

## 審査の結果の要旨

氏名 ラムザン メーウィッシュ

現在進行中の地球温暖化に対する適応と緩和に関する施策の制定のためには、気候変動の予測精度の向上が欠かせない。しかしながら、そのための唯一といえるツールである全球気候モデル（GCM）の精度はまだ低く、特に水平空間解像度については数 100km スケールと、予測結果を市民の生活に有用なレベルに落とし込むにはまだまだ粗い。一方、インド・パキスタン・ Bangladesh などの国を含む南アジア域は、特に人口増と社会インフラの整備の遅れにより、現在も渇水洪水の大被害が多く報じられていることからわかるように、気候変動に対する脆弱性が高い地域である。今後起こりうる気候変動に起因する気温や降水の極端現象の変化がどのようなものなのか、そしてその詳細な時空間分布はどのようなものなのか知ることは極めて重要である。このような需要に応えるために有用な手法のひとつが、領域気候モデル（RCM）を用いた力学的ダウンスケーリングである。力学的ダウンスケーリングとは、側方境界条件として空間解像度の粗い全球気候モデルの結果を、下方境界条件としてより詳細な地形データを用い、特定の領域のみを対象として空間解像度を高めた大気力学方程式系を時間積分することで、より詳細な大気循環の様子を推定する方法である。

そのような背景のもと、ラムザンメーウィッシュ氏は、博士論文「Changes in precipitation and temperature extremes over South Asia using dynamical downscaling of climate change prediction results（気候変動予測結果の力学的ダウンスケーリングを用いた南アジア域における降水と気温の極値変化）」において、RCM の一つとして広く用いられている領域スペクトルモデル（RSM）を用いて、南アジア域を対象とした力学的ダウンスケールを実行し、領域気候予測の詳細化と、特に気温と降水量の極端現象に着目した分析及び考察を行った。

第一章では、研究の背景及び目的と手段について説明している。詳細な文献調査を行い、南アジア域における気候予測の詳細化の重要性を指摘しているほか、世界気候研究プログラム（WCRP）が主導する国際的力学的ダウンスケーリング相互比較プロトコル CORDEX に則った計算を行う旨が述べられている。

第二章では、南アジア域を対象とした力学的ダウンスケーリングを実行する

にあたり、モデルの物理過程の設定及び側方境界条件の取り扱い手法について、感度実験と分析を行っている。その結果、20世紀後半の観測データと比較して最良な結果をもたらした **Simplified Arakawa Schubert** 積雲対流スキーム (SAS) と、鉛直方向に下層ほど拘束条件を緩くさせた新たなスペクトルナudging手法が選択された。

第三章では、英国ハドレーセンターの全球気候モデル (HadGEM-AO) の出力を使用した 20 世紀終盤 (1980 年から 2005 年) の力学的ダウンスケーリング計算を行った。気候モデル出力を側方境界条件として用いているため、歴史的な事象と比較することはできないが、気温と降水の気候値について、季節平均値及び統計的極値について、良好な再現性を得ることができたことが述べられている。

第四章では、第三章と同じ HadGEM-AO モデルの、2 つの代表的濃度パス (RCP8.5 及び RCP4.5) に基づいた 21 世紀 (2020 年から 2100 年) 出力を用いた力学的ダウンスケーリングを行った。さらに第五章において、いくつかの極値指標に関して 20 世紀終盤と 21 世紀序盤・中盤・終盤にかけての変化を分析した。その結果、洪水渇水の極端化を測る指標である水文気候学的強化指標 (HY-INT) については、南アジアほぼ全域において大きく増加することが分かった。しかしながら、その内訳としては、パキスタン・インド・ネパール・ブータン等の地域では降水の強化が、南中国やインドシナ半島では渇水の強化が効いていることがわかった。また、日最大降水量については 21 世紀序盤では減少に転ずるが中盤終盤にかけて上昇傾向が見られ、夏日 (日最高気温が 25°C 以上の日)、熱帯夜 (日最低気温が 20°C 以上の日) については、いずれも地域全体で単調な増加傾向が得られた。最後に日平均気温と日降水量の 99 パーセントイル値の変化に関する分析を行ったところ、いずれの指標でも平均値の変化よりも大きな変化傾向を示した。このことは、平均的な気温や降水量が増加することに加えて、災害を引き起こすような極端事象はさらに大きく変化することを示唆しており、今後の当該地域での適応策策定に重要な方向性を示すものである。

最後に第六章で本論文の結論として全体のまとめと今後の展望を示している。

このように、本論文は全球気候予測の解像度や極値の再現性の悪さを補うために力学的ダウンスケーリングを適用し、今後より注目が集まるであろう南アジア域における詳細な領域気候予測情報を提供し、気温と降水の極値の変化に着目した分析を行っている。このような研究成果は、気候変動を考慮した社会基盤システムの設計の指針として役立つことが期待され、水文学を含む地球システム科学の進展にも大きく貢献するものである。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。