報　道　発　表　資　料
平成２９年９月４日
気　象　研　究　所
九　州　大　学

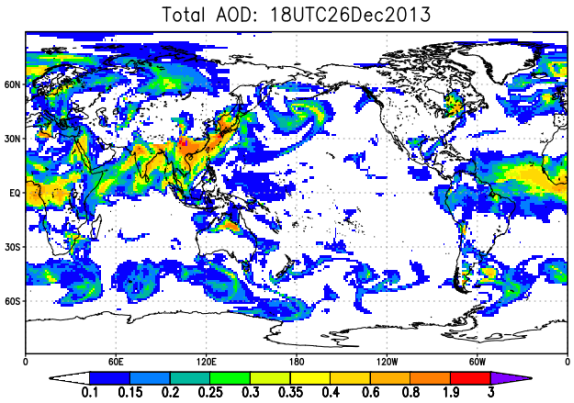
黄砂やPM2.5などの大気浮遊粒子状物質（エアロゾル）に関する再解析データセットを開発
−気候・健康等への影響評価の高精度化に期待−

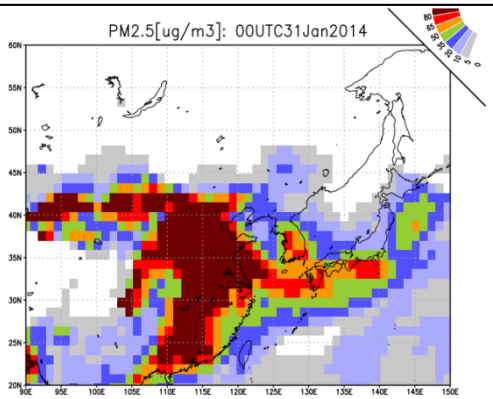
黄砂やPM2.5[注1)]などに代表される大気中を浮遊する粒子状物質（エアロゾル）は，地球の放射収支や雲降水過程に作用して気候変動や天候に大きな影響[注2)]を及ぼす他，呼吸器系疾患など健康へのリスク[注3)]が議論されています。エアロゾルの気候・健康影響を精度よく評価するためにはエアロゾルの時空間変動を正確に再現することが不可欠です。しかしながら、エアロゾルの発生源は多岐にわたること、濃度分布の変動が大きいことなどからエアロゾル分布の再現は困難でした。

気象庁気象研究所と九州大学の研究グループ（代表者：弓本桂也，九州大学応用力学研究所准教授）は，同研究所で開発している全球エアロゾル輸送モデル（MASINGAR）[注4)]に，新たにデータ同化技術[注5)]を導入し，衛星観測から得られたデータを組み込むことで，高精度で欠損のない過去5年分の全球エアロゾル再解析データセット[注6)]の作成に成功しました。また，地上の観測データと比べることで，作成したデータセットが，従来のモデルのみを使った研究に比べ，エアロゾルの時空間変動の再現性が大幅に向上していることを確認しました。

本研究で作成されたデータセットには，黄砂やPM2.5等の地上付近重量濃度，エアロゾルの光学的厚さ[注7)]，地上・海上への沈着量分布などが含まれており，webページを通じて研究コミュニティーに広く公開する予定です。気候・天候影響への定量的な評価、疫学研究を通じた健康影響調査，海洋生物循環に代表される生態影響の評価など，エアロゾルに関する様々な研究に広く活用され，各分野の問題点の解決と精度向上をもたらすことが期待されます。また、本研究で開発したデータ同化技術は、気象庁が行う黄砂予測にも適用される予定です。視程の悪化による交通機関への影響や、洗濯物や車の汚れなど、日々の生活に影響を与える黄砂の予測精度向上が期待されます。

本成果は，欧州地球科学連合の専門誌「Geoscientific Model Development」に9月4日21時（日本時間）に掲載される予定で，欧州地球科学連合のHighlighted articleに選出されました。





（参考図）
2013年12月26日18時(世界標準時)のエアロゾル光学的厚さ[注7)]（全球，左図)と2014年1月31日0時(世界標準時)の地上付近のPM2.5重量濃度分布（東アジア拡大，右図）の例。開発した全球エアロゾル再解析データセットでは，エアロゾルの時空間分布を6時間間隔で入手することができる。

【本件に関するお問い合わせ先】
・気象庁気象研究所企画室（広報担当）
電話:029-853-8535
E-mail:ngmn11ts@mri-jma.go.jp
・九州大学　応用力学研究所　准教授　弓本　桂也(ゆみもと　けいや)
電話:092-583-7772　FAX:092-583-7774
E-mail:yumimoto@riam.kyushu-u.ac.jp

■ 背景

黄砂や森林火災といった自然活動，化石燃料の燃焼などの人間活動によって大気中に放出される粒子状物質（エアロゾル）は，地球の広い範囲に分布し，地球システムに大きな影響を及ぼしています。例えば，大気放射を散乱・吸収することで地球の放射収支に影響を与えること、雲核となって雲降水過程に関わることにより，気候変動や天候に大きな影響[注2)]を与えている一方，近年，エアロゾルによる大気汚染はPM2.5[注1)]という単語で広く認知されるようになり，呼吸器・循環器系疾患などその健康リスク[注3)]が懸念されています。また、海洋に沈着されたエアロゾルは栄養塩として海洋生物循環に影響を与えていることが知られています。

このようなエアロゾルの様々な影響を定量的に，正しく評価するためには，エアロゾルの時空間分布（エアロゾルがいつ，どこに，どのくらい存在していたか）を正確に見積もる必要があります。しかし，エアロゾルの発生源が自然・人間活動など多岐にわたること，二酸化炭素やメタンといった温室効果気体と比べて大気中での寿命が短くその濃度分布の変動が大きいことなどから，エアロゾルの時空間分布を数値モデルおよび観測データ単独で精度よく再現することは難しく，気候や健康影響などの正確な評価を困難にしていました。

■ 研究成果

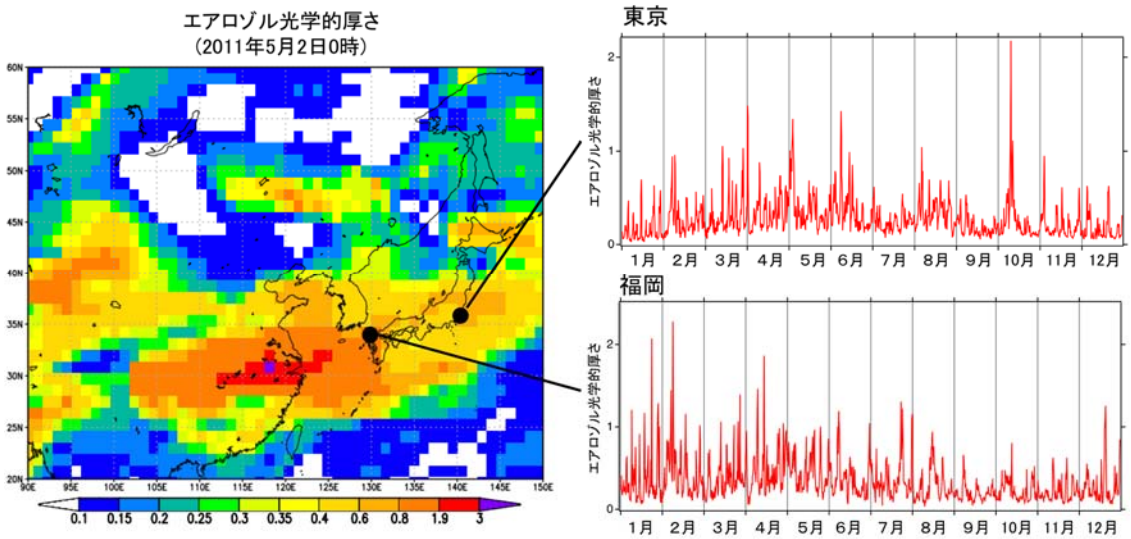
研究グループでは，全球エアロゾル輸送モデル[注4)]に新たにデータ同化技術[注5)]を導入し，衛星観測（Terra、Aqua 衛星に搭載された MODIS（Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer））から得られたエアロゾル分布の情報と数値シミュレーションを融合することで，精度が高く欠損の無い全球エアロゾル再解析データセット[注6)]の開発を行いました。

開発されたデータセットには，以下で示すようなエアロゾルの情報が，緯度経度約１度間隔のグリッドボックス上に６時間間隔でデジタルデータとして整備されており，任意の場所・時刻のエアロゾル（PM2.5）濃度，エアロゾル光学的厚さ[注7)]，沈着量などを知ることが出来ます。図１にデータセットの例を示します。

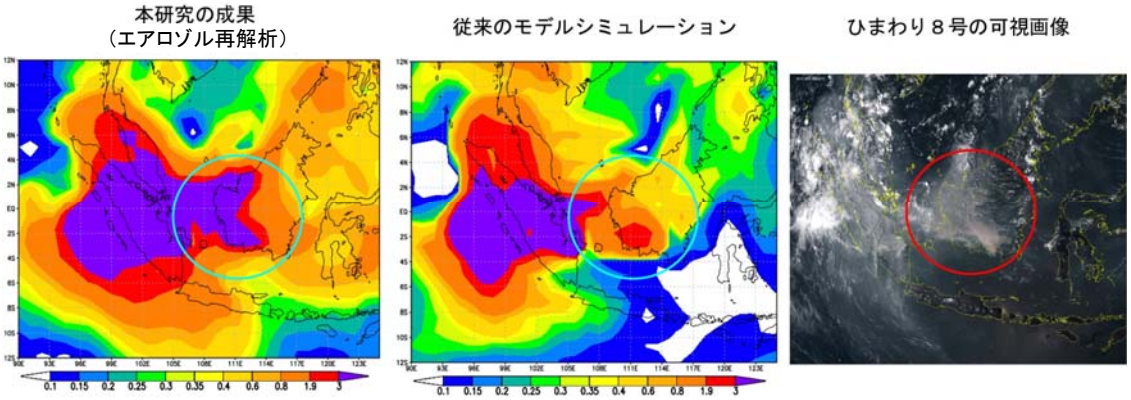
全球エアロゾル再解析データセットの諸元

データセットの期間：2011 年 1 月 1 日から 2015 年 12 月 31 日（5 年間）
データの空間解像度：緯度経度約 1 度
データの時間解像度：6 時間
公開されるデータの例

- ✓ PM2.5，PM10 の地上付近濃度分布
- ✓ 各エアロゾル（黄砂，海塩粒子，黒色炭素，有機炭素，硫酸塩）の３次元濃度分布
- ✓ 各エアロゾルのエアロゾル光学的厚さの２次元分布
- ✓ 各エアロゾルの２次元沈着量分布



(図1)2011 年 5 月 2 日 0 時(世界標準時)のエアロゾル光学的厚さの分布(東アジア拡大，左図)。右の2枚の図は東京および福岡付近でのエアロゾル光学的厚さの時間変化。開発した全球エアロゾル再解析データセットではエアロゾル時空間分布の情報がデジタルデータとして整備されており，エアロゾルの情報(PM2.5 の濃度や沈着量，エアロゾル光学的厚さ)などを任意の時刻と場所で取り出すことが出来る。



（図2）2015 年 10 月 24 日 6 時(世界標準時)のエアロゾル光学的厚さの分布（東南アジア）。左図：本研究で開発した全球エアロゾル再解析データセットの結果，中図：従来のモデルシミュレーションの結果。右図：ひまわり8号によって撮影された可視画像（白い領域は雲，灰色または薄い灰色が泥炭火災で発生した煙霧）。

図２に，大規模泥炭火災発生時の東南アジアでのエアロゾルの分布を示します。2015 年は東南アジアの泥炭地帯で大規模な森林火災が継続的に発生し，マレーシア，インドネシア，シンガポールを中心に深刻な煙害に襲われました。ひまわり８号によって撮影された可視画像（右図）にも，スマトラ・ボルネオ両島を覆う泥炭火災起源の煙霧（ヘイズ）が捉えられています。この煙霧の分布は本研究で開発した全球エアロゾル再解析データセット（左図）でも再現されています。特に，従来のモデルシミュレーション（中央の図）では再現することができなかった，ボルネオ島周辺の非常に濃い煙霧（図中円内）を再現することに成功しました。

また，作成したデータセットに対して，独立した観測データを用いた客観的な精度検証も行っています。米国 NASA が全球に展開する観測ネットワーク（AERONET）で得られたエアロゾル光学的厚さ[注7)]を用いた精度検証を行ったところ，本研究で作成したデータセットは平均二乗誤差が 0.08，相関係数が 0.90 となり，従来のモデルのみの結果に比べて，それぞれ 33.3%，18.4%改善していることが確認されました。

■ データ公開と期待される波及効果

開発したデータセットは web ページを通じて研究コミュニティーに広く公開する予定です。本データセットは、

- エアロゾルの放射・雲過程を通じた気候・天候影響への定量的な評価
- 数値天気予報モデルの精度向上（エアロゾル境界条件としての利用）
- 衛星観測データ処理精度の向上（エアロゾル先験情報としての利用）

などに代表されるエアロゾルに関する様々な研究に活用され，それぞれの分野の問題点の解決と影響評価の精度向上をもたらすことが期待されるとともに、

- 疫学研究を通じたエアロゾルの健康影響評価
- 海洋生物循環に代表される生態影響の評価

の研究にも波及することが期待されます。

全球エアロゾル再解析データセットに関するホームページを以下の URL で開設する予定です。

http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ap/ap_1_en.html

■ 今後の展開

データセット利用者からのフィードバックを取り入れながら，データセットの更なる高度化を進める予定です。データ期間の延長や空間解像度の向上を行いつつ，全球エアロゾル輸送モデルの精緻化や同化で取り込む観測データの拡充などを通し，データセットの精度向上に努めていきます。

また，本研究で開発したデータ同化技術は，気象庁が行っている黄砂予測にも応用することが可能であり，システムの開発作業が進められています。視程の悪化による交通機関への影響や、洗濯物や車の汚れなど、日々の生活に影響を与える黄砂の予測精度向上が期待されます。

■　発表論文発表の概要

タイトル：

JRAero: the Japanese Reanalysis for Aerosol v1.0
（和訳：JRAero: エアロゾル版再解析データの開発）

著者：

弓本桂也[1,2]，田中泰宙[2]，大島長[2]，眞木貴史[2]
（[1]九州大学応用力学研究所，[2]気象庁気象研究所）

公表雑誌：Geoscientific Model Development（欧州地球科学連合発行）
doi：10.5194/gmd-10-3225-2017
発表日：2017 年 9 月 4 日 21 時（日本時間）

■　用語解説

注1）PM2.5（微小粒子状物質）

大気中を浮遊する粒子状物質（エアロゾル）のなかでも，粒径が 2.5μm 以下の小さな粒子のこと。化石燃料の燃焼を起源とするものや，黄砂といった自然起源のものが含まれる。人の健康の適切な保護を図るために維持することが望ましい水準として，環境基準（１年平均値が 15μg/m^3 以下かつ１日平均値が 35μg/m^3 以下）が定められている。詳しい説明は環境省の HP を参照されたい（http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info.html）。

注2）エアロゾルの気候影響

大気中に浮遊するエアロゾル粒子は，太陽からの短波放射や地表面・大気から射出される長波（赤外）放射を散乱・吸収することで，地球大気の放射収支に影響を与えている（直接効果と呼ぶ）。具体的には，車や工場からの排出物質から生成される硫酸塩エアロゾルは，短波放射を散乱し，地表面に届く放射量を減少させるため，大気を冷却する効果がある。また，エアロゾルは雲の生成に大きく関わっているため，雲の光学特性を変化させることで気候に影響を与えていると考えられている（間接効果と呼ぶ）。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第５次評価報告書（AR5）では，「エアロゾル・放射相互作用」および「エアロゾル・雲相互作用」として，気候変動の要因の１つとして議論されている。エアロゾルの気候への影響を定量的に推計するには，地球規模のエアロゾルの時空間分布を正確に捉える必要がある。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第５次評価報告書（AR5）については，気象庁のホームページに訳文が公開されている（http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/index.html）。エアロゾルの効果については第７章で論じられている。

注3）エアロゾルの健康リスク

エアロゾルの中でも微小なもの（PM2.5；粒子状物質の中でも粒径が 2.5μm 以下）は，呼吸器系の深部まで到達しやすく，呼吸器疾患や循環器系疾患に影響があると言われている。詳しくは，日本エアロゾル学会の PM2.5 問題の Q&A（https://www.jaast.jp/PM2_5_faq/）などを参考にされたい。

注4）全球エアロゾル輸送モデル

コンピューターの中でエアロゾルの３次元分布や時間変化を再現する数値シミュレーションモデル。エアロゾルやその前駆物質の排出量を与え，大気中の輸送や拡散，化学反応，沈着過程を計算し，エアロゾルの３次元分布や時間変化を再現する。MASINGAR（Model of Aerosol Species IN the Global AtmospheRe）は気象庁気象研究所で開発が進められている全球エアロゾル輸送モデルで，気候影響評価や気象庁の黄砂予測（http://www.jma.go.jp/jp/kosafcst/）などに用いられている。

注5）同化

数値モデルによるシミュレーションと実際に観測された情報を，統計的推定論を用いて融合させる手法のこと。日々の天気予報では，数値気象モデルに地上や衛星観測で得られた情報をデータ同化で取り込むことによって，予報精度の向上を達成している。本研究では，全球エアロゾル輸送モデルにデータ同化手法を適用し，衛星観測データを取り込むことで，エアロゾルのシミュレーションの精度向上を行っている。

注6）全球エアロゾル再解析データセット

過去の場（４次元時空間）を観測データ，数値モデルそしてデータ同化を組み合わせて再現することを再解析といい，再解析で作成されたデータセットのことを再解析プロダクトと呼ぶ。大気や海洋などで作成が進められ，気候変動や過去の異常気象のメカニズム解明などに役立ってきた。今回，本研究で作成したのはエアロゾル版の再解析プロダクトであり，エアロゾル研究の促進だけではなく，気象・海洋再解析プロダクトと組み合わせた地球システムの解明への応用が期待される。

注7）エアロゾル光学的厚さ

エアロゾルの光学的なパラメータのひとつで，エアロゾルによって大気がどの程度濁っているかを表す。光学的厚さが大きくなるほど，地上に届く日射量が減衰していることを意味する。

■　本研究は

日本学術振興会　科学研究費助成事業　基盤研究(B)(JP16H02946)，基盤研究(S)(JP25220101)，基盤研究(C)(JP15K05296)，若手研究(A)(JP26701004)および，環境省環境研究総合推進費戦略的研究開発領域課題(S-12)，環境研究総合推進費(2-1403、5-1502)の支援を受けました。