AGCM 実験における黒潮・黒潮続流域の海面水温偏差場強制とアリューシャン低気圧の強化

三浦樹（北大環境科学院）・谷本陽一（北大環境科学院/JAMSTEC）

1. はじめに

熱帯海洋上の積雲対流活動を起源とする対流圏内のロスビー波列応答に関する研究は、熱帯大気海洋系から熱帯外の大規模大気循環場への影響を論じるためにこれまで多くなされてきた（eg. Newman et al., 2016）。一方で、中緯度においては、海洋が大気の変動に対して受動的に応答していると長年にわたり認識されてきたこともあり、中緯度における大気海洋結合変動現象が熱帯域を含む全球規模の気象・気候に与える影響の理解は必ずしも十分ではない。近年、南半球においては熱帯からの遠隔影響と熱帯外からの遠隔影響が大規模大気循環場において双方向に影響を及ぼし合う Two-way teleconnections の存在が指摘され、南大洋の冷却は東部熱帯太平洋域のラニーニャ現象のような冷却と遠隔的に関連していることが示唆された（e.g., Dong et al. 2022）。そこで本研究では、熱帯強制に対する熱帯外応答に加え、熱帯外強制に対する熱帯応答の双方を考慮した北半球における Two-way teleconnections の理解を目指し、北半球中緯度海洋の海面水温（SST）偏差場に対する大規模大気循環場の応答を調べた。

2. 実験設定

本研究では、アメリカ大気研究センター（NCAR）の Community Earth System Model 2.1.3（CESM2.1.3）の大気モデルである Community Atmosphere Model 6（CAM6：水平解像度 0.9°×1.25°、鉛直 32 層）を用い、北半球における SST 偏差場強制に対する大規模大気循環場の数値実験を行った。1995 年から 2005 年までの SST 及び海氷密接度に基づいた月別気候値を下部境界条件として与え、5 年のスピンアップの後に 10 年の積分を行う標準実験を実施した。さらに同じスピンアップ後に、Exp1. 黒潮続流域に+2[K]の理想化された SST 偏差を与える強制実験、Exp2. 中部熱帯太平洋域に+2[K]の理想化された SST 偏差を与える強制実験、Exp3. 両地域に同様の SST 偏差を与える強制実験を行い、標準実験と強制実験を比較した。ただし、本研究では黒潮続流域を 35°N～45°N, 140°E～170°E とし、中部熱帯太平洋域は 10°S～10°N, 160°E～150°W として定義した。

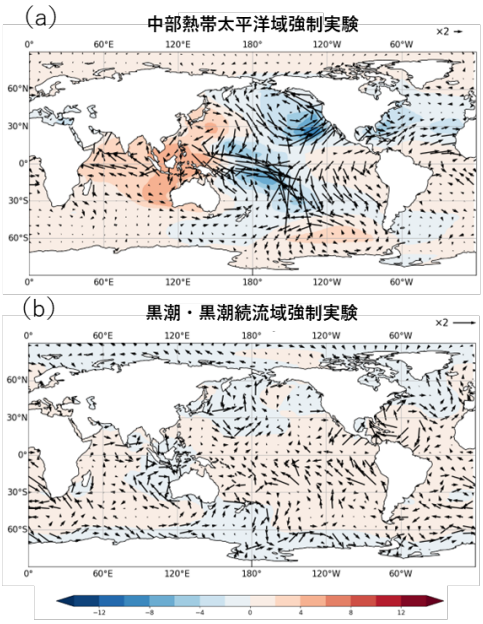

図１：(a)中部熱帯太平洋域における SST 偏差場強制実験の結果から標準実験の結果を除いた季節別の応答。ただし、海面気圧偏差および海上風偏差について標準実験の標準偏差で割った規格化偏差を色と矢印で示す。黒潮・黒潮続流域における SST 偏差場強制実験についても同様(b)。

3. 数値実験の結果

それぞれの強制実験で得られる海面気圧（SLP）及び海上風ベクトルについて季節別のコンポジットを求め、標準実験で得られる季節別のコンポジットを引いた偏差を SST 偏差場強制に伴う季節別の大気応答とした。ただし、それぞれの実験における大気応答を標準実験の季節別標準偏差で規格化した。

中部熱帯太平洋域の SST 偏差場強制に対する熱帯外への大気応答は、主に冬季のアリューシャン域において卓越する（図 1 a）。一方で、黒潮続流域の SST 偏差場強制に対する熱帯への大気応答は、中部熱帯太平洋域の SST 偏差場強制実験と比べて小さく、貿易風の強化や弱化に寄与するような顕著な海上風偏差は見られなかった（図 1 b）。ただし、アリューシャン域においては季節別標準偏差に対して-1.5 σ 程度の SLP 偏差が見られた。

そこで、SST 偏差場強制に対するアリューシャン低気圧の応答を調べる為、11 月～5 月のアリューシャン域（34°N～60°N, 160°E～220°W）で領域平均した SLP の頻度分布を用いてそれぞれの強制実験と標準実験を比較した。その結果、黒潮続流域に SST 偏差場強制を与えた実験のみ頻度分布が低圧側へ広がり（図 2a）、箱ひげ図において外れ値となるアリューシャン低気圧が強化される事例が見られた（図 2b）。

また、それら箱ひげ図の下位事例における SLP 偏差及び海上風ベクトル偏差のコンポジットを求め、黒潮続流域に SST 偏差場強制を与えた実験においてアリューシャン低気圧が強化される事例の海面気圧分布の特徴を調べた。その結果、アリューシャン低気圧の勢力範囲は経度方向には西へ 130°E 付近まで、緯度方向には南へ 15°N 付近まで広がり、北半球亜熱帯域において西風偏差をもたらした（図 2c）。

加えて、箱ひげ図の上位事例についても同様の大気応答が見られ、黒潮続流域の SST 偏差場強制に伴うアリューシャン低気圧の応答が亜熱帯域の西風偏差に寄与している事が分かった（図 2d）。

ただし、これらの大気応答は他の強制実験では見られず、黒潮続流域に SST 偏差を与えた結果として現れる大気応答である。

4. まとめ

数値実験を用いた解析により、黒潮続流域の SST 偏差場がアリューシャン低気圧の頻度分布を変化させ、アリューシャン低気圧を極端に低下させる事例がみられた。またこのとき、アリューシャン低気圧は北太平洋亜熱帯域付近の西風偏差をもたらし、亜熱帯域の貿易風を弱化させる可能性が示唆された。

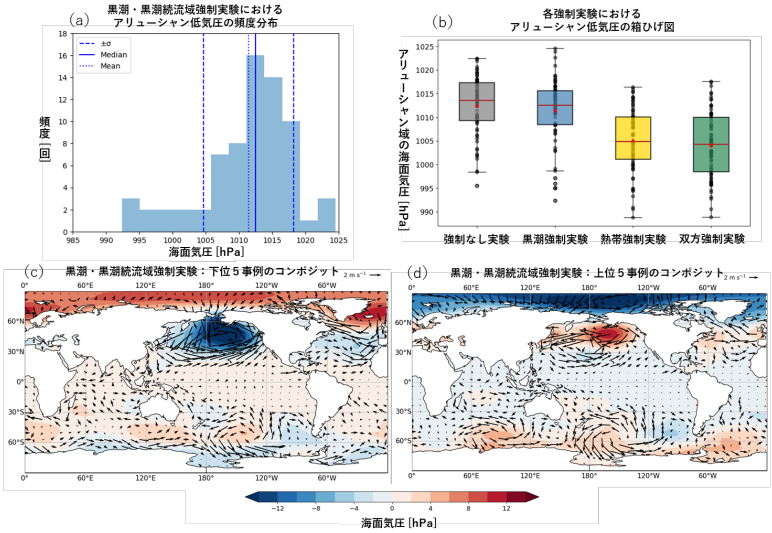

図２：(a)数値実験におけるアリューシャン域の海面気圧頻度分布と(b)箱ひげ図。ただし、四分位範囲の 1.5 倍を超える量を外れ値として定義した。黒点はデータ点を示し、赤線は中央値、赤三角は平均値を示す。(c)(b)における下位 5 事例及び(d)上位 5 事例でコンポジットした海面気圧偏差[hPa]及び海上風[m/s]の応答。