

平成 26 年度 地球シミュレータ利用報告 研究成果概要

1. 課題名

全球雲解像モデルを用いた雲降水プロセス研究

Study of Cloud and Precipitation Processes using a Global Cloud-system Resolving Model

2. 課題責任者

那須野 智江(海洋研究開発機構 シームレス環境予測研究分野)

Tomoe Nasuno

3. 課題の目的

全球の雲・降水現象の正確な将来予測のためには、現在気候における全球的な雲降水現象のプロセスを理解し、モデルにおける再現性を高めることが極めて重要である。本課題では、全球雲解像モデル NICAM を用いた数値実験を行ない、最新の衛星観測や高解像度観測データとの比較・検証を行うことにより日周期から季節進行程度大気海洋変動現象における主要な雲降水プロセスを明らかにすることを目的とする。現象の理解およびモデルの問題点の把握のために、物理過程や初期条件・境界条件に関する感度計算も行い、これらを通して全球的な雲降水プロセスの解明およびモデルの精度向上を推進する。

4. 今年度当初の研究計画

1) 観測事例を対象とする熱帯の雲降水擾乱の再現計算

(初期値・物理過程・解像度に対する感度調査)

gl09L40 30 日積分 25 ケース: 18750 ノード時間積

gl10L40 10 日積分 10 ケース: 10000 ノード時間積

gl11L40 3 日積分 1 ケース: 2400 ノード時間積

2) 雲物理過程の改善・開発のための計算(新たな手法の導入、感度調査等)

gl09L40 15 日積分 5 ケース: 1875 ノード時間積

gl11L40 3 日積分 1 ケース: 2400 ノード時間積

計 35425 ノード時間積

1)では昨年度までに実施した計算をベースに観測事例を対象としたアンサンブル計算を行い、季節内変動や雲降水システムの再現性の評価およびプロセス研究に用いる。2)ではこれまでの研究から分かっている雲・降水に関するバイアスの軽減を目標とし、雲微物理過程の精緻化の効果の検証および調整を中心に行う。

5. 研究計画に沿った利用状況

観測事例を対象とする計算に関しては、(1)国際集中観測 CINDY2011 期間に連続発生したマッデン・ジュリアン振動(Madden and Julian 1971; MJO)事例(14 km格子 2 か月積分)および(2)西

太平洋における台風発生(2008年6月)事例(14 km格子 10 日積分)を対象とし、擾乱の発生・発達鍵となる要因(海面水温分布、風速や水蒸気場の分布)について条件を変えた計算や初期値を変えた(初期値アンサンブル)計算を多数行った。雲物理過程の感度調査に関しては、(2)の事例について新たな手法(Roh and Satoh 2014)を用いた計算および既存の手法においてパラメータに調整を施した計算(物理アンサンブル)を実施し、全球 3.5 km 格子の計算も行った。これらに加え、海面水温に対する感度計算の発展として、2014 年の夏季を対象とする季節内～季節進行(2-5 か月)の計算を実施した。

6. 今年度得られた成果、および達成度

<成果>

MJO/季節内振動は熱帯の代表的な擾乱であり、世界各地の気候・気象に大きな影響を及ぼすことから、現業センターによる延長予測への取り組みや気候変動予測モデルの評価において重要視されている。特にインド洋における対流の開始過程は、現場観測が希少で確率的な要素も内在することから MJO に関する最も大きな課題であり、国際集中観測 Cooperative Indian Ocean experiment on intraseasonal variability in the year 2011 (CINDY2011; 実施期間 2011 年 10 月—2012 年 3 月)の主対象である。本課題では H25 年度までに 14 km 格子および 7 km 格子を用いた再現計算(標準ケース)を完了し、2011 年の 10 月半ばからの 2 か月計算において MJO の連続発生が再現されたことを報告した。MJO の周期的発生については、水蒸気の蓄積と消耗のサイクルや赤道上を周回する力学擾乱の影響が議論されてきたが、2011 年 11 月(観測期間中 2 番目)の事例に関しては、海面水温分布の季節内スケールの変化の重要性が指摘されている。H26 年度の研究では、現実場の海面水温分布を境界条件として与えた計算に加え、気候場の海面水温分布を与えた計算・解析を行い、MJO の連続発生の要因について調べた。その結果、この事例においては、海面水温および対流圏下層の循環場・水蒸気場の季節進行が重要な役割を果たしたことが示唆された(Miura et al., submitted)。10 月半ばに発生した MJO 事例(観測期間中 1 番目)に関しては、対流圏中層における東風偏差の増強が対流圏中層の湿潤化を通して対流の活発化に寄与したことが報告されている(Nasuno et al. 2015)。10 月 1-5 日を初期日とする初期値アンサンブル計算を行い、MJO に伴う対流活発化の開始と風速場の関係を調べた。初期解析の結果、対流圏中層の東風偏差が明瞭なケースでは東風強化に続いて対流の活発化・東進が見られ、東風偏差が再現されていないケースでは対流の再現性がよくないことが確認された。より詳しい解析を続行中である。

MJO/季節内振動の影響範囲が広い所以は、その水平規模の大きさと同時に季節内という周期特性にある。例えば夏季アジア域に特有の季節内振動(Boreal Summer Intraseasonal Oscillation, BSISO)の活動度や位相は、西太平洋域における台風の発生に環境場として大きく関与する。また、MJO/BSISO はしばしばエル・ニーニョ現象の開始や終焉の誘因となる。本課題では、西太平洋における台風発生過程を理解し予測可能性への示唆を得るため、2008 年 6 月半ばに西太平洋上で発生した台風 TY0806(Fengshen)を対象とする事例研究を行い、台風発生環境の要因分析および環境場の条件のインパクト調査を行ってきた。この事例については、本課題において実施した全球 3.5 km 格子シミュレーションおよび現場集中観測により、下層渦の上空に対流圏中層の渦擾乱が重なることで台風が急速に発達したことを報告した。H26 年度の研究では、環境場の循環場の鉛直構造(渦度・風速シア等)および同時期に発生した BSISO の影響を調

べるための感度計算・解析を実施した。初期場を 700hPa より上で平滑化した計算ではいずれも台風が発生しなかったが、平滑化する高度を 100hPa 上げた計算では約半数で台風が発生し、赤道域の季節内程度の変動成分を除去した計算では、3 例中 1 例で台風が発生した。以上の結果は、下層から中層にかけての循環場の影響の重要性を示唆する。雲降水システムとの関係を含め、今後更に検討が必要である。得られた知見を学術研究集会において報告した。

2014 年の春から 6 月にかけて、エル・ニーニョの発達が予測されていた(7 月から急速に衰退)。太平洋域の海面水温の季節進行や年々変動が BSISO の活動度、台風の発生等に及ぼす影響や季節予測の可能性を調べる目的で、発展的な課題として 2014 年夏季を対象とする 2-5 か月の計算を行った。特に、境界条件として与える海面水温分布の影響に着目し、観測値のほか、気候値や 1997 年(エルニーニョ年)、SINTEX-F で予測された海面水温を与えた計算を行った。SINTEX-F 開発グループとの連携により、大気高解像度モデル(NICAM)と大気-海洋結合季節予報モデル(SINTEX-F)を組み合わせた予測システムのプロトタイプを構築したことは、当初計画以上の成果といえる。初期解析の結果、積分開始後 1 か月間は初期場の影響に比べ海面水温の影響は小さいが、初期場の影響が薄れる 2 か月目からは海面水温の影響が顕在化することが分かった。バイアスやドリフトは目立つものの、海面水温に対する大気応答は概ね妥当と思われる。インドの干ばつや西太平洋における台風の連続発生等の現象と海面水温に対する大気応答の関係について、更に解析を進めている。

雲の微物理過程の感度調査に関しては、長期計算において用いているパラメタ値(放射収支を重視)と MJO の再現計算において用いているパラメタ値(対流性擾乱の再現性重視)について比較計算を行った。その結果、前者を用いた数か月以内の計算では、後者を用いた計算に比べ、雲・降水変動の振幅が小さくなる傾向が見られた。放射収支と対流性擾乱の再現性の高精度化を同時に実現することは今後に残された重要な課題である。

新たに導入した Roh and Satoh (2014) の手法を用いた台風事例についての短期間の感度計算では、上層雲のバイアスが大きく改善された他、台風の発達(気圧低下)が急速に起こる傾向が見られた。今後、より長期間の計算を行いモデルのパフォーマンスの検証と改善を繰り返す必要がある。

本課題においてこれまでに行った計算データを用いた発展的な研究として、衛星シミュレータを用いた雲放射強制の検証(気候に対する影響の大きい、北極域を主対象とする)を行った(Hashino et al., submitted)。また、熱帯対流圏遷移層から下部成層圏における雲の生成および力学過程に関する解析を行い、成層圏突然昇温(極域で発生)が雲生成過程を通して熱帯の対流活動に広く影響を及ぼす可能性を示した(Eguchi et al. 2015)。これらは全球規模の雲・降水プロセスの理解とモデルにおける表現の高度化を推進する、新しく独創的な成果といえる。この他、本課題の一環として参加したモデル比較プロジェクトの共著論文が受理され(Klingaman et al., accepted)、国際研究コミュニティーに対する貢献となった。

<達成度>

(年度当初の研究計画を全て達成した場合を 100% / 複数の目標があった場合は、それぞれについて達成度を数値で記載)

- 1) 100%
- 2) 90%

7. 計算機資源の利用状況

<計算機資源の利用状況>

(計画的に計算機資源を利用できているか、状況を記載)

年間を通して計画的に資源を利用し、2 月末までにすべての資源を使って研究計画を完了した。

<チューニングによる成果>

(ベクトル化、並列化チューニング等、計算機資源を有効利用するために行ったこととその効果を記載)

NICAMのソースコードは開発当初からES上での計算効率を考慮して構築されている。また、地球シミュレータセンターや日本電気株式会社の協力のもとにプログラムの解析を行って随時ESにおける最適化を施し、高い実行性能を維持してきた。H26年度の計算では、全球3.5 kmの計算において、並列化時の領域分割数を減じてベクトル化率を高めることにより計算の効率化を進めた。これにより、80ノードを用いて1 jobで24時間積分を行うことができた。NICAMはES3のベンチマークモデルの1つに抜擢され、ES3においても高い実行性能が確認されている。

<計画的に利用できていない場合、その理由>

該当なし

8. 新聞、雑誌での掲載記事

2014/1/10: NHK ワールド(日本国際放送)「OUR BLUE PLANET Reaching Beyond Imagination」

全球雲解像モデルを用いた雲降水プロセス研究

那須野 智江、国立研究開発法人海洋研究開発機構 シームレス環境予測研究分野

研究目的:

全球の雲・降水現象の理解
モデルにおける再現性の改善
→ 将来予測の信頼性向上

手法、独創性:

全球雲解像モデル(NICAM)
集中観測プロジェクト(現場データによる検証)
衛星観測(全球規模規模の検証)

H26年度の研究計画と成果:

(1-1) 集中観測CINDY2011期間のMJO連続発生事例: 全球14km格子2か月計算

- ・ MJOの発生に対する海面水温・季節進行の影響
- ・ MJOの開始過程における対流圏中層の東風偏差の強化の影響

(1-2) 西太平洋の台風発生の環境要因 (TY0806発生事例): 全球14km格子10日計算

- ・ 対流圏中～下層の風速場(渦度・鉛直風速シア)・BSISOの影響

(1-3) 2014年の夏季BSISO, 台風発生, 季節進行: 全球14km格子 2-5か月

- ・ 2か月目～海面水温の影響が顕在化
- ・ 全球高解像度大気モデル(NICAM) + 大気海洋結合季節予測モデル(SINTEX-F)

(2) 雲微物理過程に対する感度計算: 全球14km/全球3.5km格子 8-10日計算

- ・ 新しい手法(Roh and Satoh 2014)の検証
- ・ 雲物理パラメタに関する感度調査

(3) 全球規模の雲降水プロセスの検証・発展的課題

- ・ 衛星シミュレータを用いた北極域の雲放射強制の検証
- ・ 成層圏突然昇温の対流圏対流活動への影響(対流圏遷移層の雲生成過程)