないことを鑑み、事故登録時刻の5分前の車両感知器データを採用)
自車の走行状況要因	事故車両の走行速度(事故データベース内、20km/h以下、30～80km/hの間10km/hピッチ、80km/h超のデータ)
環境要因	路面状況、明暗(事故データベース内、路面状況、時刻(19時～7時を夜間の時間帯として暗い環境下と設定)、道路構造(トンネル内を暗い環境下と設定))
人的要因	性別、年齢(事故データベース内、性別、年齢)
車両要因	大型車(事故データベース内、第1事故車両車種から大型車に該当する車種を指定)

(2) 道路幾何構造要因に関する基礎分析内容

a) 縦断勾配別の整理

縦断勾配別に事故発生件数を整理した結果、下り勾配において事故発生件数が比較的多い傾向が見られた。

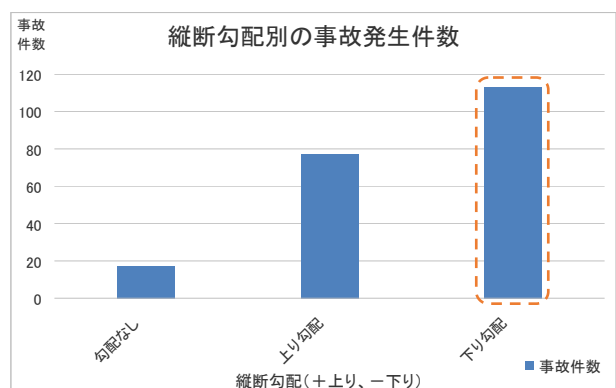


図-1 縦断勾配別の事故発生件数

b) 曲率半径別の整理

曲率半径別に事故発生件数を整理した結果、 $R \leq 150m$ のカーブにおいて事故発生件数が比較的多い傾向が見られた。

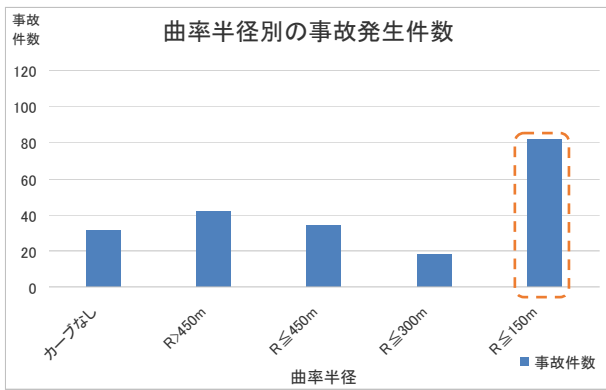


図-2 曲率半径別の事故発生件数

(3) 周辺の交通状況要因に関する基礎分析内容

交通密度別に事故発生件数を整理した結果、20 台/km/レーン以下において事故発生件数が比較的多い傾向が見られた。

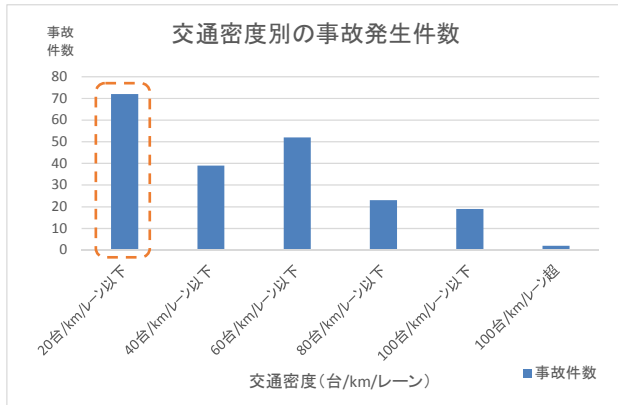


図-3 交通事故別の事故発生件数

(4) 自車の走行状況要因に関する基礎分析内容

自車の走行状況要因に関して事故車両の走行速度別に事故発生件数を整理した結果、図-4において 20km/h 以下での事故発生件数が比較的多い傾向が見られたが、交通密度とのクロス集計結果 (図-10) より、事故車両の走行速度が低速度帯となるほど、交通密度の高い状態での事故発生割合が高まる傾向が確認されている。

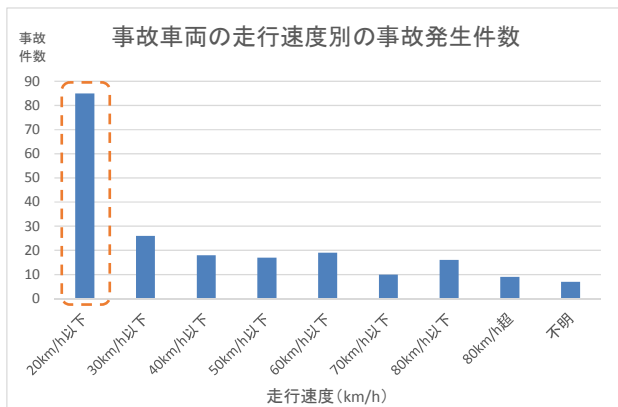


図-4 事故車両の走行速度別の事故発生件数

(5) 環境要因に関する基礎分析内容

a) 路面状態別の整理

路面状態別に事故発生件数を整理した結果、事故全体では乾燥路面での事故発生件数が多い傾向が見られた。

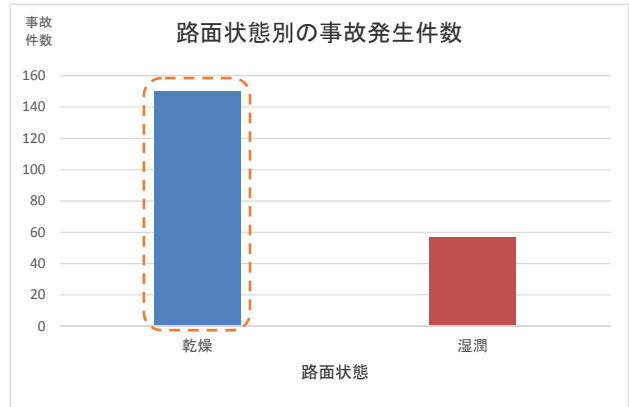


図-5 路面状態別の事故発生件数

b) 明暗別の整理

環境要因のうち、明暗別に事故発生件数を整理した結果、事故全体では明るい環境下での事故発生件数が多い傾向が見られた。

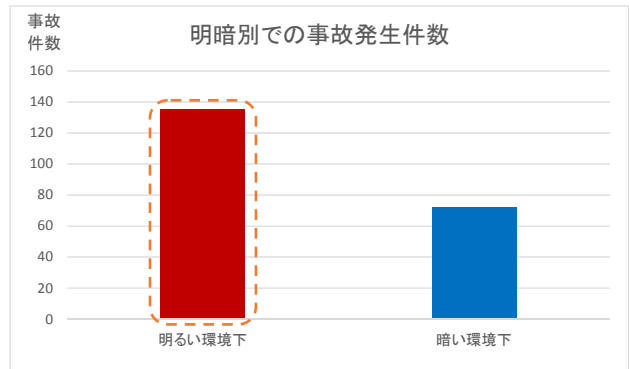


図-6 明暗別の事故発生件数

(6) 人的要因に関する基礎分析内容

a) 性別別の整理

人的要因のうち、性別別に事故発生件数を整理した結果、事故全体では男性の事故発生件数が多い傾向が見られた。

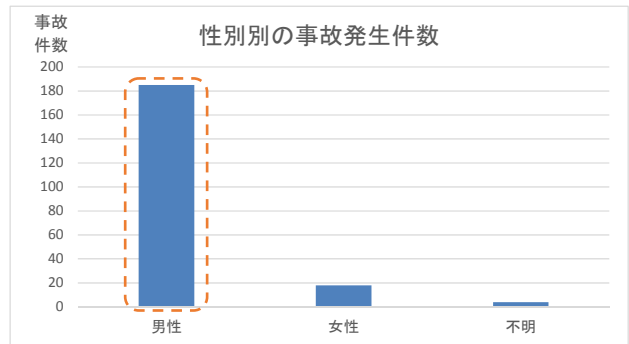


図-7 性別別の事故発生件数

b) 年齢別の整理

人的要因のうち、年齢別に事故発生件数を整理した結果、事故全体では20～30歳台の事故発生件数が多い傾向が見られた。

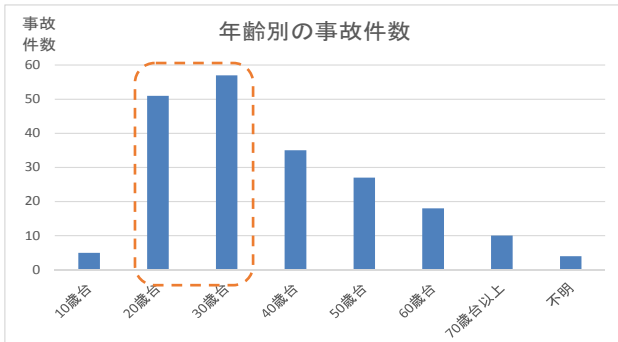


図-8 年齢別の事故発生件数

(7) 車両要因に関する基礎分析内容

車両要因のうち、車種別に事故発生件数を整理した結果、事故全体では小型・中型車の事故発生件数が多い傾向が見られた。

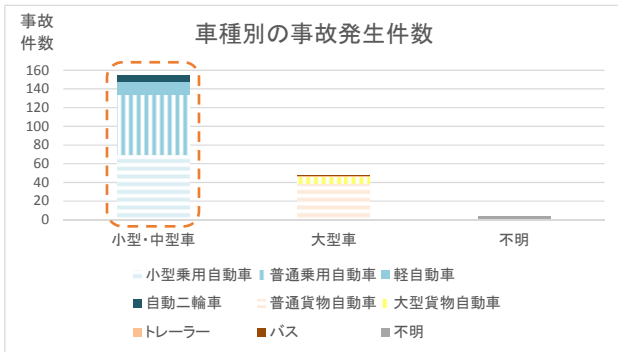


図-9 車種別の事故発生件数

(8) 要因別のクロス分析内容

a) 事故車両の走行速度別、交通密度別の事故発生割合

事故車両の走行速度別、交通密度別に事故発生割合を整理した結果、事故車両の走行速度が低速度帯となるほど、交通密度の高い状態での事故発生割合が高まり、事故車両の走行速度が高速度帯となるほど交通密度の低い状態での事故発生割合が高まる傾向が見られた。

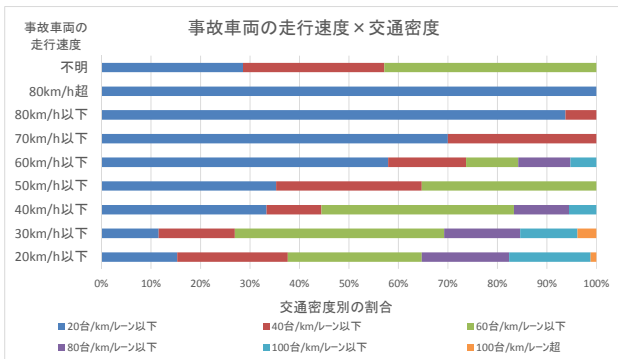


図-10 事故車両の走行速度別・交通密度別の事故発生割合

b) 事故車両の走行速度別、縦断勾配別の事故発生割合

事故車両の走行速度別、縦断勾配別に事故発生割合を整理した結果、事故車両の走行速度と縦断勾配の関係性に明らかな特徴は見られなかった。

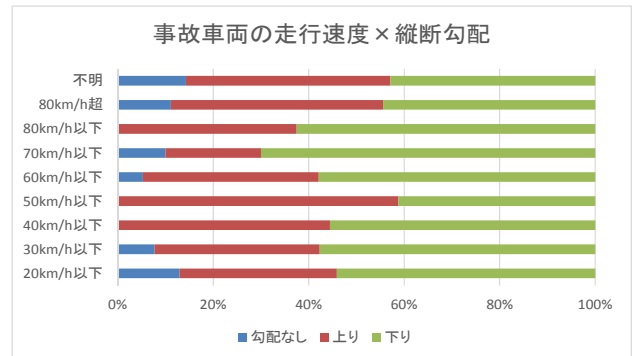


図-11 事故車両の走行速度別・縦断勾配別の事故発生割合

c) 事故車両の走行速度別、曲率半径別の事故発生割合

事故車両の走行速度別、曲率半径別に事故発生割合を整理した結果、事故車両の走行速度が比較的高い60km/h超においてR≤150mでの事故発生割合が高まる傾向が見られた。

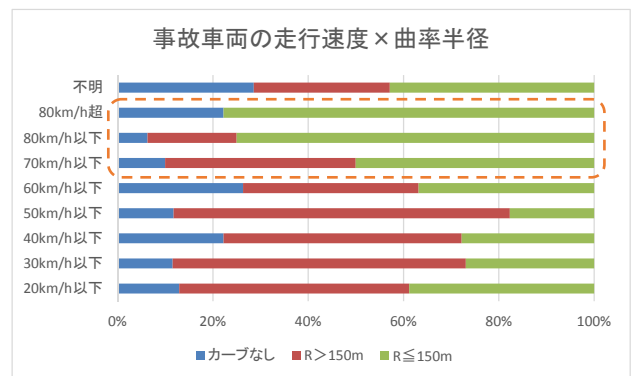


図-12 事故車両の走行速度別・曲率半径別の事故発生割合

d) 路面状態別、縦断勾配別の事故発生割合

路面状態別、縦断勾配別に事故発生件数を整理した結果、図-5において事故全体では乾燥路面での事故発生件数が多いが、図-13において縦断勾配が±1%より急な場合に、それより平坦な箇所と比べ、湿潤路面での事故発生割合が高まる傾向が見られた。

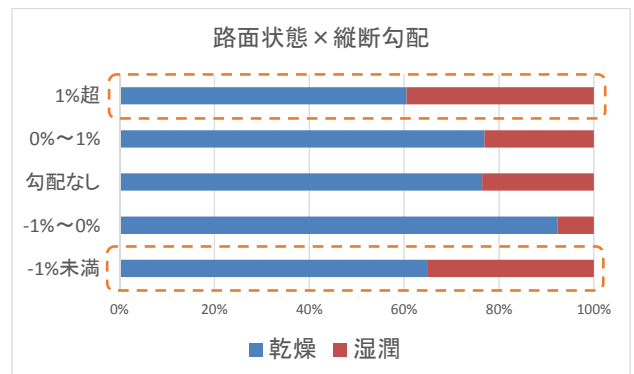


図-13 路面状態別・縦断勾配別の事故発生割合

e) 路面状態別、曲率半径別の事故発生割合

路面状態別、曲率半径別に事故発生件数を整理した結果、曲率半径が $R \leq 150m$ の場合に、それよりもカーブが緩やかな場合及びカーブがない場合に比べ、湿潤路面での事故発生割合が高まる傾向が見られた。

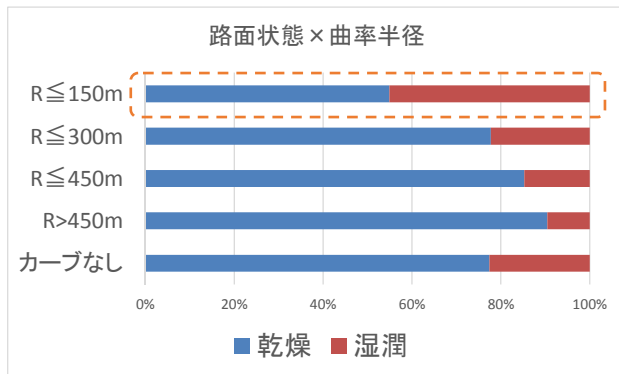


図-14 路面状態別・曲率半径別の事故発生割合

f) 路面状態別、事故車両の走行速度別の事故発生割合

路面状態別、事故車両の走行速度別に事故発生割合を整理した結果、事故車両の走行速度別では、60km/h 超の比較的高い速度帯で湿潤路面での事故発生割合が高まる傾向が見られた。

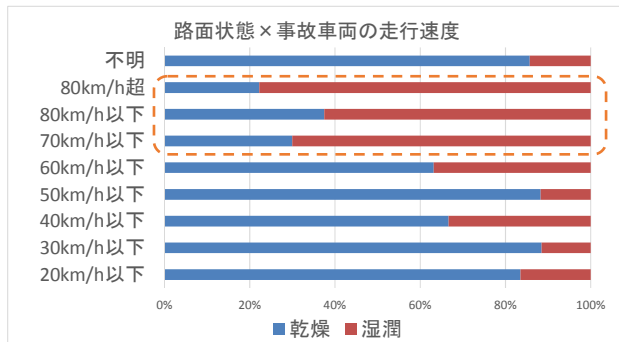


図-15 路面状態別・事故車両の走行速度別の事故発生割合

g) 路面状態別、交通密度別の事故発生割合

路面状態別、交通密度別に事故発生割合を整理した結果、事故車両の走行速度別では、40 台/km/レーンの比較的低密度帯において湿潤路面での事故発生割合が高まる傾向が見られた。

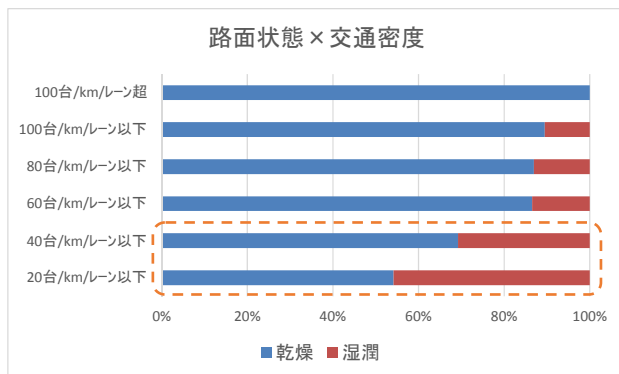


図-16 路面状態別・交通密度別の事故発生割合

h) 明暗別、縦断勾配別の事故発生割合

明暗別、縦断勾配別に事故発生割合を整理した結果、明暗と縦断勾配の関係性に明らかな特徴は見られなかった。

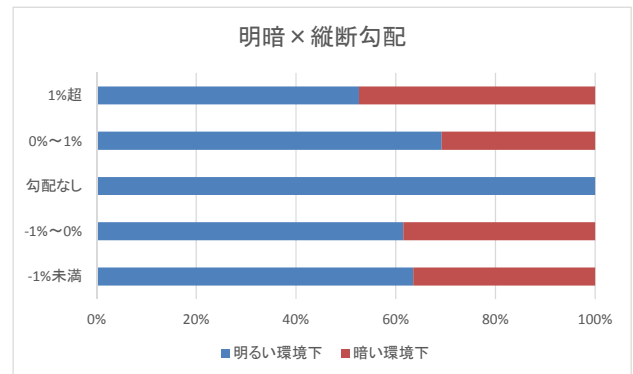


図-17 明暗別・縦断勾配別の事故発生割合

i) 明暗別、曲率半径別の事故発生割合

明暗別、曲率半径別に事故発生割合を整理した結果、曲率半径が $R \leq 150m$ の場合に、それよりもカーブが緩やかな場合に比べ、暗い環境下での事故発生割合が高まる傾向が見られた。

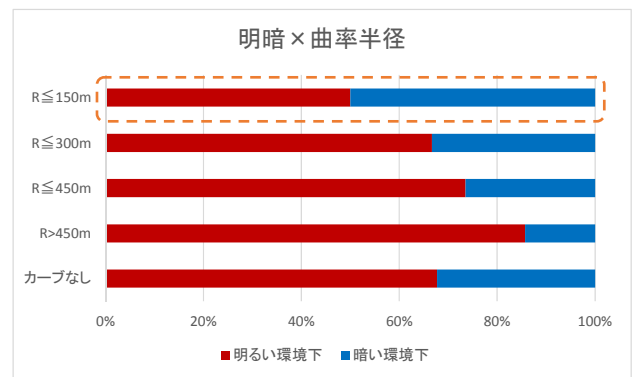


図-18 明暗別・曲率半径別の事故発生割合

j) 明暗別、事故車両の走行速度別の事故発生割合

明暗別、事故車両の走行速度別に事故発生割合を整理した結果、60km/h 超~80km/h 以下の高速度帯の場合に、暗い環境下での事故発生割合が高まる傾向が見られた。

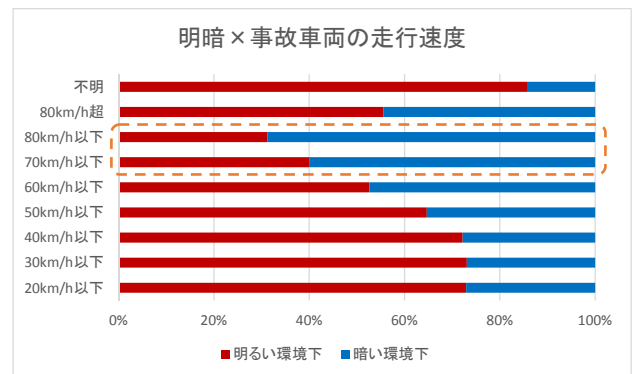


図-19 明暗別・事故車両の走行速度別の事故発生割合

k) 明暗別、交通密度別の走行速度別の事故発生割合

明暗別、交通密度別に事故発生割合を整理した結果、20台/km/レーン以下の低密度の場合に、暗い環境下での事故発生割合が高まる傾向が見られた。

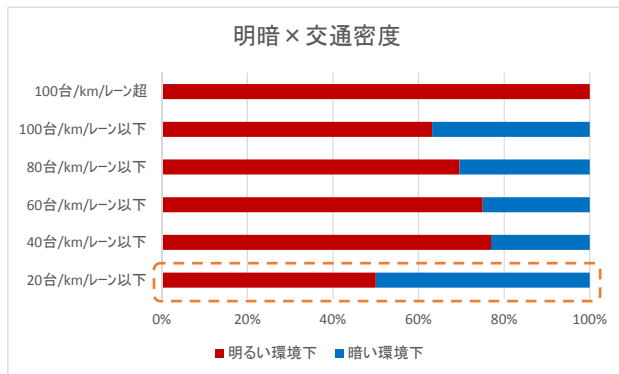


図-20 明暗別・交通密度別の事故発生割合

3. 主成分分析による交通事故の要因分析

実際の交通事故は、2. で整理した要因が相互に関わりあって発生していると考えられる。交通事故の発生に、どのような要因が、どの程度の重みで影響しているか定量化し、本研究で着目した自転車の走行状況要因の事故に与える影響の強さを主成分分析を用いて考察した。主成分分析は、全ての変量を対等に扱い、これより少ない数の互いに無相関な新しい合成変量（主成分）、その寄与率を求める手法であり、代表変量の発見などを目的として活用される。よって、主成分分析を用いて複数の事故要因から主成分を導出し、定量的にその寄与率を算出することとした。

(1) 説明変数

a) 道路幾何構造要因

道路幾何構造要因については、定量化可能なデータとして下記の通り定義した高低変化量及び最小曲率半径を説明変数とした。ここでは、事故に影響を与える道路幾何構造特性は事故発生地点そのものの幾何構造特性よりも、むしろ事故車両が経験した上流区間の連続性によるものとする彦坂ら²⁾の知見に習い、事故発生地点より500m上流の区間の道路幾何構造特性を指標化した。これによって、事故発生地点が平坦な直線であっても、急勾配や急カーブの直後で発生した事故についても道路幾何構造の影響を加味することが可能となる。

高低変化量 : 事故発生地点と500m上流地点の高低差
最小曲率半径 : 事故発生地点から500m上流までの間の最小の曲率半径

b) 周辺の交通状況要因

周辺の交通状況要因については、定量化可能なデータとして交通密度及び交通密度変化を説明変数とした。ここで、交通密度を採用した理由は前述の通りである。ま

た、道路幾何構造と同様に周辺の交通状況についても事故車両が経験した上流区間の交通状況の連続性が影響するものと考え、事故発生区間と1つ上流側の区間との交通密度変化を指標に加えることとした。これによって、渋滞末尾の事故なのか渋滞中の事故を区分して、事故に与える影響を考えることが可能となる。

c) 自転車の走行状況要因

自転車の交通状況要因については、定量化可能なデータとして事故車両の走行速度を説明変数とした。

d) 環境要因、車両要因、人的要因

乾燥、湿潤といった路面状態や明暗の違いなどの環境要因の事故への影響については、定量化が困難なため、彦坂ら²⁾の手法に習い、路面状態別、明暗別の事故データを元を実施した主成分分析結果と、全ての事故データを元を実施した主成分分析結果を比較した際の違いから事故への影響を考察することとした。

また、大型車といった車両特性の違いなどの車両要因の事故への影響についても定量化が困難なため上記と同様の手法により事故への影響を考察することとした。

なお、人的要因については、性別や年齢別（高齢者等）といった切り口での分析が想定されるが、対象とする事故データにおいて女性や65歳以上に該当するデータが小サンプルのため統計的な分析結果が得られないことから本分析では対象外とした。

(2) 分析結果

全ての事故データに対して先に示した説明変数に対応したデータを整理し主成分分析を行った。各変数は基準化しているため分散の平均値は1.0であることから固有値1以上を満足する主成分を分析対象とし、その結果を表-2に示した。各主成分について因子負荷量を検討し、各主成分が意味するところを考慮すれば次の通りと解釈できる。

第1主成分: 交通密度と自転車の走行速度の影響軸

第2主成分: 交通密度変化と最小曲率半径の影響軸

周辺の交通状況要因は第1主成分と第2主成分の両方に含まれており、事故に大きく寄与する要因（第1主成分と第2主成分の累計寄与率55%）であると考えられる。また、自転車の走行状況要因は、事故車両の走行速度が第1主成分に含まれており、周辺の交通状況要因と並んで事故に大きく寄与する要因（第1主成分の寄与率33%）と考えられる。一方、道路幾何構造要因についても、最小曲率半径が第2主成分に含まれており、事故への寄与が無視できない要因（第2主成分の寄与率22%）であると考えられる。

表-2 主成分分析結果(全ての事故データ)

変数		因子負荷量	
		第 1	第 2
道路幾何構造要因	高低変化量	0.36	0.14
	最小曲率半径	0.23	-0.57
周辺交通状況要因	交通密度	-0.86	-0.01
	交通密度変化	-0.35	0.76
自転車走行状況要因	事故車両走行速度	0.79	0.43
固有値		1.7	1.1
寄与率		33%	22%
累積寄与率		33%	55%

環境要因として湿潤路面の事故への影響を分析した一例として、路面湿潤時の事故データに対して同様に主成分分析を行った結果を表-3に示した。表-2の結果と比べ、第1主成分において、交通密度と事故車両の走行速度に加え、道路幾何構造要因である高低変化量の影響が加わっており、その寄与率も41%と非常に大きい値となっている。第2主成分では、表-2の結果と同様の影響軸となっている。このことから、湿潤路面により環境要因が悪化すると、それに伴い、交通密度、自転車の走行速度、高低変化量の事故に対する影響が強くなる傾向が伺える。

表-3 主成分分析結果(路面湿潤時の事故データ)

変数		因子負荷量	
		第 1	第 2
道路幾何構造要因	高低変化量	0.59	-0.24
	最小曲率半径	0.19	0.76
周辺交通状況要因	交通密度	-0.77	0.35
	交通密度変化	0.48	0.58
自転車走行状況要因	事故車両走行速度	0.91	0.00
固有値		2.03	1.09
寄与率		41%	22%
累積寄与率		41%	63%

続けて、環境要因として周囲が暗いことの事故への影響を分析した一例として、暗い環境下の事故データに対して同様に主成分分析を行った結果を表-4に示した。表-2の結果と比べ、第1主成分では、同様の影響軸となっており、その寄与率も同様に35%と大きい値となっている。第2主成分については、交通密度変化と最小曲率半径に加え、道路幾何構造要因である高低変化量の影響が加わっており、その寄与率も同様に24%と無視できない値となっている。このことから、周囲が暗いことにより環境要因が悪化すると、それに伴い、道路幾何構造要因の事故に対する影響が強まる傾向が伺える。

表-4 主成分分析結果(暗い環境下の事故データ)

変数		因子負荷量	
		第 1	第 2
道路幾何構造要因	高低変化量	0.11	0.58
	最小曲率半径	0.18	0.62
周辺交通状況要因	交通密度	-0.94	0.03
	交通密度変化	-0.14	-0.65
自転車走行状況要因	事故車両走行速度	0.91	-0.26
固有値		1.8	1.2
寄与率		35%	24%
累積寄与率		35%	59%

また、車両要因として車種の違いによる事故への影響を分析した一例として、大型車の事故データに対して同様に主成分分析を行った結果を表-5に示した。表-2の結果と比べ、第1主成分では、同様の影響軸となっており、その寄与率も同様に31%と大きい値となっている。第2主成分については、交通密度変化と最小曲率半径に加え、道路幾何構造要因である高低変化量の影響が加わっており、その寄与率は28%と表-2の結果と比べ、高くなっている。このことから、大型車の事故に関しても、道路幾何構造要因の事故に対する影響が強まる傾向が伺える。

表-5 主成分分析結果(大型車の事故データ)

変数		因子負荷量	
		第 1	第 2
道路幾何構造要因	高低変化量	0.33	-0.52
	最小曲率半径	0.19	-0.74
周辺交通状況要因	交通密度	-0.87	-0.08
	交通密度変化	-0.06	0.68
自転車走行状況要因	事故車両走行速度	0.81	0.34
固有値		1.6	1.4
寄与率		31%	28%
累積寄与率		31%	59%

4. おわりに

本研究は、プローブデータ等から得られる個別車両の走行履歴に基づく事故発生リスクの情報提供の可能性を探るために、その第一歩として、まず、事故特性に関する基礎分析と、様々な事故発生要因の交通事故への影響度を推し量るため主成分分析を実施し、その影響度を相対比較することで自転車の走行状況要因の事故発生への寄与の大きさについて考察を行ったものである。

その結果、自転車の走行状況要因は、周囲の交通状況要因や道路幾何構造要因と同様に事故に大きな影響を与える要因であることが分かった。また、路面湿潤時といった環境要因が悪化した際に自転車の走行状況要因の事故への影響が強まる可能性が示唆された。

よって、個別ドライバに対し周辺状況を考慮した直接的な安全運転支援のための情報提供の実現に向けた次の

ステップとして、道路幾何構造データ、周辺の交通状況やその変化を把握可能な車両感知器データ、路面状態等の環境要因を推察可能な気象データ等に加え、個別車両の走行速度を把握可能なプローブデータ等を組み合わせることによって事故発生リスクが高い走行状況を明らかにできるか否か、その可能性を探求することの意義が確認できたと考えている。

今後の課題としては、事故要因分析に関しては、人的要因に関しては対象の事故データではサンプル数が少ないため統計的な分析ができなかった点が挙げられる。また、特定路線での分析結果であり、他路線においても同様の結果となるかを確認しておく必要があると考えられるため、事故要因分析の対象期間や対象路線を拡大し、十分なサンプル数を確保した上でそれらの影響を考察する必要がある。また、それとともに、プローブデータと各種交通データや周辺状況データ等を組み合わせた事故発生リスクが高い走行状況パターンを見つける取り組みや、情報提供の実施方法の検討等に今後繋げていくことが望ましいと考えている。

参考文献

- 1) 前田剛,割田博,岡田知朗,菊地春海：首都高速道路における速度・密度に着目した事故発生状況分析, 第28回交通工学研究発表会論文報告集,2008.
- 2) 彦坂崇夫,中村英樹：高速道路単路部における交通状況と事故率との関連に関する統計的分析, 第21回交通工学研究発表会論文報告集,2001.
- 3) 萬沙織,森博子,割田博,赤羽弘和：VICS 情報に基づく事故発生警報の提供, 第28回交通工学研究発表会論文報告集,2008.
- 4) 赤羽弘和,長谷川潤,森田綽之：都市高速道路における追突事故発生状況の感知器データによる分析, 第20回交通工学研究発表会論文報告集,2000.
- 5) 昭和53年国家公安委員会告示第3号, 交通の方法に関する教則
- 6) 一般社団法人交通工学研究会編, 交差点事故対策の手引き

(2014. 4. 25 受付)

A STUDY ABOUT CAUSAL FACTORS OF TRAFFIC ACCIDENTS ON TOKYO METROPOLITAN EXPRESSWAY

Hiroyuki YAMASHITA, Naoki FUNAOKA, Yuji TAMURA,
Takahisa INATOMI, Hiroshi WARITA