

学 位 論 文 題 名

Hydroclimatology of Nepal in relation to atmospheric circulations and indices

(ネパールの水文気候とそれに関係する大気循環と指標)

学位論文内容の要旨

Hydroclimatology over Nepal was studied for a period of 33 years using rain gauge and reanalysis datasets. Since Nepal has particularly steep orography and intense rain events, Standardized Precipitation Index (SPI) played a central role in the statistical analyses with the time scales of 3 months (SPI-3) and 12 months (SPI-12), as they represent agriculture and hydrological aspects, respectively. The spatio-temporal patterns were explored based on ordinary and rotational Principal Component Analyses (PCA and RPCA). For both time scales two distinct spatial patterns were found in the PCA: i.e., PC1 shows strong drought probability on central-eastern Nepal, while PC2 represents larger signals of drought risk in western Nepal. From RPCA with the constraint of localized horizontal patterns, PC1 is nearly separated into RPC1, RPC2 and RPC3. SPI-12 is very much dominated by summer monsoon rainfall, although SPI-3 retains both summer drought in central-eastern Nepal and winter drought in western Nepal. Correlation was observed between Southern Oscillation Index (SOI) and the temporal component (PC1) of SPI-12, while the relationship is weak for SPI-3. The seasonal characters of SPI-3 suggest one-year continuation either of summer drought from the previous winter or until the next winter, however this duration has disappeared since late 1990s.

The drought study was extended to analyses of atmospheric circulation mechanisms. Summer precipitation is a part of monsoon circulation, and hence, it was investigated emphasizing a moisture flux in consideration of land-ocean distribution and large-scale atmospheric patterns such as El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and Dipole Mode Index (DMI) over the Indian Ocean. The mean summer monsoon rainfall over Nepal (SMRN) is low in the northwestern region along with a peak in the central Nepal over the local orography that is favorable for summer monsoon winds blowing up the slope. The controlling factor over SMRN is moisture flux carried by pressure depressions, which take routes along the eastern arm of the persistent intense monsoon low in the northern Bay of Bengal (BOB), as proved by a significant correlation between SMRN and the moisture flux through the zonal section over BOB. The background condition of SMRN exists in the low pressure over BOB, which is supported by the stronger Walker circulation during La Niña. Inter-relationship between SMRN and those climate indices proved that the correlation with DMI arises from that between SOI and DMI, since the residual values from regressions of

SMRN and DMI on SOI have null correlation between themselves. This implication is consistent with the analysis result that SMRN has negligible correlation with the moisture flux from the Arabian Sea.

In wintertime (DJFM), Nepal receives particularly less amount of precipitation, compared with summer, but has a significant role for drought evolution. This weak precipitation system is linked with the atmospheric variables in winter season. Additionally the study was expanded to larger-scale atmospheric circulation to the Indian, Pacific and Atlantic Oceans. A strong linkage was suggested between the wintertime precipitations and the moisture flux from the Arabian Sea and the further western region: i.e., drought occurs with the negative DMI, while the relationship with the SOI is reversed between summer and winter. The RPC4 of SPI-3 particularly explains the winter drought, suggesting that combination of SPI and RPCA provides the objective method to explore a drought condition all over different seasons despite of the mean precipitation cycle over an entire year.

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	山 崎 孝 治	
副 査	教 授	グレーベ ラルフ	
副 査	准教授	谷 本 陽 一	
副 査	特任助教	佐 藤 友 徳	
副 査	名誉教授	池 田 元 美	
副 査	教 授	安 成 哲 三	(名古屋大学 地球水循環研究センター)

学 位 論 文 題 名

Hydroclimatology of Nepal in relation to atmospheric circulations and indices

(ネパールの水文気候とそれに関する大気循環と指標)

申請者は母国ネパールの気候変動に学術的興味を惹かれると共に、農業生産の維持、干ばつと洪水の危険性予測、氷河凍解による災害など、社会問題にも関心を持っており、このような視点から水文気候課題に取り組むこととした。

ネパールは急峻な地形を持ち、また夏季季節風の影響下で多量の雨が降るが、冬季には乾燥し干ばつになる可能性もある。申請者はネパールの水文学専門家の協力を受け、33年間の雨量計による26地点の降水量データを得た。季節変動し空間不均一な降水量データから標準降水指標 (SPI) を作成し、これを用いて干ばつの可能性を定量化したことが本研究の基盤となっている。SPIとしては農作物生育に関係する3カ月積算 (SPI-3) と湖沼水位などに関係する12カ月積算 (SPI-12) をとった。それぞれの主成分分析を行って、通常の主成分だけでなく、それらから変換した回転成分を用いてネパールの主要地域 (東部、中部、西部) ごとの水文状況を表した。西部の方が他の地域より干ばつの頻度は高い。夏季季節風が支配的なSPI-12に対して、SPI-3は季節ごとの特徴を無作為に取り出せることが確認された。

干ばつ解析の結果を理解するには気候変動解析が必要であり、降水量の経年変動を説明する大気循環指標と水蒸気輸送を調べた。まず夏季季節風の降水量はエルニーニョ南方振動 (ENSO) が相関係数0.52で最も影響を持ち、インド洋双極モード (IOD) はENSOと相関を持つ成分を除くと影響がない。エルニーニョの時に低い降水量であり、ラニーニャで高い降水量となるメカニズムは、西部太平洋で上昇している

ウォーカー循環が、ラニーニャでは西方まで拡張するのと共に、インド亜大陸周辺で北方に水蒸気を輸送するハードレイ循環が強まることである。その中でも特に相関が高い(0.36)水蒸気輸送は、インド東部の低気圧循環が強まることに伴い、西部ベンガル湾上空を北に向かうものである。アラビア海から東に向かう水蒸気輸送はわずかの影響しか持たない。

ネパールを3地域に分けて降水量の多寡を生む原因を探求したが、水蒸気輸送はいずれも東側からの輸送が支配的であり、地域による差はない。いずれもインド北部の雲頂高度の高低と湿度の多少が有意な相関を持ち、まずそこに水蒸気が蓄えられてから、ネパールに移動すると考えられる。しかしこの移動を決めるメカニズムは特定できなかった。降水の2番目に多かった年(1984年)は、エルニーニョでもなく、またベンガル湾上空の水蒸気輸送も高くなかった。この特異な年に何が起きていたかを見ると、季節風の開始が非常に早かった。この要素も降水量の多寡を決める一因であると思われる。

冬季の降水量は西方からの水蒸気が主要因である。これについて経年変動を解析したところ、IODとENSOが同等の影響(相関係数0.4程度)を持つことがわかった。特記すべきはENSOが夏季と逆位相の影響、すなわちエルニーニョで降水量が増えることである。水蒸気輸送としてはアラビア海とアフガニスタン側からの輸送が支配的であり、その影響はネパール西部で大きい。標準降水指標の回転主成分のうち、SPI-3の第4成分が西方からの水蒸気輸送の多寡に依存している。この結果は、季節や地域を特定しなくても自動的に求められるものであり、SPIの有用性を示している。

夏季と冬季の経年変動を合わせると、ENSOは季節ごとに逆の影響を持つため、エルニーニョで夏季冬季の降水量差が小さくなり、ラニーニャで大きくなる。農業生産への影響を予測する時も有用な情報となる。

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ることから、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。