

豪雨災害における避難所要時間の予測手法の改良

九州大学 学生会員 ○西地 孝英 九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩
 九州大学大学院 正会員 川野 浩平 九州大学大学院 正会員 谷口 寿俊
 九州大学大学院 正会員 本田 博之 九州大学大学院 学生会員 孟 楽

1. はじめに

近年、豪雨災害が激甚化し、毎年のように全国各地で被害が発生している。豪雨災害は被害発生までに時間的猶予のある進行型災害であるため、被害の発生可能性がある地域の住民に対して早期に避難を促すことが人的被害の軽減に有効である。そのため、自治体は防災気象情報や降雨量、河川の水位などから総合的に危険性を判断し、住民の危険が予想されるときには高齢者等避難や避難指示といった避難情報を発令する¹⁾。現状、発令の判断は、自治体の防災担当者が災害に関する多種多様な情報を参考に自らの経験に基づいて行っており、担当者の経験が不足する場合には「発令が遅れる」、あるいは「被害が生じる可能性が低い地域にまで発令してしまう」場合がある。そのため、災害により被害を受ける可能性(災害リスク)を定量的に算出し、経験に依存せずに避難情報の発令判断が行えることが望ましい。

災害リスクを算出する場合、自然による加害現象(ハザード)そのものの発生の危険性だけでなく、各住民のハザードに対する被害の受けやすさを表す脆弱性も考慮する必要がある²⁾。川野ら³⁾は各住民が安全に避難を完了するのに要する時間(以下、避難所要時間)を避難の脆弱性として提案し、機械学習を用いて自動車での避難所要時間を予測することで各住民の脆弱性を定量的に評価している。しかし、この避難所要時間予測手法(以下、従来手法)は、教師データの発災日時を表す項目の区分が多く、十分な精度を確保するためには学習に必要な教師データの個数が膨大になること、他の既往研究⁴⁾で示されている降雨による影響が考慮されていないことが課題としてあげられる。そこで、本研究では対象地域を茨城県常総市とし、従来手法を改良することで、住民の避難所要時間をより正確に予測できる手法を開発する。

2. 避難所要時間予測手法の改良³⁾

2.1 従来手法の概要

従来手法での避難所要時間の予測には機械学習のアルゴリズムである Random Forest を用いる。Random

Forest では、避難経路の線形特性や発災時間帯など多くの要素を説明変数として与えることができ、そのモデルにおける各説明変数の寄与率も算出できる。従来手法では目的変数を自動車での所要時間とし、説明変数として避難時の移動に影響を及ぼすと考えられる表1に示す項目を与える。教師データの目的変数として学習させる自動車での所要時間には、Google Maps を用いて取得した値を用いる。

2.2 曜日の説明変数の共通化

常総市で Google Maps を用いて収集した所要時間データをもとに、曜日ごとの平均速度の時系列変化を集計したグラフを図1に示す。平均速度は、ルートの総延長を取得した所要時間で除した値を用いる。平日(月~金曜日)の曜日同士では傾向がよく類似している一方、土曜日と日曜日は平日と傾向が異なっている。そのため、傾向が類似する平日は曜日ごとに独立したダミー変数を用いる代わりに、「平日」という一つのダミー変数にまとめても精度に大きな影響はないことが予想される。そこで、説明変数の区分を従来の曜日ごとの7区分から、「平日」、「土曜日」、「日曜日」の3区分に減らし、そのうえで平日の教師データの個数を半分に削減した場合に、予測精度に影響があるかを検証した。所要時間

表1 避難所要時間予測に用いる説明変数

項目	区分数	変数名	計上方法
道路幅員	5	W1~5	距離
曲率半径	4	B1~4	距離
縦断勾配	7	S1~7	距離
用途地域	12	Zone1~12	距離
直進	4	STRAIGHT1~4	箇所数
左折	6	LEFT1~6	箇所数
右折	6	RIGHT1~6	箇所数
時間帯	24	T0~22 (23時は全変数が0)	ダミー変数
曜日	7	Day0~5 (日曜は全変数が0)	ダミー変数

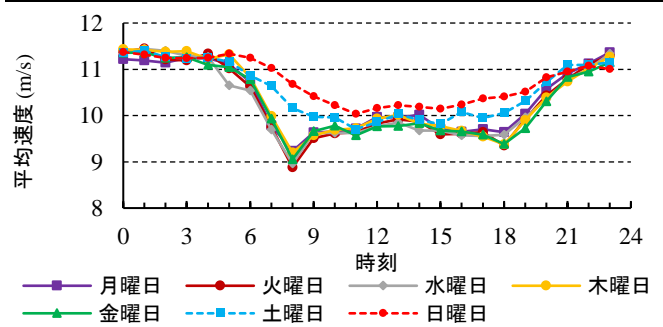


図1 常総市の曜日ごとの平均速度の時系列変化

データは2022年5月18日～24日の毎正時に収集したものをを用いた。従来手法と新たに作成したモデルの予測所要時間の誤差の平均値の比較を図2に示す。新たに作成したモデルは、平日の教師データ個数が半分になったにもかかわらず、予測誤差はほとんど増加していない。誤差が最も増加した所要時間20～25分のルートについてもその増加量は平均約10秒で、実用上問題はないといえる。したがって、曜日区分を減らしても問題はなく、これにより精度確保のために必要な教師データの個数を減らすことができる。

2.3 降雨量を考慮した所要時間予測手法の開発

従来の晴天時の教師データに加え、常総市において2022年6月3日～28日の毎正時、降雨がある場合の所要時間データを収集した。そのうえで、収集した各時刻における250mメッシュごとのレーダ雨量を入手し、各メッシュを表2に示す雨量区分に基づいて分類したうえで、教師データのルートが各雨量区分のメッシュ内を通過する距離割合を算出し、従来の説明変数にこれらの値を付け加えた。例として、常総市内のあるルートにおける各メッシュの降雨量、各雨量区分の通過距離および通過距離割合を図3に示す。なお、レーダ雨量には国土交通省の雨量観測ネットワークであるXRAINのデータを用いた。

図4に、常総市における教師データのルートの晴天時の所要時間(正解値)、従来手法による予測所要時間、降雨時の所要時間(正解値)、および改良した手法で予測された降雨時の所要時間の時系列分布を示す。図に示すように降雨時は所要時間が増加する傾向があり、本手法による予測結果はこの傾向を適切に反映しているといえる。本手法を用いた時の雨天時の予測値と正解値の平均絶対誤差は約30秒であり、実用には影響がない範囲であると考えられる。したがって、説明変数に降雨条件を追加することで、降雨時の移動所要時間を適切に予測できることが明らかとなった。

3. おわりに

本研究では、常総市の従来の避難所要時間予測手法の課題解決を目的とし、教師データの日時の説明変数の削減、および降雨を考慮した予測手法の開発を行った。その結果、傾向の類似する平日を一つの曜日区分にまとめても予測精度が低下しないことがわかり、精度の確保に必要な教師データの個数を減らすことができた。また、教師データにルート上の降雨量の区分を加えることで、

降雨時の避難所要時間をより正確に予測できるようになった。

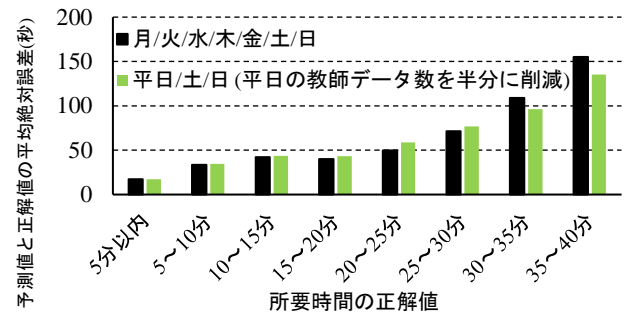


図2 曜日の説明変数の削減前後での予測結果の比較

表2 教師データの雨量区分

区分	雨量R(mm/h)の範囲	区分	雨量R(mm/h)の範囲
R0	R = 0	R30	20 ≤ R < 30
R5	0 ≤ R < 5	R40	30 ≤ R < 40
R10	5 ≤ R < 10	R70	40 ≤ R < 70
R20	10 ≤ R < 20	R100	70 ≤ R < 100

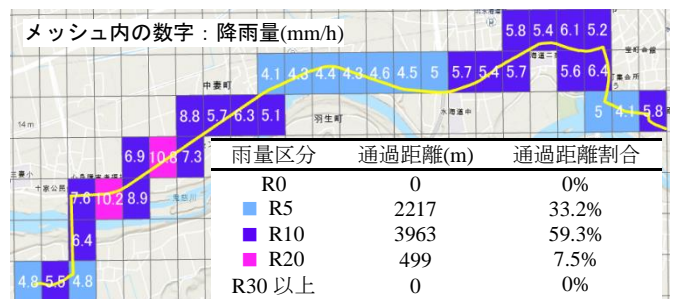


図3 あるルートにおける降雨量および各雨量区分の通過距離割合の例(2022年6月6日午前6時の降雨量に基づいて算出)

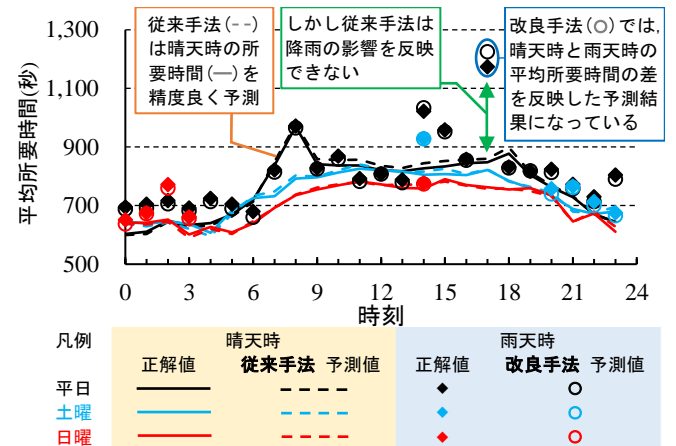


図4 晴天時と降雨時の予測結果の比較

<謝辞>

本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」の一部として実施されました。

<参考文献>

- 1) 内閣府(防災担当): 避難情報に関するガイドライン, 2022.
- 2) 菊本統, 下野勘智, 伊藤和也, 大里重人, 稲垣秀輝, 日下部治: 我が国の自然災害に対する総合的リスク指標, 土木学会論文集F6(安全問題), Vol.73, No.1, pp.43-57, 2017.
- 3) 川野浩平, 池崎大智, 菅原巧, 吉田祐子, 谷口寿俊, 三谷泰浩: 新たな避難所要時間予測手法を用いたリードタイムを有する災害の避難判断支援の検討, 地域安全学会論文集, No.39, pp.401-409, 2021.
- 4) 洪性俊, 大口敬: 多車線高速道路における統合型速度推定モデル, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.67, No.3, pp.244-260, 2011.