

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：82706

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05819

研究課題名（和文）大規模観測データの統合による太平洋循環の実態把握とメカニズムの解明

研究課題名（英文）Pacific Ocean state estimation and clarification of mechanism of ocean circulation by data synthesis of global observations

研究代表者

増田 周平（MASUDA, Shuhei）

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(海洋観測研究センター)・センター長

研究者番号：30358767

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 57,800,000円

研究成果の概要（和文）：大規模観測として海洋地球研究船「みらい」にて期間中4回の航海を実施し、乱流観測を標準観測項目として導入することで高精度データを獲得した。それらデータを含め、本新学術領域研究全体で得られたデータを活用したデータ統合研究では、国際的にも例がない海洋の乱流散逸率のデータ統合を完遂した。近年の統計学の知見をフルに生かした乱流散逸率観測データの性質の解釈を整理し、データ同化への応用法を確立している。統合したデータセットでは、全球規模の深層昇温という他のシステムでは再現できていない深層海洋環境変動の精緻な再現に成功した。加えて他研究計画班との連携で、海洋鉄の3次元分布再現という成果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海洋乱流データの性質を統計的に再検証する際に、一つのプロファイルから多くの独立情報を取得し、統計的性質を抽出する方法を認識できた点で、他の変量のデータ同化にも活用できる概念であり、今後の海洋データ同化、観測データの力学補間によるマッピングを飛躍的に効率化する可能性がある。深層昇温を今までにないレベルで再現出来たことは、温暖化に伴う地球全体でのエネルギーバジェットの精緻化に向けた重要な一歩である。IPCC報告などでの地球システムにおける深層の役割を解明するためのユニークな貢献が期待できる。

研究成果の概要（英文）：We conducted four research cruises on the research vessel Mirai during the research period. We completed turbulence observation as a standard observation item, which has rarely been conducted in large-scale shipboard observations in the past, and obtained high-precision data. By using the data obtained in the Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas, we tried the data synthesis of the observed ocean turbulence dissipation rate, which is unprecedented. We have re-assessed the interpretation of the properties of the observed turbulent dissipation rate data by making use of recent statistical knowledge, and have established an application method for data assimilation. The integrated data set has successfully reproduced the global bottom water warming, which has not been reproduced by other systems. In addition, through collaboration with other research groups, we were able to reproduce the three-dimensional distribution of iron in the ocean.

研究分野：海洋物理学

キーワード：海洋観測 データ同化 鉛直混合 深層循環 海洋鉄

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

海盆スケールでの海洋環境の動態のメカニズムを解明するためには海洋観測に加え、データ統合技術の応用が有効である。

2000年代に入り、データ同化技術を応用した全球を対象とした観測データの統合（長期海洋環境再現）が計算機科学の発達とともに可能となり、海洋環境変動と気候変動現象のリンクなどについてメカニズムの解明を目的とした研究が本格的に行われ始める(e. g., Stammer et al., 2002)。

海洋の鉛直混合は子午面循環をはじめとする海洋循環の動態に本質的な役割を担っていることが知られており、鉛直混合は海洋環境再現を精緻化するための重要な要素である(例えば Liu et al., 2012)。

近年、鉛直混合の直接・間接観測が増加してきており、自動昇降型ブイへの乱流計搭載などを通して、さらに広範・高品質の観測機会を得ることが予期されることもあり、鉛直混合の直接観測を利用した全球規模の海洋環境再現が期待されている。

### 2. 研究の目的

本研究では、不明な点の多い太平洋子午面循環の理解とメカニズムの解明に取り組む。研究期間を通して船舶を用いた海盆規模での乱流観測・データ解析を実施し海洋環境を把握する。得られた乱流観測データを直接取り入れられる新しいデータ統合システムを開発し、観測・統合データを用いた海洋循環場に関する知見を獲得する。

これらを通して、鉛直混合の海洋循環・物質循環・生態系の維持に果たす役割の理解に資する。

### 3. 研究の方法

海盆規模の鉛直乱流観測をマイクロライダを用いて実施するとともに入手可能な海洋観測データを有効に活用することで、鉛直混合を含む様々な物理観測と矛盾しないような鉛直混合強度の未知パラメータ最適値を四次元変分法データ同化手法を用いて求める。得られた最適パラメータ（鉛直混合分布）をシミュレーションに適用することでそれぞれの観測と矛盾なく海盆スケールでの海洋環境場を再現する。これは力学フィルターを用いた観測データ統合（高度なマッピング）の一種であり、循環や物質輸送のメカニズムを解明するためには有効な手法である。

また、マルチフラクタルシミュレーションモデルの結果を反映させた乱流エネルギー散逸率  $\varepsilon$  の観測データを直接同化する手法を開発し、歴史的な水温・塩分データ、海面高度データとともに統合した海洋環境資源データを作成する。

### 4. 研究成果

#### (1) 大規模観測

2015-16, 17, 18, 19年の「みらい」の航海において、マイクロライダ観測を実施した。関連する Data book を出版(WHP I10 Revisit(2015) ed. Uchida et al.; P17E Revisit(2017) ed. Uchida et al.)。

#### (2) グリーン関数法を用いた物理パラメータの最適化

本研究では、四次元変分法データ同化システムのベースモデルに対し、新たに潮汐に伴う鉛直混合を表現する二つの鉛直拡散スキームを実装した。一つは、順圧潮汐流が地形を横切る際に生じる内部波が地形近傍で引き起こす混合(以下、Near Field Mixing)に対応する St. Laurent et al. (2002)のスキームであり、主要4分潮の内部波へのエネルギー変換率( $E_g^i$ )の分布を使用し、以下のように鉛直拡散係数を計算する。

$$\kappa_{NEAR} = \sum_{i=1}^4 \frac{\Gamma q E_g^i(x, y) H(z)}{\rho N^2} H(z) = \frac{e^{-(z_b-z)/h\_stl}}{h\_stl(1 - e^{-z_b/h\_stl})}$$

$$q = \begin{cases} q_{sub} & \text{for subinertial} \\ q_{sup} & \text{for superinertial} \end{cases}$$

もう一つは、発生した内部波が遠方に伝播し、背景の内部波と相互作用することで引き起こされる混合(以下、Far Field Mixing)に対応する、Hibiya et al. (2006)のスキームであり、潮汐流エネルギー分布( $E_{internal}$ )を用いて、以下のように拡散係数を計算する。

$$\begin{aligned} \kappa_{FAR} &= (F(\theta, \phi) + h_{bg}) * \frac{\phi}{20} & \text{for } 0 \leq \phi < 20 \\ \kappa_{FAR} &= F(\theta, \phi) + h_{bg} & \text{for } 20 \leq \phi < 30 \\ \kappa_{FAR} &= F(\theta, \phi) * \frac{35-\phi}{5} + h_{bg} & \text{for } 30 \leq \phi < 35 \\ \kappa_{FAR} &= h_{bg} & \text{for } 35 \leq \phi \end{aligned}$$

with

$$\begin{aligned} F(\theta, \phi) &= h_{ratio} * \log_{10}(E_{internal}(\theta, \phi)/0.1) \\ &\quad \text{for } E_{internal}(\theta, \phi) \geq 0.1 \text{ Jm}^{-3} \\ F(\theta, \phi) &= 0 & \text{for } E_{internal}(\theta, \phi) < 0.1 \text{ Jm}^{-3} \end{aligned}$$

本研究で用いる OGCM では、鉛直拡散係数を、この二つの潮汐拡散スキームと表層混合層スキーム等の足しあわせとして表現している。これらの潮汐拡散スキームの選定の際には、A04-07 班からのアドバイスを受けた。また、それらのスキームで用いる入力データ ( $E_g^i$ および $E_{internal}$ )も提供を受けた。

長期海洋環境再現実験では、ベースモデルの表現誤差を低減することが重要である。本研究では、鉛直拡散以外にも、深層海洋環境の再現に重要と考えられる2つの要素に関連してベースモデルの改良を行った。この際、A04-08 班からアドバイスを得た。1点目は、地熱の効果の導入である。地熱のデータとしては、Devies (2013)を用いた。2点目について、以下に示す。本モデルは、深層水形成を再現するために、形成域の亜表層において、水温・塩分を気候値に緩和している。(四次元変分法を用いる際には、Incremental Analysis Update (IAU)手法を適用し、緩和により生じた亜表層の熱・塩分フラックスを定常的に与えている。)本研究では、南大洋における高密度水形成とその沈み込みをより精緻に表現することを目的に、南大洋における緩和海域を拡張した。

四次元変分法を用いたデータ統合実験に先立ち、モデルの初期推定場と観測の一致性を事前にある程度高めておくことが重要である。そこでモデルパラメタの最適化を行った。制御変数としては、先行研究で用いられた物理パラメタのほか、潮汐鉛直拡散スキームに用いられる5つのパラメタ(制御変数の重複を避けるため $\Gamma$ は0.2で一定とした)、および等密度面拡散スキームのテーパーに用いる係数を用いた。この制御変数の選定においても、A04-08 班からアドバイスを受けた。この最適化実験の結果、北太平洋深層水の再現性を大幅に改善することに成功した。

Far Field Mixingの低緯度における拡散を支配する $h_{ratio}$ を除き、鉛直拡散を強化する方向に修正が行われていた。全球平均鉛直拡散係数のプロファイルは、表層混合層と底層を除くほとんどの深度で鉛直拡散を強化する方向に修正されていた。

潮汐鉛直拡散スキームのパラメタ修正による効果を、スキーム毎に分離して評価するため、一部のパラメタのみに最適値を用いた複数の比較実験を行った結果、太平洋深層における海洋環境はNear Field Mixingの影響を強く受けており、四次元変分法を用いたデータ統合実験においても、そのパラメタを制御することが効果的であることを示唆している。

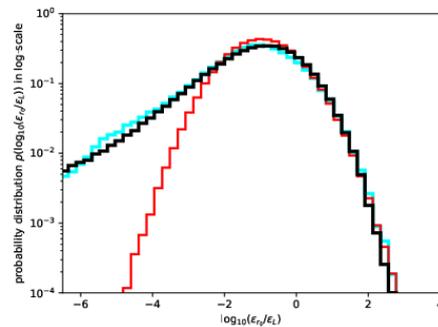


図1 観測されたエネルギー散逸率の対数の分布(シアン)。エネルギー散逸率は各プロファイルの平均値で規格化されている。比較のため、安定分布(/正規分布)に従うノイズで構成される乗法的カスケードモデルで生成されたサンプルの統計を黒(/赤)で示す。

### (3) 乱流観測データの統計的分析

#### ① マルチフラクタルとしての特徴づけ

A01-01 班から提供を受けたエネルギー散逸率観測データの統計的分析を行い、マルチフラクタルモデル(Lovejoy and Schertzer, 2013)に整合的な統計則に従うことを見出した。実際、安定分布に従うノイズで構成される乗法的カスケードモデルで生成されていると考えると、観測データのヒストグラムが極めて整合的に説明される(図1)。

#### ② 母平均の信頼区間を見積もる手法の開発

エネルギー散逸率の各鉛直プロファイルは、乗法的カスケードモデルによって生成されると考えると、その統計的性質を整合的に記述することができる。このモデルにおける母平均にあたるものを、エネルギー入力率と呼ぶことにする。カスケードモデルのモンテカルロ・シミュレーションにより、あるエネルギー入力率を与えたときの鉛直算術平均と鉛直幾何平均の同時確率分布を求めることができる。図2は、(算術平均の対数-エネルギー入力率の対数)を横軸に(算術平均の対数-幾何平均の対数)を縦軸にとり、同時確率分布を描いたものである。算術平均と幾何平均は観測されるため、この分布をもとにエネルギー入力率の信頼区間を見積もることができた。

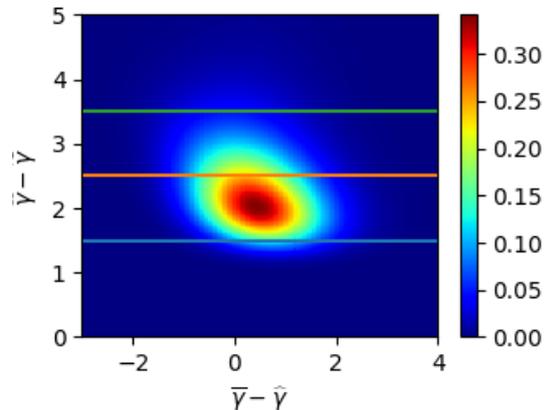


図2 カスケードモデルのシミュレーションによって算定した(算術平均の対数-エネルギー入力率の対数, 算術平均の対数-幾何平均の対数)の同時確率分布。

### (4) 四次元変分法を用いたデータ統合実験

グリーン関数法を用いた最適化の結果を用いて、強拘束の四次元変分法を用いたデータ統合実験を行った。最適化された物理パラメタのほか、最適化後の気候場を初期値として使用した。同化した観測データは、UK-MET officeにより編集されたEN4データセットの水温・塩分データ、および Reynolds, OISSTの海面水温(SST)データである。このほか、A01-01班より提供された、乱流エネルギー散逸率のデータも試験的に同化したケースも実施した。同化期間は1957年から2014年の58年間である。制御変数としては、モデルの初期値(水温・塩分・水平流速・海面高度)に加え、潮汐混合パラメタ6個を用いた。これには、潮汐混合パラメタのアジョイント感度を計算する必要があり、関連するアジョイントのモデルの開発も行った。最適化のための繰り返し計算を50回行い、コスト関数は6割強減少した。この結果を用いて、深層昇温についての解析を行った。以下、初期推定場をFG、最適化で得られた場をASSIMと呼ぶ。

図3に、深層昇温のパターンを示す。FGでは、北太平洋の深層水温はほとんど変化が見られなかった。一方で、ASSIMでは、西部海域を中心に観測と同程度の水温上昇が再現されていた。太平洋に限らず、全球的に観測との整合性が高い結果が得られており、深層の水温変動に関しては、Masuda et al. (2010)で用いられた旧来のシステムを用いたデータ統合実験の結果よりも明らかに再現性が向上していた。

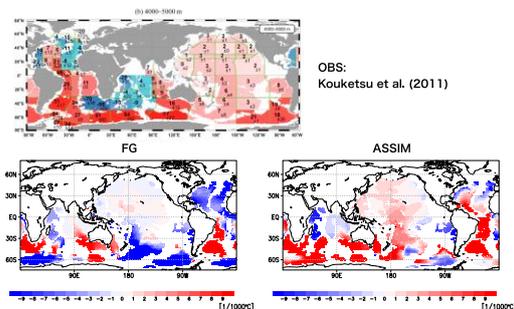


図3 深層(4000-5000m)における水温の10年差(1997年から2006年の平均値から、1985年から1994年の平均値を引いた差)。

海洋環境再現実験により再現された深層水温変化のメカニズムを理解するため、水温変化への寄与を以下のように分解した。

$$\frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} T dz = \text{ADV} + \text{DIFFv} + \text{DIFFo} + \text{GEOTH} + \text{residual}$$

advection
vertical diffusion
others diffusion
geothermal heating

各タームを時間積算して求めた水温変化量は、深層における水温変化が、相対的に大きな鉛直拡散および地熱による加熱と、移流および鉛直拡散以外の拡散項による冷却の間での小さなアンバランスによって生じていることを示していた。さらに双子実験の結果から鉛直拡散の与え方が深層における海洋環境再現にとって本質的に重要であり、逆に、深層における海洋環境のモニタリングすることで、鉛直混合を推定する上で有用な情報が得られる可能性があることがわかった。

#### (5) 全球海洋鉄分布の推定

簡易的な鉄循環モデルに、現在利用可能な最新の海洋溶存鉄濃度観測値のデータセット (GEOTRACES IDP2017, Schlitzer et al., 2018, ほか) を取り込んで、3次元の格子化された溶存鉄濃度データセットを作成した。鉄循環モデルは、ESTOC(長期海洋環境再現データセット) の流動場を利用した移流拡散モデルに、海面に降下する大気ダストに含まれる鉄の溶解および大陸棚の堆積物からの鉄の溶出を海水中への供給と見立て、水柱での粒子状物質への鉄の吸着や脱着、植物プランクトンによる消費のプロセスを制御パラメータとして設定した簡易的なモデルを構築した。ここで、大気ダストのデータには、MERRA-2 reanalysis monthly mean data (Gelaro et al., 2017) を使用した。

鉄循環モデルと観測データとの統合はグリーン関数法を使用して実現した。海面から海底までの溶存鉄に対して、モデルと観測の差をコストとして設定し、コストが最小となるような制御パラメータの組み合わせを最適解として推定したものである。海域毎の鉄循環プロセスの違いを把握するために、最適な制御パラメータの組み合わせの推定においては、全球海洋を五つの海盆に分割し、それぞれの海盆における最適制御パラメータの組み合わせを推定した。

最適パラメータを使った鉄循環モデルの実行結果を観測値と比較した。観測値に対応する格子上の同化結果の値を比較したところ、同化結果の溶存鉄濃度がより観測に近くなるように評価されたことを確認した。同化結果の水平分布と観測値との比較からは、深度 300m よりも深い層においては海盆スケールで見た同化結果が観測値を良好に再現していることを確認した。また、大西洋の南北観測線や北太平洋の東西観測線上での溶存鉄の鉛直断面分布を比較から、観測から得られた濃度分布の特徴を同化結果が良好に再現していることがわかった。

取得した海洋溶存鉄の格子化データセットを使って、各海盆における鉄の循環プロセスを調べた。大西洋と太平洋を比較すると、大気ダストに含まれる鉄は大西洋が太平洋の 3 倍多く入ってきており、そこから海洋に溶解する量は大西洋が太平洋の 25 倍以上多いことがわかる。一方、大陸棚の堆積物から溶出する鉄の量は両海盆ともに同程度だった。溶存鉄が有機物粒子を介して循環するフラックスも大西洋の方が極めて多い。移流拡散による鉄の輸送は、両海盆とも高緯度帯への流出となった。これらの評価結果から鉄の滞留時間を見積もると、大西洋が 10.2 年であるのに対して太平洋は 72.0 年になった。このことは、太平洋では大西洋に比べて長期間にわたり鉄が海中にとどまるため、太平洋の溶存鉄の分布は長い時間にわたって移流拡散の影響を受けたことが反映されたものになっていることを示唆している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Masuda Shuhei, Osafune Satoshi, Hemmi Tadashi	4. 巻 5
2. 論文標題 Deep-float salinity data synthesis for deep ocean state estimation: method and impact	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary 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) 10.1186/s40645-018-0247-9	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 Sugiura Nozomi	4. 巻 24
2. 論文標題 The Onsager-Machlup functional for data assimilation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nonlinear Processes in Geophysics	6. 最初と最後の頁 701 ~ 712
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/npg-24-701-2017	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 Inoue Ryuichiro, Watanabe Michio, Osafune Satoshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Wind-Induced Mixing in the North Pacific	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physical Oceanography	6. 最初と最後の頁 1587 ~ 1603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JPO-D-16-0218.1	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 長船 哲史、田中 祐希	4. 巻 27
2. 論文標題 潮汐18.6年振動に伴う鉛直混合変動と海洋20年変動	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 19 ~ 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5928/kaiyou.27.1_19	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 増田 周平	4. 巻 26
2. 論文標題 全球規模の海洋環境再現の精緻化と鉛直混合に関する研究 鉛直混合観測データの統合にむけて	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 209 ~ 215
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 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 建部 洋晶、長船 哲史	4. 巻 27
2. 論文標題 太平洋数十年規模気候変動と海洋潮汐18.6年周期変動との関連性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 3 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5928/kaiyou.27.1_3	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 Kouketsu, S., Osafune, S., Kumamoto, Y., and Uchida, H.	4. 巻 122
2. 論文標題 Eastward salinity anomaly propagation in the intermediate layer of the North Pacific	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research:Oceans	6. 最初と最後の頁 2017-2033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2016JC012118	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 Inoue, R., M. Watanabe, S. Osafune	4. 巻 47
2. 論文標題 Wind-induced mixing in the North Pacific	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physical Oceanography	6. 最初と最後の頁 1587-1604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/JPO-D-16-0218.1	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 Toshimasa Doi, Satoshi Osafune, Nozomi Sugiura, Shinya Kouketsu, Akihiko Murata, Shuhei Masuda, and Takahiro Toyoda	4. 巻 7
2. 論文標題 Multi-decadal change in the dissolved inorganic carbon in a long-term ocean state estimation	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Advances in Modeling Earth Systems	6. 最初と最後の頁 1885-1990
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2015MS000462	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 Sugiura Nozomi, Kouketsu Shinya, Masuda Shuhei, Osafune Satoshi, Yasuda Ichiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Estimating the population mean for a vertical profile of energy dissipation rate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-020-77414-2	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 Masuda Shuhei, Osafune Satoshi	4. 巻 77
2. 論文標題 Ocean state estimations for synthesis of ocean-mixing observations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 359 ~ 366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-020-00587-x	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 Osafune Satoshi, Sugiura Nozomi, Doi Toshimasa, Hemmi Tadashi, Masuda Shuhei	4. 巻 77
2. 論文標題 The use of tidally induced vertical-mixing schemes in simulating the Pacific deep-ocean state	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 367 ~ 382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-021-00591-9	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 Osafune S., Kouketsu S., Masuda S., Sugiura N.	4. 巻 125
2. 論文標題 Dynamical Ocean Response Controlling the Eastward Movement of a Heat Content Anomaly Caused by the 18.6 Year Modulation of Localized Tidally Induced Mixing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Oceans	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) 10.1029/2019JC015513	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26件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 Shuhei Masuda, Satoshi Osafune, Tadashi Hemmi, Shigeki Hosoda, Toshio Suga
2. 発表標題 Deep ocean state estimation with new float data
3. 学会等名 The Sixth Argo Science Workshop (ASW-6) “The Argo Program in 2020 and beyond: (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Satoshi Osafune
2. 発表標題 Decadal-scale temperature variability in the subarctic-subtropical gyre boundary region in the North Pacific
3. 学会等名 Understanding Changes in Transitional Areas of the Pacific (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shuhei Masuda, Satoshi Osafune, Tadashi Hemmi
2. 発表標題 Long-term sea level changes in an ocean state estimation of ESTOC
3. 学会等名 AOGS 15th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshimasa Doi, Satoshi Osafune, Shuhei Masuda and Nozomi Sugiura
2. 発表標題 Multi-decadal changes in dissolved inorganic substances in the Estimated Ocean State for Climate Research (ESTOC) which integrated BGC Argo data
3. 学会等名 The Sixth Argo Science Workshop (ASW-6) “The Argo Program in 2020 and beyond: Challenges and opportunities” (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Satoshi Osafune, Toshimasa Doi, Shinya Kouketsu, Tadashi Hemmi, Shuhei Masuda
2. 発表標題 Numerical study on impacts of the 18.6-year modulation of tide-induced mixing on biogeochemical variables based on ESTOC
3. 学会等名 PICES annual meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Satoshi Osafune, Shuhei Masuda, Nozomi Sugiura, Toshimasa Doi, Tadashi Hemmi
2. 発表標題 Ocean state estimation by using observed mixing data
3. 学会等名 2nd International Symposium "Ocean Mixing Processes: Impact on Biogeochemistry, Climate and Ecosystem" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Satoshi Osafune, Shuhei Masuda, Nozomi Sugiura, Toshimasa Doi, Tadashi Hemmi
2. 発表標題 A global ocean state estimation using tidal mixing parameterizations and observed turbulent mixing data
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Data Assimilation (ISDA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshimasa Doi, Satoshi Osafune, Shuhei Masuda and Nozomi Sugiura
2. 発表標題 Representation of multi-decadal changes in dissolved inorganic substances in the
3. 学会等名 Understanding Changes in Transitional Areas of the Pacific (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Satoshi Osafune, Shuhei Masuda, Nozomi Sugiura, Toshimasa Doi, Tadashi Hemmi
2. 発表標題 A global ocean state estimation using tidal mixing parameterizations
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長船 哲史
2. 発表標題 潮汐18.6年振動により生じる水温偏差東進と移流モードロスビー波
3. 学会等名 東京大学大気海洋研究所附属国際沿岸海洋研究センター共同利用研究集会「北太平洋を中心とした中高緯度における海洋変動」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 増田 周平
2. 発表標題 大規模観測データの統合による太平洋循環の実態把握とメカニズムの解明
3. 学会等名 日本海洋学会 2018年度秋季大会シンポジウム3 新学術領域「海洋混合学の創設：物質循環・気候・生態系の維持と長周期変動の解明」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Satoshi Osafune
2. 発表標題 Possible oceanic signals of the 18.6-year period modulation of tide-induced vertical
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 長船 哲史
2. 発表標題 四次元変分法海洋環境再現データセットESTOCでみる北太平洋十年規模変動
3. 学会等名 東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会(大槌シンポジウム)「北太平洋を中心とした中高緯度における海洋変動」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shuhei MASUDA, Satoshi Osafune, Tadashi Hemmi, Nozomi Sugiura, Toshimasa Doi
2. 発表標題 Influence of the Deep NINJA float data on a deep ocean state estimation
3. 学会等名 GODAEOceanView Joint DA-TT/OSEval-TT meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masuda, S., S. Osafune, N. Sugiura, T. Doi
2. 発表標題 Ocean heat content and sea level changes from an improved ocean state estimation
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 長船哲史、増田周平、杉浦望実、土居知将
2. 発表標題 潮汐エネルギー分布を考慮した準全球長期海洋環境再現実験
3. 学会等名 日本海洋学会2016年度秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Satoshi Osafune
2. 発表標題 The 18.6 year modulation of localized tidal mixing as a possible cause of bidecadal variability in the North Pacific
3. 学会等名 Ecosystem Studies of Sub-Arctic Seas (ESSAS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 長船哲史、増田周平、杉浦望実、土居知将
2. 発表標題 気候変動研究の為に長期全球海洋環境再現データセットESTOCの現状と今後の展望
3. 学会等名 日本海洋学会2016年度春季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shuhei Masuda, Satoshi Osafune, Tadashi Hemmi
2. 発表標題 Global ocean state estimation with new float observations
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2019年大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 S.Masuda, S. Osafune, N. Sugiura, T. Doi, and T. Hemmi
2 . 発表標題 Ocean State Estimation with Turbulence Observation Data
3 . 学会等名 ocean sciences meeting 2020 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Satoshi Osafune, Shuhei Masuda, Nozomi Sugiura, Toshimasa Doi, Tadashi Hemmi
2 . 発表標題 Assessment of the effectiveness of the global ocean state estimation using
3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合 ( JpGU ) 2019年大会 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Nozomi Sugiura
2 . 発表標題 Estimating energy input rate from vertical profiles of energy dissipation rate
3 . 学会等名 3rd International Symposium “ Ocean Mixing Processes: Impact on Biogeochemistry, Climate ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Satoshi Osafune, Shuhei Masuda, Nozomi Sugiura, Toshimasa Doi, Tadashi Hemmi
2 . 発表標題 A data synthesis experiment using tide-induced mixing parameterizations
3 . 学会等名 3rdInternational Symposium “ Ocean Mixing Processes: Impact on Biogeochemistry, Climate ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Osafune, Shuhei Masuda, Nozomi Sugiura, Toshimasa Doi and Tadashi Hemmi
2. 発表標題 Bottom water warming in the Pacific Ocean in an ocean state estimation using tidally
3. 学会等名 Ocean Science Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toshimasa Doi , Satoshi Osafune , Shuhei Masuda , Hajime Obata , Kazuhiro Misumi , Jun
2. 発表標題 Oceanic iron distribution of the global ocean estimated by data assimilation approach
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S.Masuda, S. Osafune
2. 発表標題 Ocean State Estimation by Using Ocean Mixing Observations
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

気候変動研究のための四次元変分法海洋環境再現データセット <a href="http://www.godac.jamstec.go.jp/estoc/j/">http://www.godac.jamstec.go.jp/estoc/j/</a>
---

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	長船 哲史  (Osafune Satoshi)  (50638723)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(海洋観測研究センター)・研究員    (82706)	

	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
連携研究者	勝又 勝郎  (Katsumata Katsuro)  (80450774)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(海洋観測研究センター)・グループリーダー    (82706)	
連携研究者	杉浦 望実  (Sugiura Nozomi)  (40512827)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(海洋観測研究センター)・主任研究員    (82706)	
連携研究者	内田 裕  (Uchida Hiroshi)  (00359150)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(海洋観測研究センター)・主任研究員    (82706)	
連携研究者	纈纈 慎也  (Kouketsu Shinya)  (30421887)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(海洋観測研究センター)・グループリーダー    (82706)	
連携研究者	土居 知将  (Doi Toshimasa)  (70426295)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(海洋観測研究センター)・准研究主任    (82706)	

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