

成層圏突然昇温とその前後の対流変動との連関

TROPOSPHERIC CIRCULATION BEFORE AND AFTER THE STRATOSPHERIC SUDDEN WARMING

地球環境気候学研究室 古田仁康 (509340) : 指導教員 立花義裕教授

Masayasu Koda

Keywords: Climate change, Stratospheric Sudden Warming, Northern Annular Mode, El Niño-Lanina, Rossby Wave

1. 序論

1948年, ドイツの気象学者シェルハーグ (R.Scherhag) によって, 成層圏突然昇温(Stratospheric Sudden Warming; SSW) と呼ばれる大気現象が発見された. 短期間に20~30度も気温が上昇するSSWは, 1971年, 日本人の松野太郎氏によって, 対流圏から上方に伝播する大振幅のプラネタリー波と成層圏における平均風との相互作用が主原因であることを説明された(Matsuno^[1], 1971). SSWはその発見以降, 平均すると1回/2年の頻度で発生しているが, おおよそ10年の周期で発生頻度が異なり, なぜSSWが10年周期の変動をとるのかはまだ完全に解明されていない.

近年の研究において, SSW発生後, 成層圏大気と対流圏大気とが相互作用し, 対流圏における北極上空の低気圧を維持させることが発見された(Baldwin and Dunkerton^[2], 2001). 成層圏-対流圏の結合時における成層圏の大気運動場の理解は, 成層圏から対流圏への化学物質の輸送や対流圏の長期予報を知る上で非常に重要なことである. 本研究では, 大規模な海洋変動であるエルニーニョ・ラニーニャ現象時に発生したSSWを分類, コンポジット解析し, 成層圏-対流圏間の大気運動に違いが生じるかについて解析した.

2. 解析方法

データはNCEP/NCAR再解析データ(1958~2002)を用いた. 気候値は毎日の値の55年平均値に30日のローパスフィルターをかけたものである. 以降, 偏差とは気候値からの差を示したものとす.

SSWの事例は, Charton and Polvani^[3] (2007) 同様, 10hPa, 60度以北において西風を吹く成層圏平均風が東風に転向したものとし, 1958年~2002年から全21事例抽出した. 転向した日をSSW発生日(key_day0)と定義する.

エルニーニョ・ラニーニャ時に発生した成層圏突然昇温の事例をそれぞれ分類するために, HadISST再解析データ(1958~2002)を用いて, エルニーニョ・ラニーニャ現象が発生した期間を次のように定義する. 北緯3.5度~南緯3.5度, 西経149.5度~西経90.5度のENSO海域における海面水温において, 海面水温の基準値(1958年~2002年までの45年平均)との差の5ヶ月平均値が6ヶ月以上連続して+0.5°C以上となった場合をエルニーニョ現象, -0.5°C以下となった場合をラニーニャ現象とし, それぞれの現象が発生した期間に起きたSSWをFig.1にまとめた.

北半球環状モード(Northern Annular Mode; NAM) は, 北

半球20度以北のジオポテンシャル高度のEOF第一モードであり, これは1958年から2002年までの11月17日~翌年4月9日(冬季)までの日々変動のみを考慮している.

El Niño		Lanina	
8-Dec-65		8-Jan-68	25-Feb-99
27-Nov-68		17-Jan-71	20-Mar-00
12-Mar-69		20-Mar-71	
2-Jan-70		24-Feb-84	
2-Feb-73		2-Jan-85	
23-Jan-87		22-Feb-89	
8-Dec-87		15-Dec-98	

Fig. 1 Stratospheric Sudden Warming occurred days during ENSO. The day is defined as "key_day0".

3. 解析結果

Key_day0を基準日とし, エルニーニョ時では基準日から-10日から+26日までの, ラニーニャ時では-10日から+20日までの日ごとのNAM index値を平均した. ラニーニャ時の解析期間が短いのは, NAM indexを算出するのに用いた期間に制限があるからである. SSW前後のNAM indexの時間発展をFig. 2に示す.

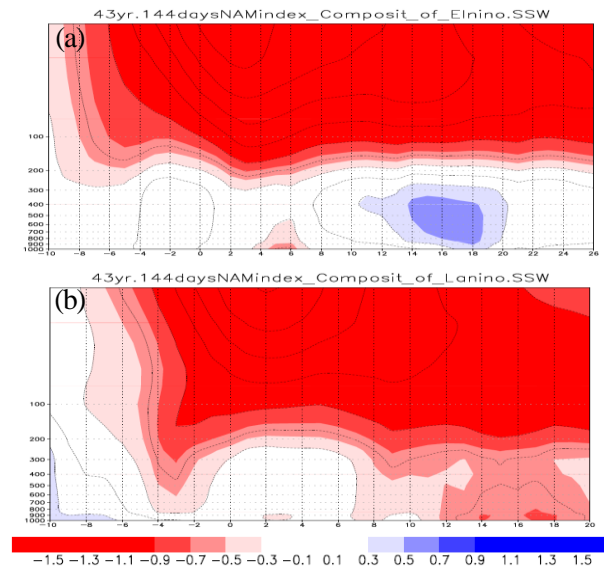


Fig. 2 The composite analysis of NAM index before and after SSWs during the ENSO; (a) El Niño, the time is from before 10 days to after 26 days (-10 days ~ +26 days). (b) Lanina, the time is from before 10 days to after 20 days (-10 days ~ +20 days).

Fig. 2を比較すると, SSW発生後12日~20日間の対流圏において, エルニーニョ時では正のNAMを, ラニーニャ時では負のNAMを形成し, ラニーニャ時のほうが成層圏-対流圏結合しやすい傾向にあることがわかる. 次に対流圏のNAMシグナルが変動した, SSW発生後12日~20日間

で、成層圏-対流圏でどのように相互作用していたかを波活動度フラックスを計算し解析した(Fig. 3).

ラニーニャ時の鉛直断面図(Fig. 3b)を見ると、エルニーニョ時に比べ、対流圏大気に高、低気圧が交互に存在していることがみてとることができ、偏西風が蛇行していると考えられる。また成層圏の高気圧偏差が東経130度付近に傾圧し温位、運動量を運んでいることがわかる。これに対応するようにラニーニャ時の500hPaジオポテンシャル偏差場において、極域高気圧が東経130度付近のオホーツク海に張り出し、日本を含むアジア中緯度帯に、低気圧偏差を発達させている。一方でエルニーニョ時(Fig. 3a)では成層圏から対流圏への影響はみられない。

このときの1000hPa面の気温偏差を計算した(Fig. 5)。エルニーニョ時(Fig. 5a)の気温偏差では、極渦の強まりに対応して、高緯度帯では寒気が維持され強い負の気温偏差がみられるのに対して、日本を含む中緯度帯には寒気が吹き込まず、正の気温偏差がみられる。ラニーニャ時(Fig. 5b)においては極渦の弱まりに対応して極域には正の気温偏差が存在し中緯度帯に負の気温偏差が広がっている。

4. 議論と結論

解析結果からエルニーニョ時のSSWより、ラニーニャ時に発生したSSWのほうが対流圏と結合しやすい傾向にあることをコンポジット解析によって示した。またコンポジット図からSSW発生後12日~20日目において、対流圏のNAM indexがエルニーニョ時には正に、ラニーニャ時には負にそれぞれ変動していたことがわかる。この期間の成層圏-対流圏間の大気を調べると、ラニーニャ時の成層圏高気圧偏差が成層圏から対流圏上部、東経130度付近へと影響しているようにみえる。この影響によって偏西風が蛇行し、特に日本を含むアジア中緯度に寒気が運ばれ、1000hPa面の東アジア中緯度に負の気温偏差が生じたと考えられる。

一方でエルニーニョ時のSSW発生後では、成層圏の高気圧偏差が対流圏に及ぶのを、対流圏上部で発達してきた低気圧偏差が抑えているようにみえる。この低気圧圏偏差がどのようなメカニズムで発達してきたのかについてはまだ解析できていない。今後研究を進め、SSW発生前後のエルニーニョ・ラニーニャ現象によってどのように対流圏大気変動したのかを明らかにしていく。

参考・引用文献

- [1] Matsuno, T., (1971), A dynamical model of stratospheric warmings. *J. Atmos. Sci.*, 28, 1479-1494
- [2] Baldwin, M. P. and Dunkerton, T. J (2001), Stratospheric Harbingers of Anomalous Weather Regimes, *Science.*, 294, 19
- [3] Charlton, A. J., and L. M. Polvani (2007), A new look at stratospheric sudden Warmings. Part 2: Evaluation of numerical model simulations, *J. Clim.*, 20, 470-488.

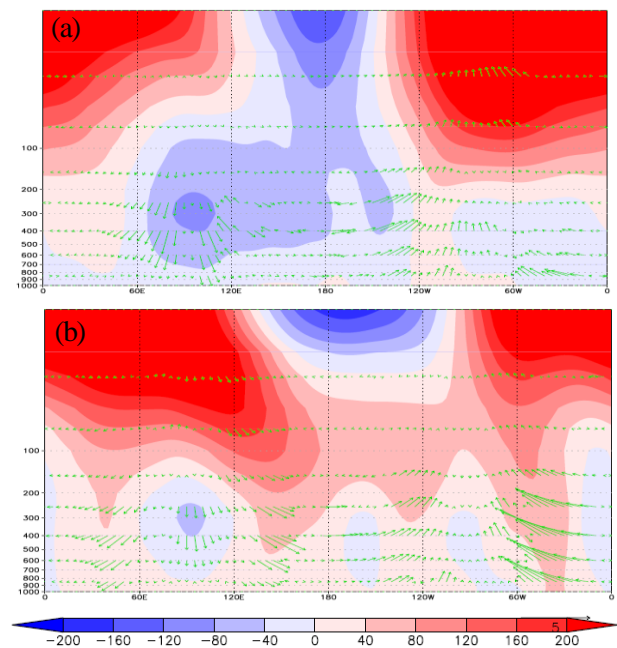


Fig. 3 The vertical cross section of geopotential height averaged between 55N- 65N and from +12 days to +20 days (a) during El Niño, (b) during La Niña.

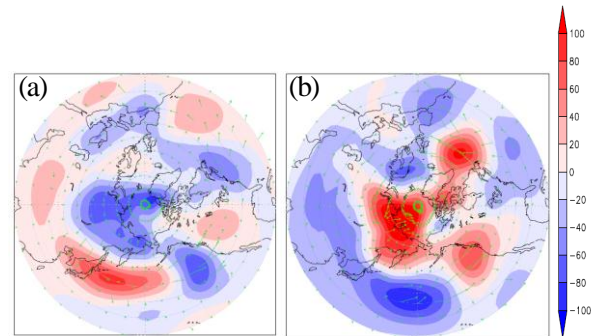


Fig. 4 The time-integration (+12days ~ +20days) of geopotential height anomaly at 500hPa. (a) during El Niño, (b) during La Niña.

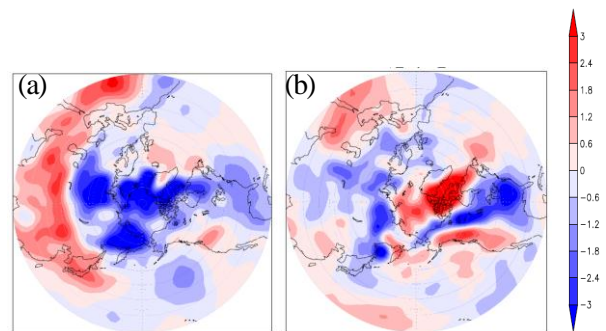


Fig. 5 The time-integration (+12 ~ +20days) of the temperature anomaly at 1000hPa (a) during El Niño, (b) during La Niña.

謝辞

本研究を進めるにあたって、立花義裕教授、小寺邦彦氏、中村哲氏から気象に関する専門知識から解析手法、考察など細かく丁寧にご指導いただき、大変感謝しております。また研究室の先輩方には、研究手法に関する多くの助言やプログラム手法についてたくさんのご指導をいただきました。大変お世話になりましたことを心より感謝いたします。