

前方積分手法による地上ミー散乱ライダーデータの解析

Ground-based Mie-scattering lidar data analysis with forward inversion method

清水厚・杉本伸夫・松井一郎

Atsushi Shimizu, Nobuo Sugimoto, Ichiro Matsui

独立行政法人 国立環境研究所

National Institute for Environmental Studies

Abstract

Continuous operation of Mie-scattering lidars provide numerous information in all weather conditions. Although ordinary backward inversion (Fernald) method provided a stable solution of backscatter coefficient, a calibration range must exist and in cloudy conditions it was not applicable. In this study a calibration constant at a near range is determined statistically with a long term dataset, and forward inversion was applied. In spite of sensitive dependency of initial aerosol value at near range in forward method, a reasonable solution was obtained in both of clear and cloudy conditions in Japan. However, optically thick conditions in Beijing produced ill results.

1 はじめに

国立環境研究所が環境省や内外の大学・研究機関と共同で運用している2波長偏光ミー散乱ライダーネットワークでは、天候によらず後方散乱強度鉛直プロファイルを1時間に4回取得している。従来は、このうち閾値法により高度6kmまでに雲が検出されなかったプロファイルについて、Fernald(1984)の後方積分手法を用いてエアロゾル後方散乱係数(または消散係数)を計算して利用していた。しかしながら、大気境界層付近におけるエアロゾルイベントは6km以下に雲がある時にも発生し、それらの定量的評価も環境研究上必要とされるケースは多い。また、大気放射に関わる研究においても、雲底下のエアロゾルに関する情報が必要とされる。本研究ではこれらの要請に応えるため、初期値に敏感とされるFernaldの前方積分手法を導入して全天候時において雲底下までのエアロゾル後方散乱係数の導出を試みた。

2 手法

まず、長期間(以下では1ヶ月)の532nm後方散乱強度(I)データセットを準備する。このうち、高度6kmまでに雲がない全プロファイルに関して、 $S1$ (ライダー比)を固定した上でエアロゾル後方散乱係数(β_a)を求める。分子後方散乱係数(β_m)も大気モデルから理論的に求められるので、各高度において全後方散乱係数(β)の晴天時時系列が求められる。このうち最下層(今回は高度150m)に関して、ライダーとその層との間での消散が非常に小さいと仮定すれば、 $\beta(150m)$ と $I(150m)$ とは装置定数のみに依存する比例関係にある。 β と I の晴天時時系列同士から、この装置定数を統計的に推定し、得られた値を逆に用いると曇天時においても $I(150m)$ から $\beta(150m)$ が得られる。これを初期値としてFernaldの前方積分を適用し、雲底下での β_a を得る。

3 結果と考察

図1に、2006年12月中旬のつくばにおける I 、晴天時の後方積分による β_a (以下、 β_{aB})、全時刻における前方積分による β_a (以下、 β_{aF})を示す。晴天時については2種類の積分方法において大きな差は見られず、曇天時においては β_{aF} に I と対応する時空間パターンが見えている。

図1の期間を含む1ヶ月間の高度150mにおける I と β_{aB} との比(装置定数に相当)の時系列、およびその分布は図2のようになっていた。即ち、期間中の標準偏差は平均値の約9%で、これらのうち月の始めから終りに

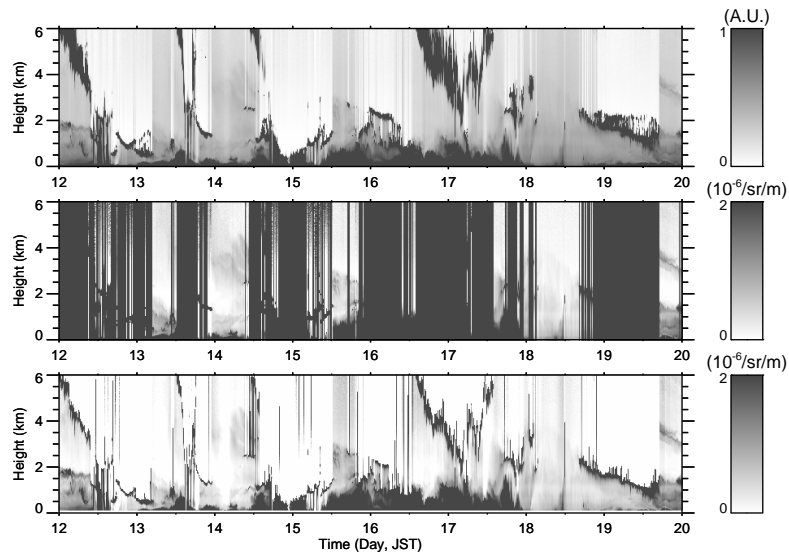


Figure 1: Time-height sections of backscattering intensity at 532 nm (top), aerosol backscatter coefficient with backward inversion (middle), and aerosol backscatter coefficient with forward inversion (bottom), for December 12–20, 2006 in Tsukuba. Black portions in the middle figure designate cloudy periods in which backward inversion is not applicable.

かけてゆるやかに変化する分はレーザーパワーの減衰などのトレンド、その他の変動は後方積分時の 6km における境界条件の不適切さを反映していると考えられる。

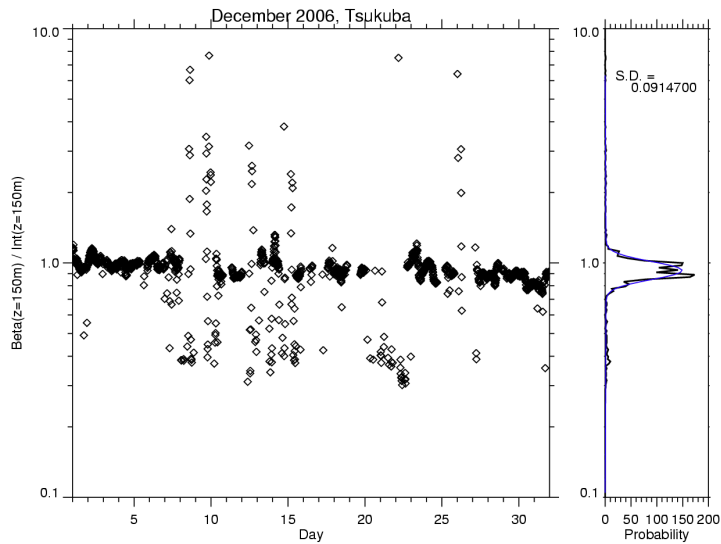


Figure 2: Time-series of ratio between I at 150m and β_{aB} at 150m (left) in December 2006, and its probability density distribution (right).

2006年12月のつくばは比較的エアロゾルが少なく、Fernaldの前方積分において発散しにくい条件であった。黄砂イベントが発生した2006年4月の結果は、つくばでは装置定数のばらつきが大きく、また晴天時に両方向で比較すると前方積分の方が大きな β_a を得られることが多かった。これは、後方積分時に高度6kmで与える β_a の初期値の決め方の問題点を反映しているものと考えられる。また、同月の北京のデータでは、高度2km付近で前方積分の値がしばしば発散した。これは、光学的に厚いケースでは後方積分の段階で最下層で真値に十分漸近していないことを反映していると考えられる。今後は、前方積分の適用限界の見極め、および装置定数を統計的に決める際の計算方法の改善(単純平均ではなくある種の重み付けの導入など)が必要である。