ミリ波ドップラーレーダーで観測された霧のマルチスケール構造

Multi-scale structure of fog observed with a millimeter-wave Doppler radar

植松明久・山本真之・橋口浩之・○深尾昌一郎

Akihisa Uematsu, Masayuki K. Yamamoto, Hiroyuki Hashiguchi, ○Shoichiro Fukao

Multi-scale structure of sea fog was observed by a 35-GHz millimeter-wave scanning Doppler radar in Kushiro, Hokkaido Prefecture on 1 August 2000. There were two different scales of organized fog structures. One was fine-scale rolls at an interval of 300-400 m perpendicular to the shear direction at 50-60 m altitude, and the other was larger-scale bands at an interval of 1.5 km perpendicular to the wind direction at 50 m altitude. Two factors, Kelvin-Helmholtz instability (KHI) and atmospheric gravity waves, were cause of the multi-scale structure of fog.

1．はじめに

霧は均一に分布しているとは限らず、過去の衛星画像やシミュレーションにおいてセル状やバンド状といった霧の組織化構造の存在や、対流不安定・力学的不安定との関連が議論されている。本研究では海霧の多発する北海道釧路地方において霧の3次元構造や背景風を観測可能な35 GHz帯ミリ波ドップラー気象レーダーを用いて霧観測を実施した。解析の結果、シア不安定によって発生した300～400ｍスケールのロール状エコーと、大気重力波によって発生した1.5 kmスケールのバンド状エコーの存在を初めて示した。

2．シア不安定や重力波により生じた霧の構造

図1に2000年8月1日1時29分にミリ波レーダー(高度 46 m)の水平スキャンで観測された(a)レーダー反射因子と(b)ドップラー速度の変動成分を示す。変動成分を求めるため、(b)について平均風を差し引いた上で風速の縦軸方向成分を計算したほか、(a)(b)の両方について2 kmより大きなスケールの成分を取り除くため、元のデータから2 km×2 km の移動平均を差し引いた。

(a)に300～400 m間隔の細かなロール状構造があるほか、1.5 km 間隔のバンド状構造が(a)と(b)の両方にみられる。300～400 mスケールのロール構造が存在した時間帯に高度50～60 mにおいて100 m s^{-1} km^{-1} を上回る強いシアが存在し、リチャードソン数は0.25 以下と、ケルビン・ヘルムホルツ(K-H)不安定の必要条件を満たしていた。シアの方向はロールの長軸方向と垂直であったことから、300～400 mスケールのロール状構造はK-H不安定によって生じたものと考えられる。

1.5 kmスケールのバンド構造の長軸は高度50ｍの風向と垂直で、波の伝搬方向は高度50ｍにおける風向と同一であった。また風速変動の振幅は0.2 ｍ s^{-1} であった。分散関係式を用いて波の鉛直振幅を計算した結果7.8 ㎝ s^{-1} であり、霧水量やレーダー反射因子の増大に影響し得る上昇流が存在していると考えられる。このことから、1.5 kmスケールのバンド状構造は大気重力波によって変調されて生じたものと考えられる。

3．まとめ

以上の結果より、観測された霧のマルチスケール構造はK-H不安定や大気重力波の影響を受けて形成されたものと考えられる。

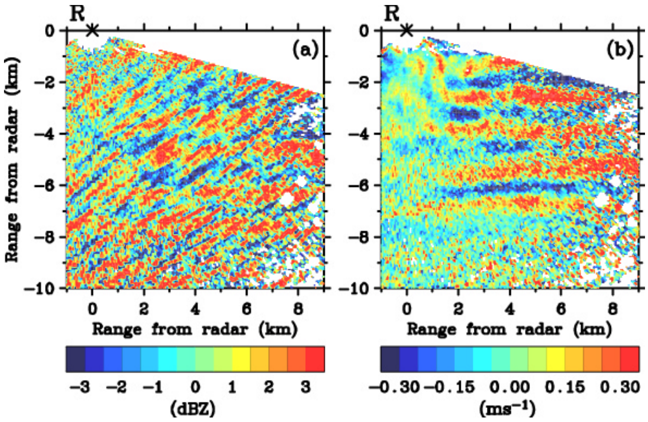

図1: 2000年8月1日1時29分にミリ波レーダーの水平スキャン(仰角 0.0°)で観測された(a)レーダー反射因子、(b)ドップラー速度の変動成分。縦(横)軸は 1.5 km スケールのバンド構造に垂直(平行)な方向、点Rはレーダーサイトを表す。