

京都大学	博士 (工学)	氏名	Khagendra Pralhad Bharambe
論文題目	Spatiotemporal modeling of climate change impact on hydro-meteorological risk under a large ensemble d4pdf future warming scenarios: an implication for agriculture risk over Godavari River Basin, India (時空間モデルを用いた気候変動予測と将来シナリオにおける水文気象学的リスクの評価～インドの Godavari 川流域を対象として～)		
(論文内容の要旨)			
<p>Disaster Risk Reduction (DRR) is a cross-cutting issue to Sustainable Development Goals (SDGs). Drought has become a constant visitor and most accruing natural disaster in India, affecting badly to the agriculture and water resource sector, especially most at the central part where the agriculture is the primary economic activity of more than 80% of populations. Unevenly distributed and unpredicted rainfall made it difficult in understanding the extreme situation, and its consequences on agricultural production.</p> <p>Most previous studies are limited to any particular sub-basin, and focused mostly on analyzing the trend in mean, maximum and minimum time series, as this is not sufficient in the context of the present rapidly changing climate. Hence, this study has addressed this issue by analyzing long-term (40 years) of high-resolution spatial gridded data using spatiotemporal modeling for impacts of climate change on climate variability, extreme climates, and drought. Because spatiotemporal modeling is extremely important to determine the changes over space and time in the whole river basin, and helpful for effective implementation of adaptation strategies.</p> <p>As the globe continues to warm, more extreme climate situations can be expected in the future. The average mean temperature in India is predicted to increase by 2.4 to 4⁰C by the end of the 21st century, which may surely cause more hydro-meteorological hazards. However, the changes in the frequency and characteristics of droughts and extreme events in the future are not fully examined yet. Therefore, keeping in mind, the present drought risk, and future challenges for agriculture this study has used a large ensemble of high-resolution future projection data (d4PDF) under two different warming scenarios (+2K: 2⁰C increase and +4K: 4⁰C increase by preindustrial warming level. This database has developed by the Japanese Meteorological Business Center (JMBC) mainly intending to study global warming impacts and to minimize uncertainty in projection. No study has yet used this data in the Indian river basin. Therefore, this study has taken into consideration to project future changes in extreme climate situations and drought over each-sub-basin with different timespans over the Godavari River Basin (GRB), which is 2nd largest and most important water resource in the central part of India. Hence, it is very much crucial to understand quantitative impacts to protect from adverse effects of climate change.</p> <p>Moreover, no study has been investigated the comprehensive drought risk for crop production suggesting the best feasible location-specific risk mitigation strategies. The results do not only help to understand the impacts of drought but also help to adapt the best feasible drought risk mitigation strategies and effective climate-proofing strategies over the most affected region under the worst-case scenarios. The results of future projections help prioritize the risk mitigation strategies and justify utilizing the appropriate resource inventory of implementation. Eventually, this will support government efforts to achieve sustainable agricultural development, alleviate hunger, and move closer to meeting the pledged international targets, including the Sendai Framework and the SDGs.</p>			

氏名	Khagendra Pralhad Bharambe
----	-------------------------------

(論文審査の結果の要旨)

災害リスク削減 (DRR) は、持続可能な開発目標 (SDGs) の横断的な課題である。干ばつは、インドで継続して発生している自然災害であり、農業や水資源の分野に大きな影響を与えている。降雨量が場所によって偏在し、これまでは予測されてこなかったため、極端現象やその農業生産への影響を理解することが困難であった。これまでの研究の多くは、インドの特定の流域のみに限定されており、降雨量の平均値、最大値、最小値の時系列の傾向を分析することに主眼が置かれていたが、急速に変化する現在の気候の下では十分ではなかった。本研究では、気候変動、異常気象、干ばつによる影響について、時空間モデリングを用いて高解像度空間格子観測データの長期 (1980~2019年の40年間) を分析することで、この問題に取り組んだ。時空間モデリングは、河川流域全体の空間的・時間的変化を把握する上で非常に重要であり、将来の気候変動への適応戦略の効果的な選択・実施に大きく貢献することが期待される。

地球の温暖化が進むにつれ、将来的にはより多くの気候の極端現象の発生が予想される。インドの平均気温は、21世紀末までに2.4~4℃上昇すると予測されており、水文気象災害の増加を招く可能性がある。しかし、将来の干ばつや極端現象の発生頻度やその特徴の変化については、十分に検討されていない。本研究では、現在の干ばつリスクと農業の将来的な課題を考慮して、高解像度将来予測データの大規模アンサンブル (d4PDF) を使用して、2つの異なる温暖化シナリオ (産業革命前の温暖化レベルから2℃増加と4℃増加) の下で解析と予測を実施した。このデータベースは、地球温暖化の影響を調査し、予測の不確実性を最小化することを目的として、気象業務センター (JMBC) が開発したものである。インドの河川流域でこのデータを使用した研究はこれまでに存在しない。気候変動の影響から社会や経済、環境を守るためには、その影響を定量的に把握することが重要である。本研究では、インド中央部に位置し、最も重要な水資源であるゴダバリ川流域 (GRB) において、極端現象や干ばつの将来的な発生状況を異なるタイムスパンで予測することを実施した。

インドでは、作物生産における包括的な干ばつリスクを調査・予測し、地域ごとに実現可能な最適リスク軽減戦略を提案した研究は存在しない。これまで、干ばつの危険性や脆弱性を組み合わせた詳細な干ばつリスク評価を検討している研究もほとんど存在していなかった。本研究の成果は、干ばつの影響を理解するために役立つだけでなく、最悪のシナリオ下で最も大きな影響を受ける地域において、実現可能な最善の干ばつリスク軽減戦略と効果的な対策を選択・適応するために役立つと考えられる。また、将来予測の結果は、リスク緩和戦略の優先順位付けに役立ち、それらの実施のための適切な資源インベントリ-の利用を促進することにつながる。最終的には、持続可能な農業開発を達成し、飢餓を緩和し、仙台フレームワークやSDGsなどで誓約された国際目標の達成に近づくためのインドの政府や地方行政の取り組みを支援することになる。

以上の研究成果は学術上、實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3年8月4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。

なお、本論文は京都大学学位規定第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、(令和4年9月29日までの間) 当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。