

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K17810

研究課題名(和文)2014年夏エルニーニョ予測「はずれ」の謎

研究課題名(英文)Why did the El Nino prediction fail in summer 2014?

研究代表者

土井 威志(Doi, Takeshi)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・付加価値情報創生部門(アプリケーションラボ)・研究員

研究者番号：80638768

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、2014年のエルニーニョ予測が外れた理由を、SINTEX-F2季節予測システムで調べた。その結果、熱帯太平洋西部で、6-7月に発生した東風バーストを含む東西風の季節内変動が重要であることが明らかになった。これらの風イベントの個々の発生タイミングを予測することは難しいが、それらを確率過程として予測シミュレーションに取り入れることで、エルニーニョ予測の誤検出問題を改善できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

エルニーニョ現象の予測について、誤検出しやすい問題を改善する方法を示した。すなわち、熱帯太平洋西部での東西風の季節内変動の発生を確率過程として予測シミュレーションに追加強制することで、2014年などの予測のハズレを回避することができることを示した。エルニーニョ現象の発生は、世界中で異常気象の引き金になるため、その予測の誤検出率を下げることは学術的にも社会的にも重要である。

研究成果の概要(英文)：In this study, the false alarm of 2014 El Nino is examined using the SINTEX-F2 seasonal prediction system. It is found that resolving the high-frequency zonal wind variability over the western tropical Pacific, including the strong easterly wind bursts in June-July 2014, is a key for correct prediction. To capture individual high-frequency wind events beyond the synoptic weather time-scales is a challenge by use of the current prediction model. However, by synthetically incorporating the stochastic forcing like easterly wind bursts into the prediction system, we have successfully kept the 2014 El Nino prediction within the expected uncertainty.

研究分野：気候力学

キーワード：エルニーニョ予測 季節予測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

社会経済の要請が強い季節予測(季節の年々の揺らぎを数ヶ月前から事前に予測する)の発展には、エルニーニョ現象などの気候変動現象の予測改善が不可欠である。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。その一方で、エルニーニョ予測には改善すべき問題がいくつか残されている。その1つが、over-confident(自信過剰)問題である。これは、アンサンブル平均による予測のエラーに対して、予測アンサンブルメンバーのパラツキが小さ過ぎる問題であり、大気海洋結合大循環モデル CGCM を使った世界各国の最先端のエルニーニョ予測システムのほぼ全てに共通して確認されている(Tompkins et al. 2017)。JAMSTEC/APL の SINTEX-F 季節予測システムの最新版(Doi et al. 2017)でも同様の問題が確認されている。

特に、この問題が顕著に現れたのが2014年のエルニーニョ予測であった。2014年春には、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エルニーニョ現象が発生する可能性が非常に高いとの予測を発表したが、実際には発生しなかった。

2. 研究の目的

本研究では、2014年のエルニーニョ予測の「ハズレ」の主たる原因を突き止め、その予測を改善し得る手法を提唱する。さらに、その他の事例への応用可能性を調べ、エルニーニョ予測の自信過剰問題の解決を目指す。

3. 研究の方法

JAMSTEC/APL の SINTEX-F 季節予測システムの最新版(Doi et al. 2017)の過去再予測実験の解析や、仮説を検証するための数値実験を駆使し、問題を解決した。具体的には以下の通りである。

4. 研究成果

2014年エルニーニョ予測が「ハズレ」たメカニズムについてはいくつかの説が提唱されているが、SINTEX-F システムによる過去再予測実験のアウトプットを解析した結果、6-7月に熱帯太平洋西部で複数回発生した非常に強い東風サージを予測できていなかったことが主な原因だと示唆された。少なくとも SINTEX-F システムにおいては、非常に強い東風サージの発生が、2014年エルニーニョ予測の成功の鍵であることを示した。これは、Hu and Fedorov (2015)の結果とも整合的である。

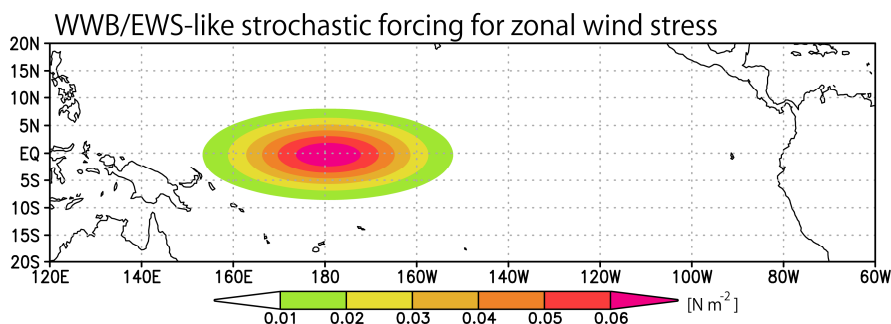
では、非常に強い東風サージの発生を、数ヶ月前から予測することは可能であろうか？ SINTEX-F 結合モデルの大気パートに、観測された海表面水温 SST を強制した実験(いわゆる AMIP タイプの実験)の結果を解析したところ、5-15日程度の季節内変動である東風サージの発生を、SST 強制のみで予測することは難しいことが確認できた。つまり、少なくとも SINTEX-F モデルでは、東風サージの潜在的な季節予測可能性は低い。

そこで、東風サージの発生を確率過程として考慮し、補助的に追加強制していた場合には、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た。東風サージを模した東西風応力(N/m²)の構造は以下の式で与える。

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

すなわち、図1で示した水平構造を持ち、e-folding time が15日である東風サージを、予測実験の時間積分中に、15日毎に30%の確率でランダムに追加強制した。その結果、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。

図1: 東風サージを模した東西風応力の水平構造(N/m²)



同様のアプローチで、2014年の事例以外のエルニーニョ予測の自信過剰問題を解決できるであろうか？東風サージと、その逆符号である西風バーストを、それぞれ30%の確率で15日毎にランダムに追加強制するスキームをSINTEX-F予測システムに導入し、2000-2015年で過去再予測実験を実施し、その影響を調べた。主に4つの事例(2002, 2005, 2010, 2014年)で、自信過剰問題が顕著であるが、そのうち2005年、2014年は改善された。追加の実験により、2002年は西風バーストを、2010年は東風バーストの強度や発生確率を増やすことで改善することを確認した。

SINTEX-Fシステムのエルニーニョ予測を改善するために、東風サージや西風バーストの発生を確率過程として補助的に追加強制するスキームの導入が、潜在的に有効であることは確認できた。その一方で、このスキームの影響は、事例毎で違う。おそらく海洋垂表層の構造に起因すると考えられるが、更なる研究が必要である。

また、今後、本スキーム内のパラメータ(強度、発生頻度、位置、水平構造、e-folding time など)を変えた実験を実施し、その相対的な重要性を調べる必要がある。

エルニーニョ予測を更に本質的に改善するためには、本スキームを、SST依存性を持たせたスキームへと発展させる必要があると考えている。例えば、熱帯太平洋西部の暖水プールやエルニーニョ指標に依存させたスキームの成功例が報告されている。このように本研究を発展させることで、エルニーニョ予測の自信過剰問題の解決を目指して行きたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Doi Takeshi, Behera Swadhin K., Yamagata Toshio	4. 巻 32
2. 論文標題 Merits of a 108-Member Ensemble System in ENSO and IOD Predictions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Climate	6. 最初と最後の頁 957 ~ 972
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0193.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Doi, T., A. Storto, S.K. Behera, A. Navarra, and T. Yamagata	4. 巻 30
2. 論文標題 Improved Prediction of the Indian Ocean Dipole Mode by Use of Subsurface Ocean Observations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Climate	6. 最初と最後の頁 7953-7970
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0915.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Doi T., S. K. Behera, and T. Yamagata	4. 巻 8
2. 論文標題 Improved seasonal prediction using the SINTEX-F2 coupled model	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 1847-1867
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2016MS000744	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Tanizaki C., T. Tozuka, T. Doi, and T. Yamagata	4. 巻 -
2. 論文標題 Relative importance of the processes contributing to the development of SST anomalies in the eastern pole of the Indian Ocean Dipole and its implication for predictability	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Climate Dynamics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00382-016-3382-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 Takeshi Doi, Swadhin Behera, Toshio Yamagata
2. 発表標題 Westerly Wind Burst (WWB)/Easterly Wind Surge (EWS)-like Stochastic Forcing and the Effects on ENSO Prediction by the SINTEX-F System
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society 16th Annual Meeting(AOGS2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Doi, Swadhin Behera, Toshio Yamagata
2. 発表標題 Stochastic wind bursts and their roles on the ENSO prediction ~ lessons learned from the false prediction of the 2014 El Nino event ~
3. 学会等名 International workshop on future climate change at NUIST (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Doi, Swadhin Behera, Toshio Yamagata
2. 発表標題 Westerly Wind Burst (WWB)/Easterly Wind Surge (EWS)-like stochastic forcing parametrization and the effects on ENSO prediction by the SINTEX-F system -Lesson from 2014 El Nino prediction failure
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 2019年大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Doi, Swadhin Behera, Toshio Yamagata
2. 発表標題 Westerly Wind Burst (WWB)/Easterly Wind Surge (EWS)-like stochastic forcing parametrization and the effects on ENSO prediction by the SINTEX-F system -Lesson from 2014 El Nino prediction failure
3. 学会等名 27th International Union of Geodesy and Geophysics(IUGG) General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Doi, Swadhin Behera, Toshio Yamagata
2. 発表標題 西風バースト/東風サージの発生を確率過程として考慮したエルニーニョ現象予測と自信過剰問題
3. 学会等名 2019海洋学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Doi, T., S. K. Behera, and T. Yamagata
2. 発表標題 Merits of one hundred parallel simulations in seasonal climate prediction
3. 学会等名 Fourth International Symposium on Climate and Earth System Modeling (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Doi, Swadhin Behera, and Toshio Yamagata
2. 発表標題 Westerly Wind Burst (WVB)/Easterly Wind Surge (EWS)-like stochastic forcing scheme and the effects on ENSO prediction by the SINTEX-F system-lesson from 2014 El Nino prediction failure
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Doi, Swadhin Behera, and Toshio Yamagata
2. 発表標題 Westerly Wind Burst (WVB)/Easterly Wind Surge (EWS)-like stochastic forcing scheme and the effects on ENSO prediction by the SINTEX-F system-lesson from 2014 El Nino prediction failure
3. 学会等名 9th OFES workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土井威志, S. K. Behera, and T. Yamagata
2. 発表標題 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-
3. 学会等名 日本海洋学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土井威志,
2. 発表標題 SINTEX-F季節予測システム-過去 現在 未来-,
3. 学会等名 異常気象研究集会「季節予測システムの進展と異常気象の要因分析」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 土井 威志, A. Storto, S. K. Behera, and 山形俊男
2. 発表標題 海洋亜表層観測データを用いた初期値補正とインド洋ダイポールモード現象の予測精度向上について
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 土井 威志, A. Storto, S. K. Behera, and 山形俊男
2. 発表標題 海洋亜表層観測データを用いた初期値補正とインド洋ダイポールモード現象の予測精度向上について
3. 学会等名 日本気象学会2017年度春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 土井 威志, S. K. Behera, and 山形俊男
2. 発表標題 100アンサンブルメンバーによる季節予測実験
3. 学会等名 2017年日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takeshi Doi, Swadhin Behera, Toshio Yamagata
2. 発表標題 One hundred parallel worlds in seasonal prediction
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Doi, S.K. Behera, T. Yamagata
2. 発表標題 SINTEX-F2 seasonal prediction system
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2016年大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Doi, C. Yuan, S.K. Behera, T. Yamagata
2. 発表標題 Predictability of the California Nino/Nina
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2016年大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Doi, S.K. Behera, T. Yamagata
2. 発表標題 The SINTEX-F2 seasonal prediction system
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society 13th Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Doi, S.K. Behera, T. Yamagata
2. 発表標題 Coastal Nino prediction
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society 13th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Doi, A. Storto, S.K. Behera, T. Yamagata
2. 発表標題 海洋垂表層観測データを用いた初期値補正とインド洋ダイポールモード現象の予測精度向上について
3. 学会等名 日本海洋学会2016年度秋季大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>SINTEX-F季節予測システム http://www.jamstec.go.jp/frcg/research/d1/iod/seasonal/outlook.html 季節ウォッチ http://www.jamstec.go.jp/aplinfo/climate/</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----