

# 事故データベースに基づく動的な事故リスク情報の 交通マネジメントへの活用

## An Application for Traffic Management Using Traffic Accident Risk Prediction on Hanshin Expressway

岩里泰幸\*1 児玉崇\*2 小澤友記子\*3 大藤武彦\*4

\*1 阪神高速道路株式会社保全交通部(E-mail: yasuyuki-iwasato@hanshin-exp.co.jp)

\*2 阪神高速道路株式会社計画部(E-mail: takashi-kodama@hanshin-exp.co.jp)

\*3 株式会社交通システム研究所(E-mail: ozawa@tss-lab.com)

\*4 株式会社交通システム研究所(E-mail: daito@tss-lab.com)

阪神高速道路では、パトロール隊が現認した事故に関する情報を蓄積する「交通統計システム」の主要機能のひとつとして、事故データに、道路構造、交通等の関連データを時空間的に連携させた「事故データベース」を構築して、阪神高速道路の交通管理業務への活用を図っている。本稿では、「事故データベース」を活用した動的な事故リスク情報の交通マネジメントへの活用について、そのコンセプトを形成して施策を体系化する。また、事故リスク予測モデルに基づく事故発生確率と事故発見時刻の比較を通して、事故早期発見の可能性を検討するとともに、早期発見、及び事故リスク情報提供による安全運転支援への活用方法を提案する。

**Keyword: Safety, Data base, Accident risk, Safe Drive Support, Traffic Management**

### 1. はじめに

#### 1-1 研究の背景と経緯

近年は、自動運転技術の進展や安全・環境といった道路交通の負の遺産解消に向けた取り組みが進展するとともに、ドライバーが期待するサービスの高度化・多様化に対応した新たな価値の創出が求められてきている。

とくに、ASV 技術の進展は目覚しく、車間距離制御装置などの安全運転支援技術は既に市場に浸透しており、車車間通信を用いた安全システムや路車協調システムであるいくつかの安全運転システムも実証実験が進められ、一部では自動運転の実証実験も始まっている<sup>1)</sup>。また、インフラその他の大量のデータについて、データから目的とするメカニズムの見える化ノウハウや高容量データ分析環境の向上により、より有用な情報が生成され、活用されるようになってきている。一方で、サービスの即時性や個性といったきめ細やかさへの要求も高くなっている。

阪神高速道路でも、交通安全支援に資することが可能な交通事故に関連する大量のデータを有しており、その活用が期待されてきたが、関連するデータの次元や時空間単位情報が異なることから、その活用は限定されていた。しかしながら、これまでの「記録」や「諸元」検討のためのデータから「活用」へといった資産活用要請の高まりや、データに基づく科学的根拠を有する定量的な分析とサービスの創出に対する強い要請を背景に、データベース化が図られた<sup>2)</sup>。ここでは、空間情報の統合に向けて、とくに道路構造物の GIS に基づく情報基盤整備に伴い、位置表現の共通化が図られ、多様なデータの空間マッチングや外部との情報流通が可能な環境が整ったことが、大きな推進力となったと考えられる。

この結果として、より詳細で精緻な事故分析が進められるとともに、大量で多様なデータを活用した利用者サービスが具現化されるようになった。たとえば、個別で具体的な交通安全教育プログラムの構

築と提供(阪高 SAFETY ナビ)<sup>3),4)</sup>、カーナビを活用した道路交通情報流通スキムの試行(Project Z NAVI de HANSHIN!)<sup>4)</sup>、そして動的な事故リスク情報提供を含めた経路選択や出発時刻選択を支援する情報提供などである(SAFETY ドライブ・スマートチョイス)<sup>5)</sup>。

## 1-2 研究の目的と概要

このような背景に基づき、阪神高速道路では、過年度よりパトロール隊が現認した事故データに道路環境データ、交通環境データ、気象データ等を時空間的にマッチングさせた事故データベースを構築し、事故分析といった利用にとどまらず、利用者サービスに活用してきた。

本稿では、阪神高速道路が整備した「事故データベース」について概説し、「事故データベース」を活用した動的な事故リスク情報の交通マネジメントへの活用について、そのコンセプトを形成して施策を体系化する。なかでも、事故リスク予測モデルに基づく事故発生確率と事故発見時刻の比較を通して、事故早期発見の可能性を検討するとともに、早期発見、及び事故リスク情報提供による安全運転支援への活用方法を提案する。

## 2. 事故データベースの概念形成と整備

### 2-1 事故データベースの目的と概念形成

事故データベース整備の目的は、「安全対策に関連する業務の効率化・クオリティ向上・高度化」である。「業務の効率化」は、事故データと関連する各種データの整備に際して作業の迅速化と負担軽減を図るものであり、「業務クオリティ向上」は、事故分析の共有化、見える化、分析の迅速化と高度化等により、安全対策業務のクオリティを高めるものである。そして、「業務の高度化」は、膨大な作業量のために実施できなかった事故分析を可能とし、新たな安全対策の視点を見出すなど、業務の高度化を図ることが目的である。さらに、事故及び動的な事故リスク情報を活用することで、交通事故を削減して交通安全に資するとともに、安全・安心・快適な交通の実現に寄与することを目的とする。

このような目的に対して、より効率的にデータを共有し、活用して交通安全対策をはじめとした多様な要求に対応するため、次のようなコンセプトに基づいて「事故データベース」を構築することとした。

- ① 事故状況の見える化
- ② 関連資料の一元的な共有化
- ③ 安全対策の蓄積

### ④ 業務支援とデータ活用の推進

① 事故状況の見える化は、影響する要因などと事故発生状況や特性を容易に把握可能になるように、集計、ビューワを通じた把握できる機能を拡充するものである。② 関連資料の一元的な共有化は、関係各部署の職員の事故や安全対策に対する意識や態度を高め、発生状況などに容易にアクセスできる共有領域を使用した情報共有の仕組みを確立するものである。③ 安全対策の蓄積は、安全対策を体系的に検索、参照して今後の安全対策検討の基礎資料に資するために、各種カルテなどのシステム化を図るものである。そして、④ 業務支援とデータ活用の推進は、安全対策検討に向けた分析やサービス検討の基礎資料として活用するために、事故データベースの自動生成化、事故リスク情報予測と提供をシステム化するものである。

### 2-2 事故データベースの整備

事故データベースに格納するデータは、事故データと、関連する構造データ、交通データ、気象データ、そして安全対策データである(表 1)。これらを基礎データとして、データクリーニングや補完を行って一次データとし、関連するデータの時空間マッチングと集計などに必要なデータ追記と加工をした二次データを整備してデータベースとし、集計・検索システム、リアルタイム事故リスク情報生成システム、情報提供・配信をする WEB サーバ、そしてユーザ・インターフェイスによって構成する。なお、交通統計ポータルサイトをあわせて提供する(図 1)。

表 1 事故データベースに格納するデータ一覧

分類	データ名	単位
事故 構造	交通事故データ	0.1Km/都度
	線形・構造データ	10m (緯度/経度) (暫定0.1Km)
	舗装データ	
	標識・情報板等データ	
	遮音壁データ	
交通	交通データ	0.5Km/2.5分
	障害データ	0.1Km/都度
	工事データ	0.1Km/都度
	入路制御データ	都度
	情報板提供情報データ	0.1Km/都度
気象	観測局データ	観測局/時
	アメダス・ナウキャストデータ	1Km/5分
安全対策	滑り止め舗装データ	0.1Km/年月
その他	ディクショナリ、カレンダー等	

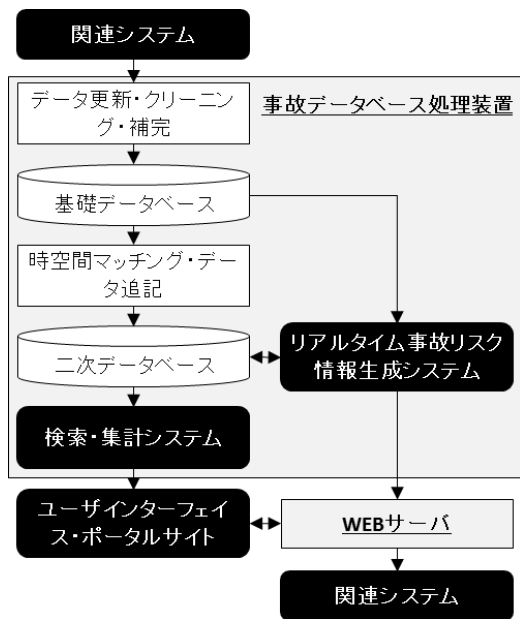


図1 事故データベースの全体構成

### 3 事故データベースに基づく動的リスク情報の生成方法

#### 3-1 動的事故リスク情報生成方法の概要

「動的事故リスク情報」は、事故データベース及び連携する「リアルタイム事故リスク情報生成システム」において”その時・その場所に内在する“危険の度合い”を予測して提供するものであり、リアルタイムの交通データと降水強度、そして関連する説明変数を使用して生成する。

モデル分析の対象データは、2010年4月1日～2013年3月31日までの3年間の事故データベース、分析の単位区間は0.1Km、単位時間は5分である。

#### 3-2 動的事故リスク情報生成モデルの構築

分析対象とするモデルは、ポアソン回帰モデルに基づき、被説明変数を事故形態別事故件数とし、走行台キロをオフセットとして設定する。

モデル推定結果の代表例を表2に示す。

推定の結果、各事故形態の特性を反映した説明変数が統計的に有意に求められている。とくに、追突事故は渋滞・停滞といった交通状況と降雨ありが、車両接触事故は本線料金所が最も大きく、渋滞・停滞、交通量が多い合流・分岐区間と環状線が、施設接触事故は降雨ありとカーブ、そして本線料金所が大きく寄与しており、各事故形態の特性を十分反映していることが確認できる。

ポアソン回帰モデルの概要を以下に示す。

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

$\mu_i$  : 事故発生件数期待値

$\lambda_i$  : 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

$\alpha, \beta$  : 事故発生リスク(件/億台キロ)

## 4. 動的事故リスク情報予測の検証と効果の評価

### 4-1 モデルを用いた事故リスク情報の予測と検証

ここでは、モデルの推定対象である3年間の毎5分・0.1Km毎の事故形態別事故率を推定し、事故分析単位区間(概ね0.3~0.8Km単位の区間)における事故率実績値との比較を通して検証を行った。

事故形態別事故分析区間時間帯別事故率の実績値と予測値を比較したところ、マクロ的には決定係数も十分高く、RMSEも十分精度が高いとはいえないまでも、ある程度小さい誤差の範囲にあることを確認した(表3)。

表2 動的事故率予測モデル分析結果例(追突事故)

説明変数	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	2.39966	0.03005	79.866	< 2.00E-16 ***
混合流	0.99084	0.0532	18.623	< 2.00E-16 ***
渋滞末尾	3.31185	0.03608	91.788	< 2.00E-16 ***
渋滞流	3.35572	0.03797	88.377	< 2.00E-16 ***
停滞流	4.19547	0.04162	100.804	< 2.00E-16 ***
本線料金所	1.64294	0.06305	26.057	< 2.00E-16 ***
縦断1	0.23641	0.08883	2.661	0.00778 **
縦断2	0.16266	0.07874	2.066	0.038838 *
縦断3	-0.20376	0.10177	-2.002	0.045277 *
縦断4	0.29161	0.06309	4.622	3.80E-06 ***
合流4	0.1491	0.07845	1.901	0.057342
分岐1	0.22796	0.07153	3.187	0.001438 **
分岐2	0.42398	0.08818	4.808	1.52E-06 ***
分岐3	0.16068	0.07226	2.224	0.026164 *
分岐4	0.36642	0.09746	3.76	0.00017 ***
環状線	0.46678	0.05673	8.227	< 2.00E-16 ***
降雨あり	1.13356	0.03197	35.457	< 2.00E-16 ***
夜間	-0.15026	0.03503	-4.289	1.80E-05 ***
週末	0.2207	0.03757	5.875	4.24E-09 ***
休日	0.21283	0.03822	5.568	2.58E-08 ***
池環分岐手前ダミー	1.40157	0.0944	14.847	< 2.00E-16 ***
守口本線料金所ダミー	0.91896	0.25063	3.667	0.000246 ***
北津守出口付近ダミー	2.61872	0.70832	3.697	0.000218 ***
北津守入口付近ダミー	1.96684	1.00023	1.966	0.049254 *
阿倍野入口付近ダミー	0.62323	0.31831	1.958	0.050243 *
泉大津本線料金所ダミー	0.416	0.23809	1.747	0.080599
尼崎本線料金所ダミー	0.85576	0.19619	4.362	1.29E-05 ***
自由度	11274			
尤度比	0.6757857			

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

表3 事故形態別事故率の実績値と予測値比較

事故形態	指標	事故率
追突	実績平均値	28.5件/億台キロ
	予測平均値	29.5件/億台キロ
	決定係数R2	0.893
	RMSE	19.7
車両接触	実績平均値	19.2件/億台キロ
	予測平均値	19.0件/億台キロ
	決定係数R2	0.717
	RMSE	27.1
施設接触	実績平均値	29.5件/億台キロ
	予測平均値	28.5件/億台キロ
	決定係数R2	0.741
	RMSE	30.9

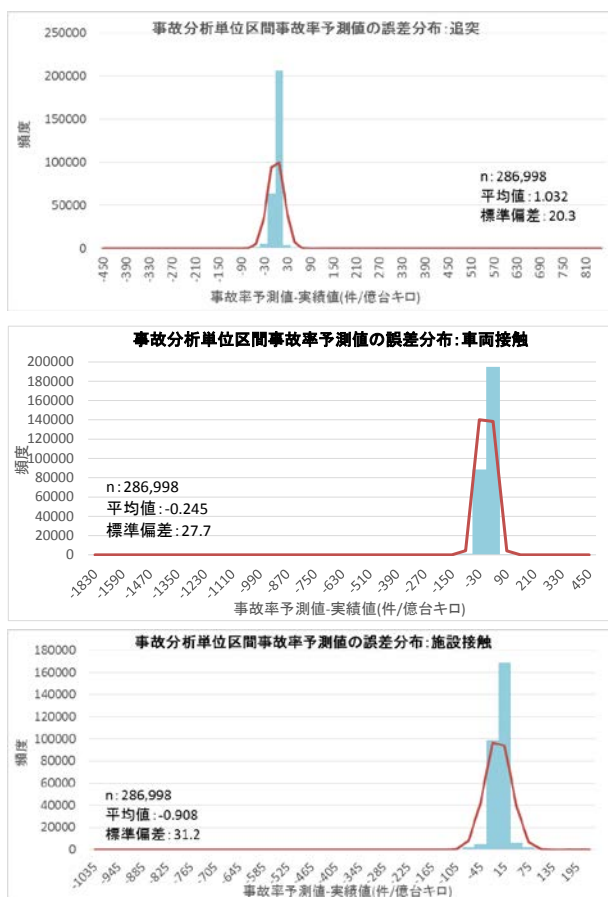


図2 事故率予測値の誤差分布

実績値と予測値の誤差分布を図2に示す。いずれの事故形態でも予測値誤差は極めて小さい。しかし、車両接触事故と施設接触事故は、いくぶんバラつきがあり、過少予測傾向にあるデータが存在する。これらの過少予測傾向は、特定の突出して事故が多発する区間であり、区間ダミーにより予測モデルの精緻化を図ることとしている。

なお、過去3年間の事故が発生した時刻・区間を対象として予測した事故率と、事故が発生しなかった時刻・区間の事故率予測値を比較すると、表-3に示すように、事故発生区間時点の事故率は全区間全時間帯における事故率予測値と比べて顕著に高いことが明らかであり、事故が発生した区間・時点の事故率は高く、発生しなかった区間・時点の事故率は低く予測された傾向にあると言える。

#### 4-2 事故多発区間における事故発生の再現性評価

まず、事故リスク情報の再現予測結果に基づき、「比較的、事故が多発している区間(事故多発区間)」に着目して、事故多発区間で事故リスク情報が高く予測されたかどうかを評価する。

検証期間中に事故多発区間で発生した事故件数は、追突事故：69%、車両接触事故：77%、施設接触事故：78%であり、やはり事故多発区間において発生する事故件数の割合は高い。追突事故は、交通環境の影響が大きく道路構造への依存が比較的小さいためか、事故多発区間の事故率は全事故発生と比べて顕著には大きくはないが、明らかに事故多発区間における予測値はその他区間よりも大きい。次に、事故発生時における事故率予測値を検証する。

事故率予測値が十分高く事故発生を意味する閾値を200件/億台キロとした場合、閾値以下の事故率となった件数は、追突事故と施設接触事故では約2割、車両接触事故では約4割程度である(図3)。交通環境要因に依存する事故が比較的多いとされる追突と車両接触事故において事故率が低く予測された割合が高く、施設接触事故で比較的高いこと、その割合が2割~4割程度となっているが、その割合もうなずけるものである。

### 5. 動的事故リスク情報の交通マネジメントへの活用とユーザサービス

#### 5-1 事故リスク情報を活用したユーザサービス

“事故リスク”情報について、利用対象ごとの活用イメージを下記に示す。

- ①ドライバーに対して
  - ・運転アドバイス情報の提供による具体的な事故予防運転の訴求
  - ・危険度や所要時間への影響度に関する比較情報の提供によるより安全な経路・時間帯への誘導
- ②道路管理者に対して
  - ・事案の早期発見に資する警戒地点情報の提供による迅速な事案対応の支援

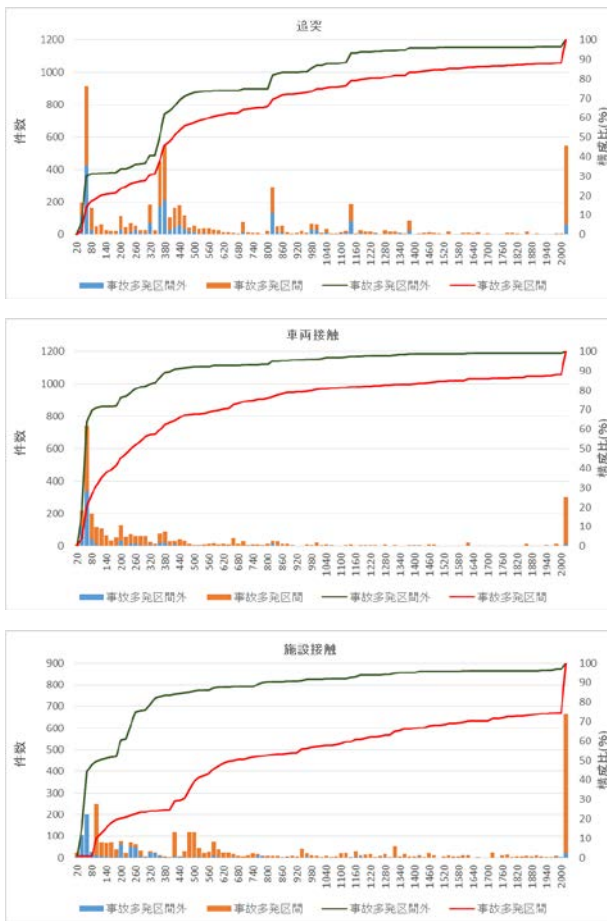


図3 事故発生区間と区間外別事故率ランク別件数比較

③自動車に対して

- ・種類別事故予測に基づく警戒走行モード情報の配信による警戒走行の支援

これらの情報はすべて、潜在的な事故発生の予測値を活用するもので、利用対象や、活用サービス（場面）の違いにより直接的な恩恵やその程度は異なる

ものの、いずれもリスク低減が安全・安心・快適性の向上に寄与しており、多様な“事故リスク”情報をそれぞれ適切な場面で適切な内容で提供していくことで、総合的な交通安全性の向上が図れるものと考えられる。図4に“事故リスク”情報を活用したユーザーサービスの体系を示す。

5-2 事故リスク情報を活用したサービスパッケージ

事故データベースと動的事故リスク情報提供システムは、ユーザ及び関連システムに配信が十分可能であり、事故リスク情報を活用したサービスパッケージとして構築する(図5)。

5-3 事故リスクの活用に向けた検討ステップ

事故リスク情報が今後有効に機能していくためには、安全運転支援サービスやツールを具現化してその活用のあり方や有効性を発信し、同情報の活用に対する具体的なニーズを発掘して認知度を高めていくといったステップが必要である。

まずSTEP1として、相当程度の精度を有する事故リスク情報生成モデルを構築し、同情報の生成環境を整備する。次にSTEP2として、安全運転支援情報に関心の高い層を対象に、単純で実用的な便利ツールを構築・提供して、そのあり方や有効性を発信し、多様な“事故リスク”情報に関するニーズや使い方を発掘することで、活用性の高い“事故リスク”情報への改善を図る。さらにSTEP3として、即時提供機能の導入を検討して精緻化を図るとともに、ドライバーの認知・態度変容・効果の向上について検討し、民間事業者の運営するサービスとの連携や阪神

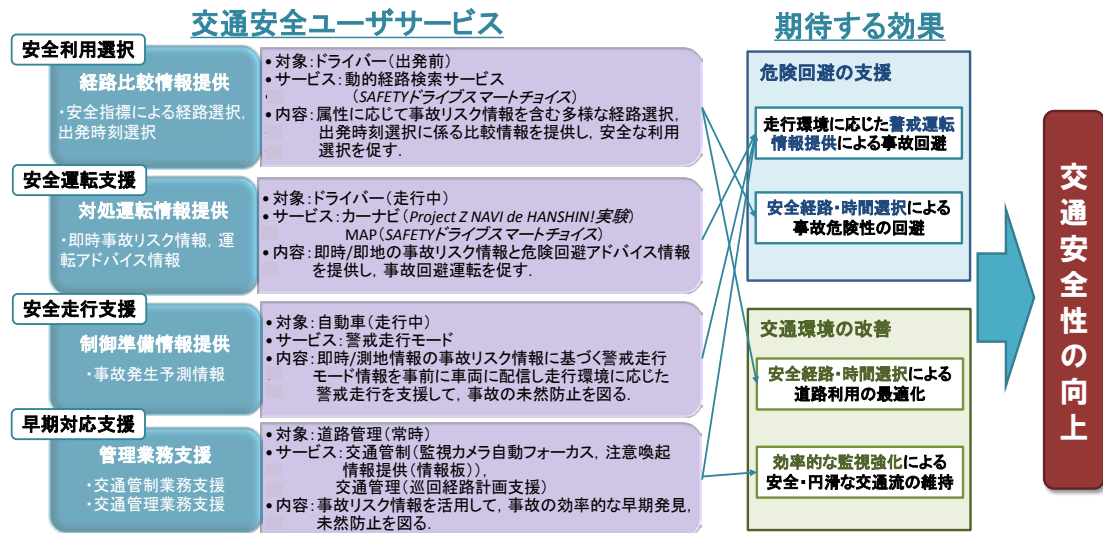


図4 事故リスク情報を活用したユーザーサービス体系

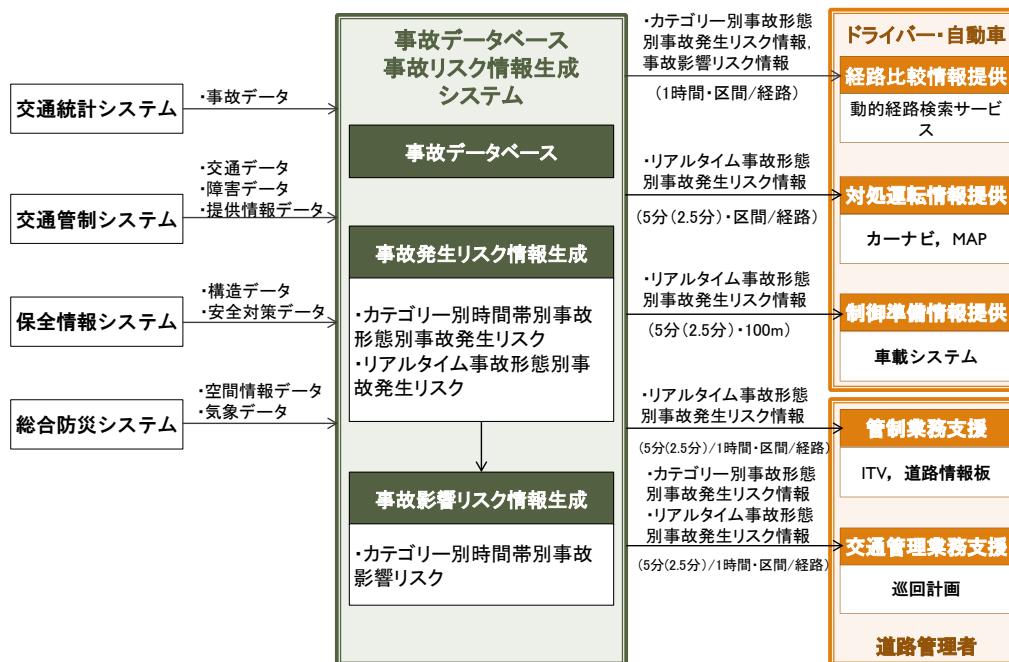


図5 事故リスク情報を活用したサービスパッケージ

高速道路の交通管理業務・交通管制業務の支援への適用を目指す。

以上のようなプロセスで、同情報の段階的な改善や効果的な活用の拡大を図っていくことが必要である。

## 6. 今後の課題

今後は、動的事故リスク情報提供を実現するために、システムを構築し、提供媒体の設定、及び提供すべき事故リスク情報生成について、当面の提供媒体を見通した戦略的な取り組みが求められる。

また、事故リスク情報は、まだドライバーに認知されていない。情報への要請や態度と実行意図、そして行動変容などについて検証、評価を継続して、より効果的な情報提供を検討していく必要がある。

さらに、安全運転支援の効果と経路選択行動への影響や交通の円滑化効果などを評価する必要がある。

なお、一般道路を含めた動的な事故リスク情報提供を目指すことも非常に重要である。関連するシステムとの連携とともに、一般道路を含めた事故データの精緻化や分析の深化が求められる。また、将来の自動運転への支援の可能性についても、課題として挙げられる。

## 参考文献

- 1) 「自動運転をめぐる国際動向について」第9回IT総合戦略本部新戦略推進専門調査会道路交通分科会資料、16<sup>th</sup> Apr. 2015
- 2) 小澤、兒玉、大藤「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集(実務論文)、Sep. 2010
- 3) 兒玉、北澤、大藤「阪神高速道路の交通安全対策～交通安全対策アクションプログラムの検証と新たな取り組み～」第30回交通工学研究発表会論文集(実務論文)、Sep. 2010
- 4) 兒玉、古川「MM手法に基づく安全運転教育ツールを用いた交通安全施策」阪神高速技報第27号、2014
- 5) T.KODAMA, D.YABUKAMI, T.DAITO, Y.OZAWA “INFORMING DRIVERS ON ACCIDENT RISKS: A CASE OF HANSHIN EXPRESSWAY’S WEB-BASED TOOL “SAFETY Drive / Smart Choice” 22st ITS World Congress Bordeaux, 2015
- 6) 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(実務論文)、Sep. 2015