

II-20

貯水池操作システムへのファジイ理論の適用に関する研究

阪急電鉄 正員 十合貴弘
京大防災研究所 正員 池淵周一
岐阜大学工学部 正員 小尻利治

1. はじめに 本研究では洪水対策としてのダム貯水池操作を、台風性降雨について検討する。ダム貯水池操作で必要な入力情報の一つである予測総雨量については、本研究では、当該台風と類似した過去の台風を抽出し、それらを用いて求めることとした。また貯水池の操作法として、本研究においては現状の操作規則を踏まえた上で、ファジイ理論に基づく、ファジイ推論法を適用する。これは熟練した現場のオペレータの経験や知識等を制御規則の形に表現できれば、ファジイ推論法を用いることによって制御アルゴリズムを構成することができ実際のオペレータの総合判断に近い推論アルゴリズムを構成することができるからである。

2. ファジイ制御則によるダム貯水池操作

現行の貯水池操作は原則として操作規則に則って行われるが、実際には洪水流量に満たない規模の小さいものや洪水波形の著しく異なるものが多く、原則以外の方法によるほうがより効果的な調節が行われると考えられる時がある。そこでこのような原則以外のことも考慮できる制御アルゴリズムを構成し、不確かさに見舞われる中でのオペレータの負担を軽減することを考える。

制御規則と制御アルゴリズム**(制御規則)**

前件部については貯水量、現在流入量、流量増加率、予測雨量の4つを入力情報とし、後件部の出力(放流量)はファジイ集合ではなく、確定値とする。(これは非常に限定されたファジイ集合と考えることもできる。)規則の一例をあげると次のようになる。

if (貯水量) = 制限水位 (いくらか余裕がある), (現在流入量) = 洪水流量, (流量増加率) = 一定, (予測総雨量) = 40mm程度 (いくらか小さい), then (放流量) = 流入量と同じだけ放流する
上記のような規則をファジイ分割した空間の組合せの数だけ作成する。

(制御アルゴリズム)

一般に制御規則を次のように表す。

if $S(t)$ is A_i , $QI(t)$ is B_j , $\Delta QI(t)$ is C_k , $R(t)$ is D_l , then $QO(t) = z_{ijkl}$ (1)
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, $\Delta QI(t) = QI(t) - QI(t-1)$:時刻 t における貯水池への流入量の増加率, $R(t)$:予測総雨量, $QO(t)$:放流流量, A_i :貯水量に関するファジイ集合($i=1,2,3,4,5$), B_j :流入量に関するファジイ集合($j=1,2,3,4,5$), C_k :流量増加率に関するファジイ集合($k=1,2,3$), D_l :予測雨量に関するファジイ集合($l=1,2,3,4,5$)

$$A_i(S(t)) = 1 / \exp \{a_i (S(t) - S_i)^2\} \quad (i=1,2,3,4,5) \quad (2)$$

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

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

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

ここに、 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、 $S(t)=s$, $QI(t)=qi$, $\Delta QI(t)=dqi$, $R(t)=r$ のとき放流量は以下の方法で決定される。

1) 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。

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

2) 前件部の適合度を求める。

$$\omega_{ijkl} = \min \{A_i(s), B_j(qi), C_k(dqi), D_l(r)\} \quad (6)$$

3) 推論値を求める。

$$QO(t) = \frac{\sum_{ijkl} \omega_{ijkl} \cdot Z_{ijkl}}{\sum_{ijkl} \omega_{ijkl}} \quad (7)$$

この値が時刻 t において4つの情報が得られたときの放流量となる。以上の計算のフローチャートを示したのが図1である。

3. ダム貯水池制御への適用と考察 台風5906の場合について予測総雨量を用いて、本研究で設定したダム貯水池についての操作の適用例を示す（図2）。メンバーシップ関数のパラメータの大きいものから順にTタイプ、Nタイプ、Lタイプを用いたときの貯水位と放流量系列である。すべて初期貯水量を制限水位としたものであるが、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いるのがわかる。Tタイプ(a)はNタイプ(b)と比べて、貯水位系列がなめらかではない。これはTタイプのメンバーシップ関数の勾配が大きいため、入力変数のファジイ空間が分裂し複数個の制御規則を使って総合判断し難いためであるからと考えられる。またLタイプは貯水位の変動が激しかった(c)。

これは、各ファジイ集合のメンバーシップ関数の勾配が非常に緩やかなので、ある入力についてどの集合に属するか計算するときに、各メンバーシップ値が大きい値をとるため計算時に過敏な反応を示すためと考えられる。

4. おわりに 本研究では、台風性降雨を対象とした洪水対策として類似台風の抽出による降雨量予測と結合したダム貯水池制御法を提案した。ここで用いたファジイ制御法は熟練したオペレータが過去の経験を踏まえて類推により操作量を求めるというプロセスに似ており、通常人間が行っている柔軟で適応性の高い操作方法をモデル化したものと言える。本研究においては制御規則は操作の妥当性を考えて設定したが、オペレータの知識や経験を制御規則に論理化すればよい。またある制御規則を用いて制御を行い、その結果に不都合があればその制御規則の設定を一部変更すれば良い。ファジイ制御器の設計において問題となるファジイ変数のパラメータの決定については本研究では、主観により決定し、いくつかの場合について比較した。その結果、パラメータをあまり小さくとり過ぎると、出力値に関しては正負の絶対値が大きくなり、異常値を示すようになる。したがって、最適なパラメータの同定法が今後の課題となる。

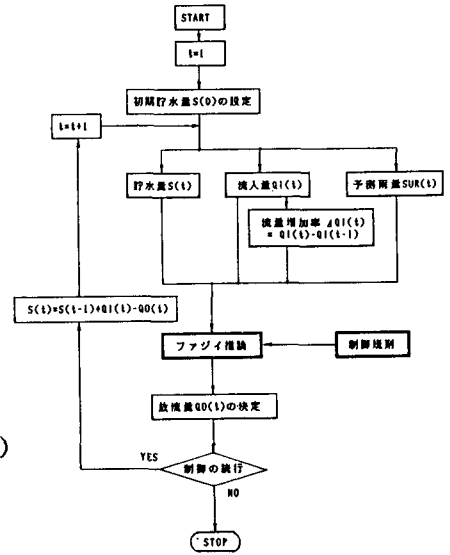
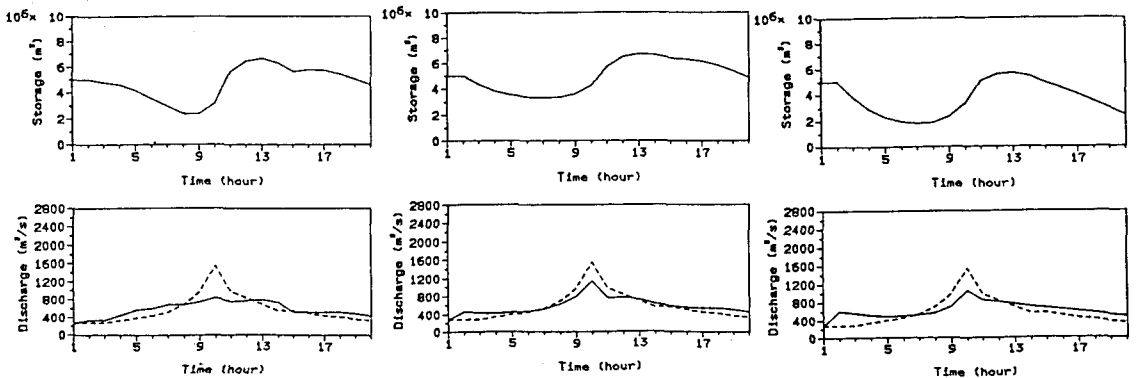


図1 制御アルゴリズム



(a) Tタイプ

(b) Nタイプ

(c) Lタイプ

図2 操作例（— 流入量 — 放流量）