

避難判断基準獲得モデルを用いた過去水位が判断に与える影響の解析
 Analysis of the influence of past water level on evacuation decision with the decision criteria acquisition model

○桐森元規・堀智晴・山田真史

○Genki KIRIMORI・Tomoharu HORI・Masafumi YAMADA

In Japan, residents have recently been encouraged to make proactive evacuation decisions as a soft measure against flooding. The key to effective evacuation is how and which information residents use. What kinds of decision criteria the residents can obtain from the flood experience is the key question in this study. Specifically, using a reinforcement learning model that learns from a huge number of floods, we compared the learning results when only the current river level was used and when current and past river levels were used. As a result, when past water levels were used, a more rapid rise in water levels could be recognized than when past water levels were not used. On the other hand, an unnatural tendency was also observed in the learning results (decision criteria) due to the insufficient number of rainfall scenarios used as input.

1. 序論

近年、水害のソフト対策として、マイ・タイムラインによる主体的な水害避難が促されている。水害避難においては、あらゆる情報が行動の指針になりうるが、とりわけ河川水位は利用されやすいと考えられる。そのため、河川水位の判断への影響や、効果的な使い方を検討する必要がある。

そこで、今回は、河川水位を判断材料として水害避難を経験した人間の特徴を調べる。具体的には、道頭ら¹⁾の開発した水害学習による避難判断基準獲得モデルを用い、現在（判断時）の河川水位のみを判断材料にするケースと、現在および過去の河川水位を判断材料にするケースを比較する。そして、過去の水位を参照することが避難判断に与える影響について考察する。

2. 手法

本研究の対象は滋賀県彦根市の芹川流域であり、川沿いに住む避難者による水平避難を想定する。モデルによる水害経験は、「イベント」・「評価」・「学習」の3つの過程に分けられ、これらの過程を 10^6 回繰り返す。このように経験を繰り返してできた判断基準が、実際に人間社会らしい判断基準を獲得したモデルであると考え、「イベント」では、リターンピリオドの異なる5種類の洪水シナリオのうち1つをランダムで選択したあと、避難者が10分おきに水位を参照しながら避難する

かどうかを判断する。「評価」では、「イベント」で避難者がとった行動に対して報酬（点数）を与える。避難を選択したあと、経路の浸水に遭遇せずに避難所へ避難し、かつ自宅が浸水したとき（すなわち、空振りも見逃しもしなかった場合）には正の報酬を与える。避難を選択する前に自宅が床上浸水したとき、避難を選択したが避難経路の浸水に遭遇したとき、避難を選択したが自宅が床上浸水しないシナリオであった（空振り）ときには負の報酬を与える。「学習」では、「評価」の結果に応じて避難判断基準を変更する。ここでは、避難判断基準を「水位別に割り当てられた避難確率（「イベント」において避難を選択する確率）」の配列」と定義する。今回は判断基準として過去の河川水位を用いるか否かによる違いを調べるが、解析上の違いは避難確率を現在水位のみの一次元配列とするか現在水位及び過去水位の二次元配列とするかに現れている。水害経験を繰り返したあとの避難判断基準が、このモデルのアウトプットになる。

3. 結果・考察

現在の水位のみを判断に用いるケースと、現在および60分前の水位を判断に用いるケースにおける水害経験後の避難判断基準を図1に示す。横軸は現在水位、縦軸は避難確率である。現在水位のみでは、現在水位40cm以上での避難確率がい

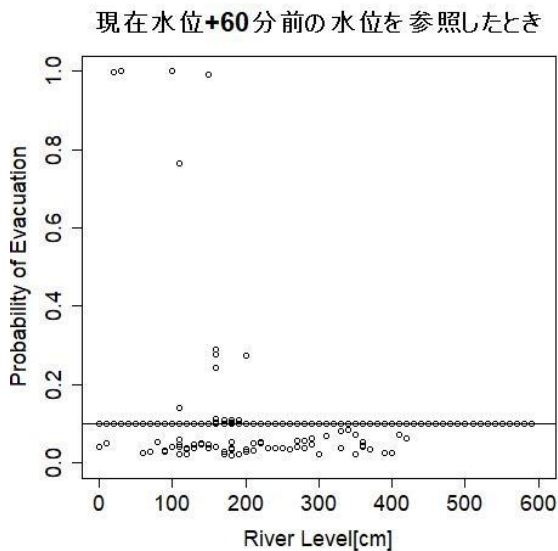
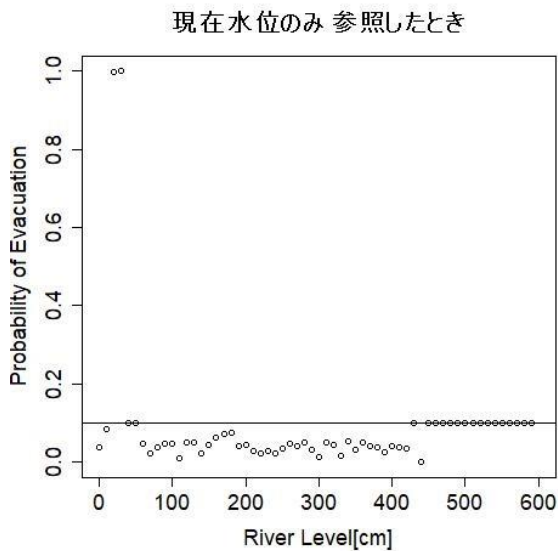


図1 獲得された避難判断基準

ずれも初期値の0.1を下回った。一方、過去水位も参照するケースでは、現在水位100~150cmで過去水位がそれより低い場合にも避難確率が0.9以上になる箇所が散見された。これは、過去水位の参照により、避難者が水位の上がり方を認識し、水位が急上昇した場合に避難しやすくなるという基準を獲得することを示している。つまり、実際の人間は、現在の河川水位を見るだけでなく、過去との比較をすることで、うまく避難行動をとるようになるといえる。

なお、過去水位を使ったケースとして、現在水位+10分前水位、現在水位+20分前水位、…、現在水位+120分前水位の学習結果もそれぞれ調べたが、10分前以外の全ケースにおいて、現在水位と過去水位の差が大きいときに避難確率が0.9を超

える状態が見られた。10分前のケースにおいても、10分前30cm、現在150cmの場合における避難確率が0.7を上回った。ゆえに、今回の対象地域においては、過去水位として何分前の水位を用いても、水位が急上昇する場合には避難確率が高くなりやすいことが示唆された。対象河川である芹川は降雨に対する河川水位の応答が比較的早く、短時間で水位が急上昇しやすい。そのため、ある程度短い時間間隔で河川水位を参照しても、水位上昇を認識できるようになったと考えられる。

一方で、モデルの問題点も見られる。図1の両ケースにおいて、現在水位が20~30cmと低いにもかかわらず、避難確率が1に近くなる状態が見られた。この傾向は、実際の人間行動と比較すると不自然であるといえる。これは、インプットした洪水シナリオが5種類と少なく、避難判断基準が各シナリオに過度に適合したことに起因すると推察される。つまり、現在水位が20cmや30cmになる状況が、意図せず避難すべきシナリオで生じやすくなっていたため、モデルはこの水位において高確率で避難するようになったと思われる。この点を解決するには、個々のシナリオの特徴が非意図的な形で、結果に著しい影響を与えることを防ぐ必要がある。したがって、多様なシナリオ（あらゆる洪水・浸水の時系列変化）の作成が課題になる。

4. 結論・課題

水害を繰り返し学習する避難行動モデルを用いた結果、現在だけでなく過去の水位を避難判断に用いることで、急激な水位上昇時に避難すべきという判断基準を獲得することがわかった。つまり、水位の時間的な変化（上がり幅）は、人間社会が持つ避難判断基準を形作る重要な要素の一つになっているといえる。

一方、シナリオ不足が原因と思われる不自然な傾向も見られる。今後は、大規模アンサンブル降雨を用いた大量の洪水氾濫シナリオを生成したうえで、同様な検討を進める予定である。

【参考文献】

- 1) 道頭理緒奈・堀智晴: 水害経験が避難の意思決定に及ぼす影響に関する強化学習分析, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 77, No. 2, I_1483-I_1488, 2021.