

海洋性境界層雲の層積雲から浅い対流への遷移

*川合 秀明 (気象研究所)

1. はじめに

海洋性境界層雲は、全球の放射収支を決定する極めて重要な要素の一つであり、地球温暖化シミュレーションにおいても、これらの雲の表現が、予測される地上温度上昇の幅を大きく左右することが近年の研究からわかってきている。

しかし、モデルにおけるその再現は、今なお非常に困難であり、海洋性境界層雲の全球的な気候分布を観測される分布と合わせることすら難しいといった現状にある。この主な要因の一つは、海洋性境界層雲が層積雲から浅い対流へ遷移していく過程を、モデルがうまく再現できていないことである。

こうした遷移をよりよく表現できるモデルを開発する上での検証の一環として、2010年、気象庁全球モデルの1次元版を用いて、これらの遷移領域を対象とした3つのモデル間相互比較プロジェクトに参加した。なお、実験には、気象庁の現業全球モデルで使用されているバージョンの他、改良中の層積雲スキームも用いて計算を行った。

2. 参加した3つのモデル間相互比較プロジェクト

2. 1. ASTEX Lagrangian 相互比較

北東大西洋において、層積雲領域から、浅い対流と層積雲の共存領域への遷移を集中観測した、ASTEX 観測の第一回観測に基づいた比較事例である。与える海面水温を時間的に次第に上昇させ、40時間積分を行う。気象庁全球モデルのデフォルトの鉛直60層に加え、指定されている、境界層を高解像度にした鉛直80層を用いた計算も行った。

2. 2. Composite Transition 相互比較

層積雲領域から、浅い対流領域まで、ラグランジュ的に気塊を追跡していった多くの事例をCompositeした強制力を与える比較事例である。この遷移の経過速度が速いもの、中間的なもの、遅いもの、の3つの事例が与えられている。積分時間は72時間で、与える海面水温は次第に上昇させる。

2. 3. CFMP-GCSS 相互比較

亜熱帯の大陸の西岸の陸からごく近い、層状の層積雲が発生する領域、一般的な層積雲領域、浅い対流領域の3つの領域を対象に、温暖化時の雲の応答を理解するための比較事例である。現在気候の海面水温及び、海面水温を2℃上昇させた場合のそれぞれの定常状態を得るため、100日積分を行う。

3. 結果

以下、現在使用されているモデルに比べ、ふるまいがより自然だと考えられる、改良版の層積雲スキームを用いた結果について述べる。

ASTEX Lagrangian 相互比較事例の計算結果では、雲層の上昇や、雲量の減少などが表現されており(図1)、他の参加モデルの結果とも似たようなふるまいを示した。また、境界層の鉛直解像度を上げて、基本的なふるまいに大きな変化は見られなかった。

Composite Transition 相互比較事例は、特定の観測事例に基づくものではないため、結果を観測データと比較することはできないが、LESを用いた相互比較も行われているため、その結果を参照にすることができる。今回使用したモデルでは、雲層はよく表現され、遷移の経過速度の違いに対する応答も自然であったが、我々のモデルも含め、比較に参加した多くの1次元モデルが、LESの結果に比べると雲層が低いという共通した特徴が見られた。

CFMP-GCSS 相互比較事例では、Minghua Zhangの報告によれば、層状の層積雲が発生する領域では、海面水温を2℃上昇させた場合の放射強制力が負のフィードバックを示すモデルが多く、浅い対流領域では、正のフィードバックを示すモデルが多く、層積雲領域では正、及び負のフィードバックを示すものが半々程度であった。そうした中で、気象庁のモデルは、ECMWFのモデルと同様、いずれの雲タイプについても放射強制力は負のフィードバックを示した。また、層状の層積雲が発生する領域、及び層積雲領域では、いくつかのモデルでは、海面水温を2℃上昇させた場合に雲層高度の上昇が見られるが、気象庁のモデルも同様の雲層高度の上昇を示した。

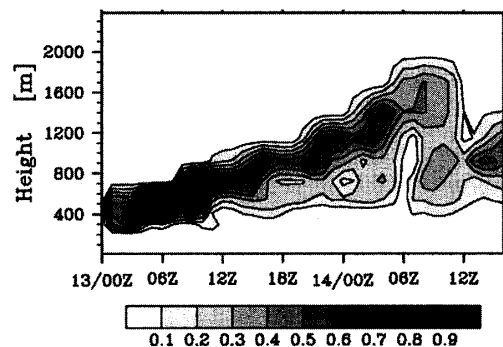


図1: ASTEX Lagrangian 相互比較シミュレーションにおける、モデル雲量の時間高度断面図。