研究課題名：気候モデル MIROC を用いた過去と将来の気候モデリング

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：情報システム研究機構国立極地研究所　大石龍太
北海道大学大学院地球環境科学研究院　吉森正和
東京大学大気海洋研究所　シェリフ多田野 サム
北海道大学大学院環境科学院　濱野勇臣

実施年度：平成 27 年度～平成 27 年度

1. 研究目的

現在進行している地球温暖化では、地球上のどこでも同じように温度上昇は起きない。たとえば、北極域で温度上昇が急速かつ大きく現れることが現在までに観測され、将来についても気候モデルで予測されている。しかし、こうした地域的な気候応答は温暖化自体が引き起こすさまざまなフィードバック過程が複雑に絡み合って決まるため､その予測には大きな幅がある。そこで本研究では、気候モデル MIROC を用いた過去の気候再現や将来長期予測に関する様々な感度実験を行い、その全球規模、極域や寒冷圏など地域規模の気候フィードバック過程を調べ、将来予測に資する知見を得る。

2. 研究計画

植生分布が変わることによってどのように北極の温暖化が影響を受けるのかを詳細に調べるために、気候モデル MIROC の大気 GCM と海洋混合層モデルに、動態植生モデル LPJ を結合させたモデルを使用する。植生フィードバックを考慮した温暖化数値実験を行い、これまで確立しきたフィードバック解析手法と詳細な熱輸送解析を組み合わせて、植生フィードバックと物理プロセスとの関係、北極温暖化を増幅させるメカニズムの解明を行う。

3. 進捗状況

今年度はスーパーコンピュータの新規導入により、例年より開始時期が遅く、かつスクリプトの更新に時間を消費したものの、研究計画遂行のための中心的な実験と初期の解析までを終了した。実験設定はすでに出版されている O'ishi and Abe-Ouchi (2009)を踏襲し、詳細なフィードバック解析と熱輸送解析に必要な出力変数を追加し、解析方法は Yoshimori et al. (2014)に従った。

ここでは、CO_2 倍増平衡実験の結果について、植生分布が気候と CO_2 濃度に依存して変化する場合と変化しない場合の差を示す。陸の昇温により、北極海上でも温暖化が生じ、初夏に大きなアルベドフィードバックと海洋の熱吸収による相殺効果が見られる（図 1a）。植生分布の変化は春の雪氷の融解の効果と合わせて、大きなアルベドフィードバックをもたらしている（図 1b）。

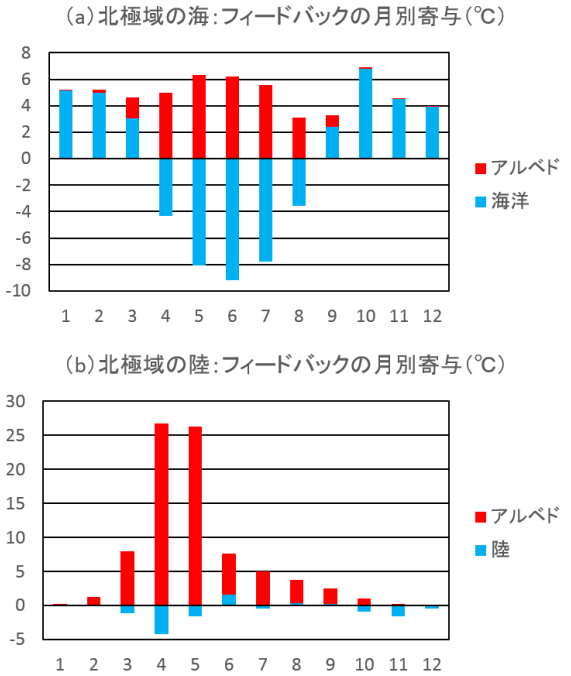

図 1. 植生分布の変化がもたらした北極域の海と陸それぞれの地表面温度上昇に寄与するアルベドと地表熱吸収・放出の効果（℃）（a）海;（b）陸。

その他の効果も含めてフィードバック（図 2 の色棒グラフ）を足し合わせるとシミュレーション結果（図 2 の黒実線）を比較的良く再現できる。植生変化の効果は陸上では春に最も大きな昇温となって現れ（図 2b の黒実線）、それにはアルベドフィードバックの寄与が卓越している（図 2b 赤色）。しかし、その一部は雲による日射の遮蔽による冷却（灰色）や蒸発冷却（緑色）、他地域への熱輸送による冷却（紺色）などにより相殺されている。陸上で冷却に寄与している 4、5 月の他地域への熱輸送は、おそらく、同時期の海上での熱輸送による昇温に対応していると考えられる（図

2a, b の紺色）。また、陸の昇温の影響は、海洋による熱の吸収・放出の季節的な遅れ効果を通して、冬の北極海の温暖化となって現れている。

4. 今後の計画

上記の初期解析結果の解釈をさらに検討するとともに、今年度の残りの課題である、詳細な熱輸送解析を行い、植生分布の変化が北極域全体にもたらす影響のメカニズムを調べる。

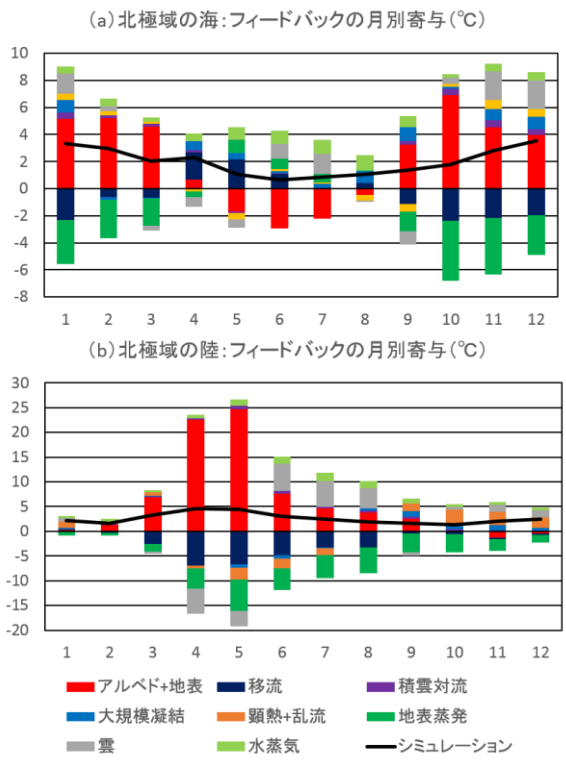

図 2. 植生分布の変化がもたらした北極域の海と陸それぞれの地表面温度上昇に寄与するフィードバックの効果（℃）（a）海;（b）陸。

5. 今年度計算機資源の利用状況（2015 年 4 月 1 日～9 月 30 日、SX-ACE）

実行ユーザ数: 5

CPU 時間 v_deb: 8.506933333 hours, v_32cpu: 855.0943694 hours, v_96cpu: 0 hours, 計: 863.6013028 hours

6. 昨年度研究課題のまとめ

6.1. 昨年度研究課題名

気候モデル MIROC および氷床力学モデル IcIES を用いた過去と将来の気候モデリング

6.2. 昨年度研究課題の目的

基本的に今年度と同様であるが、北極温暖化メカニズムについて、低緯度の温暖化が熱や水の輸送を通して寄与する効果と北極自体が CO_2 増加に対して応答する効果を、感度実験を通して分離し、同時にフィードバック解析を行うことによって、フィードバック間の相互作用の構造を明らかにする。

6.3. 昨年度研究課題の成果概要

遠隔地域の温暖化により、冬季の非定常擾乱を通して水蒸気が高緯度に多く運ばれ、潜熱の輸送が増加する一方、北極の温暖化自体は輸送されてくる乾燥静的エネルギーを減少させることが示された。さらに、フィードバック解析により、モデルにおける大気熱輸送と北極域の各物理プロセス間の関係や相互作用が明らかにされた。特に、北極への北向き熱輸送（湿潤静的エネルギー輸送）の増加に大きく寄与した潜熱輸送は、凝結熱の放出だけでなく、水蒸気や雲の温室効果（放射の効果）を通して冬季に北極の温暖化を促進する効果があることが明確に示された。

6.4. 昨年度計算機資源の利用状況（2014 年 4 月 1 日～2015 年 3 月 31 日、SX-9/A(ECO)）

実行ユーザ数: 5

CPU 時間 v_deb: 0.00 hours, v_cpu: 0.00 hours, v_8cpu: 5,394.20 hours, v_16cpu: 0.00 hours, 計: 5,394.20 hours