

危機管理型水位計データを活用した河川水位予測

土屋修一・川崎将生

1. はじめに

記録的な豪雨が毎年のように頻発し、それにより各地で水害が発生している。水害による被害軽減を図るために、河川氾濫の発生のおそれがある段階から、住民の避難行動を促す対策を講ずること等が求められている。そのため、河川の実況を把握することに加え、今後の河川の状況変化を予測することは、早期の避難行動や的確な防災活動を行う上で重要な情報となる。

本稿では、河川水位の実況把握や提供情報の高度化の取り組みとして、危機管理型水位計及び水害リスクラインについて概説する。また、予測の精度向上の取組として、危機管理型水位計のデータを水害リスクラインの河川水位予測技術に反映する手法について述べる。

2. 危機管理型水位計

危機管理型水位計とは、革新的河川技術プロジェクト第1弾において開発された洪水時の観測に特化した低コストの水位計である¹⁾。危機管理型水位計は、危機管理に用いることを目的とすることで、洪水時のある一定の水位（以下「基準水位」という。）以上に限定した観測を行うこととしている。汎用技術を活用した機器等の開発と、この目的に特化することで、電力消費量、通信量を抑制し、水位計の導入・運用コストの低廉化を図り、水位計の整備を促進することを目指している。

通常的水位計（以下「通常水位計」という。）は、平常時から洪水時において、常に河川水位の観測を行っている（図-1）。一方で、危機管理型水位計では、基準水位以上となる洪水時に観測を開始し、2～10分間隔で観測した観測値を送信し、基準水位以下の平常時では観測は行われず、1日1回の死活監視の情報を送信している（図-2）。

また、通常水位計は、河川計画の基礎となる流

量・水位の把握を目的に、計画上の基準となる地点に設置されている。一方で、危機管理型水位計は、危機管理に用いることを目的に開発された水位計であることから、人家や重要な施設（要配慮者利用施設・市役所・役場等）の浸水の危険性が高く、避難判断のための水位観測が必要な箇所に設置が進められている¹⁾。

令和2年7月末時点において、危機管理型水位計の設置箇所は約6860カ所（国：2585カ所、自治体：約4275カ所）となっている。

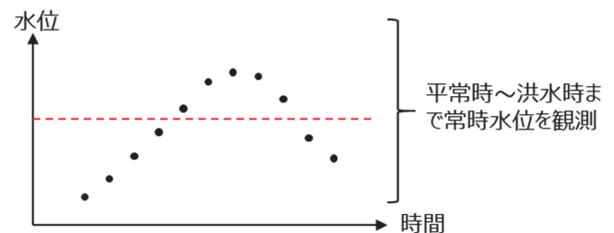


図-1 通常水位計の観測イメージ

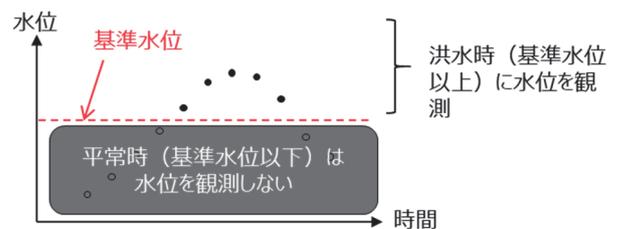


図-2 危機管理型水位計の観測イメージ

国、自治体により設置された危機管理型水位計の観測水位は、共通のクラウドで一括処理・提供されており、その水位情報は「川の水位情報（<https://k.river.go.jp>）」において閲覧することが可能となっている。

3. 水害リスクライン²⁾

「水害リスクライン」システムは、河川水位予測システムと洪水危険度表示システムにより構成される。河川水位予測システムでは、河川の断面

毎（200～400m間隔）に現況、予測水位の計算を行う。また、洪水危険度表示システムでは、各断面における計算水位と危険水位等との関係を危険度として評価し、その危険度を河川に沿って色分けした「水害リスクライン」を表示する（図-3）。各地方整備局で「水害リスクライン」システムが整備され、全ての一級水系において、令和2年出水期より運用を開始（一部の水系では試行運用）している。水害リスクラインによる洪水危険度情報は、「川の防災情報（<https://river.go.jp>）」において、閲覧することが可能となっている。

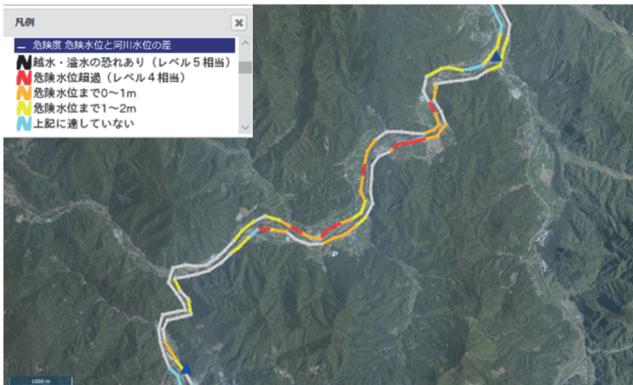


図-3 「水害リスクライン」の表示例

3.1 現行の河川水位予測技術の概要

現行の水害リスクラインの河川水位予測技術は、国総研が参画した戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」課題②豪雨・竜巻予測技術の研究開発³⁾において開発された技術である。

流出モデル+河道水理モデルで構成される河川水位予測モデルの状態量、パラメータを多地点の観測水位と整合するようにリアルタイム調整（以下「同化」という。）することで、現時刻の河川縦断方向の水面形を推定する。そして、推定した水面形を河道水理モデルにより下流へ伝播させることで、将来の河川水位を予測する。これにより、特に洪水波の下流伝播に支配される下流部の河川水位において、予測精度の向上を図っている。

3.2 区間分割によるカスケード同化

河川水位予測モデルに多地点の観測水位を同化させる手法として、計算負荷の軽減のために、カスケード同化手法を採用している。この手法は、同化地点毎に計算対象の流域・河道区間を分割し、分割した区間（以下「カスケード区間」という。）毎に上流から順次、同化計算を行う。カスケード

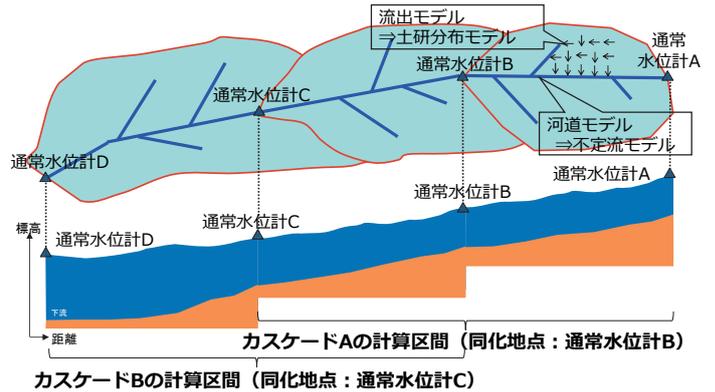


図-4 カスケード区間の設定イメージ

区間は、同化地点となる水位観測所に対して上下流の水位観測所の区間で、一部を重複しながら連続的に設定する（図-4）。現行の水位予測計算において、同化に用いる観測データは、カスケード区間毎に1地点である。

4. 危機管理型水位計データの同化手法の開発

水害リスクラインの河川水位予測技術では、多地点の観測データを同化することで、河川縦断方向の水面形を精度良く推定することで予測精度向上を図るものである。この予測手法に通常水位計に加えて、危機管理型水位計データを同化することで、更なる精度向上等が期待できる。そこで、現行の水害リスクラインの河川水位予測技術へ危機管理型水位計の観測データを反映するため、危機管理型水位計データの同化手法の検討を行った。

4.1 危機管理型水位計を考慮したカスケード区間の設定

危機管理型水位計データを同化するために、現行の水害リスクラインの河川水位予測で採用しているカスケード区間の分割の考え方に従い、通常水位計と同様に危機管理型水位計の観測地点についてもカスケード区間の分割点とすることが考えられる。しかし、その様なカスケード区間の分割とした場合、危機管理型水位計は、その目的に特化した機器仕様から基準水位以下となる平常時には観測を行わないことから、危機管理型水位計の観測地点が同化地点となる場合は、データ同化が行えない区間が生じる。そこで、カスケード区間の分割は、現行の分割方法と同様に通常水位計の観測所を分割点とし、カスケード区間内にある通常水位計に加えて危機管理型水位計の観測データを多地点で同化する方式を採用した（図-5）。

この方式により、平常時においては、各カスケード区間においては、通常水位計によるデータ同化を行い、洪水時においては、通常水位計+危機管理型水位計を用いた多地点の観測水位のデータ同化計算を行う。

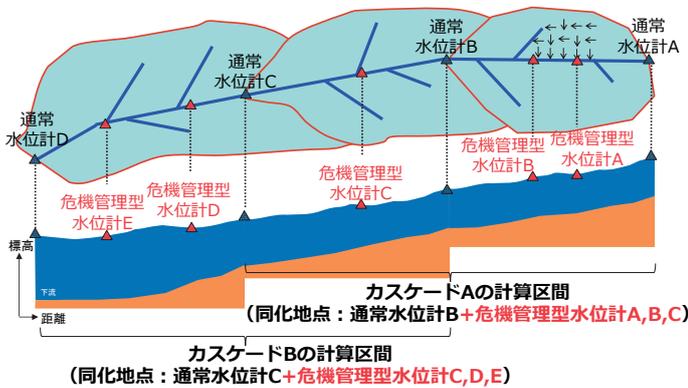


図-5 危機管理型水位計を考慮したカスケード区間の設定と同化地点のイメージ

4.2 カスケード区間内の多地点同化

現行の水害リスクラインの河川水位予測モデルの観測データの同化方法は、河川水位予測モデルのモデルパラメータに様々な値を設定した河川水位予測モデルを複数準備し、これを計算することで複数の計算結果を得る。そして、複数の計算結果と同化地点の観測水位から尤度を算出し、尤度の高い計算結果となるモデルパラメータが設定されている河川水位予測モデルを選定することで、観測水位のデータ同化を行う。上記のカスケード分割におけるデータ同化は、当該カスケード区間の通常水位計に加え、危機管理型水位計が同化地点となる。同化地点を多地点とする河川水位予測モデルのデータ同化は、以下の手順で行う。

- ① あるパラメータが設定された河川水位予測モデルの計算結果から同化地点毎に尤度を算出。
- ② 各同化地点の尤度に重み係数を乗じて総和を算出（合成尤度）。
- ③ 異なるパラメータが設定された河川水位予測モデルの計算結果毎に①及び②を行う。
- ④ 合成尤度の高い計算結果となる河川水位予測モデルを選定。

各同化地点に設定される重み係数は、水位計の設置密度の高い一部の区間に偏って尤度が高くなることを避けるため、以下のように重み係数を設

定し、区間全体で尤度が高い計算結果となる河川水位予測モデルを選定するようにしている。

- ・水位計の設置密度が高い区間→重み係数：小
- ・水位計の設置密度が低い区間→重み係数：大

観測水位のデータ同化は、最新の観測データが得られる毎に行われるが、この計算サイクル毎に、同化地点の重み係数を、危機管理型水位計の観測状況に応じて逐次算出することで、様々な同化地点の組み合わせを考慮した重み係数の設定が可能となっている。

5. 危機管理型水位計データの同化効果の検証

危機管理型水位計データのデータ同化の検証を山国川（九州地方）において行った。図-6は、対象河川の通常及び危機管理型水位計の設置状況を示している。

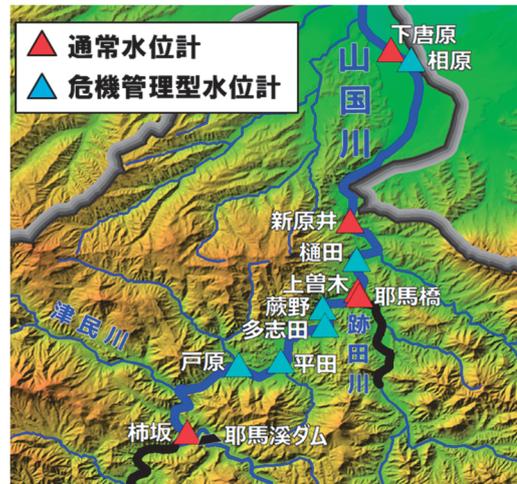


図-6 通常及び危機管理型水位計の設置状況

図-7は、現行の河川水位予測モデルによる通常水位計の上曾木を同化地点とする予測計算結果、図-8は上曾木に加えて危機管理型水位計を同化地点とする予測計算結果で、危機管理型水位計の観測地点（平田）の結果を示している。図中の黒点は観測水位、青線は予測水位を示しており、各時刻から6時間先までの予測結果を示している。これらの図の観測水位は危機管理型水位計であるため、基準水位（3.8m）以上で観測が行われていることがわかる。なお、このカスケード区間には、他に4箇所で危機管理型水位計が設置されているが、藤野地点は近傍の多志田地点に危機管理型水

位計があることから同化の対象外とし、通常水位計と併せて4地点の多地点同化を行っている。通常水位計に加えて危機管理型水位計を同化地点とする場合は、現行の通常水位計のみを同化地点とする場合と比較して、ピーク水位やそのタイミングの精度が高いことがわかる。危機管理型水位計の同化により、危機管理型水位計の観測地点の予測誤差が低減し、予測精度向上が図られている。

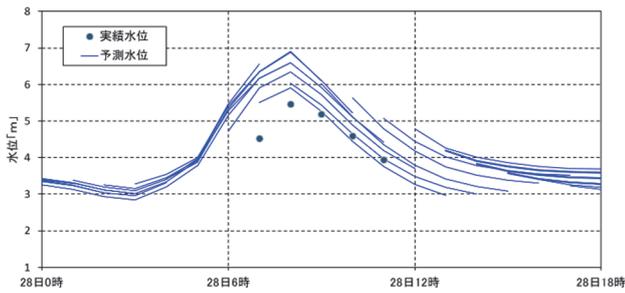


図-7 現行のデータ同化による河川水位予測

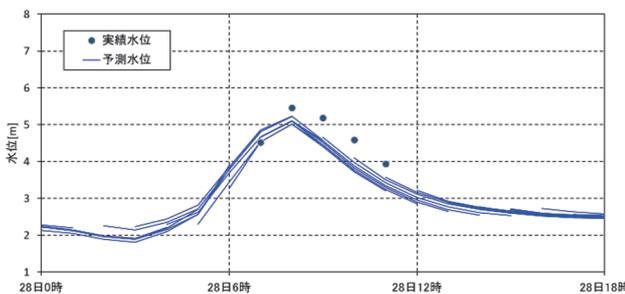


図-8 危機管理型水位計データを同化した河川水位予測

6. まとめ

危機管理型水位計データを水害リスクラインの河川水位予測技術に反映する手法を開発した。危機管理型水位計データの同化手法を山国川へ適用した結果、現行の手法と比較して予測誤差が低減されており、精度の向上を確認した。

6.1 考察

現行の手法では、観測データの欠測が発生しても、水位予測は継続できるようになっているが、観測水位の同化は、カスケード区間毎に1地点であり、欠測によりデータ同化を行うことができなくなるカスケード区間によって、予測精度の低下が生じることが懸念される。本文で述べた危機管理型水位計データの同化手法では、カスケード区間毎に複数地点となり、洪水時に一部の水位計の観測データが得られない事態が生じても、観測を継続している他の水位計の観測データによりデータ同化を継続することが可能であり、現行手法と比べて、データ同化の頑健性が高い特長がある。

危機管理型水位計は、その目的用途から越水の危険性が高い、堰や橋脚による堰上げ、樹木や湾曲部の水位上昇等の局所的な水位上昇が生じる箇所に設置されていることがある。危機管理型水位計データの同化にあたり、河川水位予測モデルが上記のような局所的な水位上昇を考慮していない場合に、局所的に水位上昇をしている地点の水位計データを同化すると、下流側の計算精度が低下することを確認している。そのため、同化地点とする危機管理型水位計は、その設置場所や、観測データの確認を行った上で選定される必要がある。

6.2 終わりに

ここで述べた危機管理型水位計データの同化手法については、今後、各地方整備局で運用されている109水系の「水害リスクライン」システムへ実装を行う予定である。

謝 辞

本研究開発は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）によって実施されている。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理国土保全局、革新的河川技術プロジェクトの取り組みについて、河川、No.884、pp.7~11、2020
- 2) 土屋修一、川崎将生、データ同化手法を適用した実用的な河川水位予測手法の開発、土木技術資料、第61巻、第9号、pp.8~11、2019
- 3) 戦略的イノベーション創造プログラム、レジリエントな防災・減災機能の強化、課題②豪雨・竜巻予測、http://www.jst.go.jp/sip/k08_team2.html

土屋修一



国土交通省国土技術政策
総合研究所河川研究部水
循環研究室 主任研究
官、博士(工)
Dr.TSUCHIYA Shuichi

川崎将生



国土交通省国土技術政策
総合研究所河川研究部水
循環研究室長
KAWASAKI Masaki