

2009/2010 年冬季に発生した寒波の解析

堀 正岳

(海洋研究開発機構、地球環境変動領域、北半球寒冷圏プログラム)

1. はじめに

日本及び東アジア域における 2009/2010 年の冬季は、繰り返し発生した寒波によって特徴付けられた。図 1 (a)は南西諸島を除く 58 ヶ所の気象官署で平均した気温偏差時系列であるが、12 月-2 月平均が+0.81 度、あるいは 11 月-3 月の平均が+0.71 度と若干の暖冬であるのに対して、短期的には頻発した寒波によって寒暖の差が特徴的な冬となっていることがわかる。

一般に中緯度に対する寒気の流出の原因として語られる現象に負の北極振動が挙げられるが、図 1(b)に示した北極振動指数の日平均値は 12 月から 2 月において強い負の傾向を示すものの、個々の寒波との対応も、10 月から 11 月における寒波との対応も悪く、北極振動の傾向のみをもってこの年に寒波が頻発した原因とすることはできない。

東アジアにおける寒気の流出過程においては大きく分けて二つの成因がこれまで議論されている。一つは ENSO に関連した熱帯対流活動とそれにともなうローカルハドレー循環の役割 (Zhang et al. 1997) や、南アジアにおける対流圏上層の波活動度を通じた北西季節風の強化 (Sakai and Kawamura 2009) などといった熱帯の役割である。もう一つはユーラシア大陸上の定常ロスビー波列によるシベリア高気圧の強化と寒気の強化という視点である (Takaya and Nakamura 2005; Honda et al. 2009)。Honda et al. (2009) は北極域における海氷の開口域であるバレンツ・カラ海に注目し、海氷の多寡が大気への応答を通してシベリア高気圧を強化する過程を示した。

本研究では Honda et al. (2009) において月平均スケールで示された過程が

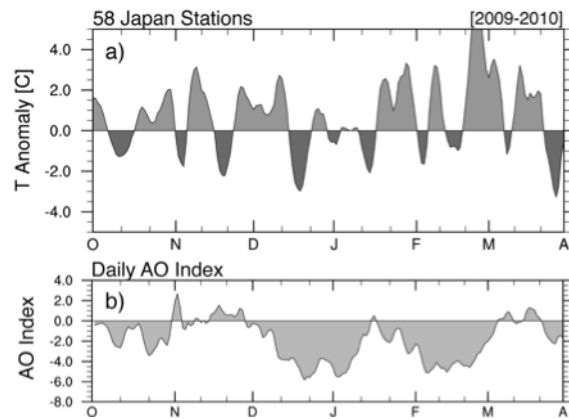


図 1：2009/2010 年における (a)日本の 58 ヶ所の気象官署で平均した気温偏差時系列と (b) 北極振動指数。

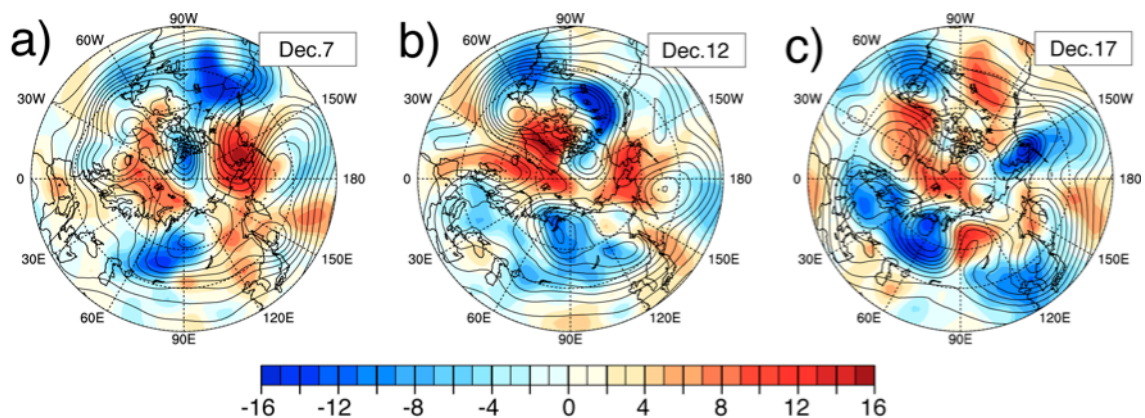


図 2: 2009 年 12 月 18 日の寒波事例に先立つ(a)10 日前、(b)5 日前、(c)1 日前の 500hPa 高度場 (等値線) と 850hPa 気温偏差 (シェード)。

より短期的な時間スケールにおいて個々の寒気についても見られるかを 2009/2010 年の事例について検討を行う。

2. データ

日本における気温の指標として南西諸島を除く 58ヶ所の気象官署の地表気温を用いた。大気データとして NCEP/NCAR 再解析データの高度場、気温、及び熱フラックスデータを用いた。本解析を通して、平年は 1979-1999 年の平均値とした。

3. 結果と考察

2009 年 10 月から 2010 年 3 月において、気温偏差の負の状態で定義される寒波が 10 回日本に達していた (図 1)。このうち 1 月末の事例を除き、負の気温偏差に先行して正の気温偏差が発生していた。最も強い寒暖の差を伴った事例は 12 月 18 日に日本を訪れた寒波で、気温偏差は-3.47 度に達し、その 6 日前には+4.94 度の正の偏差が先行していた。

この事例についてより詳細に示したのが図 2 である。ここで等値線は 500hPa 高度場を示しており、シェードは 850hPa 気温偏差を示している。寒波の訪れの 10 日前、20-30°E、70°N のバレンツ海域でリッジが形成され始める (図 2a)。一方、バレンツ海のリッジの東側には北極域からの冷氣移流が存在し、ユーラシア大陸上 75°E、50°N 付近に寒気を蓄積する。このリッジはその 5 日後には成長しつつ西進して大西洋上でブロッキングとなり、寒気の蓄積は東側に向けて伸張する (図 2b)。最終的に大西洋上のブロッキングから伝搬する波列パター

ンによって寒気は東アジア域に輸送され、日本における寒波の訪れとなった (図 2c)。

こうした事象の連なりは他の寒波の事例についても顕著にみられた。バレンツ・カラ海の高高度場偏差、西シベリア域の気温偏差、日本における気温偏差時系列 (図 3) によると、バレンツ海のリッジが西シベリア域に寒気移流をもたらし、引き続いて 6-10 日後に日本において寒波が発生している事例が 5 例みられた。

日本の基本偏差時系列に対するラグ回帰係数を 500hPa 高度場と 850hPa 気温場に対して行ったところ (図 4) 事例解析で得られたのと同様のプロセスが顕著にみられた。すなわち、寒波が訪れる 10 日前にはバレンツ・カラ海を含む北極海上で正の高度場偏差が生じ、それに対応した寒気移流によって寒気の蓄積が西シベリア域で見られる (図 4 a)。その 5 日後には大西洋でブロッキングが発達し、これを源とした波列パターンによって寒気が東に移動する。最終的にこの波列パターンは東アジアに達して、寒気が日本に到来する。この寒気の後面にはすでに正の気温偏差が存在し、これが次々と日本に到達することでこの年において特徴的だった寒暖の差

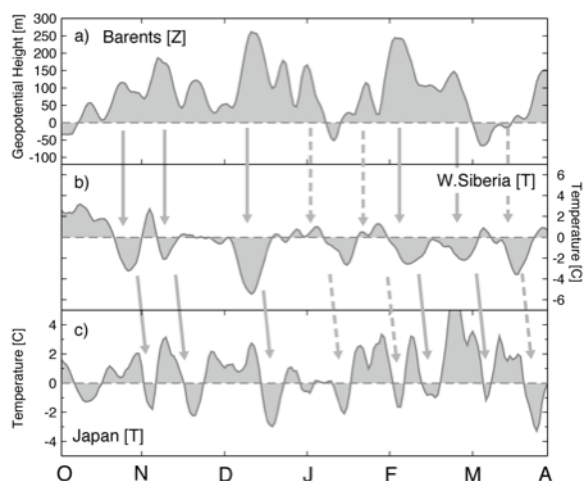


図 3 : (a)バレンツ・カラ海 (0-100°E, 70-90°N)の 500hPa 高度場偏差、(b)西シベリア域(40-120°E, 45-65°N)の 850hPa 気温偏差、(c)日本における気温偏差 (図 1a と同様) の時系列

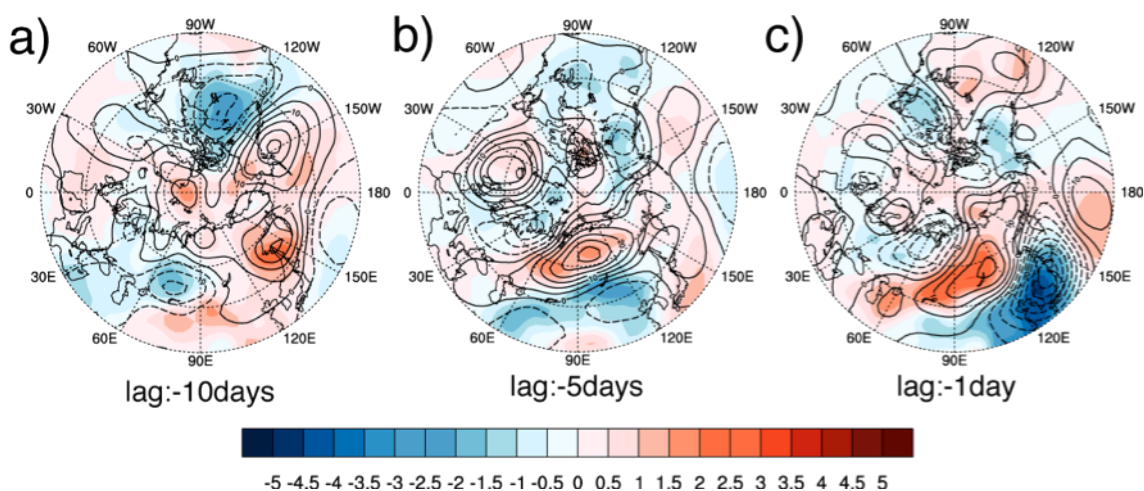


図 4 : 日本の気温偏差時系列に対する 500hPa 高度場 (等値線) と 850hPa 気温場 (シェード) のラグ回帰係数。(a) 10 日前、(b) 5 日前、(c) 1 日前について。

が生じていることが見て取れる。

こうしたプロセスのきっかけとしてバレンツ・カラ海における熱フラックスの影響が存在する。2009/2010年の冬においてバレンツ・カラ海は海氷の季節進行が比較的遅く、11月～3月で平均した顕熱・潜熱フラックスの偏差はバレンツ海の東側およびカラ海において正となっている。この場合は Honda et al. (2009)で示された、少氷年の熱フラックスとよく対応しており、この海域を源として大気への応答が存在した可能性を支持する。

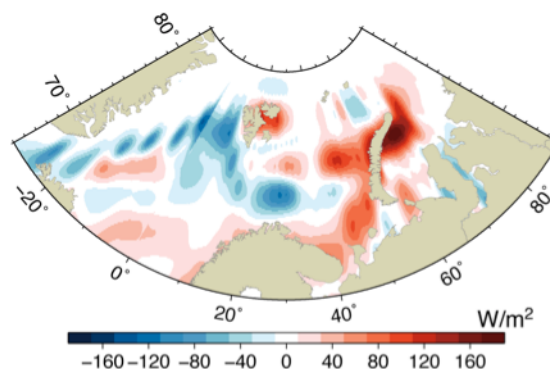


図5：2009年11月～2010年3月平均の顕熱・潜熱フラックスの偏差。正が上向き。

今回の解析で短周期の寒波を発生するメカニズムとして北極海とユーラシア大陸における寒気蓄積の一連のプロセスが見出された。今後、バレンツ・カラ海を起点としたこのような寒気の蓄積・移流プロセスが他の年においてどれだけみられるか、あるいはバレンツ・カラ海の夏から秋にかけての貯熱量とその後の大気への応答との関係についてより詳しく解析する必要がある。

参考文献

- Honda, M., J. Inoue, and S. Yamane, 2009: Influence of low Arctic sea-ice minima on anomalously cold Eurasian winters, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L08707, doi:10.1029/2008GL037079.
- Hori, M. E., J. Inoue, T. Kikuchi, M. Honda, Y. Tachibana, 2010: Recurrence of Intraseasonal Cold Air Outbreak During the 2009-2010 Winter in Japan and its ties to the Arctic Ocean, (Submitted to journal *SOLA*).
- Sakai, K., and R. Kawamura, 2009: Remote response of the East Asian winter monsoon to tropical forcing related to El Niño Southern Oscillation, *J. Geophys. Res.*, 114, D06105, doi:10.1029/2008JD010824.
- Takaya, K., and H. Nakamura, 2005: Mechanisms of intraseasonal amplification of the cold Siberian high, *J. Atmos. Sci.*, 62, 4423–4440.
- Zhang, Y., K. R. Sperber and J. S. Boyle, 1997: Climatology and interannual variation of the East Asian winter monsoon: Results from the 1979-95 NCEP/NCAR reanalysis, *Mon. Wea. Rev.*, 125, 2605–2619.