

II-45

ファジィ推論をベースにしたダム貯水池の実時間操作

京都大学防災研究所 正 員 池淵 周一
 京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 〇宮川 裕史
 京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 河端 伸一郎

1. はじめに: 気象・水文予測システムとダム管理者の実績や経験を踏まえた判断情報を併合した制御法として、ファジィ制御理論をダム貯水池の洪水時の実時間操作に適用する。その意義として、(1)ダムの状態と放流量とのあいだの複雑な関係を、複数個の局所的関係の集合体を用いることにより表現することが出来る、(2)ファジィ制御規則は論理的であるためエキスパートの意思のモデル化として最適である。また例外処理は条件つき規則の形で記述できる、(3)ファジィ制御規則が日常言語をそのまま使えるためオペレーターとの対話的制御に適しており規則の修正も容易である、などがあげられる。本研究ではとくに、前件部要因に流入量予測とその誤差分散を導入し、推論法1¹⁾を用いた制御法を示す。

2. ファジィ推論: いま例示のためファジィ制御規則が2つの場合すなわち、 $R_1: \text{if } x_1 \text{ is } A_{11} \text{ and } x_2 \text{ is } A_{12} \text{ then } y \text{ is } B_1$, $R_2: \text{if } x_1 \text{ is } A_{21} \text{ and } x_2 \text{ is } A_{22} \text{ then } y \text{ is } B_2$ についてファジィ推論を概述したものが図-1である。図中には、前提(あるいは状態) x_1^0 , x_2^0 が確定値の場合を示しているが、前提のあるものが不確実さによるファジィ値として解釈すべきときは、その前提を $x_j^0 = A_j^0$ として、図-2のように扱う。

3. 仮想ダム貯水池への適用: ①ダム貯水池系の諸元

貯水位(貯水量に換算する, 単位: m^3): 常時満水位 10000000, ただし書き操作開始水位 7500000, 制限水位 5000000, 確保水位 2500000; 流量(単位: m^3/sec): 計画流入量(ダム地点での計画高水流量) 2800, 洪水流量 700, 計画最大放流量 2000

②ファジィ前件部・後件部の構成要因 前件部変数は、時刻 t での貯水位 $S(t)$, 流入量 $QI(t)$, 流入量増加率 $\Delta QI(t)$, 予測流入量増加率 $\Delta QI(t+dt)$ の4種、後件部変数は、時刻 t での放流量 $QO(t)$ とする。なお、予測流入量については、kalman流のfiltering・予測理論を用いて、時刻 $(t+dt)$ での流入量が、平均値と分散で与えられるとする。また、時刻 $(t+dt)$ での貯水位 $S(t+dt)$ は、ダムの連続式 $S(t+dt) = S(t) + QI(t) - QO(t)$ を用いて求められるとする。

③ファジィ空間分割 本研究では、洪水時の実時間操作を的確に行うために必要な各変数の分割空間の最小値を、貯水位、流入量は5個の空間に、流入量増加率、予測流入量増加率は3個、放流量は6個の空間にそれぞれ分割した。また各変数のメンバーシップ関数とその形状は計算の簡便さを考慮し、図3, 図4に示すように三角形型にした。

④推論方法の決定 文献2)では推論法3¹⁾を用いたが、本研究ではダム操作での入出力関係を関数関係で表さずに、後件部もファジィ集合で表現し、推論結果の解釈のより容易な推論法1を用いた。

⑤制御規則 ダム上・下流部での洪水による被害の最小化を前提とし、流入量ピークの低減、放流量の急激な増減を防ぐことを目的に、推論法1に従い225個のルールを作成し、規則数のランプ化により、44通りに減らすことができた。その一部を表1に示す。

4. 適用と考察: 降雨・流出の遅れ時間の有無にかかわらず、1時間先の流入量が時々刻々予測されるとし、その平均値パターンとして中規模洪水だけでなく、計画規模を越える洪水も含めて比較検討した。ここでは予測量の取扱いの差異による比較を中心に述べる。上述の方法により与えられる予測量のうち、平均値のみを取り入れる場合と平均値・分散を取り入れる場合とを比較する。分散については、平均値と分散との比(変動係数)に変換し、ファジィ推論の際には2. で述べたようにファジィ値として扱う。本研究では変動係数が0.1, 0.3の2ケースを考え、いずれも時間軸上で一定であるとする。流量ピークが短時間のうちに複

数回生起するものを用いたときの結果を図5に示す（いずれも貯留量は最大でも $8.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ であり、常時満水位を下回っている）。この場合、分散を導入すると放流量の最大値に差はないものの、全般的に放流量が若干多くなっている。すなわち、分散を導入することにより、予測量のあいまいさを大きくとり、超過洪水に備えるために推論結果としての放流量が大きくなっている。その他の結果ともあわせ考察すると、①ファジィ制御による実時間操作の場合、現行操作に比べて貯水池の貯留機能が強く、特に超過洪水の場合に有効な手段であるといえる、②通常の洪水は計画規模を大幅に下回る中小洪水だが、ファジィ制御による操作の場合、中小洪水に対しても、熟練オペレーターの判断に沿う結果が得られた、③推論法1を用いた制御の場合、制御規則を適切に与えれば、大規模洪水にも対処することができる。

5. あとがき：今後の検討課題として、①数時間先の予測量がダムへの入力として与えられた場合のファジィ制御への導入のし方や、乗算的に増加する制御規則のランプ化についての検討、②ファジィ変数の空間分割や、メンバーシップ関数の決定方法についての検討、がある。

〈参考文献〉1) 菅野道夫著、ファジィ制御、日刊工業新聞社刊、1988.、2) 小尻・池淵・十合
ファジィ制御によるダム貯水池の実時間操作に関する研究、京大防災研年報、第30号B-2、1987.

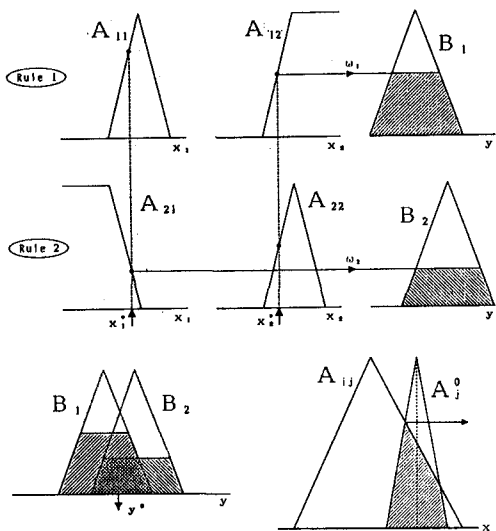


図1 ファジィ推論の手順

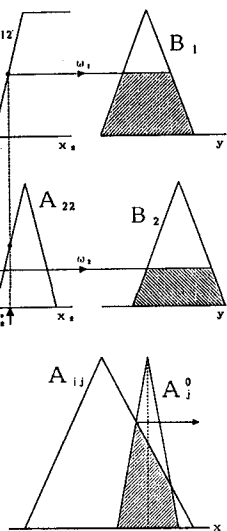


図2 不確実性の処理

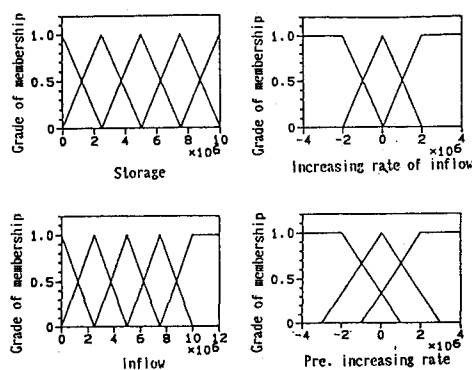


図3 前件部のメンバーシップ関数

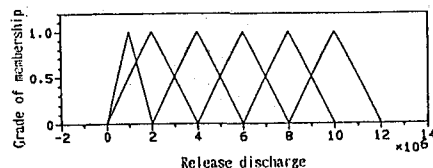
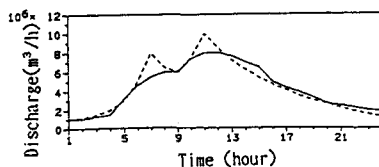


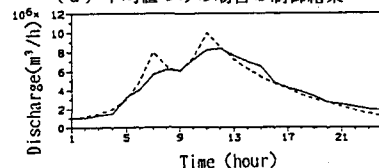
図4 後件部のメンバーシップ関数

Rule	S(t)	QI(t)	Antecedent	QI(t+dt)	Consequent
R22	SM	EL	IN	IN	NM
R23	SM	EL	IN	CO, DE	VL
R24	SM	EL	CO, DE	ANY	VL
R25	SM	VL	IN	IN, DE	VL
R26	SM	VL	IN	CO	LA
R27	SM	VL	CO, DE	ANY	LA
R28	SM	LA	IN	IN, DE	LA
R29	SM	LA	IN	CO	SM
R30	SM	LA	CO, DE	ANY	SM
R31	SM	SM, ML	ANY	ANY	NI
R32	VS	EL	ANY	ANY	LA
R33	VS	VL	ANY	ANY	SM
R34	VS	SM, ML, LA	ANY	ANY	NI

VL:very large, EL:extreme large, LA:large, ML:more or less large,
IN:increasing, CO:constant, DE:decreasing,
MA:maximum, NM:nearly maximum



(a) 平均値のみの場合の制御結果



(b) 分散を導入したときの制御結果

(変動係数0.1) — ; Release
--- ; Inflow

図5 2山型洪水への適用