

エアロゾルデータ同化に向けた衛星観測データセットの構築

西澤智明¹、神慶孝¹、日暮明子¹、清水厚¹、谷本浩志¹、五藤大輔¹

¹国立環境研究所 (〒305-0053 茨城県つくば市小野川 1 6-2)

Construction of satellite observation data set for aerosol data assimilation

Tomoaki NISHIZAWA¹, Yoshitaka JIN¹, Akiko HIGURASHI¹,
Atsushi SHIMIZU¹, Hiroshi TANIMOTO¹, and Daisuke GOTO¹

¹National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki-ken, 305-0053

Abstract: In this study, we are constructing an integrated satellite observation dataset of air pollutants, mainly aerosol data, with a primary focus on its use for data assimilation. For the initial analysis, aerosol products from AHI/Himawari (Japan), MODIS/Aqua (USA), and CALIOP/CALIPSO (USA), and trace gas products from Tropomi/Sensinet-5P (Europe) were used to create 6-hour 1-degree grid and 3-hour 0.5-degree grid data for the year 2019. Testing and refinement of the results into the assimilation system, and feedback and refinement of the above data sets are underway. In this presentation, we will report on the dataset creation methodology and the datasets constructed.

Key Words: Satellite observation, CALIPSO, aerosol, assimilation

1. はじめに

国立環境研究所において、大気汚染予測モデル NICAM-Chem や VENUS を用いたモデル開発研究等が進められてきた。その中で、モデル自体の不確実性は依然として高く、エアロゾル場、特にその鉛直分布を観測データによって補正（同化）する必要があると示唆された。データ同化手法の導入・開発は海外で精力的に行われている。一方、国内においても進められているが、より一層の活発化が期待されている。

このような状況下で、大気化学物質監視を主眼として静止衛星 GEMS（韓国）が 2020 年に打ち上げられた。更に米国（TEMPO）や欧州（Sentinel-4）がそれに続き、全球を網羅する静止化学衛星網が世界で初めて構築される。これら静止衛星群による高時間分解能データの同化利用は、大気汚染予測精度の劇的な向上を促すと期待されている。また、これら静止衛星群と共に、極軌道衛星による大気化学物質の観測データも活用することで、観測領域や観測物理量等の補完・拡充ができる。一方、複数の衛星センサー（ないしプロダクト）を利用する場合、センサー毎に異なる時空間分解能、データ形式、品質等を取り扱う難しさや煩雑さが利用の妨げとなる。よって、これらを一元化し統合したデータセットの構築はユーザービリティの向上につながる。そこで本研究では、データ同化を主眼とし、エアロゾルデータを中心とした大気汚染物質の統合衛星観測データセットの構築を進めている。

2. 対象とした衛星観測データ

現在運用されている、静止衛星のひまわり（日本）、そして極軌道衛星の Aqua（米国）、CALIPSO（米国）の 2018 年以降のエアロゾルデータの統合を進めている。また、合わせて微量気体成分として Sentinel-5P（欧州）からの O₃、NO₂、SO₂ の気柱積算量データの統合化も進めている。全球から領域スケールを空間シームレスに取り扱える NICAM-Chem モデルを用いたデータ同化研究も同時に進められており、本データセットを導入することが予定されている。

AHI/ひまわり、MODIS/Aqua からは光学的厚さ（AOT）やオングストローム係数といったエアロゾル気柱積算量データを、そして CALIOP/CALIPSO からは消散係数の高度分布等のエアロゾルデータを用いる。AHI からは Level2（L2ARP）ないし Level3（L3ARP hourly）公開データを、MODIS からは Level 2 公開データ（MYD04_L2_C061）を利用する。CALIOP からは、環境研・気象研・九州大学の共同研究で開発されたアルゴリズムを用いて Level1 データ（減衰係数後方散乱係数データ）から推定されたエアロゾル消散係数データを用いる^[1]。

3. エアロゾルデータセットの構築

3.1 グリッドデータの構築

まず、各衛星プロダクトに対して、全球グリッドデータの作成を行った。モデル同化利用の観点から、6

時間 1 度グリッド毎および 3 時間 0.5 度グリッド毎の 2 つのグリッドデータの作成を進めている (図 1)。各衛星データの品質保証フラグ (QA フラグ) を利用し、雲の擾乱や品質の低いデータを除去しグリッド平均を行った。各衛星プロダクト間には信号ノイズ、アルゴリズム、推定時利用データ (地表面反射等) 等の相違に伴うバイアスが内在することが予期される。図 2 に、作成したグリッドデータを用いた AHI に対する MODIS の AOT プロダクトのスキュープロットの例を示す。データは概ね直線に乗り良い整合性が見られる。一方で、直線回帰式は、 $AOT(MODIS) = 0.86 \times AOT(AHI) + 0.00$ となり若干バイアスが内在していることも示している。そこで、一月毎のデータに対して上記の線形回帰を行い、衛星間データのバイアスを低減しデータを均質化することとした。CALIOP データに対しても同様に行い、MODIS を基準とした均質化を測っている。

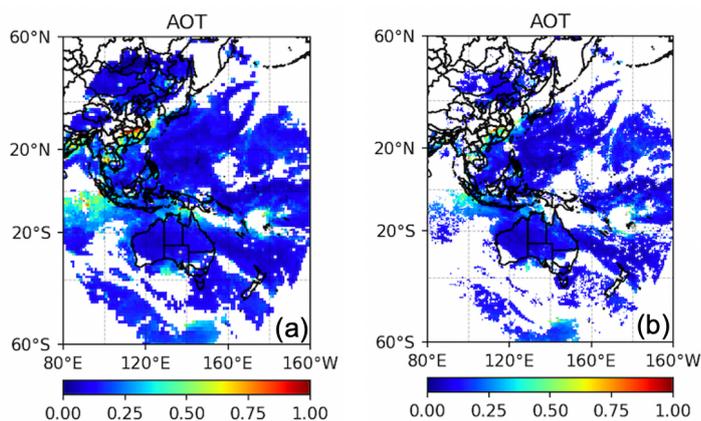


Fig.1 2019年10月5日のAHIエアロゾルプロダクトを用いて作成した AOT(550nm) のグリッドデータ。
(a) 6時間1度グリッドデータ。00-06UTCデータを用いた。
(b) 3時間0.5度グリッドデータ。00-03UTCのデータを用いた

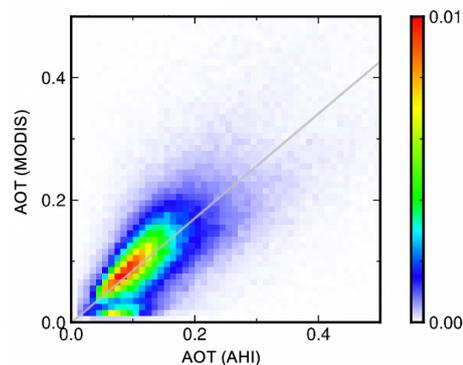


Fig.2 2019年10月の1ヶ月間のAHIおよびMODISの AOTグリッドデータを用いた頻度分布図。図中の直線は回帰直線で $AOT(MODIS) = 0.86 \times AOT(AHI) + 0.00$

3.2 データマージ

同時・同グリッドに複数プロダクトデータが存在するケースが発生する。そういったグリッドでは、サンプル数や推定誤差に応じた重みをつけて平均化するなどのデータマージ法が検討されており²⁾、本研究でも検討を進めている。そこでまずはプリミティブな方法を取りデータセットの構築を図った。具体的には、AHI データがある場合は AHI データを採用し、次に MODIS データがある場合は MODIS データを採用するとした。図 3 に統合したデータセットの例を示す。(当然のことではあるが) MODIS と AHI データを統合することでデータ網羅領域が増大する。CALIOP により網羅できる水平領域は小さいが、MODIS や AHI では困難な夜域や極域をカバーできることはアクティブセンサーの強みといえる。AHI データと MODIS データの切り替わる領域 (東経 90 度近傍) では、3.1 のデータ均質化の効果もあり、ギャップは抑制されており、データは概ね良好につながっていることが見て取れる。

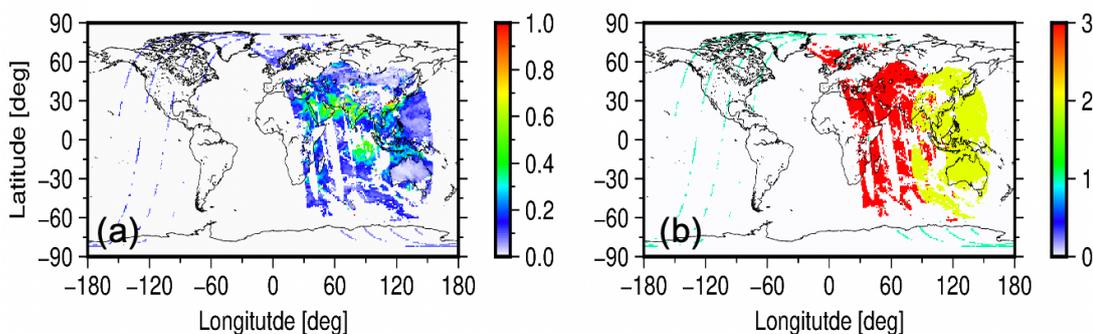


Fig.3 AHI, MODIS, CALIOPのAOT(550nm)が統合された全球マップ(a)と使用された衛星センサーデータ分布図 (b)。2019年10月5日の00UTC-06UTCデータが用いられている (6時間1度グリッドデータ)。(b)では、(赤) MODIS (黄) AHI (緑) CALIOPを示している

4. まとめ

衛星エアロゾルデータを用いた全球統合データセット構築を進めており、その初期結果について述べた。データの集積、品質の低いデータの除去、グリッドデータセットの構築とデータマージといった一連の処理システムを構築した。上記システムを用いた 2019 年の一年分のデータの解析が終了しており、データ同化システムによるテスト解析とその精査が進められている。

一方で、構築した上記解析システムはまだ開発の途上であり、品質の低いデータの除去やデータマージ手法の高度化が必要とされている。また、本研究の発展として、他の衛星データの統合化 (GCOM-C, GOSAT 2 など) も検討すると共に、地上ネットワーク観測データ (AD-Net, AERONET, SKYNET) の統合化も視野に入れている。

4. 参考文献

- [1] Nishizawa et al.: J. Rem. Sens. Soc. Japan, 39 (2019) 215-224.
- [2] Sogacheva et al.: Atmos. Chem. Phys., 20 (2020) 2031-2056.

謝 辞

本研究は、国立環境研究所所内公募研究費の助成の下で実施されている。