

令和元年6月25日現在

機関番号：32704

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01277

研究課題名(和文)大規模自然災害時の交通インフラ機能支障・復旧予測に基づく物資輸送支障リスク評価法

研究課題名(英文) Risk evaluation method of transportation disruption based on predicting traffic infrastructure function failure and its restoration at large scale natural disaster

研究代表者

鳥澤 一晃 (Torisawa, Kazuaki)

関東学院大学・理工学部・准教授

研究者番号：80416734

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)：自然災害時の交通インフラ寸断は、被災地の物資輸送に多大な影響を及ぼす。本研究では、研究代表者がこれまでに構築した災害時の道路機能支障予測と物流網影響評価に関する手法について、被害予測モデルを検証するとともに、適用可能な災害の種類を地震・津波から火山災害・水害まで拡張した。また、広域の物流網への影響を検討可能とするため、道路・航路・空路を接続したネットワークデータを日本全国で構築し、それをを用いた輸送支障解析における技術的課題を整理した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の被害想定では交通インフラの被害は単に被害箇所数の計算に留まり、それによってどの程度の輸送支障が生じるかは明らかにされていなかった。本研究結果により、大規模自然災害における道路・港湾・空港の機能支障・復旧を考慮した輸送可能量の算定が可能となった。すなわち、国や自治体が計画する調達や備蓄に必要な物資量を確保できるかが把握でき、災害時の物資供給に関する戦略立案に有益な情報となる。また、国土強靱化の取組みを始めとした交通インフラへの各種防災施策の効果を定量化でき、その意思決定への貢献が期待できる。

研究成果の概要(英文)：The disruption of traffic infrastructure at natural disasters has a major impact on the physical distribution in the affected areas. In this research, with regard to the methods for predicting road function failures and assessing the impact on the logistics networks during disasters that the research representative has constructed so far, the damage prediction model was verified, and the types of applicable disasters were extended from earthquakes and tsunamis to volcanic and flood disasters. In addition, in order to make it possible to study the impact on the wide area logistics networks, we constructed transportation network digital data connecting roads, shipping routes, and air routes throughout Japan, and organized the technical challenges for analyzing transportation disruption using it.

研究分野：災害リスク工学

キーワード：リスク評価 交通インフラ 物資輸送 自然災害 レジリエンス 地理情報システム

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

自然災害によって交通インフラが寸断すると、被災地の物資輸送等に多大な影響を及ぼすため、適確に被害を予測し、それに備えて対策を検討しておくことが重要である。しかし、従来の被害想定では、交通インフラの被害は単に被害箇所数として計算・集計されており、それが物流網に及ぼす影響として、どの程度の輸送支障が生じるかは明らかにされておらず、国や自治体が計画する調達や備蓄で必要な物資量を確保できているかは十分議論されていなかった。また、地震や津波を対象とした検討が中心であったため、近年多発している火山災害や水害も対象に含めた検討が今後必要になると考えられた。さらに、大規模な自然災害では物流網への影響は広域に及ぶ可能性があるため、被災地内の道路だけでなく、被災地外とつながる港湾や空港も考慮することが重要と考えられるが、そのような複数の輸送モードによるネットワークを一体的に解析する方法も確立されていなかった。

2. 研究の目的

自然災害時の物流網確保に資するため、研究代表者がこれまでに構築した地震・津波を対象とした道路機能支障・復旧予測に基づく輸送支障リスク評価手法を、火山災害や水害も含めて適用可能となるように枠組みを拡張して、具体的な災害ハザードに対する適用解析により手法の有効性を明らかにする。また、道路・航路・空路を接続したマルチモーダルネットワークのデータを構築し、それを用いた広域物流網の輸送支障リスク評価について試行する。

3. 研究の方法

(1) 既開発の地震・津波を対象としたリスク評価手法の検証

研究代表者は、これまでの研究で、東北地方太平洋沖地震の道路通行止めデータ（通行止め発生箇所と通行止め期間）に基づき、地震・津波を対象とした道路機能支障・復旧予測モデルを構築している。本研究では、他の被害地震における道路の通行支障・復旧事例を調査・分析して、モデルの妥当性を検証する。また、港湾および空港に関しても、東北地方太平洋沖地震を中心とした既往文献の調査等により、機能支障の発生確率および復旧期間の確率分布を構築する。

(2) 火山災害・水害へ適用可能なリスク評価手法への拡張と事例解析

火山災害・水害を対象として、過去事例に関する文献調査や専門家へのヒアリングにより、道路の機能支障・復旧予測モデルを構築する。また、火山災害時の降灰厚や水害時の浸水深の分布を確率論的に予測する手法についても、既往文献の調査等により構築する。さらに、火山災害または水害を対象として、道路機能支障・復旧予測による輸送支障リスク評価の事例解析を行ない、構築した手法の有効性を検証する。

(3) マルチモーダルネットワークデータの構築と手法適用時の課題整理

地理情報システム（GIS）のネットワーク解析に実装可能な仕様による道路・航路・空路のマルチモーダルネットワークデータを検討し、日本全国を対象としたデータを構築するとともに、それを用いた広域物流網の輸送支障リスク評価を試行し、課題や問題点を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 熊本地震の通行止めデータに基づく道路機能支障予測モデルの検証

研究開始直後の2016年4月に熊本地震が発生し、多数の道路機能支障が生じたため、急遽、被害データ収集と被災地調査を行なった。道路通行止め発生率データ（単位道路延長当たりの全面通行止め発生件数）を作成し、計測震度との関係を分析した結果、研究代表者がこれまでに構築した予測モデルと概ね対応していることが分かった。また、熊本地震の計測震度分布に対して当該予測モデルを適用した結果、通行止め件数や分布を概ね再現できることを確認した（図1～図4）。

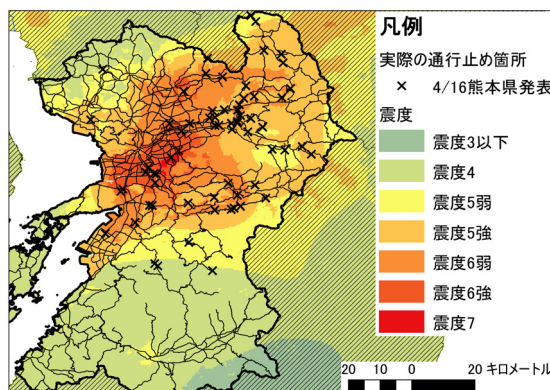


図1 熊本地震（4/16 01:25 Mw7.0）の震度と通行止め箇所の分布

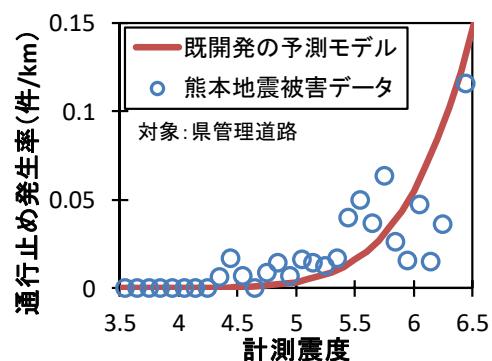


図2 既開発の道路通行止め発生率予測モデルと熊本地震データとの比較

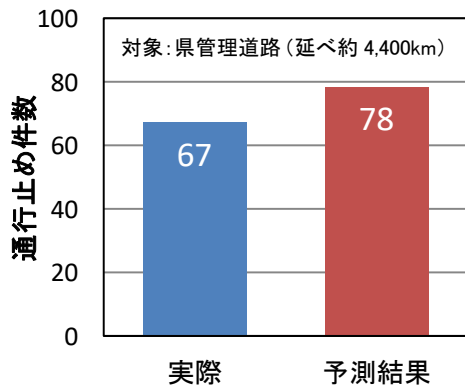


図3 道路通行止め予測結果の検証 (通行止め件数)

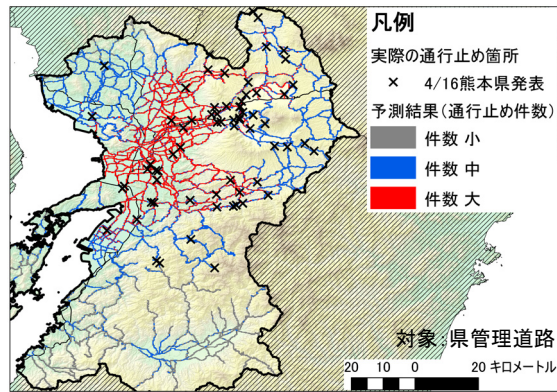


図4 道路通行止め予測結果の検証 (通行止め分布)

また、港湾および空港に関して、被害が甚大であった東北地方太平洋沖地震を中心に既往の調査・研究事例を収集した。それに基づき、港湾に関しては、計測震度と津波浸水深の両者を入力変数とする機能支障予測モデル（供用再開可能時期で区分した被災ランクの発生確率予測モデル）を構築した（図5、図6）。一方、空港に関しては、本研究で志向する簡易予測モデルを独自に構築することは困難であり、既往の研究事例を準用することとした。

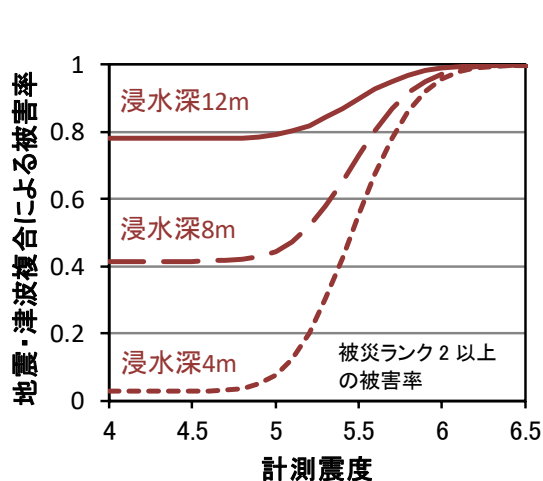


図5 地震動と津波の両者の影響を複合的に考慮した港湾の被害率予測モデル

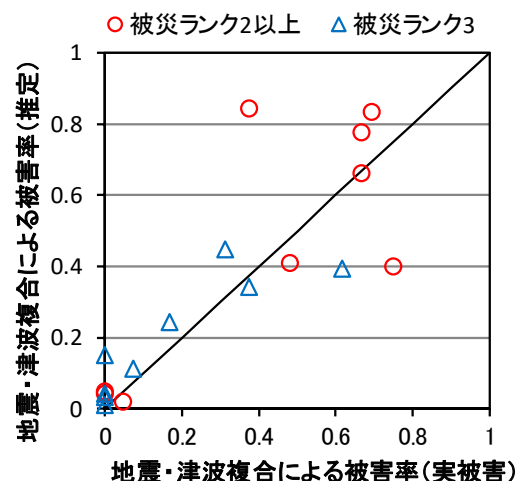


図6 構築した予測モデルに基づく推定被害率と実被害率の比較

(2) 火山災害を対象とした輸送支障リスク評価手法構築と富士山噴火を想定した事例解析

火山災害に関して、国内外での過去の噴火時の交通インフラ機能支障事例に係る調査資料を収集するとともに、火山災害に関する既往の被害想定手法のレビューを行なった。また、大規模な降灰時の道路への影響について、火山学研究者（産業技術総合研究所）および降灰除去対応関係者（東京道路清掃協会）へのヒアリングを行なった。それらを踏まえて、火山災害を対象とした道路の輸送支障リスク、すなわち降灰分布の不確定性を考慮して降灰厚を面的に推定し、降灰に伴う道路区間の通行支障確率を算出して、通行支障で影響を受ける交通量の確率分布を評価する手法を構築した。さらに、当該手法をGISに実装した解析プログラムを作成し、富士山噴火を想定した事例解析を行なって、大規模な降灰時の物流網へ与える影響を定量的に把握するのに有効であることを明らかにした（図7～図10）。

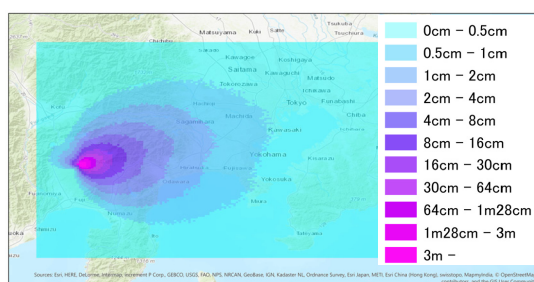


図7 富士山噴火時の降灰層厚の95%非超過値の評価結果

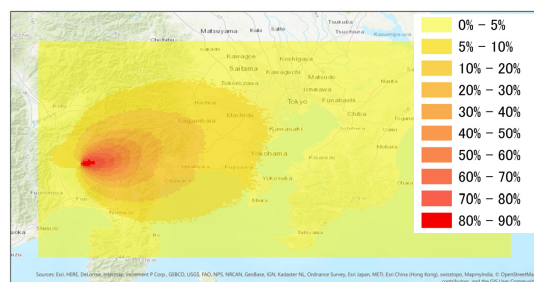


図8 富士山噴火時の降灰層厚0.5cmの超過確率の評価結果

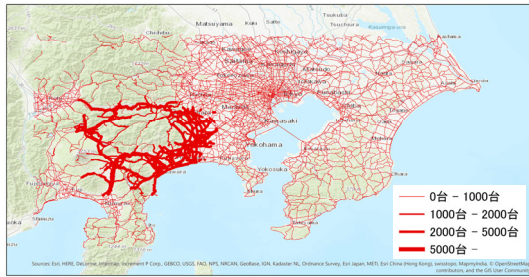


図9 富士山噴火時の影響交通量の95%非超過値の評価結果

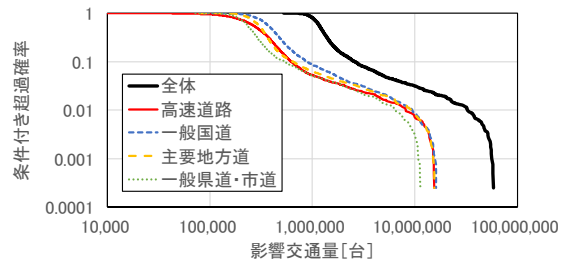


図10 富士山噴火時の影響交通量のリスクカーブ

水害に関しては、国内での過去の水害時の交通インフラ機能支障事例に係る調査資料を収集し、水害に関する既往の被害想定手法のレビューを行なった。また、文献調査により、洪水による浸水深分布の確率論的推定手法について一定の目途を付け、地震・津波・火山災害と同様のスキームで輸送支障リスク評価が可能な段階に至った。

(3) マルチモーダルネットワークデータ構築と輸送支障リスク評価での活用

前述した道路の輸送支障リスク評価では、GISのネットワーク解析用に作成されている全国デジタル道路地図データを用いている。本研究では、ネットワーク解析に実装可能なデータとして、この道路ネットワークデータに国土数値情報の港湾・空港ネットワークデータを接続し、全国規模で道路・航路・空路を組み合わせたマルチモーダルネットワークデータを構築した。国土数値情報の港湾・空港のネットワークデータ（空港間流通量、港湾間流通量・海上経路、定期旅客航路の3つ）はそれぞれ出発地・経由地・到着地のポイントと各地点を結ぶラインで構成され、地点間の輸送量・頻度を属性に持つGISデータであり、これらを道路ネットワークデータに接続することによって、異なる輸送モード間のネットワーク解析が可能となった。

次に、当該マルチモーダルネットワークデータを用いて、南海トラフ地震の想定被災地域を対象に広域物流網の輸送支障リスクを簡易的に評価した。この試解析によって、大規模な自然災害に備えた物資供給戦略立案等への活用可能性も示唆された。ただし、より実効的な解析を行なうには、輸送モード間の連携による全体の輸送量確保について考慮することが重要であり、それをネットワーク解析に実装することが求められるが、現状ではその知見が十分でないことが明らかとなった。過去の災害における成功事例等を分析し、それを体系的に整理するための検討を今後進める必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計0件）

〔学会発表〕（計15件）

1. 鳥澤一晃、矢代晴実：平成28年（2016年）熊本地震における道路通行止めの分析（速報）、第38回地域安全学会研究発表会（春季）、2016年
2. 喜納啓、鳥澤一晃、福島誠一郎、矢代晴実：震災時の緊急物資輸送ルート確率論的リスク評価、第40回地域安全学会研究発表会（春季）、2017年
3. Torisawa, K., Yashiro, H., Fukushima, S. and Kina, S.: A Study on the Risk Assessment of Emergency Supplies Transportation Routes Considering Scenario Earthquakes, 11th Society for Social Management Systems, 2017年
4. 鳥澤一晃、矢代晴実：富士山噴火による降灰ハザードと道路機能支障リスクに関する検討、第41回地域安全学会研究発表会（秋季）、2017年
5. 喜納啓、佐土原聡、稲垣景子、矢代晴実：神奈川県を対象とした首都直下地震による自力脱出困難者対策の基礎研究、第41回地域安全学会研究発表会（秋季）、2017年
6. 内山諒史、矢代晴実：火山避難に関する基礎的研究—大分県鶴見岳を例として—、第45回土木学会関東支部技術研究発表会、2018年
7. 香田悠渡、矢代晴実、喜納啓：首都直下地震発生時の自力脱出困難者に対する共助・公助力効果に関する研究、第45回土木学会関東支部技術研究発表会、2018年
8. 堀口俊行、矢代晴実、喜納啓：大分県鶴見岳における火山避難に関する基礎的研究、第42回地域安全学会研究発表会（春季）、2018年
9. 喜納啓、佐土原聡、稲垣景子、矢代晴実、鳥澤一晃：自力脱出困難者を対象とした危機管理対応策に関する研究—救助活動能力の分析による救助部隊の適正運用について—、第42回地域安全学会研究発表会（春季）、2018年
10. 喜納啓、佐土原聡、稲垣景子、矢代晴実、鳥澤一晃：自力脱出困難者を対象とした公的救助機関の優先派遣地域に関する研究、2018年度日本建築学会大会、2018年
11. Kina, S., Sadohara, S., Inagaki, K., Yashiro, H. and Torisawa, K.: Study on Personnel Transport to Rescue Self-Escaping Difficult Persons after the Tokyo Inland Earthquake, 16th European Conference on Earthquake Engineering (16ECEE), 2018

年

12. Torisawa, K. and Yashiro, H. : Study on Volcanic Ash Fall Hazard and Road Network Disruption Risk due to Eruption of Fuji Volcano, 14th Probabilistic Safety Assessment and Management conference (PSAM14)、2018 年
13. 喜納啓、佐土原聡、稲垣景子、矢代晴実：地震時における救助活動シミュレーションの構築と部隊運用に関する考察、第 15 回日本地震工学シンポジウム、2018 年
14. 喜納啓、佐土原聡、稲垣景子、矢代晴実：地震時の救助活動シミュレーションの構築と危機管理体制への活用、2019 年度日本建築学会大会、2019 年
15. Kina, S., Sadohara, S., Inagaki, K. and Yashiro, H. : A Rescue Simulation Scenario for Tokyo Inland Earthquake: the Role Transport Network and Traffic Regulation in Lifesaving, 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (7ICEGE)、2019 年

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1)研究分担者

矢代晴実 (Yashiro, Harumi)

防衛大学校・建設環境工学科・教授

研究者番号：90191105

(2)研究協力者

なし

※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。