

氏名	西 暁史
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	博 甲 第 9 2 5 0 号
学位授与年月日	令和元年7月31日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	Numerical Study of the Flow over a Mountain Range with a Convexity: Formation Mechanism of Local Wind, "Karakkaze" (曲部をもつ山脈を越える流れの数値研究 ～局地風「空っ風」の形成メカニズム～)

主査	筑波大学教授	博士(理学)	日下 博幸
副査	筑波大学教授	Ph.D.	田中 博
副査	筑波大学助教	博士(理学)	松枝 未遠
副査	筑波大学准教授(連携大学院)	博士(理学)	梶野 瑞王

論 文 の 要 旨

審査対象論文で、著者は、野外観測と数値実験により、関東平野の一部のみで吹く局地的な強風(局地風)である「空っ風」に対する地形の形状、特に山脈の曲部(半盆地)の効果を明らかにした。

はじめに、著者は、関東平野に位置する熊谷や鹿沼などでGPSと観測気球を用いた高層ゾンデ観測を行い、空っ風吹走時の風向・風速・気温・湿度の鉛直分布を調査した。その結果、空っ風吹走域内に位置する熊谷では、地上から高度約1.8kmまで風速20m/s程度の強風が吹いていることを明らかにした。一方で、空っ風の吹走域外に位置する鹿沼では、風速10m/s以下の弱風が吹いていることを明らかにした。

著者は、気象モデルの一つであるWeather Research and Forecasting (WRF)モデルを用いて、空っ風の数値シミュレーションを実施した。この数値シミュレーションでは、空っ風吹走日の気象条件や関東地方周辺の地形等をモデルに反映させている。数値シミュレーションの結果から、著者は、WRFモデルが空っ風吹走時の風の水平分布や鉛直分布を良好に再現できることを確認した。また、直線的な形状をしている山脈の風下斜面では跳ね水現象が発生することで強風が山脈の風下斜面までしか達しない一方で、山脈の曲部周辺の風下斜面では跳ね水現象が発生せずに強風が上空から地上に降りてくることを明らかにした。これらの観測結果と数値シミュレーション結果から、著者は、山脈の曲部が強風を生み出すと考察している。

山脈の曲部と強風の関係をより詳細に調査するために、著者は、直線的な山脈に曲部を付けた理想的な地形をWRFモデルに導入し、数値シミュレーションを行った。さらには、山脈の曲部の形や山脈に吹き込む風の大きさを変えて同様の数値シミュレーションを行った。その結果、曲部の広がりに対する奥行きの方が約0.5を超えると山脈曲部の風下で局地的に強風が吹くことを明らかにした。また、山脈の高さ、山脈に吹き込む風の大きさ、大気不安定度から成る無次元パラメータである山岳フルード数の値が0.42から1.25の間にあるときにこのような強風が吹くことを明らかにした。著者は、地表面熱フラックスを変えた実験も実施し、地表面熱フラックスの有無によらず、山脈に曲部がある場合は、その曲部の風下で局地的に強風が吹くことを確認している。

著者は、本論文で、山脈曲部の効果で吹く局地的な強風をConvexity windsと名付けた。そして、空っ風の正体はこのConvexity windsであると述べている。

最後に、著者は、山脈曲部の風下で局地的に吹く強風（Convexity winds）の水平分布が谷の風下で局地的に吹くGap windsの水平分布と似ていることに着目し、数値シミュレーションと運動量収支解析により両者の類似点と相違点を調査した。これらの結果、Convexity windsの形成に対しては山脈の上空から強風が降りてくることでもたらされる上空からの大きな運動量の輸送が重要であることを明らかにした。一方、Gap windsの形成に対しては上空からの大きな運動量輸送だけでなく谷の出口周辺の気圧傾度力もまた重要であることを明らかにしている。これらの結果、著者は、Convexity windsとGap windsは、地上風の分布は似ているものの、それぞれ異なるメカニズムによって吹いており、異なるタイプの局地風であると考察している。

審 査 の 要 旨

空っ風は、日本で吹く局地風の中で最も有名なものの一つである。過去の観測研究で実施された地上気象観測データの解析により、空っ風の水平分布やその時間変化は明らかとなっているが、上空まで含めた3次元的な構造は未だに明らかとなっていない。また、そのメカニズムとして、寒気の吹き出しや、山岳波、熱対流混合風などが提唱されているが、定説は未だにない。

著者は、現地で高層ゾンデ観測を行い、さらには気象モデルを用いて数値シミュレーションを行い、空っ風の3次元構造を明らかにしている。とりわけ、空っ風の吹走域内では上空から平野に向かって風が降りてきて、その結果として地上で強風になる一方で、空っ風の吹走域外では山脈の風下斜面で風がジャンプして、その結果として地上で弱風になることを明らかにした点は特筆すべき成果である。

また、著者は、山脈の曲部によって生み出される新しい局地風（Convexity winds）の概念を提唱している。将来、気象学の専門書に新たな局地風として掲載される可能性がある大きな成果と言える。

著者は、空っ風の正体がConvexity windsであると述べている。これは、空っ風のメカニズムに関する新説であり、審査対象論文が非常にオリジナリティーの高い論文であることを意味している。

審査対象論文の成果は、空っ風の実態把握とメカニズムの解明という点と局地風のさらなる理解に大きく貢献しているという点で学術的に高く評価できる。

令和元年6月13日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。