

予測情報を取り入れたダム貯水池の ファジィ制御に関する研究

岐阜大学工学部 正会員 小尻利治
岐阜大学大学院 学生員 藤井忠直
岐阜大学工学部 学生員 ○志村 敦

1. はじめに ダム管理者が操作を行う場合、通常洪水時は操作規則にしたがって操作を行えばよいが、異常洪水は氾濫の危険性が大きくなるため熟練オペレータでも操作が困難である。そこで本研究では、天気予報、降雨量などの気象情報を生かす異常洪水時の貯水池操作エキスパートシステムを構築するものである。

2. エキスパートシステムの構成 藤井の提案している知識ベース型貯水池操作手順(1989)によると、まず知識ベースにおいて過去の多数のデータによりハイドログラフの分類を行う。この分類されたハイドログラフや、気象台からの情報(警報、注意報、なし)、流入量、貯水量を用いて放流量をIF~THEN形式で表したものがルールベースである。そして推論機構において上記天気予報や観測データとルールベースより現時点での放流量を決定する。最後に河道状態などを考慮し、実放流量は意志決定において決定される。こうした操作手順をまとめると、図-1のようになる。

3. 部分システムの概要

3.1 知識ベース ハイドログラフの形状と勾配を目的関数として過去のハイドログラフを4~5個のクラスターに分類する。目的関数は次のように設定する。

$$OF = \max\{|QX(t, m) - FH(t, i)| / FH(t, i)\} \rightarrow \min \quad (1)$$

ここでFHは分類されたハイドログラフFH(i)の時刻tにおける流量、QXはサンプルハイドログラフmの時刻tにおける流量である。

3.2 ルールベース 知識ベース内で分類されたハイドログラフや流入量、貯水量を前件部入力とし、後件部出力である放流量(DP計算による)をIF~THEN形式で記述する。天気予報や流入量の特性によりIF~THEN形式を変え、階層型のルールベースとする(図-2)。天気予報が3通り、ハイドログラフが5個、流入量が7個、貯水量が4個とすると420通りのルールベースが得られたことになる。

3.3 推論機構 ハイドログラフの予測に関して、①形状、②ピーク値で分類されたハイドログラフとの類似度を求める。

①形状: 観測降雨量、観測流入量を用いてフィルタリングにより1時間先の流入量予測を行い(山田、1988)、この流入量系列と分類されたハイドログラフとの類似度を求める。類似度は次式で表される。

$$DS1(i) = \min\{\max\{|QI(t) - FH(t, i)| / FH(t, i)\}\} \quad (2)$$

ここに、QIは予測を含んだ流入量系列である。

②ピーク値: 天気予報により数時間先のピーク流量を予測

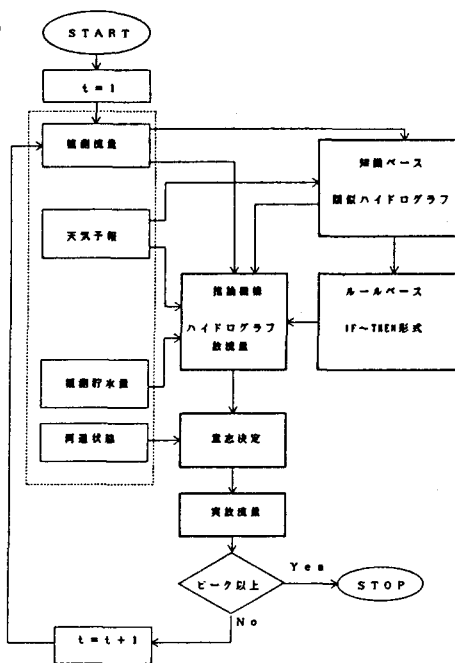


図-1 フローチャート

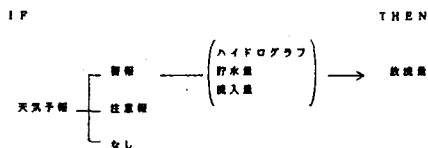


図-2 ルールベース

する。すなわち、天気予報により数時間先までの総降雨量が分かった場合、ルチハの式によりピークの到達時間を、合理式によりピーク流量を求める。このピーク流量と分類されたハイドログラフのピークを比較することにより類似度を求める。

$$DS2(i) = \min\{|QP - FHP(i)| / FHP(i)\} \quad (3)$$

ここにQP、FHP(i)はそれぞれ予測ピーク値、ハイドログラフのピーク値である。そして式(2)、(3)の値を比較してハイドログラフのメンバーシップ値を決定する。なお、メンバーシップ関数は次式のようになる。

$$DS(i) = \max\{DS1(i), DS2(i)\} \quad (4) \quad fhe'(DS) = 1/ah * \{ah - DS(i)\} \quad ah: \text{パラメータ} \quad (5)$$

また、フィルタリングにより予測残差が求められるので、予測残差の影響を考慮してメンバーシップ関数の最大値を次式より規定する。

$$fh_{\max} = 1 - (\sigma / \sigma_{\max}) * 0.5 \quad (6)$$

σ : フィルタリングによる予測残差、 $\sigma_{\max}$: 考えうる予測残差の最大値
式(5)、(6)を比較してハイドログラフのメンバーシップ値を決定する。

$$fhe(DS) = \min\{fhe'(DS), fh_{\max}\} \quad (7)$$

一方、異常出水の対応として、知識ベースの放流量を次式のように修正する。

$$MQR(i, j, k) = (1 + DS'(t, i))QR(i, j, k) \quad (8)$$

$$DS'(t, i) = (\text{sign}) \min\{\max\{|QI(t) - FH(t, i)| / FH(t, i)\}\} \quad (9)$$

ただし、(sign)は正負を表す記号である。したがって、流入量、貯水量のメンバーシップ値をそれぞれfde(QI)、fse(S)とすると、実放流量Q0はファジィ推論により次式で求められる。

$$Q0 = \sum \omega_{ijk} \cdot MQR(i, j, k) / \sum \omega_{ijk} \quad (10) \quad \omega_{ijk} = \{fhe(DS) + fde(QI) + fse(S)\} / 3 \quad (11)$$

ここに、 ω_{ijk} は適合度である。また、後件部にあいまい性を加えるとき、次のようなメンバーシップ関数を設定する。

$$frq(i, j, k) = 1 / arl * \{-|Q0 - MQR(i, j, k)| + arl\} \quad (12)$$

このとき修正放流量は、ファジィ最大化、最小化手法を用いて以下のようになる。

$$fre(q0) = \sqrt{(frq(i, j, k) \wedge \omega_{ijk})} \quad (13) \quad Q0' = \int fre(q0) q0 \cdot dq0 / \int fre(q0) dq0 \quad (14)$$

3.4 意志決定 天気予報、河道状態、予測精度などを考慮し、将来にわたって人工洪水が生じないことを確認し、実放流量を決定する。

4. 適用と考察 昭和63年9月19日～20日の出水記録を現観測流量として制御を行った。図-3は本手法による制御結果である。下段の点線は流入量、実線は放流量、縦線は予測残差を表す。図より流出予測の精度が悪いにもかかわらず、放流量系列はかなり平滑化されているのがわかる。

5. 終わりに 本研究では異常洪水時の貯水池のエキスパートシステムを構築すべく、天気予報や降雨量などの気象情報を生かし、ファジィ推論による実時間操作によりその実用性を高めた。後件部にあいまい性を加えた結果等、詳しい適用結果は講演時に述べる。

6. 参考文献

藤井忠直: 知識ベースを用いた貯水池の実時間操作、第44回年次講演会、1989

山田久志: 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、岐阜大学修士論文、1988

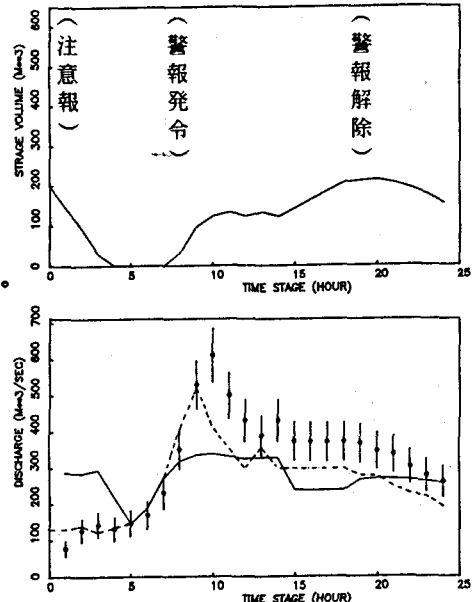


図-3 適用結果