

2014年夏のエルニーニョはなぜ成長しなかったか？

今田由紀子¹、建部洋晶²、渡部雅浩³、石井正好¹、木本昌秀³

¹気象研究所、²海洋研究開発機構、³東京大学大気海洋研究所

1. はじめに

2014年の初頭、1月と2月に観測された強い西風バーストと共に、太平洋赤道域の表層では振幅の大きな暖水ケルビン波の東進が見られ(図1右)、世界各国の気象機関による季節予測では、引き続き夏以降に本格的なエルニーニョが発生することを予測していた。しかし、その後冷舌付近で冷水偏差が発達し、エルニーニョの発達を妨げる結果となった(図1左)。この冷水偏差がどのようなプロセスで張り出して来たのかは、現時点では明らかになっていない。

一方、文部科学省の気候変動リスク情報創生プログラム テーマ A (創生 A) の中で実施されている、大気海洋結合モデル MIROC5.0 による実験

的季節予測実験では、2013年11月初期値の予測において、9~10カ月後にこの冷水偏差が発達することを予測することに成功しており、エルニーニョが発達できないことを示していた(図2)。

本研究では、この予測ケースをもとに感度実験を実施し、今年の ENSO の推移にどのようなプロセスが寄与していたかを探った。

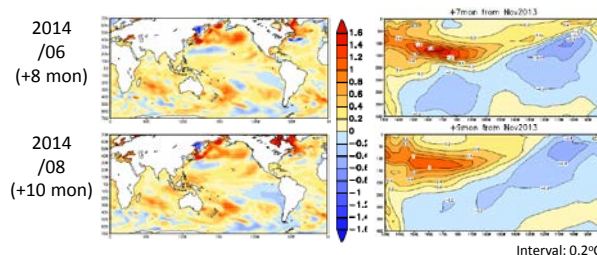


図2 MIROC5.0で予測された2014年6月(上段)及び8月(下段)のSST(左)及び海水温赤道断面(右)の偏差[K]。初期値は2013年11月1日。

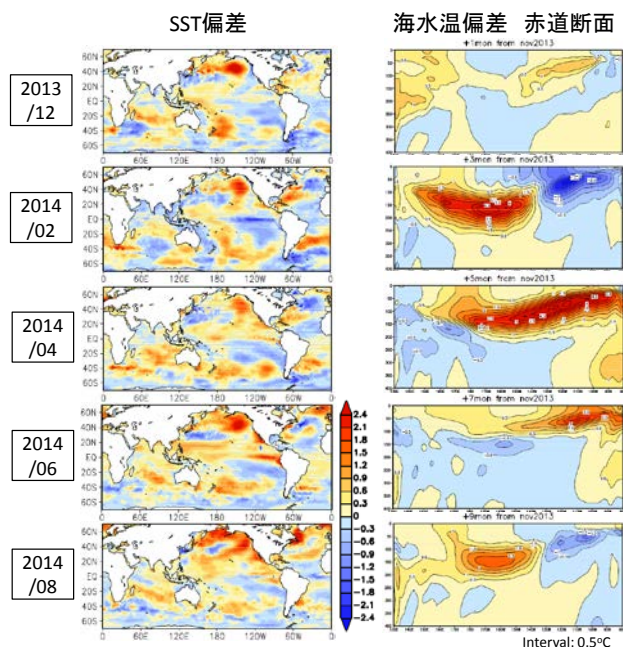


図1 気象庁 MOVE-G による2013年12月から2014年8月にかけてのSST(左)及び海水温赤道断面(右)の偏差[K]。

2. モデルと解析手法

用いたモデルは、東京大学大気海洋研究所、国立環境研究所、海洋研究開発機構が共同で開発した大気海洋結合大循環モデル(CGCM) MIROC5で、大気解像度はT85L40、海洋解像度は約1度である。創生Aでは、データ同化によるモデルの初期値化、及び年4回の1年予測実験を実施している。詳細な仕様は表1の通りである。これらの実験設定はWorld Climate Research Programme(WCRP)のClimate-system Historical Forecast Project(CHFP)のプロトコルに準じており、その成果はCHFPを通じて国際的に貢献している。

本研究では、2013年11月1日の初期値から計算した1年予測実験8メンバー（PRED実験）を解析した結果を使用する。

PRED実験では、前述の通り2014年の春先から夏にかけての冷舌付近の負偏差の発達を予測できていた（図2）。この時期、太平洋内部の24～26.6 kg/m³の等密度面においては、南太平洋の西部亜熱帯域に分布している負の温度偏差が、海洋の亜熱帯循環セルに沿って赤道の西側から赤道域に侵入する形で分布しており（図5a）、PRED実験においてもその特徴が再現されていた（図5b）。

そこで、2014年のエルニーニョ不発に対する南太平洋からの寄与を調べるため、比較実験として、

表1 SPAM seasons の仕様

モデル		大気海洋結合モデル MIROC5
解像度	大気	水平 T85（～140km 格子相当） 鉛直 40層
	海洋	経度方向 1.4度×緯度方向 0.5度 （赤道付近）～1.4度、鉛直 44層
海洋データ同化	手法	incremental analysis update (IAU) scheme、アノマリ同化
	同化した観測データ	歴史的海洋表層水温・塩分データ (Ishii and Kimoto 2009) 海表面から水深 3000m まで
	同化期間	1945年1月1日 - 2011年12月31日
大気初期値		NCEP/NCAR 再解析 (Kalnay et al. 1996) の、気温・東西風・相対湿度・地表面気圧
予測	アンサンブル	Lagged Average Forecasting (LAF) 法、12時間間隔
	メンバー数	8
	予測期間・予測開始日	1979年-2011年、年4回（2、5、8、11月スタート）、1年後まで予測

南緯 10 度付近の海洋内部に壁を置いて海水温と塩分を気候値に緩和する（それ以外は 2013 年 11 月 1 日初期値の PRED 実験と同じ）BLOCK 実験を実施した。緩衝壁が大気の循環に直接影響を与えることを避けるため、水深 50m 以深に壁を置いている。壁の位置を図 3 に示す。

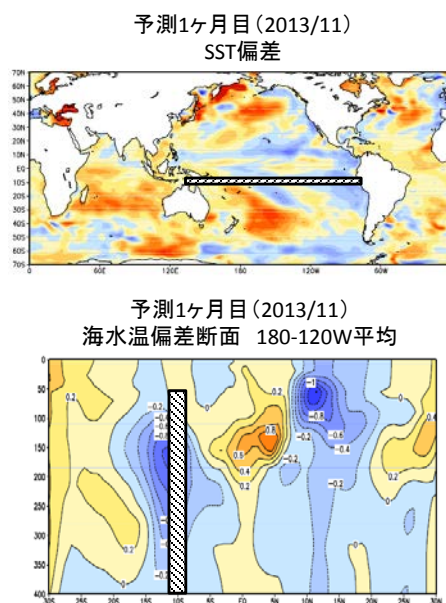


図 3 BLOCK 実験における壁の位置。背景図は、2013年11月1日初期値のPRED実験の予測1ヶ月目のSST偏差(上)と180°～120°Wで平均した海水温南北断面偏差。

3. 結果

PRED 実験と BLOCK 実験における海面水温 (SST) の変化の推移を図 4 に示す。実験開始直後は両者にほとんど差はないものの、BLOCK 実験（図 4 右）では順調に赤道東太平洋の暖温偏差が発達して夏季にエルニーニョが発生する結果となった。また、海洋内部の循環の指標となる 24～26.6 kg/m³の等密度面上では、南太平洋の負偏差が南太平洋の亜熱帯循環セルに沿って侵入してくる偏差が予測期間を通して見られていたが（図 5b）、BLOCK 実験では壁を置いたことにより、赤道域に侵入してくる負偏差の弱化が見られる（図

5a)。これらの結果は、2014年夏季のエルニーニョの発達を抑制した要因として、南半球の太平洋亜熱帯からの寄与が重要であったことを示している。

通常、ENSOに伴う海洋内部の変動は緯度5度以内の赤道直近に限られるため、亜熱帯の海水温偏差はENSOに伴って形成された偏差とは考えにくい。2014年に南太平洋に存在していた海水温の負偏差の成因として、2000年代に入って持続している太平洋十年規模変動(PDO)の負位相との関連が考えられる。

南太平洋亜熱帯域の海水温偏差は、PDOの駆動要因の一つとして知られている。Luo and Yamagata (2001)及びLuo et al. (2003)では、PDOの正位相(熱帯東太平洋SSTが正偏差)時に形成される南太平洋の西部亜熱帯上の負の風応力渦度が海洋内部の海水温負偏差を生じさせ、北西進して赤道西側から赤道域に侵入することでPDOの位相逆転を促すことを、観測及びモデル実験から示した。更にTatebe et al. (2013)では、前バージョンのMIROCがこのプロセスを妥当に再現していることを確認した上で、このモデルを用いて今回同様の壁を置く実験を実施することでPDOの南太平洋起源説を証明した。さらに、南太平洋の負偏差が亜熱帯循環の移流によつての北西方向に運ばれることを示した。

図6に、1990年代のPDO正位相から2000年以降のPDO負位相に至るまでの10年スケールの偏差の推移を示す。PDO正位相時(1990-2000年)には南北に幅の広いエルニーニョライクな海面水温のパターンが見られるが、その後2010年代の逆位相に遷移する過程で、南太平洋の亜熱帯西部に持続的に冷水が蓄積されていることが分かる。これはLuoらやTatebeらが主張するPDOのプロセスと合致している。したがって、2014年にエルニーニョの発達を阻害した南半球西部の冷温偏差は、2000年代のPDO負位相への遷移に伴って持続的に存在しているものと考えられ、近年の強い

エルニーニョが発達しにくい状況にも関連していると考えられる。

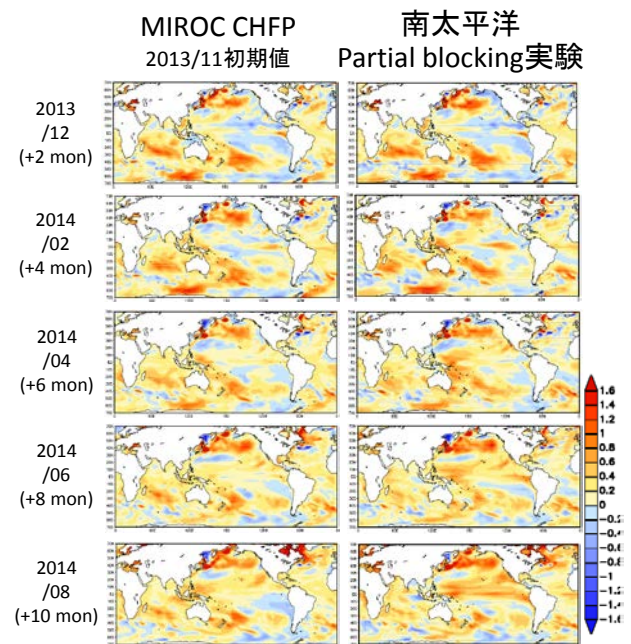


図4 (上)北緯85°と60°の10hPa付近で帯状平均した気温の時間変化[K]。(下)北緯60°において帯状平均した東西風偏差の高度-時間断面[m/s]。

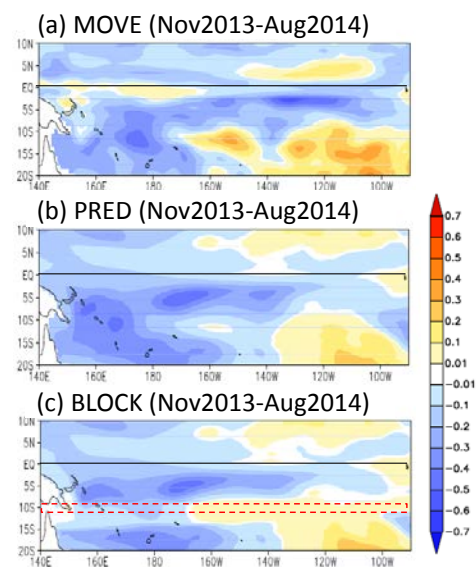


図5 等密度面(24~26.6kg/m³)における2013年11月から2014年8月までの平均海水温偏差。(a)気象庁MOVE-G、(b)PRED実験、(c)BLOCK実験。

4. まとめ

2014年は、夏以降に本格的なエルニーニョが発生することを各国の気象機関が予測していたにも関わらず、南から発達してきた冷水偏差によってエルニーニョの発達が阻害される結果となった。大気海洋結合モデル MIROC5.0 によるハインドキャストではこの冷水偏差の発達を半年以上前から予測することに成功しており、この予測ケースをもとに感度実験等を実施した結果、近年持続している太平洋十年規模変動の負位相に伴う南半球の偏差が今年のケースに寄与していたことが示唆された。

近年、強いエルニーニョが発達しにくい状況が続いており、2000年代に入って ENSO の予測スキルが低下していると言われているが、この状況にも南半球に持続して存在している負偏差が関係

していると考えられ、予測モデルにおいて南半球起源の PDO のプロセスを正しく再現することができるか否かが予測性能改善のための鍵であると考えられる。

5. References

Luo and Yamagata, 2001: Long-term ENSO-like variation with special emphasis on the South Pacific, *J. Geophys. Res.*, **106**, 22211-22227.
 Luo et al. 2003: South Pacific origin of the decadal ENSO-like variation as simulated by a coupled GCM, *Geophys. Res. Lett.*, **30**, 2250.
 Tatebe et al., 2013: Control of Decadal and Bidecadal Climate Variability in the Tropical Pacific by the Off-Equatorial South Pacific Ocean, *J. Clim.*, **26**, 6524-6534.

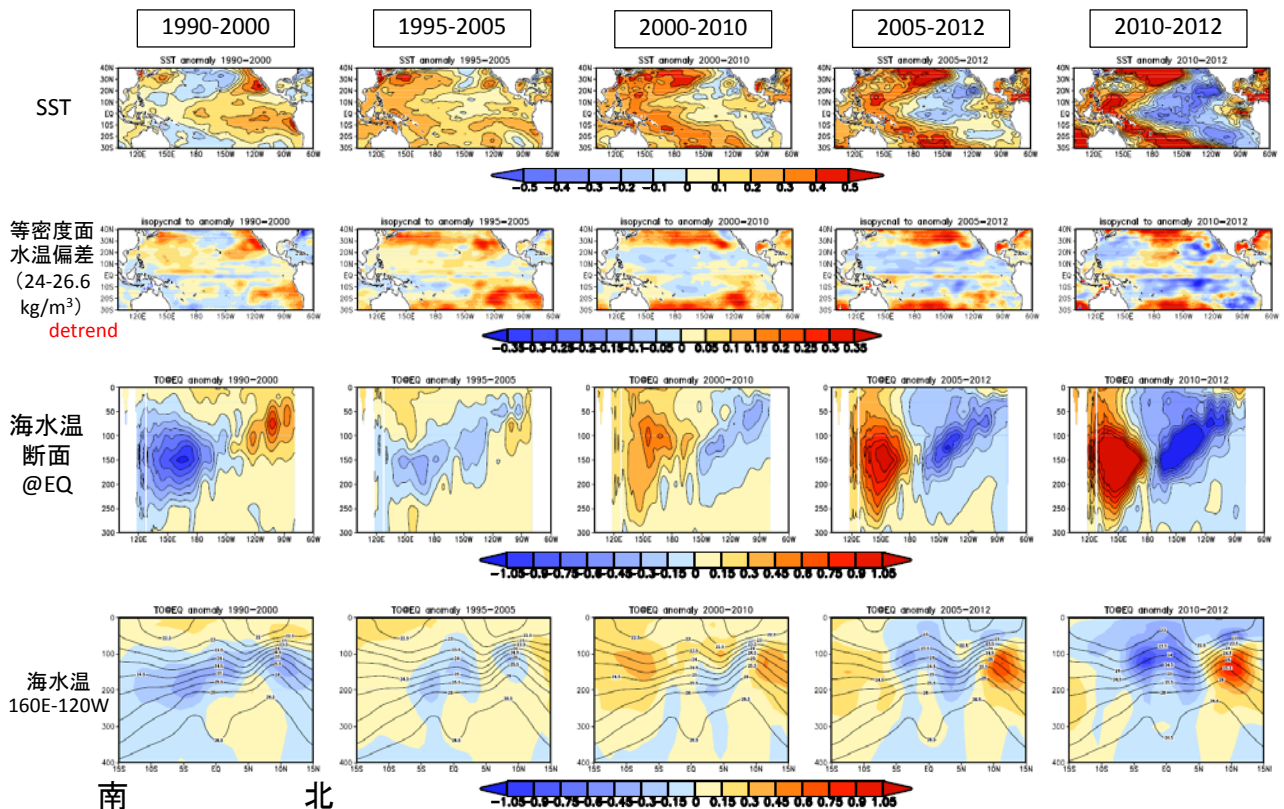


図 6 1990 年から 5 年おきに 11 年平均した偏差（最後の 2 期間はそれぞれ 8 年、3 年平均）。上から、海面水温[K]、等密度面（24-26.6 kg/m³）における海水温偏差、赤道における海水温の鉛直断面[K]、160°E-120°W で平均した海水温の東西-鉛直断面。