

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
 東京大学大気海洋研究所 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

実施年度：平成 28 年度～平成 30 年度

1. 研究目的

これまでの課題（気候変動予測における不確実性伝播過程に関する研究）においては、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、CO₂ に対する気候感度の不確実性要因を調べてきた。本課題では、これまでの研究を発展させ、CO₂ に対する気候感度とほかの外部強制因子に対する気候感度に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。

2. 研究計画

本課題では、MIROC5.2 GCMを用いて、全外部因子、温室効果ガス、人為起源エアロゾル、オゾン+土地利用変化、自然起源外部因子（太陽活動+火山活動）に対する気候感度を調べる実験を行う。具体的には、MIROC5.2の大気コンポーネント（AGCM）と、海洋コンポーネントを含むフルモデル（AOGCM）を用いて、以下の実験を行う。

AGCM実験：温暖化が進む前の19世紀半ばの海面水温と海氷をAGCMの境界条件として与えた上で、1850年から2099年までの個々の外部因子の時間変化を与える（表1）。将来の外部因子の変化は、IPCC AR5で用いられたRCP4.5シナリ

オを用いる。この実験の大気上端の放射収支変化を解析することで放射強制力の時間変化を求めることができる。「外部因子に変化がなくても気候システムの内部で生じるゆらぎ（内部変動）」の影響を低減するために、10メンバ程度の初期値アンサンブル実験を実施し、平均値を解析する。

AOGCM実験：AOGCMに1850年から2099年までの個々の外部強制因子の時間変化を与える（表2）。10メンバ程度の初期値アンサンブル実験を実施し、その平均値を解析する。この実験結果を解析することで、海洋を含むフルの気候システムの各外部強制因子に対する応答を調べることができる。

AGCM実験結果とAOGCM実験の結果を併せて解析することで、各外部因子に対する気候感度を求める。

また、現在CO₂に対する気候感度を求める際に標準になっている「AOGCMのCO₂濃度を突然4倍増する実験」も行い、上記の過渡実験から求めた気候感度と比較する。

本研究によって、各種外部強制因子に対する気候応答がどのように異なるのか、なぜ違いが生じるのかが明らかになることが期待される。

表 1. AGCM 実験リスト

実験名	外部因子	年	アンサンブル数
A-piControl	産業革命前条件	250 年	1
A-ALL	全因子	1850-2099	3
A-GHG	温室効果ガス	1850-2099	3
A-AER	人為起源エアロゾル	1850-2099	12
A-NAT	自然起源	1850-2099	3
A-OZL	土地利用+オゾン	1850-2099	3

表 2. AOGCM 実験リスト

実験名	外部因子	年	アンサンブル数
C-piControl	産業革命前条件	250 年	1
C-ALL	全因子	1850-2099	3
C-GHG	温室効果ガス	1850-2099	3
C-AER	人為起源エアロゾル	1850-2099	12
C-NAT	自然起源	1850-2099	3
C-OZL	土地利用+オゾン	1850-2099	3
C-4xCO2	4xCO2	150 年	1

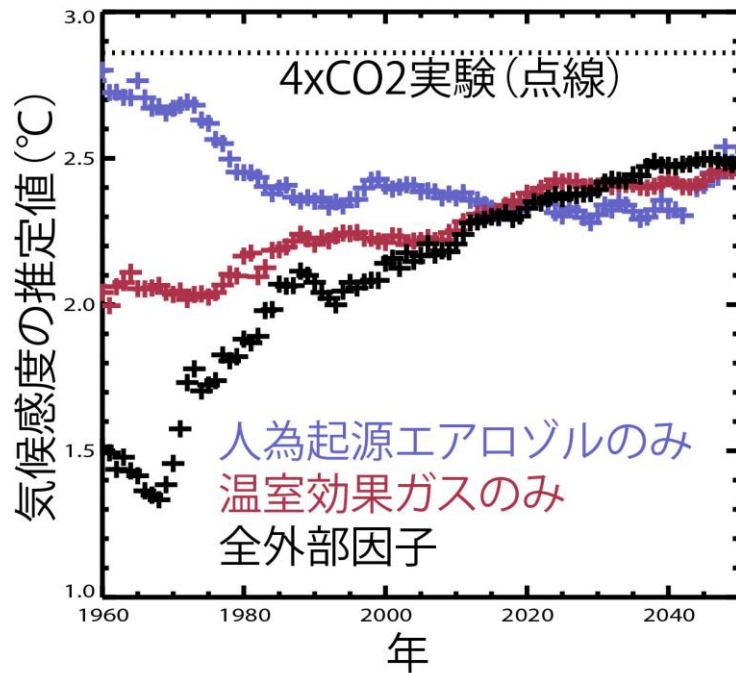


図 1. 複数の外部因子に対する気候感度推定値 (°C) の時間発展の比較。黒十字は全外部因子過渡実験から求めた気候感度。赤十字は温室効果ガスのみ過渡実験の気候感度。青十字は、人為起源エアロゾル（流酸性、黒色炭素、有機炭素）のみ過渡実験の気候感度。黒点線は、4xCO₂実験から求めた CO₂濃度 2 倍増に対する気候感度。

3. 進捗状況

エアロゾル実験に関して 12 メンバ、それ以外の過渡応答実験に関しては、3 メンバの実験を行った。また 4 倍 CO₂ 実験も 1 メンバ実施した。

これらの実験データを分析したところ、過渡実験では気候感度が時間変化することがわかった。全外部因子実験と温室効果ガス実験では、実験期間が短くて温暖化シグナルが小さい時は気候感度が低く、実験期間がのびて温暖化シグナルが大きくなると気候感度が高くなることが分かった。一方、冷却効果をもつ人為起源エアロゾルに対しては、冷却効果がピークになる 2000 年頃までは、徐々に気候感度が小さくなっていくが、その後はあまり変化しなくなることがわかった。

既存研究では、人為起源エアロゾルの感度は、CO₂ 増加に対する感度よりも大きいということが指摘されてきた。2010 年以前のデータでは、確かに人為起源エアロゾルの感度は、CO₂ 増加に対する感度よりも大きい。しかし、その差は徐々に縮まっていき、2020 年頃には差がなくなることがわかった。

4. 今後の計画

自然起源外部因子のみ実験と土地利用+オゾン実験に関しては、現在のアンサンブル数では、十分なシグナルノイズ比が得られない。これらの実験も含めて、今後アンサンブル数を増加して、よりロバストな解析を行っていく。また CO₂ とそれ以外の温室効果ガスの感度の違いを調べるために、CO₂ のみ過渡実験も実施

する。その上で、気候感度の推定値が時間変化するメカニズムと外部因子によって気候感度が異なる理由を明らかにしていく。

5. 昨年度終了研究課題名

気候変動予測における不確実性伝播過程に関する研究

6. 計算機資源の利用状況 (2015 年 10 月 1 日～2016 年 10 月 31 日)

実行ユーザ数: 7

CPU 時間 v_deb: 197.43 hours, v_32cpu: 216,465.00 hours, v_96cpu: 2,635,757.34 hours, v_160cpu: 0.00 hours, 計: 2,852,419.78 hours