

研究課題名：大陸から都市スケールでの大気質予測システムの開発と雲・エアロゾル相互作用研究

課題代表者：理化学研究所計算科学研究センター 八代 尚
 共同研究者：北海道大学大学院理学研究院 佐藤陽祐
 近畿大学総合社会学部 中田真木子
 気象庁気象研究所全球大気海洋研究部 梶野瑞王
 埼玉県環境科学国際センター 原 政之

実施年度：令和元年度～令和元年度

1. 研究目的

多くの人間の生活基盤である都市域において、詳細かつ精度の高い気象予測・大気環境予測を行うことは重要な課題の一つである。近年のスーパーコンピュータの計算性能の向上により、大陸スケールの越境大気汚染、メソスケールの気象現象、そして都市気象・都市大気環境を統合的に扱うことができるだけのコンピュータリソースが揃いつつあるが、シミュレーションモデル側では先進的な研究を行えるだけの十分なソフトウェア基盤が整っているとはいえない。本研究は、メソスケールから都市 LES スケールまでの空間解像度をカバーするエアロゾル・大気汚染物質予測システムを開発し、都市とそれを取り巻く地域の気象と大気環境を統合的に扱うための研究プラットフォームを構築することを目的とする。さらにこの予測システムを用いて、数百メートルから数十メートルの空間スケールでのエアロゾル・大気汚染物質と雲微物理、対流活動、また都市との相互作用に関する研究を推進する。

2. 研究計画

大気モデルには理化学研究所が主体となって開発された領域気象・気候モデル SCALE-RM(Nishizawa et al.,2015; Sato et al.,2015a; <http://scale.r-ccs.riken.jp/>)を用い、現実的な大気場を再現するために、解析初期値に

は LETKF を用いたアンサンブル同化システムを利用する。まず、アンサンブルデータ同化システム SCALE-LETKF をベースに、ネスティングによる領域大気質予測シミュレーションを可能にするためのシステム開発を行う。日本域をターゲットとしたエアロゾル予測シミュレーションを行ない、エアロゾル濃度と光学的なパラメータについて地上エアロゾル観測網と比較し、予測性能を検証するとともに問題点を明らかにする。さらに、モデル要素の高度化としてエアロゾルモデルの精緻化とエアロゾル—雲—放射フィードバックの実装を進める。都市モデルについては、現在導入されている単層都市キャノピーモデルを発展させ、多層都市キャノピーモデルの導入と都市気候の再現性検証を進める。

3. 進捗状況

これまでに、SCALE-LETKF 同化システムのベクトル機への移植とテストランを進めた。Lien et al.(2016)による準リアルタイム予測システムをベースに、東アジアのエアロゾル放出源を広くカバーするよう実験設定を行った。図1にアンサンブルデータ同化を行う第1ドメイン(14km 解像度)と、同化結果からダウンスケール実験を行う第2・第3ドメイン(それぞれ3.5km, 0.9km)を示す。また、図2に実時間およびシミュレー

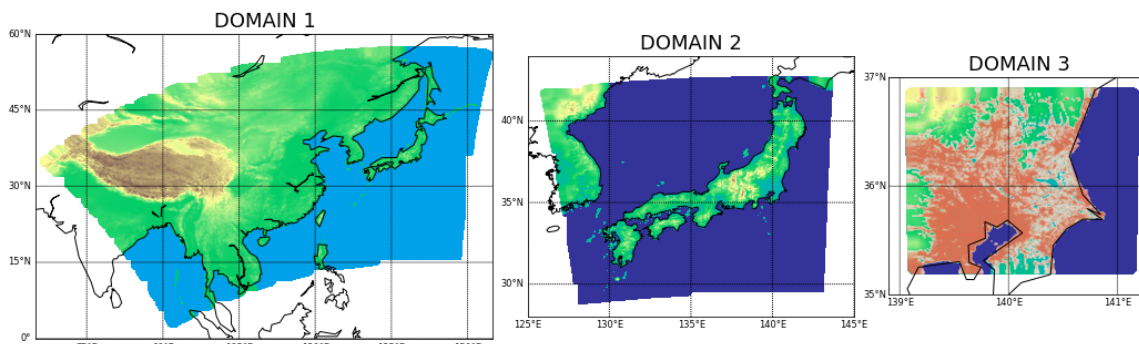


図1 大気質予測システムのドメイン設定。ドメインは実験設定に応じて関東圏あるいは近畿圏に設定する。また、ドメイン3で都市域と判定している地域を赤く表示している。

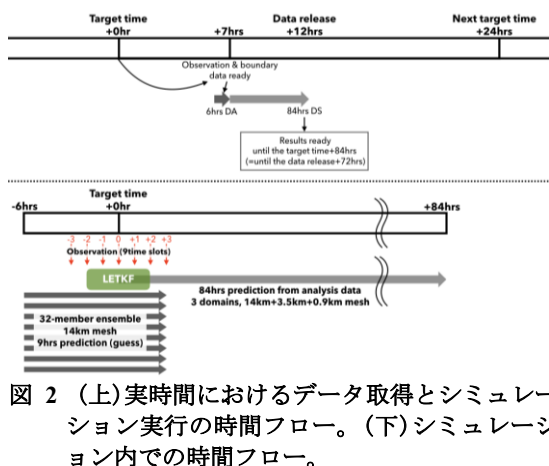


図 2 (上)実時間におけるデータ取得とシミュレーション実行の時間フロー。(下)シミュレーション内での時間フロー。

シミュレーション内の時間での実行フローを示す。第1ドメインの側面境界は NCEP が公開する全球モデル GFS の予報値または NICAM のシミュレーション結果によって与えることが可能である。ラジオゾンデや地上観測等での気象観測データは NCEP が公開する PREPBUFR を用いる。ターゲットとする時刻からおよそ7時間遅れて観測データと外部境界条件を取得し、データ同化と予測シミュレーションを実行し、実行完了の時点で72時間先までの予測結果が得られることを目標とする。

上記と並行して、気象モデル SCALE と、オフライン版領域気象化学モデル NHM-Chem (Kajino et al., 2019) とのインターフェースを開発し、領域化学輸送モデル SCALE-Chem を新たに構築した。モデルの妥当性を評価するために、福島原発事故に伴い放出された放射性セシウムの輸送・沈着計算のマルチモデル比較実験 (Sato et al., 2018) の追実験を行った。

計算の設定は Sato et al. (2018) のプロトコルに従い、水平 3km 間隔で共通の気象解析値とソースタームを用いた。図3に2011年3月の¹³⁷Csの積算沈着量の(a)航空機観測値と(b)SCALE-Chemの計算値を示す。モデルは、阿武隈山地、栃木・群馬山間部の沈着量と空間分布を良く再現していた一方で、他のモデルでも再現性が良くなかった福島県中通りの沈着量を過小評価していた。また、関東平野部の沈着量を過大評価した。SCALE-Chemによって計算された沈着量の絶対値とその空間分布は観測値をおおむね再現し、Sato et al. (2018) に示される他の数値モデルと比較しても遜色ない結果を示した。

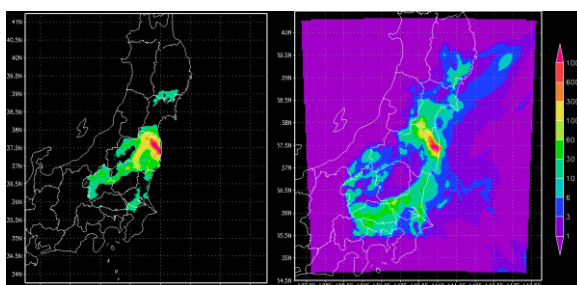


図 3 (a) 航空機による福島原発事故由来¹³⁷Csの総沈着量の観測値(モデル格子に内挿した結果)。(b)2011年3月の¹³⁷Cs積算沈着量の計算値。いずれも単位は[kBq/m²]。

4. 今後の計画

大気微量成分の再現性に着目したデータ同化システム、予測システムの検証と改善を引き続き行う。SCALE-Chemについては、¹³⁷Csの沈着量の他のモデルや観測値との定量的比較やプロセスの詳細な検討から、本モデルの特性やその改良点を明らかにする。また、¹³⁷Cs以外の対流圏の主要微量気体やエアロゾル成分の再現実験を行い、領域から都市スケールでのモデル評価と現象解析を進めていく。加えて、まだ着手していない都市モデルの精緻化について開発を進める。

参考文献

- Nishizawa, S. et al., *Geosci. Model Dev.*, 8, 3393-3419, doi:10.5194/gmd-8-3393-2015, 2015
- Sato, Y. et al., *Prog. Earth Planet. Sci.*, 2, 23, doi:10.1186/s40645-015-0053-6, 2015
- Lien, G.-Y. et al., *SOLA*, 13, 1-6, doi:10.2151/sola.2017-001, 2017
- Kajino, M. et al., *J. Meteor. Soc. Japan*, 97(2), 337-374, doi:10.2151/jmsj.2019-020, 2019.
- Sato, Y. et al., *J. Geophys. Res.*, 123, 11,748-11,765, doi:10.1029/2018JD029144, 2018.

5. 計算機資源の利用状況 (2019年4月1日～2019年11月30日)

実行ユーザ数: 5

CPU 時間 v_deb: 0.00 hours, v_32cpu: 0.00 hours, v_96cpu: 0.00 hours, v_160cpu: 0.00 hours, 計: 0.00 hours