

令和 3 年 5 月 12 日現在

機関番号：82109

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2020

課題番号：16K17805

研究課題名(和文) 薄氷から厚氷までの全海水データ同化による北極海熱・水輸送解析と気候変動予測の改善

研究課題名(英文) Improved Arctic Ocean heat and freshwater transport and climate prediction by an interactive thin- and thick- ice data assimilation in an OGCM

研究代表者

豊田 隆寛 (Toyoda, Takahiro)

気象庁気象研究所・全球大気海洋研究部・主任研究官

研究者番号：90450775

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：衛星観測ベースの薄氷データを海洋大循環モデルで利用するシステムを構築し、これを用いた海洋・海水再解析実験を実施し、結果の海水厚、混合層深、表層塩分など、北極海のキーパラメータにおける改善を議論して、国際誌に発表した。薄氷データ以外にも観測データをモデリング研究に活かす取り組みを行い、海水・積雪の融解期のアルベドや観測感度の逆推定スキームなどシステムの改良を行い、国際誌に発表した。このシステムを用いて得られた解析場を大気・海洋・海水結合初期値化実験やプロセス研究を現在行っており、海水観測とモデルの融合的研究による極域気候の理解と予測に向けた今後の研究の足掛かりを作ることが出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

まず、衛星観測から得られていた海水形成域における薄氷情報が、海水シミュレーションを大きく改善することを示すことが出来た。これは現状のモデルの改善の方向性を示すとともにデータ同化のアプローチの有効性を示唆し、初期値化・再解析に活用できる知見である。また本科研費の枠組みで更なる観測とモデルの融合的研究を進め、海水データ同化の基盤を発展させることが出来た。成果は学会や国際誌での発表を通じて、世界の研究者と共有・議論を行った。現在、このシステムを用いて行っている大気・海洋・海水結合予測実験やプロセス研究は北極海気候の理解・予測に更に貢献することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：A new method was introduced for constraining an ocean general circulation model by thin ice coverage and thickness retrievals from satellite observations. This approach impacted key parameters in the ocean-sea ice simulation, such as sea ice thickness, mixed layer depth, and surface salinity. In addition, schemes reflecting observational data were constructed: albedos of sea ice and snow on it in the melting season based on observations; adjoint system including sea ice dynamics which propagates sensitivities of model-observation misfits backward in time. These results were published in international peer-review journals. The enhanced ocean-sea ice reanalysis is now used in a coupled atmosphere-ocean-sea ice experiment and process study for enhancing our understanding and prediction of the Arctic Ocean climate.

研究分野：海洋物理学

キーワード：海水 薄氷 データ同化 北極海 水塊形成 再解析 南極海 予測

1. 研究開始当初の背景

北極海気候は気候研究の重要なテーマであり、特に近年、顕著な温暖化や中低緯度との相互作用から注目を集めている。衛星観測は急速に進展しており、例えば、衛星マイクロ波放射計観測により結氷初期の薄氷（厚さ概ね20 cm下）の推定が行われている。従来の成熟期の厚氷を合わせると北極海表面の大部分を占める海氷のうちの薄氷から厚氷までのデータの利用が可能となった。一方、モデリング研究では北極域においては海氷プロセスの表現が必要であり、そのパラメタリゼーションに起因する不確実性が他の海域に比べて大きく、全球の初期値化・予測に影響していると考えられている。近年の観測的な成果を海氷パラメタリゼーション・初期値化の改善に活かす取り組みが必要である。

2. 研究の目的

本研究では、最新の海氷分布データ、特に上記の薄氷データをモデルで利用し、北極海における海氷形成プロセスの再現性を高めることを目的とする。海氷形成域での薄氷の表現が北極域全体の海氷分布や海洋成層に大きく影響すると理解されているが、このような取り組みはこれまで行われてこなかった。この薄氷データ導入により、海氷と海洋による熱・水循環の定量的診断が可能な海洋大循環・海氷複合系データ同化システムを開発する。これを用いて力学・熱力学的に整合性のある再解析データを構築して、北極海の循環構造や貯熱量及び隣接する北大西洋・北太平洋との熱・水交換の年々変動の実態解明の可能性を示すとともに、再解析データを初期値に用いた大気・海洋・海氷結合モデルによるハインドキャスト実験を行って、極域から中緯度の気候変動予測に対する精度向上効果を評価する。

3. 研究の方法

(1) AMSR-E 衛星観測ベースの2002年7月から2011年9月の日別薄氷データ (Iwamoto et al., 2013) を使用した。モデルグリッドに変換後、更に融解氷・雲水の影響をより正確に除去するために、海上気温・海面水温・海氷（厚氷）密接度データなどを用いて補正を行った。モデルは気象研究所海洋大循環モデルMRI.COM v4 (Tsuji no et al., 2017) を使用し、GONDOLA_100 実験 (Urakawa et al., 2020) ベースの全球海洋再解析実験 (Toyoda et al., 2016) を基本実験とした。水平分解能は約 1° である。これに上記の補正済み薄氷を熱容量のない海氷 (0-layer ice) として与え、それを通じた大気・海洋間の熱交換、また移流項を加味した薄氷の体積収支から厚氷への成長を計算した。薄氷の塩分は10とし、海水から薄氷、薄氷から厚氷（塩分4）のそれぞれの成長段階で海洋に塩分（ブライン）が排出される。図1に概略を示す。

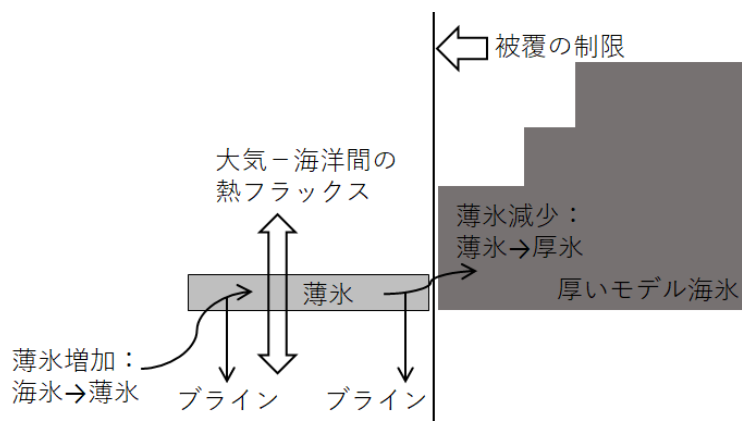


図1 モデルにおける薄氷データ利用の概念図

(2) 上記プロセスを含む、海洋・海氷再解析システムの高度化として、海氷のアジョイントモデルの開発を行い、また、海氷速度データの同化による海氷力学プロセスを改善させる実験を行った。並行して、極域での再現性向上のために海洋大循環モデルの更新・開発を行う。

(3) 最終的に、海洋・海氷モデリングにおける初期値化とパラメタリゼーションの改善を通じて、大気・海洋・海氷結合モデルによる予測の改善を評価する。このために、上記の GONDOLA_100 に加え、水平分解能が約 0.1° の GONDOLA_010 実験 (Nakano et al., 2021) ベースで、海洋・海氷初期値化実験を行い、大気モデルと結合して1週間から1か月のスケールの予測実験を行い、予測精度の向上について現在解析中である。

4. 研究成果

(1) 薄氷は夏の終わり頃から北極海中央部に出現し、徐々に縁辺部の季節海氷域に移っていく。これまでモデルで厚氷として結氷する表現がなされていた海域に薄氷が存在することで海面冷却が促進され(図1) 季節を通じた海氷厚・海氷体積の増加 ($5\text{-}10 \times 10^3 \text{ km}^3$) が見られた(図2)。海氷厚分布を ICESat 衛星による海氷厚データ (Yi and Zwally, 2009) と比較して、グリーンランドとカナダ多島海付近の厚い海氷域や北極海中央部で過小評価されていた海氷が、薄氷データによる制約を加えることで大きく改善することを確認した。海氷体積の増加により、融解期の海氷融解も増加し、海氷の形成・融解の季節サイクルの振幅が全体的に増加した。これは海洋表層の塩分成層や混合層深にも影響し、北極海中央部での高塩化・混合層深化と縁辺部での低塩化・混合層浅化が見られた。これらを観測データから検証し、特に観測船 Mirai の季節海氷域における現場観測データ (Nishino et al., 2013) から改善を確認した(図3)。これらの結果の詳細を取りまとめ、論文を発表した(豊田ら, 2019; Toyoda et al., 2019a)。

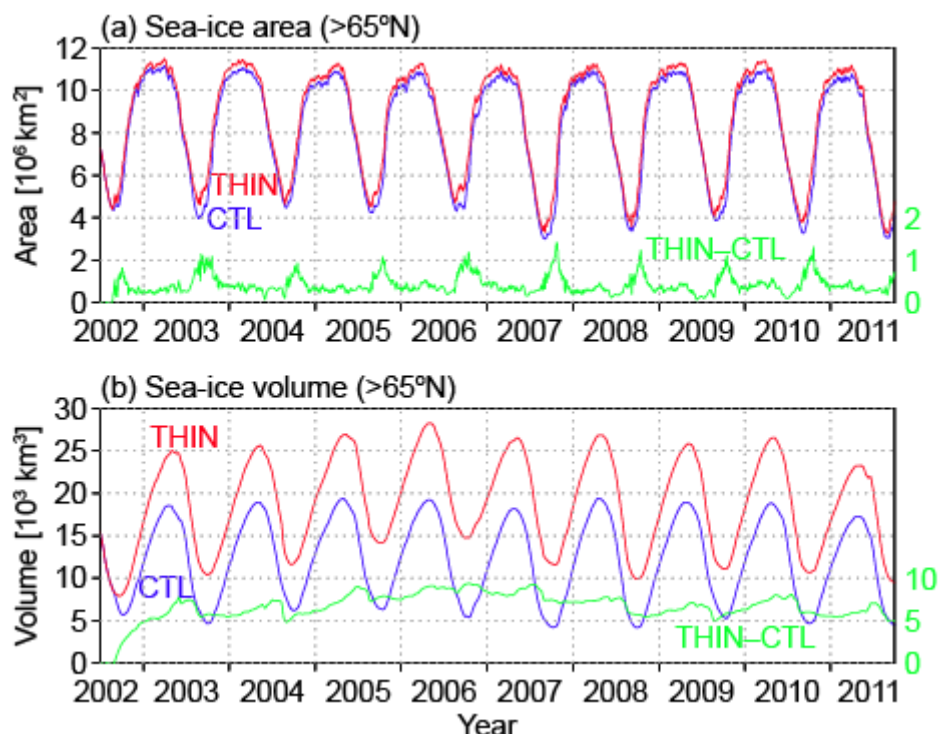


図2 65°N以上の海氷(薄氷も含む)の(a)面積、(b)体積の時系列。青線は基準実験(CTL)、赤線は薄氷実験(THIN)、緑線は差(THIN-CTL、右軸)。

(2) 海氷の感度を時間逆向きに追跡するための、海氷の力学プロセスを含む海氷アジョイントモデルを開発し、論文にまとめた(豊田ら, 2018; Toyoda et al., 2019b)。これは既存の海洋部分のアジョイントモデル(Usui et al., 2017)と組み合わせて、四次元変分法データ同化システムの基盤となるモデルである。また、Green 関数法を用いて衛星観測ベースの海氷速度推定データを同化し、海氷力学パラメータの最適化を行い、更にパラメータの状態変数への依存性を加味した最適パラメータセットを提案した(豊田ら, 2020; Toyoda et al., 投稿中)。また、海氷の熱力学過程の改善のために、観測ベースの積雪アルベドの影響評価を行った(Toyoda et al., 2020)。

(3) 上記のように、本科研費課題をもとに海洋大循環モデルによる海氷データ同化システムを発展させ、解析手法と精度の向上に向けた研究・開発を行うことが出来た。また本課題の研究における議論を通じて、観測コミュニティーを含む幅広い研究者との協力体制を作ることが出来た。これらは、本課題期間以降も引き継いで取り組みを強化していきたい。昨年度から、改良した海洋・海氷初期値を用いた結合予測実験に取り組んでおり、引き続き成果が出せるように努力するとともに、本課題を支援して下さった日本学術振興財団の科学研究費助成事業に感謝いたします。

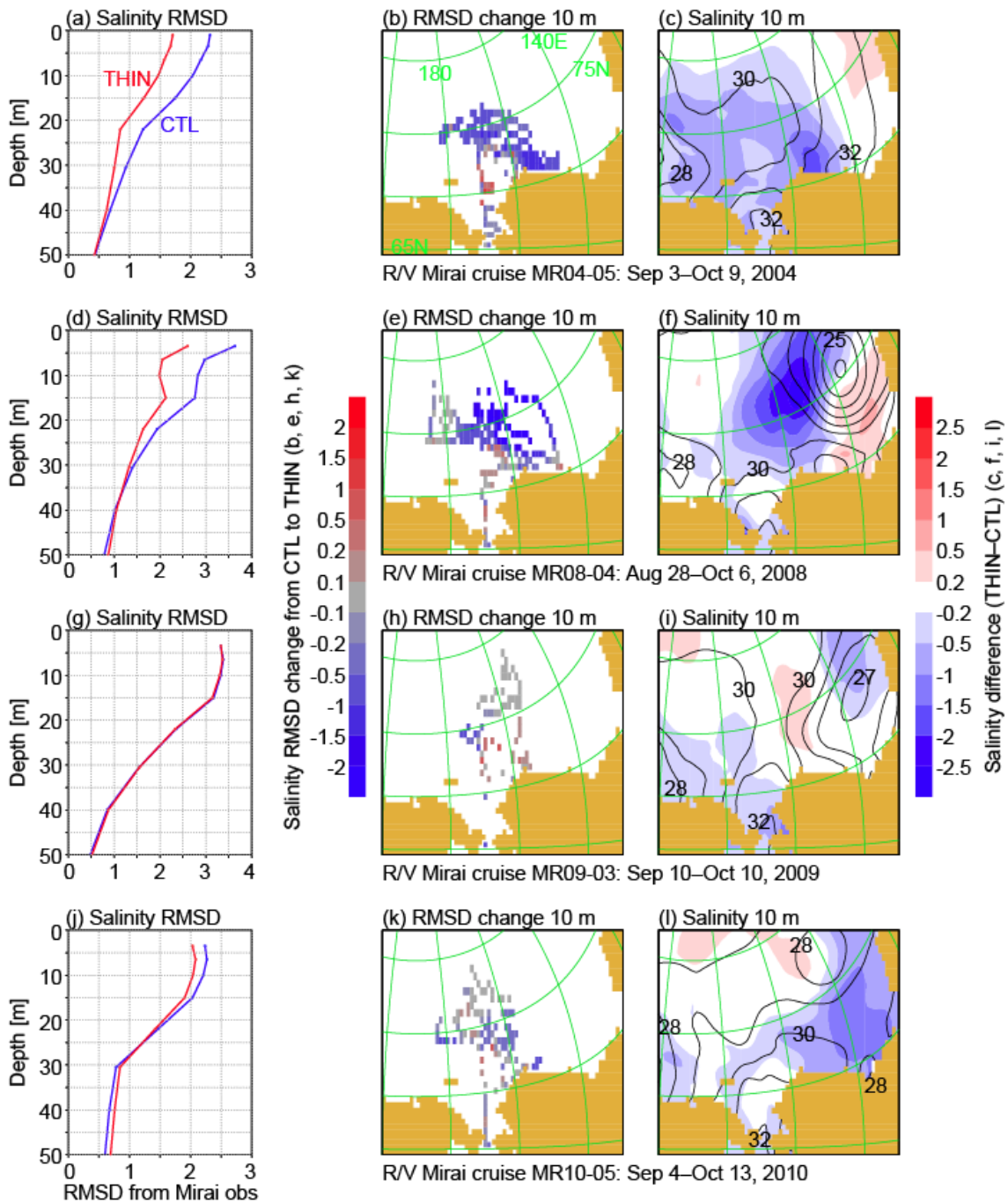


図3 (a, d, g, j) CTL (赤) と THIN (青) 実験における観測船みらいによる塩分観測とのRMSDの鉛直分布。(b, e, h, k) 10 m 深塩分のRMSD 変化(CTL - THIN)の分布。赤が増加、青が減少。(c, f, i, l) CTL 実験の10 m 深塩分(コンター)とそのTHIN 実験への変化(シェード)。観測船みらいの北極海における観測期間が図中に示してある。

< 参考文献 >

Iwamoto K., K. I. Ohshima, T. Tamura, S. Nishashi, Estimation of thin ice thickness from AMSR-E data in the Chukchi Sea, *International Journal of Remote Sensing*, 34, 2013, 468-489

Nakano, H., Y. Matsumura, H. Tsujino, S. Urakawa, K. Sakamoto, T. Toyoda, G. Yamanaka, Effects of eddies on the subduction and movement of water masses reaching the 137°E section using Lagrangian particles in an eddy-resolving OGCM, *Journal of Oceanography*, 77, 2021, 283-305

Nishino, S., M. Itoh, W. J. Williams, I. Semiletov, Shoaling of the nutricline with an increase in near-freezing temperature water in the Makarov Basin, *Journal of Geophysical Research Oceans*, 118, 2013, 635-649

Toyoda, T., K. Iwamoto, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, G.

Yamanaka, Y., Komuro, S., Nishino, J., Ukita, Incorporation of satellite-derived thin-ice data into a global OGCM simulation, *Climate Dynamics*, 53, 2019a, 7113-7130

Toyoda, T., N. Hirose, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, N. Usui, Y. Fujii, K. Sakamoto, G. Yamanaka, Effects of inclusion of adjoint sea ice rheology on backward sensitivity evolution examined using an adjoint ocean-sea ice model, *Monthly Weather Review*, 147, 2019b, 2145-2162

Toyoda, T., T. Aoki, M. Niwano, T. Tanikawa, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, N. Hirose, G. Yamanaka, Impact of observation-based snow albedo parameterization on global ocean simulation results, *Polar Science*, 24, 2020, 100521

Toyoda, T., N. Kimura, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, G. Yamanaka, K. K. Komatsu, Y. Matsumura, Y. Kawaguchi, Improved representation of Arctic sea ice velocity field in ocean-sea ice models based on satellite observations, submitted to *Climate Dynamics*

Tsujino, H., H. Nakano, K. Sakamoto, S. Urakawa, M. Hirabara, H. Ishizaki, G. Yamanaka, Reference manual for the Meteorological Research Institute Community Ocean Model (MRI.COM) version 4, *Meteorological Research Institute Technical Report*, 80, 2017, 284 pp

Urakawa, L. S., H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, G. Yamanaka, T. Toyoda, The sensitivity of a depth-coordinate model to diapycnal mixing induced by practical implementations of the isopycnal tracer diffusion scheme, *Ocean Modelling*, 154, 2020, 101693

Usui, N., T. Wakamatsu, Y. Tanaka, N. Hirose, T. Toyoda, S. Nishikawa, Y. Fujii, Y. Takatsuki, H. Igarashi, H. Nishikawa, Y. Ishikawa, T. Kuragano, M. Kamachi, Four-dimensional variational ocean reanalysis: a 30-year high-resolution dataset in the western North Pacific (FORA-WNP30), *Journal of Oceanography*, 73, 2017, 205-233

Yi, D., H., J. Zwally, Arctic sea ice freeboard and thickness, version 1, *National Snow and Ice Data Center*, 2009

豊田隆寛, 広瀬成章, 浦川昇吾, 碓氷典久, 藤井陽介, 中野英之, 坂本圭, 辻野博之, 山中吾郎, 堤之智, 海水アジョイントモデルを用いた海洋・海水場の解析に向けて, *月刊海洋*, 50, 2018, 127-132

豊田隆寛, 岩本勉之, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎, 小室芳樹, 西野茂人, 浮田甚郎, 衛星観測の薄氷データを用いた海洋・海水シミュレーションの改善, *月刊海洋*, 51, 2019, 121-127

豊田隆寛, 木村詞明, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎, 海洋・海水シミュレーションにおける海水速度データの利用, *月刊海洋*, 52, 2020, 42-47

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Takahiro Toyoda, Katsushi Iwamoto, L. Shogo Urakawa, Hiroyuki Tsujino, Hideyuki Nakano, Kei Sakamoto, Goro Yamanaka, Yoshiki Komuro, Shigeto Nishino, Jinro Ukita	4. 巻 53
2. 論文標題 Incorporation of satellite-derived thin-ice data into a global OGCM simulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Climate Dynamics	6. 最初と最後の頁 7113-7130
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00382-019-04979-8	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 Takahiro Toyoda, Teruo Aoki, Masashi Niwano, Tomonori Tanikawa, L. Shogo Urakawa, Hiroyuki Tsujino, Hideyuki Nakano, Kei Sakamoto, Nariaki Hirose, Goro Yamanaka	4. 巻 (accepted)
2. 論文標題 Impact of observation-based snow albedo parameterization on global ocean simulation results	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 (accepted)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.polar.2020.100521	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 豊田隆寛, 木村詞明, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎	4. 巻 52
2. 論文標題 海洋・海氷シミュレーションにおける海氷速度データの利用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 月刊海洋	6. 最初と最後の頁 42-47
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 豊田隆寛, 岩本勉之, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎, 小室芳樹, 西野茂人, 浮田甚郎	4. 巻 51
2. 論文標題 衛星観測の薄氷データを用いた海洋・海氷シミュレーションの改善	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 月刊海洋	6. 最初と最後の頁 121-127
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 Takahiro Toyoda, Nariaki Hirose, L. Shogo Urakawa, Hiroyuki Tsujino, Hideyuki Nakano, Norihisa Usui, Yosuke Fuiii, Kei Sakamoto, Goro Yamanaka	4. 巻 (accepted)
2. 論文標題 Effects of inclusion of adjoint sea ice rheology on backward sensitivity evolution examined using an adjoint ocean-sea ice model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Weather Review	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1175/MWR-D-18-0198.1	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 豊田隆寛, 広瀬成章, 浦川昇吾, 碓氷典久, 藤井陽介, 中野英之, 坂本圭, 辻野博之, 山中吾郎, 堤之智	4. 巻 50
2. 論文標題 海氷アジョイントモデルを用いた海洋・海水場の解析に向けて	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 月刊海洋	6. 最初と最後の頁 127-132
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 Usui, N., T. Wakamatsu, Y. Tanaka, N. Hirose, T. Toyoda, S. Nishikawa, Y. Fujii, Y. Takatsuki, H. Igarashi, H. Nishikawa, Y. Ishikawa, T. Kuragano, and M. Kamachi	4. 巻 73
2. 論文標題 Four-dimensional variational ocean reanalysis: a 30-year high-resolution dataset in the western North Pacific (FORA-WNP30)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 205-233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-016-0398-5	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 藤井陽介, 浦地政文, 広瀬直毅, 望月崇, 瀬藤聡, 美山透, 広瀬成章, 長船哲史, 韓修妍, 五十嵐弘道, 宮澤泰正, 豊田隆寛, 干場康博, 増田周平, 石川洋一, 碓氷典久, 黒田寛, 高山勝巳	4. 巻 26
2. 論文標題 日本の海洋データ同化研究 20年間の功績と今後の展望	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 15-43
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 -

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Takahiro Toyoda, Teruo Aoki, Masashi Niwano, Tomonori Tanikawa, L. Shogo Urakawa, Hiroyuki Tsujino, Hideyuki Nakano, Kei Sakamoto, Nariaki Hirose, Goro Yamanaka
2. 発表標題 Impact of observation-based snow albedo with starting temperature of -2 for surface melting effect on a global ocean simulation
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toyoda, T., N. Kimura, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, G. Yamanaka
2. 発表標題 Optimization of dynamic parameters of sea ice models based on satellite-derived sea ice velocity field
3. 学会等名 The 35th International Symposium on Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toyoda, T., N. Kimura, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, G. Yamanaka
2. 発表標題 Optimization of dynamic parameters of sea ice models based on satellite-derived sea ice velocity field
3. 学会等名 Sixth International Symposium on Arctic Research (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 豊田隆寛, 木村詞明, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎
2. 発表標題 海氷速度データを利用した北極海モデリングの改善
3. 学会等名 日本海洋学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 豊田隆寛, 木村詞明, 浦川昇吾, 辻野博之, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎
2. 発表標題 海洋・海水シミュレーションにおける海水速度データの利用
3. 学会等名 太平洋を中心としたマルチスケール海洋変動と分野横断的研究
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 豊田隆寛
2. 発表標題 数値モデリングにおける衛星観測データの利用
3. 学会等名 北極域の人工衛星観測およびその数値モデリングへの応用に関する研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊田隆寛
2. 発表標題 AMSR-E薄氷データのOGCMでの利用について
3. 学会等名 海水モデリング研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊田隆寛
2. 発表標題 衛星観測の薄氷データを用いた海洋・海水シミュレーションの改善
3. 学会等名 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 豊田隆寛, 辻野博之, 浦川昇吾, 中野英之, 坂本圭, 山中吾郎, 岩本勉之, 小室芳樹, 浮田甚郎
2. 発表標題 AMSR-E薄氷データを用いた海洋・海水場の解析
3. 学会等名 日本海洋学会2018年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toyoda, T., K. Iwamoto, L. S. Urakawa, H. Tsujino, H. Nakano, K. Sakamoto, G. Yamanaka, Y. Komuro, S. Nishino, and J. Ukita
2. 発表標題 Incorporation of satellite-derived thin ice data into a global OGCM simulation
3. 学会等名 The 34th International Symposium on Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 豊田隆寛
2. 発表標題 海水アジョイントモデルを用いた海洋・海水場の解析に向けて
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(大槌シンポジウム海洋パート)「北太平洋を中心とした海洋表層変動研究の現状と将来」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 豊田隆寛, 藤井陽介, 碓氷典久, 広瀬成章, 辻野博之
2. 発表標題 海水アジョイントモデルを用いた海洋・海水場の解析に向けて
3. 学会等名 日本海洋学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Toyoda, T.
2 . 発表標題 Development of the global ocean-sea ice data assimilation system in MRI
3 . 学会等名 Polar ORA-IP meeting (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Toyoda, T., S. Masuda, T. Doi, M. Ishii, and Y. Miyazawa
2 . 発表標題 Activities and plans of the ocean reanalysis groups in Japan
3 . 学会等名 Workshop on ocean reanalyses and inter-comparison (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Toyoda, N. Hirose, L. S. Urakawa, N. Usui, Y. Fujii, H. Nakano, K. Sakamoto, H. Tsujino, G. Yamanaka, and Y. Tsutsumi
2 . 発表標題 Sensitivity analysis of sea ice using a global ocean-sea ice adjoint model
3 . 学会等名 The 33rd International Symposium on Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Takahiro Toyoda
2 . 発表標題 Data assimilation of sea ice concentration data into a global ocean-sea ice model with correction for atmospheric forcing field
3 . 学会等名 Workshop on Sea Ice Remote Sensing and Modeling (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahiro Toyoda
2. 発表標題 Data assimilation of sea ice concentration data into a global ocean-sea ice model with correction for atmospheric forcing field
3. 学会等名 The 32nd International Symposium on Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会)
4. 発表年 2017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
研究協力者	岩本 勉之 (Iwamoto Katsushi)	紋別市役所	
研究協力者	浮田 甚郎 (Ukita Jinro)	新潟大学・理学部・教授 (13101)	
研究協力者	辻野 博之 (Tsuji no Hiroyuki)	気象庁気象研究所・気候・環境研究部・室長 (82109)	

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
---------	---------