

(Ⅱ -51) ファジィ制御における初期パラメータの決定法と、ダム放流制御への適応

○中央大学 学生員 梶原 謙彰
中央大学 学生員 鈴木 誠一
中央大学 正員 川原 陸人

1 はじめに

水害は、太古から現代に到るまで、つねに我々を苦しめ続けている。特に我が国は、沖積平野に過半数の人口と重要な産業が集中していることもあり、豪雨災害を受けやすいのは宿命とさえ言える。この洪水災害にたいして人は、ダム、堤防、遊水池などの治水施設を技術的、経済的に調和がとれるように設置し、河川の洪水による災害の防止、軽減につとめてきた。そうした中でもダムによる洪水防止は重要であり、その存在は土木工学的に見ても非常に大きなものである。

本研究ではダム放流量の決定法にファジィ制御理論を導入する。ファジィ制御では、'Real Time Control' つまりダム貯水池の水位の情報をもとに、実時間に貯水池内の放流量を決定することが出来るのである。また、制御解析において初期パラメータの決定法に、気象情報からその値を決定する予報適応法を用いている。こうして、ファジィ制御の特徴を生かし実際の洪水調節を考慮した制御解析を行なう。

2 有限要素法

有限要素方程式

ファジィ制御において放流量を決定するために、水位変動量が必要である。本研究では、この水位変動量の観測値を有限要素法により決定している。基礎方程式として線形の浅水長波方程式を用いる。

$$\dot{q}_i + gh\zeta_i = 0 \quad (i=1,2) \quad (1)$$

$$\dot{\zeta} + q_{i,i} = 0 \quad (i=1,2) \quad (2)$$

ここで q 、 ζ は、流量、水位変動量、 g 、 h は重力加速度、水深を表す。ここで (1)、(2) 式において、有限要素法により空間方向に離散化を行ないガラーキン法を適用すると、次のような有限要素方程式が得られる。

$$[M]\{\dot{U}\} + [H]\{U\} = \{0\} \quad (3)$$

ここで、 $\{U\}$ は状態量ベクトル、 $[M]$ 、 $[H]$ は係数行列をあらわす。さらに時間方向の離散化には2段階陽的解法を用いる。

3 ファジィ制御器の設計

ファジィ制御器において放流量は、毎時間ステップ決定される。時刻 t におけるファジィ制御器の入出力関係は次のように表される。

$$\zeta^t, \Delta\zeta^t \rightarrow \Delta q_{out} \quad (4)$$

つまり、貯水池の水位変動量 ζ の情報を元に、放流量の時間増分 Δq_{out} を決定するのである。よって時刻 t における放流量

$$q_{out}^t = q_{out}^{t-1} + \Delta q_{out} \quad (5)$$

を実時間で決定できる事になる。

ここで用いるファジィ制御は、ファジィ関係の合成則に基づくものである。つまりあいまいなファジィ空間において、出力 ζ 、 $\Delta\zeta$ が、メンバーシップ関数を通り、どの適合度に属するかという事になる。適合度 w_i および B^0 を求める式は、次のように表される。

$$w_i = A_{i1}(\zeta^t) A_{i2}(\Delta\zeta^t) \quad (6)$$

$$B^0(y) = \bigvee_{i=1}^n w_i B_i(y) \quad (7)$$

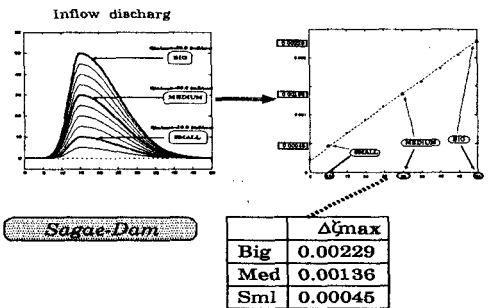
ここで台集合の要素 y の重み $B(y)$ による重み付き平均をとると

$$\Delta q_{out} = \frac{\int B^0(y)y dy}{\int B^0(y) dy} \quad (8)$$

となる。この部分は、一般にファジィ結果の非ファジィ化と呼ばれる。

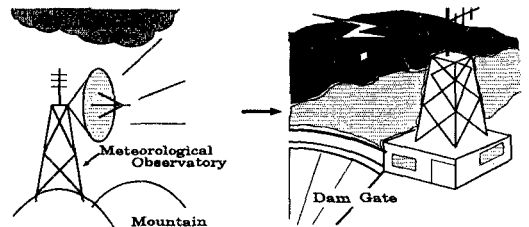
4 初期パラメータ決定法

ファジィ推論にとってメンバーシップ関数の幅を決める事になる初期パラメータ ζ_{max} 、 $\Delta\zeta_{max}$ 、 Δq_{max} の決定は非常に重要である。初期パラメータ ζ_{max} 、 Δq_{max} はそれぞれ水位変動幅、ダムゲート操作機能を表すものであり、ダム管理者が事前に決定できるものである。また、初期パラメータ $\Delta\zeta_{max}$ に関しては、ダム貯水池それぞれが固有の値を持ち、それは洪水流入量の大きさに関係づけられている (下図)。



この関係をもとに、初期パラメータ $\Delta\zeta_{max}$ の決定は以下のように行なわれる。

If 気象予報 is BIG then $\Delta\zeta_{max} = 0.00229$
If 気象予報 is MED then $\Delta\zeta_{max} = 0.00136$
If 気象予報 is Sml then $\Delta\zeta_{max} = 0.00045$



5 数値解析例

実際のダム放流制御方法は、予備放流制御・定水位制御・定比率制御・定放流制御などがあり、これらを一連の動きとしてダムゲート制御を行なっている。この様な一連の動きに対しても一括して制御する事が出来るのがファジィ制御の特徴でもある。

本研究では、2種類の洪水制御について考える。1つは、ダム貯水池の水位変動を出来るだけ少なくする Flat Control、もう1つは、先に述べた実際のダム放流制御法、P.F.R.C Control について制御解析を行なう。ファジィ制御で用いるファジィ制御規則 [4] は、flat Control には Fuzzy Control Rule No.1 を、P.F.R.C Control には Fuzzy Control Rule No.2 を使い分ける。ダムモデルとして山形県寒河江川上流域に位置する寒河江ダムを用い、いずれも洪水流入量は、Big、Med、の2種類とし、それぞれに対する制御結果を示す。

	PB	PM	PS	$\Delta \zeta$ ZO	NS	NM	NB
PB				PM	NS		
PM				PM	NM		
PS				PS	NS		
ZO	PB	PM	PS	ZO	NS	NM	NB
NS		PS	PS	NS	NS	NM	
NM		PS		NM		NM	
NB		PS		NM		NM	

Fuzzy Control rule No.1

	PB	PM	PS	$\Delta \zeta$ ZO	NS	NM	NB
PB				PS			
PM				PS	ZO	ZO	NB
PS	PB	PB	PB	ZO	NS	NS	NS
ZO	PB	PB	PB	NS	NS	NS	NS
NS			NS	NS	NS	NS	NS
NM							
NB							

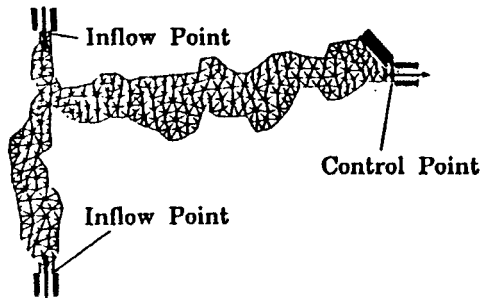
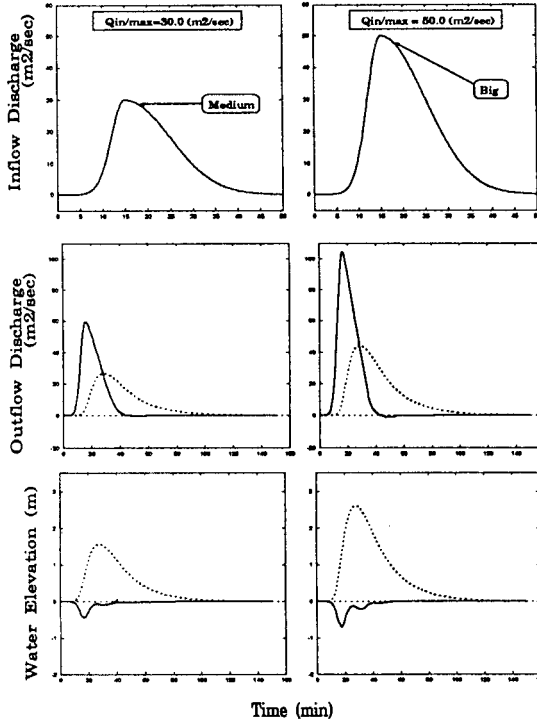
Fuzzy Control rule No.2

Flat Control

--- Non-Control
— Fuzzy Control

$$\Delta \zeta_{\max} = 0.00136$$

$$\Delta \zeta_{\max} = 0.00229$$

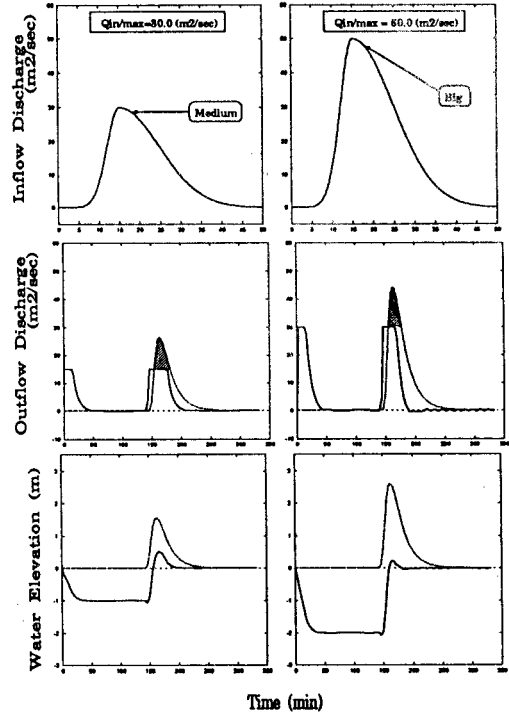


P.F.R.C Control

$$\Delta \zeta_{\max} = 0.00136$$

--- Non-Control
— Fuzzy Control

$$\Delta \zeta_{\max} = 0.00229$$



6 終わりに

実際問題を考えた時、洪水という挙動に対しては Flat Control つまり常に水位を制限水位 0 (m) にする制御は、放流量に制限がないため河川下流域へ被害をもたらす可能性が大である。それに対して P.F.R.C Control の様に、あらかじめダム貯水池の水位を下げ洪水による流入量を貯めながら放流し、かつ放流量を制限する制御方法の方が上流域・下流域共に安全を確保出来るのである。今後は、種々の洪水波形に対して解析を行ない、このような現実問題に対して検討して行き、ファジィ制御の信頼性を追及して行く次第である。

参考文献

- [1] S.Suzuki, K.Kajiwara and M.Kawahara, "Fuzzy Control To Operate Water Gate Of Dam Based On Finite Element Method", 6th International Symposium on Computational Fluid Dynamic, vol.3, pp.1225-1230, (1995).
- [2] K.Sasaki and M.Kawahara, "Stochastic Optimal Control for Dam Gate", 8th International Symposium on Finite Element in Fluids, vol.2, pp.1300-1307, (1993).
- [3] 照井 太一・佐々木 健一・川原 睦人, "最適制御理論を用いたダム水門操作による洪水制御", 土木学会平成 7 年度全国大会, (1995) .
- [4] 菅野 道夫, ファジィ制御, 日刊工業新聞社, (1988) .