

高距離分解能マルチスペクトル検出器を用いた ミー・ラマンライダーの開発

北藤 典也¹, 矢吹 正教¹

¹京都大学生存圏研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

Development of Mie-Raman lidar using a high range resolution multispectral detector

Fumiya KITAFUJI¹ and Masanori YABUKI¹

¹Kyoto Univ. RISH, Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011

Recent improvements in the performance of short-pulse lasers and high-sampling-rate detectors have led to the development of compact lidar systems with high spatiotemporal resolution. In this study, we construct a Mie/Raman lidar that can obtain the detailed spatial distribution of aerosol particles in a small area. The spectral detection component of lidar signals consists of a grating and a photomultiplier (PMT) tube array that enables the simultaneous acquisition of 32-channel photon counts with a maximum range resolution of 18.8 cm. Here we have designed a prototype system equipped with a 15 cm receiving telescope at a short-pulse diode-pumped Nd:YAG laser of 532 nm. In this presentation, we introduce our proposed system as well as the preliminary results of the high spatial resolution lidar for observing the particles in the lecture room and near the forest canopy.

Key Words: multispectral lidar detector, high range resolution, Mie-Raman lidar

1. はじめに

大気質の悪化は、人間の健康や気候変動への関与など多岐にわたって影響を及ぼすことが知られている。大気中へ放出された汚染物質の人間生活圏への輸送・拡散過程は、地表付近の気象・地形や建物構造の違いなどに依存し複雑に変化する。近年では、広域の大気汚染だけでなく、森林内、幹線道路の周辺、高層ビル群の間、建物内など、小空間における汚染物質分布の把握に対する関心も高まっている。本研究では、小空間内のエアロゾルを高距離分解能で計測できる高サンプリングレートのマルチスペクトル検出器を用いた、小型の走査型ミー・ラマンライダーの開発を目的とする。ここでは、開発したライダーの仕様の概要と、屋内外の小空間におけるエアロゾル空間分布の試験観測結果について紹介する。

2. 高距離分解能ライダーの概要

本研究で開発したシステム構成の概要を Fig. 1 に示す。検出部に用いたマルチチャンネルフォトンカウンタ (Licel, SP32-HR) は、32チャンネルのスペクトルを距離分解能 9.4 cm (1.6 GHz サンプリング) で計測できる。ライダーの距離分解能は、検出器の分解能と光源のレーザーパルスの長さで決定される。試験観測では、パルス幅 1.2 ns の波長 532 nm の Nd:YAG レーザー (繰返周波数 : 1 kHz、パル

スエネルギー : 10 μ J) を用いたため、ライダーの距離分解能の下限値は 18.8 cm となる。波長分解能を決める分光器には、Oriel MS125 または Shamrock SR-500i のグレーティングを変えることで、0.5、1.3、3.1、6.2 nm (波長 532 nm に対する値) が選択できるようにした。望遠鏡には、口径 15 cm のニュートン式望遠鏡を採用した。

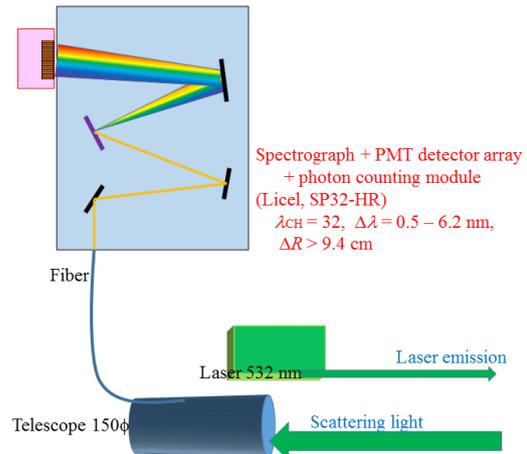


Fig. 1 Schematic setup of the high spatial resolution aerosol lidar.

3. 室内エアロゾル空間分布の観測例

室内での観測の例として、信楽 MU 観測所講義室内にて線香を用いた室内走査観測を行った。Fig. 2は、複数の仰角に対する扇形スキャン測定の結果を、3次元的にプロットした図である。この実験では、走査機構の回転速度の制約により1回の立体観測に約5分を要したが、単一発生源から放出されたエアロゾルが閉鎖空間で輸送・拡散していく様子が捉えられた。

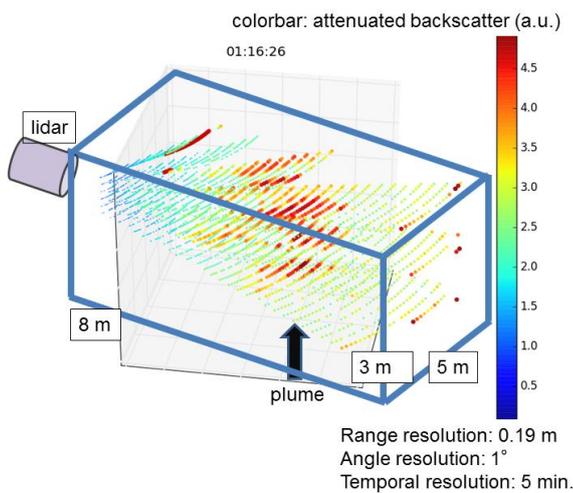


Fig. 2 Preliminary result of spatial distribution of the attenuated backscatter by lidar for the plume emitted from the incense burning in the lecture room.

4. 森林樹冠付近のエアロゾル観測例

2018年5月10日1:00~8:00JSTにかけて、信楽 MU 観測所(34°51'N、136°06'E、385 m a.s.l.)周辺の樹高約15 mの広葉林が多く分布する森林において、樹冠内外のエアロゾル分布計測を行った。Fig. 3に示すように、観測視野を水平に向けたライダーから15 m先に、入射角に対して45°反射する40 cm角のミラーを置いて垂直方向を観測した。同時に光散乱式粒子計数器(OPC)を高さ0.5 m、10 mに設置し、粒径別の粒子数濃度計測を行った。

Fig. 4に、Fernald法¹⁾を用いて計算した波長532 nmの消滅係数プロファイルを示す。近傍の信号は、水平射出したデータを元に大気が一様であると仮定して求めた重なり関数を用いて補正した。ライダーを基準として距離15 m先までは地表0.5 mの高さの水平観測を、距離15 m以降は、地表0.5 mから樹冠方向の垂直観測となる。この観測から、森林樹冠内のエアロゾル高度分布は、風が弱い夜間ほど高い不均一性が生じていることが示唆された。

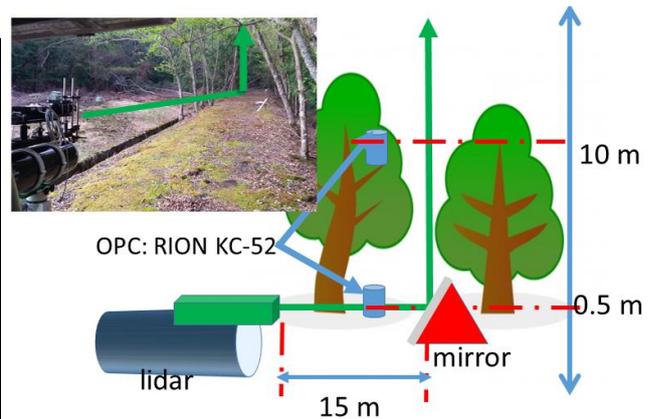


Fig. 3 Schematics of observation setup in the forest near the Shigaraki MU observatory. Observations of size-resolved aerosol particles was conducted by Optical Particle Counter (OPC) at two heights.

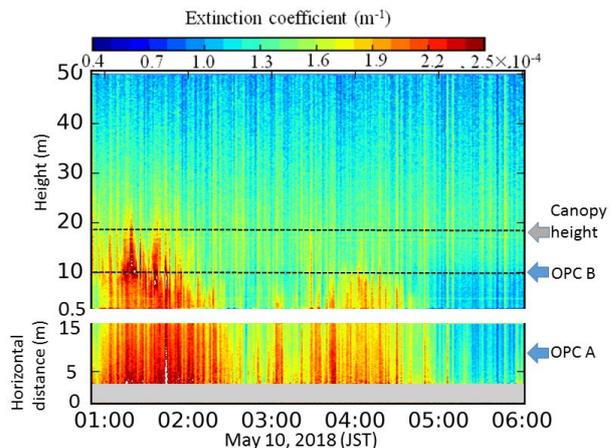


Fig. 4 Temporal distribution of vertical and horizontal profiles of extinction coefficient at a wavelength of 532 nm with a range resolution of 0.188 m on May 10, 2018. The lidar ratio of 50 sr was assumed in the Fernald method.

5. まとめと今後の課題

本研究では、高サンプリングレートマルチスペクトル検出器を用いた小型の走査型ミー・ラマンライダーを開発し、1波長のミー散乱試験観測結果を示した。今後は、分光計測を活用した多波長ミー散乱・ラマン散乱計測を行う予定である。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP26709042 および京都大学生存圏研究所ミッション研究 5-1 の助成を受けて行われた。

参考文献

1) F. G. Fernald, B. M. Herman, and J. A. Reagan, *J. Appl. Meteorol.* 11,482(1972).