

洪水時における貯水池操作について

神戸大学工学部 正会員 ○神吉 和夫
 神戸大学工学部 正会員 松梨 順三郎

1. はじめに

近年、わが国の主要な大河川、利根川・淀川等において貯水池群の統合操作による洪水制御が考えられ、降雨・流況観測網の整備、電子計算機の導入により、個々の洪水時において河川管理者が得る情報および過去の情報を最も有効に生かした形でのように洪水を制御すればよいかという問題が主要な関心となっている。洪水制御問題は、水系への入力である降雨およびそれが流出場により変換された洪水の不確実性により特徴づけられ、特に降雨予測は非常に困難であった。したがって、現在個別の貯水池における洪水時操作規定は一定量放流・一定率貯留方式といった予測もしくは洪水時に得られる情報を無視した固定的操作方式がとられていたわけである。ここでは、降雨が確率的に予測される場合の制御について考え、固定操作方式との比較によりその問題点を検討する。

2. 洪水制御系の構成

予測制御を考える場合、「情報と制御」の視点から洪水制御過程における情報の処理・伝達の構造を定量化することは重要である。図1は集中管理の形式で予測制御を行なっている場合の情報の流れを模式化したもので、矢印は情報の流れる方向を示す。制御系は河川管理センター・制御施設・観測系および気象情報センターにより構成される。河川管理センターは制御系の中枢であり、次の2つの基本的作業を行なう。一つは降雨の予測であり他は予測に基づく貯水池操作の決定である。

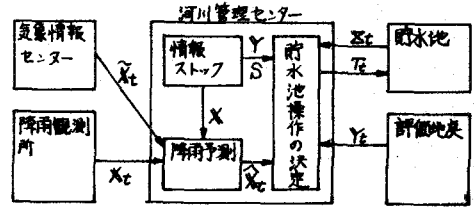


図-1 情報の流れのモデル化

a) 降雨予測について 水系の内部およびその近傍にNヶ所の降雨観測所が存在し、任意時刻にデータを河川管理センターに送る。そのデータを $X_t = (z_t, z_{t-1}, \dots, z_{t-N+1})$ とする。 X_t は降雨ハイトグラフを内容とする。また河川管理センターはこれらの観測所での過去のデータを分析した情報 X を持つ。 X の内容は過去の降雨の統計的特性である。さらに別の組織として気象情報センターが存在し、気象的分析を含めたよりマクロな情報 X_c を提供する。以上の情報を用いて河川管理センターはある確率尺度 P をもって降雨ハイトグラフ族 X_{t+1} を予測する。考えている水系において空間的・時間的分布を持つ一連の降雨を確率過程と考え、その母集団を R とすると、我々は X により R の構造を推測し、 X_t, X_{t+1} の洪水時において得られる追加情報を用いて、時刻 t 以後の降雨ハイトグラフ X_{t+1} を予測するわけである。もし降雨が独立過程に近ければ追加情報 X_t, X_{t+1} はほとんど役に立たず、反対に降雨がパターン化されるような場合は非常に有益である。なお、降雨予測を行なうのは流出予測のためであり、流出特性を考慮した予測でなければならぬのは無論である。 b) 貯水池操作の決定について 制御の評価は水系内のKヶ所の評価地先の通過流量と制御終了時における貯水池群(Mヶ所)の貯留量Kよ

り行なわれるものとする。河川管理センターは水系内の貯水池群の規模、容量配分、固定操作方式等の情報 S と評価地裏における許容通過流量 $Y=(y_1, y_2, \dots, y_n)$ の情報を保有し、貯水池から貯水量・水位等のデータ $X_t=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ を受けとり、予測された降雨 X_t を用いて流出予測・貯水池操作の決定を行ない、時刻 t 以後の操作レベル $R_t=(r_1, r_2, \dots, r_n)$ を貯水池に送る。 R_t の内容は時刻 t 以降の貯水池の予定放流量系列である。操作の決定は時々刻々変化する新しい情報を得た時裏で行ない、操作レベルは逐次その時裏において最適なものに変更することができる。

3. 固定的操作方式

固定的操作方式の決定の一例を簡単に説明すると次のようである。固定操作方式 R とすると R は河川管理センターの持つ過去の降雨データの分析情報 X により決定される。 X の分析により R の構造を推測し、ある評価基準のもとで計画降雨 X を定める X により生ずる水系での洪水が貯水池で操作 R を受けるとき、評価地裏での流出のピークが許容通過流量 Y となる。さらに貯水池の規模・容量配分も R と関係づけられる。

上述のように固定的操作方式は特定の降雨を想定して決められたものであり、またその降雨が大洪水を起すような生起確率の小さなものであることを考えると、現実の何々の洪水に対しては必ずしも最適な操作であるとは言えないことが理解される。しかし、洪水制御系の大部分が不要であること、操作実行の容易さ、降雨予測の困難さを考えると十分意味を持つ制御方式であり、予測制御方式評価の基礎となる。

4. 予測制御の問題裏

予測制御の問題裏は同時に洪水制御の問題裏そのものであるが、大別してa)降雨予測、b)貯水池操作計算の実行可能性およびc)評価もしくは目的関数の3裏が挙げられる。

a)降雨予測 2. において示したように我々の必要とする予測降雨は現時裏から降雨が終了するまでの一連降雨のハイエトグラフである。これは、貯水池による洪水制御がその空容量をいかにかうまく利用して洪水波形の平滑化を行なうかにかあり、貯水池が満水に近づくときれだけ可制御性が失なわれるからである。このような降雨ハイエトグラフの予測とその定量化は一般には非常に困難であろう。

b)貯水池操作計算の実行可能性 電子計算機の容量の制約から来るもので、貯水池群の制御のように決定変数の数が多い場合に直面する問題で、適当な計算手法を開発するとか、統合操作のレベルダウンによる制御の分割を考えなければならぬ。

c)評価もしくは目的関数 降雨が確率的に予測される場合、制御の評価も確率的な基準を導入するのが合理的であろう。そのとき、降雨予測の精度、適応制御による逐次修正の可能性が考慮されてものが望ましい。また、Trade off 関係にある利水・治水目的を向うかの一元的指標により数量化することも重要な課題である。

5. おわりに ここでは、予測制御および固定的操作方式による洪水時貯水池操作の簡単な記述と予測制御の基本的問題裏の指摘を行なった。今後、具体的な問題により、予測制御の研究を進めるつもりである。

参考文献 中村・小野他：気象予測に基づく防災対策の決定モデル 土木学会論文報告集

No.216, 1973-8