

極夜ジェット振動の予測可能性  
Predictability of Arctic Polar-night Jet Oscillation Events

○野口峻佑・向川 均

○Shunsuke NOGUCHI, Hitoshi MUKOUGAWA

The predictability of the extratropical stratosphere and its impact on the skill of tropospheric forecasts in the Northern Hemisphere are examined from the framework of Polar-night Jet Oscillation (PJO), which is the dominant low-frequency mode in the winter stratosphere, by using the one-month ensemble forecast datasets provided the Japan Meteorological Agency. It is revealed that, during prominent PJO events, the ensemble spread of the predicted stratospheric temperature for forecasts starting before the onset of the breakdown event of the stratospheric polar vortex increases exponentially and saturates at higher levels while it grows linearly and remains small for forecasts starting after the onset of the vortex breakdown. It is also showed that forecast errors of the tropospheric circulation are reduced during about one month after the breakdown of the stratospheric polar vortex. Thus, this study indicates that the circulation anomaly in the stratosphere affects the skill of seasonal forecasts in the troposphere, especially in the mature phase of PJO events.

### 1. はじめに

冬季成層圏においてしばしば卓越する、帯状平均帯状風偏差のゆっくりとした極向き下方伝播は、極夜ジェット振動 (PJO) と呼ばれる (Kuroda and Kodera 2001)。PJO は、成層圏周極渦の崩壊現象である大規模な成層圏突然昇温 (SSW) 後に顕著にみられるが、その卓越期における下部成層圏での偏差の持続は対流圏へ及ぼす影響も大きいため、成層圏を介した長期予測の可能性の源として期待される (Hitchcock et al. 2013)。

しかしながら、PJO の予測可能性は十分に吟味されていない。また実際の予報において、PJO の対流圏への下方影響が、予報成績の向上に繋がるのかも明らかではない。そこで本研究では、気象庁より提供された 1 ヶ月予報データを用いて、PJO の予測可能性と、PJO が対流圏の予報成績に及ぼす影響について解析を行った。

### 2. データ

解析には、12 冬半期分 (2001 年 10 月から 2013 年 3 月まで) の気象庁現業 1 ヶ月アンサンブル予報データと、31 年分 (1979 年から 2009 年まで) の 1 ヶ月ハインドキャストデータを用いた。前者は、毎週水曜・木曜を初期日とする、それぞれ 25 (2006 年 3 月以前は 13) メンバーの予報から、後者は、毎月 10 日・20 日・月末を初期日とする、それぞ

れ 5 メンバーの予報からなる。本研究では、前者を PJO の予測可能性とそれが対流圏の予報成績に及ぼす影響の解析に、後者をより多数の事例に基づく予報成績の統計解析に用いた。なお、解析値には、JRA-55 再解析データ (Kobayashi et al. 2015) を用いた。

### 3. 結果

本稿では、例として、PJO 卓越事例の解析結果を中心に記述する。図に、2012-2013 年冬季の PJO 卓越期における解析結果を示す。この冬季には 2013 年 1 月に SSW が生起し、それに伴い PJO が卓越した。実際、東風領域 (a, 等値線)、北半球環状モード (NAM) 指数が負となる領域 (b, 等値線) および極域温度の正偏差領域 (b, 陰影) は、10 hPa において東風が現れる 1 月 7 日 (SSW 生起日) 以降、ゆっくりと下方伝播し、PJO の典型的な特徴を示している。

この期間における現業 1 ヶ月アンサンブル予報データを用いて計算した、PJO 予測値のアンサンブルスプレッドの時間発展を図 (c) に示す。ここで、PJO は極域温度偏差の鉛直分布から得られる EOF 上位 2 成分より定義される位相空間 (Kuroda and Kodera 2004) 上で捉え、2 次元での PC 時系列のスプレッドを示した。この図から、SSW の生起前後で急激にスプレッドの振る舞いに変化する

ことがわかる。すなわち、SSW 生起日以前を初期日とする予報では、スプレッドは SSW 生起日付近で急激に成長し、1 (気候学的標準偏差) を超えるレベルで飽和する。一方、SSW の生起日以降に開始した予報では、予報期間内 (34 日) でスプレッドは線形的に緩やかに成長し続ける。後者の特徴は、SSW 生起日以降、惑星規模波の対流圏からの上向き伝播が抑制され、成層圏内での物理過程が成層圏循環変動を支配していたことと関連すると考えられる。

さらに、図 (d) に、予報期間 14 日から 34 日で平均した 200hPa における NAM 指数のアンサンブル平均予測値誤差の絶対値を示す。これより、SSW 生起日以降の下部成層圏で負の NAM 偏差が持続する期間では、その前後の期間に比べ、上部対流圏での NAM 指数の誤差は小さく、しかも気候学的標準偏差以下となることがわかる。すなわち、対流

圏循環の予報成績は PJO の位相に依存することが示された。

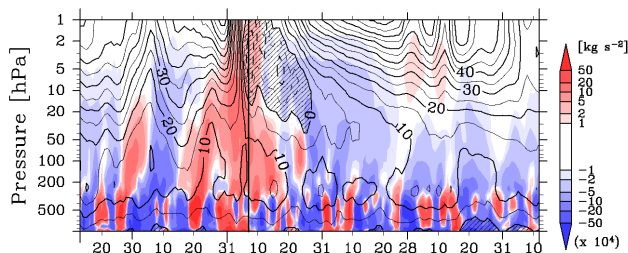
なお、上記の予測可能性および予報成績の変動の特徴は、最近生じた他の顕著な PJO 卓越期 (2004 年、2006 年、2009 年の 1-2 月など) でも共通して見られた。

さらに、1 ヶ月ハインドキャストデータを用いた解析により、図 (d) で示された、PJO の位相に対する対流圏循環の予報成績の依存性は、多数事例でも統計的に確かめられた。

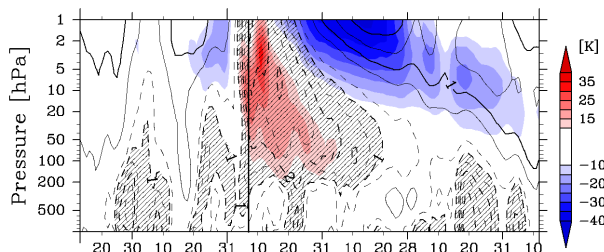
#### 4. おわりに

まず、本研究では、PJO の観点から、成層圏極域大気循環の予測可能性を整理した。これは各月における北極点温度 (Noguchi et al. 2014) や、高度場変動の主成分 (Inatsu et al. 2015) を用いて成層圏循環の予測可能性を記述した研究を補完するものである。さらに、本研究では、SSW 後の下部成層圏で負の NAM 偏差が持続する PJO の位相で、対流圏循環の予報成績が向上することを確認した。この結果は、成層圏の状態が対流圏の NAM 予測精度に及ぼす影響を断片的に記述した既存の研究 (Mukougawa et al. 2009, Sigmond et al. 2013) とも整合的で、しかも、それらを含む描像を提示している。

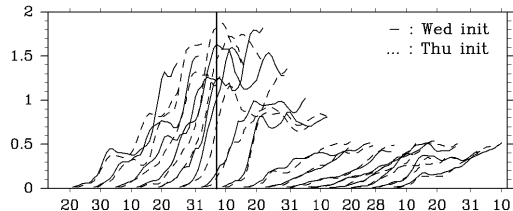
(a) Zonal wind (50–70N) & EPFz anomaly (50–90N)



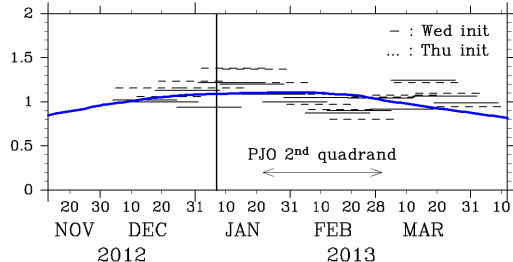
(b) NAM-index & Temp anomaly (70–90N)



(c) Ensemble spread in PJO phase space



(d) Ensemble mean abs error of NAM-i 200hPa



**Fig.** Time variation of the atmospheric circulation and its forecast skills in the 2012-2013 winter. **(a)** Time-height section of zonal-mean zonal wind averaged over 50°N-70°N (contour) and the vertical component of the Eliassen-Palm flux anomaly from the climatology averaged northward of 50°N (color). The contour interval is 5 m s<sup>-1</sup>. The region of easterly is shaded. **(b)** As in Figure (a) but for NAM index (contour) and temperature anomaly from the climatology averaged northward of 70°N (color). Shaded regions are where NAM index is smaller than -1. **(c)** Time series of ensemble spreads of the PJO index. Solid and dotted lines correspond to forecasts starting from Wednesday and Thursday, respectively. **(d)** As in Figure (c) but for the absolute value of the ensemble mean error of NAM index at 200 hPa averaged over the lead time from day 14 to day 34. Each averaged period is indicated by the horizontal line. The 91-day running average of the climatological standard deviation of NAM index is plotted by the blue curve. The central date of the SSW is indicated by the thick vertical line.