

黒部川における分布型流出モデルの構築と予測システムへの適用

日本工営株式会社 正会員 ○一言 正之・小野寺 勝・桜庭 雅明
 国土交通省 黒部河川事務所 正会員 福濱 方哉
 国土交通省 黒部河川事務所 非会員 寺崎 賢一

1. はじめに

洪水災害に対するソフト対策として、全国の河川で洪水予測システムの整備が行われている。これらは災害対応上の判断支援として、非常に重要な役割を占めていると言える。しかし、近年は大雨や局所豪雨などによる洪水災害が頻発しており、より精度の高い洪水予測システムが求められている。現状の予測システムは、ほとんどが貯留関数など集中型モデルを用いたものである。一方、近年の計算技術の発展や地盤高・土地利用情報等の高度化、今後のXバンドレーダの設置などを反映させより高精度な予測を行うために、分布型モデルによる洪水予測システムの整備が進められている。本稿は黒部川流域における分布型流出モデルの構築と予測システムへの適用について報告する。

2. 非構造分布型流出モデルの構築

(1) 対象流域

本稿で対象とする黒部川は流域面積 682km²、流路延長 85km の一級河川であり、流域概要は図 1 に示す通りである。また黒部川は急流河川として知られ、流域の大部分は急峻な山地領域であり、対象区間の河床勾配は 1/5~1/80 となっている。

(2) 非構造格子の生成

流出モデルの精度向上のためには、黒部川流域の急峻な山地地形や本川・支川の河道形状を適切に表現する必要がある。本モデルでは地形形状を柔軟に構築可能な三角形要素の非構造格子を用いた。格子分割は修正デローニ分割法により行い、また河道形状を表現するため河道が格子の辺となるようにブレークラインを考慮した。生成した格子は一部を図 2 に示す。格子サイズは 250m とし、節点数は 13789、要素数は 26886 である。

(3) 分布型モデルの概要¹⁾

分布型モデルの基本的な構成を以下に示す。

- ①：不飽和鉛直浸透はリチャーズ式により演算を行う。地表面の浸透能は、地表の圧力水頭をゼロとしてリチャーズ式を解くことにより算出する。
- ②：地表面流は水位勾配を考慮した Diffusion Wave モデルにより演算を行う。地表浸透能を上回る降雨や、地中からの復帰流が地表面流への流入となる。
- ③：飽和側方流は、Darcy 式により演算を行う。
- ④：河道は 1 次元 Dynamic Wave モデルにより計算する。

なお、①④には有限差分法を、②③には有限要素法を適用した。

また計算高速化を図るため、①②③に対して MPI による領域分割型の並列計算を適用した。

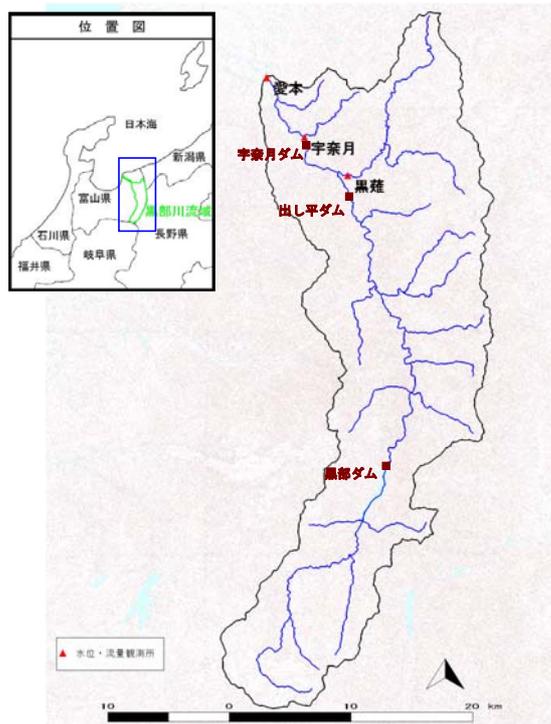
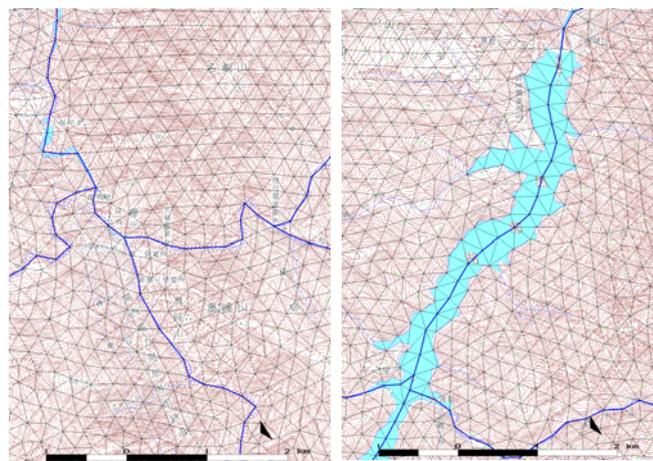


図 1 黒部川流域の概要



河道合流点 黒部湖周辺
図 2 非構造格子の拡大図

キーワード 黒部川, 洪水予測, 分布型モデル, 非構造格子, フィードバック, ニューラルネットワーク
 連絡先 〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原 2304 日本工営株式会社 中央研究所 TEL029-871-2035

(4) ダム放流量予測モデルの構築

黒部川流域は流域内に多数のダムを有しており、洪水予測においてはダム放流量の予測が重要となる。ダム放流量の予測は一般に操作規則を用いるが、実際の放流量とは差異を生じることが多い。本システムでは、実際の放流量から得られる流量係数を用いた放流量予測モデルを構築し、操作規則による放流量予測との比較を行った。図 3 に比較結果の一例を示す。操作規則による予測は実測放流量と異なる結果となったが、流量係数による予測（1 時間後予測値）は実際の運用に限りなく近い値となっている。

3. フィードバックモデルの構築

分布型モデルにおけるフィードバック手法は未だ確立しておらず、研究事例も少ない。また、分布型モデルでは各要素にどの様にフィードバックをかけるか合理的に決定することは困難である。本システムでは、現時刻の計算流量と観測流量の比率から、予測流量に補正率を乗じる手法を採用した。ただし、上記の方法は過去の洪水履歴を学習しているものではない。そこで本システムでは、既往の 8 年分の出水履歴を用いて 6 時間前～1 時間前の補正率から、現時刻の補正率を推定するフィードフォワード型のニューラルネットワークを構築した。

4. 検証計算例

構築した予測モデルの精度検証を行った。検証対象は近年の代表的な洪水である 2006 年 7 月の事例とした。なお、不飽和浸透の計算初期の不安定性を考慮し、計算は 2005 年 1 月から通年で行った。流出モデルの計算結果およびフィードバック後の結果を図 5 に示す。フィードバック前の計算波形もある程度再現ができているが、低減部や一部のピークで誤差が大きくなっている。一方フィードバックによる補正流量は、補正前に比べ精度が良くなっている。本システムは、迅速かつ物理特性を再現しつつ、予測を行うことが可能であり、今後運用面での活用が期待できる。

5. おわりに

本稿では、黒部川における分布型流出モデルの構築と、洪水予測システムへの適用について報告を行った。分布型モデルに非構造格子を用いることで、地形条件をより詳細に表現可能とした。ダム放流量予測モデルを導入することで、施設効果を適切にモデルに反映できることを確認した。また、計算流量補正率を用いることで、分布型流出モデルのフィードバックが適切に行われることを確認した。

参考文献 1) 例えば、森田格他：逐次学習分布型流出予測モデルの構築，計算工学講演会論文集，vol13，pp913-916，2008.

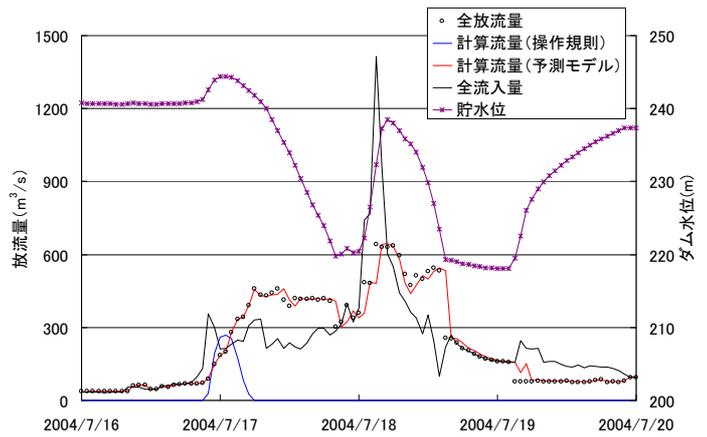


図 3 宇奈月ダム放流量実績・推定値 (2004 年 7 月洪水)

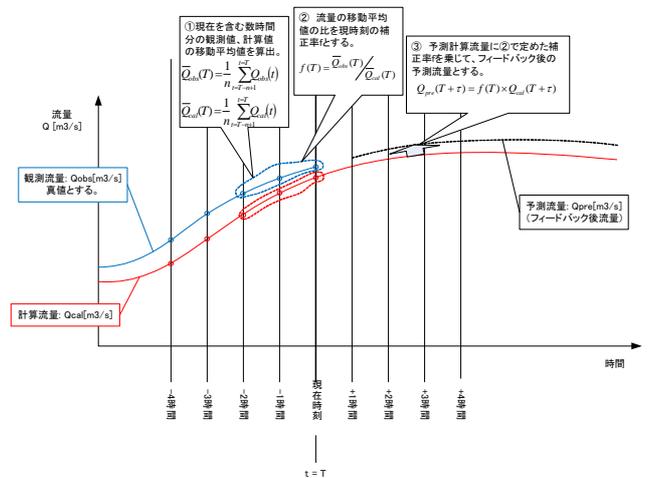


図 4 流量補正の概念図

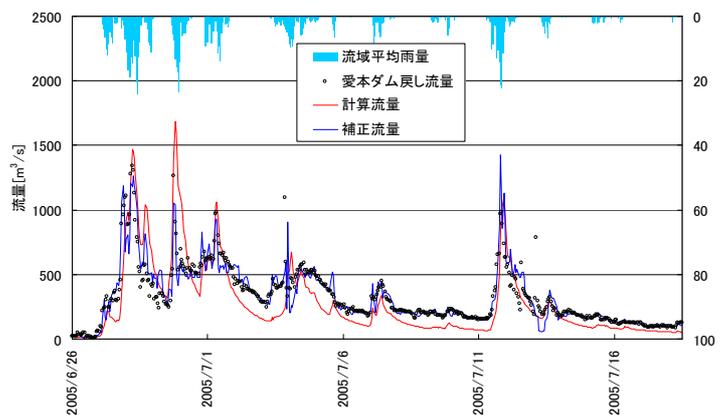


図 5 洪水予測計算結果 (愛本地点) (2005 年 6 月洪水)