

II-64

豪雨極値の地域総合化に関する研究

岐阜大学大学院 学生員 岡 明夫

岐阜大学工学部 正会員 宝 馨

1. はじめに 地域総合化手法とは水文学・気象学的な観点から一様な性質をもつとみなし得る地域について、その地域内の水文量の確率的特性を総合化し、同じ地域内での観測データのない(比較的少ない)地点についてもその確率特性が利用できるようにする手法である。本研究は、この手法により豪雨の規模や頻度の推定の際に障害となるデータ不足の問題を解決しようとするものである。ここでは、地域総合化手法として代表的な回帰分析と、地質学分野で用いられてきた Kriging法とを確率雨量の総合化に適用し、その精度を明らかにする。

2. 地域総合化手法

2. 1 地域回帰分析¹⁾ 対象とする水文量を目的(従属)変数とし、対象地点の特性量を説明(独立)変数として、最小二乗法を用いた回帰分析によって場所的特性と雨量特性を関係付ける解析法である。回帰分析として次の二つを行う。

【1】OLS法 目的変数 Y 、説明変数 $X_1, \dots, X_M$ (M : 説明変数の数)としたとき、

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_M X_M + e \quad (1)$$

の重回帰式の形で表して、次の誤差平方和(SSE)を最小にするパラメータを推定する。

$$SSE = \sum e_i^2 \quad (2)$$

ここで、 e_i : 誤差 (n : 観測地点数)、 $\sum$: $i=1, \dots, n$ までの和である。

【2】WLS法 データの信頼性等で重み付けを施した回帰分析である。次の重み付け誤差平方和(W SSE)を最小にするパラメータを推定する。

$$WSSE = \sum w_i e_i^2 \quad (3)$$

目的変数として確率雨量をとることにより、任意地点の確率雨量の推定値を得ることができる。

2. 2 Kriging法 従来、Kriging法は地質学分野で用いられてきたものであるがこれを水文学に応用してみる。²⁾ここでは、定常確率場における空間推定を行う。Kriging法は観測点 i ($i=1, \dots, n$)における実現値 Z_i を用いて、任意地点 X の状態変数 $Z(X)$ の推定値 $\hat{Z}(X)$ を次式でみたす最良線形推定値(BLUE)として求めるものである。

$$\text{Var}[\hat{Z}(X) - Z(X)] \rightarrow \min \quad (4)$$

$$\hat{Z}(X) = \sum W_i Z_i \quad (5)$$

$$E[\hat{Z}(X) - Z(X)] = 0 \quad (6)$$

ここに W_i : $\hat{Z}(X)$ を推定するための Z_i の荷重係数で、

$$\sum W_i = 1 \quad (7)$$

上記の諸式により次のKriging方程式が導かれる。

$$\sum W_i \gamma(d_{ij}) + \mu = \gamma(d_j), \quad d_j = |X - X_j| \quad (8)$$

ここに μ はLagrangeの未定定数であり、 d_{ij} は2地点 i, j 間の距離、 γ はvariogramと呼ばれ $Z(X)$ の統計的な空間分布構造を表す。

式(7)、(8)を連立させた $(n+1)$ 個の方程式を解くことにより任意の推定地点に対する n 個の荷重係数 W_i と μ が得られ、式(5)からその地点の推定値 $\hat{Z}$ が求められる。この $\hat{Z}$ の推定誤差である Kriging分散(式(4)の最小値)は次式となる。

$$\text{Var}[\hat{Z}(X) - Z(X)]_{\min} = \sum W_i \gamma(d_i) + \mu \quad (9)$$

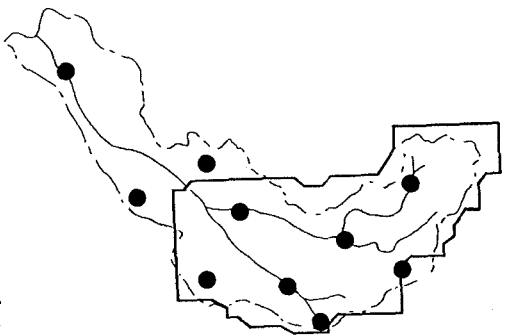


図1 野洲側流域図

従って確率変数 $Z(X)$ として地点 X での確率雨量をとれば上記の方法により確率雨量の空間分布 $\hat{Z}(X)$ とこの誤差が推定できる。

3. 対象地域及び観測地点の確率雨量 水文学的・気象学的に一様とみなしてよい地域として野洲川流域を選んだ。(図1参照)

10個の観測地点の T 年確率 K 日雨量($T=100, 200, K=1, 2, 3$)を実際に存在する年最大 K 日雨量データから推定する。その方法は、年最大 K 日雨量を12種類の確率分布にあてはめて、SLSC, MLL, AIC, CORなど適合性の指標を用いて(特にAICに着目して)、最適な分布を選び T 年確率雨量を決定する。³⁾これを回帰分析での Y_i , Krigingでの Z_i とする($i=1, \dots, 10$)。

4. 適用と考察

4. 1 回帰分析による地域総合化 目的変数を任意の対象地点の確率雨量、説明変数を対象地点の特性量(標高(H)、北緯(N)、東経(E))として、OLS法とWLS法を行った。その結果、重相関係数、 F 検定値から判断して説明変数が北緯のみの回帰式があてはまりが良かった。また、OLS法とWLS法を比べると、データ期間の長さで重み付けしたWLS法がより適合が良かった。回帰分析による地域総合化の結果として、あらゆるケースのなかで F 検定値のいい説明変数が北緯のみのWLS法での推定結果と、重相関係数のいい全ての説明変数を用いたOLS法での推定結果を図2に示す。

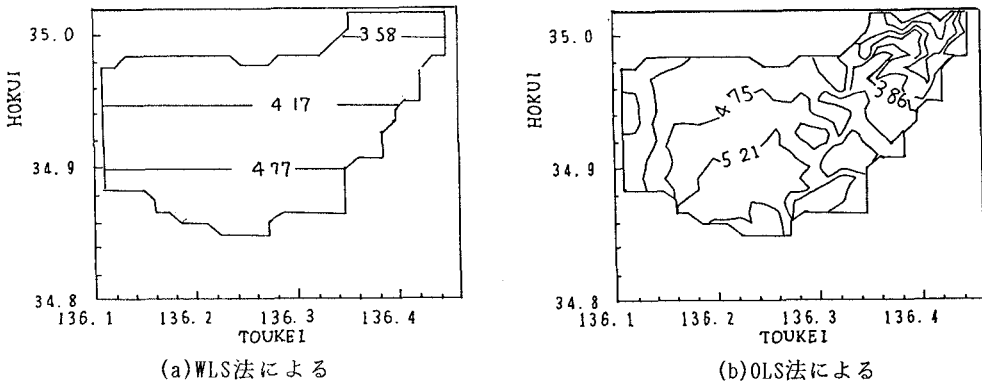


図2 回帰分析

4. 2 Kriging法による地域総合化 $n=10$ 個の観測地点の確率雨量のみを用いてKrigingを行ったところ推定精度はよくなかった。データ数が少ないので variogramの推定精度が悪いことによるものと思われる。推定精度を上げるために、 n 個の観測地点の確率雨量に加えて、回帰分析で求めた m 個の任意地点の確率雨量をも実現値 Z_i ($i=1, \dots, n+m$)として Krigingを適用し、流域内任意地点 X における確率雨量の推定値及び信頼度を求める。

結果は発表時に説明する。

参考文献

- 1) Stedinger, J. R. and G. D. Tasker: Regional Hydrologic Analysis, 1. Ordinary, Weighted, and Generalized Least Squares Compared, Water Resources Research, Vol. 21, No. 9, 1989.
- 2) Takagi, F. and M. Harada: Stochastic Estimation of Groundwater Head-Field in Heterogeneous Region, Proc. 6th Congress of APD-IAHR, Kyoto, Vol. I, 1988.
- 3) 宝・高棹: 水文頻度解析における確率分布モデルの評価規準、土木学会論文集、第393号/II-9, pp. 151, 160, 1988.