

技術紹介 10 中小河川における洪水予測モデル検討（集中型と分布型の比較事例）

齋藤 勇貴

SAITO Yuki

河川計画事業部 河川第一部



洪水氾濫による水害等を防止・軽減するためには迅速な水防活動や避難行動が不可欠であり、そのためには的確な洪水予報が求められる。これまで、中小河川の洪水予報には集中型モデルを用いた予測システムが広く用いられてきた。しかしながら、近年激甚化・頻発化する豪雨により生じる水害に対しては、より高精度な洪水予測システムを整備することが喫緊の課題である。本稿では、従来型の貯留関数モデルを改良することによる予測精度の向上に対して、最新の分布型モデルである RRI モデルを新規構築し、両者の定量的な手法による比較・評価を通じて、洪水予測システムに実装するモデルを検討した事例を紹介する。

キーワード：洪水予測モデル、RRI モデル、貯留関数モデル、誤差指標

1.はじめに

近年、気候変動の影響により全国的に豪雨が激甚化・頻発化しており、洪水氾濫等に伴う水害が増加している。洪水氾濫による被害を防止・軽減するためには、迅速な水防活動や避難行動が不可欠であり、そのためには的確な洪水予測情報の公表が求められる。これまで地方自治体では、水防法第 11 条に基づき、都道府県知事が洪水により相当な損害を生ずる恐れがあるものとして指定した河川について、気象庁長官と共同して、洪水予報を行ってきた。

対象河川は、平成 20 年 10 月より洪水予報河川に指定され、予測雨量を基に基準水位観測所地点における洪水予報が公表されてきた。洪水予報に用いられる予測システムは、平成 19 年度に他社が検討・構築したものであるが、運用開始以降システムの改良等は実施されてこなかった。

本業務は、構築から 10 年以上が経過した既存洪水予測システムの精度検証を行うものである。その上で、近年の流出解析技術の向上を踏まえて、従来型の集中型モデルと最新の分布型モデルを比較検討し、最適な予測モデルを選定した。

2.存在した課題

2-1.実績がある貯留関数モデルの改良効果の提示

対象河川では、従来から洪水予測に「貯留関数モデル」を用いてきた。貯留関数モデルは、パラメータとして、「流域定数」、「河道定数」、「有効雨量定数」を与えることで、降雨に対する河道の流出量を求めることができる。特に、有効雨量定数を降雨ごとに変化させることによって、流域の特性から定まる流域定数・河道定数を固定したままでも、比較的容易に過去の洪水現象を再現することができる。

しかし、既存の予測モデル及び予測システムは、有効

雨量定数を「最も流出しやすい条件（一次流出率 1.0、飽和雨量 0.0mm）」に固定して設計されていた。そのため、予測モデルの改良では、流域定数と河道定数の再検討のみで予測モデルの再現性を高め、その改善効果を定量的な指標（数値）で示す必要があった。

2-2.複数手法での洪水予測モデル構築と比較検討

本業務での洪水予測モデルの改良は、2 手法以上のモデルを用いて検討することが求められており、従来の集中型モデルに対して、新たに「分布型モデル」を構築する必要があった。その上で、本業務において精度向上させた集中型モデル（貯留関数モデル）と分布型モデルを比較し、洪水予測システムに実装する手法を一つに決定する必要があった。

当社には、直轄の比較的流域規模が大きい河川の洪水予測システムに分布型モデルを導入した実績が複数あるものの、都道府県が管理する中小河川での検討事例は少ない。中小河川は、一般的に河道の整備が遅れている箇所が多く氾濫を生じ易いことや、降雨から流出までの時間が短いこと、流量に対する水位上昇量が大きいなど洪水予測が難しいとされている。本業務では、一般的な中小河川の特徴を有する当該河川に対して、分布型モデルの適用を検討した。

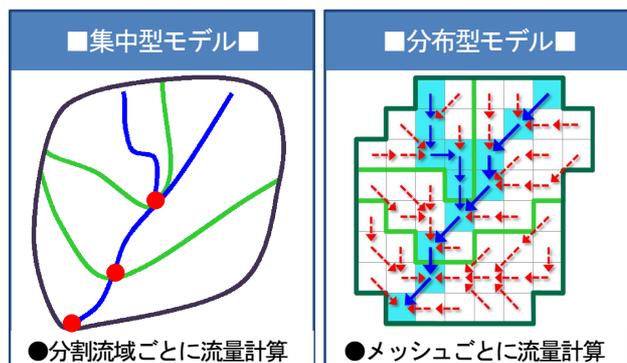


図-1 集中型モデルと分布型モデルのイメージ図

3.解決する技術

3-1.流域定数の同定に限定した精度向上

既存の貯留関数モデルは、対象流域の面積が約64.6km²と小さいものの、主要支川の合流を考慮して比較的細かく流域分割がなされていた（10流域）。また、既存モデルを用いて、検証対象に選定した3洪水の再現計算を行ったところ、実績波形よりも計算波形がやや過大に算出される傾向があることが分かった。この点に着目して、各小流域の流域定数と河道定数を繰り返し調整し、誤差指標を確認しながら精度が良い定数を同定して、予測モデルの改良点と改善効果を提示した。本業務では、対象3洪水のうち、より近年に生じた2洪水で高い改良効果が得られた定数で、従来の貯留関数モデルを更新することを提案した。

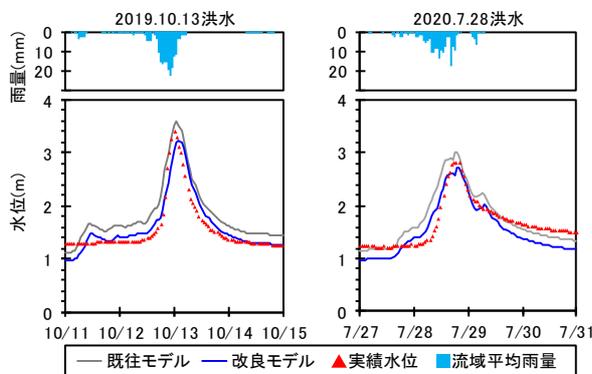


図-2 既往モデルと改良モデルの再現計算結果

表-1 誤差指標によるモデルの精度比較

モデル	洪水	従来誤差 Eq	ピーク流出 誤差Ep	NASH 係数	RMSE
既往 モデル	2019.10.13	0.01	-0.06	0.64	0.31
	2020.7.28	0.01	-0.06	0.65	0.25
改良 モデル	2019.10.13	0.00	0.04	0.89	0.17
	2020.7.28	0.01	0.04	0.73	0.22

より精度が良い方を**太字**で示した

3-2.RRIモデルの活用

分布型モデルの検討では、近年、当社で営業展開に力を入れているRRIモデルに注目した。分布型モデルを流出計算手法として見ると、あらかじめ流域メッシュの傾斜方向を固定し、洪水は必ず上流から下流へと流下する法則に従う。一方で、RRIモデルは、河道と氾濫原の水交換をモデル上で再現すると共に、当該メッシュと周辺メッシュの浸水位を比較してその都度、流下方向を決定しながら、降雨・流出・氾濫を一体で解析できる特徴がある。そのため、氾濫しやすい中小河川に適している手法と言える。

本業務の対象河川は、下流部で比較的河道改修が進んでいる一方で、中・上流部は未改修であり、計画に対して現況流下能力が不足していた。しかし、当該河川は、過去の洪水時において氾濫実績が確認されておらず、氾濫が発生しにくい河道特性であった。このような河川で

あっても、RRIモデルの構築及び定数解析を行ったところ、貯留関数モデルに対して遜色ない再現性の予測モデルを構築することができた。

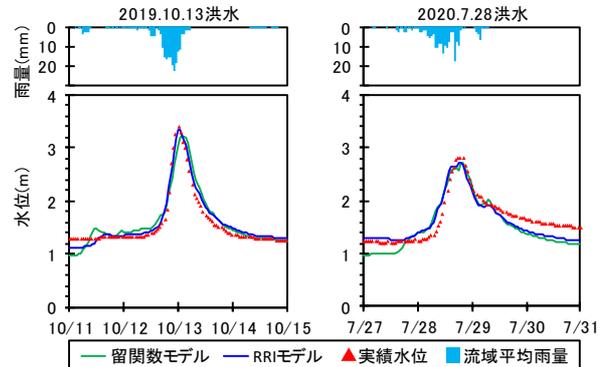


図-3 貯留関数モデルとRRIモデルの再現計算結果

表-2 誤差指標によるモデルの精度比較

モデル	洪水	従来誤差 Eq	ピーク流出 誤差Ep	NASH 係数	RMSE
集中型 モデル	2019.10.13	0.00	0.04	0.89	0.17
	2020.7.28	0.01	0.04	0.73	0.22
RRI モデル	2019.10.13	0.00	0.00	0.96	0.10
	2020.7.28	0.00	0.03	0.83	0.18

より精度が良い方を**太字**で示した

4.まとめ

本来の洪水予測は、「実際に降った降雨のデータを使った現時刻までの再現計算」に、「予測雨量による流出計算（予測）」を組み合わせるものである。そのため、予測水位の精度は、予測雨量の精度に依るところが大きい。本業務では、今後、予測雨量の精度が向上することを前提として、過去に生じた洪水の再現性が高いモデルを実装するように、発注者と意見交換しながら最適な手法を選定した。

既往洪水の再現性の面では、貯留関数モデルよりもRRIによる分布型モデルの方がやや優位であった。しかし、これまでの対象河川における運用実績や、県内他河川での導入事例、庁内での予測システム運用環境等の観点から、結果として定数を見直した改良後の貯留関数モデルが実装されることとなった。

その一方で、本業務は、当社が積極的に展開するRRIモデルを中小河川の洪水予測に適用した一事例となっただけでなく、RRIモデルが従来から使用されている貯留関数モデルに替わる可能性があることを確認できた。

近年、全国的に想定を上回る降雨や氾濫が多発しており、本業務の対象河川でも今後は生じる可能性がある。今回は、貯留関数モデルを実装する結論となったが、氾濫を伴う大規模水害の再現計算や対策の検討にRRIモデルが再活用できることを発注者へPRできた。

今後は、様々な水害に対して最適な対策を提案できるよう技術の研鑽に努め、防災・減災社会の推進に貢献していきたい。