

衛星観測による気候モデル雲物理の拘束とその放射影響

鈴木健太郎¹, Xianwen Jing¹, 道端拓朗²

(1: 東京大学大気海洋研究所, 2: 九州大学応用力学研究所)

要旨

近年の衛星観測とその解析手法の発達によって、雲・降水の物理プロセスに関する情報が全球規模で観測的に得られるようになって来た。本研究では、筆者らが開発してきた暖かい降雨過程の診断手法を用いて、数値気候モデルにおける雲物理過程の表現を素過程レベルで評価・拘束するとともに、それがもたらす雲の放射影響を定量化した。

このために、A-Train 衛星群に含まれる CloudSat および MODIS のデータプロダクトの解析と、数値気候モデル MIROC を用いた数値実験を行った。前者の衛星解析では、暖かい雨の微物理プロセスを診断する解析手法 (Suzuki et al. 2010) を用いて、Contoured Frequency by Optical Depth Diagram (CFODD) と呼ばれる統計を作り、非降水雲から降水雲への微物理的な遷移過程の全球的な特徴を調べた。これを観測に基づく reference として用いることで、モデルにおける雲物理プロセスの表現を評価・拘束した。すなわち、後者のモデル数値実験では、雲からの降雨生成を表現している auto-conversion 過程の定式化を系統的に変更した感度実験を行い、そのそれぞれに対して衛星シミュレータ COSP を適用することで、モデル結果から CFODD 統計を作成した。これらを衛星観測から得られる CFODD 統計と比較することによって、auto-conversion 過程のどの定式化がもっとも現実的に降雨プロセスを表現できているかを評価した。

このように雲物理過程が拘束されたモデルを用いて、気候変化に伴う雲の放射影響の変化の不確実要因であるエアロゾル・雲相互作用による放射強制力を評価した。その結果、衛星観測で得られる CFODD をもっとも現実的に再現するモデルでは、エアロゾル・雲相互作用による負の有効放射強制力は非現実的に大きくなってしまふ矛盾が存在することが示された。これは、衛星観測に見られる非降水雲から降水雲への遷移を表現するモデルでは、エアロゾル変化に伴って雲水量が大きく変化することによって有効放射強制力が大きく増大するためである。詳細な解析によって、このような雲水量の大きな変化は、湿性除去過程も含むエアロゾル・雲・降雨の相互作用によってもたらされていること (Jing and Suzuki, 2018)、それによる雲水応答の増幅は auto-conversion 過程の定式化に系統的に依存すること (Jing et al. 2019) がわかった。このことは、現在の気候モデルにおける降雨プロセスの表現には、微物理過程の表現とエネルギー収支の要請を両立させるには未だ不十分な点があることを示唆している。そこで、筆者らが行っている MIROC モデルにおける降水スキームの高度化 (Michibata et al. 2019) によって、これがどのように解決され得るかについても議論する。

引用文献:

Jing, X., and K. Suzuki, 2018: *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2018GL079956.

Jing, X., K. Suzuki, and T. Michibata, 2019: *J. Clim.*, in revision.

Michibata, T., K. Suzuki, M. Sekiguchi, and T. Takemura, 2019: *J. Adv. Mod. Earth Sys.*, in revision.

Suzuki, K., T. Y. Nakajima, and G. L. Stephens, 2010: *J. Atmos. Sci.*, **67**, 3019-3032.