

令和2年7月豪雨を対象とした避難者予測モデルの構築

20T0255W 牟田 修人
指導教員：丸山 喜久, 劉 ウェン

1. はじめに

近年、我が国では気候変動の影響により集中豪雨が増加している。これにより、全国各地で毎年のように水害が発生している。近年大きな被害が発生した豪雨災害として令和2年7月豪雨があげられる。令和2年7月豪雨では、梅雨前線が長期間停滞した影響で西日本から東日本にかけての広範囲に大雨が降り続いたことにより、全国各地で甚大な人的・物的被害が生じた。特に九州地方では7月4日から7日にかけて記録的な大雨となり、熊本県では人吉市を中心に全国で最大となる人的・物的被害が発生した¹⁾。

この豪雨災害の対応では、様々な問題が指摘されている。その中の一つに避難所運営に関する問題がある。熊本県では、避難所管理者と支援団体との間で十分な情報共有ができず支援が重複、市町村ボランティアセンターで人員やノウハウが不足し、ボランティアのニーズ把握や受入が十分に行えなかった等の問題が発生した。これらの問題を解決するうえで、各避難所の最大避難者数を事前に推定することは重要である。

そこで本研究では、令和2年7月豪雨で甚大な被害を受けた熊本県人吉市を対象に、大規模な水害時の避難所ごとの避難者数を予測するモデル式の構築を行う。そして、各避難所の最大避難者数を算出し、避難所ごとに求められる対応力や行政支援の円滑化の向上に役立てることを目的とする。

2. 研究対象地

本研究は熊本県人吉市を対象とする。人吉市は、熊本県の南部、人吉盆地の西南端に位置し、市域の面積は210.55km²、市の中央部を球磨川が東西に貫流している。気候は、内陸性気候に属しており、年平均気温は15.6℃、年間降雨量は2,361.5mmとなっている。また、人吉市の人口は令和2年7月時点で、31,827人となっている。

3. 使用するモデル式

避難所ごとの避難者数を算出するために、本研究では2つのモデル式を用いる。阪田は、避難者の避難所選択行動は、施設の魅力度と施設から居住地がある区画までの距離の2つの要因で説明できるものとし、ハフモデルに基づく予測式を構築した²⁾。東らは、アンケート結果や内水氾濫時の避難状況をもとに、ロジットモデルに基づき外水氾濫時の避難者数予測モデル

を構築した³⁾。ハフモデルに基づく予測式を式(1)に、ロジットモデルに基づく予測式を式(2)～(3)に示す。

$$T_{ij} = \frac{W_j d_{ij}^{-\beta}}{\sum_j W_j d_{ij}^{-\beta}} \quad (1)$$

ただし T_{ij} : i 区画から j 施設を選択する施設選択率
 W_j : 施設 j の施設魅力度
 d_{ij} : i 区画から j 施設までの直線距離
 β : 距離抵抗を表すパラメータ

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\exp(V_1) + \exp(V_2) + \exp(V_3)} \quad (2)$$

$V_i = \theta_1 \times$ 避難場所までの直線距離 $+ \theta_2 \times$ 標高差
 $+ \theta_3 \times$ 河川から避難場所までの直線距離
 $+ \theta_4 \times$ 避難場所の有無 $+ \theta_6 \times$ 迂回性 $+ \theta_8$ (3)

ただし P_i : 選択肢 i の確率
 V_1, V_2, V_3 : 避難場所 1, 2, 3 の効用
 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_6, \theta_8$: パラメータ

4. モデル式の条件

式(1)の i 区画は浸水推定地域内の各地区、施設 j は各避難所を示している。 d_{ij} は、各地区の重心から避難所までの直線距離とする。施設 j の施設魅力度に関しては、各避難所の収容人数を用いる。また、各地区が避難できる避難所は半径3km以内とし、0.5kmずつ避難できる避難所までの距離を小さくして検討を行う。距離抵抗を表すパラメータに関しては、既往研究に基づき初期値を4.15とした²⁾。

式(2)の三肢選択は、各地区から直線距離が近い3つの避難所に設定した。式(3)の避難場所までの直線距離は式(1)と同様の条件とし、標高差は各地区と各避難所の標高の差分を用いる。河川から避難場所までの距離は、1級または2級河川から各避難所までの直線距離とする。また、本研究では避難場所の有無および迂回性については除外をして検討を行う。パラメータについては既往研究に基づき、 θ_1 : -0.00831, θ_2 : -0.114, θ_3 : 0.00126, θ_8 : -0.944 を初期値として与える³⁾。

両モデル式共に、避難者が0人の避難所と福祉避難所については除外をして検討を行う。また、避難所データは最も古いデータである令和2年7月6日と、最も避難者数が多かった7月11日を対象に検討を行う。

5. 使用データ

本研究の避難者数及び避難所のデータは、熊本県が公開する避難所開設状況の一覧と人吉市災害記録・検証誌を使用した。収容人数は人吉市災害記録・検証誌、行政区及び人口はe-Stat、浸水推定地域は国土地理院、河川の水系は国土数値情報、標高はコンサベーションGIS コンソーシアムジャパンが公開するデータを使用した。避難所データは、熊本県の避難所開設状況の一覧データを基にGISデータとして作成した。

6. 結果

式(1)及び式(2)～(3)を用いて、避難所ごとの避難者数を算出した。その後、各避難所の実際の避難者数と、予測式により算出された避難者数のMSEが最小となるように、予測式のパラメータ探索を行い、精度の向上を図った。7月6日に開設されていた避難所は9箇所であったが、精度向上を図ったところ、式(1)は6箇所の避難所、式(2)～(3)は3箇所の避難所で改善がみられた。7月11日に開設されていた避難所は7箇所であったが、精度向上を図ったところ、式(1)は4箇所の避難所、式(2)～(3)は3箇所の避難所で改善がみられた。

両予測式の精度をMSEを指標として比較したところ、式(1)のMSEの値が式(2)～(3)のMSEよりも小さかった。図-1～図-2に、ハフモデルに基づく予測式(式(1))の結果を示す。

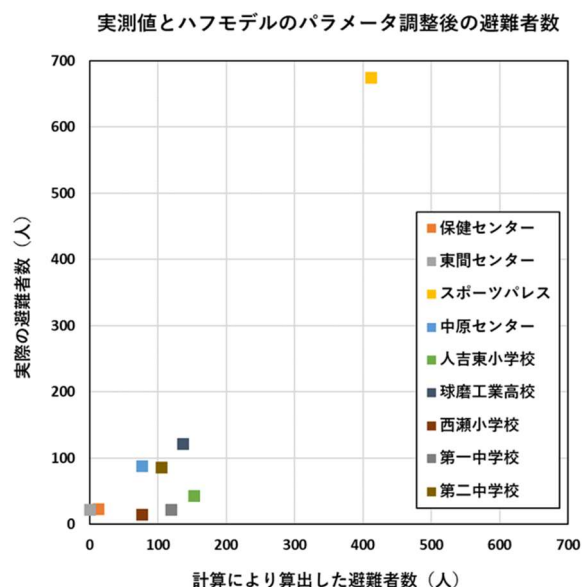


図-1 実際の避難者数と式(1)のパラメータ調整を行った後の避難者数 (7月6日)

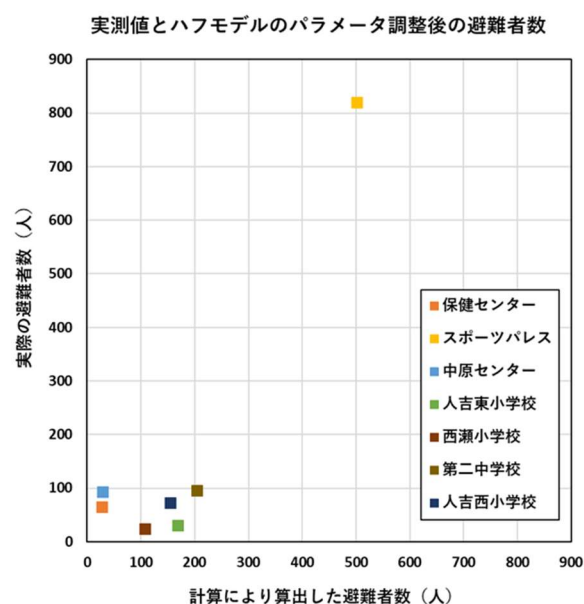


図-2 実際の避難者数と式(1)のパラメータ調整を行った後の避難者数 (7月11日)

7. まとめ

本研究では、令和2年7月豪雨で被害を受けた熊本県人吉市における避難所ごとの避難者数の算出を行い、既往研究の予測式の精度向上を図った。予測式の精度の評価指標としてMSEを用いた。両式のパラメータ調整を行ったところ、調整前と比較してMSEの値が小さくなった。また、ハフモデルに基づく予測式とロジットモデルに基づく予測式のMSEを比較したところ、ハフモデルに基づく予測式の方がMSEの値が小さくなった。

パラメータ調整により予測式の精度向上は果たせたが、実際の避難者数と算出した避難者数が大きく異なる避難所が存在する。今後は、より正確な浸水推定地域内の人口算出や新たなパラメータの追加などを行い、予測式のさらなる精度向上を図っていく必要がある。

参考文献

- 1) 内閣府：令和2年7月豪雨による被害状況について (令和3年1月7日 14:00 現在)
https://www.bousai.go.jp/updates/r2_07ooame/pdf/r2_0703_ooame_40.pdf
- 2) 阪田弘一：震災時における避難者数推移および避難所選択行動の特性-地域防災計画における避難所の計画に関する研究-, 日本建築学会計画系論文集, 65巻537号, pp.141-147, 2000.
- 3) 東寛二, 寺町賢一, 渡辺義則, 諫山美穂子：外水氾濫時における避難手段を考慮した安全な避難行動について, 土木計画学研究・講演集, Vol.42, Paper No. 254, 2010.