

北極寒気ドーム崩壊イベントの解析

菅野 湧貴 (電力中央研究所)

1. はじめに

冬季の北極域には放射冷却によって生成された寒冷で乾いた寒気が蓄積され、寒気ドームを形成している。高緯度の寒気の分布は異常気象と密接に関連しており、高緯度での寒気の減少は高緯度に暖冬を、中緯度に寒冬をもたらす (Kanno et al., 2015)。Kanno et al. (2015) は北緯 45 度以北・以南の寒気総量の変動を示したが、北極域のシグナルは弱く、北極域での寒気の変動は分かっていない。

そこで本研究は、北極域において寒気が極端に減少するイベントが発生したときの大気循環場を明らかにする。また、イベント発生時に寒気が中緯度のどこへ移動したのかを明らかにする。

2. 利用データと解析手法

本研究では、JRA-55 大気再解析データ (Kobayashi et al., 2015) から 6 時間間隔の気圧面データを 1958 年 12 月から 2021 年 3 月までの期間使用した。北半球の冬季として 12 月から 2 月を解析の対象とした。

北極域の寒気の指標として、次式で定義される特定温位 280 K 面以下の寒気容量を使用した (Iwasaki et al., 2014)。

$$NHC \equiv \int_{p(\theta_T)}^{p_s} (\theta_T - \theta) dp.$$

ここで、 p_s は地上気圧、 θ は温位、 $\theta_T = 280$ K は特定温位を表す。

北極域の寒気が極端に減少するイベントを北極寒気放出イベントと呼ぶ。このイベントを次のように定義した。はじめに、90 日

のハイパスフィルタを用いて季節変化と温暖化傾向を除いた北緯 70 度以北で積分した寒気容量の時系列を作成した。作成した時系列から、3 日以上連続して日々の変動の 1 標準偏差を下回るイベントを北極寒気放出イベントと定義した。この定義によって、169 のイベントを抽出した。

抽出したイベントにおいて北緯 70 度以北で最も寒気容量の少ない日をピーク日とし、ピーク日における北緯 50 度から北緯 70 度の寒気容量の分布を階層クラスタリングすることで寒気の流出先を分類した。

3. 気候学的分布と最大イベント

図 1 に冬季の寒気容量の気候学的分布を示す。寒気容量は緯度とともに増加し、北極域では 7000 K・hPa に達する。

抽出した 169 の北極寒気放出イベントの

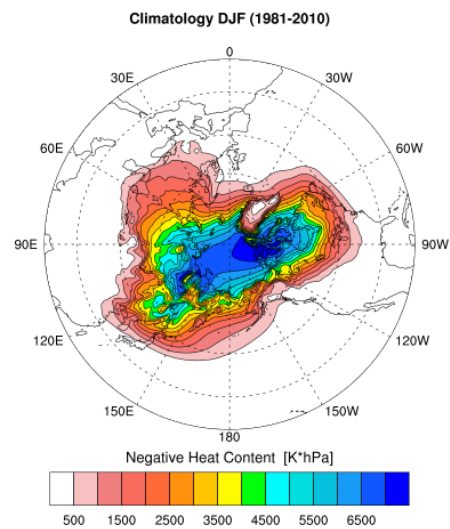


図 1 冬季北半球における寒気容量の気候学的分布。

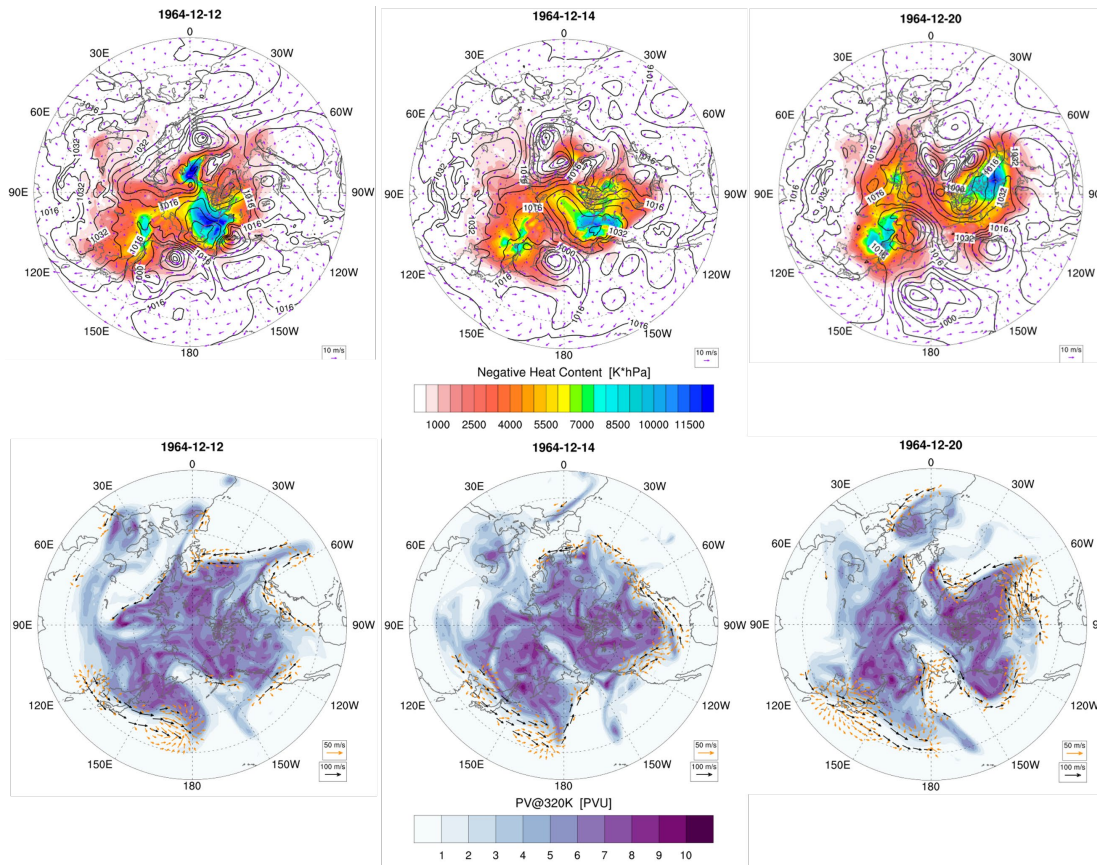


図2 (上段) 北極寒気放出最大イベントにおける寒気容量 (陰影) と寒気容量フラックス (ベクトル) と, (下段) 温位 320 K 面の渦位と風速 (黒ベクトル; 100 m/s 以上) と発散風ベクトル (黄ベクトル). 左から最大イベントの 8 日前, 6 日前当日.

うち, ピーク日に北緯 70 度以北の寒気容量が最も少ないのは 1964 年 12 月 20 日であった. その 8 日前, 6 日前, 当日の寒気容量の分布を図 2 に示す. 寒気流出の 10 日前には北極に最大 12000 K·hPa 寒気容量が存在していたが, ピークの 8 日前からユーラシア大陸上へ一部分裂した. 6 日前には分裂が進み, ピーク日には沿海州付近と北米東岸のバッフィン湾へ寒気が分裂し, 北極域には寒気容量が 2500 K·hPa しか存在しなかった. 対流圏下層の寒気の分裂は対流圏上層の極渦の分裂と同時に発生する (図 2 下段). ユーラシア大陸への分裂時には, 太平洋北部で

低渦位の空気塊が高緯度へ侵入する. また, ピーク日には太平洋北部に加えて大西洋北部でも低渦位の空気塊が侵入する. この低渦位の空気塊は多量の水蒸気を伴い, 低緯度の暖湿気の極への侵入に対応する.

4. 寒気放出先の分類

前章に示した北極寒気放出の最大イベントは沿海州とバッフィン湾への寒気の分裂であったが, 他の事例ではどこへ寒気が出しているのだろうか. ピーク日における中緯度 (北緯 50 度から北緯 70 度) の寒気容量の分布に対して階層クラスタリングを行うこ

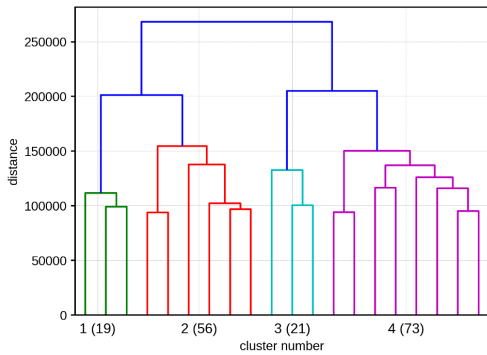


図3 クラスタ解析から得られたデンドログラム. 括弧内数値は事例数.

とで, 寒気の流出先を分類した. 分類結果の

デンドログラムを図3に示す. 各クラスタ間の距離から, 4つのクラスタに分類された. 各クラスタにおける90日のハイパスフィルタを施した寒気容量のコンポジット平均を図4に示す. 寒気放出イベントの11.2%と12.4%を占めるクラスタ1とクラスタ3は, 分裂型の寒気放出に分類された. クラスタ3はバイカル湖の北とバッフィン湾で寒気容量の増加が見られた. クラスタ1では, ウラル山脈の西とカナダ北西部を中心に寒気容量の増加が見られた. 北極寒気放出イベントの33.1%を占めるクラスタ2では北米へ寒気がシフトする. 残りの43.2%はクラスタ4

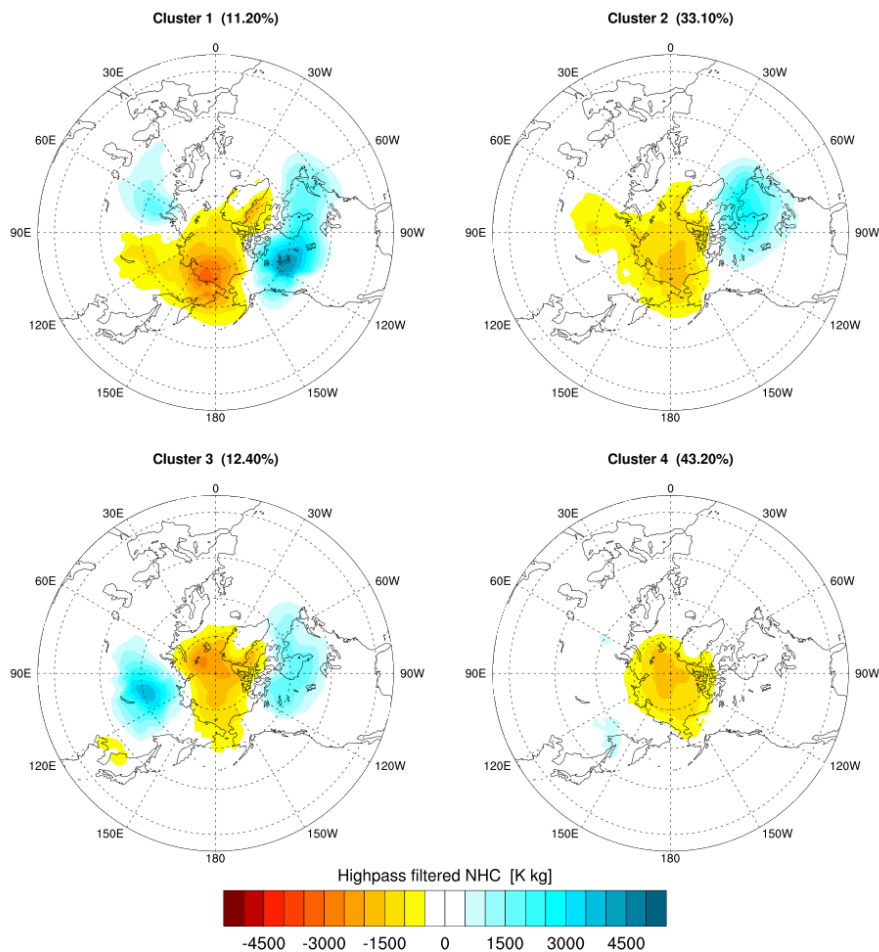


図4 各クラスタのコンポジット平均した90日ハイパスフィルタを施した寒気容量.

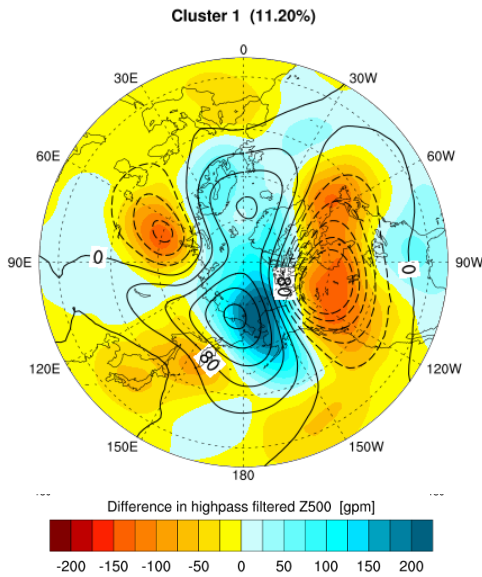


図5 クラスタ1のコンポジット平均Z500(陰影)とZ70(等値線). Z500とZ70は90日のハイパスフィルタを施している.

に分類された. クラスタ4のコンポジット平均は北極域に寒気容量の減少が見られるのみで, 中緯度での寒気容量の増加シグナルは見られない. クラスタ4には1から3までのクラスタに分類されなかった事例が入る. 中緯度での寒気容量の増加が様々な場所で見られ, コンポジット平均すると打ち消し合いのために明瞭なシグナルは見られなかった.

図5にクラスタ1のコンポジット平均したZ500とZ70を示す. 寒気容量の増加したウラル山脈の東とカナダ北西部ではZ500とZ70の減少が見られ, その位置関係は等価順圧な構造である. また, 寒気容量の増加する北極域のポーフォート海上空ではZ500とZ70の増加が見られた. この結果は寒気の分裂が対流圏-成層圏結合現象であることを示唆する.

5. まとめ

北極域で寒気容量が極端に少なくなる北極寒気放出イベント発生時の大気循環場と寒気の移動先を調査した. 最も強力な北極寒気放出イベントでは北極域の寒気が80%近く減少し, 沿海州とバフフィン湾に寒気が分裂していた. クラスタ解析より, 北極寒気放出イベントの23%がユーラシア大陸と北米へ寒気に分かれる分裂型, 北米側へ寒気が移動する寒気シフト型は33%であることが明らかになった. クラスタ1のコンポジット解析から, 寒気分裂イベントは対流圏-成層圏結合イベントである可能性が示唆された.

今後はラグコンポジット解析から北極寒気放出イベントの時間発展を解析し, 成層圏が先駆的に変動するのか, 対流圏の変動に従って成層圏の変動が起こるのかを明らかにする.

参考文献

- Iwasaki, T., et al., 2014: Isentropic Analysis of Polar Cold Airmass Streams in the Northern Hemispheric Winter. *J. Atmos. Sci.*, **71**(6), 2230-2243.
- Kanno, Y., et al. 2015: Charge and discharge of polar cold air mass in northern hemispheric winter. *Geophys. Res. Lett.*, **42**(17), 7187-7193.
- Kobayashi, S., et al. 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan*, **93**(1), 5-48.