

## 【学位論文審査の要旨】

インドにおける夏季モンスーンの降水は、日変化、季節内変動、年々変化といった様々な時空間スケールで変動する。これらの変動の中でも、対流活動の日変化が熱帯ではとりわけ重要で、インドにおける夏季モンスーン降水システムの形成に際しても重要な過程である。しかしながら、モンスーン地域における対流活動の日変化や降水システムの発達過程は、全球及び地域気候モデルにおいても、十分には再現できていない現状があり、数値モデルによる降水予測可能性が向上しない一因でもあった。

本研究では、観測と気候モデルによって、インドにおける夏季モンスーン降水の日変化をより深く理解することを目的とした研究を行った。対流解像気候シミュレーションによって、信頼できる降水の日変化が再現できたため、そのモデルを用いて、インドにおける不均質な陸面が降水に及ぼす影響についても解明した。

まずは熱帯降雨観測衛星 TRMM による 1998～2018 年の 21 年間の降雨観測データを用いて、南インドの南東岸からベンガル湾にかけて、夕方から早朝に伝播する降水現象を観測的に把握した。深夜から早朝にかけてのこのような降水日変化は、ヒマラヤ南麓地域などの特徴的な地形下においても出現していた。

次いでこのような衛星観測による降水日変化に対する、全球及び地域気候モデルの再現性を確認したところ、モデルでは午後の降雨や降雨頻度が過大に発生していて、観測とは食い違うことを示した。特にモデルの水平解像度や対流パラメタリゼーションが大きく影響していることを明らかにした。異なる 30 種の対流パラメタリゼーション全てが、解像度を高くしても観測された降水日変化特性を再現できていないことを示した。その原因としては、対流パラメタリゼーションにおける線形的な対流発達の仮定が問題であることを考察し、インドの夏季モンスーンにおける非線形的な対流発達の再現には、パラメタリゼーションを用いない高解像度での対流解像気候シミュレーションによる大気循環の日変化の再現が必須であることを示した。

対流解像気候シミュレーションによって、インドにおける夏季モンスーン降水の日変化が再現できたことから、このモデルを用いてインドの不均質な陸面状態が降水活動に及ぼす影響について検討を加えた。陸面の粗度長を変更することにより、陸面からの熱フラックスの大気への供給は変化し、対流開始に大きな影響を与えた。陸面の乾湿を変更した実験からは、湿った陸面上では、乾いた陸面に比べて弱い降水がより高頻度で発生しやすく、他方陸面からの水蒸気の蒸発供給によって、対流継続時間が長くなり、陸上で「茶色い海」のような効果をもたらすことがわかった。

本研究で得られた結果からは、対流解像気候シミュレーションが、インドの夏季モンスーン降水における対流活動日変化の再現には必須であることが示された。また不均質な陸面が対流活動に果たす大きな役割が明らかとなり、陸面状態の適切な導入による大気陸面相互作用の再現が、気候モデルにおける対流活動日変化のシミュレーションには重要であることが示された。

インドの夏のモンスーン降水は、人口密集地域の水資源として大変に重要であり、その信頼できる年々変動及び将来予測の提供は、喫緊の研究課題である。本研究において、当該地域の降水現象の理解や将来予測には、降水の季節的総量だけでなく、降水をもたらす基本的な日変化過程の再現が必須であること、そのためには対流解像気候シミュレーションが有効な研究手段となることを、多くのシミュレーション実験と観測との比較解析から得たことは、気候学的、地理学的にも重要な成果である。

以上により、本論文は博士（理学）の学位を授与するのに十分な価値があるものと認められた。