

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）		所属		役職	
	吉井稔雄（よしいとしお）		愛媛大学・防災情報研究センター		教授	
②研究テーマ	名称	交通事故リスクマネジメント手法の研究開発				
	政策領域	[主領域] 領域6（交通事故対策）	公募タイプ	タイプ I		
		[副領域] なし				
③研究経費（単位：万円）	平成30年度	平成31年度	平成32年度	総合計		
	2,599万円	2,210万円	1,560万円	6,369万円		
※H30は受託額、H31以降は計						
④研究者氏名（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）						
氏名		所属・役職				
佐野 可寸志		長岡技術科学大学・教授				
西内 裕晶		高知工科大学・講師				
倉内 慎也		愛媛大学大学院・准教授				
白柳 洋俊		愛媛大学大学院・講師				
坪田 隆宏		愛媛大学大学院・助教				
⑤研究の目的・目標（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）						
<p>本研究は、道路ネットワークの有効活用による安全性向上を目的とし、道路通行時における事故の起こしやすさ（以下、「交通事故リスク」という。）を定量的に評価・算定する方法を確立した上で、交通事故リスク情報を活用し安全な交通流状態を保つための交通需要マネジメントの方法（以下、「交通事故リスクマネジメント手法」という。）を提案・実施して、その有効性を示すものである。</p>						

研究の目標を以下に示す。

- 1) 交通事故リスク情報提供システムの構築
- 2) 交通事故リスクシミュレーションを用いた交通事故減少による便益算定方法の確立
- 3) 道路利用者による交通事故リスクの認知バイアス把握
- 4) 交通事故リスクマネジメント手法の構築
- 5) 交通事故リスクマネジメント実施による交通事故減少効果の検証

これらの研究目標のうち平成30年度の目標を以下に示す。

- 1) 交通事故リスク情報提供システムの構築

平成29年度FS研究で構築した交通事故リスク評価・算定モデルを用いて、動的に変化する交通事故リスクを算定し、同交通事故リスク情報を提供するシステムを構築する。

- 2) 交通事故リスクシミュレーションを用いた交通事故減少による便益算定方法の確立

平成29年度FS研究で構築した交通事故リスクシミュレーションを新潟都市圏、松山都市圏に適用し、それぞれ、交通事故リスク情報の提供、新規路線建設による交通事故減少便益を算定する。

- 3) 道路利用者による交通事故リスクの認知バイアス把握

交通事故リスク情報の提供効果を高めるために道路利用者の交通事故リスク認知バイアスを把握する。

⑥これまでの研究経過

平成30年度においては、平成29年度のFS研究により構築した、交通事故リスクの評価・算定モデル、ならびに交通事故リスクシミュレーション（プロトタイプ）を活用して、以下の研究を行った。

1. 交通事故リスク情報提供システムの構築および同情報提供実験の実施
2. 交通事故リスクシミュレーションを用いた交通事故減少便益算定評価
3. 道路利用者による交通事故リスクの認知バイアス把握

1. 交通事故リスク情報提供システムの構築および同情報提供実験の実施

平成29年度に構築した交通事故リスク評価・算定モデルを用いて、新潟都市圏道路ネットワーク、阪神都市圏道路ネットワークおよび松山都市圏道路ネットワークをフィールドとして動的に変化する交通事故リスク値を算定し、算定結果を反映してリアルタイムの「低事故リスク経路案内」を提供するシステムを構築した。

同システムは、静的な説明変数として、道路種別/車線数、沿道用途、平面線形、交差点密度、動的な説明変数として、交通渋滞有無、降水/降雪有無、時間帯、曜日

パターンを採用したポアソン回帰モデルをカーナビゲーションに実装し、事故リスク、所要時間損失、そして有料道路料金をあわせたコストが最小となる経路を探索して、「推奨経路」として提示するものであり、図1に示すように、(株)ナビタイムジャパンのカーナビアプリ：ドライブサポーター内で「低事故リスク経路案内」の提供を行った。

以下、同システムを用いて行った新潟都市圏、および京阪神都市圏での情報提供実験結果を報告する。



図1：情報提供システムの情報提示例

1.1. 新潟都市圏における交通事故リスク情報提供効果の検証

1) 新潟都市圏道路ネットワークを対象とする動的に変化する事故リスク値の算定

昨年度までに構築した交通事故リスク評価・算定モデルは、現在、カーナビの推奨経路の算出に利用されている。さらにこのモデルによって算出される事故率は、動的に変化するものであり、交通状況や天候によって異なる。図2は、カーナビ利用者の検索履歴データをもとに計算した、事故率の一例を表示している。事故率は時刻により異なり、動的に事故率を変化させることの優位性を確認した。

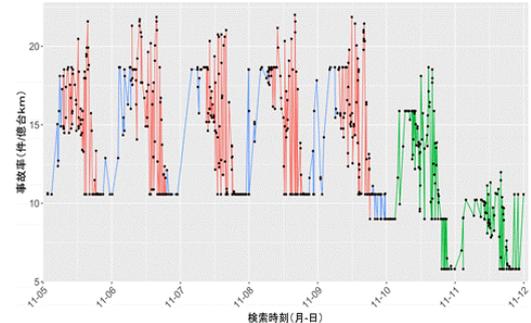


図2：動的に変化する事故リスクの例

2) 事故リスク値を考慮した推奨ルートの情報提供とその走行実態

現在のカーナビで提供される推奨経路は事故リスク値を考慮しているため、従来と異なりより安全な経路が推奨される場合がある。表1は、新潟県内のモニターを対象に提供した推奨経路が、従来の経路に比べどのくらい安全であったかを表している。ここで $C=[\text{従来の推奨経路の事故率}/\text{現在の推奨経路の事故率}]$ と定義している。提示された推奨経路のうち約11%が、 $C>1.0$ であり従来の経路に比べ安全だったことが確認できた。またこのときは、従来に比べ規格の高い、幹線道路や高速道路が推奨されていることも確認できた。

表1：推奨経路の事故率変化

C値	サンプル数	割合
$C=1.0$	682	88.9%
$1.0 < C < 1.5$	73	9.5%
$1.5 \leq C < 2.0$	4	0.5%
$2.0 \leq C < 2.5$	3	0.4%
$2.5 \leq C < 3.0$	2	0.3%
$3.0 \leq C < 3.5$	2	0.3%
$3.5 \leq C < 4.0$	1	0.1%

現在の推奨経路の利用実態は、提示した推奨経路と走行実績データを照らし合わせることで算出した。このとき、モニターはカーナビ上で推奨経路を表示させず走行する場合や、カーナビ上で指定した目的地と違う場所に向かう場合がある。そのため、推奨経路の表示時刻と走行を始めた時刻及び、推奨経路の起終点と走行経路の起終点を考慮しデータを整理した。そして、推奨経路利用率を $[\text{走行した推奨経路長}/\text{推奨経路長}]$ と定義し算出した(図3)。推奨経路利用率の平均値は約50%であった。

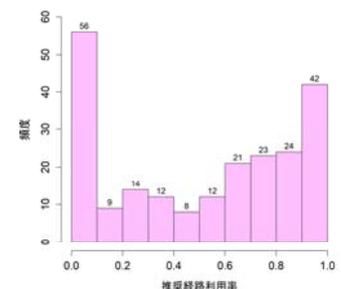


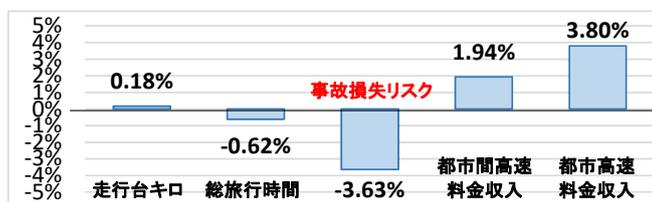
図3：推奨経路利用率の頻度

1.2. 京阪神都市圏における交通事故リスク情報提供効果の検証

京阪神都市圏で実施した情報提供実験については、2018年2月7日(水)～2018年2月20日(火)の2週間で経路検索を行った京阪神都市圏に起終点を持つトリップ：153,700件について、推奨経路として提示された「低事故リスク経路」と事故リスクを考慮しない場合には推奨経路として提示されていたはずの「従来の案内経路」を比較して、低事故リスク経路案内の効果と影響を検証した。

図4には検証の結果を示す。提示された「低事故リスク経路」のうち、「従来の案内経路」と異なる経路が提示されたトリップの割合は9.5%であり、これらのトリップが推奨経路に従って目的地までの走行を行うとした場合、全体の事故損失リスクが3.6%減少する。同時に、走行台キロは微増(+0.18%)、総旅行時間は微減(-0.62%)する。さらに、高速道路の料金収入が増加、すなわち高速道路の利用が増加するとの結果が得られた。図5には、「低事故リスク経路」を走行した

場合の各道路リンクの交通量を「従来の案内経路」に従ってトリップを行う場合の交通量と比較した結果を示す。この結果より、事故リスクの低い都市間高速道路や都市高速道路を利用する割合が増え、一般道路を利用する割合が減ることを確認した。



注). 経路変更件数: 14,602件(経路検索件数: 153,700件の9.5%)

図4 「低事故リスク経路案内」に伴う経路変更の効果



図5 「低事故リスク経路案内」に伴う経路数増減

2. 交通事故リスクシミュレーションを用いた交通事故減少便益算定評価

平成29年度に構築した交通事故リスクシミュレーションを新潟都市圏、松山都市圏に適用し、交通事故リスク情報の提供、あるいは道路改良や新規路線建設等の道路事業実施による交通事故減少便益を算定する。

2.1. 交通事故リスクシミュレーション

交通事故リスクマネジメント実施による社会的便益を評価するために、経路固定層/情報利用層/ナビゲーション利用層などに分類した各種道路利用者の割合を変えたシナリオ分析を可能とする交通事故リスクシミュレーション（プロトタイプ）を構築した。同シミュレーションには、交通流状態の変化に応じた交通事故リスク評価モデル、ならびに同リスク値を反映したドライバーの経路選択モデルを実装した。

交通事故リスク評価モデルにはポアソンモデルを採用し、ある区間 i の事故発生リスク λ_i を式(1)にて算定する。

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

x_{ij} : ある区間の事故発生要因
 a : 定数項パラメータ
 b_{ij} : 変数パラメータ

式(2)に経路選択モデルにおける経路コスト (C) の算定式を示すが、経路の決定は、自由流旅行時間、渋滞を加味した実旅行時間、道路利用料金等に事故損失リスクを加算して算定する。

$$C = T^f \times w_f + T^j \times w_j + F \times \frac{60}{w_f} + M \times \frac{60}{w_M} + \alpha \quad (2)$$

ここで、

T^f : 自由流走行での旅行時間[秒]

T^j : 渋滞を加味した実旅行時間[秒]

F : 高速道路料金などの道路利用料金[円/台]

M : 事故損失リスク[円/台]

w_f, w_j : 重み係数

w_f, w_M : 道路利用料金ならびに事故損失リスクの時間価値原単位[円/分台]

α : その他右左折コストなど[秒]

2.2. 交通事故リスク情報提供による事故削減効果

前述の交通事故リスクシミュレーションを新潟都市圏の道路ネットワークに適用し、事故リスク情報を提供した場合の事故削減効果の試算を行った。

表2には、事故リスクを考慮して経路選択を行う車両の割合を変化させて交通事故リスクシミュレーションを実施した場合の総期待事故件数、総コスト、総走行台キロ、総走行台時を示す。結果より、事故リスクを考慮して経路選択を行う車両が増加するに従って、走行台キロがわずかに増加するものの、事故件数が減少することが確認できる。図6には、全車両が事故リスクを考慮した経路選択を行う場合における現状（同割合=0%）との交通量の差分を示す。結果から、事故リスク情報を提供することにより、高速道路などの事故リスクの低い高規格道路に交通がシフトしていることが読み取れる。この結果より、事故リスク情報提供が交通事故件数削減の可能性を有していることが示された。

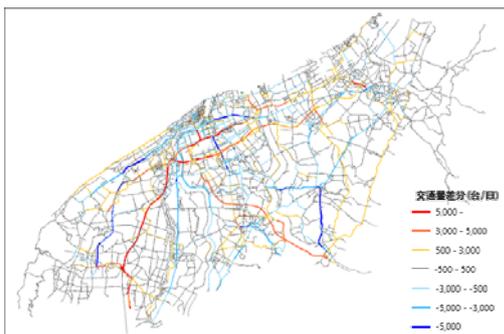


図6 交通量差分図

(事故リスク指標考慮の経路選択車両の割合100%)

表2: 全体の事故リスク指標および関連指標

ケース	経路選択の車両割合 通常:事故リスク指標考慮	総期待事故 件数(件/年)	総コスト (千万円/日)	総走行台キロ (千万台 km/日)	総走行台時 (万台時/日)
ケース 1	100:0	3,574	200.5	1.68	55.4
ケース 2	80:20	3,483	197.8	1.68	54.4
ケース 3	50:50	3,347	193.0	1.69	53.1
ケース 4	20:80	3,236	193.6	1.69	53.3
ケース 5	0:100	3,158	193.9	1.70	53.7

2.3. 新規路線供用による事故削減効果

松山都市圏の道路ネットワークを対象に交通事故リスクシミュレーションを適用し、高規格道路の松山外環状線開通による事故削減効果の評価を行った。ただし、松山都市圏においては、ETC2.0データを用いて生活道路の事故リスクを算定し、140[件/億台キロ]であ

るとの結果を得ていることから^[1]，生活道路の事故リスクを140[件/億台キロ]に設定した．分析対象ネットワークを図7に示す．同ネットワークは松山都心部を中心に11km×11kmのエリアとした．評価対象とした新規供用路線は，松山都市圏における外環状道路整備事業である．

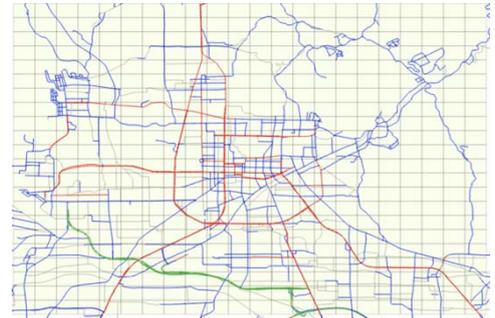


図7 分析対象ネットワーク

松山外環状道路整備によるネットワーク変化に対応して分析を行い，以下の3期間について期間中の期待事故件数を算定した．

Case 1：インター線余戸南IC-市坪IC間，古川IC-井門IC間供用（平成27年4月～平成28年12月）

Case 2：インター線全線供用（平成29年1月～平成29年8月）

Case 3：空港線側道部一部供用（平成29年9月～）

表3と表4に，各ケースにおける対象ネットワーク全体での一日の車両走行台キロならびに期待事故件数の算定結果を示す．表中の「高速」は，外環状道路を含む高規格道路，「幹線」は幅員13.0m以上，「生活（中）」は5.5～13.0m，「生活（小）」は5.5m未満の道路を示す．Case1とCase3との比較では，新規路線の供用により，全体の車両走行台キロは増加するのに対して，事故発生件数が約2%減少するとの結果が得られた．図8に各道路リンクの交通量の増減を示すが，同図からも「高速」の交通量が増加し，「幹線」「生活」の交通量が減っていることが読み取れる．すなわち，事故リスクの高い道路から事故リスクの低い道路へと交通がシフトすることによって，事故発生件数が削減する可能性があることが示された．

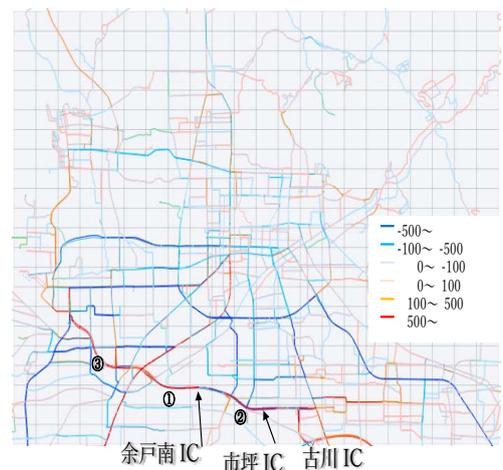


図8 交通量の増減 (Case3 - Case1)

表3 車両走行台キロ

	高速	幹線	生活(中)	生活(小)	合計
ケース1	66,047	1,732,409	1,230,198	234,364	3,263,019
ケース2	109,997	1,714,829	1,224,245	236,268	3,285,339
ケース3	131,295	1,731,074	1,196,096	226,102	3,284,567

[台km/日]

表4 期待事故件数

	高速	幹線	生活(中)	生活(小)	合計
ケース1	0.008	2.020	1.722	0.452	4.202
ケース2	0.011	1.998	1.714	0.456	4.179
ケース3	0.013	2.010	1.675	0.436	4.133

[件/日]

参考文献

[1]尾高慎二，吉井稔雄，神戸信人：ETC2.0 データを用いた生活道路における事故リスク算定手法，交通工学論文集 4 巻 (2018) 1 号 A_246-A_251, 2018.

3. 道路利用者による交通事故リスクの認知バイアス把握

交通事故リスク情報の提供効果を高めるため、道路利用者の交通事故リスク認知バイアスを把握し、同認知バイアスを解消する方法の考案を目的として、平成30年度は、幹線道路と生活道路に着目し、松山都市圏の道路利用者を対象にアンケート調査を実施し、(1)死傷事故率の知覚状況の把握、(2)知覚バイアスをもたらす要因の特定、(3)事実情報の提供による知覚バイアス補正効果の検証、を行った。同調査は、松山都市圏の道の駅および郊外型ショッピングモールにて手渡しで600部配布し、郵送により355部を回収（回収率は59.1%）している。

1) 死傷事故率の知覚状況

交通事故統計によれば、道路種類別の死傷事故率は、高規格道路ほど低いことが明らかとなっている。この事実に対する道路利用者の知覚状況の把握を目的として、両道路の死傷事故率の相対値に着目し、「生活道路と幹線道路を同じ距離だけ走行した場合、事故を起こしやすいのはどちらだと思いますか」との設問に対して選択形式での回答を要請した。結果を図9に示す。

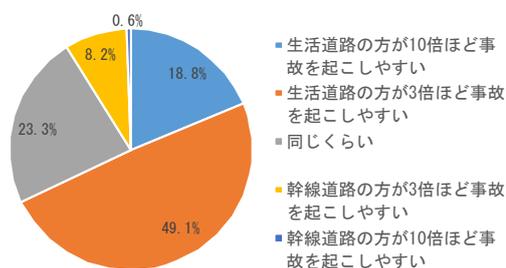


図9 幹線道路と生活道路の死傷事故率の知覚状況 (N=352)

正しい知覚を形成している道路利用者は約半数であり、統計値よりも幹線道路の事故リスクを相対的に高く知覚している被験者が約3割存在することが確認された。

2) 知覚バイアスをもたらす要因の特定

死傷事故率に対して知覚バイアスをもたらす心理要因や、性別・年齢等の運転者属性による差異を明らかにするために、(1)の回答値を被説明変数として、オーダード・レスポンス・プロビットモデルにより、影響要因の分析を行った。なお、心理要因としては、「統制可能性」なる要因に着目した。これは、例えば航空機に対する事故率が過大に知覚される

のは、一旦搭乗すると、事故に遭うかどうか、またその被害の程度についても自身のコントロール下におくことができないことが影響しているとの研究報告を考慮したためである。今回は、統制可能性についての指標として、「生活道路よりも幹線道路の方が事故を起こす危険性を回避しやすい」との設問に対し、「1.全然そう思わない」～「6. とてもそう思う」の6段階での主観的評価を要請した。

表5 モデルの推定結果

説明変数/パラメータ	推定値	t値
閾値1	-2.439	-9.55
閾値2	-0.961	-4.01
閾値3	-0.007	-0.03
閾値4	1.235	3.69
統制可能性	-0.250	-5.14
50歳以上ダミー	0.221	1.83
有職者ダミー	-0.358	-2.27
毎日運転ダミー	-0.344	-2.40
運転頻度月に数回以下ダミー	-0.712	-1.91
サンプル数	324	
自由度調整済み尤度比	0.261	

モデルの推定結果は表 5 の通りであり、パラメータ推定値が正であれば、生活道路よりも幹線道路の死傷事故率の方が高い方向にバイアスを生じて知覚していることを意味している。心理要因として考慮した統制可能性は有意に負で推定されており、これは、生活道路の方が事故を起こす危険性を回避しやすいと思っている人ほど、幹線道路の死傷事故率を過大方向に評価していることを示している。運転者属性に着目すると、50歳以上、無職、自動車のミドルユーザーが幹線道路の死傷事故率を過大方向に知覚していることが明らかとなった。

3) 事実情報の提供による知覚バイアス補正効果の検証

死傷事故率についての知覚バイアスを補正するための道路利用者とのコミュニケーション手法として、交通事故統計に関する事実情報の提供を試行した。具体的には、アンケート調査の被験者に幹線道路の利用意図と図 10 のような事故リスク情報提供下での経路選択意向を尋ね、それらの比較を行った。なお、幹線道路の利用意図については、「できるだけ生活道路を抜け道として利用するのは避け、幹線道路を利用しようと思う」との設問に対し、「1. 全然そう思わない」～「6. とてもそう思う」の 6 段階での回答を要請した。

幹線道路の利用意図の比較結果は図 11 に示す通りであり、死傷事故率についての事実情報の提供により、幹線道路の利用意図が有意に向上することが確認された。同様に、表 6 は SP モデルの推定結果を示しているが、事実情報の提供により、「あなたが事故を起こす確率は 1 万回中〇回」という事故リスクの数値情報にも敏感に反応して経路選択を行うようになることが統計的に確認された。

仮に以下に示す情報を入力した場合に、あなたは「生活道路ルート」と「幹線道路ルート」のどちらを選択しますか？



図 10 事故リスク情報提供下での経路選択 SP 調査の例

表 6 事故リスク情報提供下での経路選択モデルの推定結果

説明変数	効用関数	事前		事後	
		推定値	t値	推定値	t値
定数項	生活道路	-0.582	-5.12	-0.909	-5.83
所要時間 (時間)	共通	-6.48	-2.18	-10.8	-3.01
所要時間のバラツキ (時間)	共通	-0.196	-0.09	-3.90	-1.65
事故リスク (数値情報)	共通	-0.0300	-0.01	-2.974	-3.01
事故リスク (倍率情報)	生活道路	-0.142	-2.45	-0.185	-2.62
被験者数 (カッコ内はSP回答数)		161{480}		161{480}	
自由度調整済み尤度比		0.092		0.262	

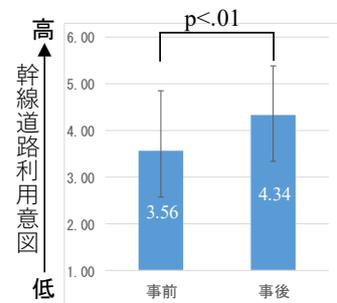


図 11 情報提供前後での幹線道路利用意図 (N=149)

【研究計画、実施方法、体制の妥当性について】

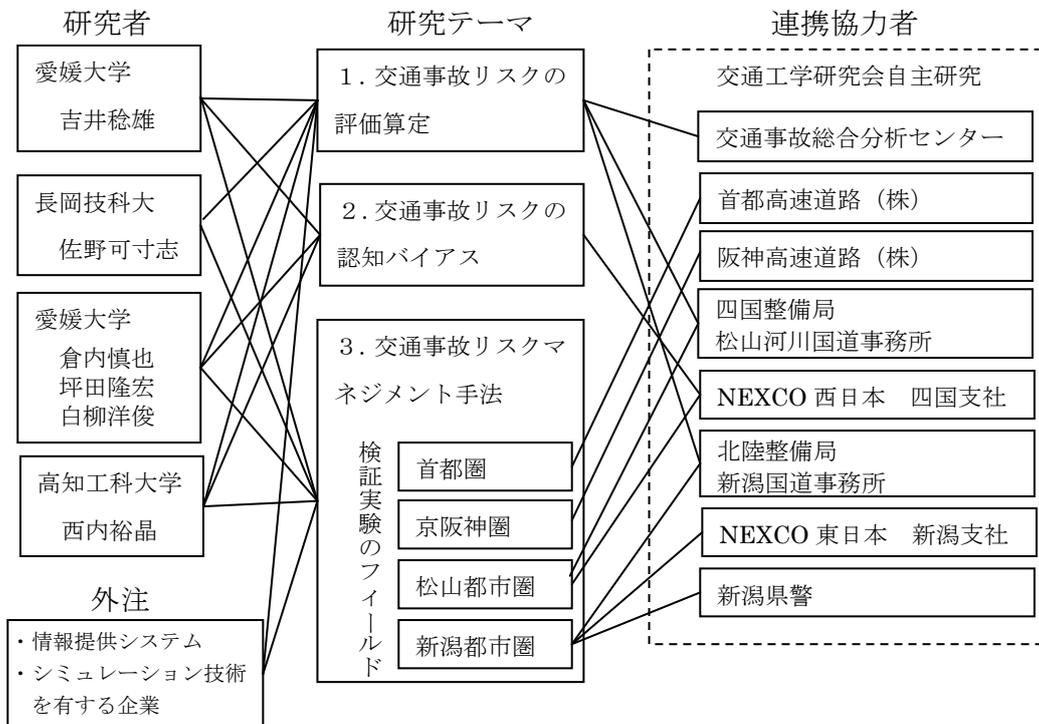
交通事故リスク情報を活用し安全な交通流状態を保つための交通需要マネジメントの方法を提案・実施して、その有効性を示す、との目的に対して、以下の研究目標を掲げた。

- 1) 交通事故リスク情報提供システムの構築
- 2) 交通事故リスクシミュレーションを用いた交通事故減少による便益算定方法の確立
- 3) 道路利用者による交通事故リスクの認知バイアス把握
- 4) 交通事故リスクマネジメント手法の構築
- 5) 交通事故リスクマネジメント実施による交通事故減少効果の検証

平成30年度には、1)の一部、2)、3)の一部を遂行した。平成31年度、2020年度には、ナビゲーションによる低事故リスク情報を獲得した道路利用者の経路遵守率、すなわち経路選択行動を把握する。また、ナビゲーション以外を介した情報提供手法の構築し、その事故リスク軽減効果を把握する。並行して、3)によって獲得した知見を用いて認知バイアスに関する道路利用者とのコミュニケーション実験を通して、道路利用者との交通事故リスクに関するコミュニケーション手法を確立する。

最終的な成果としては、道路利用者による認知バイアスを解消した上で実施すべき、適切な交通事故リスクマネジメント手法を構築する。

以下の体制で研究を進めており、連携協力者各機関の協力を得てデータ獲得や各種実験の実施が可能となっていることから、研究実施の環境は整っており、十分に実現可能な研究計画であると考えている。



⑦特記事項

平成30年度の研究成果として、事故リスク情報提供システムを構築し、仮想空間（シミュレーション）だけではなく現実空間における評価に基づいて事故リスク情報提供効果を定量的に示すことに成功した。

また、京阪神都市圏、新潟都市圏、松山都市圏のそれぞれに於いて実施した情報提供実験が、多数のマスコミに取り上げられたことによって、多くの道路利用者に対して交通事故リスクの有用性に関する情報発信がなされた。

ナビゲーション以外の情報媒体を介して多数の道路利用者に情報を提供するシステムの具体的な内容が固まっていないことに不安を抱えるが、この点以外は、研究計画通り順調に研究が進んでいることから、平成31年度以降の研究実施によって交通事故リスクマネジメント手法を確立することができると考えている。