

ライダーによる大気粒子の混合状態測定手法
A lidar remote sensing technique to derive the mixing ratio of atmospheric
particulate matters.

小林 隆久*、酒井 哲**
T. Kobayashi*, and T. Sakai**
*気象研究所、**名古屋大学

Meteorological Research Institute, Nagoya University*

Abstract

A method is presented for determining the mixing ratio of specified aerosols from two wavelength lidar measurements. Retrieved mixing ratio of Asian dust from backscattering signals was compared with that estimated from depolarization ratio. Results show that the both vertical profiles have peaks and dips at same altitudes.

1. 序

大気中に含まれている粒子状物質は、気候や人間生活に大きな影響を与えており、そのモニタリングは気候予測や地球環境保全のため重要である。大気中には工場や車等の人工起源に起因するエアロゾル、植生に起因する biomass burning、土壌からの黄砂、火山性エアロゾル等種々の粒子状物質エアロゾルが浮遊している。これらの粒子は全体としても人間環境や地球環境に影響を及ぼす一方で含まれているエアロゾルの特性に応じて異なる影響を環境におよぼしている。工場や自動車からの粒子は、健康に有害なものを含んでいる場合も多い。東京では、ディーゼル排煙を規制しているが他のエアロゾルと分離して計測することが容易ではないためその効果の検証が困難となっている。また海面から発生する海洋性エアロゾルや、火山ガスや人口起源の気体から粒子状物質となる硫酸成分を含むエアロゾルは雲核として雲の生成や放射収支に大きな影響を及ぼしている。

粒子状物質はその性質により、気候や環境に与える影響は大きく異なるため、起源の異なる様々な物質を分離あるいは混合状態が推定できると有用な情報となる。例えば黄砂と海洋性や人為起源の混合状態、エアロゾルと雲粒など異なる起源のエアロゾルの含有割合を測定できると環境保全・予測に大きく役立つ。このような測定は、地上や航空機でエアロゾルをサンプリングし分析すれば可能だが頻繁な、また地球全体での観測は困難であり、リモートセンシングを用いた測定が求められている。

本論文では、ライダーを用いてある特定のエアロゾルが大気中の全エアロゾルに含まれている割合を推定する方法について述べる。

2. 方法

1つの観測領域に特性の異なる複数のターゲットが混在する場合、複数のセンサーで観測することで各ターゲットの特性を観測することが原理的には可能となる。このような観測手法は、これまでに衛星による地表面分類に用いられてきた。この考え方を大気にも適用し、特性の異なる n 種類の粒子が混在する大気を、 n 個のセンサーで観測し、各粒子の混在割合を抽出する。ここでは簡単のため2種類の粒子が混在する場合を仮定する。それぞれの粒径分布、屈折率を仮定し、2種類の粒子に異なる感度を持つ2つの波長で観測し、特定の粒子の体積混合割合をライダーで求める方法である。各粒子は、含有体積に比例してライダー受信信号に寄与するものとする。2種類の粒子が個別に、ある任意の基準濃度

で存在する場合に観測されうる値を計算すれば、混合状態で観測した2つの波長の観測値から体積割合を推定できる。特定の粒子以外の粒子特性は本来未知なため、その特性により誤差が生じるが推定した特性が極端に異ならなければそれほど誤差は大きくはならない。多重散乱が無視できない場合は、放射伝達計算を行い、非線形効果を補正することで精度向上が期待できる。良く行われているような表を用いる方法ではないため、あらかじめ表を用意する必要がないことが利点である。

3. 観測

本手法をライダーに適用し、検証を行う。1996年4月23日名古屋上空に黄砂が飛来した。この時にNd:Yagライダーの2波長(532,1064 nm)で黄砂を観測した。大気中には黄砂以外の起源の粒子状物質が含まれていると考えられるが、黄砂の混在割合を上述した方法で算出することを試みる。大気中には黄砂と硫酸エアロゾルが混在しているものと仮定する。黄砂の粒径分布は、対数正規関数、モード半径0.37 μm 、分散は0.862とした。また混在している粒子も対数正規粒径分布と仮定し、モード半径0.044 μm 、分散は0.673とした。なお、黄砂は非球形性が大きいいため、ライダー受信信号の計算では、ファクター0.4を後方散乱断面積に乗じた。第1図は、この時にNd:Yagライダーの2波長(532,1064 nm)で黄砂を観測した例である。点線が2波長のライダー受信強度を用いて本手法から推定した黄砂の割合の鉛直分布である。また、黄砂は非球形性が高いことから、偏光観測から黄砂の混合割合がある程度推定できる。実線が黄砂のDepolarization Ratioを25%と仮定して求めた黄砂の割合である。2つの方法で求めた値は高度により若干の差が見られる。この理由は、仮定した粒径分布等粒子状物質の物理特性の誤差、また黄砂のDepolarization Ratioの誤差特に高度と共にDepolarization Ratioが変化してためと考えられる。ここで述べた方法は、単に2波長のライダー受信強度のみを用いて黄砂の混合割合を算出したもので、偏光の情報は一切使用していない。それにも関わらず2方法による絶対値の差は見られるものの、高度による凹凸の変化は非常に良い対応を示していることが分かる。ライダーでは単散乱光の寄与が大きいいため非線形効果もないため本手法が効果的に適用できる。

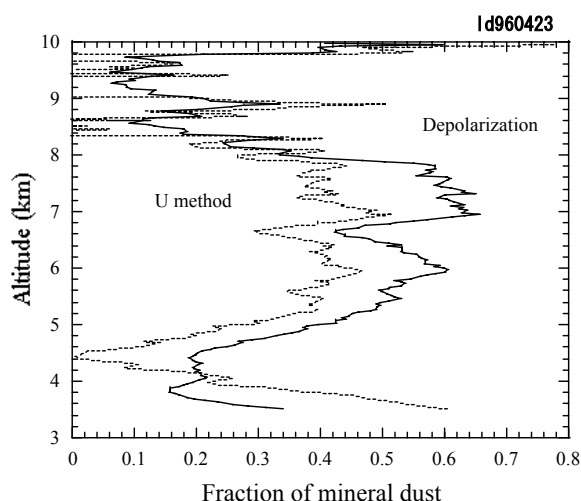


図1 Comparison of fraction of mineral dust retrieved from the present method (dotted line) and Depolarization Ratio measurements (solid line). Observations were made at Nagoya.