

## 道路政策の質の向上に資する技術研究開発

## 【研究終了報告書】

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・地球社会基盤学系			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	
	領域	[副領域]	タイプ		
③研究経費（単位：万円）  ※端数切り捨て。 ※該当する研究期間のみご記入下さい。	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	総合計
	800万円	1371万円	1583万円	2297万円	6051万円
④研究者氏名	（研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。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（※平成31年3月31日現在）				
高山 純一	金沢大学・地球社会基盤学系・教授				
近田 康夫	金沢大学・地球社会基盤学系・教授				
小林 俊一	金沢大学・地球社会基盤学系・准教授				
久保 善司	金沢大学・地球社会基盤学系・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・地球社会基盤学系・准教授				
⑤研究の目的・目標	（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。）				
<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検討する。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・目的の達成状況

(研究の進捗や目的の達成状況、各研究者の役割・責任分担、本研究への貢献等(外注を実施している場合は、その役割等も含めて)について、必要に応じて組織図や図表等を用いながら、具体的かつ明確に記入下さい。)

研究者の役割等は右の図の通りである。研究者の他に、コンピュータプログラミングやGIS利用を含めたデータ分析、プローブ等の膨大なデータのベータベース化やその高速処理を行うために、本研究開発に専従する研究員を雇用するとともに、研究員の派遣を外注した。また、データの単純集計・処理についても外注を行った。したがって、研究代表者・研究者はモデル体系や評価法の実用化・技術化のための理論やアプローチの考案に専念した。また、北陸地方整備局、金沢河川国道事務所、石川県土木部、輪島市を中心に石川県内の主な道路管理者とデータの授受や実用的方法の検討についての連携を図った。このような体制の中で研究を十分に進めることができた。なお、研究の進捗については⑬自己評価の欄で詳述する。

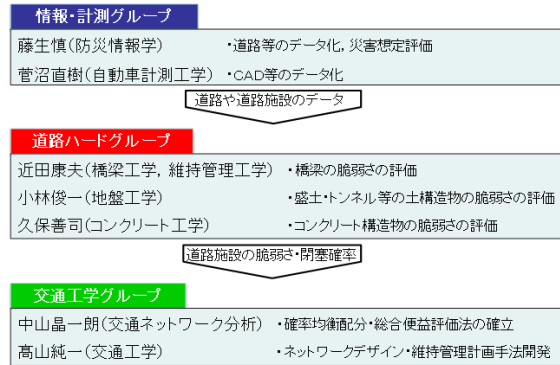


図 研究者の役割等

## ⑦中間・FS評価で指摘を受けた事項への対応状況

(中間・FS評価における指摘事項を記載するとともに、その対応状況を簡潔に記入下さい。)

H27年度実施の研究内容に対する評価の指摘としては、研究対象が広範過ぎて実装の可能性が低くなるため、3次元マッピングなどは研究対象外とすることや道路管理者との連携を深めて実践的な研究とすることなどの指摘を受けたため、3次元マッピングは研究対象から外し、研究開発の事項間の関連性を整理し、研究代表者のこれまでの研究成果をコアとして独自性が発揮できる研究計画に再構築した。また、北陸地方整備局・金沢河川国道事務所・石川県土木部等と密に連携をとり、道路管理者の管理する道路施設の点検等のデータを共有するためのプラットフォームの構築を進めた。

H28年度実施の研究内容に対する評価の指摘としては、脆弱性評価に力点をおき、それを精緻化すること、個々の橋梁等の道路施設評価をマクロなネットワークモデルに組み込むプロセスを明確にすること、研究成果が実務的に有用なものとなるように、行政上の課題・ニーズ等について、道路管理者と意見交換することなどの指摘を受けたため、H29年度は道路施設の脆弱性評価に焦点を当て、各道路施設の脆弱性は3～4段階区分とし、各道路リンクにある道路施設の脆弱性区分からそのリンクの脆弱さをさらに4段階区分に分けることとし、それを用いて道路ネットワーク全体の接続性を評価することで個々の道路施設評価を道路ネットワーク全体の評価へ組み込むこととした。また、H29年度も、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、道路管理者のニーズや課題の共有を図った。

H29年度実施の研究内容に対する評価の指摘としては、信頼性を加味した維持管理手法や途

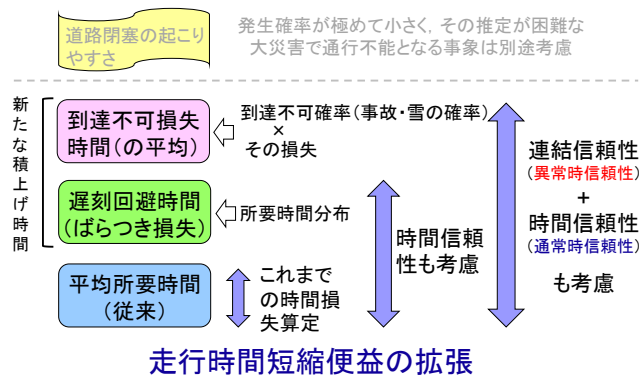
絶リスクの検討条件を示すこと、時間信頼性を評価するために活用するデータを整理すること、道路施設・構造物データを共有する一元管理システムの実用化や運用形態について検討することなどの指摘を受けた。これを受けて、H30年度においては、道路途絶リスクを整理し、維持管理を考える上で必要な接続性評価法の提案と石川県への適用を行い、ETC2.0・商用プローブ・トラカン等の特性を整理し、それらを融合する手法を開発して、石川県内の国道8号の旅行速度の信頼性評価を行うとともに、QGISを活用した道路施設・構造物データを共有する一元管理システムの実用化やこれを活用するためのマニュアルを作成した。

## ⑧研究成果

(本研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等について、具体的にかつ明確に記入下さい。)

### 1. 研究の全体

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法を拡張した。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遅刻回避時間損失が大きくなる。これを用いて時間信頼性(所要時間の信頼性)を評価する。また、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が到達不可損失であり、これを用いて連結信頼性を考慮する。



図⑧-1 本研究で目指す総合的な道路便益評価法

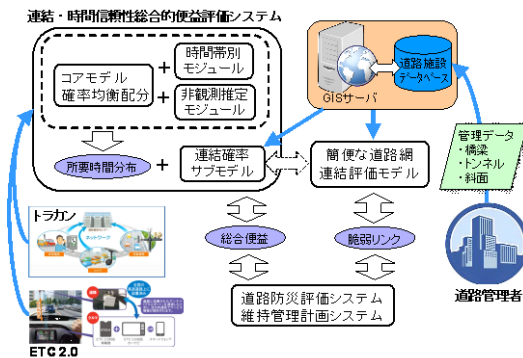
道路整備等によって所要時間短縮だけでなく、道路ネットワークの信頼性が向上する。これまでの費用便益評価で用いられてきた所要時間(平均走行時間)に遅刻回避時間と到達不可損失を時間換算したものを積み上げることによって、連結・時間信頼性を考慮した総合的な便益評価が可能となる。遅刻回避時間を算定するためには、各道路の所要時間の分布等が必要で、所要時間分布を出すためには多数の所要時間データが必要となる。そこで、ETC2.0やその他システムによって時々刻々の車両移動軌跡データ(プローブデータ)を活用して所要時間の平均とともにばらつきも計測する。本研究開発では、ETC2.0と(富士通)商用車プローブを用いて、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。この場合、データが十分にある区間や時間帯のみしか所要時間分布を出すことができない。トラカン(トラフィック・カウンター:常時観測車両感知器)が設置されておらず、プローブデータも得られない道路路線も多々ある。

自然災害などによって道路が通行できなくなるのは、地震動を受けたり、浸水を受けるリスク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)を行った。そして、それらを道路管理者間で互いに情報を参照・情報共有化することができる道路施設管理データベースを構築した。また、小規模道路

管理者等も活用できるように、無料で利用可能な地理情報システムであるQGISでこれらを活用できるようにするとともに、その利用マニュアルを作成した。

道路ネットワークの連結信頼性が低下することを評価するために到達不可損失を用いるが、それは図⑧-1に表示した通り、到達不可確率とその場合の損失から算出する。到達できず、移動を取りやめることの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などを検討した。また、これをある程度の確度をもって広範囲に算定することは困難であるため、大規模ネットワークに対しては途絶のリスク度合いの評価も行い、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、耐災害接続性も考慮した道路ネットワークの評価もできるようにした。

以上のように、各要素技術を開発・進展させ、図⑧-2のような連結・時間信頼性を考慮した総合的な評価法を開発した。

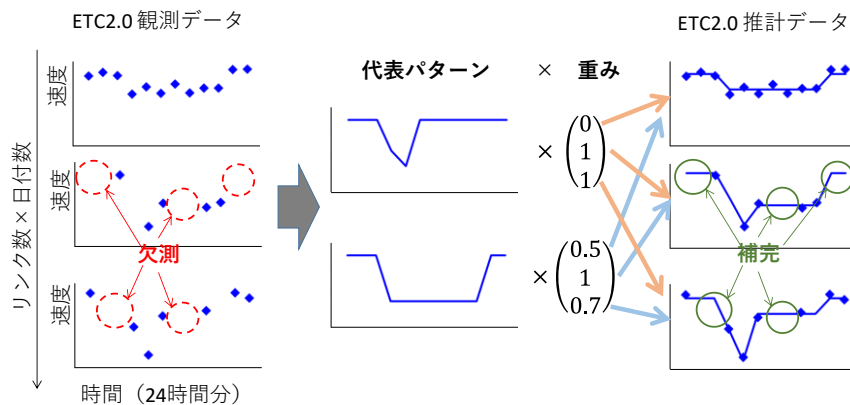


図⑧-2 道路の時間・連結信頼性評価と他との連携

## 2. 時間信頼性評価のためのプローブデータ解析およびデータ補完法等の各技術開発・分析

石川県内の道路区間を走行するETC2.0対応車載器搭載車両から記録・蓄積されたプローブデータを国土交通省より提供いただくとともに、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を入手し、プローブデータによる所要時間やその信頼性評価を行った。それぞれの走行履歴情報は約4億件及び約5億件と非常に大きく、エクセル・アクセス・テキストデータ等で全体を取り扱うことができず、MySQL(関係データベース管理システムの1つ)によってデータベースを構築した。このデータベースによって、ある程度の数のプローブ車両が走行する時間については旅行速度やそのばらつき等を計算して、時間信頼性評価ができるようになった。

旅行速度や旅行時間のばらつきや時間信頼性の評価には十分な数のデータが必要であり、プローブデータの欠損がある場合やデータ少ない場合は、何らかの補完を行い、データ数を確保する必要がある。本研究開発では、図⑧-3に示す手法を開発した。この図では、ETC2.0の速度観測データには、欠測している時間が所々に存在し、全体の1/3が欠測している状態である。このとき、速度の時空間パターン行列を次元圧縮の考え方を用いて、より次元が小さい行列の積の形で表現する方法を考える。ここでは、因子分析と同じ考え方の下、重み行列（因子負荷量）と代表パターン（因子得点）の積で表現する。この代表パターンには、「ピーク時の速度低下」や「日中の速度低下」といった時間帯での代表的な相関関係を表現する代表パターンが得られると期待され、重み行列の成分はそれぞれの代表パターンが各行（リンク×日付）においてどれだけ作用しているかを示す。代表パターンの抽出及びその組み合わせによって、欠損部分を含めた速度データを推定する。

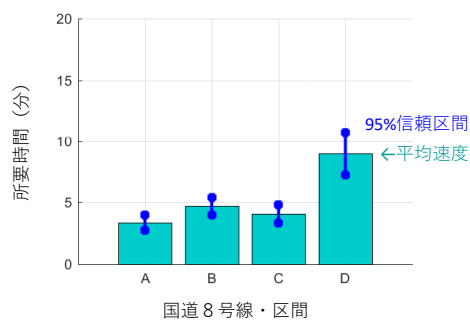


図⑧-3 代表パターンに基づく ETC2.0 速度データの補完方法

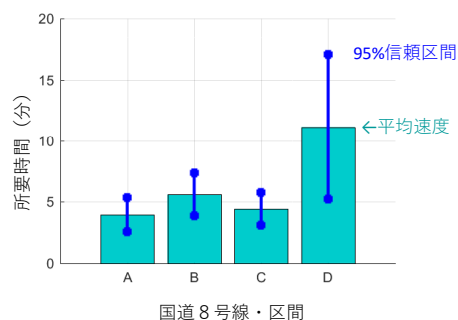


図⑧-4 信頼性評価対象地域

上述のデータ補完法を用いて、図⑧-4に示す金沢市近辺の国道8号の4区間の所要時間信頼性を推定した。推定した4区間の平均所要時間とその95%信頼区間は図⑧-5（上り）と図⑧-6（下り）の通りである。以上のように、プローブデータの欠損がある場合でも時間信頼性評価を行うことができる手法を開発することができた。



図⑧-5 上り方向の平均所要時間と標準偏差



図⑧-6 上り方向の平均所要時間と標準偏差

### 3. 連結・時間信頼性を考慮した総合的評価法

上記では、プローブデータに欠損があったり、データ自体が少ない場合の手法の検討を行った。研究代表者らが提案した確率均衡配分モデルは、そのようなデータがない場合でも時間信頼性を評価することができる。また、均衡配分の枠組みの中で、連結信頼性も考慮することが可能である。本研究開発では、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るとともに、連結信頼性計算の高速化を図り、モデルの実用化を行った。これによって、リンク・ノード数が数千の道路ネットワークの計算が可能となった。図⑧-7はリンク数が6024でノード数が2152の石川県道路ネットワークの各リンクのAM7:00～AM8:00の所要時間の変動係数の計算結果である。図⑧-7では、金沢山側環状道路（山環道）整備前と整備後の計算結果である。なお、変動係数は標準偏差を平均で割ったものであり、これが大きいほどばらつきの度合いが大きいことになる。この図から、人口が集中した金沢市近辺の交通量が多い地域では、道路の旅行時間の変動がほかの地域より大きいことがわかる。また、整備前と整備後を比較することによって、山側環状道路の整備によって、所要時間の変動も減少して、時間信頼性が向

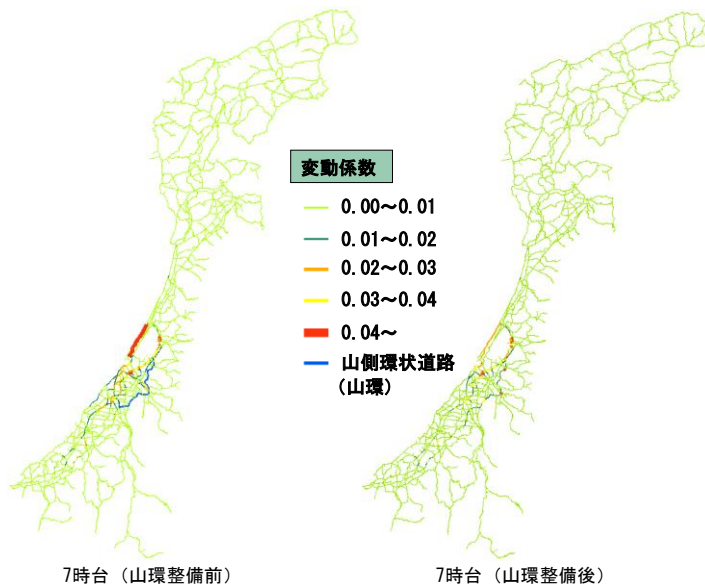
上していることが分かる。

また、上述の通り、この確率均衡配分モデルでは、時間信頼性のみならず、連結信頼性も考慮した道路整備等の便益評価も可能である。紙面の都合上、連結・時間信頼性を考慮した総合的評価の適用結果は省略する。

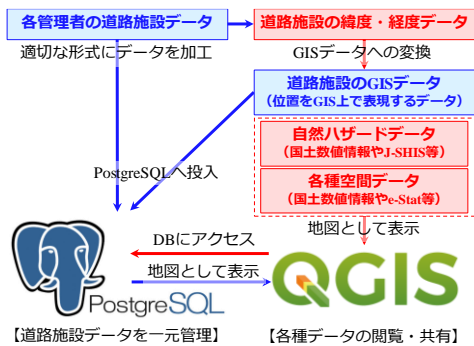
#### 4. 接続性・連結信頼性評価等のための道路施設統合データベースシステムの構築

本研究開発では、地理情報システム（GIS）を用いて、道路施設への災害リスク及び橋梁・トンネル・斜面等の管理・

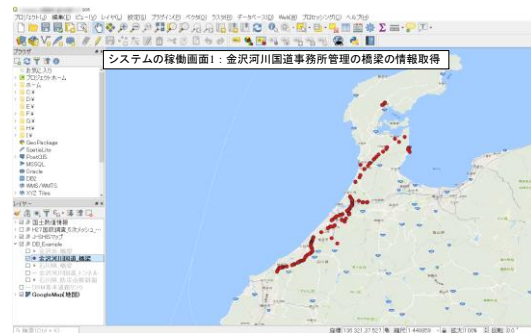
点検データに基づいた各道路施設の劣化や強度から災害等に対する各道路施設の脆弱性のレベル分けを行った。これらを行うための道路施設管理統合データベースシステムの概要は図⑧-8の通りである。また、図⑧-9



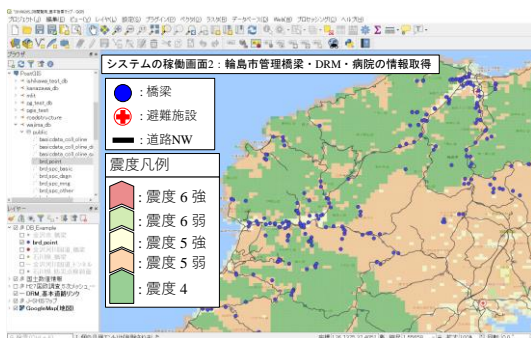
図⑧-7 石川県道路ネットワークの山環道整備前後の変動係数の変化



図⑧-8 データベースとGISとの相互関係



図⑧-9 実稼働画面1（金沢河川国道事務所管理の橋梁）



図⑧-10 実稼働画面2（輪島市管理橋梁・DRM・病院）

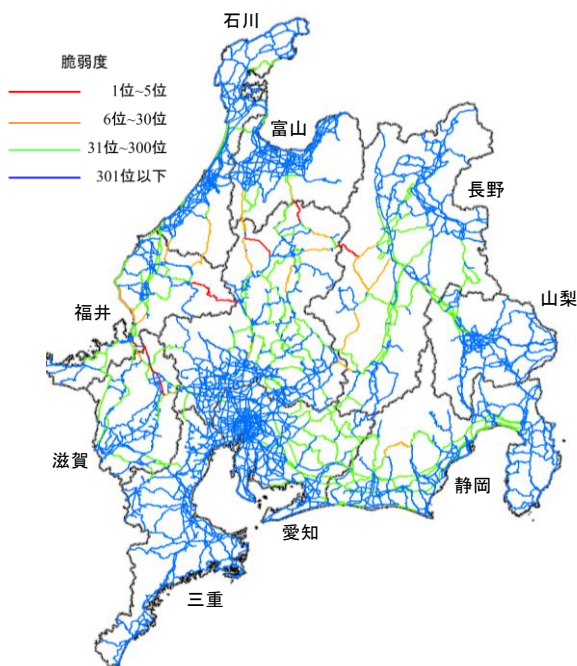


図⑧-11 実稼働画面3（橋梁の属性情報の取得）

から図⑧-11にその稼働画面である。

### 5. 固有値解析を用いた道路ネットワークの接続性評価手法

あるOD間（起・終点間）がつながる確率もしくは到達不能確率を算定できると、連結信頼性の便益評価が可能となる。しかしながら、連結確率もしくは到達不能確率をある程度の確度をもって推定することは必ずしも容易ではない。本研究開発では、連結確率を算定できなくとも道路ネットワークの接続性評価ができる手法を開発した。この手法の特徴は、DRM（デジタル道路地図）等から道路のつながりをグラフ化し、そのラプラシアン行列の固有値を活用するものである。そして、この手法を中部地方の緊急輸送道路ネットワークに適用した。その結果は図⑧-12の通りである。これによって、接続性が低い部分を抽出し、その部分は特に道路施設の災害リスク等を重点的に行うことができることを確認できた。このネットワークでは明らかに岐阜県境の道路リンクが疎で、開発手法ではその部分が抽出されており、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。

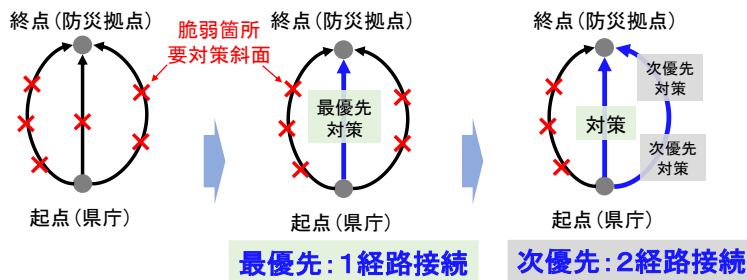


図⑧-12 接続性評価法の中部道路ネットワークへの適用

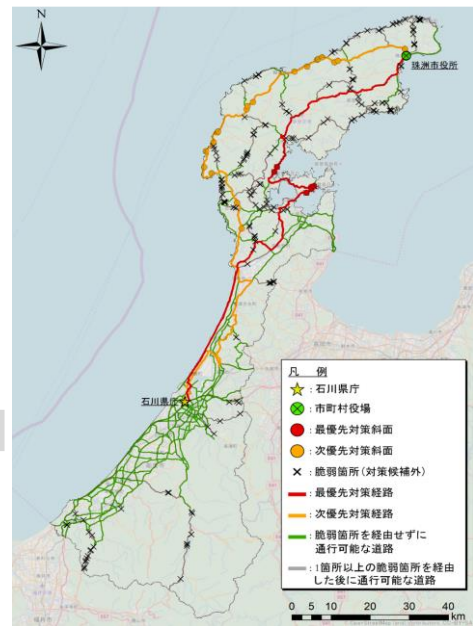
### 6. 維持管理計画策定のための接続性分析

長期にわたり道路ネットワークの信頼性や接続性を確保するためには、道路の維持管理も考慮する必要がある。本研究では災害・緊急時に重要な役割を果たす防災拠点などの施設へ災害時でも途絶リスクの少ない道路リンクでつながる状態を（道路網の）接続性が確保されている状態とした。つまり、所要時間が通常よりも多少遅れる程度の迂回等は許容されるが、災害・緊急事態への対応が困難となるような地区や地域の孤立は避けるものとする。このために、災害時等においても通行不能となるリスクが少ない経路を確保することを考える。維持管理計画を策定する際には、単に傷んだ道路施設を直すだけでなく、道路途絶のリスクの少ない道路リンクで重要箇所を互いに結ぶネットワークの視点も非常に有用であり、本研究開発では、上述の道路施設管理統合データシステムや接続性評価法等を用いて、図⑧-13に示すように、複数の要対策道路施設（災害時等で途絶リスクのある道路リンク）がある場合、まずはそのようなリスクの少ない道路リンクで構成される最低一つの経路で防災拠点を結ぶことを考えるが、対策する箇所が最も少なくとも済む経路上にある道路施設や道路リンクの維持管理や各種対策を接続性の観点からの最優先とする。一つの経路で結ぶことができれば、その経路と重複することのないもう一つの経路でも結び、2つの非重複経路で結ぶことでより信頼性を高める。図⑧-14

は道路施設管理統合データシステム内の斜面防災点検データから要対策斜面を抽出し、広域豪雨等があっても重要な防災拠点である珠洲市役所が石川県庁との接続性を確保するための最優先対策斜面と次優先対策斜面を図示したものである。本研究開発によって、このように災害時に途絶リスクがある道路施設や道路リンクが多数ある場合はこのような接続性の観点から優先順位をつけることができるようになった。



図⑧-13 優先対策個所の選定の考え方



図⑧-14 接続性確保のための優先対策斜面



## ⑨研究成果の発表状況

(本研究の成果について、これまでに発表した代表的な論文、著書(教科書、学会抄録、講演要旨は除く)、国際会議、学会等における発表状況を記入下さい。なお、学術誌へ投稿中の論文については、掲載が決定しているものに限ります。)

### Transportation Research Board Annual Meeting

平成31年1月13日～平成31年1月17日, Transportation Research Board,

The Walter E. Washington Convention Center( Washington, DC )

- 中南孝晶, 中山晶一郎, 小林俊一, 山口裕通: AN EIGENVALUE ANALYSIS OF ROAD NETWORK CONNECTIVITY IN THE 1 HOKURIKU-TOKAI REGION OF JAPAN

### 土木学会論文集D3(土木計画学) Vol. 74, No. 5

公益社団法人土木学会論文編集委員会, 公益社団法人土木学会学術誌において公表

- 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
- 小林俊一, 若林桂汰, 坪川秀太郎, 中山晶一郎: 固有ベクトル中心性の概念を拡張したネットワーク上の拠点ノード抽出および領域分割手法の提案
- 大澤脩司, 岡田真由子, 中山晶一郎, 山口裕通: 地震に対する道路の弱点箇所に基づく防災拠点間の接続性評価に関する研究
- 山口裕通, 小泉奏子, 大澤 脩司, 中山晶一郎: 道路ネットワークの接続性強化に向けた防災拠点の重要度ランクの推定

### 土木学会論文集A2分冊(応用力学)特集号

公益社団法人土木学会論文編集委員会, 公益社団法人土木学会学術誌において公表

- 坪川秀太郎, 若林桂汰, 小林 俊一, 中山 晶一郎: バネ質点系の力学アナロジーを用いた道路ネットワークのリンク重要度のトリアージ手法について

### 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
- 小池光右, 中山晶一郎, 山口裕通, 高山純一, 藤生慎: 時間帯別均衡配分モデルの旅行時間の再現性の検証

### **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

### **平成29年度土木学会中部支部研究発表会**

平成30年3月2日, 公益社団法人土木学会 (担当: 中部支部), 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, 大澤脩司: 緊急輸送道路ネットワークの連結性評価のための固有値解析によるネットワーク集約
- 李思宇, 中山晶一郎, 山口裕通, 大澤脩司: リンク間相互干渉を考慮した大規模ネットワークにおける旅行時間評価のため効率的な計算手法の提案
- 宇野敦伎, 中山晶一郎, 山口裕通: プローブデータを用いた道路ネットワーク上の走行速度分散の空間差に関する研究
- 岡田真由子, 中山晶一郎, 大澤脩司, 山口裕通, 小林俊一: 道路防災点検データに基づく石川県の道路ネットワークの災害脆弱性に関する研究
- 小泉奏子, 中山晶一郎, 山口裕通, 高山純一, 藤生慎: 全国の防災拠点の指定の現状とその重要度のランク付け方法に関する研究

### **土木学会全国大会第73回年次学術講演会**

平成30年8月29日～平成30年8月31日, 公益社団法人土木学会, 北海道大学 (札幌市)

- 坪川秀太郎, 小林俊一, 若林桂汰, 中山晶一郎: ばね質点系アナロジーによる道路ネット

ワーク脆弱性解析手法の解釈について

- 宇野敦伎, 中山晶一郎, 山口裕通: プローブカーデータを用いた道路構造と速度の平均値・分散値との関係性分析
- 古屋健登, 中山晶一郎, 山口裕通: プローブデータとトラカンデータの融合に向けた速度変動パターンの比較
- 中南孝晶, 中山晶一郎, 小林俊一, 山口裕通, 大澤脩司: 防災点検データを考慮した固有ベクトルによる道路ネットワークの脆弱性評価

### 土木学会第58回土木計画学研究発表会（秋大会）秋大会

平成30年11月23日, 公益社団法人土木学会, コンパルホール (大分県大分市)

- Tran Thanh Hai, 坪川秀一郎, 中山晶一郎, 山口裕通: ネットワーク上に構成する木構造を利用した道路網の緊急復旧ルート選定に関する一考察
- 坪川秀太郎, 小林俊一, Tran Thanh Hai, 中山晶一郎: 道路網におけるOD接続強度の定量的評価に関する考察
- 大澤脩司, 中山晶一郎, 山口裕通: 道路ネットワークの防災機能向上のための効果的な防災拠点設定に関する研究
- 中南孝晶, 中山晶一郎, 小林俊一, 山口裕通: 接続的脆弱部分推定のための緊急輸送道路ネットワークの複数分割
- 熊谷成則, 中山晶一郎, 山口裕通: プローブカーデータを用いたリンク別速度の日変動分析
- 宇野敦伎, 古屋健登, 熊谷成則, 小池光右, 中山晶一郎, 山口裕通: プローブカーデータによる速度変動分析のための混合効果モデル

### 平成30年度土木学会中部支部研究発表会

平成31年3月1日, 公益社団法人土木学会中部支部, 愛知県工業大学 (愛知県豊田市)

- 小林俊一, 中山晶一郎, 山口裕通, 坪川秀太郎, Tran Thanh Hai: 貪欲法に基づく道路ネットワークの復旧リンク選定に関する考察
- 坪川秀太郎, Tran Thanh Hai, 小林俊一, 中山晶一郎: バネ・質点系アナロジーによる道路ネットワークの脆弱リンクの探索について
- 中南孝晶, 中山晶一郎, 小林俊一, 山口裕通: 緊急輸送道路ネットワークの複数分割を考慮した固有値解析によるリンク脆弱性評価
- 古屋健登, 中山晶一郎, 山口裕通, 熊谷成則: プローブデータとトラカンデータを組み合わせた分析を目指した走行速度比較
- 干川順也, 中山晶一郎, 山口裕通: プローブデータを用いた道路網の交通混雑の面的推定及びその原因特定
- 光澤駿治, 中山晶一郎, 山口裕通, 大澤脩司: 道路施設データ一元管理システムによるネットワーク脆弱性に着目した重要対策箇所選定方策の研究
- 田嶋眞樹, 中山晶一郎, 山口裕通, 中南孝晶: 同時複数リンク切断を考慮したラプラスアン行列を用いた交通ネットワークの連結性評価

## ⑩研究成果の社会への情報発信

(ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。)

本研究課題の各種研究成果報告書の著作権は国土交通省国土技術政策総合研究所に帰属し、それらは国土交通省新道路技術会議のホームページ上で公開される。

北陸の道路や河川管理者やコンサルタントが90名ほど集まる金沢大学都市・河川寄付講座のシンポジウム(2019年6月25日、金沢市文化ホール)にて、「道路ネットワークの対災害接続性評価」と題して発表を行い、北陸の道路や河川管理者やコンサルタントに対して研究成果を発表した。

## ⑪研究の今後の課題・展望等

(研究目的の達成状況や得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や道路政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。)

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、通常時旅行時間変動の推定や道路施設の脆弱性評価や道路ネットワークの接続性評価などの各要素技術を開発するとともに、連結・時間信頼性を考慮した総合的な便益評価法の実用化を推進した。これまでの道路整備の3便益に加えて、時間信頼性便益を算定することについては十分に実用レベルに達したと考えるが、連結信頼性便益の算定のためには、それなりの確度で災害発生確率を推定することには課題も多く、今後各種技術開発が必要であり、今後一つずつ研究蓄積を重ねていきたい。プローブデータを活用した所要時間変動評価のための各種技術開発に成功したが、プローブデータとトラカンの融合手法には改善や精緻化の余地があり、また、確率均衡配分モデルにプローブデータを取り込む手法の開発も今後の課題であり、これによってプローブやトラカンデータが全くない部分を含んだ道路ネットワークの時間信頼性評価を精度良く行うことが可能となると期待できる。道路施設管理データシステムについては、本研究開発で行った道路ネットワークの接続性評価や道路施設の脆弱性評価以外にも様々な場面で活用可能なものであるため、これまでの道路管理者へのヒアリングから分かった道路管理者のニーズを踏まえて、より広範な活用が可能となるようにシステムの拡張を進めていくとともに、市町村等が活用する際のサポートを行っていきたい。

## ⑫研究成果の道路行政への反映

(本研究で得られた研究成果の実務への反映等、道路政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

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。本研究開発で構築した道路施設管理データシステムを用いて道路管理者間で情報の共有は特に小規模地方自治体にとっては有用であるので、北陸地方整備局・金沢河川国道事務所・石川県土木部や輪島市等の石川県内市町村との連携を続け、石川県内の道路に関しては、データの共有を推進したい。

先の西日本豪雨では多数の斜面崩壊や土砂崩れが発生し、災害時でも接続性を確保した道路ネットワーク構築の重要性が再認識されることになった。本研究開発の道路ネットワークの接続性評価法や優先対策選定手法を普及して、そのような道路ネットワーク整備につなげたい。

時間信頼性については、これまでの3便益に加えて時間信頼性便益の算定は本研究活によって実用化可能となったため、普及を促進したい。また、近年道路行政でもプローブデータの活用が進んでおり、本研究開発のプローブデータの欠損の補完法などは非常に有用な技術であり、今後の道路行政でも活用されることが期待できる。

## ⑬自己評価

(研究目的の達成度、研究成果、今度の展望、道路政策の質の向上への寄与、研究費の投資価値についての自己評価及びその理由を簡潔に記入下さい。)

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、中間評価・FS評価で受けたコメントに従いながら、本様式の「⑧研究成果」の欄で詳述したように、通常時旅行時間変動の推定や道路施設の脆弱性評価や道路ネットワークの接続性評価などを理論に基づきながら実用可能な各要素技術を開発することができ、十分な研究成果があったと考える。また、本様式の「⑪研究の今後の課題・展望等」に記載したように今後の展望が期待できるものである。この理由としては、単なる実用化ではなく、理論に基づいたものであり、その理論の枠組みの中で整合的・統一的に今後も研究を発展させることができる。

これまでの道路整備の3便益に加えて、時間信頼性便益を算定することについては本研究開発によって十分に実用レベルに達し、また、近年道路行政でもプローブデータの活用が進んでいるが、本研究開発のプローブデータの欠損の補完法なども道路政策の質の向上の上で非常に有用な技術である。さらに、本研究開発で構築した道路施設管理データシステムを用いて道路管理者間で情報の共有が可能であり、このシステムは特に小規模地方自治体にとっては有用である。多数の斜面崩壊や土砂崩れ発生する先の西日本豪雨のような災害の対策として、効率的に災害時でも接続性を確保した道路ネットワーク構築するための接続性評価法や優先対策選定手法も非常に有用である。このように本研究開発の成果は道路政策の質の向上にも寄与するものであり、本研究開発の投資効果は高いと考える。