

中緯度対流圏の昇温に対する熱帯海面水温の影響

小林ちあき（気象研究所 気候研究部）

1. はじめに

2010 年夏季に日本は記録的な猛暑となった。ユーラシア大陸でも、ロシアの熱波、パキスタンの豪雨などの異常気象が発生し、2010 夏の気象庁異常気象分析検討会では、このような異常気象に関連した大気循環場の特徴として、北半球中緯度対流圏の帯状平均気温が 1979 年以降最も高かったことを挙げている。関連する熱帯太平洋の状況としては、2009 年夏季から発生していたエルニーニョ現象が 2010 年春季に終了し、2010 年夏季にはラニーニャ現象が急速に発達した。また、2010 年春季から夏季にかけて、熱帯インド洋や熱帯大西洋では海面水温偏差の高い状態が持続していた。

2010 年の中緯度対流圏の帯状平均気温の正偏差は、北半球だけではなく南半球にも同時に起きている。小林（2012）はこの両半球中緯度対流圏の昇温と熱帯海面水温との関係に着目し、大気モデルを用いた再現実験を行った。その結果は、2010 年の北半球中緯度対流圏の帯状平均気温正偏差が、赤道付近の海面水温偏差によりもたらされたのではなく、亜熱帯域の海面水温偏差によりもたらされていることを示しており、2010 年夏季に発生したラニーニャ現象

の直接の影響ではないことが指摘された。エルニーニョ現象のピーク後の春から夏にかけて、北インド洋の海面水温が昇温することが知られており（例えば Xie et al., 2009）、2010 年夏季も北インド洋に海面水温正偏差がみられた。また、北大西洋亜熱帯域の海面水温も強い正偏差が継続中であったことから、これらの亜熱帯域の海面水温偏差に対応して対流活動が活発になり、中緯度大気が応答、さらに渦輸送の変化が生じ、北半球中緯度大気の前偏差がもたらされたのではないか、という可能性が示されている（小林、2012, Kobayashi, 2013）。

エルニーニョ現象ピーク後の JJA(6 月～8 月)に、両半球中緯度対流圏が昇温する事例は、2010 年以外にも 1988 年と 1998 年に見られており（図 1）、ここでは、これらの事例について 2010 年と同様な海面水温偏差や対流活動偏差の特徴が見られたのか確認する。また、1983 年はエルニーニョ現象ピーク後の JJA にも関わらず、両半球中緯度対流圏の昇温が起きなかった。この事例について、2010 年の事例と同様に、大気モデルを用いた再現実験と感度実験を行った。この結果についても報告する。

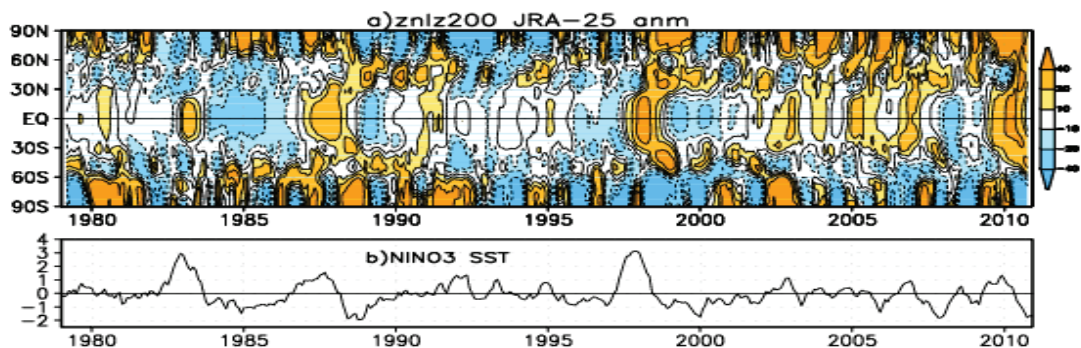


図1 (a) 帯状平均 200hPa 高度場平年偏差時系列と (b) エルニーニョ監視海域 (5N-5S, 150W-90W) の海面水温偏差時系列 (1979 年 1 月から 2010 年 12 月まで)。ともに 1979-2004 年平均値からの偏差。a) は JRA-25 (Onogi et al., 2007) に、b) は HadISST1.1 に (Rayner et al., 2003) 基づく。

2. 解析に用いたデータと再現実験の設定

解析に用いた大気循環場データは JRA-25(Onogi et al., 2007)、海面水温は HadISST(Rayner et al., 2003)である。対流活動の指標として、NOAA 提供の外向き長波放射(OLR)データも使用した。これらの実況データの気候値は 1979~2004 年の平均値であり、この気候値からの偏差を解析した。200hPa 高度場は対流圏界面高度と対応して変動するので、ここでは、200hPa 高度場偏差を対流圏気温偏差の指標として取り扱う。

1983 年の事例については、大気モデルを用いた再現実験と SST 感度実験を行った。実験に使用した大気モデルは、気象庁の全球大気モデルをもとに気象研究所で開発された大気モデル(革新プログラム後期実験モデル、Mizuta et al., 2012)であり、解像度が TL159L60 のバージョンである。再現実験は、境界条件として全球に HadISST の海面水温と海氷密接度を与えながら、1982 年から 1983 年 12 月の期間で積分し、初期値の異なる 5 メンバアンサンブル実験を行った。また、SST 感度実験は、1983 年 4 月までは再現実験と同様に海面水温と海氷密接度を用い、以後、太平洋赤道域(120E-70W, 10N-10S)に気候値 SST、その他の海域は観測 SST を与えながら積分した。さらに、別途、HadISST の気候値海面水温と海氷密接度を与えながら、同じ初期値を用いて 5 メンバアンサンブル実験を行い、その結果との差を、再現実験や感度実験の偏差として解析した。解析対象とする 1983 年 JJA に対して初期値からのリードタイムが 1 年以上あること、及び、計算結果のアンサンブル平均を用いることによって、SST など境界条件の影響が抽出していると考えられる。

3. 1987/88 年の事例と 1997/98 年の事例

図 2 は、1987 年 1 月から 1988 年 12 月までの帯状平均 200hPa 高度場平年偏差の時系列と、エルニーニョ監視海域の海面水温偏差(NINO3SST)の時系列、1988 年 JJA 平均の海面水

温偏差分布である。また、1997/98 年の事例については図 3 に、参考のための 2009/2010 年の事例については図 4 に示す。

いずれの事例においても、Nino3 SST がピークを迎えた 2, 3 カ月後に熱帯域で 200hPa 高度場正偏差が大きくなり、その後 JJA にかけての期間に、熱帯域では高度偏差が小さくなり、入れ替わるように、両半球の中緯度域で高度場が高くなる様子がみられる。また、Nino3 SST ピーク後の JJA における海面水温偏差は、太平洋赤道域では、西部で正偏差、中部、東部で負偏差というラニーニャ型の分布を示している。また、北インド洋の亜熱帯域や、北大西洋亜熱帯域でも、程度の差はあるが、海面水温が正偏差を示しており、それに対応して対流活動も活発偏差が見られる(図略)。このため、1987/88 年、1997/98 年の事例とも、2009/2010 年と同様の経過をたどり、中緯度対流圏の高度場偏差がもたらされた可能性があることが示唆される。

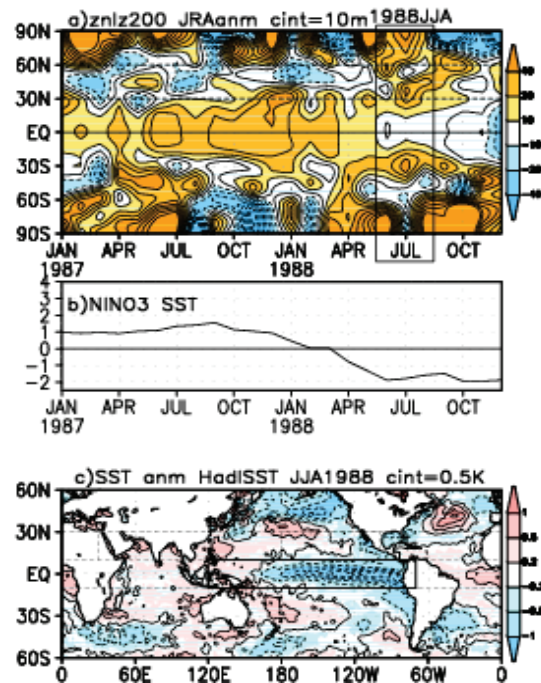


図 2 (a) 帯状平均 200hPa 高度場平年偏差時系列と (b) エルニーニョ監視海域(5N-5S、150W-90W)の海面水温偏差時系列(1987 年 1 月から 1988 年 12 月まで)。 (c) 1988 年 JJA の海面水温偏差分布。すべて 1979-2004 年平均値からの差。

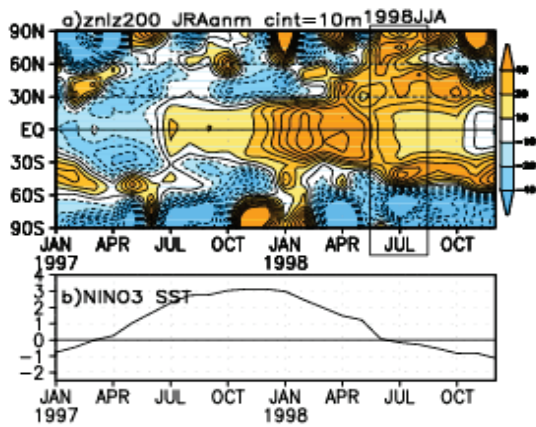


図3 図2と同じ。ただし1997年-1998年の事例。

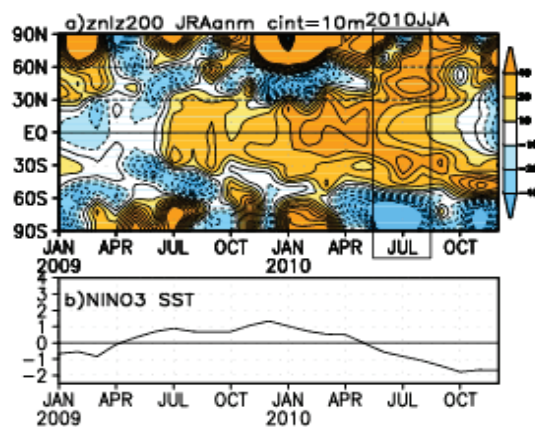


図4 図2と同じ。ただし2009年-2010年の事例。

4. 1982/83年の事例

図5に1982/83年の事例を示す。この事例では1982年の12月にNino3 SSTがピークとなり、その2, 3カ月後に熱帯域で200hPa高度場正偏差が大きくなるものの、その後の経過が前出の事例と異なり、JJAに北半球中緯度域が正偏差とはならず、むしろ負偏差を示している。そこで、この事例が2010年とどのように異なっているのか調べた。

Nino3 SSTの経過を図5b)で見ると、1982/83年のエルニーニョ現象は1983年JJAまで継続しており、これが前出の事例と大きく異なっている。また、図5c)に見られるように、北大西洋亜熱帯域や北太平洋西部、南太平洋西部の亜熱帯域でもSSTが負偏差となっており、2010年の分布とは異なる。そこで、まず、太平洋赤道域のSSTが中緯度対流圏の高度場偏差に影響を与えているのか、大気モデルを用いた感度実験を行った。

まず、観測SSTを全球に与えながら積分した再現実験の結果を図6a)に示す。これを見ると、

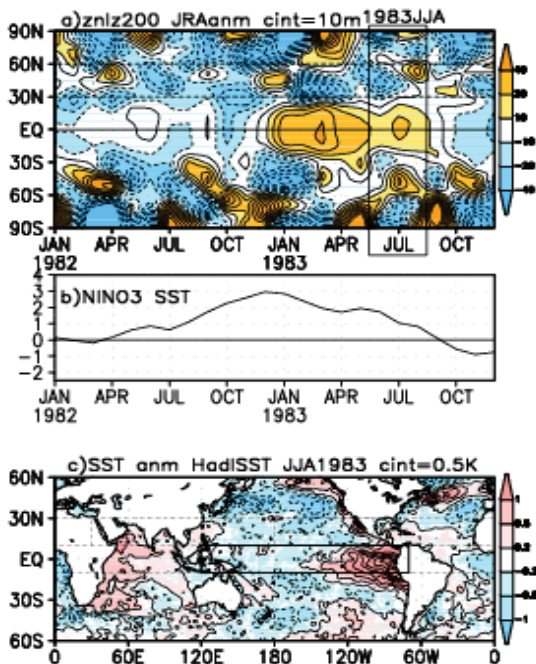


図5 図2と同じ。ただし1982年-1983年の事例。

1983 年 JJA の中緯度対流圏高度の負偏差は、1 年程度のリードタイムを持たせた AMIP タイプ実験で一応再現できている。このため、この中緯度域高度場の負偏差は海面水温などの外部境界条件による強制により生じたと考えられる。次に、感度実験の結果を図 6 b) に示す。これはエルニーニョ現象が 1983 年の夏まで継続しなかった場合を想定した実験である。結果をみると、北半球中緯度高度は、再現実験と同程度の弱い負偏差を示しており、JJA の帯状平均中緯度偏差は、太平洋赤道域の SST 偏差（エルニーニョを示す）により生じているのではない、と言うことができる。この結果は、Kobayashi (2013) が示した 2010 年 JJA の事例による SST 感度実験で、太平洋赤道域の SST 偏差（ラニーニャを示す）が、帯状平均中緯度高度場偏差に影響していなかった、という結果と整合的であり、JJA の帯状平均中緯度偏差は、太平洋赤道域以外の SST 偏差により生じている、ということを示すものである。ただし、北大西洋亜熱帯域や北太平洋西部、南太平洋西部の亜熱帯域の SST に +0.5C を加えて大気モデルを積分する感度実験も行ったが、中緯度高度を正偏差とすることはできなかった。

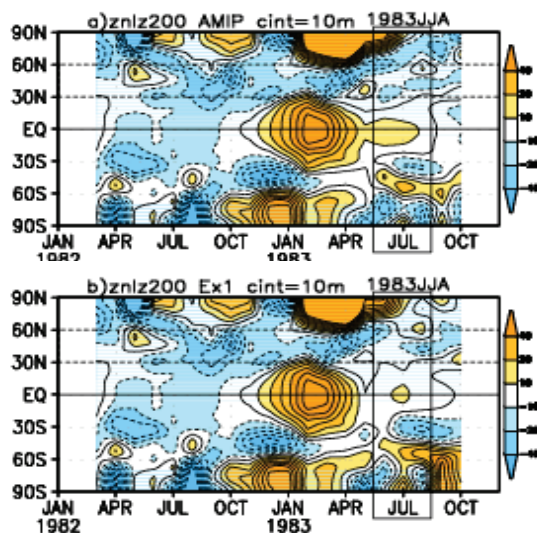


図 6 a) 再現実験と b) SST 感度実験による帯状平均 200hPa 高度場偏差の時系列(1982 年 1 月から 1983 年 12 月まで)。

5. まとめ

エルニーニョピーク後の夏における中緯度大気の正偏差を解析した。1987/88 年と 1997/98 年の事例は、2009/2010 年と同様の経過をたどっていることが確認できた。このため、中緯度対流圏の高度場偏差は、2010 年と同様なプロセスでもたらされた可能性がある。一方、1983 年 JJA は、エルニーニョピーク後の夏にも関わらず、中緯度大気は負偏差だった。大気モデルを使った再現実験で中緯度域の高度場負偏差を再現しており、この負偏差は海面水温などの外部境界条件による強制により生じたと考えられるが、太平洋赤道域の SST 偏差を取り除いて積分した感度実験結果から、中緯度高度場の偏差は太平洋赤道域の SST 偏差によってもたらされたのではない、という結果となった。このため、JJA の帯状平均中緯度偏差は、太平洋赤道域以外の SST 偏差により生じている、と考えられる。

参考文献

- 小林ちあき 2012: 2010 年夏季における中緯度対流圏の昇温 気象研究ノート第 225 号 「2010 年夏 日本の猛暑」 第 8 章
- Kobayashi, C., 2013: Impact of tropical and subtropical SSTs on mid-latitude tropospheric warming in the northern summer of 2010. submitted.
- Mizuta, R. et al. 2012: Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km grid. J. Meteor. Soc. Japan, 90A, 233-258.
- Onogi, K. et al. 2007: The JRA-25 reanalysis. J. Meteorol. Soc. Jpn 85: 369-432.
- Rayner, N. A. et al. 2003: Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century, J. Geophys. Res., 108(D14), 4407.
- Xie, S.-P. et al., 2009: Indian Ocean Capacitor Effect on Indo-Western Pacific Climate during the Summer following El Niño. J. Climate, 22, 730-747.