

氏 名	あ だ ち 足 立 ア ホ ロ
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	論 理 博 第 1478 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	An observational study of mesoscale phenomena with UHF wind profilers (UHF ウィンドプロファイラーによるメソスケール現象の観測的研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 深 尾 昌 一 郎 教 授 津 田 敏 隆 教 授 町 田 忍

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、UHF 帯 (L 帯) ウィンドプロファイラーによる観測データを用いて、その観測精度を示すと共に、様々なメソスケール現象の観測的研究を行ったものである。特に鉛直流について、晴天大気エコーが弱い場合や降水時など従来の方法では観測が困難であった気象条件下で、斜めビーム (天頂から10~20° 傾けたビーム) のデータや受信信号強度を用いた推定手法により、メソスケール現象に伴う鉛直循環構造を解析している。論文は以下の7章から成っている。

第1章は序論であり、メソスケール現象の定義とその観測的研究を行う重要性が述べられている。またメソスケール現象を特に UHF 帯ウィンドプロファイラーで観測することの利点と、これまでのウィンドプロファイラーを用いたメソスケール現象の観測的研究およびその問題点、並びに本論文の目的と構成について述べられている。

第2章では、まずウィンドプロファイラーの観測原理について述べ、更にウィンドプロファイラーによる風以外の観測についてレビューを行っている。また本論文で使用される下部対流圏レーダーおよび境界層レーダーの特徴が挙げられている。次に大気のパワープロファイルを設定して各レーダーの最大観測高度が見積もられ、実観測データと比較・検証されている。また、本論文で用いられる斜めビームの観測から鉛直流を推定する方法と、降雨時に雨滴の落下速度と受信強度から鉛直流を推定する方法について述べられている。

第3章では、鉛直ビームを含む3ビームと斜めの4ビームから推定された30分平均の水平風が、近接の気象観測鉄塔による風速測定結果と比較されている。両者ともほぼ鉄塔観測と一致するが、4ビーム法に比べて3ビーム法の風速の標準偏差が2倍程度大きい。3ビーム法には降雨時間帯に明らかに特異なデータが存在し、4ビーム法は天候に関わらず観測精度が安定している。対流活動のために大気の均一性が崩れる夏期の晴天時にも同様な傾向がみられる。これら第3章の主要部分は、既に Journal of Atmospheric Oceanic Technology 誌に掲載済である。

第4章では、下部対流圏レーダーおよび境界層レーダーの同時観測データに基づいて、九州南西部で発生した線状降水系の発生メカニズムについて論じられている。線状降水系よりも風上側の非降水域を2台のウィンドプロファイラーで観測し、下層の発散場と上層の収束場の境界が線状降水系の発生地点の標高に対応していた。下層の発散場では下降流が、上層の収束場では上昇流が存在していた。すなわち、線状降水系よりも風上側の領域における大気場がその発生に大きく関与している。これら第4章の主要部分は、既に Journal of Meteorological Society of Japan 誌に掲載済である。

第5章では、関東地方で発生した斜面風の境界層レーダーと RASS による観測結果が示され、特に斜面風に伴う大気のパワープロファイルについて詳しく論じられている。斜面風は一般にエコー強度の弱い冬期夜間の晴天時に発生し、鉛直ビームによる鉛直流推定は困難なため、第2章で述べた斜めビームから推定する方法を用いて、鉄塔による直接観測との比較により検証した。斜面風上端の KHI 渦、斜面風先端で大気の強制上昇により発生した波動擾乱、及び斜面風からの孤立波の発生を示した。特に孤立波については鉛直構造から初めてその種類を特定した。また RASS による気温観測から孤立波が伝搬するダクトが形成されていたことを見出した。これら第5章の主要部分は、既に Annales Geophysicae 誌に掲載済である。

第6章では、下部対流圏レーダーと気象ドップラーレーダーによる観測に基づいて、台風0221号 (Higos) の中心付近で

発生した2つの線状エコーの通過直後に観測された局所的な強風の立体的な構造とその発生原因について論じられている。最初の強風は重力流の特徴を持ち、ガストフロントによるものであった。このガストフロントは雷雨から発生したものではなく、主として上空の強風が下降気流によって運ばれたことによるものであった。台風近傍で発生するガストフロントの観測例は極めて少なく、本事例は下降気流に伴う初めての観測結果である。また2番目の強風はウィンドプロファイラー観測による鉛直循環構造から、孤立波であることが示唆された。これら第6章の主要部分は、既に *Annales Geophysicae* 誌に投稿済である。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

レーダーによるメソスケール現象の観測的研究は、従来、気象ドップラーレーダーやVHF帯の大型ウィンドプロファイラーなどが主に用いられてきた。前者は非降水の領域を、後者は2 km程度以下の高度領域を観測できないという問題があった。本論文ではUHF帯の小型ウィンドプロファイラーを主要な観測手段とし、地表付近までのメソスケール現象の構造やその発生メカニズムを明らかにしている。本論文により得られた主な結論は次の通りである。

1. ウィンドプロファイラーによる30分平均の水平風観測精度を気象観測鉄塔との比較から検証し、3ビーム法よりも4ビーム法の方が天候に関わらず観測精度が高いことが示されている。この原因は3ビーム法が4ビーム法に比べてビーム間の非均一性に敏感なためであることが、観測的、理論的に示されている。

2. メソスケール現象の解明において鉛直流の観測が重要であることが従来のVHF帯ウィンドプロファイラーを用いた研究などで示されている。低高度からの観測を可能にしたUHF帯ウィンドプロファイラーでは、出力や周波数などの制約から晴天エコーが弱い場合や降水時の鉛直流観測は困難であった。本論文ではこのような気象条件下でも鉛直流を観測できる手法を提案し、それを実観測データで検証、提案手法がメソスケール現象の解明に有効であることを示している。

3. 気象レーダーで観測不可能な線状降水系の風上側の非降水域を2台のUHF帯ウィンドプロファイラーで観測し、従来から指摘されていた低層の水平収束の更に下層に水平発散が存在することを見出している。さらに線状降水系の発生地点の高度が収束層の高度に対応していること、水平収束層内部の上昇流が自由対流高度にまで達していることを示し、線状降水系の発生原因を明らかにしている。

4. 従来ガストフロントや斜面風など重力流の観測には主として気象ドップラーレーダーが用いられてきた。本論文ではUHF帯ウィンドプロファイラーを用いることにより、気象レーダーでは観測できない晴天時に発生した重力流の鉛直循環および温度構造など力学的な構造を明らかにしている。斜面風の通過前後に3種類の重力波が発生していたことを示し、このうちの孤立波について鉛直流の解析からその種類を特定している。さらに台風の近傍で発生した2つの線状エコーとそれに伴う強風を解析し、ウィンドプロファイラーで観測された水平風速のプロファイルから最初の線状エコーはガストフロントに伴うものであったこと、鉛直流の解析から2番目のエコーは孤立波に伴うものであったことを明らかにしている。

以上、様々なメソスケール現象を事例として取り挙げ、UHF帯ウィンドプロファイラーによる大気下層の観測がメソスケール現象の解明に極めて重要な役割を果たすことを示している。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また論文内容とそれに関連した事項について口頭試問を行った結果、合格と認めた。