

大気環境シミュレーションとデータ同化

「富岳」成果創出加速プログラム「防災・減災に資する新時代の大アンサンブル気象・大気環境予測」

2021年度成果発表会

八代 尚（国立環境研究所） with テーマ3チーム

2022年3月11日

テーマ3 「先進的大規模データ同化」

全球3.5km1000アンサンブル
データ同化実験

富岳の可用性を実証

シミュレーション+データ科学のグランドチャレンジ

気象場・大気質を同時に同化する
システムの開発検証

気象予測と大気環境予測のシナジー効果
観測ビッグデータの更なる活用

高解像度・大アンサンブルによる
地球環境予測

温室効果ガス排出量の検証高度化
PM_{2.5}等の大気汚染予測性能向上

テーマ3 実施体制

大規模計算手法

国立環境研究所
理化学研究所

衛星データ同化

理化学研究所 千葉大学
気象研究所 宇宙航空研究開発機構

温室効果ガス

国立環境研究所
気象研究所

雲・エアロゾル

国立環境研究所 東京大学 (AORI)
気象研究所 九州大学 北海道大学 京都大学
中国科学院大気物理研究所

大気化学

海洋研究開発機構
国立環境研究所 気象研究所
NASA/JPL

水同位体

東京大学 (生研) 国立環境研究所

テーマ3の全体計画

令和2年度

- 高解像度・大アンサンブル実験の実現と性能評価、先進的大規模データ同化手法の基盤的開発
- 富岳の試行利用期間におけるランドチャレンジ実験（3.5kmメッシュ,1000メンバー）、HPCI第二階層を利用した大気場・温室効果ガス同時同化システムの開発

令和3年度

- 観測ビッグデータ・全球大アンサンブル同化による予測性能へのインパクト評価と課題の抽出・検討
- 気象・温室効果ガス結合同化システムの大アンサンブル(1000メンバー)実験、高解像度(14km)実験

令和4年度

- 先進的大規模データ同化によって得られた知見を社会実装するためのシステムプロトタイプ提示
- エアロゾル同化システムの大アンサンブル実験とその解析、大アンサンブルデータ同化に基づく温室効果ガス吸排出量の推定

Key Performance Indicator

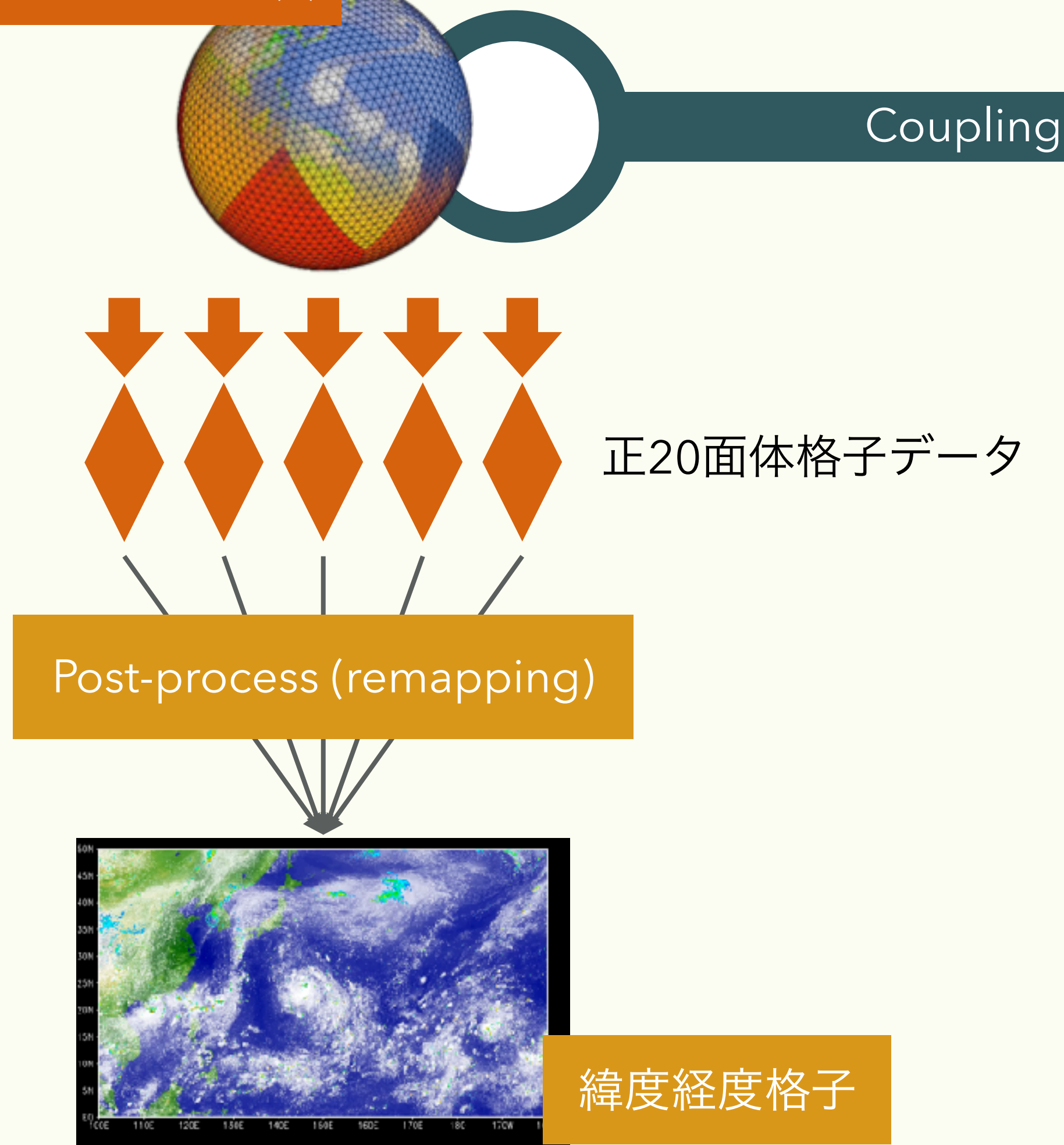
- 富岳を用いた全球水平3.5kmメッシュ、1024メンバーのアンサンブルデータ同化シミュレーションを実現する
- 全球14kmメッシュでの気象場+大気微量成分のアンサンブルデータ同化シミュレーションを実現する
- 全球56kmメッシュでの温室効果ガスの長期データ同化シミュレーションを実現する

テーマ3の今年度実施計画

- これまでに開発・最適化を進めた全球アンサンブルデータ同化システムNICAM-LETKFを用いて、気象・大気微量成分の両方を同化した1024メンバーアンサンブルデータ同化実験を実施する
- 水平14kmでの高解像度アンサンブルデータ同化実験を行い、計算結果を「短時間領域スケール予測」「全球スケール予測」で初期値境界値として活用する。
- エアロゾル・温室効果気体濃度のデータ同化シミュレーションにおいては、低解像度NICAM-LETKFを用いた5-10年スケールの長期実験を実施する。
- **水安定同位体比をトレーサとするデータ同化実験を行い、トレーサ分布と大気モデル内の雲降水過程の評価を行う。**
- シミュレーションをしながら格子系変換・ファイル出力する「結合IOコンポーネント」の高度化
- Ensemble Forecast Sensitivity to Observations (EFSO)のためのコンポーネントの計算最適化

大規模データ同化を支えるソフトウェア開発

Model Simulation(s)

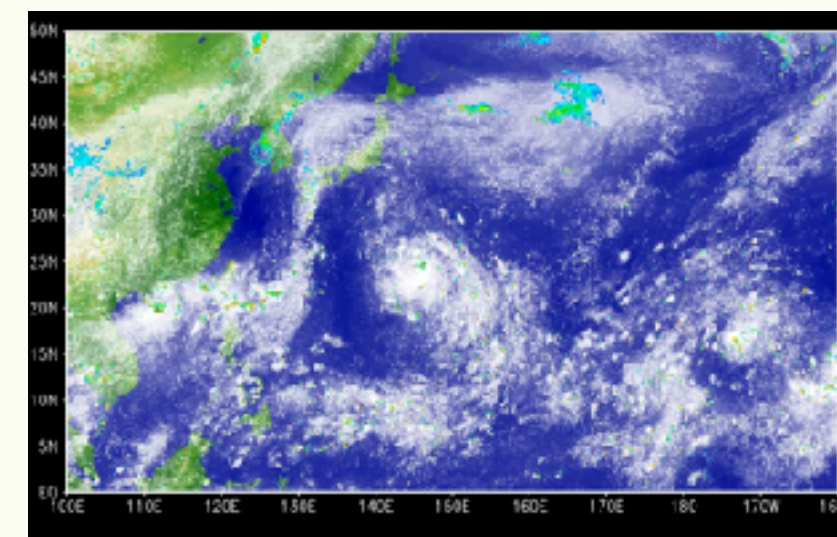


Coupling

collection,
remapping

I/Oノード

- シミュレーションをしながら格子変換とファイル出力を並行処理
- シミュレーションに必要なノード数の5%程度でOK



オンライン緯度経度出力の高度化

- MPI-IOでの出力に加え、NetCDF形式（気候・予報メタデータ規約準拠）での出力に対応
- 圧縮・書き出しの並列化についても検討中

ポスト「富岳」 へ向けたアクティビティ

計算科学ロードマップ 新版の執筆が進行中

- 日本の時期フラッグシップスーパーコンピュータの開発における検討資料として、2012年、2014年、2017年に公開されてきた
- 次期スパコンが活躍する頃に実現したいサイエンステーマと必要な計算環境について明らかにする
： 全球・領域の気象・気候、大気環境、大気・海洋の素課程モデリング、データ同化

日本気象学会2021年度秋季大会 専門分科会「気象・気候分野における計算科学研究の展望」

- 15件の口頭発表

計算科学研究連絡会の発足に向けて

- 日本気象学会の研究連絡会
- 計算機を活用した気象学・気候科学研究に焦点をあて、分野横断的な情報交換を推進することを目的とする

今年度成果リスト

査読論文 (抜粋)

- Cheng, Y., Dai T., Goto D., Murakami H., Yoshida M., Shi G., Nakajima T. (2021) Enhanced simulation of an Asian dust storm by assimilating GCOM-C observations, Remote Sensing, 13(15), 3020, <https://doi.org/10.3390/rs13153020>
- Dai T., Cheng Y., Goto D., Li Y., Tang X., Shi G., Nakajima T. (2021) Revealing the sulfur dioxide emission reductions in China by assimilating surface observations in WRF-Chem, Atmospheric Chemistry and Physics, 21, 4357-4379, <http://doi.org/10.5194/acp-2020-1259>
- Takashi Arakawa, Hisashi Yashiro, and Kengo Nakajima. 2022. Development of a coupler h3-Open-UTIL/MP. In International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPCAsia2022). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 72-83. DOI:<https://doi.org/10.1145/3492805.3492809> (Invited)
- Patra, P. K., M. C. Krol, R. G. Prinn, M. Takigawa, J. Mühle, S. A. Montzka, S. Lal, Y. Yamashita, S. Naus, N. Chandra, R. F. Weiss, P. B. Krummel, P. J. Fraser, S. O'Doherty, J. W. Elkins (2021): Methyl Chloroform continues to constrain the hydroxyl (OH) variability in the troposphere, J. Geophys. Res. Atmos., 126, doi:10.1029/2020JD033862
- 山下陽介, 谷本浩志, 小田知宏 (2022): グローバル・ストックテイクに向けた人為起源CO2排出量推定に貢献する衛星観測計画と大気輸送モデル開発の展望, 天気, , 天気, 69, 3-16
- Goto D., Uchida J. (2022) Uncertainty in Aerosol Rainout Processes Through the Case of the Radioactive Materials Emitted by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant in March 2011. Journal of the Meteorological Society of Japan, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2022-010>.
- Tanoue, M., H. Yashiro, Y. Takano, K. Yoshimura, C. Kodama, M. Satoh. Modelling water isotopes using a global non-hydrostatic model with explicit convection scheme: Comparison with a gridded dataset and site observations. submitted to JGR-A.

招待講演・ハイライト

- Yashiro, H., (2022) Challenges to large-scale weather/climate simulation for disaster prevention and mitigation. International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPCAsia2022), Jan. 12-14, 2022, online (Invited)
- 八代尚 (2021) 計算機システムと気象・気候分野のアプリケーションのデザイン:NICAM-LETKFの経験から, 日本気象学会2021年度秋季大会, 2021年12月, 三重 (招待講演)
- 佐藤陽祐 (2021) 気象雷モデルでの数値予報に向けたモデル改良の取り組み, 日本気象学会2021年度秋季大会, 2021年12月, 三重 (招待講演)
- 河合佑太 (2022) 高解像度大気計算における力学スキームの離散精度の影響に関する研究, 日本気象学会2021年度秋季大会, 2021年12月, 三重 (招待講演)
- Yashiro, H., K. Terasaki, Y. Kawai, S. Kudo, T. Miyoshi, T. Imamura, K. Minami, M. Nakano, C. Kodama, M. Satoh, and H. Tomita (2021) The NICAM 3.5km-1024 ensemble simulation: Performance optimization and scalability of NICAM-LETKF on supercomputer Fugaku, EGU general assembly, Apr. 29, 2021, online (Highlighted)

受賞

- 理研梅峰賞「富岳上での全球雲解像モデルと局所的アンサンブルカルマンフィルターによる大規模計算による天気予報システムの構築」：富田浩文・三好建正・八代尚・寺崎康児・河合佑太

プレスリリース

- 海洋研究開発機構ほか, 世界規模のロックダウンによる大気汚染物質の減少量と気候システムへの影響を算出, 2021年6月10日