

# 西岸境界流同期 (BCS) が北半球の 夏季熱波に与える影響

理学専攻 情報科学コース 2240667 原 朱音 (指導教員：伊藤 貴之)

## 1 はじめに

西岸境界流とは、海洋の西岸に沿って極向きに流れる強い海流のことで、北太平洋の黒潮や北大西洋のメキシコ湾流が代表例である。黒潮やメキシコ湾流は中緯度の大気に多量の熱や水蒸気を放出する特性を持ち、沿岸域の気象システムに影響を与える。これまで中緯度の異常気象の要因はテレコネクションの観点から議論されがちであった。しかし、西岸境界流の海洋特性を考えると十分中緯度の異常気象に関係しうするため、詳細な調査が必要である。

近年発見された、黒潮とメキシコ湾流の同期現象である西岸境界流同期 (Boundary Current Synchronization; BCS)[1] が北半球夏季気温偏差の形成に寄与する可能性が指摘されているが、その詳細やメカニズムは明らかにされていない。そこで本研究では、BCS が北半球の夏季気温偏差に与える影響について調査する。

## 2 データセット

### 2.1 海面水温 (SST) 解析データ

SST のデータには、NOAA OISST V2 High Resolution データセットの Monthly Sea Surface Temperature (SST) を用いた。水平解像度は  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  で、1982 年から 2022 年の 7 月の月平均データを用いた。

### 2.2 ヨーロッパ中期気象予報センター再解析 (ERA5) データ

ジオポテンシャル、2m 気温、海面更正気圧 (SLP) のデータには、ERA5 再解析データを用いた。水平解像度は  $1.5^\circ \times 1.5^\circ$  で、1982 年から 2022 年の 7 月の月平均データを用いた。また 200hPa と 500hPa のジオポテンシャルの値をそれぞれ重力加速度 ( $g = 9.81m/s^2$ ) で割ることで、200hPa と 500hPa におけるジオポテンシャル高度 ( $z_{200}$ ,  $z_{500}$ ) を計算した。

### 2.3 全球気候モデルによるシミュレーション

本研究では、全球気候モデルである MIROC6subhires のシミュレーション結果を解析した。大気の水平解像度は約  $1.4^\circ$ 、海洋の水平解像度は  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  である。

まず、モデルの気候が準平衡状態に達した後、産業革命前の外部強制の下で 200 年の長さの積分を行ったシミュレーション (pre-industrial control simulation; pictl, 以下 CTL 実験と呼ぶ) の結果を解析した。

さらに、MIROC6subhires を用いたベースメーカー実験の結果を解析した。SST の緩和は、メキシコ湾流域 ( $30^\circ N - 50^\circ N, 30^\circ W - 75^\circ W$ ) のみ (GULF 実験)、黒潮域 ( $30^\circ N - 50^\circ N, 130^\circ E - 180^\circ E$ ) のみ (KURO 実験)、そして両方同時 (BOTH 実験) の 3 パターンの

実験結果を解析した。すべての積分は、産業革命前の外部強制を用いて、100 年、5 アンサンブルメンバーで行われた。

### 2.4 BCS 指数の定義

Kohyama et al. (2021)[1] より、黒潮域 ( $35^\circ N - 45^\circ N, 140^\circ E - 170^\circ E$ ) とメキシコ湾流域 ( $35^\circ N - 45^\circ N, 80^\circ W - 50^\circ W$ ) の SST (領域平均した値に 5 か月移動平均をかけ、標準偏差で規格化したもの) を用いて BCS 指数が以下のように定義されている。

$$BCS \text{ 指数} = \frac{\text{黒潮 SST} + \text{メキシコ湾流 SST}}{2}$$

図 1 に、上は観測データ、下は MIROC6subhires の CTL 実験の結果から作成した、黒潮 SST、メキシコ湾流 SST、BCS 指数の時系列を示す。観測データは 1982 年から 2022 年の 41 年分、MIROC6subhires の CTL 実験は 100 年分である。

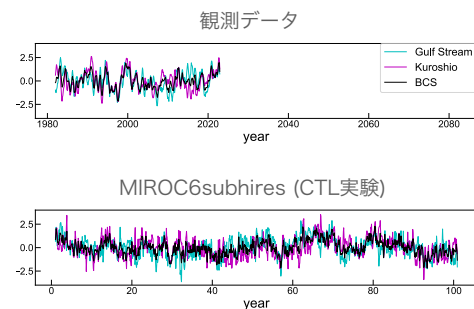


図 1: 上: 観測データ, 下: MIROC6subhires の CTL 実験の結果から作成した、黒潮 SST (マゼンダ)、メキシコ湾流 SST (シアン)、BCS 指数 (黒) の時系列。なお CTL 実験の年数はモデル内で便宜的に付けられた年であり、現実の特定の年には対応していない。

## 3 観測・再解析データの解析

まず夏季気温偏差パターンについて着目し、BCS に関連する夏季気温偏差発生時の特徴的な大気循環パターンを調べた。

ハッチングされている領域は、95%で有意な回帰係数を表す。SST と 2m 気温の BCS 指数への回帰解析の結果 (図 2 左) から、Kohyama et al. (2021)[1] と同じパターンを示すことを確認した。さらに気圧場に関する  $z_{200}$ ,  $z_{500}$ , SLP の BCS 指数への回帰解析の結果 (図 2) から、BCS の影響が対流圏上層にまで及ぶことがわかった。

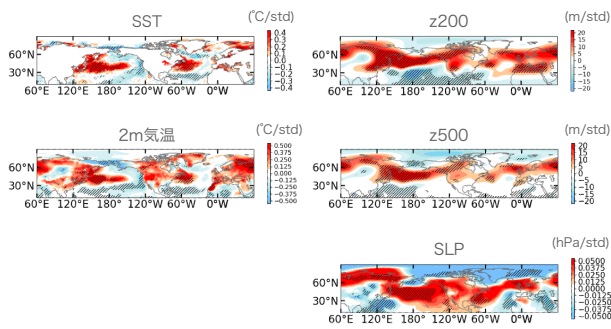


図 2: 観測・再解析データの 7 月の BCS 指数への回帰図. 左上:SST(°C), 左中:2m 気温(°C), 右上:z200(m/std), 右中:z500(m/std), 右下:SLP(hPa/std).

## 4 全球気候モデルによるシミュレーション

### 4.1 気候モデルの長期シミュレーション (CTL 実験)

MIROC6subhires が BCS に関連する夏季の大気循環パターンを再現可能かどうかを検証するため, CTL 実験の結果を用いて解析を行なった.

2m 気温と z200 の BCS 指数への回帰解析を行なった結果 (図 3) から, MIROC6subhires が観測・再解析データにおける BCS に関する夏季の大気循環パターンを表現することを示した.

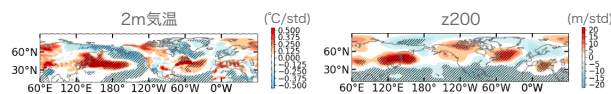


図 3: CTL 実験の 7 月の BCS 指数への回帰図. 左: 2m 気温 (°C/std), 右: z200(m/std).

### 4.2 ペースメーカー実験

#### 4.2.1 BOTH 実験

黒潮とメキシコ湾流が夏季気温偏差に与える影響を調査するために, BOTH 実験の結果を解析した.

アンサンブル平均した 2m 気温と z200 の BCS 指数への回帰解析を行なった結果 (図 4) は, BCS に伴う SST が東アジア, 北米東海岸, ヨーロッパの領域の 2m 気温と z200 に影響を与えている可能性を示した.

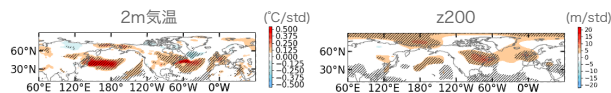


図 4: BOTH 実験のアンサンブル平均の 7 月の BCS 指数への回帰図. 左: 2m 気温 (°C/std), 右: z200(m/std).

また東アジア, 北米東海岸, ヨーロッパにおいて BCS が 2m 気温や z200 に与える影響を定量的に評価したところ, BCS に伴う SST 変動は, 東アジアで最大 52%,

北米東海岸で約 20%~30%, さらに黒潮やメキシコ湾流から離れており SST の変動が直接的に 2m 気温に作用しないヨーロッパにおいても約 10%の夏季気温偏差を説明することが示された.

### 4.2.2 KURO 実験, GULF 実験

最後に, 黒潮とメキシコ湾流それぞれの SST が大気に与える影響を調査した.

KURO 実験と GULF 実験の結果を用いて 2m 気温と z200 の BCS 指数への回帰解析を行なった結果 (図 5) から, CTL 実験の結果とより近いのは GULF 実験の結果であり, BCS に伴う北半球夏季気温偏差にはメキシコ湾流域の SST が特に影響しているということがわかった.

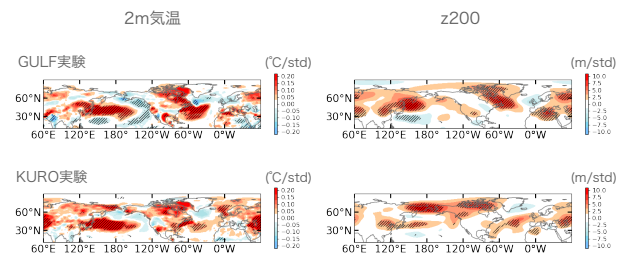


図 5: 上段: GULF 実験, 下段: KURO 実験の 7 月の BCS 指数への回帰図. 左: 2m 気温 (°C/std), 右: z200(m/std).

## 5 まとめ

本研究では, BCS が北半球の夏季気温偏差に与える影響について調査した.

観測・再解析データからは, 先行研究で可能性が示唆されていた 2m 気温に加えて, BCS は対流圏全層に影響しうることを示した.

CTL 実験の結果は, MIROC6subhires が観測・再解析データにおける BCS に関連する夏季の大気循環パターンを表現していることを示した.

BOTH 実験の結果は, BCS に伴う夏季気温偏差を再現することを示し, BCS に伴う SST が東アジア, 北米東海岸, ヨーロッパの領域の 2m 気温と z200 に影響を与えている可能性を示した. KURO 実験と GULF 実験の結果は, CTL 実験の結果とより近いのは GULF 実験の結果であり, BCS に伴う北半球夏季気温偏差にはメキシコ湾流域の SST が特に影響していることを示した.

謝辞: 本研究にあたり研究方針や学会発表に関してご指導いただいた JAMSTEC の山上遥航先生と建部洋晶先生に感謝の意を表す.

## 参考文献

- [1] Tsubasa Kohyama, Yoko Yamagami, Hiroaki Miura, Shoichiro Kido, Hiroaki Tatebe, Masahiro Watanabe, The Gulf Stream and Kuroshio Current are synchronized, Science, 374(6565), 341-346, 2021.