

15. 富山県河川の温暖化影響評価に向けた d4PDFデータのバイアス補正

石川 彰真¹・呉 修一^{2*}

¹富山県立大学大学院 工学研究科 環境・社会基盤工学専攻（〒939-0383 富山県射水市黒河5380）

²富山県立大学准教授 工学部 環境・社会基盤工学科（〒939-0383 富山県射水市黒河5380）

* E-mail: kure@pu-toyama.ac.jp

近年、洪水災害の頻発化や規模の拡大が懸念されており、富山県もその例外ではない。この要因として地球温暖化による降雨量増加があり、今後の治水対策として気候変動を踏まえた評価が必要である。本研究では富山県河川流域を対象とした大規模アンサンブル気候予測データベースであるd4PDF適用に向けて、ピアニの手法によるバイアス補正を適用し補正值の算出を行った。算出した補正值から山地など標高の高い箇所が補正值が高く算出され、標高の低い箇所では補正值が低く算出されており地形標高による影響が見られる結果となった。

Key Words : Global warming, d4PDF, Toyama, Bias correction, Piani

1. はじめに

近年日本各地で想定を超えた降雨による洪水災害が頻発している。平成30年7月豪雨や令和2年7月の梅雨前線による豪雨は全国的に記録的な豪雨になり、甚大な被害を及ぼした。富山県も令和2年7月豪雨により7月上旬の記録史上最多雨量を観測。神通川大沢野大橋地点と庄川大門水位観測所で氾濫注意水位を超過し、神通大橋地点では観測史上5位相当、大門大橋地点では9位相当の水位を観測し、富山県内でも広範囲で記録的な大雨を記録した¹⁾。近年の豪雨頻発の一因として地球温暖化による気温上昇、降雨量増加が考えられている。地球温暖化による気温上昇については様々なシナリオによる想定が行われており、その一つにd4PDF（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，database for Policy Decision making for Future climate change）²⁾がある。d4PDFは60 kmメッシュで全世界をカバーした全球モデルと20 kmメッシュで日本域をカバーした領域モデルがあり、気温をはじめとして降水量などの気候データを予測している。全球モデル・領域モデルともに将来気候として4℃上昇を想定した実験5400年分と2℃上昇想定した実験3240年分、現在気候として3000年分の大規模アンサンブル実験データが作成されており、低頻度の極端現象、確率年数

による将来変化の予測が可能である。

県単位でのd4PDF適用事例として児島ら³⁾の研究があげられる。こちらの研究では岐阜県を対象にd4PDFを現在気候データと地上雨量計による実測値データの極値を比較し、確率降雨量の簡易補正式の提案を行っている。対象とした雨量の積算時間が短期の場合は高い相関を示し補正式として利用可能であること、長期でもプロットに若干ばらつきはあるものの補正式として利用可能であるとしている。このように20 kmメッシュのd4PDFを県単位で適用して降水量について研究された事例が多数存在する。また、d4PDFを用いた極値降水量と降雨流出計算を用いた極値河川流量の将来変化を分析した例として立川ら⁴⁾の研究がある。この研究ではd4PDF過去実験の極値降水量の再現性確認後、降雨流出モデルを使用して極値河川流量を分析、過去実験と4℃昇温実験の確率分布を分析、対象河川内のダム治水効果、1000年超確率の降水量・河川流量を評価している。このように流域スケールでd4PDFを適用し、将来流量の変化を評価した事例も多く存在する。

上記のようにd4PDFを使用した県単位・流域スケールでの適用は多数行われているが富山県の河川流域を対象にd4PDFの適用した事例はない。また、また、2℃上昇の将来変化についても分析されているものは少なく、温

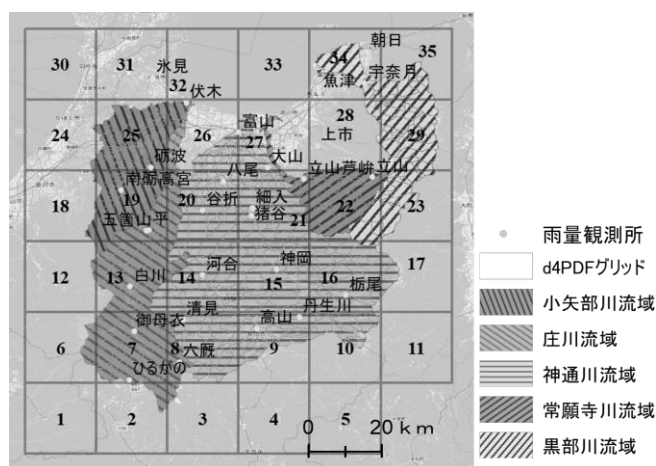


図-1 対象領域

暖化対策の国際的な枠組みであるパリ協定により 2°C上昇以下に今後抑えられることも十分考えられ、2°C上昇の影響評価を行う必要性は高い。

よって本研究では、富山県一級河川の流域を対象としてd4PDFの2°C上昇・4°C上昇実験適用による流量の将来変化の評価に向けてd4PDFデータのバイアス補正を行った。

2. 対象領域

本研究では富山県を流れる一級河川（小矢部川・庄川・神通川・常願寺川・黒部川）とその流域を対象領域とし、対象流域内に雨量観測所が存在する d4PDF 領域モデルのグリッドとその周囲 8 グリッドを対象グリッドとした。それぞれの流域面積は小矢部川が 667 km²、庄川が 1,189 km²、神通川が 2,720 km²、常願寺川が 368 km²、黒部川が 682 km² である。黒部川流域と常願寺川流域山間部には標高約 3,000 m の立山連峰が広がり、神通川流域には高山に飛騨山脈が広がっており、平野部は冬季に雨量が多くなる日本海気候、山間部では夏期に降雨量が増加する内陸性の気候と降水特性が異なる⁹⁾。

3. 研究手法

(1) バイアス補正手法の概要

d4PDFのような気候予測データには観測値との相違がありこれを修正するバイアス補正が必要である。バイアス補正手法は様々な手法が提案されており、月平均降水量の比を用いる方法、累積分布関数を用いる方法（CDF法）、日雨量に対して各日ごとに補正係数を定める方法（Daily scaling法）などがある⁹⁾。本研究ではバイアス補正にピアニの手法を用いた。この手法はアンサンブルご

表-1 雨量観測所一覧と使用年数

地点名	グリッド番号	開始年	終了年	年数
御母衣	7	1979	2011	33
ひるがの	7	1976	2011	36
清見	8	1976	2011	36
六厩	8	1978	2011	34
高山	9	1951	2011	60
丹生川	9	1983	2011	29
白川	13	1979	2011	32
河合	14	1979	2011	32
神岡	15	1979	2011	33
栃尾	16	1979	2011	33
南砺高宮	19	1976	2011	35
五箇山	19	2004	2011	7
平	19	1984	2004	20
八尾	20	1976	2011	35
猪谷	21	1996	2011	15
細入	21	1984	1996	12
立山	23	1976	1983	7
砺波	25	1976	2011	35
伏木	26	1951	2011	60
富山	27	1951	2011	60
大山	27	1984	2011	27
上市	28	1976	2011	35
氷見	31	1978	2011	33
魚津	34	1976	2011	35
朝日	34	1976	2011	35
宇奈月	34	1976	2011	35

とのモデル値による計算値、観測値をそれぞれソートし小さい順から大きい順に並べxy平面にプロットする。そしてxとyについての線形関係を最小2乗法によって求める。この関係性を用いて計算値を観測値に近似的に補正する手法である⁷⁸⁾。この手法の特徴として最小二乗法を用いるため誤差が完全には解消されないが、バイアス補正を行っても補正前の降雨と大小関係（降雨波形）が維持されるといった特徴を持つ。取り扱いが比較的容易であり、グリッド毎に補正値を算出することから空間的情報も把握しやすいことから本研究ではピアニ手法を用いてバイアス補正を行った。

(2) 過去観測雨量の収集

過去の実績雨量と d4PDF の過去実験雨量を比較しバイアス補正式を作成する。比較対象とした観測雨量は気象庁の公開データより d4PDF の過去実験と同期間である 1951 年~2011 年で観測データが存在する観測所を使用した。観測所の場所を図-1、観測所の一覧とデータを使用した期間を表-1に示す。観測所の富山・伏木・高山については約 60 年分、他の観測所については約 35 年程度の

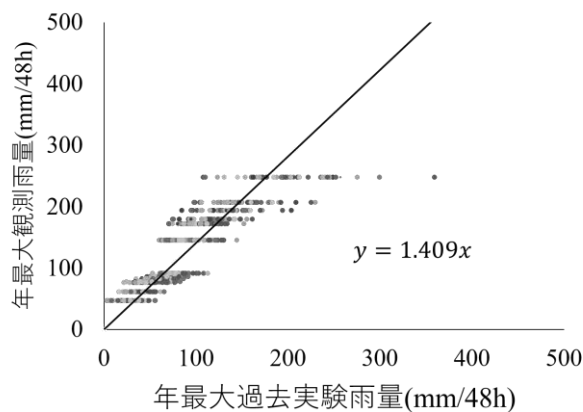


図-2 グリッド番号21のピアニ補正図（アンサンブルごとによる色分け）

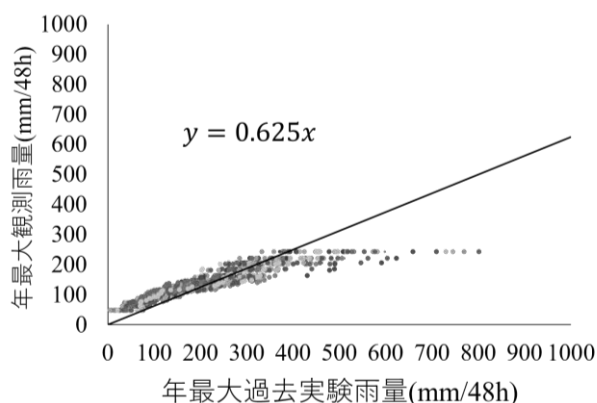


図-3 グリッド番号34のピアニ補正図（アンサンブルごとによる色分け）

観測所や立山など山地で雪の影響により冬季の観測データが無い箇所もあったが存在する観測値分と過去実験のモデル数値を比較を行うことで補正式を作成した。平・五箇山、猪谷・細入については観測所位置が隣接しており、データも入れ替わりで存在していたことから、それぞれ重ね合わせて使用した。

(3) ピアニの補正式作成

補正式作成において年最大雨量を対象として比較時間は庄川、神通川、常願寺川、黒部川の計画降雨継続時間である48時間で観測雨量と過去実験のアンサンブルことの比較を行った。本研究では負の値を取らないよう補正式 b の値を0として補正式を作成している。d4PDF同一グリッド内に複数雨量観測所がある場合はグリッドの中心に対して2乗の逆距離加重法によって観測代表値を算出し、モデル値と比較した。

(4) 補正値の空間内挿

グリッド内に雨量観測所が存在する箇所でピアニの補正式を作成後、観測値が存在しないグリッドでは周囲8グリッドのうち補正値が存在するグリッドを使用してグ

表-2 ピアニ補正値一覧（○の箇所は補正値を直接算出）

グリッド番号	補正値 a	グリッド番号	補正値 a
1	1.231	19○	0.921
2	1.098	20○	1.240
3	0.912	21○	1.409
4	0.780	22○	1.003
5	0.750	23	0.966
6	1.113	24○	0.956
7○	1.231	25○	1.068
8○	0.833	26○	1.112
9○	0.753	27○	1.187
10	0.879	28○	0.936
11	0.924	29	0.875
12	0.976	30	0.868
13○	0.876	31○	0.768
14○	1.061	32	1.002
15○	1.043	33	0.945
16○	0.924	34○	0.625
17	0.950	35	0.729
18	0.946		

リッドの中心から2乗の逆距離加重法によって空間内挿を行った。

4. 結果

ピアニ手法による補正式作成の例として、補正値 a が最も高いグリッド番号21（グリッド内雨量観測所名：細入、猪谷）の補正図を図-2、補正値 a が最も低いグリッド番号34（グリッド内の雨量観測所名：魚津、朝日、宇奈月）の補正図を図-3に示す。過去の観測雨量のデータが存在する分と過去実験の数値を比較するため、グリッド番号21に対し34のデータ数は多く、図-2に比べ図-3のプロット数は増加している。ピアニ補正値の算出により補正値が高い場合はd4PDFの数値が観測雨量に比べ低く出ていることになり、補正値が低く出ている場合はその逆である。バイアス補正において補正値の値が観測雨量と過去実験の雨量の関係性を表すため、実験雨量に補正値を掛け合わせる形で補正を行う。

各グリッドの補正値 a の一覧を表-2に示す。表-2のグ

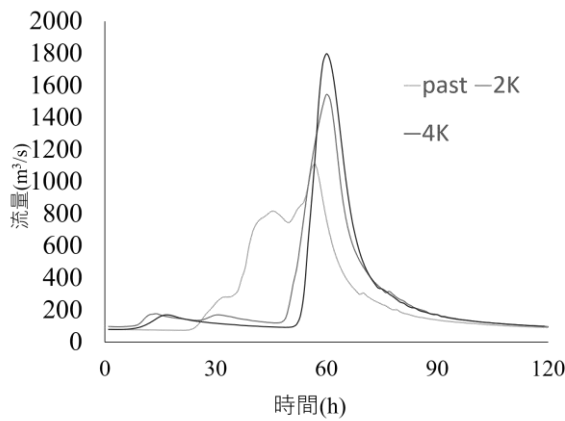


図-4 常願寺大橋地点の150年確率流量の変化

リッド番号に○がついているグリッドは雨量観測所が存在し、直接ピアニの補正式を算出した箇所であり、○がついていない箇所は空間内挿によって算出した値である。細入や猪谷など山地では補正値が高く、氷見や黒部などの海域では補正値が低く算出される結果となった。このような数値の差が出た要因として山地や海域などの地形標高による影響が考えられる。特に立山の影響を受ける黒部川、常願寺川、神通川流域では同流域内でも補正値に違いが見られた。黒部川は偏西風が立山にぶつかるため降水量が多くなる。平野部と山間部で年平均雨量が2000 mmと4000 mmと2倍近くの差があり⁹⁾、山地の過去観測雨量が高い値を示したため、近傍の立山観測所や細入・猪谷観測所を含むグリッドのバイアス補正値が高くなったと考えられる。しかし山地においても高山観測所が存在するグリッドは低いバイアス補正値を示した。高山は高い山々に囲まれた盆地地域で下流の富山の年平均雨量2200 mmに対し1700 mmと少ない⁹⁾。観測値が低いため補正値についても低く算出されたと考えられる。

5. まとめ

富山県一級河川での地球温暖化影響評価を目的にd4PDFのピアニの補正手法によるバイアス補正を実施、富山県河川を対象に領域モデルでの補正値を算出した。

ピアニの補正手法適用では山地では補正値が高く算出され、海域では補正値が低く算出される結果となり地形標高による影響がみられる補正値の分布となった。

現在、本研究で算出した各グリッドのピアニの補正値を4℃上昇実験・2℃上昇実験に適用、各サブ流域に分配し、降雨流出計算・次元不定流計算を実施しており、対象河川の将来変化を評価する予定である。現在計算した結果として図-4に常願寺川常願寺橋地点での過去実験、

2℃上昇実験・4℃上昇実験の150年確率流量での比較図を示す。年間で72時間の合計降雨量が多い期間を抽出、洪水波形が収まる24時間の空白期間を設定し降雨流出計算を実施、確率流量のグラフを作成し比較を行っている。常願寺川では過去実験に比べ2℃上昇実験はピーク流量が約1.4倍、4℃上昇実験が1.6倍となった。今後すべての対象河川の降雨流出計算・河道追跡計算を実施し、確率流量による温暖化の影響評価、河道内の越水・侵食危険度の将来評価を行う予定である。

謝辞：本研究は、（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20S11813）により実施した。ここに記して謝意を表す次第です。

参考文献

- 1) 国土交通省北陸地方整備局富山河川国道事務所：令和2年7月8-14日梅雨前線における出水の状況（7月17日時点），https://www.hrr.mlit.go.jp/toyama/webfile/t1_55005700a19dac4d9fdeaf1219937139.pdf（2021/7/29閲覧）
- 2) 気候変動リスク情報創生プログラム：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 <https://www.miroc-gcm.jp/-pub/d4PDF/>（2021/7/29閲覧）
- 3) 児島利治，丸谷靖幸，原田守啓：岐阜県を対象とした20kmメッシュd4PDF確率降雨量の補正式の提案，土木学会水工学論文集，Vol.74，No.5，I_133-I_138.2018.
- 4) 立川康人，宮脇浩平，田中智大，萬和明，加藤雅也，市川温，キムスンミン：超多数アンサンブル気候予測実験データを用いた極値河川流量の将来変化の分析，土木学会水工学論文集，Vol.73，No.3，77-90，2017.
- 5) 国土交通省河川局：神通川水系の流域および河川の概要（案），https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunakakai/shouininkai/kihonhoushin/080221/pdf/ref1-1.pdf（2021/7/29閲覧）
- 6) 井芹慶彦，藤村和正，井上雅博，鼎伸次郎：領域気候モデルとバイアス補正手法に起因する不確実性が早明浦ダム貯水量将来変化の推定に与える影響，流域圏学会誌，第3巻，第1号，23-32，2015.
- 7) 一般財団法人北海道河川財団：気候変動を踏まえた新しい洪水リスク解析〔降雨・流量編〕，2019.
- 8) piani, C. et al.: Static bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe, Theoretical & Applied Climatology, Vol.99, 187-192, 2010.
- 9) 国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所：黒部川水系河川整備計画，黒部川流域の概要，<https://www.hrr.mlit.go.jp/kurobe/ji-gyo/plan/keikaku/seibi02.pdf>（2021/7/29閲覧）