研究課題名：気候変動予測における不確実性伝播播過程に関する研究

課題代表者：国立環境研究所地球環境研究センター　塩竈秀夫
共同研究者：国立環境研究所地球環境研究センター　小倉知夫
東京大学気候システム研究センター　木本昌秀・渡部雅浩・羽角博康
岡山大学大学院・自然科学研究科　野沢　徹
筑波大学生命環境系　釜江陽一

実施年度：平成 25 年度～平成 27 年度

1.　研究目的

これまで非常に多くの研究が行われてきたにもかかわらず、気候感度（CO_2 倍増時の全球平均地上気温上昇量）の不確実性は低減されていない。本課題では、全球気候モデル MIROC シリーズを用いて様々な実験を行い、モデルの物理スキームの構造やパラメータ値の不確実性が、気候感度や将来気候予測の不確実性にどのように関係するかを明らかにしていく。

2.　研究計画

気候モデル MIROC シリーズを用いて様々な実験を行い、気候感度に不確実性をもたらす要因に関して研究を行う。さらに気候感度の不確実性が、エアロゾルに対する気候応答の不確実性とどのように関係するかを調べる。

3.　進捗状況

一昨年度から昨年度にかけて、MIROC5 の複数の物理スキームを旧バーションである MIROC3 のものと入れ替えた 8 個のハイブリッドモデルを使って、パラメータ値に摂動を与える「マルチパラメータ・マルチ物理・アンサンブル実験（Multi Parameter Multi Physics Ensemble, MPMPE）」を実施し、気候感度の構造不確実性とパラメータ不確実性の要因を分析した（Shiogama et al. 2014）。このアンサンブル実験では、気候感度が 2℃～10℃と非常に大きな幅を示した。この実験結果を詳しく分析したところ、10℃という高い気候感度は観測データとの比較から棄却されることがわかった。

さらに昨年度は、MIROC5 で硫酸性エアロゾルに関係したパラメータを摂動させる小規模な（10 メンバ）アンサンブル実験を実行し、「産業革命前条件から気候感度を測る実験」と「2000 年エアロゾル条件から気候感度を測る実験」を行ったところ、前者より後者の気候感度が高くなることがわかった。

本年度は、昨年度のエアロゾルパラメータアンサンブル実験の成果を発展させるために、MIROC5.2 を用いて、対流過程、雲過程、硫酸性エアロゾル、炭素性エアロゾルなどの物理スキームのパラメータに摂動を与え、大規模な（100 メンバ）物理パラメータアンサンブル実験を実施している。この実験の出力データを分析することで、バックグランド条件が異なることによる気候感度の違いが有意なのか、また違いが有意な

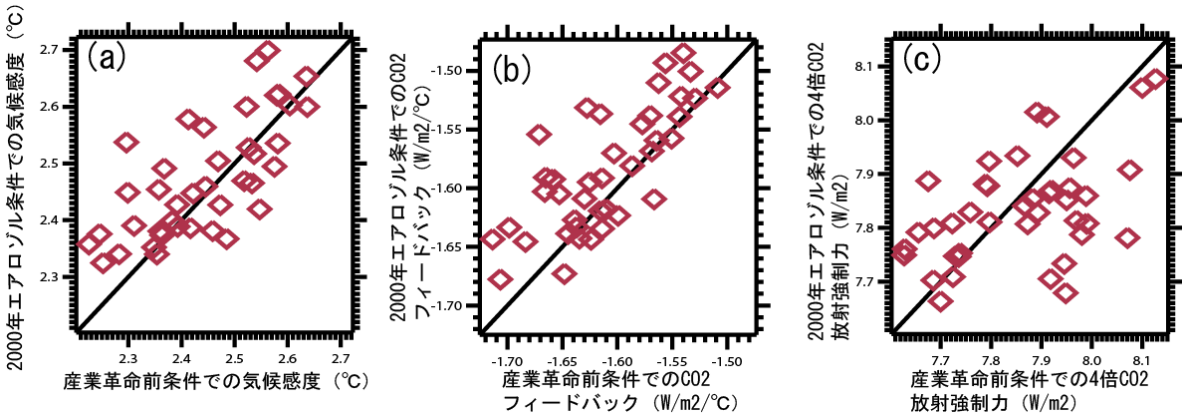

図 1. 産業革命前条件と 2000 年エアロゾル条件における CO_2 濃度増加に対する気候感度、フィードバック、放射強制力の違い。(a)物理パラメータアンサンブルの気候感度（℃）。(b)フィードバック（W/m²/℃）。(c)CO_2 濃度 4 倍の放射強制力（W/m²）。

らどのようなプロセスによって生じているのかを明らかにすることを目指している。

図 1(a)に、気候感度の分布を示す。産業革命前条件の気候感度」より「2000 年エアロゾル条件の気候感度」の方が高くなる傾向が見られる。この気候感度の差は、フィードバックの強さの違いによってもたらされている(図 1b)。一方、CO2 の放射強制力には系統的な差がない(図 1c)。

フィードバックの差は、海洋大陸、インド洋、北太平洋などにおける雲短波フィードバックの違いによってもたらされている（図 2a)。一方、晴天短波フィードバックは、地域ごとに正と負の差が見られるが（図 2a)、全球平均値では打ち消しあって、ほとんど寄与していないことがわかった。

4. 今後の計画

本稿の執筆時点で、エアロゾル摂動アンサンブルのアンサンブル数は約 40 であるが、これを 100 メンバまで増やすことで、よりロバストな結果を得る。その上で、気候感度にバックグランド条件による差をもたらすメカニズムを明らかにする。またどの物理パラメータが、気候感度の非線形性をもたらすかを調べる。

さらに 100 個のパラメータセットから、産業革命前条件の放射収支は 0 から大きくずれず、気候感度とエアロゾル放射強制力のばらつきが大きくなるサブセットを選んで、過去気候変動再現実験と将来予測実験を行う予定である。

5. 計算機資源の利用状況

5.1. 今年度計算機資源の利用状況（2015 年 6 月 1 日～2015 年 9 月 30 日、SX-ACE）

実行ユーザ数: 7

CPU 時間 v_deb: 83.00535 hours, v_32cpu: 75,392.30504 hours, v_96cpu: 46,254.01807 hours, v_160cpu: 0.00 hours, 計: 121,729.3285 hours

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

実行ユーザ数: 7

CPU 時間 v_deb: 261.69 hours, v_cpu: 0.00 hours, v_8cpu: 0.04 hours, v_16cpu: 125,102.00 hours, 計: 125,363.74 hours

参考文献

Shiogama, H., M. Watanabe, T. Ogura, T. Yokohata, and M. Kimoto (2014) Multi-parameter multi-physics ensemble (MPMPE): a new approach exploring the uncertainties of climate sensitivity, Atmos. Sci. Let., 15: 97–102

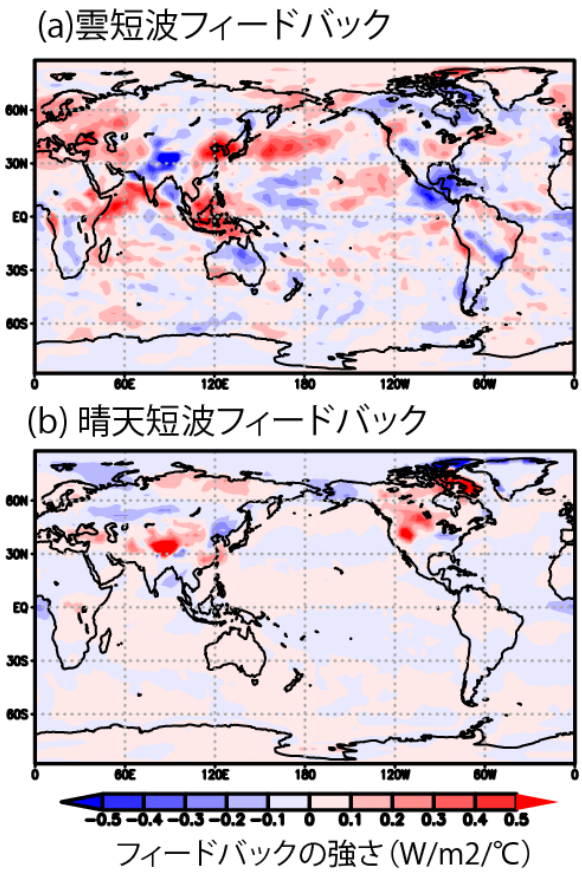

図 2. 産業革命前条件と 2000 年エアロゾル条件における CO_2 増加に対する短波フィードバックの差。(a)アンサンブル平均した雲短波フィードバックの差（2000 年条件－産業革命前条件）(W/m^2/℃)。正の値が過熱偏差、負の値が冷却偏差を表す。(b) アンサンブル平均した晴天短波フィードバックの差（2000 年条件－産業革命前条件）（W/m^2/℃)。