

2021-22 年冬季の北太平洋中高緯度海面水温偏差への大気応答

課題責任者

中村 尚 東京大学 先端科学技術研究センター

著者

西井 和晃*¹, 田口 文明*², 小坂 優*³, 中村 尚*³*¹ 三重大学 大学院生物資源学研究科, *² 富山大学 都市デザイン学部, *³ 東京大学 先端科学技術研究センター

キーワード: 大気大循環モデル, 太平洋十年規模変動, ブロッキング, ストームトラック

1. はじめに

2021/22 年冬季 (DJF) 平均の北太平洋海面水温場 (SST) には顕著な高温偏差が存在し (図 1), この冬の太平洋十年規模変動 (PDO) の指数は -2.34 であった (NOAA NCEI). この暖水偏差に伴い大気への潜熱・顕熱供給は暖水偏差西部で増大した一方, 北部で減少していた (図略). このような PDO に伴う北太平洋上の SST 偏差による大気循環場への強制が PDO の持続にとって重要であると考えられている [1] が, そのメカニズムの理解は不十分である. 本研究の目的は, 大気大循環モデル (AGCM) 実験に基づき, この SST 偏差が大気循環に及ぼす影響について評価することである. 特に AGCM の水平解像度が, 得られた応答に与える影響に着目する.

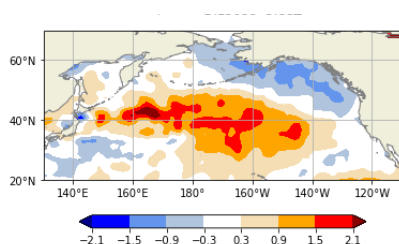


図 1. 2021/22 年冬季平均した SST 偏差 (K).

2. 数値実験

AGCM として AFES (AGCM for the Earth Simulator; [2, 3]) を用いる. 水平解像度は T239 (約 50km) と T119 (約 100km) の 2 種類である. 鉛直層数はともに 56 である. NOAA OISSTv2.1 の日別 SST を標準実験の下方境界条件として与えた. 計算期間は 2021 年 9 月~2022 年 2 月である. また, 熱帯実験として観測された SST を熱帯 (南・北緯 22.5 度以下) に, 日別気候値 SST を中高緯度に与えた実験を行った. 気候値は 1991 年から 2020 年の日別平均として求めた. T239 と T119 それぞれで 100 アンサンブルメンバー実験を行った. 標準実験と熱帯実験とのアンサンブル平均の差を中高緯度 SST 偏差への応答とみなした. 必ずしも北太平洋 SST 偏差のみへの応答でないことに注意されたい. なお標準実験には観測された海氷, 熱帯実験には気候値の海氷を境界条件として与えたため, この応答には海氷偏差への応答が含まれている可能性があるが, 北太平洋への影響は小さいものとして無視した. 比較に

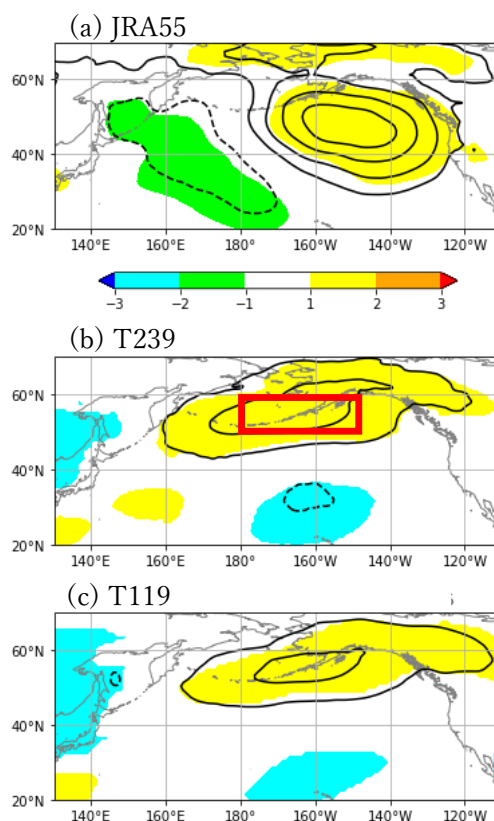


図 2. 2021/22 年冬季平均した (a) 再解析の SLP 偏差, (b) T239 実験での SLP 応答, (c) T119 実験での SLP 応答. 等値線は 1hPa ごとで 0 は省略. (a) での色は基準化した偏差, (b, c) での色は 5% で有意な応答を表す.

は JRA-55 再解析データを用いた.

3. 結果

冬季平均では負の PDO 時に典型的な, 北太平洋北東部で海面気圧 (SLP) の正偏差が再解析で見られた (図 2a). 一方, SLP の中高緯度 SST 偏差への応答では, T239, T119 両実験ともに北太平洋の北部で正の SLP 応答が得られた (図 2a). この応答の統計的有意性のサンプルサイズ依存性を調査するため, 北東北太平洋 (北緯 50-60 度, 東経 180-210 度, 図 2b の赤線) で領域平均した SLP について

以下の解析を行った。各実験からランダムに n メンバーを選び、メンバー平均の差をとることを 100 万回繰り返した。その平均、1 パーセンタイル値、5 パーセンタイル値のメンバー数 n への依存性を図 3 に示す。メンバー平均の差の 1(5)パーセンタイル値は T239 では 33 (20) メンバー以上で正となる一方、T119 では 38 (23) メンバー以上で正となる。以上の結果は、高解像度実験の方が、より少ないメンバー数で有意な SLP 応答が得られる可能性が高いことを示唆する。一方で、応答の強さはメンバー数にほとんど依存しないが、T239 実験の方がやや振幅が大きい傾向が見られる。

500hPa 高度場では、T239、T119 実験ともに北太平洋に高気圧性の応答が確認できる (図 4)。その振幅は T239 実験の方がやや大きく、さらに中心は西にずれている。この要因をさらに調査するために、ブロッキングの発生頻度を先行研究[4]に基づき計算した (図 5)。T239 実験では東経 150 度付近で GOGA 実験の方で発生頻度が大きい。一方、T119 実験では有意な差は見られなかった。これが、冬季平均の高気圧性応答が T239 実験の方が強く、かつ西寄りであった要因と考えられる。また、再解析データ中に見られた北西太平洋での強い高気圧性偏差 (図 4a) に寄与していた可能性がある。なお、この冬は北極上空の下部成層圏で低温偏差が観測されたが、T239 実験のみで対応する低温応答が存在していた (図略)。T239 実験では、北西太平洋上での対流圏での高気圧性応答が、対流圏から成層圏へ伝播する惑星波を弱体化させた可能性がある [5]。

4. 今後の課題

本研究では、水平解像度 T239 (約 50km) と T119 (約 100km) の水平解像度の AGCM の大アンサンブル実験から、2021/22 年冬季に中緯度北太平洋で観測された顕著な SST 正偏差に対する北太平洋域の大気応答を調査した。これらの異なる解像度の実験で得られた高気圧性の大気応答は共に有意で定性的には似ているが、高解像度実験の方が中緯度 SST 偏差に対してより顕著な大気応答を示し、さらに観測された偏差場とも整合的であった。ただし、先行研究 [6] では、中緯度 SST 偏差への AGCM 大気応答は、25km と 100km の解像度の間で定性的に異なる可能性が示されている。また、ブロッキングの AGCM 中での発生頻度は水平解像度に依存する可能性がある [7]。このため、50km よりも高い解像度で AGCM 実験を行い、本研究の結果をさらに検証する必要がある。

謝辞

本研究は、科研費新学術領域 (19H05701, 19H05702)、科研費基盤研究 (20H01970, 22H01292) の支援を受けて実施された。

文献

- [1] Newman et al., “The Pacific Decadal Oscillation, Revisited”, J. Climate, 29, 4399–4427, 2016.
- [2] Ohfuchi et al., “10-km mesh meso-scale

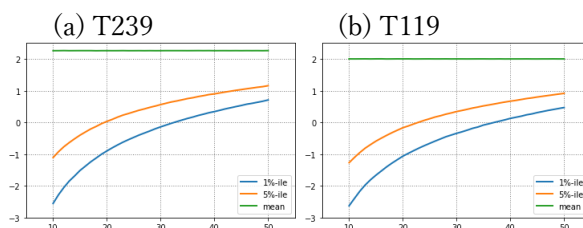


図 3. 北東北太平洋で領域平均した SLP の標準・熱帯実験における n メンバー平均の差: 平均 (緑), 5 パーセンタイル値 (赤), 1 パーセンタイル値 (青) の n への依存性. a) T239, (b) T119 実験.

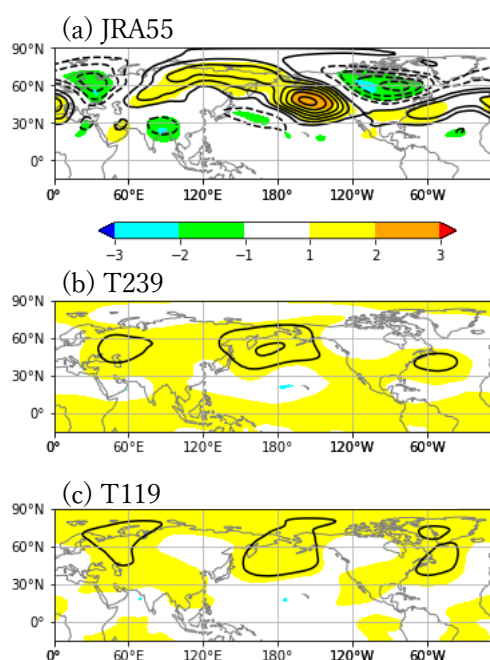


図 4. 図 2 と同様。ただし、500hPa 高度偏差場。等値線は 20m 間隔。

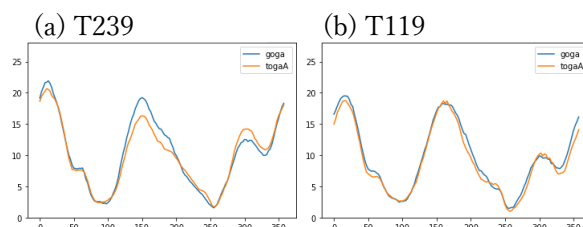


図 5. (a) T239 と (b) T119 実験の冬季平均ブロッキング頻度 (%) の経度分布。青線は標準実験、赤線は熱帯実験を示す。

resolving simulations of the global atmosphere on the Earth Simulator: Preliminary outcomes of AFES (AGCM for the Earth Simulator)”, J. Earth Simulator,

1, 8-34, 2004.

[3] Kuwano-Yoshida et al., “An improved PDF cloud scheme for climate simulations. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 136(651), 1583-1597, 2010.

[4] Tibaldi and Molteni, “On the operational predictability of blocking”, Tellus, 42A, 343-365, 1990.

[5] Nishii et al., “Cooling of the wintertime Arctic stratosphere induced by the western Pacific teleconnection pattern”, GRL, 37, L13805, 2010.

[6] Smirnov et al., “Investigating the Local Atmospheric Response to a Realistic Shift in the Oyashio Sea Surface Temperature Front”, J. Climate, 28, 1126-1147, 2015.

[7] Schiemann, et al., “The Resolution Sensitivity of Northern Hemisphere Blocking in Four 25-km Atmospheric Global Circulation Models”, J. Climate, 30, 337-358, 2017.