

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

古環境研究のための多階層数値実験

Numerical Experiments with Multi-models for Paleo-environmental Problems

2. 課題責任者

阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所 気候システム研究系)

Ayako Abe

3. 課題の目的

現在とは異なる条件下の古気候数値実験を行い、大気海洋大循環モデルの性能・信頼性を評価する。同時に、過去の気候変動メカニズムの解明を通して、気候システムの振る舞いを過去・現在・未来について統一的に理解する。具体的には、(1)過去 1000 年や数千年スケールの急激な気候変動期(亜氷期-亜間氷期)の再現、(2)氷期間氷期の気候形成メカニズム理解、(3)将来も含む温暖気候下における気候システム変化の推定の3つを目的とした大循環モデルによる再現実験、およびその他の個別モデルによる環境指標再現実験を行う。その結果を適宜、気候・植生・大気二酸化炭素濃度等の古環境指標と比較することで、各モデルの検証を行う。

4. 今年度当初の研究計画

陸域生態系モデルを用いて、過去 1000 年間の大気二酸化炭素濃度の変化に対する、気候システムの内部変動と外部強制の影響の切り分け感度実験を行う。約 4 万年前の亜氷期-亜間氷期においては、適切なダウンスケーリング手法を開発し、淡水流入による気候影響を高解像度大気大循環モデルに導入して、再現性を確認する。また、得られた気候場を陸域生態系モデルの入力とすることで古植生分布の再現を行う。最終氷期の氷床が海洋循環に与える影響について、海洋大循環モデルを併用することで風速場による寄与を分離する。温暖気候下の海洋物質循環の変動を見積もるため、大気二酸化炭素倍増実験および 4 倍増実験を用いて、海洋酸素濃度分布の推定を行う。

5. 研究計画に沿った利用状況

研究計画に沿って利用することができた。

6. 今年度得られた成果、および達成度

<成果>

過去 1000 年の大気二酸化炭素濃度変動に対する感度実験を行った結果、気候システムの内部変動による寄与が火山活動や太陽活動と比較して無視できないことが明らかになった。

数千年スケールの亜氷期-亜間氷期再現においては、大気海洋大循環モデルによる淡水流入実験を行い、古環境指標が示す急激な寒冷化、および流入停止後の急激な温暖化と整合的な結果を得た。また、高解像度大気大循環モデルへのダウンスケーリング手法を確立した。その結果、北半球の寒冷化と熱帯降水帯の南への移動が再現された。また、淡水流入の効果を陸域生態系再現にも反映することが可能となり、最終氷期および現在と整合的な亜氷期と亜間氷期の古植生分布を得ることができた。

大気海洋大循環モデルと海洋大循環高解像度モデルや大気大循環モデルの多階層モデリングを行った結果、氷期間氷期に関する大気海洋循環に関する多くの結果が得られた。北大西洋では、氷期には海氷で覆われない間は海上の風系の変化を通じて北米氷床の拡大と共に大西洋子午面循環を強化し、海氷に覆われると大西洋子午面循環を弱化するということがわかった。これは急激な気候変化に関する重要な示唆だと考え次年度以降より多くの実験を組み合わせて調べていく必要がある。また南大洋では、氷期と温暖期の海洋の氷床に対する影響に関して知見が得られ始めたので引き続き今後より詳しく調べていきたい。

温暖化時の海洋酸素濃度は最初の 500 年は全球的に減少するが、その後深層の酸素濃度は回復して産業革命前の濃度より高くなった。酸素回復は 500 年以降に南大洋で深層水形成が活発になることで引き起こされることが分かった。温暖化に対する海洋循環と酸素の変動が数百年スケールと千年スケールで異なる可能性が示された。

<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)

過去 1000 年や数千年スケールの急激な気候変動期の再現 90%、氷期間氷期の気候形成メカニズム 95%、将来も含む温暖気候下における気候システム変化の推定 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)

本研究では温暖期実験に 0.3 万ノード時間、最終氷期サイクルにおける急激な気候変化に関する数値実験に 0.7 万ノード時間、過去 1000 年のシミュレーションに 0.3 万ノード時間を申請し、約 1.2 万ノード時間が割り当てられた。今年度は温暖期実験に約 0.4 万ノード時間、最終氷期サイクルにおける急激な気候変動に関する数値実験に約 0.55 万ノード時間を費やし、その他の実験で 0.35 万ノード時間を使用した。

<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)

本研究で用いたモデルは、いずれもこれまでに使用実績があり十分な高速化が図られている。したがって、特に改良等は行っていないが、計算機資源は有効利用できていると考えられる。

<計画的に利用できていない場合、その理由>

特になし

8. 新聞、雑誌での掲載記事

2014.7.5 発行

朝日新聞朝刊『今さら聞けない』欄 記事掲載

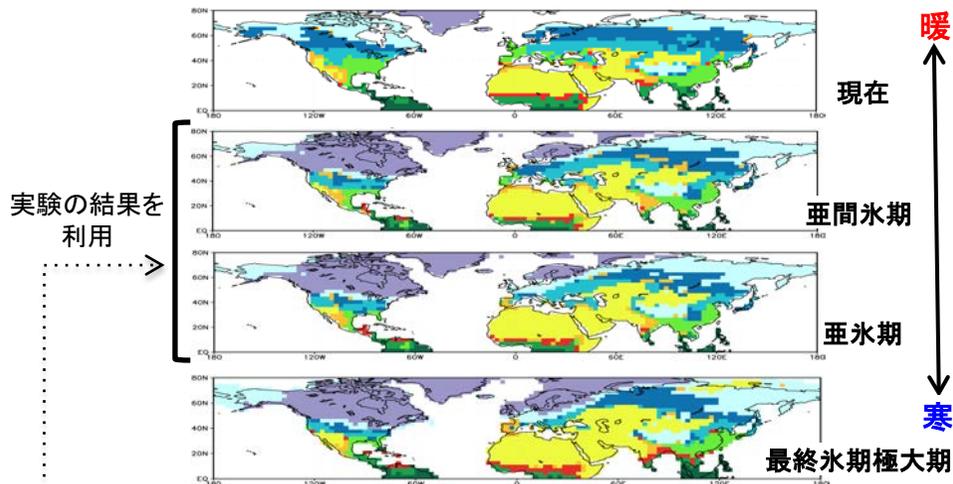
2014.4 発行

独立行政法人日本学術振興会『科研費NEWS 2013 VOL.4』最新研究成果掲載

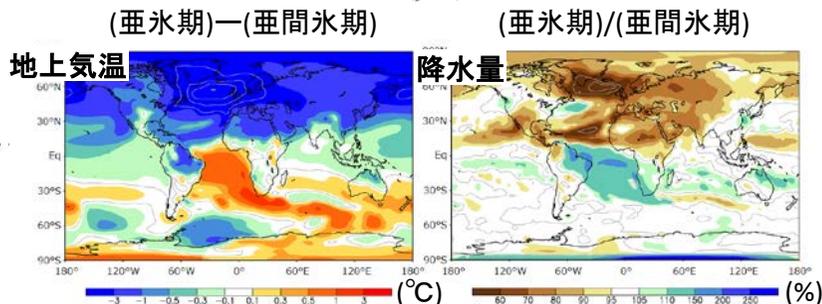
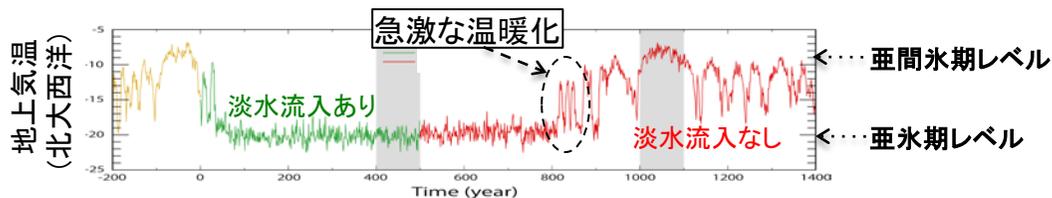
課題名 古環境研究のための多階層数値実験

課題責任者名、所属 阿部彩子、東京大学大気海洋研究所

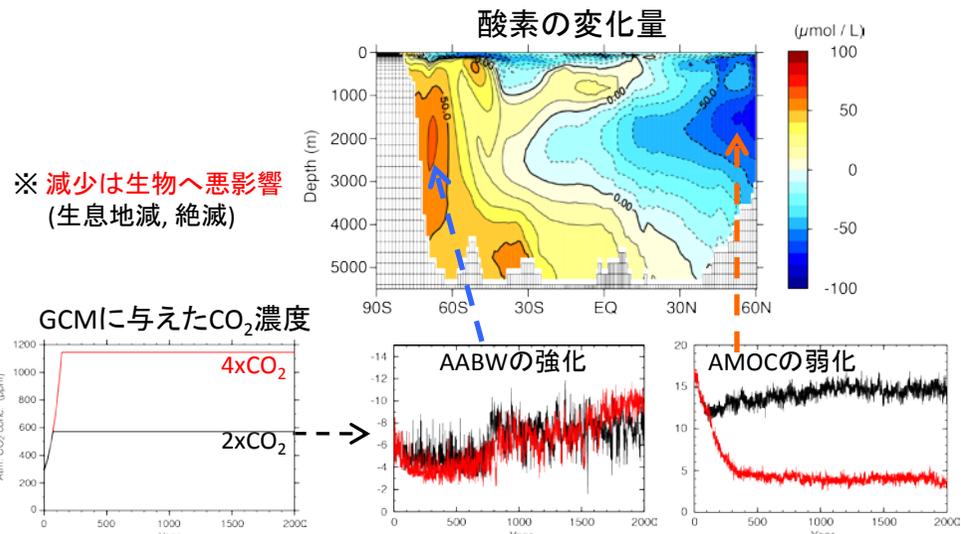
異なる時代の気候と植生分布



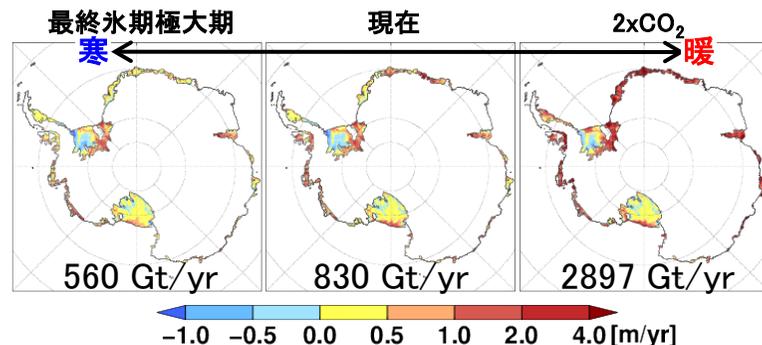
氷期中の急激な気候変化の再現とメカニズム研究



温暖期の海洋循環と物質循環の変動



氷期と温暖期の大气海洋循環と氷床融解



(大気海洋結合モデルと海洋大循環モデルを組み合わせて計算)