

# 気候感度の物理パラメータ不確実性のメカニズムと制約

†塩竈秀夫<sup>1</sup>, 渡部雅浩<sup>2</sup>, 吉森正和<sup>2</sup>, 小倉知夫<sup>1</sup>, 横畠徳太<sup>1</sup>, 阿部学<sup>1</sup>, James D Annan<sup>3</sup>, Julia C Hargreaves<sup>3</sup>, 釜江陽一<sup>4,2</sup>, 江守正多<sup>1,2</sup>, 野沢徹<sup>1</sup>, 阿部彩子<sup>2</sup>, 木本昌秀<sup>2</sup>

<sup>1</sup>国立環境研究所 <sup>2</sup>東大AORI <sup>3</sup>海洋研究開発機構 <sup>4</sup>筑波大学

## 1. はじめに

大気海洋結合モデル間で気候感度 (CO<sub>2</sub> 濃度 2 倍増に対する全球平均地上気温上昇量) に差が生じる主な要因は、2 種類ある。一つは、モデル間で解像度や物理スキーム (パラメタリゼーション) の構造が異なることによる不確実性 (構造不確実性) である。構造不確実性に関する研究は歴史が長く、CMIP などでは多数のモデルの実験データが収集・公開され、多くの比較研究が行われてきた。もう一つの不確実性は、物理スキーム内のパラメータ値を観測の不確実性範囲内で変化させても、モデルの性質が大きく変わりえるという物理パラメータ不確実性である。こちらは研究の歴史も浅く、本格的な研究は数例しかない。我々は、大気海洋結合モデル MIROC5 を用いて、積雲対流、雲、境界層、エアロゾル、雪氷に関する 10 種類のパラメータを、不確実性の範囲内で同時に走査する大規模なアンサンブル実験 (物理アンサンブル実験) に取り組んでいる。ここでは、実験デザインと初期結果を紹介する。

## 2. 実験デザイン

これまでのほとんどの物理アンサンブル実験では、計算資源の制約から、海洋混合層モデルと結合した大気モデル (以下 ASGCM) が用いられてきた。しかし、ASGCM の気候感度はフル大気海洋結合モデル (CGCM) とは異なることが指摘されている。そのため本実験では CGCM を用いる。CGCM のパラメータを走査した場合、大気上端での放射収支が変わるために、気候場がドリフトしてしまう。フラックス調節を行えば、ある程度ドリフトを防ぐことができるが、フラックス調節は海面水温を観測データに近づけるため、気候感度そのものに影響を与える可能性がある。以上の問題を解決するために、本研究では、放射収支を変えないパラメータ値の組み合わせを見つけ出し、フラックス調節を行わなくてもドリフトしない実験方法を開発した。

ここでは、Gregory *et al.* (2004, *GRL*) によって提唱された Gregory 実験を用いて、気候感度、放射強制力、フィードバックを推定する。

## 3. 結果

このアンサンブルにおける気候感度の幅は 2.2 – 3.4°C である。雲短波フィードバックのばらつきが、気候感度の分散の大部分をもたらしている。全てのメンバーで雲短波フィードバックが正值を持たないため、高い感度が現れない。このモデ

ルでは、温暖化時に中層雲の雲量が増えることで、雲短波フィードバックが負になる。

温暖化時の雲短波フィードバックの大きさは、現在気候の中層雲の量と関係していることがわかった (図 1a)。また太平洋 ITCZ の南側で雄大積雲が発生しやすく降水量が多いメンバーほど、雲短波フィードバックが負に大きくなる (図 1b)。そのようなメンバーでは、太平洋の赤道上で Bjerknes フィードバックが働きやすいため、ENSO の振幅も大きい (図 1c)。これらの関係を用い、さらに観測データとモデルの現在気候実験を比較することで、雲短波フィードバックの物理パラメータ不確実性を制約する事が出来る。

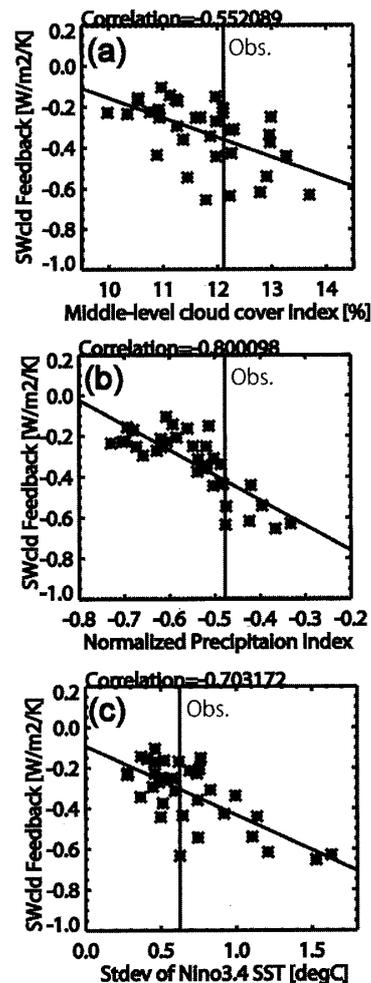


図 1 MIROC5 物理アンサンブルの雲短波フィードバック [W/m<sup>2</sup>/K] と現在気候における (a) 中層雲の被覆率 [%]、(b) 太平洋 ITCZ とその南側の降水量の差 [無次元]、(c) 年平均 Nino3.4 インデックスの標準偏差 [°C] との関係。縦線は観測値。詳細は講演で説明する。