

## 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 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

MIROC GCM を用いて、数多くの数値実験を行うことで、CO<sub>2</sub> 濃度変化に対する気候感度や水循環感度（1℃温暖化に対する降水量変化）の不確実性、CO<sub>2</sub> 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

本課題では、MIROC 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に対する気候感度を調べる実験を行い、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を明らかにする。またパラメータ摂動アンサンブル実験

などを行うことで、気候感度や水循環感度の不確実性を調べる。

### 3. 進捗状況

MIROC5.2 を用いて、境界層の蒸発効率のパラメータを摂動することで、降水量感度をコントロールしたアンサンブル実験（PerSE 実験）を実行した。そして PerSE 実験、MIROC5 物理摂動実験（以前の課題で行った実験。Shiogama et al. 2012, Climate Dynamics）、CMIP5 マルチ GCM の4×CO<sub>2</sub>実験の出力データを解析することで、気候感度と水循環感度の相関関係を調べた（図1）。単一のモデルを使えば、気候感度と水循

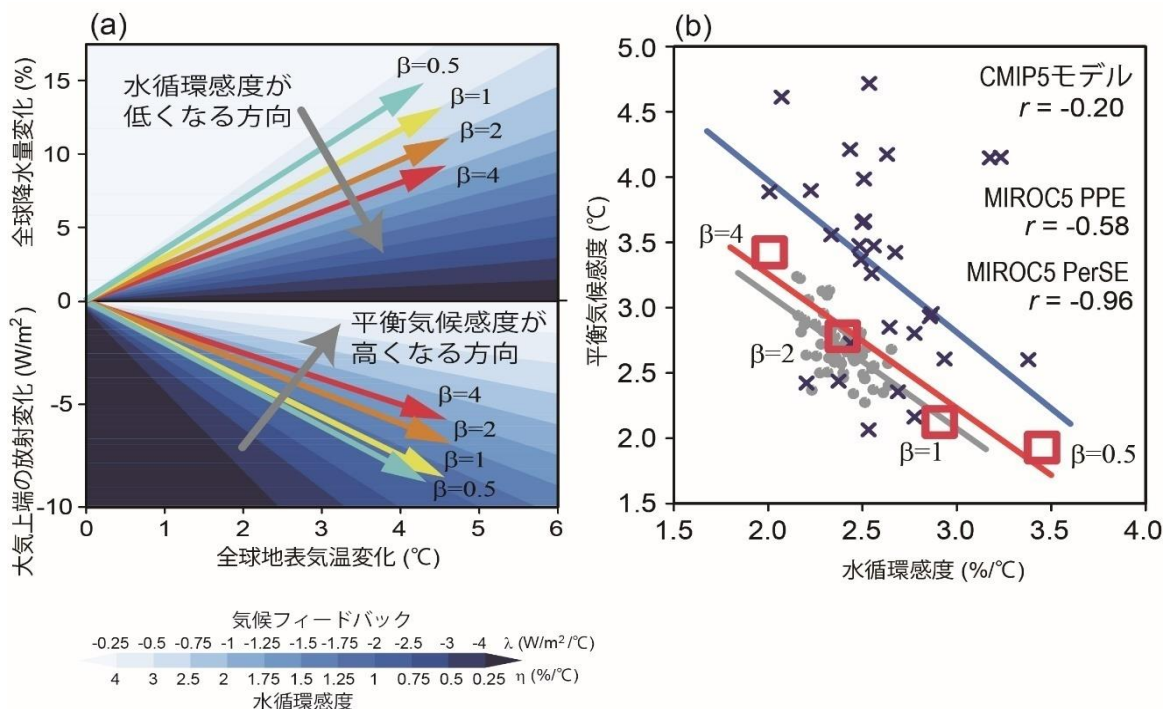


図 1. さまざまな気候モデルのアンサンブルで示される気候感度と水循環感度の反比例関係。(a) PerSE 実験における全球降水量変化（上半分）および大気上端の正味放射変化（下半分）を、全球地表気温上昇についてプロットしたもの。蒸発効率（β）の異なる 4 つの実験を違う色の矢印で示している。矢印の傾きが水循環感度と気候フィードバックを表す。平衡気候感度と水循環感度が変化する方向を灰色の矢印で模式的に示す。β=4 のときには平衡気候感度が最大で水循環感度が最小になり、β=0.5 のときには逆になっていることが分る。(b)気候感度と水循環感度の散布図を PerSE 実験（赤）、MIROC 物理摂動実験（灰色）、CMIP5 の温暖化シミュレーション（青）についてプロットしたもの。それぞれのアンサンブルにおける相関係数と回帰直線を図中に示す（Watanabe et al. 2018, Nature Climate Change）。

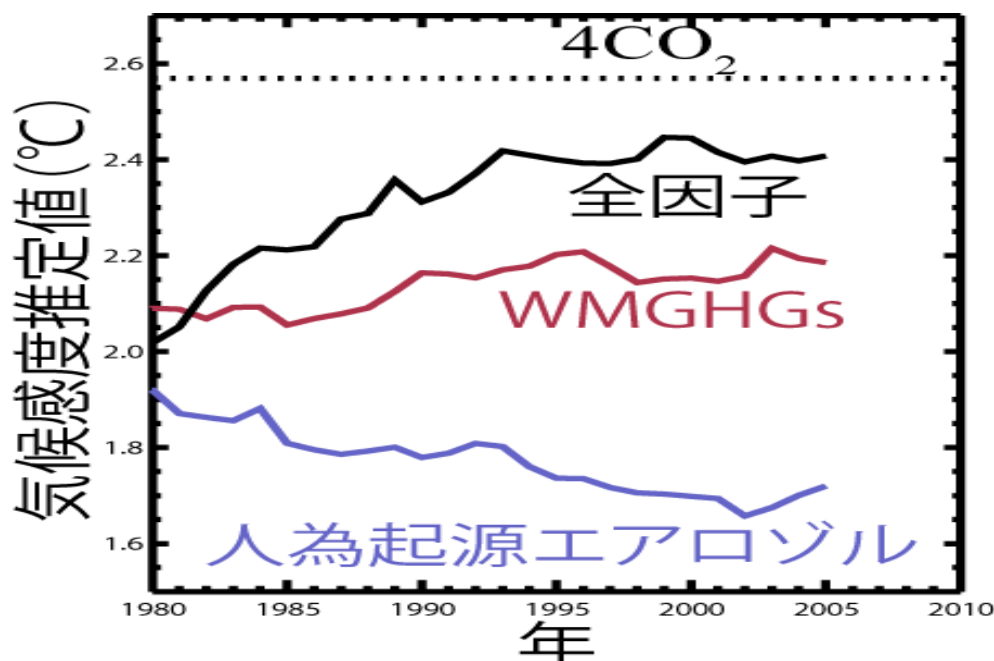


図 2. MIROC6 実験における複数の外部因子に対する気候感度推定値 (°C) の時間発展の比較。黒実線は全外部因子過渡実験から求めた気候感度。赤線は温室効果ガスのみ過渡実験の気候感度。青線は、人為起源エアロゾル (硫酸性、黒色炭素、有機炭素) のみ過渡実験の気候感度。黒点線は、4xCO<sub>2</sub> 実験から求めた CO<sub>2</sub> 濃度 2 倍増に対する気候感度 (Shiogama et al., in preparation)。

環感度の間に明瞭な関係が見いだせることがわかった。一方で、CMIP5 の気候モデルには、そこまで明らかな逆相関がみられなかった。

さらに 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気候感度を求める実験を行った。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 (図 2)。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ことがわかった。

#### 4. 今後の計画

外部因子を切り分ける実験を 2100 年まで延長する。この実験のデータを分析して、気候感度が外部因子によって異なる原因を調べていく。

#### 5. 昨年度の研究課題名

気候感度の外部因子依存性に関する研究

#### 6. 計算機資源の利用状況 (2017 年 10 月 1 日～2018 年 11 月 30 日)

実行ユーザ数: 6

CPU 時間 v\_deb: 2.57 hours, v\_32cpu: 107,816.55 hours, v\_96cpu: 2,697,459.31 hours, v\_160cpu: 0.00 hours, 計: 2,805,278.43 hours

#### 参考文献

Shiogama, H. and coauthors (2012): Perturbed Physics Ensemble using the MIROC5 Coupled Atmosphere-Ocean GCM without Flux Corrections: Experimental Design and Results. *Climate Dynamics*, 39 (12), 3041-3056.

Watanabe M., Y. Kamae, H. Shiogama, A. DeAngelis, K. Suzuki (2018) Low clouds link equilibrium climate sensitivity to hydrological sensitivity. *Nature Climate Change*, <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0272-0>