

## 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（2年目の研究対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）		所属		役職	
	中山 晶一郎 (なかやま しょういちろう)		金沢大学・環境デザイン学系		教授	
②研究 テーマ	名称	災害・日常時の道路の信頼性とその総合・長期的評価の研究開発：幹線道路ネットワークデザインと維持管理計画				
	政策 領域	[主領域] 領域2 道路ネットワークの形成 と有効活用	公募 タイプ		タイプII	
		[副領域]				
③研究経費（単位：万円） 5621万円 ※H28は精算額，H29は受託額， H30は計画額を記入。端数切捨。	平成28年度	平成29年度	平成30年度	総合計		
	1371万円	1583万円	2667万円	5621万円		
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				
高山 純一		金沢大学・環境デザイン学系・教授				
近田 康夫		金沢大学・環境デザイン学系・教授				
小林 俊一		金沢大学・環境デザイン学系・准教授				
久保 善司		金沢大学・環境デザイン学系・准教授				
菅沼 直樹		金沢大学・新学術創成研究機構・准教授				
藤生 慎		金沢大学・環境デザイン学系・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>災害・日常時の両方で信頼性の高い道路ネットワークの整備を目指して，連結・時間信頼性を考慮した総合的な便益評価法を実用化し，それを用いた道路ネットワークデザイン手法を提案する。そのために，道路施設の脆弱性評価や通常時旅行時間変動の推定などの要素技術を開発する。また，長期にわたり信頼性を確保するためにその維持管理計画策定法なども提案する。</p>						

## ⑥これまでの研究経過

(研究の進捗状況について、これまでに得られた研究成果や目標の達成状況とその根拠(データ等)を必要に応じて図表等を用いながら具体的に記入。)

### 1. 全体研究目的・計画

#### 1.1. 連結・時間信頼性評価による走行時間短縮便益の拡張

本研究開発では、これまで道路の費用便益評価で行われてきた走行時間短縮便益の算定を、新しく2つの損失要素を加算する形で拡張する。一つ目は遅刻回避時間損失であり、所要時間のばらつきが大きいと遅刻しないために早めに出発することによる時間損失である。これを用いて通常時の時間信頼性(所要時間の信頼性)を評価することができる。二つ目は到達不可能損失であり、これは災害や事故等で道路が閉塞し、目的地へ行くことができず、移動を取りやめざるを得ないことによる損失である。これを用いて、異常時の連結信頼性を考慮することができる。

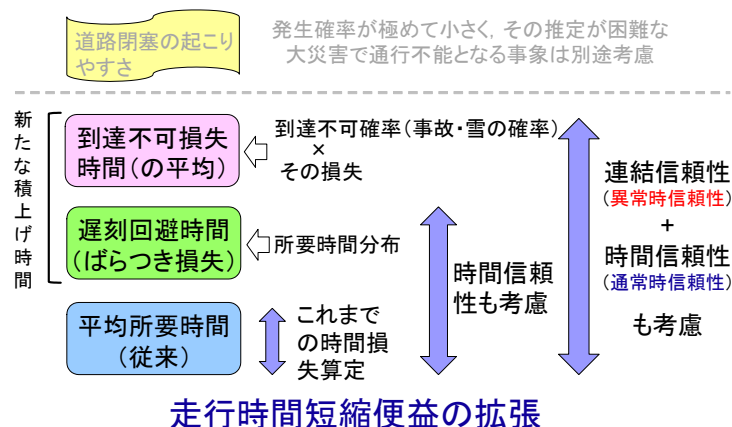


図1 本研究で目指す総合的な道路評価システム

道路整備等によって所要時間短縮だけでなく、平常時・異常時の道路ネットワークの信頼性の向上が期待できるが、従来の費用便益評価ではこの部分は無視されてきた。本研究を通じて、所要時間(平均走行時間)に遅刻回避時間と到達不可損失を時間換算したものを積み上げる、つまり連結・時間信頼性を考慮した総合的な便益評価が可能となる。

一つ目の要素である、遅刻回避時間を算定するためには、各道路の「所要時間の分布」を特定できるほどの多数の所要時間データが必要となる。これに対しては、ETC2.0やその他システムによる車両移動軌跡データ(プローブデータ)によって解決できる可能性が高い。そこで、本研究開発では、ETC2.0と(富士通)商用車プローブを用いて、プローブデータの収集・整理・分析を行い、所要時間の平均及びばらつきを算定し、時間信頼性評価を行う。しかし、プローブデータの量は膨大であるものの、機器搭載率の低さから、機器搭載車両が走行せずに観測量が少ない道路区間も多い。このような道路区間・時間帯では正確な所要時間分布を得ることはできない。そこで、トラカン(トラフィック・カウンター:常時観測車両感知器)とプローブデータを融合して所要時間分布及び交通量分布を推定する手法を開発する。これによって、プローブデータでは困難であった場所の所要時間分布情報を得たうえで、推定精度の向上も期待できる。

そのうえで、トラカン・プローブのどちらの方法でも情報が得られない道路路線も多くあると想定される。このような場所に対しては、研究代表者らがこれまでに開発した確率的均衡配分モデルを活用することで、全ての道路の全ての時間帯での所要時間分布を算出することが可能となる。具体的には、**確率均衡配分モデルへ、本研究開発で技術化・実用化する時間帯別モジュールと非観測道路推定モジュールを付加することで時間信頼性を評価**できるよう拡張する。

二つ目の要素である、自然災害などによる道路の途絶するリスクには、地震動・浸水などの外的ハザードと道路施設自体の強度や劣化が関わる。本研究開発では、道路台帳、橋梁・トンネル・斜面等の管理・点検データを収集・整理し、各道路施設の災害等に対する各道路施設の脆弱性のレベル分け（道路施設の脆弱性評価）を行う。そして、**地理情報システム（GIS）**の中で、

- ・道路施設への外的力のリスク（災害ハザード）
- ・道路台帳、橋梁／トンネル／斜面等の管理・点検結果
- ・通行交通量／走行速度
- ・時間信頼性

などをまとめ、各道路管理者が道路整備計画／維持管理計画／点検計画／防災計画等を策定する上での活用できるように実用化するとともに、道路管理者間で互いに情報を参照・情報共有化できるようなシステムとする。また、小規模道路管理者等に対してはこれらを活用できるようにするためにどのように支援すればよいのか検討する。

交通事故や雪など発生確率が高く、ある程度確率を把握することができる事象による連結信頼性低下（到達不可損失）は、**図1**に表示した通り、到達不可確率（事象による通行止め確率）にその場合の損失を乗じて算出することができる。到達不可により移動を取りやめる損失は既存研究の値を用いるなどして、本研究開発では到達不可確率を計算する方法を検討する。上述のような、発生確率がある程度推定可能な異常事象についてはその発生確率を適用して加算すればいいが、大災害など発生確率が極めて小さく、その推定の確かさが担保できないような事象については、別途の対応が必要となる。とくにこのような場合は、人命にかかわることもあり、便益という指標だけで検討することでは十分でない場合もあると考えられる。そこで、連結信頼性の便益評価に並行して、上述の**道路施設の脆弱性評価等を用いた道路ネットワークの接続性評価も行い、大災害時の接続性も考慮した道路ネットワークの評価手法も開発する。**

以上のように、各要素技術を開発・進展させ、**図2**のような**連結・時間信頼性を考慮した総合的な便益評価法を実用化する**。なお、H28年度評価の指摘を受け、大災害時の評価はその確度の観点からを同列に扱うことは避け、上述の通り、大災害時の道路ネットワーク評価については、便益計算と別途評価することとし、それらを総合的に評価することとする。

連結・時間信頼性総合的便益評価システム

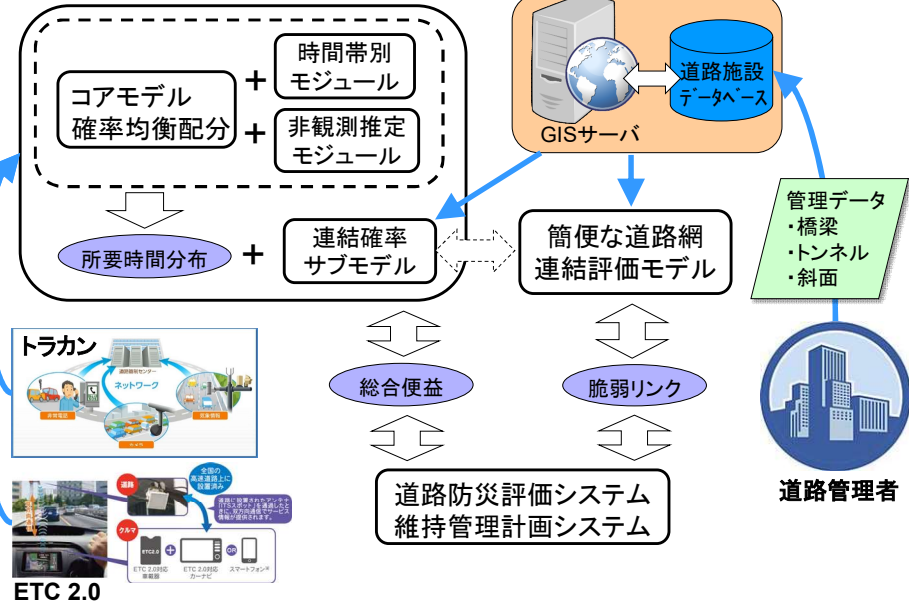


図2 連結・時間信頼性総合的便益評価システムと他システムとの連携

本研究開発の工程は以下の図3の通りである。FS期間のH27年度とH28年度の成果については既に報告済みであるため、次ページの「2. 研究の進展・成果」では今年度の研究を中心に、図3の中の「1. 時間信頼性のための各種技術開発と分析」から「4. 道路ネットワークデザインと維持管理計画作成法の検討」の項目に沿ってまとめる。

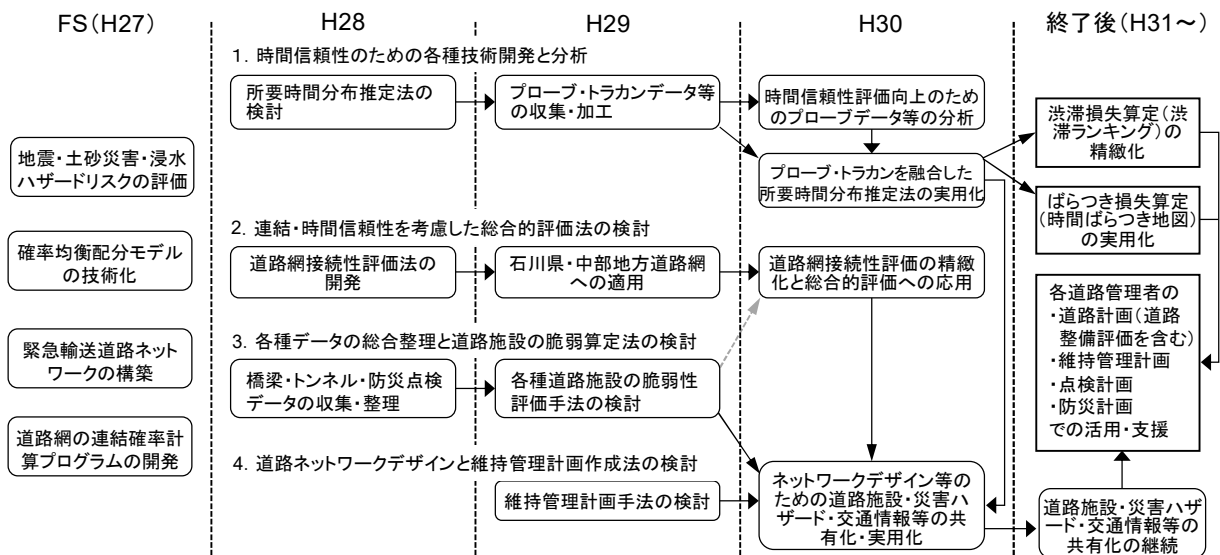


図3 全体工程フローチャート

## 2. 研究の進展・成果

### 2.1. 時間信頼性評価のための各技術開発と分析

昨年度は、石川県および富山県の一部道路（2次メッシュ10個分）を通過した業務用トラックの商用車プローブデータの基礎的分析を行ってきたが、走行履歴情報は約4億件と非常に大きく、エクセル・アクセス・テキストエディタ等で全体を取り扱うことができなかつたため、交差点半径500m内など一部の限られたデータの範囲内で分析を行っていた。本年度は、膨大なデータ処理に適した、MySQL(関係データベース管理システムの1つ)を導入し、上述の商用車プローブデータ、金沢河川国道事務所から提供を受けた石川県内の道路のETC2.0データ（約3億件の走行履歴情報）とトラカンデータのデータベースを構築した。これにより、分析に必要なデータを短時間で容易に抽出することが可能となった（例えば図4参照）。さらに、データベース化することで、プローブデータの情報に加えて、DRM（デジタル道路地図）情報に含まれる道路の諸元データを組み合わせた分析も容易に行える環境を構築した（図4参照）。

以降では、プローブデータを用いて、石川県内（金沢市・野々市市・津幡町）の国道8号線という広い領域で、走行速度の平均と分散の空間差を分析した結果を示す。図4はリンク別平均走行速度を地図上で、図5は同速度を西から東に折れ線グラフで示したものである。これらには、通勤時間帯で交通量が多い朝8時のデータを用いている。図5の中のA区間を見ると、平均速度が10~60km/hとリンク間の差異が大きいが、B区間では平均速度が高く、リンク間の差異は非常に小さいことが分かる（AB区間場所・情報は図4参照）。図6は、同区間の走行速度のトリップ間の標準偏差であり、この図からA区間では標準偏差がリンク間で大きく異なる一方、B区間ではどのリンクでも共通してトリップ間の標準偏差が小さいことが分かる。

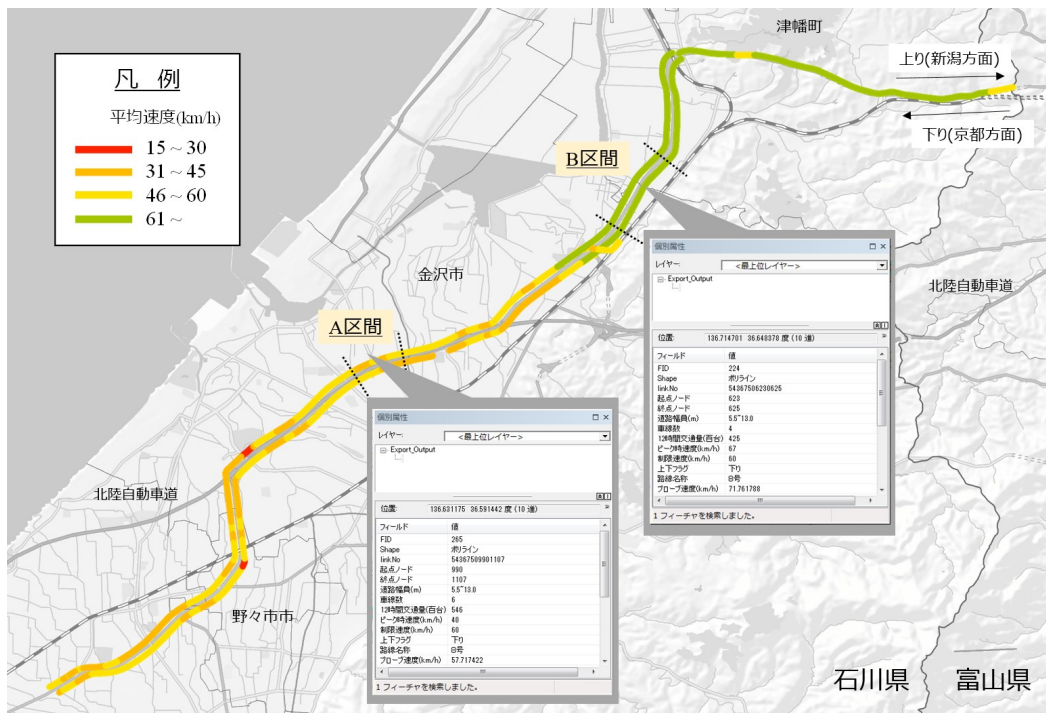


図4 国道8号（金沢市・野々市市・津幡町）の朝8時の走行速度地図

さらに、各区間の道路の諸元と交差点の構造を確認すると、A区間は信号・分流・合流を含むのに対し、B区間は信号のない区間であり、このような道路構造の差異に応じた速度分布の組み合わせを把握できることを確認できる。また、B区間のような区間では、時間信頼性の観点からもサービスレベルが高いことがデータにより示すことができた。このように、構築したMySQLによるデータベースを通じて、広範囲の道路の旅行速度分布の分析、及び時間信頼性の評価が可能になったことが分かる。さらに、このデータベースを介した方法は、分析を日本全体に展開するものである。その結果、大都市との規模の比較や同規模の地域との比較が可能となり信頼性評価の精度をさらに高めるとともに、本研究開発をさらに発展させる可能性が広がった。

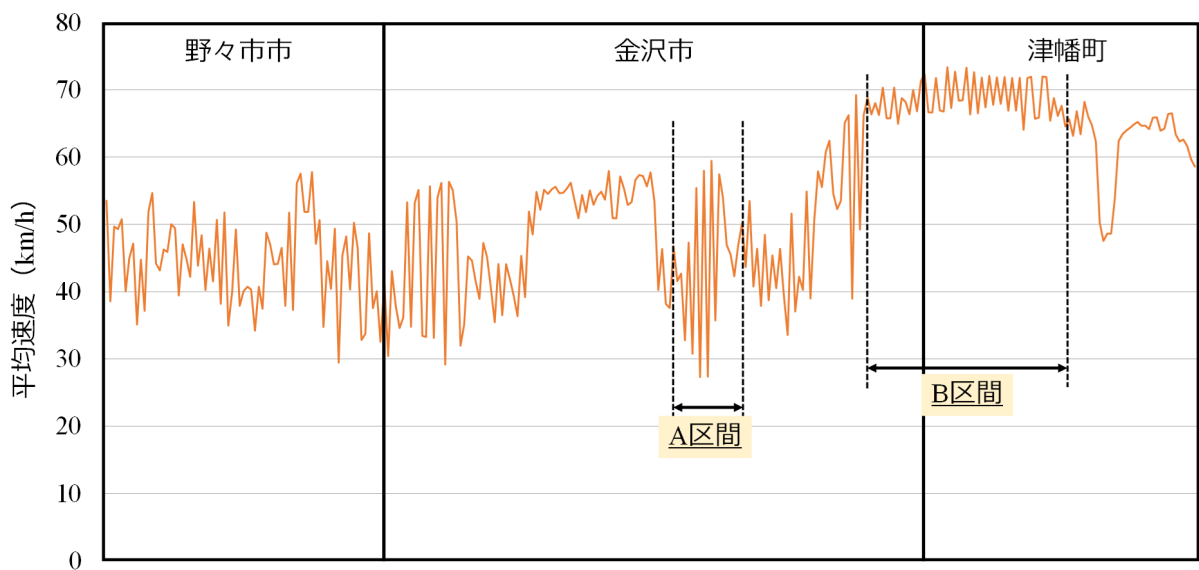


図5 国道8号（金沢市・野々市市・津幡町）の朝8時の走行速度の折れ線グラフ

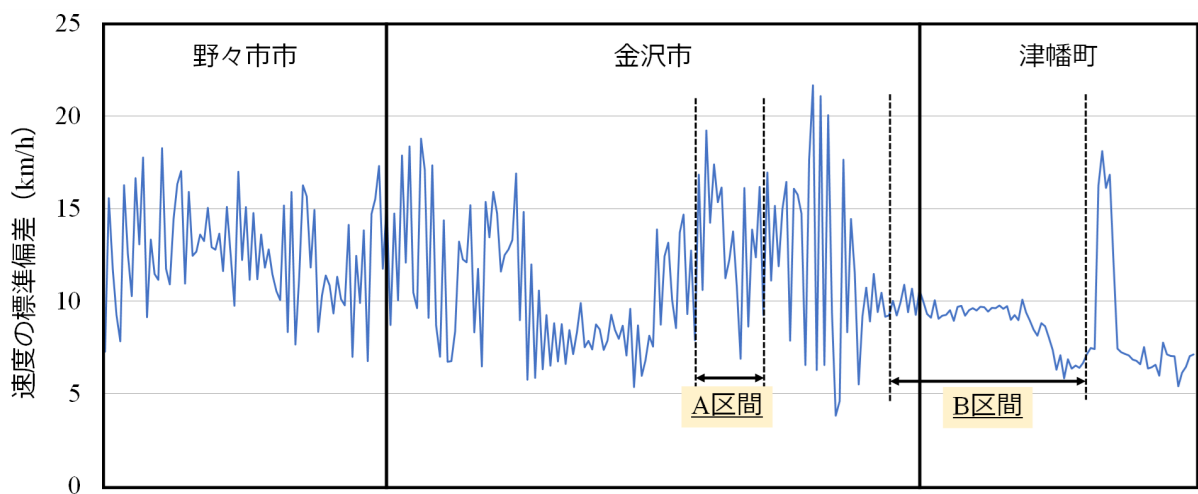


図6 国道8号（金沢市・野々市市・津幡町）の朝8時の走行速度の標準偏差の折れ線グラフ



一方で、プローブカーが全自動車に占める割合(混入率)は低いのが現状である。例えばETC2.0の搭載車両数は日本全国で300万台程度である一方、日本の自動車保有台数は8200万台であり、データが得られるのは全体の3~4%程度にすぎない。このようにプローブデータの混入率から速度等の推定精度は低いことが想定され、さらにサンプルに偏りがある可能性もある。したがって、プローブデータを速度分布の推定に用いるには、その信頼性への確認と補正手法の検討が必要となる。そこで、本研究開発では、ほぼ全ての通過車両の交通量及び速度を観測できるトラカン(トラフィック・カウンター:常時観測車両感知器)を併用する手法を考える。トラカンは、精度が高い情報が得られるが、車両感知器を設置した場所ではしか観測できないため、観測場所が限られるという欠点がある。一方で、プローブデータは精度が低いものの、対象車両の走行経路すべてであり観測場所に制限がないという長所がある。そこで、プローブデータとトラカンデータを組み合わせ、つまりトラカンデータを用いてプローブデータの精度を補い、プローブデータで観測場所を広げることができれば、より広範囲かつ精度の高い分析が可能となり、時間信頼性評価の精度を上げることができる。

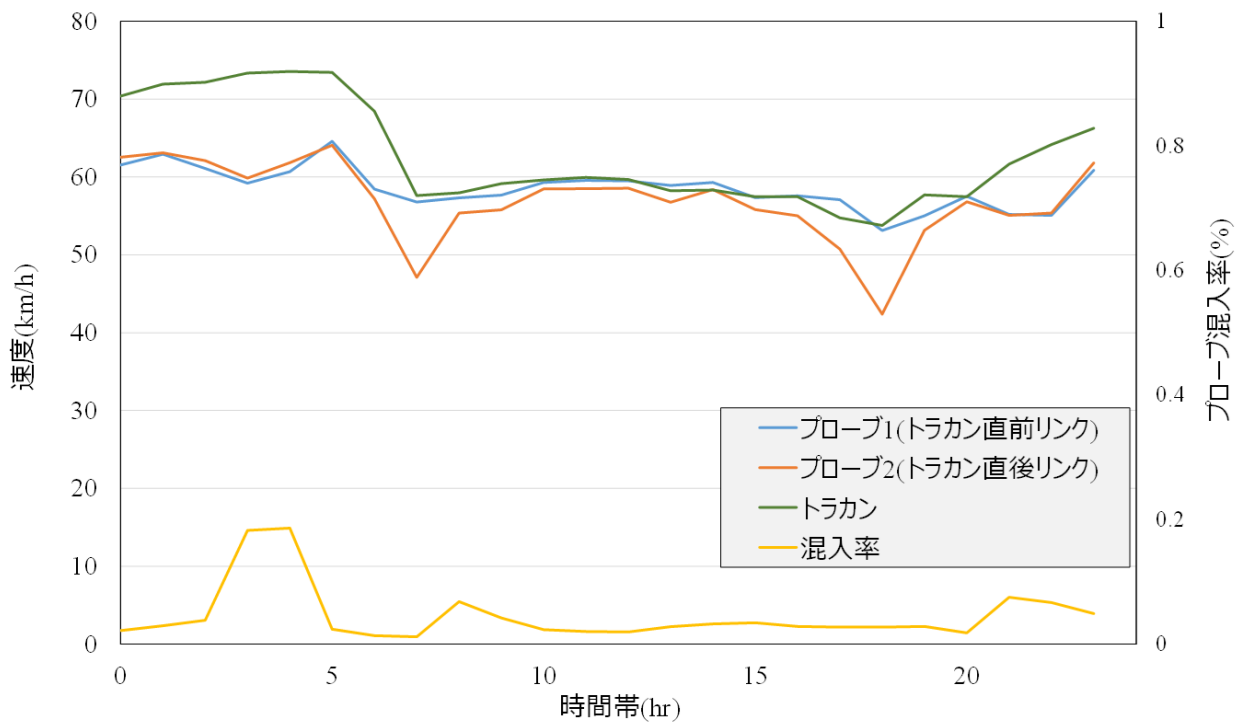


図7 平日のプローブとトラカンとの時刻別の速度比較とプローブ混入率

図7は、平日の国道8号線西念交差点付近のトラカンデータとプローブデータ(トラカン設置場所前後の2つの道路リンクの走行データ)から得られた時間帯ごとの平均速度の比較とプローブデータの混入率を示したものである。まず、プローブデータの混入率をみると、地方部という要因もあり、全時間帯で0.02~0.2%と非常に低いことが分かる。一方で、平均速度を比較すると、その時間変化はトラカンデータとプローブデータでおおむね同じ結果が得られることが確認できる。つまり、プローブデータは混入率の低さから、精度は決して良くないものの、サンプルの偏りによる影響はそれほど大きくないものと推察できる。

つまり、多少の差異に関する補正等は検討する必要があるものの、プローブデータはトラカンデータの一部を無作為抽出したデータに近いと想定することができ、これらの情報を融合することで所要時間の分布を精度良く把握する(時間信頼性評価の精度を上げる)ことが期待できる。

なお、トラカンデータとプローブデータだけでも、所要時間分布を作成することができるが、その場合データが採取できた道路に限られる。そのため来年度(平成30年度)は、「⑩平成30年度の研究計画・方法」及び図3に記載した通り、すでに開発している拡張した確率均衡配分モデルと組み合わせ、データを得ることができない道路についても旅行時間の分布を計算する手法の実用化を目指す。

## 2.2. 連結・時間信頼性を考慮した総合的評価法の検討

### 2.2.1. 確率的均衡配分モデルの石川県道路ネットワークへの適用

連結・時間信頼性を考慮した総合的評価を実現するために必須となる、連結信頼性計算の高速化技術の開発はすでに実施済みである。それに引き続き、今年度は基本モデルとなる確率的均衡配分モデルの時間信頼性部分のアルゴリズムを発展させ、計算性能を向上させた。今年度の成果により、石川県全体という大規模な道路ネットワークで計算が可能となった。

実際に、今年度開発したアルゴリズムを用いて、リンク数6024、ノード数2152の石川県道路ネットワークの確率的均衡配分を算出した結果を示す。図8は、確率的均衡配分から算出された、山側環状道路整備前後の、各リンクの7時台・8時台の所要時間の標準偏差を平均で除した「変動係数」の差分(整備前から整備後を引いたもの)を示したものである。この山側環状道路は、金沢市都心部の渋滞の緩和や、広域交流ネットワークの構築を目的として建設され、平成18年に全線が供用開始された総延長26.4kmの地域高規格道路である。この図から、山側環状の整備によって金沢市内全域の広範囲のリンクにおいて所要時間の変動係数が減少し、道路ネットワークの時間信頼性が向上していることを定量的に把握することができる。



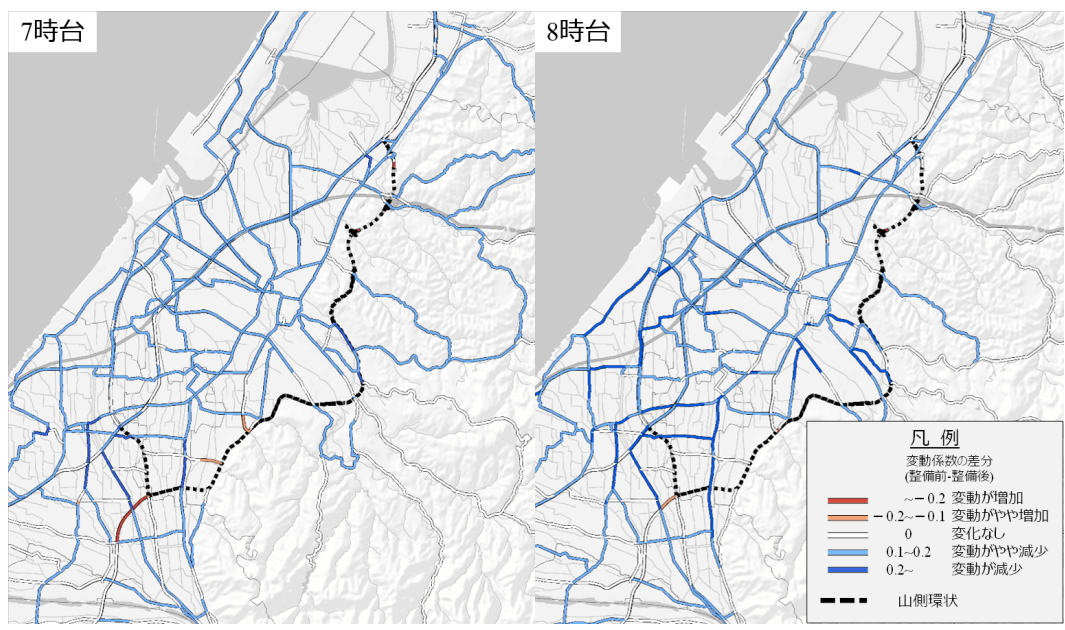


図8 7時台 8時台の石川県道路ネットワークの山環道整備前後の変動係数の差分

**2.2.2. 道路網接続性評価法の中中部地方道路ネットワークへの適用**

発生確率が非常に小さい大災害による通行不能確率を精度よく推定することは困難である。そこで、本研究では、低確率事象に対する連結信頼性については、確実に得られるデータのみを用いて、時間信頼性・時間短縮便益・高確率事象に対する連結信頼性とは別途評価することとする。（これは、H28年中間評価の指摘を受けて変更した部分である。）道路ネットワーク接続性には様々な要因の影響が想定されるが、まずはそれらを見捨て、最も基礎となるのは道路ネットワークの形状のみを用いて接続性を評価する点を確実に実施する手法を開発し、それを基礎に複数の要因を組み込めるように発展させていくアプローチをとる。発生確率が非常に小さく広域な被害が想定される大災害を対象とするため、昨年度に開発した道路ネットワーク（道路網）接続性評価法を、より広範囲・大規模な道路ネットワークでも適用できるようにする必要がある。

そこで今年度の研究では、接続性評価手法を大規模ネットワークでも適用できるようにそれを改良したとともに、中部地方（愛知県・静岡県・三重県・岐阜県・福井県・石川県・富山県）に滋賀県と山梨県を追加した昨年度よりもかなり大きな緊急輸送道路ネットワーク（5574リンク）の接続性評価を行った。この規模のネットワークを扱うことで、東日本大震災のような広域に甚大な被害が発生するようなケースも想定した接続性評価を実施することが可能となる。なお、緊急輸送道路は重要な幹線道路であり、通常時はもとより災害時でも通行できることが求められる道路である。昨年度の石川県とその隣接する県（福井県・富山県・岐阜県）の道路ネットワークのリンク数は2511であったが、今年度は計算プログラム等を改良することで2倍以上のリンク数ネットワークでも適用できるようになった。今年度改良した手法であれば、さらに大きなネットワークでも、実行可能な時間で計算を行うことができる。中部地方に滋賀県と山梨県を追加したネットワークへの適用の結果は図9の通りである。

これによって、大災害に対して接続性が低い部分を定量的かつ明確に抽出することができ、この成果を用いて道路施設の災害リスク対策を重点的かつ効率的に行うことができる。このネットワークでは図9で赤色となっている岐阜県境の道路リンクが明らかに疎であり、開発手法では、その部分を明確に抽出することに成功している。このことから、開発した手法の妥当性を確認することができるとともに、非常に大きな道路ネットワークでも適用可能であることを確認することができた。なお、この方法は、接続性を高める方策検討の基礎となるものである。

この道路ネットワークの接続性評価は、道路ネットワークの形状だけでなく、災害ハザードや交通容量・交通量などの様々な要因も考慮することが求められる。例えば、上述の分析対象の緊急輸送道路は災害時でもつながっていることが求められるものの、その緊急輸送道路の中でも交通量が多い道路と少ない道路では、災害時であっても交通量の多い道路の方がより重要度が高いことが多いと推察できる。また、需要量に応じた交通容量などを踏まえなくては、渋滞等によって結局機能しなくなる可能性も考えられる。このような点に対する方法論の拡張を、図3の全体工程フローチャートや「⑩平成30年度の研究計画・方法」に記載した通り、H30年に「道路網接続性評価の精緻化と総合的評価への応用」として実施していく予定である。

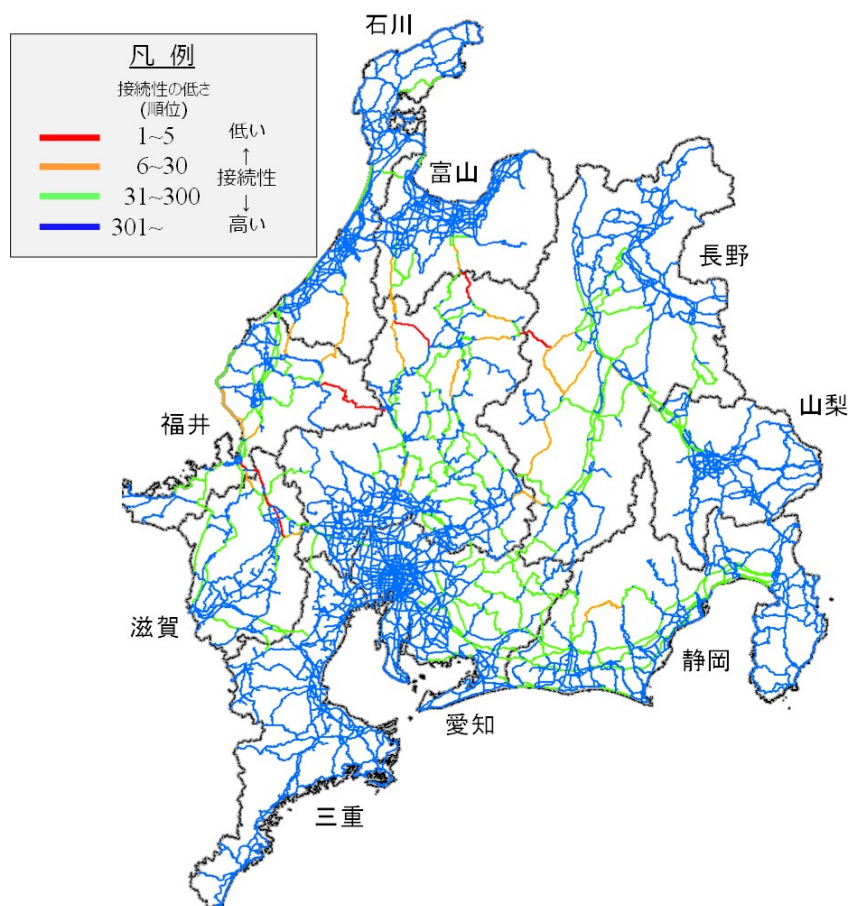


図9 道路網接続性評価法の(滋賀・山梨県を含む)中部地方道路ネットワークへの適用

## 2.3. 各種データの総合整理と道路施設の脆弱性算定法の検討

### 2.3.1 道路施設一元管理システムの改良

橋梁・トンネル・斜面といった、各道路施設のデータを統合的に活用して、ネットワーク上の脆弱性などを計算するために、その基盤となるデータベースの改良を行った。橋梁に関しては、金沢河川国道事務所および石川県土木から提供いただいた点検調書等をデータベース化し、その空間的な位置をDRMとのマッチングを通じて特定した。トンネルに関しては、直轄国道に関するものは位置情報をDRMとマッチングし、可視化のための基礎データを整備した。斜面に関しては、緯度・経度の位置情報と点検記録をデータベース化した。これら道路施設の情報は、金沢大学中山研究室のデータベースサーバに一元管理し、金沢河川国道事務所および石川県土木といった学外から、総合メディア基盤センターが管理する認証サーバを介して、セキュアな通信環境でアクセスすることで、下図に示すように、GISのシステム上で管理者に限定されない道路の点検・諸現情報を把握し、ネットワークとしての機能を確認しながら脆弱性を分析することが可能となった。

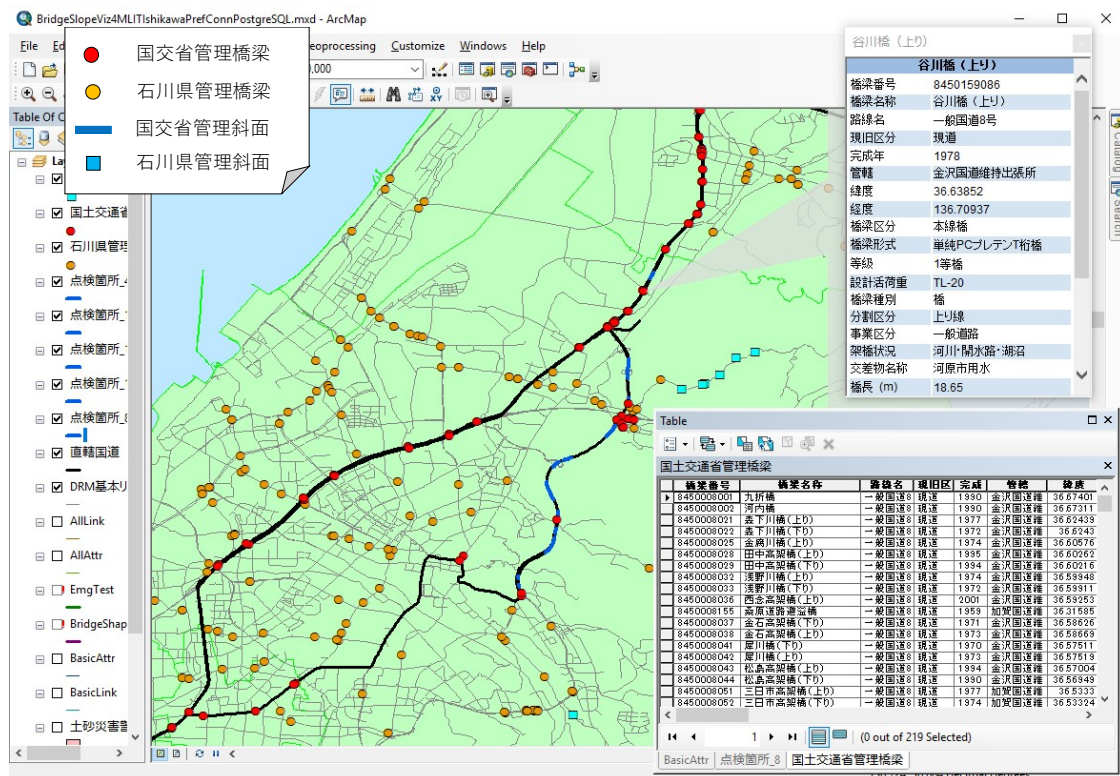


図 10 道路施設一元管理システムの GIS 表示

### 2.3.2 自然災害に対するリスク算定法の検討

橋梁に関しては、過去の地震災害や被害推定等の文献調査に基づいて、道路橋の耐震設計基準の年代により脆弱性を区分した。また、2011年東北地方太平洋沖地震による被害分析より、1995年兵庫県南部地震以降に橋脚の鋼板巻き立てなどの耐震補強を受けたものは、平成8年12月の道路橋示方書・同解説V耐震設計編が適用されたものと同等に扱う。ただし、平成24年3月のものについてはその効果が未検証であるため、やはり平成8年12月のものと同等に扱う。

具体的には、次の3つで区分した。

- 昭和46年道路橋 耐震設計指針以前
- 昭和55年道路橋示方書V耐震設計編～平成2年道路橋示方書V耐震設計編
- 平成8年道路橋示方書V耐震設計編以降

さらに、石川県における過去の地震活動から、能登地方は地震リスクが高く、加賀地方は低いと判断した。2007年能登半島地震被害調査報告書（土木学会・地盤工学会）によると、能登半島は過去約100年間でM6程度の地震が6回発生しており、地震活動が低い地域とは言えない。それに対し、加賀地方には、大きなものとして森本・富樫断層帯があるが、過去の活動が十分に明らかではなく、平均活動間隔を約2000年と見積もる報告もあり、現時点では地震活動が高い根拠がない。以上に基づいて、橋梁リスクレベルを分類したものが表1である。

示方書 / 地域	加賀地方 (地震ハザード小)	能登地方 (地震ハザード大)
S46以前, 耐震補強なし	1	4
S46以前, 耐震補強済み	1	2
S55～H2, 耐震補強なし	1	3
S55～H2, 耐震補強済み	1	2
H8以降	1	2

表1 橋梁の地震リスク評価

トンネルに関しては、関東大震災以降の鉄道および道路トンネルの被害事例から、損傷パターンは次のものが主要因になることが分かった。

- 地山の地質・断層（地山不良区間）
- 施工不良・経年変化による背面空洞
- 小土被り
- 地震外力



これらについて、地山不良区間はボーリング調査や施工時の記録を入手する必要があるが、施工不良・経年変化に関しては現時点で状況を把握する手段がなく、小土被りに関しては坑口に共通するものである。本研究ではトンネルの地震に対する脆弱性は一律として、また、基本的にトンネルの躯体が破壊するような事例はこれまでごく少数で、トンネルの脆弱性は大きくないため、大きな断層の有無など地震ハザードの点から2段階（レベル1もしくは2のいずれか）に区分して分析を進めることとした。

近年においては、2004年新潟県中越地震が最も大きな被害をトンネルに及ぼしており、上越新幹線、上越線の山岳トンネルが復旧に長期間を要している。また、2007年新潟県中越沖地震では、信越本線や高速道路のトンネルが大きな被害を受けている。これらのトンネルの地震被害事例において、模型実験や数値解析による再現が研究として行われているが、マクロ的な要因を整理した文献は見つけられておらず、考慮する必要はあるがトンネル間でのリスクの差異の判断は困難なものと判断し、上述のような一律評価で分析を進めることとしている。

斜面に関しては、既往の地震被害に関する文献により要因は次の4つに分類される。

- 勾配（地山の3次元形状のうち鉛直成分）
- 曲率（地山の3次元形状のうち水平面の凹凸形状）
- 地質（岩盤、砂岩、泥岩、火山堆積物等）
- 地震外力

上記4項目のうち上2つは、10mメッシュのDEM (Digital Elevation Model)より判断できる。地質に関しては、20万分の1シームレス地質図もしくは国、自治体が保有する情報を活用する。今年度の研究では、石川県の点検データをもとに上述の要因との比較を進めている段階である。

## 2.4. 道路ネットワークデザインと維持管理計画作成法の検討

橋梁に関しては、災害時の脆弱性を判断する手法を構築した。しかし、日常時については、劣化に関する各種の研究、報告例があるが、構造形式、材料、環境等の要因が多様で統一的な劣化曲線や進展を検討するには、既往研究ではまだまだ実用性への道のりは遠いことが分かった。トンネル、斜面に関しては、災害時の脆弱性算定手法を進めている段階である。なお、トンネルの劣化による重大事故はなく、劣化メカニズムには未知の点が多い。

各要素の脆弱性評価手法には、まだいくつかの課題が残されているものの、今年度は先行して、維持管理計画作成法について検討を実施した。具体的には、点検された部分のみの斜面を対象として点検結果分類データを用いて、道路ネットワーク上の重要拠点の接続性を考慮した組み合わせ最適化の枠組みで「維持管理を優先的に実施すべき場所」を特定する方法を開発した。この方法を石川県のネットワークに適用した結果、重要拠点を1ルートで接続するためには1か所、2ルート以上での接続を確保するためには18か所を優先的に補修する必要があることを明らかにした。この方法論により、リンクのネットワーク上での優先順位を踏まえつつ効率的な維持管理計画の策定を支援できる可能性が高い。

### 3. H28 中間評価指摘について

ここでは、2.の各所で説明してきた、平成28年度の中間評価で指摘いただいた内容に応じて実施した研究の主要項目3点を整理する。

1点目は、発生確率の小さい災害による連結信頼性の評価を、ほかのものと分離して実施する枠組みに修正した点である。稀に発生する災害発生確率や道路ネットワークの途絶確率等は不確定要素が多く、確度が高い結果を得ることが難しい。そのため、大災害時の評価については、時間信頼性など通常時の事象と同列に扱うことは避けて別途評価することとした。そして、それぞれから得られる結果を総合的に評価することで、政策判断につなげていくこととなる。なお、交通事故や雪害等の統計的に発生確率の推定が可能なものについては、通常時側の指標として考慮できる。

2点目は、この稀少確率減少を取り扱う際には、道路施設の脆弱性の評価は詳細・定量的に実施するのではなく、その確度に合わせて、4段階区分として進めることとした。そのうえで、得られた脆弱性の結果を道路ネットワーク（道路網）接続性評価モデルに入れることで、道路ネットワーク全体の接続性の評価が可能となる。このような手法を組み込んだ暫定的な維持管理計画法の適用で得られたように、本研究が完了すると、優先的に補修を実施すべきリンクを明示的に示して効率的な維持管理計画の策定に寄与することが期待される。

3点目は、一元管理システムを通じたデータベースの共有である。H28 中間評価指摘を受けて、金沢河川国道事務所・石川県土木部等と意見交換を複数回実施してきた中で、異なる道路管理者間で道路施設・構造物データを共有する必要があることが分かった。本研究で開発した道路施設一元管理システムのデータベースでは、現状の諸元や点検結果を共有することができる。さらには、自らが管理する道路が被災した場合の（他の道路管理者が管理する）周辺道路への影響把握、防災訓練時における迂回路設定等の方法論も提示していきつつ、本システムが具体的な行政施策に有用となるような方法論について検討を進めている。

## ⑦研究成果の発表状況

(本研究から得られた研究成果について、学術誌等に発表した論文及び国際会議、学会等における発表等があれば記入。)

### 第55回土木計画学研究発表会春大会

平成29年6月11日、公益社団法人土木学会、愛媛大学（愛媛県松山市）

- 小林俊一，中山晶一郎，松井千里，若林桂汰：道路ネットワークのラプラシアン行列による脆弱性解析

### 土木学会平成29年度全国大会第72回年次学術講演会

平成29年9月11日～13日、公益社団法人土木学会、九州大学（福岡県福岡市西区元岡744）

- 中南孝晶，中山晶一郎：非常時における緊急輸送道路ネットワークの連結信頼性の基礎的分析，IV-125.
- 古屋健登，中山晶一郎，大澤脩司：プローブカーデータを用いた時間信頼性評価のための道路における速度変動要因の考察，IV-100.
- 小泉奏子，中山晶一郎，高山純一，藤生慎：全国の防災拠点の現状と重要度のランク付け，IV-001.

### 第32回日本道路会議

平成29年10月31日～11月1日、公益社団法人日本道路協会、都市センターホテル（東京都千代田区平河町2-4-1）

- 中南孝晶，中山晶一郎，小林俊一：北陸地方における緊急輸送道路ネットワークのスペクトル解析，論文番号1019.
- 古屋健登，中山晶一郎，山口裕通：プローブカーを用いた道路の速度変動の要因分析の試み，論文番号1046.
- 李思宇，中山晶一郎，大澤脩司：確率的均衡配分モデルによる石川県道路網の旅行時間信頼性評価，論文番号1057.
- 水野裕介，中山晶一郎，山口裕通：橋梁を例にした管理者の異なる道路施設群の管理データ整備への取り組み，論文番号2074.

### 第56回土木計画学研究発表会秋大会

平成29年11月3日～5日、公益社団法人土木学会、岩手大学（岩手県盛岡市上田4-3-5）

- 古屋健登，中山晶一郎，山口裕通：プローブカーデータを用いた道路の所要時間変動要因の考察
- 大澤脩司，中山晶一郎，山口裕通，藤生慎，高山純一：地震による道路網の寸断に着目した脆弱区間の評価に関する研究
- 中南孝晶，中山晶一郎，小林俊一，山口裕通：固有値解析による固有ベクトルを利用した緊急輸送道路ネットワークの連結性評価

### 第23回交通流と自己駆動粒子系のシンポジウム

平成29年12月4日～5日、交通流数理研究会、名古屋大学（愛知県名古屋市）

- 中南孝晶，中山晶一郎，小林俊一，山口裕通：固有値解析による固有ベクトルを利用した緊急輸送道路ネットワークの脆弱性評価



## ⑧研究成果の活用方策

(本研究から得られた研究成果について、実務への適用に向けた活用方法・手段・今後の展開等を記入。また、研究期間終了後における、研究の継続性や成果活用の展開等をどのように確保するのかについて記述。)

「⑥これまでの研究経過」の欄で詳述したように、これまでの所要時間短縮便益だけでなく、遅刻回避時間（ばらつき損失）減少便益も算定でき、道路整備等のより精緻な便益計算ができるようになる。

道路管理者は各々が管理する道路施設については適切に管理しているが、別の道路管理者が管理する道路についての情報は十分には持っているとは限らない。しかしながら、異常発生時のう回路の検討などでは他の道路管理者の管理道路のことも検討する必要がある場合などある。金沢河川国道事務所・石川県土木部と意見交換を重ねており、石川県内の道路に関しては、構築した道路施設管理システムを用いて道路管理者間で情報の共有は可能である見通しである。また、FS 期間及び平成 28 年度に整理した災害ハザード情報を重ねることで特に災害時対応などでは活用できると思われる。本研究期間終了後（平成 31 年度以降）も金沢大学にて運用を行う。また、さらなる実用化に向けて、研究を継続する。

プローブ・トラカン・確率均衡の融合の新技术によって従来からの渋滞損失算定（渋滞ランキング）などの精度を向上することができる。これについてはまずはコンサルタントと意見交換を行い、実用化の手順などの検討を開始している。

## ⑨特記事項

(本研究から得られた知見、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入。また、研究の目的・目標からみた、研究成果の見通しや進捗の達成度についての自己評価も記入。)

研究は順調に進んでいる。