

京都文学工学院 学生員 阿佐美一郎
 京都文学工学部 正員 高柳 琢馬
 京都文学工学部 正員 小尾 利治

1. 序論 現在、多数のダム貯水湖が治水・利水対策として建設・計画されている。しかし、現行のダム操作方式は、一定率・一定量などの固定的な操作基準に従っており、異常時の治水・治水操作が十分に実施されているとは言い難い。ようやく近年、ダム群相互の有機的関連などを考慮した柔軟な最適操作方式、いわゆるダム群の統合管理方式の研究がなされるようになってきている。しかし、その研究対象は量的制御のみにとどまっており、最近問題化している水質・環境問題を含んでいない。そこで本研究では、従来より進めてきたダム群の量的制御に加えて、水質、特に解決の急がれている濁度を含んだダム群の実時間操作の方式の確立をはかろうとしたものである。

2. 実時間操作の基本方針 実時間操作をする場合、制御対象期間における入力推定が不可欠である。もちろん入力としては、流量だけでなく濁度分布も必要とされ、しかもダム操作では、単に各時刻だけの推定ではなく、総ボリュームでの推定精度が要求される。次に、推定誤差を考慮した適切な意思決定、すなわち、放流量を決定しなければならぬ。最後に、推定値と観測値より推定機構の修正を行ない、次の時刻での入力を新たに発生させるわけである。以上の手順をまとめると、Fig-1のようなフローとなる。以下で各部分システムについて概説する。

1) 入力推定機構 入力としては流量とその濁度であるが、流量は1次層水のマルチプル性のみ考え、また、本研究では地点内の相関を重視してマトリックス法による多地点同時シミュレーションを用いて流量を算定する²⁾。すなわち、

$$Q(t+1) = A(t)Q(t) + B(t)W(t) \quad (4)$$

で流量は与えられるとする。ただし、 $Q(t)$ は時刻 t での基準地点流量の列ベクトル、 $A(t)$ は時刻 t と $t+1$ の流量の帰係数マトリックス、 $B(t)$ は時刻 t での誤差の共分散マトリックスで時刻 t までの観測データより、絶えず修正していかねばならない。 $W(t)$ は外乱を表す列ベクトルである。制御効果、計算時間を考えると、時間単位を1日あるいは半日とし、制御期間は次の異常出水あるいは現時点のダム操作が影響を及ぼさなくなる時点とするのが妥当であろう。

濁度の推定は、地点 n での濁度 $C_n(t)$ と流量 $Q_n(t)$ の一般的関係式

$$C_n(t) = a_n Q_n^{b_n} \quad (2)$$

を用いておこなう。ただし定数 a_n, b_n は洪水ごとに変わるので、各制御時刻にとの最新のデータより最適値を決定すべきである。

2) ダム操作機構 1)で推定された入力に対し、制御目的に合致するように最適放流量の決定を行なう。このことは明らかに多段決定過程であり、従来より有効とされているDP理論を用いる。制御目的としては、量的・質的目的とを統合化した形で次式を用いる。

$$J = \min \left\{ \frac{C_{md}}{C_{mmax}}, \frac{Q_{md}}{Q_{md}} \right\} \rightarrow \max \quad (3)$$

ここに、 Q_{md} は制御後の評価地点を流下する流量の最低値であり、 Q_{md} は評価地点 m における確保流量すなわち需要量を示す。 C_{mmax} は制御後の評価地点 m を流下する流水の濁度の最大値であり、 C_{md} は評価地点 m での濁度の工

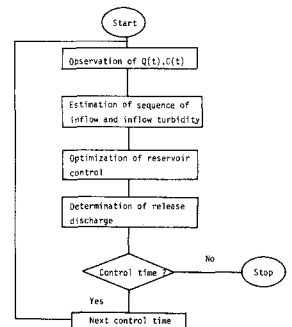


Fig. 1 The flowchart of the real time control

限值, すなわち許容濃度である。さらに, 河道での貯留効果を導入するため, 河道流下は貯留関数法によって表現すると, 単ダムの場合のDPの定式化は次のようになる。

$$f_t(\bar{S}(t), S(t)) = \max \left\{ \min \left\{ \frac{C_{md}}{Q_{md}(t)}, \frac{\bar{Q}_m(t)}{Q_{md}}, f_{t-1}(\bar{S}(t-1), S(t-1)) \right\}, \right. \\ \left. 0 \leq S(t) \leq V, 0 \leq \bar{S}(t) \leq S_{max} \right\} \quad (4)$$

であり, 初期関数値の値は

$$f_1(\bar{S}(1), S(1)) = \min \left\{ \frac{C_{md}}{Q_{md}(1)}, \frac{\bar{Q}_m(1)}{Q_{md}} \right\} \quad (5)$$

である。ただし, V はダム貯水池の有効貯留量, S_{max} は河道の最大貯留量, $Q_{md}(t)$, $\bar{Q}_m(t)$ は評価地点の流下濃度と流量である。また, ダム貯水池の濃度変動解析モデルには, 一次元・二次元モデルなどが存在するが, 計算の都合上なるべく操作性に富むモデルが必要である。ここでは, 貯水池内および河道とも各時刻の初期に瞬時に完全混合が起こるとする完全混合モデルを採用する。

3) 意思決定機構 1), 2) より各時刻の放流量が求まるわけであるが, ときには推定誤差があり, 必ずしも得られた結果が目的を達成することにはならない。その対策として, 仮想入力を多数発生させて各系列に対し放流量を求め, 得られた頻度分布よりある超過確率をもつ放流量をその時刻の放流量として採用する。この超過確率は, それ以上の悪化防止を保証する値であり, 水量・水質基準を満たす安全率と言える。以上の点より, 本方法を stochastic control (S.C.) 方式による水量・濃度制御と呼ぶことにする。

3 適用と考察 対象流域として, 濃度被害の大きい吉野川流域の早明浦ダムをとりあげ, その観測データより適用をはかる。流量観測は, 中島と豊永における昭和40年から44年までのデータを用いたが, データ不足のため回帰係数 $A(t)$, $B(t)$ は四季ごとに同一として算出した。また, 今回はとくに S.C. 方式の適用可能性をみるため, 適用時の $A(t)$, $B(t)$ は制御期間にわたってそれを変化させずに用いた。計算単位としては5日間平均流量とした。Fig-2 が昭和42年の豊永の実測と推定流量である。ハイドログラフの形状は一致していないが, 特性とオーダーは再現しているようであり, S.C. 方式の仮想入力としてはかなり期待できる。各制御時刻における定数 a , b の推定値を Fig-3 に示す。解析期間 kk を増すと b の値のばらつきは減少する。しかし, それでも制御対象期間全体での推定誤差は大きく, 今後修正する必要がある。Fig-4 は, 仮想流量の発生回数を20, 推定期間を3と5にした場合の頻度分布である。省略したが, 発生回数を増大した場合と比べても, 同程度のかなり集中した頻度分布が得られ, S.C. 方式の特性がかなり生かされている。Fig-5 は, 超過確率を25%とした場合の豊永での制御前と制御後の濃度系列である。解析精度の問題は残るが, 本方式によってかなりの濃度制御が可能であることがわかる。

4 結語 今後, ①濃度解析に高次元モデルを導入して精度を向上させ, ②蓄積エントロピー情報をもとにフィルター理論を導入し, 回帰係数を修正し, ③濃度発生過程のシステム化, を行ない実用的なダム群操作に発展させていく。

参考文献: Theoretical & Practical Characteristics of the MIT River Basin Simulation Model, R.L.Lenton, K.M.Stryepek, Report No.225, MIT, 1977

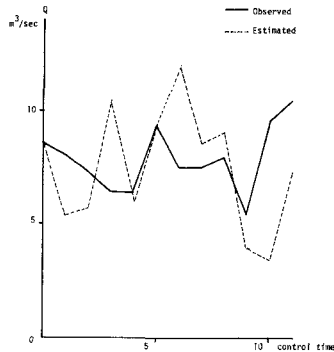


Fig - 2 Observed discharge and estimated discharge at estimate point

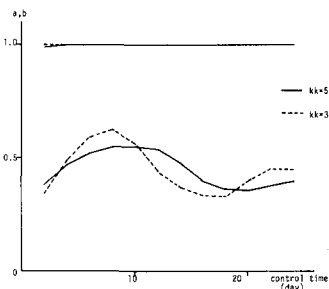


Fig - 3 Estimated values of a, b

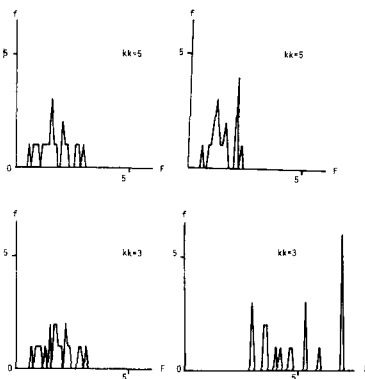


Fig - 4 Frequency distribution

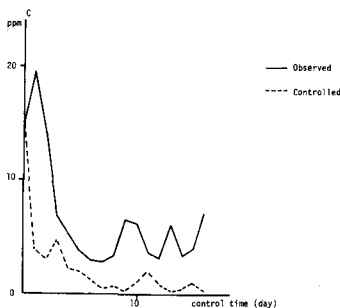


Fig - 5 Observed turbidity and controlled turbidity