

# Future Changes in Monsoon Precipitation and Their Uncertainty Projected by Global Climate Models

著者	ENDO Hirokazu
著者別名	遠藤 洋和
発行年	2018
その他のタイトル	気候モデルを用いたモンスーン地域の降水の将来変化と予測不確実性に関する研究
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2017
報告番号	12102甲第8630号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/00152648">http://hdl.handle.net/2241/00152648</a>

氏名	遠藤 洋和		
学位の種類	博 士 (環境学)		
学位記番号	博 甲 第 8630 号		
学位授与年月日	平成 30年 3月 23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Future Changes in Monsoon Precipitation and Their Uncertainty Projected by Global Climate Models (気候モデルを用いたモンスーン地域の降水の将来変化と予測不確実性に関する研究)		
主査	筑波大学教授	博士 (理学)	植田 宏昭
副査	筑波大学教授	工学博士	宮本 邦明
副査	筑波大学教授	理学博士	濱 健夫
副査	筑波大学教授	Ph. D.	田中 博

## 論 文 の 要 旨

審査対象論文は、全球気候モデルを用いた地球温暖化実験の結果に基づき、アジアモンスーンを始めとする地域規模のモンスーンに伴う降水量の将来変化およびその地域間差異について、熱力学的、力学的観点から明らかにすることを目的としている。この目的を達成するために、世界の気候モデル比較実験プロジェクト (CMIP5) による国内外 21 の気候モデルの出力結果を解析している。温暖化時の夏季降水量は、多くのモンスーン地域で増加し、特にアジアモンスーン地域で顕著に増加する。この要因について、降水量の変化を力学効果 (大気循環の変化) と熱力学効果 (水蒸気量の変化) に分離する診断解析を行い、多くのモンスーン地域では、水蒸気量増加に伴う水蒸気収束量の増加が、大気循環の弱化に伴う水蒸気収束量の減少よりも大きく、このことが降水量の増加の要因であることを見出した。とりわけアジアモンスーン地域の力学効果は、他のモンスーン地域よりも小さいことが、顕著なアジアモンスーン降水量の増加を引き起こしていることを解明している。このほか、現在気候の降水分布を高精度で再現する気象研究所の大気循環モデルを用いて、いくつかの異なる海面水温 (SST) 分布と積雲対流スキームによるアンサンブル温暖化実験を行っている。多くの陸上モンスーン地域では降水量が増加し極端降水はさらに大きな割合で増加することを確認した上で、降水量予測のばらつきに対して、陸上モンスーン地域では積雲スキーム因子の寄与が大きい一方、海上では SST 因子の寄与が大きいことを定量的に示した。またアジアモンスーンの温暖化応答メカニズムについても大気モデルを用いた感度実験から考察を行な

っている。これら結果は、降水量予測の不確実性をもたらす要因が陸域と海域で大きく異なることを示唆するものである。温暖化時の熱帯対流圏上層では、SST 上昇に伴う降水量の増加が、大気への潜熱解放を通して対流圏の中上層の顕著な気温上昇を引き起こし、熱帯から極方向の気候学的な正の気温勾配を弱め、結果としてモンスーン東風ジェットの弱化が生じていることを確認している。一方、対流圏下層では、ユーラシア大陸上の顕著な気温上昇が、北向き正の温度勾配の増加を通して南アジアなどでモンスーン西風気流の強化を引き起こしていることを明らかにしている。このモンスーン西風気流の強化は、降水量変化に対して正の力学効果として働くことから、世界のモンスーン地域の中でとりわけアジアモンスーン地域の降水量が最も増加する要因であることを明示している。

## 審 査 の 要 旨

モンスーン地域では水資源への依存が強いことから地球温暖化に伴う降水量の変化予測に対する需要が大きい。とりわけ災害等の社会的な影響が大きい極端降水の予測においては、高解像度の気候モデルの利用が不可欠である。温暖化予測で用いられる気候モデルの性能は、精緻化と計算機能力向上に伴い急速に向上しているが、地域規模の降水量の変化予測においては、依然として大きな予測不確実性を有している。このため、地域規模の降水変化予測における不確実性の定量化とそれらを引き起こす要因の解明が喫緊の課題となっている。このような背景の下、本審査対象論文では、内外の全球気候モデルを用いた地球温暖化実験の結果に基づき、アジアモンスーンを始めとする地球規模のモンスーン降水量の変化とその要因について、感度実験と診断解析により明らかにした。地球温暖化に伴う夏のモンスーン降水量は、大気中に含みうる水蒸気量の増加（熱力学効果）を介して増加するが、モンスーン循環の弱体化（力学効果）によって抑制される。アジアモンスーン地域の南北方向の温度勾配に着目すると、熱帯域における降水量の増加は、潜熱解放による対流圏の中上層の気温上昇を引き起こし、結果として北向き正の温度勾配の減少を介してモンスーン循環の弱体化を引き起こしている。一方、対流圏の下層では、ユーラシア大陸上の顕著な昇温のため、気候学的な北向き正の温度勾配の強化を通して、南アジアなどでモンスーン気流が強化する。このような温暖化に伴う鉛直方向に異なる気温勾配の発現は、広大なユーラシア大陸の南に位置するアジアモンスーンで顕著に見られる現象であり、同地域の降水量の将来予測における不確実性の低減と物理過程の理解に重要な視座を与えるものである。論文の構成、論理の展開、実験方法、解析手法は適切である。国内外でも発表を複数回行い、専門誌にも骨格となる3編の論文が掲載されている。

平成30年1月24日、学位論文審査会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。