

(株)日本水道コンサルタント

正員 森 邦夫

正員 中川 芳一

正員 萩原良巳

1. はじめに

渇水時の水不足による被害の減少を目的とした貯水池群の統合操作ルールの策定方法の検討が本稿の主題である。このとき、①渇水被害をあらゆる評価関数の設定、②最適操作のためのモデル、③将来流入量の予測・設定の3問題が主要な検討課題となると考えられる。著者らは①、③については参考文献①、②で検討しており、②についても渇水開始時点で固定的に予測降水量系列を設定した場合の検討を参考文献②で行なった。そこで本稿では、さらに予測のずれをも考慮して渇水期間中の新しい降水量情報より予測降水量系列を逐次更新していくモデルを提示する。すなわち2.では降水量予測システムの提示と予測結果の検討を行ない、3.ではA川流域での貯水池群運用への適用事例を示す。

2. 降水量予測システムモデルと予測降水量系列

本稿の降水量予測方法は過去の降水量資料の利用による統計的予測法と将来の気象状態を表現する降水量の長期予報を組み合わせたものである。すなわち、本稿で提示する降水量予測システムモデルは、はじめに静的予測法としての因子分析法・回帰分析法と、動的予測法としてのカルマン・フィルターを組み合わせて、予測降水量系列の設定・更新を行ない、ついで予測開始時点での長期予報の予報階級に対応する降水量系列の中から統計的予測法により設定した予測降水量系列と最も差の小さい降水量系列を、

最終予測降水量系列として設定するモデルである。以上の考え方に基づく降水量予測システムモデルを図1に示す。予測システムの中の統計的予測法は以下のシステム方程式で表わすこととする。

$$x(t) = A \cdot f(t) + e(t) \quad (1)$$

$$\hat{f}(t+k|t) = B \cdot \hat{x}(t) = B \cdot (A \hat{f}(t|t)) \quad (2)$$

$$\hat{x}(t+k) = A \cdot (\hat{f}(t+k|t) + \hat{f}(t+k|t)) \quad (3)$$

$x(t)$: t 時点実降水量 $\hat{x}(t+k)$: $(t+k)$ 時点予測降水量 $\hat{x}(t)$: $\hat{x}(t) = \hat{x}(t)$

A : 因子負荷行列 $f(t)$: t 時点因子評点ベクトル $e(t)$: t 時点特異項ベクトル

$\hat{f}(t+k|t)$: t 時点で算定した $(t+k)$ 時点の因子評点ベクトルの推定値

$\hat{f}(t+k|t)$: t 時点で算定した $(t+k)$ 時点の因子評点ベクトルの推定ベクトル B : 因子評点ベクトルの推移行列(本稿では単位行列 E) B : カルマン・ゲイン

まず、このシステムでは数十年間の降水量データに正準因子分析を適用し年間の降水量系列に内在する統計的特徴(A)を抽出した後、対象年の実降水量系列の特徴の推定値($\hat{f}(t|t)$)を(1)式で計算し予測降水量系列($\hat{x}(t+k)$)を設定する。ついで実降水量($x(t)$)が得られた後、カルマン・フィルター理論より前予測時点での予測降水量系列と実降水量との差($\hat{e}(t)$)を用いて(2)式で将来の因子評点の有する予測誤差を推定し、(3)式で予測降水量系列の更新を行なう。さらに、この更新された予測降水量系列を入力として、降水量の長期予報を考慮した最終予測降水量系列を設定する。すなわち、あらかじめ過去の実降水量を各予報階級(1ヶ月、2ヶ月、3ヶ月、4ヶ月、5ヶ月、6ヶ月)に従ってランクに分類しておき、対象時点の長期予報(3ヶ月予報)に対応する降水量系列の中で、先に統計的方法により設定した予測降水量系列と最も差の小さい降水量系列を最終予測降水量系列($\hat{x}^*$)として設定する。本稿での降水量予測シス

図1 降水量予測システムモデル

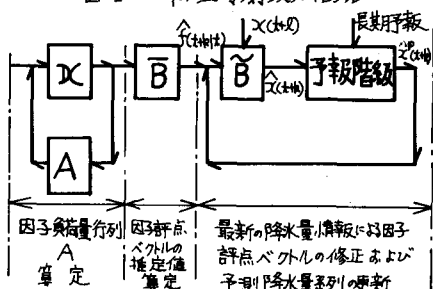


図2 予測降水量系列(統計的方法)

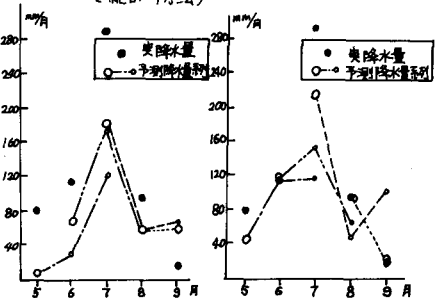
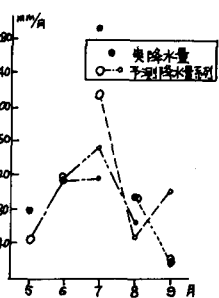


図3 最終予測降水量系列(統計的方法)



テムモデルは、統計的予測法により把えた長期的な降水変動傾向を表わす基本的な予測降水量系列を参考に、将来の気象状況を考慮して最終的な予測降水量系列を設定するものといふことができる。

以上の考え方をA川流域に適用し、このモデルの有効性を検証する。図2には統計的方法による予測降水量系列(②)を、図3には降水量の長期予報により修正した最終予測降水量系列(③)を示す。図2より予測降水量の変化傾向は実降水量とよく対応しており、また予測を更新する効果もあらわれている。さらに、図3より長期予報を考慮することにより最終予測降水量系列は図2の予測結果に較べ実降水量に近い値が得られ、本稿での降水量予測システムの有効性があらわれている。

3. 貯水池群運用事例

2.で設定した予測降水量系列を入力とした貯水池群運用計算をA川流域で行なう。このとき以下の前提条件を設定した。

- 予測流入量系列……2.で設定した最終予測降水量系列を流量変換したもの。
- 流域モデル……図4に示す流域。
- 最適操作のためのモデル……型数DP(参考文献2)。
- 評価関数……参考文献1)と同様の方法に設定。

$$D = 0.01368(Q_d - Q)^2 + 0.18776(S_d - S)^2$$

D: 評価関数 Q_d : 需要量(m³/sec) Q : 流量(m³/sec)

S_d : 基準貯水量(10⁶m³) S : 貯水量(10⁶m³)

上記の条件に基づき1ヶ月毎に予測流入量を更新して貯水池群運用ルールを求め、このルールに従って運用を行なった結果は以下のようにまとめられる。

① 漏水時の被害をあらわすものとした各月の評価関数値については、1ヶ月毎に予測流入量を更新することにより、その値が減少し運用結果が改善がみられる。(図5参照)

② 取水地点A, B, Cでも不足流量は9月に大きくなり、実流入量の小さくなる時期と一致する。(図6参照)

③ 貯水量については、④ダムが、8月、9月に基準貯水量(満水状態の1/2)を下まわり、⑤ダム、⑥ダムは9月のみ基準貯水量を下まわすが、この時期、実放流量を小さくして貯水量が大きく減少しない運用計画をとっている。そのため、この時期の不足流量が大きくなる。(図7参照)

4. おわりに

本稿では将来の貯水池群流入量系列を現時点までの情報を用いて予測・設定する考え方を示し、かつ将来流入量系列を考慮した貯水池群の統合運用計画を検討した。その結果、図1の予測システムに従って予測流入量系列を逐次更新していくことにより、運用結果が改善されることが認められた。

- [参考文献] 1) 森・萩原・中川: 新聞記事による漏水被害の分析, 土木学会第33回年次学術講演会, 第IV部, (1978)
 2) 森・萩原・中川: 確率DPによる貯水池群操作に関する一考察, 同上, 第I部, (1978)
 3) 森・萩原・中川: 因子分析による降水量予測と貯水池群操作に関する一考察, 土木学会第34回年次学術講演会, 第I部, (1979)
 4) 日野・カミズマ・山崎: 多変量解析と組みあわせた確率過程予測法, 土木学会論文報告集 第228号, 1974

図4 流域モデル

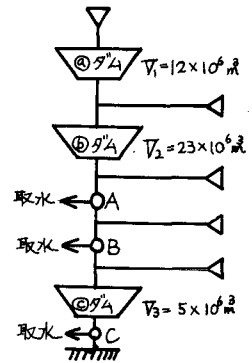


図5 評価関数値

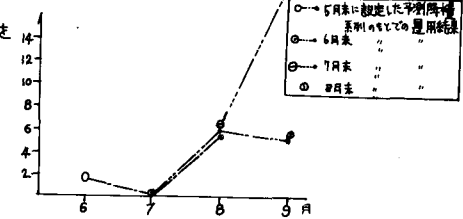


図6 不足流量

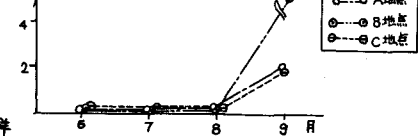


図7 貯水量

