

大阪大学工学部 正員 室田 明  
 同 正員 ○神田 徹  
 大阪大学大学院 学生員 江藤剛治

### 1. まえがき

流量時系列の推計学的解析とその時系列特性に基づくシミュレーション・モデルの構成は、複雑な水資源開発システムにおける流量既分計画のための有力な手法である。筆者らは従来、淀川の支川、木津川水系を対象として流量の統計的特性の解析を行ってきたが<sup>1)</sup>、本研究は、さらに利水計画上重要な要素である低水（あるいは高水）流量の持続性に関する検討を行ない、高・低水流量の自己相関特性を導入したシミュレーション・モデルの構成とその適用について考察したものである。

### 2. 月流量の確率分布と階層別自己相関

#### (1) 月流量の確率分布と正規分布への変換

高山ダム地奥における48年間の流量資料の解析によれば、月流量の確率分布はピアソンⅢ型分布関数によって高い適合度で表わすことができる。確率分布がピアソンⅢ型分布関数で表わされるときは、流量の正規変換およびその逆変換が可能であるから後述の流量シミュレーションに好都合である。

#### (2) 月流量の階層別相関係数

河川流量は種種の型の降水に起因するから、強度が大きくランダム性の強い台風性降雨、集中豪雨等の応答としての高水流量と、流域の流出特性に関係する低水流量とは流況の持続性が異なると考えられる。N年間(N=48)のN組の*i*~(*i*+1)月流量資料について相関係数を求めた後、*i*月の最大流量とこの最大流量に続く翌月(*i*+1)の流量および(*i*+1)月の最大流量とその前月(*i*月)の流量を除き、残りの(N-2)組の流量資料について相関係数を求める。同様にして、*i*月および(*i*+1)月の次位の流量の組とも除いた標本について相関係数を求めて行けば、逐次、小流量で構成される流量集団の相関関係をしらべることとなる。Fig. 1は9~10月および11~12月に対する計算結果であり、横軸(T)は大流量を除去した場合の*i*~(*i*+1)月流量の組の数(sample size)である。

*i*月の流量*x*と(*i*+1)月の流量*y*の母相関係数が*ρ*<sup>\*</sup>、その分布の平均値  $M_x = M_y = 0$ 、標準偏差  $\sigma_x = \sigma_y = 1$  なる2次元正規分布であるとき、 $x = x_0$ 、 $y = y_0$ 、 $x = -\infty$ 、 $y = -\infty$  を境界とする領域内の流量の相関係数*ρ*は次式で与えられる。

$$\rho = \frac{1}{F} \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-\rho^{*2}}} \int_{-\infty}^{x_0} \int_{-\infty}^{y_0} (x-\bar{x})(y-\bar{y}) e^T dx dy,$$

$$\text{ここに } \sigma_x = \sigma_y = \left( \frac{1}{F} \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^{*2}}} \int_{-\infty}^{x_0} \int_{-\infty}^{y_0} (x-\bar{x})^2 e^T dx dy \right)^{\frac{1}{2}},$$

$$\bar{x} = \bar{y} = \frac{1}{F} \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^{*2}}} \int_{-\infty}^{x_0} \int_{-\infty}^{y_0} x e^T dx dy,$$

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^{*2}}} \int_{-\infty}^{x_0} \int_{-\infty}^{y_0} e^T dx dy, T = -\frac{x^2 + 2\rho^*xy + y^2}{2(1-\rho^{*2})}$$

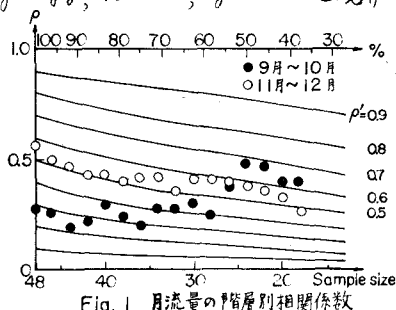


Fig. 1 月流量の階層別相関係数

Fig. 1の実線は母相関係数*ρ*<sup>\*</sup>の種種の値に対して得られた*ρ*の値を示し、横軸(上)はsample sizeの総数に対する比で表わしてある。この実線からの偏差によって sample size の減少にともなう相

関係数の値の変化を読みとることができる。各月に対して得られた結果をまとめると次の通りである。

(i) 7~10月を除く月に対しては sample size に関係なく相関係数はほぼ一定である。特に10~1月および6~7月の相関係数は大きく、相関関係の有意性(危険率5%)が認められる。(ii) 3~6月の相関は有意でない。(iii) 8~9月および9~10月の相関係数は sample size が(26~30)以下で増加する。すなわち、低水流量集団の相関性が強い。

### 3. 偶発性高水流量の分離

前節の結果から、8, 9月および10月に対しては高水流量集団を偶発的流量として分離し、高水と低水流量集団で異なる相関特性を流量シミュレーションに導入する必要がある。

8, 9, 10月における偶発性高水の生起確率をそれぞれ  $p_8, p_9, p_{10}$  とし,  $p_8 = ap, p_9 = bp, p_{10} = cp$  とする。Fig. 1において相関係数が急増する突きの sample size を  $n_c$  とすれば、連続する月のいずれかの月に高水が生起する確率  $P$  は次式で表わされる。

$P = (N - n_c)/N = ap + bp - abp^2$  (8~9月),  $(N - n_c)/N = bp + cp - bcp^2$  (9~10月)  
 既往の台風記録から逆似的に  $a = c = 1, b = 7/4$  とし, Fig. 1より  $n_c = 28$  とすれば,  $p_8 = p_{10} = 0.170, p_9 = 0.298$  となる。したがって48年間の流量資料中、偶発性高水の生起回数は8, 9, 10月に対してそれぞれ8.1, 14.3, 8.1であり、この生起回数は流量資料の解析結果とも大差がない。

### 4. 流量シミュレーション

シミュレーション・モデル:  $X_i = \rho X_{i-1} + \tau_i(1 - \rho^2)^{1/2}$

ここに,  $X_i, X_{i-1}$ :  $i$  月,  $(i-1)$  月流量の規準変量,  $\rho$ :  $i \sim (i-1)$  月流量の相関係数,  
 $\tau_i$ :  $i$  月のランダム規準変量

#### (1) シミュレーションの手順

(i)  $i$ : 8, 9, 10月以外の月——Fig. 1の実線に近い  $\rho$  の値および正規乱数  $\tau_i$  を用いる。

(ii)  $i$ : 8, 9, 10月—— $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\tau_i^*}^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = p_i$ , ( $i=8, 9, 10$ ) とするとき、発生した乱数  $\tau_i$ ,  $(i-1)$  月の乱数  $\tau_{i-1}$  が,  $\tau_{i-1} > \tau_i^*$  あるいは  $\tau_i > \tau_i^*$  であれば  $\rho = 0$  とし,  $\tau_{i-1} < \tau_i^*$  かつ  $\tau_i < \tau_i^*$  のときは sample size  $n < n_c$  における  $\rho$  の値を用いる。

#### (2) 結果 (100年間の月流量シミュレーション)

Fig. 2は、高水流量の偶発性を考慮して相関係数を変化させる上記の方法と、全流量に対して一定の相関係数 (sample size の総数 ( $N=48$ ) に対する値) を用いた場合の結果とを比較したものであり、上記のモデルでは低水流量に対する相関係数の再現性が高いことが明らかである。シミュレートされた流量の他の諸特性については講演時に述べる。

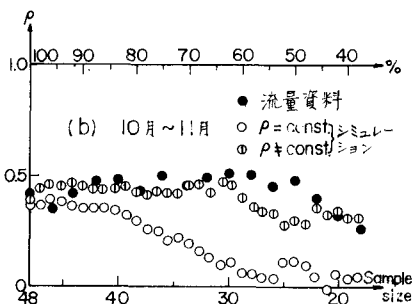
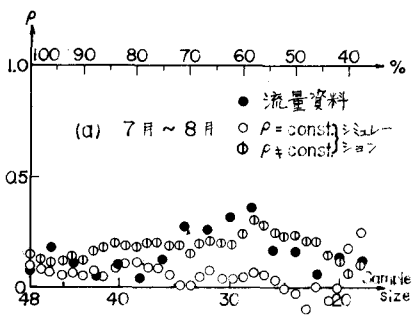


Fig.2 シミュレート月流量の相関係数

参考文献 1) 室田明・神田徹, “木津川水系における低水流量の時系列特性について”, 昭和43年度土木学会関西支部年次学術講演会