

# El Niño 発生時における冬季極東域の寒暖に対する予測可能性 The predictability of the winter climate in the Far East during El Niño

○ 塩崎 公大・榎本 剛・高谷 康太郎

○ Masahiro SHIOZAKI, Takeshi ENOMOTO, Kotaro TAKAYA

El Niño typically brings warm winter to the Far East but not in some cases. The composite analysis was conducted to investigate mechanisms of bringing the disparate mid-latitudes responses and to detect keys for climate forecast. In the warm winter case, a gradient of sea surface temperature anomalies (SSTa) in the equatorial central Pacific Ocean is larger than that of the non-warm case through the lifespan. This SSTa distribution corresponds to suppress convection in the western Pacific Ocean. Consequently, easterly wind anomalies are dominant in the Indian Ocean and this leads to modulate the Walker circulation and local Hadley circulation, exciting an anticyclonic circulation east of Japan, a part of the western Pacific (WP) pattern, which weakens the East Asia winter monsoon. These results are also obtained from a composite of large SSTa gradient cases in the JJA. These suggest, therefore, that the development of equatorial SSTa and circulation anomalies not only in the Pacific Ocean but also the Indian Ocean play an important role in the winter climate in the Far East during El Niño.

## 1 はじめに

東太平洋型 (Eastern Pacific, EP) El Niño は東太平洋赤道域における海面水温 (sea surface temperature, SST) の顕著な正偏差で特徴付けられ、熱帯の対流活動だけでなく中緯度大気にも影響を及ぼす。EP El Niño 発生時における日本付近の天候は暖冬傾向であることが Halpert and Ropelewski (1992) や気象庁の統計から分かっているが、全ての事例で当てはまるわけではない。これまでの研究から、EP El Niño 発生時における冬季極東域における暖冬・非暖冬に対応して、テレコネクションパターンと海面水温 (sea surface temperature, SST) 偏差分布に違いがあることが分かってきた (塩崎ら, 2019)。しかしながら、暖冬事例と非暖冬事例は Kodera (1998) で指摘された western Pacific (WP) パターンと Pacific/North American (PNA) パターンに一致するが、その励起メカニズム解明には課題が残されていた。

そこで、本研究は熱帯における SST 偏差分布と対流活動に注目し、中緯度におけるテレコネクションパターンの励起を対流圏上層の渦度方程式から考える。また、これまでの研究結果も踏まえ、暖冬・非暖冬における違いを基に合成図解析を行い、いつから暖冬・非暖冬を予測できるか調査する。

## 2 解析方法

本研究で使用したデータは次の通りである。気温、高度、風、SLP に対して使用した NCEP reanalysis-1

data (Kalnay et al., 1996) 分解能は  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 、期間は 1948 年以降である。SST に対して使用した Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST) v5 (Huang et al., 2017) の分解能は  $2.0^\circ \times 2.0^\circ$ 、期間は 1918 年以降である。

まず、気象庁の ENSO の定義にしたがって、SST のデータから冬季 (DJF) に ENSO と判定される事例を抽出する。次に各データから温暖化トレンドを除去する。抽出されたそれぞれの事例について、極東域 (850 hPa) における気温偏差を用いて暖冬事例、非暖冬事例に分類する。ここで、本研究の解析に使用した極東域の領域 ( $25^\circ\text{--}40^\circ\text{N}$ ,  $100^\circ\text{--}140^\circ\text{E}$ ) は NINO.3 インデックスと 850 hPa 面における冬季の気温との相関係数から、また東アジアモンスーンの活動度の変化を捉えられる領域であることから設定した。最後に全事例、暖冬事例および非暖冬事例の分類ごとに合成図解析を行う。その際、それぞれの分類における合成図に対する統計的有意性の検定には t-検定を用いた。

また、暖冬事例と非暖冬事例の間に統計的有意性を持つ差があるかに対しては、暖冬事例および非暖冬事例の分散は未知であるため、ウェルチの検定で格子点ごとに t 分布に従う検定統計量  $T$  を求めた。

## 3 結果

1948 年以降に発生した El Niño は 19 事例であり、NCEP Reanalysis-1 における温暖化トレンドを考慮した気温偏差から 12 事例が暖冬事例、7 事例が非暖冬事例に分類された。スーパー El Niño と呼ばれる非常に強い 3 事例のうち 2 事例は非暖冬事例に分類され、強い

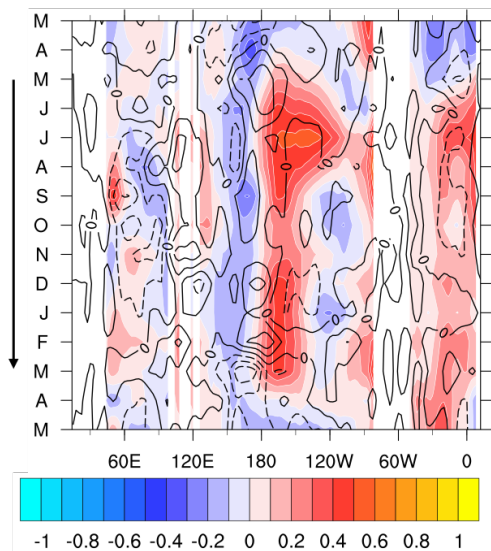


Fig.1 The difference of tropical SST (shade, K) and wind (contour, m/s) anomalies between warm and non-warm winter case.

El Niño が必ずしも暖冬傾向をもたらすわけではないことが分かった (Shiozaki and Enomoto, 2020)。

暖冬事例では、赤道付近の SST 偏差における東西勾配が日付変更線付近で大きく、インド洋ではインド洋ダイポールモードを経て海盆昇温が発生している。このような SST 偏差分布に対応して、ウォーカー循環が弱められており、それは西太平洋における対流活動が抑制されることに一致する。これは東経 120 度付近の局所的なハドレー循環も弱め、ストームトラック上における発散風偏差の発散をもたらす。この発散によるロスビー波源の生成 (Sardeshmukh and Hoskins, 1988) は対流圏上層の渦度方程式から日本付近で高気圧性循環偏差と釣り合う。この高気圧性循環は暖冬事例で卓越する Western Pacific(WP) パターンの南側の作用中心に一致し、暖冬傾向をもたらす要因となっている。

一方で非暖冬事例では、日付変更線付近における SST 偏差の東西勾配が小さく、インド洋における SST 偏差の振幅も小さい。そのため、ウォーカー循環および西太平洋における対流活動の抑制は弱く、WP を励起するような局所的なハドレー循環偏差も見られない。しかし、東太平洋における対流活動は活発であり、そこで局所的なハドレー循環を強化している。この局所的なハドレー循環偏差に対応する発散風偏差の中緯度における収束は低気圧性循環偏差と釣り合う。この低気圧性循環偏差は Pacific/North American(PNA) パターンの第二、第四作用中心に一致する。このような循環偏差パターンが卓越することが、極東域における非暖冬の要因となっている。

日付変更線付近における SST 偏差の違い (Fig. 1) は夏ごろから現れることを利用し、事例を再分類し合成

図解析を行った結果、東西勾配の大小は暖冬・非暖冬事例によく似た循環偏差を示した。したがって、これまでの研究は El Niño 発生時における天候の理解に有益である。

## 参考文献

- Huang, B., Thorne, P. W., Banzon, V. F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Smith, T. M., Vose, R. S., and Zhang, H.-M., 2017: NOAA Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST), Version 5.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., R. Kistler, Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Roy Jenne, and Dennis Joseph, 1996, The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437–470.
- Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebita, M. Moriya, H. Onoda, K. Onogi, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *J. Met. Soc. Jap.*, **93**(1), 5–48.
- Kodera, K., 1998: Consideration of the origin of the different midlatitude atmospheric responses among El Niño events. *J. Meteor. Soc. Japan*, **76**, 347–361.
- Shiozaki, M. And T. Enomoto, 2020: Comparison of the 2015/16 El Niño with the two previous strongest events. *SOLA*, **16**, <https://doi.org/10.2151/sola.2020-003>.
- Wang, B., Wu, R., and Fu, X., 2000: Pacific-East Asian teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate? *J. Climate*, **13**, 1517–1536.
- Yuan, Y., and S. Yang, 2012: Impacts of different types of El Niño on the East Asian Climate: Focus on ENSO cycles. *J. Climate*, **25**, 7702–7722.
- 塩崎、榎本、高谷、2019: 冬季極東域における寒暖で分類した El Niño 発生時の中高緯度大気の応答. 平成 31 年 京都大学防災研究所年報, **62B**, 379–385.