

研究課題名：気候感度の外部因子依存性に関する研究

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・廣田渚郎
 国立環境研究所気候変動適応センター 石崎紀子
 東京大学大気海洋研究所 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
 東京大学生産技術研究所 Hyungjun Kim

実施年度：平成 28 年度～令和元年度

1. 研究目的

パリ協定の 2°C 目標を達成するための温室効果ガス排出削減政策（緩和策）を議論する際には、簡易気候モデルと経済モデルを組み合わせた統合評価モデルとよばれる数値モデルを用いて、緩和策の経路とコストを計算する。この簡易気候モデルは、気候システムのエネルギーバランスだけを解く簡単なものだが、そのモデルに与える「気候システムを加熱または冷却する外部強制力（放射強制力）に対して、世界平均気温が何°C 変化するか」を表す気候感度は、全球気候モデル（GCM）のシミュレーション結果を基に調整されてい

る。統合評価モデルでは、エアロゾル、オゾン、太陽活動等の外部因子に対する気候感度は CO₂ と同じと仮定する場合が多い。しかし、GCM を用いた先行研究によって、気候感度は外部因子の種類によって大きく異なる可能性が指摘されている (Yoshimori and Broccoli 2008, J Clim, Shindell 2014 Nature Clim Chan)。「温室効果ガス以外の外部強制因子に対する気候感度」の「温室効果ガスに対する気候感度」に対する比をエフィカシーと呼ぶ。統合評価モデルの計算においては、全てに外部強制因子に対する気候感度は一定である（エフィカシー=1）と仮定されるが、この仮定を外した場合に、緩和策の経路やコスト見積りに大きな変化が生

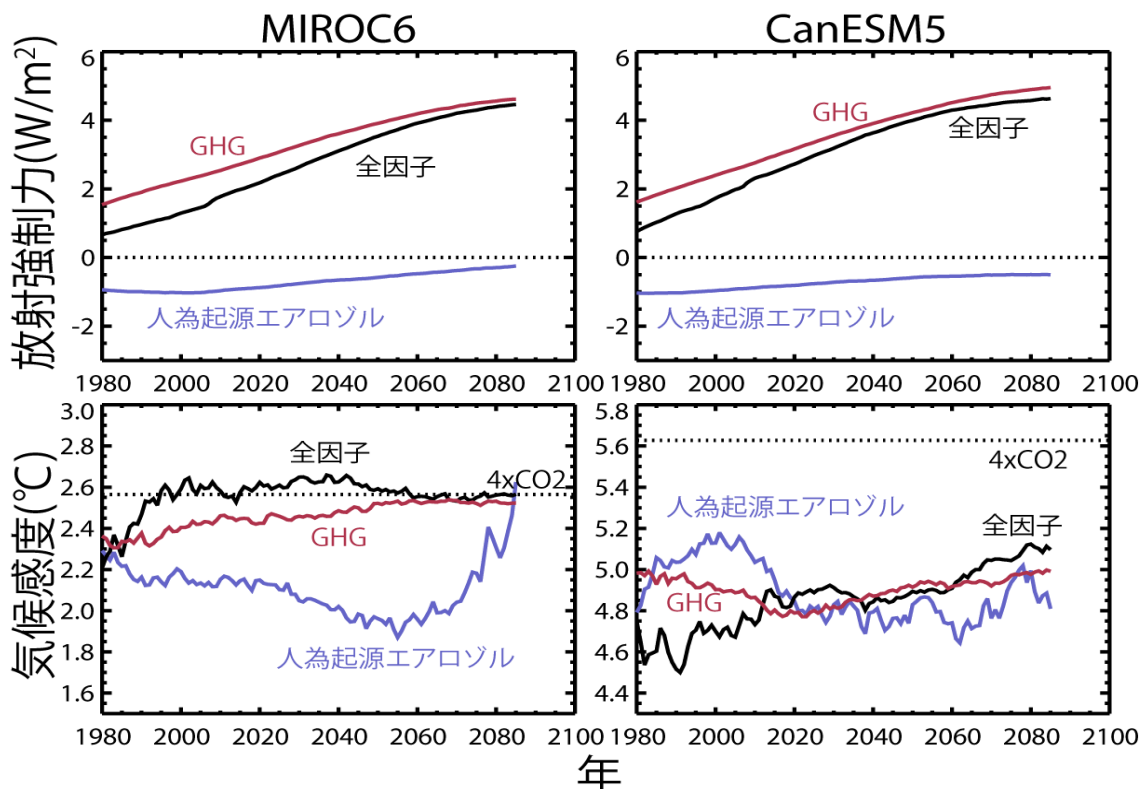


図 1 MIROC6 と CanESM5 における複数の外部因子に対する放射強制力(上図, W/m²)と気候感度推定値 (下図, °C) の時間発展の比較。黒実線は全外部因子実験。赤線は温室効果ガスのみ実験。青線は、人為起源エアロゾル（硫酸性、黒色炭素、有機炭素）のみ実験。下図の黒点線は、4xCO₂ 実験から求めた CO₂ 濃度 2 倍増に対する気候感度。31 年移動平均をかけている。(Shiogama et al., in preparation)

じる可能性がある。

本課題では、MIROC GCM を用いて、数多くの数値実験を行うことで、CO₂ 濃度変化に対する気候感度の不確実性、CO₂ とほかの外部強制因子に対する気候感度の違いなどに関する研究を行う。

2. 研究計画

本研究では、我々が開発・運用に貢献している最先端のGCM、MIROCを用いて、数多くの数値実験を行うことで、様々な外部強制因子に対する気候感度ほどの程度の差があるのかを調べ、その違いをもたらすメカニズムを明らかにする。気候感度の外部強制因子に対する依存性に関しては、これまで単一のGCMを用いた研究が行われてきたが、理想化した条件で数値実験が行われ、現実的な排出シナリオに沿ったものはほとんどない。マルチGCMの結果を比較した研究もある（Shindell et al. 2015, JGR）が、放射強制力の見積りに系統誤差が含まれ（Gregory et al. 2015, Phil Trans Roy Soc A）、政策評価の議論に絶えうる精度がないことが強く懸念される。

これらの問題を解決するために、課題代表者の塩竈などは、「各外部強制因子に対する放射強制力をより正確に推定する実験（Radiative Forcing Model Intercomparison Project, RFMIP）」と「各外部強制因子に対する気候応答を調べる実験（Detection and Attribution Model Intercomparison Project, DAMIP）」を大気海洋結合モデル相互比較実験計画（CMIP6）の一部として提案し、採用された。次期IPCC報告書(IPCC AR6)において、RFMIPは放射強制力、DAMIPは「気候変化の検出と要因分析」に関する章の基礎になる実験計画である。ここでは、DAMIPとRFMIPの実験結果を組み合わせ、DAMIPで計算される各外部強制因子に対する気温変化をRFMIPの放射強制力で割ることによって、各外部強制因子に対する気候感度を計算する。

3. 進捗状況

MIROC6を用いて、全外部因子、温室効果ガス、人為起源エアロゾルの放射強制力と気候感度を求める実験を行った。同様の実験データをCMIP6データベースに提出しているCanESM5と比較分析を行った。

MIROC6とCanESM5では、放射強制力の時間変化はよく似ている。温室効果ガスの加熱効果を人為起源エアロゾルの冷却効果が一部打ち消している。温室効果ガスの放射強制力は増加しつつづけるが、人為起源エアロゾルの冷却効果は、徐々にゼロに近づいていく。

全外部因子、温室効果ガス、人為起源エアロゾルの気候感度は全て時間変化するが、その変化の仕方は因子間およびモデル間で全く異なることが分かった。温

室効果ガスに対する気候感度は、MIROC6では時間経過と共に増加するが、CanESM5では2020年頃までは低下し、その後は増加する。人為起源エアロゾルに対する気候感度は、MIROC6では2060年頃までは低下するが、その後は急速に増加する。一方、CanESM5では2010年頃まで増加、2060年頃までは低下、その後は増加する。全外部因子に対する気候感度は、MIROC6では2000年頃までは増加するが、その後はほぼ一定値になる。ところが、CanESM5では時間経過と共に増加し続ける。

4. 今後の計画

今後は、気候感度の時間変化の仕方が、外部因子やGCMによって異なる原因を調べていく。

5. 計算機資源の利用状況（2018年10月1日～2019年11月30日）

実行ユーザ数: 8

CPU 時間 v_deb: 0.00 hours, v_32cpu: 53,669.93 hours, v_96cpu: 631,320.90 hours, v_160cpu: 0.00 hours, 計: 684,990.83 hours