

中小河川を対象とした水位予測システムの開発

株式会社 北海道気象技術センター 正会員 ○鶴巻 亮一

株式会社 北海道気象技術センター 正会員 松岡 直基

北海道大学工学研究院 土木工学部門 社会基盤マネジメント 正会員 山田 朋人

1. 背景と目的

近年、日本全国で極端現象が頻発・激甚化し、毎年各地で洪水被害が発生している。国は2023年、洪水予報のあり方を変え、気象業務法及び水防法の一部を改正し、2024年から民間事業者による洪水予報が可能となった。国等による予測も高度化され、分布型流出モデルはRRI (Rainfall-Runoff-Inundation) モデル (Sayama et al., 2012) に変更される。また新たに、都道府県知事の求めに応じ、国指定河川の水位を予測する過程で取得された水位周知河川の予測情報の提供が可能となった。とくに、近年猛威を振るっている中小河川の予測情報を手にできれば、洪水リスクの低減に大きく貢献するだろう。しかし、とりわけ流出の速い河川の水位予測には高度の技術力を要するため、必ず所望地点の予測情報を手にできるかは不明である。また、RRIモデルを含む分布型流出モデルでは高空間解像度の計算はできるが、計算量が桁違いに膨大なためハイスペックの計算機が必要とされ、システム開発や運用、維持、保守にかかる費用面で課題が残る。

本発表では、中小河川を主な対象とした低コストで高精度の水位予測情報を提供することを目的とし、株式会社北海道気象技術センター (HowTecc) が開発した降雨・水位予測システム「HowCast」の紹介を行う。この予測システムでは、7日間先まで予測される水位情報が不確かさをもって提供され、データ同化技術として非線形モデルに適用できる粒子フィルタを採用し予測精度の向上を図った。

2. 7日間先まで水位を予測するシステム

2.1. 降雨・水位予測システム「HowCast」の概要

図1にHowCastの概要図を示した。① 流出解析では、観測雨量と予測雨量を入力データとして、集中型のタンクモデルを用いて河川への流出量が推定される。② 水位換算では、予報対象地点において、①の流出量

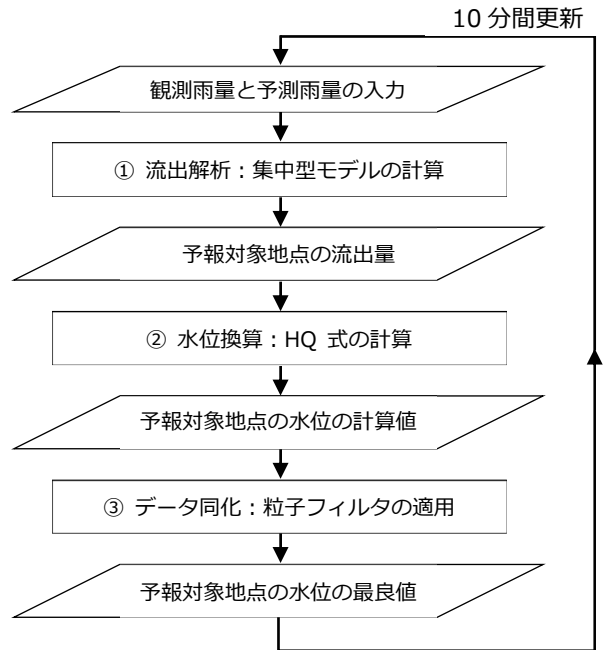


図1. 降雨・水位予測システム「HowCast」の概要。

を河道内での河川流量としてデータ入力し、水位流量関係 (HQ) 式を用いて河川水位が推定される。③ データ同化では、②で計算された水位に対し、同地点の観測水位を基に粒子フィルタによりデータ同化が実施される。入力データの取得から水位予報までの一連のプロセスは10分間隔で繰り返される。

2.2. 中小河川の水位予測を可能とする流出モデル

HowCastで用いられる流出モデルは三段タンクモデルである (e.g., Kanamori et al., 2022)。降雨によりタンクに溜まる貯水高を流域の保水量とみなし、その量に応じて水が河道へ流出されると考えるものである。

三段タンクモデルでは、未知のモデルパラメータが11個存在する (Ishihara & Kobatake, 1979)。これらのパラメータは流域の地質や地形のような状態に依存した固有の値をもつ。HowCastでは、差分進化法 (Storn & Price, 1997) とよばれる機械学習によりあらかじめ、過去に記録した洪水事例について観測水位と計算水位

キーワード・・・水位、流出、粒子フィルタ、中小河川、予測システム、洪水

連絡先・・・〒001-0010 札幌市北区北10条西2丁目13-3

株式会社 北海道気象技術センター TEL 011-708-1111

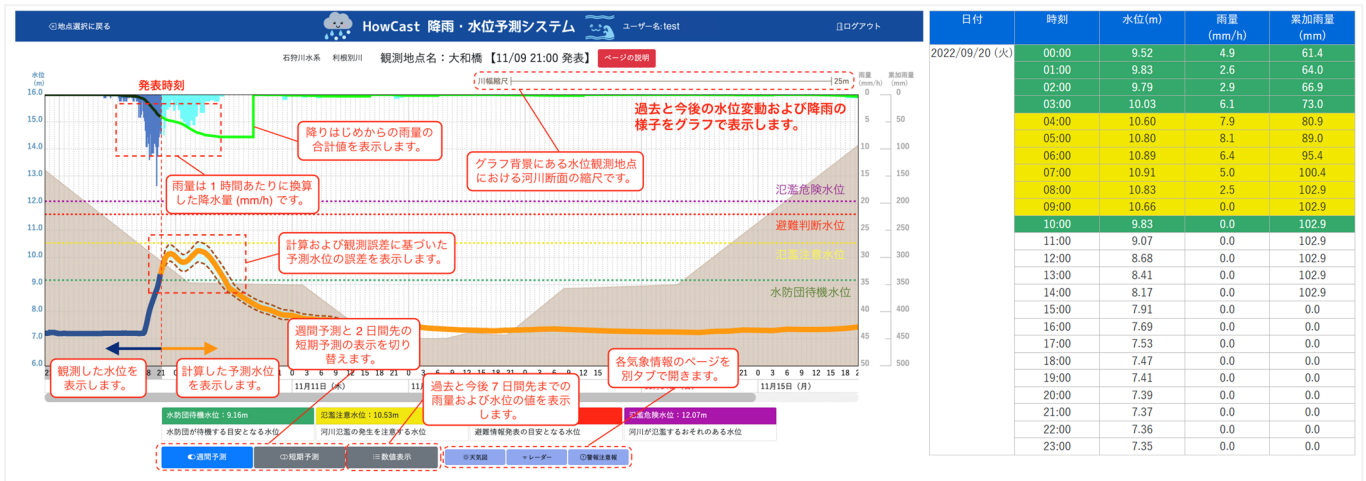


図 2. HowCast の予測事例。左図はパソコンの WEB ブラウザ画面、右図は予測の数値表。

とを比較することで、その誤差が最小となるようなモデルパラメータの値が自動探索される。

2.3. 予測計算に用いる入力雨量データ

入力データは観測雨量および予測雨量である。これらの雨量は、予報対象地点を代表する上流域の平均雨量強度（ここでは、流域平均雨量とよぶ）とする。その計算に用いられる予測雨量データは、気象庁の全球数値予報モデル (GSM)、メソ数値予報モデル (MSM)、局地数値予報モデル (LFM)、高解像度降水ナウキャスト (NOWC)、メソアンサンブル数値予報モデル (MEPS) による出力結果である。また観測雨量は NOWC の実況解析値が用いられる。これらの雨量データから、対象となる河川上流域のメッシュ雨量が抽出され、その値の幾何平均を流域平均雨量とする。

2.4. 粒子フィルタによるデータ同化

HowCast では粒子フィルタ (Gordon et al., 1993) を用いて、現在時刻までの観測水位と計算水位との差を減らすことによってデータ同化が行われる。各粒子の計算水位と観測水位とによって、ガンマ分布を仮定した尤度計算が行われ、尤度に応じてリサンプリングされた各粒子がデータ同化後の計算水位となる。粒子数は 1,000 個、補正対象の状態量は 11 個のモデルパラメータ、3 つのタンク貯水高、観測・予測雨量とする。とくに、MEPS から推定された予測雨量の誤差が計算水位の予測誤差の要因として考慮されている。

3. HowCast が提供する降雨・水位予測情報

HowCast では、降雨・水位の予測情報がグラフと表形式で提供される (図 2)。グラフには予報対象地点における過去と現在 (紺色)、および今後 7 日間先までの

水位と雨量 (時間強度、降りはじめからの累加量) の変動の様子が示され、表にはそれが数値として示される。予測水位は、確率的に計算されたアンサンブル平均が曲線 (橙色) で表され、その不確かさが起こりうる可能な値の範囲 (水色) として示される。

このように、河床変動や流域変化などの影響で不確かさが多い河川環境の中で、データ同化によって洪水ごとに異なる誤差幅をもった水位の予測が行われる。この予報情報は WEB ブラウザを通じてパソコンやスマートフォンから確認でき、いつでも・どこでも・すばやく、過去と現在、今後の水位・雨量変動を把握することができる。

4. 今後の展望

HowCast は 2021 年から約 3 年間、自治体等の河川管理者に情報提供を行ってきた。気象業務法等の改正によって、民間事業者には多様なニーズに応じた「きめ細やかな予報」の提供が期待されている。集中型と分布型の流出モデルは様々な使用条件から評価が決まる。HowCast は計算の速度とコストの観点で、中小流域での水位予測の現実的なあり方として期待できるものとする。

References

- Sayama, T., Ozawa G., Kawakami, T., Nabesaka, S., & Fukami, K., 2012, *Hydrol. Sci. J.*, 57, 298.
 Kanamori, Y., Inatsu, M., Tsurumaki, R., Matsuoka, N., Hoshino, T., & Yamada, T. J., 2022, *SOLA*, 18, 249.
 Ishihara, Y. & Kobatake S., 1979, *Bull. D. P. R. I.*, Kyoto Univ., 29, 27.
 Storn R. & Price, K., 1997, *J. Glob. Optim.*, 11, 341.
 Gordon, N. J., Salmond, D. N., & Smith, A. F. M., 1993, *IEEE Proc.*, 140, 107.