

## 海洋衛星データ同化システムの構築検討

報告書番号：R23JR2402

利用分野：宇宙技術

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2023/23973/>

### ● 責任者

沖理子, 第一宇宙技術部門地球観測研究センター

### ● 問い合わせ先

可知 美佐子(kachi.misako@jaxa.jp)

### ● メンバ

可知 美佐子, 大石 俊

### ● 事業概要

近年の衛星やアルゴフロートなどの観測網の発展に伴い、より高頻度・高解像度で水温・塩分・海面高度の観測が成されるようになった。しかし、衛星は雨域を観測できず、アルゴフロートの観測数も全球海洋内部の時空間変動を正確に捉えるほど十分ではない。データ同化はシミュレーションと観測を融合しながら、欠損値のない精度の高い3次元の海洋場を再現できる。そこで、本研究ではJAXA Supercomputer System Generation 3(JSS3)にて衛星・現場観測値を同化するアンサンブルカルマンフィルタを用いた海洋データ同化システムを構築し、海洋解析プロダクトを作成することを目的とする。

参考 URL: [https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/LORA/index\\_j.html](https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/LORA/index_j.html)

### ● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

海洋モデルを用いた高解像度アンサンブルシミュレーションおよびアンサンブルカルマンフィルタによるデータ同化の計算は非常に大規模な計算である。そのため、JSS3のような大規模計算設備を用いることで、アンサンブルカルマンフィルタを実装した海洋データ同化システムの計算が初めて可能となる。

### ● 今年度の成果

前年度まで、アンサンブルカルマンフィルタを用いた海洋データ同化システムにおいて高精度の解析値を作成するためには、Incremental Analysis Update(IAU; Bloom et al. 1996), Relaxation-To-Prior Perturbation(RTPP; Zhang et al. 2004), Adaptive Observation Error Inflation(AOEI; Minamide and Zhang 2017)を組み合わせる必要性を実証した(Ohishi et al. 2022a, b)。そして、北西太平洋および海大陸域において解像度を高くしたシステムを新たに構築し、海洋アンサンブルデータセット LETKF-based Ocean Research Analysis(LORA)を作成した。精度検証の結果、LORAは地球惑星科学

研究や様々なアプリケーションに使用できる精度を有していた(Ohishi et al. 2023). しかし, 沿岸域に顕著な高温バイアスが分布する問題が顕在化していた. そこで, 今年度はこの問題を解決するために, 大気強制を大気再解析データセット JRA-55 から海洋強制データセット JRA55-do に変更した実験を行った. その結果, JRA55-do を使用すると, 沿岸域の高温バイアスが有意に減少することが明らかになった(Ohishi et al. in press). このバイアスが改善したデータセットを LORA version 1.0 として web サイト「JAXA-RIKEN 海洋解析([https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/LORA/index\\_j.html](https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/LORA/index_j.html))」として公開した(Ohishi et al. submitted).

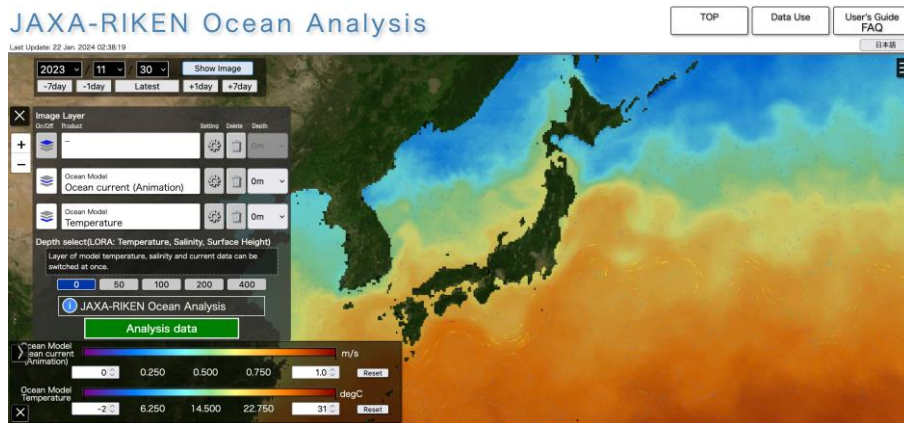


図 1: JAXA-RIKEN 海洋解析 Web サイトの 2023 年 11 月 30 日における LORA version1.0 の海面水温 (色) よおよび海面流 (矢印) .

## ● 成果の公表

-査読付き論文

1. Oishi, K., and Kotsuki, S. (2023): Applying the Sinkhorn Algorithm for Resampling of Local Particle Filter. SOLA, 19, 185-193. doi: 10.2151/sola.2023-024
2. Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi: Impact of atmospheric forcing on SST in the LETKF-based ocean research analysis (LORA), Ocean Modelling (accepted)
3. Terasaki, K., and T. Miyoshi, 2024: Including the horizontal observation error correlation in the ensemble Kalman filter: idealized experiments with NICAM-LETKF. Mon. Wea. Rev., 152, 277-293. doi:10.1175/MWR-D-23-0053.1

-招待講演

2023/4/12 Takemasa Miyoshi, Big Data Assimilation Revolutionizing Numerical Weather Prediction Using Fugaku, Data Assimilation Forum at Centre for Climate Research Singapore (CCRC) Seminar, Online

2023/4/21 三好建正, ビッグデータ同化 ~ゲリラ豪雨予測から, 予測科学へ~, 第一回 理研-ダイキン工業協創フォーラム, 理化学研究所東京連絡事務所

2023/5/17 三好建正, "気象災害に脆弱な人口密集地域のための数値天気予報と防災情報提供システムのプロジェクト(対象国:アルゼンチン),日本気象学会 第2回国際協力研究連絡会, オンライン

2023/6/1 三好建正, ゲリラ豪雨予測から予測科学へ, 南部コロキウム, 大阪大学大学院理学研究科,  
2023/6/19 Takemasa Miyoshi, "Chaos implies effective controllability of extreme weather", The Third  
International Nonlinear Dynamics Conference (NODYCON 2023), Rome, Italy, Keynote.

2023/7/4 三好建正, ゲリラ豪雨予測から予測科学へ, 株式会社 経営戦略研究所定期研修会, TCAT  
ホール(東京)

2023/7/10 三好建正, ビックデータ同化 ~ゲリラ豪雨予測から, 予測科学へ~, 株式会社ダイキン  
工業テクノロジー・イノベーションセンター

2023/7/14 Takemasa Miyoshi, Big Data Assimilation Revolutionizing Numerical Weather Prediction  
Using Fugaku, The 28th IUGG General Assembly (IUGG2023), Berlin, Germany

2023/11/8 三好建正, ビックデータ同化:ゲリラ豪雨予測から予測科学へ, 東京一水会令和5年11月  
度例会, 基調講演

2023/11/25 大石俊, 三好建正, 可知美佐子「アンサンブル海洋データ同化システムの開発」, 第60  
回日本航空宇宙学会関西・中部支部合同秋季大会, 大阪

2024/1/18 三好建正, ビックデータ同化:ゲリラ豪雨予測から予測科学へ, 慶應義塾大学自然科学研  
究教育センター講演会

2024/2/27 三好建正, ビックデータ同化:ゲリラ豪雨予測から予測科学へ, RESTEC(一般財団法人リ  
モート・センシング技術センター)月例講演会, オンライン

2024/3/12 三好建正, ビックデータ同化:「富岳」を使った30秒毎に更新するリアルタイム天気予報  
の東京オリンピック・パラリンピック期間中の実証実験, 第3回「富岳」成果創出加速プログラム研究  
交流会, アキバホール(東京)

2024/3/15 Takemasa Miyoshi, Advances and applications of satellite data assimilation of clouds,  
precipitation, and the ocean, DA Forum, University of Melbourne

2024/3/28 三好建正, データ同化研究の最先端と将来展望, 日本原子力学会2024年春の年会, (企画  
セッション計算科学技術部会), 近畿大学東大阪キャンパス

-口頭発表

2023/4/24 Takemasa Miyoshi, Celeste Saulo, Shigenori Otsuka, Juan Ruiz, Yanina Skabar, Arata  
Amemiya, Tomoo Ushio, Hirofumi Tomita, Tomoki Ushiyama, Masaya Konishi, PREVENIR: Japan-  
Argentina Cooperation Project for Heavy Rain and Urban Flood Disaster Prevention, EGU General  
Assembly 2023, Vienna, Austria

2023/5/17 三好建正, 気象災害に脆弱な人口密集地域のための数値天気予報と防災情報提供システ  
ムのプロジェクト(対象国:アルゼンチン), 日本気象学会 第2回国際協力研究連絡会, オンライン

2023/5/22 Ohishi, Shun, Yuki Kobayashi, Takemasa Miyoshi, 'Including cross correlations between  
the forecast and observation errors in the ensemble Kalman filter', Japan Geoscience Union Meeting  
2023, Chiba

2023/5/26 Takemasa Miyoshi, Advances and applications of satellite data assimilation of clouds,  
precipitation, and the ocean, Japan Geoscience Union Meeting 2023, Chiba

2023/7/13 Takemasa Miyoshi, Celeste Saulo, Shigenori Otsuka, Juan Ruiz, Yanina Skabar, Arata  
Amemiya, Tomoo Ushio, Hirofumi Tomita, Tomoki Ushiyama, Masaya Konishi, PREVENIR: Japan-  
Argentina Cooperation Project for Heavy Rain and Urban Flood Disaster Prevention, IUGG2023, Berlin,  
Germany

2023/7/13 Miyoshi, Takemasa, Sun, Qiwen, Terasaki, Koji, Maejima, Yasumitsu, From Predictability to Controllability: Control Simulation Experiment, The 28th IUGG General Assembly (IUGG2023), Berlin, Germany

2023/8/3 Takemasa Miyoshi, Celeste Saulo, Shigenori Otsuka, Juan Ruiz, Yanina Skabar, Arata Amemiya, Tomoo Ushio, Hirofumi Tomita, Tomoki Ushiyama, Masaya Konishi, PREVENIR: Japan-Argentina Cooperation Project for Heavy Rain and Urban Flood Disaster Prevention, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)2023, Singapore

2023/8/4 Takemasa MIYOSHI, Shun OHISHI, Jianyu LIANG, Rakesh Teja KONDURU, Shigenori OTSUKA, Shunji KOTSUKI, Koji TERASAKI, Atsushi OKAZAKI, Hirofumi TOMITA, Ying-Wen CHEN, Kaya KANEMARU, Masaki SATOH, Hisashi YASHIRO, Kozo OKAMOTO, Eugenia KALNAY, Takuji KUBOTA, Misako KACHI, Advances and Applications of Satellite Data Assimilation of Clouds, Precipitation, and the Ocean, AOGS2023, Singapore

2023/8/10 大石俊, 小林勇毅, 三好建正, 「予報誤差と観測誤差の相関を考慮したアンサンブルカルマンフィルター」, 第27回海洋データ同化夏の学校, 青森県むつ

2023/8/23 Takemasa Miyoshi, Qiwen Sun, Koji Terasaki, Yasumitsu Maejima, Chaos implies effective controllability of extreme weather, From Weather Predictability to Controllability: Control Simulation Experiment (CSE), 10th International Congress on Industrial and Applied Mathematics (ICIAM2023), Tokyo

2023/8/29 Kobayashi, Yuki, Shun Ohishi, Takemasa Miyoshi, 'Including cross correlations between the forecast and observation errors in the ensemble Kalman filter', IMT-Atlantique & Kyoto University & RIKEN joint Data Assimilation workshop, Kobe

2023/8/29 Jianyu Liang, Koji Terasaki, Takemasa Miyoshi, A machine learning approach to the observation operator for satellite radiance data assimilation, IMT-Atlantique & Kyoto University & RIKEN joint Data Assimilation workshop 2023

2023/8/30 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi 'LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA): A new ensemble ocean analysis dataset', 14th Data Assimilation workshop, Kobe

2023/8/31 Takemasa Miyoshi, Celeste Saulo, Shigenori Otsuka, Juan Ruiz, Yanina Skabar, Arata Amemiya, Tomoo Ushio, Hirofumi Tomita, Tomoki Ushiyama, Masaya Konishi, PREVENIR: Japan-Argentina Cooperation Project for Heavy Rain and Urban Flood Disaster Prevention, The 6th International Workshop on Nonhydrostatic Models (NHM-WS 2023)(The 25th Workshop on Nonhydrostatic Models), Sapporo

2023/9/1 Takemasa MIYOSHI, Toward efficient control of extreme weather events, The 6th International Workshop on Nonhydrostatic Models (NHM-WS 2023)(The 25th Workshop on Nonhydrostatic Models), Sapporo

2023/9/4 三好建正, 気象災害に脆弱な人口密集地域のための数値天気予報と防災情報提供システムのプロジェクト, SATREPS 国際共同シンポジウム「豪雨や洪水を予測 人々を災害から守れ!」, 東京

2023/9/26 大石俊, 三好建正, 可知美佐子, 「海洋アンサンブル解析プロダクト LORA:海面水温バイアスへの大気強制の影響」, 日本海洋学会 2023 年度秋季大会, 京都

2023/10/17 Takemasa Miyoshi, RIKEN Center for Computational Science, Toward efficient control of extreme weather events, ISDA2023, Bologna, Italy

2023/10/18 Jianyu Liang, Koji Terasaki, Takemasa Miyoshi, A Machine Learning Approach to the Observation Operator for Satellite Radiance Data Assimilation, 9th International Symposium on Data Assimilation, Kobe

2023/10/24 三好建正, Lorenz-96 モデルの極端現象の制御シミュレーション実験, 日本気象学会 2023 年度秋季大会, 仙台

2023/10/25 大石俊, 三好建正, 可知美佐子, 「海洋アンサンブル解析プロダクト LORA:海面水温バリエーションへの大気強制の影響」, 日本気象学会 2023 年度秋季大会, 仙台

2023/10/25 大石俊, 小林勇毅, 三好建正, 「予報誤差と観測誤差の相関を考慮したアンサンブルカルマンフィルタ」, 日本気象学会 2023 年度秋季大会, 仙台

2023/10/27 三好建正, 気象災害に脆弱な人口密集地域のための数値天気予報と防災情報提供システムのプロジェクト, SATREPS 防災分野年次報告会, オンライン

2023/11/9 Takemasa Miyoshi, Advances and applications of satellite data assimilation of clouds, precipitation, and the ocean, The Joint PI Meeting of JAXA Earth Observation Missions FY2023, Tokyo

2023/11/15 Takemasa Miyoshi, Arata Amemiya, Shigenori Otsuka, Yasumitsu Maejima, James Taylor, Takumi Honda, Hirofumi Tomita, Seiya Nishizawa, Kenta Sueki, Tsuyoshi Yamaura, Yutaka Ishikawa, Shinsuke Satoh, Tomoo Ushio, Kana Koike, and Atsuya Uno, Big Data Assimilation: Real-time 30-second-refresh Heavy Rain Forecast Using Fugaku during Tokyo Olympics and Paralympics, SC23, Denver, US

2024/1/23 Kotsuki, S., Kawasaki, F. and Ohashi, M.: Quantum Data Assimilation: A New Approach to Solve Data Assimilation on Quantum Annealers, RIKEN Data Assimilation Seminar, Kobe

2024/1/29 Takemasa Miyoshi, Shun Ohishi, Jianyu Liang, Rakesh Konduru, Shigenori Otsuka, Shunji Kotsuki, Koji Terasaki, Atsushi Okazaki, Hirofumi Tomita, Kaya Kanemaru, Satoh Masaki, Hisashi Yashiro, Kozo Okamoto, Advances and Applications of Satellite Data Assimilation of Clouds, Precipitation, and the Ocean, 104th AMS Annual Meeting, Hilton Baltimore Inner Harbor, US

2024/2/19 松岸修平・佐藤正樹「令和5年台風7号の降水に対する日本海海面水温の影響:NEXRAによるアンサンブル実験」令和5年度台風拡大事例検討会, 東京都

2024/2/20 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA): A new ensemble ocean analysis dataset', Ocean Sciences Meeting 2024, New Orleans, US

2024/2/23 三好建正, コンピュータの中にゲリラ豪雨を作る, 理化学研究所 科学講演会「地球の未来を考えよう!~研究者の"わくわく"が未来を紡ぐ~」, 日本科学未来館

2024/2/29 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA): A new ensemble ocean analysis dataset', The First NCU-RIKEN Joint Workshop on Data Assimilation for Severe Weather Prediction, Taoyuan, Taiwan

2024/3/1 Ohishi, Shun, Yuki Kobayashi, and Takemasa Miyoshi, 'Including cross-correlation between forecast and observation errors in the ensemble Kalman filter', The First NCU-RIKEN Joint Workshop on Data Assimilation for Severe Weather Prediction, Taoyuan, Taiwan

2024/3/1 Jianyu Liang, Koji Terasaki, Norihiko Sugimoto, Takemasa Miyoshi, "Developing Observation Operator for Satellite Radiance Data Assimilation Using Machine Learning", The First NCU-RIKEN Joint Workshop on Data Assimilation for Severe Weather Prediction, Taoyuan, Taiwan

2024/3/1 Jianyu Liang, Koji Terasak, Norihiko Sugimoto, Takemasa Miyoshi, "Analyzing the Instabilities in the Venus Atmosphere Using Bred Vectors", The First NCU-RIKEN Joint Workshop on Data Assimilation for Severe Weather Prediction, Taoyuan, Taiwan

2024/3/8 三好建正・大石俊・Jianyu Liang・Rakesh Teja Konduru・大塚成徳・Michael Goodliff・小槻峻司・寺崎康児・岡崎淳史・富田浩文・金丸佳矢・佐藤正樹・松岸修平・八代尚・岡本幸三・久保田拓志・可知美佐子・Eugenia Kalnay, 「雲・降水・海洋の衛星データ同化の高度化と応用」, 2023年度GPMおよび衛星シミュレータ合同研究集会, 名古屋大学

-ポスター

2023/5/22 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi 'Impact of atmospheric forcing on SST biases in the LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA)', Japan Geoscience Union Meeting 2023, Chiba

2023/5/23 Takemasa Miyoshi, Celeste Saulo, Shigenori Otsuka, Juan Ruiz, Yanina Skabar, Arata Amemiya, Tomoo Ushio, Hirofumi Tomita, Tomoki Ushiyama, Masaya Konishi, PREVENIR: Japan-Argentina Cooperation Project for Heavy Rain and Urban Flood Disaster Prevention, Japan Geoscience Union Meeting 2023, Chiba

2023/5/25 Takemasa Miyoshi, Experimental platform for design and advance evaluation of frequent satellite observations to innovate weather, ocean and land surface prediction, Japan Geoscience Union Meeting 2023, Chiba

2023/8/8 大石俊, 三好建正, 可知美佐子「Impact of atmospheric forcing on SST biases in the LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA)」, 第27回海洋データ同化夏の学校, 青森県むつ

2023/9/25 大石俊, 小林勇毅, 三好建正「予報誤差と観測誤差の相関を考慮したアンサンブルカルマンフィルタ」, 日本海洋学会2023年度秋季大会, 京都

2023/10/17 Takemasa Miyoshi, Celeste Saulo, Shigenori Otsuka, Juan Ruiz, Yanina Skabar, Arata Amemiya, Tomoo Ushio, Hirofumi Tomita, Tomoki Ushiyama, Masaya Konishi, PREVENIR: Japan-Argentina Cooperation Project for Heavy Rain and Urban Flood Disaster Prevention, ISDA2023, Bologna, Italy

2023/10/26 三好建正: マルチスケール極端気象予測を目指した「ビッグデータ同化」の研究, 第10回「富岳」を中核とするHPCIシステム利用研究課題成果報告会, 東京

2023/12/13 Takemasa Miyoshi, Shun Ohishi, Jianyu Liang, Rakesh Konduru, Shigenori Otsuka, Shunji Kotsuki, Koji Terasaki, Atsushi Okazaki, Hirofumi Tomita, Kaya Kanemaru, Satoh Masaki, Hisashi Yashiro, Kozo Okamoto, Advances and Applications of Satellite Data Assimilation of Clouds, Precipitation, and the Ocean, AGU23, Moscone Center (San Francisco), US

2023/12/13 Takemasa Miyoshi, Qiwen Sun, Serge Ricard, Yasumitsu Maejima, Lin Li, Koji Terasaki, control. Toward efficient control of extreme weather events, AGU23, Moscone Center (San Francisco), US

2023/12/20 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi 'A new ensemble ocean analysis dataset LORA (LETKF-based Ocean Research Analysis)', OIST-RIKEN Joint Workshop on Prediction Science, Okinawa

2023/12/20 Jianyu Liang, Koji Terasaki, Takemasa Miyoshi, A Machine Learning Approach to the Observation Operator for Satellite Radiance Data Assimilation, OIST-RIKEN Joint Workshop on

Predictive Sciences, Okinawa

2024/1/29 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'Impact of atmospheric forcing on SST biases in the LETKF-based Ocean Research Analysis', The 6th R-CCS International Symposium, Kobe

2024/1/31 Takemasa Miyoshi, Qiwen Sun, Serge Richard, Yasumitsu Maejima, Lin Li, Koji Terasaki, Taking advantage of Chaos for efficient control of extreme weather, 104th AMS Annual Meeting, The Baltimore Convention Center, US

-Web

[https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/LORA/index\\_j.html](https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/LORA/index_j.html)

## ● JSS 利用状況

### ● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	OpenMP
プロセス並列数	128 - 256
1 ケースあたりの経過時間	20 分

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.24

内訳

計算資源		
計算システム名	CPU 利用量(コア・時)	資源の利用割合※2 (%)
TOKI-SORA	6,569,009.72	0.30
TOKI-ST	0.00	0.00
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	0.00	0.00
TOKI-TST	0.00	0.00
TOKI-TGP	0.00	0.00
TOKI-TLM	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	0.00	0.00
/data 及び/data2	174,080.00	1.07
/ssd	0.00	0.00

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	0.00	0.00

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合

● ISV 利用量

ISV ソフトウェア資源		
	利用量(時)	資源の利用割合※2 (%)
ISV ソフトウェア(合計)	0.00	0.00

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合