

洪水時における貯水池操作支援システムの開発

岐阜大学工学部 正 員 小尻 利治
 岐阜大学大学院 学生員 榊間 繁樹
 岐阜大学工学部 学生員 ○石塚 吾歩路

1. はじめに

我が国の河川が洪水を引き起こす主な要因として、地形、地質、降雨の継続時間、強度があげられる。台風時の雨は台風の経路により予測できる場合が多い。台風の経路と降雨とを関連させることは、的確な流入量予測、及び、的確な放流量決定を達成する上で合理的手段と思われる。ただし、実時間操作としての的確な判断を下していくには、自らの経験をふまえ、推論することのできるエキスパート（熟練工）がいなくてはならない。そこで本研究では、非エキスパートであったとしてもエキスパートと同レベルで治水操作ができる意志決定支援型のエキスパートシステムの開発を目指したものである。

2. 貯水池操作支援システム

本研究では、入力情報として、現在までの台風経路、降雨量、流量、貯水量の観測値と気象台より出される予測降雨量である。まず過去の資料より代表的な台風経路、ハイトグラフ、ハイドログラフを分類しておく。続いて、各ハイトグラフに対して設定された入力状態、貯水状態のもとで最適制御を行い知識として保存しておく。一方、実時間においては、①台風経路より今後の類似経路を求める。②台風の類似性とハイトグラフの類似性より今後のハイトグラフを推定する。③台風の類似性とハイドログラフの類似性及び、天気予報によるピーク流量の類似性より今後のハイドログラフを推定する。④ハイドログラフと同様に放流量を推定する。これは現場で算定できるようPCレベル上での実用化が必要である。以上の手順をまとめると図1のような推論過程である。

3. 推論機構

分類されたパターンに対する台風、降雨、流量情報には曖昧要素が多いので、ファジィ推論を導入して予測を行う。推論項目毎の定式化は以下になる（図2参照）。

1) 台風予測進路の算定

$$PRETY(t) = \sum_{bi} ftyp(dt(bi)) * RETY(ti) / \sum_{bi} ftyp(dt(bi)) \quad (1)$$

ftyp: メンバシップ関数 dt: 現台風と代表台風の距離

bi: 類似度の高い台風番号

RETY(ti): 代表台風における今後の位置

2) 予測ハイトグラフの算定

$$PREHYE = \sum_{bi} \sum_j fhye(dhe(bi, j)) * REHYE(t) / \sum_{bi} \sum_j fhye(dhe(bi, j)) \quad (2)$$

fhye: メンバシップ関数 dhe(bi, j): 代表台風biでの代表ハイトグラフjとの距離

REHYE(t): 将来の降雨量

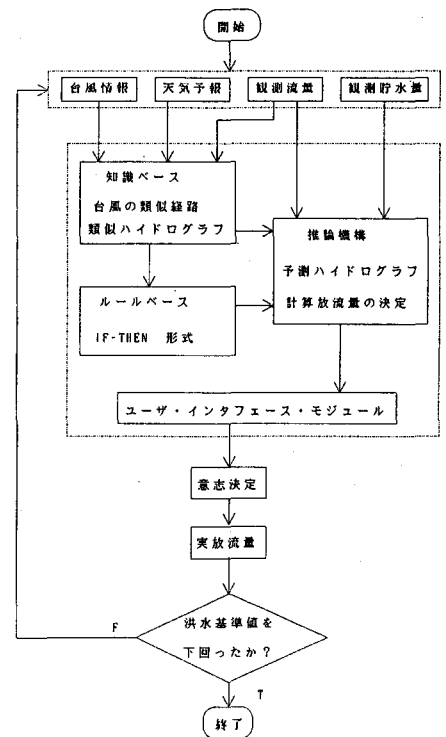


図1 貯水池操作手順

3) 予測ハイドログラフの算定

$$\text{PREHYD} = \frac{\sum_{bi} \sum_j \text{fhyd}(\text{dhd}(bi, j)) * \text{REHYD}(t)}{\sum_{bi} \sum_j \text{fhyd}(\text{dhd}(bi, j))} \quad (3)$$

fhyd: メンバシップ関数 dhd(bi, j): 代表台風biでの代表ハイドログラフjとの距離

REHYD(t): 将来の流入量

4) 放流量の算定

天気予報の利用は、気象台から出される予測総降雨量を利用してピーク求め、代表ハイドログラフとのピークに関する類似度とする。すなわち、fhydp(dp(we))である。さて、放流量の推論は、ハイドログラフ1、流入量m、貯水量nの時にDPより与えられており、IF-THEN形式で表現できる。但し、適合度は、

$W(1, m, n) = \{\text{fhyd}(\text{dhd}(bi, j)) + \text{fqim}(qi) + \text{fson}(so)\} / 3$ (4) となる。ここでピークの曖昧性を考慮するため、用いる適合度は、

$$W'(1, m, n) = \{W(1, m, n) + \text{fhydp}(\text{dp}(\text{we}))\} / 2 \quad (5)$$

また、異常出水への対応が必要でありズレDS(ty)として、

$$\text{DS}(ty) = (\text{sign}) \max[\min\{(\text{QI}(t) - \text{FHYD}(t)) / \text{FHYD}(t)\}]$$

(6) を求める。(sign)は、距離が+側か-側かを示す記号である。

同様に、ズレDS(we)はピークに関しても、

$$\text{DS}(we) = (\text{sign}) \min[\{Qp - \text{FHYDp}(t)\} / \text{FHYDp}(t)] \quad (7)$$

となる。この2つのズレの平均をとって全体のズレDSとする。

$$\text{DS} = \{\text{DS}(ty) + \text{DS}(we)\} / 2 \quad (8)$$

ズレDSを考慮した修正放流量MQR(1, m, n)は、

$$\text{MQR}(1, m, n) = \{1 + \text{DS}\} * \text{QR}(1, m, n) \quad (9)$$

よって放流量Q0は、

$$Q0 = \sum W(1, m, n) * \text{MQR}(1, m, n) / \sum W(1, m, n) \quad (10)$$

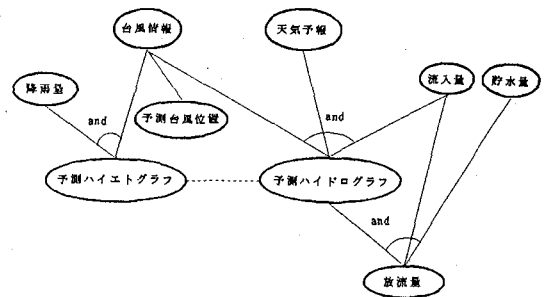


図2 放流量の多段階推論

4. 確信度の表示

最終的に決定された放流量が、どれぐらい信頼あるものか確かめるために確信度を導入する。ハイドログラフ、流入量、貯水量のすべてに関して求められた適合度を利用して確信度をCF理論¹⁾によって求める。すなわち、

$$\begin{aligned} \text{CF} = & \sum W(1, m, n) - \sum W(1, m, n) * W(1, m, n) + \sum W(1, m, n) * W(1, m, n) * W(1, m, n) \\ & - \sum W(1, m, n) * W(1, m, n) * W(1, m, n) * W(1, m, n) + \dots \quad (11) \end{aligned}$$

ここに、W(1, m, n)はハイドログラフ1、流入量m、貯水量nの式(10)より得られる適合度であり、放流量に対するルールの確信を表している。

5. おわりに

本研究は、横山ダムを対象とした洪水時における貯水池操作について検討したもので、操作画面の作成にあたっては、台風経路・ハイトグラフ・ハイドログラフの予測、計算放流量はもちろんのこと、現況状態の確認、計算結果へ導くまでの推論過程、計算結果(放流量)の信頼性をユーザーに分かりやすく表示できるように工夫するつもりである。また、言語はTurbo++を用いてプログラムを作成し、処理速度の短縮を図る。

6. 参考文献

- 1) 館 正道: わかりやすいファジィ理論Ⅱ, コンピュートロール 28, コロナ社 1989, pp25-31