

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K05879

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Study on Statistical Evaluation of Record Maximum Rainfall and Flood Discharge by Bayes' theorem

研究代表者

近森 秀高 (Chikamori, Hidetaka)

岡山大学・環境生命科学学域・教授

研究者番号：40217229

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、限られたデータからより正確な極値の推定を行なう手法について検討することを目的とし、当初、近年幅広く用いられているベイズ統計学的考え方に基づくマルコフ連鎖モンテカルロ法を利用し、従来の区間最大値法及び閾値超過法を用いて極値統計解析を行う予定であったが、研究を進める中で、雨量時系列データを全て用いるメタ統計的極値(MEV)分布を導入することにより、少数の極端に大きな特異データの影響を抑えて確率雨量が推定できることを、従来方との比較により示すこととなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、洪水・濁水などの極端な気象現象の発生頻度が増加している。これらの極端現象は気候変動に伴うとされ、その規模・発生頻度は経年的に変化している。これらの統計的推定には、従来、年最大値のみを用いる区間最大値法が用いられてきたが、解析に用いることができるデータのサイズが限られるため、少数の極端な値を持つ値により、確率年・確率雨量が大きな影響を受け、その推定精度に問題があった。ここで研究対象としてMEV法は、大正期間中の観測データ全てを用いて極値を推定する手法であり、限られた数の極端なデータの影響が小さく、安定した確率雨量、確率年の推定が期待される。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to examine a method for more accurate estimation of extreme values from limited data at the beginning, and initially used the Markov chain Monte Carlo method based on Bayesian statistical ideas that have been widely used in recent years. Firstly, extreme statistical analysis using the conventional annual maximum value method and threshold excess method were applied and evaluated, but as we proceeded with the research, we found a meta-statistical extreme value (MEV) distribution that uses all rainfall time series data. Comparison between the application results of the MEV method and those of the annual maximum method showed that the return level of rainfall can be estimated by suppressing the influence of a small number of extremely large peculiar data by the MEV method.

研究分野：水文学

キーワード：メタ統計的極値分布 区間最大値法 極値統計

1. 研究開始当初の背景

近年、台風や前線などの影響で夏季に発生する豪雨災害では、従来の観測値を大きく上回る規模の雨量が観測される事例が少なくない。今後、気候変動により、想定を上回る規模の豪雨の生起頻度は増加することが予想され、ダムや農地排水施設の管理上の問題となることが懸念されてきた。

平成 27 年 7 月に国土交通省水管理・国土保全局により公開された「浸水想定(洪水、内水)の作成等のための想定最大外力の設定手法」では、近年の大雨や短時間強雨の発生頻度の増加が指摘され、1000 年確率程度の降水量の検討についてもその必要性が指摘されている。また、農林水産省でも、近年の土地利用の変化や降雨特性の変化を反映して、農地における浸水対策を検討するために「農地浸水マップ」の作成を進めるなど、減災対策が進められている。これらの対策策定のためには、将来想定される大規模な豪雨の正確な統計的評価が必要とされる。

今後の発生が懸念される大規模な降雨や出水の規模を統計的に評価する際、想定を大きく上回る規模の観測値の取り扱いが問題になると思われる。これらの値は生起頻度が低い「極値中の極値」であり、本来、極端現象の定量的評価のための貴重な情報のはずであった。これまで、わが国では、水文統計分野での極値解析は、従来、ゲンベル分布や対数正規分布、一般化極値分布などの確率分布を年最大値データに適用する方法によって行われてきたが、これまでに観測されたことがないような大規模な事象が観測された場合、従来法により確率分布を適用しても、適合度が低いいわゆる「外れ値」(outlier)となり、事実上、異常値と同様に扱わざるを得なかった。

将来、懸念される気候変動に伴う大雨・洪水などの極端現象でも、特に「外れ値」と見なされる大規模な事象の生起確率を正確に評価することは、今後、地球温暖化への適応策を検討する上で極めて重要である。

2. 研究の目的

本研究では、農地排水計画・洪水防御計画等の策定に必要な確率雨量を、発生頻度が低い突発的著しく大規模な豪雨による大きな雨量データによる影響を抑えて推定するための手法を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

研究開始当初は、確率雨量の推定には、極値統計によく用いられる区間最大値法に加え、閾値超過値を対象とする POT 法を適用して、推定結果の比較と各手法の特性について検討した。しかし、研究遂行中に、年最大値法、閾値超過法(POT 法)とは全く異なるアプローチであるメタ統計的極値(MEV)分布について情報を得て、この手法が従来の手法に比べて、極値の推定に有利であることが分かった。このため、2020 年度以降は、主に MEV 分布を用いた極値推定の研究に専念することとなった。研究申請当初は、近年幅広く用いられているベイズ統計学的考え方に基づくマルコフ連鎖モンテカルロ法を利用して極値統計解析を行い、限られたデータからより正確な極値の推定を行なう手法について検討することを目的としていたが、同じ極値推定を目的として、全日雨量を対象に極値推定を行う MEV 分布を用いる手法の有効性が明らかになったため、研究期間の後半は、結果的に MEV 分布の適用に関する研究に専念することとなった。

4. 研究成果

【2019 年度】

西日本地区を対象として、各観測点における確率日雨量の経年変化の傾向を、年最大値法と閾値超過法(POT 法)を用いた地点頻度解析により調べた。また、確率日雨量の変動傾向が類似した複数の観測地点における雨量データに地域頻度解析の手法を適用し、経年変化の傾向別にその特性を調べた。得られた結果は以下のようである。

(1) 年最大値を対象とする年最大値法と閾値超過値を対象とする POT 法では、確率日雨量の推定値に大きな差は見られなかった。100 年確率日雨量の経年変化の傾向は、増減型、減少型および増加型の 3 つに大別され、主に、増減型は九州北部および近畿などの東海道および山陽新幹線沿線地域、減少型は日本海周辺を含む山陰地域、増加型は瀬戸内地域にそれぞれ位置していた。

(2) 地点頻度解析によって明らかになった経年変化の各傾向型別に雨量観測点を分類し、それぞれの傾向型別に頻度解析を行う手法により西日本地域における確率日雨量の経年変化特性を検討した結果、各地点と各地域のデータ量を考慮してある程度の精度が期待できる 1970 年頃以降に着目すると、100 年確率日雨量が減少する傾向を示す地点が多いことが分かった。

(3) 確率日雨量の経年変化の傾向型別に分類した各グループに地域頻度解析を適用し、傾向型別に確率日雨量の経年変化傾向を示した。

(4) 将来の気候予測では、洪水や干ばつといった極端現象の増加が予測されており、近年でも、2018 年の西日本豪雨や 2019 年の台風 19 号による関東甲信・東北地方での大雨のような大規模

な水害が立て続けに発生しているが、本年度の検討結果からは、少なくとも西日本地域では確率日雨量が減少傾向を示す地点が多いことが示された。

【2020年度】

メタ統計的極値 (MEV) 分布を用いた解析法を、日本における日雨量データを対象として適用し、確率水文量の推定について検討を行ない、以下のような成果を得た。

(1) MEV 分布への適用に適切な日雨量の確率分布の選択について検討した。ここでは、複数の地点 (図1) における日雨量の分布に、それぞれガンマ分布、ワイブル分布、一般化ガンマ分布、混合指数分布、ピアソン III 型分布を用い、年最大値法により一般化極値分布の適応による推定値を真値とみなしてと比較することにより、適切な確率分布を推定した。その結果、日雨量分布にいずれの確率分布を用いた場合も、 β EV 分布による推定値よりも変動が小さかった。特に、GEV 分布による推定値は、解析期間内に他の年最大日雨量に比べて著しく大きさが異なる日雨量のあった場合には確率日雨量の推定値が大きく変動したが、MEV 分布による推定ではそのような影響は見られなかった (図2)。



図1 解析対象の気象観測点

(2) MEV 法による確率日雨量の推定精度を検討するため、日雨量データの極値の「真の」確率分布として、複合ポアソンモデルにより模擬発生させた 10000 年間の日雨量時系列データから抽出した年最大値データと、各々の年最大値データの大きさの順位からワイブル・プロットを用いて推定した非超過確率との関係と、MEV 法により推定された日雨量と非超過確率との関係とを比較した。その結果、適合度の評価基準に AIC を用いた場合は、ピアソン III 型分布が選ばれる場合が多く、一方、確率プロット相関係数 (PPCC) を用いた場合は対数正規分布や一般化ガンマ分布、混合指数分布など、裾が重い分布が選択されることが多くなり、違いが見られた。

【2021年度】

主に雨量の地域的分布特性に注目し、地域頻度解析によって得られる確率日雨量の経年変化に、地域分類の方法が及ぼす影響を、地点頻度解析による結果と比較しながら検討した。得られた結果は以下のようである。

(1) 地域頻度解析における地域分類が確率日雨量の推定に及ぼす影響：岡山県内の雨量観測点を対象として、まず、地域分類の手法として、(a) L 積率比と緯度・経度を用いたクラスター分析による分類、(b) 各対象地点における年最大値時系列を平均値で除して基準化したデータを用いたクラスター分析による分類、(c) 県全域の雨量観測点を対象とした場合について検討した。その結果、(d) 岡山県全域を 1 地域として推定した場合、確率日雨量の推定値は、地点頻度解析による推定結果に比べて過大または過小評価される結果が多くなり、岡山県内における降雨特性の地域性が改めて確認された。

(2) 従来の L 積率比による地域分類に基づく結果と、年最大値時系列による地域分類に基づく結果を比較した結果、確率日雨量の推定値は互いに比較的近い値を示したが、地点により両手法による推定値の大小関係は異なった。

(3) 年最大値を用いた地域分類に基づく地域頻度解析による確率日雨量の推定では、地点頻度解析による推定に近い値が得られた。これは、近隣の雨量観測点では気象条件も似通っており、年最大日雨量時系列同士の相関が高いためと思われる。一方、分類した各地域内の地点数が多くなると、各地点の降雨特性が解析結果に反映されにくくなることも明らかになった。

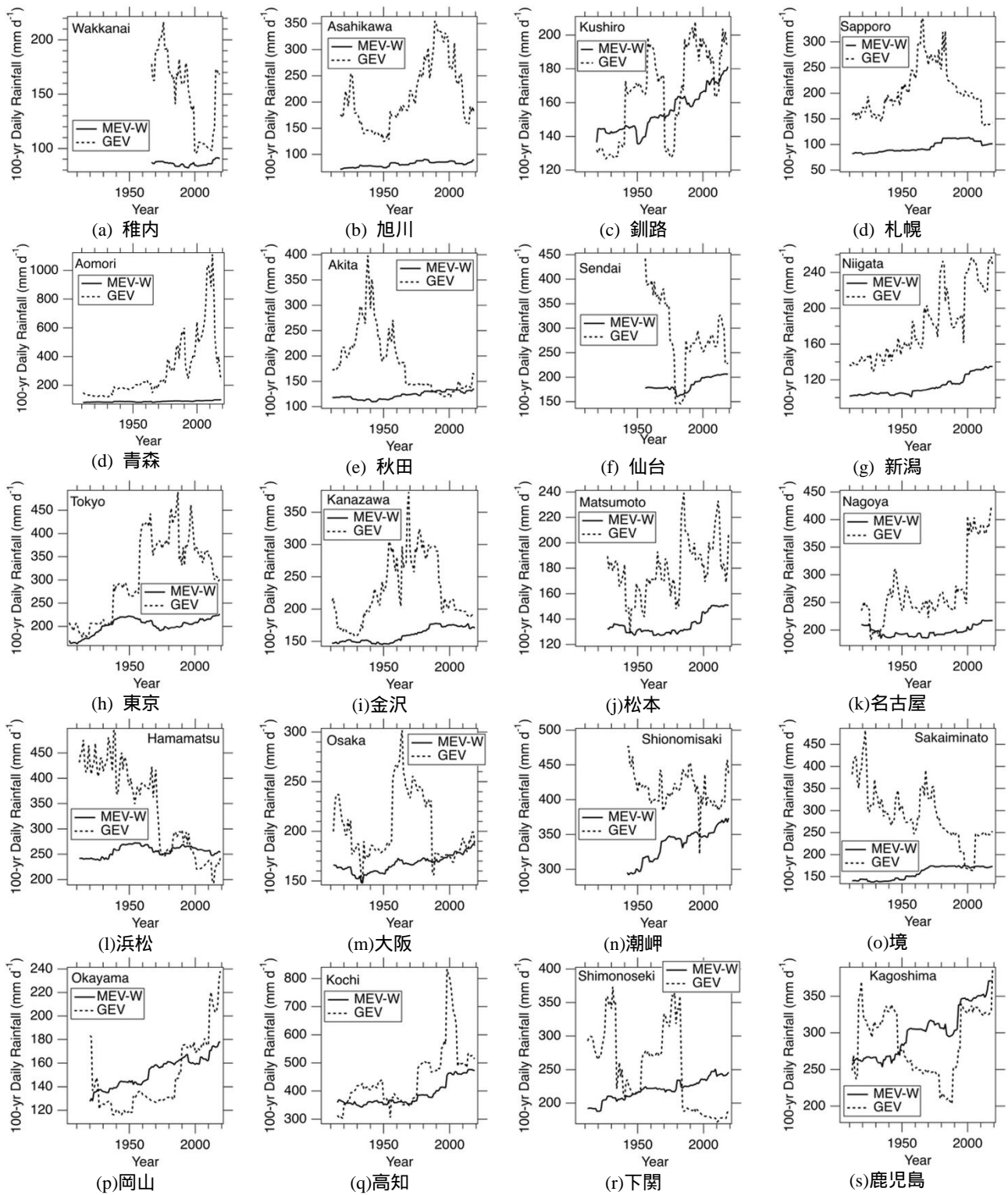


図2 MEV法 (MEV-W) および一般化極値分布 (GEV) 法を用いた確率日雨量の経年変化。
 (MEV分布による推定では、日雨量分布にワイブル分布を仮定している。)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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	4. 巻 33
2. 論文標題 年最大日雨量データの「外れ値」の統計的評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 応用水文	6. 最初と最後の頁 123,132
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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7件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 丸尾啓太, 近森秀高, 工藤亮治
2. 発表標題 メタ統計的極値分布の適用による確率日雨量の推定
3. 学会等名 水文・水資源学会 / 日本水文科学会2021年度研究発表会
4. 発表年 2020年～2021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

1. 発表者名 近森秀高・工藤亮治・福田温巳
2. 発表標題 西日本地域における確率日雨量の経年変化とその地域特性
3. 学会等名 令和2年度 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近森秀高・工藤亮治・近藤祐平
2. 発表標題 地域頻度解析を用いた極値降水データの「外れ値」の統計的評価
3. 学会等名 令和元年度 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hidetaka Chikamori
2. 発表標題 Statistical Evaluation of Outliers of Extreme Values in Daily Rainfall Records in Japan by Using Regional Frequency Analysis
3. 学会等名 16th Annual Meeting of Asia Oceania Geosciences Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hidetaka Chikamori
2. 発表標題 Frequency analysis of heavy rain events in western Japan based on the compound Poisson model considering their causes
3. 学会等名 2019 International Symposium on Stochastic Environment and Water Resources (ISEWR 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近森秀高, 工藤亮治, 三宅佑季
2. 発表標題 極値降水データの「外れ値」の統計的評価
3. 学会等名 平成30年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2018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・学術研究院 環境生命科学学域・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
---------	---------