

# 2014年エルニーニョの不発，および近年の東太平洋海面水温の低温化等における北半球夏季南北循環の役割

小寺 邦彦 (名大・宇地研, 三重大・生物資源)

## 序

2000年代に入ると熱帯東太平洋は低温偏差が優勢となり大きなエルニーニョの発生は見られなくなった。この東太平洋の寒冷化は全球地上気温の上昇傾向が弱まる温暖化の停滞をもたらした要因として (Kosaka and Xie, 2013) 注目を浴びている。ところで2014年の春から赤道東太平洋の海面水温が上昇を始めエルニーニョの発生が期待されたが夏になると昇温は停止してしまった(e.g., Li et al., 2015)。その翌年の2015年は熱帯東太平洋の海面水温は順調に上昇して1997年のエルニーニョに匹敵するような規模に成長した。しかし、中央太平洋では1997年を凌駕する昇温となったが、東太平洋の昇温は小さく、近年の東太平洋の低温傾向は依然として持続していると考えられる。ここでは、何がこの東太平洋の低温傾向をもたらしているかについて調査を行う。

## 結果

まず2014年のエルニーニョの不発達の事例について調べる。図1aにNiño 3の海面水温偏差の時系列を示す。2014年3月から6月にかけて上昇していた海面水温は7月に入ると一転して下降する。図1bには、海面水温偏差が下降に転じた7月初めを中心に5月1日から9月1日の4ヶ月間について、赤道(5°S-5°N)における、太平洋-大西洋域の海面水温偏差の経度-時間断面を示す。7月に入ると太平洋、大西洋域ともにほぼ同時に海面水温の低下が見られる。帯状平均外向き長波放射(OLR)の緯度-時間断面(図1c)を見ると6月中は北緯5度付近にあったOLRの負偏差は7月に入ると北緯10度付近に移動しており、対流活動域が北に移動したことが分かる。この対流活動の北偏に伴い東太平洋赤道付近で南風が強まっている(図1d)。

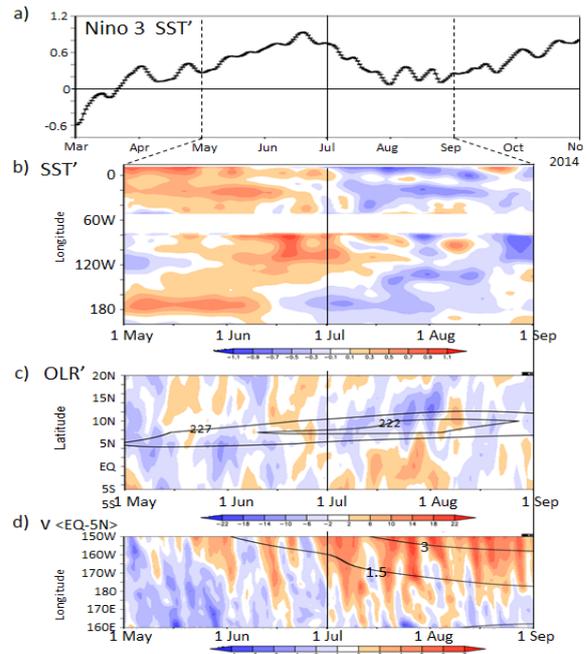


図1 a) Niño3 (5°S-5°N, 150°W-90°W)の海面水温偏差の時系列。b) 赤道(5°S-5°N)太平洋、大西洋域の海面水温偏差の経度-時間断面。c)帯状平均OLR偏差の緯度-時間断面(彩色)。等値線は気候値(222, 227W/m<sup>2</sup>)。d)赤道-北緯5度平均925hPa南北風(彩色)とその気候値(等値線: 1.5, 3 m/s)

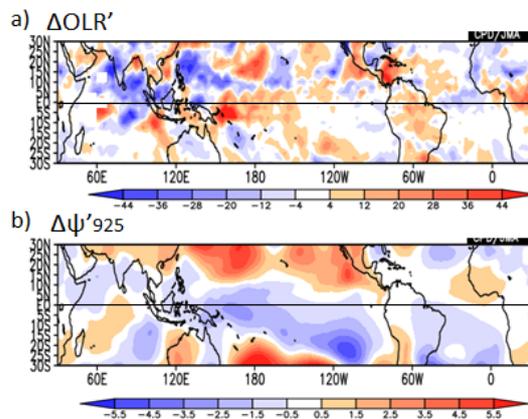


図2 2014年7月1-15日平均と6月16-30日平均の差。a) OLR偏差、b)925hPa流線関数偏差。

次に対流活動がどの様に変化したかを見る為に図 2a に 6 月後半 (15~30 日) と 7 月前半 (1 日~15 日) の OLR 偏差の差を示す。7 月に入り北緯 10~20 度の緯度帯でほぼ帯状に対流活動が強まっている事が分かる。また、925hPa の流線関数の差 (図 2b) を見ると、対流活動の変化に伴い、赤道越えの南東風が東太平洋、並びに大西洋で強まっている。この変化に従って、海面水温の低下が発生している。

2000 年代の熱帯東太平洋の低温化について調べる為に 3 ヶ月移動平均した帯状平均 OLR 偏差の緯度-時間断面を図 3a に示す。この図から 1999 年以降は 2014 年と同様に対流活動の北偏が頻発しているのが分かる。対流活動の南北変化をより明瞭に見る為に図 3b に北緯 10 度、並びに赤道付近の OLR

偏差の差の時系列を示す。1999 年以前はエルニーニョ現象発生 (図中 EL 印) の度に赤道付近での対流活動の顕著な増加が見られたが、それ以後は赤道上より北半球側でほぼ恒常的に対流活動が強まっている。図 3c の 925-hPa 帯状平均南北風偏差の緯度-時間断面を見ると対流活動の北偏に対応して赤道付近で南風偏差、つまり赤道越え気流が強くなっている。

季節進行に伴い北半球夏季から秋季にかけては対流活動が北上し、南アメリカやアフリカ大陸西方の熱帯の冷舌域では海面水温が低下する。こうした季節変化との対応から、1999 年以降の北半球夏季の対流活動の北偏、冷舌域の低温化は全球的な現象としての季節進行の変調として捕らえる事が可能であろう。

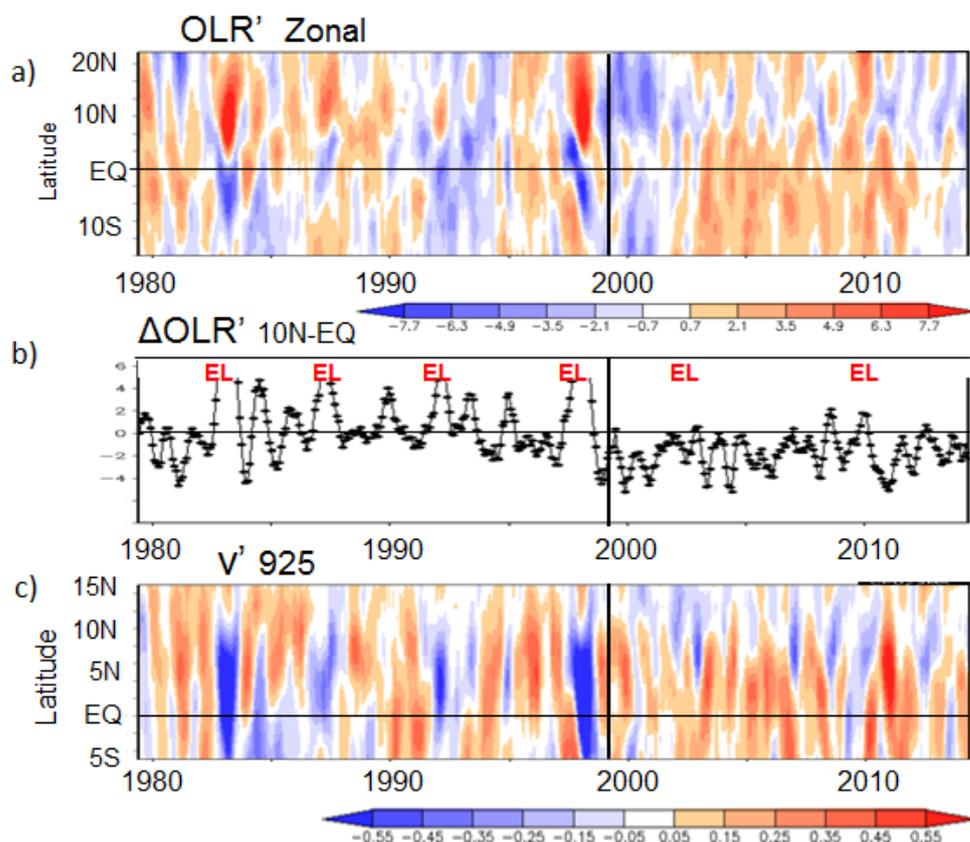


図 3 a) 帯状平均 OLR 偏差の緯度-時間断面。 b) 北緯 5~15 度平均と南緯 5~北緯 5 度平均 OLR 偏差の差の時系列。 c) 925hPa 帯状平均南北風偏差の緯度-時間断面。変数にはいずれも 3 ヶ月の移動平均を施してある。EL 印はエルニーニョ現象発生を示す。

図 4a に年平均気候値の帯状平均子午面循環を矢印で大気の水平発散を彩色で示す。上昇流の中心は赤道の北側、北緯 7.5 度付近にあり赤道域の地表付近は南風となっている。また、上昇流の中心位置は海面水温のピークとほぼ一致している。赤道南半球では海面水温は北半球より低くなっている。この赤道を挟んだ気候値の海面水温の南北偏差は風・蒸発・海面水温(Wind-Evaporation-SST: WES)フィードバックの結果形成される (Xie, 2004)。さて、1999~2014 の 16 年平均の気候値からの偏差 (図 5b) も気候値と同様に上昇流の中心は赤道の北にあり、赤道付近の地上風は赤道越えの南風となっている。そして赤道付近の海面水温偏差は南北シーソーを示しており、南半球で低く北半球で高い。このことから 1999~2014 年平均熱帯海面水温偏差も気候値と同様に WES フィードバックによって形成されていると考えられよう。ただし、1999~2014 年の海面水温偏差は気候値とは逆に赤道域より亜熱帯域の方が高くなっている。

さて、2015 年は 2014 年と異なり El Niño は順調に成長し 1997 年と比較しうる大規模なエルニーニョに成長した。これにより、熱帯東太平洋の低温化は終結した様に見える。しかしながら、2015 年のエルニーニョの海面水温分布は 1997 年のそれに比較して中央太平洋域 (Niño 4) では高いが (図 5a)、東太平洋域 (Niño 3) では低い (図 5b)。この Niño 3 の海面水温の差は 2015 年の場合には、7 月から 9 月にかけての水温の低下に由来すると考えられる。さらに、注目すべきは 10-12 月平均の熱帯南半球の海面水温は東太平洋だけでなく大西洋域でも低いと言うことである (図 5c)。一方、7-9 月平均 OLR について 1997 年と 2015 年の差をみると、2015 年の方が北緯 15 度付近で帯状に低い (図 5d) という、図 2a の分布と同様な特徴が見られる。

### 結論

熱帯東太平洋、大西洋に冷舌は赤道越えの南風を原因として WES フィードバックの結果、形成、維持される事が Xie (2004) によって示されている。1999 年以降北半球の夏季に対流活動の中心が北偏し、赤道越え

の南風が強化した (図 3、図 4)。この事が近年の熱帯東太平洋の寒冷化をもたらした原因と考えられる。2014 年のエルニーニョ現象の不発達も、同様に対流活動の北偏の結果、赤道越えの南風が強化し、熱帯東太平洋の海面水温が低下した為 (図 1) と考えられる。

また、2015 年のエルニーニョによる海面水温の上昇は、中央太平洋に比較して東太平洋では小さい。これも同様の北半球夏期における対流活動域、言い換えればハドレー循環の上昇域の強化及び北偏が原因と考えられる。では、何がハドレー循環の変化をもたらせたのか？ これについて今後はさらに調べる必要がある。

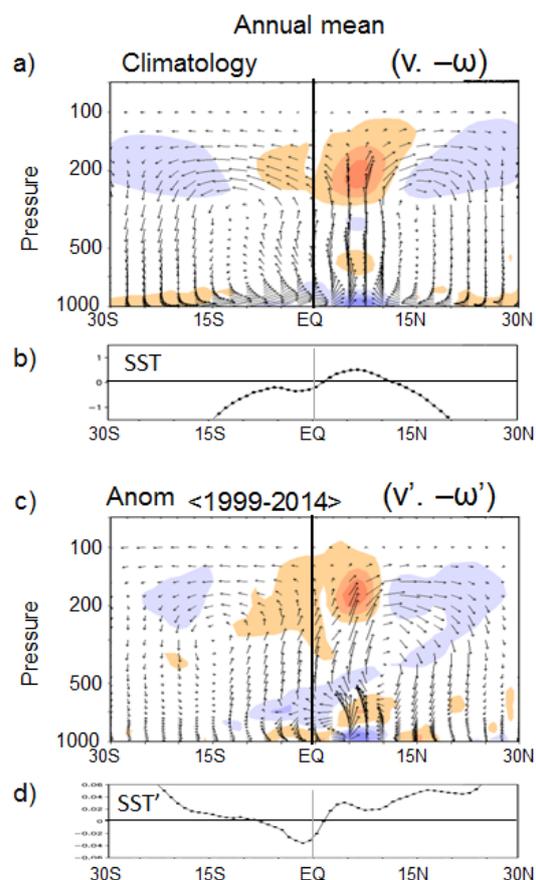


図 4 (a, c)年平均帯状平均子午面循環(矢印)ならびに大気の水平発散 (彩色)。 (b, d)緯度平均海面水温の領域 (20°S-20°S) 平均からの偏差。 (a,b) 気候値(1981-2000 年平均), (c,d) 1999 年~2014 の 16 年平均値の気候値からの偏差。

## 謝辞

本解析や作図には、気象庁の異常気象分析ツールを用いました。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- Kosaka, Y., and S.-P. Xie, 2013: Recent global-warming hiatus tied to equatorial Pacific surface cooling. *Nature*, 501, 403–407.
- Li, J. Y., B. Q. Liu, J. D. Li, and J. Y. Mao, 2015: A comparative study on the dominant factors responsible for the weaker-than-expected El Niño event in 2014. *Adv. Atmos. Sci.*, 32(10), 1381–1390, doi: 10.1007/s00376-015-4269-6.
- Xie, S.-P., 2004: The shape of continents, air–sea interaction, and the rising branch of the Hadley circulation. *The Hadley Circulation: Present, Past, and Future*, H. F. Diaz and R. S. Bradley, Eds., Springer, 121–152.

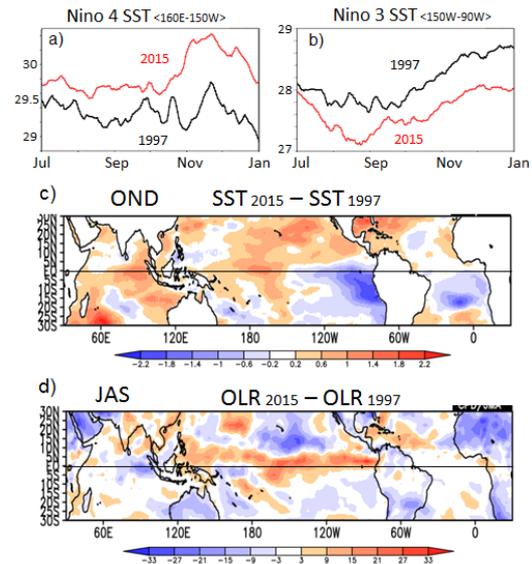


図5 a) 2015年(赤線)と1997年(黒線)のNiño 4の海面水温の7月1日から翌1月1日までの時系列(単位:度C)。b) a)に同じただしNiño 3の海面水温。c) 10、11、12月平均海面水温の2015年と1997年の差(単位:度C)。d) c)に同じ、ただし7、8、9月平均OLRの差(W/m<sup>2</sup>)。