

海洋衛星データ同化システムの構築検討

報告書番号：R24JR2402

利用分野：宇宙技術

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2024/26804/

● 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，堺 直樹

● 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

● 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

前年度に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用いて，北西太平洋および海大陸域で渦解像アンサンブル海洋解析プロダクト LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA) を作成し，JAXA-RIKEN 海洋解析ウェブサイトで公開した．このアンサンブルプロダクトの有用性を示すために，アンサンブル予測を行い，従来の決定論的予測と精度比較を行なった．その結果，日本南方の黒潮域において，アンサンブル予測の限界は 100-110 日で，決定論的予測の限界の 70-

80 日を 1 ヶ月ほど上回る結果になった。実際に 2017 年 8 月を初期値とした黒潮の流路を確認すると、アンサンブル予測を平均した流路は決定論的予測に比べて解析値により近かった (Fig. 1)。これらの結果をまとめて、現在国際誌に論文を投稿している (Ohishi et al. submitted)。

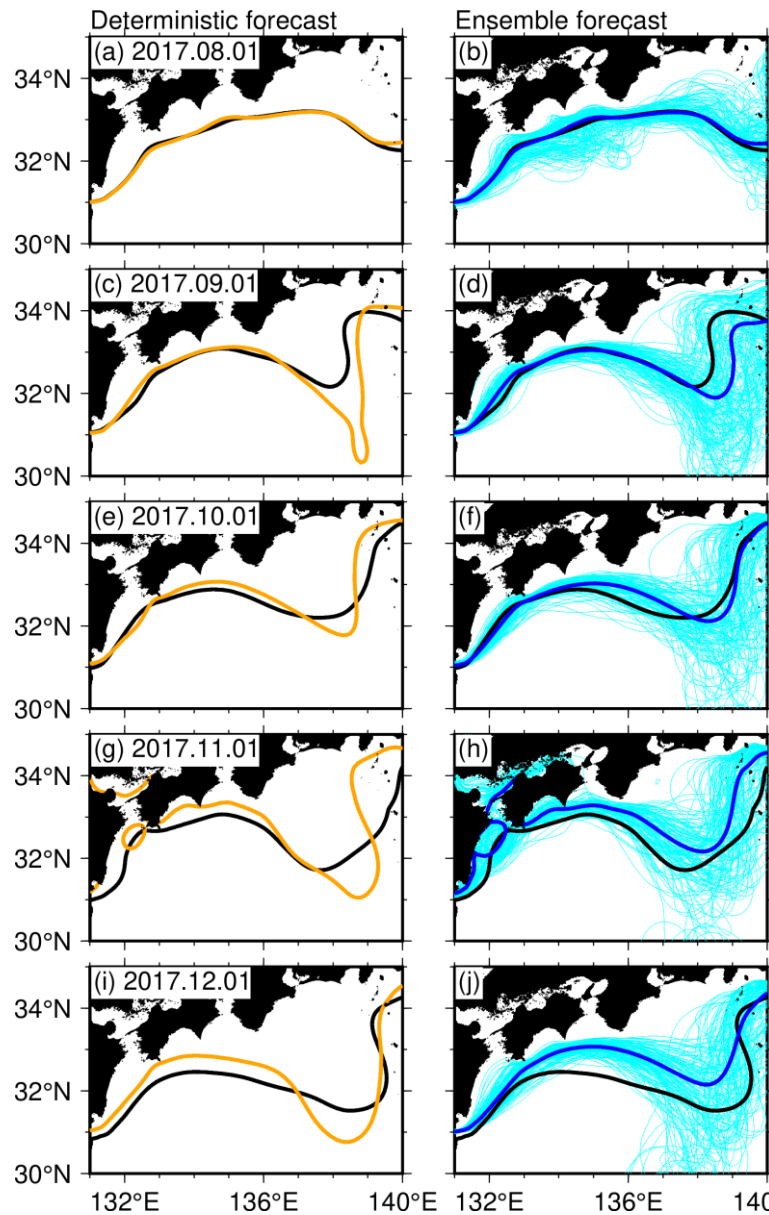


図 1: 2017 年 8 月 1 日を初期値とした (左側) 決定論的予測 (橙色), (右側) 128 メンバーのアンサンブル予測 (水色) およびアンサンブル平均予測 (青色) の黒潮の流路位置. 黒線は解析値の黒潮の流路位置. 黒潮の流路は日本南岸で最大流速を取る海面高度から見積もっている.

● 成果の公表

-査読付き論文

- Arakawa, T., Yashiro, H., Sumimoto, S., and Nakajima, K., 2025: Large Scale Ensemble Coupling of Non-hydrostatic Atmospheric Model NICAM. In Proceedings of the International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPCAsia '25). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, in press.
- Furukawa, K., H. Sakamoto, M. Ohhigashi, S. Shima, T. Sluka, and T. Miyoshi, 2024: Particle filter data assimilation for ubiquitous unstable trajectories of two-dimensional three-state cellular automata. Nonlinear Dyn., doi:10.1007/s11071-024-09803-5
- Li, L., J. Li, and T. Miyoshi, 2024: Chaos suppression through Chaos enhancement, Nonlinear Dyn(2024)., doi:10.1007/s11071-024-10426-z
- Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 2024: Impact of atmospheric forcing on SST in the LETKF-based ocean research analysis (LORA), Ocean Modelling, 189, 102357, doi:10.1016/j.ocemod.2024.102357
- Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, Takafusa Ando, Tomohiko Higashiuwatoko, Eri Yoshizawa, Hiroshi Murakami, and Misako Kachi, 2024, LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA) version 1.0, Geoscience Data Journal, 11, 995-1006, doi:10.1002/gdj3.271
- Ohishi, Shun, Yuki Kobayashi, Takemasa Miyoshi, 2025, Including cross-correlation forecast and observation errors in an ensemble Kalman filter, Monthly Weather Review, in press

-招待講演

- 2024/4/3 Takemasa Miyoshi, "Tokyo Olympics/Paralympics forecast experiment with phased array weather radar", Deepdive session at IMT Atlantique, Brest, France
- 2024/5/28 Takemasa Miyoshi, Every 30-second Phased Array Radar Data Assimilation Proven Effective for Short-range Convective Weather Forecast, The 8th WMO Workshop on the Impact of Various Observing Systems on Numerical Weather Prediction and Earth System Prediction, SMHI, Sweden (Keynote)
- 2024/6/18 Takemasa Miyoshi, "Big Data Assimilation: Real-time 30-Second-Refresh Heavy Rain Forecast Using Fugaku during Tokyo Olympics and Paralympics", Seminar, Central Weather Administration, Taiwan.
- 2024/6/19 Takemasa Miyoshi, "Toward next 100 years of data assimilation and numerical weather prediction", MSROC Centennial Celebration and Symposium, Central Weather Administration, Taiwan. Keynote.
- 2024/7/2 Takemasa Miyoshi, Big Data Assimilation Revolutionizing Numerical Weather Prediction Using Fugaku, 24th International Conference on Computational Science (ICCS2024), Malaga, Spain (Keynote)
- 2024/8/21 Takemasa Miyoshi, ビッグデータ同化：ゲリラ豪雨予測から予測科学へ, Big Data Assimilation Revolutionizing Numerical Weather Prediction Using Fugaku, IEEE 東京支部第 5 回講演会, オンライン
- 2024/9/17 Takemasa Miyoshi, Toward next 100 years of data assimilation and numerical weather

prediction, The CRC International Summer school 2024, Boltenhagen, Germany

2024/9/17 Takemasa Miyoshi, Toward efficient control of extreme weather events, The CRC International Summer school 2024, Boltenhagen, Germany

2024/11/28 三好建正, データ同化研究の最先端と将来展望, AI 技術利用に関するセミナー「ものづくりにおける AI の活用」, POWTEX2024 第 25 回国際粉体工業展, 東京

2025/1/29 Takemasa Miyoshi, Prediction Science: the fifth science integrating inductive and deductive sciences, ISDA Online

2025/2/26 三好建正, ゲリラ豪雨予報と金星大気, 理研第 16 回情報系研究会, オンライン

2025/3/6 Takemasa Miyoshi, Prediction Science: the fifth science integrating inductive and deductive sciences, ISEE Symposium Frontier of Space-Earth Environmental Research as Predictive Science, Nagoya University

2025/3/13 Takemasa Miyoshi, RIKEN's activities to integrate DA and AI/ML, DA Forum by University of Melbourne, Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia

-口頭発表

2024/04/16 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA): A new ensemble ocean analysis dataset', EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria

2024/4/24 大石俊, 三好建正, 可知美佐子「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の開発」, ISEE 談話会, 愛知県

2024/5/27 三好 建正, 大石 俊, Liang Jianyu, Konduru Rakesh Teja, 大塚 成徳, 小槻 峻司, 寺崎 康児, 岡崎 淳史, 富田 浩文, 金丸 佳矢, 佐藤 正樹, 八代 尚, 岡本 幸三, Kalnay Eugenia, 久保田 拓志, 可知 美佐子, Advances and Applications of Satellite Data Assimilation of Clouds, Precipitation, and the Ocean, Japan Geoscience Union Meeting 2024, Chiba(online)

2024/5/28 三好 建正, 大石 俊, 富田 浩文, 大塚 成徳, Taylor James, Liang Jianyu, Konduru Rakesh Teja, 佐藤 正樹, 松岸 修平, 小槻 峻司, 岡崎 淳史, 本田 匠, 岡本 幸三, 幾田 泰醇, 寺崎 康児, 八代 尚, 金丸 佳矢, 山崎 哲, A platform to design and pre-evaluate frequent satellite observing systems for innovating weather, ocean and land surface prediction, Japan Geoscience Union Meeting 2024, Chiba(online)

2024/5/30 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'Deterministic and Ensemble forecasts of Kuroshio south of Japan', Japan Geoscience Union Meeting 2024, Chiba

2024/6/20 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA): A new ensemble ocean analysis dataset', 14th International Workshop on Modeling the Ocean 2024, Sapporo

2024/6/27 Takemasa MIYOSHI, Yanina SKABAR, Shigenori OTSUKA, Arata AMEMIYA, Juan RUIZ, Tomoo USHIO, Hirofumi TOMITA, Tomoki USHIYAMA, Masaya KONISHI, Second Year Progress of PREVENIR: Japan-argentina Cooperation Project for Heavy Rain and Urban Flood Disaster Prevention, 2024 AOGS Annual Meeting, Alpensia Convention Centre, Pyeongchang, Korea

2024/7/18 Takemasa Miyoshi, Advances and applications of satellite data assimilation of clouds, precipitation, and the ocean, 11th workshop of International Precipitation Working Group(IPWG-11), Tokyo

2024/8/21 小林勇毅, 大石俊, 三好建正, 「予報誤差と観測誤差の相関を含む拡張アンサンブルカルマンフィルタ：未知の相関の推定」, 第 28 回海洋データ同化夏の学校, 青森

2024/8/22 大石俊, 三好建正, 可知美佐子, 「黒潮の決定論的予測とアンサンブル予測」, 第 28 回海洋データ同化夏の学校, 青森

2024/9/18 小林勇毅, 大石俊, 三好建正, 「予報誤差と観測誤差の相関を含む拡張アンサンブルカルマンフィルタ：未知の相関の推定」, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 東京

2024/9/19 大石俊, 三好建正, 可知美佐子, 「黒潮の決定論的予測とアンサンブル予測」, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 東京

2024/9/24 大石俊, 三好建正, 可知美佐子「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の開発」, ハビタブル日本サマースクール, 広島

2024/10/21 Takemasa Miyoshi, Kalnay Session, ISDA2024, Kobe

2024/10/22 Kobayashi, Yuki, Shun Ohishi, Takemasa Miyoshi, 'Including cross correlations between the forecast and observation errors in the ensemble Kalman filter', The 10th International Symposium on Data Assimilation, Kobe

2024/10/29 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA) in 2015–2023', 6th WCRP International Conference on Reanalysis, Tokyo

2024/11/18 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'Deterministic and Ensemble forecasts of Kuroshio south of Japan', OceanPredict Symposium 2024, Paris, France

2024/11/21 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA): A new ocean analysis', The Joint PI Meeting of JAXA Earth Observation Missions FY2024, Tokyo

2024/12/12 Miyoshi, T., Skabar, Y. G., Otsuka, S., Amemiya, A., Ruiz, J., Ushio, T., Tomita, H., Ushiyama, T., and Konishi, M, Third Year Progress of PREVENIR: Japan-Argentina Cooperation Project for Heavy Rain and Urban Flood Disaster Prevention.

American Geophysical Union Annual meeting, Washington, D.C., USA

2024/12/24 Takemasa Miyoshi, 予測科学/ Prediction Science, U Toyama-RIKEN Joint Workshop on Prediction Science Toyama

2025/1/16 Miyoshi, T., Skabar, Y. G., Otsuka, S., Amemiya, A., Ruiz, J., Ushio, T., Tomita, H., Ushiyama, T., and Konishi, M, Third Year Progress of PREVENIR: Japan-Argentina Cooperation Project for Heavy Rain and Urban Flood Disaster Prevention Conference Title: 29th Conference on Integrated Observing and Assimilation Systems for the Atmosphere, Oceans, and Land Surface (IOAS-AOLS) Meeting Title: 105th AMS Annual Meeting, New Orleans, USA

2025/3/19 Takemasa Miyoshi, "Introduction of Earth data assimilation", Workshop for Venus modelling and observations 2025, Paris, France

-ポスター

2024/4/15 Miyoshi, T., Skabar, Y. G., Otsuka, S., Amemiya, A., Ruiz, J., Ushio, T., Tomita, H., Ushiyama, T., and Konishi, M.: Second Year Progress of PREVENIR: Japan-Argentina Cooperation Project for Heavy Rain and Urban Flood Disaster Prevention, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria

2024/5/30 三好 建正, Skabar Yanina G., 大塚 成徳, 雨宮 新, Ruiz Juan, 牛尾 知雄, 富田 浩文, 牛

山 朋来, 小西 雅也, Second Year Progress of PREVENIR: Japan-Argentina Cooperation Project for Heavy Rain and Urban Flood Disaster Prevention, Japan Geoscience Union Meeting 2024, Chiba(online)

2024/5/30 Hirose, Naoki, Shuichi Watanabe, Shoichiro Kido, Shun Ohishi, Nariaki Hirose, Takashi Sakamoto, and Teiji In, 'Intercomparison and ensemble project of coastal ocean prediction models in Japan', Japan Geoscience Union Meeting 2024, Chiba

2024/9/17 中島知宙, 根田昌典, 大石俊「北太平洋亜熱帯モード水の南方への移流に伴う亜表層水温の鉛直構造変化」, 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 東京

2024/10/21 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA): A new ensemble ocean analysis', The 10th International Symposium on Data Assimilation, Kobe

2024/10/25 Takemasa Miyoshi, Advances and applications of satellite data assimilation of clouds, precipitation, and the ocean, ISDA2024, Kobe

2024/11/18 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'LETKF-based Ocean Research Analysis (LORA): A new ocean analysis', The Joint PI Meeting of JAXA Earth Observation Missions FY2024, Tokyo

2024/11/21 Takemasa Miyoshi, Advances and applications of satellite data assimilation of clouds, precipitation, and the ocean, Jaxa PI meeting, Tokyo

2024/12/23 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'Deterministic and Ensemble forecasts of Kuroshio south of Japan', U Toyama-RIKEN Joint Workshop on Prediction Science, Toyama

2025/1/23 Ohishi, Shun, Takemasa Miyoshi, and Misako Kachi, 'Deterministic and Ensemble forecasts of Kuroshio south of Japan', The 7th R-CCS International Symposium, Kobe

2025/3/7 大石俊, 三好建正, 可知美佐子, 「黒潮の決定論的予測とアンサンブル予測」, ハビタブル日本全体会議, 新潟県

● 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	4 - 384
1 ケースあたりの経過時間	30 分

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 2.23

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	60,653,386.22	2.78
TOKI-ST	1,435.63	0.00
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	14.98	0.01
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	0.83
/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