

II-95

大流域における洪水流出予測システムのモデル化とダム管理

愛知県 正員 山田久志
岐阜大学工学部 正員 小尻利治
京都大学防災研究所 正員 池淵周一

1. はじめに

本研究は、流域面積が数千 km^2 にもおよぶ大流域において、降雨予測から洪水流出予測、ダム管理までの一貫した洪水流出予測システムの構成を検討していこうとするものである。したがって、洪水流出予測では、第1段階と第2段階の2つのモデルによって基準地点での3時間先の流出量を予測し、予測精度の向上と予測の簡便性の両立をはかる。また、実時間でのダム管理を検討し、予測した洪水流出量、総流入量等に基づき、ファジィ推論を導入することによって最適なダム放流量の決定を行なう。全体としては、図-1に示すような洪水予測システムとなる。

2. 洪水流出予測モデル

洪水流出量の予測には次の2つのモデルを考える。

(1) 簡易型数理モデル：流域内のダム放流量、部分流域ごとの面積平均降雨強度と基準地点の流出量との相関関係を考慮し、線形重回帰式によって定式化を行なう。

(2) 貯留関数型モデル：高棹らが提案しているように流域および河道に貯留関数法を適用すると流出モデルは次のようになる¹⁾。

$$dX(t)/dt = r_e(t - T_L) - \xi \cdot X(t)^{(1/P)} + u(t) \quad (1)$$

$$Y(t) = \xi \cdot X(t)^{(1/P)} + v(t) \quad (2)$$

ここに、 $\xi = (1/K)^{(1/P)}$ で、 K, P, T_L は貯留関数法におけるモデルパラメータ、 r_e は有効降雨または河道への流入量、 X は貯留量(状態量)、 Y は流出量、 u, v はノイズ項で白色正規分布とする。式(1)および式(2)は非線形フィルターとなるため、拡張カルマンフィルターによって定式化をはかる。

3. ファジィ推論によるダム貯水池操作

貯水池操作は原則的に貯水池規則にしたがって行なわれているが、原則以外の操作によって、洪水防御の効果をより高めることができる。そこで、操作規則以外のオペレータの知識や経験を生かしたあいまいな操作ルールをファジィ制御則によって定式化し、予測流出量を考慮した効果的なダム制御を行なう²⁾。

(1) 制御規則：ファジィ制御器への入力要因(前件部)は、貯水量、現流入量、予測総流入量、予測流入増加量の4つとする。後件部の出力である放流量は、制御規則を簡単なものとするために、ファジィ集合ではなく、確定値とする。規則は、4つの入力要因を数個のファジィ空間に分割し、それぞれの組合せの数だけ作成する。

(2) 制御アルゴリズム：制御規則は、次のように表わす。

$$\text{if } S(t) \text{ is } A_i, QI(t) \text{ is } B_j, \Delta QI(t) \text{ is } C_k, QT(t) \text{ is } D_l, \text{ then } QO(t) = Z_{ijkl} \quad (3)$$

ここに、 $S(t)$:時刻 t における貯水池の期末貯水量、 $QI(t)$:時刻 t における貯水池への流入量、 $\Delta QI(t) = QI(t+1)$

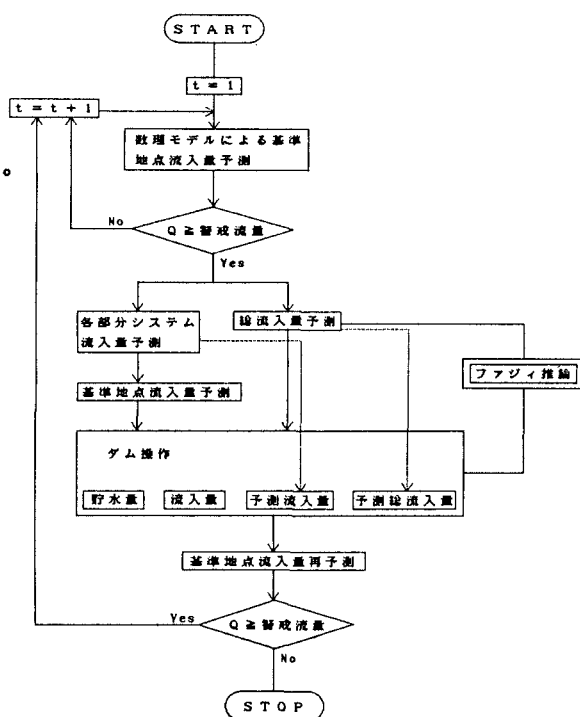


図-1 洪水予測システムのフロー

$-QI(t)$:時刻 t における貯水池への予測流入増加量, $QT(t)$:予測総流入量, $QO(t)$:放流量である。いま、 $S(t)=s$, $QI(t)=qi$, $\Delta QI(t)=dqi$, $QT(t)=qt$ のとき放流量は以下の手順で決定される。

i) 各規則の各要因について次のメンバーシップ値を求める。

$$Ai(s) (i=1,2,3,4), B_j(qi) (j=1,2,3,4,5), C_k(dqi) (k=1,2,3,4,5), D_l(qt) (l=1,2,3,4,5) \quad (4)$$

ii) 前件部の適合度を求める。

$$\omega_{ijkl} = \min\{Ai(s), B_j(qi), C_k(dqi), D_l(qt)\} \quad (5)$$

iii) 推論値を求める。

$$QO(t) = \frac{\sum_{ijkl} \omega_{ijkl} \cdot Z_{ijkl}}{\sum_{ijkl} \omega_{ijkl}} \quad (6)$$

4. 適用と考察

適用は、木曽川流域上流部に位置する岩屋ダムにおいて行なった。予測流入増加量は、岩屋ダムでの1時間先予測流入量を用い、予測総流入量は、過去の10出水のデータと現操作時刻までのハイドログラフとの類似度によって算定した。適用出水は、昭和61年7月出水である。図-2および3は、本研究で設定したダム貯水池操作規則の適用例である。目標貯水量は貯水容量の3分の2に設定してある。図-2はメンバーシップ関数の勾配が比較的緩やかな場合(TYPE I)、図-3は図-2の場合よりも関数の勾配を大きくしたものである(TYPE II)。この条件では図-2の場合の方が、ピークカットを含めて放流量系列が平滑化されているのがわかる。特にピーク流量に達するまでの放流量系列に違いが見られる。図-2では、メンバーシップ関数の勾配が小さいため、各制御規則のメンバーシップ値が大きくなり出力放流量が図-3の場合よりも平均化されたものと考えられる。

5. おわりに

本報告では、大流域における洪水流出予測とダム貯水池操作を結合し、特に、ファジィ推論によるダム貯水池操作について述べた。ファジィ制御は、その操作結果に不都合があれば、その操作規則の設定を変更することが可能で、通常オペレータが行っている柔軟で適応性が高い操作法に近いものである。したがって、今後はファジィ空間数やメンバーシップ関数のパラメータを可変とした会話型システムが課題となる。

<参考文献> 1) 高棹・椎葉・宝:リアルタイム洪水予測のモデルと手法,水資源研究センター研究報告,第5号,1985. 2) 菅野道夫:ファジィ制御,第2回ファジィシンポジウム講演論文集,1986.

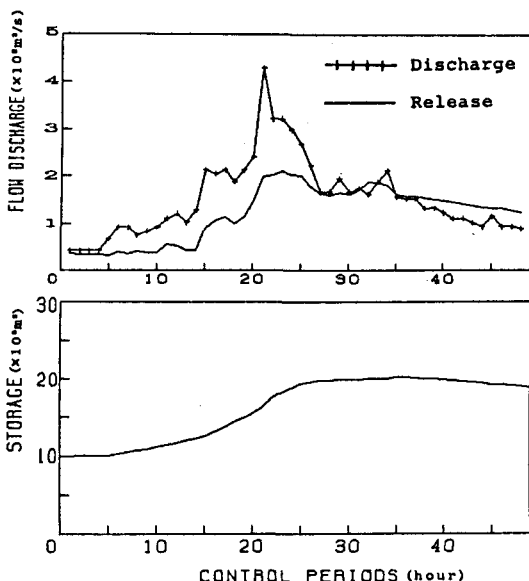


図-2 適用例 (TYPE I)

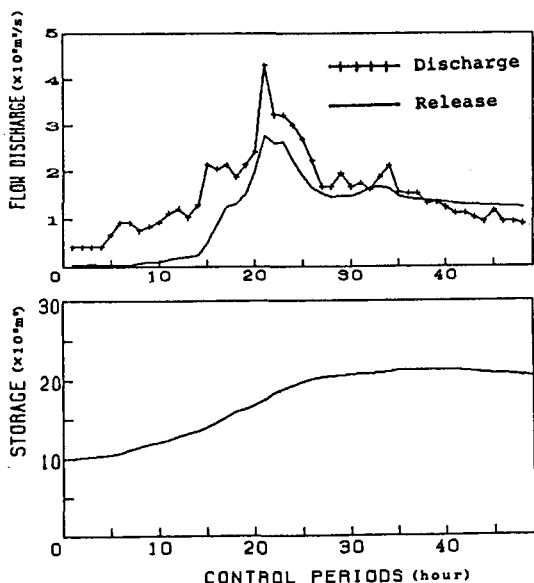


図-3 適用例 (TYPE II)