

暖かい雨に対する雲物理スキームの比較実験

ー衛星シミュレータを利用したバルク法の改良ー

久芳奈遠美¹, 清木達也², 鈴木健太郎², Woosub Roh¹, 佐藤正樹¹

(1: 東京大学大気海洋研究所, 2: 海洋研究開発機構)

1. はじめに

詳細に雲物理過程を表現できるビン法と全球モデルに搭載されている 2 モーメントバルク法の二つの雲物理モデルを比較し、積算降水量の差をもたらす雲物理過程を調べた。その差が衛星観測から得られるデータにどのように反映されるかを調べ、改良のための活用法を探った。

2. Kinematic driver model

Shipway and Hill (2012) の kinematic driver model (KiD) を用いて 2 次元の領域 (水平 9 km、鉛直 3 km) で浅い暖かい対流雲を対象として雲物理スキームの比較実験を行う。このような比較実験は既に Large-eddy simulation (LES) により行われているが (van Zanten et al. 2011; Sato et al. 2015)、雲物理過程から力学過程へのフィードバックを無視するなど単純化された KiD を用いることにより、詳細な解析が可能になる。

3. 雲物理スキーム

2 モーメントバルク法は Seifert and Beheng (2006) を基に Seiki and Nakajima (2014) が改良したもの (NICAM に搭載されている NDW6) を用いる。ビン法は Kuba and Fujiyoshi (2006) が開発し Kuba and Murakami (2010) により改良された 2 モーメントビン法を用いる。KiD 本体、バルク法雲モデル、ビン法雲モデルのすべてのタイムステップは 0.5 秒とした。この双方の出力を用いて、衛星シミュレータである Joint-Simulator (Hashino et al., 2013) を使ってレーダ反射因子・光学的厚さなどを求め、衛星データと比較するためのダイアグラムを作成した。

4. 数値実験の結果

雲は上昇流最大値が 0.8, 1.6, 3.2 ms^{-1} の 3 種類とする。雲凝結核の活性化スキームの比較はせずに雲粒から雨滴への変換効率を比較するために、雲凝結核の数密度を変えた数値実験を繰り返し、初期の雲粒数密度がおよそ同じになるケースをバルク法とビン法のそれぞれから選んで比較した。120 分間の積算降水量は上昇流が大きい雲では雲粒数密度にかかわらずビン法とバルク法で差がないが、上昇流が小さい雲では、特に雲粒数密度が大きい場合にバルク法では降水量が少なくなった。accretion rate はビン法とバルク法で差が小さいことから、これは auto-conversion の susceptibility がバルク法の方が大きいことによることがわかった。ビン法とバルク法で auto-conversion rate の差が無い場合にはバルク法で雨滴粒径分布として仮定されているガンマ分布の shape parameter の値を適切な値にすることで雨滴の平均落下速度が修正され、降水量のビン法とバルク法の差は縮まることがわかった。auto-conversion rate の値を変えると「レーダ反射因子と雲頂からの光学的厚さの関係」を表すダイアグラムも変化することから衛星観測データで auto-conversion rate の値の検証が可能になると言える。一方、バルク法で用いられる shape parameter の値を変えてもこのダイアグラムに変化は生じないので、検証には他のものを利用する必要がある。