

II-94 水 文 量 の 長 期 に つ い て の 一 考 察

近 畿 地 建 正 員 粕 谷 晋 一
近 畿 地 建 正 員 竹 本 佳 浩
(株)ケーケー 技術研究所 正 員 重 光 世 洋

1. はじめに 水資源の有効利用を既往のシステムでコントロールすることは、近年来逼迫する水需要の増大に対し、新規水資源の開発及び水管理に対してある限界に直面していることは過言ではない。とくに大貯水容量を擁する琵琶湖を例にとって見た場合、その貯水容量に対するコントロールは、近畿圏の水資源問題に対して支配的であるだけに、無効放流をできるだけ少なくし、新規水資源の開発及び水管理・利用の高度化が不可欠である。このためには水文量を如何に精度高く予測し、水のかめである湖を如何に有効に貯水し、利用するかにあるといえよう。一般に水資源の問題は(1)自然よりの恵みとしての降雨、自然流入量などの入力特性を知ること、(2)水需要に関する的確な情報を得ることの2点に集約され、またこの2点も知った上で如何に自然水を制御するかは(自然水の挙動—制御—水需要)の3つのステップに分けられよう。このうち入力としての自然水の挙動は、一年周期も卓越とする決定論的変動成分と降水現象の不確定性に基づくランダム変動成分より表わされる。実際の水資源計画にあたっての大きな問題の一つとしては、このランダム成分を前もって如何に的確に予想することが非常に難しい。この成分を全くランダムで予想不可能として策定された水資源計画は確かに安全側となるが、より高度な水利用のためには、ほんの僅かでもこの成分に関する先見的信息が得られるならば大いに助けとなる。このような観点に立って、本文は長期水文量の予測法について2, 3考察したので、ここに報告する。

2. 予測対象水文量とその手法 予測する長期水文量の単位は月と旬を対象とする。例えば月または旬降雨量と月または旬平均流入量、予測手法は既に日野博士らによって提案された多変量解析の一分野である正準因子分析法にその選別条件を利用する方法と一般の重回帰分析法の2法を適用した。前法の特徴は水文量の変動そのものを取扱うかわりに水文変動に内在する数個の独立変動成分を抽出し、これら主要因の変動特性から水文量の長期変動特性を調べ、次にその結果を用いて計算時点以後の適当な将来のある期間の水文量を予測するものである。すなわち、水文量相互の観測特性と共通因子部分の線形式的相関を最大に説明するような共通因子の抽出と(1)式に示す基本構造式により因子負荷行列も算出し、さらに因子間の相互に高い相関性を有する変動を一度独立変量(因子評点ベクトル)に変換し、この段階において選別条件を利用して予測問題も取扱う手法である。

$$x_{ij} = A f_j + e_j \quad (1) \quad \hat{x}_{ij} = A \hat{f}_j \quad (2)$$

ここで $j = 1, 2, 3, \dots, n$ (観測個体の番号), x_{ij} = p 次元観測ベクトル, f_j = g 次元因子評点ベクトル,

e_j = p 次元の確率誤差ベクトル, $A = p \times g$ 因子負荷行列 ($g \leq p$)。いま、一年間の月水文量を一つのベクトルと考えると $p = 12$ になる。予測計算に用いる場合には上式の e_j も無視し、 x_{ij} に対応する因子評点の推定値 $\hat{f}_j$ も求め、さらにこの $\hat{f}_j$ により(2)式に示す観測値ベクトルの推定値 $\hat{x}_{ij}$ も再算する。

なお周期重回帰分析に用いる基本式は(3)式のとおりである。

$$x_{ik} = a_{i1} \cdot x_{i-1, k} + a_{i2} \cdot x_{i-2, k} + \dots + a_{in} \cdot x_{i-n, k-1} \quad (3) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

ここで x_{ik} = 予測する水文量ベクトル, a_{ij} = 回帰係数で予測各期間単位の i より異なる。一年間の月単位の連続水文量を用いて、ある月の水文量を予測する場合、すなわち、過去一年間の月水文量でも、 i となる月の水文量を予測する場合には $n = 12$ となり、 x_{ik} は第 k 年第 i 月の水文量ベクトルとなる。

3. 予測結果 以上の2手法を大流域面積(約3,800 km^2) B湖に適用し、過去の36年間の月および旬水文量を用いた諸分析検討の結果について述べる。降雨量は流域内23観測所の単純平均値であり、流入量は水位、取水

量などにより逆算した値である。旬予測は周期重回帰分析を適用し、月予測は両手法を用いて比較した、なお分析

に用いた資料はすべて対数正規化後のデータである。旬降雨量および旬平均流入量の予測に用いた回帰式は式(4)～(6)である。この構成は予備解析により当該旬の水文量は当該旬より前の3ヶ月の水文量と強い相関性が存在する結果に基づいて作成したものである。

$$X_t = a_1 X_{t-1} + a_2 X_{t-2} + a_3 X_{t-3} + a_4 X_{t-4} + \dots + a_9 X_{t-9} \quad (4)$$

$$X_t = a_1 X_{t-1} + a_2 X_{t-2} + a_3 X_{t-3} + a_4 Y_{t-1} + a_5 Y_{t-2} + \dots + a_9 Y_{t-6} \quad (5)$$

$$Y_t = a_1 Y_{t-1} + a_2 Y_{t-2} + a_3 Y_{t-3} + a_4 Y_{t-4} + \dots + a_9 Y_{t-9} \quad (6)$$

ここで、 X_t 、 Y_t はそれぞれ予測旬(も旬目)の平均流入量・降雨量、 X_{t-n} 、 Y_{t-n} はそれぞれ n 旬前の既知の旬平均流入量、旬降雨量。解析に使用した資料期間は1939～1974の36年間である。

以上の予測手法により月水文量の予測値と実績値との比較、予測期間群ごとの予測精度、旬水文量の予測結果などについて検討した結果、下記のことが考察された。

(1) 正準因子分析法と周期回帰分析法のいずれの手法であっても月単位の短期間の予測に対しては大差はないが、1年以上の長期間の予測に対しては前者による方が精度が高いようである。一例として月単位の平均流入量の予測結果を図-1に示す。予測期間群ごとの予測は3ヶ月程度が限度であり、全般的には周期回帰の方が良い精度を挙げている。ただし台風期には予測精度が低い。図-2は過去10年間の予測値の予測誤差 $\pm E$ が $\pm 25\%$ と $\pm 50\%$ 以内の的中率曲線を示す。なお降雨量については全般的に流入量に比べて精度が悪い。詳細については講演時に述べる。なお参考のために正準因子分析法により、1975年の各月の実績値を用いて1976～1985の10年間の予測結果を図-3に示す。この図により予測値の周期性が見うけられる。

(2) 旬平均流入量の予測値と実績値との比較を1964～1975の12年間について行った。その一例を図-4に示す。予測精度は1～3月期が最も高く、誤差率 $\pm 25\%$ 内の的中率は40%以上、 $\pm 50\%$ では70%以上を示す。11～12月期は前記期間に比べ若干低い。しかし8～10月期は誤差率 $\pm 50\%$ 以内の的中率は40%程度しかない。

(3) 既往の気圧配置^{※2}などの気象条件も考慮した統計解析により予測した2ヶ月ごとの降雨量と比較したのが図-5である。予測値の実績値に対する平均誤差率は正準因子分析法で30%、周期回帰分析法で20%、既往の手法では48%程度となっている。なお対象期間は1966.1～1970.5である。今後より良い予測精度もあけるよう流域特性並びに気象条件などの説明変数を上記のシステムに組み込んで検討していく予定であります。

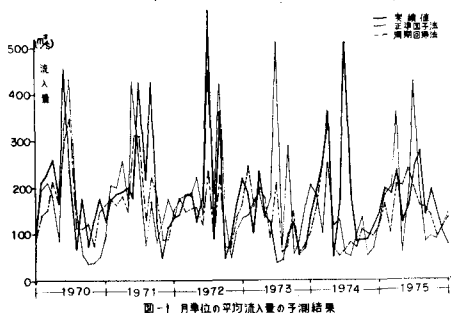


図-1 月単位の平均流入量の予測結果

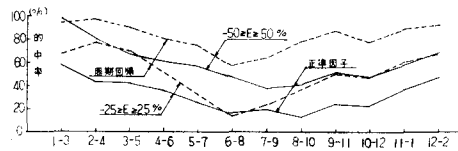


図-2 予測群(3ヶ月)ごとの予測的命中曲線

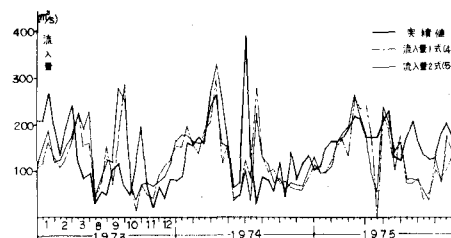


図-4 旬予測値と実績値の比較

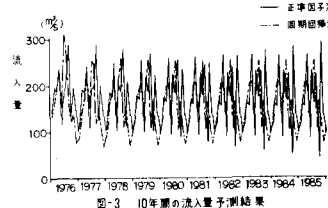


図-3 10年間の流入量予測結果

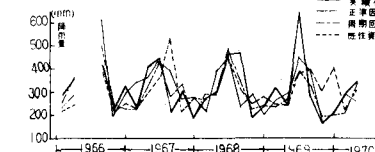


図-5 実績値と予測値の比較

参考文献 ※1 日野幹雄・石川和秀、"河川流入量の長期および短期予測について" 論文報告集 236号 1975.4.
※2 昭和43年度、"琵琶湖流入量長期予測報告書" 昭和43年3月、琵琶湖湖工事務所