

レーダーライダー観測とビン法雲物理を組み込んだ 気象庁非静力学モデル計算による雲の鉛直微物理構造の比較

* 井口 享道¹・中島 映至¹・斉藤 和雄²・竹村 俊彦³・岡本 創⁴・西澤 智明⁵

(1:東京大学気候システム研究センター 2:気象研究所 3:九州大学応用力学研究所 4:東北大学大気海洋変動観測研究センター 5:国立環境研究所)

1. 序論

レーダーライダーによるリモートセンシングは雲の微物理構造の鉛直分布を調べるのに有用な観測手法である。Cloudsat・CALIPSO 衛星に搭載されたレーダーライダーの観測開始により、全球規模のデータを利用できる環境が整いつつある。現在、その種のデータを用いた数値モデルの雲物理の評価が開始されている [e.g., Bodas-Salcedo et al.]. 数値モデルの雲物理過程では、降水量の計算及び降水に関わるシステムについては豊富な観測データを基としてさかんに研究が行われている。一方、雲の鉛直構造については、従来は観測手段が地上定点からのリモートセンシングや航空機による観測に限られていたため、十分な解析が行われてこなかった。微物理の観点では、特に氷雲過程においてパラメタリゼーションに基づく計算式が多く採用されており、粒径分布や、一般的に氷晶、雪、霰などとして区分される粒子種間の偏り方など、モデル計算で得られる微物理構造がどれだけ現実の雲のものと整合したものになっているのか検証する余地がある。本研究では、気象庁非静力学モデルに bin 法雲微物理過程の組み込みを行い、モデル結果の評価を行っている。現在、モデル結果における雲の鉛直構造の再現性の評価をレーダーライダー観測データを使って進めている。

2. 手法

使用する数値モデルは、気象庁非静力学モデル JMA-NHM[Saito et al., 2006] をメインフレームワークとし、bulk 法雲物理 [Ikawa and Saito, 1991] の代わりに雲解像モデル Hebrew University Cloud Model[Khain and Sednev, 1995, 1996; Khain et al., 2000] の bin 法雲物理を実装したモデルである。格子構造、座標系、基礎方程式や力学過程、雲に関わる過程を除く物理過程のスキームは JMA-NHM に準拠する。雲物理の計算では、水物質は水、氷晶 (plate, column, dendrite)、雪、雹、霰の 7 種に区分され、離散化された水物質サイズ毎の数濃度を予報する。雲凝結核からの雲粒形成過程、氷晶生成過程、凝結成長・衝突併合・凍結融解過程を取り扱う。

モデル計算結果からレーダーライダーの観測量、レーダー反射因子やライダー後方散乱係数は Okamoto et al. [2007] の式 (1)-(3) から導出する。各式の中で、bin 法雲物理で計算された水・氷粒子の粒径分布の値を代入して計算を行う。

3. 結果

図 1 は 2001 年 5 月 22 日日本近海を対象とした観測船みらい搭載 95GHz 雲レーダーの観測結果と、モデル計算結果によるレーダー反射因子の鉛直分布 (24 時間平均) を示している。事例の概況として、観測船みらいの上空を層積雲が通過しており、およそ高度 4km が 0℃面で水雲と氷雲の境目になっている。高度 4km 以下の水雲層ではモデル結果から求めた平均反射因子は観測のものとはよく一致したが、4km より上の氷雲層では全体的に過大評価であった。また、観測では高度に対して単調減少であるのに対し、モデルの値は約 8km 付近で極大となっている。他の事例で、CloudSat のクイックルック画像で中緯度の海上雲を見た場合、高度が一定の雲底を持つ降水を伴わない層雲が良く見られる。これらの雲底は 0℃面に沿っていて、氷に対する過飽和から生じていると考えられる。図 1 の事例でも、観測では約 6 時間にわたってその種の雲が見られている。その雲では、レーダー反射因子は雲底付近で極大となっている。一方、モデル実験では 0℃面を境とするような一定の雲底はうまく再現できず、反射因子の極大は雲層の中心付近に位置していた。現在、そのように氷雲の鉛直構造が上手く再現されない理由について調べている。また、発表では現業モデルで使われている元の bulk 法雲微物理を使った場合との比較も行う予定である。

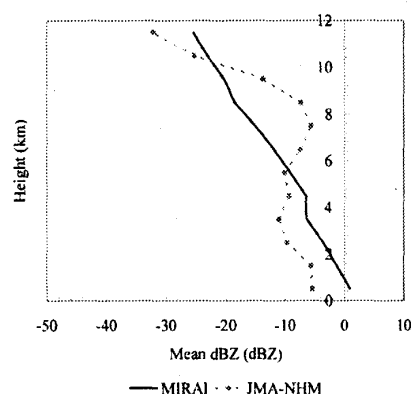


図 1: 2001 年 5 月 22 日でのみらい雲レーダー観測とモデル計算によるレーダー反射因子の鉛直分布 (雲層のみを対象として時間平均)