

# 2009年1月大規模突然昇温の特徴とその予報について

\*一丸知子・廣岡俊彦(九大院・理), 向川均(京大防災研)

## 1. はじめに

2009年1月下旬、北半球で波数2型大規模突然昇温が生じた。顕著な波数2型大規模突然昇温は、今回の昇温を合わせても北半球ではここ30年に3回しか起きていない非常に珍しい現象である。また、今回の昇温は、残り2つの波数2型大規模突然昇温である1984/85年冬季、1988/89年冬季の事例と比較しても、対流圏から成層圏への東西波数2のプラネタリー波の鉛直伝播が圧倒的に大きい、非常に特異な事例であった(Harada et al., 2009)。

これまで我々は、気象庁1ヶ月アンサンブル予報が開始された2001年3月以降に生じた突然昇温を対象に、波数1型突然昇温やPreconditioningを伴う突然昇温の予測可能性を報告してきた(第3~6回「異常気象と長期変動」研究集会)。今回は2001年3月以降初めて生じた波数2型大規模突然昇温に焦点をあて、その特徴と予測可能性を調べた。

## 2. データ

解析には、毎週水曜・木曜に実施された気象庁1ヶ月アンサンブル予報結果及び気象庁全球客観解析データを用いた。各予報結果には、初期値に摂動を加えない1つのコントロールランと摂動を加えた24個の摂動ラン、計25個のメンバーが含まれている。解析には2009年1月7・8日初期値、2009年1月14・15日初期値の各50メンバーを用いた。

## 3. 解析結果

### 3-1. 観測結果

まず、10hPa帯状平均場の観測値についてみていく。北緯80度の温度をみると2009年1月15日ごろから昇温が始まり、23日に270Kの温度ピー

クを迎えている(図1a)。また、北緯60度の東西風から24日に西風が東風に反転し、28日には-30m/sの東風最大を迎えている(図1b)。このことは、今回の事例が大規模突然昇温であることを示している。

次に、100hPa、北緯30-80度領域平均したE-P flux鉛直成分( $F_z$ )をみていく。10hPaで昇温が始まる前の1月10日ごろから、波数2成分の上向き伝播が活発になり、19日に $2.8 \times 10^5 \text{ kg/s}^2$ と非常に大きな値で1回目のピークを迎えている(図1c、

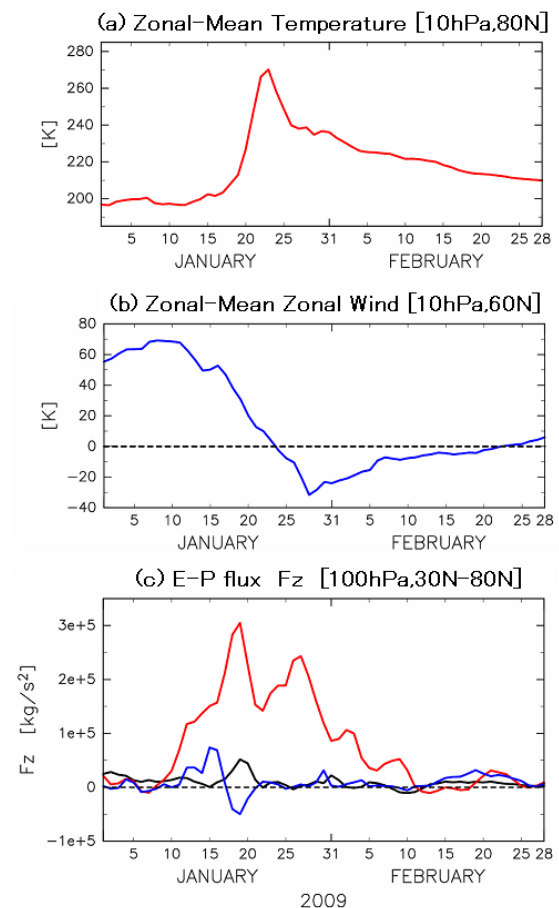


図1: 2009年1月1日から2月28日までの期間の(a)10hPa、北緯80度での帯状平均温度、(b)北緯60度での帯状平均東西風の時間変化、(c)100hPa、北緯30-80度で領域平均したEP flux鉛直成分( $F_z$ )の時間変化。黒、赤、青線はそれぞれ波数1,2,3成分。

赤線)。このとき、通常活発な波数 1 の  $F_z$  が非常に小さくなっている(図 1c、黒線)。また、波数 3 の  $F_z$  は、波数 1 成分と同程度の大きさであり、波数 2 の  $F_z$  ピーク時には下向き伝播となっている(図 1c、青線)。つまり、この昇温は対流圏で増幅した波数 2 成分により生じたといえる。27 日には、波数 2 の  $F_z$  が再びピークを迎えている。この活発な波数 2 のプラネタリー波は、1 回目のピークにより成層圏上部が東風になっているため成層圏上部には鉛直伝播できず、成層圏下部で収束する(図省略)。その結果、10hPa、北緯 60 度での帯状平均東西風が東風になり、大規模昇温となった。

図 2 は、100hPa、北緯 50-70 度で領域平均及び 5 日平均した Plumb (1985)フラックスの鉛直成分(WAFz)に関する 2009 年 1 月の経度時間断面図である。図 1c で 19 日に見られた波数 2 の  $F_z$  の 1 回目のピークは、西経 180 度-西経 120 度の大きな正の WAFz により形成されている。これは、対流圏北米西岸上空で発達したブロッキング高気圧によるものである。一方、27 日に見られた波数 2 の  $F_z$  の 2 回目のピークは、東経 120 度付近の大きな正の WAFz によって形成されており、これはシベリア西部で形成された高気圧と、その風下側の発達した低気圧によるものである(図 5a 参照)。

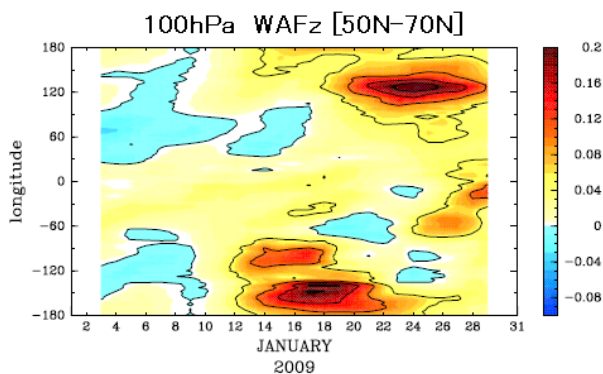


図 2: 2009 年 1 月の 100hPa、北緯 50-70 度で領域平均及び 5 日平均した Plumb (1985)フラックスの鉛直成分(WAFz)の経度時間断面図。暖(寒)色は上(下)向き伝播を表す。コンター間隔は  $0.05 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 。

### 3-2. 予報結果

10hPa、北緯 80 度での帯状平均温度の予報をみると、1 月 7-8 日初期値では、ほとんどのメンバーが昇温傾向さえ示さない(図 3a)。しかし、数メンバーは昇温傾向を示しているうえに、1 メンバーだけではあるが、ほぼ正確に昇温を予報できているものもある。10hPa、北緯 60 度での帯状平均東西風の予報をみると、図 3a でうまく昇温を予報できていたメンバーは西風から東風の反転までうまく予報できている(図 4a)。一方、その他の予報メンバーは東西風の変化をまったく予報できていない。

その 1 週間後の予報になると、全メンバーが昇温傾向を示しているが、温度ピークにあたる 1 月 23 日をみると昇温規模に違いがあることがわかる(図 3b)。ただ、昇温傾向は予報できても、東風ピーク時の東西風はまったく予報できていない(図 4b)。つまり、2009 年 1 月 14-15 日初期値の予報は、昇温を小規模昇温として予報している。

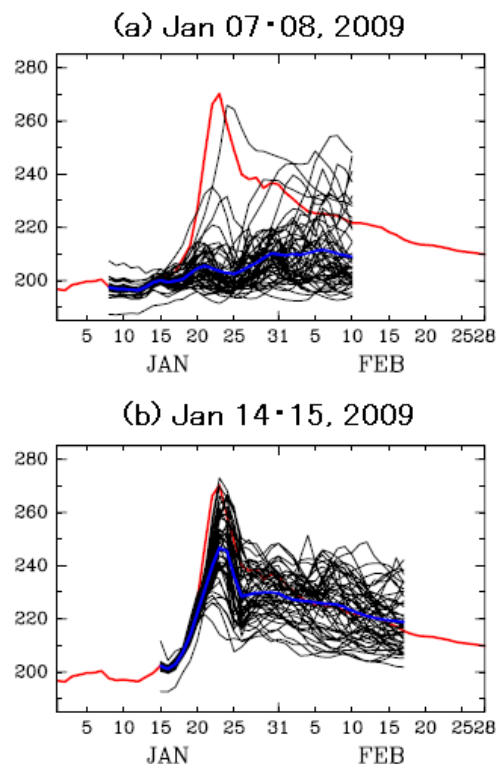


図 3: 10hPa、北緯 80 度での帯状平均温度予報。赤線は観測値、青線がアンサンブル予報平均値、黒線がアンサンブル予報 50 メンバー。(a) 2009 年 1 月 7-8 日初期値、(b) 2009 年 1 月 14-15 日初期値。

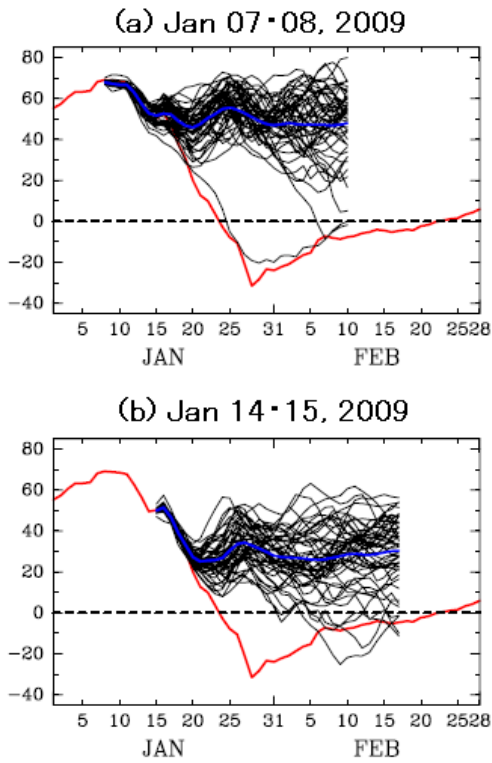


図4: 図3と同様の図。ただし10hPa,北緯60度での帯状平均東西風予報について描いたもの。

### 3-3. 回帰分析

突然昇温と対流圏高度場との関連を調べるため、Mukougawa et al. (2005)と同様に、全アンサンブルメンバーを用いて、3日平均500hPa高度場予報について温度ピーク日の10hPa、北緯80度での帯状平均温度予報との回帰をとった。図5は、1月18-20日の(a)3日平均500hPa高度場、(b)と(c)は1月7-8日初期値と1月14-15日初期値のアンサンブル予報平均高度場、(d)と(e)は各予報の回帰偏差場である。赤・青色が正・負偏差の99%有意領域、ピンク・水色は95%有意領域を示している。数メンバーが昇温傾向を示した1月7-8日初期値については(図5d)、北米西岸付近の高緯度域に正偏差、中緯度域に負偏差がみられる。また大西洋上に負偏差の有意な領域がみられる。このことから、北米西岸上のブロッキング高気圧と大西洋上の低気圧が発達することが昇温傾向を示すのに必要だと考えられる。一方、全てのメンバーが昇温傾向を示したが、温度ピーク時に昇温規

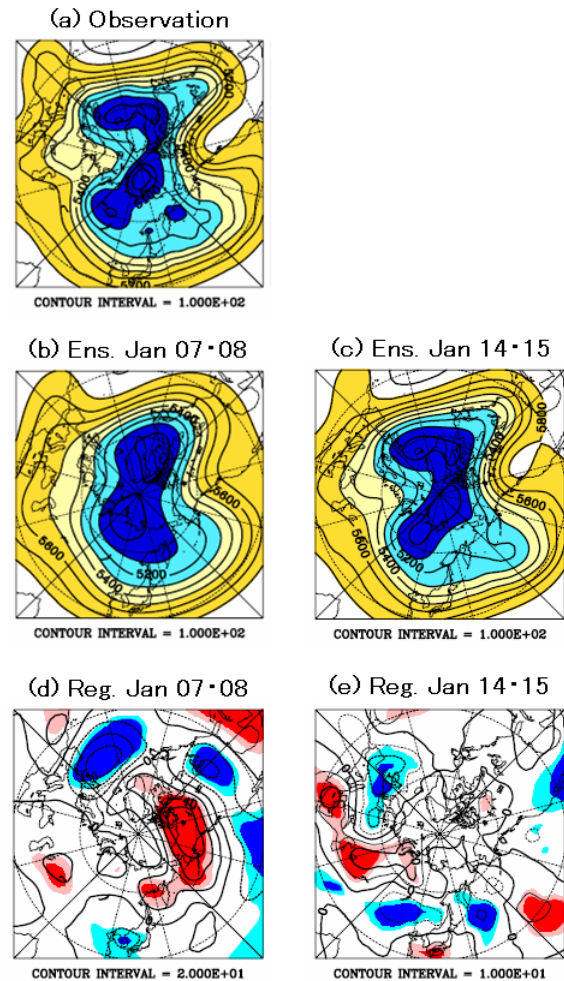


図5: 1月18-20日の(a)3日平均500hPa高度場、(b)と(c)は1月7-8日初期値と1月14-15日初期値のアンサンブル予報平均の高度場、(d)と(e)は各予報の回帰偏差場。赤・青色が正・負偏差の99%有意領域、ピンク・水色は95%有意領域。

模がばらついていた1月14-15日初期値については(図5e)、シベリア付近で正偏差がみられる。このことから、シベリア付近の高気圧のさらなる張り出しが昇温規模を左右すると考えられる。

さらに、突然昇温と帯状平均東西風との関連を調べるため、図5と同様に3日平均帯状平均東西風予報について温度ピーク日の10hPa、北緯80度での帯状平均温度予報との回帰をとった。図6は、1月18-20日の1月7-8日初期値の回帰偏差場である。対流圏から下部成層圏にかけては北緯30度及び80度付近に正偏差、北緯60度付近に負偏差と三極構造になっている。上部成層圏では

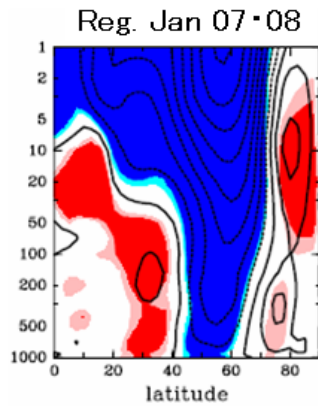


図 6: 3 日平均帯状平均東西風予報について計算された温度ピーク日の 10hPa、北緯 80 度での帯状平均温度予報との回帰。予報初期日は 1 月 7・8 日で 1 月 18-20 日の緯度高度断面図を示す。赤・青色が正・負偏差の 99%有意領域, ピンク・水色は 95%有意領域。コンター間隔は 1m/s。

北緯 70 度以南に有意な負偏差、北緯 70 度以北に正偏差がみられ、二極構造となっている。この構造は、突然昇温直前におこる極夜ジェットの極側へのシフトに対応し、対流圏で増幅したプラネタリ一波が成層圏にまで鉛直伝播しやすい環境を示している。今回の突然昇温は直前に小規模昇温を伴っていないため、一般的な Preconditioning とは異なるが、極寄りの極夜ジェットの形成という点で、Preconditioning 後に見られる東西風場と同様の特徴を示しており、これが昇温の鍵になっていることが図 6 の回帰偏差場からわかる。

#### 4. まとめ・今後の課題

過去 30 年で観測された波数 2 型大規模突然昇温の中でも最も規模の大きい 2009 年 1 月の事例について、その特徴と予測可能性を調べた。突然昇温と対流圏高度場との関連を回帰分析により調べたところ、昇温傾向を示すためには昇温前に対流圏で発達した北米西岸のブロッキング高気圧と大西洋上の低気圧をうまく予報しなければならないことが示された。また、その後シベリア上空で発達する高低気圧の予報が、昇温規模に加えて上部成層圏の東西風の動向を決めていることもわかった。このような突然昇温と対流圏ブロッキング

との関係は、今回の波数 2 型大規模突然昇温だけではなく 2001 年 12 月の波数 1 型大規模突然昇温の事例でも報告されている (Mukougawa et al., 2005)。Taguchi (2008) は、統計的に見れば、対流圏ブロッキングと突然昇温の生起に有意な関係はないと結論付けているが、対流圏ブロッキングとその後生起する成層圏突然昇温との間には深いつながりがある事例が存在することは事実であり、今後観測、理論両面からの研究が必要である。

#### 5. 謝辞

データを提供頂いた気象庁気候情報課の皆様へ深く感謝する。図の作成には地球流体電脳ライブラリを用いた。本研究の一部は、日本学術振興会特別研究員研究奨励費の補助によるものである。

#### 参考文献

- Harada, Y., A. Goto, H. Hasegawa, N. Fujikawa, H. Naoe and T. Hirooka, 2009: A Major Stratospheric Sudden Warming event in January 2009. *J. Atmos. Sci.*, in press, doi:10.1175/2009JAS3320.1.
- Mukougawa, H., H. Sakai, and T. Hirooka, 2005: High sensitivity to the initial condition for the prediction of stratospheric sudden warming. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L17806, doi:10.1029/2005GL022909.
- Plumb, R. A., 1985: On the three-dimensional propagation of stationary waves. *J. Atmos. Sci.*, **43**, 217-229.
- Taguchi, M., 2008: Is there a statistical connection between stratospheric sudden warming and tropospheric blocking events? *J. Atmos. Sci.*, **65**, 1442-1454.