

利水時におけるダム貯水池の実時間操作

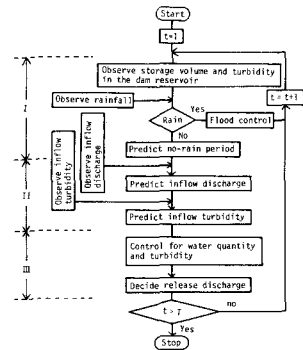
京都大学工学部 正員 高橋 琢馬
 京都大学工学部 正員 小尻 利治
 東京電力 正員 阿佐美 一郎
 京都大学大学院 学生員 大下 静男

1. 序論 従来数多くの研究が貯水池操作問題について行われてきたが、これらの多くは計画段階での最適放流量や貯水量を算定するものであり、貯水池操作の最終目標である on-line での実時間操作については数少ない。本研究は、ダム貯水池の最適操作システムを構成する上で重要な部分を占める利水操作をとりあげ、各観測所から送られてくるデータを即時解析し、将来の入力分布を予測して、適切な放流量を迅速に決定する実時間操作方式の確立を目的とするものである。また、制御目的については、水量制御のみならず、近年社会問題化している濁質をも同時に対象とし、多目的制御とする。

2. 実時間操作システムの概要 実時間操作の全体的手順は、図-1に示すとおりであり、以下、各サブシステムの具体的な構成をおこけり。

I. 気象観測・処理システム まず、気象情報を収集し、もし、降雨が予測・観測される場合は治水制御とし、別の操作基準へうつる。利水操作であれば、今後の無降雨期間(t_b)を推定し利水制御期間とする。また、1降雨あたりの降雨量(h)を推定し、貯水量回復を算定する。これが、気象関係のサブシステムであるが、実際にはある規模以下の降雨は水量にも濁質にも大きな影響を及ぼさないと考えられるので、降雨規模 x_a (mm/day) 以上を対象降雨として推定を行う。この場合の無降雨期間(t_b)、降雨量(h)の分布の確率密度関数はそれぞれ(1)、(2)式となる。ただし、新たに降雨が観測されれば、(1)、(2)式はベイズの定理によって過去の統計資料と結合することが可能となり、事後分布は式(3)となる。したがって、パラメータの値を更新することが可能であるが、(4)式はパラメータの周辺密度関数が簡単に求められるので、数値積分にたよるか、近似関数を使用する必要がある。得られた分布をもとに、無降雨期間(t_b)の平均値 $\bar{t}_b$ を制御期間として設定し、降雨量より貯水回復量を計算する。

II. 入力予測システム 次の段階としては、設定された制御期間内での入力(流入量、流入濁度)分布を予測する。流入量



I: Observation system of weather condition
 II: Prediction system of water quantity and turbidity
 III: Decision system of release discharge

図-1

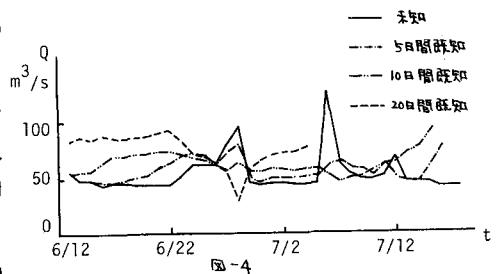
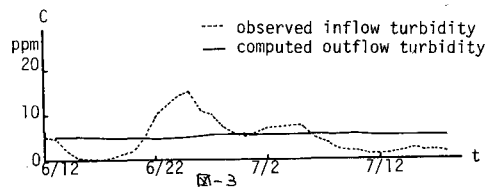
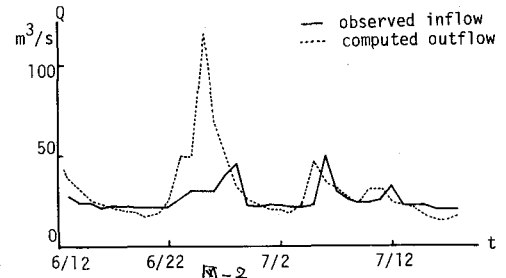
$$\begin{aligned}
 (1) & f_{t_b}(t_b) = \omega e^{-\omega t_b}, \quad \omega: 1/10^3 \text{ day}^{-1} \\
 (2) & f_{h,x_a}(h) = \frac{(\lambda(t+x_a))^{k-1} e^{-\lambda(t+x_a)}}{\int_{x_a}^{\infty} (\lambda h)^{k-1} e^{-\lambda h} dh} \\
 & \quad k, \lambda: 1/10^3 \text{ day}^{-1} \\
 (3) & \xi(\omega|R, X) = \frac{(A+B)^{MR+NR+1}}{(MR+NR)!} \cdot \omega^{MR+NR} e^{-(A+B)\omega} \\
 (4) & \xi(k, \lambda|R, X) = \frac{(k-1)^{MR+NR} \cdot (AC)^{k-1} e^{-(B+D)\lambda}}{\int_0^{\infty} (\lambda h)^{k-1} e^{-\lambda h} dh \cdot (AC)^{k-1} e^{-(B+D)\lambda}} \\
 (5) & Z_k = \psi_k \theta_k + V_k, \quad (Z_k = I_{u,k} - I_{u,k-1}) \\
 (6) & \theta_k = \bar{\psi}_k \theta_{k-1} + W_k \\
 (7) & Y_k = \gamma_k \theta_k + V_k, \quad (Y_k = I_{u,k}) \\
 (8) & r_k = \eta_k \theta_{k-1} + W_k \\
 (9) & S_{T_b} = S_0 + \frac{I_0}{\omega} (e^{-\omega T_b} - e^{-\omega T_0}) - e^{-\omega T_b} \left(N \omega R S_0 + \frac{I_0}{\omega} \int_0^{T_b} e^{-\omega t} dt \right) \\
 & \quad + N \omega R S_0 + \frac{I_0}{\omega} \int_0^{T_b} e^{-\omega t} dt \cdot \frac{I_0}{\omega} \int_0^{T_b} e^{-\omega t} dt
 \end{aligned}$$

TAKASAO TAKUMA, KOJIRI TOSHIHARU, ASAMI ICHIROU, OHSHITA SHIZUO

予測では、低水時を対象とするので流量の減曲線を用い、濁質予測では流量と濁度の一般関係式を用いて、これらのデータをヒストリカル化して式(6)~(8)のシステムの観測・状態方程式を構成する。これにカルマン・フィルター理論^(*)を適用して状態を推定・予測し、今後の入力分布系列を求める。ただし、流量の遷移係数を一定値とするのは誤差が大きいと思われるので、観測値が得られるごとに係数の修正を加えていくことにする。

Ⅲ. 意図決定システム—最後に、得られた入力分布に対して最適放流量を決定するのがこの部分のシステムである。この決定には、DP論を用いるが、その適用にあたっては、制御期間最終での貯水量が必要となる。これは、期間内での流入量はもとより、将来の降雨による貯水回復量を考慮し、純年的水量供給のバランスをもとに全々の利水時で同等の制御効果が達成できるように決定されねばならない。最終貯水量は流量の減曲線を用いると、式(9)のようになり、同式の指数積分は実際の計算ではほとんど無視できる。また、計算時間の短縮のため、状態変数の変域を制限するDDDPを利用すると流量単位を細かく取り、現実に近い操作効果が得られるようになる。

3. 適用と考察 対象ダムとしては、濁質被害が問題になっている四国吉野川水系の早明浦ダムをとり上げ、昭和51年の6月~7月を適用期間とする。対象規模降雨は50mm/dayである。また、降雨資料は昭和40年から50年までの日降雨資料を用いる。(1)、(2)式の確率密度関数の適合性、ベイズの定理によるパラメータの修正、及び入力分布の予測結果については講義時に述べることにして省略する。ただし、流入予測の場合、50%以上と考えられる非線形成分は指定の限に除外した。図-2はDPによる最適放流量であり、放流量の平滑化がかなり進み、良好な制御結果である。図-3は、そのときの放流濁度であるが、貯水池内濁度の解析モデルに完全混合モデルを用いたので、ゲート位置を変化させた制御効果との比較を行うことはできなかった。また、入力を数日間先まで既知として本方式を適用した制御結果が図-4である。



4. 結論 以上のように本方式では、適用に際して幾つかの仮定を導入しているの、今後はその妥当性を検証し、洪水時をも含んだ統合的なダム実時間操作方式の確立を目指したい。さらに、解析モデルの精度を向上させ濁質評価の側面も強化していく予定である。

参考文献) Jazwinski; Stochastic Processes and Filtering theory