

成層圏突然昇温が対流圏に及ぼす影響の決定要因

中川憲一（札幌管区気象台）・山崎孝治（北大院・地球環境）

1. はじめに

冬季北半球の極域成層圏において数日間で数十度以上温度が上昇する劇的な変動現象として、成層圏突然昇温（Stratospheric Sudden Warming:以下略してSSW）がある。SSWの形成機構は以下のとおりである。対流圏から励起されたプラネタリー規模の波が上方伝播し、成層圏で砕波することで極夜西風ジェットが減速する。これに伴う極向き流れが極域で下降し断熱昇温により極域気温が上昇する。SSWは極夜西風ジェット（極渦）の急速な減衰と同一の現象であるといえる。

最近、成層圏の極渦の強弱の変動が2～3週間程度のタイムラグを経て対流圏まで下方伝播することを示した研究がなされている（Baldwin and Dunkerton, 1999, 2001; Limpasuvan et al., 2004）。

しかし、事例を個々にみると、どのケースでも下方伝播するわけではなく、下方伝播する場合としない場合があり、その差はどこから生ずるかを明らかにすることが本研究の目的である。

2. データと解析手法

データはECMWF客観再解析データ(1957年9月～2002年8月)を用いた。極域温度は北緯80～90度の領域平均として求めた。また種々の物理量に対して気候値を求めた。以降、偏差とは気候値からの偏差を示す。

SSWの事例は以下の方法で抽出した。まず、10, 20, 30 hPaのいずれかで極域温度が6日間で20K以上昇温した事例をSSWとして選んだ。一回の昇温事例において、10 hPaにおける昇温率最大の日をkey dayとした。次に、SSWが30日以内の間隔で連続して起きた場合、昇温率の大きい事例を選んだ。このようにして最終的に51事例を抽出した。

SSW発生後の対流圏の振る舞いの差を調

べるために、SSW後の30日平均の500 hPaの極域温度偏差が正の場合(Warmと略)の28例と負の場合(Coldと略)の23例の場合に分け、合成図解析を行った。

3. 結果

SSWの時間発展を、高緯度域(50-80N)の帯状平均東西風偏差で図1に示す。成層圏のSSWの発展は両ケースで大差はない。対流圏では、2つのケースで大きな違いがある。Warmケースではkey dayの1週間前から既に対流圏の西風偏差が負に転じており、2週間後に負偏差は最大となり40日後まで持続している。一方、Coldケースでは逆にSSWの1週間前から対流圏の西風偏差が正になり、key day直後にピークとなり、4週間後まで持続している。

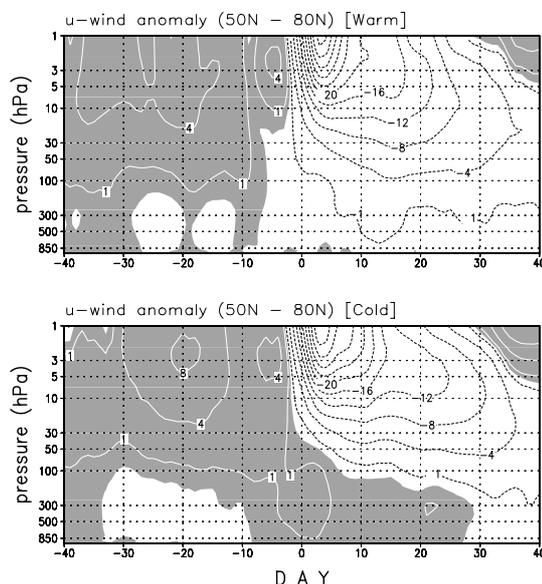


図1 50N-80N 平均の東西風偏差の合成図。(上)対流圏極域昇温(Warm)事例。(下)同降温(Cold)事例。等値線間隔は4 m/sで、+1と-1も示す。陰影は正偏差。横軸は時間でkey dayの-40日から+40日までを示す。

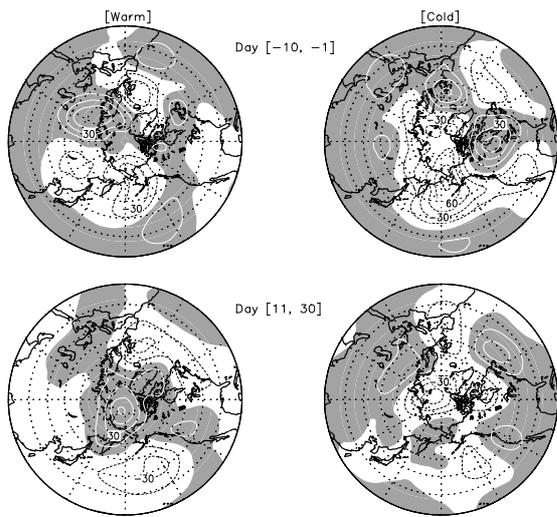


図2 500 hPa 高度偏差の空間分布。等値線間隔は 15 gpm。陰影は正偏差。上段は key day から 1~10 日前の平均値、下段は 11~30 日後の平均値。左は Warm 事例、右は Cold 事例。

次に SSW 発生前後の対流圏空間パターンの特徴を 500 hPa の高度偏差で見たものを図2に示す。SSW 発生前 10 日平均では、ベーリング海を中心とした大きな負偏差とハドソン湾付近の正偏差が共通して見られる。一方、大西洋からシベリアにかけては顕著な差が見られる。Warm の場合は、北欧で負、西シベリアで正、東シベリアで負の偏差である負のユーラシア(EU)パターンに似た構造が見られる。一方、Cold の場合は、ほぼ逆で正の EU パターンになっている。

SSW 後、11-30 日の 20 日平均場をみると、Warm では北極域で正偏差、その周りの北太平洋と北大西洋で負偏差となっており、負の北極振動(Thompson and Wallace, 1998)と良く似た構造となっている。一方、Cold ケースでは北極域で負偏差であり、どちらかといえば北極振動は正である。

このように SSW 発生の直前における対流圏での振る舞いが2つのケースで大きく異なることがわかったので、平均流と波の相互作用の観点から SSW の2つのケースの違いを EP flux で調べた(図略)。全 flux でみると、両ケースとも上部対流圏から成層圏への flux

が見えるが、Warm のケースでは中高緯度対流圏下部から上向き極向きに向かっており、波加速は 400 hPa 付近を中心として負である。一方、Cold のケースでは対流圏で flux 偏差は赤道方向へ向かっており、高緯度 300hPa 付近を中心に flux は発散し西風加速偏差となっている。

次に、波数分解によりどのスケールの波が2つの違いに寄与しているかを調べ、主に波数1と2の違いがあることがわかった。波数1は両ケースとも対流圏下部から成層圏へ上方伝播しているが、Cold のほうが上部対流圏からの flux が大きく、300hPa 付近で発散している。波数2では、Warm においては flux は上向き偏差であり、対流圏高緯度の風を減速しているが、Cold においては flux は下向き赤道向き偏差で対流圏高緯度の風を加速している。

4. まとめ

対流圏から成層圏へ伝播するプラネタリー波が SSW を引き起こすのであるが、対流圏から伝播してゆくときに波数1が卓越する場合には既に対流圏でプラネタリー波の作用によって西風加速が生じ、極域対流圏まで昇温は下方伝播しない傾向がある。一方、波数2も卓越する場合には SSW 以前に西風減速が生じて昇温が対流圏へ伝播しているように見える。SSW 直前にできた対流圏での偏差がその後も持続していると解釈できる。

また、SSW が対流圏へ下方伝播する(しない)ときは、SSW 直前の対流圏の EU パターンが負(正)となる傾向にある。

参考文献

- Baldwin, M. P., and T. J. Dunkerton, 1999: *J. Geophys. Res.*, **104**, 30937-30946.
- Baldwin, M. P., and T. J. Dunkerton, 2001: *Science*, **294**, 581-584.
- Limpasuvan, V., D. W. J. Thompson, and D. L. Hartmann, 2004: *J. Climate*, **17**, 2584-2596.
- Thompson, D. W. J., and J. M. Wallace, 1998: *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 1297-1300.