

GPM 全球降水マップのデータ同化手法の研究

報告書番号：R21JR0201

利用分野：宇宙技術

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2021/18277/>

● 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

第一宇宙技術部門 地球観測研究センター 久保田 拓志(kubota.takuji@jaxa.jp)

● メンバ

寺崎 康児, Yingwen Chen, 金丸 佳矢, 小槻 峻司, 八代 尚

● 事業概要

GSMaP, GPM/DPR やその他の衛星観測データを, 先端的のアンサンブルデータ同化手法により数値天気予報モデルに取り込み, 大気客観解析及びこれを初期値とした予報に改善をもたらすと共に, 衛星観測データと数値モデルの双方を活かした新たな降水プロダクト NEXRA(NICAM-LETKF JAXA Research Analysis)を作成する.

参考 URL: https://www.eorc.jaxa.jp/theme/NEXRA/index_j.htm

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

本研究では, 全球大気データ同化システム(NICAM-LETKF)による衛星観測データ同化及び予測計算を行うが, 大規模な全球大気モデル計算, 及び, アンサンブルデータ同化を行うために, JSS3 は必須である.

● 今年度の成果

局所アンサンブル変換カルマンフィルタ(LETKF)に, 粒子フィルタを導入する方法を調査した. 特に, 変換行列型の粒子フィルタに着目して各種調査を行い, 粒子フィルタの導入によって観測が疎な領域で改善傾向であることが分かった. 成果をまとめて Geoscientific Model Development 誌に論文を投稿した. また LETKF に, ハイブリッド背景誤差共分散を導入する手法を開発した. 通常 LETKF では観測誤差分散に対して局所化を適用するが, 本研究ではアンサンブル摂動に対して適用を試みた. その結果, ハイブリッド LETKF での最適な局所化距離は従来の LETKF でのよりも長いことを示した. 成果をまとめ, Monthly Weather Review 誌に論文を発表した.

(1) 気象情報データの高精細化:

水平解像度 112 km での気象情報提供は本年度(FY2021)の7月をもって終了しました。7月14日から水平解像度 14 km の気象情報提供が開始しました。このシステムは、1日4回、00/06/12/18 UTC を初期値とした5日予測気象情報を提供している。同時に、この14 km の気象情報システムは、台風など日本に災害をもたらすような天気現象が起きる際、アンサンブル予測実験を実施することが可能となりました。

(2) 研究プロダクトとしてのアンサンブル予測データ提供:

本年度(FY2021)の9月から一日一回(00UTC)に於けるアンサンブル予測データの作成を開始しました。アンサンブルサイズは5であり、予測期間は7日間となっています。これらのデータは水文関係者(Today's Earth projec)に提供しており、河川流量予測システム構築に役に立っています。

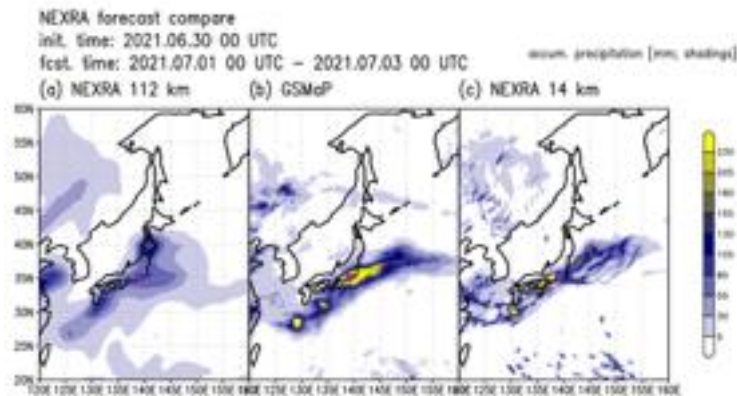


図 1: 2021年7月1日から3日にかけて関東地域に起きた大雨の予測比較. 初期時刻は2021年6月30日00UTCであり、2021年7月1日から3日までの累積雨量を示した図. (a)従来の112 km 解像度の予測結果, (b)GSMaPによる観測雨量, (c)新たに公開された14 km 解像度の予測結果. 解像度が高くなると、雨量のみならず、降水パターンもより観測結果に近づいて、精度が向上したことがわかりました。

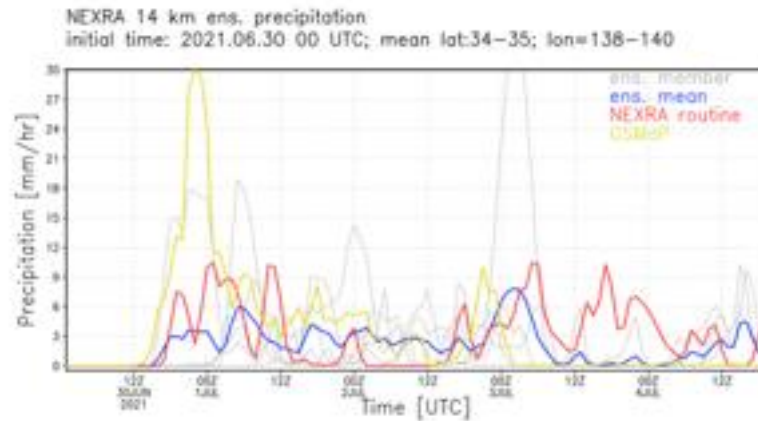


図 2: 2021 年 7 月 1 日から 3 日にかけて関東地域に起きた大雨をターゲットとしたアンサンブル予測(5 メンバー)の結果. 初期時刻は図 1 と同様に 2021 年 6 月 30 日 00UTC であり, 大雨が発生した関東地域(34-35°N; 138-140°E)での 5 日間の降水時系列. 黄色, 赤色, 青色, 灰色はそれぞれ GSMaP の観測雨量, 定常運用中の 14km NEXRA の予測雨量, アンサンブルにおける各メンバーの予測雨量, 青はアンサンブル予測の平均雨量. NEXRA の定常運用の予測雨量は全体的に低くなる傾向に対し, アンサンブル予測間の予測雨量のばらつきが大きい中, 7 月 1 日に発生した雨のピークをよく捉えたメンバーがあった. 今後, このようなアンサンブル情報を活用し, 災害発生時のリスク評価への応用を考えていく.

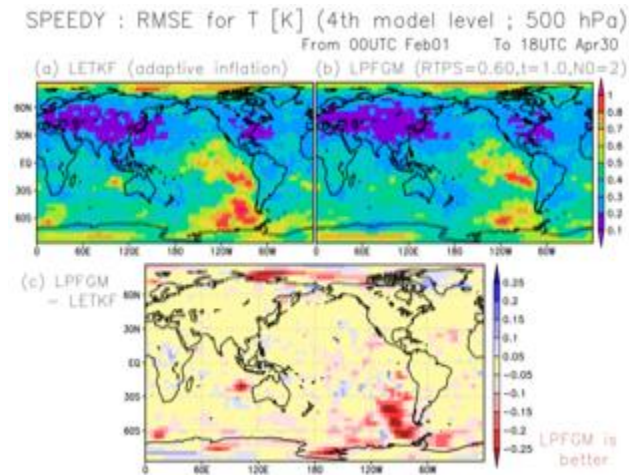


図3: SPEEDDY-LETKF と SPEEDY-LPFGM の RMSE の比較. LETKF と LPFGM はそれぞれ、現在 NEXRA で用いらている局所アンサンブル変換カルマンフィルタと、今回研究を進めた粒子フィルタの導入アルゴリズムを示す。ラジオゾンデ観測を模した実験であり、下のパネルは2つの実験の RMSE の差を示す。暖色は LPFGM が良い結果を示しており、粒子フィルタの導入により、特に観測が疎な領域で改善傾向であることが分かる。

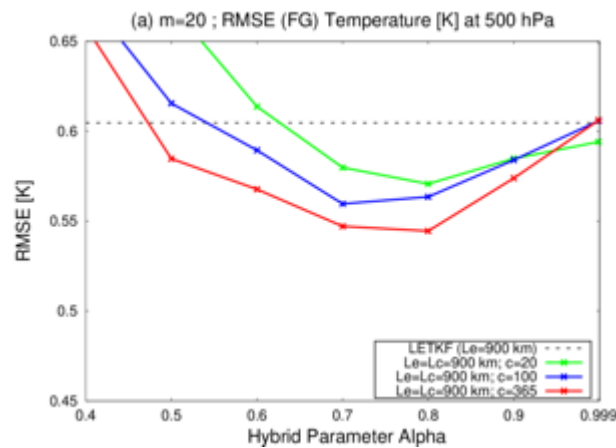


図4: SPEEDY-LETKF を用いて行ったモデル第4層の気温予測 RMSE. 点線はアンサンブル数20の LETKF 実験であり、緑線・青線・赤線はそれぞれ、気候項数を20, 100, 365としたときの Hybrid LETKF 実験を、ハイブリッドパラメータ α の関数として示している。Kotsuki and Bishop (2022)の Figure 7 より転載。

● 成果の公表

-査読付き論文

Kotsuki, S., and Bishop, H. C. (2022): Implementing Hybrid Background Error Covariance into the LETKF with Attenuation-based Localization: Experiments with a Simplified AGCM. *Mon. Wea. Rev.*, 150, 283-302. doi: 10.1175/MWR-D-21-0174.1

Miyoshi, T., K. Terasaki, S. Kotsuki, S. Otsuka, Y- W- Chen, K. Kanemaru, K. Okamoto, K. Kondo, G- Y- Lien, H. Yashiro, H. Tomita, M. Sato, and E. Kalnay, 2022: Enhancing data assimilation of GPM observations. In: Silas M. (Eds) Precipitation Science, Measurement Remote Sensing, Microphysics, and Modeling. Elsevier, 787-804. doi:10.1016/B978-0-12-822973-6.00020-2

Terasaki, K. and T. Miyoshi, 2022: Ensemble Kalman Filter Experiments at 112-km and 28-km Resolution for the Record-Breaking Rainfall Event in Japan in July 2018. In: Park S.K., Xu L. (eds) Data Assimilation for Atmospheric, Oceanic and Hydrologic Applications (Vol. IV). Springer, Cham. 525-542. doi:10.1007/978-3-030-77722-7_20

Terasaki, K., and T. Miyoshi, 2022: A 1024-Member NICAM-LETKF Experiment for the July 2020 Heavy Rainfall Event. 18A, 6-9(TBA), doi:10.2151/sola.18A-002

-招待講演

Takemasa Miyoshi, Weather Predictability and Data Assimilation: Perspectives Toward General Theory of Prediction, OIST-RIKEN Collaboration 1st Symposium: Green and blue planet -How can ecological research shape our future?, Okinawa, 2021/4/6

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, 進化型共生システムシンポジウム-未来の機械工学を考える-, オンライン, 2021/4/12

Takemasa Miyoshi, Seminar "Fusing Big Data and Big Computation in Numerical Weather Prediction", Fluid Mechanics Unit (Professor Pinaki Chakraborty) Seminar, Online, 2021/4/20

Takemasa Miyoshi, Big Data, Big Computation, and Machine Learning in Numerical Weather Prediction, 14th International Conference on Mesoscale Convective Systems and High-Impact Weather in East Asia (ICMCS-XIV), Online, 2021/4/30 "

Kotsuki, S., Terasaki, K., Satoh, M., and Miyoshi, T.: Ensemble-Based Data Assimilation of GPM DPR Reflectivity into the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM. JpGU 2021

Takemasa Miyoshi, Fusing Big Data and Big Computation in Numerical Weather Prediction, Data-Centric Engineering Webinar Series, Online, 2021/11/3

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, 2021 年度パナソニック総合技術シンポジウム(第 39 回)専門技術セッション, Panasonic Wonder Lab Osaka, 2021/12/3

三好建正, 数値天気予報の要:データ同化とその展望, 第 60 回玉城嘉十郎教授記念公開学術講演会, 京都大学, 2021/12/20

三好建正, 「富岳」を使ったゲリラ豪雨予報 2021 年夏季のリアルタイム実証実験, サイエントフィック・システム研究会科学技術計算分科会 2021 年度会合, オンライン, 2022/1/20

Kotsuki, S., and Bishop, H. C.: Implementing Hybrid Background Error Covariance into the LETKF with Attenuation-based Localization: Experiments with a Simplified AGCM.

データ同化ワークショップ

Takemasa Miyoshi, Enhancing Precipitation Prediction Algorithm by Data Assimilation of GPM Observations, PMM session of the joint PI meeting of JAXA Earth Observation Missions FY2021, 2022/1/12

三好建正, 「富岳」を使ったゲリラ豪雨予報~2021年夏季のリアルタイム実証実験~, 科学技術計算分科会 2021年度会合 富岳スペシャル 3.0~新時代の防災・減災~, 2022/1/20(オンライン)

三好建正, 【発表タイトル未定】 富岳 FORWARD 共に創る未来「トップランナーと語る「富岳」FORWARD」, 2022/3/10 オンライン

三好建正, 「新たな時代の気象科学-予測から制御へ(仮題)」無名塾(オンライン)2022/3/1
-口頭発表

三好建正, 台風予測に関わるデータ同化の今後の研究に関する議論, およびムーンショット提案紹介について, 今後の台風予測研究に関する研究会, オンライン, 2021/4/15

Takemasa Miyoshi, Takumi Honda, Arata Amemiya, Shigenori Otsuka, Yasumitsu Maejima, James Taylor, Hirofumi Tomita, Seiya Nishizawa, Kenta Sueki, Tsuyoshi Yamaura, Yutaka Ishikawa, Shinsuke Satoh, Tomoo Ushio, Kana Koike, Erika Hoshi, and Kengo Nakajima, Big Data Assimilation: Real-time Demonstration Experiment of 30-second-update Forecasting in Tokyo in August 2020, EGU2021, Online, 2021/4/26

三好建正, 30秒ごとの衛星データのリアルタイム活用への期待, 専門分科会 5「気象衛星ひまわり 8号・9号の利用とその後継衛星への要望」日本気象学会 2021年度春季大会, オンライン, 2021/5/19

三好建正, 数値天気予報における研究と現業の連携のあり方, 専門分科会 3「気象庁データを利用した気象研究の現状と展望」日本気象学会 2021年度春季大会, オンライン, 2021/5/20

Kotsuki, S., Oishi, K., and Miyoshi, T.: Improving the stability of the Local Particle Filter and Its Gaussian Mixture Extension: Experiments with an Intermediate AGCM. JpGU 2021

Takemasa Miyoshi, Improving Precipitation Prediction by Data Assimilation of GPM and Other Satellite Observations, Japan Geoscience Union Meeting, Online, 2021/6/3

Takemasa Miyoshi, Big Data Assimilation: Real-time Demonstration Experiment of 30-second-update Forecasting in Tokyo in August 2020, Japan Geoscience Union Meeting, Online, 2021/6/4

Takemasa Miyoshi, Experimental platform for design and advance evaluation of frequent satellite observations to innovate weather, ocean and land surface, Japan Geoscience Union Meeting, Online, 2021/6/4 "

Takemasa Miyoshi, Observing Systems Simulation Experiment (OSSE) Evaluating New Observing Systems Before Deployment, RCCS-cafe, Online, 2021/6/7

三好建正 「制御シミュレーション実験の方法論」気象制御可能性検討ワークショップ, Online, 2021/6/30

Takemasa Miyoshi, Big Data Assimilation: Real-time Demonstration Experiment of 30-second-update Forecasting in Tokyo in August 2020, Asia Oceania Geosciences Society virtual 2021 18th Annual meeting, Online, 2021/8/4

Takemasa Miyoshi, Improving Precipitation Prediction by Data Assimilation of Gpm and Other Satellite Observations, Asia Oceania Geosciences Society virtual 2021 18th Annual meeting, Online, 2021/8/4

三好建正, 「富岳」を使ったゲリラ豪雨予報, 2021年度シンポジウム「富岳」×極端気象予報~「富岳」による極端気象予報の新しい世界~, オンライン, 2021/9/4

Kotsuki, S., Oishi, K., and Miyoshi, T.: Improving the stability of the Local Particle Filter and Its Gaussian Mixture Extension: Experiments with an Intermediate AGCM. WCRP-WWRP Symposium on Data Assimilation and Reanalysis

Takemasa Miyoshi, Takumi Honda, Arata Amemiya, Shigenori Otsuka, Yasumitsu Maejima¹, James Taylor, Hirofumi Tomita, Seiya Nishizawa, Kenta Sueki, Tsuyoshi Yamaura, Yutaka Ishikawa, Shinsuke Satoh, Tomoo Ushio, Kana Koike, Erika Hoshi, and Kengo Nakajima, Real-time Demonstration Experiments of 30-second-update Forecasting in Tokyo in 2020 and 2021, WMO Joint WCRP-WWRP Symposium on Data Assimilation and Reanalysis, Online, 2021/9/17"

三好建正, 「富岳」を使ったリアルタイムのゲリラ豪雨予報, 日本気象学会 2021 年度秋季大会, 2021/12/8

三好建正, ビッグデータ同化と AI によるリアルタイム気象予測の新展開, 2021 年度 JST-理研 合同 AIP 公開シンポジウム, 2021/12/1(オンライン)

三好建正, 気象・海洋・陸面予測を革新する高頻度衛星観測網の設計事前評価プラットフォーム, 地球観測ワークショップ, オンライン, 2021/9/28

Ying-Wen Chen, 佐藤正樹, 寺崎康児, 小槻峻司, 三好建正, 久保田拓志: 気象予測システム (NEXRA)の現状, 第 23 回 非静力学モデルに関するワークショップ, 2021.10.28-29, online.

Ying-Wen Chen, Masaki Satoh, Koji Terasaki, Shunji Kotsuki, Takemasa Miyoshi, Takuji Kubota: 気象情報システム NEXRA の開発について, 2021 年度 GPM および衛星シミュレータ合同研究集会, 2022.3.3-4, online.

-ポスター

三好建正, 気象・海洋・陸面予測を革新する高頻度衛星観測網の設計事前評価プラットフォーム, 地球観測ワークショップ, オンライン, 2021/9/28

三好建正, 30 秒ごとの衛星データのリアルタイム活用への期待, 専門分科会 5 「気象衛星ひまわり 8 号・9 号の利用とその後継衛星への要望」 日本気象学会 2021 年度春季大会, オンデマンド講演(ポスター・スライドセッション)オンライン, 2021/5/20

三好建正, 数値天気予報における研究と現業の連携のあり方, 専門分科会 3 「気象庁データを利用した気象研究の現状と展望」 日本気象学会 2021 年度春季大会, オンデマンド講演(ポスター・スライドセッション)オンライン, 2021/5/20

三好建正, jh200062-NAH ゲリラ豪雨予測のリアルタイム実証実験, JHPCN 第 13 回シンポジウム, オンライン, 2021/7/9

J. Taylor, A. Okazaki, T. Honda, S. Kotsuki, M. Yamaji, and T. Miyoshi "Oversampling Reflectivity Observations from a Geostationary Precipitation Radar Satellite: Impact on Typhoon Forecasts within a Perfect Model OSSE Framework", AOGS, Online, August 2021

Kotsuki, S., Terasaki, K., Satoh, M., and Miyoshi, T.: Ensemble-Based Data Assimilation of GPM DPR Reflectivity into the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM. WCRP-WWRP Symposium on Data Assimilation and Reanalysis

三好建正, ゲリラ豪雨予報を目指した「ビッグデータ同化」の研究. 第 8 回 HPCI システム利用研究課題成果報告会, 2021/10/29. ポスター

三好建正, 令和 2 年 7 月豪雨に関する数値天気予報ビッグデータ同化実験, 第 8 回 HPCI システム利用研究課題成果報告会, 2021/10/29. ポスター

三好建正, 「富岳」を使ったりリアルタイムのゲリラ豪雨予報, 日本気象学会 2021 年度秋季大会, 2021/12/2, ポスター

Ying-Wen Chen, 寺崎康児, 小槻峻司, 佐藤正樹, 中野 満寿男, 三好建正, 久保田拓志, 金丸佳矢: JAXA スパコンを用いた気象予測システム(NEXRA)の現状, 気象学会 2021 年度春季大会, 2021.05.16-21, online.

Ying-Wen Chen, Masaki Satoh, Koji Terasaki, Shunji Kotsuki, Takemasa Miyoshi, Takuji Kubota: 気象情報システム NEXRA の開発現状について, 第 12 回データ同化ワークショップ, 2022.2.17, online.

Ying-Wen Chen, Masaki Satoh, Koji Terasaki, Shunji Kotsuki, Takemasa Miyoshi, Takuji Kubota: 雲システム解像気象情報システム NEXRA の開発及び大雨事例解析, 「富岳」成果創出加速プログラムシンポジウム・研究交流会「富岳百景」, 2022.03.14-15, online.

-Web

台風の強風予測を改善-もしも静止気象レーダ衛星があったら-(理化学研究所, 宇宙航空研究開発機構, 弘前大学)

(https://www.riken.jp/press/2021/20210707_1/index.html)

Chen Ying-Wen, 佐藤正樹, 久保田拓志, 可知美佐子, 小原慧一: 2021 年 7 月上旬の梅雨前線に伴う大雨:運用を開始した水平解像度 14 km 気象シミュレーションシステム(NEXRA)と「しずく」衛星による解析結果, <https://www.eorc.jaxa.jp/earthview/2021/tp210714.html>, 2021.07.14.

-その他

James Taylor, 理研桜舞賞(研究奨励賞)

● 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	1 - 2
1 ケースあたりの経過時間	12 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 2.36

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	56,115,148.07	2.73
TOKI-ST	0.22	0.00
TOKI-GP	781.61	0.52
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	2,110.00	2.10
/data 及び/data2	347,920.00	3.72
/ssd	1,000.00	0.26

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	31.16	0.21

※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