

ストームトラック活動と上流の環境場の関係
 ラグランジュ的およびオイラー的視点から
 Relationships between storm-track activity and the upstream environment:
 Lagrangian and Eulerian perspectives

○小川泰生・吉田 聡・根田昌典

○Taisei OGAWA, Akira KUWANO-YOSHIDA, Masanori KONDA

The relationship between the North Pacific storm-track activity and the upstream environment is examined using two distinct methods: the first one is a Lagrangian method where individual extratropical cyclones are tracked. Our analyses reveal that cyclones which subsequently develop more strongly tend to be accompanied by warm, moist airflow from the south and cold air advection from the north towards their formation area. The connection with the upper tropospheric circulation is further discussed. The second one is an Eulerian method where bandpass-filtered variable statistics are used to quantify storm track activity. We analyze the intraseasonal variability of storm track activity during the 2006/07 winter and investigate its possible association with the upstream environment.

1. はじめに

冬季の北太平洋上空は、移動性高低気圧が頻繁に通過する領域（ストームトラック）である。北太平洋ストームトラックの位置や活動度は、低気圧の発達域における海洋前線帯と対流圏上層ジェットとの位置関係^[1]やテレコネクションパターン^[2]に影響を受けることが指摘されているが、低気圧の発生域（上流）の環境場との関係は十分に調べられていない。

本研究では、まず個々の低気圧を追跡するラグランジュ的な手法を用いて、低気圧の強度と発生域の環境場との統計的な関係を直接的に調べる。次に、個々の高低気圧よりも長いスケールで生じるストームトラックの季節内変動と上流の環境場の関係について、各格子点で高低気圧の活動度を計算するオイラー的な手法を用いて調べる。

2. ラグランジュ的視点

まず、低気圧をラグランジュ的に追跡し、その強さと発生域の環境場との関係を調べた。

ERA5 全球再解析^[3]による 2001～20 年冬季の 850 hPa 相対渦度に隣接閉領域法追跡法^[4]を適用し、低気圧を「相対渦度が $6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ を超える領域」として面的に抽出・追跡した。このうち、東シナ海周辺（120–130°E, 25–40°N）で発生した低気圧のみを解析対象とした。低気圧の強度を、低気圧領域に沿った循環で定義した。一生のうちで記録する強度の最大値を基準に、低気圧を Strong

（112 事例）と Weak（117 事例）に分類した。

まず、Strong と Weak との間で、発生時の対流圏下層の環境場を比較した。Fig. 1 に、相当温位と水蒸気フラックスの差を示す。Strong のほうが、発生域の東側に強い高気圧性循環を伴っており、発生域に向かう南からの高相当温位空気塊の流入が強いことが分かる。また、高気圧性循環に沿った風が、対流圏上層のトラフの後面における収束によって強化されていることが示唆された。

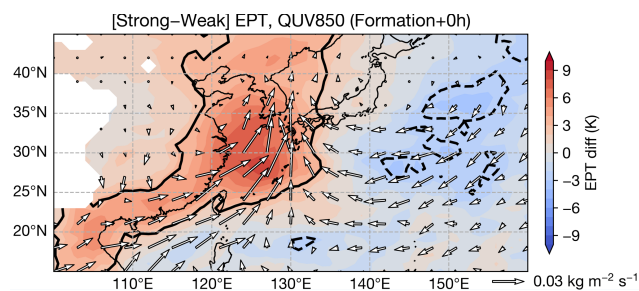


Fig. 1 Composite difference in the 850 hPa equivalent potential temperature (shading) and moisture flux (vectors) between the strong and weak cyclones at the time of formation. Bold lines indicate the statistically significant difference at the 95% level.

また、Strong の中でも強度の最大値に大きな散らばりがあることから、Strong に対して回帰分析を行い、強度の最大値と発生初期の環境場の関係を調べた。その結果、のちに大きい強度に達する低気圧ほど、発生時に対流圏下層でユーラシア大陸からの寒気の吹き出しが強い傾向があることが

分かった。さらに、Fig. 2 に、発生 24 時間後の対流圏上層の流線関数偏差を、強度の最大値に対して回帰した結果を示す。強い低気圧ほど、寒気との存在と整合するように対流圏上層の亜熱帯ジェット の風速が大きく、一方で寒帯前線ジェット上のトラフが深いことが分かる。このことから、強いジェットが、その出口左側でトラフの前面の発散を強化^[5]し、その後の低気圧の発達に寄与している可能性が考えられる。

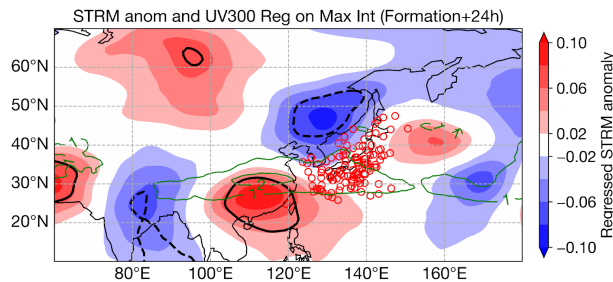


Fig. 2 Regression map of the 300 hPa stream function anomaly (shading) and wind speed (green contours) on the maximum intensity for the strong cyclones 24-h after the formation. Bold lines indicate the statistically significant regression at the 95% level.

これらの結果から、北太平洋ストームトラックを形成する強い低気圧は、弱い低気圧とは明確に異なる特徴をもった環境場で発生していることが明らかとなった。

3. オイラー的視点

次に、オイラー的な手法を用いて、個々の高低気圧よりも長い周期のストームトラック活動度の変動と環境場との関係を調べた。ここで、各格子点、各時刻におけるストームトラック活動度を、2～8 日のバンドパスフィルターを施した 850 hPa 南北風の 2 乗で定義した。

本発表では、ストームトラック活動度にウェーブレット解析^[6]を適用した結果から、40～70 日周期の季節内変動成分が特に卓越していた 2006/07 年冬季の事例を検討する。Fig. 3 に、2006 年 12 月～07 年 2 月の 160°E におけるストームトラック活動度の時間変化を示す。12 月下旬～1 月上旬およ

び 2 月には活発な一方で、12 月上旬～中旬および 1 月中旬～下旬には南北全体にわたって不活発で、顕著な季節内変動がみられる。

特に、約 20 日にわたって持続する 2 度の不活発期がこの年に特有の特徴であった。そこで、この期間の大気循環場を調べたところ、1 度目の不活発期には上流の亜熱帯ジェットに沿った波束伝播、2 度目の不活発期にはユーラシア大陸の広範囲で下層の高温偏差が確認された。詳細な図表や、2 節の内容との対応については、講演内で示す。

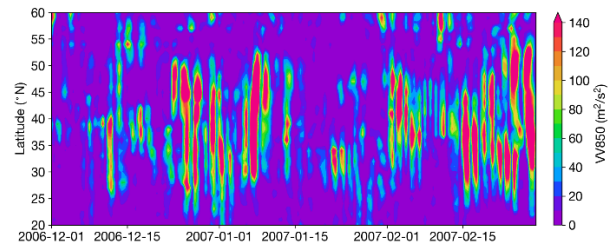


Fig. 3 Time-latitude section of the storm track activity ($v'v'850$) at 160°E during the 2006/07 winter.

4. まとめ

ラグランジュ的に追跡した個々の低気圧の環境場を調べた結果からは、低気圧の強度と発生時の環境場の間に統計的に有意な関係があることがわかった。また、2006/07 年冬季のストームトラック活動をオイラー的な統計量に基づいて調べた結果からは、約 20 日にわたって持続する不活発な期間が、上流の環境場の影響を受けている可能性が考えられ、今後さらに定量的な評価を進めていく。

参考文献

- [1] Nakamura, H. et al., 2004: *Earth's Climate*, AGU, 329–345.
- [2] Lau, N., 1988: *J. Atmos. Sci.*, **45**, 2718–2743.
- [3] Hersbach, H. et al., 2020: *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **146**, 1999–2049.
- [4] Inatsu, M., 2009: *Atmos. Sci. Lett.*, **10**, 267–272.
- [5] Shapiro, M. A., and P. J. Kennedy, 1981: *J. Atmos. Sci.*, **38**, 2642–2652.
- [6] Torrence, C., and G. P. Compo, 1998: *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **79**, 61–78.