

大流域における洪水流出予測システムのモデル化

岐阜大学大学院 学生員○山田久志
 岐阜大学工学部 正員 小尻利治
 岐阜大学工学部 学生員 竹川 勝

1. はじめに

本研究は、流域面積が数千km²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) 簡易型数値モデル：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⁾。

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

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

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)は非線形フィルタとなるため、拡張カルマンフィルタ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、確実に大規模な洪水が到来すると予測された場合のように、原則以外の操作をする方が、洪水防御の効果をより高めることができる場合がある。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。

$$\text{if } S(t) \text{ is } A_i, Q I(t) \text{ is } B_j, \Delta Q I(t) \text{ is } C_k, Q T(t) \text{ is } D_l, \text{ then } Q O(t) = z_{i,j,k,l} \quad (3)$$

ここに、 $S(t)$:時刻tにおける貯水池の期末貯水量、 $Q I(t)$:時刻tにおける貯水池への流入量、 $\Delta Q I(t) = Q I(t+1) - Q I(t)$:時刻tにおける貯水池への予測流入増加量、 $Q T(t)$:予測総流入量、 $Q O(t)$:放流量で

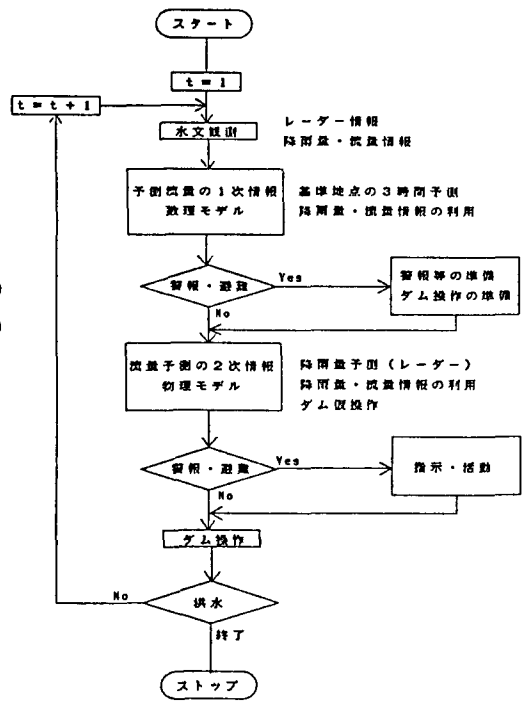


図-1 洪水予測システムの概略フロー

ある。また、 A_i, B_j, C_k, D_l は、各要因のファジィ集合であり、それぞれ次式で表わされる。

$$A_i(S(t)) = 1 / \exp\{a_i(S(t) - S_i)^2\} \quad (i=1,2,3,4) \quad (4)$$

$$B_j(QI(t)) = 1 / \exp\{b_j(QI(t) - Q_j)^2\} \quad (j=1,2,3,4,5) \quad (5)$$

$$C_k(\Delta QI(t)) = 1 / \exp\{c_k(\Delta QI(t) - \Delta QIk)^2\} \quad (k=1,2,3,4,5) \quad (6)$$

$$D_l(QT(t)) = 1 / \exp\{d_l(QT(t) - QT_l)^2\} \quad (l=1,2,3,4,5) \quad (7)$$

a_i, b_j, c_k, d_l は各々の段階における定数である。いま、 $S(t) = s, QI(t) = qi, \Delta QI(t) = dq_i, QT(t) = qt$ 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。

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

ii) 前件部の適合度を求める。

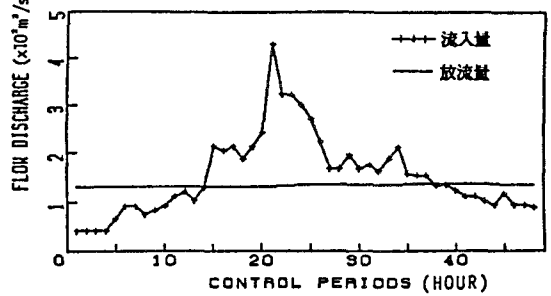
$$\omega_{ijk1} = \min\{A_i(s), B_j(qi), C_k(dqi), D_l(qt)\} \quad (8)$$

iii) 推論値を求める。

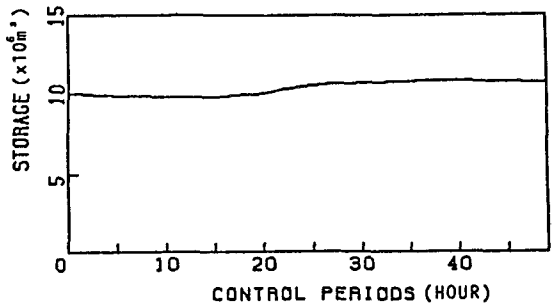
$$QO(t) = \frac{\sum_{ijk1} \omega_{ijk1} \cdot Z_{ijk1}}{\sum_{ijk1} \omega_{ijk1}} \quad (9)$$

4. 適用と考察

適用は、岩屋ダムにおける昭和61年7月出水を対象に行なった。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。岩屋ダムの計画洪水流量は、 $2400 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、これは過去の洪水流入量と較べて格段に大きいため、計算容量は実際の10分の1と仮定した。図-2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、操作開始貯水量は、ともに容量の3分の2に設定してある。(a)において放流量系列に着目すると、予備放流、洪水調節(ピークカット)、洪水処理の各作業を行っており、一定流量に平滑化されているのがわかる。なお、紙面の都合により割愛したが、メンバーシップ関数の勾配を緩やかにすると、放流量は多少大きくなる傾向が得られている。これは、各要因のメンバーシップ値が大きくなるのが原因と考えられる。



(a) 流入量および放流量



(b) 貯水量

図-2 岩屋ダムでの適用例

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なっている柔軟で適応性が高い操作法に近いものである。岩屋ダムでの適用では、基準地点(今渡)の流出量を考慮していないが、今後は、基準地点の洪水防御を加味した操作法が課題となる。

<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)十合貴弘：貯水池操作システムへのファジィ理論の適用に関する研究，京都大学修士論文，1987。