

研究課題名：CAI 衛星解析とモデルシミュレーションの統合システムの構築

課題代表者：東京大学大気海洋研究所 中島映至
 共同研究者：東京大学大気海洋研究所 鶴田治雄・打田純也・及川栄治
 国立環境研究所地域環境研究センター 五藤大輔
 University of Oxford, Clarendon Laboratory Nick Schutgens
 近畿大学総合社会学部 中田（向井）真木子

実施年度：平成 24 年度～平成 24 年度

1. 研究目的

本研究では、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT; Greenhouse gases Observing Satellite)に同時搭載される雲・エアロゾルイメージャー (CAI) によって得られるリモートセンシングデータと、エアロゾル気候モデルによって得られるシミュレーションデータを結合して、CAI データ解析アルゴリズムの初期値に役立て、衛星解析ができない場合の補完データとして利用するシステムの開発を行う。従って、リモートセンシングデータとシミュレーションデータの融合のためのエアロゾル同化システムの構築が第一の目的であり、この目的を精度良く達成するために、シミュレーションの精度向上のためのモデル改良が第二の目的となる。

2. 研究計画

前年度までに開発した東京大学大気海洋研究所 (旧気候システム研究センター:CCSR) / 国立環境研究所 (NIES) / 海洋開発研究機構 (旧地球フロンティア研究センター: FRCGC) で共同開発された大気大循環モデル (CCSR/NIES/FRCGC-大気大循環モデル、以下 MIROC) とエアロゾル放射モデル (SPRINTARS) を結合したモデル (MIROC-SPRINTARS) による全球エアロゾルの放射強制力の評価を行い、衛星搭載ライダー (CALIPSO/CALIOP) と放射伝達コード FSTAR (Flux version of the System of Transfer of Atmospheric Radiation) を用いて計算した結果との比較を行った。

また、エアロゾル同化システムに関しては、前年度から継続的に開発を進めているシステムを用いて、エアロゾル排出量インベントリの推定を行い、その結果を境界条件として MIROC-SPRINTARS を用いて数値実験を行った。また、これまでは Terra や Aqua などの衛星に搭載されたイメージャー (MODIS) と AERONET 地上観測網を用いて同化システム化を進めてきたが、本年度は CALIPSO を用いてデータ同化を行った。さらに、データ同化システムで利用していた MIROC-SPRINTARS を最新版 (v3.84) に更新した。

3. 進捗状況

モデルで計算したエアロゾル放射強制力を検証するために、今回は CALIPSO/CALIOP と MODIS による結果を用いて、MIROC-SPRINTARS モデルの結果の検証を行った。CALIPSO/CALIOP はライダー観測であるために、雲とエアロゾルの鉛直構造による情報が得られ、より詳細な検証を行うことが可能となる。ここではエアロゾルの分布の違いによる放射強制力の差を知るために、放射強制力の計算では共通の放射伝達コード FSTAR を使用した。その結果、図 1 で示すように、モデルと衛星の結果とでは、エアロゾル層が雲の上にある状況と雲の下にある状況でのエアロゾル放射強制力の値が大きく異なることがわかった。これは、雲の上に光吸収性の強いエアロゾル層が存在すると、短波吸収量が増加するために、放射強制力の正の値が増加するためである。また、モデルと観測の結果の差は、そうした鉛直構造の違いに加えて、雲量の違いが影響していると考えられる。しかし、晴天・曇天の全ての状況下での結果での全球平均値は、衛星では -0.61 Wm^{-2} であるのに対して、モデルでは -0.58 Wm^{-2} となり、両者は近かった。

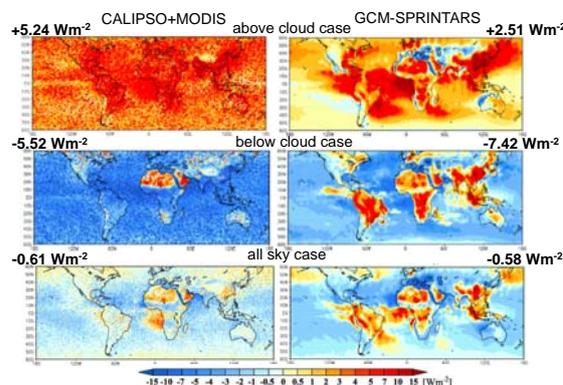


図 1 エアロゾル層が雲上にある場合(above cloud case)、雲下にある場合(below cloud case)、全ての場合(all sky case)に対する、衛星 (CALIPSO+MODIS) とモデル (MIROC-SPRINTARS) で計算された短波におけるエアロゾル放射強制力の全球分布図(Wm^{-2})。

前年度までは、2 つの同化システム（カルマンフィルタ法とカルマン smoother [Kalman Smoother: KS] 法）を開発し、さらに KS 法を用いてエアロゾルの排出量推定を行った。今年度は、その推定排出量を用いてデータ同化なしの MIROC-SPRINTARS でエアロゾル光学的厚さ（Aerosol Optical Thickness: AOT）とオンゲストローム指数を計算し、AERONET と比較を行うことで、新しく推定した排出量の検証を行った（図省略）。その結果、KS 法を用いて推定した排出インベントリを用いた実験結果の方が、AERONET 観測結果に対するバイアスが小さくなり、特に AOT に関してはその傾向が顕著であることがわかった。このような変化を全球規模で見たのが図 2 に対応する。全球で見ると、特に海上での AOT の変化が顕著で、KS 法で推定した海塩粒子の排出量が標準版に比べて最大 2 倍となったためである。その一方で、土壌粒子の排出量は、AOT の全球分布を変化させるほどの大きな変化は見られなかったが、土壌粒子発生源付近ではその発生量やタイミングが変化した。

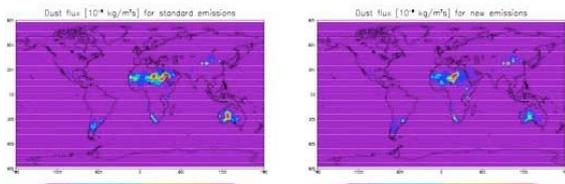


図 2 2009 年 1 月のエアロゾル光学的厚み（AOT）。元々の排出量データを用いて計算した AOT（左）と、KS 法のデータ同化システムを使用して推定した排出量データを用いて計算した AOT（右）を示す。

また、これまでは MODIS 衛星と AERONET 地上観測網を用いて同化システム化を進めてきたが、今年度は、衛星ライダー観測（CALIOP/CALIPSO）の 532nm における減衰付き全後方散乱係数を利用したシステムの適用も開始した。さらに、データ同化システムで利用していた MIROC-SPRINTARS の版を最新版（v3.84）に更新したので、その結果に関する報告も行いたい。

4. 今後の計画

本年度で、GOSAT チームが利用している現行の MIRIC-SPRINTARS の放射強制力の評価を達成することができた。また、同化システムを衛星搭載ライダーにも適用し、MIROC-SPRINTARS の最新版にも適用し、正常に稼働することが確認できた。

今後も継続して、MIROC-SPRINTARS とエアロゾル同化システムの改良を行い、GOSAT ミッションに対してより正確なエアロゾル情報を提供していきたい。

5. 計算機資源の利用状況（2012 年 4 月～9 月）

実行ユーザ数: 5 CPU 時間 1 ノード未満: 16 hours, 1 ノード: 983 hours, 2 ノード: 0 hour, 計: 1,000 hours

6. 昨年度研究課題のまとめ

6.1. 昨年度研究課題名

CAI 衛星解析とモデルシミュレーションの統合システムの構築

6.2. 昨年度研究課題の目的

今年度と同様。

6.3. 昨年度研究課題の成果概要

前年度までに開発した MIROC-SPRINTARS による全球エアロゾルシミュレーションシステムで取り扱っているブラックカーボン（BC）の大気変質過程改良に伴う光学特性および放射強制力の変化を見積もった。その結果、他のエアロゾル輸送モデルで使用されている過程は、本年度導入した改良版よりも光吸収量が小さく見積もられ、放射強制力の差が $+0.3 \text{ Wm}^{-2}$ にも達することがわかった。また、前年度までに開発したエアロゾル同化システムを適用し、エアロゾルの排出量推定を行った結果を用いて、MIROC-SPRINTARS を計算すると得られた結果はエアロゾル地上観測網（AERONET）の観測データとの整合的であった。また今年度は、地上ライダー観測と衛星ライダー観測を用いたデータ同化に試み、前年度とは異なる観測量を用いたデータ同化手法を開発することができた。地上ライダー観測を用いたデータ同化研究によって、MIROC-SPRINTARS の境界層内でのエアロゾル分布に問題があることを示唆され、今後のモデル改良に繋がる発見であった。また、衛星ライダー観測（CALIOP/CALIPSO）を用いたデータ同化では、得られた結果も AERONET 観測データとの整合的であった。

6.4. 昨年度計算機資源の利用状況

実行ユーザ数: 4 CPU 時間 1 ノード未満: 320 hours, 1 ノード: 10,410 hours, 2 ノード: 0 hour, 計: 10,730 hours