

機械学習を援用した実効雨量に基づく河川水位予測モデルの構築

香川大学 学生会員 ○高橋良輔 香川大学大学院 正会員 角野拓真
香川大学 正会員 岡崎慎一郎 梶谷義雄 石塚正秀

1. はじめに

近年、極端豪雨により激甚化する豪雨災害の一つとして、局所洗掘による橋脚の損傷やそれに伴う落橋等が各地で頻発している。この種の災害は、復旧までに時間を要するため、交通ネットワークに障害をもたらし、人々の日常生活に多大な影響を与えることとなる。橋脚周りの局所洗掘に対する維持管理を行う上で重要なパラメータの一つとして、河川水位が挙げられる。リアルタイムに変動する気象情報から将来的な河川水位を予測することが出来れば、降雨状況に応じた橋梁の使用制限や避難経路の確保をより合理的に実施可能となる。

そこで、本研究では、機械学習の一つであるサポートベクター回帰を援用し、実雨量から算定した実効雨量を説明変数とすることで、雨量情報から河川水位を予測するモデルを提案する。

2. 研究方法

多変量の非線形回帰問題に適している機械学習アルゴリズムの一つである、サポートベクター回帰（以降、SVR）を援用し、河川水位予測モデルの構築を行う。目的変数を平成30年7月の1ヵ月間に観測された河川X（流域面積155.5km²）の将来的な河川水位とし、対象河川の集水域で数時間前に観測された時雨量から求めた実効雨量¹⁾を説明変数とした。

ここで、実効雨量とは、土砂災害の発生に及ぼす過去の降雨の影響を時間経過とともに減少させて計算したものである。実効雨量と河川水位との関係を図1に示す。相関係数 r は0.771であり、強い正の相関がある。両者の関係は概ね線形であるものの、非線形な部分は豪雨により河川水位が著しく上昇している箇所であることが確認できる。

既往研究²⁾における河川水位予測モデルに用いる説明変数は、河川水位を含んでいることが一般的である。一方で、河川水位を説明変数とした場合、水位計の常設が必要となり、多大なコストが必用となる。そこで、雨量情報のみで河川水位予測を行えないかと考え、時雨量から算出することができる実効雨量に着目した。

河川水位予測を行うにあたっては、説明変数を適切に設定することが重要になる。表1に示すように、説明変数となる実効雨量範囲を変動させたケースを設定し、検討を行うこととした。

3. 研究結果

河川水位の予測結果を表2に示す。予測精度が最も高くなったケースは、半減期を24時間として算定した実効雨量のうち、予測したい時刻の5時間前から12時間前を説明変数としたCase3であった。その水位予測結果の時刻歴を図2に示す。予測結果に着目すると、河川水位の連続性を概ね再現できており、決定係数は0.927となった。さらに、河川水位の最大値に着目すると、実測値（最大）3.48mに対して、予測値（最大）は3.43mであり、予測誤差が0.05mであることから、実務で活用することを想定しても、十分な精度を有していることが確認できた。

構築した河川水位予測モデルが他河川に適用可能かどうかを検討するために、河川Y（流域面積113.2km²）と河川Z（流域面積60.2km²）へ適用した結果をそれぞれ図3、図4に示す。なお、目的変数の範囲や説明変数

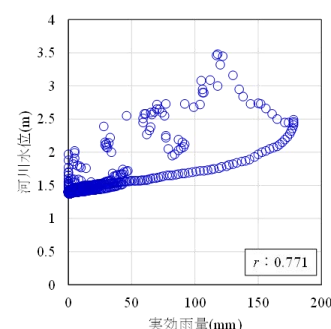


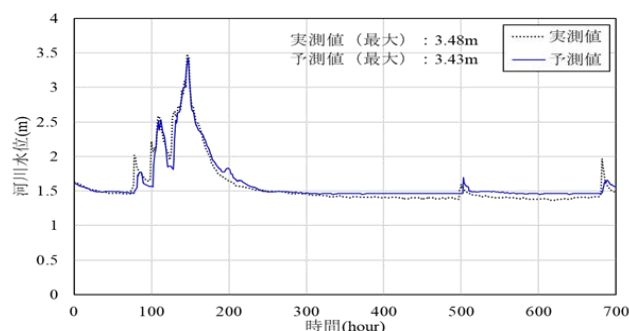
図1 実効雨量と河川水位の関係

表1 検討ケース

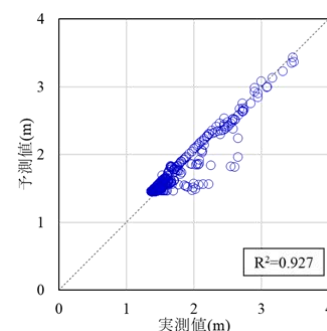
Case	説明変数	
	実効雨量	半減期
Case1	-5,-6,-7,-8,-9,-10	24
Case2	-5,-6,-7,-8,-9,-10,-11	
Case3	-5,-6,-7,-8,-9,-10,-11,-12	

表2 水位予測結果

Case	予測値（最大）	決定係数
Case1	3.42m	0.917
Case2	3.45m	0.923
Case3	3.43m	0.927



(a) 時刻歴



(b) 予測値と実測値の関係

図2 水位予測結果 (Case3)

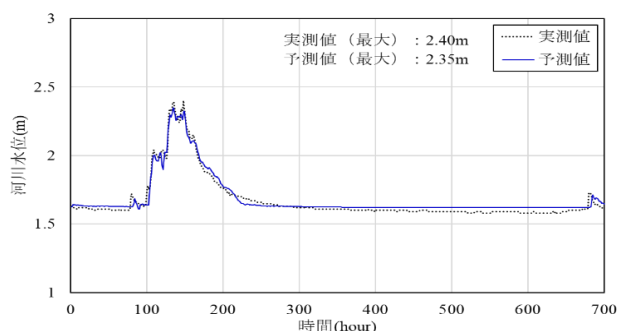


図3 水位予測結果の時刻歴 (河川 Y)

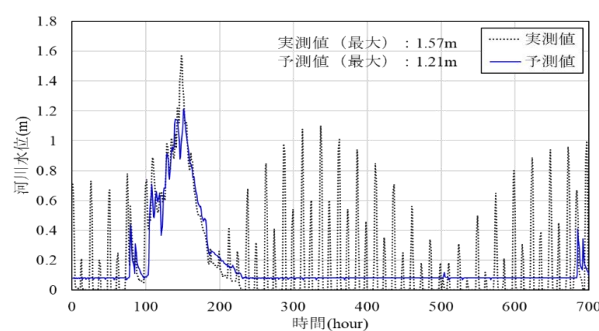


図4 水位予測結果の時刻歴 (河川 Z)

は、Case3と同様とした。河川 Y は、河川水位の変動を概ね再現できており、決定係数は 0.973 となった。また、最大値の予測誤差は 0.05m であり、実務で活用する上で、十分な精度で予測できていることが分かる。

一方で、河川 Z は、水位観測地点が河口付近（河口から約 0.6 km 上流方）に位置していることから、潮の満ち引きの影響を受けるため、予測精度が低く、決定係数は 0.450 となった。また、最大値の予測誤差に着目すると、0.36m であり、河川 X や河川 Y の結果と比較して、予測精度が低下することが分かった。

これらより、提案した河川水位予測モデルは、河川 X や河川 Y のように河川水位がなだらかに変動する箇所において、十分な精度で河川水位を予測することが可能であることが分かった。一方で、河川 Z のように河川水位が潮位の影響を受ける箇所においては、説明変数に潮位を加えた検討を行う必要であることが分かった。

4. まとめ

本研究では、機械学習アルゴリズムの一つである SVR を援用し、実効雨量を説明変数とすることで、雨量情報のみで河川水位が予測可能であることを示した。なお、説明変数は、半減期を 24 時間として算定した実効雨量のうち、予測したい時刻の 5 時間前から 12 時間前を説明変数として設定することとした。

提案した河川水位予測モデルは、河川 X や河川 Y のように河川水位がなだらかに変動する箇所において、十分な精度で河川水位を予測することが可能であることが分かった。一方で、河川 Z のように河川水位が潮位の影響を受ける箇所においては、説明変数に潮位を加えた検討を行う必要であることが分かった。今後は、河川 Z と同条件の河川を対象に検討を行い、潮位の影響を受ける河川水位予測に関する検討を深度化する予定である。

謝辞

本研究は、内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム「防災・減災機能強化」（代表・金田義行）により実施された。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 本田尚正：土石流発生基準としての実効雨量における半減期の設定に関する一考察，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.73, No.4, pp.I_247-I_252, 2017
- 2) 一言正之，桜庭雅明：深層ニューラルネットワークと分布型モデルを組み合わせたハイブリッド河川水位予測手法，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.73, No.1, pp.22-33, 2017