

## メタ統計的極値分布を用いた確率日雨量の経年変化の推定 Estimation of Secular Change in Return Level of Daily Rainfall Using Metastatistical Extreme Value Distribution

○丸尾啓太\*・近森秀高\*・工藤亮治\*

MARUO Keita, CHIKAMORI Hidetaka, KUDO Ryoji

1. はじめに 確率日雨量の推定には、一般に年最大値法が用いられるが、この方法では解析対象のデータサイズが小さく、対象期間によって推定値が大きくばらつくことがある。近年、Marani ら (2015) によって提案されたメタ統計的極値 (Metastatistical Extreme Value, MEV) 分布は、日雨量の極値分布を各年の日雨量の分布と降雨日数により表しており、データサイズが大きく、確率日雨量の推定値の変動の抑制が期待できる。ここでは、我が国における確率日雨量の経年変化を MEV 分布の適用により推定し、年最大値法による推定結果と比較した。

2. MEV 分布の概要 MEV 分布の日雨量への適用では、各年の日雨量の非超過確率を、日雨量の確率分布関数を当該年の降雨日数回乗して表し、これが図 1 に示すように年変動することを考慮して平均をとり極値分布を表現する。確率分布関数  $H(x)$  を次式に示す。

$$H(x) = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T [F(x | \hat{\theta}_i)]^{n_i}$$

ここに、 $x$  : 日雨量[mm/d],  $F(x | \theta_i)$  :  $i$ 年目の日雨量の確率分布関数 ( $\theta_i$ はパラメータ),  $T$  : 解析対象年数,  $n_i$  :  $i$ 年目の降雨日数,  $\hat{\theta}_i$  :  $i$ 年目におけるパラメータ  $\theta$  の推定値。グラフの一例を図 1 に示す。

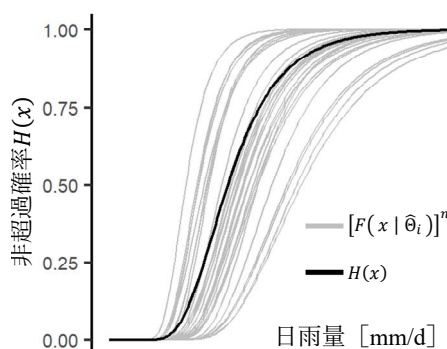


図 1 日雨量の確率分布関数の年変動 (Interannual fluctuation of cumulative distributions of daily rainfall).

年最大値法では、年最大値のみを解析対象とするため利用可能な観測値の数が限られるのに対し、MEV 分布は年間の観測日雨量の全てを利用できる利点がある。本手法を適用した場合、確率日雨量の推定値のばらつきが抑えられ、観測期間が短い場合でも従来法より高い推測精度が期待される。

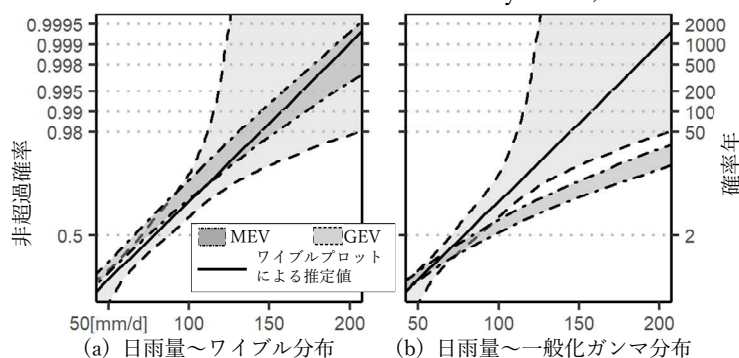


図 2 MEV 分布と GEV 分布による確率日雨量の分布の推定 (Comparison between estimated return level of daily rainfall and its distribution by applying MEV and GEV distributions)

3. MEV 分布による確率日雨量の推測精度 複合ポアソンモデルを用いて模擬発生させた長期の日雨量時系列を対象に、MEV 分布の適用および年最大値法により推定したそれぞれの確率日雨量の精度を比較した。30 年間の日雨量時系列を模擬発生させ、MEV 分布および従来法の一般化極値分布 (GEV 分布) をそれぞれ適応した。この操作を 1000 回繰り返す、ある日雨量に対して推定された非超過確率を昇順に並べたときの 25 位から、975 位までの範囲 (95% 区間) を図 2 に示す。図 2(a) は日雨量にワイブル分布 (W 分布)、図 2(b) は一般化ガンマ分布 (GG)

\*岡山大学大学院環境生命科学研究科 Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

キーワード : Metastatistics, 極値解析, 降雨特性, 水文統計

を適応している。また、複合ポアソンモデルから生成した 10000 年間の日雨量時系列の年最大値から、ワイブル・プロットにより計算した非超過確率から推定した確率日雨量を真値と仮定し、図中に実線で併示した。なお、複合ポアソンモデルのパラメータは岡山の日雨量観測値から推定した。

図 2 を見ると、GEV 分布で推定した確率日雨量の推定値の 95% 区間は、確率年が大きくなるに従って範囲が広がり、推測精度が低下していることが分かる。図 2(a) の MEV 分布で推定した確率日雨量は、確率年が大きい場合に GEV 分布よりも推定値の範囲が狭くなっており、推定精度が高いことが分かる。一方、図 2(b) の日雨量に GG 分布を適用した MEV 分布の場合、確率日雨量の推定値は真値と大きく離れている。以上の結果から、MEV 分布は、従来法よりも確率日雨量を精度よく推定できるが、日雨量に適切な確率分布を仮定する必要があることが分かった。

**4. 100 年確率日雨量の経年変化** 30 年間の観測日雨量に MEV 分布、年最大日雨量に GEV 分布をそれぞれ適用し、解析対象期間を 1 年ずつ移動させながら 100 年確率日雨量を逐次推定し、その経年変化を調べた。

(1) 日雨量に適応する確率分布 日雨量に適応する確率分布は、MEV 分布による 100 年確率日雨量の推定値が GEV 分布による推定値に近くなるように選定した。図 3 をみると、岡山では W 分布、江差では GG 分布が選択されている。

(2) 確率日雨量の経年変化と確率分布 MEV 分布、GEV 分布による 100 年確率日雨量の推定値は異なる経年変化を示した。図 4 をみると、GEV 分布による推定値は減少傾向を示したが、MEV 分布の推定値は増加傾向を示した。また、GEV 分布による推定値は経年変化が大きく、傾向の把握が困難な地点においても、MEV 分布による推定値は経年変化が小さく、100 年確率日雨量の傾向を容易に把握できることが分かった。

(3) MEV 分布による 100 年確率日雨量の経年変化 MEV 分布により推定された 100 年確率日雨量には、全国的に増加傾向が見られた。日雨量に W 分布を適応した地点では、多くの地点で増加傾向を示した。増減の傾向が見られない地点、減少傾向を示す地点も見られたが少数であった。GG 分布が選択された地点では、全地点で 100 年確率日雨量が増加傾向を示した。

**5. まとめ** 複合ポアソンモデルで模擬発生させた日雨量時系列に MEV 分布および GEV 分布を適用した結果、日雨量に適切な確率分布を仮定すれば、MEV 分布による確率日雨量の推定値は GEV 分布による推定値に近い値を示すことが確認できた。MEV 分布を適用して全国の確率日雨量の経年変化を調べた結果、MEV 分布で推定された 100 年確率日雨量は、GEV 分布による推定値と同様に全国的に増加傾向を示した。

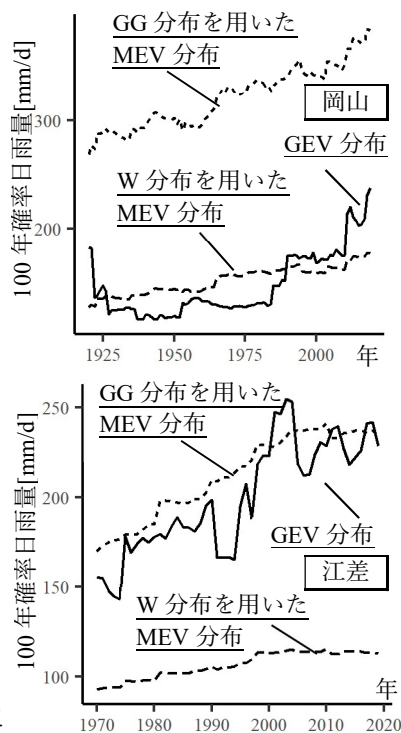


図 3 確率分布と 100 年確率日雨量の関係  
(Relationship between probability distribution and secular change in 100-year rainfall)

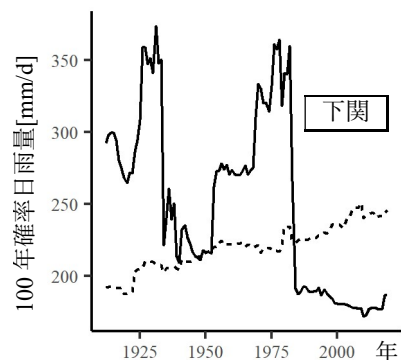


図 4 100 年確率日雨量の経年変化  
(Secular change in 100-year rainfall)