研究船みらい搭載レーダーライダー観測結果と気象庁非静力学モデル計算結果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）

序論

雲の気候への影響を評価する上で不確定性の要因の一つとして、雲の鉛直分布の観測が少ないことがある。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。2006年よりCloudSat・CALIPSO衛星搭載のレーダーライダーによる観測が始まり、その種の観測データを利用する研究の機運が高まっている。

今回、2001年5月に日本近海で行われたみらい観測航海の期間(MR01/K02)について、搭載レーダーライダーによる観測結果と、ビン法雲微物理を組み込んだ気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)による計算結果との比較を行った。先行研究として、同航海の観測に対し*Okamoto et al.* [2007]では、全球エアロゾル輸送モデルSPRINTARS[e.g. *Takemura et al.*, 2000]の結果から計算した雲（・エアロゾル）の鉛直分布との比較を行っている。

数値モデル概要

ベースとなる数値モデルは気象庁により開発されている多目的非静力学モデルJMA-NHMである。同モデルをベースとして雲解像モデルHUCM (e.g., *Khain et al.*, 2000)で使われているビン法雲微物理スキームを導入したモデルを利用する。このビン法スキームでは、水物質は7種（雨滴、柱状氷晶、板状氷晶、針状氷晶、雪片、雹、霰）に区分され、各水物質のサイズ区間上の数密度分布関数を予報変数としている。また、雲凝結核からの核形成過程を陽に取り扱うため、雲凝結核の分布関数についても同様に予報変数としている。雲微物理過程として雲凝結核からの核形成、凝結蒸発、氷晶生成、昇華蒸発、凍結融解、衝突併合過程を扱う。

出力説明

・レーダー反射強度(ミリ波（95-GHz）雲レーダー):

$$Z_e(R) = \frac{\lambda^4}{\pi^5 |K|^2}\left[\int \frac{dn(r,R)}{dr} C_{bk,ra}(r,R)\,dr\right]$$

λ:レーダー波長　n:雲・エアロゾル粒子数濃度粒径分布　r:粒子半径　R:高度　$C_{bk,ra}$:レーダー波長での後方散乱断面積

ドリズル、降水粒子といった大粒子に感度がある（数umの雲粒も見える）

※　モデル結果から比較データ作成でn(r, R)はビン法で計算されたものを使う

（現段階ではエアロゾルは予報していない）

・ライダー後方散乱係数（532, 1064nmの2波長）:

$$\beta_{obs}(R) = \beta_{true}(R)\exp(-2\tau(R)), \quad \beta_{true}(R) = \frac{1}{4\pi}\int \frac{dn(r,R)}{dr} C_{bk,li}(r,R)\,dr$$

$C_{bk,li}$:ライダー波長での後方散乱断面積　τ:第一層から対象の層までのライダー波長での光学的厚さ

エアロゾル・雲粒・氷晶のような小粒子に感度がある、大粒子に感度なし

・ドップラー速度:雲粒子の鉛直運動速度

実験設定

領域: 対象時間のみらいの座標に合わせて設定

水平: 解像度5km 202×202グリッド（領域サイズ:1000km四方）ランベルト座標系

鉛直: 解像度40m – 1120m 40層　（上端21km）Terrain following座標系

時間: 20秒（力学）　splitting（雲微物理、凝結蒸発）

ネスティングラン用内挿データ

水平風・温位・水蒸気混合比:　気象庁メソ客観解析の水平風・温度・相対湿度（10km・20層・6hr毎）

300hPaより上の水蒸気混合比:　ECMWF ERA-40の相対湿度（2.5度・23層・6hr毎）

海表面温度（内挿初期値で固定）:　NCEP Re-Analysis（T62・6hr毎）

解析期間

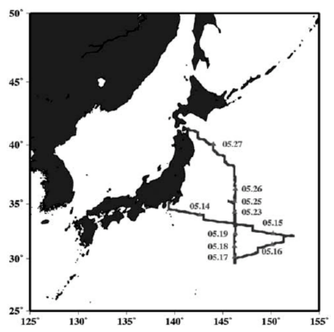
5/22 0000 UTC – 5/24 0000 UTC の48時間

6時間毎に6時間積分ずつ（リスタート引継ぎ無し）

比較用出力はみらいがいた位置の再近接格子点の値を一分毎

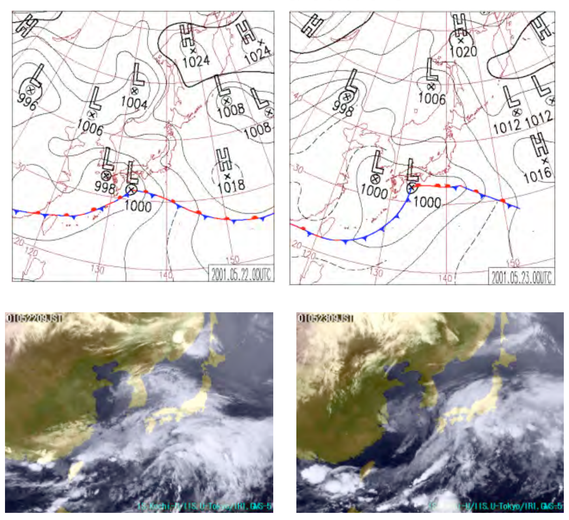
概況

MR01/K02航路 5/14-5/28



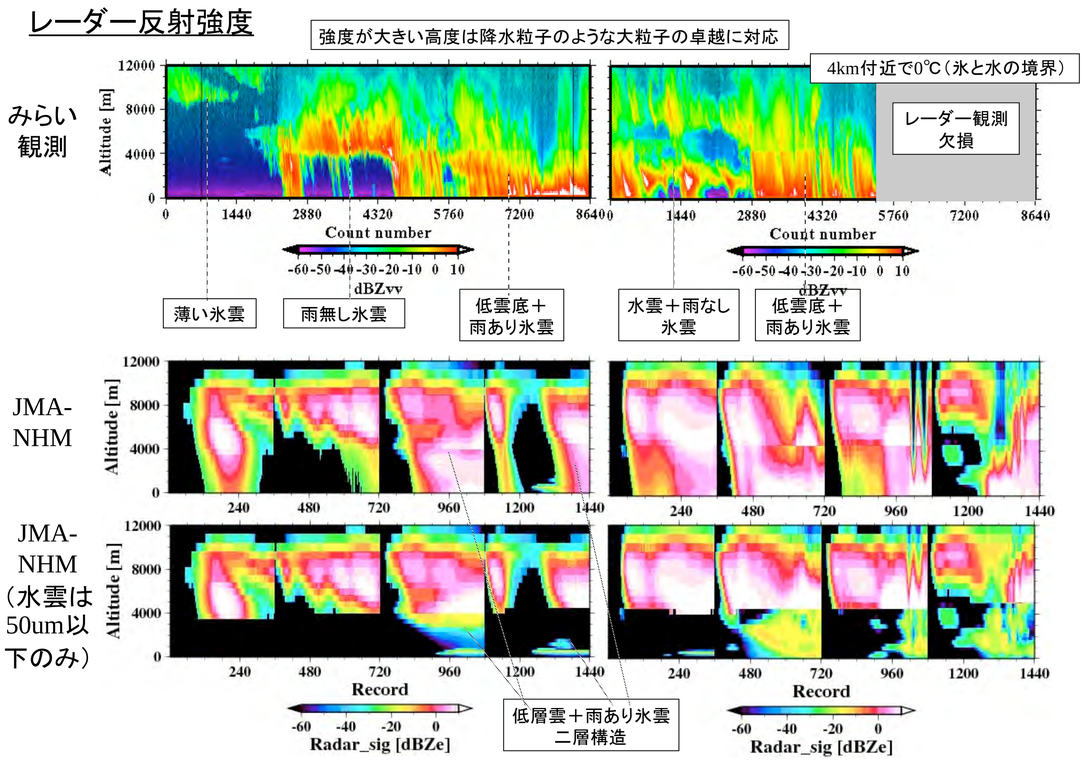
Okamoto et al. [2007, Figure 1]

5/22 0000 UTC　　5/23 0000 UTC



気象庁・高知大学気象情報頁提供

レーダー反射強度

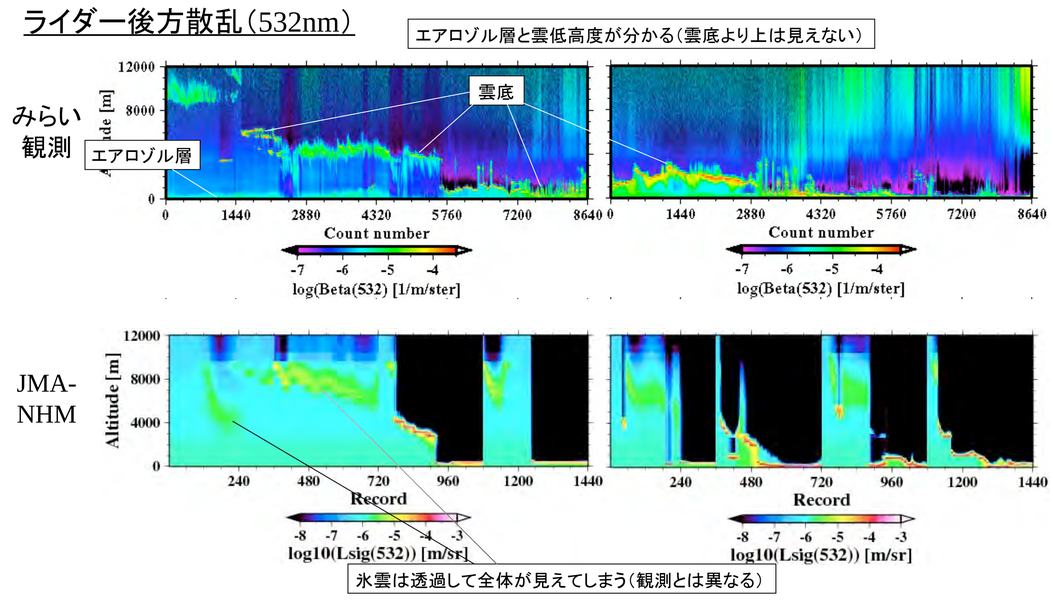


・0°C面以下の降水はおおまかに再現

・氷雲のレーダー反射強度がモデルで過大評価

（原因として氷雲粒径が過大評価、もしくは雲氷量が過大評価）

ライダー後方散乱（532nm）

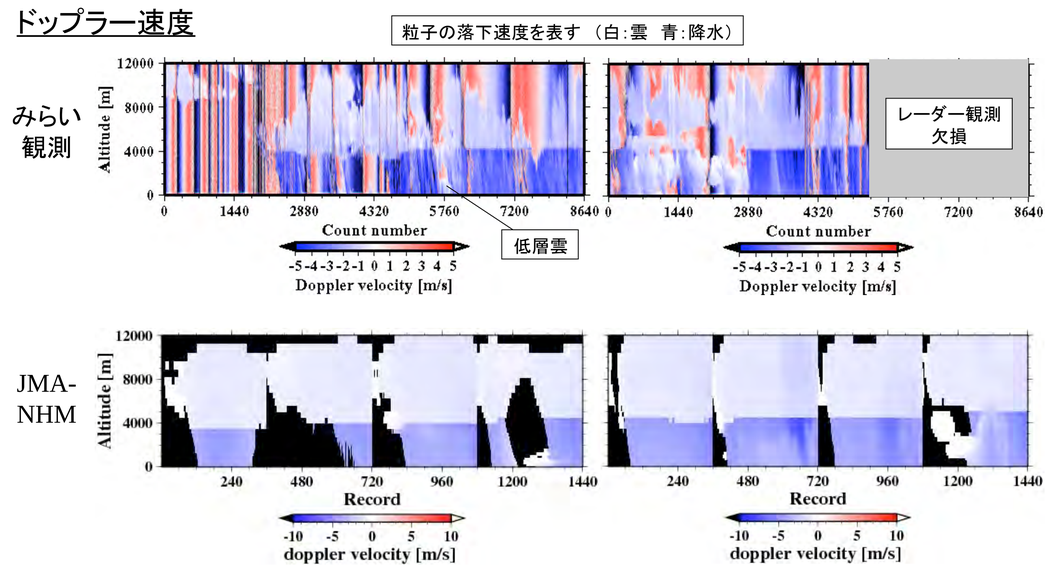


・0°C面以下の雲底はおおまかに再現（23日08UTCの3km雲底は出ていない）

・氷雲のライダー後方散乱がモデルで過小評価（氷雲全体が見えてしまう）

レーダーライダー両者の比較から、氷雲について粒径がモデルで過大評価

ドップラー速度



まとめ

ビン法雲微物理を組み込んだ気象庁非静力学モデルを使い、ネスティングランから得られた結果とみらい搭載レーダーライダー観測から雲の鉛直構造の比較を行った。

0°C面以下のレーダー反射強度やライダー後方散乱（雲底高度）については、積分期間の繋ぎ合わせの影響を受ける時間帯以外でほぼ再現できた。

低層雲＋氷雲からの降水という特徴的な鉛直二層構造が、モデルの方でも近い時間帯で再現できた可能性。

モデル計算で、氷雲の粒径を過大評価する傾向が定性的に見られた。

今後の予定として、CloudSat-CALIPSO衛星観測との比較を行う。