

氏 名	うえ 植 まつ 松 あき 明 ひさ 久
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 218 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	情 報 学 研 究 科 通 信 情 報 シ ス テ ム 専 攻
学 位 論 文 題 目	An Observational Study of Fog Structure and Dynamics with a Millimeter-Wave Scanning Doppler Radar (走査型ミリ波ドップラーレーダーによる霧の構造と力学に関する観測的研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 深 尾 昌 一 郎 教 授 津 田 敏 隆 教 授 佐 藤 亨

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、三次元走査型ミリ波ドップラーレーダーで観測された霧の三次元構造や背景の風速場の解析を行い、風速場や水平風の鉛直シアが霧の三次元構造に及ぼす影響について論じたもので、以下の7章からなっている。

第1章では、本論文の背景として、数百m～数kmスケールの霧の構造について研究を行うことの重要性、リモートセンシング法を用いた霧の観測、並びにミリ波気象レーダーの霧観測に対する有用性について論じている。

第2章では、霧の凝結に関わる過飽和過程について説明し、霧の発生要因を分類した上で、霧の多発地帯の一つとして観測地に選んだ北海道釧路地方の霧の一般的特徴を論じている。また、霧が存在する大気境界層における水平風の鉛直シアと雲霧の組織化構造との関係を提示し、対流不安定や水平風の鉛直シアに起因するケルビン・ヘルムホルツ不安定が霧の構造に及ぼす影響について概観している。

第3章では、本論文で用いる35GHz帯の三次元走査型ミリ波ドップラーレーダーシステムについて、基本となる関係式及びレーダーシステムの概要を述べている。また、北海道釧路地方において実施した観測キャンペーンについて論じている。

第4章では、観測キャンペーンにおけるレーダーエコーの特徴を分類し、レーダーエコーが一様に分布する事例と、セル状構造が形成される事例を述べている。特に、1km程度の水平スケールを持つセル状構造が存在する1999年8月5日及び2000年7月31日の2つの事例について詳細な解析を実施した。霧がその構造を保持したまま南の海上から北の陸上へ移動していること、高度200mに水平風の鉛直シアが存在しセル状構造の傾きが鉛直シアの存在する高度を境に変化していること、エコーパターンの動きが霧の上層部の風速と一致していることを示している。この事実は、霧の三次元構造や時間変化が背景風速とよく対応していることを示すものである。

第5章では、ケルビン・ヘルムホルツ不安定が霧の構造へ及ぼす影響について論じている。2000年8月1日に観測された事例についてレーダーやラジオゾンデのデータ解析を実施した。300～400m程度の水平スケールを持つロール状構造が北東から南西方向に伸び、高度120m以下において存在した強い鉛直シアの方向と垂直であった。ケルビン・ヘルムホルツ不安定の指標であるリチャードソン数が不安定の必要条件とされる0.25以下であったことから、観測されたロール状構造がケルビン・ヘルムホルツ不安定によって生じていたことを示している。

第6章では、大気重力波に起因して生じる霧のバンド構造について論じている。第5章と同じ事例について解析を行い、1.5km程度の水平スケールを持つバンド状構造がレーダー反射因子とドップラー速度の両方に存在することを示している。次いでバンド構造の伝搬速度や波長・周期から大気重力波の鉛直風振幅を推定し、観測されたバンド構造が大気重力波による空気塊の上昇に伴う霧水量やレーダー反射因子の増加によりほぼ説明できることを論じている。この結果は、ケルビン・ヘルムホルツ不安定と大気重力波が同時に存在し、それらに対応して霧が異なる2つの水平スケールの構造を持つことを初めて明らかにしたものである。

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

近年の霧の研究によって、霧が不均一に分布し、力学場、特に背景の風速場が霧の変動に影響を及ぼし得ることが観測やシミュレーションから明らかにされつつある。しかし、霧の三次元構造の観測が行われていなかったことから、霧の構造に力学場が及ぼす影響は十分に理解されていなかった。本論文ではアンテナを三次元に走査可能で、かつ背景風速を観測できるミリ波ドップラーレーダーを用いて霧の三次元構造や背景の風速場を観測し、水平風の鉛直シアに起因するケルビン・ヘルムホルツ不安定や大気重力波が霧の三次元構造に影響を及ぼすことを論じている。得られた主な成果は以下の通りである。

(1) 1km 程度の水平スケールのセル状構造を持つ霧の三次元構造やその時間変化を初めて捉えることに成功した。背景風を推定することにより、風速シアによって霧のセル状構造の傾きが変化すること、及びエコーパターンの動きが霧上層部の風速と一致することを示した。

(2) 従来の計算機シミュレーションで示されてきた、ケルビン・ヘルムホルツ不安定の影響を受けた 300~400m 程度の水平スケールを持つ霧のロール状構造を初めて観測することに成功した。

(3) 大気重力波の影響を受けた 1.5km 程度の水平スケールを持つ霧のバンド状構造について、その水平分布や時間変化を初めて観測することに成功した。

(4) (2)(3)の成果から、ケルビン・ヘルムホルツ不安定と大気重力波という 2 つの力学的要因が作用して、それぞれが異なる 2 つの水平スケールを持つ霧の構造が生成されていることを示した。

本論文により、背景の風速場や水平風の鉛直シアが霧にもたらす影響、とりわけケルビン・ヘルムホルツ不安定や大気重力波といった力学的要因が霧の三次元構造に反映されていることを観測から初めて示した。これらの結果は、霧の研究において三次元の力学場が果たす役割が重要であることを意味するものであり、今後の霧の変化過程解明や予測への発展が期待されることから、学術上寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成18年2月10日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。