

平成31年地球物理学教室同窓会 講演要旨
 高解像度放射対流平衡実験における積雲アンサンブルの統計的性質
 大気科学分科 柳瀬友朗 (YANASE, Tomoro)

水蒸気の凝結に伴う潜熱解放を駆動源とした積雲対流の、集団的振る舞い及び大規模場との相互作用はその複雑性から包括的には理解されていない。積雲対流の基本的性質に関して数値モデルを用いて研究する枠組みの一つとして、放射対流平衡 (Radiative-Convective Equilibrium; RCE) 実験がある。RCEは大気の放射冷却と対流による熱輸送が釣り合う状態を指す概念である。RCE 実験においてある条件を満たすと、放射や水蒸気場との相互作用を通じて対流が自発的に集団化することが知られている(例えば Bretherton et al. 2005 や Muller and Held 2012)が、そのメカニズムは詳しくは分かっていない。また RCE 実験は、水平解像度や乱流モデルといった微細規模過程の表現性に強く依存することが知られているものの、乱流スケールの現象がどのように大規模場の振る舞いに影響を与えるかはよくわかっていない。そこで本研究では、水平格子間隔 1600 m から 200 m の範囲で高解像度 RCE 実験を行い、微細規模過程の表現性の違いが、積雲アンサンブルの統計的性質に及ぼす影響を調べた。図 1 に実験設定の概念図を示す。

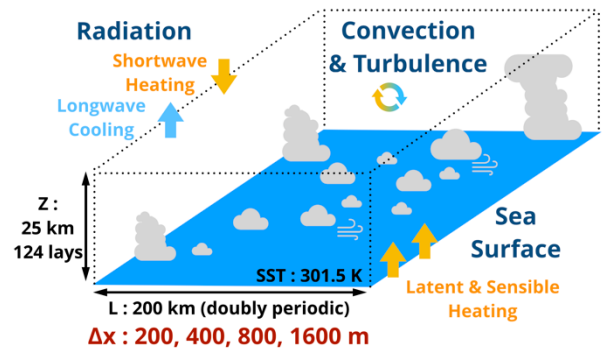


図 1. 実験の概念図.

水平格子間隔 1 km 以下の実験においては積雲対流の日変化や鉛直 3 モード構造といった特徴が明瞭に表現される一方で、典型的に用いられる水平格子間隔 1600 m の実験においては不明瞭になることを示した。また、解像度が低くなるほど多量な下層雲と間欠的な強い積乱雲が支配的になることが、雲の鉛直構造や降水特性から示された。図 2 に異なる解像度の実験ごとの地表降水量の時間変化を示す。

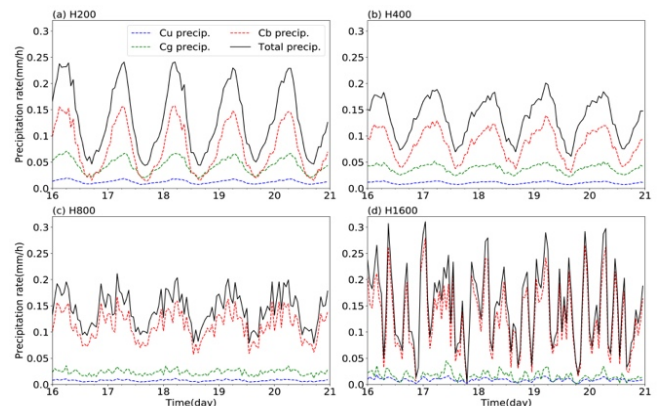


図 2. 16 日目から 20 日目の間における領域平均した地表降水の時間変化。総降水量(黒線)を、Cu, Cg, Cb タイプの雲からの降水に分類した(青線, 緑線, 赤線)。

さらに、3 次元的な雲検出手法(図 3)を用いることで、雲頂高度・雲底高度・体積といった雲の形態に関する統計的性質、また対流雲の雲

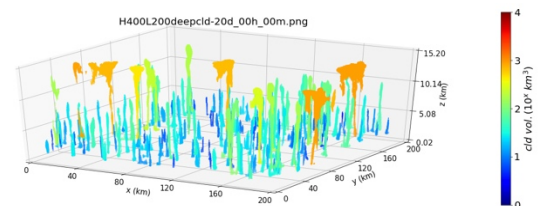


図 3. 3 次元 6 連結として検出された対流雲のスナップショット (H400 実験の例)。色は雲の体積を表す。

内特性の鉛直構造を明らかにした。特に、解像度が低くなるほど、湿潤断熱過程における保存量である湿潤静的エネルギーの鉛直変化が小さくなることや、対流雲の代表的な水平スケールである相当半径が対流圏下層で大きくなることがわかった。この傾向は、解像度が低くなるほど対流雲の上昇流に対するエントレインメントが過少に表現されることを示し、強い深い積乱雲が支配的なシステムになることと整合的である。また、対流雲の相当半径は雲底高度付近及び大気境界層内部の微細規模構造の水平スケールによって規定され、その影響は積雲アンサンブル全体に及ぶことが示された。

放射対流平衡の場合において、水平解像度の違いは大気境界層内部の微細規模構造や対流雲のエントレインメント過程を通じて積雲アンサンブルの統計的性質を変化させ、結果として熱力学的・力学的に異なる平衡状態を形成するということが本研究により初めて明らかになった。また、解像度が低いほど対流雲間の距離が大きくなることが、水蒸気場の水平不均一性を拡大し、対流の集団化を引き起こすという可能性が示唆された。