

雲水量の水平不均質性がもたらす気候影響

堀田陽香¹, 鈴木健太郎¹, 五藤大輔²

(1: 東京大学, 2: 国立環境研究所)

要旨

近年気候モデルの雲を衛星観測などに対し評価する研究が進んだことで、世界各国の気候モデルが雲や降水過程に共通するバイアスを抱えていることが明らかになってきた。気候モデルの雲表現が困難である根本的な要因は、計算資源の制約から水平格子間隔が数100km程度と粗いことである。衛星観測情報から、気候モデル格子スケール内で雲水量は顕著に変動（雲水量の水平不均質性）しており、さらに雲水不均質性は雲のレジームや地域毎に特徴が異なることが分かってきた[1]。雲水不均質性は雲水量について非線形に依存する雲過程に影響を与える。

本研究では気候モデルMIROC6[2]が雲量を診断するため総水量に対して仮定している三角形型の確率密度分布(PDF)[3]のうち、飽和領域を雲水量 x のPDF $P(x)$ として用いることで、代表的な非線形過程であるautoconversion過程(雲粒同士が衝突併合し雨水に遷移する過程)と雲放射過程に対して雲水不均質性が与える効果を、それぞれに対応する補正ファクターEau およびRradの形で導入した。雲水量 x の非線形な関数 $R(x)$ で表される autoconversion の 変換率や雲アルベドに対して、Eau や Rrad の値は雲水不均質性を無視して平均雲水量 \bar{x} を $R(x)$ に直接代入した場合に対する比率、すなわち $\int R(x)P(x)dx/R(\bar{x})$ を計算することで得られる。さらにA-train衛星観測から全球的に推定された水平1.1km × 1.4kmのピクセル毎の雲水量や光学的厚さと、全球雲解像モデルNICAM[4]を水平14km格子で1年間積分した実験結果から、MIROCの水平格子間隔に相当する140kmスケール内での雲水不均質性やファクターEau・Rradの評価を行った。

雲水不均質性を特徴付けるパラメータとして雲水分布の相対分散 V を評価したところ、衛星観測では高緯度や大陸西岸で相対的に値が小さく、低緯度では大きな値を取っていた。EauやRradの地域分布は V の分布に対応しており、低緯度で特に効果が高くなっていた。雲水不均質性とその効果を陽に表現しているNICAMはこのような地域分布をよく再現していた。MIROCは三角形型のPDFを用いることに由来して、 V が雲量に強く拘束される・大きな V の値をとり得ないなどの制約を受けていたものの、低緯度でEauやRradの効果が高いという地域分布を再現していた。

このように雲水不均質性やその効果について再現している点・できていない点を踏まえた上で、MIROCの標準実験に対してEau導入実験とRrad導入実験の気候場を評価することで、雲水不均質性が全球的な気候にもたらす影響を調べた。Eauは大きな値をとる低緯度で雲水量を減らす効果がある、Rrad導入が光学的に厚い雲の割合を減らすなど、気候モデルが共通して抱える雲や降水バイアスに対して、雲水不均質性が寄与している部分があることが示唆された。

引用文献

- [1] Lebsock et al. 2013. *J. Geophys. Res.*, 118, 6521–6533
- [2] Tatebe, T., et al. 2018. *Geosci. Model Dev. Discuss.*
- [3] Watanabe, M., et al. 2009. *Clim, Dyn.*, 33(6), 795-816.
- [4] Satoh, M., et al. 2008. *J. Comput. Phys.*, 227, 3486-3514.