

# 要配慮者の警戒・避難判断支援のための 中小河川水位のAI予測システムの開発

山口大学大学院 教授 赤松良久

気候変動に起因した集中豪雨による河川氾濫が頻発する今日、流域面積の小さい中小河川流域では河川水位の急激な上昇・氾濫により、避難の遅れがより一層懸念される。本研究では、近年大きな注目を集めている深層学習を用いてリアルタイムで観測された雨量・水位データを入力とした河川水位予測モデルを開発し、山口県二級水系の厚東川流域を対象に精度検証を実施した。さらに、近年の水害被災地である16県の浸水想定区域内に立地する老人介護福祉施設を対象に垂直避難時間に関するアンケートを昼・夜間別で実施した。その結果、深層学習を用いた河川水位予測により3時間先の流域内多地点における高精度な予測が可能であり、垂直避難時間に関するアンケート結果は昼間に比べて夜間の垂直避難時間は長くなるものの、最大で2時間程度であったため、本研究で構築したモデルにより早期の警戒・避難を促すことができる可能性が示された。

**Key Words** :洪水予測, 要配慮者施設, 避難, 中小河川, AI, 深層学習, アンケート

## 1. はじめに

気候変動に伴った集中豪雨による河川氾濫が頻発する今日、流域面積の小さい中小河川では河川水位の急激な上昇・氾濫により、逃げ遅れによる人的被害がより一層懸念される。こうした現状を踏まえると、リアルタイムで即時的かつ高精度に河川水位を予測するシステムが必要不可欠である。

本研究では、近年大きな注目を集めているAI技術の一つであるディープラーニングを用いて流域内多地点における3時間先の水位を予測するAI水位予測システムを開発し、山口県厚東川流域へ適用した。さらに、近年の水害被災地域の老人介護福祉施設における垂直避難に要した時間に関するアンケートも実施することで、AI河川水位予測モデルの実河川適用に対する有用性について検討した。

## 2. 研究方法

AI水位予測システムの精度検証は、山口県二級水系の厚東川流域(流域面積:405km<sup>2</sup>, 幹川流路延長:59.9km)における信高橋, 綾木, 岩永, 木田橋水位観測所を対象とした。河川水位予測モデルの概念図を図-1に示す。まず、フェーズ1でブラウザからリアルタイムの雨量, 水位を逐一取得する。そして、フェーズ2で事前学習済みのAI水位予測モデルに入力し、フェーズ3では3時間先の流域内多地点の水位が瞬時に同時出力される。AI水位予測モデルには、時系列データの学習・処理能力に優れるLSTMを中間層に2層配置した再帰型ニューラルネットワークを適

用した。なお、2層のLSTMブロックの間には過学習を抑制するための手法であるDropoutを適用している。本研究では、入力層には過去72時間前から現在までに観測された雨量・水位データを配置し、3時間先の流域内多地点における水位を同時予測する。検討には、2006年から2018年における実測雨量, 水位のデータを使用した。雨量データは時間雨量(mm/h), 水位データは1時間毎の水位(cm)を使用した。なお、検証は入出力データの関係性を学習させるための学習期間と、水位予測モデルの精度検証を行うための検証期間に分かれる。学習期間は2006年から2017年の約11年間とし、検証期間は厚東川流域で増水が見られた平成30年7月豪雨に相当する期間(2018/6/28 0:00~7/14 0:00)とした。

介護老人福祉施設を対象としたアンケートでは、平成30年7月豪雨(西日本豪雨)や令和2年7月豪雨等、近年の水害被災地である16県の浸水想定区域内に立地する老人介護福祉施設を対象にアンケート調査を実施した。

## 3. 得られた成果

### (1) 深層学習を用いた河川水位予測

AI水位予測により算出された岩永水位観測所, 木田橋水位観測所における3時間先の結果を図-2に示す。まず、ピーク水位の値の再現性について、岩永水位観測所は実測値を非常に良好に捉えている。下流域に位置している木田橋水位観測所については、若干の過小評価傾向は示しているものの、実測値を良好に捉えており、ピーク水位の再現性は高

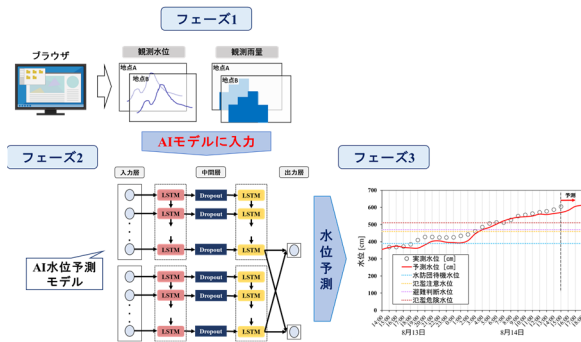


図-1 AI水位予測システムの概念図

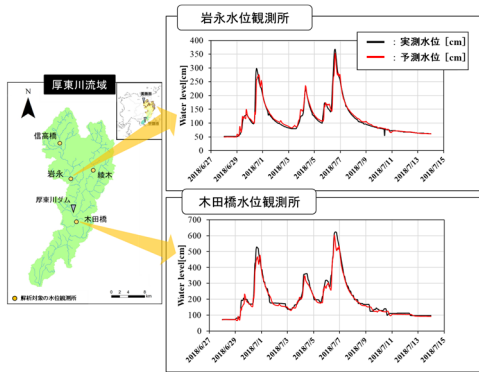


図-2 岩永、木田橋水位観測所の計算結果

精度であることが示された。ハイドログラフの立ち上がり時および低減時についても、岩永水位観測所、木田橋水位観測所ともに非常に良好に捉えている。予測精度について定量的に示すために、ハイドログラフ全体の再現性を表す指標のNash-Sutcliffe係数(以下、Nash係数)、実測ピーク水位に対する計算ピーク水位の誤差率 $J_{pe}$ (%)、ピーク水位生起の遅れ時間TE(h)を流域内の各水位観測所で算出した。なお、Nash係数は1.0に値が近いほど精度が良好であり、0.7以上でハイドログラフの再現性は良好であると判断される。各指標を水位観測所別で算出したものを表-1に示す。まず、Nash係数は流域内の全ての水位観測所で0.7を上回っており、流域一体としてハイドログラフ全体の再現性は高い。また、 $J_{pe}$ について、ほとんどの観測所で絶対値が10(%)を下回っているものの、最上流の信高橋水位観測所については25.31(%)と他の地点に比べると過小評価傾向を示した。さらに、TEについて、信高橋水位観測所は2(h)と、上流域の水位観測所におけるTEの値が特に大きい傾向が見られた。 $J_{pe}$ とTEの値より、上流域の観測所についてはピーク水位の再現性が課題であることが明らかになった。これは、上流域では洪水到達時間が短く水位の上昇が比較的短時間に生じるため、立ち上がりをうまく捉えきれなかったためであると推察される。

## (2) アンケート結果の集計

平成30年7月豪雨(西日本豪雨)や令和2年7月豪雨等、近年の水害被災地である16県の浸水想定区域内に立地する老人介護福祉施設を対象にアンケート調査を実施した。郵送配布・郵送回収で行い、

表-1 深層学習モデルの予測精度定量評価

	Nash	Jpe(%)	TE(h)
信高橋	0.88	25.31	2.00
綾木	0.93	-5.17	1.00
岩永	0.96	8.99	0.00
木田橋	0.93	2.22	-1.00

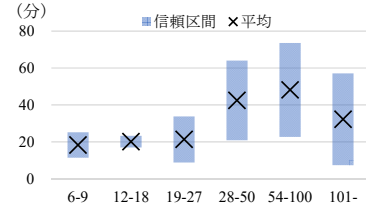


図-3 入居定員別垂直避難時間(昼)

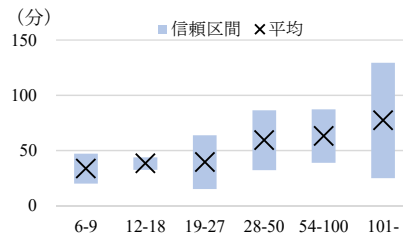


図-4 入居定員別垂直避難時間(夜)

306通の回答を得た。回収率は24%である。

これら施設の多くは入居者の健康リスクに鑑み、垂直避難を予定している施設が多い。ここでは垂直避難に必要な時間を施設規模別に集計した結果について、昼間を図-3、夜間を図-4に示す。昼間は3ユニット(27名)まででは20~30分程度で避難できると回答しているが、それより大きな施設の場合は1時間を超えるところもある。また、令和2年7月豪雨の際に実際に垂直避難した施設(いずれも18名以下)での平均避難時間は29分であったことより、妥当な結果が得られていると考えられる。さらに、夜間になると、昼間の2倍程度の時間を要することが分かる。この理由は、昼間はスタッフ1名に対して入居者3名程度で対応しているが、夜間は約3倍になっていることが影響していると考えられる。

## 4. まとめ

本研究では、AI河川水位予測システムを構築し、山口県厚東川流域を対象に精度検証を行い、近年の水害被災地である16県の浸水想定区域内に立地する老人介護福祉施設を対象に垂直避難時間のアンケートも実施した。その結果、AI河川水位予測モデルは上流域の観測所におけるピーク水位の再現性は課題だが、流域全体としてみると3時間先の高精度な水位予測が可能であることが示された。垂直避難時間に関するアンケート結果は昼間に比べて夜間の垂直避難時間は長くなるものの、最大で2時間程度であったため、本研究で構築したAI水位予測モデルにより早期の警戒・避難を促すことができる可能性が示された。