

渇水時の実時間ダム操作に関する2, 3の考察

京都大学防災研究所 正員 池淵周一
 京都大学防災研究所 正員 小尻利治
 大阪ガス 正員 大下静男
 会計検査院 正員 寺沢 剛

1. はじめに 現在のダム貯水池における低水時の実時間操作は、取水地点で必要量をみたす範囲で、できるだけ貯水量を満杯近くしておく方法がとられている。一方、渇水時には、不足量の判定にともなって給水・取水制限が加わるため、多分に行政的操作が含まれることになる。そこで、本研究では、渇水時を対象とし、種々の観点よりとらえた渇水被害を物理的に評価して、社会的満足度が得られる貯水池操作方法の確立と無降雨期間の統計的性質をもとにした実時間操作方式を提案しようとするものである。

2. 渇水時の実時間操作方式 渇水時は通常の低水時とは異なり、 $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ の流量の増減を日単位で把握することが必要で、そのために、ダム貯水池の現状把握から入力予測、最適放流量決定までの一連の作業をすみやかに行うことが重要であり、図-1のようなトータルシステムを考える。

(1) 気象観測処理システム：一定時間内の一連の降雨事象は、平均無降雨日数が平均降雨日数に比べてかなり大きい場合、それぞれの降雨事象は互いに独立であるとみられるので、無降雨継続時間(t_b)は次の指数関数として表わされる。

$$f_{t_b}(t_b) = \omega e^{-\omega t_b} \quad (1)$$

ただし、自然流量がある基準量以下になるときの無降雨期間を対象とした(図-2)。また、パラメータ ω は、無降雨期間が観測されるごとに、ヘイズの定理より、

$$\hat{\omega}_{NR} = \{\hat{\omega}_{NR-1}(MR+NR+1)\} / \{\hat{\omega}_{NR-1} \cdot t_b^{NR} + (MR+NR)\} \quad (2)$$

で推定される。ただし、MRは統計資料の総数、NRは観測開始後の現無降雨期間の番号である。

(2) 入力予測システム：流入量予測は制御期間内の量的・形状的情報が要求されるので、自然てい減法を用いると、時刻 t と $t-1$ の流量の関係は、てい減係数を α とすれば、

$$Q_t = e^{-\alpha} Q_{t-1} \quad (3)$$

となる。ここで、流量 Q_t を状態量と考え、 ω_t を状態誤差とすると状態量の遷移構造は、

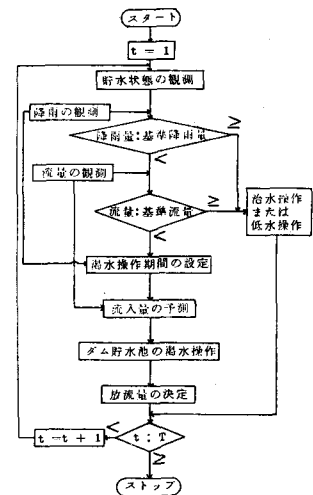


図-1

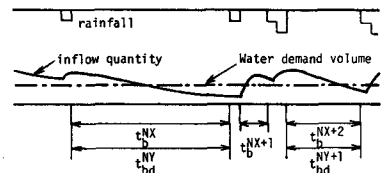


図-2

Shuichi IKEBUCHI, Toshiharu KOJIRI, Shizuo OSHITA, Takeshi TERASAWA

$$x_t = \Phi_t x_{t-1} + w_t \quad (4)$$

と表わされる。ただし、 $\Phi_t = e^a$ である。また、観測方程式を

$$y_t = x_t + u_t \quad (5)$$

とおけば、カルマン・フィルタを用いて流入量の予測を行うことができる。ただし、 u_t は観測誤差である。

(3) 放流量決定システム：計算時における最終貯水量は、渇水制御期間を T_0 とすると、降雨の発生が予測される時刻 $t_1 (t_{\text{test}})$ における貯水量を 0 とした時の T_0 での期待値となる。なお、最適放流量は 3. で述べるようにして決定される。

3. 多目的最適化問題としての放流量の決定

渇水時の制御目的としては、(i) 評価地点での最低流量の上昇、(ii) 渇水日数の減少、(iii) 経済的被害の最小、が考えられる。

(1) 2 目的最適化手法：(i) と (ii) の 2 つを制御目的としよう。具体的には、

$$(i) K = \min \{Q_{m1}/\bar{Q}_{md}\} \rightarrow \max \quad (m=1, 2, \dots, M) \quad (6)$$

$$(ii) Z = \sum_{m=1}^M D_m \{Q_m(t)\} \rightarrow \min \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} D_m \{Q_m(t)\} &= 1 & (Q_m(t) < \bar{Q}_{md}) \\ D_m \{Q_m(t)\} &= 0 & (Q_m(t) \geq \bar{Q}_{md}) \end{aligned} \right\} (8)$$

である。ただし、 Q_{me} は評価地点での最低流量、 $\bar{Q}_{md}$ は需要量である。最適解を得るためには、両目的のパレート最適解の集合 TC (Transformation Curve) に対して、社会目標 (Goal) から IC (Indifference Curve) を描いて、TC との接点を求めなければならない。図-3 は任意の仮定入力での最適解の位置を示している。図-4 は目的のだけの単目的解法と、(i)、(ii) の多目的解法の放流量の比較である。渇水期間、あるいは、不足量に相異があり、各々の特徴が理解できよう。

(2) 3 目的最適化手法：経済的被害として、次の 2 次関数を考える。

$$(iii) E = \sum_{m=1}^M F_{pm} \{Q_m(t)\} \rightarrow \min \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} F_{pm} \{Q_m(t)\} &= 0 & (Q_m(t) \geq \bar{Q}_{md}) \\ F_{pm} \{Q_m(t)\} &= \{\bar{Q}_{md} - Q_m(t)\}^2 & (Q_m(t) < \bar{Q}_{md}) \end{aligned} \right\} (10)$$

3 目的の場合も、(1) と同様の CTS (Curved Transformation Surface) より最適解が求められる (図-5)。

4. おわりに 以上、渇水時のダム貯水池操作を多目的見地からとらえ、より社会的満足度に近づく最適化手法を明らかにしたが、その適用例については講演時に述べる。今後、貯水池操作を一層簡略化し、実流域への適用性を高めていきたい。

参考文献) 1) 高橋、小堀、阿佐見、下、渇水時におけるダム貯水池の運用最適化に関する研究、第 35 回土木学会中部支部大会、1980、PP. 262-263

2) 池淵、小堀：水量・渇水制御に関するコラーベラル最適化手法の比較、第 16 回自然災害科学総合シンポジウム、1979、PP. 199-202

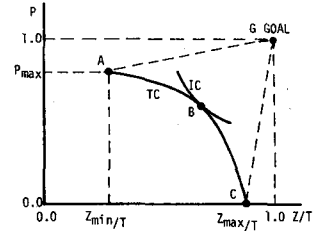


図-3

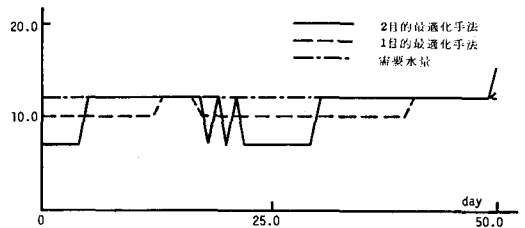


図-4

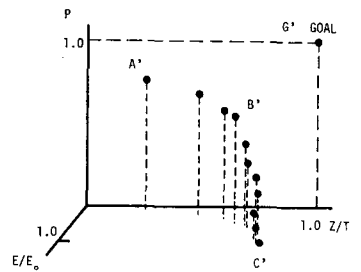


図-5