

研究課題名：GOSAT および GOSAT-2 衛星のデータ解析に関わるエアロゾル・モデルシミュレーション

課題代表者：宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター 中島映至

共同研究者：国立環境研究所地域環境研究センター 五藤大輔

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

東京大学大気海洋研究所 鈴木健太郎・堀田陽香

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

九州大学応用力学研究所 及川栄治

実施年度：平成 30 年度～平成 30 年度

1. 研究目的

2009 年に環境省が打ち上げた GOSAT ミッションでは、フーリエ分光放射計 (TANSO-FTS) を利用して、二酸化炭素のカラム平均濃度 (X_{CO_2}) やメタンのカラム平均濃度 (X_{CH_4}) を測定している。また、その後継機として GOSAT-2 衛星が計画されている。これらの衛星受信分光放射輝度のデータにはエアロゾルの影響が含まれており、その除去が二酸化炭素量の導出精度の向上に不可欠である。また、GOSAT-2 衛星では、雲・エアロゾルイメージャー (TANSO-CAI) を強化した TANSO-CAI-2 が搭載され、新たにエアロゾルによる大気汚染の監視が目的として加わった。従って、これらのデータ解析にとって必要なエアロゾル情報を適切に計算するエアロゾルモデリングシステムが求められている。

2. 研究計画

GOSAT ミッションでは、TANSO-FTS の短波長赤外域 (SWIR) から X_{CO_2} や X_{CH_4} を導出する際に、全球エアロゾル輸送モデル MIROC-SPRINTARS のエアロゾルの 3 次元分布がアプリオリデータとして利用されている。

また、GOSAT-2 ミッションでは、非静力学正 20 面格子大気モデル NICAM を用いたエアロゾルや大気微量成分のシミュレーション結果が、 X_{CO_2} や X_{CH_4} 、エアロゾルのリトリーバルの際のアプリオリデータとして利用される予定である。

そこで、本研究では、エアロゾル輸送モデル SPRINTARS が結合されている MIROC や NICAM のエアロゾル輸送過程の改良やエアロゾルデータ同化システムの開発を継続している。これにより、 X_{CO_2} と X_{CH_4} の測定精度の向上や TANSO-CAI によるエアロゾルの光学的厚さ (AOT) の測定精度の向上に寄与する。

3. 進捗状況

前年度は、全球大気モデル NICAM にストレッチ格子法を東アジア (特に日本) に適用し、高解像度領域大気汚染物質シミュレーションを行った (Goto et al., 2018)。その結果、2014 年 10 月に打ち上げられた静止衛星ひまわり 8 号の AHI センサーによって得られたエアロゾル光学的厚み (Aerosol Optical Thickness; AOT)

に近い値をモデルでも再現することが確認できた。特に、2016 年 5 月 18 日に日本に到来した大規模なシベリア森林火災起源の越境エアロゾルは、NICAM で非常によく捉えることができた。しかし、2016 年 5 月の 1 ヶ月平均で見ると、NICAM とひまわりの AOT の相関係数が 0.4 以上の良い相関である空間割合が 50% を下回り、NICAM がひまわりの AOT を十分に再現できていないこともわかった。そこで本研究では、LETKF (Hunt et al., 2007; Miyoshi and Yamane, 2007) をエアロゾルデータ同化手法 (Schutgens et al., 2012) に拡張し、それを NICAM に導入したモデル (Dai et al., 2014) を用いて、NICAM のエアロゾル分布再現性の向上を目指した。

本研究では、NICAM のエアロゾルデータ同化に、ひまわりの AOT を用いて、全球を対象にしたエアロゾルシミュレーションを行った。対象期間は 2016 年 11 月とした。水平解像度は全球 220km とした。またエアロゾルデータ同化のアンサンブル数は 20 とした。モデル結果を検証するために、極軌道衛星 MODIS の米国海軍研究所 (United States Naval Research Laboratory; NRL) と地上観測網 AERONET の結果を用いた。

これまでのエアロゾルデータ同化では、MODIS-NRL による全球 AOT を 6 時間毎に用いていたが、本研究では静止衛星ひまわりが観測することができる局所的な AOT (Kikuchi et al., 2018) を 1 時間毎に用いることにした。静止衛星ひまわりの AOT が高時間分解能で得られる利点を生かし、エアロゾルデータ同化の際の時間窓 (T-window) の設定の仕方の影響を同時に評価するため、T-window を 1, 6, 24 時間とし、そのばらつきにも着目した。

その結果、ひまわりの AOT を同化することによって、ひまわりの AOT に近い値が得られ、従来とは異なる領域に適用したエアロゾルデータ同化手法がうまく稼働することが確かめられた (図 1)。エアロゾルデータ同化によって、特に中国東岸ではモデルが過大評価していたのが抑制され、ベンガル湾でモデルが過小評価していたのが改善された。次に、同化に用いた観測データとは独立した AERONET 地上観測データによって、モデルを検証した (図 2)。その結果、ひまわりの AOT でエアロゾルデータ同化を行うことで、AERONET で観測された AOT 値に近づいたことがわかった。また、T-Window を 1,6,24 時間でとった計算

結果の差はあまり大きくないことから、計算コストの観点からすると T-window が 24 時間の場合が最も効率的な手法であることもわかった。なお、これらの結果は現在、投稿中である。

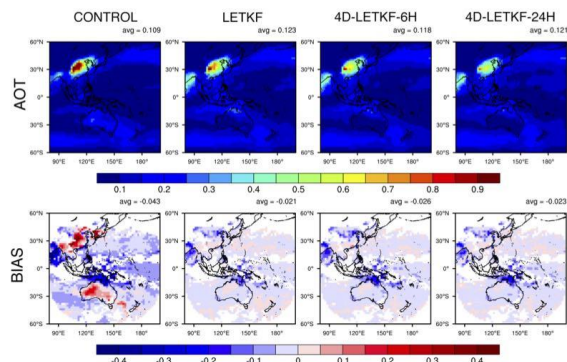


図 1. 2016 年 11 月における AOT 分布。(a) は NICAM でエアロゾルデータ同化なしの計算結果、(b)-(d) は NICAM にひまわり 8 号の AOT でエアロゾルデータ同化をして計算結果。上段は AOT 値で、下段はひまわりの AOT との差 (バイアス) を示す。

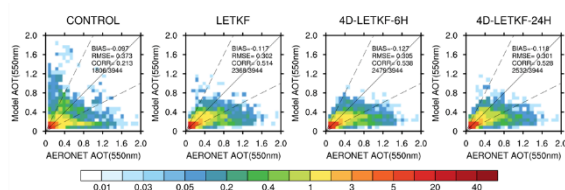


図 2. 2016 年 11 月における AOT に関して、NICAM によるエアロゾル計算の結果と AERONET 観測値との相関比較結果。(a) は NICAM でエアロゾルデータ同化なしの計算結果、(b)-(d) は NICAM にひまわり 8 号のエアロゾル光学的厚さ (AOT) でエアロゾルデータ同化をして計算結果。図の横軸は同化には用いていない独立して得られた AOT 観測値で、縦軸はモデル値である。

参考文献

- Dai T. et al., (2014) *Environ. Poll.*, 195, 319-329.
 Goto D., et al. (2018), *Atmos. Res.*, accepted.
 Hunt B. et al. (2007), *Phys. D.*, 230, 112-126.
 Kikuchi M. et al. (2018), *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 56(6), 3442-3455
 Miyoshi T. and Yamane S. (2007) *Mon. Weather Rev.*, 135, 3841-3861.
 Schutgens N.A.J., et al. (2010) *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 2561-2576.

4. 今後の計画

地表面反射率の変化が大きい陸上や海岸線付近の領域でエアロゾルの推定が精度良く行える MWPM 法が開発された (Hashimoto and Nakajima, 2017)。現在、TANSO-CAI やひまわり 8 号の観測データから MWPM 法を用いたエアロゾルのリトリーブが進められている。それらの AOT のデータを用いて、NICAM および MIROC を継続して検証およびデータ同化を行うことにより、高精度・高分解能のエアロゾルの時空間分布を推定する。得られたエアロゾルデータは GOSAT-2 衛星のアプリオリデータとして利用することにより、XCO₂、XCH₄、AOT の推定精度向上が期待される。

参考文献

- Hashimoto M., and Nakajima T. (2017), *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 6347-6378

5. 昨年度終了研究課題名

GOSAT および GOSAT-2 衛星のデータ解析に関わるエアロゾル・モデルシミュレーション

6. 計算機資源の利用状況 (2017 年 10 月 1 日 ~ 2018 年 11 月 30 日)

実行ユーザ数: 7

CPU 時間 v_deb: 1,404.31 hours, v_32cpu: 3.79 hours, v_96cpu: 57,567.17 hours, v_160cpu: 13,832.18 hours, 計: 72,807.45 hours