

A-13

令和2年7月豪雨を対象とした風水害時の避難者数予測モデルの構築

19T0208F 西村 春乃

指導教員:丸山 喜久, 劉 ウェン

1. 研究背景・研究目的

令和2年7月豪雨では、西日本から東日本、東北地方にかけ広い範囲で大雨となり、特に7月4日から7日にかけて九州では記録的な大雨となった。極めて甚大な人的・物的被害が発生し、熊本県は人吉市、八代市、球磨村を中心に大きな被害となった。この豪雨では避難者が多く発生したが、避難所では避難所運営の長期化に伴う人員配置、物資不足、コロナ禍によるスペース確保に伴う避難所の定員超過など、避難所の運営を行う上で多くの問題が発生した¹⁾。このような避難所に関する問題を解決するには事前に避難者数を予測し、適切な支援量を決定することが重要である。しかし現在の災害時の避難者数予測については主に地震災害を対象とした研究が中心である²⁾。風水害時における避難者数の予測手法としては、浸水想定区域内全ての人口を推定避難対象者として扱っている³⁾ため、実際の避難者数より多く推定される。さらに、ライフラインの機能停止の影響による避難者数が考慮されていないことや避難者数の解消過程が扱われていないなどの問題点があげられる。

そこで本研究ではこれらの課題を解決するために、令和2年7月豪雨で特に被害の多かった熊本県人吉市、八代市、球磨村を対象に、浸水の影響とライフライン被害の影響の両方を考慮した最大避難者数を推定する予測式を構築し、さらに避難者の解消過程の予測モデルを構築する。これによって、避難者数の発生から解消に至るまでの一連の流れの予測を可能とし、避難所ごとに求められる対応力の見積もりに役立ていくことを目的とする。

2. 使用データ

本研究の避難者数のデータについては熊本県災害対策本部会議の資料⁴⁾と熊本県が配布している避難所開設状況の一覧のデータを参考とした。停電人口、断水人口に関しては災害対策本部会議の資料と内閣府が発表している令和2年7月豪雨による被害状況等についての資料⁵⁾の停電、断水世帯数を基に、全世帯数を除して停電、断水世帯の割合を算出し、全人口に乗算することで停電人口、断水人口に換算した。

3. ピーク時の避難者数予測

本研究では、ピーク時の避難者数を浸水の影響による避難者とライフライン被害の影響による避難者の

和と仮定した。

浸水の影響による避難者数の予測については、ライフライン被害による影響がなかった人吉市のデータを用いて、避難する基準となる浸水深を求めた。まずArcGISを用いて浸水域を塊ごとに分け、浸水域の輪郭の標高の平均をとることで水面高さを出し、求めた水面高さからその土地の標高を差し引くことで浸水深を算出した。求めた浸水深に国土数値情報の250m人口メッシュを重ねメッシュごとの浸水域内人口と浸水深のデータを得た。そのデータをもとに図1のように横軸に浸水深、縦軸にその浸水深以上となる曝露人口をとったグラフを作成し、実際の避難者数と交わる点を求めた。

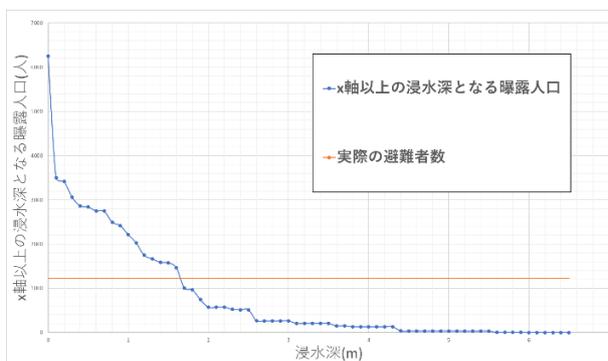


図1 人吉市の浸水深とその浸水深以上を記録した曝露人口のグラフ

この結果、浸水深が1.6m以上となる曝露人口が実際の避難者数と一致したため、浸水の影響による避難者となる浸水深の閾値は1.6mであると判明した。

次にライフライン被害による避難者数の予測に関する検討を行った。八代市、球磨村は浸水の影響とライフライン被害の両方の影響を受けているため、全体の避難者数から浸水の影響による避難者を差し引き、ライフライン被害の影響による避難者数を求めた。その値からピーク時の停電、断水人口に対する割合を求め、ライフラインの機能停止に基づく避難率を求めた。停電による避難率は八代市が0.112、球磨村が0.151、断水による避難率は八代市が0.138、球磨村が0.411となった。停電による避難率の値が2自治体で近い値のため、両者の平均をとり停電時に0.13の割合で避難すると仮定した。これによってピーク時の避難者数の予測式は式1となった。

$$\text{ピーク時の避難者数} = (\text{浸水深が1.6m以上となる曝露人口}) + (\text{最大停電人口}) \times 0.13 \quad \dots \text{(式1)}$$

4.ピーク後の避難者数推移の予測

ピーク後の避難者数推移の推定式について、混合指数モデルである式 2 とレジリエンス関数を用いた予測モデルである式 3 の 2 つの予測モデルについて検討を行った³⁾。

$$Y(t) = a1 \cdot e^{-b1t} + a2 \cdot e^{-b2t} + a3 \cdot e^{-b3t} \dots \text{(式 2)}$$

$$a1+a2+a3=1$$

$$0 \leq a_i \leq 1$$

$$b1 > \frac{10}{3}, \frac{1}{3} < b2 < \frac{10}{3}, 0 \leq b3 < \frac{1}{3}$$

$$NE(t) = es \times Res(t) \times (Mc + eHMH) + eEw \times \max \{ Mw(t), ME(t) \} \times (M - Mc - eHMH) / M \dots \text{(式 3)}$$

ここで、M は全人口、Mc は全壊・焼失建物の居住人口、MH は半壊建物の居住人口、eH は半壊建物による避難率、t はピーク後経過日数、Mw(t) は断水人口、ME(t) は停電人口、es は避難所率、eEw はライフライン途絶による避難所への避難率、Res は居住環境整備に関するレジリエンス関数である。ライフライン機能支障の項に関しては停電人口の方が多いためから停電人口を用いることとする。また混合指数モデル同様、ピーク時の値を 1 に正規化し減少過程を示した。

パラメーターは Excel のソルバー機能を用いて最小二乗法により推定した。表 1 は実測値の全データを用いて推定した際の R² 値を示しており、この結果から避難者数推移を表すうえで混合指数モデルの適合度が高いことが分かった。

表 1 予測モデル別の R² 値

	混合指数モデルにおける R ² 値	レジリエンス関数を用いた予測モデルにおける R ² 値
人吉市	0.936	0.753
八代市	0.943	0.742
球磨村	0.87	0.167

また発災後早期のデータから避難者数が解消に至る過程の予測が可能か検討を行うため、混合指数モデルを用いてピーク後 0～6 日のデータから 1 日ずつデータを増やして予測する場合と 1 日ずつデータをずらして予測する場合の 2 通りを検討した。この結果両方の場合で人吉市は 12 日間、八代市は 11 日間、球磨村は 14 日間のデータがあればピーク後 30 日までの推移を高い精度で表すことができ、ピーク後 14 日間のデータがあれば 30 日目までの予測が可能であった。また両者を比べた場合、1 日ずつデータをずらす場合の方がより早く実測値に近づくと判明した。レジリエンス関数を用いた予測モデルについては 14 日間のデータを用いた場合にも適合度は低くなっており、混合指数モデルの方が有用であるとわかった。

5.結論

本研究では令和 2 年 7 月豪雨において被害の大きかった熊本県人吉市、八代市、球磨村を対象に、風水害時におけるピーク時の避難者数の予測式の構築とピーク後の避難者の解消過程のモデル化に関する検討を行った。

ピーク時の避難者数予測に関しては浸水の影響では 1.6 m 以上の浸水深に曝される人口と、停電人口の 13% に相当する人数の和で表された。

ピーク後の避難者数の推定については、混合指数モデルとレジリエンス関数を用いた予測モデルを検討した。混合指数モデルによる予測値のほうが実測値に対し適合度が高くなっているとわかった。また混合指数モデルにおいてピーク後 14 日間のデータがあれば高い精度で 30 日目までの避難者数推移の推定が可能であることもわかった。

参考文献

- 1) 気象庁”令和 2 年 7 月豪雨 令和 2 年 (2020 年) 7 月 3 日～7 月 31 日”。国土交通省。
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2020/20200811/jyun_sokuji20200703-0731.pdf(参照 2023-01-11)
- 2) 熊本県 危機管理防災課”令和 2 年 7 月豪雨における災害対応の振り返り (令和 3 年 7 月公表)”。熊本県。(2021-12-28 更新)
<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/4/120696.html>(参照 2023-01-11)
- 3) 繁田 健嗣, 能島 暢呂, 永井 小雪里, 加藤 宏紀: 2016 年熊本地震における避難者の発生・解消過程に関する基礎的考察; 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) 地震工学論文集第 37 巻(論文), 2018 年, 74 巻 4 号 p. I_508-I_521
- 4) 河川事業の評価手法に関する研究会”「水害による被害推計の手引き<試行版>」(H24.12 月時点)”。国土交通省。
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kasen_hyouk/a/dai04kai/dai04kai_siryou2-2.pdf(参照 2023-01-11)
- 5) 熊本県災害対策本部”令和 2 年 7 月豪雨に係る熊本県災害対策本部会議”。熊本県。
<https://www.pref.kumamoto.jp/site/r2-gouu/>(参照 2023-01-11)
- 6) 内閣府”令和 2 年 7 月豪雨による被害状況等について”。内閣府防災情報のページ。
https://www.bousai.go.jp/updates/r2_07oouame/index.html(参照 2023-01-11)