土木学会第47回年次学術講演会（平成４年９月）

II-314　相互相関を考慮した直列貯水池系の統合操作のための貯水量推移の表現

名古屋工業大学　○学生員　小西宏和　　正会員　長尾正志　　岐阜工業高専　正会員　鈴木正人

１．　はじめに

近年、利水用貯水池の放流操作として、貯水池系という視点からの「統合操作」が要請されている。貯水池系の機能評価には、各貯水池への流入量間の相互相関性が考慮でき、貯水池群を統合した放流操作が勘案できるようなモデル化が基礎的な課題となる。ここでは、直列に接続された２貯水池系の貯水量推移の統合的表現について述べる。

２．　計算手法の基礎的条件

貯水池関連の諸量を離散化した後に、「同時点における２貯水池の貯水量の結合確率」に着目し、その推移を行列演算によって表現する。

２．１　貯水量変化の解釈

ｔ期における上・下流貯水池の貯水量の組合わせの推移を対象として説明する。なお、貯水量が増加する推移では、仮想的に貯水池容量を越える溢流分も貯留できるとし、溢流量分は下流への放流量Ｌに加算して考慮する。

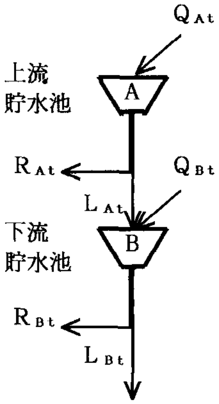

図１　直列接続貯水池系の概念図

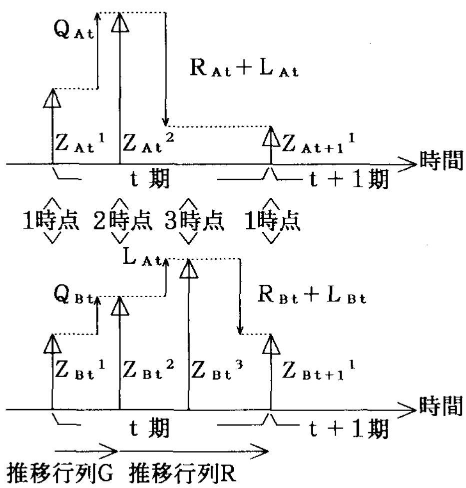

図２　貯水池系の貯水量推移の概念図

まず、上流貯水池Ａと下流貯水池Ｂは、それぞれの流域から流入量Q_{At}とQ_{Bt}を受けてｔ期の１時点から２時点の貯水量へ推移する。つぎに、上流貯水池Ａは、貯水池Ａでの取水量R_{At}と下流貯水池Ｂへの放流量L_{At}を放流して、ｔ期の２時点からｔ＋１期の１時点の貯水量に推移する。下流貯水池Ｂは、貯水池Ａからの放流量L_{At}を受けて、ｔ期の２時点から３時点の貯水量に推移する。最後に、下流貯水池Ｂは、貯水池Ｂでの取水量R_{Bt}と下流河川への放流量L_{Bt}を放流し、ｔ期の３時点からｔ＋１期の１時点の貯水量へ推移する。（図１，２を参照）

２．２　貯水量変化の貯水量方程式による表現

上記の貯水池系の貯水量変化は、貯水量方程式としてつぎのように表現されるものと考える。ただし、( )内の数式は各種放流量がどのような貯水量の関数であるとみなすかを示す。

上流貯水池Ａ：

$$\begin{cases} Z_{At}^2 = Z_{At}^1 + Q_{At} & (1) \\ Z_{At+1}^1 = Z_{At}^2 - R_{At}(Z_{At}^2,\ Z_{Bt}^2) - L_{At}(Z_{At}^2,\ Z_{Bt}^2) & (2) \end{cases}$$

下流貯水池Ｂ：

$$\begin{cases} Z_{Bt}^2 = Z_{Bt}^1 + Q_{Bt} & (3) \\ Z_{Bt}^3 = Z_{Bt}^2 + L_{At}(Z_{At}^2,\ Z_{Bt}^2) & (4) \\ Z_{Bt+1}^1 = Z_{Bt}^3 - R_{Bt}(Z_{Bt}^3) - L_{Bt}(Z_{Bt}^3) & (5) \end{cases}$$

ここで、貯水池Ａから貯水池Ｂへの放流量L_{At}によって、上流側・下流側の貯水量方程式は関連する。

３．　貯水池系としての貯水量推移のモデル化

前述の(4),(5)式より、下流貯水池におけるｔ期の各種放流量とｔ＋１期の１時点の貯水量は、２時点の貯水量の組合わせによって一意に決まることとなる。したがって、ｔ期の１時点から２時点へ、およびｔ期の２時点からｔ＋１期の１時点への貯水量の結合（確率）分布の推移が数式的にモデル化できることになる。

３．１　貯水量の結合分布の表現

貯水池A、Bの貯水池容量をK_A、K_B、また流入量Q_{At}、Q_{Bt}の上限をn_A、n_Bとして、t期の１時点の貯水量の結合分布$\{V\}_t^1$を、

$$\{V\}_t^1 \equiv \{V0,\ V1,\ \cdots,\ Vi,\ \cdots,\ V(K_A)\}_t^1$$
$$Vi_t^1 \equiv \{\upsilon i0,\ \upsilon i1,\ \cdots,\ \upsilon ij,\ \cdots,\ \upsilon i(K_B)\}_t^1$$
$$\upsilon ij_t^1 \equiv \Pr[Z_{At}^1 = i,\ Z_{Bt}^1 = j] \quad ただし、i=0,1,\cdots,K_A,\ j=0,1,\cdots,K_B \tag{6}$$

同様に、t期の２時点の貯水量の結合分布$\{V\}_t^2$を、

$$\{V\}_t^2 \equiv \{V0,\ V1,\ \cdots,\ Vu,\ \cdots,\ V(K_A+n_A)\}_t^2$$
$$Vu_t^2 \equiv \{\upsilon u0,\ \upsilon u1,\ \cdots,\ \upsilon uv,\ \cdots,\ \upsilon u(K_B+n_B)\}_t^2$$
$$\upsilon uv_t^2 \equiv \Pr[Z_{At}^2 = u,\ Z_{Bt}^2 = v] \quad ただし、u=0,1,\cdots,K_A+n_A,\ v=0,1,\cdots,K_B+n_B \tag{7}$$

と表記する。

３．２　各流域からの流入量による貯水量推移

以上の貯水量の結合分布の推移を推移確率行列Gを使って表現すれば、次式のようになる。

$$\{V\}_t^2 = \{V\}_t^1 \cdot G \tag{8}$$

この行列Gのr行、s列の要素Grs（$r=1,2,\cdots,(K_A+1)\times(K_B+1)$，$s=1,2,\cdots,(K_A+n_A+1)\times(K_B+n_B+1)$）には流入量の結合分布$g_{\alpha\beta} \equiv \Pr[Q_{At}=\alpha、Q_{Bt}=\beta]$あるいは0が入る。たとえば$\upsilon ij_t^1$に対応する$r(=i\times(K_B+1)+j+1)$行、$\upsilon uv_t^2$に対応する$s(=u\times(K_B+n_B+1)+v+1)$列には、$u-i=0,1,\cdots,n_A$かつ$v-j=0,1,\cdots,n_B$の場合には、流入量結合確率$g(u-i)(v-j)=\Pr[Q_{At}=u-i、Q_{Bt}=v-j]$が入り、それ以外の場合には0が入る。したがって各行についてみれば、流入量の結合分布gの全ての要素がいずれかの列に入ることになる。

３．３　放流操作による貯水量推移

この貯水量の結合分布の推移を推移確率行列Rを使って表現すると、次式のようになる。

$$\{V\}_{t+1}^1 = \{V\}_t^2 \cdot R \tag{9}$$

この行列Rのp行、q列の要素Rpq（$p=1,2,\cdots,(K_A+n_A+1)\times(K_B+n_B+1)$，$q=1,2,\cdots,(K_A+1)\times(K_B+1)$）には１あるいは0が入る。たとえば$\upsilon uv_t^2$に対応する$p(=u\times(K_B+n_B+1)+v+1)$行についてみれば、放流が可能で(2),(4),(5)式を満たす列、すなわち、$q\ (=(u-R_{At}(u,v)-L_{At}(u,v))\times(K_B+1)+(v+L_{At}(u,v)-R_{Bt}(u,v)-L_{Bt}(u,v))+1)$列だけに１が入り、それ以外の列には0が入ることになる。

３．４　流域からの流入量による推移と放流操作による推移の合成

２時点の貯水量の結合分布$\{V\}_t^2$が得られれば、その各要素に対して両貯水池の放流量は一意に決まるので、各種放流量の結合分布が求まり、それを用いた貯水池系の機能評価が可能になる。このように有用な２時点の貯水量の結合分布の推移は、推移確率行列Sを用いて次式のように統合的に表現される。

$$\{V\}_{t+1}^2 = \{V\}_t^2 \cdot S \qquad ただし、S = R \cdot G \tag{10}$$

行列Sは、推移確率行列RとGを掛け合わせた$(K_A+n_A+1)\times(K_B+n_B+1)$行、$(K_A+n_A+1)\times(K_B+n_B+1)$列の正方行列である。

４．本手法の長所と検討内容

本モデルの長所として、推移確率行列Gの要素に、単位期間内における両貯水池への流入量の結合確率を組み込んでいるため、流入量の相互相関性が導入できること、さらに、推移確率行列Rで上・下流貯水池の貯水量の組合わせに応じた放流が勘案されるので、両貯水池の貯水量を基準とした統合操作の評価が可能になることが挙げられる。今後、両貯水池の流入量の結合分布に形状母数の異なる２変数二項分布を採用することにより相互相関の影響、さらに合理的な統合操作方法について、本手法により検討していく。

参考文献　鈴木正人：利水用貯水池系における機能評価と合理的操作方法の研究、名古屋工業大学博士論文、1991