

令和 6 年 9 月 27 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05831

研究課題名(和文)メタ統計的手法を用いた確率水文量の推定手法の検討とその実用性に関する研究

研究課題名(英文) Study on estimation accuracy of return level of hydrological values by applying
Metastatistical Extreme Value Distribution and its

研究代表者

近森 秀高 (Chikamori, Hidetaka)

岡山大学・環境生命自然科学学域・教授

研究者番号：40217229

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：確率日雨量の推定には、一般に年最大値法が用いられる。ただし、標本のサイズが小さく、非常に小さいまたは大きい年最大値が1個含まれている場合は、解析対象期間の変更によって確率日雨量や確率年の推定値が大きく変動することがあり、これらの経年変化の正確な推定が困難な場合が多い。本研究では、メタ統計的極値分布(MEV分布)を適用して、日本における確率日雨量および確率年の経年変化を推定した。その結果、MEV分布により推定した100年確率日雨量は、年最大値法による推定値と同様に全国的に増加傾向を示した。また、年最大値法に比べて推定値のばらつきが抑えられ、経年変化の傾向がより明確に示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

豪雨に伴う出水規模の評価には、従来、解析対象期間内の年最大値に極値分布を適応することにより推定する区間最大値法が用いられてきた。しかし、区間最大値法では、解析対象となるデータサイズに限られ、他のデータに比べて極端に大きさが異なるデータの影響を受けやすい難点があった。本研究では、メタ統計的極値分布を用いて解析対象期間内の全ての日雨量データを対象として確率雨量の推定を行ない、推定値の経年変化を、最大値法による推定値と比較した。その結果、解析対象区間の変化による確率雨量の推定値の変動が抑えられ、降雨規模の経年変動がより分かりやすく示された。

研究成果の概要(英文)：The annual maximum series (AMS) method is generally applied to estimate the return level of extreme rainfall. The sample size, however, is so small that the estimated return level and return period are strongly fluctuated even when just one or a few extreme-size minima or maxima are included by change in a target duration for the analysis. That often disturbs correct estimation of secular change in return level and return period of rainfall. In this study, we estimated the secular change in both return level and in return period of daily rainfall in Japan by applying the metastatistical extreme value (MEV) distribution to daily rainfall data. The results showed that the estimated 100-year daily rainfall by applying the MEV distribution showed similarly increasing trend nationwide as when the annual maximum method was applied. In addition, compared with the AMS method, the fluctuation range of the estimated values was suppressed, and the trend of annual change was shown more clearly.

研究分野：流域水文学，水文統計学

キーワード：確率雨量 経年変動 メタ統計的極値分布

1. 研究開始当初の背景

確率雨量推定に用いる観測データには、通常、解析データ数(サイズ)が限られる年最大値に用いられてきた。年最大値法(区間最大値法)と呼ばれるこの方法は、解析対象データが解析対象期間の年数に限られており、確率分布の適応は容易ではあるが、解析対象期間の変化により、確率雨量の推定値が大きく変動することが多く、推定精度が懸念事項の一つであった。

区間最大値法以外の方法として、豪雨の規模を、あらかじめ定めた閾値を超過する値のみを対象として確率分布を適応する閾値超過法が挙げられる。具体的には、降雨の規模は既与の閾値に対する観測雨量の超過頻度により評価され、例えば、平均的に10年に一度超過する雨量の規模は「10年確率雨量」のように表される。この手法により、適切な規模での水害対策を検討する上で重要な指標が定量的に示されることとなったが、適切な閾値の決定法は複数提案されており、統一されていないことが懸念された。

区間最大値法や閾値超過法による確率雨量の推定は、限定されたデータに基づいて比較的簡便に確率雨量を推定できる利点があり、河川の管理や、農地における水害の防止・軽減に重要な役割を果たしてきたが、計算機等の進歩により、多くのデータを対象とした解析が容易に行われるようになり、より詳細な解析が可能となった。

これに加え、後述の「メタ統計的極値分布」(MEV分布)の適用では、日雨量データまたは時間雨量データの全てが解析の対象となるため、従来の区間最大値法に比べて解析対象データの数が多いが、近年、日本国内の雨量データは気象庁のホームページからオンラインで入手することも可能であり、このことが、MEV分布による詳細なデータ解析を可能にしている。

2. 研究の目的

本研究では、「10年に一度」、「100年に一度」発生する洪水・大雨など、災害事象の規模と発生頻度との関係を、「メタ統計」と呼ばれる手法に基づく「メタ統計的極値分布」(MEV分布)を適用して評価し、農地排水や治水対策の対象となる洪水や大雨などの規模を精度よく推定する手法の開発を目的とした。

MEV分布の適用では、日雨量データ全てが解析の対象となるため、従来の区間最大値法に比べて解析対象データの数が多いが、近年、日本国内の雨量データは気象庁のホームページからオンラインで入手することも可能であり、より多くのデータが利用できるため、解析対象期間の変更に伴う確率年・確率雨量の変動幅が抑えられる利点があり、精度の高い推定が期待できた。

なお、日雨量や時間雨量の時系列は時間間隔が短いため、隣接した雨量データ間の自己相関の影響を考慮する必要がある。確率年・確率雨量のより正確な推定のためには、各年の降雨時系列が持つ自己相関の影響を反映する確率年・確率雨量の推定手法を導入し、自己相関を考慮しない場合との比較により、確率年・確率雨量の推定にこの自己相関が及ぼす影響を評価する必要があったが、自己相関の影響を考慮するための準備が間に合わず、やむを得ず、次年度に持ち越すことにした。

3. 研究の方法

MEV分布の適応では、各年の雨量分布にワイブル分布などを適応し、それぞれ対象年の降雨日数分だけ累乗して得られる確率分布関数を平均する。これが、雨量の極値とその非超過確率との関係を表すMEV分布の確率分布関数になり、検討対象期間における確率日雨量等の推定が可能になる。

この手法では、対象期間中の全ての日雨量データを参照して確率分布を推定するため、年による日雨量分布の「揺らぎ」(確率分布のパラメータの「揺らぎ」)を考慮でき、従来の手法とは異なる視点による確率日雨量の推定が期待される。また、従来法である区間最大値法(年最大値法)と比較すると、年最大値だけでなく、解析対象期間内の降雨日の日雨量全てを用いるので、解析対象期間の変化による推定値の変動を抑えられることが期待される。これに加え、閾値超過法法の閾値のように客観的設定が難しい計算条件がないことから、解析者の主観による推定結果の違いが生じにくいことも利点として挙げられる。

4. 研究成果

【2021 年度】 本研究は、2021 年度を最終年度とする基盤研究(C) (課題番号 18K05879) の「ベイズ統計の理論を用いた既往最大規模豪雨および洪水の統計的評価に関する研究」の後継に位置付けており、メタ統計的極値分布の手法を、地域頻度解析に適用する手法の開発を研究目的の一つとしている。

これまで、地域頻度解析では、雨量データの統計値である L 積率比や緯度・経度を用いて地域分類をおこなってきたが、気候の経年変動を考慮すると、豪雨などの極端現象を代表とする年最大値の経年変化パターンの類似性に着目して地域頻度解析を行うことも考えられる。

ここでは、MEV 分布についての検討の前段階として、年最大値時系列を対象とした下記の地域分類法について、(1) 各観測地点における L 積率比と緯度・経度を用いたクラスター分析、(2) 各観測地点における年最大値時系列を平均値で除した基準化データを用いたクラスター分析、とを行った。

岡山県内の雨量観測点を対象として検討した結果、岡山県全体を 1 地域として解析を行うと、地点頻度解析による結果との差が大きくなり過大または過小推定と思われる結果が多いこと、地域分類を、年最大値時系列を用いた方法で行い、従来の L 積率比による地域分類の結果と比べると、年最大値時系列を用いた地域分類の方が、地点頻度解析に近い結果が得られることが分かった。

以上の結果から、本研究で検討している MEV 法を用いて地域頻度解析を行うための地域分類について有用な知見が得られた。MEV 法への地域頻度解析の適用では、地域を構成する全ての雨量観測点における雨量時系列データによる分類法を検討する必要があるが、そのためには年最大値を対象とした地域頻度解析について検討した結果に基づき、日雨量または時間雨量データを用いた適切な地域分類法を検討する必要がある。

【2022 年度】 令和 4 年度は、当初、メタ統計的極値分布適応のために、年最大日雨量ではなく日雨量全てを利用した地域分類に基づき、地域頻度解析の枠組みで極値統計解析を行う予定であった。しかし、日雨量データに基づく地域分類は、年最大値を用いた地域分類に比べて、地域間の違いが捉えにくい結果となった。そこで、令和 4 年度の研究では、統計モデルを用いた降雨の時空間パターンの模擬生成に着目し、降雨場の相関構造の異方性や移流といった複雑な要素をもつ統計モデル (Papalexiou et al. , 2021) を用いて降雨場のシミュレーションを行い、線状降水帯の再現性を評価した。

この検討では、対象地域として広島県西部を選定し、解析対象資料には、レーダー・アメダス解析雨量の 2014 年 8 月 19 日 12 時 ~ 20 日 12 時における 1 時間雨量を選定した。当時のレーダー・アメダス解析雨量は 1km メッシュで公開されているが、本研究では、計算時間を短縮するために、5km メッシュにアップスケーリングしたデータを用いた。周辺分布には一般化ガンマ分布、降雨場のシミュレーションには Gneiting による時空間共分散関数を用いた。

その結果、構築したモデルは観測値の相関構造をよく表現しており、模擬発生させた降雨場からは線状降水帯が抽出された。模擬降雨場の線状降水帯における強雨域の面積は観測値をよく再現できていたが、短時間に集中する豪雨の再現性はやや不十分であり、非定常の共分散関数を用いる必要が示唆された。

今後の方針として、モデルの推定方法の改良解析事例を増やすことにより、構築した時空間統計モデルのパラメータを吟味することが必要である。

【2023 年度】 降雨の時系列は、日雨量には明らかに自己相関があり、確率雨量の推定でも考慮することが望ましい。Volpi ら (2015) によって示されている日降水量の自己相関を考慮した確率雨量の推定について、メタ統計的極値分布の検討を試みたが、自己相関を考慮したワイブル分布の適応が難航し、今後の検討事項として残された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 近森 秀高、工藤 亮治、丸尾 啓太	4. 巻 91
2. 論文標題 メタ統計的極値分布を用いた確率雨量の経年変化の推定	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 農業農村工学会論文集	6. 最初と最後の頁 I_113 ~ I_120
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11408/jsidre.91.I_113	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 崎川和起, 近森秀高, 工藤亮治, 丸尾啓太
2. 発表標題 メタ統計的極値分布による気候予測情報のバイアス補正
3. 学会等名 2023年度 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 近森秀高・工藤亮治・丸尾啓太
2. 発表標題 メタ統計的手法に用いる確率分布の選択基準
3. 学会等名 2022年度（第71回）農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丸尾啓太・近森秀高・工藤亮治
2. 発表標題 メタ統計的極値解析に用いる日雨量の確率分布の選択と地理的特徴の関係
3. 学会等名 水文・水資源学会 / 日本水文科学会 2022年度研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近森秀高・工藤亮治・丸尾啓太
2. 発表標題 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
3. 学会等名 2021年度 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	工藤 亮治 (Kudo Ryoji) (40600804)	岡山大学・環境生命自然科学学域・准教授 (15301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------