

北太平洋における十年規模貯熱量シグナルの東方伝播とその起源

○田口文明¹・Niklas Schneider²

1. 海洋研究開発機構地球シミュレータセンター 2. ハワイ大学国際太平洋研究センター
キーワード: 北太平洋十年規模変動・海洋表層貯熱量・密度補償する水温・塩分偏差

1 はじめに

海洋表層貯熱量は、気候変化の監視にとって重要な変数であると同時に、年々～十年規模の自然変動の気候シグナルを長期にわたって記憶することから、これら変動の予測可能性の鍵を与えると考えられる。北太平洋十年規模に関わる中緯度海洋のシグナルに着目すると、良く知られた西方伝播する海面高度偏差とは対照的に、貯熱量偏差はしばしば東方伝播することが報告されており、この傾向は気候モデルに於いて特に顕著である。東方伝播を起こしうる物理過程は、二つ考えられる。一つは、密度偏差を伴って伝播する傾圧高次モードのロスビー波であり、もう一つは密度補償し(すなわち密度偏差を伴わず)平均流によって移流される水温・塩分偏差(spicinessとも呼ばれる)である。本研究では、長期に積分された大気海洋結合モデルの出力を用い、この二つの物理過程の観点から、貯熱量シグナルの伝播メカニズムとその起源を明らかにする。

2 モデルと解析方法

用いたモデルは、全球大気海洋結合モデル CFES (Coupled CGCM for the Earth Simulator, Komori et al 2008) 中解像度版 (大気 T119L48, ~100km; 海洋 0.5°L54) で、150年間の標準実験の月平均出力を解析した。このモデルは海洋の中規模渦こそ分解できないが、急峻な海洋前線とその十年規模の南北変位は現実的に再現する。モデルで計算された貯熱量変動を解析するために、まず水温偏差 δT (月平均気候値からのずれ) を以下のように、密度偏差 $\delta\rho$ を伴う力学成分 δT_ρ と $\delta\rho$ を伴わない密度補償成分 δT_χ に分離する。

$$\delta T = \delta T_\rho + \delta T_\chi = \frac{d\bar{T}}{d\rho} \delta\rho + \delta T_\chi$$

ここで、密度偏差に対する水温変化率は、 $d\bar{T}/d\rho = \nabla\bar{T} \cdot \nabla\bar{\rho} / |\nabla\bar{\rho}|^2$ であり、月平均気候値の水温・密度の水平・鉛直勾配から計算する。このように分離された δT_ρ と δT_χ を海洋上層 400m で平均した量を、夫々の成分の海洋表層貯熱量 (OHC_ρ と OHC_χ) と定義する。

3 結果

モデルの亜熱帯・亜寒帯循環境界のやや南側に位置する緯度帯 (36°-39°N) に於ける海洋表層貯熱量の各成分 OHC_ρ と OHC_χ の経度-時間断面図を図 1 に示す。歴史観測データや多くの気候モデルに見られるように、CFES に於いても中緯度の海洋表層貯熱量は東向きに伝播する (図略) が、その大部分は密度補償した水温偏差による成分 OHC_χ が卓越していることが分かる (図 1b)。一方、等密度面の変位によって生じる貯熱量変動の力学成分 OHC_ρ は主に海盆の西側だけで現れ、西方に伝播すると共に等価順圧的な鉛直構造を伴うことから、傾圧第 1 モードロスビー波の伝播と整合的である (図 1a)。 OHC_ρ と OHC_χ の西方/東方伝播シグナルはお互いに独立であるが、次に述べる黒潮親潮混合域に於いて後者が生成される過程を通じて、実は密接に関連している。まず、海盆中央での風系変動によって励起された傾圧第 1 モードロスビー波が西岸に到達する

と (図 1a)、亜寒帯前線域の南北変位を促すような循環偏差が黒潮親潮混合域で生じる (図 2 矢印)。平均場での亜寒帯前線帯では、北に向かって減少する水温と塩分の多くの部分が密度補償しており、大きな spiciness 勾配を形成している (図 2 等値線)。亜寒帯前線帯の十年規模南北変位に伴う三陸沖の流速偏差は、ちょうどこの spiciness 勾配を横切り、塩分と密度補償する水温の移流により OHC_χ が生成され (図 2 陰影)、東向き平均流によってさらに東方伝播する (図 1b)。

以上の海洋前線帯を表現できる大気海洋結合モデルの長期積分結果の解析から、北太平洋中緯度に於ける海洋表層貯熱量の十年規模変動は、亜寒帯前線帯に沿って密度補償する水温・塩分勾配と前線帯の十年規模南北変位に起因することが示唆された。今後は、海洋再解析データや高解像度海洋循環モデルの結果を用いて、本研究で提案した仮説を検証して行く予定である。

謝辞: 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。

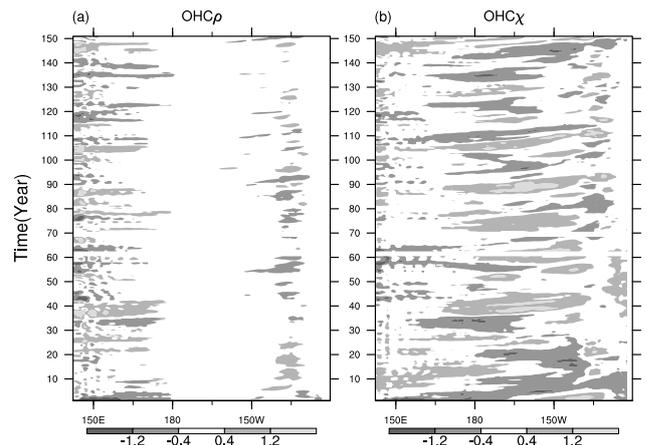


図 1. 36°-39°N で平均した海洋表層貯熱量の経度-時間断面図. (a) 力学成分 OHC_ρ (b) 密度補償成分 OHC_χ

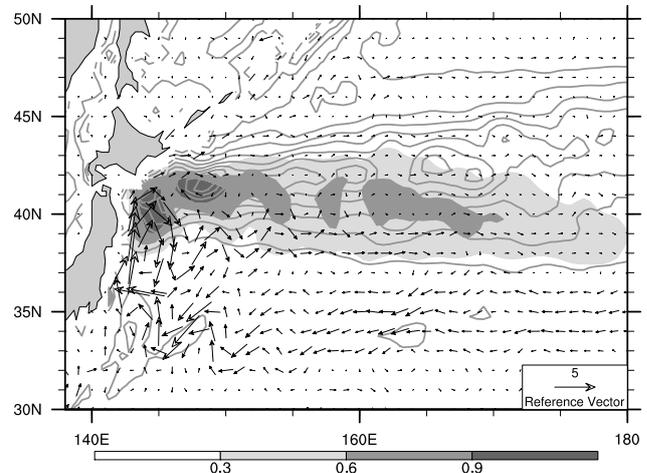


図 2. 亜寒帯前線帯の南北変位を表す時系列に線形回帰させた海洋表層貯熱量 OHC_χ (陰影; K) と上層 400m で平均した流速偏差 (ベクトル; cm/s). 等値線は塩分と密度補償する冬季気候値平均水温 (上層 400m 平均) の南北勾配 (1K/100km 毎).