

( 共生環境学専攻長 石黒 覚 )



(副専攻長 坂本 竜彦 )



# 学位論文審査の結果の要旨

専 攻	共生環境学		氏 名	小松 謙介
審 査 委 員	主査	教 授	立 花 義 裕	
	副査	教 授	松 村 直 人	
	副査	教 授	坂 本 竜 彦	
	副査	准教授	万 田 敦 昌	
	副査	准教授	西 井 和 晃	
	副査	准教授	飯 島 慈 裕	
	副査	名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授	檜 山 哲 哉	
	副査	東京大学大気海洋研究所 特任研究員	斉 藤 和 雄	
論 文 題 目 (題目変更の有無) 有 ・ (無)	Anomalous atmospheric flows captured by multiple radiosonde sounding -Strong local wind from Iga to Tsu and Atmospheric Rivers from Siberia to the Arctic- (“局地”と“極地”でのラジオゾンデを用いた直接観測から捉える極端気象現象 - 伊賀から津に吹く鈴鹿おろしと、シベリアから北極に流れるAtmospheric Rivers - )			
<p>(論文審査の結果の要旨)</p> <p>近年のコンピュータ技術の発達に伴い、気象・気候研究の場において数値モデルや長期の大気状態を再現した再解析プロダクト、また衛星観測なども発展してきた。これらの数値モデルやデータ利用の敷居の低下、およびその有用性から多くの研究成果を生み出してきた一方で、現地での一時的な気象観測のみから新たな現象の発見および知見を見いだす研究事例は減少の一途をたどり斜陽となりつつある。現場における直接的な気象観測は、現実には起きている現象の”真値”を捉えるという唯一無二の性質がある一方で、多大な費用・人的資源を必要とし、時空間方向へのデータ制約をもつ特性など、多くの研究者にとって実施する敷居は未だに高い。数値モデルの高解像度化の一途をたどる現代において、より高分解能になった気象データの異分野への有効利用を求める社会の要請も大きい一方、温暖化が注目を浴びる昨今、地球規模での変化がどのような影響を与えるのかを見積もるような、大規模かつ気候学的な知見を求める向きもある。しかし、使用している数値モデルや再解析プロダクトも未だ現実大気を完全に再現しているとは言えない。そのため、数値モデルの再現性の検証や問題のあぶり出しのパズルのピース埋めのためにも、現場観測による真値の取得および個々の現象の理解は未だ重要事項である。</p> <p>本論文では実際に気象観測を行い、捉えた気象現象の理解に数値モデルを使用した2つの研究をまとめた。2つの研究は、観測目的・場所・対象・手法は違うが、その根底は直接観測によって数値モデルや再解析プロダクトでは解像が難しい、不確実性の高い気象場での現象を理解することにある。いずれの研究においても風船を用いて上空の大気を測る「ラジオゾンデ観測」を基本としており、ラジオゾンデ観測は世界各地で行われていることから再解析プロダクトの礎を築いている重要な観測である。</p>				

本論文の2つの成果は以下のように要約される。

### 1. 伊賀から津に吹く鈴鹿おろし

1つめの研究は三重県の局地風「鈴鹿風」を対象に、三重大学伊賀研究拠点、青山高原、三重大学農場、三重大学の4地点を用いた技巧的なラジオゾンデ観測手法を提案・使用して山を越える大気の流れを詳細に、かつ比較的安価に観測を行った研究である。長い歴史をもつ山岳波研究において、ラジオゾンデのみで大気鉛直水平方向の2次元構造をとらえるという世界に類をみない挑戦的な観測手法である。観測とそのデータ解析、および数値モデルを用いた解析の結果、津に強風が観測される時には二種類の気象構造があることを発見し、捉えられた大気鉛直構造が数値モデルでも再現可能か否か、また強風をもたらす環境場の特徴などを明らかにした。

### 2. シベリアから北極に流れるAtmospheric Rivers

2つ目は夏の北極海において、ロシア砕氷船から海氷縁域を横断する形でラジオゾンデ観測を行い低気圧に伴う水蒸気輸送を調査した研究である。近年、温暖化に伴う北極海の変化は多くの注目を集めている一方、その地理的特徴から観測データの不足域としても知られている。特に本研究で観測を行ったラプテフ海周辺はロシア領海であることから、観測データの取得には厳しい壁があり、また海洋から海氷域にかけて連続的に観測をした事例は少なく、気象学的知見は未だ多くを得られていない。この観測結果を基にシベリアから北極海への水蒸気輸送及び、その時の海氷の存在の影響に着目した。低気圧接近時に海氷上の大気下層にて維持される寒気層によって、シベリア由来の水蒸気が北極対流圏中層に持ち上げられ雲を形成する。この雲形成時の潜熱解放が空気を暖め、さらに浮力を得ることで暖かい空気が上空に運ばれるというプロセスを観測と数値モデルから示した。また数値モデルを用いた感度実験（海氷除去実験・シベリア乾燥実験）を行った結果、このプロセスは低気圧を通じた陸面-大気-海洋の相互作用の一つのシステムとして北極上空の加熱に寄与している可能性を示唆した。この成果は将来の温暖化進行に伴う北極増幅の理解の一助になる可能性がある。

以上の2つの直接観測を基軸にした研究によって得られた結果は、今後の数値モデル及び再解析プロダクトの精度向上のための知見に寄与するだけでなく、観測的研究の重要性を改めて再認識させる研究である。一つ目の研究は、地元津市で経験的によく知られている鈴鹿おろしには、少なくとも二つの異なる構造をもったものが存在することを明らかにした。研究成果を応用することにより、鈴鹿おろしの予測精度向上が期待され、強風に悩まされている多くの生活者等への貢献も期待される。二つ目の研究は世界が注目している北極環境の変化に一石を投じる研究であり、シベリアの植生や永久凍土、そして海氷との関連性の究明への発展が期待される。また、atmospheric riverの強弱と氷期・間氷期サイクルとの関連性など、多方面の隣接分野へも示唆を与える研究である。前者はローカル、後者はグローバルな視点からの研究であり、地球環境を理解するうえで重要である、「グローバル」双方の視座を学位申請者は兼ね備えている。

学位取得申請者は前者の観測において、観測手法の発案や、観測実施施設との交渉、調整等を精力的に行った。後者の観測においては、ロシア砕氷船に日本人として単独で乗船し、観測機材の日本からの輸出入の交渉なども現地で行った。これら一連のプロセスは、今後自立した研究者として必須の能力である。これらは研究成果そのものを公表する場である論文中にはあまり触れられない性質のものであり、昨今は観測的研究を行う若手研究者が減少していることから当該分野では非常に貴重な研究である。これらの陽に出ない能力もきわめて高いと評価された。

なお、第一の成果である鈴鹿おろしの研究は、アメリカ気象学会が発行する、Monthly Weather Review誌 (IF: 3.043) に2015年9月に投稿し、2016年6月に受理された。また、第二の成果である北極研究は、Nature誌の姉妹紙であるScientific Reports誌に2017年7月に投稿し、2018年2月に受理されている。

またこれらの他に、船舶からのラジオゾンデ観測による共著論文も一報ある。

以上の点から、本審査委員会では、提出論文が博士學位論文として適格であると全員一致で判定した。