研究課題名：MIROC中解像度版および氷床力学モデルと炭素循環モデルを用いた古気候数値実験と温暖化予測

課題代表者：東京大学気候システム研究センター　阿部彩子
共同研究者：東京大学気候システム研究センター　吉森正和・岡 顕・大石龍太・倉橋貴純・井手智之・松尾勇気
実施年度：平成 20 年度～平成 20 年度

1. 研究目的

本研究では、MIROC気候モデルに氷床モデルおよび炭素循環モデル（海洋はNPDZモデルや堆積モデル、陸域はLPJ動的植生炭素循環モデル）を併用できるよう、必要な結合作業やモデル開発を行う。さらに、最近ではもっとも変化シグナルとフォーシングがはっきりしている最終氷期などの古気候実験を行い、大気水循環のほか、熱塩循環、海洋炭素循環、陸域炭素循環、植生、氷床、海洋トレーサー、ダストなどの変化特性を調べる。またフィードバック解析などの解析を行って変動特性を明らかにしていく。

2. 研究計画

雲によるフィードバック解析を高度別に行うなどして、昨年度より詳細なフィードバック解析を行う。また、氷床の表面質量収支を精確に見積もるため、MIROCのサブグリッドレベルで表面エネルギー収支を計算し質量収支を求めるためのモデルコードの変更を行う。その第一段階および比較対象として、複数の大気大循環モデルの出力を質量収支モデルの入力として用い、将来の海面水準予測およびその不確定性の推定も行う。さらに、氷期における海洋循環のシミュレーションを行い、氷期の大西洋深層循環の弱化の要因について調べるための感度実験を行う。

3. 進捗状況

MIROCモデルを使用して、二酸化炭素 0.5, 2, 4 倍実験、また、最終氷期極大期（LGM）、LGMの温室効果ガスのみを規定した実験において、雲の高度別フィードバック解析法を検討し、実際に行った。その結果、高高度、中高度、低高度別に全雲のフィードバックへの貢献度を定量的に評価できた（図 1）。この結果から、温暖化と寒冷化実験での気候感度の違いは、中・高緯度帯においては低層雲の応答の仕方、低緯度帯においては中層雲の応答の仕方の違いによるものであることが明示された。

MIROCのサブグリッドレベルでの氷床表面質量収支を計算するためのコードの変更を試みた。現在の変更されたコードは計算効率が十分でなく、高解像度にサブグリッド分割するためには、さらなるコードの改良が必要であることがわかった。

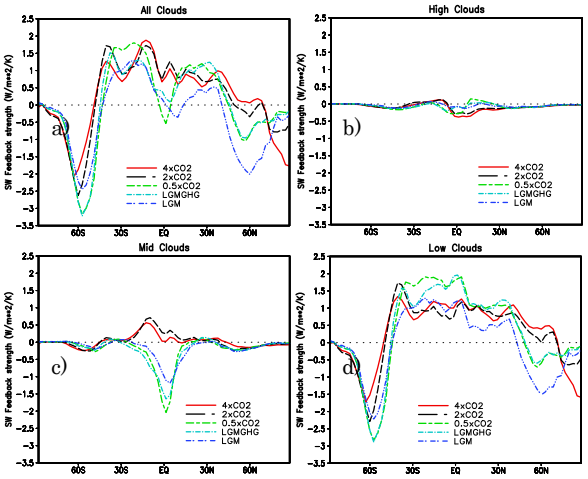

図 1　二酸化炭素 0.5, 2, 4 倍（0.5xCO_2,2xCO_2,4xCO_2）、最終氷期極大期（LGM）、LGM 温室効果のみ（LGMGHG）の実験の雲フィードバックの強さ。（a）全雲の短波フィードバック；（b）高高度の雲の短波フィードバック；（c）中高度の雲の短波フィードバック；（d）低高度の雲の短波フィードバック

MIROCモデルを用いた氷期のシミュレーションにおいては、大西洋深層循環の弱化をうまく再現することができなかった。そこで、海洋大循環モデルを用いた感度実験を行い、氷期における海面熱フラックス、水フラックス変化がどのように影響したかを評価した。その結果、熱フラックスによって大西洋深層循環は強まる一方、水フラックスによって弱化が引き起こされることがわかった。氷期の大西洋深層循環の再現には、熱フラックスと水フラックスの両者の定量的な効果を適切に表現する必要があることが示唆された。

4. 今後の計画

MIROC気候モデルと氷床モデルの結合と高精度化のため地球粘弾性モデルと結合する。南極、グリーンランド氷床プロセスの導入を行う。氷期気候におけるダスト発生および輸送の再現とプロセス研究（エアロ

ゾル輸送モデルSPRINTARS使用）を行う。海洋炭素循環の氷期、現在の再現実験を行う。海洋炭素循環変化における海洋熱塩循環の役割を調べる。陸域炭素循環および植生の氷期、現在の再現実験を行い、さらにダスト発生に対する植生変化の影響を調べる。またモンスーンにおける大気植生フィードバックの役割を調べる。気候感度の温暖化と寒冷化時の違いについてさらに詳しく調べる。

5. 計算機資源の利用状況（2008 年 4 月から 10 月まで）

実行ユーザ数：7　CPU時間 1 ノード未満：483 hours, 1 ノード:18,182 hours, 2 ノード:0 hour, 計 18,664 hours

6. 昨年度研究課題のまとめ

6.1. 昨年度研究課題名

MIROC中解像度版および氷床力学モデルと炭素循環モデルを用いた古気候数値実験と温暖化予測

6.2. 昨年度研究課題の目的

CCSR/NIES/FRCGCで開発されたMIROC3.2 の大気大循環モデルと海洋混合層モデルを用いて、二酸化炭素倍増実験と最終氷期極大期実験のフィードバック過程を定量的に調べ、比較検討する。また、今後氷床モデルの入力に使用する予定である、多くの異なった気候感度をもったモデルバージョンの出力を解析するための、簡便なフィードバック解析手法の精度確認も行う。

6.3. 昨年度研究課題の成果概要

将来の気温変化の程度を表す指標である気候感度が大気モデル内でどのようなフィードバック過程によって決められているのかを定量的に調べた。また、気候感度の推定幅の制約のための古気候情報の利用可能性についても調べた。具体的には、IPCC第四次報告書において使用された大気大循環モデルを用いて二酸化炭素倍増実験および最終氷期極大期実験を行い、それぞれの実験において、フィードバックの強さを水蒸気、断熱減率、表面アルベド、雲によるものに分離した（図2）。その結果、二酸化炭素倍増実験と最終氷期極大期実験においてはその気候感度に違いがあり、その差は主に雲の短波のフィードバックによるものであることが明らかになった。さらに、これらの解析に用いられた詳細なフィードバック解析結果を参照し、簡便なフィードバック解析法の精度確認を行った。

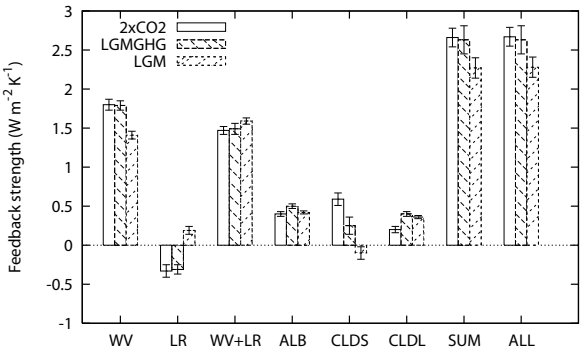

図 2　二酸化炭素 2 倍（2xCO_2）、最終氷期極大期（LGM）、LGM 温室効果のみ（LGMGHG）の実験におけるフィードバックの強さ。WL、LR、ALB、CLDS、CLDL はそれぞれ、水蒸気、断熱減率、アルベド、雲の短波、雲の長波のフィードバックを表す。WV+LR は水蒸気と断熱減率フィードバックの和を表す。SUM はそれぞれのフィードバックの強さを別々に評価した時の和を表し、ALL は全てのフィードバックを同時に評価した場合を表す。エラーバーは、+/-1 標準偏差を示す。

6.4. 昨年度計算機資源の利用状況

実行ユーザ数 : 10　CPU時間 1 ノード未満 : 284 hours, 1 ノード:15,232 hours, 2 ノード:0 hour, 計 15,516 hours