

量的・質的データを融合した事故要因分析による新たな交通事故分類と安全対策の方向性 The new classification of traffic accident using the quality and the quantity data and the direction for the safety measure

金 進英¹, 宇野 巧², 岩里 泰幸², 大藤 武彦³

Jinyoung KIM¹, Takumi UNO², Yasuyuki IWASATO² and Takehiko DAITO³

阪神高速道路(株)では、「交通安全対策アクションプログラム」などを策定して、交通事故多発地点に着目した様々な安全対策を講じるとともに、ドライバーへの働きかけによって交通事故の削減を図ってきた。しかし、依然として多くの事故が発生しており、これまでの対策の限界も示唆されている。このため、更なる事故削減に向けた新たな対策の視点や、少しでも事故を減らすことができる具体的方策の必要性が指摘されている。

本研究は、更なる事故削減に資することを目的として、交通事故データ・交通データ・道路構造データ・気象データ・安全対策データを統合した「事故データベース」を活用して、量的・質的データを融合した交通事故要因分析を通して事故分類を細分化、体系化し、その影響度合いを定量把握して、今後の安全対策の方向性を提案した。

Keywords: 交通事故要因、交通事故分類、事故損失、安全対策

1. はじめに

阪神高速道路(株)では、「安全」、「安心」、「快適」なネットワークを実現するために、施設整備による対策やドライバーに安全運転を実行していただくための施策、さらにはICT技術を活用した施策など、事故を削減するための取り組みに努めてきた。この結果、平成15年からの10年間で、全事件数は7,508件から5,876件に22%削減、人身事故発生件数は812件から317件に61%も減るなど、大きな事故削減を達成することができた。

しかし、これまでの安全対策は、どちらかと言うと事故多発地点に着目した対策や、滑り止め舗装、本線料金所での混在レーンの廃止、カラー舗装など事故削減効果が大きい施策が主であった。今後、更なる事故削減を実現するためには、事故多発地点への対策のみに捉われず、様々な視点で少しでも事故を減らすことができる方策の必要性が指摘される¹⁾。

本研究は、今後の合理的で新たな安全対策の上積み検討に資することを目的として、事故データに関連する大量のデータを活用することで、事故が発生した時の道路交通環境要因の分析を行い、その結果を踏まえた新たな交通事故分類を検討するとともに、その影響度合いを体系的に整理して対策の視点を明らかにし、今後の安全対策の方向性を提案するものである。

なお、事故要因の分析に際しては、交通事故デー

タ・交通データ・道路構造データ・気象データ・安全対策データを統合した「事故データベース」を活用し、量的・質的データを融合した分析を実施することとした²⁾。

2. 既存研究における交通事故要因分析

事故は普遍的に事故発生場所(単路部事故、交差点事故、その他)や事故形態(衝突事故、追突事故、接触事故、その他)などによって分類され、事故分類ごとの交通事故分析が行われてきた。しかし、このような事故分類は事故発生の「因」ではなく「果」によって分けられたものであるため、事故が発生した根本的な理由を明かすことは困難である。

そのため、交通事故データを用いた事故要因分析として、様々なデータマイニング手法が用いられた研究が進められてきた。鹿野島ら^{3), 4)}は決定根拠帰納法や回帰ツリー帰納法などを用いた。決定根拠帰納法は事故発生要因が定量化はできるものの、項目ごとの一対一関係の計算が必要であるため、膨大な計算が必要であることと、回帰ツリー帰納法は連続量的データの範囲を自動的に区分するものの、区分する境界値が一般値ではないことなどが指摘される。また、小澤ら⁵⁾は、決定木ツール法によって事故要因分析を行った。しかし、決定木ツールは多重共線性の問題の発生やアウトプットの解釈が困難で

1 正会員, 工学博士, 株式会社交通システム研究所
〒532-0011 京都市淀川区西中島7丁目1番20号

2 非会員, 阪神高速道路株式会社

3 正会員, 株式会社交通システム研究所

ある等の問題がある。飯田ら^{6), 7)}は、アソシエーション分析に基づいた検討を行った。アソシエーション分析は、巨大な事故データからデータの項目間の関連をルールの形で抽出する方法である。しかし、この手法では結論部を先に決めておく必要があるため、事故の分類によって発生要因が変わってくる等の問題もある。さらに、これらの手法は量的データか質的データのみが使用可能であるため、交通事故関連データが十分に活用できないといった限界が指摘される。

本研究では、これらの問題を踏まえ、質的データと量的データを同時に使用可能な手法を考え、交通事故が発生した時の道路交通環境要因を分析し、要因による事故分類を定義することで、交通事故分類ごとの安全対策の方向性を検討する。

3. 事故の環境要因分析のためのデータと分析の流れ

3.1 データ整備

本研究の分析対象期間は2010年4月から2014年3月までの4年間、対象地域は阪神高速道路の全区間とする。対象期間・区間の総事故件数は22,353件であり、2010年度は5,554件、2011年度5,369件、2012年度5,554件、2013年度5,876件で、4年間の経年による変化は見られなかった。

本研究では、4年間の交通事故データに、交通データ、道路構造データ、気象データ、安全対策データを関連付け、これらのデータから交通事故発生に影響を及ぼすと考えられる道路交通環境要因の項目を抽出した(表1)。これらの項目のうち、データの欠損や項目の重複などを考慮して、実際の事故要因分析に使用した項目は表1中の緑と黄色網掛けで示す11項目とした。

3.2 分析の流れ

本研究の流れは図1に示すとおりである。2章で示したように、データマイニングにおいて道路交通環境の要因分析をするのに量的データと質的データを同時に使用することは困難である。そこで、まず質的データを用いて、数量化3類分析に基づいた事故要因分析を行う。数量化3類分析の結果であるカテゴリスコアとサンプルスコアスコアのうち、事故ごとに得られるサンプルスコアを量的データとみなし、他の量的データと一緒にクラスター分析をすることで、質的データと量的データを同時に考慮した事故の環境要因分析を行うことができる。クラスター分析から環境要因を反映して分類されたクラスターからは、安全対策を検討することが十分可能であり、クラスター別に事故損失を算定することで、安全対策の優先順位を検討して安全対策の方向性を提案することが可能となる。

4. 量的・質的データを融合した交通事故分類の検討

4.1 質的データの事故の環境要因分析

本研究では、質的データを用いたデータマイニングの要因分析として数量化3類分析を実施する。数量化3類分析は、名義尺度や順序尺度などの質的データを用いてサンプルデータや変数などの類似性を分析することができる。数量化3類分析における質的データは、表1で表すように曜日(平日、週末、休日)、時間帯(朝ピーク、昼間、夕ピーク、夜間)、道路線形(直線、クロソイド、円弧)、道路区間(本線、本線料金所、入口、出口、PA)、分合流パターン(分岐区間、合流区間、連続区間)を用い、出力軸数は5に設定した。出力軸ごとに算定されたカテゴリスコアの一例を図2に示す。ここで、カテゴリスコア結果からその軸の意味を解釈する必要があり、図2の軸は道路区間によって定義された軸であると解釈した。同様に、残りの4つの軸はそれぞれの軸は曜日、時間帯、道路線形、分合流パターンとして解釈でき、各軸の寄与率も有意であることが確認できた。

表1 道路交通環境要因の分析対象項目

要因		分析項目
環境 要因	動的 要因	曜日
		時間帯
		雨の有無
		降雨量
		路面状態
	静的 要因	速度
		交通量
		高車率
		交通状況
		渋滞要因
		勾配
主体 要因	ドライバー 要因	道路線形
		曲線半径
		道路区間
		分合流パターン
		走行車線
	事故 パターン	総車線数
		舗装種別
		舗装経年数
		性別
		年齢
		運転経験
利用頻度		
車種		
事故形態		
事故原因		
車両接触パターン		

■ : 質的データ ■ : 質的データ

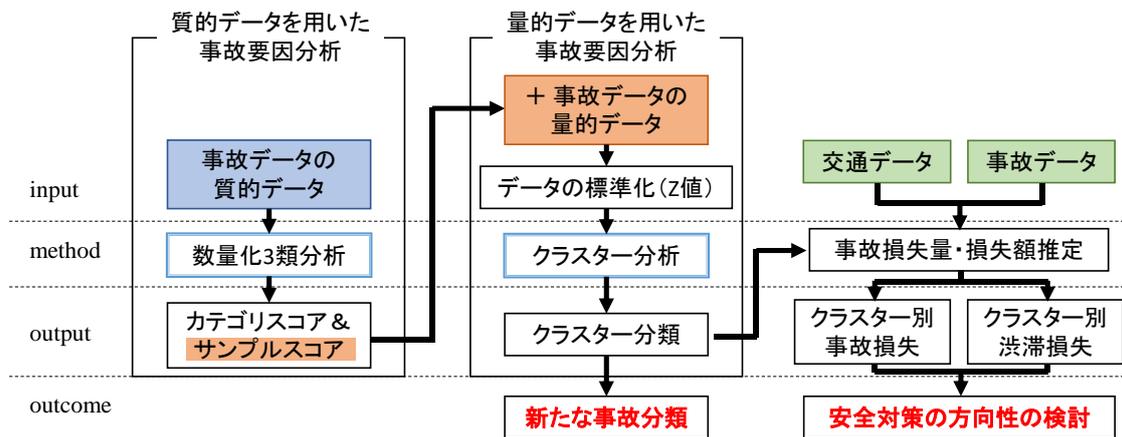


図1 研究の流れ

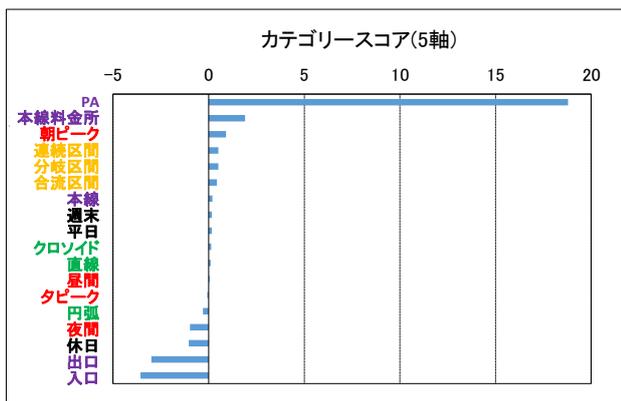


図2 数量化3類分析結果のカテゴリスコア

4.2 量的・質的データを融合した事故の環境要因分析

本節では、量的データと質的データを融合した分析手法を提案する。交通事故データの質的データを用いて数量化3類分析を行うと、各事故ケースに類似性を表すサンプルスコアが算出できる。ここで計算されたサンプルスコアを量的データとみなし、表1の量的データ（速度、交通量、高車率、降雨量、曲線半径、勾配）とあわせてクラスター分析を行った。ここで、サンプルスコアと各データはそれぞれスケールが異なるため、標準化したZスコアを利用することとし、クラスター数は20個と設定した。

表2は、22,353件の事故データを用いたクラスター分析結果におけるクラスターごとのケース数（事故件数）である。クラスター14や7のようにケース数が2,500以上のクラスターもあれば、クラスター19や1のように100以下のものもあり、クラスター別にケース数のばらつきは大きい。

4.3 新たな交通事故分類の提案

各クラスター特徴を把握するため、道路交通環境要因の項目別の度数分布、構成割合と事故形態の割合を集計した。その結果を図3に示す。図3によると、クラスターごとに特有の分布をしている項目が存在しており、また、その項目の組み合わせも異なることが分かる。特有の分布を抽出して、項目別のクラスターの特徴をまとめたのが、表3である。表3によると、クラスターは大き

く動的要因である時間帯と天気（降雨量）と、静的要因である空間で分けることができ、また、それぞれ交通状況、速度、時間や高車率、勾配などの特徴も持っていることが窺える。本研究では、ここで定義されたクラスターの特徴が事故発生時の道路交通環境要因であり、新たな事故分類であると提案する。

これらのクラスター別に、道路ネットワークにおける事故件数の空間分布の一例を示したのが図4である。クラスター14を表3の特徴から見ると、朝・夕ピーク時の非渋滞、高速度の状況で起きる事故であるといえる。一方、図4(a)の事故件数が多い場所を見ると、渋滞発生区間の末尾であることも確認できる。また、クラスター16、15、19と1は雨の日に起きた事故であるため、図4(b)のようにネットワーク上の事故発生場所が把握できると、降雨時のリアルタイム情報提供や安全対策が可能になる。

表2 クラスター分析結果のケース数

クラスター	ケース数
1	26
2	1,124
3	1,665
4	359
5	411
6	216
7	2,540
8	369
9	1,911
10	155
11	3,789
12	921
13	2,489
14	2,822
15	212
16	396
17	786
18	1,896
19	51
20	183
有効数	22,321
欠損	32

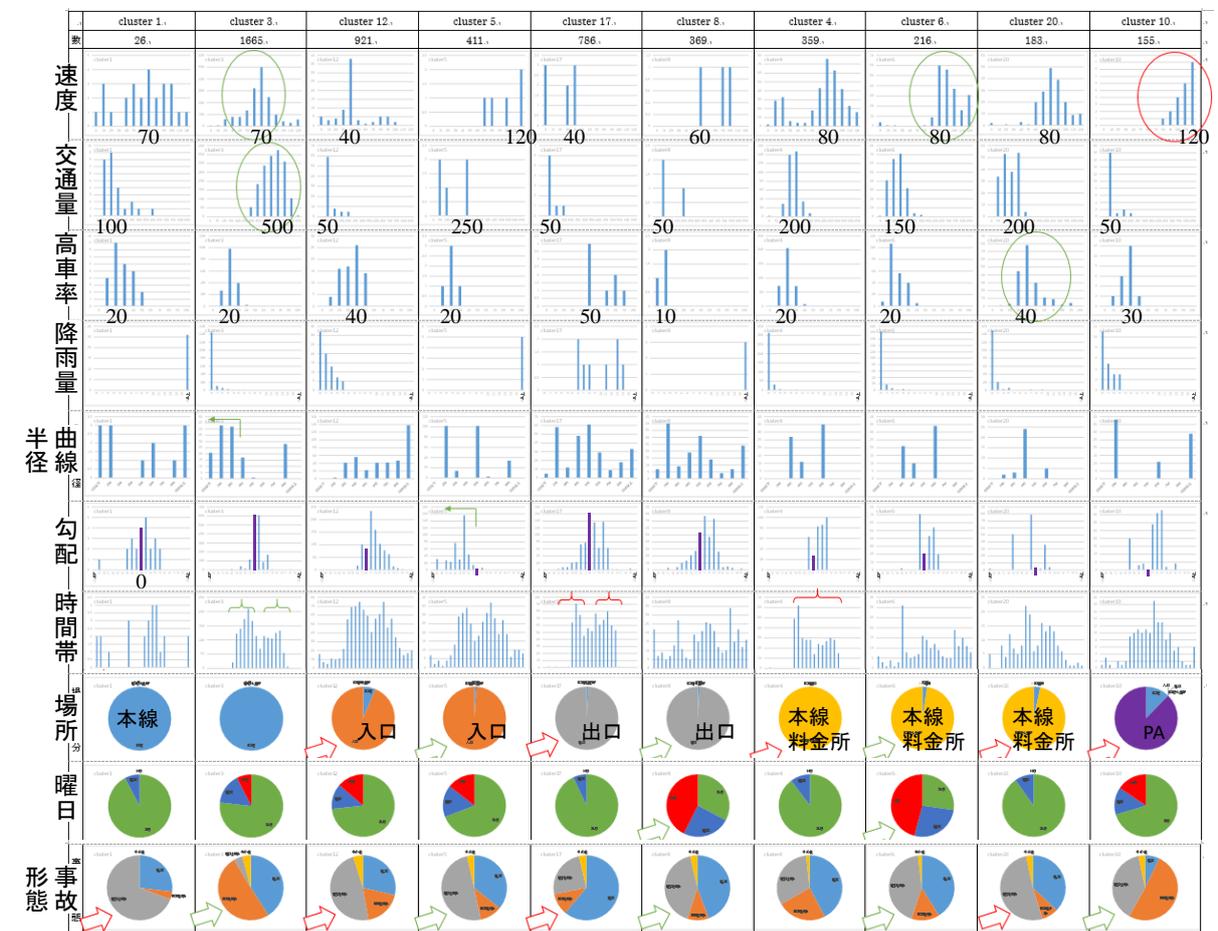
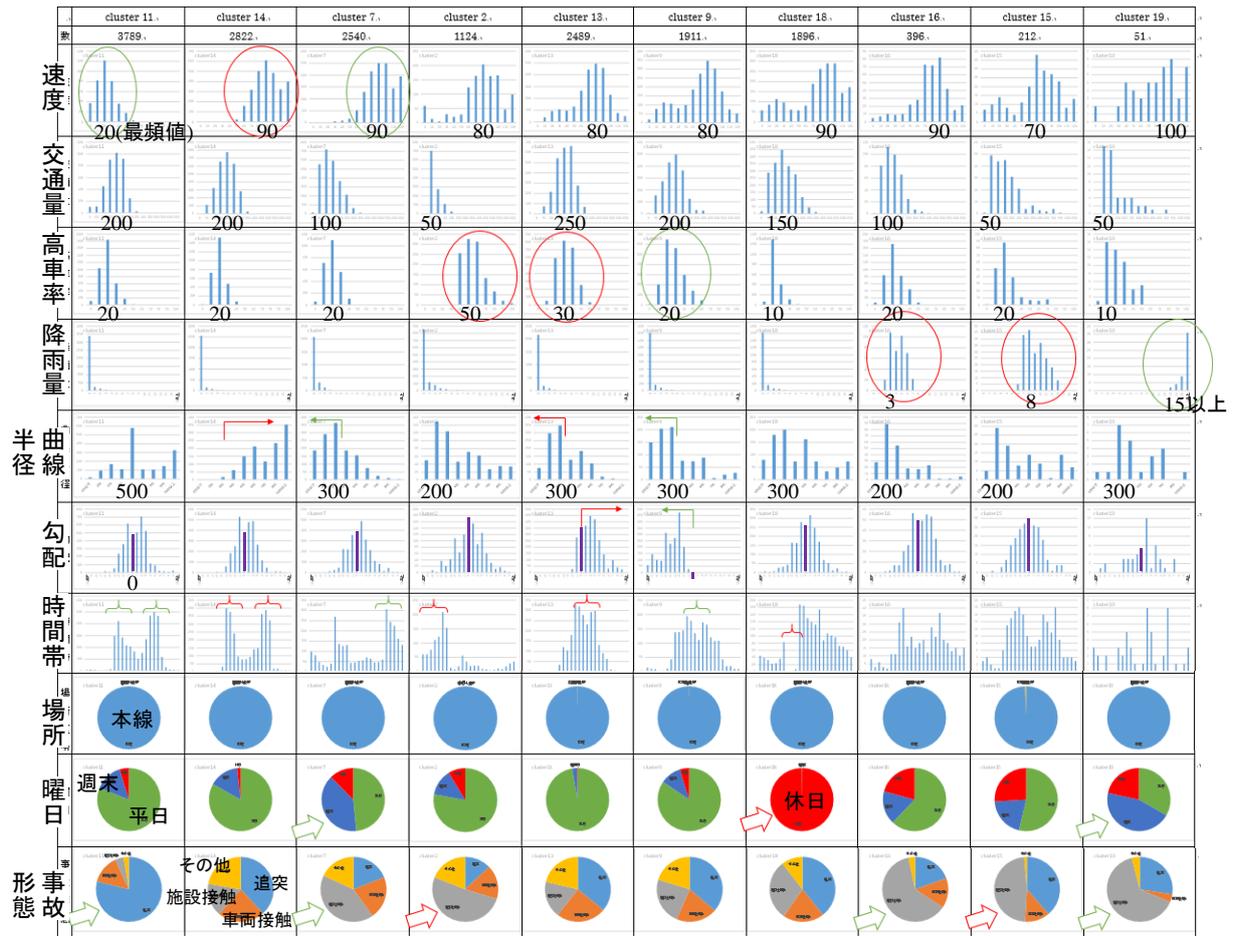


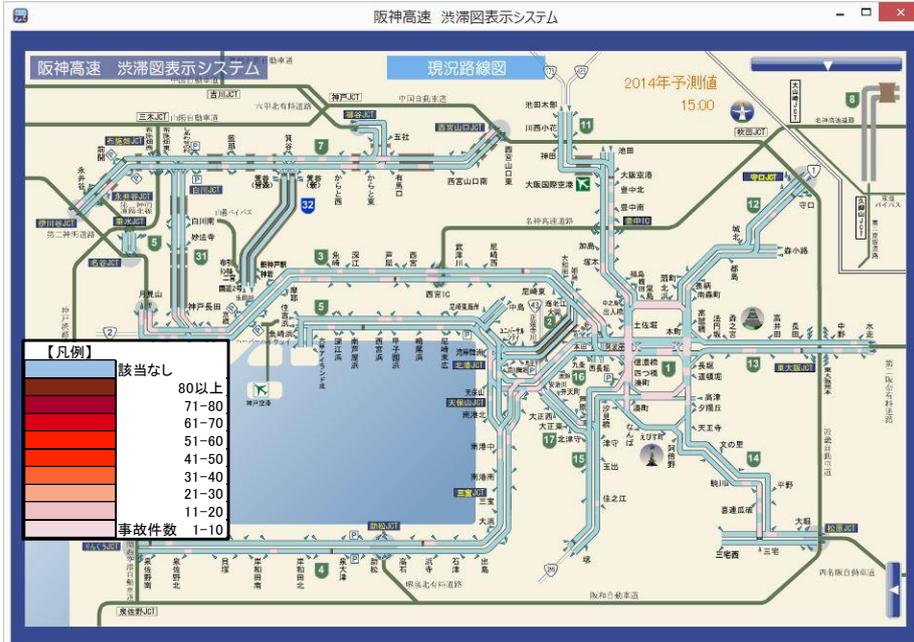
図3 クラスターの道路交通環境要因の項目別度数分布

表3 各クラスターの特徴

	動的要因										静的要因								
	時間帯				天気						空間								
主要因	朝・夕ピーク	夜間	昼間	休日	雨	大雨	超大雨	環状線	入口	出口	料金所	PA							
交通	渋滞 非渋滞							交通多			交通多								
速度	低速度 高速度	高速度				高速		中速度			高速								
時間		週末				7-9 除					7-18 平日	夜間 週末・休日		7-18 週末・休日					
その他			高車 高	上り 下り 勾配 勾配												高車 高			
事故形態	追突	施設 施設					施設 施設 施設 施設	追突・接触	施設 施設	追突 施設			施設 施設					車両	
Cluster	11 14	7 2	13 9	18	16 15	19 1	3	12 5	17 8	4 6	20	10							
case 数	3789 2822	2540 1124	2489 1911	1896	396 212	51 26	1665	921 411	786 369	359 216	183	155							



(a) Cluster 14



(b) Cluster 15

図4 阪神高速道路におけるクラスターの事故件数分布図の一例

5. 新たな事故分類に基づいた安全対策の方向性検討

5.1 クラスタ別安全対策の検討

量的データと質的データを融合した道路交通環境の要因に基づく分類を行った結果、20個のクラスターを得た。ここでは、そのクラスターを新たな事故分類であると提案し、分類された各クラスターの特徴を用いて新たな事故分類を定義するとともに、新たな事故分類別の対策の方向性について検討する。

安全対策の方向性の検討に際しては、図4に例示したような各クラスターにおける事故件数を道路ネットワーク上で表した事故件数分布図と、事故発生時の道路交通環境要因に基づいたクラスターの特徴から提案できる安全対策の方向性を表4のように整理した。

5.2 事故損失による安全対策の優先順位検討

ここでは、交通事故安全対策の優先順位を検討するため、各事故における損失額の推定を行った。事故損失原単位は、内閣府が提案した「交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査報告書」⁸⁾に基づいて算定する。ここで、物損事故における物的損失額については、阪神高速道路における、事故補償を求めた保全管理費に基づいた物損額を反映して原単位を設定した。算定した事故損失額に事故渋滞損失額を加算したのが本研究で用いられる事故損失額である。事故の社会的損失額としては、事故渋滞損失を対象とし、阪神高速道路の交通管制システムデータを活用して、過大損失とならないように乗用車時間価値を乗じて事故渋滞による時間損失と損失額を算定した。

表5は、クラスター別に事故損失を推定した事故件数と各クラスターにおける事故損失の総額および事故1件当たりの平均事故損失額を示している。

事故損失の総額を考慮して安全対策の優先順位をつけると、Cluster11 → Cluster14 → Cluster7 → Cluster13 → Cluster9 → Cluster18 → Cluster3 順に安全対策の効果が大きい。一件当たり事故損失額を考慮すると、Cluster19 → Cluster16 → Cluster2 → Cluster7 → Cluster14 → Cluster15 → Cluster5 順も考えられる。

図5には、事故1件の損失額が高い上位10%、20%、30%が各クラスターに構成している事故件数と上位10%、20%、30%の損失総額を、それぞれ棒グラフと線グラフで示している。効率性を考慮すると、上位10%の事故件数が一番多い Cluster14 → Cluster7 → Cluster11 → Cluster13 順の安全対策が考えられる。

いずれにしても、Cluster14、Cluster7、Cluster11は上位にランクされるため、優先的に安全対策を実施していくべき事故であるといえる。

表4 クラスタ別の安全対策

Cluster	区分	安全対策
11	朝・夕 ピーク	【渋滞流中の追突】 ・ 常時渋滞地点の渋滞緩和 ・ 追突事故の注意喚起 ・ 交通需要の分散
14		【渋滞末尾の衝突】 ・ 速度抑制 ・ 渋滞末尾の注意喚起
7	夜間	・ 速度抑制 ・ 事故多発地点の手前での注意情報の提供 ・ 低頻度利用ドライバー対策 (低頻度利用者のための案内対策マニュアル等)
2		・ 営業車両への研修、情報提供 ・ 営業車両の速度抑制 ・ 事故多発地点の注意情報の提供
13	昼間	・ 車間距離確保の注意喚起 ・ 速度抑制
9		・ 速度抑制 ・ 滑り止め舗装
18	休日	・ 低頻度利用ドライバー対策
16	雨	・ 該当地点における速度抑制のリアルタイム情報提供 ・ 低頻度利用ドライバー対策
15	大雨	
19	超大雨	
1		・ 車間距離確保
3	環状線	・ 環状線利用時の注意情報の提供 (環状線利用マニュアルなど) ・ (織込みを減らすための) 車線利用誘導 ・ 需要抑制
12	入口	・ 速度抑制
5		・ 施設接触事故の注意情報提供
17	出口	・ 車間距離維持 ・ 出口渋滞対策
8		・ 速度抑制 ・ 低頻度利用者のドライバー対策
4	料金所	・ 車線誘導 (レーンマーク)
6		・ 速度抑制 ・ 低頻度利用ドライバー対策 ・ 手前からの車線誘導 ・ 手前からの料金所ブース案内
20		・ 速度抑制 ・ 営業車対策
10	PA	・ 速度抑制

表5 クラスタ別事故損失

Cluster	11	14	7	2	13	9	18	16	15	19	1	3	12	5	17	8	4	6	20	10
事故件数	3789	2822	2540	1124	2489	1909	1896	396	212	51	26	1665	58	5	8	3	359	216	183	19
事故損失 (百万円)	2,425	2,185	1,967	907	1,704	1,354	1,339	322	160	53	17	1,134	21	4	1	1	158	138	77	17
1件当り (万円)	64.0	77.4	77.5	80.7	68.6	70.9	70.6	81.2	75.6	103.6	64.6	68.1	35.8	75.2	17.7	47.2	44.0	63.9	41.9	86.9

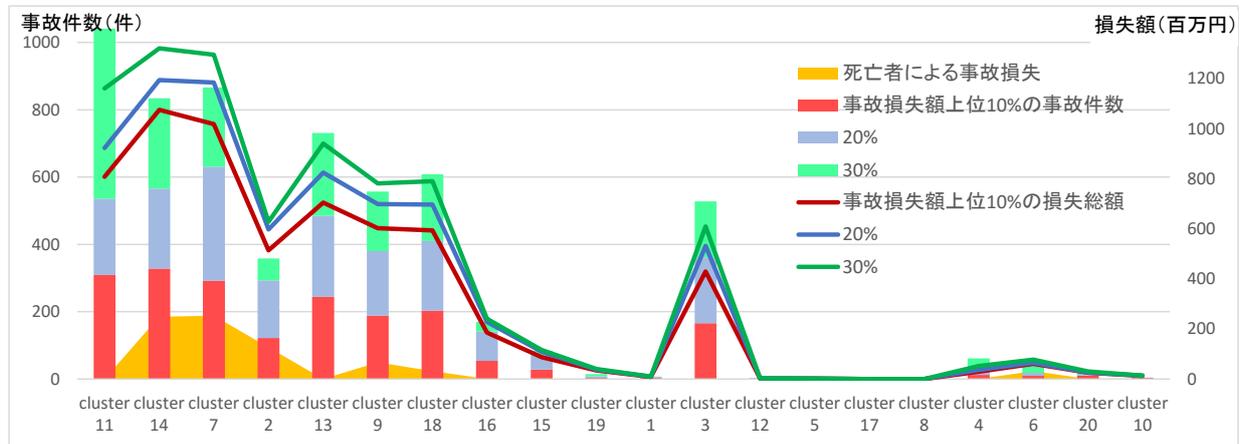


図5 クラスタ別上位の事故件数と損失総額

6. おわりに

本研究は、今後の合理的で新たな安全対策の上積み検討に資することを目的として、事故発生時の道路交通環境要因の分析を通して新たな事故分類を提案し、その影響度合いを体系的に整理して対策の視点と今後の安全対策の方向性を検討した。

まず、新たな事故分類を見出すために、質的データと量的データを融合した「数量化3類+クラスタ分析」を検討し、20のクラスタへの分類を提案した。この分類は、動的要因と静的要因を勘案した事故の特徴が経験的にもうなずけるものである。また、事故データベースを活用して事故損失量とその貨幣価値換算値を推定し、提案した20クラスタの総事故損失額(効果の大きさ)、上位事故損失額(効率性)といった指標を比較して、優先的に対策を進めるべきクラスタと安全対策の方向性を提案した。

今後は、本研究の成果を活用し、新たな視点に基づく対策の具体化を検討し、今後の合理的で実効性の高い交通安全対策の戦略を構築し、交通事故の削減を図ることが望まれる。また、ここで提案した分析手法は、安全対策を検討していくための一つのアプローチである。ゆえに今後、より多様な視点に基づく事故分析を継続することが必要である。

謝辞

本研究にあたり、宇野伸宏京都大学准教授と倉内文孝岐阜大学教授、塩見康博立命館大学准教授、そして山崎浩気氏(株)地域未来研究所には、勉強会などで多大なご協力と示唆を頂いた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 第二次交通安全対策アクションプログラム：<http://www.hanshin-exp.co.jp/company/torikumi/anzen/index.html>, 阪神高速道路ホームページ(2016年5月現在)。
- 2) 大藤武彦, 兒玉崇, 竹井賢二, 小澤友記子：都市高速道路におけるリアルタイム事故リスク情報提供～予測モデル分析と提供システム開発～, 第35回交通工学研究発表会論文集(実務論文), 2015。
- 3) 鹿野島秀行：データマイニングを用いた交通事故分析, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.939-942, 1999。
- 4) 鹿野島秀行, 三橋勝彦：交通事故データを用いた事故発生要因の分析, 月刊土木技術資料, Vol.42, No.7, pp.44-49, 2000。
- 5) 小澤友記子, 兒玉崇, 大藤武彦：阪神高速道路の事故要因分析と今後の事故削減に向けた課題, 第30回交通工学研究発表会論文報告集, pp.113-116, 2010。
- 6) 飯田克弘, 山口将夫, 菅芳樹, 加賀山泰一：人的・環境的要因の関係に着目した都市高速道路合流部の事故発生要因分析, 第31回交通工学研究発表会論文報告集, pp.67-70, 2011。
- 7) 飯田克弘, 小柳航：クラスアソシエーション分析を用いた都市高速道路における事故要因の階層的可視化, 第32回交通工学研究発表会論文集, pp.125-128, 2012。
- 8) 第4章 交通事故による金銭的損失の算定について, 交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査報告書, 内閣府政策統括官(共生社会政策担当), 平成24(2012年)年3月。