

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04047

研究課題名（和文）沿岸ニーニョ現象のメカニズムとその予測可能性

研究課題名（英文）Mechanisms and Predictability of Coastal Ninos

研究代表者

東塚 知己（TOZUKA, TOMOKI）

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・准教授

研究者番号：40376538

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、オーストラリア大陸西岸沖に発生するニンガルー・ニーニョ現象の沿岸ニーニョ現象（大陸の西岸沖に発生するエルニーニョ現象のような現象で、海水温が平年に比べて以上に高くなる）のメカニズムをデータ解析やシミュレーションを通して明らかにした。また、発生域に近い場所で異常気象を引き起こしたり、生態系に大きな影響を与えたりする沿岸ニーニョ現象の予測精度の向上に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この10年くらいの間に相次いで発見され、メカニズムが完全に理解されていなかった沿岸ニーニョ現象のメカニズムを明らかにすることに成功した。また、沿岸ニーニョ現象は、空間スケールが比較的小さいことから予測することが難しいとされてきたが、本研究の予測に関する研究成果は、沿岸ニーニョ現象が引き起こす様々な異常気象や生態系への影響を軽減することに貢献するものである。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have clarified the mechanisms of coastal nino phenomena (i.e. an El Nino-like phenomena associated with anomalously warm sea surface temperatures) such as the Ningaloo Nino off the west coast of Australia through data analyses and simulations. Furthermore, we have succeeded in improving the prediction skills of the coastal nino phenomena that cause abnormal weather in adjacent areas and have devastating impacts on local marine ecosystem.

研究分野：気候力学

キーワード：沿岸ニーニョ現象 気候変動 大気海洋相互作用

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

産業や社会生活に大きな影響を及ぼす熱波、干ばつ、豪雨等の異常気象の母胎となる気候変動現象のメカニズムを明らかにし、正確に予測することは、気候変動研究の重要な課題である。最も卓越する気候変動現象であるエルニーニョ/南方振動については、活発に研究が行われ、大規模な大気海洋結合モデルを用いた予測可能性研究や気象機関による現業予報活動が行われるようになった。

このような流れの中で、ごく最近、海盆東岸域に次々と新たな気候変動現象が発見された。これら沿岸ニーニョ現象は、局地的に大きな影響を与えることがこれまでの研究で示されてきている。例えば、2011年に発生した強いニンガルー・ニーニョ現象が、オーストラリア西岸沖で初めて珊瑚礁の白化を引き起こしたこと、オーストラリア北西部がニンガルー・ニーニョ現象発生年に多雨傾向となることが指摘されている。このため、他の沿岸ニーニョ現象も含めて、メカニズムの理解や予測の重要性が指摘されている。沿岸ニーニョ現象のメカニズムを解明し、予測精度の向上を図ることは、亜熱帯域の気候変動の理解を進めるための基盤形成にも有益である。

2. 研究の目的

本研究では、観測データ、海洋大循環モデル、大気大循環モデル、大気海洋結合モデルによる長期のシミュレーションと感度実験、アンサンブル予測実験の結果を解析することにより、沿岸ニーニョ現象(南インド洋のニンガルー・ニーニョ現象、南大西洋のベンゲラ・ニーニョ現象、北太平洋のカリフォルニア・ニーニョ現象)とその影響の詳細なメカニズムを明らかにするとともに、予測可能性を評価する。

3. 研究の方法

本研究では、観測データ、海洋大循環モデル(MOM3、OFES)、領域海洋モデル(ROMS)、大気大循環モデル(FRAM)、大気海洋結合モデル(SINTEX-F2)による長期のシミュレーションと感度実験、大気海洋結合モデル(SINTEX-F2)によるアンサンブル予測実験の結果を解析した。

4. 研究成果

(1) 水平解像度0.5度、鉛直25層の海洋大循環モデル(MOM3)を用いて、1948年から2012年までのシミュレーションを行い、ニンガルー・ニーニョ現象の発生海域における海洋混合層の熱収支解析を行なった。その結果、沿岸域では、南北移流項と海面熱フラックス項が重要な役割を果たしていたのに対し、外洋域では、後者のみが重要であった。(i) 南北移流項: オーストラリア西岸沖に局所的な低気圧性の偏差を生じ、北風偏差が現れる。その結果、南向きに暖水を輸送するルーイン海流が強められ、正の海面水温偏差を増幅する。(ii) 海面熱フラックス項: 潜熱放出の減少と低密度水を移流するルーイン海流の強化に伴う成層の安定化により、混合層が平年よりも浅くなるため、短波放射によって温められやすくなり、正の海面水温偏差はさらに成長する。

(2) クロロフィル濃度の衛星観測データや高解像度海洋大循環生態系モデル(OFES-NPZD)の結果を解析することにより、ニンガルー・ニーニョ現象の際には、クロロフィル濃度が増大することが明らかになった。

(3) 従来のモデルをアップデートした大気海洋結合モデル(SINTEX-F2)を用いて、2000年から2014年の各月1日を予測開始日とする6ヶ月先までの12メンバーのアンサンブル季節予測実験を実施し、沿岸ニーニョ現象の予測精度を評価した。その結果、ニンガルー・ニーニョ現象については、3ヶ月先までの予測に相関係数で0.15の改善が見られた。

(4) 沿岸ニーニョ現象に伴う雲-短波放射-海面水温のフィードバックについて観測データの解析を通して調べた。その結果、特にニンガルー・ニーニョ/ニーニャ現象については、興味深い非対称性が見られた。具体的には、ニンガルー・ニーニョ現象の際には、上層雲-短波放射-海面水温フィードバックが負のフィードバックとして働くのに対し、ニンガルー・ニーニャ現象の際には、下層雲-短波放射-海面水温フィードバックが正のフィードバックとして働くことが明らかになった。

(5) 沿岸ニーニョ現象に伴う大気海洋相互作用が存在することを、大気と海洋の指標を作成し、因果関係の解析を行うことにより示した。他の気候変動との関係も同様の手法で調べた結果、カリフォルニア・ニーニョ現象は、これまでに考えられてきたようにエルニーニョ現象からの影響を受けるだけでなく、エルニーニョ現象に影響を与えていることが明らかになった。

(6) さらに予測精度の向上を目指して、3次元海洋同化システムを新たに導入し、これまでの海面水温だけでなく、亜表層水温・塩分も同化して初期値データを作成した上で、大気海洋結合モデル(SINTEX-F2)による季節予測実験を実施した。

(7) 沿岸ニーニョ現象に伴う大気海洋陸面相互作用に着目した解析を行った。その結果、特にベンゲラ・ニーニョ現象については、発生域に隣接する大陸上で降水量が増大するため、潜熱放出の増加により陸面温度が低下し、アンゴラ低気圧の弱化をもたらしていることが明らかになった。一方、西岸沖の亜熱帯高気圧は弱化するため、西岸域の東西気圧勾配が小さくなり、南向きの流れを強化する北風偏差が成長することになる。その結果、ベンゲラ・ニーニョ現象が増幅されることが明らかになった。

(8) 大気海洋結合モデルを用いて、太平洋熱帯域の結合を外した実験を行った。この実験でも、

ニンガルー・ニーニョ／ニーニャ現象が再現されたことから、ニンガルー・ニーニョ／ニーニャ現象は、エルニーニョ／ラニーニャ現象からの遠隔強制がなくても、独自の大気海洋相互作用によって発生することが示された。

(9) 領域海洋モデルを用いて、太平洋からの波動の影響を除去した実験を行なった。その結果、太平洋からの波動が、ニンガルー・ニーニョ／ニーニャ現象に伴う海面水温偏差の振幅の非対称性の約 30%を説明することが明らかになった。

(10) 大気海洋結合モデル (SINTEX-F2) を用いてアンサンブル・メンバー数を 108 まで増やした予測研究を行った。その結果、特に極端なイベントの予測精度に向上が見られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

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） 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 Kataoka, T., T. Tozuka, and T. Yamagata	4. 巻 122
2. 論文標題 Generation and Decay Mechanisms of Ningaloo Nino/Nina	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Oceans	6. 最初と最後の頁 8913 ~ 8932
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/2017JC012966	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 Kido, S., and T. Tozuka	4. 巻 30
2. 論文標題 Salinity Variability Associated with the Positive Indian Ocean Dipole and Its Impact on the Upper Ocean Temperature	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Climate	6. 最初と最後の頁 7885 ~ 7907
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1175/JCLI-D-17-0133.1	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 Tozuka, T., and P. Oettli	4. 巻 45
2. 論文標題 Asymmetric Cloud-Shortwave Radiation-Sea Surface Temperature Feedback of Ningaloo Ni?o/Ni?a	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 9870 ~ 9879
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2018GL079869	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., 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 System	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 Kusunoki Hidehiro, Kido Shoichiro, Tozuka Tomoki	4. 巻 -
2. 論文標題 Contribution of oceanic wave propagation from the tropical Pacific to asymmetry of the Ningaloo Nino/Nina	5. 発行年 2020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/s00382-020-05268-5	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21件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 土井 威志, A. Storto, S. K. Behera, 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, 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, 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 -極端イベントの確率予測精度の向上
3. 学会等名 2017年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 土井 威志, S. K. Behera, 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 -極端イベントの確率予測精度の向上
3. 学会等名 「様々な結合過程がもたらす異常気象の実態とそのメカニズム」に関する研究集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 土井 威志, S. K. Behera, 山形俊男
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 Yamagata, T.
2. 発表標題 Coastal Nino/Nina phenomena in the eastern boundary upwelling systems
3. 学会等名 Seminar at the Yonsei University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 東塚 知己、大石 俊、Meghan F. Cronin
2. 発表標題 海面熱フラックスによる海面水温勾配の強化・緩和：メトリックの提案
3. 学会等名 2017年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tozuka, T., S. Ohishi, and Meghan F. Cronin
2. 発表標題 A metric for surface heat flux effect on horizontal SST gradients
3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tozuka, T., C. Tanizaki, and T. Doi
2. 発表標題 Is predictability of Indian Ocean Dipole events dependent on the developing mechanism?
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tozuka, T., C. Tanizaki, T. Doi, and T. Yamagata
2. 発表標題 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
3. 学会等名 Symposium on Past, Present, Future of Predicting Ocean and Climate Variability (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kataoka, T., T. Tozuka, and T. Yamagata
2. 発表標題 Generation and decay mechanism of Ningaloo Nino
3. 学会等名 AGU 2016 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yamagata, T.
2. 発表標題 New Climate Modes and Rich Applicability of Seasonal Climate Prediction
3. 学会等名 OCEANS '16 MTS/IEEE (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山形俊男
2. 発表標題 新しい気候変動現象の発見と最近の異常気象
3. 学会等名 第132回海洋フォーラム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yamagata, T.
2. 発表標題 Prediction of Climate Variation and its Rich Application to Societies for Sustainable Development
3. 学会等名 AASSA-NAST PHL Workshop on the Role of Science Academies in Sustainable Development in conjunction with the 2016 Climate Conference on Addressing Climate Risk for Sustainable Development (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1 . 発表者名 Yamagata, T.
2 . 発表標題 Prediction of Climate Variation and its Rich Application to Societies for Sustainable Development
3 . 学会等名 AOSHAN FORUM: Workshop on Western Pacific Ocean Circulation and Climate-Past, Present, and Future (招待講演)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Yamagata, T.
2 . 発表標題 Ocean, climate and society
3 . 学会等名 Symposium on "Past, Present, Future of Predicting Ocean and Climate Variability" (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Behera, S. K., T. Doi, Y. Morioka, and J. V. Ratnam
2 . 発表標題 Climate Variability Prediction and Application
3 . 学会等名 JAMSTEC-VIGMR Workshop (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Doi, T., S.K. Behera, and T. Yamagata
2 . 発表標題 SINTEX-F2 seasonal prediction system
3 . 学会等名 日本地球惑星連合大会2016
4 . 発表年 2016年

1. 発表者名 Doi, T., C. Yuan, S.K. Behera, and T. Yamagata
2. 発表標題 Predictability of the California Nino/Nina
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会2016
4. 発表年 2016年

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

1. 発表者名 Doi, T., S.K. Behera, and T. Yamagata
2. 発表標題 Coastal Nino prediction -new potential source of seasonal predictability in the mid-latitudes-
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究 分担者	山形 俊男 (Yamagata Toshio) (50091400)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・特任上席研究員 (82706)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	土井 威志 (Doi Takeshi) (80638768)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・副主任研究員 (82706)	
研究協力者	森岡 優志 (Morioka Yushi) (90724625)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・研究員 (82706)	