

ダムと河道堰の有機的操作に関する研究

京都大学工学部 正 員 高橋琢馬
 京都大学防災研究所 正 員 小尻利治
 京都大学大学院 学生員 四宮圭三

1. はじめに 本研究は、河川表流水の利用率を高める一つの方策として、近年、各地に建設もしくは建設が計画されている河道堰をとりあげ、その最適操作方式の確立をはかるものである。すなわち、河道堰の操作をシステム論的に構成するとともに、DP手法を導入して河道堰とダム貯水池との有機的操作を展開するものである。

2. 河道堰システムの構成 貯水池状態の評価や最適放流量決定に関わる因子を空間、目的、時間の3つの因子に分け、これら互いに独立なる因子をもとに河道堰システムの構成を行なう。空間因子とは堰の立地条件・貯水池規模条件を中心に最も基礎的な制御系である単一堰・単一評価地点系からそれを拡張した堰とダムの結合システムによる水系一貫した制御系までを表わすシステム因子である。目的因子とは、高水時や低水時の水量だけを対象とした単一目的での最適操作から、水量は言うに及ばず、各種水質、堰周辺の地下水位等の環境条件やとくに河口堰において問題となる塩害を同時に評価する多目的最適操作までを表わすものである。また、時間因子とは、堰貯水池への既知の入力情報に対する計画操作から未知入力に対する実時間操作までを表わす入力因子である。既知入力・未知入力に対する操作においても、高水、低水時に分けた短期間操作からそれらと統合した長期間操作へと発展する。以上述べた3つの因子をもとに河道堰システムを空間的に表現したのが図-1である。

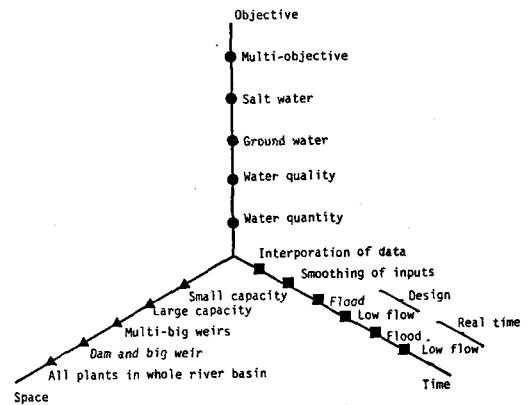


図-1 河道堰システムの空間的表現

に河口堰において問題となる塩害を同時に評価する多目的最適操作までを表わすものである。また、時間因子とは、堰貯水池への既知の入力情報に対する計画操作から未知入力に対する実時間操作までを表わす入力因子である。既知入力・未知入力に対する操作においても、高水、低水時に分けた短期間操作からそれらと統合した長期間操作へと発展する。以上述べた3つの因子をもとに河道堰システムを空間的に表現したのが図-1である。

3. 河道堰システムでの最適操作 まず、水量だけの単一目的で、かつ既知入力、単一堰系という基本的システムの操作を考察しよう。最適制御を行うには、入力である堰への流入量を正確に把握しておく必要があり、(i)堰貯水池と流量観測地点が離れている場合は、その間の河道貯留効果を考慮して真の流入量を推定し、堰操作を行わなければならない。ここでは貯留関数法を用い、堰への真の流入量を算定し、従来、ダム操作で用いられたのと同様のDPにより最適解の決定をほかった。また、河道堰は貯水容量がダムに比べて小さく、操作にはさめ細かい操作が要求されるが、(ii)入力である流入量の観測時間ステップが長い場合には流域の流出特性や流下特性を考慮した内そう法により、流入量系列を推定し、操作を行わなければならない。たとえば、予測時や貯水量が異常に低下、ある

Takuma TAKASAO, Toshiharu KOJIRI, Keizō SHINOMIYA

いは、上昇した時の問題であり、堰操作にあたっては極めて重要であろう。したがって、3次の曲線近似によって流量の内そうを行い、やはりDPによって最適解を求めることになる。一方、(iii)洪水時には支川との合流や流下機構による水面変動を考慮した制御時間ステップの小さい操作が要求される。その対策として、貯水池内で不足流解析を行うと同時に、解析地点での水位を状態量とみなすと、DPによる定式化が可能になる。具体的には、貯水池をいくつかに分割し、各地点での水位 $Sh(t)$ を状態量、堰からの放流量 $QO(t)$ を決定変数とすると、ある放流量ごとに不足流解析を行い、その水位を状態量として記憶していけば、最終的に最適放流量系列が得られる。計算手順および任意流況での適用結果については簡便時に述べる。

4. ダムと堰の有機的操作 つぎに、果システムでよく見られるダム貯水池と河道堰の統合操作について考えよう。ダムと堰だけでなく河道の貯留量も状態量とみなすとDPの関数漸化式は次のようになる。

$$f_t(SD(t), SR(t), SG(t), t) = \min_{\substack{QO(t) \\ QI(t) \\ GO(t)}} \left[D\{Q_i(t), t\} + Q_2(t, t) + f_{t-1}(SD(t) + QO(t) - QI(t), SR(t) + SR(t-1) + QI(t) - QO(t), SG(t) + GO(t) - GI(t) + RX(t), t) \right] \quad (1)$$

$$f_1(SD(t), SR(t), SG(t), t) = D\{Q_i(t), t\} \quad (2)$$

また、ダムと堰の間の貯留関係として

$$SR(t) = K \{QO(t-1)\}^P \quad (3)$$

$$QI(t) - QO(t) = SR(t) - SR(t-1) \quad (4)$$

を設定する。ここに、 $QI(t)$ はダムへの流入量、 $SD(t)$ はダムの貯水量、 $QO(t)$ はダムの放流量、 $QI(t)$ は河道への流入量、 $SR(t)$ は河道の貯留量、 $QO(t)$ は河道からの流出量、 $GI(t)$ は堰への流入量、 $SG(t)$ は堰の貯水量、 $GO(t)$ は堰の放流量、 $RX(t)$ は堰からの取水量、 $Q_2(t)$ は評価地点を通過する流量、 t は河道による流下通し時間、 K, P は河道に固有な定数である。制御目的として、流域内のいくつかの評価地点もしくは取水地点で、ある期間常に需要量を満たす流量が流れていて、それを決して下回らないことであると定義する。いいかえると、渇水の危険率の最小化をはかることであり、評価地点に付与すべき評価関数 $D\{Q_i(t)\}$ は

$$D\{Q_i(t)\} = \sum_{i=1}^M \frac{1}{Q_{id}(t) - Q_{id}} \quad (5)$$

となる。ここに、 Q_{id} は評価地点における確保流量、 M は評価地点の総数である。図-2はダムと堰の結合システムにDPを適用し、任意流況に対して得られた最適制御解である。図より、河道の貯留効果によって堰への流入量が平滑化され、容量の小さい堰であってもほぼ平均的な放流を実施することが可能であることがわかる。

5. おわりに 本研究は、堰操作の基本システムを明らかにしたものであり、今後、実用化に向けての実時間操作方式の確立を検討していきたい。

(参考文献) 高橋琢馬, 池淵周一, 小尻利治: 水量制御からみた多群のシステム設計に関するDP論的研究, 土木論文報告集, 第241号, 1975

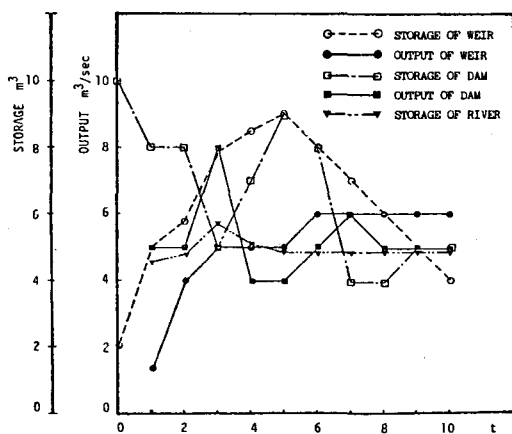


図-2 ダムと堰の結合システムの最適制御解