

令和元年6月13日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K17768

研究課題名（和文）南大西洋と南インド洋における十年規模変動の実態解明と予測可能性

研究課題名（英文）Decadal climate variability and predictability over the South Atlantic and southern Indian Oceans

研究代表者

森岡 優志（MORIOKA, Yushi）

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

研究者番号：90724625

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：南大西洋と南インド洋の海面水温に見られる十年規模変動について、観測データの解析と気候モデルを用いた実験を行い、物理プロセスと予測可能性を明らかにした。南大西洋の海面水温変動は、大気の変動に伴う南北および鉛直の熱輸送により生じており、南極周極流によって東向きに伝播することで、南インド洋の海面水温に十年規模変動をもたらすことがわかった。また、南大西洋の大気変動にはウェッデル海の水氷変動も寄与していることが示唆された。さらに、気候モデルを用いて、南大西洋と南インド洋の海面水温変動を十年先まで高い精度で予測できることがわかった。以上の成果を、国際誌6編（主著）に出版し、うち2編をプレスリリースした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海面水温の十年規模変動は直上に大気の変動を伴い、周辺域に長期の気候変動をもたらす。そのため、十年規模変動の仕組みを理解し、予測することは気候研究において重要である。北半球の海面水温に見られる十年規模変動はこれまで数多くの研究が行われてきたが、南半球の十年規模変動は観測データが乏しく、物理プロセスや予測可能性は十分に調べられてこなかった。本研究の成果により、南大西洋と南インド洋の十年規模変動に新たな知見を加えることができた。また、南大西洋と南インド洋の十年規模変動は、アフリカ南部の降水量に十年規模変動をもたらすため、十年規模変動の予測を通して降水量の長期予測に貢献することが期待される。

研究成果の概要（英文）：Physical processes and predictability on decadal climate variability over the South Atlantic and southern Indian Oceans are revealed by performing data analysis and climate model experiments. Decadal variability of sea-surface temperature (SST) over the South Atlantic is found to be driven by meridional and vertical heat transport associated with the overlying atmospheric variability. The SST variations propagate eastward along the Antarctic Circumpolar Current and induce decadal SST variability over the southern Indian Ocean. It is also suggested that the atmospheric variability over the South Atlantic may be influenced by sea-ice variability over the Weddell Sea. Furthermore, a state-of-the-art climate model shows high skills in predicting decadal SST variability over the South Atlantic and southern Indian Oceans up to 10 years ahead. Based on these results, 6 international papers have been published and press releases on the 2 articles have been made.

研究分野：気候力学

キーワード：気候変動予測 十年規模変動 南大西洋 南インド洋 海面水温

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 海面水温に見られる十年規模変動は、直上に大気の変動を伴い、周辺域の降水量や気温など長期の気候変動をもたらすことが知られている。そのため、十年規模変動の仕組みを理解し、予測することは、気候研究にとって重要である。北半球の海面水温に見られる十年規模変動はこれまで数多くの研究が行われてきたが、南半球の十年規模変動は観測データが乏しく、十年規模変動の物理プロセスや予測可能性について十分に調べられていない。

(2) 南半球の中でも、南大西洋と南インド洋の海面水温に見られる十年規模変動は、大気の変動を通して、アフリカ南部の降水量に十年規模変動をもたらすことが先行研究で示唆されている。しかし、南大西洋と南インド洋の十年規模変動がどのようにして生じるのか、物理プロセスは分かっていない。また、気候モデルを用いて、十年規模変動をどの程度予測できるのか、定量的に調べられていない。

2. 研究の目的

南大西洋と南インド洋の海面水温に見られる十年規模変動について、観測データと再解析プロダクトの解析を行い、また、気候モデルを用いて複数の実験を行うことにより、物理プロセスを明らかにする。次に、気候モデルを用いて、モデルの初期値を変えた実験を行い、過去に観測された南大西洋や南インド洋の十年規模変動をどの程度予測できるのか、予測精度を定量的に評価する。

3. 研究の方法

(1) 南インド洋の海面水温に見られる十年規模変動の実態解明 (平成 27 年度)

衛星観測が始まった 1980 年代から現在まで、観測データと再解析プロダクトを用いて、南インド洋の混合層の熱収支を計算し、海面水温の変動の詳細を調べる。また、気候モデルを用いて長期積分の実験を行い、南大西洋において海面水温の変動をモデルの気候値で抑えた実験との比較を行う。

(2) 南大西洋の海面水温に見られる十年規模変動の実態解明 (平成 28 年度)

衛星観測が始まった 1980 年代から現在まで、観測データと再解析プロダクトを用いて、南大西洋の混合層の熱収支を計算し、海面水温の変動の詳細を調べる。また、気候モデルを用いて、長期の積分実験を行い、観測データで得られた物理プロセスが再現されているか、海面水温の変動の詳細を明らかにする。

(3) 南インド洋における十年規模変動の過去再予測実験 (平成 29 年度)

過去に観測された南インド洋の十年規模変動を気候モデルがどれくらい精度よく予測できているか調べるため、衛星観測が始まった 1980 年代から現在まで毎年、10 年先まで過去再予測実験を行う。その際、気候モデルの海面水温を観測データに近づけて (緩和させて) から実験を行い、予測精度を定量的に評価する。

(4) 南大西洋における十年規模変動の過去再予測実験 (平成 30 年度)

過去に観測された南大西洋の十年規模変動を気候モデルがどれくらい精度よく予測できているか調べるため、衛星観測が始まった 1980 年代から現在まで毎年、10 年先まで過去再予測実験を行う。その際、気候モデルの海面水温および海洋内部の水温と塩分を観測データに近づけて (緩和させて) から実験を行い、予測精度を定量的に評価する。

4. 研究成果

(1) 南インド洋の海面水温に見られる十年規模変動の実態解明 (平成 27 年度)

観測データおよび再解析プロダクトの解析から、南インド洋の海面水温に見られる十年規模変動は、南大西洋の海面水温の変動が南極周極流によって東向きに移流されて生じることが示唆された(図 1)。気候モデルを用いて、南大西洋の海面水温の変動をモデルの気候値で抑えた実験を行ったところ、南インド洋の十年規模変動の振幅や周期が小さくなることがわかった。これらの結果より、南大西洋の海面水温の十年規模変動が、南インド洋の十年規模変動の発達に寄与していることが明らかになった (Morioka et al. 2015)。

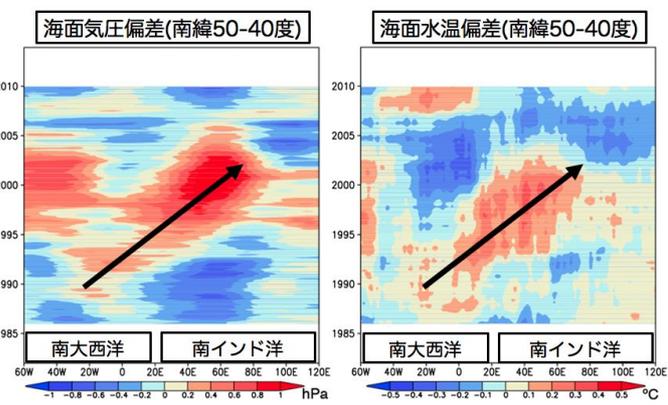


図1 南緯50-40度で観測された海面気圧 (左) と海面水温 (右) の偏差。

(2) 南大西洋の海面水温に見られる十年規模変動の実態解明 (平成 28 年度)

観測データと再解析プロダクトの解析、および気候モデルを用いた長期積分の実験結果から、南大西洋の海面水温の十年規模変動は、海洋内部に密度の変動を伴い、南極周極流の影響を受けて、海洋ロスビー波として東向きに伝播していることがわかった。さらに、海面水温の変動は、南北と鉛直の熱輸送によって生じることが熱収支解析により明らかになった (図 2)。海洋の熱輸送の変動には、南大西洋の大気の変動が関わっていることが示唆された (Morioka et al. 2017a)。また、南大西洋の大気の変動には、熱帯太平洋のエルニーニョ現象などに伴う大気の遠隔影響だけでなく、高緯度に位置するウェッデル海の水氷変動も関わっていることが示唆された (Morioka et al. 2017b)。

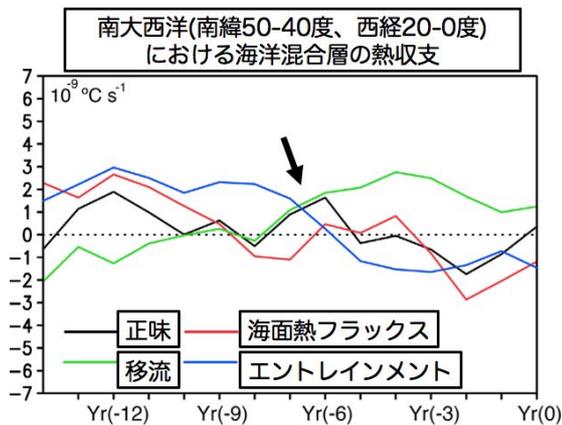


図2 南大西洋における海洋混合層の熱収支。

(3) 南インド洋における十年規模変動の過去再予測実験 (平成 29 年度)

気候モデルを用いて、モデルの海面水温を観測データに近づけて (緩和して) 過去再予測実験を行ったところ、南インド洋の海面水温の十年規模変動を中程度の精度 (観測との相関係数 0.5) で予測できることがわかった。特に、南インド洋が平年に比べて暖くなる 1990 年代や冷たくなる 2000 年代を気候モデルで十分に捉えることができた。また、海面水温の偏差とともに、南大西洋から南インド洋へ東向きに伝播する海面気圧の偏差もまた、気候モデルで予測できることが明らかになった (図 3)。南インド洋の十年規模変動は、大気と海洋の相互作用によって生じることから、気候モデルの海面水温の初期化が南インド洋の十年規模変動の予測に重要であることが示唆された (Morioka et al. 2018a、プレスリリース)。

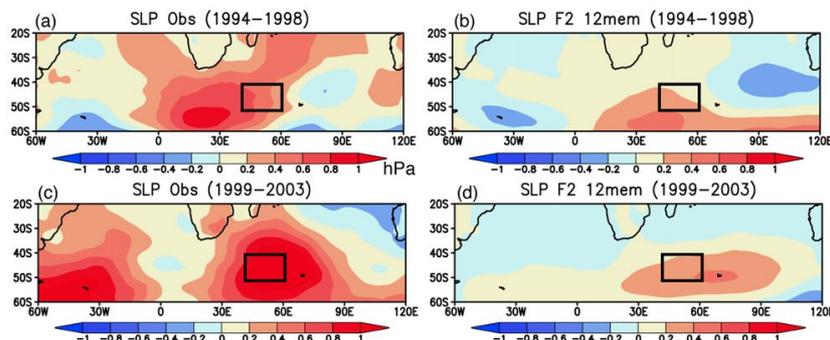


図3 南インド洋の十年規模変動に伴う海面気圧偏差。左が再解析値、右が予測値。

(4) 南大西洋における十年規模変動の過去再予測実験 (平成 30 年度)

気候モデルを用いて、海面水温および海洋内部の水温と塩分を観測データに近づけて (緩和して) 過去再予測実験を行ったところ、南大西洋の海面水温に見られる十年規模変動を比較的高い精度 (観測との相関係数 0.6) で予測できることがわかった。特に、南大西洋が平年に比べて暖くなる 2000 年代後半を気候モデルでよく捉えることができた (Morioka et al. 2018b)。さらに、南大西洋の大気の変動に関わるウェッデル海の水氷変動について、気候モデルを用いて 4 ヶ月先まで高い精度 (観測との相関係数 0.7) で予測できることがわかった (Morioka et al. 2019、プレスリリース)。今後は、気候モデルの海水変数を観測データで初期化することで、南大西洋における十年規模変動の予測精度の向上が期待される。

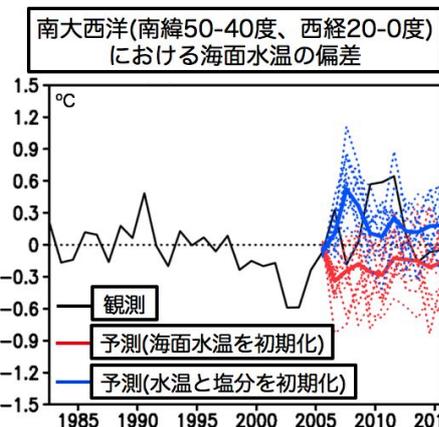


図4 南大西洋の十年規模変動に伴う海面水温の偏差。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 8 件、全て査読有り)

1. **Morioka, Y.**, Doi, T., Iovino, D., Masina, S., & Behera, S. K. (2019). Role of sea-ice initialization in climate predictability over the Weddell Sea. *Scientific Reports*, 9(1), 2457. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39421-w>.
2. **Morioka, Y.**, Doi, T., Storto, A., Masina, S., & Behera, S. K. (2018b). Role of subsurface ocean in decadal climate predictability over the South Atlantic. *Scientific Reports*, 8(1), 8523. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26899-z>.
3. Cherchi, A., Ambrizzi, T., Behera, S., Freitas, A. C. V., **Morioka, Y.**, & Zhou, T. (2018). The response of subtropical highs to climate change. *Current Climate Change Reports*, 4(4), 371-382. <https://doi.org/10.1007/s40641-018-0114-1>.
4. Behera, S. K., **Morioka, Y.**, Ikeda, T., Doi, T., Ratnam, J. V., Nonaka, M., Tsuzuki, A., Imai, C., Kim, Y., Hashizume, M., Iwami, S., Kruger, P., Maharaj, R., Sweijd, N., & Minakawa, N. (2018). Malaria incidences in South Africa linked to a climate mode in southwestern Indian Ocean. *Environmental development*, 27, 47-57. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2018.07.002>.
5. **Morioka, Y.**, Doi, T., & Behera, S. K. (2018a). Decadal climate predictability in the southern Indian Ocean captured by SINTEX-F using a simple SST-nudging scheme. *Scientific Reports*, 8(1), 1029. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19349-3>.
6. **Morioka, Y.**, Engelbrecht, F., & Behera, S. K. (2017b). Role of Weddell Sea ice in South Atlantic atmospheric variability. *Climate Research*, 74(2), 171-184. <https://doi.org/10.3354/cr01495>.
7. **Morioka, Y.**, Taguchi, B., & Behera, S. K. (2017a). Eastward propagating decadal temperature variability in the South Atlantic and Indian Oceans. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122(7), 5611-5623. <https://doi.org/10.1002/2017JC012706>.
8. **Morioka, Y.**, Engelbrecht, F., & Behera, S. K. (2015). Potential sources of decadal climate variability over southern Africa. *Journal of Climate*, 28(22), 8695-8709. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0201.1>.

〔学会発表〕（計 32 件）

1. **Morioka, Y.**, F. Engelbrecht, B. Taguchi, T. Doi, A. Storto, D. Iovino, M. Simona, S. K. Behera, Interannual-to-decadal climate variability and predictability in the South Atlantic and southern Indian Oceans, NORPAN Closing Workshop, 2019
2. **Morioka, Y.**, F. Engelbrecht, T. Doi, D. Iovino, A. Storto, S. Masina, S. K. Behera, Potential sources of decadal climate variability and predictability over southern Africa. IDEWS Scientific Meeting for SATREPS Project, 2019
3. **Morioka, Y.**, F. Engelbrecht, T. Doi, A. Storto, S. Masina, S. K. Behera, Decadal climate variability and predictability over the South Atlantic and southern Indian Oceans. Symposium on "Climate studies and developing societal applications", 2018
4. **森岡 優志**, 土井 威志, D. Iovino, S. Masina, S. K. Behera, Potential impacts of sea-ice initialization on the South Atlantic climate predictability. **日本海洋学会 2018年度秋季大会**, 2018
5. **Morioka, Y.**, T. Doi, A. Storto, S. Masina, S. K. Behera, Role of subsurface ocean initialization in decadal climate predictability over the South Atlantic. International Conferences on Subseasonal to Decadal Prediction, 2018

6. **Morioka, Y.**, T. Doi, S. K. Behera, Decadal climate predictability in the southern Indian Ocean revealed by using SST-nudging initialization scheme. International Conferences on Subseasonal to Decadal Prediction, 2018
7. **Morioka, Y.**, T. Doi, A. Storto, S. Masina, S. K. Behera, Role of subsurface ocean data assimilation in decadal climate predictability over the South Atlantic. AOGS 2018, 2018
8. **Morioka, Y.**, T. Doi, A. Storto, S. Masina, S. K. Behera, Decadal climate predictability in the South Atlantic and southern Indian Oceans. JpGU 2018, 2018
9. **Morioka, Y.**, F. Engelbrecht, T. Doi, A. Storto, S. Masina, S. K. Behera, Decadal climate predictability in the South Atlantic and southern Indian Oceans. iDEWS workshop, 2018
10. **Morioka, Y.**, T. Doi, S. K. Behera, Decadal climate variability and its predictability in the southern Indian Ocean revealed using SINTEX-F2 coupled GCM. 2018 Ocean Sciences Meeting, 2018
11. **Morioka, Y.**, T. Doi, S. K. Behera, Decadal Climate Predictability in the Southern Indian Ocean Captured by SINTEX-F using a Simple SST-Nudging Scheme. AMOS-ICSHMO 2018, 2018
12. **森岡 優志**, 土井 威志, A. Storto, S. Masina, S. K. Behera, Decadal climate predictability in the South Atlantic using SST-nudging and 3DVAR schemes. 日本海洋学会 2017年度秋季大会. 2017
13. **Morioka, Y.**, F. Engelbrecht, B. Taguchi, T. Doi, S. K. Behera, Decadal climate variability and predictability in the southern Indian Ocean affecting southern African climate. iDEWS Research Progress Meeting for SATREPS Project, 2017
14. **Morioka, Y.**, B. Taguchi, S. K. Behera, Eastward propagation of decadal temperature variability in the South Atlantic and Indian Oceans. The 2017 Joint IAPSO-IAMAS-IAGA Assembly, 2017
15. **森岡 優志**, 土井 威志, S. K. Behera, SINTEX-F2 decadal climate prediction in the southern Indian Ocean. 日本気象学会 2017年度春季大会, 2017
16. **Morioka, Y.**, T. Doi, S. K. Behera, Decadal climate prediction in the southern Indian Ocean using SINTEX-F2 coupled GCM. JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017
17. **Morioka, Y.**, F. Engelbrecht, S. K. Behera, Role of Weddell Sea ice variability in southern African climate. 2016 AGU Fall Meeting, 2016
18. **Morioka, Y.**, F. Engelbrecht, S. K. Behera, Potential impact of Weddell Sea ice variability in southern African climate. The Seventh Symposium on Polar Science, NIPR, 2016
19. **Morioka, Y.**, F. Engelbrecht, T. IKEDA, S. K. Behera, Recent advances in climate variability studies over southern Africa. SATREPS workshop 2016, 2016
20. **Morioka, Y.**, F. Engelbrecht, S. K. Behera, Role of Weddell Sea ice variability in southern African climate. SASAS 2016, 2016
21. **森岡 優志**, F. Engelbrecht, S. K. Behera, Weddell Sea ice variability and its potential impact on southern African climate. 日本海洋学会2016年度秋季大会, 2016
22. **森岡 優志**, 田口 文明, S. K. Behera, Eastward propagating decadal SST variability in the South Atlantic and Indian Oceans. 日本海洋学会2016年度秋季大会, 2016

23. Morioka, Y., F. Engelbrecht, S. K. Behera, Role of Weddell Sea ice variability in southern African climate. JpGU 2016, 2016
24. 森岡 優志, F. Engelbrecht, S. K. Behera, Role of Weddell Sea ice variability in southern African climate. 日本気象学会2016年春季大会, 2016
25. Morioka, Y., F. Engelbrecht, S. K. Behera, The role of mid and high latitude air-sea interactions in interannual to multiyear climate variations over southern Africa. WCRP 31st WGNE meeting, 2016
26. Morioka, Y., F. Engelbrecht, S. K. Behera, Role of Antarctic Circumpolar Current in Decadal Climate Variability over Southern Africa. OSM2016, 2016
27. Morioka, Y., F. Engelbrecht, S. K. Behera, Multidecadal variability in the southwest Indian Ocean affecting southern African climate. IO50-NIO Symposium, 2015
28. 森岡 優志, F. Engelbrecht, S. K. Behera, Role of Antarctic Circumpolar Current in decadal climate variability over southern Africa. 第6回極域科学シンポジウム, 2015
29. Morioka, Y., F. Engelbrecht, S. K. Behera, Potential sources of decadal climate variability over southern Africa. SATREPS iDEWS symposium, 2015
30. 森岡 優志, F. Engelbrecht, S. K. Behera, South Atlantic decadal variability affecting southern African climate. 日本海洋学会秋季大会, 2015
31. Morioka, Y., F. Engelbrecht, S. K. Behera, Potential sources of multidecadal climate variability over southern Africa. IUGG2016, 2015
32. 森岡 優志, F. Engelbrecht, S. K. Behera, Potential sources of multidecadal climate variability over southern Africa. 日本気象学会春季大会, 2015

〔図書〕(計 1件)

1. Yamagata, T., Morioka, Y., & Behera, S. K. (2016). Chapter 1. Old and new faces of climate variations. Indo-Pacific Climate Variability and Predictability edited by Swadhin K. Behera and Toshio Yamagata, World Scientific Series on Asia-Pacific Weather and Climate, 7, pp. 1-23. World Scientific, 312 pp.

https://doi.org/10.1142/9789814696623_0001.

〔その他〕

1. プレスリリース 2019年2月25日:

海氷データを用いて南極海の気候予測精度が向上～北半球にも応用可能な成果～

https://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20190225/

2. プレスリリース 2018年1月26日:

海面水温データで南インド洋の十年規模変動が予測可能に～アフリカ南部の防災や農業、感染症分野へ応用の可能性～

http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20180126/

6. 研究組織

(1) 研究協力者

研究協力者氏名(ローマ字氏名): 土井 威志(DOI, Takeshi)、田口 文明(TAGUCHI, Bunmei)、Swadhin Kumar Behera、Francois Engelbrecht、Andrea Storto、Dorotea Iovino、Simona Masina

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。