

紫外ラマンライダーによる対流圏エアロゾルの光学的性質と

水蒸気混合比の観測 (2)

村山 利幸

¹東京海洋大学 海洋工学部 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6)

Observation of the Optical Properties of the Tropospheric Aerosols and Water-Vapor Mixing ratio by a UV-Raman Lidar (2)

Toshiyuki MURAYAMA

¹ Tokyo University of Marine Science and Technology, 2-1-6 Etchujima, Koto, Tokyo 135-8553

We have observed the aerosol optical properties and the water-vapor mixing ratio in the troposphere using a UV Mie-Raman lidar system at Koto, Tokyo. Here we present the example of the observation on 28th, March, 2018, under fair weather condition. The lidar ratio is higher in the boundary layer (~50 sr) than in the free troposphere (~30 sr). The water-vapor mixing ratio fairly correlates with aerosol backscatter coefficient. The overlapping function between the laser beam and the field of view of the telescope is determined from the Raman lidar signals.

Key Words: Raman lidar, aerosol, water vapor, lidar ratio, overlapping function

1. はじめに

東京海洋大学海洋工学部では 2015 年より, Nd:YAG レーザーの第 3 高調波, 355 nm のレーザー光を用いたミー・ラマンライダーを稼働し, エアロゾル, 水蒸気の観測を再開した. 夜間においては, エアロゾルの後方散乱係数, 消散係数, 及びそれらの比であるライダー比, さらに水蒸気混合比を近くのラジオゾンデデータを用いて決定できる. 日中においては, サンフォトメーターによる大気的光学的厚さとミー散乱ライダーから導出した光学的厚さ(消散係数の空間積算)を一致させるように平均のライダー比を推定出来る(τ -matching 法と呼ぶことにする)¹⁾.

本研究では, 2015 年から引き続き^{2,3)}, 今年度, 春季に行った通常大気観測の一例として 2018 年 3 月 28 日の例を示す.

2. 観測装置

UV ラマンライダーの諸元は文献 2, 3) に与られている. 受信チャンネルは弾性散乱の 355 nm, N₂ 分子・H₂O 分子からのラマン散乱の 387 nm, 408 nm の 3 波長である. 検出器は光電子増倍管で, 受診信号は Licel のトランジェントレコーダー TR20-160 を用いて, アナログ計測と単一光子計測(夜間のみ)を併用している. 日中では 355 nm のみ記録している. 観測時のレーザー光強度は 100 mJ/pulse で行っており, レーザーの繰り返し周波数は 10 Hz である. 5 分毎に積算ファイルを

収集している. 測定時の距離分解能は 7.5 m である.

サンフォトメーターはポータブル型で (EKO, MS-120) 手動で 5 波長測定できる. ここでは, 368nm と 500nm の測定値からオングストローム指数を求め, 355nm での光学的厚さを推定した. スカイラジオメーター (Prede, POM-01) によって大気的光学的厚さ他のエアロゾルの特性が晴天日中時に推定される. また, 併設したシーロメーター (Vaisala, CT25K) によって 905nm での後方散乱係数が連続して得られている.

3. 観測手法と結果

ライダー観測は, 日中のサンフォトメーターによる観測との比較も考慮して, 晴天時日中から 355nm チャンネルのみ記録し, 日没後, 3 チャンネルを同時に記録している. Fig. 1 に, 2018 年 3 月 28 日の日没後, 夜間約 3 時間積算したデータから導いたエアロゾルの光学特性(後方散乱係数, 消散係数, ライダー比)及び水蒸気混合比の鉛直分布を示す. 距離分解能は 120m で高度 4km 以上で 5 点 (600m) の移動平均をかけて算出している. 解析には, 館野のラジオゾンデ (12UTC) から算出した大気密度や気温分布を用いている. エアロゾルの消散係数の導出には, レーザー波長と N₂ ラマン波長の波長依存性(オングストローム指数)を 1.0 ± 0.3 とした. 水蒸気混合比は最下点 (67.5 m) の値を地上の気象測定値で規格化している. シーロメーターによる減衰後方散乱係数を Fig. 2 に示

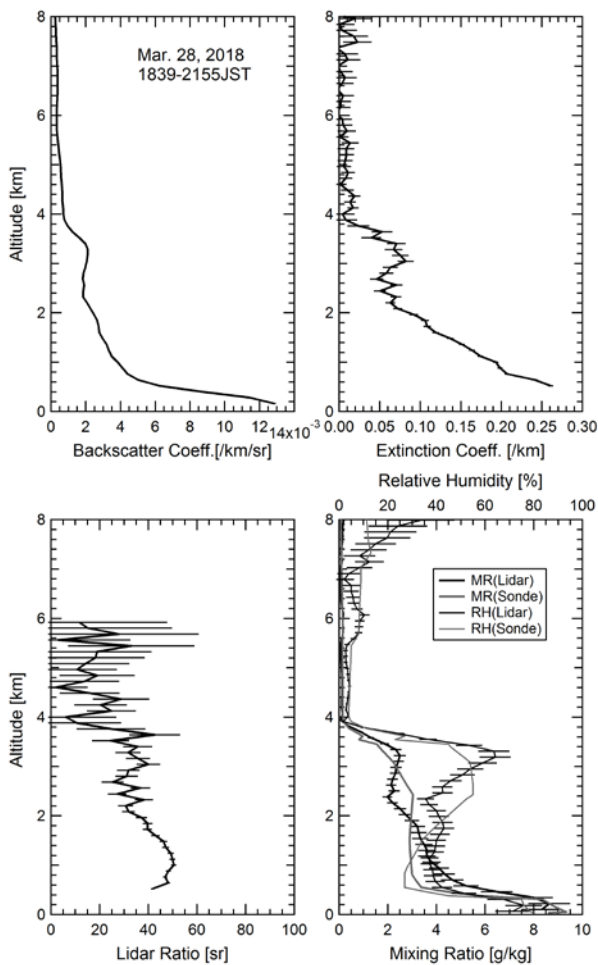


Fig. 1 Mean profiles of the aerosol optical properties (backscatter and extinction coefficients and lidar ratio) and water-vapor mixing ratio from 18:39 to 21:55 JST on Mar. 28, 2018. The mixing ratio and relative humidity obtained from the radiosonde observation at Tateno (21 JST) are also indicated.

す。Fig. 2 に示されるように、0.5km 以下に濃いエアロゾルが見られる。この日の大気は Hazy で大気の光学的厚さも比較的大きく変動した (500nm で 0.3~0.5)。夜間のラマンライダー観測からは、高度 0.6 km 付近までの濃いエアロゾル層・水蒸気混合比と、さらに 4km 付近まで広がるエアロゾルと水蒸気が共存しているのがわかる (Fig. 1)。この傾向は従来の観測とも一致する^{2,3)}。高度 0.6~1.2km におけるライダー比の平均は $48.8 \pm 1.3\text{sr}$ であったが、2.1~3.6km では $33.2 \pm 4.6\text{sr}$ と自由対流圏の方が小さい値となっている。

一方、日中、16:10 頃のサンフォトメーターとライダーの観測 (τ -matching 法) からは、ライダー比は $46 \pm 2\text{sr}$ と求まった (推定された 355 nm での光学的厚さは 0.74, オングストローム指数は 1.0)。

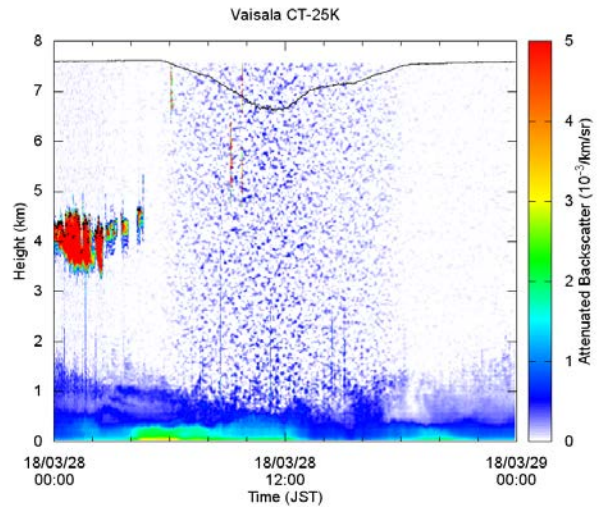


Fig.2 Time-height indication of the attenuated backscatter coefficient observed by the ceilometer (@905nm) collocated with the lidar on Mar. 28, 2018. The background light is indicated by the solid line inversely at the top.

この値はラマンライダーから求めた値 (前出) と矛盾しない。

レーザービームと受診望遠鏡の視野との重なり関数 $Y(R)$ を、弾性散乱及び N_2 ラマン信号から導出することを試みた⁴⁾。求めた $Y(R)$ から 0.55km で $Y(R)=1$ となっているので、その高度以上では消散係数とライダー比が $Y(R)$ の補正なく求まっていることがわかった。さらに日中の弾性散乱のプロファイルに対しても同じ $Y(R)$ による補正が適用できるため、より正確に下層まで消散係数が求められ、 τ -matching 法によるライダー比の誤差も低減できることがわかった。

4. まとめ

紫外ミー・ラマン散乱ライダーを継続して稼働し春季における一般的な対流圏エアロゾルの光学特性と水蒸気混合比に鉛直分布を求めた。エアロゾルと水蒸気は相似した鉛直分布を示した。日中の τ -matching 法及び夜間のラマンライダーから導出したライダー比はおよそ一致した。ラマンライダーよりライダーにおける重なり関数の導出を試みた。

参考文献

- 1) T. Murayama et al: J. Geophys. Res. **108**, D23(2003)8651.
- 2) 村山 利幸: 第 34 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集 (2016) 114.
- 3) 村山 利幸: 第 35 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集 (2017) 64.
- 4) U. Wandinger and A. Ansmann: Appl. Opt. **41**(2002)511.