

突然昇温の波数1と2のタイプの決め方について

柴田清孝（高知工科大学）

1. はじめに

成層圏突然昇温が発見(Scherhag, 1952)されて以来、数多くの研究が行われてきたが、突然昇温の波数1もしくは2のタイプの決め方についてはその定義が定まっておらず注意が必要である。そもそも突然昇温のタイプは定性的には文字通り突然昇温の期間に高度場などで見て極渦の波数1と2の振幅の大小で決められるものである。しかし、定量的には突然昇温の期間の取り方や比較する物理量が研究者によって異なっているため、同じデータを解析しても異なる結果になっている。さらに、突然昇温のタイプを波数1と2のカテゴリでなく、極渦の極からの偏移(displacement、Dタイプ)と分裂(splitting、Sタイプ)で分類(Charlton and Polvani, 2007) (以後、CP07と記す) するものもある。この場合、Dタイプは波数1、Sタイプは波数2に対応するとされる。

CP07は絶対渦度の第一と第二の極大値の面積の比のみでDタイプとSタイプを決めており、ERA-40の1958~2002年間の再解析データの解析からDタイプは15コ、Sタイプは14コある、つまり両者はほぼ同数であると報告している。一方、Bankala et al (2012)は極渦の高度場やヒートフラックスの波数の振幅の比較から波数1と2のタイプを抽出する手法を用いERA-40には波数1が21コ、波数2が6コあると解析し、CP07と大きな違いを示している。

本研究はCP07と同じように渦度のみでの評価から波数1と2のタイプをできるだけ簡単に選別する手法を提案するものである。

2. 計算方法

CP07の計算法を踏襲し、必要に応じて修正する方法をとった。CP07は等温位面上での渦度ポテンシャルの代替えとして10hPaでの絶対渦度を最大波数10の三角形切断(T10)の分解能に落として平滑化し、第一最大値を求め、その極渦の境界をラプラスアン=ゼロ [∇^2 (絶対渦度) = 0] で評価し境

界内で絶対渦度の面積積分(極渦強度と記す)で評価する。同様に第二極大の極渦強度を求める。第一と第二極大の極渦強度の比が0.5を超す場合が期間内に一度でもあればSタイプとするものである。期間は中央日(北緯60度10hPaの帯状平均東西風が西風から東風に変わる日)の前5日から後10日までの16日間である。ただし、中央日の詳細な定義は最終昇温を除くなど、もう少し条件がある(省略)。

本研究では以下の修正を行った。(1)渦度の境界:渦度の傾度が最大の位置、つまり ∇^2 (渦度) = 0、を境界にするのは物理的ではある。確かにほとんどの場所でそうになっているけれども、そうっていない場所もある。言い換えると、この閉曲線は必ずしも極渦の境界になっていないことが確認された。それ故、別の定義を用い、ピーク値(A_p)の半分(A_c 、これはチューニングパラメータでここでは0.5)の位置とした(図1)。

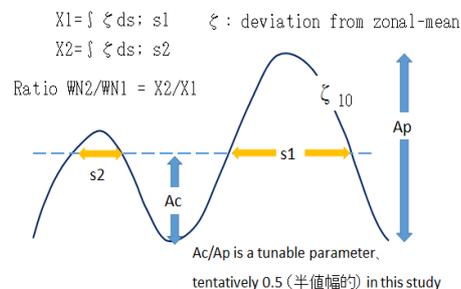


図1. 極渦強度の定義の模式図。10hPaの第一と第二極大の渦度の一次元図。

(2)渦度アノマリー: CP07では絶対渦度を使っているが、1963年1月の突然昇温の場合のように極の近くで波数2が大きいときは極渦が極を跨ぐようになり、絶対渦度でも相対渦度でもこの第二極大値のピークを同定するのが難しい(図2)。そこで、帯状平均場からのずれ(アノマリー)で評価する

ことでピークの同定および渦度強度の評価が容易に行うことができた。

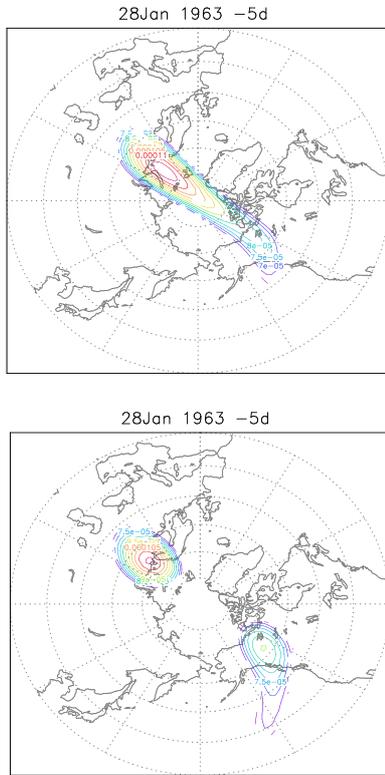


図2. 1963年1月の突然昇温の(上)渦度と(下)アノマリー。中央日の5日前。

(3) 波数1と2の抽出: Sタイプは必ずしも波数2ではないことは次の2例からわかる。1977年1月の昇温はSタイプ(図3)であるが明らかに波数2ではない。一方、1979年2月の昇温はSタイプかつ波数2である(図4)。そこで第一、第二極大から波数1、2を抽出するため90度セクターのフラグを使った(図4)。第一極大のピーク値の両側45度に広がる90度の第一セクターを定義し、その北極点の点対称として別の90度の第二セクターも定義する。それぞれのセクター内で1、外で0の値を持つボックスカー関数を渦度に乘じて面積積分を行い、渦度強度を評価する。また、極大値を自動的に抽出すると明

らかに極渦でないのも検知するので、緯度方向にも南北15度の幅のボックスカー関数を使った。

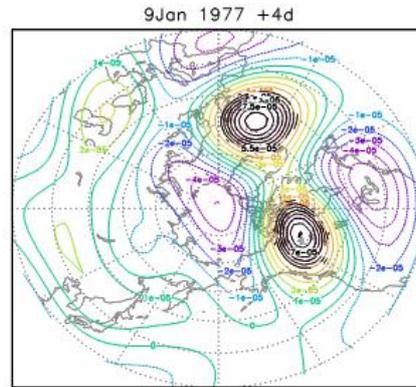


図3. 1977年1月のSタイプ昇温の渦度。黒線のコンターが最大値の半値以上を持つ第一極大、第二極大の領域である。

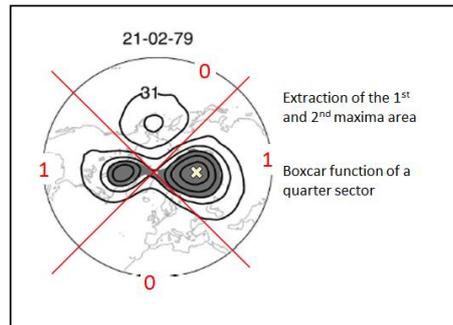


図4. 1979年1月のSタイプ昇温の渦度と90度セクターのボックスカー関数の模式図(CP07に加筆)。

3. 結果

データはCP07と同じくERA-40を使い、昇温の中央日もCP07から取った。昇温の総数は29コである。解析の16日間の波数1(WN1)と波数2(WN2)の極渦強度比(WN2/WN1)を図5に示す。この図で比が1を超えているのは第一極大、第二極大はピーク値のみから決めたので、面積積分は逆転する場合もあるからである。比が期間を通して小さい(例えば(WN2/WN2) < 0.5)場合は

波数1のDタイプであり、問題がない。そうでない場合の波数2のタイプは、大別すると、全期間中0.5より大きいか、もしくはある期間だけ0.5より大きい昇温の2つになり、後者はさらに、前半、中央、後半に大きい昇温に細別される。

この後者の前2つは波数2が昇温を引き起こしている原因の一つであるのに対して、後の1つは昇温に誘発された結果であることを示唆しており、これらは明確に区別する必要があるであろう。

さらに、波数1, 2で分ける方法はオイラー的な分類であり、DタイプとSタイプの方はラグランジュ的な分類であるが、Dタイプについては極渦の極点からのずれのみでモニターできるので、オイラー的な側面を持っている。故に、純粋にラグランジュ的なのはSタイプのみになりこの位置づけは今後の課題である。

気候モデルによる将来予測 (e.g., McLandress and Shepherd, 2009) などで波数1, 2、もしくはD, Sタイプの昇温が解析されているが、この両者は必ずしも一致しないことは明らかであり、これらの位置付も必要であろう。

参考文献

- Bancalá, S., K. Krüger, and M. Giorgetta, 2012: The preconditioning of major sudden stratospheric warmings. *J. Geophys. Res.*, **117**, doi:10.1029/2011JD016769.
- Charlton, A. J., and L. M. Polvani, 2007: A new look at stratospheric sudden warmings. Part I: Climatology and modeling benchmarks. *J. Clim.*, **20**, 449–469.
- McLandress, C. and T. G. Shepherd, 2009: Impact of climate change on stratospheric sudden warmings as simulated by the Canadian Middle Atmosphere Model. *J. Clim.*, **22**, 5449–5463, doi:10.1175/2009JCLI3069.1.
- Scherhag, R., 1952: Die explosionsartigen Stratosphärenwärmungen des Spätwinters 1952. *Ber Det Wetterdienstes US Zone*, **38**, 51–63.

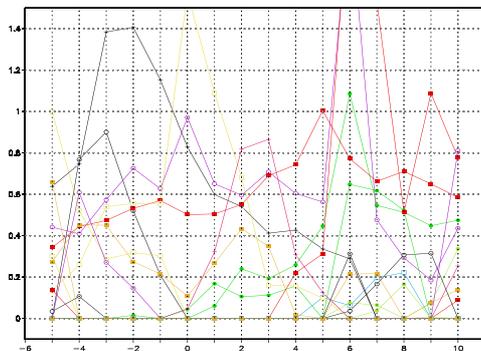


図5. ERA-40を使った渦度強度比(WN2/WN1)の昇温前5日、後10日の計16日間の推移。昇温の総数は29コ。