

II-359

タイプ2ファジイ集合を用いた渇水時貯水池操作分析モデル

京都大学工学部 正員 高棹琢馬
 京都大学工学部 正員○ 堀 智晴
 愛知県 佐々木 要

1 諸言 渇水調整を行なう際には、現在ある貯水量を将来に対してどのように時間配分するかが重要な問題になる。この意思決定の際には、将来の降雨あるいは流量の予測情報とその精度が重要な要素となるほか、意思決定基準、すなわち節水の程度によってどの程度の不満足性(被害)が生じるのかも重要である。ところで、この意思決定基準は多分に曖昧性を含んでいる。もちろん、節水によって生じる被害を計量化する手法は種々考案されているが、数値的に表現しにくい要素もあり、実際の渇水調整では明確な指標による政策決定が行なわれるには至っていない。

以上のように考えると、現実の渇水調整は、曖昧な予測情報下で曖昧な基準による意思決定を行なわなければならない問題と定義することができる。この場合、予測情報の持つ精度と意思決定基準の持つ曖昧性との相互関係が、決定結果の持つ精度に大きく影響することになる。例えば、予測情報の信頼性が低い状態で厳しい基準に固執した議論をしても、意味のないことは容易に想像できる。

筆者らは、これらの点を分析するために、貯水池に与えられた目標放流量および貯水量をファジイ集合で表現することにより、渇水調整問題をファジイ意思決定問題としてモデル化する方法を提案した[1]。この手法は、放流量や貯水量が目標値を下回った際の満足度合をメンバーシップ関数で表現し、その形状の違いによって、間接的に意思決定基準の曖昧性を表現したものである。しかし、予測情報のもつ精度と意思決定基準の持つ曖昧性が、政策決定過程に及ぼす影響を分析するためには、その曖昧性を陽に表現できるモデルの方が望ましい。そこで、意思決定基準をタイプ2ファジイ集合で表現することでその曖昧性を陽に表現し、この基準の下で放流量を決定する渇水調整モデルを作成した。

2 タイプ2ファジイ意思決定問題としてみた渇水時貯水池操作モデル タイプ2ファジイ集合とは、ファジイ集合 C を特性づけるメンバーシップ関数 $\mu_C(x)$ が、 x の値に応じてファジイ集合(ファジイグレード)で表

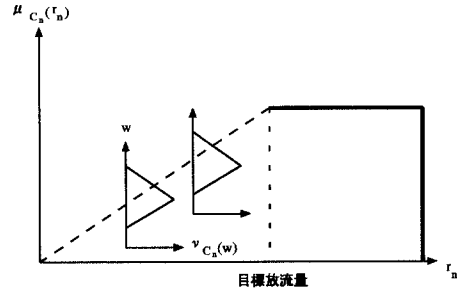


図1 タイプ2ファジイ集合を用いた意思決定基準の表現

現される集合である[2]。このとき、 $\mu_C(x)$ をファジイメンバーシップ関数とよび、 $\mu_C(x)$ を特性づける $[0,1]$ 上のメンバーシップ関数を $\nu_C(w)$ と書くことにする。したがって、図のようにタイプ2ファジイ集合を用いて、目標放流量などを定義すると、ファジイメンバーシップ関数の形状を表すパラメータ(3関係形状のものならその底辺の大きさ)が、その基準の持つ曖昧性を表現していることになる。したがって、 n 期の目標放流量 C_n および終末期 N の期首の目標貯水量 G_N が、ともにタイプ2ファジイ集合で与えられた時、

$$D = C_1 \cap C_2 \cap \dots \cap C_{N-1} \cap G_N \quad (1)$$

を満足するファジイ決定 D の最大グレードを与える放流量を求めることになる。

3 放流量決定アルゴリズムの導出 式(1)を満足する放流量を求める手順を考えよう。まず、 n 期期首の貯水量 s_n を固定して考えると、 n 期中の流入量の予測情報 V_n (ここではファジイ集合で与えられると考える)に応じて、放流量 r_n を選択した際の $n+1$ 期期首の貯水量状態を表すファジイ集合 S_{n+1} が得られる。 S_{n+1} がタイプ2ファジイ目標 G_n を満たすような集合 F_{n+1} は、

$$F_{n+1} = S_{n+1} \cap G_{n+1} \quad (2)$$

で与えられる。 F_{n+1} はタイプ2ファジイ集合であって、その s_{n+1} に対するファジイグレードを特性づけ

るメンバーシップ関数を $\nu_{F_{n+1}}(w)$ とする。ここで、各 s_{n+1} に対し、 $\nu_{F_{n+1}}$ と w 軸が囲む領域の重心の w 座標を $g(s_{n+1})$ とする。 $g(s_{n+1})$ は s_{n+1} がファジイ目標を満足する平均的な程度を表す数値的指標である。そこで、 $g(s_{n+1})$ の最大値を ζ_{n+1} 、 ζ_{n+1} を与える s_{n+1} を s_{n+1}^* とする。また、 s_{n+1}^* に対する $\nu_{F_{n+1}}(w)$ は、 $w \in [0, 1]$ 上のファジイ集合であり s_n 、 r_n に対応して決まるから、これを $\eta_{n+1}(w|s_n, r_n)$ とする。

n 期の貯水量 s_n を一つ選ぶと n 期の放流量 r_n に応じて $n+1$ 期期首の貯水量を与えるファジイ集合 S_{n+1} が決まる。この S_{n+1} がタイプ2ファジイ目標 G_{n+1} を満足する度合を表す非ファジイ指標が $\zeta_{n+1}(s_n, r_n)$ であり、ファジイ指標が $\eta_n(w|s_n, r_n)$ である。 s_n を固定すると、 r_n の値に応じて $\eta_n(w|s_n, r_n)$ が決まるから、結局、 η_{n+1} は放流量 r_n 上にタイプ2ファジイ集合を定義することになり、これを F_n' と書くことにする。タイプ2ファジイ集合 F_n' は、 s_n を固定した時に選択した r_n に対する目標 G_{n+1} の満足度を表している。

さて放流量 r_n はタイプ2ファジイ制約 C_n によって規定されているから、目標・制約をともに考慮した際の満足度合は、

$$F_n'' = F_n' \cap C_n \quad (3)$$

によって与えられる。 F_n'' は、タイプ2ファジイ集合なので、最大決定として、ファジイグレード $\mu_{F_n''}(r_n)$ を特性づけるメンバーシップ関数 $\nu_{F_n''}(w)$ と w 軸が囲む領域の重心の w 座標 $h(r_n)$ の最大値を与える放流量 r_n^* を最大決定とする。

以上の手順を、 s_n の各値に対して行なえば、対応する最大決定 r_n^* と、 r_n^* によって得られる満足度を表す $w \in [0, 1]$ 上のファジイ集合 $\nu_{F_n''}(w)|_{r_n^*}$ が得られる。この ν は、 s_n 上のファジイグレードであるから、 s_n のすべての値について考えれば、結局、 s_n 上のタイプ2ファジイ集合が得られることになり、これが n 期期首のファジイ目標を与えることになる。

以上の操作を、 $(N+1)$ 期期首より、現在時刻(1期期首)まで繰り返すことにより、各期の貯水量状態に応じた放流政策が決定される。

4 適用と考察 3. で求めた解法のチェックを行なうために、貯水量・放流量を21のレベルに分割し、1期のみの放流量決定計算を行なった結果を表-1に示す。流入量予測情報は、レベル10を中心とする三角

表1 適用結果の一例

予測		0			5			10		
基準		0	5	10	0	5	10	0	5	10
現在時刻の貯水量レベル	0	5	5	5	6	6	5	6	6	6
	1	5	5	5	6	6	6	7	7	7
	2	6	6	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	7	7
	4	7	7	7	7	7	7	8	8	8
	5	7	7	7	8	8	7	8	8	8
	6	8	8	8	8	8	8	8	8	9
	7	8	8	8	8	8	8	9	9	8
	8	9	9	9	9	9	9	9	9	10
	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	13	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	14	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	16	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	17	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	18	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	19	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10

形ファジイ集合で与えている。表中の「予測」の欄はその底辺の幅のレベル数である。同様に、「基準」の欄は意思決定基準の曖昧性を表し、目標貯水量・放流量をタイプ2ファジイ集合で与えた時の、ファジイグレードを特性づける三角形メンバーシップ関数の底辺の幅である。曖昧性が0の欄が従来のファジイ意思決定に相当する。

表-1より、曖昧性の増大につれて楽観的な決定が行なわれていることがわかる。

5 結語 本研究では、意思決定基準の持つ曖昧性を陽に考慮した渇水時貯水池操作モデルを提案し、その解法アルゴリズムを導いた。なお、意思決定基準の精度や予測情報の精度が、貯水池放流量の決定に与える影響を考察するためには、非ファジイ化された決定そのものだけでなく、解そのものの持つ曖昧さ(メンバーシップ関数の形状等)について分析する必要がある。今後、本モデルを用いて考察していきたい。

参考文献

- [1] 高樟・椎葉・堀：京大防災研年報第38号B-2, 1995.
- [2] 水本：ファジイ理論とその応用, 1988.