

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（FS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]	タイプ	
③研究経費 (単位:万円)	平成27年度			
※受託金額を記入。	8,000,000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も提案する。</p>				

⑥ F S 研究の結果

(F S 研究の結果について、これまでの研究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。)

本年度（平成27年度）の研究の結果を以下のようにまとめる。

① 緊急輸送道路ネットワークの構築

地理情報システム（GIS）上で緊急輸送道路ネットワークを構築した。図1は北陸地方及びその周辺の緊急輸送道路ネットワークである。

② 地震・土砂災害・浸水ハザードリスクの評価

土砂災害及び浸水ハザードリスクについては、国土数値情報データから、地震ハザードリスクについては、地震ハザードステーション（J-SHIS）が公開している確率論的地震動予測地図をもとに、図2～4の通り、GIS上で全国の緊急輸送道路の地震・土砂災害・浸水ハザードリスクの基礎的評価を行った。

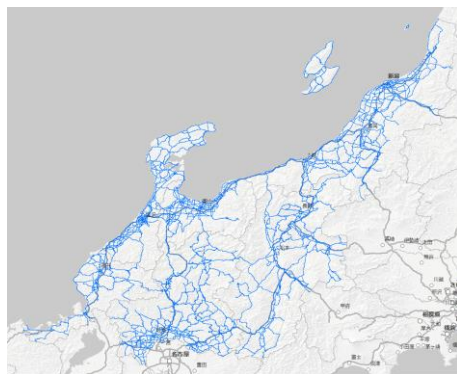


図1 緊急輸送道路ネットワーク

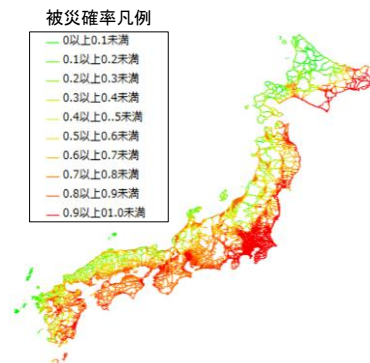


図2 緊急輸送道路被災確率(震度5弱, 30年以内)

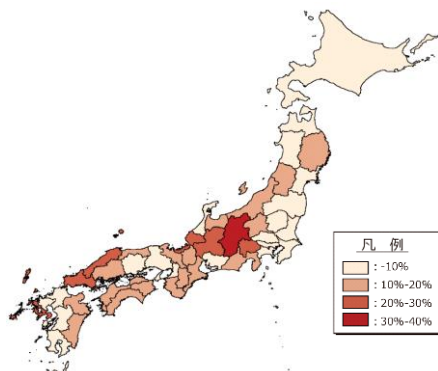


図3 各県内の1次緊急輸送道路が土砂災害危険地域に含まれている割合

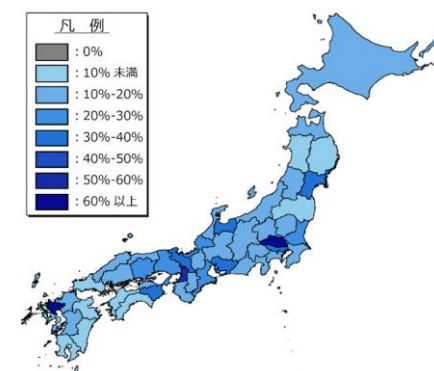


図4 各県内の1次緊急輸送道路が浸水想定地域に含まれている割合

③ 地震による建物倒壊リスクの基礎的評価法の開発

緊急輸送道路が使用不能となる要因の一つとして、地震時に緊急輸送道路沿道の建物が倒壊することが考えられる。その評価のためには、建物の位置、高さ、建築時期、建物の構造等に関するデータが必要となるが、今年度（FS研究）は、建物の位置及び高さを把握することができるデータ（esriジャパンが提供する詳細地図）を用いた。

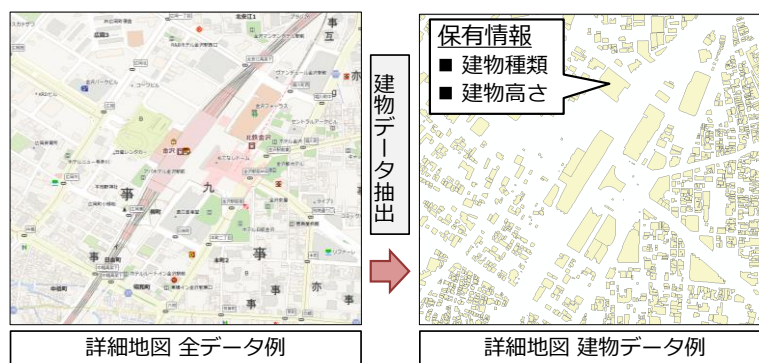


図5 詳細地図全データ及び建物データの例

建物倒壊リスク評価は、建物の高さや緊急輸送道路との位置関係をもとに行う。図6に緊急輸送道路に影響を与える建物の抽出フロー図を示す。建物の抽出は、建物の重心を求め、求めた重心から、建物の高さを半径とする円を描いた後、その円の中に緊急輸送道路を含む場合はその建物を緊急輸送道路に影響を与える建物として抽出するという手順で行う。

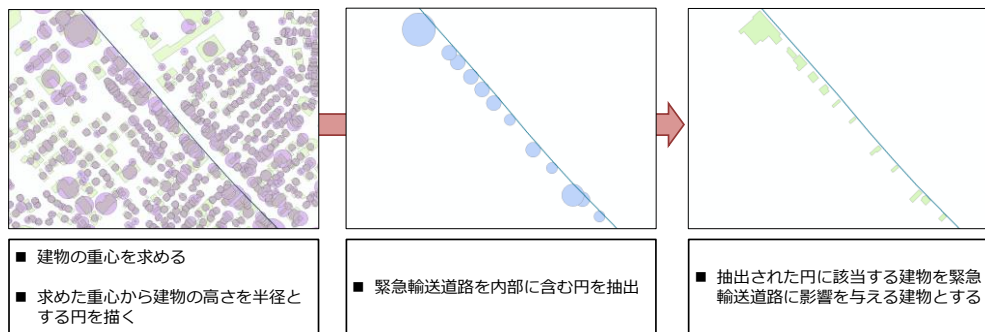


図6 緊急輸送道路に影響を与える建物の抽出フロー図

このような手順で作成した緊急輸送道路沿道の建物に対し、J-SHISが公開している地震動予測地図を用いて、どの程度の計測震度の揺れに見舞われる可能性があるかを決定する。これらに対し、地震による建物の被害関数を適用し、各建物の全壊確率を決定する。次に乱数シミュレーションにより、各建物が全壊するかどうかを判定し、全壊した場合にはその建物が隣接する緊急輸送道路では道路閉塞が発生すると評価する。

④ 県庁と各避難所間の到達可能性に関する分析

上述の地震・土砂災害・浸水ハザードリスクの評価及び地震による建物倒壊リスクの基礎的評価を用いて、新潟県・富山県・石川県・福井県・長野県・岐阜県の6県の各県庁と各避難所間の到達可能性に関する試行的分析を行った。

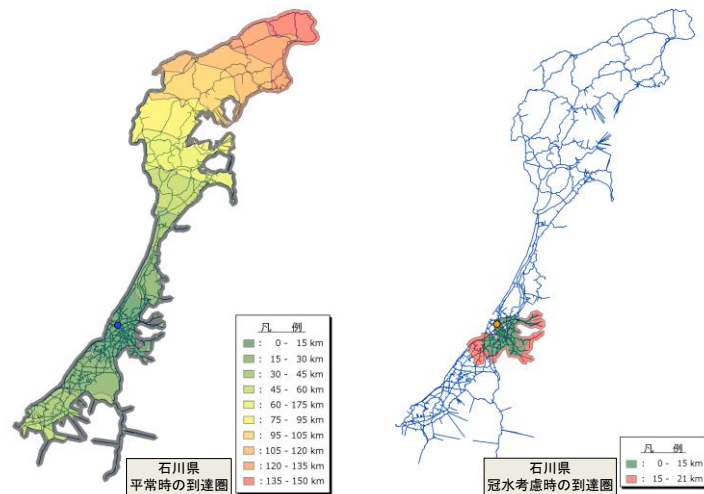


図7 石川県における平常時と冠水考慮時の緊急輸送道路を用いた県庁からの到達圏の比較

今年度のF S研究では、試行的に地震・土砂災害・浸水ハザードリスクある緊急輸送道路リンクは通行できないという単純な想定で基礎的分析を行った。図7は石川県における平常時と冠水考慮時の緊急輸送道路を用いた県庁からの到達圏の比較である。

⑤ 橋梁の地震被災リスクと補修優先判別の試行的方法の検討

橋梁は定期的な点検が始まっており、道路施設の中でも多くのデータが収集されている。石川県、富山県、福井県から橋梁点検データを入力し、今年度は石川県が管理する橋梁の分析を行った。橋梁の地震リスクを考慮するため、まず橋梁の位置情報とJ-SHISの震度分布をGIS上に整理するとともに、橋梁の健全度等も含めた基礎的分析を行った。また、補修優先度決定をめざし、主成分分析等の多変量解析を行った。

⑥ 自動運転車等による道路の3次元データ化

道路の路面状況や周辺環境に関するデータは、道路区間ごとの信頼度評価への活用が期待される。このようなデータを整備するため、今年度は研究グループが開発する自動運転車の走行時センサーデータの収集・蓄積、ドローンによる道路の空撮を行い、PASCOから

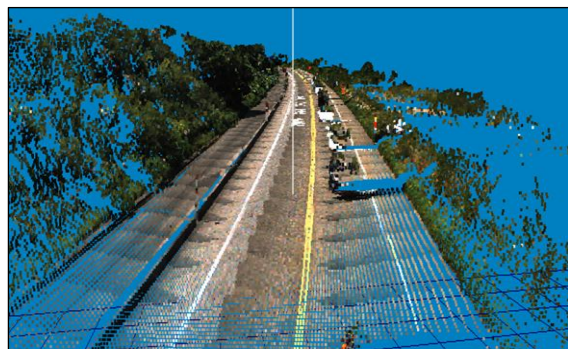
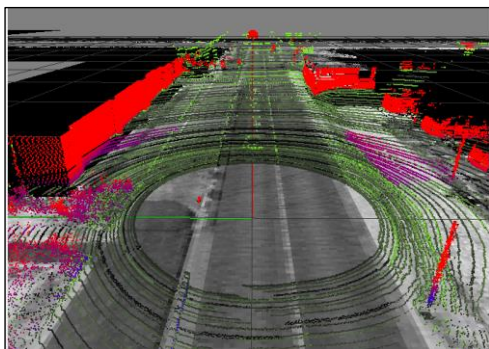


図8 金沢大学自動運転車のセンサーデータ 図9 MMSによる石川県の国道計測データ



図 10 ドローン空撮動画を用いた道路の3次元データ化（金沢市角間町県道 27 号戸室大橋）

MMS（モバイル・マッピング・システム）による道路現況のレーザ計測データの提供を受けた。路面状況および道路周辺環境に関するデータ整備のため、まずこれらデータを用いた道路の3次元データ化のための基礎的な検討を行った。これらにより、それぞれの手法の課題等を整理することができ、本格研究における分析法開発につながるものとなった。

⑦ 連結計算プログラム

道路ネットワークにおける起終点間（OD間）の連結確率計算プログラムの高速化及びユーザビリティの改善を行った。計算の高速化にあたっては、連結確率計算のうち最短経路探索アルゴリズムに改良を加え、リンク数1164、ノード数352の石川県の緊急輸送道路ネットワークにおいて、高速化前後の計算プログラムで10,000回の計算を行い、計算時間を比較した。その結果、従来プログラムでの506.97秒から1.17秒に計算時間が短縮され、大幅な計算の高速化が確認された。

次に、この新プログラム及び石川県・富山県・福井県・岐阜県の4県の緊急輸送道路ネットワークを用い、石川県庁直近のノードからその他全ノードまでの連結確率を算出した（図11）。この際、各リンクの利用可能性を表すリンク信頼度は一律0.7として計算した。4県の緊急輸送道路ネットワークを用いた連結計算では、起点からの距離が遠いノードほど連結確率は低くなる傾向が読み取れ、緊急輸送道路網が疎な部分のノードに対しても同様の傾向があることを確認した。

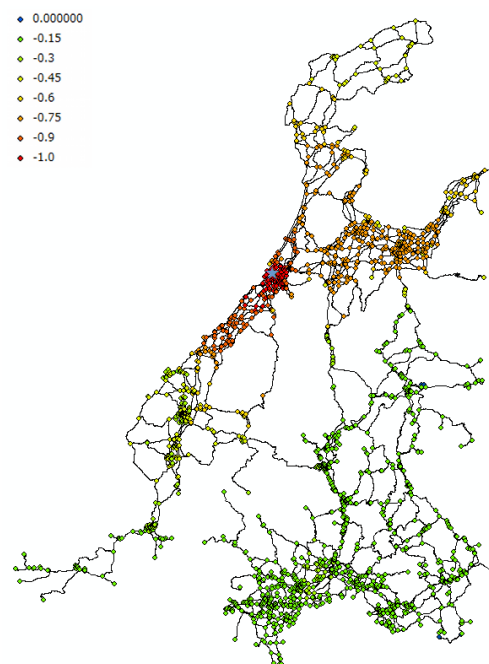


図 11 石川県庁から各ノードへの連結確率

⑧ 非観測リンクの交通量分布推定

これまでに開発した確率的交通ネットワーク均衡モデルを基礎として、観測したリンク交通量分布データを用いて、非観測リンクの交通量分布を推定し、ネットワーク各リンク旅行時間分布を算定する方法を提案した。詳細については、平成27年度土木学会中部支部研究発表会（平成28年3月4日開催）講演原稿に記載したとおりである。

⑦ 本格研究の見通し

（F S 研究の結果を踏まえた本格研究における研究成果の見通し、今後の研究目標の達成見込み、成果の活用方法、手段、今後の展開等を記入。この際、提案書（当初計画）からの変更点があれば、分かるように工夫すること。）

1. 緊急輸送道路ネットワーク・データと橋梁・トンネル・防災点検データとの融合

今年度構築した緊急輸送道路ネットワーク・データに、同じく今年度にデータ整理や基礎分析を行った橋梁点検データを緊急輸送道路ネットワーク・データにマッチング・統合する。これを行わなければならない理由は、橋梁点検データでの橋梁の位置データと緊急輸送道路のネットワーク・データの不整合な部分があり、緊急輸送道路ネットワーク上の正しい位置に橋梁があるように修正・マッチング作業が必要であるからである。また、トンネル点検データ、防災点検データも同様のことを行う。これらによって、橋梁・トンネル・（防災点検データが対象とする）斜面等を道路ネットワーク上の道路施設・環境として分析することができる。

2. 自然災害に対する緊急輸送道路ネットワークリンクの脆弱度算定法

橋梁点検データ・トンネル点検データから橋梁・トンネルの自然災害等に対する脆弱さを4段階程度に分類する。また、防災点検データから道路の落石・岩盤等崩壊の危険性を評価する。地震時の建物倒壊リスクについては、前述の通り、今年度はesriジャパンが提供する詳細地図をもとにした基礎的評価を行ったが、最近提供いただいた石川県の各市町の都市計画基礎調査データから建物構造（木造かRCかなど）や築年数などの情報をさらに付加して、より精緻・精密な建物倒壊リスク評価法を開発する。そして、それを用いて石川県内道路ネットワークの地震時の建物倒壊リスク評価を行う。さらに、富山・新潟・福井県の都市計画基礎調査データも入手し、北陸地方全体の評価も行う。これらを緊急輸送道路ネットワーク・データ上に整理し、緊急輸送道路ネットワークの各リンクの脆弱度算定法を開発する。

3. 日常時通行障害確率算定

道路交通情報通信システム（VICS）データを用いて、道路ネットワークの各リンクの気象・事故・工事等による通行障害のデータの整理を行い、各リンクの通行止め・通行障害確率を算定する。災害時以外にも道路リンクの通行止め・通行障害はあるため、それを定量的に評価する。このような通行止めや通行障害があると、迂回路があることの便益が明確に出るため、これを道路ネットワークが密に連結することの便益算定につなげる。

4. 道路リンクの旅行時間分布推定

今年度に開発した非観測リンクの交通量分布の推定法を石川県の道路ネットワークに適用し、対象道路ネットワークの全リンクの交通量分布を算出し、それを旅行時間分布に変換して、時間信頼性評価を行う。そして、トラカン・プローブ・ETC2.0データと照合し、その妥当性を評価した上で、それを北陸地方全体に拡大する。

5. 連結・時間信頼性の両方を考慮した道路整備の総合的便益評価法

上述の自然災害に対する緊急輸送道路ネットワークリンクの脆弱度算定法による災害時の各リンクの通行できない確率及び日常時通行障害確率を、今年度に再構築した連結確率算出プログラムに入力することによって、高速に連結信頼性を計算できる。さらに、上述の道路リンクの旅行時間分布推定によって、時間信頼性を計算することができる。これらをこれまでの費用便益評価での便益計算に整合的に算入し、連結・時間信頼性の両方を考慮した道路整備の総合的な便益評価を行う。そして、それらを用いた道路ネットワークデザイン手法を提案する。

6. 緊急輸送道路の維持管理計画策定法

信頼性の高い道路ネットワークを整備するために、脆弱な部分へ対策を施したり、道路建設や道路施設の補強・建替え・新設を行う必要がある個所が出てくる。このような整備には時間と費用がかかるため、年度予算の制約を考慮し、どのような順番で行うのが最適なのかを考える必要がある。このように信頼性の高い道路ネットワークの形成のためには、維持管理の観点も必要である。今年度の橋梁の補修優先順位算定についての試行的分析を土台に橋梁の補修優先順位決定法を確立し、さらに、橋梁のみならず、トンネルや斜面なども含めて、緊急輸送道路の維持管理計画策定法を検討する。

7. 自動運転車の高精度計測技術等を用いた道路の三次元データベース化の可能性検討

金沢大学の自動運転車を一般道で有人運転することによって、また、自動運転車の死角となる部分もカバーするために空撮ドローンも利用し、道路およびその走行環境の三次元計測を行い、測量技術・GISやその他の情報と融合し、データベース化することが可能であるのかの検討を行う。これにより、路面凹凸等を含めた道路損傷や道路施設の劣化等による変化の把握がより高精度・効率的に行うことができると期待される。これらのデータは信頼性評価のための道路や道路施設の脆弱性評価だけでなく、道路施設の維持管理や長寿命化の際にも有用なものとなる。つまり、信頼性評価と維持管理の両方で相乗的効果がある。

信頼性の高い道路ネットワークの整備や維持管理計画策定は実務的に極めて重要な課題であり、上記の本研究の成果はそれらに大いに資するものである。

⑧特記事項

(本F S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。)

本F S研究において、「⑥F S研究の結果」の欄に記述したように今年度で基礎的な個別技術の開発や分析を行うことができ、順調に研究が進んでいる。来年度以降の本格研究において、今年度の開発や分析した個別技術等をさらに発展させるとともに、それらを融合することによって、研究目的を達成できる見込みがある。また、本F S研究によって、金沢大学内でのハード・ソフト研究者の異分野融合が促進し、一つのモデルケースとなった。また、地方整備局・河川国道事務所・県庁等の行政機関と大学の協力関係が深まった。