

交通管制員へのリアルタイム交通事故リスク 情報提供と検証

宇野 巧¹・玉田 和也²・向井 梨紗¹・玉川 大²・加瀬 駿介²
岩里 泰幸³・小澤 友記子⁴・大藤 武彦⁴

¹非会員 阪神高速道路（株）保全交通部（〒532-0005大阪市北区中之島3-2-4）
E-mail: takumi-uno@hanshin-exp.co.jp

²正会員 阪神高速道路（株）保全交通部（〒532-0005大阪市北区中之島3-2-4）
E-mail: kazuya-tamada@hanshin-exp.co.jp

³非会員 国土交通省国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地）
E-mail: iwasato-y92k9@mlit.go.jp

⁴正会員 （株）交通システム研究所（〒532-0011 大阪市淀川区西中島 7-1-20）
E-mail: ozawa@tss-lab.com

阪神高速道路では、阪神高速道路上の時々刻々と変化する各区分における交通事故リスク情報を生成し、交通管制センター管制員に提供を開始した。提供情報は、交通事故リスク水準、高事故リスク上位25区分の事故リスク情報と主要な事故形態、その増減傾向と、高事故リスク場6区分周辺区分の交通事故リスク情報図であり、当面の提供媒体としてタブレット端末を使用した。

本稿では、管制員への交通事故リスク情報提供方法を示し、提供情報の精度と妥当性を検証する。このために、2017年7月の運用開始から2018年10月までの間を対象として、生成した交通事故リスク情報と、交通事故実績値に基づく事故リスク情報の比較を通して、生成した交通事故リスク情報の精度と、提供情報の妥当性を検証する。また、管制員へのアンケート調査結果に基づく評価を合わせて検証し、交通事故リスク情報提供の有用性と今後の課題について考察した結果を報告する。

Key Words : safety, accident risk, traffic management, road traffic information, traffic control system

1. はじめに

(1) 背景と目的

阪神高速では、安全・安心・快適な阪神高速道路の実現をめざして、交通安全対策アクションプログラムを策定し、交通安全対策の推進を図ってきた¹⁾。アクションプログラムの推進により、一定の事故削減効果は見られるものの、事故件数は近年下げ止まりの傾向が続き、更なる安全性の向上に向けた取組みが要請されている。

なかでも、近年は交通事故リスク情報を活用した交通安全対策の取組みが注目されており、いくつかの取組みが実施に移されてきている²⁾³⁾⁴⁾。阪神高速道路(株)でも、リアルタイム事故リスク情報提供に向けて、事故リスク予測モデル分析を行って事故要因を検討し、リアルタイムで事故率を予測することを可能にするポアソン回帰モデルを提案した⁵⁾。また、「SAFETYドライブ・スマートチョイス」を構築し、より安全な経路選択や出発時刻

選択を可能とするための静的な事故リスク情報提供を開始し、モニター調査を実施して、事故リスク情報提供の有用性を検証した⁶⁾。一方、「新交通統計システム」を構築し、道路構造データ、事故データ、交通データ、気象データなどを統合したデータベースを整備し、リアルタイムデータの活用も可能にした⁷⁾。

このような背景のもと、阪神高速では事故の早期発見・早期処理を目的として、平成29年7月よりタブレット端末を用いて交通管制員にリアルタイムで事故リスク情報を提供する実験を開始した。

本研究は、リアルタイム事故リスク情報の交通管制への活用可能性を見通すことを目的とする。このために、交通事故リスク情報提供実験期間中の事故リスク予測値と事故発生実績値の比較を通して、提供情報の予測精度を検証する。また、検証結果に基づいて事故リスク情報提供に係る課題を整理し、今後の交通事故リスク情報の活用にあ資することとする。

(2) 研究の構成

まず、交通管制員へのリアルタイム交通事故リスク情報算定方法と情報提供の方法の概要を示す。次に、交通管制員への交通事故リスク情報提供開始後の事故リスク算定値と実績値を比較して、提供情報の精度検証を行うとともに、提供した情報の妥当性を検証する。さらに、交通管制員へのアンケート調査を通じた検証も踏まえて、交通事故リスク情報提供に係る課題を整理する。

2. 阪神高速道路におけるリアルタイム交通事故リスク情報提供の概要

(1) リアルタイム事故リスク情報算定方法

交通管制システムで生成するリアルタイム交通事故リスク情報算定方法は、従前に提案されているポアソン回帰モデルを使用する⁹⁾。

$$\mu_i = \lambda_i \times t_i \quad (1a)$$

μ_i : 事故発生件数期待値

λ_i : 事故発生リスク(件/億台キロ)

t_i : 総走行台キロ(億台キロ)

i : 事故分析単位区間(0.1Km)

$$Y_i \sim P_0(\mu_i) \quad (1b)$$

$$\ln(\mu_i) = \ln(\lambda_i t_i) = (\alpha + \sum \beta_j x_{ji}) + \ln(t_i) \quad (1c)$$

$$\mu_i = \lambda_i t_i = \exp(\alpha + \sum \beta_i x_{ji}) t_i \quad (1d)$$

モデル推定の対象期間は、2014年4月1日～2015年3月31日までの2年間、分析の単位区間は0.1Km、単位時間は5分とする。

- ・事故データ：阪神高速道路の事故調書データ
- ・構造データ：阪神高速保全情報システムデータ

(車線数、平面線形・縦断線形等)

- ・交通データ：交通管制システムデータ(交通量、渋滞、障害データ等)
- ・気象データ：アメダスナウキャストデータ(1Kmメッシュ、10分更新)

モデル説明変数を表-1に、推定結果例を表-2に示す⁹⁾。

(2) 交通管制員への事故リスク情報提供の概要

阪神高速交通管制センターでは、交通管制員が24時間、阪神高速上に設置されたITVカメラ等をモニタリングし、事故等の事象の発見ならびに迅速な処理をおこなっている。事故の早期発見は、早期処理ならびそれに伴う交通影響の軽減に繋がる。事故リスクを事故の早期発見に活用するため、事故リスク推定結果をタブレット端末で表示するシステムを構築し管制員が端末を閲覧する運用を試験的に開始した(図-1)。

本システムは、交通事故リスク算定モデルを用いて全区間0.1Km単位で5分ごとに事故リスクを推定し、交通事故リスクが高い地点の情報を提供する。タブレット端末には、当該5分間で最も事故発生リスクが高い25区間を表示し、その区間で発生しやすい事故形態、事故率、事故率の増減傾向を表示する。

さらに上位6区間は位置図も併せて表示する。位置図では、地図上の区間単位に、事故リスクの大きさを5段階に区分した事故リスク水準を表示するとともに、表示地点の降水状況を、1kmメッシュで雨量ランクを表示している。なお、路線全体の事故リスク情報として、全路線の事故リスク水準、事故発生リスク、事故率を、1時間前、30分前、現時点の3時点の事故リスク情報の全路線の事故リスク水準、事故発生リスク、事故率を、1時間前、30分前、現時点の3時点の事故リスク情報の

表-1 交通事故リスク算定モデルの説明変数

分類	説明変数	カテゴリー数	カテゴリー
車線数	車線数	3	1.2 and 3車線, 2.1車線, 3.4車線
道路構造・平面	平面線形	8	1.直線(400m以上), 2.400m未満/200m以上/カーブ入口, 3.400m未満/200m以上/カーブ中間, 4.400m未満/200m以上/カーブ出口, 5.400m未満/200m以上/カーブ入口, 6.400m未満/200m以上/カーブ中間, 7.400m未満/200m以上/カーブ出口
	本線料金所		8.本線料金所
道路構造・縦断	縦断勾配	4	1.平坦部(-4<縦断勾配<+4%), 2.-4%以下, 3.+4%以上, 4.サグ(勾配差+2%以上)
道路構造・合流	合流タイプ	7	1.一般部, 2.入口合流区間, 3.入口上流200m区間, 4.本線合流区間+上流200m区間/従流交通量30台未満, 5.本線合流区間+上流200m区間/従流交通量30台以上, 6.本線合流区間下流200m区間/従流交通量30台未満, 7.本線合流区間下流200m区間/従流交通量30台以上
道路構造・分岐	分岐タイプ	6	1.一般部, 2.出口分岐区間, 3.出口分岐上流200m区間, 4.本線分岐区間, 5.本線分岐上流200m区間, 6.本線分岐下流200m区間
交通状態・降雨有無	交通状態・降雨有無	8	1.自由流/降水なし, 2.自由流/降水あり, 3.混合流, 4.渋滞末尾/降水なし, 5.渋滞末尾/降水あり, 6.渋滞/降水なし, 7.渋滞/降水あり, 8.停滞
滑り止め舗装区間	滑り止め舗装区間	3	1.滑り止め舗装未実施区間, 2.滑り止め舗装施工3年以上経過区間, 3.滑り止め舗装施工3年未満区間
障害発生区間	障害発生区間	2	1.障害なし, 2.障害発生区間+上流100m(1車線障害・規制以上)
昼夜間	昼夜間	2	1.昼間, 2.夜間
曜日パターン	曜日パターン	3	1.平日, 2.週末, 3.休日

表-2 交通事故リスク予測モデル推定結果例(追突事故)

説明変数	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	2.9737	0.0222	133.936	< 2e-16	***
車線数4	0.47144	0.05081	9.278	< 2e-16	***
カーブ区間2	-0.12469	0.04961	-2.513	0.011958	*
カーブ区間3	-0.23287	0.12997	-1.792	0.073174	.
本線料金所	1.30689	0.10567	12.368	< 2e-16	***
上り勾配	-0.53957	0.08529	-6.326	2.51E-10	***
入口合流	0.29246	0.0514	5.69	1.27E-08	***
入口上流	0.15097	0.04362	3.461	0.000537	***
出口分岐	0.38512	0.05228	7.366	1.76E-13	***
出口上流	0.21103	0.04008	5.265	1.40E-07	***
本線分岐分岐	0.68637	0.08907	7.706	1.30E-14	***
本線分岐上流	0.38415	0.07283	5.275	1.33E-07	***
本線分岐下流	0.50651	0.07469	6.782	1.19E-11	***
自由流降水あり	0.73953	0.0468	15.802	< 2e-16	***
混合流	1.59014	0.05465	29.098	< 2e-16	***
渋滞末尾降水なし	2.39884	0.04913	48.823	< 2e-16	***
渋滞末尾降水あり	3.13914	0.11283	27.822	< 2e-16	***
渋滞降水なし	2.48984	0.0312	79.814	< 2e-16	***
渋滞降水あり	2.84649	0.07109	40.042	< 2e-16	***
停滞	3.81221	0.03251	117.247	< 2e-16	***
滑り止め2	-0.21327	0.08152	-2.616	0.008893	**
障害あり	0.07122	0.03649	1.952	0.05094	.
夜間	-0.44959	0.03003	-14.97	< 2e-16	***
週末	0.06273	0.03422	1.833	0.066794	.
休日	0.10918	0.03241	3.369	0.000754	***
JDP247	1.1769	0.11135	10.57	< 2e-16	***
JDP106	0.87849	0.10488	8.376	< 2e-16	***
JDP368	1.35252	0.08835	15.308	< 2e-16	***
JDP369	1.4725	0.08797	16.738	< 2e-16	***
JDP286	0.68504	0.18442	3.715	0.000204	***
JDP12	1.33283	0.13835	9.634	< 2e-16	***
JDP367	0.79154	0.13153	6.018	1.77E-09	***
JDP540	0.84741	0.28918	2.93	0.003386	**
JDP1128	1.69584	0.24514	6.918	4.58E-12	***
JDP865	2.10068	0.22548	9.316	< 2e-16	***
JDP446	1.36326	0.41881	3.255	0.001134	**
	***'.000	**'.001	*'.005	.'.01	
degrees of freedom	26801				
AIC	12118				
尤度比	0.586962				

傾向を表示している。

これにより管制員が、事故発生確率が高い地点を重点的にモニタリングすることが可能となり、事故の早期発見を期待するものである。このような事故発生の“勘”は長年の経験により培われるとも言われているが、本システムにより、若手など、経験が不十分な管制員の支援ツールとしても有用であると考えられる。

3. 交通事故リスク提供情報の検証

(1) 分析基礎データ

交通事故リスク提供情報の検証対象期間は、交通管 制員に提供を開始した平成29年7月からデータが活用可 能な最近の平成30年10月までの1年4か月間とする。

検証に使用する基礎データは、モデル推定に使用し た道路構造データ、車両検知器データをはじめとする



図-1 交通管制員に提供する交通事故リスク情報提供

交通データ、アメダスノウキャストデータ、交通安全 対策データ、そして実績値としての事故データであり、 これらは阪神高速の「交通統計システム」でデータベ ース化されている。

(2) 検証方法

分析期間中に提供された交通事故リスク情報はシス テム上抽出利用が困難であったため、道路構造データ、 車両検知器データ、降水強度データ、降水強度データ 等をもとに、リアルタイム事故リスク算定モデルを使 用して単位時空間：0.1Km・5分毎事故リスクを予測し、 交通管制員に提供した事故リスク情報を再現する。

また、実際の事故データを用いて実績値事故リスク 指標を算出し、再現予測結果交通事故リスク情報との 比較を通して事故リスク予測値の検証を行う。

検証の視点は、毎5分で算定した交通事故リスク値の 予測精度検証と、毎5分に管制員に提供する交通事故リ スク情報の妥当性検証とする。

予測精度検証は、モデルカテゴリー毎の交通事故リ スク、算定区間毎の交通事故リスクに着目して、予測 値と実績値の比較を通した予測精度を検証する。

提供情報の妥当性は、管制員に毎5分に「高事故リ スク区間」として提供する事故リスク水準が高い区間 について、当該区間・時間帯で実際に交通事故が発生し た割合を的中率として検証する。

4. 交通事故リスク提供情報の検証

(1) 事故リスク予測値の精度検証

期間中の事故リスク予測値と実績値を、全区間全時間帯でマクロに比較すると、事故形態計では18%の過大予測ではあるものの概ね実績値を再現している(表-3)。事故形態別にみると、追突と施設接触はいくぶん過大に、車両接触はいくぶん過小予測となっている。

また、予測モデルの説明変数カテゴリーの事故リスク予測値と実績と比較すると図-2に示すとおりであり、概ねXY軸上にプロットされ、 R^2 も高いため、相当程度の精度は確保されていると言える。しかし、平均値が0.3件程度であるのに対してRMSEが1.5と非常に大きくなっており、相当程度乖離しているカテゴリーが存在しているようである。誤差が大きいかつ過小予測となっているカテゴリーとしては、渋滞時と渋滞末尾、本線料金所、そして夜間などが挙げられる。

さらに、車両検知器に対応する区間（以降JDP、約500m単位区間）に着目して予測値と実績値を比較すると図-3に示すとおりである。 R^2 も相当程度高く全体的に精度はかなり良いと言えるが、やはり過大予測、過小

予測の区間が散見される。確かに、JDP区間の事故発生件数を路線図上にプロットすると、概ね区間特性を反映した予測となっている(図-4)。ここで、情報提供で問題として指摘される過小予測区間は、環状線信濃橋

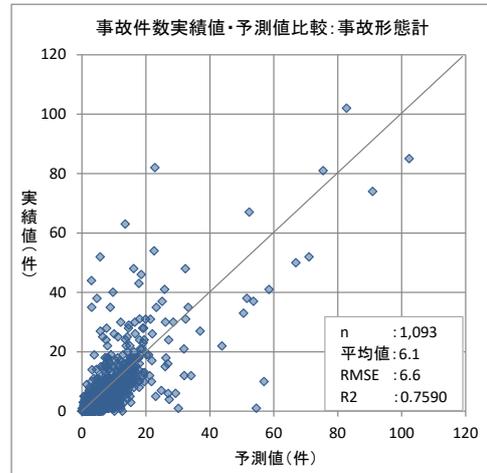


図-3 JDP 区間事故発生件数予測値・実績値比較

表-3 事故形態別事故リスク予測値と実績値比較

	事故形態	実績値	予測値	予測値/実績値
事故発生件数	追突	2,496	3,106	1.24
	車両接触	1,880	1,595	0.85
	施設接触	1,368	1,984	1.45
	その他	941	1,220	1.30
	事故形態計	6,685	7,906	1.18
事故率	追突	40.8	50.8	1.25
	車両接触	30.7	26.1	0.85
	施設接触	22.4	32.4	1.45
	その他	15.4	19.9	1.29
	事故形態計	109.2	129.2	1.18
カテゴリー数	21149 (件)			
データ件数	725,724 (千件)			
走行台キロ	61.195 (億台キロ)			
データ期間	2017年7月~2018年10月			

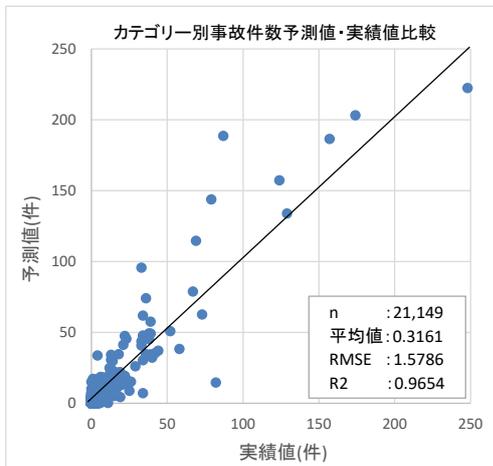


図-2 カテゴリー別事故発生件数予測値・実績値比較

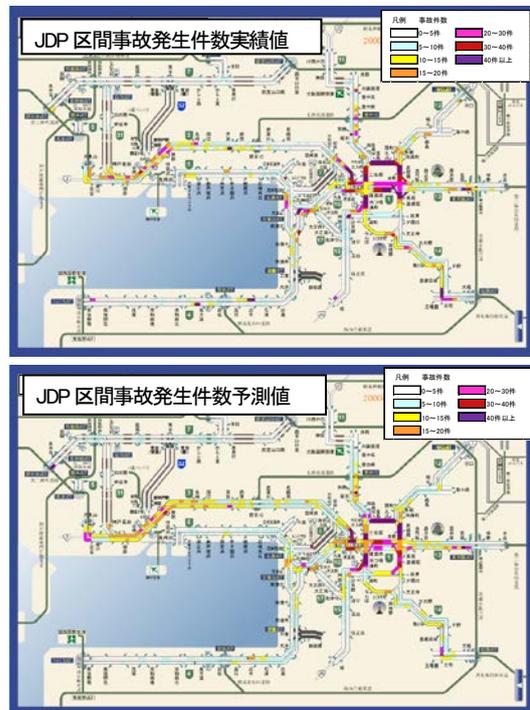


図-4 JDP 区間交通事故発生件数予測値と実績値

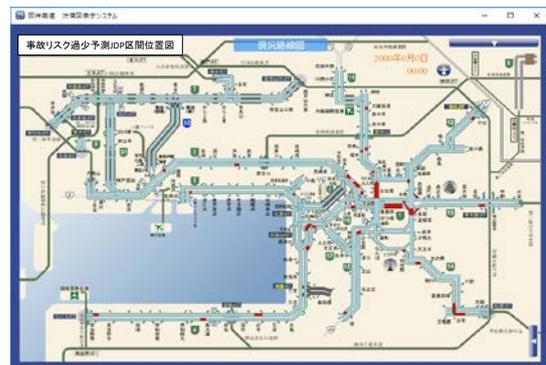


図-5 事故発生件数過小予測 JDP 区間 (予測値-実績値)

～土佐堀区間，井池西行き，神戸線上り中之島西～阿波座合流，渡り線，そしていくつかの本線料金所となっている（図-5）。

(2) 提供情報の妥当性検証

交通管制員への交通事故リスク情報提供は，現時点で事故発生リスクが高い区間を把握していただいて事故の発生に備えることを目的として，各区間の「事故リスク水準」と高リスク区間である「事故リスク上位25区間」を提供し，付随して事故発生リスク，事故リスク増減傾向，主な事故形態といった指標が提供されている。管制員は，“いま，交通事故リスクが高いのはどのあたりかしら？”といった視点で事故リスク情報を見ることとなる。

このため，交通事故リスク情報提供の妥当性検証は，“提供された高事故リスク区間での実際の事故発生状況”を把握して，的中率的な考え方で検証することとする。

まず，毎5分・分合流区間を単位として提供される「事故リスク上位25区間」について，提供された時間帯・区間で事故が発生した件数を検証する。検証期間中に発生した事故件数は6,685件であり，そのうち約3割に達する2,134件が「事故リスク上位25区間」として提供されていた時間帯・区間で発生した（表4）。すなわち，全発生事故のうち約3割は事前に事故が発生する危険性が極めて高いという情報として提供されていたことになる。極めて重要稀にしか発生しない交通事故のうち，約3割の割合で実際に発生した事故について危険性を指摘できていることについては，大いに評価してよいと思われる。

次に，「事故リスク水準」を検証する。「事故リスク水準」は，過去の提供単位時空間：毎5分・分合流区間を単位とした交通事故リスク値について，その分布に基づいて5段階に分類して交通事故の危険性を水十条法で提供するものである。水準は，上位5%迄を水準5として最も危険性が高い水準とし，順次25%値まで，50%値まで，65%値までと危険性が低くなる水準として設定した（表-5）。

「事故リスク水準」が上位になるにしたがって事故発生確率は高くなると考えると，表6に示すように，事故リスクが高くなると事故発生確率が高くなったと言える。しかし，事故リスク水準4以上の渋滞発生確率は

表-4 提供上位 25 位区間で発生した事故発生件数の状況

項目	事故発生件数
a.全事故発生件数	6,685
b.上位25位区間提供時	2,134
b/a	32%

表-5 事故リスク水準の閾値

水準	事故発生リスク閾値 (件/5分/区間)	水準の定義	意味
5	0.0004 ≤	上位95%値以上	最大限警戒
4	0.00014 ≤ < 0.0004	上位75%値以上	特に注意
3	0.00006 ≤ < 0.00014	50%値以上	注意が必要
2	0.000024 ≤ < 0.00006	35%値以上	危険が存在
1	< 0.000024	35%値未満	事故リスクは低い

表-6 事故リスク水準別提供件数と事故発生件数比較

水準	a.提供時間帯数	事故リスク予測値		事故発生件数実績値	
		b.件数	b/a	c.件数	c/a
5	0	0	-	0	-
4	28	7	25.0%	4	14.3%
3	2,735	492	18.0%	403	14.7%
2	20,388	2,395	11.7%	2,138	10.5%
1	113,649	4,555	4.0%	4,140	3.6%
合計	136,800	7,449	5.4%	6,685	4.9%

24%であり，4回に1回くらいの割合で事故が発生したこととなる。この割合は必ずしも高くはないが，一定の評価はできると思われる。しかし，実際に水準5として提供した時間帯・区間は0件，水準4でも28件にとどまっており，あらかじめ想定した水準の分布にはならなかった。この原因は，事前に設定した水準の事故リスク値閾値が過去4年間の実績データに基づいた値であり，検証期間中の分布とは異なったものと考えられる。事故リスク水準の区分方法については課題として指摘される。

(3) 管制員へのアンケート調査に基づく検証

管制員に対して，リアルタイム事故リスク情報を交通管制業務の現場で活用していただき，情報に関する評価を行うためにアンケート調査を実施した。調査は，2018年2月に実施し，大阪地区管制センターでは37名，神戸地区管制センターでは24名からの回答を得た。

アンケート調査の結果，大阪地区は週に何回か利用されている方が半数以上と比較的多くなっているが，神戸地区は8割以上が「あまり見ていない」と回答している（図-6）。神戸地区の管制員が「あまり見ていない」理由は，神戸地区の路線はほとんどが単路線であり，事故リスクが高い区間が交通管制員にも予想しやすく，

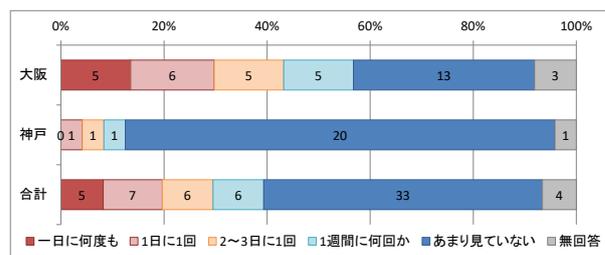


図-6 事故リスク情報の利用頻度

表-7 「役に立つ」事故リスク情報

	回答数			割合		
	大阪	神戸	合計	大阪	神戸	合計
高事故リスク区間	25	14	39	67.6%	58.3%	63.9%
事故リスク水準	2	0	2	5.4%	0.0%	3.3%
事故形態	4	0	4	10.8%	0.0%	6.6%
事故率	5	3	8	13.5%	12.5%	13.1%
事故リスク傾向	6	2	8	16.2%	8.3%	13.1%
回答者数	37	24	61	-	-	-

交通事故リスク情報を参照する必要がないことが指摘される。一方、大阪地区は事故リスクが高い区間が多く、ネットワークが輻輳しており、交通状況の変化に伴う事故リスクが高い区間を予想することが難しく、事故リスク情報を活用していただいたと考えられる。

次に、「役に立つ」情報について回答をいただいた(表-7)。約6割が「高事故リスク区間」が役に立つと回答している。また、「役に立つ」具体的な理由としては、事故リスクの把握や、事前の準備、ITVカメラでの確認等の理由が挙げられている。

なお、提供情報の精度についての感想をお聞きしたところ、大阪地区では「よく実態を反映している」「まずまず反映している」と評価した方が6割以上と、ある程度の評価が得られたことを確認した。

5. 今後の課題

本研究では、リアルタイム事故リスク情報の交通管制への活用可能性を評価することを目的として、2017年(平成29年)7月より提供を開始した交通管制員へのリアルタイム事故リスク情報提供について、提供実験期間中の事故リスク予測値と事故発生実績値の比較を通して、提供情報の予測精度と提供情報の妥当性を検証した。その結果、予測精度は相当程度の精度で予測されていることを確認したが、いくつかの説明変数のカテゴリーや区間での過小予測といった問題点が指摘された。また、提供情報についても、ある程度は容認できる提供情報ではあるものの、事故リスク水準の区分

方法については改良が望まれた。

今後は、さらに予測精度の向上を図るとともに、事故リスク情報提供については、その指標作成方法の検討とともに、ドライバーの事故リスク情報認知、理解といったことも勘案して運用していくことが望まれる。

また、本研究で得られた成果を踏まえて、交通管制システムへのリアルタイム事故リスク情報生成と提供機能を実装し、ドライバーへの交通事故リスク情報提供、管制員への事故リスク情報提供、ITVカメラの高事故リスク区間への自動フォーカス、さらにはパトロール化の最適配置への活用といった、道路ネットワークの安全性向上に向けた活用の検討が望まれる。

参考文献

- 1) 交通安全対策第3次アクションプログラム：<https://www.hanshin-exp.co.jp/company/torikumi/anzen/3rdAP.html>, 2019/9/30 現在。
- 2) 吉井, 倉内, 白柳, 村上: 事故リスク情報提供による社会的便益に関する考察, 第53回土木計画学研究発表会, 2016.
- 3) 西内, 吉井, 大藤, 小澤, 塩見: 新潟市内道路網における交通事故発生リスク情報提供に向けた統合データベースの構築とその活用, 第53回土木計画学研究発表会, 2016.
- 4) 岩崎, 割田, 酒井, 深井, 篠田, 田中: 首都高速道路における事故リスク情報の提供手法に関する研究, 第55回土木計画学研究発表会, 2017.
- 5) 大藤, 兒玉, 竹井, 小澤: リアルタイム事故リスク情報推定システムの構築と活用, 第35回交通工学研究発表会論文集, 2015.
- 6) 岩里, 宇野, 小澤, 大藤: 阪神高速における事故リスク情報の提供, 第53回土木計画学研究発表会, 2016.
- 7) 岩里, 宇野, 安田, 大藤, 小澤: リアルタイム事故リスク情報生成と管制業務への活用, 第55回土木計画学研究発表会, 2017.
- 8) 小澤, 岩里, 宇野, 安田, 大藤: 交通管制員へのリアルタイム交通事故リスク情報提供の思考と効果の検証, 第57回土木計画学研究発表会春大会, 2018.

(2019. 10. 4 受付)

Adopt and Verify A Real-time Accident Risk Information for Traffic Operator Assistance

Takumi UNO, Kazuya TAMADA, Risa MUKAI, Dai TAMAGAWA, Shunsuke KASE, Yasuyuki, IWASATO, Yukiko OZAWA and Takehiko DAITO