

西風バースト/東風サージを確率過程として考慮した エルニーニョ現象予測－2014年の事例－

○土井 威志*・Swadhin Behera*・山形 俊男*

(*JAMSTEC/APL)

キーワード：季節予測, 2014年のエルニーニョ現象予測, 季節内-季節スケール間相互作用

1. はじめに

社会、経済的要請の強い季節の揺らぎを予測するにはエルニーニョ現象などの気候変動現象の予測が不可欠である。この30年、気候変動現象の理解が進み、気候変動予測も活発に行われるようになってきた。熱帯海洋における観測網の展開とともに、大学や研究開発機関だけでなく、現業機関においても公的サービスの一環としてエルニーニョ現象の監視や現業予測が行われるようになってきている。このような状況下、2014年春には、海洋研究開発機構アプリケーションラボ(以下JAMSTEC/APL)などの研究開発機関に加えて、気象庁や米国大気海洋局を含む現業官庁の多くが夏季に5年振りのエルニーニョ現象が発生する可能性が高いとの予測を発表した。しかし、実際には発生しなかった。この予測の「はずれ」は一体何が原因だったのだろうか。2014年春から、順調に発達してきたエルニーニョ的な正の水温偏差が、なぜ夏に急激に衰退したのであろうか？

そのメカニズムについてはいくつかの説が提唱されている。

例えば、

-風エネルギー交換の10年規模変動(Masuda et al. 2015)

-南半球からの海洋亜表層での熱移流(Imada et al. 2016)

-海表面水温偏差(SSTA)の南北勾配(Maeda et al. 2016; Wu et al. 2018)

-太平洋数10年規模変動(Wang and Hendon 2017)

-夏の東風サージEWSの発生(Min et al. 2015; Hu and Fedorov 2016; Chiodi and Harrison 2017)

-西風バーストWWBの弱化(Li et al. 2015; Dong and

McPhaden 2018)

-熱帯インド洋(Dong and McPhaden 2018)

などの影響が示唆されている。

また、よく似た問題としたインド洋ダイポールモード現象(IOD)の急激な衰退(Aborted event)が報告されている。通常のIODは初夏からグングン成長し、秋にピークを迎えた後、冬に急激に衰退するが、2003年のケースでは、7月まで順調に発達していたものの、8月中旬に発達途中で急激に減衰した。(Rao and Yamagata 2004)は、マッデン・ジュリアン振動に起因する季節内擾乱の重要性を報告した。

このような先行研究に基づき、本研究では、季節内擾乱、特にWWB/EWSの影響に注目する。CGCMでは、WWB/EWSの発生頻度が現実と比べて低い傾向にあることから、確率過程を考慮したパラメタリゼーションで補うことで、エルニーニョ予測の精度向上に成功した例も報告されている(Gebbie et al. 2007; Lopez et al. 2013)。本研究では、こうした季節内擾乱を確率過程と見なしてSINTEX-F2季節予測システム(Doi et al. 2016, 2017)に導入していた場合には、どのような影響を2014年エルニーニョ予測に与えていたかについて調べてみた。

2. 西風バースト/東風サージを模した stochastic forcing スキームの導入

WWB/EWSを模した東西風応力(N/m²)の構造は以下の式で与える。

$$\tau_{\text{WWB}}(x, y, t) = M \exp \left[-\frac{(t-t_0)^2}{T^2} - \frac{(x-x_0)^2}{X^2} - \frac{(y-y_0)^2}{Y^2} \right] \quad (\text{式 1})$$

ここで、それぞれのパラメータは表1で与える。

すなわち、典型的な EWS/WWB の水平構造(図 1)が、10 日毎にランダムに forcing される。

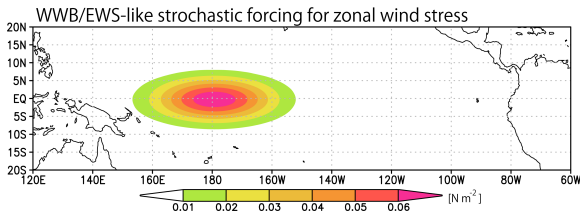


図 1: 西風バースト/東風サージを模した東西風応力の水平構造(N/m²)

表 1: 式 1 のパラメータ値

Parameter	説明	値
M	振幅	0.07N/m ²
T	時間スケール	10 日間
t ₀	発生ピーク時間	10 日毎ステップ
X	東西スケール	20°
x ₀	東西ピーク位置	180°E
Y	南北スケール	6°
y ₀	南北ピーク位置	Eq.

3. 結果

WWB,EWS,no-forcing の発生確率をランダムに 33.33%ずつにした場合、予測の結果は大きく変わらなかった。しかし、先行研究で示唆されたように、WWB の発生確率を下げ、EWS の発生確率を上げることで、より現実に近くなった(図 2)。

さらに、詳しく見るために、2014 年時について、太平洋赤道域の SST と東西風応力の時間-経度図を示す(図 3)。4-5 月時のエルニーニョに近い構造が、6-7 月に発生した東風サージによって衰退している様子が確認できる。セクション 2 で説明したスキームを導入しない実験では、東風サージが発生せず、6-7 月になってもエルニーニョに近い構造が衰退しない。上記のスキームを導入することで予測が改善されている。

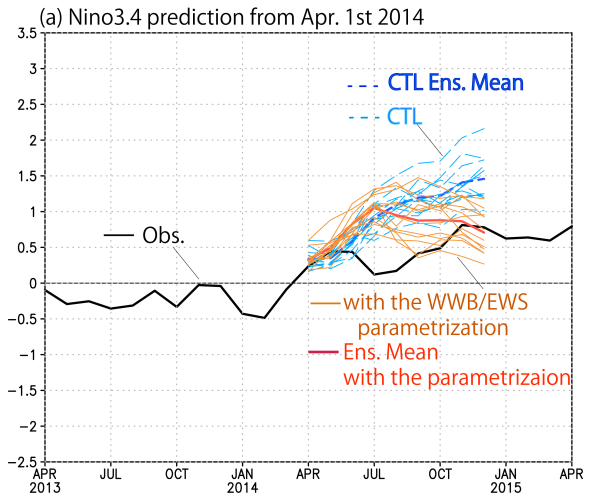


図 2: 2014 年 4 月 1 日時点で予測した Nino3.4 (°C)。

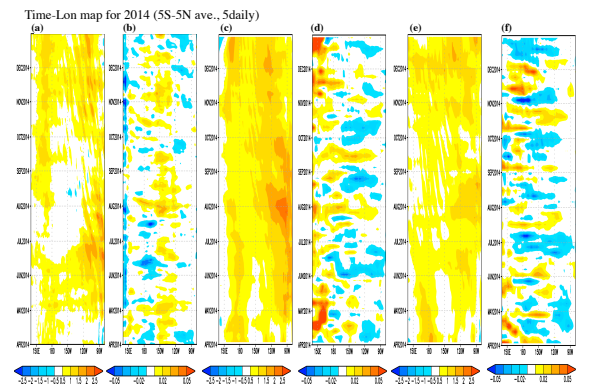


図 3: 2014 年時について、太平洋赤道域(5°S-5°N 平均)の SST(°C)と東西風応力(N/m²)の偏差の時間-経度図(5 日間の移動平均図)。(a)OISST 観測データ、(b)NCEP/NCAR 再解析データ、(c, d) 2014 年 4 月 1 日時点で予測した SST(°C)と東西風応力(N/m²)。図 2 において、stochastic forcing スキームを導入していない実験(水色)のうち、もっとも観測値に近いアンサンブルメンバーの結果。(e, f) 2014 年 4 月 1 日時点で予測した SST(°C)と東西風応力(N/m²)。図 2 において、stochastic forcing スキームを導入した実験(オレンジ色の線)のうち、もっとも観測値に近いアンサンブルメンバーの結果。

4. 今後の展望

WWB/EWS の発生を確率過程として考慮したスキームで補うことで、2014年のエルニーニョ予測の精度が向上することが分かった。

このスキームがエルニーニョ予測にとって、潜在的に有効であることは確認できた。しかし、他のイベントや、将来のエルニーニョ予測に応用するためには、本スキームに SST 依存性を持たせた semi-stochastic forcing スキームへ発展させる必要があろう。例えば、太平洋の warm pool 域の SST (Gebbie et al. 2007; Lopez et al. 2013) や、エルニーニョ指標 (Gebbie and Tziperman 2009; Hayashi and Watanabe 2017) に依存させたスキームの成功例が報告されている。

世界各国の最先端のエルニーニョ予測システムにおいて、over-confident(自信過剰)問題、すなわち予測エラーに対して、アンサンブルのバラツキが小さ過ぎる問題が報告されている (Tompkins et al. 2017)。SINTEX-F2 季節予測システムでも同様の問題が確認されている。上記のスキームを発展させることで、その問題解決を目指して行きたい。

引用文献

- Chiodi, A. M., and D. E. Harrison, 2017: Observed El Niño SSTA development and the effects of easterly and westerly wind events in 2014/15. *J. Clim.*, **30**, 1505– 1519, doi:10.1175/JCLI-D-16-0385.1.
- Doi, T., S. K. Behera, and T. Yamagata, 2016: Improved seasonal prediction using the SINTEX-F2 coupled model. *J. Adv. Model. Earth Syst.*, **8**, 1847– 1867, doi:10.1002/2016MS000744.
- , A. Storto, S. K. Behera, A. Navarra, and T. Yamagata, 2017: Improved prediction of the Indian Ocean Dipole Mode by use of subsurface ocean observations. *J. Clim.*, **30**, 7953– 7970, doi:10.1175/JCLI-D-16-0915.1.
- Dong, L., and M. J. McPhaden, 2018: Unusually warm Indian Ocean sea surface temperatures help to arrest development of El Niño in 2014. *Sci. Rep.*, **8**, 1– 10, doi:10.1038/s41598-018-20294-4. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-20294-4>.
- Gebbie, G., and E. Tziperman, 2009: Predictability of SST-Modulated Westerly Wind Bursts. *J. Clim.*, **22**, 3894– 3909.
- Gebbie, G., I. Eisenman, A. Wittenberg, and E. Tziperman, 2007: Modulation of Westerly Wind Bursts by Sea Surface Temperature: A Semistochastic Feedback for ENSO. *J. Atmos. Sci.*, **64**, 3281– 3295.
- Hayashi, M., and M. Watanabe, 2017: ENSO Complexity Induced by State Dependence of Westerly Wind Events. *J. Clim.*, **30**, 3401– 3420.
- Hu, S., and A. Fedorov, 2016: Exceptionally strong easterly wind burst stalling El Niño of 2014. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **113**, 2005– 2010.
- Imada, Y., H. Tatebe, M. Watanabe, M. Ishii, and M. Kimoto, 2016: South Pacific influence on the termination of El Niño in 2014. *Nat. Publ. Gr.*, 1– 7, doi:10.1038/srep30341. <http://dx.doi.org/10.1038/srep30341>.
- Li, J., B. Liu, J. Li, and J. Mao, 2015: A comparative study on the dominant factors responsible for the weaker-than-expected El Niño event in 2014. *Adv. Atmos. Sci.*, **32**, 1381– 1390, doi:10.1007/s00376-015-4269-6.
- Lopez, H., B. P. Kirtman, E. Tziperman, and G.

- Gebbie, 2013: Dynamics of Atmospheres and Oceans Impact of interactive westerly wind bursts on CCSM3. *Dyn. Atmos. Ocean.*, **59**, 24– 51, doi:10.1016/j.dynatmoce.2012.11.001. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2012.11.001>.
- Maeda, S., Y. Urabe, K. Takemura, T. Yasuda, and Y. Tanimoto, 2016: Active Role of the ITCZ and WES Feedback in Hampering the Growth of the Expected Full-Fledged El Niño in 2014. *Sola*, **12**, 17– 21, doi:10.2151/sola.2016-004. https://www.jstage.jst.go.jp/article/sola/12/0/12_2016-004/_article.
- Masuda, S., J. Philip Matthews, Y. Ishikawa, T. Mochizuki, Y. Tanaka, and T. Awaji, 2015: A new Approach to El Niño Prediction beyond the Spring Season. *Sci. Rep.*, **5**, 16782, doi:10.1038/srep16782. <http://www.nature.com/articles/srep16782>.
- Min, Q., J. Su, R. Zhang, and X. Rong, 2015: What hindered the El Niño pattern in 2014? *Geophys. Res. Lett.*, **42**, 6762– 6770, doi:10.1002/2015GL064899.
- Rao, S. A., and T. Yamagata, 2004: Abrupt termination of Indian Ocean dipole events in response to intraseasonal disturbances. *Geophys. Res. Lett.*, **31**, doi:10.1029/2004GL020842.
- Tompkins, A. M., and Coauthors, 2017: The Climate-system Historical Forecast Project: providing open access to seasonal forecast ensembles from centers around the globe. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, BAMS-D-16-0209.1, doi:10.1175/BAMS-D-16-0209.1.
- Wang, G., and H. H. Hendon, 2017: Why 2015 was a strong El Niño and 2014 was not. doi:10.1002/2017GL074244.
- Wu, Y. K., L. Chen, C. C. Hong, T. Li, C. T. Chen, and L. Wang, 2018: Role of the meridional dipole of SSTA and associated cross-equatorial flow in the tropical eastern Pacific in terminating the 2014 El Niño development. *Clim. Dyn.*, **50**, 1625– 1638, doi:10.1007/s00382-017-3710-1.