



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Responses of the East Asian summer monsoon to mid-latitude forcings : effects of Indian summer monsoon heating and Tibetan Plateau land surface processes [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	LI, Shixue
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第15713号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91857
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Li_Shixue_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士 (環境科学)

氏名 LI Shixue

審査委員 主査 准教授 佐藤 友徳
副査 教授 山中 康裕
副査 教授 堀之内 武
副査 特命教授 梶川 義幸(神戸大学都市安全研究センター)

学位論文題名

Responses of the East Asian summer monsoon to mid-latitude forcings: effects of Indian summer monsoon heating and Tibetan Plateau land surface processes

(中緯度の強制に対する東アジア夏季モンスーンの応答: インド夏季モンスーンの対流加熱とチベット高原の陸面過程の効果)

東アジア夏季モンスーン (EASM) は東アジア地域に多量の降水をもたらす、農耕や経済発展の基盤となる水資源を供給する。一方で、様々な時間スケールで変動するEASMはしばしば干ばつや洪水を引き起こすため、その現象の理解や変動の予測を目指した研究が展開されてきた。EASMの大規模な循環は、陸海の熱コントラストを駆動源とする古典的なモンスーンの描像に比べて複雑であり、熱帯、中緯度、極域からの遠隔影響を受けながら変動することが知られている。このため、EASMとそれに伴う降水変動の予測は挑戦的な課題とされてきた。本研究では、比較的注目されてこなかった中緯度における遠隔影響因子として、インドモンスーン地域の対流加熱とチベット高原の陸面から大気への加熱の2種類の熱的強制に着目し、データ解析と数値実験を用いた多面的なアプローチによってEASMの降水変動が受ける影響を提示した。この際に、遠隔地の熱的強制のシグナルを東アジアへ伝える役割を持つ亜熱帯ジェット上のCircumglobal teleconnection (CGT) の役割についても議論した。CGTはその一部がユーラシア大陸上を東西に縦断する波列として知られ、ヨーロッパ西部を起点に中央アジアやインド亜大陸北部を経て東アジアに至る夏の主要な循環偏差パターンである。本研究では、初夏(6月)における中緯度の加熱強制がCGTを介して季節内の時間スケールでEASMへ与える影響を調べることを目的とした。

まずインド夏季モンスーン (ISM) に伴う大気加熱の効果を調べるために、強い加熱のあった事例を選定し、その後の東アジアにおける降水の応答を合成解析により示した。その結果、東アジアにおける降水の南北2極分布のうち、北部の雨域が強いISM加熱に伴って急速に強まる可能性があることが分かった。この要因として、ISMの非断熱加熱が亜熱帯ジェットに摂動を与え、東アジア地域へ指向するロスビー波を励起したことが挙げられる。このロスビー波は最初は典型的なCGTの空間分布とは直交する位相を持ち、数日かけて次第にCGTの位相と同期する時間経過を示した。この特徴は、再解析データだけでなく大気大循環モデルの100メンバーアンサンブル実験の結果からも確認されている。さらに、ISM加熱を模した線型傾圧モデル実験からも同様の波列応答が確認された。このようなISM加熱を起源とす

るロスビー波によって、東アジアの対流圏中層では暖気移流が強化されるとともに下層では水蒸気輸送が強化され、これらが2極分布の北部における降水の強化に寄与していると考えられる。さらに、ISM加熱時の亜熱帯ジェット軸の構造をクラスター分析によって分類して加熱応答の特徴を比較したところ、北部で新しく降水帯が発生する場合と、もともと存在していた降水帯がさらに強化される場合に2つのタイプに応答を分類できることが分かった。これらの結果は、ISMによる大気加熱の観測や予測がEASMの予測精度の向上に役立つ可能性を示唆している。

次に、チベット高原上の加熱による東アジアの天候への影響を調べた。ここでは特に地温と土壌水の相変化に伴う潜熱を考慮した土壌エントロピーの変動に着目した。5月のチベット高原の地温と6月の東アジアの降水に対する特異値分解(SVD)解析の結果、第1モード(寄与率36.87%)は上述したISMとEASMの関連性を示唆した。一方、第2モード(32.13%)は5月のチベット高原における地温の負偏差と6月の東アジア降水の南北3極パターンとの関係を示した。この第2モードに現れた地温偏差はチベット中央～西部で明瞭であり、6月の大気場を模した線型傾圧モデル実験ではこの地域を波源として対流圏上部の亜熱帯ジェットに沿って伝播する波列構造が確認された。この大気応答は東アジア地域から北太平洋にかけて卓越し、再解析データの解析結果ともよく似た特徴を示した。これらの結果は、春のチベット高原の土壌エントロピーが翌月のEASMに伴う降水変動に影響を与える可能性を示しており、季節予報の初期値における陸面状態の診断の重要性を指摘する結果と言える。

以上のように本研究では、中緯度の2種類の熱的強制がCGTを介してEASMの活動に及ぼす潜在的な影響を明らかにした。これらの結果は、東アジアにおける干ばつや大雨などの季節内スケールの降水変動予測において遠隔地の加熱効果が重要な役割を果たしていること、およびCGTがその仲介役を果たしていることを見出した点で新奇性が認められる。さらに、数値予報モデルにおいてこれらのプロセスの検証を行うことで、モデルの改善や予測精度の向上へと貢献する可能性がある。審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士(環境科学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。