

中小河川における洪水予測手法に関する研究

中電技術コンサルタント株式会社

正会員 ○天野卓三

国土交通省国土技術政策総合研究所

正会員 三輪準二

国土交通省国土技術政策総合研究所

正会員 水草浩一

国土交通省中部地方整備局中部技術事務所

正会員 金木 誠

1. はじめに

近年の豪雨災害では中小河川からの外水氾濫による被害が頻繁に発生しているため、中小河川の出水規模を迅速に予測・把握し、水防活動等の的確な対応をとることが必要である。しかし、中小河川の洪水予測に関しては、国土交通大臣管理区間(直轄区間)と比べて、洪水到達時間が短く、水文データが十分でない場合もあるため、洪水予測モデルの構築に課題を抱えている河川も少なくない。

そこで、本研究では、モデル河川におけるケーススタディにより、各種洪水予測手法と既存の水文データの組合せによる検討を実施し、各種洪水予測モデル、フィードバック手法の中小河川への適用性について検討を行った。

2. 洪水予測手法と水文データの組合せ検討

中小河川の水文データ整備状況ならびに洪水到達時間とリードタイムの関係を踏まえて、各種洪水予測手法と既存の水文データの組合せにより、貯留関数モデル、合成合理式モデルを各 4 ケース、関連モデル 2 ケース、合計 10 ケースを設定した(表-1 参照)。

表-1 各種洪水予測モデル

No	モデル	雨量	水位・流量
1	貯留関数法	地上テレメータ ¹	実測HQ
2			不等流計算HQ
3		気象庁系レーダ ²	実測HQ
4			不等流計算HQ
5	合成合理式法	地上テレメータ	実測HQ
6			不等流計算HQ
7		気象庁系レーダ	実測HQ
8			不等流計算HQ
9	関連法	地上テレメータ	実測水位H
10		気象庁系レーダ	

1: 地上テレメータ雨量は国土交通省所管 9 観測所を使用。

2: レーダ雨量は気象庁系レーダ雨量(5km メッシュ)を使用。

3. 各種洪水予測モデルの構築

(1) モデル河川と検討対象地点の設定

モデル河川は、水文データ整備状況ならびに流域規模から一級河川松浦川水系を選定し、検討対象地点は、モデル河川の流量観測所の中から、流域面積 30 ~ 300km² の 4 地点を選定した(図-1 参照)。

(2) 各種洪水予測モデルの構築

貯留関数モデルは、松浦川水系を 12 流域 4 河道に分割し、平成 10 年 ~ 12 年の 5 洪水を対象に定数解析を実施して構築した。

合成合理式モデルは、4 地点の流域別に単独モデルを構築した。なお、流出係数は土地利用の面積加重平均で算出し、洪水到達時間は、クラーク式、実績値等の平均値を採用した。

関連モデルは、リードタイムを考慮して、K 時間前流域平均 3 時間累加雨量と水位の相関式を作成した。なお、3 時間累加ピーク雨量とピーク水位の時間差より、洪水到達時間 K を設定した。

4. フィードバック手法の適用性検討

前述した洪水予測モデル構築の際には、既往洪水による実測雨量、実測水位・流量を用いての検討(定数解析等)を行った。しかし、実際に洪水予測システムを運用し、洪水予報を行う場合、降雨のパターン等により、構築したモデルが必ずしも既往洪水に対する精度と同程度の精度を有するとは限らない。

このような場合、一般的に、予測精度を向上させるため、実測値をもとに予測誤差を修正する方法が用いられる。そこで、各種フィードバック手法を用いて、平成 13 年 ~ 14 年洪水(2 洪水)におけるモデルの適用性を検討した(表-2 参照)。

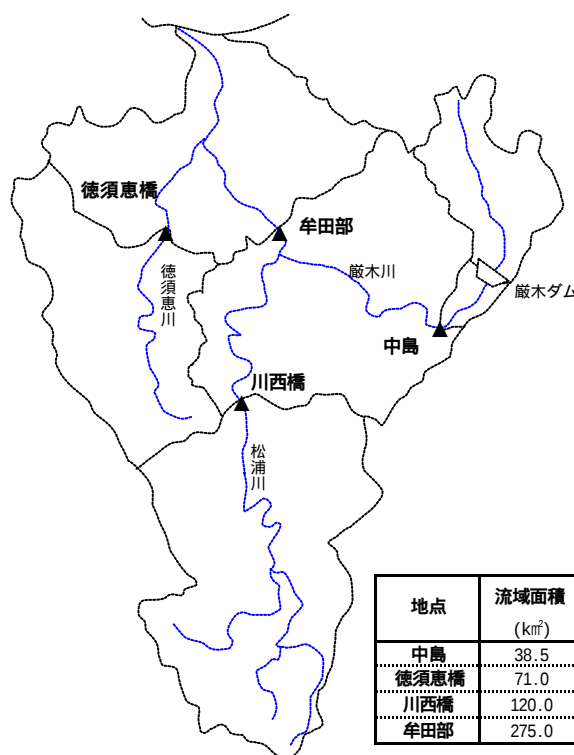


図-1 松浦川流域・検討地点位置図

キーワード：中小河川、洪水予測

連絡先：〒305-0804 つくば市大字旭 1 番地，国土交通省国土技術政策総合研究所 水害研究室，Tel.029-864-2211

表-2 フィードバック手法一覧表

No ¹	フィードバック手法 ²
1~4	現時刻合わせ定数変動方式(流出率f補正)
	現時刻合わせ定数変動方式(貯留量S補正)
	カルマンフィルター法
5~8	現時刻合わせ定数変動方式(流出率f補正)
9~10	平行移動方式(Δh 合わせ)

- 1 表-1に示した検討ケース番号を表す。
2 「」はフィードバック手法番号を表す。

表-3 フィードバック手法別絶対誤差量 (unit: 水位 m)

モデル	R ² 値	誤差	誤差	誤差	誤差	誤差	誤差
貯留 - 流出率f補正	0.9115	0.25	0.37	0.90	0.95	0.31	1.53
貯留 - 貯留量S補正	0.8529	0.31	0.57	0.85	0.80	0.40	2.09
貯留 - カルマンフィルター	0.8829	0.32	0.52	0.83	1.14	0.42	1.97
合成 - 流出率f補正	0.7747	0.44	0.57	1.42	1.68	0.53	2.23
相関 - Δh 合わせ	0.5951	0.70	0.58	1.86	2.04	1.28	4.48

誤差 (立ち上がりから低減まで) 評価

誤差 (指定水位から警戒水位) 評価

誤差 (低減部分) 評価

誤差 (立ち上がりから指定水位) 評価

誤差 (警戒水位からピーク水位) 評価

誤差 (最大誤差) 評価

(1) フィードバック手法の評価

本研究においては、前述した 10 ケースの洪水予測モデルを構築し、使用する雨量(テレメータ、レーダ)、使用する流量(実測、不等流計算)別の評価も実施した。しかし、モデル構築から洪水予測までの全過程を同雨量、流量で行った場合、使用する雨量、流量によって大きな差異はなかったため、本項では、貯留関数法、合成合理式法、相関法別の各種フィードバック手法について記すものとする。

表-3 に検討対象 2 洪水平均のフィードバック手法別絶対誤差量を示す。なお、誤差評価の対象はリードタイムを考慮して 3 時間先予測値とし、R² 値、絶対誤差平均(総流出量、上昇部、減水部)、最大誤差による評価とした。また、図-2 に洪水予測結果を示す。

表-3 より、各種洪水予測手法の精度は、精度が高い手法から、貯留関数法、合成合理式法、相関法の順序であった。現在、各河川の洪水予測については、貯留関数法による予測を行う河川が多く、サブシステムとして相関モデルを採用している河川が多い。今回の結果からは、中小河川の場合、流域の特性に応じて、相関モデルのほか合成合理式モデルについても検討すべきである。

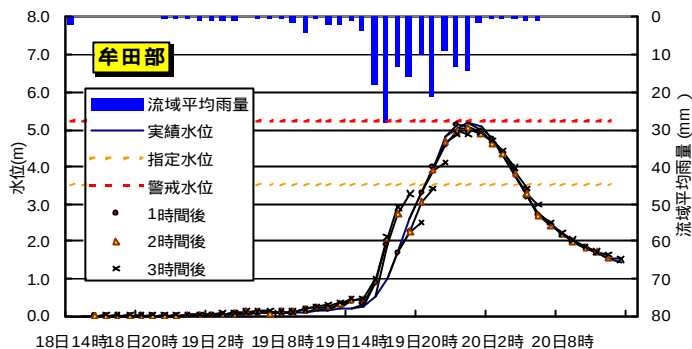
また、貯留関数法のフィードバック手法については、表-3 より、総合的に「流出率 f 補正」が最も適用性が高く、「貯留量 S 補正」や「カルマンフィルター」の適用性については、図-2(b)に示す川西橋のように、流域規模が小さい場合ほど、1 時間先予測から 3 時間先予測の間に予測値に振動が起こり、安定性に欠ける結果となった。表-3 によれば、洪水予測に必要な指定水位～ピーク水位区間では、「流出率 f 補正」よりも若干、「貯留量 S 補正」や「カルマンフィルター」の精度が高い結果となっているが、安定性を考慮して、総合的に精度が高い「流出率 f 補正」を用いるのが妥当であると考えられる。

(2) フィードバックの課題

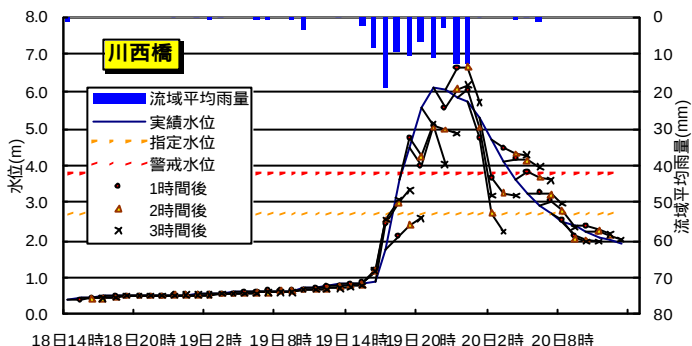
フィードバックによる精度向上度は、流出率 f による補正が安定して精度の向上が見られた。しかし、最大誤差では逆に精度が低下する結果が見られ、「流出率 f 補正」による課題も明らかとなった。特に、図-2(c)に示すように、中小河川では立ち上がりからピーク流量までの時間が短く(平成 14 年洪水=集中豪雨: 川西橋 1 時間最大上昇水位 2.64m)、その時間が 3 時間程度である場合には、立ち上がり時の流出率 f によって 3 時間先のピーク流量を予測するため、ピーク流量を過小評価する傾向が見られた。

5. おわりに

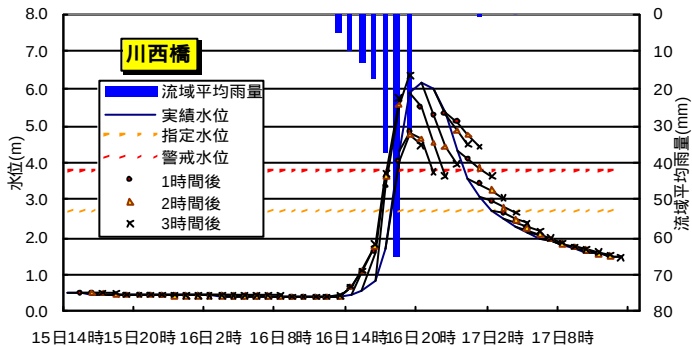
本研究結果に示された洪水予測モデルの特性等は、中小河川の洪水予測システム構築に資するものである。しかし、今後、貯留関数定数の設定等では、河川整備基本方針の計画定数ではなく、図-2(c)のような集中豪雨を対象として定数解析を行うこと、10 分間雨量による予測を行うことなどにより、今後、さらに踏み込んだ検討が必要である。



(a) 牟田部地点/H13.6.19 洪水/流出率 f 補正



(b) 川西橋地点/H13.6.19 洪水/貯留量 S 補正(流域定数 K 補正)



(c) 川西橋地点/H14.9.16 洪水/流出率 f 補正

図-2 洪水予測結果(表-1 の No.1 モデル)