

東南アジア河川流域を対象とした dxPDF の力学的ダウンスケーリング計算

課題責任者

牛山 朋来 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター

著者

牛山 朋来^{*1}, Acierito Ralph ^{*1}

^{*1} 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター

キーワード：気候変動、力学的ダウンスケーリング、d4PDF, 東南アジア、洪水リスク

1. はじめに

地球温暖化による豪雨の頻度や規模の増加により、世界で洪水災害が増加している。東南アジア域では河川管理インフラが脆弱であるため、豪雨による甚大な災害の発生が避けられない。温暖化による洪水被害リスク変化を知ること、洪水リスク管理にとって重要である。

我々はフィリピンとインドネシアの河川流域を対象に、気候モデルのダウンスケーリングを行い、水文流出計算に耐える水平解像度 5 km の降水量データを作成し、洪水リスクを調査してきた。しかし、これまでは1つのシナリオについて25～50年と計算期間が短いこと、1種類のGCMを用いていたことから、気候変動の不確実性の影響を十分に把握できていなかった。

そこで、d4PDF, d2PDF の大アンサンブル気候データのダウンスケーリングを行うことにより、6種類の海水面温度(SST)等に基づくGCMから気候モデルの不確実性を網羅し、さらに低頻度の極端降水をとらえる長期降水量データを作成する。これにより、不確実性を考慮した洪水・渇水リスク評価を、温暖化シナリオに応じて行うことを目的とする。2022年度にチャレンジ利用課題で予備計算を開始し、2023年度に公募課題で本計算を開始、2024年度に予定していた計算を完了した。

2. 実験設定

本研究の対象地域は、インドネシア、ジャワ島のソロ川流域とフィリピン、ミンダナオ島のダバオ川流域である。d4PDF, d2PDF では、CMIP5 データから求めた6種類のSST等の分布が与えられ、6種類の将来気候が計算されている。これらの全球気候モデルのデータを境界条件として、2℃上昇、4℃上昇シナリオについては6種類のSST等について、過去気候については6つのアンサンブルについて、それぞれ30年分、各シナリオで合計180年分のダウンスケーリング計算を行った。

ダウンスケーリングを行う領域気候モデルとして Weather Research and Forecasting (WRF) モデル ver. 3.7.1 を用いた。図1に各流域と、それを対象としたWRFモデル領域を示す。ソロ川流域を対象としたモデル領域の格子数は100×100×40、ダバオ川流域を対象としたモデル領域の格子数は150×150×40である。水平格子間

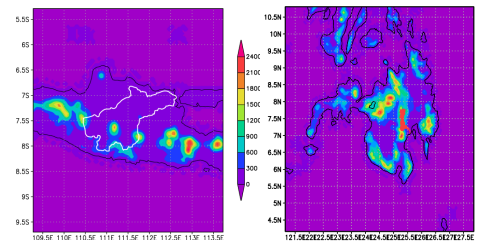


図1. (左)インドネシア・ソロ川流域。白線が流域を表す。(右)フィリピン・ダバオ川流域。赤色塗りつぶし部分が流域を表す。

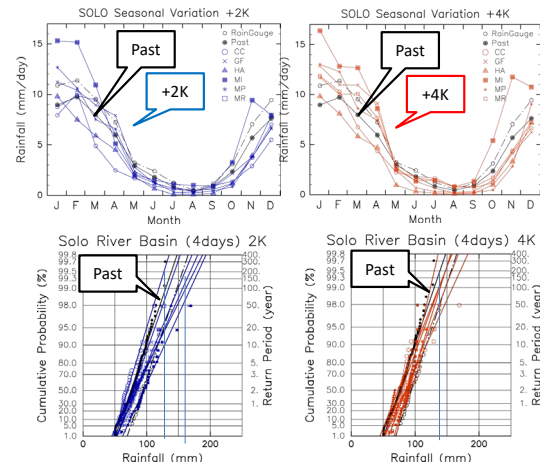


図2. ソロ川流域の降水の季節変化(上)と年最大4日降雨の頻度分布(下)。左が2℃上昇、右が4℃上昇シナリオである。黒実線が過去気候のダウンスケーリング、青または赤実線が将来気候のダウンスケーリング結果を表す。

隔は5kmで、積雲パラメタリゼーションを使用しない設定とした。得られた降水量データは、地上雨量計を用いてバイアス補正を行った。補正手法はQuantile mappingに基づく猪股ら(2009)の手法[1]を用いた。

3. ソロ川流域の降水量の特徴

インドネシア、ジャワ島のソロ川は、ジャワ島で最も長く(長さ600km 流域面積16100km²)、広大な穀倉地帯を抱える地域である。

図2にダウンスケーリングした降水の季節変化(上)と

年最大4日雨量の頻度分布（下）を示す。値はすべてバイアス補正済みである。図2上左の青線で示された2℃上昇将来気候の月雨量は、雨季の12月～3月に注目すると、黒実線で示された過去気候の値に比べて、増減両方の可能性が示されたが、平均すると1月2月は増加、4月から12月までは減少となった。4℃上昇シナリオでも増減両方の可能性があるが、平均すると12月～4月は増加、5月～11月は減少傾向であった。一般に雨季で増加、乾季に減少傾向であるが、その幅にはばらつきがみられた。

年最大4日雨量の頻度解析では、2℃上昇4℃上昇シナリオともに5/6の結果が過去気候よりも大きく、高い確率で洪水リスクが増大することが示された。

4. ダバオ川流域の降水量の特徴

ダバオ川は、フィリピン南部のミンダナオ島の最大都市であるダバオ市に流れ込む、長さ170km、流域面積1700km²の比較的小さな河川である。ダバオ市はフィリピン第3の都市であり、この川の洪水は都市域の住民にとって多大な影響を及ぼす。

図3に、前章と同様にダウンスケーリングした降水の季節変化（上）と年最大1日雨量の頻度分布（下）を示す。値はバイアス補正済である。季節変化のSST分布MIについては他のものと比べて大きく異なった。ダバオ川では、流域平均雨量の季節変化は、多くの結果が過去気候を下回る結果であった。月雨量は、2℃上昇4℃上昇シナリオともに6月から8月の雨季で過去気候を上回るものがあったが、それ以外ではほぼ過去気候を下回った。4℃上昇シナリオの方が2℃上昇シナリオよりもさらに降雨が少なく、特に雨季前半の4～6月の雨量が低下する様子が見られた。

図3下の年最大日雨量の頻度分布では、2℃上昇シナリオでは6種類のすべての結果が過去気候よりも減少、4℃上昇シナリオでは、6つのうち4つが減少、1つは変わらず、1つが増加した。この結果から、将来の洪水リスクについては2℃上昇シナリオでは減少するが、4℃上昇シナリオでは減少または増加の可能性がそれぞれ4/6と1/6という結果となった。

5. その他の知見

今回の計算において、元のGCMの値に比べてダウンスケーリング後は月平均値の各SST分布によるばらつきが広がった。ダウンスケーリングを行うことにより、降雨分布特性の違いがより明確に表現され、各SST分布による違いが強調されたものと推測される。この傾向は両流域で共通して見られた。

頻度解析では、GCMの値はソロ川ではGumbel直線から大きく外れたが、ダウンスケーリング後にはGumbel直線に乗るようになった。流域面積16100km²に対して、GCMの1格子3600km²では、流域内の降雨の空間分布をとらえることが難しく、解像度の粗いGCMの値からは流域平均の極端降水の評価が難しいことが推測された。

一方、ダバオ川の頻度解析は、GCMの値とダウンスケー

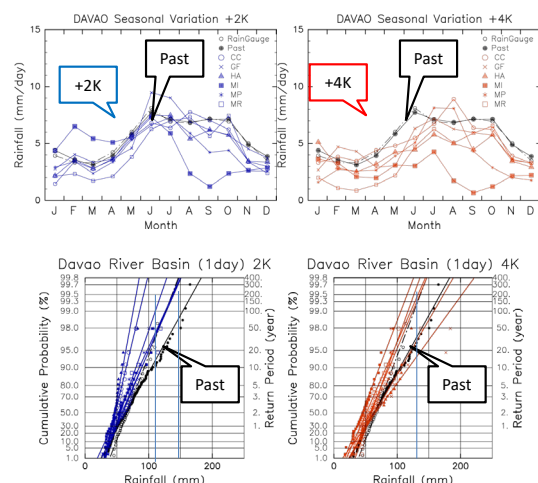


図3. ダバオ川流域の降水の季節変化（上）と年最大4日降雨の頻度分布（下）。左が2℃上昇、右が4℃上昇シナリオである。黒実線が過去気候のダウンスケーリング、青または赤実線が将来気候のダウンスケーリング結果を表す。

リング結果のバイアス補正前では、観測値に比べて2倍以上過大評価した。ダウンスケーリングとバイアス補正が重要であることが示された。

6. まとめ

インドネシアおよびフィリピンの対象流域において、d4PDF、d2PDFの力学的ダウンスケーリングを行い、各シナリオ180年分の計算を完了した。得られた降雨データの分析を行った結果、ダウンスケーリングとバイアス補正を行うことによって、雨量計観測値に近い過去気候の値が得られ、また将来気候のSST分布によるより大きなばらつきが得られるなど、気候変動によるより大きな不確実性幅が得られた。これらは、洪水被害の温暖化影響評価などに対して有用なデータとなることが期待される。今後、水文モデルへの導入によって、洪水氾濫影響の評価を行う予定である。また、令和7年度には、さらにフィリピン・ルソン島のパンパンガ川およびパシグマリキナ川流域を対象にdxPDFのダウンスケーリング計算を行い、研究対象を広げる計画である。

謝辞

本研究の遂行にあたっては文部科学省気候変動予測先端研究プログラムJPMXD0722680734の支援を受けました。また、創生及び統合プログラムのもとで作成された「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)」を使用しました。

参考文献

[1]猪股広典、竹内邦良、深見和彦、GCM降水量データの統計的バイアス補正手法に関する一考察、水工学論文集(53)、223-228、(2009年)