

## 積雲対流と大規模運動の相互作用についての数値実験： 雲活動の自発的集中化のメカニズム

中島 健介<sup>1</sup>・小高 正嗣<sup>2</sup>・杉山 耕一郎<sup>2</sup>・北守 太一<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>九州大学大学院理学研究院、<sup>2</sup>北海道大学大学院理学院

### 1. 研究目的

地球の熱帯雲活動は、個々の積雲から始まって、メソシステム・クラウドクラスター・総観規模擾乱・惑星規模の擾乱、そして気候学的構造に至るまで、種々の時空間スケールの構造を持つ。これらの構造のうち停滞性で大規模なものは、通常、海水温の非一様などの外的強制に支配されると考えられている。しかしこれまでの研究により、その様な外的条件が無くとも、一万キロを超える規模を持つ停滞性の雲活動集中化が起こる場合があることがわかった。今年、この雲活動集中化のメカニズムを調べた結果を報告する。

### 2. モデルと実験設定

使用したのは非弾性方程式系に基づく水平鉛直の2次元モデルであり、簡略な雲微物理過程を含む。計算領域は鉛直約23 km、水平には32,768 km(周期境界条件)である。分解能は鉛直可変であり約600 m、水平は固定で2 kmである。モデル大気の下には固定したSSTの海面をおく。熱、水蒸気供給の計算における海面風速は時間・空間的に一定とし、放射冷却に対応する内部冷却を与える。計算は約30日行った。

### 3. 成果

これまでの研究により、大規模な停滞性雲活動の存否は放射冷却の鉛直構造に敏感であり、冷却が上層で強い場合に顕著になる。この選択性はwave-CISKによる伝播性雲活動の存否(Hayashi, 1970)と同じである。Nakajima(2002)は、放射冷却が中層で弱く下層と上層で強い場合にも伝播性雲活動が起こる事を示した。そこで、この場合についても停滞性の大規模集中化が起こるかを調べた。その場合、図1に示すように、やはり波長数千キロの伝播性組織化に重なって停滞性の波長3万キロの雲活動の濃淡が成長してくる。この結果は、停滞性大規模組織化が起こる条件と、伝播性組織化が起こる条件との共通性を、さらに強調する。

波長数千キロの伝播性構造と波長3万キロの停滞性構造がなぜ共存するかは問題である。wave-CISKの線形論(波長は予言できない)を再検討してみると、下層の鉛直流と雲加熱の結合が「中程度」の場合に伝播

性不安定擾乱が、非常に強い場合には停滞性不安定擾乱が生じることがわかる。そこで、数値計算の結果を水平方向のスペクトル分解し、降水量(雲の加熱と対応する)と下層鉛直流の対応の波長依存性を調べた。その結果、降水量の振幅と鉛直流の振幅はほぼ比例し、その比例係数は長い波長ほど大きいことがわかった。これは先のwave-CISKの予言と合致する。ただし、この様な傾向は、放射冷却が下層で強い実験(大規模停滞性組織化は生じない)でも同じである。したがって、波長3万キロの停滞性構造が成長するためには、それより短い波長の擾乱が伝播性であることが、やはり、重要であるのかも知れない。

### 4. 現実大気における雲構造との関係

一連の実験は非常に理想化したものであるが、このように雲活動が潜在的に持っている大規模に集中しやすいという特性や、気候の形成や変動特性の研究、および、そのモデリングにおいても念頭におく必要があると思われる。

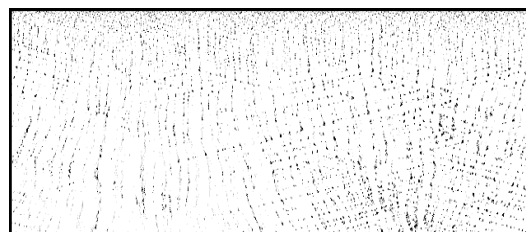


図1 モデル内の降水量分布の時間発展。横軸は、モデル内の水平方向(32,768 キロ)、縦軸は計算時間(下向きに進む)を示す。

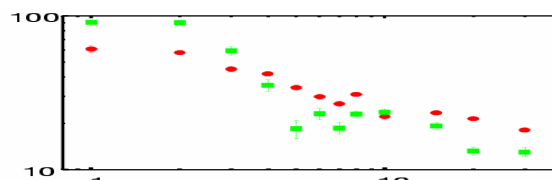


図2 数値モデル内における降水量と鉛直流(高度1.5キロ)の結合定数の水平スケール依存性(横軸:水平波数、縦軸:比例係数)。緑のマークが上層で放射冷却が強い場合(停滞性大規模組織化が生じる)、赤のマークは下層で放射冷却が強い場合(停滞性大規模組織化は起こらない)。