

神戸大学工学部 正員 神吉 和夫
 神戸大学大学院 学生員 三宮 国光
 神戸大学工学部 正員 松梨 順三郎

1. はしがき 我国の主要な大河川において降雨・流況観測網の整備、電子計算機の導入が行われ、貯水池群の統合操作による洪水制御が考えられている。洪水制御は①不確実性②多目的③非線形性を内包する問題であり、統合操作の確立には多くの課題を残している。本報告では単一貯水池の多目的最適制御について考察した。

2. 洪水制御の定式化 図-1に示す貯水池直下流および支川合流部を防災地点(評価地点)とする場合を考える。河道流下・合流を線形とし、流下時間を無視する。

$$\frac{dS(t)}{dt} = I_1(t) - R(t) \quad (1) \quad Q(t) = I_2(t) + R(t) \quad (2)$$

$$I_1(t), I_2(t), R(t), Q(t) \geq 0, \quad 0 \leq S(t) \leq S_{\max} \quad (3)$$

ここで、 $S(t)$: 時刻 t における貯水量, $S_{\max}$: 貯水池容量, $I_1(t)$: 貯水池流入量, $I_2(t)$: 支川流入量, $R(t)$: 貯水池放流量, $Q(t)$: 合流部流量である。評価地点における許容通過流量を、図-1 モデル水系
 各々 R_a, Q_a とすると, $R(t) \leq R_a, Q(t) \leq Q_a \quad (4)$ 式(4)の制約を満たさなければ越流・破堤が生じる。

河川管理者は評価規準として治水・利水の2面を持ち、評価地点ピーク流量がより小さく、洪水終了時の貯水量のより大きい制御を愛好するとする。多目的最適制御問題として定式化すると次式のようになる。

$$f_1 = \max R(t) \rightarrow \min, \quad f_2 = \max Q(t) \rightarrow \min, \quad f_3 = S(T) \rightarrow \max \quad (5) \quad \text{ここで } T \text{ は洪水終了時刻を示す。}$$

3. 最適制御 洪水が完全に予測される場合、治水目的 f_1 , f_2 と利水目的 f_3 にトレードオフ関係はなく、最適化を行なうまでもなく初めから洪水終了時貯水量 $S(T)$ を設定できる。一方、2つの治水目的にはトレードオフ関係があり、一般には同時に f_1, f_2 を最小化する放流量 $R(t)$ は存在しない。このことは、 f_1 のみを考えればPeak Cut 制御¹⁾, f_2 のみではSubstitutive Cut 制御²⁾となり、その放流量が異なることからわかる。

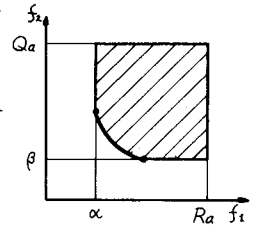


図-2 多目的評価

図-2は式(1)~(4)を満たす放流量が存在する特定の洪水 $\{I_1(t), I_2(t)\}$ に対して、評価値 f_1, f_2 の分布(斜線部)を模式的に示したものである。図において α は式(1)~(4)の制約のもとで $f_1 = \max R(t) \rightarrow \min$ としたときの解、 β は同様に $f_2 = \max Q(t) \rightarrow \min$ とした解である。太実線で示した斜線部境界は多目的制御において重要な意味を持ちPareto 最適解と呼ばれる。2つの目的が絶対的ではなく、河川管理者がより高い評価規準を持つならば、多数存在するPareto最適解から最も最適なものを選ぶことができる。前田江藤³⁾の与えた評価地点での相対的危险度の大きい順に最小化をはかる規準もその一つであろう。他の規準としては評価地点の相対的重要度を重みにより表わし、治水目的を $f = w \cdot f_1 + (1-w) \cdot f_2 \rightarrow \min \quad (6)$ ここで w は重みで $0 \leq w \leq 1.0$ で与えることも考えられる。式(1)を離散化すると制約式(1)~(3)および評価関数はすべて線形であるのでLPにより最適制御計算が可能である。なお、治水評価をピーク流量によって与えているのでLPにより得られる放流量 $R(t)$ は唯一のものでなく、その一部に任意性を持つことを注意すべきである。

4. 不確実性の考慮 予測精度が高い場合、上記の最適制御概念の導入は有効である。しかし、予測精度が悪ければ計算された放流量は最適性の意味を持たず、時には式(4)の制約を満たさず越流・破堤を起す危険性も考えられる。治水目的の第一は評価地点で越流・破堤を起こさないことであり、式(5)の評価関数による定式化はその目的と矛盾しない。予測精度の悪い場合に問題を生じると言える。越流・破堤の危険性を重視すれば、一つの操作法として式(4)を満たす可能最大限の放流を行なうことが考えられる。このように不確実性の程度によって大きく操作が左右されることが予想されるので、洪水制御の定式化の段階で不確実性概念を組み込むことが必要ではないかと思われる。参考文献 1) 神吉松梨 第30回年譜II-12, 2) 神吉松梨 第31回年譜II-7, 3) 前田江藤 第31回年譜I-70