

研究課題名：エアロゾルデータ同化を活用した大気汚染予測システムの構築

課題代表者：国立環境研究所地域環境研究センター 五藤大輔

共同研究者：国立環境研究所地域環境研究センター 菅田誠治

国立環境研究所地球環境研究センター 八代 尚・Shi Chong

State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences Tie Dai, Yueming Cheng

Vrije Universiteit Amsterdam, Faculty of Earth and Life sciences Nick Schutgens

九州大学応用力学研究所 弓本桂也

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3年度

1. 研究目的

大気汚染は環境問題として捉えられてきたが、近年では、地球温暖化を抑制するために、対策効果が比較的早急に現れると期待される短寿命気候因子（Short-Lived Climate Pollutant: SLCP）として国際的にも注目されている。本課題では、環境と気候問題の鍵となる大気汚染物質の時空間分布をより精度良く予報するために、エアロゾルデータ同化手法を導入した大気汚染予測システムの開発を目的とした。これと同時に、大気汚染予測の初期値として作成されるエアロゾルプロダクトを高解像度の再解析データと位置付け、他の科学的研究に役立てることも目的とした。これらのデータはエアロゾルや海色・陸域植生のリモートセンシングの初期値やアプリオリとして役立つようなデータセットとしても利用できる。その他の目的として、NICAM-Chem のモデル改良を継続的に行うことである。母体モデルの再現性がデータ同化結果のパフォーマンスに大きく影響をするため、より高精度で大気汚染を予測するためには、継続的なモデル改良は必須である。一方で、大気汚染予測の高精度化のため、マルチモデルアンサンブル法の導入を目指し、NICAM-Chem とは異なる領域スケールモデルである SCALE-Chem をスパコン上でも効率的に稼働させ、その精度向上を図る。

2. 研究計画

本研究で利用する数値モデルは、我々が開発してきた全球から都市レベルの空間スケールを高解像度でシームレスにカバーすることができる NICAM-Chem を主とする。より高精度のエアロゾル初期値作成のために、気象静止衛星ひまわり 8 号、極軌道衛星 SGLI/GCOM-C・CAI2/GOSAT2・CALIOP/CALIPSO な

どの衛星プロダクトを利用したエアロゾルデータ同化を行う。これにより、観測のみ、あるいは、モデルのみでは得られない高精度のエアロゾル分布を導出する。同時に、NICAM-Chem モデル素過程等の改良も継続して進める。これらの組み合わせによって、より高精度の大気汚染予測システムの構築を目指す。また、NICAM-Chem では十分に対応しきれない都市スケールの大気汚染物質シミュレーションが得意な SCALE-Chem のモデル改良も行うことで、マルチモデルアンサンブルによる予測誤差の減少に向けたシステム設計に繋がることを期待される。

3. 進捗状況

これまで NICAM-Chem を用いて、気象静止衛星ひまわり 8 号から得られたエアロゾル光学的厚さ（Aerosol Optical Thickness: AOT）や極軌道ライダー搭載衛星 CALIOP/CALIPSO から得られたエアロゾル消散係数（AOT の鉛直分布情報）の観測量を用いて、局所アンサンブルカルマンフィルター（Localized Ensemble Transform Kalman Filter: LETKF）によるエアロゾルデータ同化を行ってきた。今年度は、2017 年に打ち上げられた GCOM-C 極軌道衛星に搭載された SGLI センサーによって得られた AOT を用いて、新しいエアロゾルデータ同化に着手した。解析対象は 2018 年 3 月で、この事例ではサハラ砂漠で発生したダストがアジアまで到達した。その結果、同化に用いていない独立観測データとの検証も行ったところ、サハラ砂漠のダストがアジアに到来することが再現でき、データ同化自体はうまく稼働することが確かめられた。しかし、SGLI から得られる AOT にまだ不確実性があり、

JAXA 衛星リトリーバルチームと連携をしながら、高度化を図る予定である (図 1)。

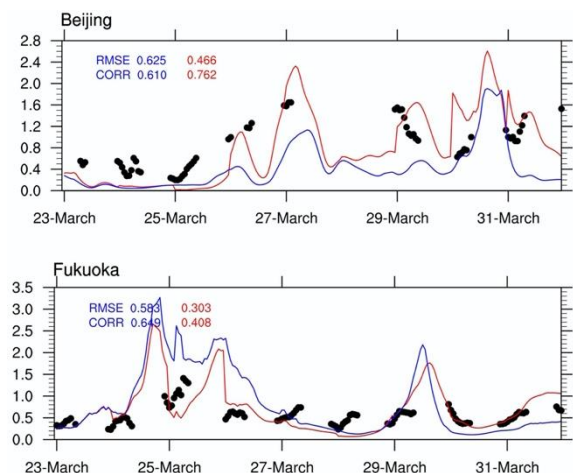


図 1. GCOM-C/SGLI によって得られた AOT を同化した NICAM の AOT の時系列変化。結果は 2018 年 3 月が対象であり、北京 (上) と福岡 (下) での比較結果である。黒点が AERONET 地上観測結果、青線がデータ同化なしの NICAM の結果、赤線がデータ同化ありの NICAM の結果。

また、今年度より開始した所内公募課題 A (代表: 五藤大輔) と連動をして、エアロゾルだけではなく、短寿命気体についても計算対象として取り扱い始めた。エアロゾルと短寿命気体の両方を陽に計算する NICAM-Chem では、エアロゾルのみ考慮した NICAM-Chem よりも計算コストが倍以上必要となることから、現行の SX-Aurora で計算可能な解像度を見積もったところ、利用可能なノードを最大限用いても、全球解像度 56km となることがわかった。NICAM-Chem で計算された短寿命気体はまだ検証が不十分であるため、今年度は NICAM-Chem を全球解像度 56km で 6 年間積分を行い、5 年間分の対流圏オゾンなどの短寿命気体のモデル結果の検証を行った。本発表では独立した観測データを用いた比較結果を提示する。

最後に、新しい領域化学輸送モデル SCALE-Chem (モデル解像度は 5km) のモデル検証を行った。モデル検証は、2020 年 3 月に長野県伊那盆地を対象として行われた DRAGON J-ALPS 集中観測で得られたエアロゾル観測情報を利用した。その結果、観測期間に得られた代表的なエアロゾル ($PM_{2.5}$) 高濃度事例は、SCALE-Chem でも概ね再現することがわかった (図 2)。特に伊那盆地のような山に囲まれた地域でのエアロゾ

ル再現は、元来非常に難しいものであるが、今回用いた SCALE-Chem では盆地付近での局地的な気象現象が再現されたことにより、 $PM_{2.5}$ 濃度が概ね再現できた。

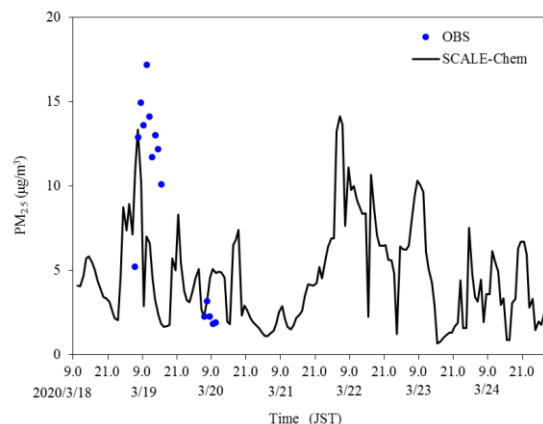


図 2. 2020 年 3 月 18 日から 24 日までの $PM_{2.5}$ 地上濃度。結果は黒先が SCALE-Chem のシミュレーション結果で、青丸が観測結果。

4. 今後の計画

これまでにエアロゾルデータ同化で利用した様々な衛星データを複合的に用いて、より観測結果に近い AOT を得て、大気汚染予測計算に役立てる。また、NICAM-Chem で計算可能な短寿命気体に関するモデル検証を十分に行った後、TROPOMI による短寿命気体の衛星データを用いて同化に着手する。SCALE-Chem による領域計算の精度を上げつつ、長野県伊那盆地において局地的な発生源が大陸からの越境汚染かを分離することを目指し、大気汚染の影響評価を行いたい。

5. 計算機資源の利用状況 (2020 年 4 月 1 日 ~ 11 月 30 日)

実行ユーザ数: 12

VE 時間積 v_debug : 1.68 hours, v_normal : 57,803.21 hours, 計: 57,804.88 hours, (全体の VE 時間積に対する占有率: 6.5%)