

令和元年5月30日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H04102

研究課題名(和文) 大津波襲来時の避難施設の選択行動モデルの推定と避難施設の最適配置

研究課題名(英文) Estimation of Tsunami Evacuation Facility Choice Behavior Model and Optimal Location of Tsunami Evacuation Facilities

研究代表者

岸本 達也 (KISHIMOTO, TATSUYA)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・准教授

研究者番号：30302532

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、津波襲来が想定される海岸部の海水浴客への避難行動アンケート、対面アンケート、南海トラフ地震の浸水予想地域の居住者への避難行動アンケート、東日本大震災における実際の避難行動データを用いて、避難者の地理的な位置、周囲にある避難施設の位置と海岸からの方向、大きさ、高さ、川や標高などの地形、避難者の住む住宅の建て方や、居住階、建物の階数、地形的な特徴、避難者の個人的な属性などを考慮した、より正確かつ詳細に避難行動を記述しているモデルを開発した。開発モデルにより、各避難施設への避難者数と、避難をしないでその場にとどまる確率を可視化することができ、そこから避難施設の最適配置のあり方を検討できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

津波からの避難は、従来は、内陸の方向へ避難する、標高の高い方向に避難する、という極めて単純な原則にしたがって検討されることが多かった。しかし、現実には、海側の施設に避難をしたり、避難をせずに、自宅に留まるという行動も見られる。本研究は、実際の避難行動データおよびアンケート調査にもとづき、より正確にかつ詳細に、避難行動を説明できる、数理的な避難行動モデルを構築した。本成果を用いれば、より正確に、実際の避難行動を予測することが可能であり、予測に基づいた避難計画の策定、避難施設の最適配置を検討できる。

研究成果の概要(英文)：This research developed mathematical models for evacuation behavior from large tsunami attack, based on the data of the evacuation behavior questionnaire for beach bathers, the evacuation behavior questionnaire by online, and the evacuation of actual evacuation behavior in the Great East Japan Earthquake. Evacuation behavior was modeled by geographical location of evacuees, location of evacuation facilities, their direction from sea shore, their size and height, topography such as river and altitude, house-building type evacuees live, number of floors of the building, floor level they live, personal attributes of evacuees, and etc. As a result, the number of evacuees to each facility and the number of evacuees who choose to remain at home are quantitatively estimated. Spatial probabilities of each behavior are visualized, and that enables us to comprehensively discuss the optimal location of evacuation facilities.

研究分野：建築計画

キーワード：避難施設 津波 配置 避難行動 行動モデル

1. 研究開始当初の背景

津波避難ビル等の整備のガイドライン¹⁾では、避難者は「内陸方向の最寄りの避難施設を選択する」との単純なモデルが示されている。多くの避難シミュレーションを行う研究でも、「標高の高い方向へ避難する」「最寄りの施設を選択する」といった単純なモデルが用いられている。しかし、それらの仮定は、実際の避難行動の特性を反映しているとはいえない。避難施設を選択するには、緊急時の心理的な要因を含め、避難施設までの距離、避難施設への方向、海から避難施設までの距離、標高、避難施設の規模、高さ、避難施設の種類、避難者の日常生活圏の広がりなどに影響をうける（東日本大震災では、自宅に留った人も多い）。つまり、避難者の行動は、地理的要因、施設的要因、個人属性的要因によっており、それらを考慮した行動モデルとそれに基づく避難施設選択モデルとそれに基づく避難施設配置の検討が必要となっている。

2. 研究の目的

東日本大震災からの復興街づくりにおいて災害に強い街づくりが進められている。また、日本全国の沿岸地域において、津波避難施設の整備が行われている。沿岸平野部では高台への避難が困難な地域が多く、津波避難ビルや避難タワーなどの避難施設の整備が求められる。しかし整備計画において、避難者の施設選択行動、経路選択行動の特性が十分に把握できておらず、科学的・合理的な検討は十分になされているとはいえない。そこで、本研究は、住民の行動特性を考慮した避難行動モデルを作成する。避難者の位置、避難施設の配置、海岸線や河川、標高などの地形、避難者の住宅の建て方、階数、さらには、避難者の年齢、世帯などの属性を考慮した、数理的な避難行動選択モデルを作成し、それによって避難行動の予測、避難施設の過不足などを予見し、数理的な根拠にもとづいて、避難施設の最適配置について検討できるようにする。

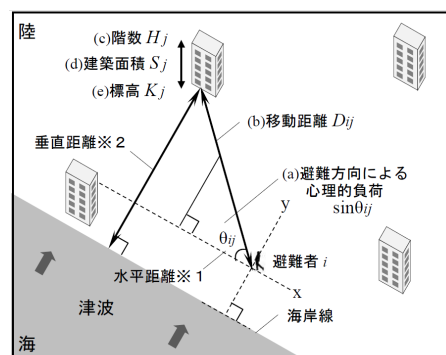
3. 研究の方法

本研究は、避難所選択行動の調査、選択行動のモデル推定、施設配置・地域の評価分析、最適配置の検討からなる。避難所選択行動の調査は、東日本大震災における国レベルの実態調査データ（復興支援調査アーカイブ）と、地域の居住者と観光客等の来訪者を対象に独自に行うアンケート・インタビュー調査により取得した。は、横浜市の歩行者、神奈川県の高尾海岸および片瀬海岸の海水浴客、そして宮崎、高知、和歌山、三重、静岡、神奈川の南海トラフ大地震において津波による浸水が予想される地域の住人に対して、それぞれアンケート調査を実施して、選択行動の回答を得た。

これらの避難行動に関するデータから、避難行動を数理的に説明するモデルを構築して、避難行動の特性を明らかにする。さらに、推定モデルを用いた避難行動の予測を行い、施設の圏域や、避難をせずに自宅に留まる確率などの予測を行い最適配置について検討する。

4. 研究成果

避難行動は、複数の避難先となる避難施設や高台を含む選択肢と、それに加えて避難せずに自宅に留まる選択肢の中から、一つを選択する離散選



※1：避難者 i の場所の海岸線との平行線
 ※2：避難施設から海岸線に下ろした垂線

図 1 避難行動選択モデルの主な変数

択モデルとし、ロジットモデルを用いた推定を行う。なお、各選択肢の効用は、図1に示すように、避難先の建物の高さ、大きさ、標高、施設までの移動距離などに加え、避難経路上の川の有無、さらに、高台や自宅にはそれぞれダミー変数によって効用を設定した。

横浜市内の歩行者を対象として行ったアンケート調査から、避難者の位置を中心として効用が等しい領域は図2のように示される。つまり避難者から離れるにつれて効用は低くなるが、海に向かう方向に対してさらに低い。高齢者は距離よりも方向の影響が強く、男性よりも女性の方が、海からの方向に影響を受けやすい。

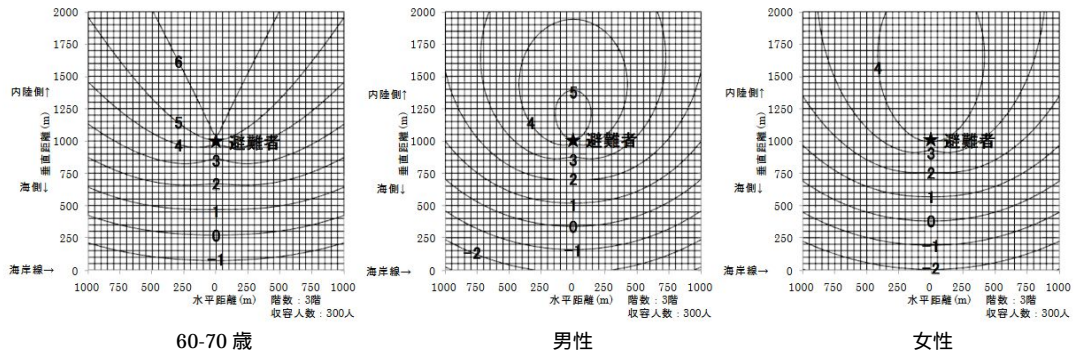


図2 避難者を中心とした距離と方向に関する等効用線

宮崎、高知、和歌山、三重、静岡、神奈川の南海トラフ大地震において津波による浸水が予想される地域の住人に対して行ったアンケートによれば、地域による避難行動の違いがみられる。図3に示すように、避難行動は、「避難しない」が最も多く、その割合は市町村により多少異なっている。また、住宅の所有形態では、戸建てでもマンションでも、持ち家の人には賃貸の人よりも避難しない傾向が高い(図5)。マンションでは戸建ての人よりも避難しないと回答する人が多い。また、高齢者ほど避難しない割合が多く、逆に体が不自由な家族と同居している場合は、避難する割合が多いという結果となっている(図4)。

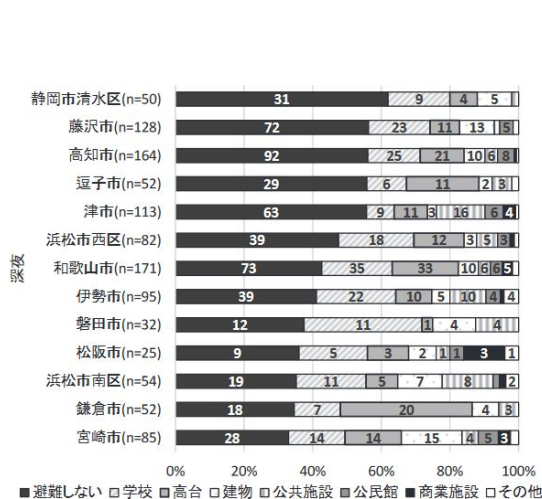


図3 市町村による避難行動の違い

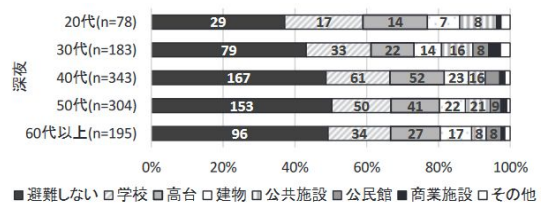


図4 年齢による避難行動の違い

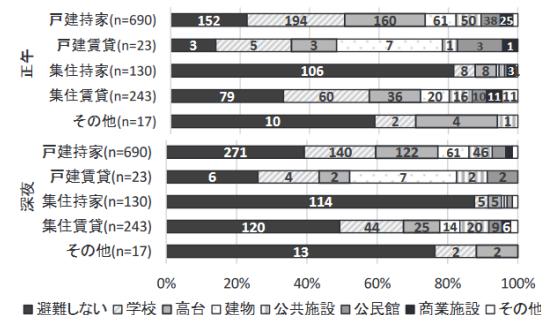


図5 住宅の所有形態と避難行動の違い

避難選択行動のモデル化により、施設の圏域の可視化を行った。図6は、従来のポロノイズによる圏域と、従来のガイドラインの海方向に避難しない圏域を作図したものの、提案モデルによる各施設の選択率が最も高くなる圏域を可視化したものである。このように可視化することにより、より避難行動の特徴を考慮した圏域を示すことができ、圏域の広さが確認できる。また、各施設に集合する避難者の数も推定することが可能である。

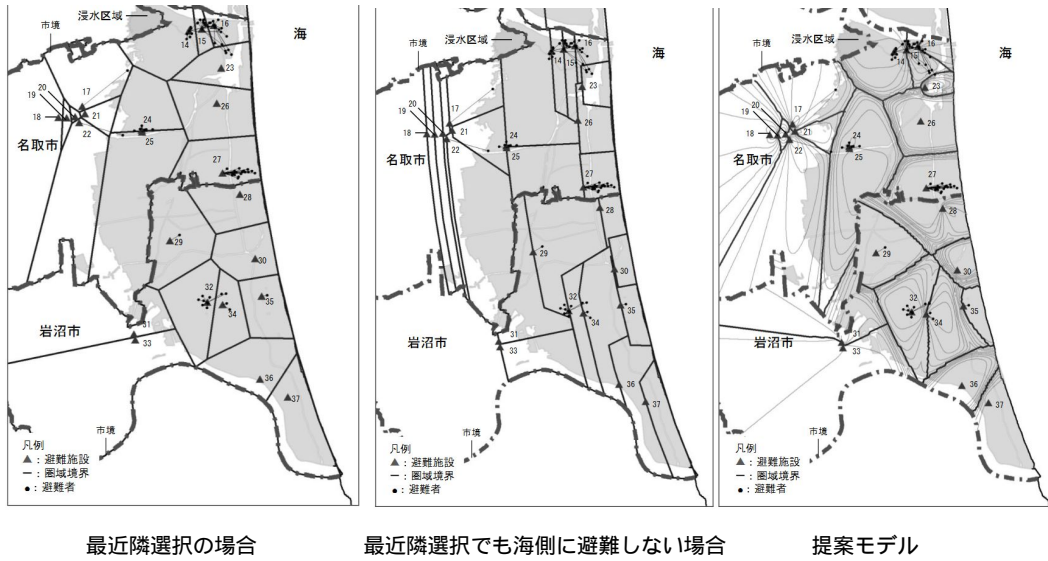
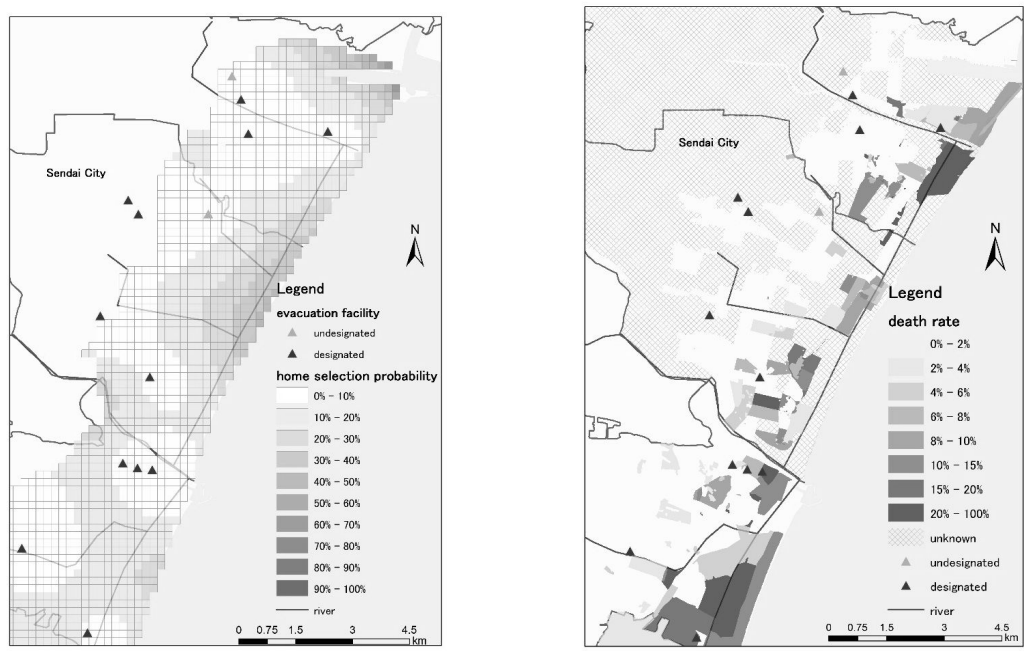


図6 避難施設の圏域

また、避難をせずに自宅に留まってしまふ人の分布の推定も可能である。東日本大震災の避難行動を元に自宅に留まる行動をする確率を、地域全体をメッシュに分割し各場所において推定した。避難施設から遠い場所ほど自宅に留まる確率が高いことが示されている。図7は自宅に留まった割合と死亡者数を示しているが、左右の分布には有意に高い相関性が認められる。このように避難施設から遠く自宅選択率の高い地域において死者が増えることが確認でき、本例では、色の濃い地域を優先的に避難施設を整備することが望ましいといえる。



自宅に留まる選択をする割合の分布 (モデルによる推定) 被災者(死亡者数)の分布

図7 東日本大震災の被災地域で推定した自宅に留まる割合と死亡率

5. 主な発表論文等
〔雑誌論文〕(計 5 件)

Hiroyuki Yoshihara、 Tatsuya Kishimoto、 Tsunami Evacuation Facility Choice Behavior Model in Flat Area and Rias Area Considering Possibility to Remain at Home、

Proceedings of the 9th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics (PED2018)、査読有り、2019、Lund、Sweden (8 pages)、(now printing).
岸本達也、村山祐樹、山田崇史、津波浸水想定区域における住民の避難行動の選択傾向、日本建築学会計画系論文集、査読有り、Vol.82、No.739、2017、pp.2335-2341.

<https://doi.org/10.3130/aija.82.2335>

山田 崇史、岸本 達也、避難施設を核とした災害に強いまちづくりの研究—津波避難者の避難先選択行動モデル化と避難施設の最適配置計画—、住総研研究論文集、Vol.43、2016、pp.161-172.

https://doi.org/10.20803/jusokenronbun.43.0_161

山田崇史、佐々木雅宏、岸本達也、津波避難時の避難施設選択モデルを用いた避難施設圏域の推定—復興支援調査アーカイブあによる仙台市・名取市・岩沼市の分析—、日本建築学会技術報告集、査読有り、Vol.22、No.51、2016、pp.825-830.

<https://doi.org/10.3130/aijt.22.825>

山田崇史、岸本達也、沿岸地域における津波避難ビルの選択行動モデル化、日本建築学会計画系論文集、査読有り、Vol.80、No.707、2015、pp.125-133.

<https://doi.org/10.3130/aija.80.125>

〔学会発表〕(計 3 件)

Hiroyuki Yoshihara、Tatsuya Kishimoto、Tsunami Evacuation Facility Choice Behavior Model in Flat Area and Rias Area Considering Possibility to Remain at Home、Proceedings of the 9th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics (PED2018)、査読有り、Lund、Sweden (8 pages)、(now printing).

Yuki Murayama、Tatsuya Kishimoto、Takashi Yamada、Characteristics of Evacuation and Non-evacuation Behavior in Urban Areas Inundated by Tsunami Attacks、Proceedings of the 14th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management、査読有り、2017、A61_35067 (24 pages)

Takashi Yamada、Masahiro Sasaki、Tatsuya Kishimoto、Choice Behavior Model for Tsunami Refuge Facilities: Modeling and Analysis of Evacuations in Natori City after the Great East Japan Earthquake、14th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management、査読なし、2015、Cambridge、MA USA、Poster No.391.

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。