

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試行と効果の検証

小澤 友記子¹・岩里 泰幸²・宇野 巧³・安田 裕介⁴・大藤 武彦⁵

¹正会員 株式会社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

²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

³非会員 阪神高速道路（株）保全交通部交通企画課（〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4 丁目 1-3）
E-mail: takumi-uno@hanshin-exp.co.jp

⁴非会員 阪神高速技研（株）システム事業本部（〒550-0011 大阪市 西区阿波座 1 丁目 3-15）
E-mail: yusuke-yasuda@hanshin-tech.co.jp

⁵正会員 株式会社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: daito@tss-lab.com

本稿では、阪神高速道路において、“いま”そこに“潜む交通事故リスク情報提供によって、交通事故の早期発見、早期処理をめざして、交通事故発生件数や事故損失の削減を目的とする。このため、過去の交通事故データ、交通データ、道路交通データ、気象データ、安全対策情報を用いて推定した交通事故リスク推定モデル分析結果を用いて、車両検知器データ、降水量データ等のリアルタイム情報を受信して阪神高速道路全区間の「リアルタイム事故リスク情報を生成して提供するシステム」を構築し、交通管制センター管制員への提供を実現した。また、リアルタイム事故リスク情報を管制員に提供して活用していただき、事故リスク推定結果と交通事故発生実績の比較を通して効果を検証するとともに、管制員へのアンケートを通して今後の事故リスク情報活用に向けた見通しを検討した。

Key Words: 交通事故, 事故リスク, データベース, 交通管制

1. はじめに

阪神高速では、安全・安心・快適な阪神高速道路の実現を目指し、阪神高速道路のアクションプログラム(第1次・第2次・第3次)を策定し、様々な交通安全対策の推進を図っている。継続した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、さらなる安全性の向上に向けた取り組みが要請されている¹⁾。

近年、事故リスクに着目した研究が進み、高速道路や一般道路での事故リスクを活用した安全対策の取り組みが検討されてきており、阪神高速道路においても、交通安全性の向上を目指して「事故リスク情報」の活用に関する検討を行ってきた²⁾³⁾⁴⁾。阪神高速道路(株)では、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。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、事故の早期発見・早期処理を目的として、“いま”そこに“潜む事故リスクをリアルタイムに推定するモデルを適用し、交通管制においてリアルタイム事故リスク情報の提供を開始した。本稿では、交通管制におけるリアルタイム事故リスク情報の提供システムの構築、提供した情報に対する交通管制員へのアンケート調査及び提供した事故リスク情報の検証、

評価結果を報告する。

2. リアルタイム事故リスク推定モデル

(1) 事故リスク推定モデルの概要

交通管制で提供するリアルタイム事故リスク情報を作成するために、リアルタイムに事故率を予測するモデル推定をおこなった。分析に使用する基礎データは、阪神高速道路が整備する事故データベース⁷⁾に格納される下記のデータを用いた。

対象とする期間は、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査データ
- ・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)

事故リスクの推定にあたっては、既往論文³⁾で分析したポアソン回帰モデルを用いた。ポアソン回帰モデルの概要を以下に示す。

$$\mu_i = \lambda_i \times t_i$$

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)

$$Y_i \sim Po(\mu_i)$$

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

$$\mu_i = \lambda_i t_i = \exp(\alpha + \sum \beta_j x_{ji}) t_i$$

x_j ：事故発生件数期待値

α, β ：事故発生リスク(件/億台キロ)

モデルの被説明変数は事故形態別事故件数とし、追突、車両接触、施設接触、その他、そして事故形態計別に推定し、走行台キロをオフセットとして設定する。

(2) 新たな説明変数の設定

交通管制に適用するため、モデルの精緻化を目指し、既往論文で報告したモデルに新たな説明変数を追加した(表-1)。

① 滑り止め舗装区間

阪神高速道路では、速度超過における施設接触事故が多発している急カーブ区間において、滑り止め舗装を実施している。滑り止め舗装施工区間は事故多発区間に実施されるため、事故率は未実施区間よりも全体的に高いことが確認されているが、滑り止め舗装の経過年も事故の発生状況に影響しており、滑り止め舗装施工後3年間の事故率は、3年以上経過時と比べて明らかに事故率が低くなっている(図-1)。

② 障害発生区間

障害発生区間の事故率は障害がない区間と比べると約3倍程度高く、障害発生区間上流側区間の事故率がさらにその約4倍高く、その影響は大きい(図-2)。

表-1 モデルの説明変数

分類	説明変数	カテゴリ数	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/従交通量30台未満, 5.本線合流区間+上流200m区間/従交通量30台以上, 6.本線合流区間下流200m区間/従交通量30台未満, 7.本線合流区間下流200m区間/従交通量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

 ：新たに追加した説明変数

③事故多発区間ダミーの設定

従前に開発したモデルでは、特定の突出して事故が多発する区間において、過小予測の傾向にあるデータが存在することが確認されている。そのため、阪神高速のネットワーク全体を対象とする事故リスクモデルでは表現できない、事故多発区間においては各区間のダミー変数を設定することとした。ダミー変数は JDP 区間(車両検知器設置区間)単位とした。

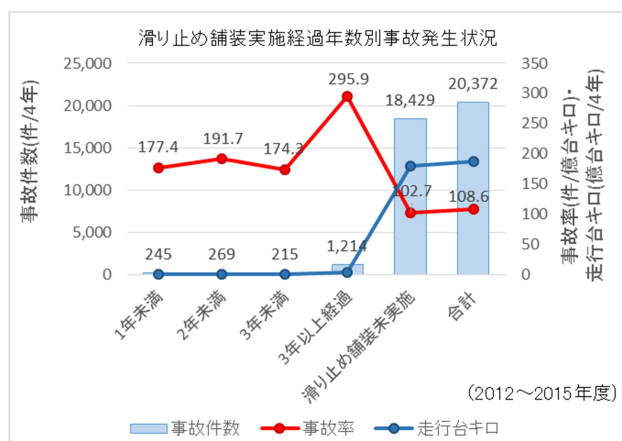


図-1 滑り止め舗装経過年数別事故発生状況

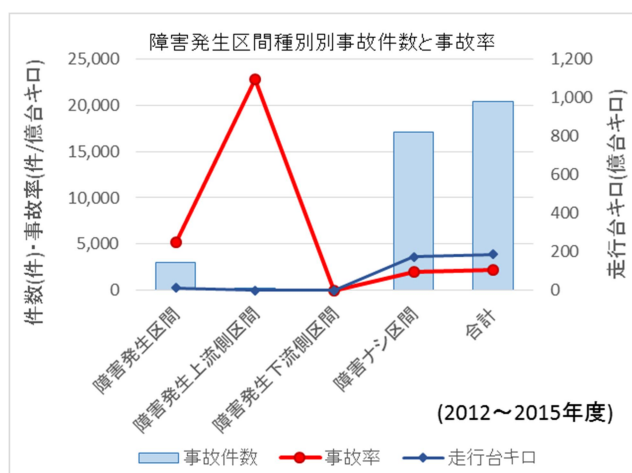


図-2 障害発生区間別事故発生状況

(3) モデルの分析結果と検証

モデルの推定結果の代表例(追突事故)を表-2に示す。

いずれの事故形態でも、AICは十分に大きく、尤度比も相当程度大きい。また、説明力が高い変数の特性も定性的に正しい符号となっており、概ね良好なモデルが推定できた。

事故形態別現況再現において、事故件数予測値と実績値は概ね X=Y 軸上にあり、決定係数 R2 も 0.95 以上となり、概ね予測精度は確保できていると考えられる(図-3)。

表-2 事故リスクモデル推定結果例(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	**
	***:0.00	**:.001	*:.005	.'.01	
degrees of freedom	26801				
AIC	12118				
尤度比	0.586962				

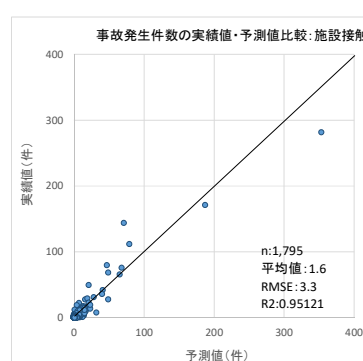
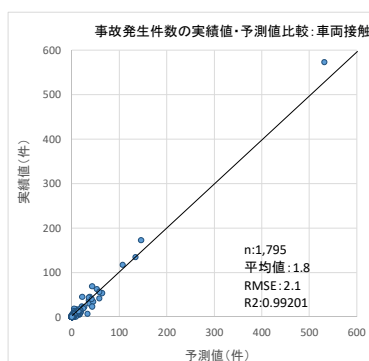
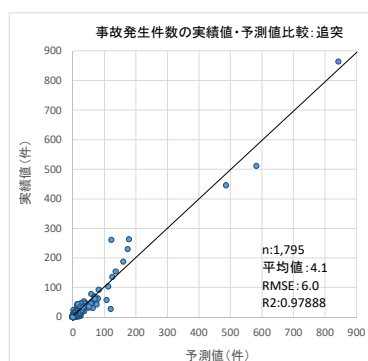


図-3 予測モデルによる事故発生件数期待値と実績比較

3. 交通管制業務でのリアルタイム事故リスク情報提供

交通管制室では、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 2017 年度から試験的に開始した（図-4）。

本システムは、前章の事故リスク推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、リアルタイムで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、直近 5 分間で最も事故発生確率が高い 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した。さらに表示地点の降水状況として、雨量ランクを 1km メッシュで表示した。

また、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傾向を表示した。

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により、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。



図-4 管制室に設置したリアルタイム事故リスク表示端末画面

4. リアルタイム事故リスク情報の評価

（1）管制員へのアンケート概要

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試験的に活用していただき、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。

アンケート調査は、2018 年 2 月に実施し、大阪管理局では 37 名、神戸管理部では 24 名からの回答を得た。

管制員の経験年数を見ると、約半数は経験年数が 4 年未満の比較的経験が少ない管制員の割合が高くなっている（表-3）。

（2）アンケート結果

①利用頻度

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-5）。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測しやすく、リアルタイム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存在し、環状線及び放射線で構成される路線であることから、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、比較的事故リスク情報を活用していただいたと考えられる。

②「見ていない」理由

大阪地区は「見なくてもわかる」と回答した方が 3 割程度なのに対し、神戸地区では約半数が「見なくてもわかる」と回答している（図-6）。また、自由意見において「事故リスク情報が手元で見られないため」という理由も挙げられており、現在のタブレット端末による情報提

表-3 回答者の交通管制経験年数

	回答数			割合		
	大阪	神戸	合計	大阪	神戸	合計
10年以上	8	6	14	21.6%	25.0%	23.0%
5～9年	7	5	12	18.9%	20.8%	19.7%
3～4年	11	8	19	29.7%	33.3%	31.1%
1～2年	3	3	6	8.1%	12.5%	9.8%
1年未満	8	2	10	21.6%	8.3%	16.4%
合計	37	24	61	100.0%	100.0%	100.0%

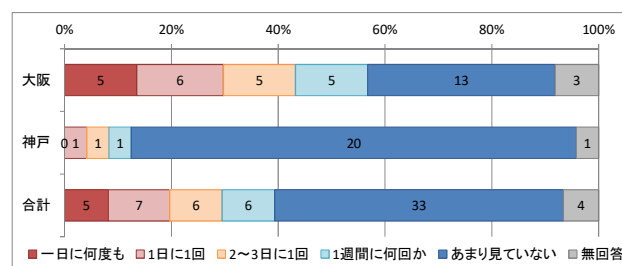


図-5 事故リスク情報の利用頻度

供ではなく、管制卓で情報が見れるような運用を望む意見もあった。

③「役に立つ」事故リスク情報

約6割が「高事故リスク区間」が役に立つと回答している(表-4)。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。

④事故リスク情報の精度についての評価

大阪地区は「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割以上なのに対して、神戸地区では2割弱にとどまっている。神戸地区ではもとも事故リスク情報があまり活用されていないことに対して、大阪地区では半数以上の方が頻繁に事故リスク情報を活用し、ある程度の評価が得られていることが確認できる。また、管制卓での事故リスク情報提供や、事故リスク上位区間とITVと連動表示、表示方法の改善意

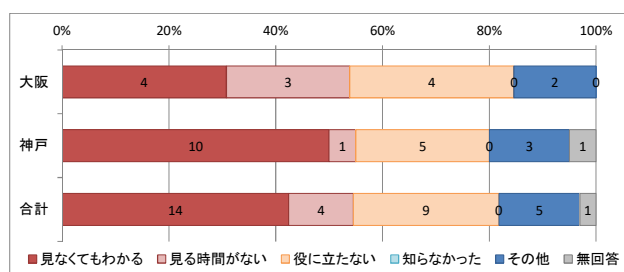


図-6 事故リスク情報を「見ていない」理由

表-4 「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	-	-	-

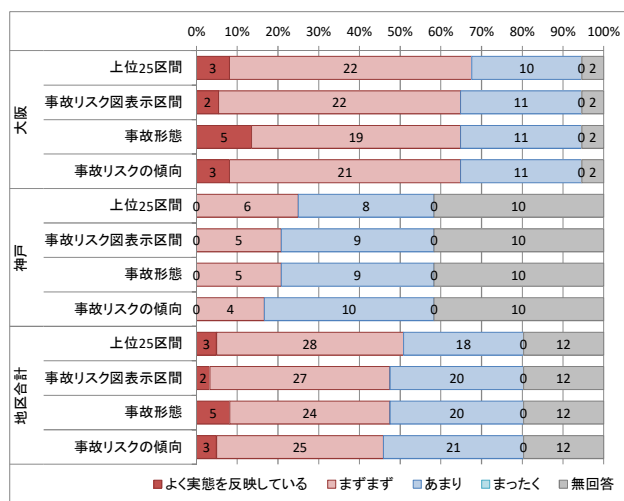


図-6 事故リスク情報の精度に関する評価

見など、さらに交通管制に事故リスクを活用するためのシステム改善を要望する意見も多く頂いた。

5. まとめと今後の展望

(1) まとめ

本研究では、交通管制でのリアルタイム事故リスク情報の活用を目指し、事故リスク予測モデルの精緻化及び、情報提供のためのシステム構築、情報提供の評価を行った。交通管制におけるリアルタイム事故リスク情報提供を約1年間実施した結果、交通管制員からは概ね肯定的な評価をいただいた。一方で、情報の精緻化や提供システムの改善、さらなる交通管制の高度化に向けた事故リスク情報の活用が要望されている。

情報提供の精緻化については、昨年1年間に情報提供を行った事故リスク情報の蓄積データを分析し、提供事故リスク情報が妥当性を評価する分析を進める。具体的には、実際に事故が発生した時間帯の事故リスク予測情報の蓄積データを抽出し、事故が発生した場合(時・区間)には、リアルタイム事故リスク情報において、どの程度の精度で高事故リスク区間として情報提供がなされたかを評価する予定であるため、発表時には結果を併せて報告する。

(2) 今後の展望

今後は、さらなる交通管制の高度化に事故リスク情報を活用することを目指し、交通管制システムを介した道路情報板や阪神高速が提供する交通情報サービスである「阪神高速はしれ Go!」等での提供を検討する。また、事故リスク情報を活用したパトロールカーの最適配車マネジメントによる業務の合理化と交通事故損失の削減、ITVカメラの高リスク区間へのオートフォーカス等による交通事故の早期発見、早期処理、そして道路交通管理の効率化を目指した取り組みを検討する。

参考文献

- 1) 阪神高速道路(株):第3次交通安全対策アクションプログラム-阪神高速, <https://www.hanshin-exp.co.jp/company/torikumi/anzen/3rdAP.html>, 2017.
- 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) 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
- 4) 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.

- 5) 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.
 - 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.
- (2018. 4. 27 受付)

Experimental Providing and Verification of Real Time Traffic Accident Risks Information for Traffic Management Officer

Yukiko OZAWA, Yauyuki IWASATO, Takumi UNO, Yusuke YASUDA, Takehiko DAITO