

(様式7 終了時A)

## 研究プロファイルシート (終了時評価)

研究課題名：c7 海洋モデルの高度化に関する研究

研究期間：平成26年度～平成30年度

研究代表者：山中吾郎 (海洋・地球化学研究部 第一研究室長)

研究担当者：

[海洋・地球化学研究部] ○山中吾郎、辻野博之、中野英之、坂本圭、浦川昇吾、  
豊田隆寛 (平成30年度)

[気候研究部] 安田珠幾 (平成26年度)

[併任：気象庁気候情報課] 石川一郎 (平成26～29年度)、石崎士郎 (平成30年度)

[併任：気象庁海洋気象課] 中野俊也、村上潔 (平成26年度)、北村知之 (平成26～27年度)、北本萌子 (平成27～28年度)、佐々木勇一 (平成29年度)、佐藤克成 (平成30年度)、川上雄真 (平成30年度)

[併任：気象庁海洋気象情報室] 平原幹俊

[客員研究員] 石崎廣

### 1. 研究の背景・意義

(社会的背景・必要性)

四方を海で囲まれた我が国において、海洋と我々の生活は深く関わっている。また、海洋は気候の形成に大きな役割を果たしており、地球環境や気候の変動を考える上でも海洋は極めて重要な存在である。

平成25年4月に閣議決定された「海洋基本計画」では、海洋のもつ役割の重要性に鑑み、海洋に関する施策の方向性として、科学的知見の充実や海洋に関する理解の増進が記述されている。

(学術的背景・意義)

近年の地球温暖化や気候変動に伴う海洋内部の熱や物質の時空間的な変動の実態については、基本的な観測データが不足していることに加え、現行の海洋モデルでは極域の再現性に課題があるため、そのメカニズムが十分解明されていない。また、気候変動に伴う外洋域の変動が、沿岸域にどのような影響を及ぼすかを評価するためには、沿岸域の様々なプロセスを適切に表現する必要がある。これらについて、先端的な海洋モデリング技術を用いて現象解明に取り組むことは、海洋学や気候学の発展に大きく寄与する。

(気象業務での意義)

気象庁では、観測データに基づく海洋の長期変動について、「海洋の健康診断表」として情報提供を行っている。このような海洋環境情報を高度化するためには、海洋モデルを用いて海洋の長期変動メカニズムを理解し、その活用法の考案を深めることが必要である。また、港湾共鳴など沿岸域の詳細なプロセスを表現できる先端的海洋モデリング技術に関する知見の蓄積は、次世代の海況予報システムのための基盤技術となる。

## 2. 研究の目的

(全体)

気象庁の基盤モデルの一つである海洋モデルの開発・改良、および海洋モデルを用いた海洋変動機構の解明に関する研究を行い、海洋環境情報の高度化に貢献するとともに次世代海況予測システムの基盤技術を確立する。

## 3. 研究の目標

(全体)

- ① 海洋モデルの各種物理スキームやネスティング手法、海洋物質循環過程を高度化することにより、モデルの各プロセスの再現性能の向上を図る。
- ② 海洋モデルを用いた過去再現実験を行い、再現性評価を通じて必要な改良点を明らかにする。
- ③ 過去の海洋変動の実態や特徴をモデル実験などによって明らかにし、その要因解明を行う。

## 4. 研究結果

(1) 成果の概要

(全体) 物理スキームやネスティング手法等、モデルの各プロセスを高度化することにより、従来の海洋モデルでは表現が十分でなかった極域や浅海域の再現性が向上した。高解像度化に伴う計算負荷の増大に対処するため、海洋モデルの高速化を進めた。開発した海洋モデルを用いて過去再現実験を実施し、再現性を検証するとともに、過去の海洋変動の要因解明を行った。本課題で得られた成果を基に気象研究所共用海洋モデル(MRI.COM)バージョン4を開発し、その英文マニュアルを気象研究所技術報告で発表するなど海洋モデルの開発基盤を整備した。

① モデルの各プロセスの再現性能の向上

- ・ 全球低解像度海洋モデル(東西 $1^{\circ}$ 、南北 $0.5^{\circ}$ )において、サブグリッドスケールのパラメタリゼーションを改良することにより、極域を含む全球規模の海洋循環場の再現性が向上することがわかった。海洋内部領域から混合

層に向けて等密度面拡散を水平拡散に漸近させるスキームを導入し、数値不安定軽減を目的に設定される等密度面勾配の上限値を緩和した。この変更により、ウェッデル海における不自然な深層対流の発生頻度を軽減することができた。また、従来のモデルでは過小評価であった北大西洋深層水形成に伴う循環が、大幅に強化されることが明らかになった。

- 海氷モデルにおいて、海氷力学に関わる強度パラメータの修正を行った。その結果、海氷の集積が強化され、北極海中央部の厚い多年海氷の再現性が向上した。
- 海洋モデルの鉛直座標系として、従来の  $\sigma-z$  座標系における水深の制約を緩和することができる新しい鉛直座標系 ( $z^*$ 座標系) を導入した。 $z^*$ 座標系の導入によって沿岸の非常に浅い地形 (水深 10m 以内) をモデルで表現できるようになり、海面水温等の海況や日本沿岸の海峡通過流の再現性が向上した。
- 北西太平洋域の同化モデルで作成された流速や密度などの物理場を用いて海洋物質循環過程を計算することにより、海洋物質循環場の再現性が向上することが明らかになった。
- ネスティング手法については、双方向ネスティング計算における海氷を含めた熱や水の保存を可能にするスキームを開発した。また、海洋双方向ネスティングモデル (全球 - 熱帯域) の大気モデルとの結合を可能にした。モデル初期化におけるメモリ使用量を低減し、少ノード数による計算実行を可能にした。

## ② 海洋モデルを用いた過去再現実験の実施と再現性評価

- 気候研究のための次世代海洋モデルとして、全球高解像度海洋モデル (東西  $1/11^\circ$ 、南北  $1/10^\circ$ ) を開発し、経年変動実験を実施した。再現性を評価した結果、黒潮流路や海洋内部の渦運動を適切に表現するためには、海流との相対風速に基づく風応力を求める際の海流の寄与度が重要であることがわかった。この寄与度に対する感度実験を行い、適切なパラメータを決定した。
- 将来に向けた季節予報モデル開発の一環として、熱帯域を高解像度化 (東西  $0.2^\circ$ 、南北  $0.1^\circ$ ) した全球 - 熱帯ネストモデルを開発した。JRA55-do を大気強制とした過去再現実験 (1958-2014 年) を解析したところ、高解像度化により熱帯不安定波動 (TIW) など基本場の再現性が向上するとともに、TIW による南北熱輸送が活発になった結果、赤道域の海面水温場の南北非対称性が強化されることがわかった。
- 水平解像度 100m の長崎湾モデルを日本近海 2km モデルにネスティングし、1979 年に長崎湾で発生した気象津波 (あびき) の再現実験を行った。長崎湾の潮位の振幅は日本近海モデルに比べて約 4 倍増大し、観測に近づいた。港

湾共鳴による増幅機構を表現可能な港湾モデルの有効性が明らかになった。

- ・ 水平解像度 200m の大阪湾モデルを日本近海 2km モデルにネスティングし、2018 年 9 月に大阪湾で発生した台風 21 号による高潮の再現実験を行った。人工構造物により複雑な地形をもつ湾内の水位変動が再現されることを確認した。

### ③ 海洋変動の要因解明

- ・ 全球低解像度海洋モデルの長期積分結果を用いて全球エネルギー収支解析を行い、経年変動を含む外力に対する海洋大循環をエネルギー論の観点から考察した。重力位置エネルギーと運動エネルギー間の変換率と風による運動エネルギー注入量に高い相関が見られる一方で、エネルギー変換率と子午面循環流量変化には関連性が見られなかった。強制の変動に対する循環の応答を追うためにはシンク項を含めた収支全体を正確に解析する必要があることが明らかになった。
- ・ 全球低解像度海洋モデルの長期積分結果を用いて水塊変質解析を行い、南大洋での等密度面拡散に伴う偽の水塊混合が底層水の北上流量に影響をすることを明らかにした。また偽の水塊混合の軽減が底層水低密度化の軽減及び南大洋の成層安定化につながり、ウェッデル海で生じる非現実的な外洋性ポリニアの発生頻度にも影響することを示唆した。
- ・ 全球海洋物質循環モデルを用いた経年変動実験を実施し、東経 137 度線の観測で見られた、密度面 (26.8 $\sigma$ ) における溶存無機炭素の十年規模変動のメカニズムを解析した。その結果、137 年測線に見られた DIC 濃度の十年変動は、亜熱帯循環の深さの変化に伴う水塊の移動で説明できることがわかった。

### ④ 海洋モデル開発基盤の整備

- ・ 地球システムモデルや季節予報、海況監視予測など様々な用途に対応可能な新全球海洋モデル (GONDOLA) を開発した。同じ設計思想の下で統一した鉛直解像度を採用することにより、モデルの開発効率が向上した。
- ・ z\*座標系等の新しい機能を追加するとともにモデルの安定化や出力の高機能化などを施した MRI.COM バージョン 4 を作成するとともに、英文マニュアルの改訂を行い、気象研究所技術報告第 80 号に発表した。
- ・ Git と Redmine を用いた気象研究所共用海洋モデル「MRI.COM」の開発管理についてまとめ、論文として発表した。

(2) 当初計画からの変更点 (研究手法の変更点等)  
なし。

(3) 成果の他の研究への波及状況

- ・ 全球低解像度モデルは、所内重点研究「C1 気候モデルの高度化と気候・環境の長期変動に関する研究」における地球システムモデル、重点研究「C2 季節予報の高度化と気候・環境の長期変動に関する研究」における次期季節予報システムや重点研究「A4 沿岸海況予報技術の高度化に関する研究」における次期海況監視予測システム、一般研究「c6 大気海洋結合データ同化システムの開発に関する研究」における海洋モデルとして広く活用される。
- ・ 全球 - 熱帯ネストモデルは、重点研究「C2 季節予報の高度化と気候・環境の長期変動に関する研究」において、将来に向けた季節予報システム開発の一環として行われている。

#### (4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況

- ・ 「気象研究所の他の研究 C1、C2、A4、c6 などの基盤となる重要な研究である。大学などとの連携により、海洋モデル開発の体制をより強固にして進めていただきたい。」への対応
  - 海洋モデル開発において部外との連携を強化するために、現行のモデル貸与の運用の変更を本庁企画課と協議した。その結果、GitHub を用いたオンラインによるソースコード提供、及び部外の開発成果の取り込みに関する規定の利用規約への明記を進めることになった。部外の利用者が増大すれば将来的な人材確保につながる波及効果が期待できる。
- ・ 「本庁での現業化のためだけでなく、本研究を効率的に進めるためにもモデルの高速化には是非早い段階で取り組んでいただきたい。」への対応
  - 海洋モデルの高速化を積極的に進めた。OpenMP 化やメモリアクセス最適化、時間ステップを長くとる工夫等を実施し、従来よりも約 40%の高速化を達成した。
- ・ 「モデルについては観測データによるメソ領域の検証を進めると共に、台風等顕著事例時の海洋の応答等も重要な研究対象と考えるので、更に研究を進めていただきたい。」への対応
  - 日本近海 2km モデルで再現された日本沿岸の潮位変動を全国の潮位計データから系統的に検証した。日平均潮位における誤差は 6.4cm で、全体の変動の 74%を再現していた。また、顕著事例時の海洋の応答に関する研究として、1979 年に長崎湾で発生した気象津波（あびき）の再現実験を行った。港湾共鳴を表現できる水平解像度 100m の長崎湾モデルを用いることにより、長崎湾の潮位の再現性が大幅に向上することが明らかになった。

## (5) 今後の課題

- ・高解像海洋モデルを気象庁の現業に導入するためには、高速化と計算安定化に向けた開発を継続する必要がある。高速化には時間ステップを長くとることが効果的なので、長い時間ステップと計算精度を両立させた、高度な時間積分スキームを導入することが有効である。
- ・海洋モデルを高解像度化する場合には、解像度に見合ったモデルプロセスを表現できるようにする必要がある。波浪を含む大気海洋境界過程や氷床 - 海氷 - 海洋過程、海洋物質循環過程の精緻化を進める必要がある。
- ・気候変動適応法が制定されるなど、海面水位の将来予測は社会的に関心の高いテーマとなっている。多段階ネスティングにおいて熱や水が保存する海洋モデルの利点を活かし、日本周辺の海面水位変動についての研究を今後進めていく必要がある。特に、気候変動のシグナルが日本周辺の海洋循環や海面水位に与える個々の力学的プロセスを解明することが重要である。
- ・気象津波の予測においては、大気の大気圧擾乱を海洋モデルの外力として与える必要がある。そのためには、高分解能の大気海洋結合モデルを用いることが有効であり、結合モデルを用いた海洋変動の研究を進める必要がある。

## 5. 自己点検

### (1) 到達目標に対する達成度

海洋モデルの高度化については、当初予定していた各プロセスの開発・改良、モデル開発と過去再現実験に基づく再現性能評価とメカニズム解明が概ね計画通り進んだ。並行して、MRI.COM バージョン4の開発と英文マニュアルの改訂を進め、海洋モデルの開発基盤の整備を行った。中期計画の到達目標に向け着実に研究開発を進めることができた。

### (2) 到達目標の設定の妥当性

海洋モデルの高度化については、極域と浅海域での再現性向上を到達目標に設定した。気候の時間スケールにおいては、極域での冷却が海洋大循環の駆動力となるため、極域が本質的に重要である。また、沿岸域での水温や水位の再現性向上には、浅海域をモデルが適切に表現することが鍵になる。本課題の成果もこのことを支持していることから、到達目標の設定は妥当である。

### (3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

海洋モデルの開発は、気象研の海洋モデルグループが一体となって取り組むとともに、共同研究<sup>1</sup>を活用して大学や研究機関など部外の知見を取り入れて進

---

<sup>1</sup> 東京大学、九州大学、海洋研究開発機構との共同研究「海洋大循環モデル COCO,

めた。また、前中期計画で作成したモデルを用いて海洋変動のメカニズム解明を並行して進めた。以上のように効率的な研究開発に努めており、実施体制や研究手法は妥当である。

#### (4) 成果の施策への活用・学術的意義

本課題で開発した全球低解像度海洋モデルは、地球システムモデルの海洋モデルで用いられている。気象庁で発信される地球温暖化予測情報の高度化に資するものである。

z\*座標系の導入による浅海域での再現性向上及びネスティング手法の改良による熱や水の保存性向上の結果、水位変動をより精緻に扱うことが可能になった。この成果は、次期海況システムとして平成 32 年度に現業化される日本沿岸海況監視予測システムに生かされている。気象庁で発信される沿岸防災情報・海況情報の高度化に資するものである。また、文部科学省委託研究「気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT)」における海洋の近未来予測で用いられており、地球温暖化適応策策定支援に活用されている。

本課題で開発した全球 - 熱帯ネストモデルでは、双方向ネスティング技術を用いて計算負荷を抑えつつ、対象とする領域の高解像度化を実現した。得られた知見は、季節予報システムの高度化に資することが期待される。

研究成果の多くは多数の査読論文にまとめられており、学術的な意義は高い。海洋大循環のエネルギー収支についての研究成果は、日本海洋学会において岡田賞を受賞するなど、学術的にも高く評価されている。

#### (5) 総合評価

本課題で開発した海洋モデルは、地球システムモデルや季節予報モデル、海況監視予測など、気象業務の基盤として広く活用されている。ネスティング技術の改良等により、気候変動から沿岸防災までをシームレスに扱うことができる海洋モデルを開発した意義は大きい。その特長を生かして、SI-CAT に参加するなど、研究成果のアウトリーチ（出口）にも取り組んでいる。

本課題で得られた研究成果や解析結果は多数の査読論文としてまとめられている。海洋大循環のエネルギー収支についての研究成果は、日本海洋学会において岡田賞を受賞するなど学術的にも高い評価を受けている。

このように本研究の成果については、気象業務での意義のみならず、社会的・学術的にも意義のある成果が得られていることから、本課題の目標は達成され

たと考えている。

## 6. 参考資料

### 6.1 研究成果リスト

#### (1) 査読論文 29 件

1. Tsujino, H., S. Urakawa, H. Nakano, Y. Harada, C. Kobayashi, S. Kobayashi, 他 25 名, 2018: JRA-55 based surface dataset for driving ocean?sea-ice models (JRA55-do). *Ocean Modelling*, 130, 79-139.
2. Nakano, H., H. Tsujino, K. Sakamoto, S. Urakawa, T. Toyoda, and G. Yamanaka, 2018: Identification of the fronts from the Kuroshio Extension to the Subarctic Current using absolute dynamic topographies in satellite altimetry products. *Journal of Oceanography*, 74, 393-420.
3. Fujii, Y., H. Tsujino, T. Toyoda, and H. Nakano, 2017: Enhancement of the southward return flow of the Atlantic Meridional Overturning Circulation by data assimilation and its influence in an assimilative ocean simulation forced by CORE-II atmospheric forcing. *Climate Dynamics*, 49, 869-889.
4. Karspeck, A. R., D. Stammer, A. K?hl, G. Danabasoglu, M. Balmaseda, D. M. Smith, Y. Fujii, S. Zhang, B. Giese, H. Tsujino, and A. Rosati, 2017: Comparison of the Atlantic meridional overturning circulation between 1960 and 2007 in six ocean reanalysis products. *Climate Dynamics*, 49, 957-982.
5. Turnewitsch, R., A. Dale, N. Lahajnar, R. S. Lampittc, and K. Sakamoto, 2017: Can neap-spring tidal cycles modulate biogeochemical fluxes in the abyssal near-seafloor water column? *Progress in Oceanography*, 154, 1-24.
6. Masuda, Y., Y. Yamanaka, T. Hirata, and H. Nakano, 2017: Competition and community assemblage dynamics within aphytoplankton functional group: Simulation using an eddy-resolving model to disentangle deterministic and random effects. *Ecological Modelling*, 343, 1-17.
7. Griffies, S. M., G. Danabasoglu, P. J. Durack, H. Tsujino, 他 35 名, 2016: OMIP contribution to CMIP6: experimental and diagnostic protocol for the physical component of the Ocean Model Intercomparison Project. *Geoscientific Model Development*, 9, 3231-3296.
8. Akitomo, K., M. Hirano, Y. Kinugawa, K. Sakamoto, and K. Tanaka, 2016: Scalings of the tidally induced bottom boundary layer in a shallow sea under a surface heating. *Journal of Oceanography*, 72, 541-552.
9. Tseng, Y., H. Lin, H. Chen, K. Thompson, Y. Fujii, H. Tsujino, 他 24 名, 2016: North and equatorial Pacific Ocean circulation in the CORE-II hindcast

- simulations. *Ocean Modelling*, 104, 143-170.
10. Ilicak, M., H. Drange, Q. Wang, R. Gerdes, Y. Fujii, H. Tsujino, 他 32 名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part III: Hydrography and fluxes. *Ocean Modelling*, 100, 141-161.
  11. Wang, Q., M. Ilicak, R. Gerdes, H. Drange, Y. Fujii, H. Tsujino, 他 33 名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part II: Liquid freshwater. *Ocean Modelling*, 99, 86-109.
  12. Wang, Q., M. Ilicak, R. Gerdes, H. Drange, Y. Fujii, H. Tsujino, 他 33 名, 2016: An assessment of the Arctic Ocean in a suite of interannual CORE-II simulations. Part I: Sea ice and solid fresh water. *Ocean Modelling*, 99, 110-132.
  13. Kitamura, T., T. Nakano, and S. Sugimoto, 2016: Decadal variations in mixed layer salinity in the Kuroshio Extension recirculation gyre region: influence of precipitation during the warm season. *Journal of Oceanography*, 72, 167-175.
  14. Sakamoto, K., G. Yamanaka, H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, N. Usui, M. Hirabara, and K. Ogawa, 2016: Development of an operational coastal model of the Seto Inland Sea, Japan. *Ocean Dynamics*, 66, 77-97.
  15. Danabasoglu, G., S. G. Yeager, W. M. Kim, Y. Fujii, H. Tsujino, et al., 2016: North Atlantic simulations in coordinated ocean-ice reference experiments phase II (CORE-II). Part II: Inter-annual to decadal variability. *Ocean Modelling*, 97, 65-90.
  16. Laufkötter, C., M. Vogt, N. Gruber, M. Aita-Noguchi, O. Aumont, L. Bopp, E. Buitenhuis, S. C. Doney, J. Dunne, T. Hashioka, J. Hauck, T. Hirata, J. John, C. Le Quéré, I. D. Lima, H. Nakano, R. Seferian, I. Totterdell, M. Vichi, and C. Völker, 2015: Drivers and uncertainties of future global marine primary production in marine ecosystem models. *Biogeosciences*, 12, 6955-6984.
  17. Toyoda, T., N. Sugiura, S. Masuda, Y. Sasaki, H. Igarashi, Y. Ishikawa, T. Hatayama, T. Kawano, Y. Kawai, S. Kouketsu, K. Katsumata, H. Uchida, T. Doi, M. Fukasawa, and T. Awaji, 2015: An improved simulation of the deep Pacific Ocean using optimally estimated vertical diffusivity based on the Green' s function method. *Geophysical Research Letters*, 42, 9916-9924.
  18. Nakano, H., M. Ishii, K. B. Rodgers, H. Tsujino, and G. Yamanaka, 2015: Anthropogenic CO<sub>2</sub> uptake, transport, storage, and dynamical controls in the

- ocean imposed by the meridional overturning circulation: A modeling study. *Global Biogeochemical Cycles*, 29, 1706–1724.
19. Hauck, J., C. Völker, D. A. Wolf-Gladrow, C. Laufkötter, M. Vogt, O. Aumont, L. Bopp, E. T. Buitenhuis, S. C. Doney, J. Dunne, N. Gruber, T. Hashioka, J. John, C. Le Quéré, I. D. Lima, H. Nakano, R. Séférian, and I. Totterdell, 2015: On the Southern Ocean CO<sub>2</sub> uptake and the role of the biological carbon pump in the 21st century. *Global Biogeochemical Cycles*, 29, 1451–1470.
  20. Downes, S. M., R. Farneti, P. Uotila, S. M. Griffies, S. J. Marsland, H. Tsujino, et al., 2015: An assessment of Southern Ocean water masses and sea ice during 1988–2007 in a suite of interannual CORE-II simulations. *Ocean Modelling*, 94, 67–94.
  21. Farneti, R., S. M. Downes, S. M. Griffies, S. J. Marsland, H. Tsujino, et al., 2015: An assessment of Antarctic Circumpolar Current and Southern Ocean meridional overturning circulation during 1958–2007 in a suite of interannual CORE-II simulations. *Ocean Modelling*, 93, 84–120.
  22. Nakano, T., T. Kitamura, S. Sugimoto, T. Suga, and M. Kamachi, 2015: Long-term variations of North Pacific Tropical Water along the 137E repeat hydrographic section. *Journal of Oceanography*, 71, 229–238.
  23. Kida, S., H. Mitsudera, H. Nakano, H. Tsujino, N. Usui, et al., 2015: Oceanic fronts and jets around Japan: a review. *Journal of Oceanography*, 71, 469–497.
  24. Katsumata, K., H. Nakano, and Y. Kumamoto, 2015: Dissolved oxygen change and freshening of Antarctic Bottom water along 62S in the Australian–Antarctic Basin between 1995/1996 and 2012/2013. *Deep Sea Research Part II*, 114, 27–38.
  25. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, and M. Hirabara, 2015: Decadal variability of the Pacific Subtropical Cells and its relevance to the sea surface height in the western tropical Pacific during recent decades. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 120, 201–224.
  26. Ishizaki, H., H. Nakano, T. Nakano, and N. Shikama, 2014: Evidence of equatorial Rossby wave propagation obtained by deep mooring observations in the western Pacific Ocean. *Journal of Oceanography*, 70, 463–488.
  27. Griffies, S. M., J. Yin, P. J. Durack, P. Goddard, H. Tsujino, (他 38 名), 2014: An assessment of global and regional sea level for years 1993 - 2007 in a suite of interannual CORE - II simulations. *Ocean Modelling*, 78, 35–89.
  28. 坂本圭, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 山中吾郎, 2018: Git と Redmine を用

- いた気象研究所共用海洋モデル「MRI.COM」の開発管理. 海の研究, 27, 175-188.
29. 辻野博之, 坂本圭, 碓氷典久, 2015: 気象庁気象研究所における沿岸モデル開発. 沿岸海洋研究, 52, 119-129.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説) 1 件

1. 安田珠幾, 鈴木立郎, 野崎太, 三上正男, 2014: 海面水位上昇. 地球温暖化 そのメカニズムと不確実性, 118-131.

(3) 学会等発表 合計 59 件

ア. 口頭発表 35 件

・国際的な会議・学会等 12 件

1. Nakano, H., and H. Tsujino, Similarities and differences between the Kuroshio Extension and a baroclinic jet in a channel, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017 年 5 月, 千葉県千葉市
2. 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎, Global ocean model development for CMIP6 in Meteorological Research Institute and its performance in reproducing ocean general circulation, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017 年 5 月, 千葉県千葉市
3. Tsujino, H., S. Urakawa, H. Nakano (他 14 名), JRA-55 based surface data set for driving ocean-sea ice models (JRA55-do). Part I: Development and evaluation of surface atmospheric field and air-sea flux, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017 年 5 月, 千葉県千葉市
4. Yamanaka, G., Application of MRI.COM: climate research and coastal disasters, 韓国気象局気象科学研究所セミナー, 2016 年 7 月, 韓国, 済州島
5. Yamanaka, G., Introduction to Meteorological Research Institute Community Ocean Model (MRI.COM), 韓国気象局気象科学研究所セミナー, 2016 年 7 月, 韓国, 済州島
6. Nakano, H., Is the Kuroshio Extension a blender or barrier of the water mass? International Workshop: Dynamics and interactions of the Ocean and the Atmosphere, 2016 年 7 月, 宮城県仙台市
7. Roberts, M., Vidale, P. L., G. Yamanaka, and H. Tatebe, Choosing the appropriate atmosphere-ocean resolution, Workshop on "High-resolution ocean modelling for coupled seamless predictions", 2016 年 4 月, イギリス, エクセター
8. Danabasoglu, G., Y. Fujii, H. Tsujino, et al., North Atlantic Simulations in Coordinated Ocean-ice Reference Experiments phase II

(CORE-II): Inter-Annual to Decadal Variability, 2016 Ocean Sciences Meeting, 2016年2月, アメリカ, ニューオーリンズ

9. Tsujino, H., JRA-55 based surface atmospheric data set for driving ocean-sea ice models, 2nd Session of OMDP - 'Extended' Meeting on Forcing Ocean-Ice Climate Models, 2016年1月, 神奈川県横浜市
10. Urakawa, S., Comparison of the general performance of MRI.COM between experiments forced by CORE and JRA-55 datasets, 'Extended' Meeting on Forcing Ocean-Ice Climate Models, 2016年1月, 神奈川県横浜市
11. Nakano, H., Water mass transport associated with the oceanic fronts in the northwestern Pacific Ocean, CLIVAR/JAMSTEC Workshop on the Kuroshio Current and Extension System: Theory, Observations, and Ocean Climate Modelling, 2016年1月, 神奈川県横浜市
12. Yamanaka, G., H. Nakano, H. Tsujino, S. Urakawa, and K. Sakamoto, The connection between decadal variability in the Pacific Subtropical Cells and sea surface height in the western tropical Pacific, 第26回国際測地学地球物理学連合総会 (IUGG2015), 2015年6月, チェコ, プラハ

・国内の会議・学会等 23件

1. 浦川昇吾, 岡田賞受賞記念講演「海洋大循環のエネルギー収支に関する数値モデリング研究」, 日本海洋学会 2018年度秋季大会, 2018年9月, 東京都
2. 坂本圭, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 山中吾郎, 豊田隆寛, 広瀬成章, 碓氷典久, 解像度 2km ネストモデルを用いた日本沿岸海況の再現 2: 沿岸潮位の再現性, JpGU meeting 2018, 2018年5月, 千葉県千葉市
3. 山中吾郎, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 豊田隆寛, 坂本圭, 今田由紀子, 石崎廣, 熱帯太平洋における海面水位の経年および十年規模変動, JpGU-AGU Joint Meeting 2018, 2018年5月, 千葉県千葉市
4. 浦川昇吾, 日本沿岸海洋モデリングにおける水文モデルデータの利活用, 次世代陸モデル開発・応用・社会実装に関する合同ワークショップ, 2018年4月, 千葉県柏市
5. 山中吾郎, 海の「天気予報」～どのように予測するか?～, 気象研究所一般公開特別講演, 2018年4月, 茨城県つくば市
6. 中野英之, 北西太平洋におけるフロント構造の経年変動 II, 日本海洋学会 2017年度秋季大会, 2017年10月, 宮城県仙台市
7. 浦川昇吾, 海盆スケールで起きる海洋の循環メカニズムに関する数値モデル・観測・理論の発展について I ～気象研全球モデルでの研究例～, 海洋力学理論の研究会, 2017年6月, 福岡県春日市

8. 坂本圭, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 山中吾郎, 解像度 2km ネストモデルを用いた日本沿岸海況の再現, 日本海洋学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 9 月, 鹿児島県鹿児島市
9. 中野英之, 辻野博之, 坂本圭, 浦川昇吾, 山中吾郎, 北西太平洋におけるフロントの経年変動, 日本海洋学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 9 月, 鹿児島県鹿児島市
10. 坂本圭, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 山中吾郎, 気象庁気象研究所におけるモデル共有のための基盤ツール, 日本海洋学会 2016 年度秋季大会, 2016 年 9 月, 鹿児島県鹿児島市
11. 山中吾郎, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 坂本圭, エルニーニョなどの海洋の変化を予測するために, 平成 27 年度気象研究所研究成果発表会, 2016 年 3 月, 東京都千代田区
12. 中野英之, 渦解像モデルによる 137 度線の水塊の起原およびその変動の推定, 日本海洋学会 2016 年度春季大会シンポジウム「東経 137 度定線の 50 年と今後の日本の持続的海洋観測望」, 2016 年 3 月, 東京都文京区
13. 坂本圭, 山中吾郎, 碓氷典久, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 気象庁沿岸海洋モデルを用いた瀬戸内海海況の再現, 低温科学研究所共同研究シンポジウム「日本を取り囲む陸海結合システムの解明に向けて」, 2015 年 12 月, 北海道札幌市
14. 坂本圭, 辻野博之, 中野英之, 浦川昇吾, 山中吾郎, 気象研究所における次期日本沿岸モデル MRI.COM-JPN の開発, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「沿岸から外洋までをシームレスにつなぐ海洋モデリングシステムの構築に向けて」, 2015 年 11 月, 千葉県柏市
15. 山中吾郎, 中野英之, 辻野博之, 浦川昇吾, 坂本圭, 十年規模の位相変化に対する西部太平洋海面水位と水平循環の役割, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
16. 中野英之, OGCM による人為起原炭素の 3 次元輸送の見積もり, Japan Geoscience Union Meeting, 2015 年 5 月, 千葉県千葉市
17. 山中吾郎, 辻野博之, 中野英之, 平原幹俊, 熱帯太平洋十年規模変動に見られる暖候期終息時の位相反転について, 日本海洋学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 9 月, 長崎県長崎市
18. 辻野博之, 浦川昇吾, 豊田隆寛, 坂本圭, 中野英之, 安田珠幾, 山中吾郎, 海洋モデル駆動のための気象庁 55 年長期再解析(JRA-55)の較正(1) JRA-55 の誤差評価, 日本海洋学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 9 月, 長崎県長崎市
19. 中野英之, 辻野博之, 坂本圭, 山中吾郎, 黒潮続流に対する Shatsky Rise の影響 II, 日本海洋学会 2014 年度秋季大会, 2014 年 9 月, 長崎県長崎市

20. 坂本圭, 分散開発に向けた MRI.COM パッケージの開発, 研究集会「海氷海洋モデリングの共通基盤構築に向けて」, 2014年7月, 北海道札幌市通基盤構築に向けて」, 2014年7月, 北海道札幌市
21. 中野英之, 共有化できそうな、あると便利な OGCM の解析 tool, 研究集会「海氷海洋モデリングの共通基盤構築に向けて」, 2014年7月, 北海道札幌市
22. 浦川昇吾, COCO と MRI.COM の比較, 研究集会「海氷海洋モデリングの共通基盤構築に向けて」, 2014年7月, 北海道札幌市
23. 浦川昇吾, 黒木聖夫, 羽角博康, 伊藤幸彦, 田中潔, 高解像度日本沿岸モデルで再現された三陸沿岸の親潮系冷水接岸イベント, 平成 26 年度東北マリンサイエンス拠点形成事業(海洋生態系の調査研究)全体会議, 2014年5月, 宮城県仙台市

#### イ. ポスター発表 24 件

##### ・国際的な会議・学会等 11 件

1. Sakamoto, K., H. Tsujino, H. Nakano, S. L. Urakawa, G. Yamanaka, and T. Toyoda, Simulation of the coastal seas around Japan using a nested 2-km resolution model, 2018 Ocean Sciences Meeting, 2018年2月, アメリカ, ポートランド
2. Urakawa, L. S., H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, G. Yamanaka, and T. Toyoda, Reproducibility of BMOC in a global ocean model: sensitivity on isopycnal diffusion scheme, 2018 Ocean Sciences Meeting, 2018年2月, アメリカ, ポートランド
3. Yamanaka, G., K. Sakamoto, N. Hirose, N. Usui, H. Nakano, and H. Tsujino, Short-term sea level variability along the coast of Japan and its relation to ocean circulation, 2018 Ocean Sciences Meeting, 2018年2月, アメリカ, ポートランド
4. Nakano, H., H. Tsujino, K. Sakamoto, S. Urakawa, and G. Yamanaka, Tuning a North Pacific OGCM with regard to the Kuroshio Current System, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017年5月, 千葉県千葉市
5. Tsujino, H., S. Urakawa, H. Nakano (他 14 名), JRA-55 based surface data set for driving ocean-sea ice models (JRA55-do). Part II: Assessment on the results of global ocean-sea ice models forced by the data set., JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017年5月, 千葉県千葉市
6. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, and K. Sakamoto, Decadal variations in the tropical Indo-Pacific sea surface height based

on a historical OGCM simulation, JpGU meeting 2017, 2017年5月, 千葉県千葉市

7. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, and K. Sakamoto, Indo-Pacific sea level variability during recent decades, 2016 AGU Fall Meeting, 2016年12月, アメリカ, サンフランシスコ
8. Tsujino, H., S. Urakawa, H. Nakano, 他8名, Coordinated Ocean-ice Reference Experiments (CORE-II): Development of a New Forcing Data Set Based on JRA-55, CLIVAR Open Science Conference, 2016年9月, 中国, 青島
9. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, and K. Sakamoto, Interannual simulation of tropical oceans during 1958-2014 using a high resolution OGCM, EGU General Assembly 2016, 2016年4月, オーストリア, ウイーン
10. Yamanaka, G., H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, and K. Sakamoto, Influence of horizontal resolution on mean state of tropical Indo-Pacific Oceans, Workshop on "High-resolution ocean modelling for coupled seamless predictions", 2016年4月, イギリス, エクセター
11. Sakamoto, K., H. Tsujino, H. Nakano, and G. Yamanaka, A practical scheme to introduce explicit tidal forcing into an OGCM, 2014 AGU Fall Meeting, 2014年12月, アメリカ, サンフランシスコ

・国内の会議・学会等 13件

1. 辻野博之, 浦川昇吾, 中野英之, 神代剛, 小畑淳, 行本誠史, 気象研究所における地球システムモデルを用いた海洋生物地球化学過程モデリング活動, 日本海洋学会2018年度秋季大会, 2018年9月, 東京都
2. 浦川昇吾, 中田聡史, 坂本圭, 山中吾郎, 辻野博之, 中野英之, 豊田隆寛, 静止海色衛星に基づく高解像度海面塩分データセットを用いた気象研瀬戸内海モデル海面塩分場の検証, JpGU meeting 2018, 2018年5月, 千葉県千葉市
3. 中野英之, 辻野博之, 坂本圭, 浦川昇吾, 豊田隆寛, 山中吾郎, 渦解像OGCMを用いた北太平洋亜寒帯の中暖中冷構造再考, JpGU meeting 2018, 2018年5月, 千葉県千葉市
4. 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 豊田隆寛, 山中吾郎, S. Yeager, W. Kim, G. Danabasoglu, 気候値外力実験における気象研全球海洋モデルGONDOLA\_100の深層循環再現性評価, 日本海洋学会2017年度秋季大会, 2017年10月, 宮城県仙台市
5. 山中吾郎・辻野博之・中野英之・浦川昇吾・坂本圭・豊田隆寛, 熱帯太平洋十

年規模変動の位相変化に係わる貿易風の強化について，日本海洋学会 2017 年度秋季大会，2017 年 10 月，宮城県仙台市

6. 石崎廣，山中吾郎，中野俊也，東経 137 度線の垂表層における東西流の経年変動，日本海洋学会 2016 年度秋季大会，2016 年 9 月，鹿児島県鹿児島市
7. 浦川昇吾，辻野博之，中野英之，坂本圭，山中吾郎，深層循環に対する海底熱源の影響についての再検証，日本海洋学会 2016 年度秋季大会，2016 年 9 月，鹿児島県鹿児島市
8. 辻野博之，浦川昇吾，中野英之，鈴木立郎，小室芳樹，山崎大，富田裕之，R. J. Small, W. M. Kim, S. G. Yeager, G. Danabasoglu, W. G. Large, S. M. Griffies, S. A. Josey, M. Valdivieso, JRA-55 に基づく海洋モデル駆動データセットの作成 (2) 海面データセットの概要とモデル駆動結果，日本海洋学会 2016 年度秋季大会，2016 年 9 月，鹿児島県鹿児島市
9. 石崎廣，中野俊也，山中吾郎，東経 137 度線における北赤道潜流 (NEUC) の十年規模変動，日本海洋学会 2016 年度春季大会，2016 年 3 月，東京都文京区
10. 中野英之，辻野博之，坂本圭，浦川昇吾，山中吾郎，気象研における新全球海洋モデル (GONDOLA) ~ 渦解像モデルの開発 ~，日本海洋学会 2015 年度秋季大会，2015 年 9 月，愛媛県松山市
11. 浦川昇吾，辻野博之，中野英之，坂本圭，山中吾郎，気象研における新全球海洋モデル (GONDOLA) — 中規模渦パラメタリゼーションの高度化 —，日本海洋学会 2015 年度秋季大会，2015 年 9 月，愛媛県松山市
12. 坂本圭，辻野博之，中野英之，浦川昇吾，山中吾郎，将来の海洋研究・現業に向けた気象研究所共用海洋モデルの開発状況，日本海洋学会 2015 年度秋季大会，2015 年 9 月，愛媛県松山市
13. 浦川昇吾，辻野博之，平原幹俊，中野英之，坂本圭，山中吾郎，全球非渦解像モデルにおける重力位置エネルギー収支，日本海洋学会 2014 年度秋季大会，2014 年 9 月，長崎県長崎市

## 6.2 報道・記事

なし。

## 6.3 その他 (3. (3) 「成果の他の研究への波及状況」関連)

- ・2018 年度日本海洋学会岡田賞受賞 浦川昇吾「海洋大循環のエネルギー収支に関する数値モデリング研究」