

ライダーデータによる大気エアロゾルの同化に関する研究

2011年3月 自然環境学専攻 47096610 岡田暁矩

担当教員：教授 中島映至

キーワード：エアロゾル、ライダー、雲判定、データ同化

1. はじめに

エアロゾル(大気中に浮遊する微粒子)は、主に次の2つの効果により地球の放射収支に影響を与えている。1つはエアロゾル自身が太陽放射や地球放射を散乱・吸収することで放射収支に影響を与える直接効果であり、もうひとつは雲の凝結核になり、雲の光学特性を変化させることで放射収支に影響を与える間接効果である。エアロゾルの濃度や化学組成は短時間に大きく変動するため、エアロゾルの放射への影響を正確に見積もることは難しい。そのため、エアロゾルの大気中での変動を把握するための時間・空間分解能の高い観測データが必要であるが、エアロゾルの観測データの多くは人工衛星や地上観測によって時空間的に不連続にサンプリングされたデータである。しかし、近年では、このような不連続にサンプリングされたエアロゾルデータを最適にシミュレーションするために、時空間的に一様なデータセットを構築するデータ同化手法が開発され始めている(Schutgens et al., 2010)。データ同化には精度良いデータの入力が必要であり、本研究ではエアロゾルの鉛直分布が算定可能なライダーによるエアロゾルの利用を目的とした。ライダーにはエアロゾルの他、雲や大気の散乱の情報が含まれているため、雲などを除去してエアロゾルの情報を抽出する雲マスクと称する作業が不可欠である。そこで、新しい雲マスク手法を開発し、開発した雲マスク及び既存の雲マスクを用いて同化実験を行った。

2. 研究方法

エアロゾルデータ同化に用いるための良質なエアロゾルデータを地上のライダー観測によるデータから得るために、雲または雲と疑わしいものを除去するための雲マスクを開発した。用いたデータは、国立環境研究所(NIES)の地上ライダー観測サイト12地点の2005年3月のライダーデータである。新しく開発した雲マスクは、他の雲マスクと比較してその評価を行った。その後、比較した雲マスクも含め3種類の雲マスクを適用したライダーデータを全球エアロゾルモデルMIROC-SPRINTARSによるデータ同化システムに適用した。その同化結果を相互に比較し、衛星観測との比較も行い、雲マスクの違いがデータ同化に及ぼす影響、データ同化によるエアロゾルの水平・鉛直分布への影響などを調べた。

3. 雲マスクの比較

本研究で開発した雲マスクの結果をNIESの雲マスク、NIESの雲マスクをデータ同化のために改良したものと比較・検証を行った。NIESの雲マスクは雲の研究を目的としている

ため、雲判定で厳密なものだけを雲として抽出している。一方、新しく開発した雲マスクでは NIES 雲マスクが削除していない雲も雲と判定できることがわかった。このため NIES の雲マスクに比べ良質なエアロゾルの抽出が可能になった。また、NIES の雲マスクを改良したものでは雲底の雲の判定が不明瞭だったが、本研究の雲マスクでは閾値の改善などによって雲底の雲判定を改善できた。しかしながら、本雲マスクでも雲の除去がうまくいかなかったり、エアロゾルを雲と判定したりする場合もある。

4. エアロゾルデータ同化結果の比較

3種類の雲マスクによるデータ同化結果とデータ同化なしの標準のモデル結果の計4種類の結果の比較を行った(図1)。データ同化なしの結果は3種類の雲マスクと比べてエアロゾルの光学的厚さが最小で、MODIS 衛星搭載センサによる観測値との比較から過小評価であることが分かった。また NIES の雲マスクの結果をデータ同化した場合、太平洋上での光学的厚さの過大評価が見られた。これは NIES の雲マスクでは多くの雲データが削除できなかったため、雲をエアロゾルと判定し、過大評価となったと考えられる。NIES の雲マスクの改良版と本研究で作成した雲マスクのデータ同化の結果は、両者共に日本やアジア付近での過小評価が改善されたが、水平分布には大きな違いが見られなかった。しかし、鉛直分布には違いが見られ、作成した雲マスクの同化結果では下層に高濃度のエアロゾルが確認されたのに対し、NIES の雲マスクの改良版では高高度へのエアロゾルの輸送が見られた。このことから、本研究で開発した雲マスクにより抽出された良質なエアロゾルの鉛直分布の有用性が示唆された。

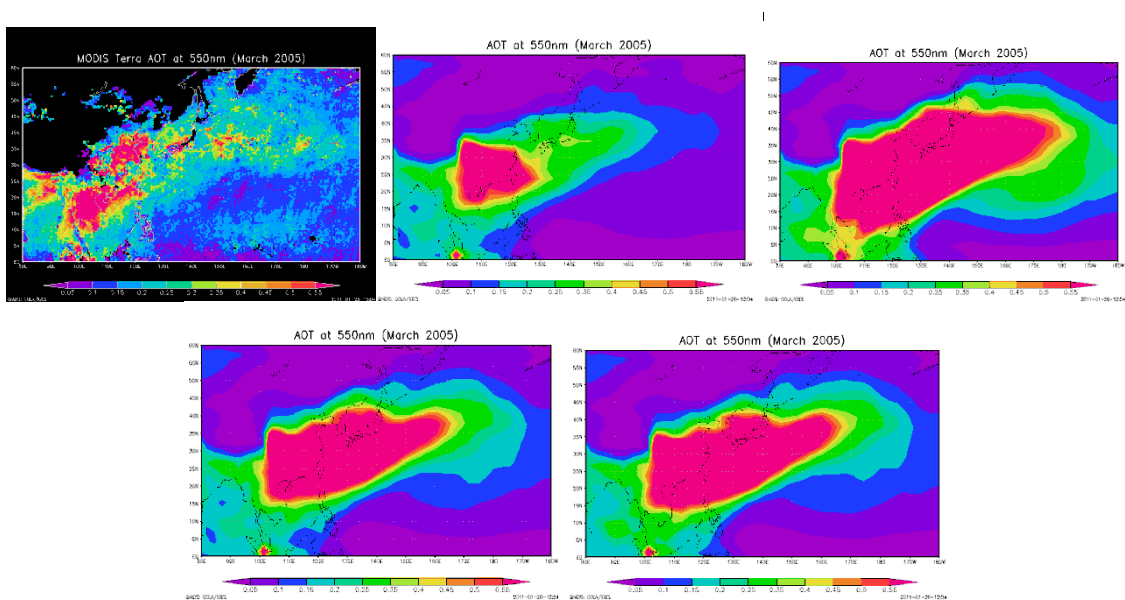


図1. 2005年3月のアジア域における550nmのエアロゾルの光学的厚さ(上段中央:MODIS センサの観測値、上段中央:データ同化なしの結果、上段右:NIESの雲マスクによる同化結果、下段左:NIESの雲マスクの改良版による同化結果、下段右:本研究で作成した雲マスクによる同化結果)

A study for the aerosol assimilation by Lidar data

Program of Global Environmental Modeling master 2nd Tokinori Okada

Supervisor, Professor Teruyuki Nakajima

Keyword: aerosol, lidar, cloud masking, data assimilation

1. Introduction

The earth receives radiative energy from the sun, and emits energy toward space from its surface. The balance between these radiative energy fluxes is called the earth radiation budget. Aerosols, small particles suspended in the atmosphere, have two types of effects on the earth radiation budget. One effect is direct scattering and absorbing of the radiation, which is called the aerosol direct effect. Another effect is caused by changing the cloud optical properties since aerosols act as cloud condensation nuclei, and which is called as aerosol indirect effect. As concentration and composition of aerosol change over short timescale, it is not easy to estimate the effect of aerosol on radiation budget. First, we need accurate aerosol dataset to figure out temporal and spatial change in aerosol. Current aerosol observations are performed by satellites and at ground stations, where measurements are made discontinuously both in time and space. However, several assimilation methods have been developed which can estimate aerosol concentration more accurately both in time and space, using discontinuous aerosol observations (e.g., Schutgens et al., 2010). The data assimilation needs high quality aerosol dataset. In this study, I focus on aerosol retrieved from ground based lidar measurements where vertical aerosol distribution can be calculated. However these lidar data also include cloud information. So we have to separate aerosol data from the cloud data before we assimilate, by cloud masking method. I have developed a new method of cloud masking which excludes precisely most clouds. The impact of other cloud masks which were already developed on the assimilation is also studied.

2. Methodology

In this study I developed a new cloud mask, which excludes clouds and cloud-like signals from ground based lidar observations, to provide good quality aerosol data for use in aerosol assimilation. We used ground based lidar data, from 12 lidar stations operated by NIES, during March 2005. The newly developed cloud mask was compared to other two cloud masks. And I used the aerosol data retrieved from the three cloud masks in an assimilation system for global aerosol distribution, based on the MIROC-SPRINTARS model. Assimilated results were compared with each other and also with MODIS observations. Furthermore, I studied the impact of cloud mask on assimilated data, and the impact of aerosol assimilation on aerosol optical thickness (AOT).

3. Comparison among three cloud masks

I compared and validated the new cloud mask with the NIES cloud mask and the improved NIES cloud mask. The NIES cloud mask showed significant difference from the new cloud mask in accurate cloud detection, because it was designed to detect cloud strictly for cloud research. In contrast, the new cloud mask could detect clouds which were discarded by the NIES cloud mask. As a result, the new cloud mask can retrieve a better quality of aerosol. Furthermore, it can improve to detect cloud base, which cannot be identified by the improved NIES cloud mask. However, some clouds in the new cloud mask cannot be still excluded.

4. Comparison of data assimilation result with MODIS

Comparisons between assimilated results with the three cloud masks and standard results without assimilation are shown in Figure 1. The standard result without assimilation shows the least aerosol optical thickness (AOT) and underestimates in comparison with AOT measured by MODIS on board the Terra satellite. On the other hand, overestimation of AOT was seen over the Pacific, when we used the NIES cloud mask. This means that the NIES cloud mask cannot exclude clouds properly. Both the new cloud mask and the improved NIES cloud mask showed an improvement in reducing the underestimation over Asia including Japan. Although the spatial distribution of AOT was similar between the new cloud mask and the improved NIES cloud mask, the vertical distribution of AOT indicates clear differences. In the assimilation results using the new cloud mask, high-density aerosols exist in the boundary layer, while, in the assimilation results using the improved NIES cloud mask, aerosols are transported up to the middle troposphere. This also demonstrates that the new cloud mask can provide a better quality of vertical aerosol data.

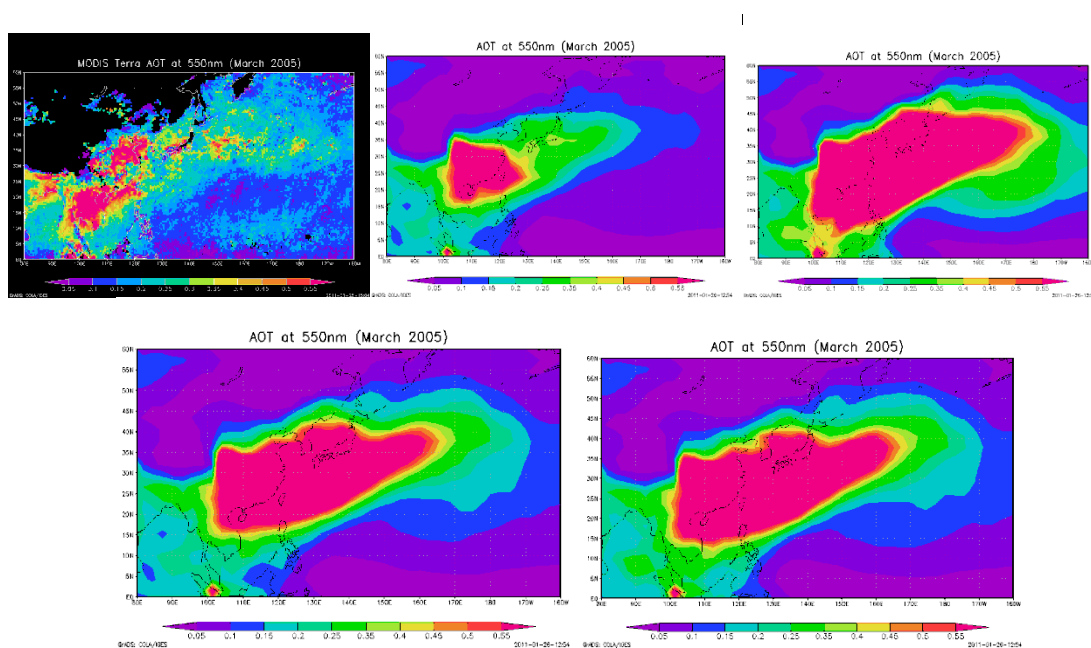


Fig1. Aerosol optical thickness at 550nm over Asia in March 2005 (upper-left: MODIS observation, upper- middle: without assimilation, upper- right: assimilation with the NIES cloud mask, lower-left: assimilation with the NIES cloud mask, lower- right: assimilation with the new cloud mask.).