

京都大学 防災研究所 正員 池淵周一
京都大学 防災研究所 正員 大石 哲
京都大学大学院 学生員○渡部成雄

1. はじめに 洪水時にダム制御意志決定者にとって有為な指針を示すことになる知見の一つとして、流域からの流出の実時間挙動推論システムを構築する。すなわち、定性推論を用いた推論システムを開発し、開発したシステムを九頭竜川水系真名川ダム流域に適用する。

2. 流出モデルの構築

真名川ダム流域では、降雨の偏在が確認されており、それは地形の影響によるものであると考えられている。また上流には雲川ダム、笹生川ダムの二つのダムが存在する。降雨の偏在は流出の予測に誤りを生じ易くする。また上流ダムの放流と真名川ダム流域からの流出に対する量的な割合は、1対1、もしくはそれ以上であり、上流ダムの存在は予測を行う際には無視できない。

まず降雨特性をもとに、対象流域を三分割した降雨・流出モデル(貯留関数法)を構築することで、地形性降雨の影響を考慮する(図. 1)。遅滞時間以外のモデルパラメタについては、分割した三流域間の流出特性に差がないと仮定した上で、現在真名川ダム流域で作動している高水管理システムにおいて用いられている貯留関数モデルの値を用いる。遅滞時間は現在稼働中のモデルにおいては、0時間としているが、本研究では新たに同定した。過去の洪水例17事例について最適化した値から推算して真名川周辺流域については1時間、雲川ダム下流流域、笹生川ダム下流流域については2時間とする。また上流ダムについては、三分割した流域と同じ次元での比較評価を行うために流域に新たに仮想流域なるものを設置し、放流量をその仮想流域からの流出量として捉え、その流域の遅滞時間は、上流ダムからの放流の河道流下時間0.5時間を用いた。この際問題となるのは、本研究においては予測のリードタイムを1時間としているので、河道の流下時間が0.5時間であることを考慮に入れると上流ダムの放流量に関する0.5時間後の予測値を必要とする。ところが、そのような予測は現在行われていない。したがってかなり精度の高い情報が得られたと仮定した上で実測値をもとに評価した。上流ダムの放流に関する予測については今後の研究の課題とする。

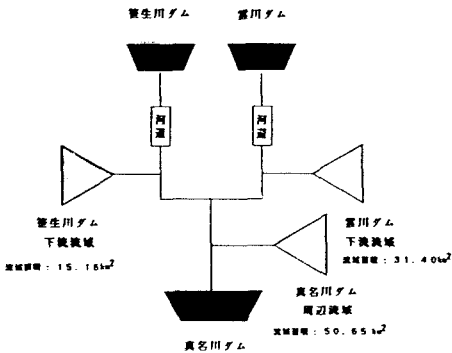


図. 1 流域分割図

3. 推論システム

まず、分割した各流域の流出、および上流ダムの放流について挙動予測を行う。その方法として大石ら[1]の貯留関数法の基礎式を用いた流出量予測に関する研究を引用する。挙動予測には降雨量と流出量の値等を分類した定性マトリックスを用いる(図. 2)。

それぞれの矢印は

$\frac{dq}{dt} = \frac{2-p}{1-p} \frac{dq}{dt}$	降雨量が増す [+]	降雨量は横ばい [0]	降雨量は減る [-]	
[+]	[+] (A) $\frac{dq}{dt} = [+]$ の時 増加率が増す ↗ $\frac{dq}{dt} = [-]$ の時 減少率が減る ↘	[+] $\frac{dq}{dt} = [+]$ の時 増加率が減る ↘ $\frac{dq}{dt} = [-]$ の時 減少率が減る ↘	[?] $\frac{dq}{dt} = [+]$ の時 増加率が減る ↘ $\frac{dq}{dt} = [-]$ の時 減少率が減る ↘	$r = \frac{2-p}{1-p} q > 0$ $r = \frac{2-p}{1-p} q < 0$
[0]	[+] $\frac{dq}{dt} = [+]$ の時 増加率が減る ↘ $\frac{dq}{dt} = [0]$ の時 増加率が減る ↘	[0] $\frac{dq}{dt} = [+]$ の時 このまま移行 → $\frac{dq}{dt} = [0]$ の時 このまま移行 →	[-] $\frac{dq}{dt} = [+]$ の時 増加率が減る ↘ $\frac{dq}{dt} = [0]$ の時 減少しそう ↘	$r = \frac{2-p}{1-p} q > 0$ $r = \frac{2-p}{1-p} q < 0$
[-]	[?] $\frac{dq}{dt} = [+]$ の時 増加率が減る ↘ $\frac{dq}{dt} = [-]$ の時 減少率が減る ↘	[-] $\frac{dq}{dt} = [+]$ の時 増加率が減る ↘ $\frac{dq}{dt} = [-]$ の時 減少率が減る ↘	[-] $\frac{dq}{dt} = [+]$ の時 増加率が減る ↘ $\frac{dq}{dt} = [-]$ の時 減少率が減る ↘	$r = \frac{2-p}{1-p} q > 0$ $r = \frac{2-p}{1-p} q < 0$
	(B)			

図. 2 定性マトリックス

流入量は変化しない 流入量は増加し増加率も増す
 流入量は増加するが増加率は減る 流入量は減少し増加率も減る
 流入量は減少するが増加率は増す という挙動予測結果を示す。

各流域および、上流ダムで生成された挙動の予測について競合が生じることが予想される。競合とは、ある流域では流出は増加、他の流域では流出は減少と予想されたとき、全体の挙動としてはどうなるかというような場合を示す。D'Ambrosio[2]はモデル内に影響の強さを示す定量的な感度情報を付与することでこのような曖昧さを解消できるとしている。本研究においては各流域での予測について定量的な重み付けを与えることで流域全体の流出の挙動の変化に対する影響の度合いを評価する。まず挙動が増加であると判断したものの、減少であると判断したものについて、それぞれ重み付けの値の和を求め、大きい方を全体としての挙動と判断する。次に増加率については、全体の挙動として判断された側の流域の内、重み付けの絶対値が最大となる流域の挙動予測結果を全体としての予測として用いる。重み付けとしては次式を用いる。

$$\frac{dr}{dt} \times \text{面積比}$$

次にこのような重み付けを用いる理由であるが、貯留関数法を用いての各流域での予測結果は、降雨の挙動に対し流出の反応が遅れがちであり、特に流出のピーク付近でこのような性質が見られがちである。しかし、このように降雨の影響を重み付けに取り入れると、最も降雨の変動が激しい流域挙動に重みを置くことができ、貯留関数法の持つ負の性質を修正する事が出来るからである。

本研究において開発したシステムを過去の洪水例に適用してみる。

4. 適用結果

S58.7.24の洪水の8時から17時について適用した結果を図.4に示す。実線は真名川ダム流入量の実測値を、点線は貯留関数法を用いた計算値を示す。図の実線上の矢印は定性マトリックスのそれぞれの挙動に対応しており、本研究のモデルでの予測結果を示している。図の上の方の二つの矢印は集中型モデルで誤った予測をした結果を示している。流域を単一のモデルで構成した集中型モデルとの挙動予測結果の比較では、上流ダムの影響を考慮した流域流出の挙動はそれほど予測の精度に差がない。しかし集中型モデルによる予測結果は先述したように、貯留関数法の持つ負の性質がやすく、ピークの判断が

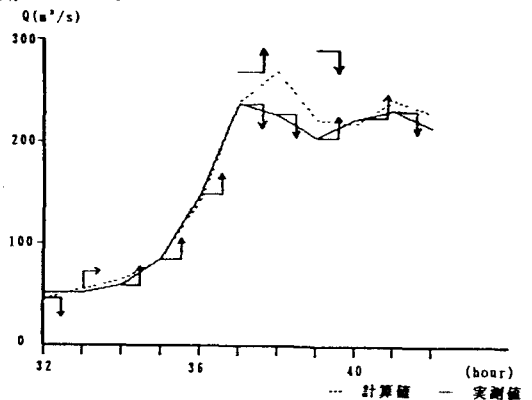


図. 3 挙動予測結果

遅れがちである。この洪水においても集中型モデルでは一つめのピークの判断は1時間遅れているが、分布型モデルにおいてはそのピークをうまく捉えることができ、また41時の二つ目のピークを捉えることができるなど、二山形洪水での予測においても予測精度が向上したことが確認される。このようにして残流域からの流出の挙動予測に注目すると分割したモデルにおける予測の精度がより高いことがわかった。

今後の課題としては、先に述べたように上流ダムの放流の予測システムの開発、また洪水制御支援システムの中で定量的な予測値を与えるシステムの開発を行う予定である。

参考文献

- 1), 大石 哲・池淵周一・井辻英雄：定性推論を用いた実時間洪水制御支援システムの開発, 土木学会第46回 年次学術講演会, 2, 276-277ページ
- 2), D'Ambrosio, Bruce: Extending the Mathematics in Qualitative Process Theory, in Proc. AAAI-49, PP. 595-599, 1987.