

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	
	家田 仁（いえだ ひとし）		東京大学 大学院工学系研究科		教授	
②研究 テーマ	名称	広域道路ネットワークの対災害信頼性から観たリンクの脆弱度及び改良優先度の実用的評価手法の開発と適用性評価				
	政策 領域	[主領域]（※政策領域が複数の場合、 主領域と副領域を記入）	公募	タイプ		
		[副領域]	タイプ			
③研究経費（単位：万円） ※H25は精算金額、H26は受託金額、H27は計画額を記入。	平成25年度	平成26年度	平成27年度	総合計		
	1,400	1,600	2,250	5,250		
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				
羽藤 英二		東京大学大学院工学系研究科 教授				
島村 誠		東京大学大学院工学系研究科 特任教授				
鳩山 紀一郎		東京大学大学院工学系研究科 講師				
柳沼 秀樹		東京大学大学院工学系研究科 特任助教				
田村 亨		北海道大学大学院工学研究院 教授				
奥村 誠		東北大学大学院工学研究科 教授				
朝倉 康夫		東京工業大学大学院理工学研究科 教授				
久保田 尚		埼玉大学大学院理工学研究科 教授				
田邊 勝巳		慶應義塾大学商学部 准教授				
佐野 可寸志		長岡科学技術大学環境・建設系 教授				
秀島 栄三		名古屋工業大学大学院工学研究科 教授				
宇野 伸宏		京都大学大学院工学研究科 准教授				
岡村 未対		愛媛大学大学院理工学研究科 教授				

那須 清吾	高知工科大学大学院工学研究科 教授
大内 雅博	高知工科大学大学院工学研究科 准教授
山中 英生	徳島大学大学院リハビリサイエンス研究部 教授
藤原 章正	広島大学大学院国際協力研究科 教授
溝上 章志	熊本大学大学院自然科学研究科 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。）

本研究の目的は、東日本大震災を踏まえて提案された「道路防災機能評価の暫定手法」の実用性向上を念頭に、実務者の感覚と合致したより現実的な耐災害信頼性評価手法の開発および適用可能性の検証である。本研究を遂行するにあたっては、以下に示す3点を具体的な目標として設定する。

- (1)道路分科会・事業評価部会によって作成された暫定手法を性能検証し、さらに改良する
- (2)全国各広域圏で実務的な実用性を検証し、地域に応じたファイン・チューニングを行う
- (3)全国各広域圏で適用結果を算出し、速やかに整備事業に反映する

なお、各地域の実情を十分に踏まえた評価手法を開発するために、ヒアリングや意見交換を通じて、各地域の関係行政機関および研究者との連携を十分に図ることとする。

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。）

本年度は、前年度の成果である実務ニーズの抽出結果に基づいて提示した「改善に向けたフレームワーク」を念頭に、評価手法の改良案検討と性能評価（**理論的課題**）、評価計算システムの構築（**実務的課題**）、ケーススタディ地域への適用を実施した。下記に研究内容の概要を示す。

(1)道路防災機能評価の改善と性能検証

暫定手法の改善において、地整レベルの広域道路ネットワークを対象とした耐災害信頼性評価指標の検討（**マクロ評価**）と数km程度の道路区間単位を対象とした災害時におけるリンク遮断リスク、すなわち**道路リンクの物理的脆弱性評価手法の検討（ミクロ評価）**の大きく2点に着目して改善案の検討を実施した。

【道路ネットワーク上の耐災害信頼性評価手法の検討（マクロ評価）】

現行の暫定手法である必要性評価手法（ABCDに基づく**定性的手法**）ならびに有効性評価手法（脆弱度 α ・改善度Kに基づく**定量的手法**）は、基本的は等価な性質を有しているが、有効性評価には多重性（代替経路の存在）が考慮されていない等の論理的齟齬が存在する。本研究では、**理論的整合性を担保しつつ従前の2つの暫定手法を統合した評価手法を構築**した。具体的には、代替経路を加味した拠点間移動指標として**ログサム値**（ランダム効用理論に基づく期待所要時間）を採用し、ログサムから算出定義した脆弱性指標 α に基づいてABCDのランクを算出可能とした。さらに、特定リンクの有無がネットワーク性能に与える影響を示すリンク起因脆弱度やその改善度等の複数の評価指標値を構築した。

【地域の実情に応じたマルチハザードの設定方法の検討】

現行の暫定手法では、災害時におけるリンク遮断を①津波浸水区域、②未耐震橋梁、③道路幅員、④事前通行規制により簡便に設定している。しかしながら、災害様式は多様であり、かつ地域によって検討すべきハザードは大きく異なるため、マルチハザードに対応したリンクの物理的脆弱性を定義する必要がある。本研究は以下のような設定方法を提案する。

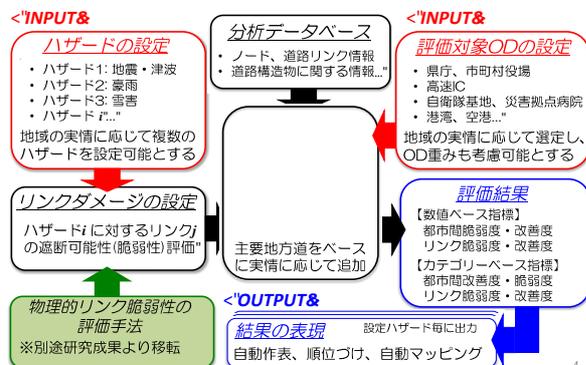
- (1) 変動災害（地震）：オーサライズされたハザードマップを利用した被害シナリオを設定（地震と連動して発生する津波や液状化等も同様）。火山災害も同様に設定
- (2) 気象災害（豪雨、豪雪）：過去の災害実績を利用した被害シナリオを設定
- (3) 集団移動災害（土砂崩壊、土石流）：地形学をベースとした定量的・定性的判定手法を構築

【道路リンクの物理的脆弱性の改善検討（ミクロ評価）】

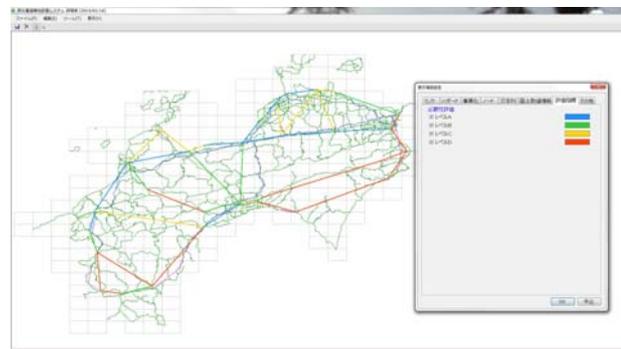
本研究では、道路リンク周囲の地形情報から土砂崩壊ならびに土石流による遮断を判定する手法を提案した。土砂崩壊は、地形学において傾斜角がある閾値以上で発生することが知られている。そこで、国土地理院が提供する10mメッシュDEMデータを用いて解析し、当該リンク区間に含まれる急傾斜の割合から遮断有無を定義した。一方、土石流は、谷地形、溪床勾配、道路と溪流の勾配関係から判定可能であるが、複雑であるため自動解析は困難である。そこで、1/25000地形図と簡便な判定ガイドラインを用いた抽出方法を検討した。これらの手法の有効性については、四国地方の国道32号線を対象に、災害履歴や現地調査、専門家との意見交換、判定ガイドラインの有効性検証実験を通じて妥当性の確認を行っている。

(2) 評価指標計算システムの実装

実務上の課題点として過年度に指摘されていた作業効率の向上を目的に、分析データベースの作成・更新、評価指標値の算出、結果の視覚表現を一体的に実行可能な計算システムを実装した。本システムは、入力として「複数のハザードシナリオ」と「評価対象ODの設定」を地域の特性に応じて、実務者が独自に設定可能な仕様とした。入力後はシステム内部で自動的に分析ネットワークの生成、評価指標値の算出、視覚化が実行でき、実務者の負担を可能な限り削減することが可能である。



システムの概念図



提案手法の計算結果をABCDカテゴリランクで出力

システム実行画面

システムの実装においては、以下の点に十分に配慮した開発を行った。

① 実務者が直感的に使いやすいインターフェースデザイン

- ・地図ベースのシステムとし、インターネット上の地図閲覧サービスと同等の操作感覚を実現
- ・全てのデータ操作（閲覧，追加，修正），指標計算，結果描画をグラフィカル・ユーザーインターフェース(GUI)上で実行可能とし，本研究で検討した評価指標の計算と結果描画を自動的に実行

② 全国共通の分析データベース仕様

- ・デジタル道路地図(DRM)を基本とした分析データベースのフォーマット規格を検討

③ 地域の実情に応じた柔軟な設定

- ・拠点やハザードの設定を補助するために，国土数値情報(KSJ)の表示に対応
- ・地域毎に異なる考慮すべきハザードについて複数のシナリオが設定・評価可能

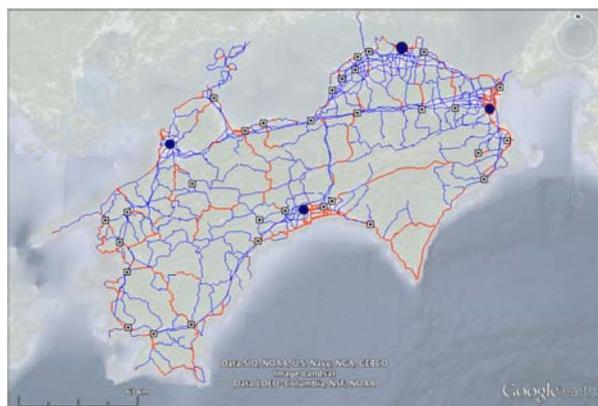
(3) 南海トラフ地震を想定した四国地方への適用

【四国地方への適用】

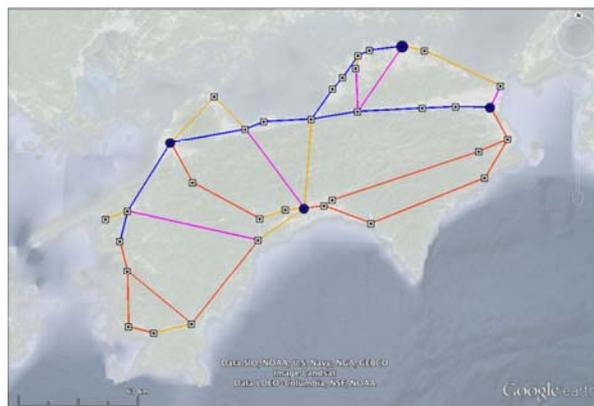
四国地方を対象に，今後発生が懸念されている南海トラフ地震を想定した試算を実施している．分析用データは，デジタル道路地図 平成25年3月版(DRM2503)を基本データとし，各種ハザード要因を付加したデータベースを構築した．なお，津波浸水領域の設定は内閣府の試算結果を援用して設定した．なお，これらの作業は本研究で実装したシステムを用いて実施しており，データ更新や変更がGUI上で実行できるため，作業効率が向上したとの意見が得られている．

【実務者との意見交換会を通じた課題抽出】

現在，四国全域での指標値試算・性能評価と平行して，各地の実務者との意見交換会を実施しており，改良評価手法ならびに評価システムの操作性や今後具備すべき仕様等について実務レベルでの議論を行っている．これまでに，東北地整，四国地整との意見交換会をおこなっており，引き続き，関東地整，北海道開発局，実業者（コンサルタント）との意見交換を実施する予定である．



南海トラフ地震時のネットワーク



主要拠点間での指標試算

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。)

これまでに主として評価手法の改善に関する学会発表2件を実施している。また、来年実施される国際会議(PIARC2015)での発表が決定している。本年度の成果についても、引き続き学会発表を行うとともに、学術論文(土木学会論文集, 交通工学, TRANSPORTATION)への投稿を進めている。

【論文】

- 1) 矢野慎一, 柳沼秀樹, 家田仁: 災害時における多重性を考慮した道路防災機能評価指標の構築, 土木計画学研究・講演集, Vol.49, CD-ROM, 2014.
- 2) 矢野慎一, 柳沼秀樹, 家田仁: 経路の多重性を考慮した道路防災機能評価手法の改良. 交通工学研究発表会論文集, Vol.34, CD-ROM, 2014.
- 3) Yaginuma,H., Yano, S., Ieda,H.: Improvement of Road Project Evaluation Method for Disaster Mitigation and Application to Multiple-Disaster Case in Japan, The XXVth World Road Congress in Seoul in 2015 (採択済み発表予定)

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。)

本研究は、防災機能評価の実務に資することを前提とした指標の理論的改良、現実的かつ実現可能なハザードの設定方法、実作業をサポートする計算システムの実装、実ネットワークへの適用に取り組んでおり、課題点は幾つか存在するが即実務に展開可能な状態にある。実装したシステムは次年度に全国の実務者に向けてリリース予定である。研究機関終了後も指標や計算アルゴリズムに関する研究を継続するが、データベース更新やシステム改修等には資金を要する。システムを構築して終了とするのではなく、しかるべきタイミングでメンテナンスを行い、持続的に実務に利用可能なスキームを検討する必要がある。

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、研究としての新規性、アピールポイント等、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。)

本研究で実装した評価システムは、実務的観点からも非常に有益であり、より一層の機能充実と操作性向上を求める多くの意見が得られていることから、本研究の実務的貢献は大きいと思われる。引き続き、全国の実務者との密な意見交換を通じて、課題点を抽出し、本研究にフィードバックを行いたい。

本手法の海外展開を念頭に、アジアや欧州での適用可能性や国際比較分析の検討を別途進める予定である。また、本研究で検討したリンクの物理的脆弱性の設定方法は、防災機能評価以外にも道路メンテナンスや鉄道ネットワークへの適用可能性が示唆されており、他の領域にも展開可能な手法である。本研究の成果から有益な技術が醸成されつつあり、今後も継続して改善に取り組むたい。