

第 II 部門

河川水位による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

京都大学大学院工学研究科 学生会員 ○桐森 元規
 京都大学防災研究所 フェロー会員 堀 智晴
 京都大学防災研究所 正会員 山田 真史

1. 背景・目的

洪水被害を軽減するには、住民自身に適切な判断を促すことが不可欠である。そのためには、人間社会が水害に対してどのような判断基準を持っているかを理解する必要がある。道頭ら¹⁾は、強化学習を用いて繰り返し水害を経験し、人間が避難判断基準を獲得する様子を再現したモデルを開発した。モデル上では、避難者は最寄りの河川水位を参照して避難するか否かを判断する。今回はこのモデルを用い、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60分前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

本研究の対象地域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、実際に水害を経験した人間社会における判断基準を模していると考えられる。

「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。避難を選択するか洪水ピーク時刻になったらこの過程を終了する。

「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、経路の浸水に出くわさず避難所へ避難し、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

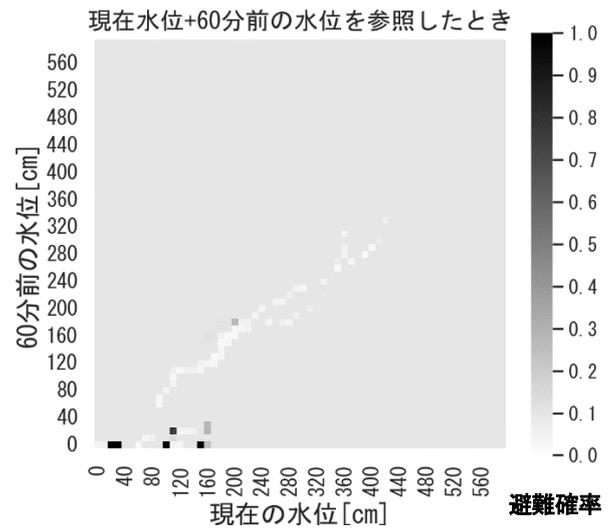
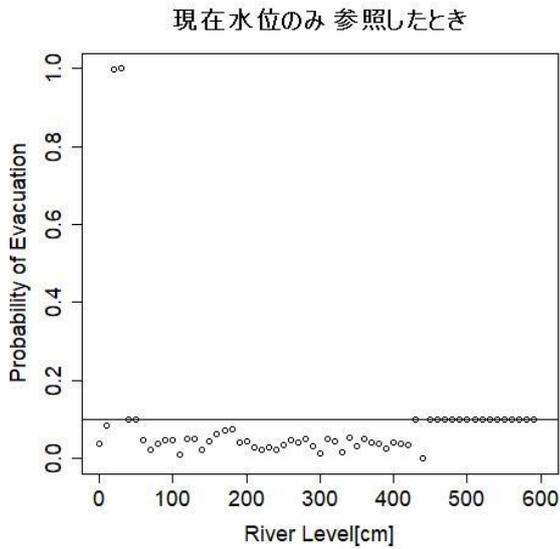
リオであった（空振り）ときには負の報酬を与える。

「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ことに現れている。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。

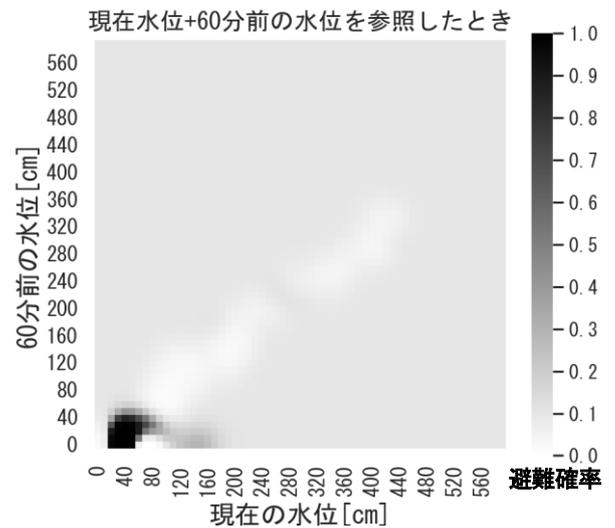
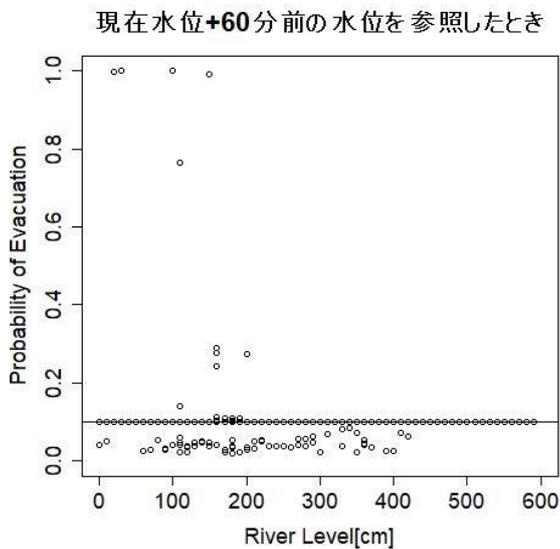
3. 結果・考察

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以上の避難確率がいずれも初期値の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高く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。

一方で、モデルの問題点も見られる。図2(a)は過去水位も用いたケースにおける、水位の組み合わせ別の避難確率のヒートマップである。ほとんどの組み合わせにおいて、避難確率が初期値の0.1のままになっていて、実際の人間の判断基準を忠実に表しているとはいえない。これは、与えられたシナリオでは経験できない水位の組み合わせは学習できないことを示している。しかし、人間は経験した組み合わせから得られた学習を類似の組み合わせに応用することができる。例えば、60分前



(a) 補完なし



(b) 補完あり

図1 獲得された避難判断基準

図2 過去水位使用時の避難確率のヒートマップ

100cm・現在 150cm のときにとるべき行動を学習すれば、その結果を 60 分前 90cm・現在 140cm などの状況にも用いると考えられる。

そこで、ヒートマップ上のユークリッド距離に応じ、経験と類似する水位の組み合わせに経験を補完させる仕組みを導入した (図 2(b))。これにより、避難確率が初期値から変化した水位の組み合わせは著しく増えた。しかし、過去・現在ともに水位が 50cm 未満であるにもかかわらず避難確率が高くなるなどの人間らしからぬ挙動を取り除くには至らなかった。この問題を解決するには、インプットする洪水シナリオの種類を現行 (5 種類) よりも増やす必要があると思われる。

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、モデルには実際の人間の被害経験を十分に再現できていない箇所も見られる。そのため、多様な洪水シナリオを避難行動モデルに取り入れることが今後の課題となる。

【参考文献】

- 1) 道頭理緒奈・堀智晴：被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.

4. 結論

被害を繰り返し学習する避難行動モデルを用いた結