

MIROC-SPRINTARS における暖かい雨の雲微物理スキームの評価

*道端拓朗(九大院総理工)・竹村俊彦(九大応力研)

1. はじめに

気候モデルにおける、雲-降水プロセスに関する課題点として、モデルによる雲粒から雨粒への成長 (auto-conversion) プロセスが、衛星観測結果よりも早いことが指摘されており (Suzuki et al. 2013), モデル内の雲-降水に係るパラメタリゼーションを重点的に改良する必要がある。auto-conversion は非線形性が大きく、またモデルの時空間分解能の制約に起因して、特に不確実性が大きく (Chuang et al., 2012) 克服すべき重要な課題の一つである。auto-conversion プロセスの表現については、これまでに様々なタイプのスキームが提案されているが、それらの性能を詳細に評価した研究は少ない。

本研究では、対流圏の主要なエアロゾルを陽に予測できる気候モデル MIROC-SPRINTARS を用いて、多くのモデルで広く用いられている代表的な5つの auto-conversion スキーム (図参照) の感度実験を行い、そのパフォーマンスを評価した。さらに、衛星観測データを活用し、モデルの結果との相互比較を行い、雲物理特性においてモデルが抱える不確実性の評価も行った。

2. 解析結果

MIROC-SPRINTARS のデフォルトのスキームである Berry (1968) のスキームから、比較に用いた4種類のスキームへの変更に伴い、全球平均値で雲の被覆率について約1~3%, 外向き長波放射量 OLR について最大 $1.72 (W m^{-2})$ の差を生じることが明らかになった。Khairoutdinov and Kogan (2000; 以後 KK00) のスキームは、Single-Column Model (SCM) を用いた実験から、雲微物理の鉛直構造について CloudSat 衛星観測の結果を最もよく再現しており、スキームの性能は最もよいと判断される。Toripoli and Cotton (1980) のスキームは、他の4種類のスキームと比較し、雲水から雨水への変換を最も早く予報する傾向があり、その結果として、大気中に保たれる雲水量は少なく、光学的厚さは小さくなる特徴が明らかになった。

図は、MIROC-SPRINTARS において5つの auto-conversion スキームを用いて得られた、雲光学的厚さと雲頂高度を関数とした頻度分布および ISCCP の衛星観測データにより得られた頻度分布図を示す。衛星観測結果と比較すると、モデルは下層雲を光学的に厚く予報し、また光学的に薄い上層の雲 (巻雲) を高い頻度で予報していることがわかる。

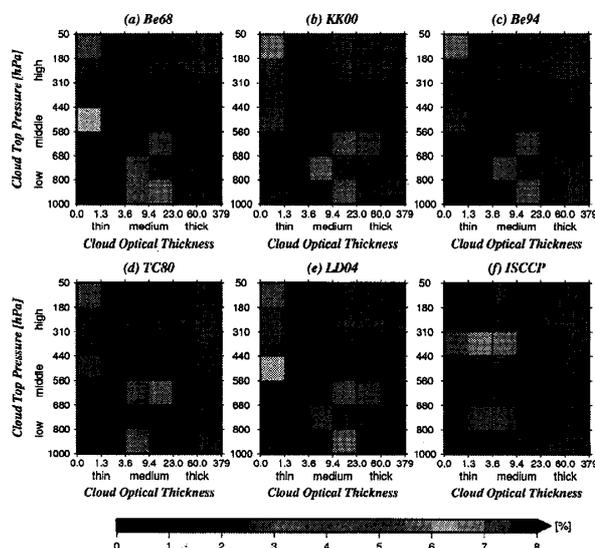


図: Rossow and Schiffer (1999) に基づいた雲分類ダイアグラム。 (a) Berry (1968), (b) Khairoutdinov and Kogan (2000), (c) Beheng (1994), (d) Toripoli and Cotton (1980), (e) Liu and Daum (2004) および (f) ISCCP 衛星観測データ (monthly mean D2 dataset)。

このようなモデルのバイアスは、5種類全てのスキームで同様の傾向であり、auto-conversion スキームの変更のみでは解消されることが明らかになった。これは、雲および降水の表現に関して、雲微物理スキーム以外にも、雲の巨視的なパラメタリゼーションもしくは GCM の力学部分も含めた根本的な改善が必要であることを示唆する結果である。

auto-conversion の他に、accretion のプロセス (雨粒による雲粒の取り込み) についても、いくつかのスキームが提案されており、SCM による実験においては、accretion スキームも雲の微物理の変遷プロセスに感度を持つことが示唆されており、解析を拡張していく必要がある。

3. 今後の課題

雲-降水プロセスの再現に関しては、未だに観測とのギャップを抱えており、更なるモデル改良を進めていく必要がある。具体的には、

- ・ドリズルおよび雨水を予報変数として導入
 - ・対流性雲を対象とした新しい auto-conversion スキームの導入
 - ・氷晶の代表的形状を考慮したスキームの導入
- を当面の目標とし、衛星観測データを活用したモデルとの相互比較や、衛星シミュレーターを利用した、気候モデルの性能向上に取り組む。