

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04065

研究課題名(和文)大洋スケールの風成駆動流および変動場の力学機構解明に関する研究

研究課題名(英文) Study on dynamical mechanism of basin-scale wind-driven current and its variability

研究代表者

轡田 邦夫 (Kutsuwada, Kunio)

東海大学・海洋研究所・研究員

研究者番号：40205092

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：地球規模の気候変動の有用な高解像度海洋大循環モデル(OGCM)の再現性が、それらを駆動する海面フラックス場に依存することを踏まえて、異なる海面フラックスで駆動されたOGCMの再現場における海洋内部構造の相互比較を通してOGCMの予測精度向上を目指した。予備的実験で明らかとなった運動量フラックス場の相違に注目し、異なる全球海上風J-0FUR03、JRA55-doおよびERA5を用いて駆動したOGCMの再現場間の相互比較を行った結果、海面付近の水温場にはない顕著な相違が熱帯海洋循環域の亜表層深度で認められ、その要因として海面応力回転場の信頼性が示唆されると共に力学的機構の重要性が明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、研究分担者らが開発してきた高解像度海洋大循環数値モデル(OGCM)を異なる海面フラックス場で駆動し、その再現結果には海洋の内部構造まで及ぶ相違がみられること、その相違が海面フラックスの空間特性に起因する力学的な要因で解釈可能であることを示した。また海洋観測場との相互比較による再現場の妥当性を通して、海面フラックス場に対する信頼性の検証を可能とした。

以上の結果より、OGCMの再現性の向上には用いる海面フラックス場の信頼性が重要な要因であることを意味すると共に、海面フラックス場の信頼性向上が将来的な気候変動予測の実現へのキーであることを示唆する。

研究成果の概要(英文)： The reproducibility of high-resolution ocean general circulation models (OGCMs), which are a forcing tool for global climate change, depends mainly on the sea surface flux field driving them. We aimed to improve the prediction accuracy of OGCM through inter-comparison among ocean internal structures in the field.

Focusing on the momentum flux fields revealed in preliminary experiments, we conducted inter-comparisons between OGCM outputs driven by different global ocean wind fields: J-0FUR03, JRA55-do and ERA5. Results revealed that there are clear differences at the subsurface depths in the tropical ocean circulation region that be not found in the water temperature field near the sea surface, suggesting that it is due to the reliability in the wind-stress curl field together with the importance of the dynamical mechanism.

研究分野：海洋物理学

キーワード：海面運動量フラックス 高解像度数値モデル 風成駆動流 J-0FUR03 JRA55-do ERA5

1. 研究開始当初の背景

高解像度海洋大循環モデル(OGCM)の発達によって、海洋大循環やエネルギー渦輸送などの詳細な力学的アプローチが可能となり、地球温暖化等の気候変動を含む数年から数十年スケールの予測に OGCM の有用性が現実化しつつある。予測モデルの信頼性向上の要因として、計算機能力の急速な進展に伴って従来の数値モデルでは困難だったメソおよびサブメソスケールの現象の再現が可能となった点があげられるが、一方で OGCM が現実の海洋現象を反映しているかがキーとなる。実際、最近の研究から既存の OGCM による再現場が必ずしも現実の海洋構造を反映していないことが明らかになり、その一因に OGCM を駆動する海面フラックス場の信頼性があげられる。

海面フラックス場には、表層水温・塩分分布を支配する熱・淡水フラックスに加えて、表層海流の主な駆動源である運動量フラックス(海面応力)があり、その全球洋上でのデータセットは2種類の手法で導出される。第1は大気数値予報モデルによる再解析データ、第2は衛星観測によるデータであり、近年は衛星観測や現場観測値を同化した複合データも存在する。これら異なる海面フラックスによって駆動された OGCM による再現場に顕著な相違が表層海洋のみならず、水温躍層付近の深度の垂表層に及ぶことが近年の研究で明らかになった。実際、衛星観測と数値モデル再解析という異なる海面応力場によって駆動された OGCM による再現結果間の比較では、太平洋熱帯域西部の海面付近ではほぼ同様であるのに対して、数百メートル深の垂表層水温場に顕著な相違がみられた。これは、OGCM の再現場が駆動される海面フラックス場に強く依存しており、その再現性は用いる海面フラックス場の信頼性に強く支配されることを意味する。

2. 研究の目的

本研究では、異なる海面フラックス場によって駆動された高解像度海洋大循環モデル(OGCM)を用いて、全球海洋を対象とした複数のシミュレーションを行い、それらの再現結果の海洋内部構造に注目する。モデル再解析と衛星観測という異なるタイプの海面フラックスによって駆動される再現結果間の相互比較と共に、現場観測による海洋内部構造および衛星観測による海面高度場との比較による検証を主体とする。さらに、現場観測による海洋内部構造と衛星観測による海面高度データとの比較による検証を通して、妥当な海面フラックスプロダクトの特定も目指す。

3. 研究の方法

全球海洋を対象として高解像度数値モデル OFES2(OGCM for the Earth Simulator 2)による再現実験を行う。それを駆動する海面フラックス場として、大気数値予報モデルと衛星観測およびそれらから複合的に作成された異なるタイプの全球高解像度プロダクトを用いる。OGCM の再現実験は研究分担者(佐々木英治)が行い、その解析を研究分担者(笹井義一)が担う。再現場の検証については、海洋観測に基づく海洋内部構造の場との比較も進める。海面フラックス場の相互比較および風成海流場の導出に関する解析は研究代表者(巒田邦夫)および研究分担者(植原量行)が行う。

4. 研究成果

(1) 2020年度は、OGCMを稼働する地球シミュレータのリプレースに伴う稼働停止が当初より長引いたことと、コロナ禍による遠隔作業期間の長期化のため、膨大な量の再現結果の編集処理作業に予想外に時間を要したことに加えて、研究代表者と研究分担者間での情報交換も遠隔会議に終始したため、当初の目標を大幅に下回った。そのような状況下で、異なる海面フラックスによる複数の感度実験を実施し、それらの再現場の比較を通して熱フラックスよりも運動量フラックスの相違が海洋内部構造を支配する上でのキーになることが明らかになった。

(2) 2021年度は、運動量フラックスの相違に対象を限定し、複数の海上風データから得られる海面運動量フラックスを用いてOGCMを長期間駆動することによって得られる再現場に注目し、それらにみられる相違の時間的空間的特性の実態を把握することを目指した。具体的には、高解像度の海面フラックスを代表する衛星観測によるJ-OFURO3、数値再解析によるJRA55-doおよびERA5の全球海上風データセットによる海面運動量フラックス場によるOGCMの駆動実験を行った。それらの再現結果の相互比較より、熱帯域の亜表層水温に顕著な相違がみられるなどの興味深い結果が検出された。

(3) 2022年度は、上記の解析を継続すると共に観測場との比較を行った結果、顕著な相違がみられた熱帯太平洋海域において、衛星観測の海上風(J-OFURO3)による再現結果は数値再解析(ERA5)海上風による再現結果に比べて観測場にほぼ一致することが明らかになると共に(図1)、2つの再現場に対する要因として、海上風応力の回転場における相違で解釈可能であることが明らかになった(図2)。これより、衛星観測による海上風場の信頼性が高いことが示唆されると共に、OGCMの再現性は用いる海上風プロダクトの信頼性に依存することが示された。

(4) もう一つの対象として、黒潮-親潮混合域および親潮域にみられる水温場の相違に注目し、JRA55-doとJOFURO-3の異なる海上風を用いた3メンバーのOFES2アンサンブル実験を行った。

その結果、アンサンブル平均での海水温差が同海域で顕著であること、その要因が北太平洋域の海上風の回転成分の差に起因する海洋応答であり、黒潮統流の緯度や渦活動度および親潮の強さに相違がもたらされることが明らかになった。また、当該海域の海面水温における近年の異常高温が、上記と同様の北太平洋上での海上風変化に対する海洋の応答が一要因であることが、同様のOFES2アンサンブル実験によって示唆された。特に近年注目されている同海域表層水の異常昇温現象「海洋熱波」に焦点をあて、その発生機構へのアプローチを試みた。その成果を論文として学術雑誌に投稿した結果、再現期間の問題が指摘されたことを踏まえて、2023年度はこの現象の機構解明を目指す上で不可避と言える再現実験の期間を2022年まで延長した。それらの成果論文を近々に学術雑誌に再投稿する予定である。

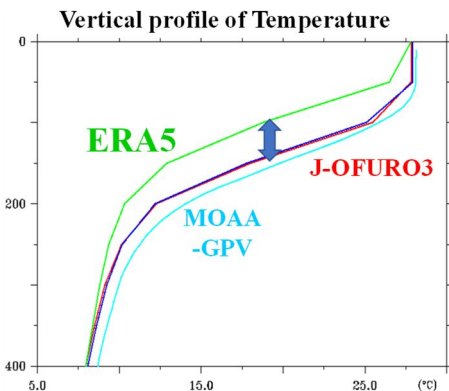


図1：太平洋熱帯域での水温の鉛直分布 (赤：衛星風の再現場、緑：数値再解析風の再現場、水色：観測場)

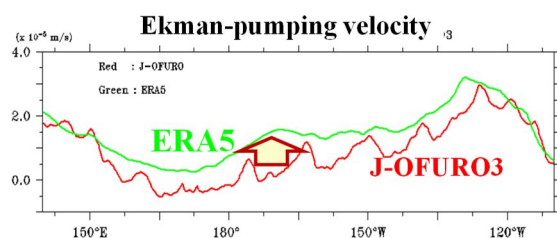


図2：同海域での海上風応力回転場の東西分布 (赤：衛星海上風、緑：数値再解析の海上風)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 轡田邦夫・勝間田高明・植原量行・高橋大介	4. 巻 20
2. 論文標題 清水 WEB 気象台における地上気象のモニター観測	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 東海大学紀要海洋学部	6. 最初と最後の頁 41-47
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 Tomita Hiroyuki, Kutsuwada Kunio, Kubota Masahisa, Hihara Tsutomu	4. 巻 8
2. 論文標題 Advances in the Estimation of Global Surface Net Heat Flux Based on Satellite Observation: J-OFUR03 V1.1	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	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） 10.3389/fmars.2021.612361	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 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 K.Kutsuwada, H. Sasaki and Y. Sasai
2. 発表標題 Verification for Subsurface Oceanic Structure in OFES2 outputs driven by Different Wind Data Sets (J-OFUR03, JRA55-do and ERA5)
3. 学会等名 JpGU(日本地球惑星科学連合) 2022(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Sasaki, K. Kutsuwada and Y. Sasai
2. 発表標題 Responses of Western Boundary Currents to Different Wind Products in Eddy-Resolving Hindcast Ocean Simulations
3. 学会等名 JpGU(日本地球惑星科学連合) 2022(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嚮田邦夫・佐々木英治・笹井義一
2. 発表標題 OGCMを用いた海洋循環場の感度実験 - 全球海上風場の検証 -
3. 学会等名 2022年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木英治・嚮田邦夫・笹井義一・野中正見
2. 発表標題 異なる海上風データで駆動した準全球渦許容モデルの黒潮親潮混合水域の応答
3. 学会等名 2022年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 嚮田邦夫・佐々木英治・笹井義一
2. 発表標題 高解像度海洋大循環モデルを用いた海洋循環場の感度実験
3. 学会等名 日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kunio Kutsuwada, Hiroyuki Tomita, Shin'ichirou Kako, Tsutomu Hihara and Masahisa Kubota
2. 発表標題 Impact of Global Surface Flux Product, J-OFUR03
3. 学会等名 International Ocean Vector Wind Scientific Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八木雅文・轡田邦夫
2. 発表標題 高解像度全球洋上海上風応力データの比較検証
3. 学会等名 日本気象学会中部支部研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kunio Kutsuwada, H. Tomita, S. Kako, T. Hihara, M. Kubota
2. 発表標題 Impact of Global Ocean Surface Flux Product, J-OFURO3
3. 学会等名 International Ocean Vector Wind Science Team Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021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	笹井 義一 (Sasai Yoshikazu) (40419130)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(地球表層システム研究センター)・主任研究員 (82706)	
研究分担者	佐々木 英治 (Sasaki Hideharu) (50359220)	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)・主任研究員(シニア) (82706)	
研究分担者	植原 量行 (Uehara Kazuyuki) (90371939)	東海大学・海洋学部・教授 (32644)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------