

流出解析を行わない洪水時水位予測システムの吉野川への適用について

四国地方整備局徳島河川国道事務所 正会員 ○宮藤 秀之
(株)構造計画研究所 正会員 熊井 暖陽

1. 目的

近年、台風等による水災害が激甚化しており、豪雨の発生、河川水位の上昇に伴い自治体が避難勧告、避難指示を発令する機会も多くなっている。また、テレビなどの報道機関や地域住民からも水害被害の軽減や避難判断に資する水位予測情報など情報提供に対する関心が高まっている。本考察は、従来の手法とは異なり、流出解析を行わず、上流域の雨量、水位から直接洪水時の水位を予測するシステムを吉野川において構築し、洪水時の水位予測を行い、その適応性と課題について検討するものである。

2. 吉野川の特徴

吉野川は、四国4県にまたがる流域面積 3,750km²、幹線流路延長 194km の1級河川である。また、基準地点岩津における基本高水流量 24,000m³/s、計画高水流量 18,000m³/s はともに日本最大であり、近年においても平成16年に戦後最大流量を記録する洪水被害に見舞われるなど、利根川、筑後川と並んで日本の三大暴れ川の一つであり、四国三郎として知られている。

基準地点の岩津は狭窄部となっており洪水時の表面流速は 10m³/s にも達し測定が困難であるとともに、河床変動に伴う河道断面の変化が著しく、正確な流量観測について課題を有する地点である。

3. 従来の洪水時水位予測システムの有する課題

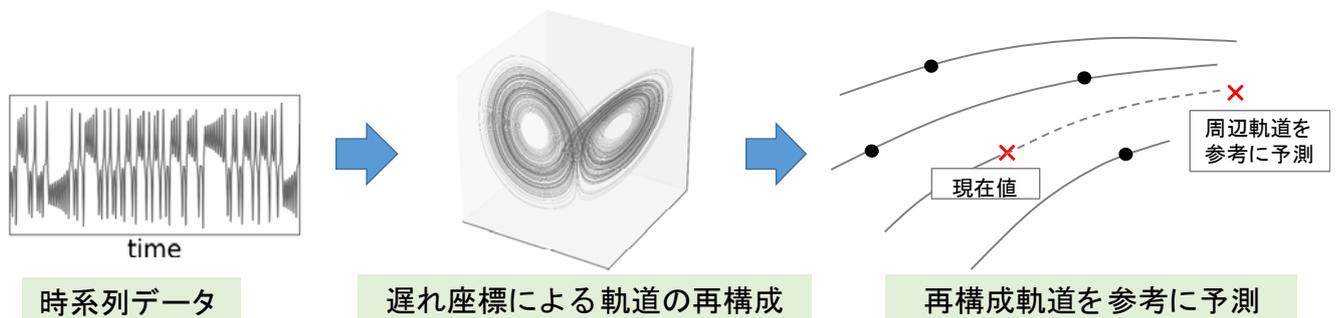
流域に降った雨は地中に浸透し、または地表を流下して河川に集まり、河川流量となって河川を流下し、河川水位となって現れる。従来の洪水時の水位予測には流出解析が用いられている。流出解析とは流域の降雨をある地点における流量に変換するシステムであり、実績降雨や予測降雨を入力し、計算された流量を水位に変換することにより水位を予測する。この手法にはいくつかの課題があり、例えば H-Q 式 (水位と流量の相関式) 作成に当たっては、以下のような誤差が生じる可能性がある。

1) 流速観測の誤差、2) 河川横断面測量の誤差、3) H-Q 図のループによる誤差

これらの誤差は様々な研究によって改善を図る試みがされているが、未だ解消できていない状況にある。

4. システムの概要と特徴

力学系理論を用いた洪水時の水位予測システム (以下本システム) とは、降雨流出過程を決定論的に決まる複雑なシステムとみなし、過去の雨量、水位の観測値から、力学系理論に基づいて時間遅れ座標を用いて元システムの軌道を再構成し、再構成した軌道をもとに、予測時点の座標に近い軌道をたどると想定して短時間 (最大6時間先) の河川水位を予測するものである。この考え方の基礎となっているのは Takens の埋め込み定理 [1] といわれるものであり、軌道の再構成についての考え方を図示すると下図のとおりとなる。



このシステムを言い換えると、ある時点の水位観測値に対して、その地点が水位上昇期か下降期か、また上流の水位、降雨の履歴 (6時間後までの降雨含む) によって異なる座標を有するものとし、当該地点及び上流の水位、降雨の履歴に近い状況を過去のデータから学習して水位変化を予測するシステム、とも表現できよう。

従来の洪水予測手法と比較すると、流出解析を行わないことから、さきほど述べた誤差等の影響を受けないという利点がある一方、学習時点と予測時点において、流域の開発や土地利用、河川敷における樹木の繁茂状

キーワード 吉野川、流出解析を行わない水位予測、流量観測の誤差、リアルタイム洪水予測

連絡先 〒770-803 徳島県徳島市上吉野町 3-35 徳島河川国道事務所 TEL088-654-2111

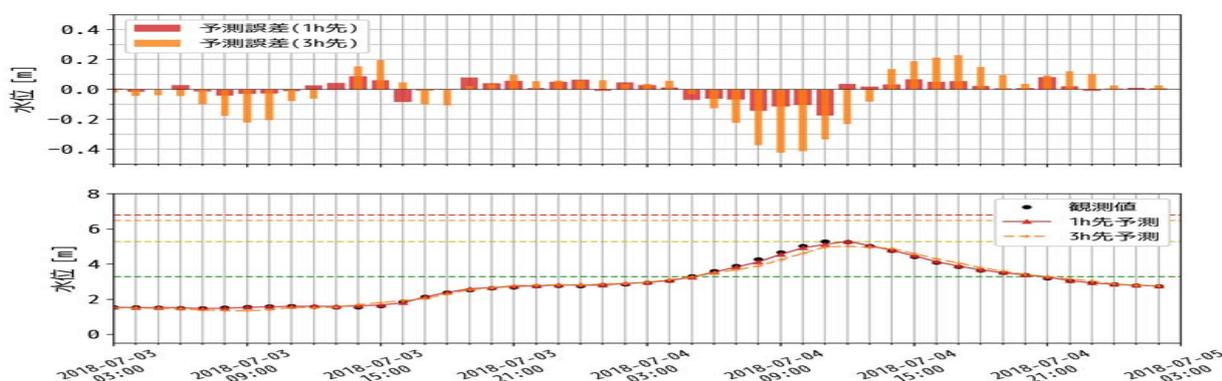
況、改修による河道断面などが大きく変化している場合、予測の信頼度が落ちることとなる。

5. 吉野川における洪水予測システムの概要と再現結果

上記のとおり吉野川岩津地点には流量観測上の課題があることから、本システムの吉野川での適用性を検討するため、洪水予測の再現性を確認した。岩津地点水位の洪水予測を行うシステムの学習には岩津地点水位以外に、池田地点、祖谷口地点、豊永地点の時刻水位、気象庁1kmメッシュ解析雨量データを用いて岩津地点上流域（流域面積約2800km²）に11区画（約10km四方）の雨量地点を設定した。学習にはメッシュ解析雨量データの存在する平成18年以降とし、岩津地点の水防団待機水位（3.3m）を超えた13事例を用いた。

水位、雨量の参照地点の組み合わせ、また観測データのフィルタリング処理や、遅れ座標などを組み合わせていろいろな軌道を再構成して予測モデルを作成し、それらの複数の予測モデルの結果を統合して予測結果としている。複数の予測モデル結果を統合していることから予測の幅を持って示すことも可能である。

このモデルを用いて検証を行った結果を示す。平成30年7月に発生した降雨、水位のデータを入力し、また当該時点から3時間先までのメッシュ降雨データ（実測）を用いて1時間後及び3時間後の洪水予測を行い、実績水位との誤差を整理しその再現性を検証した。その結果は一定程度の再現性を有しているといえる。



6. 今後の課題と進め方

以上のとおり、本システムによる洪水予測は吉野川に適用できると考えられるが、以下のような課題があることも認識すべきである。

本システムのような流出解析を行わず、上流域の雨量、水位データから直接水位を予測する手法については、その性質上、過去の軌道をもとに最大6時間程度先の軌道を予測するものであることから、24時間先、48時間先といった長期間にわたる予測には不向きであること、物理的説明が容易な流出解析による予測に比較すると説明性に劣ることから、実現象として起きていない超過洪水現象の計算や、ダム、遊水地による洪水調節を検討する必要がある場合、例えば百年に一度の割合で発生する2日間の流域の降雨による流出を想定して流量を算出し、ダムと河道の配分などを決定し、施設計画を策定するような河川計画に用いることは難しい。

また、流域の開発、河川敷上の樹木の繁茂、築堤の進捗、掘削に伴う河道断面の変化等による流出、流下形態の変化には対応できないため、学習に用いるデータはそのような変化の少ない近年のものが望ましい。

吉野川流域には早明浦ダム、富郷ダムなどの洪水調節を目的としたダムがあり、それらのダムによる異常洪水時防災操作などの人為的な流量の急激な変化については予測が困難となる可能性がある。

一方、流域、河道の状況が一定とみなすことができれば少数の洪水のデータにより予測が可能であり、学習する洪水を追加することによりさらに精度が上がるのが想定される。

なお、現行の河川砂防技術基準調査編では、本システムのような洪水予測手法は例示されていない。

今後、吉野川においては、平成30年に新たに発生した洪水データを用いてシステムを再度構築したうえで、予測地点を増やし、また幅を持って予測を示すなど引き続きシステムの改良を進めることが必要と考えており、自治体、流域住民の避難行動等の参考とするため、予測データをリアルタイムで公表できるようにするなど洪水時の情報提供の充実に努めていきたい。

なお、本システムの構築にあたり株式会社構造計画研究所のご協力をいただいた。記して謝意を表す。

[1]F. Takens, "Detecting strange attractors in turbulence," Lect. Notes Math., vol. 898, pp. 366–381, 1981