

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：14601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25750124

研究課題名(和文) 学校現場での避難場所選定を支援する数理モデルの開発と防災教材作成支援への応用

研究課題名(英文) Development of mathematical models for selecting evacuation shelters and their applications to disaster prevention education

研究代表者

古田 壮宏 (Furuta, Takehiro)

奈良教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：60453825

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、OR(Operations Research) や都市工学などの都市空間分析の手法を用いて、各学校現場に即した避難経路および避難場所の選定を支援するための数理モデルを開発した。さらに、奈良市の人口・道路データなどを用いた分析を実施し、シミュレーションなどを用いて、その効果を確認した。また、既存の道路網状を用いた防災マップへの展開を考慮し、現場の先生にも視覚的に確認、操作可能にするために、開発したモデルによる分析を地理情報システム上で試作した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have developed mathematical models to select evacuation routes and shelters locations. The models are used to support the selection by school staffs in each school. In the models, we have used the technique of spatial analysis in OR (Operations Research) and urban engineering. Furthermore, we have simulated and confirmed the effect of our proposed models using open data, such as population data and road data, in Nara city. In addition, we have developed prototype modules on a geographical information system. The modules support to develop disaster prevention maps by school staffs using road network and population data.

研究分野：オペレーションズリサーチ

キーワード：オペレーションズリサーチ 都市計画 避難所 防災教育

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災を受けて、学校現場では防災計画や防災教育などのこれまでの取組の見直しを求められている。本研究課題では、上記のいずれにおいても取り上げられている

(1) 災害時の児童・生徒を対象とした避難経路・避難場所(保護者への引き渡し場所を含む)の選定、

(2) それに基づく避難行動教育の実践、の「支援」を研究対象とした。

(1)においては、まず、通学路の危険箇所、学校近隣の災害時応急給水拠点などの現状把握に加えて、災害発生時の時間帯別の住民の避難行動を考慮することや、大規模火災発生時には風上に避難するために複数の方向に避難場所を用意することなど、地域の実情を踏まえて、災害種や状況、時間帯に応じた複数の避難経路や避難場所、保護者への引き渡し場所を確保することが求められている。

しかしながら、学校現場の担当者は、防災の専門家でなく、また、日常業務においても既に多忙を極めており、各自治体の防災担当者の協力を得たとしても、非常に困難な作業であることが予想される。

そのため、自治体等から提供される道路の不通や危険地域などの情報と児童・生徒(およびその保護者)の情報を利用した定量的な分析に基づく避難経路・避難場所の選定作業を、特別な知識を持たない学校現場の担当者のためのインターフェイスで可能なことが求められる。

(2)においては、学校現場では総合的学習の時間などに防災マップを用いた危険地域の調査等の学習が行われている。このとき、単にある特定の経路や場所を記憶するのみでなく、状況に応じて対応する能力を身につけることが求められている。総合的学習や児童の引き取り訓練などの場面で、対象地域の被災状況に応じて避難経路・避難場所がどのように変化するかを学習できる環境を構築する必要がある。

2. 研究の目的

このような現状を解決するために、OR および都市計画に基づくシミュレーション・数理モデルの開発、それらのGIS(地理情報システム)上での実装、およびGISを利用した教材作成支援環境の試作を目的とした。災害時における様々な状況を分析・比較・共有するための環境として、避難経路や避難場所に与える影響を視覚的に確認・検討できる点で、GISの利用は非常に有用である。また、その分析に基づいて教材作成を支援できれば、より効果的な学習の実践の助けになると考えられる

3. 研究の方法

本研究では、上記の(1)、(2)に挙げた避難経路、避難場所に焦点を絞り、以下の4つ

の課題を解決するという形で研究を進めた。
課題 1. 学校を中心とした災害時の避難経路および避難場所の現状分析

- 各自治体・学校における現状の避難経路や避難場所の把握およびその選定上の具体的な課題抽出

- 道路および地域の不通を考慮した避難経路・避難場所評価モデルの開発

課題 2. 災害状況に応じた複数の避難経路、避難場所の選定方法の開発

- 避難経路および避難場所の選定のための数理モデルの構築

- 実都市を対象とした現実的な規模の問題に対応できる実用的な算法の開発

課題 3. GIS 上での学校現場向け利用者インターフェイスの試作

- 1. と 2. の成果を元に、学校現場の担当者や自治体関係者にも利用できる計画策定および評価システムの開発、GIS 上で実装。

課題 4. 上記システムを利用した学習教材作成支援システムの試作

- 総合的学習における現状の防災マップを用いた学習内容や保護者との引き取り訓練の実態調査

- 教材作成に特化したマップの加工等の基本機能の設計

- 学習教材作成支援システムの試作およびその評価

4. 研究成果

研究初年度の成果としては、主要なテーマとして、以下の3つのことを実施する計画とし、これに基づきそれぞれについて研究を進めた。

1 つめは、各自治体・学校における現状の避難経路や避難場所の把握およびその選定上の具体的な課題抽出することである。これについては、近畿圏を中心に、各自治体の防災マップなどの公開データによる書類上の情報収集を行うとともに、いくつかの自治体および学校の関係者にヒアリング等を行い、現状および課題を調査した。

2 つめは、道路および地域の不通を考慮した避難経路・避難場所評価モデルの開発である。これについては、避難場所評価のための基礎的な2つの数理モデルを構築した。1つは避難場所へのアクセスのしやすさで、もうひとつは避難場所としての受け入れる可能性のある避難者の予測である。前者は避難者にとって、後者は避難所運営者にとって重要な視点である。開発した数理モデルを奈良市の地理および人口データに適用し、評価した山間部および都市部の両方を持つ奈良市の地理的な傾向および人口分布などを反映した評価結果を表現できることを確認した。また、この結果は国際会議にて発表・議論を行った。また避難経路の評価モデルについても検討し、実データへの適用を行った。加え

て、緊急車両に関する配置についても分析し、発表した。

3 つめは、総合的学習における現状の防災マップを用いた学習内容などの実態調査を計画した。総合的学習における現状およびこれまでの取り組み状況としては、学校および学年によって大きく異なることがわかった。また、特に積極的に取り組んでいる2つの学校について詳細に調査した。1つは地震対策を中心とした学校、もう1つは津波対策を中心とした学校である。災害の種類は異なるが多くの点で共通する部分があることを確認した。

研究2年目の成果としては、1年目の成果を踏まえて、申請時の計画に沿って、1) 避難経路および避難場所の選定のための数理モデルの構築、2) 実都市を対象とした現実的な規模の問題に対応するための算法の開発、を行った。

1) においては、現状の避難所構成からどの程度追加や変更を加えると、アクセスの効率および公平性という側面から改善が見込めるかをモデルを用いて検討を行った。2) においては、東京都23区や奈良市の道路網や現状の避難所データを利用して避難場所を選定するための解法の構築を行った。さらに、1)と2)の結果を踏まえて、23区や奈良市の実データに基づく各住民の避難所までのアクセスに関する公平性の分析を行った。また、災害時の緊急車両の活動についても合わせて検討するために、これらの配置の分析も行った。教材作成支援の観点からは、現場のニーズに即したシステムを開発するために、複数の学校において、防災教育および避難訓練・引き取り訓練の現場を見学・ヒアリングを行った。特に防災マップの活用について現状と課題を調査した。

研究最終年度には、まず、これまでの継続として避難所選定のための数理モデルおよびその解法を構築した。避難生活において、その避難場所を確保するとともに家と避難所の移動距離が一定の距離以内にあることは、円滑な生活再建のためにも重要な要素となる。避難所を選定するための規準のひとつとして移動距離に対する公平性を考える必要がある。このため移動距離の公平性に関する理論的性質の検討および効率性と公平性を同時に考える実用的な問題を解決するための数理計画モデルを開発した。さらにそのモデルを使って、現実規模のデータで問題を解くために発見的解法を開発した。また、地域ごとの需要の発生量の違いを考慮したシミュレーションによる各避難所へ与える影響を分析した。

加えて、避難経路の選定および防災マップへの展開のために奈良市中心部を対象に、タブレット端末を用いて、写真とGPS座標による危険箇所の調査を複数名で行った。さらに、

これらのデータと公開されている危険情報とを統合し、避難時の危険度を考慮した避難経路の選定のためのシミュレーションを行った。

また、本年度を含めた各年度で調査した結果や開発したモデルによる分析を、既存の道路ネットワークを用いた防災マップへの展開を考慮し、現場の先生にも視覚的に確認、操作可能にするために、地理情報システム上で試作した。

これまでの成果を踏まえて、小学生の保護者を対象にした防災対策に関する発生前から発生後までの時間軸を考慮したワークショップを行い、事後アンケートからわかりやすさという点で一定の効果が得られることを確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

- (1) 田中健一・古田壮宏, 施設までの距離に着目した線分都市における Quintile Share Ratio の導出, 日本都市計画学会都市計画論文集, 査読有, vol.50, no.3, 2015, pp.628-635.
- (2) Takehiro Furuta and Ken-ichi Tanaka, Maximal Covering Location Model for Doctor-Helicopter Systems with Two Types of Coverage Criteria, Urban and Regional Planning Review, 査読有, vol.1, 2014, pp.39-58.

[学会発表](計10件)

- (1) 古田壮宏・田中健一, QSR 最小化型施設配置問題, 日本オペレーションズリサーチ学会 2015 年秋季研究発表会, 2015 年 9 月.
- (2) 田中健一・古田壮宏, 施設までの距離に着目した線分都市における QSR とその変種, 日本オペレーションズリサーチ学会 2015 年秋季研究発表会, 2015 年 9 月.
- (3) Hozumi Morohosi and Takehiro Furuta, Two Approaches to Cooperative Covering Location Problem and its application to ambulance deployment, International Conference on Operational Research 2015 (OR2015), 2015 年 9 月
- (4) Takehiro Furuta and Hozumi Morohosi, Ambulance Location Analysis with Stochastic Coverage Model,

International Symposium on Scheduling
2015, 2015年7月.

- (5) Hozumi Morohosi and Takehiro Furuta,
A Statistical Model Analysis of Urban
Ambulance System and its Application
to Location Problem, XXII EURO Group
on Location Analysis Meeting 2015,
2015年5月.
- (6) Ken-ichi Tanaka and Takehiro Furuta,
Quintile Share Ratio in a Linear City,
XXII EURO Group on Location Analysis
Meeting 2015, 2015年5月.
- (7) 古田壮宏・諸星穂積, 距離毎の移動時間
分布を用いた救急車の最適配置問題,
2014年12月.
- (8) Hozumi Morohosi and Takehiro Furuta,
Ambulance Location Problems with
Joint Distribution of Traveling Time
and Distance, International Symposium
on Location Decision 2014, 2014年7
月.
- (9) Takehiro Furuta and Ken-ichi Tanaka,
Evaluation and Planning Models for
Evacuation Sites, OR2013 -the
International Conference on
Operations Research, 2013年9月.
- (10) Takehiro Furuta and Hozumi Morohosi,
Minimizing the Spatial Mismatch of
Ambulance Services in Tokyo, INFORMS
Healthcare 2013, 2013年6月.

〔図書〕(計0件)

特になし

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

特になし

6. 研究組織

(1)研究代表者

古田 壮宏 (FURUTA Takehiro)

奈良教育大学・教育学部・准教授

研究者番号: 60453825

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし