

2019/20 年の中緯度全体の異常な暖冬を もたらした中緯度の海面水温

立花 義裕（三重大院生物資源），*安藤 雄太（新潟大院自然科学・鈴鹿高専）

1. 研究背景

2019/20 年冬季は北半球中緯度の多くの地域で観測史上最高の高温偏差が持続した。また、中緯度の海面水温（SST）も過去最高の海域が多かった。中緯度の気温と関連する北極振動（AO）指数を見ると、2020 年 1~3 月は正の値の異常な持続であった。年別に見ても、1~3 月平均値は 2020 年が過去最高であった。2020 年のような中緯度全体が高温の状態は近年の局所的な暖冬とは異なるものだった。

先行研究ではインド洋や熱帯太平洋からの影響で東アジア付近に強い高気圧偏差が形成されたことを示した（Kuramochi et al., 2021）。しかし、北アメリカやヨーロッパなど他の中緯度域の高温偏差については述べられていない。そこで本研究では中緯度全体が異常に高温だった原因は異常に高温な SST ではないかという仮説を立てデータ解析と数値モデルを用いて検証することを目的とする。

2. 解析手法

データは日平均 JRA-55 再解析データ（Kobayashi et al., 2015; Harada et al., 2016）と OISST ver.2.1（Banzon et al., 2020），気候値は 1982~2019 年の 38 年間平均値を用いた。数値モデルは線形傾圧モデル（LBM; Watanabe and Kimoto, 2000）と大気大循環モデル（AFES ver.4.1; Ohfuchi et al., 2004; Enomoto et al., 2008; Kuwano-Yoshida et al., 2010）を使用した。

3. 結果

3-1. 再解析

2020 年 1~3 月は中緯度域の多くの地域で高温偏差であり、東アジアやヨーロッパなど過去最高値を記録した地域も多かった（図 1a）。SST や地面温度も同様に過去最高値の高温が多かった（図 1b）。日別の気温を見ると

12~3 月末まで高温偏差が持続しており、AO 指数も正の値が続いていた（図 1c）。1~3 月の 3 ヶ月平均値の年ごとの時系列より 2020 年が過去最高値であったことが分かる（図 1d）。

この高温偏差の緯度ごとの時間推移を見る。中緯度全体が高温なので東西平均する。中緯度域の SST は 2019 年夏頃には高温偏差であり 3 月まで持続していた。45 度以北は 1 月以降、値は小さくなっているが高温偏差を持続しており、45 度以南では高温が強まっている（図 2a）。直上の大気の温度も同様に秋から高温偏差であり 1 月以降値が大きくなっている（図 2b）。このように SST も大気も同様の時間推移をしていることから相互に影響し合っていて暖めていることが示唆される。高緯度では SST は低温偏差が持続しており、大気は断続的に寒気が流入するパターンとなっており AO 正のパターンの持続と整合的である。

海洋も大気も同様に中緯度が高温、高緯度が低温というパターンになったのが 2020 年の特徴である（図 2c）。海洋と大気が同様な偏差になった年が他にもあるか調べたところ、中緯度が気温・海洋共に低温パターンが過去に多く、2020 年と同様気温・海洋共に高温パターンが近年多い傾向が見られた。しかし 2020 年ほど大きな偏差だった年はなかった。

3-2. 数値モデル実験

高温 SST が原因で中緯度大気を暖めるかを確かめるため LBM を用いた。SST が作る上向き長波放射と顕熱フラックス偏差のパターンを参考に加熱偏差を大気下層に与え（太平洋と大西洋）計算を行った（図 3a）。その結果、中緯度域が高温偏差で高緯度が低温偏差という AO 正のパターンが得られ、現実とよく似ていることが分かった（図 3b）。

次に AFES を用いて 1) コントロールラン（全球 2020 年 SST・海氷）、2) 全球気候値

ラン（全球気候値 SST・海氷），3）熱帯ラン（熱帯域 [25°S-25°N] のみ 2020 年・それ以外を気候値 SST・海氷），4）中高緯度ラン（熱帯域以外のみ 2020 年・熱帯域を気候値 SST・海氷を与えた）の 4 種類をそれぞれ 75 年積分する実験を行った。2）と 1）の差の結果より，大気下層から上層までの対流圏の中緯度全体が高温偏差になっていることから 2020 年の SST が中緯度全体を温める大気パターンを形成することに寄与することが示された。さらに，どの緯度帯の SST が影響するかを考察した。まず 3）と 2）の差の結果では，東アジア，アメリカ北西部，ヨーロッパ域に高温偏差が現れた。東アジアに高温偏差が形成されることは先行研究と整合的である。しかし中緯度全体が暖かい再解析のパターンとは異なる。一方，4）と 2）の差の結果では，前述の高温偏差が現れない地域（太平洋，大西洋，ヨーロッパ東部）に高温偏差が現れた。以上より，熱帯域だけでなく中高緯度域の SST の両方の影響により中緯度全体の高温偏差が形成されることを示す結果となった。

4. まとめ

2019/20 年冬季は北半球中緯度の多くの地域で観測史上最高の気温が持続した。この異常な半球規模の暖冬をもたらした要因についてデータ解析と数値モデル実験を用いて調べた。その結果，秋から高温状態であった中緯度の海面水温が大気を温めたことにより暖冬が持続したことが示唆された。このように中緯度域全体の気候と海洋が同期して暖かくなったり寒くなったりする年は過去にも存在したが，2020 年ほど顕著な年はなかった。

引用文献

- Banzon, V., T. M. Smith, M. Steele, B. Huang, and H. M. Zhang, 2020: Improved estimation of proxy sea surface temperature in the arctic. *J. Atmos. Ocean Technol.*, **37**, 341–349, doi: 10.1175/JTECH-D-19-0177.1.
- Enomoto, T., A. Kuwano-Yoshida, N. Komori, W. Ohfuchi, 2008. Description of AFES 2: improvements for high-resolution and coupled simulations. In: *Ohfuchi, K. Hamilton W. (Ed.), High-Resolution Numerical Modelling of the Atmosphere and Ocean*. Springer, Berlin, pp. 77–97.
- Harada, Y., and Coauthors, 2016: The JRA-55 Reanalysis: Representation of Atmospheric Circulation and Climate Variability. *Journal of*

- the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, **94**, 269–302, doi: 10.2151/jmsj.2016-015.
- Kobayashi, S., and Coauthors, 2015: The JRA-55 reanalysis: General specifications and basic characteristics. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **93**, 5–48, doi: 10.2151/jmsj.2015-001.
- Kuramochi, M., H. Ueda, C. Kobayashi, Y. Kamae, and K. Takaya, 2021: Anomalous Warm Winter 2019/2020 over East Asia Associated with Trans-basin Indo-Pacific Connections. *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, **17B**, 9–13, doi: 10.2151/SOLA.17B-001.
- Kuwano-Yoshida, A., S. Minobe, and S. P. Xie, 2010: Precipitation response to the Gulf Stream in an atmospheric GCM. *J. Clim.*, **23**, 3676–3698, doi: 10.1175/2010JCLI3261.1.
- Ohfuchi, W., and Coauthors, 2004. 10 km mesh meso-scale 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.
- Ogi, M., K. Yamazaki, and Y. Tachibana, 2004: The summertime annular mode in the Northern Hemisphere and its linkage to the winter mode. *J. Geophys. Res.*, **109**, 1–15, doi: 10.1029/2004JD004514.

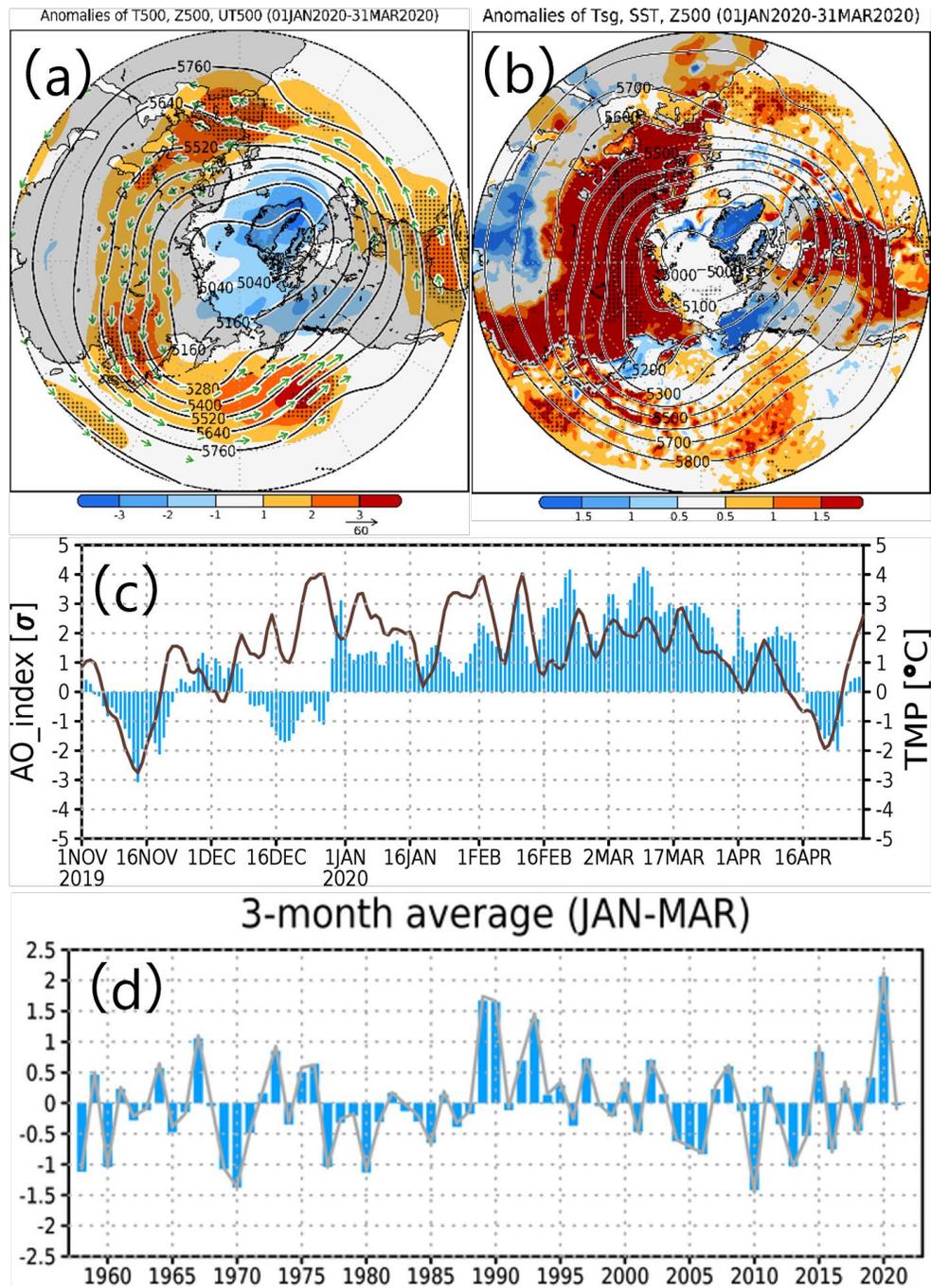


図1 2020年1~3月の500hPa (a) ジオポテンシャル高度 ([m], 線), 気温偏差 ([K], 色), 温度フラックス ([K m/s], 矢印) (b) 海面水温偏差・地面温度偏差 ([K], 色). ハッチは1982年以降の過去最高値. (c) 日別 AO index (Ogi et al., 2004) (棒グラフ) と 925hPa 気温 index (東アジア, 北アメリカ, ヨーロッパの領域平均), (d) 3ヶ月平均 AO index

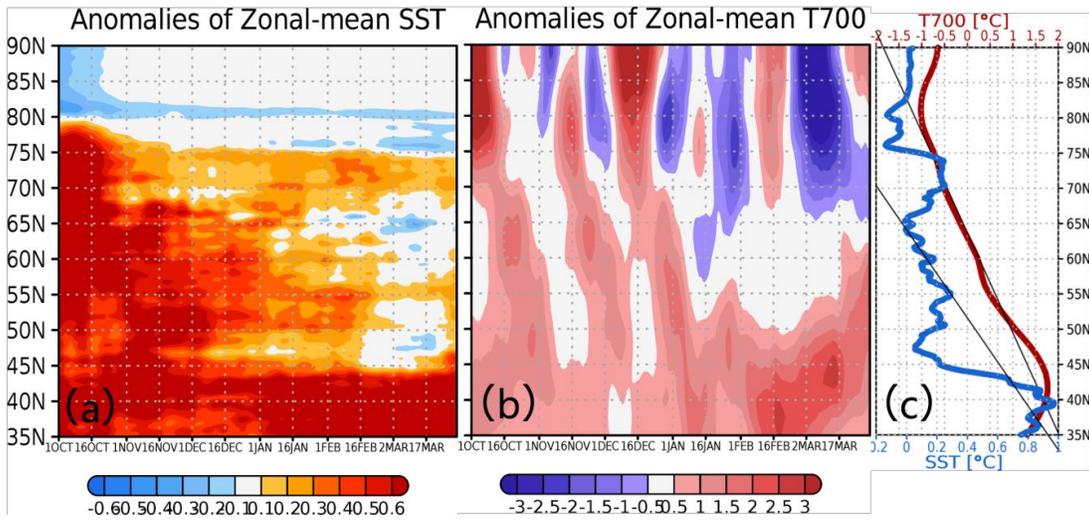


図2 2019年10月～2020年3月の時間・緯度断面図 (a) 東西平均 SST, (b) 東西平均 700hPa 気温偏差, (c) (a) と (b) の 2020 年 1～3 月 平均値 (青 : SST, 赤 : 700hPa 気温), 黒線はそれぞれの近似直線.

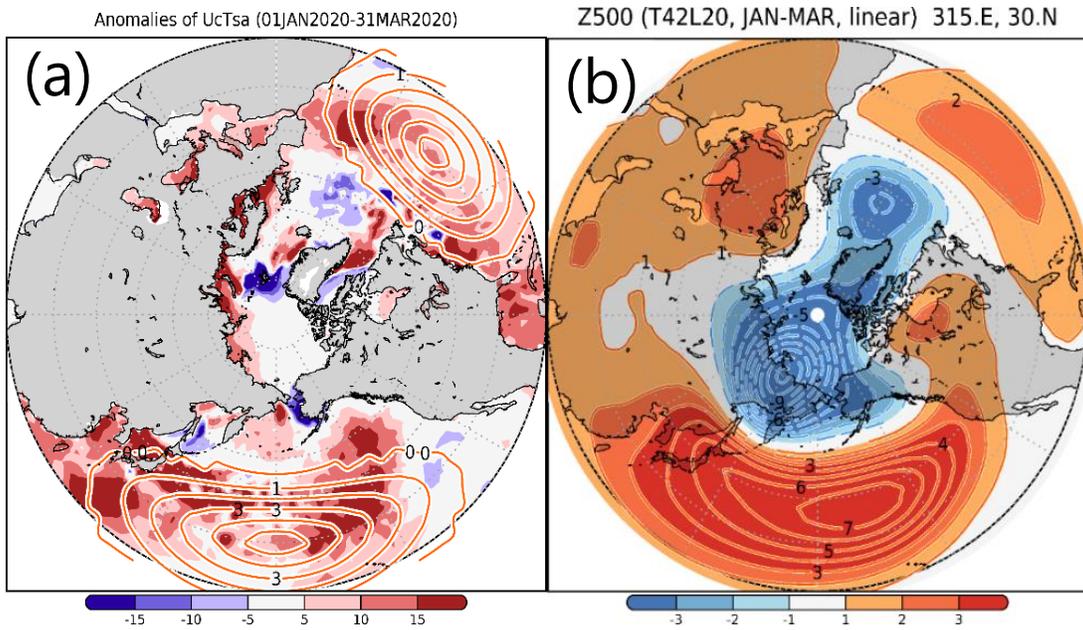


図3 (a) 上向き長波放射と SST 駆動の熱フラックス偏差 ($[W/m^2]$, 色), LBM に与えた加熱偏差 ($[K/day]$, 線), (b) (a) の加熱偏差を与えた LBM の計算結果 500hPa ジオポテンシャル高度