

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}, Acierto 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。今年度は、2022 年度にチャレンジ利用課題で行った計算準備をもとに、本計算を実施した。

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することを目指した。現時点で、過去気候はそれぞれ 150 年分、将来気候は 5 種類の SST 等まで計算を完了した。(ソロ 2℃上昇は 6 種類まで完了。)

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

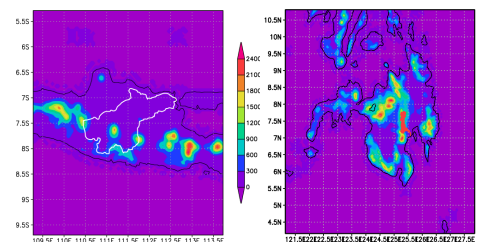


図 1. (左)インドネシア・ソロ川流域。白線が流域を表す。(右) フィリピン・ダバオ川流域。赤色塗りつぶし部分が流域を表す。

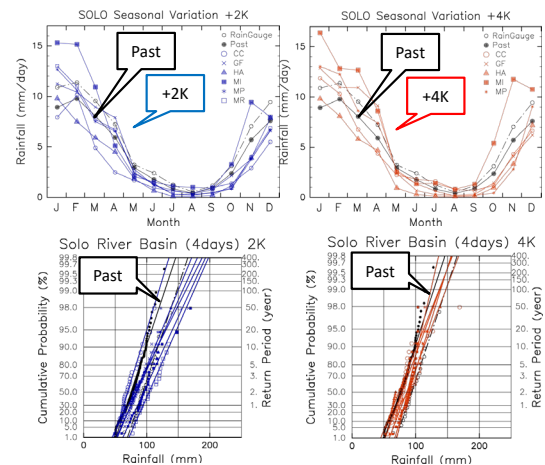


図 2. ソロ川流域の降水の季節変化 (上) と年最大 4 日降雨の頻度分布 (下)。左の青線が 2℃上昇、右の赤線が 4℃上昇シナリオである。黒実線が過去気候のダウンスケーリング、青または赤実線が将来気候のダウンスケーリング結果を表す。

モデル領域の格子数は 150×150×40 である。水平格子間隔は 5 km 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. ソロ川流域の結果

インドネシア、ジャワ島のソロ川は、インドネシア国内

で最も長く（長さ 600km 流域面積 16100km²）、広大な穀倉地帯を抱えることから、当国の農業生産にとって重要な地域となっている。

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 上は流域平均雨量の季節変化である。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、増える場合と減る場合があり、6 種類の SST 等のうち 2 つ（MI, GF）は増加、2 つ（HA, CC）は減少、2 つ（MP, MR）はほぼ変わらずであったことから、2℃上昇シナリオにおける雨季の月雨量は、増減の可能性がそれぞれ 1/3 ずつであった。4℃上昇シナリオでは、MP も過去気候に比べて増加傾向であったことから、3/5 の可能性で増加であった。

年最大 4 日雨量の頻度解析では、2℃上昇シナリオでは 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。一方、4℃上昇シナリオでは 4/5 の結果が過去気候よりも大きい、過去気候からの増加幅は 2℃上昇の場合よりも小さく、洪水規模は 2℃上昇シナリオよりも小さめであった。

4. ダバオ川流域の結果

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るため注意が必要である。なお、この MI の結果は図 2 のソロ川流域でも他とかけ離れて大きな値となっていた。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 月の雨季で一部の SST 分布の結果が過去気候を上回ったが、それ以外ではほぼすべての月で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めで、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。ただし、MI は 8 月から 10 月に大幅に低下した。

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 SST 分布のすべてが過去気候よりも減少した。4℃上昇シナリオでは、6 つのうち 4 つが減少、1 つ（HA）が変化なく、1 つ（GF）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℃上昇シナリオでは全メンバーで減少し、4℃上昇シナリオでは減少・変化なし・増加の可能性がそれぞれ 4/6・1/6・1/6 という結果となった。

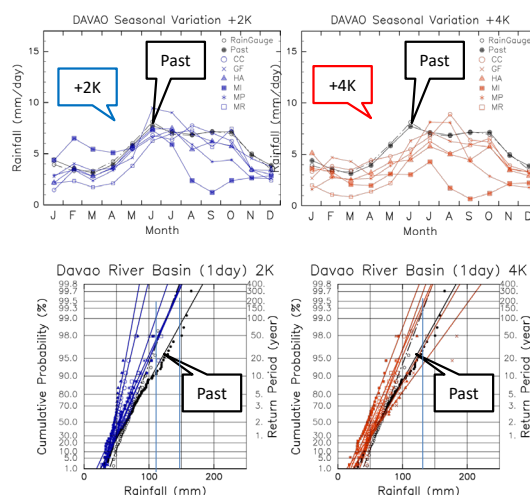


図 3. ダバオ川流域の降水の季節変化（上）と年最大 4 日降雨の頻度分布（下）。左の青線が 2℃上昇、右の赤線が 4℃上昇シナリオである。黒実線が過去気候のダウンスケーリング、青または赤実線が将来気候のダウンスケーリング結果を表す。

5. まとめ

今回、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、降雨データの分析を行った。最後に計算リソースの追加を行い、令和 5 年度中に計算をすべて終えることができた。今後、年雨量や Rx1d、CDD などの各種気候指標の計算を行い、気候変動影響を調査する予定である。さらに、得られた雨量等を水文モデルに導入し、河川流量計算や洪水リスクを計算し、温暖化後の洪水や渇水による影響の調査を行う予定である。

また、令和 6 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バッ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)