

## 第II部門

## d4PDFによる全国109水系の年最大流域平均雨量の再現性評価

京都大学工学部 学生会員 ○河合優樹  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 萬 和明  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 市川 温

京都大学大学院地球環境学堂 正会員 田中智大  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 Kim Sunmin  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 立川康人

**1 研究の目的と背景** 近年、整備水準を上回る甚大な洪水被害が日本各地で発生しており、将来においては、その発生頻度が増加すると予想されている。したがって、今後、物理的に起こり得る最大クラスの気象をより正確に予測し、減災対策を講じることが重要となる<sup>1)</sup>。地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース d4PDF は、過去実験や将来の平均気温上昇実験において、計数千年分の膨大なデータ量を持ち、そのクオンタイル値によって、洪水などの極端気象の再現と将来変化予測を精度良く行うことができると期待されている。しかし、その極値雨量の全国的な再現性については、十分に議論されていない。そこで本研究では、日本の109個の一級水系を対象として、d4PDFの降水データから算出した年最大流域平均雨量を観測データから算出した年最大流域平均雨量と比較し、d4PDFによる極値雨量の再現性を評価した。

**2 利用する降水データ** d4PDFの日本域での適応可能性を検討するため、水平解像度約20 kmの領域気候モデルで計算された過去実験3,000年分の降水データを用いた。また、d4PDFの降水データと比較するための観測データとして、レーダーアメダス解析雨量の1988年から2016年までの29年間のデータを利用した。

**3 年最大流域平均雨量データの作成** d4PDFおよびレーダーアメダス解析雨量の降水データから水系ごとに年最大流域平均雨量データを作成した。まず、アメリカ地質調査所(USGS)が提供するHydroSHEDS<sup>2)</sup>から作成した流域界データを元に、各データの降水グリッドから各水系の流域に該当するグリッドを抽出し、グリッドごとの支配面積割合(グリッドがその流域に占める面積の割合)を計算した。これを用いて、ティーセン分割により流域平均雨量とした。作成した流域平均雨量の各年の時系列データから、水系ごとに設定した対象降雨継続時間あたりの積算雨量が最大となる部分を選択し、年最大流域平均雨量とした。対象降雨継続

時間は、各水系で設定されている計画降雨継続時間とした。

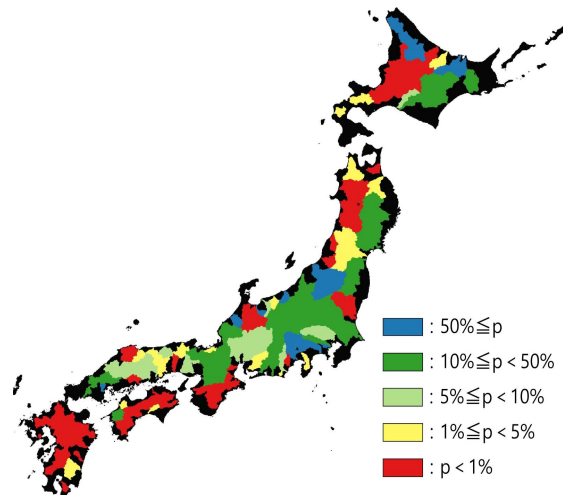


図1 水系ごとの $p$ 値による色分けを施した日本地図

#### 4 d4PDFの年最大流域平均雨量の再現性評価

**4.1 2標本Kolmogorov-Smirnov検定** d4PDFによる年最大流域平均雨量の再現性を評価するために、まず、2標本Kolmogorov-Smirnov検定(以下、2標本KS検定)を行った。この検定は、2つの標本の経験累積分布の同一性を調べるための手法であり、2つの標本の経験累積分布関数の差の最大値を統計量として検討する。統計量に応じた $p$ 値が有意水準を下回れば「2つの標本の分布が一致する」という帰無仮説が棄却される。2標本KS検定による $p$ 値の全国マップを図1に示す。有意水準を1%として検定を行うと、109個の水系のうち47水系で仮説が棄却され「2つの標本の分布は一致しない」という結論が得られた。特に、九州、四国、紀伊半島地域のほとんどの水系では、 $p$ 値が非常に低い値となり、これに該当した。一方、それ以外の62水系では仮説が棄却されず「2つの標本の分布は一致しないとは言えない」という結論が得られた。特に、関東、北陸、中部地域では多くの水系がこれに該当した。さらに、 $p$ 値と流域面積の関係を調べたところ、仮説が

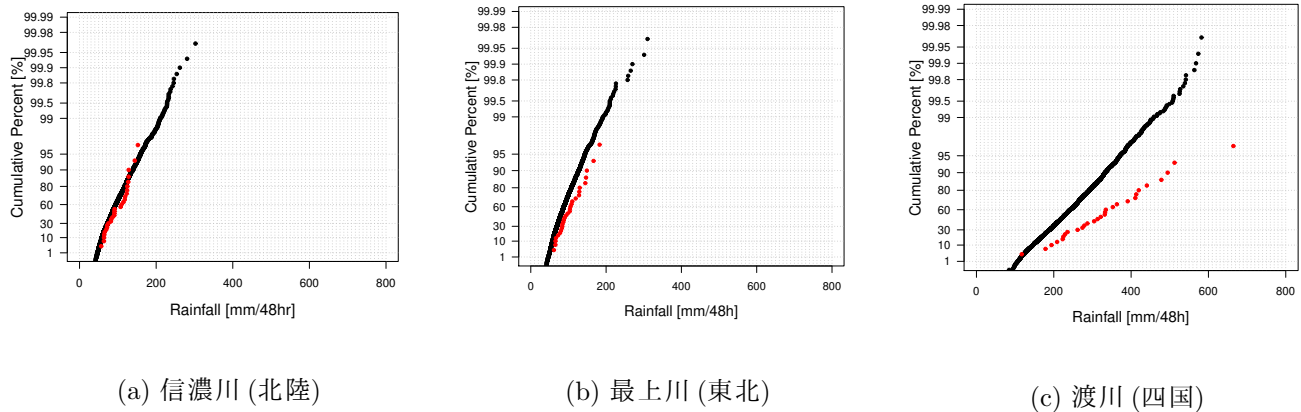


図2 算出した年最大流域平均雨量を水系ごとにWeibull公式によるプロットングポジションを用いてGumbel確率紙にプロットした図の例。黒い点がd4PDFのデータ、赤い点が観測データである。

棄却された水系のほとんどが流域面積が $3,000\text{km}^2$ 以下の水系であることが分かった。原因として、流域面積の小さい水系に対しては、d4PDFの $20\text{km}$ 四方の分解能では流域平均雨量を正確に計算できない場合があるということが考えられる。

**4.2 2標本Anderson-Darling検定** 2標本KS検定で仮説が棄却されなかった62個の水系について2標本Anderson-Darling検定(以下、2標本AD検定)を行った。この検定では、より低頻度の極値雨量に相当する、分布の裾に大きな重みづけをした統計量によって経験累積分布の同一性を検討する。この検定も「2つの標本の分布が一致する」という帰無仮説を立て、有意水準を1%として検定を行った。この検定の結果、62水系のうち、仮説が棄却された水系が16個となり、分布の裾に大きな重みづけをしたこの検定で再現性が否定された水系は少ないことが分かった。

**4.3 gumbel確率紙による視覚的評価** d4PDFおよび観測データから算出した年最大流域平均雨量を水系ごとにWeibull公式によるプロットングポジションを用いてグンベル確率紙にプロットし、視覚的に再現性を評価した。図2には代表例として3水系の図を示した。まず、2標本KS検定および2標本AD検定で仮説が棄却されなかった46個の水系では図2の(a)のように分布全体がよく一致している水系が多いことが分かった。また、2標本AD検定で仮説が棄却された16個の水系でも、図2の(b)のように分布全体がある程度一致している水系がいくつか存在した。これらの水系で

は、d4PDFによる年最大流域平均雨量が良い再現性を持っていると考えられる。一方、2標本KS検定で仮説が棄却された47水系のうち多くは、程度の差はあるが、d4PDFが過小評価になっていた。特に、九州、四国、紀伊半島地域の水系のほとんどが、図2の(c)のようにd4PDFが大きく過小評価になっていることが分かった。しかし、新保<sup>3)</sup>には、レーダーアメダス解析雨量が実際の雨量計で観測される雨量よりも多少大きな値となる場合があることが述べられており、これもd4PDFとレーダーアメダス解析雨量が一致していない原因の1つとして考慮する必要があると考える。

**5 結論** d4PDFによる全国109個の一級水系の年最大流域平均雨量の再現性評価の結果、再現性には地域や流域面積に応じた傾向が見られた。特徴的な傾向として、九州、四国、紀伊半島地域では再現性が認められず、基本的にはd4PDFが過小評価になっていることが分かった。これを受けて、d4PDFを用いて極値雨量の将来変化をより正確に予測するには、地域的に何らかのバイアス補正が必要ではないかと考える。

#### 参考文献

- 1) 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース, <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/>(参照2019-02-20).
- 2) アメリカ合衆国内務省 USGS: HydroSHEDS, <http://hydrosheds.cr.usgs.gov/>(参照2018-12-30).
- 3) 新保明彦: 天気 48(10), p777-784, 2001-10-31 レーダーアメダス解析雨量(2), [https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2001/2001\\_10\\_0777.pdf](https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2001/2001_10_0777.pdf)(参照2019-01-08).