

メタ統計的手法に用いる確率分布の選択基準 Criteria for Selecting Probability Distribution in the Metastatistical Approach

○丸尾啓太*・近森秀高**・工藤亮治**

MARUO Keita, CHIKAMORI Hidetaka, KUDO Ryoji

1. はじめに 確率水文学の正確な推定は、治水や利水に関わる構造物の設計や管理に重要である。確率水文学は、年最大値を用いる区間最大値法で推定されることが多い。最近提案された「メタ統計的手法」は、年毎に全てのデータに当てはめた確率分布を各年のデータ数でべき乗し、得られた区間最大値の確率分布を用いて確率水文学を推定する。「メタ統計的手法」は、観測期間が比較的

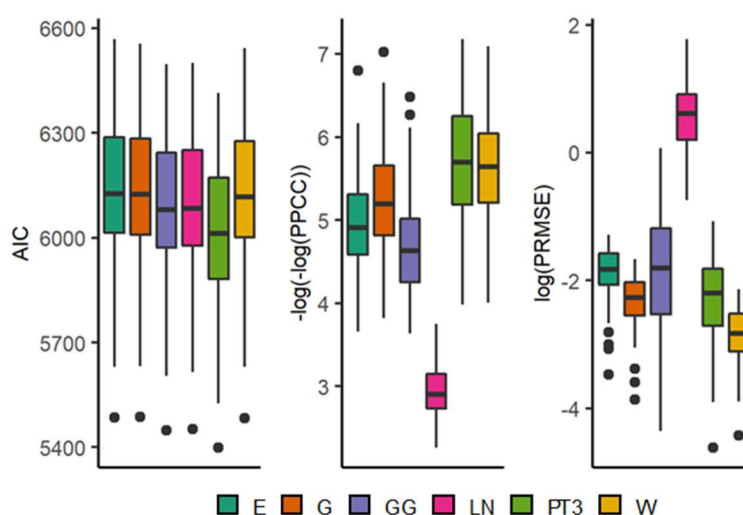


図1 各基準の値の頻度分布

Frequency of values for each criterion

短い場合に区間最大値法より高い推測精度をもつ¹⁾。しかし、例えば日雨量を対象とする場合、メタ統計的手法による確率日雨量の推定精度を高めるためには、各年の日雨量データに当てはめる確率分布の適切な選定が必要である。Mushtaq et al (2022) は高水位の確率分布の選択基準を提案したが、水文統計分野でよく用いられる基準については検討していない。本研究では、「メタ統計的手法」適用のための確率分布の選択基準を比較し、その適性を比較検討した。

2. 確率分布の選択基準の比較 ここでは以下の3個の選択基準を比較した。(1) 赤池情報量基準 (AIC) : 対数尤度とパラメータ数による評価で、この値が最小となる確率分布を選択する。(2) 確率プロット相関係数 (PPCC) : Q-Q (Quantile-Quantile) プロット上の相関係数が最大となる確率分布を選択する。(3) 確率比二乗平均誤差 (PRMSE)³⁾ : 対象データを昇順に並べたときの上位10%のデータを対象に、確率分布の非超過確率と plotting position 公式による非超過確率を求め、この比が1に最も近い確率分布を選択する。

3. 確率分布の選択 複合ポアソンモデルを用いたシミュレーションにより得られた日雨量時系列を用い、基準(1)~(3)による確率分布選択の精度を比較した。選択された確率分布の妥当性は、その確率分布を適用した「メタ統計的手法」による確率日雨量と真値をグラフ上で比較することで判断した。今回は、日雨量の頻度分布としてワイブル分布が適切となるように、複合ポアソンモデルのパラメータを設定した。30年間の模擬データに最尤法を用いて確率分布を当てはめ、AIC, PPCC, PRMSE を計算した。なお、比較に使用した確率分布は、指数(E)分

* 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

** 岡山大学学術研究院環境生命科学研究科 Academic Field of Environmental and Life Science, Okayama University

キーワード：メタ統計 (Metastatistics), 極値解析, 水文統計, 確率水文学

布, ガンマ(G)分布, 一般化ガンマ(GG)分布, 対数正規(LN)分布, ピアソンⅢ型(PT3)分布, ワイブル(W)分布である. 図1の箱ひげ図は, 適応した各確率分布について基準(1)~(3)を1000回計算した結果の頻度分布を示している. この図をみると, AICではPT3分布, PPCCではLN分布, PRMSEではW分布が選択される頻度が高い. このことから, PRMSEが最も良い性能を示すことを確認できた.

3. 選択された確率分布の地域性 選択された確率分布の地域性を把握することで, 確率分布を選択するときの参考情報を得ることができる. そこで, 日本全国約1000地点における最近30年間の日雨量観測値を対象に, PRMSEを用いて確率分布を選択した. 図2をみると, W分布は中部地方, 中国山地・四国山地の南側, 九州地方の南部, LN分布は北海道などで選択されていることがわかる. このことから, PRMSEで選択された確率分布には地域性があることが確認された.

上述の地域性と降水の成因との関係を検証することを目的として, PRMSEの計算に使用したデータのうち5~10月の観測値を対象に, 月別の降雨日数の変動係数を調べた結果, 図3に示すように, 九州地方では変動係数の値が高くなった. これは, 九州地方では梅雨の影響が大きいと考えられる.

一方, 九州地方以外の地域では, 変動係数の値に明確な地域性がみられなかった. 変動係数とPRMSEで選択された確率分布の関係をみると(図4), 選択された確率分布によって変動係数の値はほとんど変わらないことがわかる. このことから, PRMSEによる確率分布の選択には, 台風や梅雨などによる季節的な降水は影響せず, 図2で見られた地域性は, 地形性降水のように, 季節性が関わらない降水の影響であることが窺える.

4. 結論 「メタ統計的手法」の応用を視野に, 確率分布の選択基準としてPRMSEの利用を提案し, その有効性をシミュレーションによって示した. 日本全国を対象にPRMSEを用いて確率分布を選択したところ地域性が確認された. 今後の課題として, 確率分布の妥当性を, 確率分布と確率日雨量, および地形性降水の関係から検証することが挙げられる.

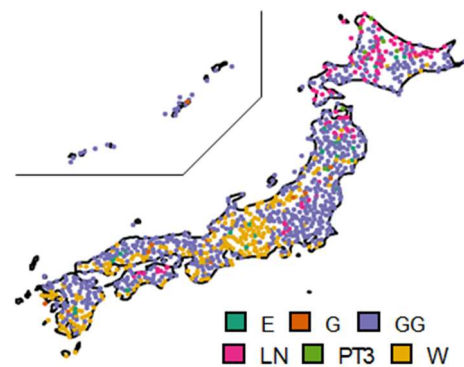


図2 PRMSEで選択した確率分布 Probability distribution selected by means of PRMSE

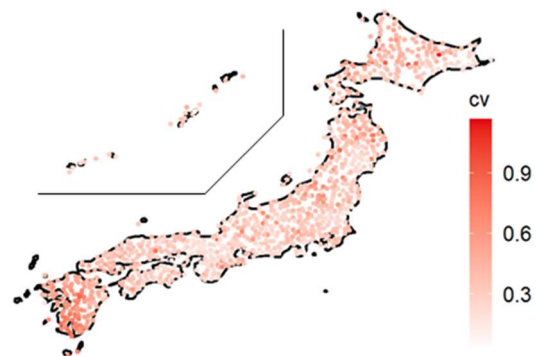


図3 上位10%のデータのうち, 5~10月に観測された降雨日数の変動係数 Among top 10% rainfall data, coefficient of variation of number of days observed from May. to Oct.

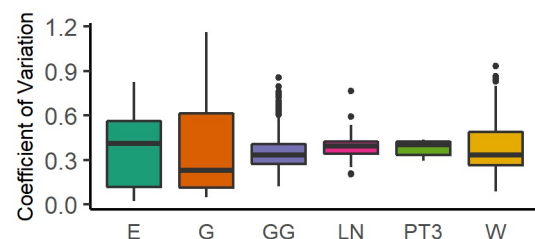


図4 降雨日数の変動係数とPRMSEで選択された確率分布の関係 Relationship between coefficient of variation and probability distribution selected by means of PRMSE.

参考文献 1) Zorretto et al., Geophys. Res. Lett. 43, 8076-8082, 2016. 2) Mushtaq et al, Adv. Water. Res. 161, 104127, 2022.

3) Papalexiou et al, Hydrol. Earth Syst. Sci. 17, 851-862, 2013