

# A Study on the Influence of the Indian Ocean Dipole Mode on the Snow Cover of the Tibetan Plateau in the Early Winter

## インド洋のダイポールモードが チベット高原の初冬の降雪に及ぼす影響の研究

### 論文審査の結果の要旨

氏名 袁 潮霞

初冬にチベット高原に積もる雪は冬から春、初夏にかけて地表や大気を冷やし、アジアの夏の気候に大きな影響を与えている。従って、この積雪の経年変動とその原因を解明することはアジアの夏の季節の異常を理解する上で極めて重要である。世界各地の気候に影響を及ぼす気候変動モードがインド洋にも存在することが1999年に明らかになり、ダイポールモード現象と名付けられたが、本論文は、このダイポールモード現象がチベット高原の初冬の積雪面積に及ぼす影響を初めて明らかにしたものである。

本論文は5つの章で構成されている。第1章では、対流圏に高く聳えるチベット高原が大気循環、特にアジアモンスーンに及ぼす力学的、熱力学的役割に関する研究史が記述されている。熱力学的に特に重要なのは積雪の効果であるが、チベット高原はその高度ゆえに冬季の積雪深、積雪面積とそれに続く夏の積雪深、積雪面積との相関が高く、冬季の降雪は冬だけでなく続く夏の気候にも影響を及ぼしている。古くはBlanford(1884)が冬季の積雪深とそれに続く夏の西インドにおける降水量の負の相関を示唆したが、1970年代に衛星による積雪面積の観測が可能になったことで、積雪の季節を超えた影響に関する多くの研究がなされるようになった。しかし、チベット高原の積雪そのものの経年変動の原因を探る研究はほとんどなされておらず、わずかに太平洋熱帯域に発生するエルニーニョ現象が冬季の降雪深を増やすとする研究があるのみであった。チベット高原への水蒸気の供給は主にインド洋からであるとする報告がなされているにもかかわらず、インド洋との関係については全く調べられていなかった。そこでインド洋のダイポールモード現象がチベット高原の初冬の積雪面積におよぼす影響を明らかにする本論文の意義が述べられている。

第2章では、まず衛星データに基づき、チベット高原の積雪面積の季節変動と経年変動が明らかにされる。経年変動は11月から4月にかけて大きく、偏相関解析によって、エルニーニョ現象ではなく、正のダイポールモード現象と正の相関を示すことが初めて明瞭に示されている。これは既存研究を否定する著しい成果である。更に大気循環およ

び水蒸气流束の解析から、インド北部の低気圧性循環に伴って、水蒸気がチベット高原に輸送されることが示されている。

第3章では、熱帯対流圏の運動を簡素化した松野—ギルモデル、波の活動度フラックスの解析、ロスビー波の波束伝播理論を活用して、正のダイポールモード現象がチベット高原の初冬の積雪面積に正の偏差を引き起こすメカニズムを明らかにしている。ダイポールモード現象に伴う熱帯インド洋上の顕熱加熱によって、対流圏に傾圧的な循環が引き起こされるが、ベンガル湾上の高気圧性循環の西縁には北向きの流れが生じ、これがインド亜大陸に水蒸気を運ぶ。一方、偏西風ジェットは初冬に南下し、その鉛直シアも強まって、傾圧的な応答から順圧的な応答が形成され、これによる順圧ロスビー波列がアラビア海から北東方向に伝播して、インド北部に順圧性の低気圧性循環を生む。この循環がアラビア海とベンガル湾から供給された水蒸気を効果的にチベット高原に輸送することが明らかにされた。こうして輸送された水蒸気の収束によって、チベット高原の初冬の降雪面積の正偏差を説明することができることを明らかにしている。

第4章では、大気大循環モデル FrAM を用いた数値シミュレーションの結果について示している。正のダイポールモード現象に対応する海面水温偏差をインド洋に与えた数値シミュレーションは第3章の結果をほぼ再現していることが示されているが、負のダイポールモード現象に対応する数値シミュレーションでは、順圧的なテレコネクション・パターンが北東方向にずれて、大気応答は反対称にはならないことが述べられている。

第5章は、本論文のまとめである。ここでは積雪面積の正の偏差は続く夏のモンスーンを弱めることから、負のダイポールモード現象を引き起こす可能性、引いてはダイポールモード現象が準二年振動の性格を帯びるという興味深い示唆がなされている。

以上に記述したように、本論文は、チベット高原の初冬の積雪面積の経年変動が太平洋のエルニーニョ現象ではなく、インド洋のダイポールモード現象によることを、データ解析、理論解析、大気大循環モデルシミュレーションを用いて、国際的に初めて明らかにしたものであり、アジアの気候変動予測に向けて大きく貢献したものである。したがって本学の学位論文として十分な水準に達していると判断できる。なお、本論文の第2, 3, 4章は指導教員の山形俊男教授と東塚知己助教との共同研究であるが、論文提出者が主体となって研究を行ったものであり、その寄与は十分であると判断できる。したがって、審査員一同は、博士（理学）の学位を授与できると認める。