

研究課題名：MIROC 中解像度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：東京大学大気海洋研究所 阿部彩子
 共同研究者：東京大学大気海洋研究所 吉森正和・岡 顕・北澤達哉・小山佑介・浅田真也・住吉政一郎・若松俊哉
 実施年度：平成 22 年度～平成 22 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。本年度は特に、将来の海水準予測にも関係する、過去における急激な気候変動と氷床の融解イベントの関係について調べる。

2. 研究計画

まず、10 万年スケールの氷期・間氷期サイクルを現実的にシミュレートすることができる 3 次元氷床モデル(IcIES)の最新バージョンを国立環境研究所のスーパーコンピュータ SX-8 に移植する。氷期において、北大西洋に流入した氷床からの融け水が海洋循環を通じて気温変化をもたらし、氷床にフィードバックする影響を調べるために、別途作成された気温変化パターンを氷床モデルに外部入力として与える。これにより、数千年スケールで起きた融け水イベントが氷期サイクルに与える影響を調べる。与える気温変化パターンの空間分布やタイミング、大きさなどが結果に与える影響についても調べる。

3. 進捗状況

3 次元氷床モデル(IcIES)を国立環境研究所のスーパーコンピュータ SX-8 に移植した。これまで与えてきた日射や温室効果ガスに加えて、新たな融け水由来の数千年スケールの気温変動(以降、DO 振動)を外部境界条件として与えるために、プログラムの一部を改変した。

まず、標準実験として DO 振動入力のない最終氷期サイクル実験を行い、次にあらかじめ大気海洋結合大循環モデルによって計算された融け水流入による気温

変動応答を現実的な振動のタイミングで与えた。両者の比較から、DO 振動入力のある場合には約 6 万年以前では、約 2 万年の日射変動のスケールでの氷床体積変化率の変動幅が増幅されることがわかった(図 1)。一方、約 6 万年以降では、顕著な変化は見られなかった。これらの結果をより詳しく調べるために、DO 振動入力として与える気温変化パターンを空間一様なものに変えて実験を行った。さらに、DO 振動入力のタイミングも現実的なタイミングから 5000 年周期のものに 2000 年周期のものに変えて実験を行った。その結果、空間分布やタイミングを変えても、本質的な結果は変わらないことがわかった。

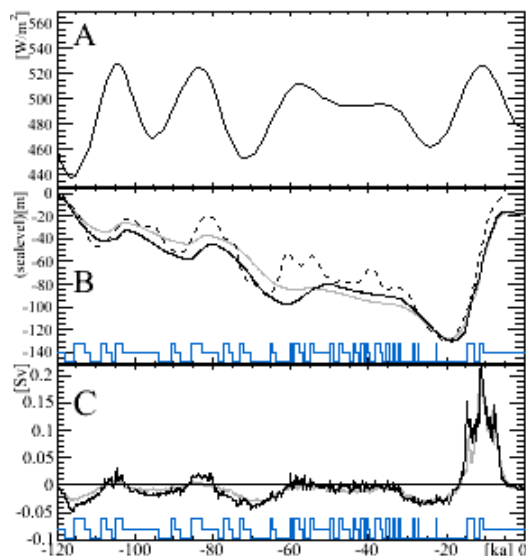


図 1 DO 振動が最終氷期サイクル(120,000 年前から現在)の氷床に及ぼす効果：A)北緯 65 度の日射の変動；B)氷床の体積(海水準)、破線は観測、灰色線は DO 振動入力なし、黒実線は DO 振動入力あり；C)氷床体積変化率、灰色線は DO 振動入力なし、黒実線は DO 振動入力あり。B と C の下部の凹凸は DO 振動のタイミングを示す。凹が寒冷期、凸が温暖期。

これまでの実験では、DO 振動を氷床モデルの外部入力として与え、その起源については明確に規定してこなかった。ここでは、一つ前の DO 振動により励起

された氷床体積変化によってもたらされた融け水量の変化が次の DO 振動を引き起こす可能性を検証するため、氷床体積変化の大きさを定量的に検証した。その結果、大気海洋大循環モデルで数千年スケールの DO 振動を引き起こすのに十分な約 0.01 Sv (1 Sv = 10^6 m³/s) に匹敵する氷床体積変化が起きていることが確認され、DO 振動が大気・海洋・氷床の相互作用による自励的振動である可能性が否定できないことが明らかになった。

4. 今後の計画

これまでの実験については氷床の体積やその変化量に注目してきたが、空間分布などの詳細はまだ十分に調べられていない。そこで、今後はより詳細な解析を行い、特に、振る舞いの異なる、約 6 万年以前と以降の比較や急激に氷床体積が変化する退氷期について調べる。また、観測との整合性についても詳しく調べる予定である。さらに、6 万年以前と以降の大きな違いが氷床の大きさによるものか日射の変動の大きさによるものか定かではないため、日射の変動を変えた感度実験を行うことにより明らかにする。

5. 計算機資源の利用状況 (2010 年 4 月～9 月)

実行ユーザ数：8 CPU 時間 1 ノード未満：939 hrs, 1 ノード：2,560 hrs, 2 ノード：0 hr, 計：3,499 hrs.

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

今年度と同様

6.3. 昨年度研究課題の成果概要

MIROC による温暖化実験および最終氷期再現実験のほか、以下のようなさまざまな古気候数値実験およびそれらの結果の解析を通じて、地球温暖化への知見を深めるための研究を実施した。(a) 最終氷期における海洋深層循環の弱化的メカニズムを調べるための海洋大循環モデル COCO による感度実験、(b) 最終氷期における海洋生物生産の変化のメカニズムを調べるための海洋中の炭素・鉄循環のシミュレーション、(c) モデルの気候感度がどのようなフィードバックによって決められているのかを定量的に調べるツールの作成およ

びそれらを用いた解析。

最終氷期における海洋深層循環の弱化的メカニズムを調べるための海洋大循環モデル COCO による感度実験により、海面冷却の強さとともに風応力の違いが海洋深層循環の応答に大きく影響することがわかった。また、最終氷期における海洋生物生産の変化のメカニズムを調べるための海洋中の炭素・鉄循環のシミュレーションを行い、南大洋の応答には海氷の広がりによる短波放射量の減少が重要であることなどが示された。

パラメータアンサンブルのフィードバック解析により、気候感度や将来予測を確率的に表現するだけでなく、その不確実性の原因となる物理プロセスの同定にまで踏み込んで解析が可能になったことは意義深い。また、古気候と将来気候を広いパラメータ空間で結び付けることにより、モデルの特性の理解や過去の事実から将来の気候感度の制約への発展が可能になった。間接的ではあるが、構造的な不確実性の重要性が認識されたことも非常に重要である。これらの結果は、使用されたモデル応答の解釈だけでなく、他国のモデルとの比較や気候システムの理解にとっても本質的に重要であり、国際的な貢献度も大きいと考えられる。

6.4. 昨年度計算機資源の利用状況

実行ユーザ数：7 CPU 時間 1 ノード未満：2,562 hrs 1 ノード：17,968 hrs, 2 ノード：0 hr, 計：20,530 hrs.