

## 研究課題名：NICAM による雲降水システムの研究

課題代表者：東京大学大気海洋研究所 佐藤正樹  
 共同研究者：東京大学大気海洋研究所 柳瀬 亘・端野典平・Woosub Roh  
 実施年度：平成 23 年度～平成 23 年度

### 1. 研究目的

台風やスコールラインに代表される雲降水システムは、地球上の至るところにおいて様々な形態で発生している。地球環境が変化した場合には、雲降水システムに伴う豪雨や強風などの顕著現象の分布も変化し、人間社会に大きな影響を及ぼすと考えられる。また、雲降水システムに伴う潜熱解放や放射の変化は気候システムの重要なプロセスとして地球環境に影響がある。

本課題では、国立環境研究所のスーパーコンピュータを利用して、全球雲解像モデル NICAM(Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model; Satoh et al. 2008)を様々な実験設定で走らせることにより、雲降水システムの統計分布と基礎プロセスを理解することを目指す。従来の全球気候モデルは解像度や物理過程の扱いの点から、雲降水システムを明に表現することができなかった。しかし NICAM は高解像格子 (10km 以下) でのシミュレーションを前提とし、雲降雨システムを明に表現するので、地球環境と雲降水システムとのフィードバックを解明するのに有用な手法である。また NICAM は、格子内での雲の分布を考えない雲微物理モデルを用いるため、人工衛星観測を用いた評価と改良が比較的容易である。その一方、多大な計算資源を必要とするので、スーパーコンピュータの利用は不可欠である。

### 2. 研究計画

今年度は、熱帯の雲降水システム・積雲クラスターのライフサイクルの再現性の改善を図り、力学と雲微物理過程の解析を行う。NICAM の大気熱力場と雲微物理量の出力から、衛星データシミュレーターを用いて、衛星で観測される物理量を再現し、実際の観測値と直接比較検証する。衛星としては、熱帯降水観測衛星 TRMM や A-train(Afternoon train)に含まれる雲レーダを持つ CloudSAT やライダーを備えた CALIPSO などを利用していく予定である。

### 3. 進捗状況

解析対象を熱帯 10S-10N、170E-190E に発生する雲降水システムを対象とし、NICAM を約 1 週間、積分する。水平格子を集中させるストレッチ格子の手法により、水平解像度を 3.5~5km に設定する。評価改良を行う雲微物理スキームは、雲水、雨、雲氷、雪、霰のカテゴリの質量を予報する 1-moment 法、NSW6(Tomita, 2008)である。衛星データシミュレーターとして、Satellite Data Simulation Unit (SDSU, Masunaga et al. 2010)を用いる。

TRMM 衛星を用いた雲解像度モデルの降水を伴う雲システムの評価方法として、T3EF(TRMM Triple Sensor Three-step Evaluation Framework, Matsui et al. 2009)が提唱されている。この手法は、降雨レーダによ

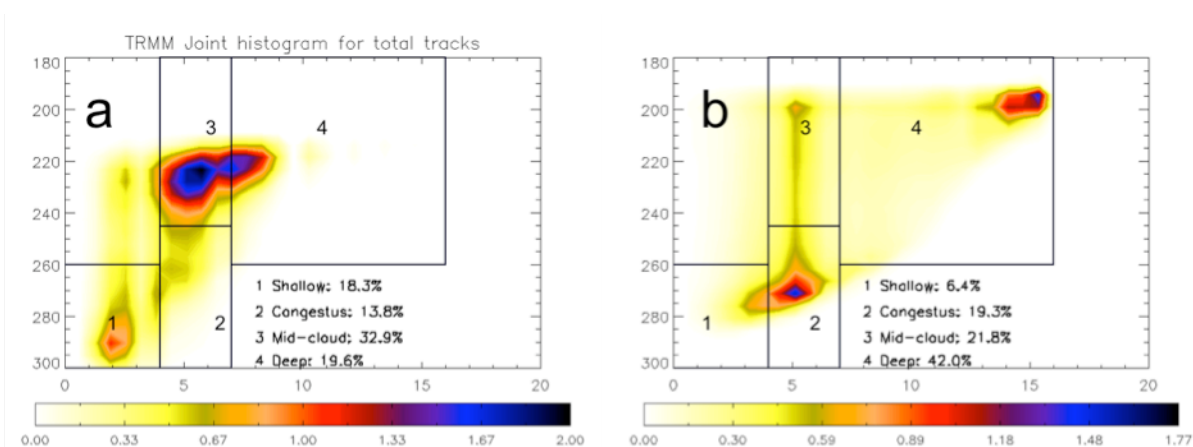


図 1 赤外輝度温度(y-axis)とレーダーエコー高度(x-axis)の Joint histogram。(a) TRMM 観測、(b) NICAM のコントロール計算。長方形内の数字は 4 つの降水を伴った雲の種類を表し、右下は発生頻度を示す。

って定義されるエコー頂高度と、赤外輝度温度の joint histogram を作ることで、雲の種類を定義し、発生頻度を評価することができる。図 1(a)には TRMM 衛星の観測を示し、図 1(b)は NICAM からの結果を示している。NICAM は、観測に比べ、深い対流を伴う降雨プロファイル(4)が多いこと、熱帯において中間高度に存在する congestus(2)と、深い層雲(3)の頻度が少ないこと、雲頂高度と降雨高度が高いことがわかる。

雲微物理を変化させた感度実験を行った結果、NSW6 の水粒子のカテゴリのうち、雪と霰の粒径分布がレーダーエコー頂高度 に大きな影響を与えることがわかり、雪の粒径分布の定数に飛行機観測に基づく経験式を用いた場合に、改善が見られた。

#### 4. 今後の計画

NICAM は観測に比べ、主に液相粒子を含む Congesuts(2)を過大評価しているため、雨の粒径分布の感度実験により改良を試みる。T3EF の次のステップとして、各雲タイプについての降雨レーダの高度分布解析とマイクロ放射計の頻度分布解析があり、逐次、こちらの評価を進めていく。また、高い雲頂高度のバイアスに関しては、雲水や雲氷の生成過程を見直す必要がある。NSW6 は、雲内での水蒸気量を、液相と固体相の飽和水蒸気圧を気温により重み付けした蒸気圧に、調整する。そして moist internal energy を保存するように雲水と雲氷を決定するが、物理過程に基づいた定式化と、比較する必要がある。

T3EF に見られる NICAM のバイアスについて、雲微物理以外の理由としては、境界層モデルや水平と鉛直の解像度の問題が挙げられる。順次、これらの感度実験と評価を行なってゆく。

#### 5. 計算機資源の利用状況

実行ユーザ数:4, CPU 時間 1 ノード未満: 294 hours, 1 ノード: 0 hour, 2 ノード: 10 hours, 計: 304 hours

#### 6. 昨年度研究課題のまとめ

##### 6.1. 昨年度研究課題名

NICAM による雲降水システムの研究

##### 6.2. 昨年度研究課題の目的

今年度と同様だが、昨年度は台風の力学過程に焦点を合わせていた。

##### 6.3. 昨年度研究課題の成果概要

昨年度は 2008 年 6 月に発生した台風 Fengshen の進路の再現性に関する研究を行った。台風 Fengshen の

数値シミュレーションには、全球非静力学モデル NICAM を用いた。ストレッチ格子の手法により、台風の周りで水平格子間隔 14km の解像度で実験を行った。雲の微物理過程には NSW6 スキームを用い、積雲対流のパラメタリゼーションは用いずに雲降水システムを直接に表現した。境界層の乱流混合の表現には、MYNN スキーム(Nakanishi and Niino, 2009)を用いている。SX-8R により物理過程を変えた数多くの感度実験を行ったところ、乱流スキームにおいて水蒸気の混合の強さを変えた実験において結果が大きく異なることがわかった。混合が小さい実験(MIXS)と比較して、混合が大きい実験(MIXL)では、西北西進しながらフィリピンを通過する Fengshen の経路が再現されることがわかった(図 2)。Fengshen の北進成分には水平移流項が寄与する一方で、西進成分には台風中心の西側で活発な対流に伴う渦の引伸ばしが寄与していることがわかった。このことは台風の進路予報においても、雲降水システムの正確な表現が重要となる事例があることを示している。

#### 6.4. 昨年度計算機資源の利用状況

実行ユーザ数:4, CPU 時間 1 ノード未満: 0 hour, 1 ノード: 6,045 hours, 2 ノード: 4,702 hours, 計: 10,747 hours

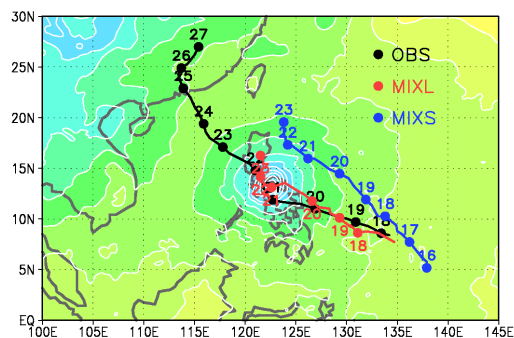


図 2 台風 Fengshen の移動経路。観測(黒)、実験 MIXL(赤)、実験 MIXS(青)。2 桁の数値 XY は日時を示す(6 月 XY 日 00UTC)。シェードは実験 MIXL の 6 月 21 日 00UTC の海面気圧分布。