

京都大学	博士 (工学)	氏名	Aakanchya Budhathoki
論文題目	Evaluating the impacts of climate change on flooding and socio-economic risk using a large ensemble dataset in the Lower Chao Phraya River Basin, Thailand (大規模アンサンブルデータセットを用いたタイ王国チャオプラヤ川下流域における洪水と社会経済リスクの気候変動影響評価)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、タイ王国チャオプラヤ川流域での気候変動による洪水リスクへの影響を評価することを目的とし、大規模アンサンブル気候予測データセット d4PDF を用いて極端洪水と洪水暴露人口、農業被害への気候変動の影響を分析したものである。本論文は以下の7章から構成されている。</p> <p>第1章は序論である。気候変動による洪水災害への影響評価研究について世界各国の既往研究をレビューした上で、東南アジアにおいて特に社会経済的影響の大きいタイ王国チャオプラヤ川流域で低頻度の大规模洪水への気候変動影響評価が十分でないこと、最新の大規模アンサンブルデータセットを活用して気候変動の洪水災害への影響を社会経済的な点まで含めて分析することが重要であることを指摘している。これらの課題を踏まえ、チャオプラヤ川流域を対象に大規模アンサンブル気候予測データセット d4PDF を活用し、洪水流量のみならず洪水氾濫や暴露人口、農業被害まで多岐にわたる社会経済的影響を分析することを本研究の目的とすることを述べている。</p> <p>第2章は、対象流域であるチャオプラヤ川流域の地形的特性や洪水特性と社会経済影響評価の対象地域である同下流域について概要を述べている。また、洪水氾濫解析モデルの検証に用いる2011年の洪水事例について洪水の特徴と被害の概要を述べている。さらに、以降の章で用いる大規模アンサンブル気候予測データセット d4PDF について概要を述べている。</p> <p>第3章では、d4PDF に含まれる流出発生量データを河川流追跡モデルに入力して気候変動時の河川流量を推定し、年最大流量が4度上昇気候シナリオのもとで増加すること、河川流量が流下能力を超過する期間が早期化かつ長期化することを述べている。気候変動時の河川流量を推定するために上流域と中流域とで観測値と計算値を比較し、それらに異なる統計的な差異が存在することを見出した後、上流域と中流域の流域下端の河川流量を対象として計算値に二段階のバイアス補正を適用して、流量データを補正することに成功した。一段階目の補正として上流域下端の二カ所のダム流入量を対象とし、雨期及び乾期の総河川流量の実績値と計算値の累積頻度分布を比較してクオンタイルマッピング法によって計算値のバイアスを補正した。次にバイアス補正を施した上流域の河川流量データをそれに接続する中流域の上端境界条件とし、河川流追跡モデルを用いて中流域下流端の河川流量を算定して、その地点での流下能力を超える洪水流量を対象としてバイアス補正を施した。これらのバイアス補正手法を用いて d4PDF の過去実験及び4度上昇実験のバイアス補正流量を生成し、洪水流量への影響を分析した。その結果、2011年にタイ王国を襲った大洪水の再現期間は年最大流量で見ると約70年、洪水流出総量で見ると約120年であることを示し、将来気候シナリオのもとで洪水規模が増加することを示した。また、4度上昇実験では流下能力を超過する洪水期間が早期化かつ長期化し、現在の気候条件では大半の年で8月あるいは9月に流下能力を超える一方で、4度上昇気候シナリオのもとでは6月や7月に河川流量が流下能力を超えて洪水が発生する頻度が高まることを見出した。</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	Aakanchya Budhathoki
------	---------	----	----------------------

第4章では、タイ王国の首都バンコクを含む下流域を対象として氾濫解析モデルを構築し、2011年の大洪水による氾濫を再現するとともに、4度上昇気候シナリオのもとで浸水域及浸水深の両方が大きくなることを述べている。まず、2011年大洪水を対象として陸面水文過程モデルによる流出発生量の計算値を河川流追跡モデルに入力して河川流量を算定し、それを上流境界条件として洪水氾濫の再現計算を実施して、実績の洪水氾濫を適切に再現することに成功した。次に、構築した氾濫解析モデルに、第3章で述べたバイアス補正河川流量データを作用させ、気候変動シナリオのもとで洪水氾濫の将来変化を分析した。その結果、現在気候と4度上昇気候変動シナリオの間で、洪水ピーク流量や洪水氾濫量と浸水面積との関係は大きく変化しないこと、浸水域及び浸水深の両方も4度上昇気候変動シナリオのもとで増加することを見出した。また、浸水深3m以上の浸水域が4度上昇気候変動シナリオのもとで増加し、1階が高床化された住居でも浸水のリスクが高まることを示した。さらに、キングスダイクによるバンコク市街地の浸水防御効果が4度上昇気候シナリオのもとでも見られることを明らかにした。

第5章では、上で求めた洪水氾濫の解析結果と人口シナリオデータを重ね合わせて洪水曝露人口の将来変化を分析した結果を述べている。米国航空宇宙局による現在及び共通社会経済シナリオ SSP5 による世紀末の人口推計データを用いた結果、人口減少に伴い4度上昇気候変動シナリオのもとで洪水曝露人口が減少する一方、世紀末まで現在の人口が維持された場合は洪水曝露人口が増加することを見出した。また、農業被害への影響評価に向け、浸水域と浸水継続期間の将来変化を推定するとともに、タイ地理情報・宇宙技術開発機構によるコメの耕作地データと洪水氾濫解析結果を重ね合わせて農作物の洪水曝露量の将来変化を予測した。その結果、浸水面積と耕作地内の浸水面積の関係は4度上昇気候変動シナリオのもとでも大きな変化はなく、浸水面積の増加に対して耕作地内の浸水域は線形に増加することを見出した。また、浸水域の拡大とともに浸水継続期間も長期化し、流域下流部での農作物への甚大な被害が発生する可能性があることを示した。

第6章では、浸水深及び浸水継続期間とコメの収穫被害率との関係を表すフラジリティ曲線を用いて、洪水氾濫によるコメの被害額とその年超過確率との関係を表す水害リスクカーブを作成し、その将来変化を分析した。フラジリティ曲線は、フィリピンとミャンマー、日本で作成された曲線を用いて被害額の推定幅を併せて調査した。2011年の大洪水を対象としてコメの浸水被害金額を検証した結果、実績値と同じオーダーで被害を推定できることを確認した。次に、現在及び4度上昇シナリオの元で得た洪水氾濫解析結果を用いてコメ生産の被害額を算定し、フィリピン及び日本のフラジリティ曲線を使用した結果は同程度の被害額となることを示した。また、どのフラジリティ曲線を用いてもコメ生産被害額は共通した将来変化率が得られること、高頻度の洪水から低頻度の洪水までの異なる再現期間の洪水でコメ生産被害額が将来増加することを見出した。

第7章は結論であり、本論文の主要な結果をまとめている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、タイ王国チャオプラヤ川流域での気候変動による洪水リスクへの影響を評価することを目的とし、大規模アンサンブル気候予測データセット d4PDF を用いて極端洪水と洪水暴露人口、農業被害への気候変動の影響を分析したものである。主な研究成果は以下のように要約できる。

1) d4PDF 流出発生量データを河川流追跡モデルに入力して河川流量を推定し、上流域と中流域とで観測値と計算値を比較してそれらに異なる統計的な差異が存在することを見出して、二段階のバイアス補正を適用して流量データを補正した。次に、バイアス補正を施した河川流量を用いて気候変動による洪水流量への影響を分析し、年最大流量、洪水流出総量ともに将来気候シナリオのもとで増加すること、河川流量が下流域上流端の流下能力を超過する期間が早期化かつ長期化することを見出した。

2) タイ王国の首都バンコクを含む下流域を対象に氾濫解析モデルを構築し、2011年の洪水による氾濫を再現することに成功した。次に、構築した氾濫解析モデルに d4PDF を用いて作成したバイアス補正済み河川流量データを作用させて洪水氾濫の将来変化を分析した。その結果、浸水域及び浸水深共に 4 度上昇気候変動シナリオのもとで増加することを見出すとともに、キングスダイクによるバンコク市街地の浸水防御効果が 4 度上昇気候変動シナリオのもとでも見られることを明らかにした。

3) 米国航空宇宙局による現在及び共通社会経済シナリオ SSP5 による世紀末の人口推計データを洪水氾濫解析結果と重ね合わせて洪水曝露人口の将来変化を分析した。その結果、人口減少に伴い 4 度上昇気候変動シナリオのもとで洪水暴露人口が減少する一方、世紀末まで現在の人口が維持された場合は洪水曝露人口が増加することを明らかにした。

4) タイ地理情報・宇宙技術開発機構によるコメの耕作地データと洪水氾濫解析結果を重ね合わせて洪水氾濫によるコメ被害の将来変化を分析した。その結果、浸水域の拡大とともに浸水継続期間も長期化し、流域下流部での農作物への甚大な被害が発生する可能性があることを示した。浸水深及び浸水継続時間とコメの収穫被害率との関係を表す脆弱性曲線を用いてコメの被害額とその年超過確率の関係を表す水害リスクカーブを作成し、農業被害の将来変化を分析した。その結果、推定結果は使用する脆弱性曲線ごとに異なるものの、共通した将来変化率が得られること、農業被害額が将来増加することを示した。

以上のように、本論文は、d4PDF のバイアス補正と洪水氾濫解析、種々の社会統計データとのオーバーレイ解析を行い、チャオプラヤ川流域において気候変動が洪水規模と洪水暴露人口、農業被害に与える影響を分析したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 6 年 1 月 22 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。