

北太平洋亜寒帯前線の南北変位に対する大気と海洋の応答: 大気海洋結合モデルCFESを用いた実験

○田口文明¹・野中正見¹・Niklas Schneider²・中村尚^{3,1}

1. 海洋研究開発機構 2. ハワイ大学国際太平洋研究センター 3. 東京大学先端科学技術研究センター

キーワード: 大気海洋結合モデル・海洋前線・大気応答

1 はじめに

近年の観測データを用いた研究から、風成海洋循環の変動に伴う黒潮続流域での海洋前線の南北シフトが、海洋から大気への熱的な強制の変動を通じて、海盆スケールの大気循環変動に影響を与える可能性が示唆されている (Frankignoul et al. 2011, Taguchi et al. 2012)。しかし既往研究で採用された診断的な解析手法では、海洋前線変動の大気への影響の因果関係を直接的に明らかに出来ないため、大気大循環モデルに海洋前線スケールの海面水温 (SST) 偏差を与える感度実験が、国内外で精力的に実施されている (例えば Okajima et al. 2014)。本研究では、このような海洋前線変動に対する大気応答実験を大気海洋結合モデルを用いて行うことにより、より現実的な条件の下での海洋前線変動に対する大気応答を調べ、究極的には、そのような大気応答の海洋への再影響を評価することを目的とする。

2 モデル実験の設定

標準実験: JAMSTEC 地球シミュレータセンターで開発された全球大気海洋結合モデル CFES 中解像度版 (解像度: 大気 ~100km/48 層; 海洋 0.5°/54 層) を用いる。一定の温室効果気体濃度を与えて 150 年積分した標準実験は、北太平洋の亜寒帯前線帯の顕著な十年規模南北シフトと、海洋歴史観測と大気再解析データの診断解析から得られたものと整合的な冬季の大気応答を示すことが確認されている (Taguchi et al. 2012)。

感度実験: 標準実験の結果から無作為に取り出した大気と海洋の状態を初期値として、北太平洋の偏西風変動を理想化した風応力偏差を加えながら積分することにより、海洋前線を人為的に南北シフトさせる感度実験を行った。風応力偏差の分布 (図 1) は、標準実験において亜寒帯前線の南北変位時系列に 1 年先行する回帰係数の分布から決めた。感度実験の開始から風応力偏差を与える 1 年 9ヶ月の風応力偏差強制ランと、引き続き風応力偏差をオフにして 1 年 9ヶ月積分する自由結合ランの計 3.5 年のランを、異なる初期値で 19 メンバーのアンサンブル実験を行った。

応答の検出: 感度実験と標準実験のそれぞれのアンサンブル平均の差を風応力偏差強制に対する応答とみなし、本研究では冬季の大気応答に着目する。

3 結果

風応力偏差強制ランで与えた風応力カールに感度して、亜寒帯域に正の海面高度偏差が時間とともに発達

する。この海洋応答は亜寒帯循環の弱化を示し、これに伴い亜寒帯前線の緯度 (142-160°E で平均) が系統的に 2~3 度北上するとともに亜寒帯前線帯の水温も 2~3 度上昇する。このような亜寒帯前線帯の北上と昇温に対してまず亜寒帯前線帯上の局所的な応答を見てみると、冬季を通じて持続的な $\sim 60 \text{Wm}^{-2}$ 程度の上向き乱流熱フラックスの増加が見られ、これと空間的に対応して数 mm/day の降水率の増加が見られた (図略)。

局所的な大気応答とは対照的に、大規模な大気循環応答は各年各月毎に分布の変動が大きい。図 2 には、自由結合ランを実施した 3 年目及び 4 年目の 1 月と 2 月の 250hPa の高度場 (Z250) の応答を示した。例えば 4 年目 1 月の Z250 応答を見ると、アリューシャン列島付近に中心を持つ高気圧性循環偏差とそれに続く波列構造を示し Taguchi et al. (2012) の 1 月の応答と整合的である。しかし、3 年目の結果を見ると 1 月の太平洋上の応答はほとんどなく、対流圏上空の大規模な大気循環応答は必ずしも coherent ではない。応答が一貫しない理由として、モデル実験設定が、感度実験の各メンバーの熱帯 SST の自由な時間発展を許していることが考えられる。熱帯域の SST 応答は、感度実験のアンサンブル平均ではほぼゼロになるが、感度実験結果をエルニーニョの位相毎にコンポジット平均すると、エルニーニョ平均とラニーニャ平均では、熱帯 SST の中緯度大気への遠隔影響が対称ではなく、月毎に異なる残差を残す (図略)。発表時には、熱帯 SST を気候値で束縛する追加感度実験の結果についても議論したい。

謝辞: CFES の積分は地球シミュレータで実行した。科研費新学術領域研究 (MEXT 22106006) と基盤研究 (C) (JSPS 24540476) の支援を受けた。

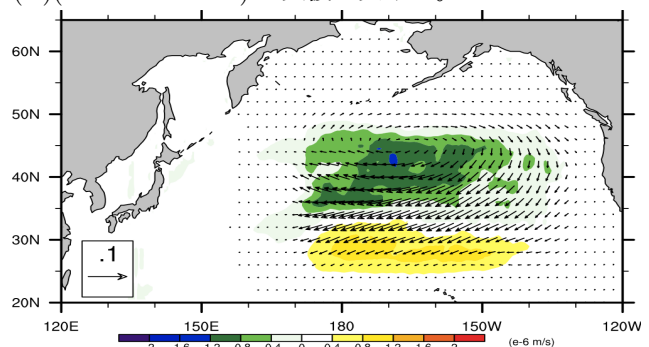


図 1. 風応力偏差 (Nm^{-2}). 陰影はエクマンポンピング流速.)

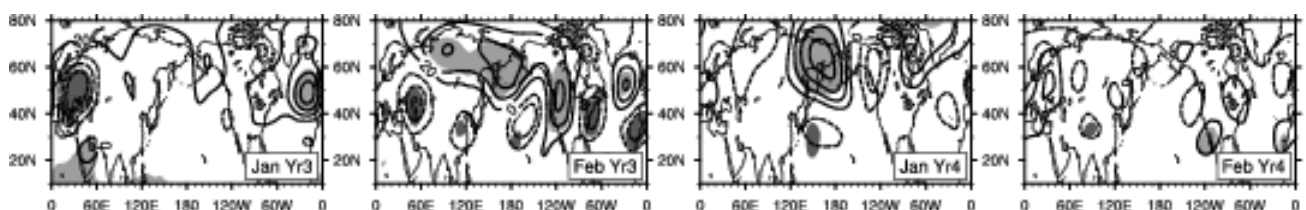


図 2. 250hPa 高度場の応答 (感度実験-標準実験, コンター間隔は 20m). アンサンブル平均の差が 90% で有意な領域に陰影.