

## 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・陳 永利・浅田真也・住吉政一郎・若松俊哉  
 実施年度：平成 23 年度～平成 23 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 動態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、古気候の中では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。また全球気温変化を決めるフィードバック過程などに関する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、昨年度までの研究で残された課題の 1 つである将来の温暖化と最終氷期最盛期(LGM)における雲のフィードバックメカニズムの違いを理解するために必要な実験を行い、また将来起こるであろうと予測されている海水分布や海水温の変化が極域、特に氷床にもたらす影響について数値実験を通して調べる。

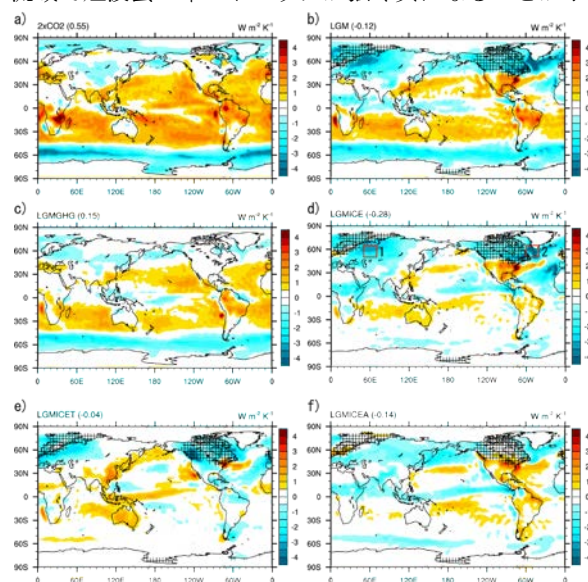
### 2. 研究計画

LGM では外部フォーシングとして主に、温室効果ガスの変化と氷床の存在がある。気候モデル MIROC の大気大循環-海洋混合層モデルを用いた温室効果ガスのみを変えた実験(LGMGHG)については既に昨年度までに行われている。今年度はさらに氷床の存在の影響のみを取り出すために、氷床のみを外部フォーシングとして与えた実験(LGMICE)、氷床の分布(アルベドの変化)のみを外部フォーシングとして与えた実験(LGMICEA)、アルベドは変えずに、氷床の高度情報のみを外部フォーシングとして与えた実験(LGMICET)などを行う。これらの実験の雲フィードバックの違いを調べることによって、それぞれの外部要因により生じる雲変化のメカニズムについて研究する。

また、大気大循環モデル(AGCM)に、将来予想される代表的な海水分布などを外部境界条件として与えることによって、それらが極域氷床の質量収支に与える影響を調べる。

### 3. 進捗状況

研究計画の前半部分の LGM に関する外部フォーシングの切り分け実験を行った。各実験は約 60 年積分を行った。解析は現在進行中であるが、高緯度の負の短波雲フィードバックは LGM 氷床のアルベドによって引き起こされ、高い氷床の存在により LGM 氷床の下流域で短波雲フィードバックが強く負になることが示



された(図1)。

図1 APRP 法によって推定された標準実験に対する雲の短波領域におけるフィードバック。安定した最後の 30 年を解析に用いた: a) 2xCO<sub>2</sub>; b) LGM; c) LGMGHG; d) LGMICE; e) LGMICET; and f) LGMICEA 実験。値は a) については 2xCO<sub>2</sub> 実験、b)-f) については LGM 実験の全球平均気温変化で規格化されている。括弧内の数字は全球平均値を示す。LGM の氷床には陰影がかけられている。

### 4. 今後の計画

LGM の雲フィードバックについては、モデル内の雲生成消滅項を解析することによりメカニズムの詳細に踏み込んで調べる。

AGCM を用いた海水分布などに関する感度実験については、使用する海水分布などのモデルの境界条件を作成し、数値実験を実際に行う。

## 5. 計算機資源の利用状況

実行ユーザ数：6, CPU 時間 1 ノード未満: 0 hour, 1 ノード: 1,619 hours, 2 ノード: 0 hour, 計: 1,619 hours

## 6. 昨年度終了研究課題のまとめ

### 6.1. 昨年度終了研究課題名

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. 昨年度終了研究課題の目的

260 万年前頃に始まった第四紀の氷期・間氷期サイクルは、主に約 4 万 1 千年周期の変動を繰り返した後、100 万年前頃からは主に約 10 万年周期で変動を繰り返している。これまで、気候モデルや氷床モデルに地球の軌道要素の変動による日射や温室効果ガスのデータを与えることによって、数万年以上の時間スケールでの氷床変動について多くの研究がなされてきた。一方、10 万年周期の氷期・間氷期サイクルの中には、ダンスガード・オシュガー (D-O) イベントと呼ばれる、比較的ゆっくりとした寒冷化とその後の急激な温暖化で特徴付けられる数千年スケールの気候変動が古気候指標を通して観測されている。この変動そのもののメカニズムを理解することと、この変動が氷床の成長や縮小に与える影響を調べることは、氷期サイクル、さらには気候システムの振る舞いを理解する上で重要であるが、現実的なモデルを使った定量的な研究例は非常に少ない。本研究では、数千年スケールの気候変動が氷床に与える影響を調べる。

### 6.3. 昨年度終了研究課題の成果概要

本研究では淡水流入実験から得られた気候変動を数千年スケールの気候変動と仮定し、氷床モデルに数千年スケールの気候変動を入力し、その影響を調べた。日射量変動の 2 万年周期の極小期には成長を促進させる効果があり、極大期には氷床の退氷を促進させる効果があることがみられた。したがって、氷床変動の 2 万年周期の振幅を大きくさせることがわかった。また、日射量変動が小さい期間では数千年スケールの気候変動の寒冷化により氷床は成長、温暖化により氷床は後退する。数千年スケールの気候変動に顕著に反応する影響がある。以上の効果はどの氷期間氷期サイクルでも同様の影響があることがわかった。また、タイミングによって氷床量の大きさに違いを生じさせるが、周期や頻度に依らず本質的な氷床への影響は同じである。

自転軸の傾きにより日射量変動が小さい数千年スケ

ールの気候変動が連続して起こる期間では数千年スケールの気候変動の温暖化により、氷床が融解水を放出することがみられた。連続して数千年スケールの気候変動が起こっているため、融解水放出の後、寒冷化の前に融解水が起こっている。この結果は、仮定して入力した数千年スケールの気候変動実験と整合的な結果である。よって連続的に起こる数千年スケールの気候変動は氷床から流出する融解水から起こることが示唆された。

数千年スケールの気候変動が連続的に起こるメカニズムとして、以下のような仮説が示唆される。

1. 日射量増加などにより北半球氷床が北大西洋域に淡水を流入する
2. 海洋循環が低下し、北半球への熱の流入が低下する
3. 北半球が寒冷化
4. 氷床が融解が止まる、または成長し、淡水の流出を止める
5. 海洋循環が回復し、北半球への熱の流入が回復する
6. 北半球が温暖化
7. 北半球氷床が融解し、次の D-O イベントを引き起こす (2 に戻る)

また、理想化した周期的な気候変動を与えた結果、数千年スケールの気候変動の起こりやすい時期が日射量の極大期やその前後、さらに D-O イベントが実際に頻繁に起きた MIS3 (海底堆積物同位体ステージ 3) であることが示唆された。

### 6.4. 昨年度計算機資源の利用状況

実行ユーザ数:8, CPU 時間 1 ノード未満: 1,548 hours, 1 ノード: 3,258 hours, 2 ノード: 0 hour, 計: 4,806 hours