

交通流シミュレーションを用いた 低事故リスク経路誘導効果の分析

甲斐 慎一郎¹・大藤 武彦²・高橋 浩司³・吉井 稔雄⁴

¹正会員 株式会社アイ・トランスポート・ラボ (〒101-0052 東京都千代田区神田小川町3-10)
E-mail:kai@i-transportlab.jp

²正会員 株式会社交通システム研究所 (〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島7丁目1-20)
E-mail:daito@tss-lab.com

³非会員 株式会社アイ・トランスポート・ラボ (〒101-0052 東京都千代田区神田小川町3-10)
E-mail:takahashi@i-transportlab.jp

⁴正会員 愛媛大学大学院 理工学研究科 教授 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番)
E-mail:yoshii@cee.ehime-u.ac.jp

交通事故リスクマネジメントとは、各道路区間において、交通状況や天候状況などによって時々刻々と変化する潜在的な事故発生の可能性を評価算定し、道路利用者には交通事故リスクの低い経路や時間帯での道路利用を促すことで交通事故の削減を図るものである。実証実験等でこれらの効果を計測するには、サンプル数確保などの面で課題があるが、交通流シミュレーションを活用することでサンプル数確保の課題を解消可能な上、事故リスクの低い経路を利用する車両の割合等を自由に変化させ、全車両の経路選択結果を把握することができる。本研究では、交通流シミュレーションを活用して、低事故リスク経路誘導による交通事故リスクマネジメントの効果と影響の評価を行った。その結果、交通シミュレーション上においては、事故リスク指標を考慮した経路選択を行う車両が増加することにより、総期待事故発生件数が減少することが確認された。

Key Words : *accident risk, traffic simulation, traffic management, Poisson model, route choice*

1. はじめに

本研究は、交通流シミュレーションを活用して、低事故リスク経路誘導による交通事故リスクマネジメントの効果と影響を評価することを目的とする。

交通事故リスクマネジメントとは、各道路区間において、交通状況や天候状況などによって時々刻々と変化する潜在的な事故発生の可能性（以下「交通事故リスク」）を評価算定し、同交通事故リスクを道路管理者、交通管理者ならびに道路利用者に提供することによって、道路管理者、交通管理者のよる合理的な道路改良や交通管制の実施を支援するとともに、道路利用者には交通事故リスクの低い経路や時間帯での道路利用を促すことで交通事故の削減を図るものである^{1,2)}。

実証実験等でこれらの効果を計測するには、サンプル数確保などの面で課題があるが、交通流シミュレーションを用いた評価では、事故リスクの低い経路を利用する車両の割合等を自由に変化させ、全車両の経路選択結果

を把握することができる、といった利点がある。

今回の分析では、新潟都市圏をフィールドとして、道路種別、車線数、沿道状況、急曲線の存在といった道路構造条件、時間帯、天候、渋滞の有無といった静的、動的な要因によって異なる交通事故リスク値を推定する手法を交通流シミュレーションに導入し、交通事故リスクマネジメントの効果と影響を評価した。

2. 事故リスクを考慮した交通流シミュレータの開発

(1) 予測する交通事故リスク指標

交通流シミュレーションによって予測する基本的な事故リスク指標は、単位時空間における「事故発生リスク」と「事故引き起こしリスク」とし、表2-1のように定義した³⁾。また、関連指標として、単位時空間における「交通量」「走行台キロ」「走行台時」を合わせて算出することとした。ここで、予測する単位時空間は次の通りとし、予測期間は1日(24時間)とした。

- ・単位時間：毎5分
- ・単位空間：交通流シミュレーションネットワークにおけるリンク(主要交差点間の区間)

表2-1 予測対象とした事故リスク指標と関連指標

分類	名称	概要	定義
事故 リスク 指標	期待事故 発生件数	ある道路区間を1回走行 するに際して期待される事 故を引き起こす回数	(事故率)×(区間距離) 単位:件/年
	総コスト	経路選択を行う際に考慮 した旅行時間, 有料道路 料金, 事故リスクの総コスト	単位:円/日
関連 指標	交通量	道路の交通量	単位:台/日
	走行 台キロ	道路の走行台時	(区間通行台数)×(区間距離) 単位:台 km/日
	走行台時	道路の走行台時	(区間通行台数)×(旅行時間) 単位:台時/日

対象とする交通事故は、ITARDA((公財)交通事故総合分析センター)における交通事故データ(死傷事故)とした。また、事故リスク予測の対象圏域は、NEXCO路線(北陸道・日東道)と新潟バイパス(新潟西・新潟・新新バイパス)が並行する新潟市、新発田市、阿賀野市、聖籠町の道路を対象とした(図2-1)。

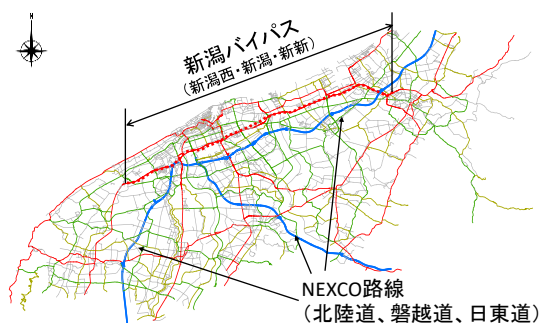


図2-1 予測対象圏域

(2)交通事故リスク予測モデル

今回使用する交通事故リスク予測モデルは、交通工学自主研究「交通事故リスクマネジメントに関する研究」での研究成果を基に構築した、道路交通センサスで対象とする道路と対応する交通事故データに基づいて推定したモデルとした(表2-2)³⁾。

表2-2 交通事故発生リスク予測モデル分析の枠組み

項目	概要
推定モデル	ポアソン回帰モデル
被説明変数	事故件数期待値
単位区間	H27 道路交通センサス区間
単位時間	3時間毎, 昼夜間
事故データ	ITARDA 事故データ(2013~2015年)
交通データ	H22 道路交通センサスデータ

対象道路は、NEXCO路線、新潟バイパス、一般道路

に分類し、対象道路別の事故リスク推定モデルを適用して交通事故リスク指標の推定を行った。なお、シミュレーションのリンクデータのベースとなるDRM(デジタル道路地図)の基本道路データには、幅員5.5m未満のデータは含まれてないことから、生活道路は対象外とした(表2-3)。

表2-3 適用する交通事故リスク予測モデル

対象道路	適用モデルの概要	備考
NEXCO 路線	NEXCO 東事故データに基づくポアソン回帰モデル:都市間高速道路モデル	NEXCO 東事故データ, NEXCO 東車両検知器データに基づく
新潟バイパス (新潟西・新潟・新新)	ITARDA 事故データに基づくポアソン回帰合成モデル:都市高速道路モデル	自動車専用道路に適用
一般道路	ITARDA 事故データに基づくポアソン回帰合成モデル:幹線道路モデル	H27 道路交通センサス対象路線以外は、幅員:5.5m 以上を対象

今回適用した交通事故発生リスクモデルはポアソン回帰モデルに基づいて構築されている^{3,4)}。道路区間上の事故という事象(Y)がポアソン分布に従って発生すると仮定($Y \sim \text{Poisson}(\mu)$)すると、ある(センサス)区間*i*に事故 y_i が起こる確率は、

$$P(y_i) = \frac{e^{-\mu_i} \mu_i^{y_i}}{y_i!} \quad (2a)$$

μ_i : ある区間の事象(事故発生)件数の期待値(件)

事故発生件数期待値 μ_i は、

$$\mu_i = \lambda_i t_i \quad (2b)$$

λ_i : ある区間*i*の事故発生リスク(件/台キロ)

t_i : ある区間の走行台キロ(台キロ)

となる。ここで、区間*i*の事故発生リスク λ_i は、

$$\lambda_i = \exp(a + b_{1i}x_{1i} + b_{2i}x_{2i} + \dots + b_{ni}x_{ni}) \quad (2c)$$

x_i : ある区間*i*の事故発生要因

a : 定数項パラメータ

b_i : 変数パラメータ

となる。各道路におけるモデルのパラメータ一覧は表2-4に示す。

表2-4 モデルパラメータ一覧

要素	モデル名称 適用路線	都市間高速 NEXCO 路線	都市高速 新潟 BP	幹線道路 その他の道路
天候	雨天	-	0.39016	0.158058
曜日	平日	-	0.59842	0.529093
	週末	0.21088	0.43682	0.438691
時間帯	6時~8時	0.32601	0.56371	-0.12879
	9時~11時	-	0.56553	-0.15062
	12時~14時	-	0.28939	-0.13002
	15時~17時	0.77006	0.73585	-
急曲線	R=300m以下	0.1716	0.12391	-
沿道状況	DID	0.40604	0.807	1.291923
	市街部	1.1312	-	0.72696
渋滞	$V_{km/h}$ 以下	0.85618	1.05424	0.235742
	$V_{km/h}$	50	40	15
車線数	片側2車線以上	-	-	-0.2207
定数項	-	-17.3492	-17.5917	-15.1441

(3)事故リスク指標を考慮した経路選択モデルの実装

交通流シミュレーションに使用したシミュレータは、株式会社アイ・トランスポート・ラボ製のSOUNDである。SOUNDにおける経路探索は、最短経路探索手法等の各種経路選択モデルを利用することが可能であるが、基本的には、「所要時間と高速道路利用料金」のリンクコストをもとに、車両の存在位置と目的地間の時間コストが最小となる経路を探索することで行われる。そのため、式2cで求めた事故リスク指標を考慮した経路選択モデルの実装にあたっては、従前から適用しているリンクコストに対して、事故リスクによるコストを加えることで表現することとした³⁾。

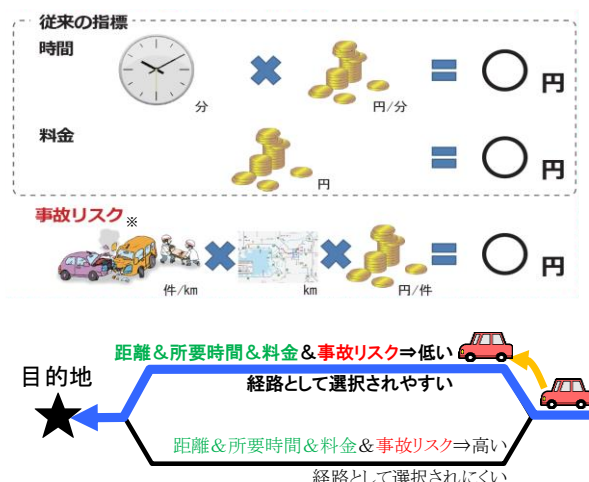


図3-1 事故リスクを考慮した経路選択のイメージ

既往研究⁵⁾においても、「事故リスク」を経路選択の参考にするとするドライバーは相当程度存在することが知られており、本研究の目的からしても、経路探索のための指標の一つに加えることは合理的である。時間帯における経路*i*の経路コストを式2dに示す。

$$C_{it} = T_{it} \times w_T^f + T_{it} \times w_T^r + F_{it} \times 60/w_F + M_{it} \times 60/w_M + \alpha \quad (2d)$$

ここで、

- T_{it} : 自由流走行での所要時間[秒]
- T_{it} : 渋滞を加味した所要時間[秒]
- F_{it} : 通過料金[円/台]
- M_{it} : 事故損失リスク[円/台]
- w_T, w_T : 重み係数
- w_F, w_M : 車種別時間価値原単位[円/分・台]
- α : その他右左折コストなど[秒]

事故リスク指標を考慮しない場合の経路は、上記 w_T, M_{it} が無いリンクコストをもとに最短経路を探索する。ここで、事故リスク情報提供の効果は、（（所要時間+料金）最短経路選択時の事故損失-（所要時間+料金+事

故損失）最短経路選択時の事故損失）であらわされる。なお、各指標に乗じる重み w は、今回は1.0とし、今後必要に応じて調整を検討することとした。

4. 交通流シミュレーションを用いた低事故リスク経路案内効果の推定

(1)各種データの整備と計算条件の整理

交通シミュレーションを用いて事故リスク指標を算出するため、必要となる各種データを整備し、計算条件を整理した。

a) リンクデータ

リンクデータは、DRM2803の基本道路データに含まれている情報（リンク延長、車線数、道路種別等）を用いて作成した。その上で、道路別の事故リスク指標の算定に必要な、DRMには含まれていない情報を追加した（表4-1）。

表4-1 DRMには含まれていない情報の追加

道路種別	DRMの道路種別では新潟バイパスはその他の一般国道と判別がつかないため、便宜的に都市高速道路の道路種別を付与。
沿道環境	H27道路交通センサスにおける代表沿道状況、及び総務省の調査結果に基づき、リンクの代表沿道状況情報を付与。 (人口集中地区かつ商業地域、人口集中地区(商業地域を除く)、その他市街部、平地部、山地部の5分類)
最小曲線半径	NEXCO路線および新潟バイパスで500m未満の箇所にはフラグを付与。

b) ODデータ

ODデータは、H22道路交通センサスベース現況OD表（日ベース）に、H27道路交通センサスの観測値を基に算定した時間係数を掛け、1時間交通量としたものを使用した。

c) 時間評価値

シミュレーションで経路選択を行う際に用いる時間評価値は、国土交通省道路局・都市局の費用便益分析マニュアル(H30.2)⁶⁾に基づき設定した。なお、シミュレーションは小型車、大型車の2車種で実施したため、小型車には乗用車種の時間原単位を、大型車は普通貨物車の時間原単位をそれぞれ適用した(表4-2)。

表4-2 時間価値原単位

車種	時間価値原単位(円/分・台)
小型車	45.15
大型車	67.95

d) 事故リスク原単位

事故リスク原単位は、内閣府が報告した事故発生1件当たりの損失額をもとに設定した(表 4-3)⁷⁾。金銭的+非金銭的損失額の合計は、3,776 万円/件である。

表4-3 事故損失リスク原単位

種別	一人当たり損失額	1件当たり損失額
金銭的損失額 (万円)	214	322
非金銭的損失額 (万円)	2,303	3,454

*1件当たり被害者数: 15人

(2) 新潟都市圏の現況再現の実施

事故リスク指標を考慮した経路選択モデルの適用に先当たり、予測対象地域におけるシミュレーション交通量および渋滞状況の現況再現を実施した。現況再現では、事故リスク指標を考慮した経路選択モデルは使用せず、従来からの最小コストモデルを用いて実施した。

交通量の再現性は、H27 道路交通センサスの観測交通量とシミュレーション交通量を比較することで確認した。H27 道路交通センサスの調査は秋季の平日に行われていることから、再現対象は非繁忙期、非降雪時の平日とした。シミュレーション交通量と観測交通量との相関係数は $R=0.972$ と、再現性が確保されていることを確認した(図 4-1)。

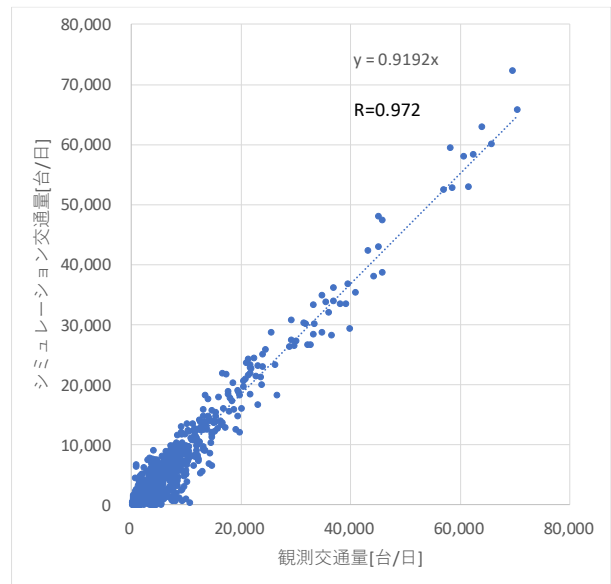


図4-1 シミュレーション交通量の再現性

なお、渋滞状況については、新潟県内の「主要渋滞箇所」の選定結果⁸⁾および「新潟都市圏事故リスクマネジメント研究会」の関係者の意見を参考に、シミュレーション上で信号交差点において車両が停発進する設定を行うことなどにより、渋滞状況を再現した。

(3) 低事故リスク経路案内効果の推定

事故リスク情報提供による低リスク経路誘導の効果を算定するため、事故リスク指標を考慮した経路探索を行う車両の割合を段階的に増加させたケースを算定した。算定ケースは表 4-4 の通りである。ケース 1 は現況再現、ケース 5 は全車が事故リスク指標を考慮した経路探索を行った場合に相当する。参考までに、ケース 5ーケース 1 の差分交通量を図化したものを図 4-2 に示す。

表4-4 算定ケース一覧

ケース	車両の割合(%)	
	通常 経路探索	事故リスク指標を 考慮した経路探索
ケース 1(現況再現)	100	0
ケース 2	80	20
ケース 3	50	50
ケース 4	20	80
ケース 5	0	100

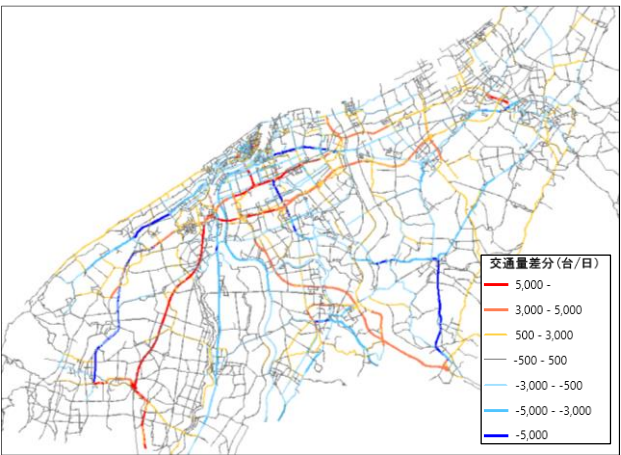


図 4-2 交通量差分図 (ケース 5ーケース 1)

予測対象範囲全体の事故リスク指標および関連指標の一覧を表 4-5 に示す。総期待事故発生件数はケース 5 が最も低く、事故リスク指標を考慮した経路選択が適切に行われていることが示された。一方、総走行台キロについてもケース 5 が最も多くなっており、これは、事故リスクの低い NEXCO 路線や新潟バイパスに交通が転換した際に、インターチェンジまでのアクセス距離が増加したことが理由と考えられる。

表4-5 事故リスク考慮車両の割合別の各種指標一覧

ケース	割合	総期待事故 件数(件/年)	総コスト (千円/日)	総走行台キロ (千台 km/日)	総走行台時 (万台時/日)
ケース 1	0%	3,574	200.5	1.68	55.4
ケース 2	20%	3,483	197.8	1.68	54.4
ケース 3	50%	3,347	193.0	1.69	53.1
ケース 4	80%	3,236	193.6	1.69	53.3
ケース 5	100%	3,158	193.9	1.70	53.7

なお、総走行台時はケース3が最も低くなっており、ケース4、5の結果のように、事故リスク指標を考慮した経路選択の車両の割合が増加すると微増する結果となった。これは、低事故リスク経路選択を行った車両がインターチェンジまでの一部の幹線道路に集中し、経路探索時より交通状況が悪化した経路を通行した可能性が考えられる。この影響により、総コストについてもケース3が最も低い結果となった。

5. まとめ

新潟都市圏における交通流シミュレータを用いた事故リスク情報提供効果分析手法の検討においては、これまでに検討した交通事故リスク予測モデルを交通流シミュレータSOUNDに実装し、事故リスクを考慮した交通流シミュレーションの算定に必要なデータを作成した。

さらに、事故リスク情報提供による低リスク経路誘導効果を算定するため、事故リスクを考慮した経路選択を行う車両の割合を変化させた場合の各種事故リスク指標を算定した。

その結果、事故リスク指標を考慮した経路選択を行う車両が増加することにより、総期待事故発生件数が減少することが確認された。一方で、総コストについては、事故リスク指標を考慮した経路選択を行う車両が50%の場合が最も低くなる結果となり、インターチェンジまでの一部の幹線道路では速度低下が発生する可能性も示唆された。

今後の課題としては、別途並行して実施したモニターによる交通事故リスクを考慮した経路案内実験調査の結果等を踏まえ、実際の情報提供ではどの程度経路選択行動を変更するかをシミュレーションに反映した上で、より実現に即した効果の評価を行うことが挙げられる。

また、今回は気象条件について雨天時のみを検討対象としたが、積雪寒冷地域であることから、降雪時における事故リスクの評価も検討していく予定である。

謝辞

本研究は新道路技術会議「交通事故リスクマネジメント手法の研究開発」の一環として実施したものである。研究にあたり「新潟都市圏事故リスクマネジメント研究会」の関係者である国土交通省北陸地方整備局新潟国道事務所、東日本高速道路株式会社新潟支社、新潟県警察および交通事故総合分析センターの皆様にご多大なるご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 吉井稔雄, 倉内慎也, 白柳洋俊, 村上和宏: 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.
- 2) 大藤武彦, 兒玉崇, 竹井賢二, 小澤有記子: 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, 2015.
- 3) 金進英, 岩里泰幸, 宇野伸宏, 福士達央, 太田恒平, 大藤武彦: 交通事故リスク情報を活用した“低リスク”経路案内実証実験による効果検証, 土木学会論文集D3特集号, 2019.2.21 受付 (投稿中)
- 4) 吉井稔雄, 川原洋一, 大石和弘, 兵頭知: 高速道路における交通事故発生リスク情報の提供に関する研究, 交通工学研究発表会論文集, Vol.33, CD-ROM, 2013.
- 5) 西内裕晶, 吉井稔雄, 倉内慎也, 大藤武彦, 市川暢之: 新潟都市圏道路網における交通事故発生リスク統合データベースの構築と情報提供によるドライバーの経路選択行動の分析, 土木学会論文集D3, Vol. 73 No.5, 2018.
- 6) 国土交通省道路局, 都市局: 費用便益分析マニュアル, 平成30年2月
- 7) 内閣府政策統括官(共生社会政策担当): 交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査報告書, 平成24年3月
- 8) 新潟県渋滞対策協議会, H30 選定 主要渋滞箇所位置図(<http://www.hrr.mlit.go.jp/niikoku/work/traffic-jam.html>), (参照 2019-10-03)

(2019.10.4 受付)

SIMULATION STUDY OF THE ROUTE GUIDANCE To REDUCE THE RISK OF TRAFFIC ACCIDENT

Shinichiro KAI, Takehiko DAITO, Koji Takahashi and Toshio YOSHII

Traffic management which encourages traffic shift from a high risk route to a low risk route is useful for reducing traffic accident. However, it is difficult to evaluate the effect of management in actual situation. Probability of accidents in road called as "accident risk" is calculated by the number of past accidents divided by vehicle travel distance. Accident risk changes depending on traffic conditions, weather conditions, etc. In this study, we evaluated the effects and impacts of dynamic route guidance avoiding accident risks using traffic simulation. In conclusion, the simulation study results that the expected number of accidents can be reduced by the proposed route guidance considering the accident risks.