

技術紹介 11 中小河川の洪水予測システム構築マニュアルの作成に向けて

沼田 慎吾
NUMATA Shingo
河川計画事業部
河川第五部



近年、都道府県管理の中小河川で水害が増加していることを受け、中小河川での洪水予測システムの構築が求められている。しかし、中小河川は数が多いため、都道府県が容易にシステム構築できるように、構築手法などを示したマニュアルを作成しておくことが重要である。加えて、システム構築時に発生する問題とその解決策もマニュアルに示しておく必要があり、本研究では試行的に構築された全国 200 河川の洪水予測システムで発生した問題の一部について、原因を明らかにして、解決策を提案した。

キーワード：洪水予測、中小河川、マニュアル、RRI モデル

1.はじめに

近年、水害が頻発化、激甚化し、特に都道府県管理の中小河川の被害が増加している。都道府県管理の河川において、水位周知河川は 1,624 河川が設定されているが、洪水予報河川は 131 河川に留まっており（令和 5 年 3 月 31 日時点）、洪水によって重大な被害が生じる恐れがある河川のうち、1 割程度でしか洪水予測が行われていないのが実状である。

筆者が土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センターへ出向中に携わった洪水予測システムの開発において、その対象は都道府県管理の水位周知河川であった。水位周知河川は 1,624 河川と数が多いため、都道府県が容易にシステムを構築できるように、構築手法の標準化、問題発生時の解決策の類型化などを行い、それを基にマニュアルを作成しておくことが望ましい。本研究では、試行的にシステム構築された降雨特性や流域面積、土地利用が多様な全国の 200 河川で発生した問題の一部について、その原因を明らかにして解決策を提案した。

2.洪水予測システムの概要

流出モデルには、既往研究が多く信頼性が高い、RRI モデルを採用した。空間解像度は 5 秒（約 150 m）とし、地形データには日本域表面流向マップを使用した。パラメータについては複数の既往洪水を対象にして調整した。計算水位は、HQ 式を用いて計算流量から変換した。使用する降雨プロダクトは、多くの地上雨量計で補正され洪水予測で一般的に使用される解析雨量とその解析雨量を初期値とした降水短時間予報を基本とした。

3.問題点

3-1.水収支一致の重要性

パラメータの調整は、既往洪水の観測水位を計算水位が再現できるように行う。そのため、観測水位を HQ 式で変換した累積観測流量と降雨プロダクトの累積雨量が同程度であることが重要となる。降雨プロダクトによる雨量が実際の雨量と一致しなければ、いくらパラメー

タを調整しても観測水位を再現できない。そこで、水収支が同程度あるかを評価するため、以下で述べる水収支式を用いて、概算の水収支を確認した。

3-2.水収支式

観測水位から HQ 式で変換した累積流量 Q と水位観測所上流域における解析雨量の累積雨量 P を比較する。河川に流出せずに流域内に貯留された水分量 ΔS は RRI モデルより計算し、累積雨量 P から差し引いた。なお、水分量 ΔS のみ計算値となる。計算の影響を小さくするため、水分量 ΔS が小さくなるように水収支算出期間を調整した。水収支式を以下に示す。

$$Q = P - \Delta S$$

3-3.水収支の乖離

洪水予測システムを構築した 200 河川のうち流域面積が 10 km² 程度から 1,000 km² 程度の 7 河川 15 洪水に対して、水収支を算出したところ、8 洪水で水収支が乖離した。水収支の乖離の主な原因として、解析雨量か HQ 式の精度が低いと考えられるが、8 洪水うち 3 洪水については、地上雨量との比較により解析雨量の精度は良好で、HQ 式の精度に問題があった。HQ 式に問題がある場合、HQ 式の再作成などで対応できる。そこで本研究では、解析雨量の精度に問題がある場合に着目し、その精度の影響を特に受けやすい小流域の水収支（A 川、流域面積：約 9 km²）について考察した。A 川の平成 30 年 7 月豪雨の解析雨量による水収支は、 $P - \Delta S$ が Q の 7 割程度と累積雨量が少なく、解析雨量による計算水位の再現性も低いことがわかる（図-1）。

3-2.小流域において水位波形の再現性が低い

構築した 200 河川の中で流域面積が 10 km² 以下の小流域では、計算水位の再現性が低い傾向にあった。その中には、解析雨量による計算水位が観測水位の細かい応答を再現できないケースが見られた（図-3）。

4.解決策

4-1.より精度が高い降雨プロダクトの使用

まず、HQ 式の精度について確認した。A 川の HQ 式は平成 25 年に流量観測で作成されたものであり、平成 30 年 7 月豪雨より 5 年前のものであった。ただ、現地写真や航空写真から平成 25 年と平成 30 年で河道は大きく変化していないことと図-1 の 7 月 5 日 0 時時点の解析雨量による低水の計算水位の再現性が良好であることから、HQ 式は平成 30 年 7 月豪雨時でも適用できると考えた。よって、A 川の水収支の乖離は、解析雨量の精度が低いことが主要因と推察できる。

解決策として、他の降雨プロダクトの使用が考えられる。空間解像度が 250 m と小さい高解像度降水ナウキャストは降雨の空間分布を細かく表現できるため、小流域の A 川には有利と考えて、これを使用して水収支を算出した。その結果、水収支はほぼ同程度となり、計算水位の再現性が向上した (図-2)。

降雨プロダクトの精度が低下する原因には、山地による電波の遮蔽や強雨域による電波の減衰などがある。つまり河川の空間的な位置や洪水時の強雨域の分布により、降雨プロダクトの精度が低下する可能性があるため、水収支の確認などにより、河川や洪水毎に適切な降雨プロダクトを選択することが重要である。

4.2.時間解像度の細かい降雨プロダクトの使用

図-3 に示す河川において流域平均の 1 時間雨量で解析雨量と AMeDAS を比較したところ、両者は概ね同程度であった (図-4 の上図)。解析雨量の空間解像度 (1 km) は小流域にとっては粗く、解析雨量が降雨を再現できていないことが考えられたが、雨量の精度が原因ではなかった。よって、解析雨量が 30 分間隔の前 1 時間雨量であることが、原因として考えられる。前 1 時間雨量では 1 時間未満の降雨の時間変化が平均化されてしまうため、計算水位もそのような降雨の変化を表現できない。また、30 分間隔であるため、突発的な豪雨があっても、最大で 30 分間程度はモデルに反映できない。以上のような解析雨量の仕様は、特に降雨がすぐに流出する小流域において、図-3 の解析雨量による計算水位のように、ピークが小さく、水位波形全体が滑らかになる原因と考えられる。

図-3 の河川は、観測所上流面積が 9 km² と小さいため、流域での雨の降り方がほぼ一様と考えられ、また、山地もないため、山地を境界とした降雨の空間分布変化もない。よって、このような河川では、降雨の時間変化を細かく表現できる AMeDAS など 10 分間隔の地上雨量の使用が考えられる。図-3 の AMeDAS による計算水位は、流域内 1 地点の AMeDAS による雨量を流域一様に与えて計算した結果を示している。モデルへの入力値となる降雨強度を比較すると (図-4 の下図)、AMeDAS は 1 時間内で細かく変化している。7 月 9 日 6 時台では解析雨

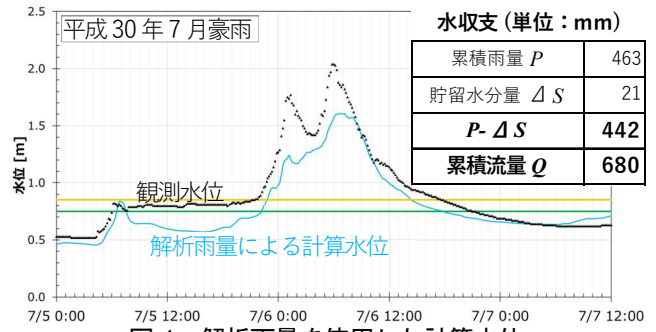


図-1 解析雨量を使用した計算水位

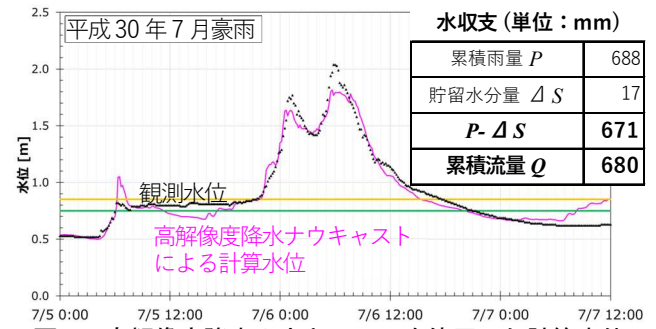


図-2 高解像度降水ナウキャストを使用した計算水位

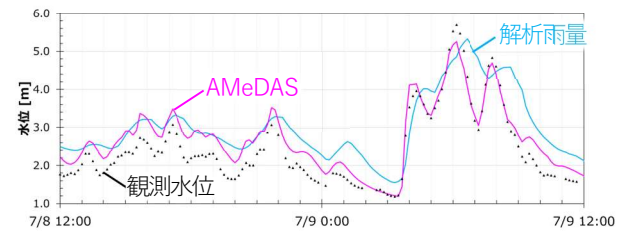


図-3 解析雨量と AMeDAS による計算水位の比較

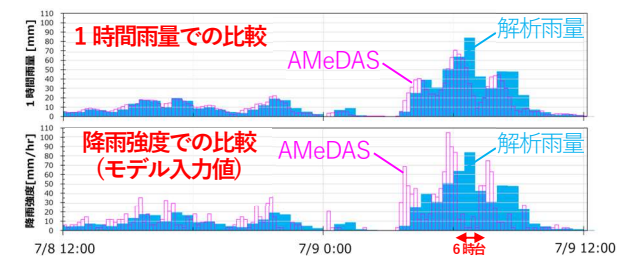


図-4 解析雨量と AMeDAS の比較

量は最大で 84 mm/hr に対して AMeDAS は最大で 18 mm/hr となっている。これに対応して計算水位は解析雨量よりも AMeDAS の方が敏感に反応しているのが確認できる。他にも時間解像度が細かい高解像度降水ナウキャストや速報版解析雨量などの使用も考えられる。

5.まとめ

本研究では問題と解決策の一部を示すことに留まったが、200 河川のシステムを構築することで、問題と解決策を類型化することができた。これらや構築手法をまとめて、「中小河川洪水予測モデル構築マニュアル¹⁾」を公表した。今後、マニュアルを基に中小河川での洪水予測が進むことが期待される。

参考文献

- 1) 中小河川洪水予測モデル開発研究会: 中小河川洪水予測モデル構築マニュアル, 令和 5 年 3 月 22 日