

研究課題名：気候モデルの性能向上と気候変動予測情報の創出

課題代表者：国立環境研究所地球システム領域 廣田渚郎
 共同研究者：国立環境研究所地球システム領域 塩竈秀夫・小倉知夫・林未知也
 長友利晴・千喜良稔
 国立環境研究所気候変動適応センター 石崎紀子・佐々木秀孝
 東京大学大気海洋研究所 渡部雅浩
 岡山大学大学院自然科学研究科 野沢徹
 東京大学生産技術研究所 金炯俊・日比野研志・新田友子
 株式会社三菱総合研究所 井上剛・大山剛弘・田中良明・二階堂竜司
 気象庁気象研究所 川瀬宏明
 株式会社パスコ 姫木祐太郎・村瀬将隆
 エム・アール・アイリサーチアソシエーツ株式会社 櫻木俊輔
 茨城大学理工学研究科 若月泰孝
 東京海洋大学学術研究院 関口美保

実施年度：令和5年度～令和7年度

1. 研究目的

日本では、東京大学・国立環境研究所・海洋研究開発機構を中心に全球気候モデルMIROCを開発し、1990年代からIPCCに実験データを提出するなどの貢献してきた。本課題では、IPCC AR6で利用したMIROC6を発展させて、AR7で利用するMIROC7の開発を行う。

昨年までの前課題（雲・降水プロセスに着目した気候変動予測の不確実性に関する研究）では、特に雲・降水プロセスについての研究・開発を進めてきた。本課題では、雲・降水プロセスに加えて、大気の放射・乱流・対流プロセスや、海洋・陸域プロセスの改良・調整を行い、MIROC7による気候の表現性能の向上を目指す。特にMIROC6には気候変動に関わるエネルギー収支に問題があることが指摘されており(Wild 2020)、その改善に取り組む。また、全球気候モデルによる気候変

動予測情報をダウンスケールして、生活に関わるより詳細な気候変動予測情報を創出する研究も行う。

2. 研究計画

昨年度の前課題では、MIROC7の雲・降水プロセスを改良してきた。今年度は、モデルの放射プロセスにおける水蒸気などの放射特性パラメータの更新、層積雲スキームを導入、乱流・対流プロセスの再調整などを行う。それらを反映させた現在の試行版のMIROC7αとMIROC6の平均場を比較して示す。また領域モデル実験と機械学習の用いたダウンスケール研究を行い、地球温暖化の台風などへの影響を詳細に調査する。成果は論文にまとめた上で、プレスリリース等で一般向けにも公表する

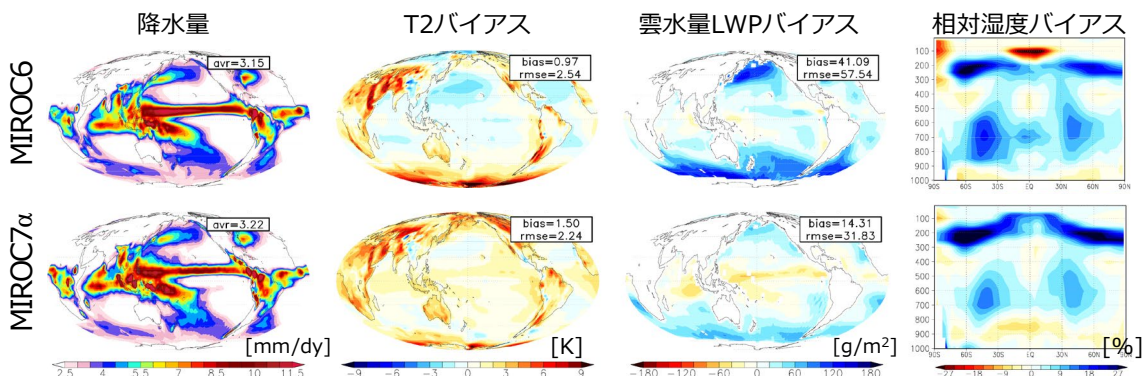


図 1. MIROC6 と MIROC7 の降水量(mm/dy)、地表気温バイアス(K)、雲水量(g/m²)バイアス、相対湿度バイアス(%). 20年気候平均。

3. 進捗状況

図 1 に MIROC6 と MIROC7 α の降水量、地表気温バイアス、雲水量バイアス、相対湿度バイアスを示す。MIROC7 α では、MIROC6 に見られる海洋上の低温バイアス、過剰な雲水量バイアス、大気の湿潤(正の相対湿度)バイアスなどが軽減されている。一方、MIROC7 α の降水分布は、MIROC6 に比べて若干悪くなっている。観測の降水分布とのパターン相関は、MIROC6 が 0.91 で、MIROC7 α が 0.87 である。

MIROC7 α の大気上端におけるエネルギー収支の CERES 観測からのバイアスを MIROC6 のものと比較する(図 2)。全球平均値を見ると、MIROC6 には、短波(SW)雲放射効果に -14.0W/m^2 の負バイアスと晴天長波(LW)放射の $+8.1\text{W/m}^2$ の正バイアスが見られる。MIROC7 α では、SW 雲放射効果は大幅に、晴天 LW 放射は少し改善している。ただし、晴天 LW 放射には、まだ $+5.2\text{W/m}^2$ のバイアスが残る。また、SW 雲放射効果の水平分布を見ると、雲が大陸上で過小で、海洋上で過剰なバイアスがある。

高解像度(水平 2km 格子)の領域モデルを用いて、日本付近の台風が地球温暖化に伴ってどのように変化するかを調査した。その成果は、パンフレット”勢力を増す台風～我々ほどのようなリスクに直面しているのか～2023”(環境省 2023)にまとめて、一般にも広く公開した。機械学習による温暖化の影響の統計的ダウンスケール研究も、ベクトル機によるテスト計算などを行い、順調に準備を進めている。また、主に前課題で調査した海洋上の下層雲が地球温暖化を加速する仕組みについての研究を国際学術誌にて発表した(Ogura et al. 2023)。

今年度の計算機資源は、MIROC7 開発に 7 割程度、領域モデルによる台風の研究と統計的ダウンスケール研究に 3 割程度を利用した。下層雲が温暖化を加速する仕組みについての研究は、前課題での計算結果を利用したものである。

4. 今後の計画

現状の MIROC7 は、MIROC6 に比べてエネルギー収支などが顕著に改善している。MIROC7 開発は IPCC AR7 に向けたものではあるが、研究利用の為にプレリリース版を発表したいと考えている。モデルの気候平均場(エネルギー収支、気温、降水分布など)や気候変動(全球気温変動、ENSO、MJO、QBO など)の表現性能を総合的に評価して、先端研究に利用できる性能であることを確認する。2024 年度からは、文部科学省気候変動予測研究プログラムで、MIROC7 の利用が開始される予定である。利用者からのフィードバックも踏まえて、更なる MIROC7 の性能向上を目指す。課題である、大陸上の雲の過小バイアスや晴天 LW 放射のバイアスの改善に取り組む。更により細かいスケールの現象を扱うための高解像度化、計算速度の高速化についても検討予定ある。領域モデルや機械学習を用いたダウンスケール研究も並行して進めていく予定である。

5. 計算機資源の利用状況 (2023 年 4 月 1 日～2023 年 10 月 31 日)

VE 時間積 v_debug: 321.6 hours, v_normal: 430,723.7 hours, 計: 431,045.3 hours, (全体の VE 時間積に対する占有率: 5.9%)

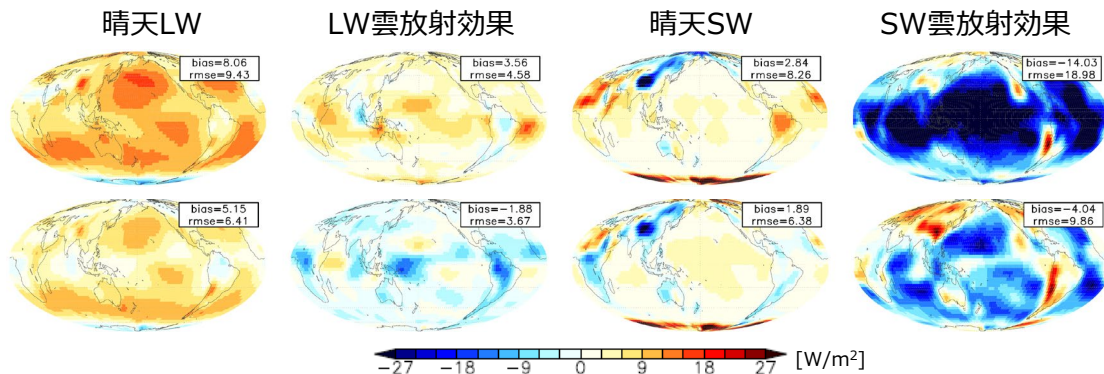


図 2. MIROC6 と MIROC7 の大気上端のエネルギー収支。左から、晴天短波放射、短波雲放射効果、晴天長波放射、長波雲放射効果の CERES 観測からのバイアス(W/m²)。20 年気候平均。