4ZL-07

オープンデータを用いた避難行動モデルの構築と評価

木津谷　諒†　　佐々木　淳†
岩手県立大学ソフトウェア情報学研究科†

1. はじめに

自然災害による人的被害発生への対処には，避難行動モデルを用いた事前の避難傾向の把握が重要である．これまでは，アンケートやパーソントリップ(PT)データなどを用いた避難行動モデルがあったが，データの入手性が低いという問題があった．そこで本研究では，入手しやすいオープンデータを用いて，避難行動モデルのパラメータ推定を試みる．今回は，事例として，2019 年台風 19 号の岩手県久慈市での避難行動モデルのパラメータ推定を行い，各パラメータの係数を求めた．また，モデルの改善のために現地調査を行った．本稿では，設定した避難行動モデルの実験結果を示し，現地調査結果と合わせてモデルの改善点について考察する．

2. 関連研究

避難行動モデルに関する研究は多く存在する．山田らは，津波避難ビルの選択に関するモデルの構築を行った[1]．西野らは，地震火災時の避難先の選択に関する意思決定モデルの推定を行った[2]．これらの研究ではアンケートや PT データなどのデータを使用していた．また，使用しているモデルは一時点における意思決定のみを対象としており，災害の状況に伴う複数回の意思決定が考慮されていない．本研究では，入手性に優れたオープンデータを用いて，避難行動モデルのパラメータ推定を行う．また，Fu らの提案した繰り返し二項ロジットモデル[3]による避難行動モデルを採用し，複数回の意思決定に対応できるようにする．

3. モデルの概要

本研究におけるモデルでは，避難所毎の避難人数の時系列データを用い，住民は客観的な指標に基づいて避難を行うと仮定し，250m メッシュ毎に単位時間あたりの避難人数を求める．おおまかには，避難可否の決定，避難先の選択確率の算出，単位時間あたりの避難人数の算出，の 3 つの過程から構成される．

3.1 避難可否の決定

避難可否の決定は，避難時の複数時点における意思決定を表現するため，繰り返し二項ロジットモデルを用いて行う．

図 1 に繰り返し二項ロジットモデルの状態遷移図を示す．未避難状態から開始し，時点t_iにおいて確率$\Pr(t_i)$で避難状態に遷移し，$1-\Pr(t_i)$で未避難状態に遷移する．避難状態に遷移した場合にはそこで終了し，未避難状態に遷移した場合は確率$\Pr(t_{i+1})$で遷移先を決定する．

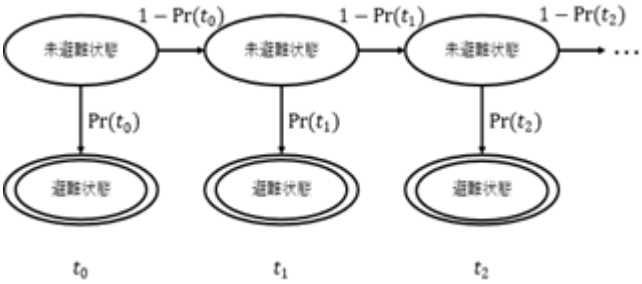

図1　繰り返し二項ロジットモデルの状態遷移図

3.2 避難先の選択確率の算出

住民の避難先の選択確率の算出には，複数の避難所候補への効用を求めるため多項ロジットモデルを使用する．まず，時点tにおいて主体nが選択肢iを選択する確率$\Pr(t,i,n)$を式(1)に示す．

$$\Pr(t,i,n) = \frac{\exp(V_{t,i,n})}{\sum_{i=0}^{C}\exp(V_{t,i,n})} \tag{1}$$

$V_{t,i,n}$は時点tにおける主体nの選択肢iに対する効用関数を，Cは選択候補の総数を示している．説明変数を$x_{k,t,i,n}$，係数をβ_kとしたときの効用関数$V_{t,i,n}$を式(2)に示す．なお，Dは説明変数の総数を示す．

$$V_{t,i,n} = \sum_{k=1}^{D} x_{k,t,i,n}\beta_k \tag{2}$$

3.3 単位時間あたりの避難人数の算出

先に求めた避難先の選択確率に，250m メッシュの滞在人数を乗算することで，単位時間あたりの避難人数を求める．ここで，滞在人数はt_0時点ではメッシュ人口と等しく，以降は時点毎に未避難状態の人数に更新される．

4. 実験

オープンデータを用いて，前述した避難行動モデルのパラメータ推定を行う．単位時間を 10 分としてモデルから避難人数を算出し，算出値と実際の避難人数の誤差を二乗平均平方根誤差

Construction and Evaluation of Evacuation Behavior Model Using Open Data
†Makoto Kitsuya and Jun Sasaki, Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

Copyright ©2022 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

(RMSE)で求め，誤差を最小化し係数を最適化する．実験環境の実装には R および C++、係数の最適化には遺伝的アルゴリズムを使用した．

4.1 実験対象

対象として，地区は岩手県久慈市，災害は 2019 年台風 19 号のデータを選んだ．久慈市においては，住宅地を流れる小屋畑川が氾濫し，流域の床上浸水 455 棟，床下浸水 561 棟の被害が発生した．久慈市における避難フローを図 2 に示す．

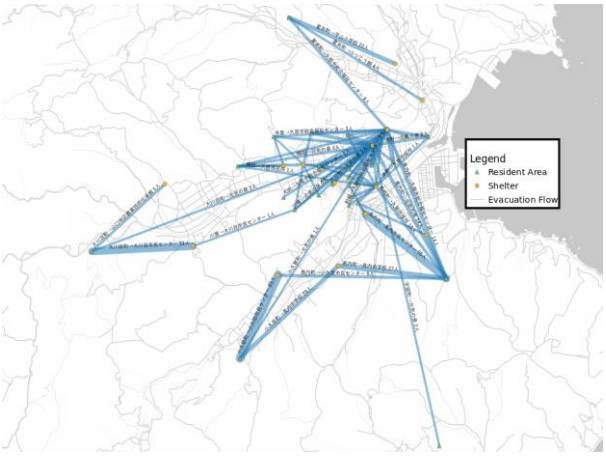

図 2　久慈市における避難フロー

4.2 使用データ

実験では，岩手防災情報ポータル(避難所情報)[4]に掲載された発災時の避難所毎の避難人数に関する時系列データ，指定緊急避難場所データ[5]に掲載された避難所の緯度経度情報に関するデータなどを使用した．

4.3 説明変数

効用関数$V_{t,i,n}$で使用する説明変数を，以下の 3 つの実験シナリオと併せて示す．
シナリオ a：避難指示発令からの経過時間，時刻
シナリオ b：シナリオ a に居住地と河川の距離，避難所と河川の距離，避難所の面積を追加
シナリオ c：シナリオ b に降水エコー強度を追加．

4.4 実験結果

上記 3 つのシナリオについて，避難者の実測値と推定値の差（RSME）比較した結果，シナリオ c の平均誤差が最も小さかった．シナリオ c の計算例を図 3 に示す．22 箇所の避難所の中でも避難者が少ない場合に精度が高い傾向があった．反面，例えば避難所番号 18 のように避難実人数が多い場合に，誤差が大きい傾向も見られた．この原因を探るため著者らは現地調査を行った．その結果，避難所 18 は近隣の河川が氾濫し，被災により住民が避難していたこと，モデルでは被害発生による避難を考慮できていなかったことが分かった．よって，実際の被災状況もモデルに加える必要があると考えられる．

5. まとめ

本研究では汎用的・実用的な避難行動モデルの構築を目的に，オープンデータを用いた避難行動モデルのパラメータ推定手法の提案を行った．実験により，パラメータを増やすことで精度が向上することを確認した．今後は，実験や現地調査の結果を踏まえ，モデルの改善を進めていく予定である．

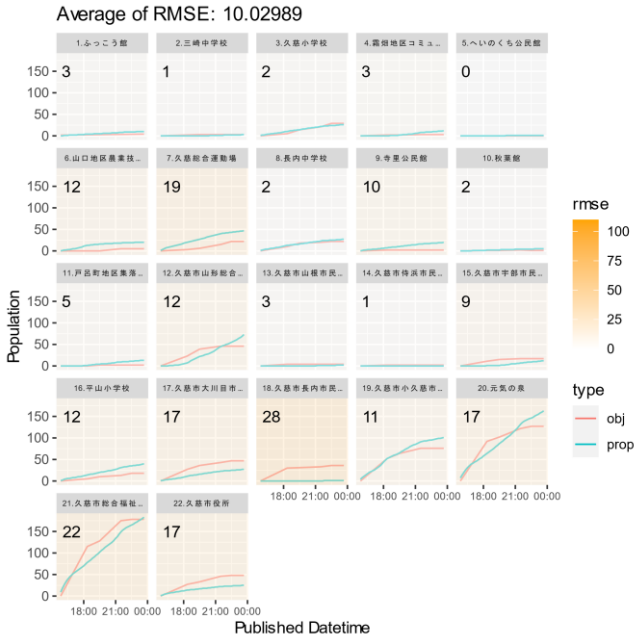

図 3　シナリオ c の各避難所における RMSE

謝辞

本研究は，公益財団法人電気通信普及財団の 2021 年度研究助成によって行いました．また，実験にご協力いただいた久慈市の関係者，ご討論いただいた岩手県立大学ソフトウェア情報学部大堀勝正准教授に感謝致します．

参考文献

[1] 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, 2015, 80 巻, 707 号, pp. 125-133
[2] 西野 智研, 樋本 圭佑, 田中 哮義, 地震火災時における住民の避難先選択のモデル化, 日本建築学会環境系論文集, 2011, 76 巻, 663 号, pp. 469-477
[3] Fu, H., Wilmot, C. G., Zhang, H., & Baker, E. J. (2007). Modeling the hurricane evacuation response curve. Transportation Research Record, 2022(1), pp. 94-102
[4]いわて防災情報ポータル, https://iwate.secure.force.com/
[5]県内市町村避難場所, 岩手県, https://www.pref.iwate.jp/kurashikankyou/anzenanshin/bosai/kokoroe/1004197.html

Copyright ©2022 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.