

能動・受動型センサーの複合利用によるエアロゾル光学特性のリモートセンシング

Remote sensing of aerosol optical properties from the combination of active and passive sensors

工藤玲¹, 西澤智明²

R. Kudo, T. Nishizawa

1. 気象庁 気象研究所 Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

2. 国立研究開発法人 国立環境研究所 National Institute for Environmental Studies

Abstract: An algorithm to estimate the vertical profiles of aerosol optical properties from the combined analysis between the lidar and the sky radiometer measurements was developed. The optical properties are estimated by two steps. At the first step, the columnar optical properties are estimated from the sky radiometer and the depolarization ratio of the lidar. At the second step, the vertical profiles of the optical properties are estimated from the lidar data and the columnar properties obtained in the first step. We applied this algorithm to the measurements at Tsukuba, Japan. The results showed the detailed vertical structure of the locally emitted and the transported aerosols. Furthermore, the vertical profiles of the solar heating rate by aerosols were evaluated from the estimated optical properties.

1. はじめに

エアロゾルは、大気環境や気候へ大きな影響を持つ。この影響評価のためには、エアロゾルの時空間変動を把握することが課題である。特に、鉛直分布の重要性が指摘されている。エアロゾルがもたらす雲や大気境界層への影響が、エアロゾル光学特性の鉛直分布に依存しているためである^{[1][2]}。この影響を調べていくには、消散係数、一次散乱アルベド、位相関数（または非対称因子）の光学特性の鉛直分布を把握していく必要がある。

AERONET (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov>) や SKYNET (<http://atmos.cr.chiba-u.ac.jp>) の地上観測網で用いられている分光放射計（スカイラジオメータ）から、上述の3種の光学特性について、気柱代表値が得られる。一方、AD-Net (<http://www-lidar.nies.go.jp/AD-Net>) で展開されているライダー観測からは、ライダー比の仮定によって消散係数の鉛直分布が得られるにとどまる。そこで、本研究では、SKYNETのスカイラジオメータとAD-Netのライダーを複合利用することで、消散係数、一次散乱アルベド、非対称因子の鉛直分布を推定する手法を開発した。さらに、これらの光学特性からエアロゾルによる加熱率を求め、大気場への影響を評価することを可能にした。

2. データと解析手法

解析に用いたデータは、つくば市における2012～2013年の環境研のライダー（532, 1064nmの減衰付後方散乱係数と532nmの偏光解消度）と気象研のスカイラジオメータ（340～1020nmの7波長における光学的厚さと直達光に対する散乱輝度の比）の観測である。これらのデータから、二段階でエアロゾル光学特性の鉛直分布を推定する。第一ステップでは、スカイラジオメータのデータとライダーの偏光解消度の鉛直平均値に対して、エアロゾルの複素屈折率（実部と虚部）、微小粒子と粗大粒子の二山を仮定した体積粒径分布、そして、粗大粒子の球形・非球形比を最適化することで、光学的厚さと一次散乱アルベドの気柱値を求める。第二ステップでは、ライダーの減衰付後方散乱係数と偏光解消度の鉛直分布、そして、第一ステップで得られた光学的厚さと一次散乱アルベドに対して、複素屈折率（実部と虚部）、二山の粒径分布、粗大粒子の球形・非球形比の鉛直分布を最適化することで、532と1064nmの消散係数、一次散乱アルベド、非対称因子の鉛直分布を求める。

推定されたエアロゾル光学特性の鉛直分布を放射伝達モデルに入力することで、大気放射場を計算し、加熱率の鉛直分布が計算される。この際、入力値の光学特性の波長が、2波長に限られるため、532と1064nmの間は線形内挿によって求め、外の波長に対しては、532と1064nmの値を用いた。

3. 結果

図 1 に解析の一例を示す。消散係数の鉛直分布からは、層 1 (0~1km)、層 2 (1~2km)、層 3 (2~3km)、層 4 (3~5km) の 4 層構造が見られる (図 1a)。層 1 は、大気境界層内のエアロゾルである。層 2 は、前日から続く残余層のエアロゾルである。層 2 と 3 は、長距離輸送に伴うエアロゾルである。一次散乱アルベド (図 1 b) は、大気境界層内の層 1 で値が小さい。移流層の 2 と 3 では、あまり有意な変動がなかった。このことから、大気境界層内で光吸収性のエアロゾルが多いことが示される。非対称因子 (図 1 c) は、層 2 と 3 で小さく、層 1 と 4 で大きい。このため、層 2 と 3 では微小粒子が多く、層 1 と 4 では粗大粒子が多いことが分かる。後方流跡線解析を用いて、層 2 と 3 のエアロゾルの起源を推測すると、層 2 は中国の北京辺りが起源であり、層 3 は北京よりも西側が起源であった。このことから、層 3 はより純粋なダスト、層 2 はダストと汚染物質が混合したエアロゾルであると推測される。図 1 e は、光学特性から計算された加熱率の分布である。加熱率は、消散係数の大きい移流層で大きくなっており、全体としては、大気の鉛直構造を安定化する方向に寄与していたことが分かる。

4. まとめと今後

ライダーとスカイラジオメータの観測からエアロゾル光学特性の鉛直分布を推定する手法を開発し、つくばにおける 2 年分の観測データを解析した。例に示したように、エアロゾルの詳細な鉛直分布の情報とともに、気象場への影響を見積もることが出来るようになった。今後、つくば市以外の AD-Net と SKYNET のデータを解析し、長期広域のエアロゾルの変動を調べていくことを計画している。

また、本研究で開発された推定アルゴリズムを、2018 年打ち上げ予定の EarthCARE 衛星に搭載される ATLID (紫外高分解能ライダー) と多波長イメージャー (MSI) の複合解析に応用した開発を進めている。これにより、全球 3 次元分布の解析を目指している。

5. 参考文献

- [1] Koch, D., and A. D. Del Genio (2010) Black carbon semi-direct effects on cloud cover: review and synthesis, *Atmos. Chem. Phys.* 10, 7685-7696.
- [2] Yu, H., S. C. Liu, and R. E. Dickinson (2002) Radiative effects of aerosols on the evolution of the atmospheric boundary layer, *J. Geophys. Res.* 107, doi:10.1029/2001JD000754.

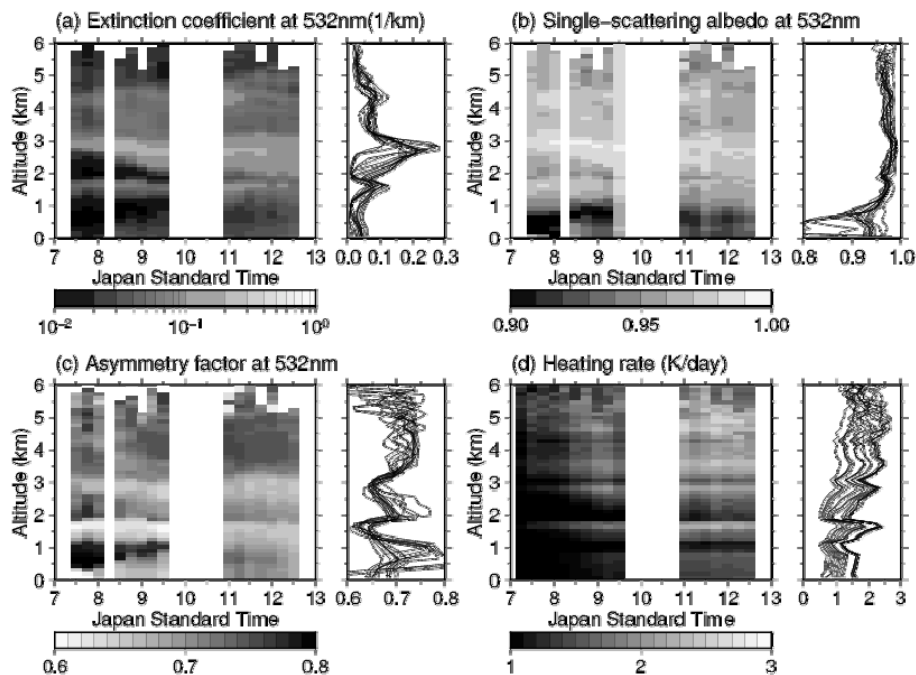


Fig 1. The vertical profiles of the estimated extinction coefficient (a), the single-scattering albedo (b), the asymmetry factor (c) at 532 nm, and the solar heating rate (e) on April 2 2012.