

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：23803

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01302

研究課題名(和文)ビッグデータ統合利活用による道路閉塞を考慮した移動信頼性向上に関する研究

研究課題名(英文)Improvement of Mobility Reliability Considering Road Blockage using Integrated Big Data

研究代表者

武藤 伸明(Muto, Nobuaki)

静岡県立大学・経営情報学部・教授

研究者番号：40275102

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：日本では地震などの自然災害により道路網の寸断が発生し、住民の孤立、避難時の大幅な迂回、道路渋滞などが発生している。災害時の道路網の信頼性を計算するためには避難者一人一人に対するシミュレーションなどの手法が用いられているが、大きな計算量を必要とし広域道路網に対する信頼性の計算は困難である。本研究では、避難者が避難施設までの移動において制限された上限時間内に到達できるかの視点から道路リンクの上限時間付きクリティカル度を提案し、その高速計算法を考案した。静岡県全域を対象に、道路網、人口、及び避難施設の現実データを用いて、現実的な時間で上限時間付きクリティカル度が高い道路を検出可能なことを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の災害では、自治体の境界を越えた広域的避難の重要性が指摘されている。本研究で確立した手法では、従来手法では困難であった広域道路網での信頼性計算を妥当な時間で行うことが可能であり、防災シナリオに応じて避難対象施設や避難対象者を精査することで、地方自治体に把握されていなかった危険箇所の発見や、将来の防災計画策定および住民への避難指示に活用できる可能である。

研究成果の概要(英文)：In Japan, earthquakes and other natural disasters have disrupted the road network, causing isolation of residents, major detours during evacuations, and road congestion. In order to calculate the reliability of the road network in the event of a disaster, methods such as simulation for each evacuee are used, but it is difficult to calculate the reliability of the wide area road network because of the long calculation time required. In this study, we proposed time-bounded criticalness of the road link from the viewpoint of whether the evacuees can reach the evacuation facility within the limited upper time limit, and a fast calculation method is devised. Using real data of road network, population, and evacuation facilities for the entire Shizuoka Prefecture, we show that it is possible to detect roads with high criticality within the permissible time.

研究分野：グラフ論、組合せ論

キーワード：道路網信頼性 上限時間付きクリティカル度 道路閉塞 連結信頼性 時間信頼性 オープンデータ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

道路網には様々な機能が要求されるが、最も重要なものに、必要な時に必要な場所に行けることを表す可達性と、目的地に早く到達できることを表す速達性がある。可達性を実現する能力の指標として連結信頼性が、速達性を実現する能力の指標として時間信頼性が提案・使用されている。これらの指標は主に平常時の指標として用いられている。

東日本大震災や阪神淡路大震災の際には、一部の道路リンクが切断されることにより、他の地域から孤立する地域が発生したり、異なる地点間の最短経路長が大幅に増えたりして、連結信頼性、時間信頼性の深刻な低下をもたらした。

一方、道路の信頼性を実際に計算するためには、避難者一人一人に対するシミュレーションなどの手法が用いられているが、このような手法は大きな計算量を必要とし、多数の道路を含む広域道路網に対する信頼性の計算は困難である。

特に近年は自治体の境界を越えた避難の重要性が注目されており、広域道路網に対する信頼性計算が必要となる。本研究で対象とするエリアの規模として、市町村規模、県内規模、複数の県にまたがる県域を越えた広い範囲が考えられる。住民の避難計画を考える場合、市町村内での避難経路を想定することが多い。2015年9月の関東・東北豪雨の際に常総市では、三坂町での鬼怒川決壊後に、鬼怒川東側地域の市民を対象に鬼怒川西側へ避難するよう指示するなど、災害対策本部が市外への避難という選択肢を初めから除外するような対応が行われた。その際、市境を越え他市町の避難所に向かった市民もいるなど、常総市では広域避難への対応が求められていた。水害だけではなく、大地震の際にも同様のことが言える。近隣の市町村だけではなく、隣接する県域などの広範囲の道路網を対象に、災害時などの道路の信頼性を求めることは、防災・減災の観点から重要と言える。

2. 研究の目的

本研究では、災害発生時の道路網安全性の向上に資する革新的な技術を確立する。災害発生時に道路閉塞に起因して道路網がサブネットワークに分断された際の道路網信頼性指標として、複雑ネットワーク研究分野での中心性概念を拡張・応用し、移動中心性、移動連結性、さらに上限時間付きクリティカル度を提案する。次いで静岡県を中心とした広域エリアでの、道路閉塞を考慮した移動行動モデルを確立する。これについては本研究の成果を広く利用可能とするため、OpenStreetMap などオープンデータの積極的利用を行う。次いで、大規模データについても現実的な時間で信頼性指標値を計算しうる高速計算方法を構築する。また、新規避難地選定問題など減災に有用となりうる各種応用の解法を確立する。さらに、自治体に実験データを提供し、自治体の専門家と共同で評価を実施する。

3. 研究の方法

前述したように、本研究の目的は広範囲の道路網を対象に災害時などの道路の信頼性を求める手法の確立である。このためには、避難者一人一人に対するシミュレーションなどの従来手法では、計算時間の面で困難がある。一方、人間関係などソーシャルネットワーク上での影響最大化問題と、重要ノード同定などのための中心性分析問題は、近年ネットワーク科学分野で幅広く注目を集め、多様に研究が展開されている。本研究では、これらの考え方を土台とした、移動連結性、移動中心性、上限時間付きクリティカル度などの信頼性指標を提案し、その高速計算法を確立する。これによって、現実的な計算時間で信頼性を計算することが期待できる。

本研究では、汎用性の高いモデルの確立を目指すものの、本研究参加者らが知見を有し、多様な協力を得るのが容易な静岡県を中心とした近隣諸県を含む広域エリアにおいて、大規模震災などでの避難行動に焦点を絞り、移動行動モデルを構築し、その有用性を評価検証する。具体的には、OSM (OpenStreetMap) データから道路網の構造 $G = (V, E)$ 、国土数値情報避難施設データから避難施設の集合、国勢調査などから避難者数の近似値を求める。本研究の特色の一つは、このようなオープンに利用可能なビッグデータを統合利活用するアプローチである。

OSM データのノード数は、静岡県だけでも 150 万程度に達し、さらに広域なエリアでのシミュレーションを妥当な計算時間で実現するには、効率の良い計算手法が必要となる。本研究で目的とする移動中心性などを求める問題は、ソーシャルネットワーク上での情報拡散モデルでの影響最大化問題と等価となることに着目する。この影響最大化問題に対し、我々がすでに考案した高速解法アルゴリズム土台に、移動行動モデルの特性を考慮した高効率な解法を開発する。

こうして確立した技術を、静岡県とその隣接県の道路網に適用し、重要リンクを検出する。検出された重要リンクとそれらの優先順位などが適切かつ有用であるかを、静岡県地震防災センターや静岡県危機対策課の防災の専門家の協力を得て検証を行う。さらに、本手法の実際の防災計画策定や住民への避難指示への活用に向けて、今後の課題の検討を行う。

4. 研究成果

2017 年度

災害発生時の道路網安全性の向上に資する技術の確立を目的として、2017 年度は、1. 道路閉塞を考慮した移動行動モデルの確立、2. 大規模エリアに適用可能な移動中心性と移動連結性の高速計算法の構築を中心に研究を実施した。具体的には、大規模災害におけるユーザ行動モデルを構築した。また、道路網安全性の信頼性指標として、人間関係などソーシャルネットワーク

上での影響最大化問題の考え方を土台にして拡張した移動連結性を提案した。これは、移動連結性の考え方を土台にし、ある交差点を新たな避難地としたときに、全体として移動連結性がどれ程高まるかを示す指標として、移動連結性改善度を提案し、切断確率を変化させながら道路を分断させた場合のシミュレーションにより、静岡県にある三つの主要都市ごとに、改善度の上位地点すなわち避難地を追加すべき地点を求めた。これに基づいて、都市ごとの避難地配置の特徴、道路閉塞確率を変化させたときの避難地配置の変化の仕方などを調査した。

2018年度

2018年度は、自然災害発生時に一部の道路リンクが切断されることにより道路網が複数のセグメントに分断されたとしても、各セグメント内には住民の一時避難所や物資蓄積庫が存在することが必須であり、また、それぞれのセグメント内での一時避難所への到達時間や物資備蓄庫間の輸送時間は短い必要があるという機能要求に着目して研究を実施した。具体的には、避難施設など目的地までの移動において、制限された上限時間内に到達できるかの視点で、連結信頼性と時間信頼性の概念を統合し、道路リンクを対象に、上限時間付きクリティカル(TBC: Time-Bounded Criticalness)度を新たに提案した。これは、より詳細には、人々が最寄りの避難所に逃げると仮定したとき、制限時間内に避難できる人数を A、ある道路が通行不能になっていたときに制限時間内に避難できる人数を B とすると、 $A-B$ を上限時間付きクリティカル度とする。この指標に基づき、寸断されると危機的状況を起こしうる道路リンクの検出問題を定式化し、その高速解法を提案した。さらに、静岡県全域を対象に、道路網、人口、及び、避難施設の現実のデータを用い、提案手法によって、現実的な時間で静岡県全域に対する上限時間付きクリティカル度が計算可能であることを示した。

2019年度

前年度に確立した方法論に基づき、静岡県全域を対象に検出した上限時間付きクリティカル度が高い道路について、結果を容易に閲覧可能なユーザインタフェースを整備した。その上で、静岡県内の自治体の防災関係者と連携してその結果について検討した。検出された上限時間付きクリティカル度が高い道路について検討し、複数の防災シナリオに応じて避難対象施設や避難対象者を精査することで、より現実的な結果が得られる可能性が高いとの意見を得た。これについては、避難対象施設や避難対象者の設定は、本提案手法の枠組みで容易に実現可能である。また、本研究の結果を地方自治体の把握している危険箇所と比較することで、これまで把握されていなかった危険箇所の発見が期待できるとの意見を得た。これについては、本研究の手法は危険度に応じたクリティカル道路リンクを詳細に提示が可能であり、地方自治体で把握する危険箇所情報の電子化が進むことにより、容易に詳細な比較検証が実現可能である。これらの過程を経て、将来の防災計画策定や住民への避難指示に活用することが期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 湯瀬 裕昭、武藤 伸明、斉藤 和巳	4. 巻 35
2. 論文標題 許容避難時間の下でのクリティカル道路リンク検出	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地域安全学会論文集	6. 最初と最後の頁 225-232
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.11314/jisss.35.225	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 塚本竜太郎、斉藤和巳
2. 発表標題 移動連結性に基づく都市避難候補地の選定法
3. 学会等名 第16回情報科学技術フォーラム（FIT2017）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大久保誠也、武藤伸明、湯瀬裕昭、池田哲夫、斉藤和巳
2. 発表標題 複雑ネットワーク分析アプローチによる新規道路の開通候補地選定法
3. 学会等名 地域安全学会 第41回（2017年度）秋季
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 湯瀬裕昭、武藤伸明、大久保誠也、池田哲夫、斉藤和巳
2. 発表標題 複雑ネットワーク分析アプローチによる追加避難施設の設置候補地選定法
3. 学会等名 地域安全学会 第41回（2017年度）秋季
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 白澤穂香、大久保誠也、斉藤和巳
2. 発表標題 実距離とステップ距離に基づくAP・OD型媒介中心性による 空間ネットワーク分析
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム (FIT2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宋鵬、大久保誠也、斉藤和巳
2. 発表標題 既存施設を考慮した空間ネットワーク上での施設配置
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム (FIT2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯瀬裕昭、武藤伸明、池田哲夫、斉藤和巳、大久保誠也
2. 発表標題 避難可能時間と道路閉塞を考慮した移動信頼中心性に関する研究
3. 学会等名 地域安全学会 第43回 (2018年度) 秋季
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯瀬裕昭
2. 発表標題 許容避難時間の下でのクリティカル道路リンク検出
3. 学会等名 地域安全学会研究発表会 第45回 (2019年度) 秋季
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	湯瀬 裕昭 (Yuze Hiroaki) (30240162)	静岡県立大学・経営情報学部・教授 (23803)	
研究分担者	池田 哲夫 (Ikeda Tetsuo) (60363727)	静岡県立大学・経営情報学部・教授 (23803)	
研究分担者	斉藤 和巳 (Saito Kazumi) (80379544)	神奈川大学・理学部・教授 (32702)	
研究分担者	大久保 誠也 (Okubo Seiya) (90422576)	静岡県立大学・経営情報学部・准教授 (23803)	