

2015 年 9 月 鬼怒川氾濫事例を対象とした簡便な水位予測手法の提案

苫小牧工業高等専門学校 学生会員 ○渡邊 育
苫小牧工業高等専門学校 正会員 八田 茂実
苫小牧工業高等専門学校 正会員 谷口 陽子

1. はじめに

近年, 日本では地球温暖化の影響により, 大規模な水害が各地で多発している. 水害を事前に予測し被害を軽減させるためには, 水防活動, 住民の避難等といった防災・減災対策に要する時間(リードタイム, 以下, LT と称す)の延長が望まれている. そのためには河川水位の予測が必要であるが, 流出モデルによる方法はモデルパラメータの決定が容易ではなく実用が難しい現状がある.

そこで, 本研究では実測値である当該時刻から ΔT 時間前の対象地点の上流水位を説明変数とし, 目的変数である対象地点の水位との相関関係を用いて, 水位予測を行う. これを水位相関法という. 相関関係を調べる手法として, 説明変数の寄与度を算定できる機械学習法の一つである Random Forest 法(以下, RF 法)を用いても水位予測を行っていく. 以上の二つの手法から LT の延長を試みる.

2. 研究方法

2.1 対象地点と対象事例

本研究では, 2015 年 9 月 10 日に関東東北豪雨の影響で氾濫が起きた鬼怒川に着目した. この氾濫により最初に洪水が発生した茨城県常総市は, その面積の約 3 分の 1 が浸水してしまった. 多くの住宅が全壊や大規模半壊し, 災害関連死と認められた 12 人を含む 14 人が亡くなる甚大な被害を出した. そこで, 対象河川を鬼怒川に定め, 2015 年 9 月の水害を対象事例とした. 対象地点は氾濫被害を受けた茨城県常総市の水位観測所である鬼怒川水海道とした. 学習事例は, 対象事例を除いた夏季(6 月から 10 月の間)における歴代ピーク水位上位 6 事例を選定した. 説明変数の選定は対象地点である鬼怒川水海道地点より上流にある 7 ヶ所の水位観測所とした. 説明変数は当該時刻より 3h から 24h 前の実測値とした.

2.2 水位相関法による水位予測手法

水位相関法とは, 対象事例である鬼怒川水海道の当該時刻の観測水位とその ΔT 時間前の各観測地点の水位を調べ, 最も相関の強い観測地点より回帰式を作成する手法である. 長所として, 回帰式であるため手作業でも簡便に水位予測ができること, 実測値を使用するためデータの不確実性を考慮する必要がないことがあげられる. LT は一般的に 3h 確保することを目標としているが, 本研究ではさらに LT を 12h まで延長することを試みた. 水位相関法については大塚ら¹⁾がより詳しく述べている.

2.3 RF 法による水位予測手法

RF 法とは, 多数の決定木を組み合わせることで性能を高める機械学習の手法の一つである. RF 法の特徴として水位予測だけではなく, 出力結果に対しての各説明変数の寄与度が算出できるという点がある. 算出された寄与度から相関の強い観測地点を定め, 前述した水位相関法と組み合わせ水位予測を行っていく. RF 法については岡崎ら²⁾がより詳しい.

3. 結果と考察

3.1 RF 法の水位予測結果と寄与度算出結果

RF 法より求めた水位予測結果を図-1 に, 算出された各 LT の寄与度を表-1 に示す. 図-1 より RF 法より求めた水位はピーク水位がある一定の値で横ばいとなっている. これは, 学習させた事例のピーク水位よりも, 対象事例のピーク水位の方が高く, RF 法では観測値と比べピーク水位が低い結果となったと考えられる.

3.2 水位相関法による水位予測結果と考察

表-1 に示す寄与度より, 各 LT で単回帰式を作成し水位予測を行った. その単回帰式を表-2 に, 水位予測結果を図-2 に示すが, 対象地点の観測値と予測値のハイドログラフの立ち上がり計算が一致してお

キーワード 鬼怒川, 水位相関法, RF 法

連絡先 〒059-1275 苫小牧市字錦岡 443 番地

り、ピーク水位が安全側に評価していることが分かる。さらに LT を延長しても LT12h まで精度の高い結果を得ることができた。また、表-2 に示す各回帰式を学習事例である他 6 事例に適用し同じく水位予測を行ったところ、いずれも精度の高い予測結果であったことから、この回帰式の汎用性も確かめられた。LT を 12h まで延長することで、夜中に発生する洪水などを半日前に知ることが出来る他、作成した単回帰式は実測値を用いて誰でも簡便に使用することが出来る。そのため、特別な知識や技術が必要ないという利点がある。

3.3 鬼怒川水位予測における重要観測地点の考察

さらに LT を延長するため、LT4h のときに用いた

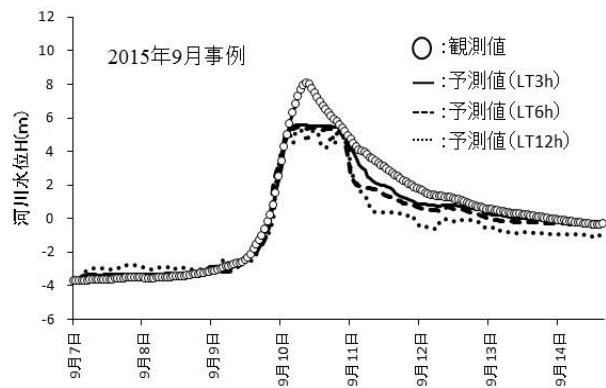


図-1 RF 法による水海道水位予測結果

表-1 水海道地点での各 LT の寄与度の割合

	LT=3h	LT=6h	LT=12h
1 鎌庭(t-4)	48%	川島(t-6) 76%	佐貫下(t-12) 51%
2 鎌庭(t-3)	39%	川島(t-7) 6%	佐貫下(t-13) 20%
3 川島(t-4)	3%	小佐越(t-6) 5%	小佐越(t-12) 9%

表-2 水海道地点での各 LT の回帰式

LT	使用した説明変数	回帰式
4h	鎌庭地点LT4h	$H_{\text{水海道}}(t) = 1.939173H_{\text{鎌庭}}(t-4) - 1.24921$
6h	川島地点LT6h	$H_{\text{水海道}}(t) = 1.332634H_{\text{川島}}(t-6) + 1.600118$
12h	佐貫下地点LT12h	$H_{\text{水海道}}(t) = 2.208238H_{\text{佐貫下}}(t-12) + 2.580209$

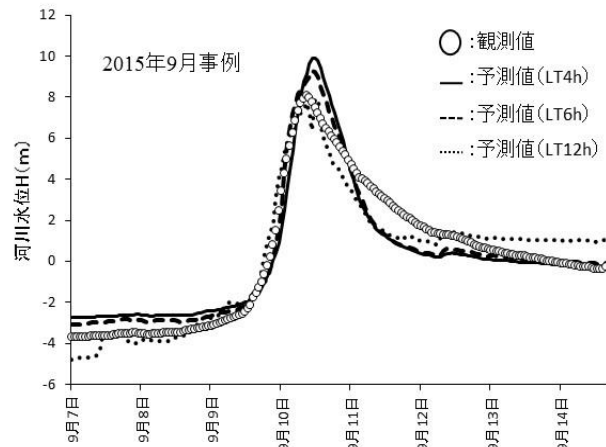


図-2 水位相関法による水海道水位予測結果

説明変数である鎌庭地点、LT6h のときに用いた川島地点を予測することを試みた。各地点に対する寄与度を表-3 に示す。それらの寄与度の高い地点と、表-1 に示す水海道地点での寄与度の高い地点を比較したところ、目的としていた LT の延長は出来なかったが、水海道地点に対して相関の高い観測地点同士も、高い相関が見られることが分かった。水位相関法の結果も合わせて、それぞれの対象地点に対する LT 及び距離を図-3 に示す。それと同時に、この結果は、水位相関法では上流水位の波形に大きく依存すると考えられるため、LT の延長にも限界があることを示している。今後は、水位データだけでなく、降雨データや土壌水分量などの要素も取り入れる必要がある。

4. まとめ

本研究より、鬼怒川において重要地点の水海道水位は、簡便な単回帰式で LT12h まで保てることが分かった。また、その水海道水位予測には佐貫（下）地点、川島地点、鎌庭地点の 3 地点の観測結果が重要であると同時に、LT を延長するためには他の気象要素も説明変数に組み込む必要があると考える。

参考文献

- 1) 大塚康平, 中津川誠, 谷口陽子: 釧路川を対象とした洪水流出再現精度向上の研究, 土木学会北海道支部, 論文報告集, 第 72 号.
- 2) 岡崎亮太, 中津川誠, 小林洋介, 谷口陽子: 機械学習手法に基づく 2016 年 8 月の常呂川連続洪水を対象とした水位予測の研究, 土木学会論文集 B1, Vol.74, No.4, I_1458-I_1464, 2018.

表-3 鎌庭地点及び川島地点の寄与度の割合

	鎌庭(t-4)	川島(t-6)
1	川島(t-7) 51%	佐貫下(t-13) 42%
2	川島(t-6) 40%	佐貫下(t-12) 20%
3	鎌庭(t-6) 2%	佐貫下(t-14) 15%

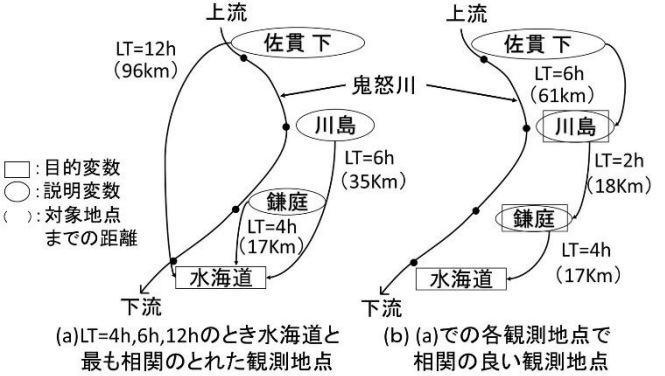


図-3 対象地点とそれに対して相関の高い観測地点