

北太平洋ストームトラックの季節内変動に対する上流の寄与と予測可能性 Upstream Contributions to the Sub-seasonal Variability and Predictability of the North Pacific Storm Track

○小川泰生・吉田 聰
○Taisei OGAWA, Akira KUWANO-YOSHIDA

The relationship between the sub-seasonal variability of the North Pacific storm-track activity and upstream atmospheric conditions during the 2023/24 cold season is examined. Composite analyses reveal that active phases of the storm track are characterized by enhanced eddy energy propagation from the upstream Eurasian continent and a northward shift of the upper-tropospheric jet stream over the North Pacific. The transition processes exhibit a distinct asymmetry: the transition from suppressed to active phases is preceded by intensified upstream eddy energy propagation, whereas the reverse transition is preceded by a southward shift of the jet stream over the North Pacific. These results suggest that upstream conditions contribute to both the initiation and maintenance of enhanced storm-track activity. We also discuss the relationship between the prediction skill of storm-track activity in a seasonal forecast model and the identified upstream conditions.

1. はじめに

寒候期の北太平洋には、北太平洋ストームトラックと呼ばれる、移動性擾乱（高気圧・低気圧）の活動度の極大域が存在する。北太平洋ストームトラックの長周期変動のうち、年々変動や季節変化は数多く調べられている^[1]が、20–90日周期の季節内変動については理解が遅れている。季節内変動は2週間～2ヶ月先の予測にとって重要であるため、メカニズムの解明が求められる。

北太平洋ストームトラックにおける移動性擾乱の発達には、北太平洋で局所的に作用するメカニズムに加えて、上流からの擾乱の流入や波束の伝播が寄与していることが指摘されている^{[2][3]}。

そこで本研究では、北太平洋ストームトラックの活動度に顕著な季節内変動がみられた2023/24年寒候期の事例を対象に、変動のメカニズムに対して上流が果たす役割を調べ、予測精度との関係を議論する。

2. 手法

解析値としてERA5再解析データ^[4]、予測値としてSEAS5アンサンブル季節予測データ（51メンバー）^[5]を用いた。北太平洋ストームトラックの活動度を、35°N–55°N, 150°E–120°Wで平均した鉛直積算擾乱運動エネルギーで定義した。活動度の気候値からの偏差の時系列に対しウェーブレット解析^[6]を適用したところ、2023年10月～2024年

2月に、他の期間にはみられない20–40日周期の変動が卓越していたため、この期間を研究対象とした。バンドパスフィルタを用いてこの周期帯の変動成分を取り出し、その値が正の期間を「活発期」、負の期間を「抑制期」と定義した（Fig. 1）。

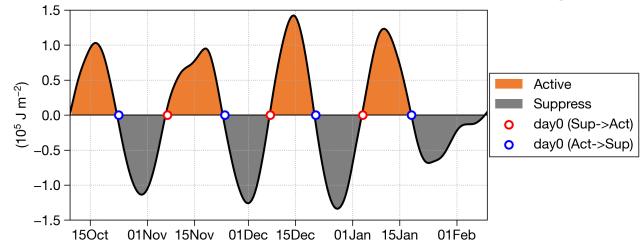


Fig. 1: 20–40-day bandpass-filtered time series of the North Pacific storm-track activity.

変動のメカニズムを調査するために、擾乱のエネルギーの生成・変換・分配^[7]を評価した。その際、大気場を擾乱（2–8日のバンドパス成分）と背景場（20日以上のローパス成分）に分離した。

予測精度を評価するために、各アンサンブルメンバーの予測データに対しても同様に北太平洋ストームトラックの活動度の20–40日バンドパス成分を計算した。初期時刻の2週間後～2ヶ月後において、再解析データと比較した振幅誤差および時系列相関を計算し、振幅誤差が一定程度小さいメンバーの中で、時系列相関が0.5以上のメンバーを予測精度が高いメンバー、-0.5未満のメンバーを予測精度が低いメンバーと定義した。

3. 季節内変動の維持と遷移

解析値を用いた診断の結果を示す。活発期の期間平均場には、北太平洋でも上流でも、抑制期とは異なる特徴がみられた。北太平洋では、対流圏上層のジェットが北偏し、下層の傾圧帯と位置が重なって、擾乱の発達に適した場となっていた。上流では、シベリア付近 (45°N – 70°N , 60°E – 90°E) で背景場から擾乱への有効位置エネルギーの変換が大きく、増大した擾乱のエネルギーが寒帯前線ジェットに沿って北太平洋に供給されていた (Fig. 2)。

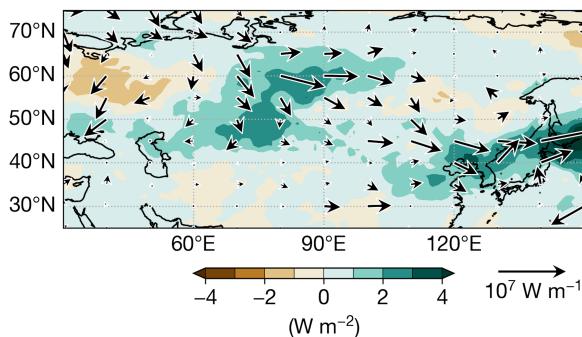


Fig. 2: Differences in available potential energy conversion from background to eddy (shading) and eddy energy flux (vectors) between active and suppressed phases.

また、抑制期から活発期への遷移にも、上流からの寄与がみられた。遷移日 (Fig. 1 の赤丸) を day 0 とすると、北太平洋では day 0 を境に背景場から擾乱への有効位置エネルギー変換が増大していたのに対し、上流の 60°E 付近では day -4 ごろから増大が始まり、増大した擾乱のエネルギーが下流へ伝播していた (Fig. 3)。伝播の速度は、擾乱の群速度とおおむね一致していた。

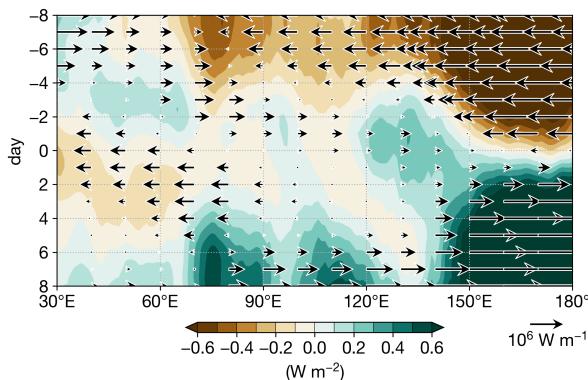


Fig. 3: Available potential energy conversion (shading) and zonal eddy energy flux (vectors) averaged over 35°N – 70°N around the transition from suppressed to active phases. Values are shown as deviations from the period average.

4. 予測精度と上流の関係

予測精度が高いメンバーと低いメンバーの間で、初期時刻の 2 週間後～2 ヶ月後に含まれる抑制期における上流の場を比較した。精度が低いメンバー（すなわち誤って活発になると予測したメンバー）のほうが、高いメンバーに比べて、Fig. 2 のような上流でのエネルギーの変換・伝播を過大に予測していた。一方で活発期には、精度が高いメンバーと低いメンバーの間で上流の場には違いがみられなかった。

5. まとめ

再解析データを用いた診断の結果、2023/24 年寒候期の北太平洋ストームトラックの、季節内スケールでの活発化の開始および活発な状態の維持に対して、上流での背景場から擾乱への有効位置エネルギーの変換、および擾乱のエネルギーの下流への伝播が寄与していたことが明らかとなった。季節予測モデルでは、北太平洋ストームトラックの活動度の予測精度と、上流のエネルギーの変換・伝播の予測との間に、上記のメカニズムと整合する関係が部分的にみられた。

参考文献

- [1] Chang, E. K. M. et al., 2002: *J. Clim.*, **15**, 2163–2183.
- [2] Penny, S. M. et al., 2013: *J. Clim.*, **26**, 5242–5259.
- [3] Chang, E. K. M., 1993: *J. Atmos. Sci.*, **50**, 2038–2053.
- [4] Hersbach, H. et al., 2020: *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **146**, 1999–2049.
- [5] Johnson, S. J. et al., 2019: *Geosci. Model Dev.*, **12**, 1087–1117.
- [6] Torrence, C., and G. P. Compo, 1998: *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, **79**, 61–78.
- [7] Okajima, S. et al., 2022: *J. Clim.*, **35**, 1137–1156.