

対流圏エアロゾル観測手法の検討

Study on the inversion algorithm of tropospheric aerosols

非会員 ○蒲生 京佳、正会員 林田 佐智子 (奈良女子大)

(Non Member) K. Gamo, (Regular Member) S. Hayashida (Nara Women's Univ.)

Abstract : The algorithm to identify tropospheric aerosol types by using high resolution sensors was investigated by numerical simulations. Three methods were examined by utilizing a wide spectral range from ultraviolet to visible. The radiative transfer model, STARCODE (System for Transfer of Atmospheric Radiation CODE), was used to calculate the variety of radiance depending on different aerosol types. The effects of surface albedo, solar zenith angle and an altitude of aerosol layer were also examined.

Keywords : tropospheric aerosol , aerosol type , satellite

Table 1: aerosol model

1. はじめに

エアロゾルは地球大気の放射収支に影響を与え、温暖化の将来予測にも大きく関係する。また、エアロゾルの種類によって影響が異なるため、その種類を判別する必要がある。

エアロゾルの種類の判別には、波長分解能の高いセンサーが必要である。2007年に打ち上げ予定である GCOM-A1 衛星搭載の ODUS (Ozone Dynamics Ultraviolet Spectrometer) は、波長分解能が 0.5nm と従来のものと比較すると非常によい。

本研究では、多重散乱を含む放射伝達モデル (STAR CODE) を用いてエアロゾル観測の可能性を検討した。

2. 人工衛星搭載センサー

TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer)、GOME (Global Ozone Monitoring Experiment)、ODUS はそれぞれ紫外域を中心とした直下視型観測のセンサーである。観測波長は、TOMS が [308.6-360.2(6 波長)]、GOME が [240-793(0.2-0.33 毎)]、ODUS が [306-420(0.5 毎)] である。なお、単位は nm である。

3. 大気エアロゾルモデル

エアロゾルモデルを 6 種類の組成 (ミネラルダスト、硫酸、海塩、火山性、水溶性、すす) を仮定し、それぞれについて粒径分布の違いを含め、13 種類設定した (Table 1 参照)。粒径分布は、正規対数分布 (式 1) を仮定している。

$$\frac{dn(r)}{dr} = \frac{N_0}{\sqrt{2\pi r \ln \sigma}} \exp\left\{-\frac{\ln^2\left(\frac{r}{r_m}\right)}{2 \ln^2 \sigma}\right\} \quad (1)$$

組成	$r_m (\mu\text{m})$	σ
soot	0.0118	2.00
water-soluble	0.0285	2.24
dust-like	0.471	2.51
mineral(background nuc.)	0.07	1.95
mineral(background acc.)	0.39	2.00
mineral(background coarse)	1.90	2.15
mineral(wind-carry nuc.)	0.05	1.65
mineral(wind-carry acc.)	0.27	2.67
mineral(wind-carry coarse)	4.00	2.40
mineral(long transport)	0.5	2.2
sea-salt(SRA-oceanic)	0.30	2.51
sea-salt(nuc.)	0.05	2.03
sea-salt(acc.)	0.40	2.03
sea-salt(coarse)	3.3	2.03
H_2SO_4 droplets	0.0695	1.86
sulfate	0.0695	2.03
volcanic-ash1	0.34	1.38
volcanic-ash2	0.45	1.38
volcanic-ash3	0.62	1.38

4. 観測シミュレーション

以下の 3 つの方法について検討した。また、放射輝度の太陽天頂角、アルベド、エアロゾル層の高度に対する依存性についても検討した。

4.1. 残差法

エアロゾルが存在する大気モデルと大気分子のみの大気モデルに対する 2 波長の放射輝度比の差からエアロゾルを検出する方法である。具体的には式 2 の残差を求める。一例を Fig.1 に示す。横軸が光学

的厚さ、縦軸が式 2 の残差である。設定は、地表面アルベドが 0.3、太陽天頂角が 15°、エアロゾル層の高度が地上から 2km である。ただし、volcanic3 のみ成層圏エアロゾルを想定し、10-30km に設定した。この方法は、特に非吸収性エアロゾルに感度が良く、残差が負の値を示すことが知られている。

$$r_\lambda = -100\{\log(R_{aerosol}) - \log(R_{clean})\} \quad (2)$$

r_λ : 残差

$R_{aerosol}$: エアロゾルが存在する時の放射輝度比
 R_{clean} : エアロゾルが存在しない時の放射輝度比
(ここで $R = I_{360}/I_{430}$ で I は波長 360nm、430nm における放射輝度である)

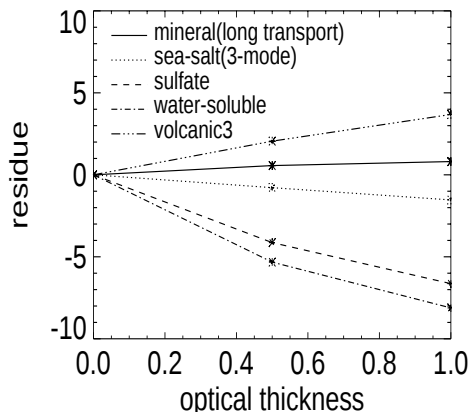


Fig. 1: Residue method

エアロゾル層の高度に対する依存はあまり見られないが、アルベド、太陽天頂角に対しては強い依存が見られた。

4.2. 直接法

2 波長の放射輝度比の相対関係からエアロゾルの種類と光学の厚さを検出する方法である。一例を Fig.2 に示す。横軸が 430nm の放射輝度、縦軸は 360nm と 430nm の放射輝度比である。中心の*が光学の厚さ 0.0 で、中心から離れていくに従って 0.5、1.0 と増加していく。設定は Fig.1 と同様である。吸収性エアロゾル、非吸収性エアロゾルの区別ができ、粒径への感度もよいことがわかる。

この方法も、太陽天頂角、アルベドに対する依存が見られる。エアロゾル層の高度には大きな依存は見られない。

4.3. スペクトルフィッティング法

観測されるスペクトルはエアロゾルの種類に依存する。理論スペクトル(放射伝達モデル)から予測されるスペクトルと観測されるスペクトルを比較し、最小二乗法を用いて最も近い理論スペクトルを選び、エアロゾルの種類と光学の厚さを推定する方法である。式 3 のように残差を表す。

$$\chi^2(\tau_A) = \sum_{i=1}^N ((R^G(\lambda_i) - R^S(\lambda_i; \tau_A, I_{CLASS})) / \sigma(\lambda_i))^2 \quad (3)$$

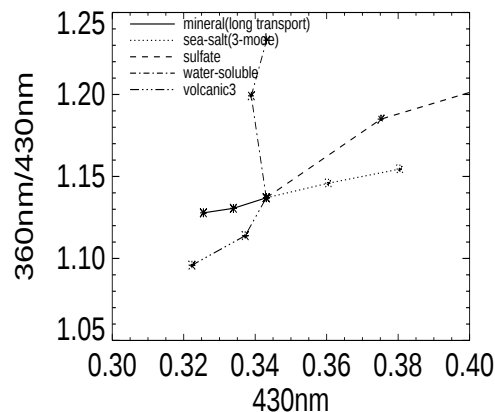


Fig. 2: Direct method

R^G : 観測データ, R^S : モデルで求めた理論値
 λ_i : i 番目の波長, I_{CLASS} : エアロゾルの種類
 τ_A : エアロゾルの光学の厚さ, σ : 観測誤差

この方法は、 χ^2 の最小化の反復過程であり、 χ^2 を最小にする I_{CLASS} と τ_A を定める。波長は、(364,373,385,394,424,754,780nm)を使用した。この方法は、吸収性エアロゾルと非吸収性エアロゾルを区別することに有効であった。

5. まとめと今後の課題

残差法は非吸収性エアロゾル、スペクトルフィッティング法は吸収性の違い、直接法は吸収性、粒径ともに感度があると考えられる。また 3 つの手法によるエアロゾルの判別に対して、太陽天頂角、アルベドへの依存度は大きく、エアロゾル層の高度への依存度は小さい。アルベドが小さい程、またエアロゾル量が多い程、種類の区別は容易になる傾向にある。

残差法、直接法は選択する 2 波長の差が大きい程はつきりと区別できるため波長範囲はある程度大きくとる必要がある。スペクトルフィッティング法では、GOME の観測波長を想定した波長範囲を用いたが、ODUS は 700nm 台までは観測しない。そのため、使用する波長の検討も必要である。また、他の気体による吸収の影響を取り除くためには波長分解能の高い多数のチャンネルでの観測が必要である。

参考文献

- [1] Francesca Torricella, Elsa Cattani, Marco Cervino, Rodolf Guzzi, and Chiara Levoni, *J. Geophys Res.*, 104, 12,085-098, 1999
- [2] Guillaume A. d'Almeida Peter Koepke, and Eric P. Shettle, 「ATMOSPHERIC AEROSOLS - Global Climatology and Radiative Characteristics」 A. DEEPAK Publishing, 1991
- [3] O. Torres, J. R. Herman, P. K. Bhartia, Z. Ahmad, *J. Geophys Res.*, 100, 14,043-055, 1995
- [4] O. Torres, P. K. Bhartia, J. R. Herman, Z. Ahmad, and J. Gleason, *J. Geophys Res.*, 103, 17,099-17,110, 1998
- [5] 後藤亜希、卒業論文「紫外線センサー ODUS による対流圏エアロゾル観測手法の検討」, 1999