

# 首都高速道路における 事故リスク予測モデルの構築

三浦 正幸<sup>1</sup>・深井 靖史<sup>2</sup>・篠田 直樹<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 非会員 首都高速道路株式会社 保安・交通部 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1)  
E-mail:m.miura1313@shutoko.jp

<sup>2</sup> 正会員 株式会社福山コンサルタント 東京支社 (〒112-0004 東京都文京区後楽 2-3-21)  
E-mail:y.fukai@fukuyamaconsul.co.jp

<sup>3</sup> 非会員 株式会社福山コンサルタント 東京支社 (〒112-0004 東京都文京区後楽 2-3-21)  
E-mail:shinoda@fukuyamaconsul.co.jp

近年、ドライバーに潜在的な交通事故リスク情報を提供することで、より安全な経路への変更、利用時刻の変更などを促進し、事故発生リスクを低減させることが可能であるという知見が得られてきている。

本研究では、安全対策の一環として、当社が所有する動的データ（主に交通管制データ）、静的データ（主に道路構造データ）を 100m 毎、5 分間毎のデータとして交通事故データベースを作成し、交通事故と複数の指標の間の関連性について分析を行なう。その上で、交通事故と指標の間にポアソン分布モデルを適用することで、交通事故リスク予測モデルプロトタイプを作成した。

今後は、このモデルを活用して、経路別の近未来事故リスクを算定し情報提供する方法、交通管理車両等の戦略的配置方法について研究を進め、早期の実用化を目指すものである。

**Key Words:** *traffic accident risk, prediction model, metropolitan expressway*

## 1. はじめに

警察庁統計によると、交通事故件数は平成 15 年、交通事故死者数は平成 3 年をピークにそれぞれ年々減少傾向ではあるものの、平成 25 年における事故件数は 80 万件、事故死者数は 4,373 人と依然として多いのが現実である。

首都高速道路においても、平成 26 年度で交通事故件数が 10,342 件、人身事故件数が 1,289 件と決して少なくない（いずれも首都高速データ）。

高速道路上の安全対策は毎年実施しているが、分合流部における車両接触事故、カーブ区間での施設接触事故、渋滞時の追突事故等は、毎日平均 30 件程度発生している状況である。

近年、交通事故リスクという概念が示され、先行研究として、兵頭、吉井ら<sup>1)</sup>、大藤ら<sup>2)</sup>などがあり、事故リスクの定義、高速道路での事故リスク、一般道での事故リスク等について研究が始まっている。阪神高速道路(株)のホームページでは、事故リスクをドライバーが経路選択する際の 1 指標として提供する試みも実施されている。

交通事故リスクは、急カーブ、分合流等の静的な要因だけではなく、交通量、速度、路面状況等により動的に変化するため、事故リスクの提供方法を工夫すれば交通安全に寄与できるのではと期待されており、当社でも事故リスク予測モデルを構築し、ドライバーに提供するサービスの検討を開始している。

## 2. 交通事故リスクとは

まず交通事故リスクとは、ある時点（1 分ないし 5 分程度）、当該区間（地点）において走行したときに交通事故を引き起こす確率のことを示す。これは事故率で示されるため、件/億台キロの単位で示される。

事故率については、道路交通センサスの区間別や交差点別に算出され、安全対策事業を進める際の指標として用いられている。

しかしながら、これは 1 年間を通しての危険度合いを示す数値であり、事業を行なう上での指標としては有効であるが、ドライバーにとっては、本人が通行する際の事故危険度合いを示しているかどうかかわからず、経路選

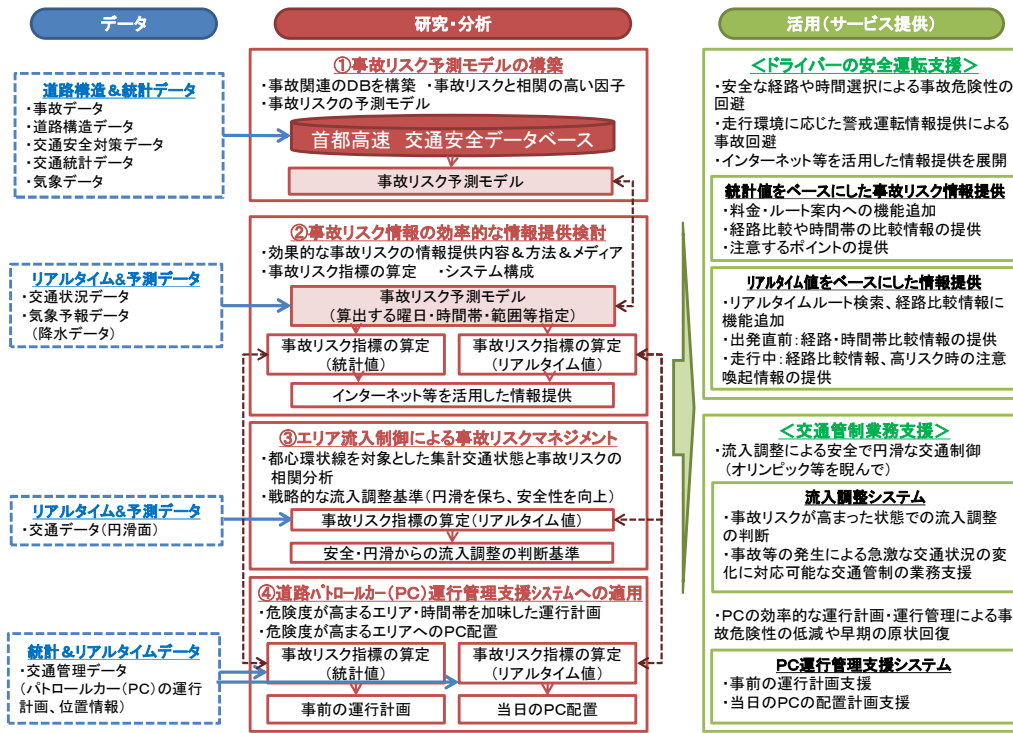


図-1 事故リスク・事故データベースの活用イメージ

択する際の指標としては弱い。

そこで、過去数年のデータから、事故リスクカレンダーを作成し、経路選択可能地点においてリアルタイムに事故リスクを提供することで、ドライバーにより安全な経路を選択していただく等、出発時刻の選択や経路選択の材料とする。

これらの対策により、安全な経路への交通分散を図り、結果として交通事故のリスクをネットワーク最小化することを目的とする。

また、既存の交通安全対策実施箇所との優先順位検討等にも活用することが可能となる。

さらには、エリアでの安全性を担保し、事故が発生して車線規制を実施することによる円滑性低減を抑止するための指標として活用することができる。

リアルタイムで事故リスクが変化することから、現在一律に走行している道路管理車両を、事故リスクに合わせて戦略的に配置する、交通状況が急変し、事故リスクも急変した際の管理戦術の変更等にも活用できる。

これら事故リスク・事故データベースの活用イメージは、図-1 のとおりである。

### 3. 事故リスクモデルの検討

(1) 事故、道路構造及び交通状況データベースの作成  
動的な指標（交通量、速度、降水量等）、静的な指標（道路構造等）と交通事故発生との関係についてモデル化

を行ない、近未来、将来の交通安全リスクを予測することを試みた。

そのために、まず過去2年6か月の交通事故データを対象とし、感知器区間別交通データ（交通量、速度等）、降水量等の時系列情報について整理すると共に、事故の最小単位として100mピッチで道路構造（平面線形、縦断勾配、分合流等）について整理し、事故形態別にデータベース化した。事故データベースのイメージは図-2のとおりである。

データベースは、現状では試行錯誤段階であるためCSV形式で格納しているが、膨大なデータとなるため、様式を決定しSQL等で今後整備を進めていく予定である。

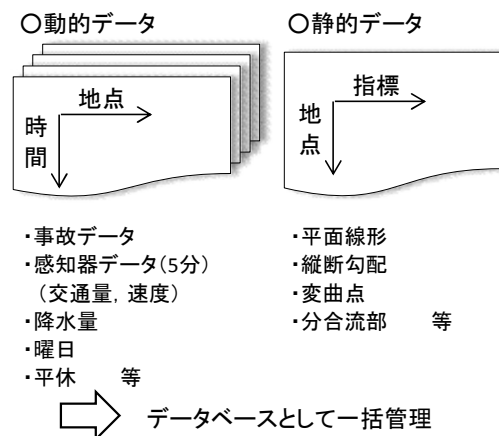


図-2 事故データベースイメージ

なお、現時点の使用データとして、交通状況はセンサーデータ、降水量は気象庁データ、道路構造等は当社の保有のデータを用いている。しかし、降水量等のデータについては、ゲリラ豪雨が予測される場合、事前の地点別予測値が大きく異なる可能性が出るため、X-RAIN 等のスポットかつ短時間のデータに置き換えることも検討している。

今後も継続的に各種データを追加していくことでデータベースを充実化させていく。

**(2) 指標の抽出**

次に、交通事故と各指標の相関等について分析し、モデルに取り込むべき指標を選択した。

首都高速で発生している交通事故（物損及び人身）の内訳は図-3 のとおりで、追突 46%、車両接触 25%、施設接触 21%となっている。よって、総事故は追突事故の要素に大きく引張られる可能性がある。一方で、施設接触事故は図-4 のように湿潤路面との関係が強い等、事故形態別に関連する指標が異なっていることがわかる。

そこでまず、各種指標と、首都高速で発生している事故の主な形態である追突事故、車両接触事故、施設接触事故の各形態別事故率との関係を分析した。代表的な例を以下に示す。

**a) 速度帯別事故率**

図-5 及び図-6 に速度帯別事故率分布を示す。

追突事故（図-5）に関しては、低速度帯での事故率が高く、高速度帯での事故率が低くなっており、速度が上がるにつれて事故率は低下する傾向にある。一方で、車両接触事故（図-6）に関しては、低速度帯で事故率が高い傾向にあるが、30-40km/h の事故率もやや高い状況にある。

これは、渋滞中の追突事故や車両接触事故が多い一方で、分合流部等の 30-40km/h での車両接触事故が多いことと合致する。

**b) 曲線半径別事故率**

曲線半径別事故率（施設接触事故）を図-7 に示す。

施設接触事故はカーブ部で多い傾向となっており、曲線半径別にみると、曲線半径が小さい程事故率は高く、曲線半径が大きくなるにつれ、事故率は低くなり、曲線半径が 400m 以上になるとほぼ一定となっていることがわかる。

**c) JCT 分合流部からの距離別事故率**

JCT 分合流部からの上流側事故率（車両接触事故）を図-8 に、JCT 合流部からの下流側事故率を図-9 に示す。

JCT 分合流部から上流側の事故率は、500m 以上離れている地点に比べ全体的に高い傾向ではあるが、距離による差があまり見られない状況であり、また、合流部下流側については、合流部から離れるに従って事故率が小さ

くなる傾向であり、分流部・合流部で差がみられる。

**d) 降水時間別事故率**

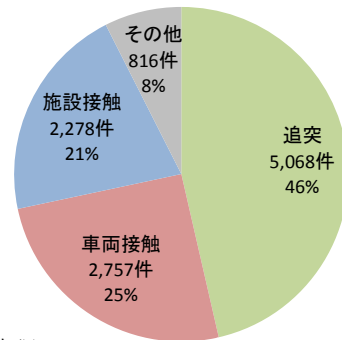
対象とした時間の前 1 時間の降水時間、前 6 時間の降水時間、前 12 時間の降水時間別の事故率（施設接触事故）を図-10～図-12 に示す。

上記項目については、相関が高く、同時に使用する場合、多重共線性を考慮すると、使用方法については配慮が必要である。そのため、各指標をカテゴリ化する過程でそれぞれの事故率について分析し、指標の統合等について検討した。

前 1 時間の降水時間については、降水時間によらず、降水があると事故率が高くなる傾向が確認できるが、前 6 時間、前 12 時間の降水時間でみると、降水時間が長い方が事故率が高くなる傾向が確認できる。

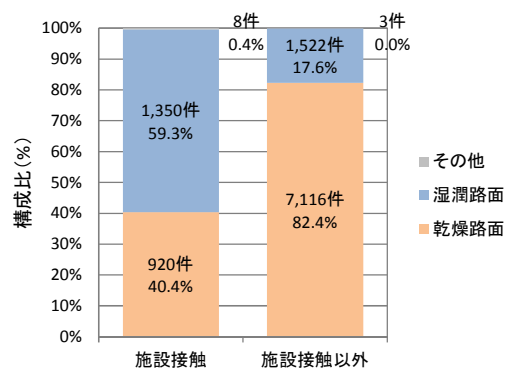
こうした状況を踏まえ、最終的に、交互作用項として、前 1 時間の降水有無別に前 12 時間の降水時間数によりカテゴリ化して分析を行なうこととした。

こうした検討の結果、総事故、追突事故、車両接触事故、施設接触事故毎に、表-1 に示すような指標及びカテゴリを用いることとした。



※首都高調べ  
※集計期間 平成 27 年 4 月～平成 28 年 3 月

図-3 首都高速道路で発生した事故の事故形態の内訳



※首都高調べ  
※集計期間 平成 27 年 4 月～平成 28 年 3 月

図-4 路面状態別事故件数

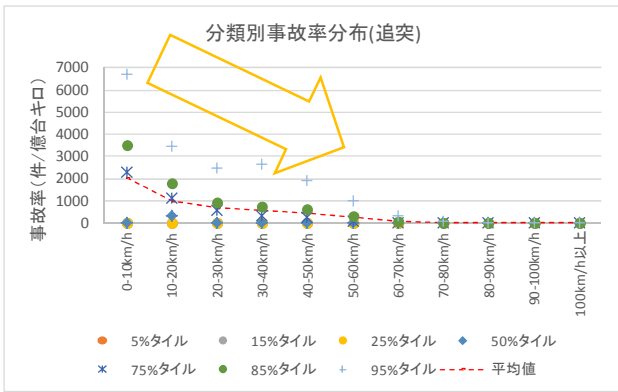


図-5 速度帯別事故率分布（追突事故）

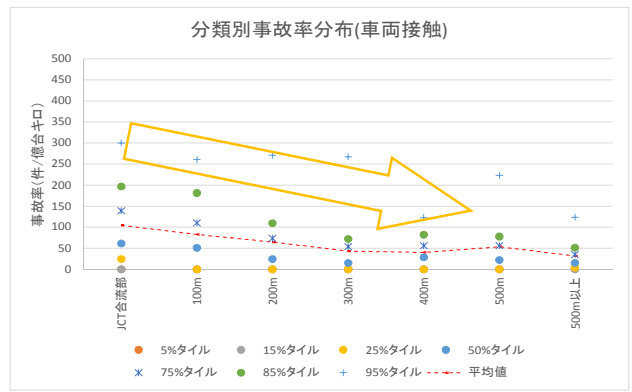


図-9 JCT合流部からの距離別事故率分布（下流側）（車両接触事故）

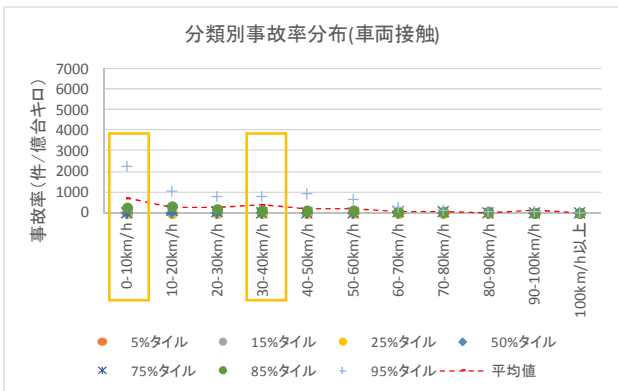


図-6 速度帯別事故率分布（車両接触事故）

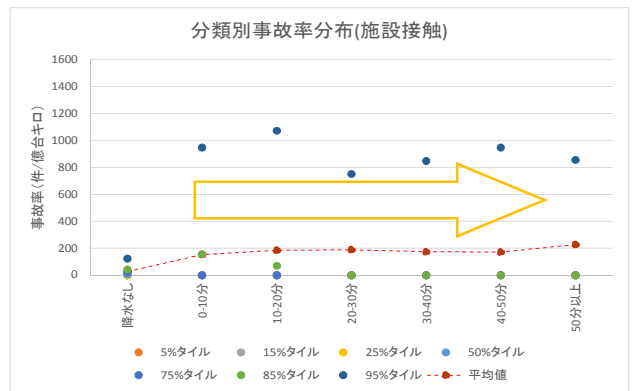


図-10 前1時間中の降水時間別事故率分布（施設接触事故）

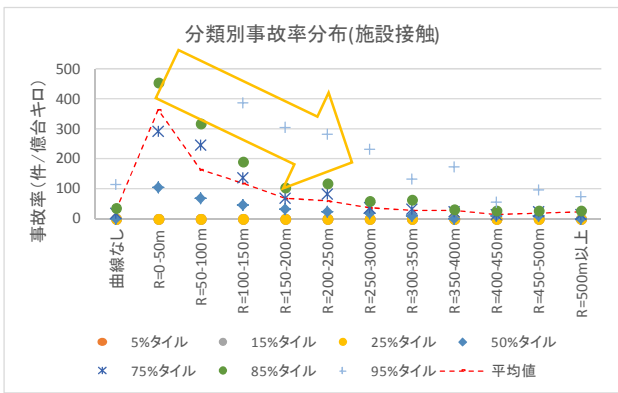


図-7 曲線半径別事故率分布（施設接触事故）

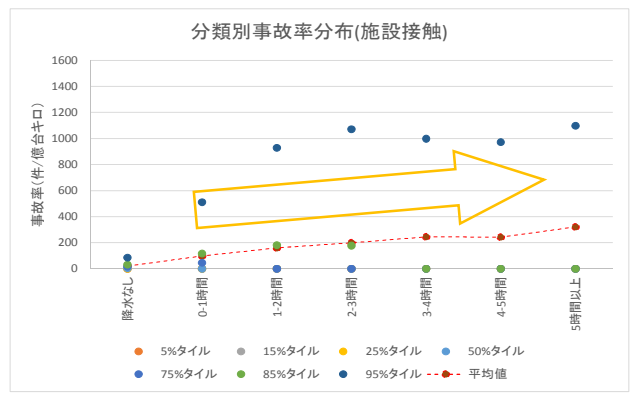


図-11 前6時間中の降水時間別事故率分布（施設接触事故）

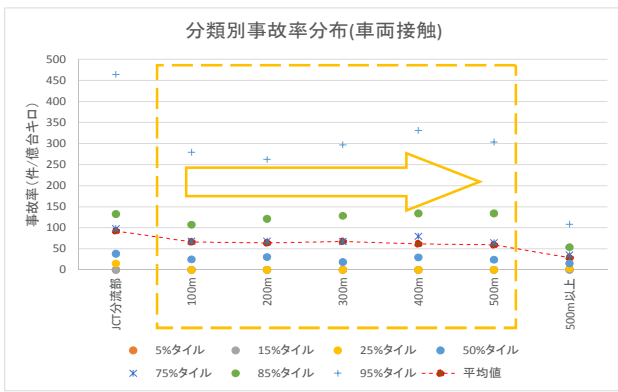


図-8 JCT分流部からの距離別事故率分布（上流側）（車両接触事故）

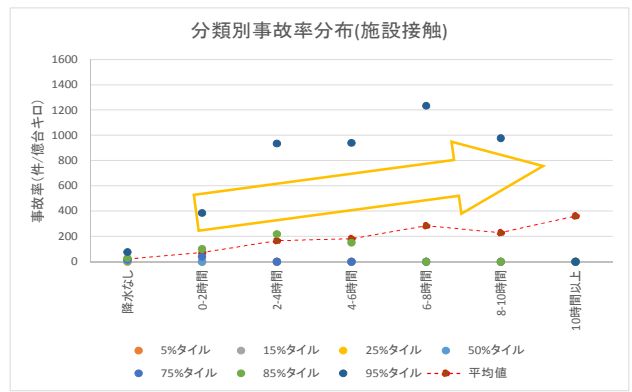


図-12 前12時間中の降水時間別事故率分布（施設接触事故）

表-1 カテゴリー分類一覧表

分類	内容	分類1	分類2	分類3	分類4	分類5	分類6	分類7	分類8
動的データ	トラカン速度	0-10km/h	10-20km/h	20-30km/h	30-40km/h	40-50km/h	50-60km/h	60km/h以上	
	渋滞末尾(※)	渋滞末尾1	渋滞末尾2	渋滞末尾3	渋滞末尾4	(該当)			
	時刻	0-2時	2-4時	4-6時	6-9時	9-12時	12-17時	17-20時	20-24時
	薄暮時	朝薄暮時	夕薄暮時						
	曜日	日祝	月・火	水	木・金	土			
	舗装対策後経過年	1-2年目	3-4年目	5年以上					
	1時間降水量	降水なし	降水あり						
静的データ	前12時間降水時間(※)	0-2時間	2-4時間	4-6時間	6-8時間	8-10時間	10-12時間		
	曲線半径	R=0-100m	R=100-200m	R=200-300m	R=300-400m				
	カーブ方向	右カーブ	左カーブ	Sカーブ					
	勾配	下り4%以上	下り2-4%	下り0-2%	勾配なし	上り0-2%	上り2-4%	上り4%以上	
	サグ・クレスト	サグ	クレスト						
	道路構造	高架	土工	トンネル					
	車線数	1車線	2車線	3車線	4車線				
	設計速度	40km/h	50km/h	60km/h	70km/h	80km/h			
	規制速度	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h	70km/h	80km/h		
	カーブとの位置関係	カーブ部	上流100m	上流200m	上流300m以上	下流100m	下流200m	下流300m以上	
	分流部との位置関係	分流部	上流100m	上流200m	上流300m以上	下流100m	下流200m	下流300m以上	
	合流部との位置関係	合流部	上流100m	上流200m	上流300m以上	下流100m	下流200m	下流300m以上	
	織込み区間	該当							
本線料金所	該当								

※ 前12時間降水時間は、前1時間降水有無別に上記カテゴリーで分類した。  
 ※ 渋滞末尾については、速度等の関係から図-13に示す4カテゴリーに分類している。



図-13 渋滞末尾カテゴリー区分 (交通状態との関係)

### (3) モデルの作成

大藤ら<sup>2)</sup>では、負の二項分布による回帰およびポアソン分布による回帰について検討し、ポアソン分布モデルが適しているという結果となっていた。

当モデルでも、負の二項分布による回帰およびポアソン分布による回帰について検討し、結果として二項分布モデルよりもポアソン分布モデルの方があてはまりが良いことから、ポアソン分布モデルを適用することとした。

各モデルは、先に抽出した指標を基に、各カテゴリーをダミー変数とし、また、走行台キロ (億台キロ) をオフセット、事故件数を目的変数としたポアソン回帰モデルとし、事故形態別に分析を実施した。事故形態別に作成したモデル毎の適用状況を、表-2~表-3に示す。

適用された指標及びカテゴリについては、表-2~表-3の判定項を目安としてステップワイズ法により、指標の増減を繰り返し、多重共線性を避けるため、相関が高いもの、例えば感知器速度と規制速度、設計速度の様については、AIC や判定状況等を参考に指標の採用・不採用を判断した。

また、表-2~表-3 の係数項がプラスの場合は事故増加

に寄与する項目、マイナスの場合は事故減少に寄与する項目と評価でき、それぞれ数字が大きいものがより大きく影響すると判断できる。

評価指標の係数から見る事故形態別の特徴は以下のとおりである。

#### a) 追突事故

- 低速度で事故が多く、高速度では少ない傾向
- トンネル部や本線料金所での事故が多い傾向
- 渋滞末尾事故も一部が多くなっている

#### b) 施設接触事故

- 曲線半径の小さいカーブ部で多い傾向
- カーブ部の上流でも多い
- 降水状況 (前1時間の降水有無、前12時間中の降水時間) により、事故増減が大きい

#### c) 車両接触事故

- JCT分流部、合流部での事故が多い傾向
- 車線数別には車線変更等が生じない1車線では小さく、2車線で多くなる傾向

表-2 ポアソン回帰モデル推定結果 (追突事故)

	Estimate 係数	Std. Error 標準誤差	Z値	Pr(> z )	判定	
(Intercept)	5.16862	0.02346	220.307	< 2e-16	***	
速度	0-10km/h	2.17599	0.03085	70.502	< 2e-16	***
	10-20km/h	1.35817	0.02672	50.836	< 2e-16	***
	20-30km/h	0.61689	0.02967	20.854	< 2e-16	***
	30-60km/h	-0.91305	0.04127	-22.122	< 2e-16	***
	60km/h以上	-3.06165	0.03254	-94.101	< 2e-16	***
渋滞末尾	区分3	0.31152	0.05309	5.868	4.41e-09	***
	区分4	0.24720	0.04854	5.093	3.53e-07	***
夕渡幕		-0.28839	0.03441	-8.382	< 2e-16	***
	曜日	0.35966	0.02783	12.922	< 2e-16	***
カーブ部	土曜日	0.22461	0.02469	9.097	< 2e-16	***
	下流100m	0.20019	0.03289	6.087	1.15e-09	***
トンネル部	下流200m	0.22929	0.03688	6.217	5.07e-10	***
	前1時間降水あり	0.20656	0.02761	7.482	7.30e-14	***
JCT分流部	クレスト	0.14816	0.03025	4.898	9.69e-07	***
	上流100m	0.39344	0.02634	14.935	< 2e-16	***
橋込み区間	分流部	0.16309	0.03748	4.351	1.35e-05	**
	下流100m	0.16989	0.05605	3.031	0.00244	**
本線料金所	0.27766	0.03811	7.286	3.18e-13	***	
	0.95020	0.05250	18.100	< 2e-16	***	

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

表-3 ポアソン回帰モデル推定結果 (施設接触事故)

	Estimate 係数	Std. Error 標準誤差	Z値	Pr(> z )	判定	
(Intercept)	1.33184	0.03565	37.362	< 2e-16	***	
曲線半径	R<100m	2.91039	0.05370	54.195	< 2e-16	***
	100m<R<200m	2.34808	0.03991	58.836	< 2e-16	***
	200m<R<300m	1.56274	0.05699	27.421	< 2e-16	***
	300m<R<400m	0.98761	0.06630	14.896	< 2e-16	***
カーブ部	上流100m	1.66378	0.05735	29.013	< 2e-16	***
	上流200m	0.52742	0.09714	5.429	6.65e-08	***
前1時間降水なし	前12時間降水0-2時間	1.02019	0.04558	22.383	< 2e-16	***
	前12時間降水2-4時間	1.86843	0.06475	28.855	< 2e-16	***
	前12時間降水4-6時間	1.92652	0.09964	19.335	< 2e-16	***
	前12時間降水6-8時間	2.40744	0.13698	17.575	< 2e-16	***
前1時間降水あり	前12時間降水8-10時間	2.04707	0.33420	6.125	9.06e-10	***
	前12時間降水10-12時間	1.87793	0.04714	39.838	< 2e-16	***
	前12時間降水2-4時間	2.40183	0.05508	43.607	< 2e-16	***
	前12時間降水4-6時間	2.45542	0.06426	38.213	< 2e-16	***
路面対策	前12時間降水6-8時間	2.56620	0.07523	34.114	< 2e-16	***
	前12時間降水8-10時間	2.58063	0.10930	23.610	< 2e-16	***
	前12時間降水10-12時間	2.39027	0.15268	15.656	< 2e-16	***
	2年以内	-0.34641	0.03964	-8.727	0.000508	***
下り勾配4%以上	4年以上	-0.37002	0.08835	-4.188	2.81e-05	***
	本線料金所	0.26407	0.05690	4.641	3.47e-06	***
	2.06465	0.06447	32.027	< 2e-16	***	

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

表-4 ポアソン回帰モデル推定結果 (車両接触事故)

	Estimate 係数	Std. Error 標準誤差	Z値	Pr(> z )	判定	
(Intercept)	5.00596	0.07340	68.205	< 2e-16	***	
速度	0-10km/h	1.11311	0.06061	18.365	< 2e-16	***
	60km/h以上	-1.54673	0.02648	-58.402	< 2e-16	***
前1時間降水あり		0.12891	0.04084	3.156	0.00160	**
	R<100m	0.16835	0.06439	2.614	0.00894	**
曲線半径	100m<R<200m	0.30871	0.03836	8.047	8.50e-16	***
	200m<R<300m	0.27124	0.05286	5.132	2.87e-07	***
	300m<R<400m	0.25901	0.05183	4.978	6.41e-07	***
カーブ部	上流100m	0.30385	0.05092	5.967	2.42e-09	***
	上流100-200m	0.32649	0.05436	6.006	1.90e-09	***
JCT分流部	上流100m以内	0.44031	0.08366	5.263	1.42e-07	***
	分流部	0.88588	0.04376	20.246	< 2e-16	***
JCT合流部	下流100m以内	0.37477	0.08043	4.660	3.17e-06	***
	上流200m以内	0.73454	0.07249	10.106	< 2e-16	***
	上流100m以内	0.95025	0.06300	15.084	< 2e-16	***
橋込み区間	合流部	1.13186	0.03977	28.457	< 2e-16	***
	下流100m以内	0.79596	0.07630	10.433	< 2e-16	***
クレスト部	下流200m以内	0.62114	0.10543	5.892	3.83e-09	***
		0.35676	0.04671	7.638	2.20e-14	***
車線数	1車線	0.26029	0.04037	6.448	1.13e-10	***
	2車線	-1.18367	0.09709	-12.192	< 2e-16	***
	3車線	-0.85187	0.07179	-11.865	< 2e-16	***
	-1.00103	0.07394	-13.538	< 2e-16	***	

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

#### 4. モデルの妥当性検証と見直し

##### (1) 適用検証

路線・方向別に当該期間の動的データを適用し、その間の交通事故との関係を検証した。結果として、路線・方向別では、追突・車両接触事故については、比較的高い相関性を持ち、決定係数も 0.90 以上であった。施設接触事故については、決定係数は 0.75 と高い状況ではあるが、2号目黒線(下り)等の様に、誤差が大きいものもあることから、路線特性等を踏まえた改善が必要である。

##### (2) 見直しの方向性

前出の結果は現時点での結果であることから、今後以下の方針で改善を図っていく。

- ・事故データベースの拡充によるモデルの精度向上
- ・路線特性や地点特性等のダミー変数の追加
- ・サブグループ別の分析による精度向上

#### 5. まとめと今後の課題

##### (1) まとめ

本稿では、事故データベースの作成及びそれを基にした事故リスク分析について述べた。

今回の結果から、以下のことが可能となった。

- ・事故データベースの完成により、今後の安全対策立案の基礎データとしての活用
- ・事故モデルの完成により、事故リスクカレンダー、リアルタイム事故リスク状況、予測事故リスク状況等が生成でき、各種情報提供等の交通安全対策への活用が期待できる
- ・新規路線や改築等の際、事故リスクを推測でき、安全対策の事前検討、建設当初から対策立案ができる

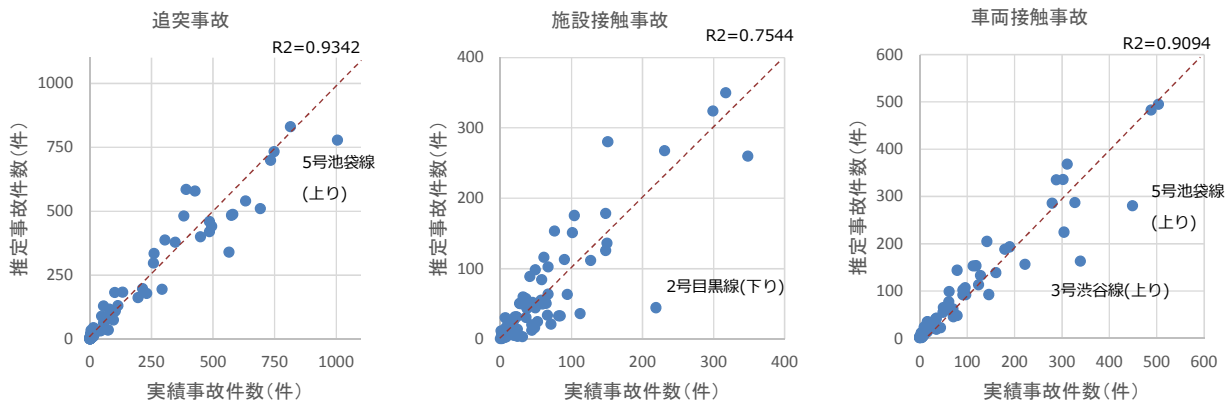


図-14 予測モデルによる事故発生件数期待値と実績値比較

- ・交通状況別交通管理車両の戦略的最適配置
- ・どのような交通状況にすれば交通事故リスクが抑えられ、事故発生による渋滞を抑えて、円滑な高速道路を確保できるか、など交通シミュレーションを用いることで事前予測でき、大規模イベント時に円滑なネットワークを確保するといったダイナミックな交通対策立案のためのデータとなる

## (2) 今後の課題

事故リスクについて情報提供することが最終目的であるため、さらなる精度向上とともに、技術的可能性も含めて実現に向けて検討を深める。

最終的には、首都高速道路の路線だけではなく、他路線や一般道も含めたネットワークでの比較検討をできるようにすることで、より安全な社会供出の一端を担う技術となるように進める。

## 参考文献

- 1) 兵頭知, 吉井稔雄, 高山雄貴: 車両検知器の 5 分間データを利用した交通流状態別事故発生リスク分析, 土木学会論文集 D 370 巻 5 号, p. I-1127-1134, 2014
- 2) 大藤武彦, 兒玉崇, 竹井賢二, 小澤友記子: 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), No32