

北半球夏季のダブルジェットの力学変動
Dynamical variability of the double-jet structure in the Northern Hemisphere summer

○直江寛明・榎本剛・今田由紀子

○Hiroaki NAOE, Takeshi ENOMO, Yukiko IMADA

This study investigates the dynamical variability of the double-jet structure in the Northern Hemisphere summer months of June and July. The summer northern annular mode (NAM), which is the leading mode of the empirical orthogonal function analysis in the extratropical troposphere for each month, is used for this analysis. The strong positive NAM is characterized as the double jets with the subtropical jet located at around 40°N and the polar front jet (the eddy drive jet) at 60–70°N; the strong negative NAM is characterized as the single jet with the dominant subtropical jet at around 40°N. The vertical profile of momentum budget at 60–85°N in the strong NAM months has peaks of the EP flux convergence and the poleward absolute vorticity advection at 300 hPa. The difference of zonal wind between the strong positive and negative NAM is estimated at around 5 m s⁻¹.

1. はじめに

2018年7月豪雨をもたらした要因は、局所的には多量の水蒸気の流入と線状降水帯の形成だが、大規模場は対流圏上層のジェットが亜熱帯ジェットと寒帯前線ジェットに大きく分流し、ダブルジェット構造が持続したことが原因の一つとされている。

亜熱帯ジェットは、Hadley循環(熱循環)に駆動される角運動量の移流によって生成され、thermally-driven jetとも呼ばれ、極めて傾圧的である。それに対し寒帯前線ジェット(より一般的には中緯度ジェット)は、波強制(運動量の収束)によって生成され、eddy driven jetとも呼ばれ、順圧的で地上風も西風である。夏季のユーラシア大陸上において、チベット高原の北側40°N付近に亜熱帯ジェットが発達するシングルジェット型と、寒帯前線ジェットも発達するダブルジェット型が存在する。

これまでの研究により、亜熱帯ジェット上を伝播する停滞性ロスビー波は夏の太平洋高気圧を発達させ(Enomoto 2004)日本域に猛暑をもたらす一方、寒帯前線上を伝播するロスビー波はオホーツク海高気圧の形成に寄与(Nakamura and Fukamachi 2004)し、日本に冷夏をもたらすことが知られている。しかし、ダブルジェットの力学変動や、eddy driven jet上を伝播するロスビー波の発達、ジェットとの相互作用、ジェットの維持機構は未解明であるため、夏の異常気象を解明するの

は困難である。そこで本研究では、夏季のユーラシア大陸に発達するダブルジェットの特徴を調べたので報告する。

2. 方法

夏季ユーラシア大陸上で特徴的な変動を調べるため、Ogi et al. (2004)で定義されたSV-NAM(seasonal varying, northern annular mode)指数を用いて、指数による分類と合成図による解析を行った。気象庁長期再解析(JRA-55)の月別東西平均高度場(40–85°N, 1000–200 hPa; 1958–2019, 62年)から時間的な共分散行列を求めてEOF解析を行い、その第1モードをSV-NAMパターンとした。

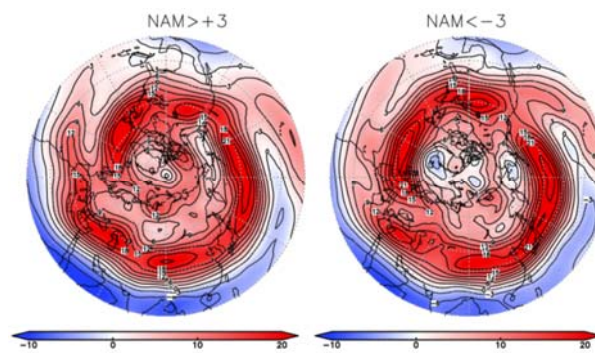


Fig. 1. Composite mean of the zonal wind (m s⁻¹) at 300 hPa for months whose daily extreme positive (+3; left panel) and negative (-3; right panel) SV-NAM indexes in June and July are more than 5 days.

SV-NAM 指数は、各月の高度場偏差を第 1 モードに射影し、年々変動の標準偏差で規格化して求めた。6-7 月の夏季について解析を行い、日別 SV-NAM 指数が +3 以上と -3 以下になる日数 6 日以上をそれぞれ北半球夏季の環状モード (NAM) +3 以上の月、-3 以下の月と定義した。

3. 結果

北半球夏季 (6-7 月) について、NAM 指数が +3 以上の月と -3 以下の月で平均した 300 hPa 面における東西風分布を Fig. 1 に示す。指数 +3 以上が 6 日以上は、6、7 月の 62 年間に 6 回あり (例: 2018 年 7 月)、その合成図は 40°N の亜熱帯ジェットと 60-70°N に eddy driven jet が発達するダブルジェット構造をしている。一方、指数 -3 以下が 6 日以上は、5 回あり、その合成図は 亜熱帯ジェットが 40°N に発達するシングルジェット型である。定常ロスビー波数 (not shown) は、40°N の導波管が顕著であり、北極海沿岸に全波数 3-4 程度の弱い導波管がみられる。

Fig. 2 に 月別 SV-NAM 指数の経年変化を示す。2018 年の 7 月は指数 2.9 であり、顕著な正の NAM である。2003 年 7 月は 2018 年と同様ダブルジェットが発達 (前田ら 2005) したが、月別 SV-NAM 指数は 0.8 で程度であった。これはシベリアの北極海沿岸だけ発達したのに対し、2018 年や Fig. 1 (left) では北極海を取り巻くようにジェットが発達したためである。2010 年 7 月は指数が +2 と高く、この年はロシアのブロッキングが発達し、欧州や日本など北半球の夏で猛暑であった。1993 年の日本は大冷夏であったが、SV-NAM 指数は -0.5 程度である。

NAM 指数が +3 以上の月のダブルジェット型について eddy driven jet 近傍の緯度帯で平均した運動量収支を示す (Fig. 3)。運動量収支は、60-85°N で 300 hPa 付近に EP flux の収束と絶対渦度の北向き輸送のピークがある。シングルジェット型 (NAM が -3 以下) との東西風の差は 5 m s^{-1} である。eddy driven jet は、波強制によって (つまり EP フラックス の発散) によって維持される (Ogi et al. 2005) が、月平均でみた場合は残差循環による絶対渦度の寄与が多いようである。今後、総観規模の時間スケールで特徴的な事例について調べる必要がある。

4. まとめと今後

Ogi et al. (2004) で定義された季節変化する北半

球環状モード (SV-NAM) を用いて、夏季 (6-7 月) ユーラシア大陸上で double jet 構造の特徴を調べた。NAM 指数 +3 以上の月は、40°N の亜熱帯ジェットと 60-70°N に eddy driven jet が発達するダブルジェット型であるに対し、NAM 指数 -3 以下の月は 亜熱帯ジェットが 40°N に発達するシングルジェット型である。ダブルジェット型 の運動量収支は、60-85°N で 300hPa 付近以下に EP flux の収束と絶対渦度の北向き輸送のピークがあり、シングルジェット型との差は東西風で 5 m s^{-1} であることがわかった。今後は、日別値から持続期間や場所の頻度分布、eddy driven jet の維持メカニズムを調べる予定である。

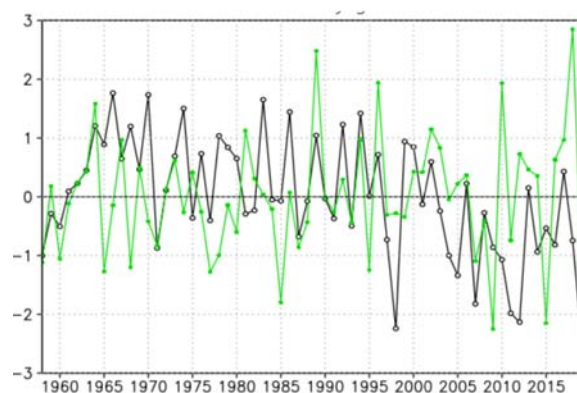


Fig. 2. Time series of the monthly SV-NAM index from 1958 to 2019 for June (black line) and July (green line).

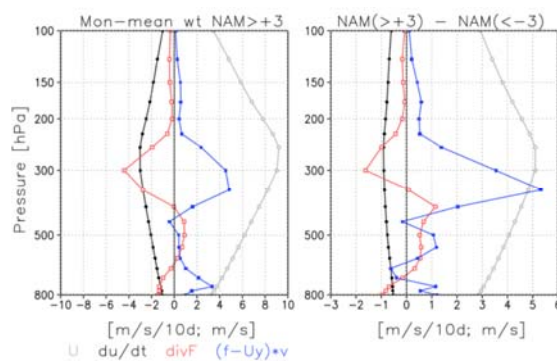


Fig. 3. (left panel) Vertical profile of momentum budget for extreme-positive-NAM months at 60-85°N for zonal wind tendency (black line), EP flux divergence (red line), Coriolis torque acting on the residual mean meridional circulation (blue line) in units of $\text{m s}^{-1} 10\text{day}^{-1}$. Zonal wind (m s^{-1}) is shown in grey line. (right panel) Same as the left panel but for the difference between extreme positive and negative NAM indexes.