

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：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 井上豊志郎・打田純也・Yong Yu・及川栄治
 University of Oxford, Clarendon Laboratory Nick Schutgens
 近畿大学総合社会学部 中田真木子
 国立環境研究所地域環境研究センター 五藤大輔

実施年度：平成 26 年度～平成 26 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（以下、FTS という）を利用して二酸化炭素の気柱量を求める。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とって不可欠である。また、GOSAT-2 衛星では、雲・エアロゾルイメージャー（CAI）を強化した 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

大気大循環モデル MIROC と結合したエアロゾル輸送モデル MIROC-SPRINTARS で計算された晴天大気におけるエアロゾルの直接放射強制力 (Direct aerosol radiative forcing; DARF) は -1.6 Wm^{-2} であり、他の全球モデル平均値の -3.3 Wm^{-2} や衛星受動型センサによる観測平均値の -5.3 Wm^{-2} より小さい負値となっている [Yu et al., 2006, Atmos. Chem Phys.]. 昨年度に、MIROC のエアロゾルモデル SPRINTARS と放射コード MSTRN で用いられているエアロゾルと雲の光学特性の精緻化を行った。そこで今年度は、この精緻化したモデルを用いて、2007 年から 2009 年の 3 年間のシミュレーションを行い、DARF を見積もった。また、同期間の CALIPSO 衛星で観測されるエアロゾルと雲の情報を用いた DARF の計算も行った。モデルと観測の比較を通して、MIROC-SPRINTARS で見積られる DARF の精度向上を図る。

昨年度から継続して最新版の大気大循環モデル MIROC (version 5) と結合した SPRINTARS のエアロゾル同化システムの開発を続けている。エアロゾルのデータ同化実験は、事例解析やシステムの動作確認を含めた 1 ヶ月程度の実験であることが多い。そこで、エアロゾルの分布や季節変動などをより正確に把握するために、2009 年の 1 年間の同化実験を開始した。

3. 進捗状況

2007 年から 2009 年の晴天大気・曇天大気・全天大気における DARF を MIROC-SPRINTARS モデルと CALIPSO 衛星の観測から見積もった。図 1 は、晴天大気におけるエアロゾルの放射強制力の南緯 60 度から北緯 60 度の領域の平均値を示している。CALIPSO の放射強制力は -3.7 Wm^{-2} であり、先行研究の複数のモデルの平均値 -3.3 Wm^{-2} と複数の観測の平均値 -5.3 Wm^{-2} の間の値となった。それに対して、SPRINTARS の放射強制力は -2.1 Wm^{-2} であり、CALIPSO の半分程度の負値となった。SPRINTARS のエアロゾルの消散係数は高度 4km 以下で CALIPSO より小さく、特に海上のエアロゾルの光学的厚さは観測より小さいため、SPRINTARS の DARF が過小評価になったと考えられる。

全天大気のエアロゾルの放射強制力は、CALIPSO が -2.0 Wm^{-2} であり、SPRINTARS が -1.1 Wm^{-2} であった。SPRINTARS では、黒色炭素の排出源付近であるアフリカ中央部や東アジアで、黒色炭素の光吸収が雲によって強められることにより、正の放射強制力を示した。

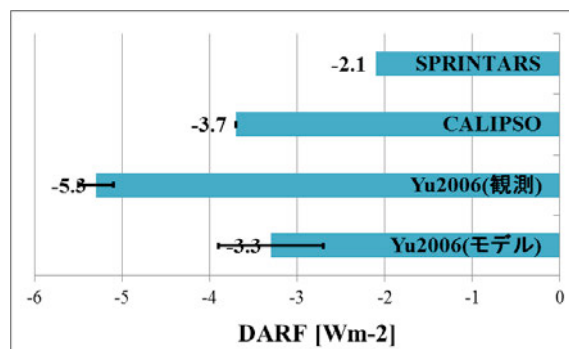


図 1. 晴天大気におけるエアロゾルの直接放射強制力 (DARF)。本研究で計算した SPRINTARS と CALIPSO の南緯 60 度から北緯 60 度の領域の平均値と Yu et al. (2006) から引用した複数の観測の全球平均値 (Yu2006 (観測)) と複数のモデルの全球平均値 (Yu2006 (モデル))。

また、開発中のエアロゾル同化システムに、同化データとして地上観測網 AERONET と衛星センサ MODIS で観測されるエアロゾルの光学的厚さと

CALIPSO 衛星で観測される後方散乱係数の鉛直分布を適用した 2009 年の 1 年間の同化実験を開始した。しかし、現在は全ての結果が出揃っていないため、ここでは、2009 年 1 月の結果を紹介する。図 2 では、標準のモデルシミュレーション結果と同化実験結果、観測によるエアロゾルの光学的厚さの水平分布を示している。標準のモデル結果は、同化に使用した MODIS 観測や同化には直接使用していない CALIPSO 観測の光学的厚さと比較して、海上やアジア域において過小評価となった。一方、同化実験ではそれが改善され、海上のエアロゾルの光学的厚さは、CALIPSO の観測値と同程度となった。

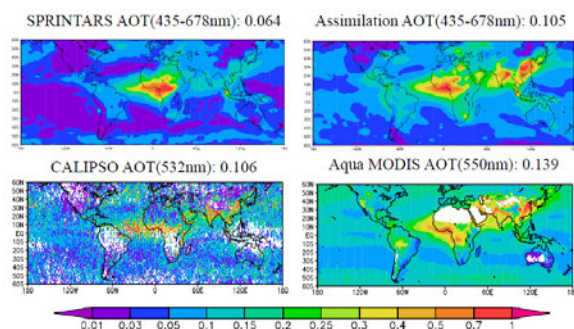


図 2. 晴天大気におけるエアロゾルの光学的厚さ。標準のモデル実験結果(左上)、同化実験結果(右上)、CALIPSO 観測(左下)、Aqua 衛星の MODIS 観測(右下)。

4. 今後の計画

2009 年の 1 年間のエアロゾルの同化実験を行っており、エアロゾルの分布や季節変動などをより正確に把握できることが期待される。また、同化実験結果のエアロゾルの分布を用いて、DARF を計算する予定である。これによって、モデルや観測のどちらか一方のみで計算した DARF よりも高精度の DARF が見積もられることが期待される。さらに、同化実験結果を GOSAT の CAI から得られるエアロゾルの光学的厚さと比較することにより、エアロゾルのリトリーバル精度の向上、ひいては、GOSAT 衛星による温室効果ガスの導出の精度向上に繋げていきたい。

今後も継続して、MIROC-SPRINTARS、および、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 (2014 年 4 月 1 日 ~ 11 月 30 日)

実行ユーザ数: 6

CPU 時間 v_deb: 237.35 hours, v_cpu: 734.09 hours, v_8cpu: 4,350.99 hours, v_16cpu: 5,267.94 hours, 計: 10,590.37 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

MIROC 気候モデルにおいて、エアロゾルの光学特性を取り扱っているルーチンは、エアロゾルモデル SPRINTARS と放射コード MSTRN であるが、MSTRN では計算コストを抑えるために、SPRINTARS で計算されたダストと海塩粒子のサイズごとの情報を簡略化している。本研究ではこの簡略化した部分がエアロゾルの光学特性にどの程度の影響を与えるかを見積もるために、MSTRN で SPRINTARS のダストや海塩粒子のサイズごとの光学特性を計算できるように変更を加えた。この高精度化の結果、エアロゾル放射強制力は、晴天大気では -2.0 Wm^{-2} から -2.1 Wm^{-2} になり、全天大気では -0.7 Wm^{-2} から -1.0 Wm^{-2} となった。変更後に、エアロゾルの光学的厚さは 0.01 小さくなったが、単一散乱アルベドが 0.01 高くなり、エアロゾルの光吸収が弱まったため、晴天大気の放射強制力は同程度であった。エアロゾルの光吸収特性が弱まったことにより、全天大気の放射強制力は、 0.3 Wm^{-2} 負値が大きくなった。

昨年発表された IPCC 第 5 次報告書でも用いられた大気海洋結合モデル MIROC の最新版である MIROC5 に、これまで開発を行ってきた局所アンサンブル変換カルマンフィルター

(Local Ensemble Transform Kalman Filter: LETKF) を用いたエアロゾル同化システムの実装を行った。2009 年の 1 ヶ月の同化実験では、標準実験でのアフリカ西端での AOT の過小評価やギリシャでの AOT の過大評価が改善され、データ同化システムが良好に作用し、モデル内でエアロゾルのカラム量の分布が現実に近くなっていることが確認された。

6.4. 昨年度計算機資源の利用状況 (2013 年 6 月 1 日 ~ 2014 年 3 月 31 日)

実行ユーザ数: 6

CPU 時間 v_deb: 205.13 hours, v_cpu: 398.63 hours, v_8cpu: 3,672.05 hours, v_16cpu: 17,620.93 hours, 計: 21,896.74 hours