

# 車載ライダーを用いた山岳大気エアロゾルの立体観測

矢吹 正教<sup>1</sup>, 三浦 和彦<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> 京都大学生存圏研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

<sup>2</sup> 東京理科大学理学部 (〒162-8601 東京都新宿区神楽坂 1-3)

<sup>3</sup> 富士山環境研究センター (〒169-0072 東京都新宿区大久保 2-5-5)

## Mountain aerosol three-dimensional distributions observed by a vehicle lidar

Masanori YABUKI<sup>1</sup> and Kazuhiko MIURA<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Kyoto University, Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011

<sup>2</sup> Tokyo University of Science, 1-3 Kagurazaka, Shinjuku-ku, Tokyo, 162-8601

<sup>3</sup> Laboratory for Environmental Research at Mount Fuji, 2-5-5 Okubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-0072

**Abstract:** In high mountain regions, the mountain and valley winds play an important role of the vertical transport and mixing processes of atmospheric aerosol including the injection of low-level air in the lower free troposphere. We constructed a mobile vehicle lidar that performs on-road remote sensing to achieve continuous monitoring of atmospheric aerosols with high spatiotemporal resolutions. In this study, we present the characteristics of the mountain aerosol three-dimensional distributions along a traveling path around Mt. Fuji.

**Key Words:** mobile vehicle lidar, mountain region, spatiotemporal aerosol distributions

### 1. はじめに

独立峰である富士山では、自由対流圏に位置することが多い山頂から大気境界層内の山麓にかけて観測点を設けた、エアロゾルの高度方向の分布特性の観測に適している<sup>1)</sup>。山岳域では、日射に起因した昼間の上昇流によって、自由対流圏へ下層の汚染された気塊を注入する役割を担う「山岳ポンプ」と呼ばれるプロセスが存在するため、大気境界層高度の時空間変動の把握が重要となる<sup>2)</sup>。本研究では、衛星観測や定点観測だけでは捉えきれない山岳大気エアロゾルの立体構造を、車載ライダーによる移動観測から明らかにすることを目的とする。

### 2. 富士山麓のエアロゾル高度分布の特徴

エアロゾル直接観測が行われてきた富士山山頂（標高 3776 m, 35.36N, 138.73E）と山頂からみて南東に位置する山麓・太郎坊観測サイト（標高 1290 m, 35.33N, 138.80E; 御殿場口新五合目近く）の間のエアロゾル高度分布の把握を目的として、2013～2019年の夏季に太郎坊にてライダー観測を実施した。図1に2016年8月1～16日における波長 532nm のエアロゾル後方散乱係数平均プロファイルの時間変化を示す。この観測により、エアロゾル後方散乱係数が  $0.005 \text{ km}^{-1}\text{sr}^{-1}$  を超える高度領域は、日中でも山頂高度までは定常的に達しないこと、②大気境界層上端の遷移層を含む  $\beta > 0.002 \text{ km}^{-1}\text{sr}^{-1}$  以上となる領域は、日射のある 5～6時から 18～19時の間に山頂以上の高度域まで広がること、③夜間の大気境界層高度は太郎坊からの高さ 1～2km 付近で時間によらず比較的安定していることがわかった。

### 3. 車載ライダーによる山岳大気エアロゾル観測

車載ライダー<sup>3)</sup>は、射出点でアイセーフ基準を満たす波長 355 nm のレーザと口径 15 cm の望遠鏡で構成され

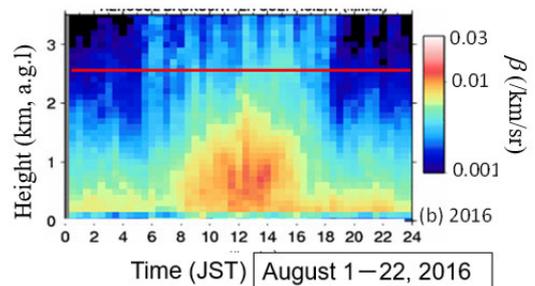


Figure 1 Time series of mean profiles of the aerosol backscatter coefficient at  $\lambda=532 \text{ nm}$  at the Tarobo site between 1 to 22 August, 2016. The height indicates the above ground level from Tarobo site at 1290 m high, and the red line corresponds to the height of the summit of Mt. Fuji.

る。紫外透過ガラスを備えたハッチ型のライダー専用の開口より観測を行い、時間分解能 1 秒、距離分解能 3.75m に積算した信号から、ライダー比 50 sr を仮定して Fernald 法より消散係数と偏光解消度を求めた。

富士山山頂付近ではその高度から季節風である西風が卓越する。本研究では、山頂からの相対位置による大気境界層高度の違いをみるため、富士山を中心とする周回観測を実施した。図 2 に、新御殿場 IC を起点として時計回りに富士山を周回した 2023 年 7 月 18 日 21:30 から 23:30JST の観測例を示す。1 周の走行距離は約 100 km で約 2 時間を要するため、時間変化も含んだ結果となっているが、トラックの往来が多い道路付近ではエアロゾル消散係数が高くなるなどの場所依存がみられた。一方、境界層高度は場所に大きく依存せず高度約 2 km 付近を示し、7 月 18 日の観測では夜間の富士山麓周辺の境界層高度の変動が少ないことが示唆された。

また、山肌に沿った大気境界層の特徴を調べるため、御殿場市内（標高約 500 m）から御殿場口新五合目（標高 1440 m）に至る経路（図 3(a)）に沿った往復観測を実施した。図 3(b)に、8 月 21 日 5:15~8:00JST の観測例を示す。霧の発生（6:30 前後）や道路上を木々が覆う箇所により、Fernald 法による解析ができない時間帯があったため、ここでは距離補正信号を示す。明け方には、市街地で接地境界層内の高濃度のエアロゾルが示唆される強い信号が観測されたが、時間経過とともに減少していく様子を捉えた。また、大気境界層高度は、山頂からの水平距離で約 20 km よりも遠方では標高によらずほぼ一定であり、それよりも近傍では境界層高度が標高に応じて上昇する傾向があることがわかった。

## 謝 辞

富士山太郎坊での観測は 認定 NPO 法人「富士山測候所を活用する会」が富士山頂の測候所施設の一部を気象庁から借用管理運営している期間に行われました。本研究の一部は、JSPS 科研費 26709042, 19H04238, 20K21844, および 22H03732 の助成を受けました。

## 参考文献

- 1) 藤代恵史, 三浦和彦, 藤田慎一, 小林 拓: エアロゾル研究, **24**(2), 123-128, 2009.
- 2) 長田和雄: エアロゾル研究, **15** (4), 335-342, 2020.
- 3) Yabuki, M., K. Miura, T. Mori, H. Hayami, H. Kuze: *Proceedings of the 30th International Laser Radar Conference*, Springer Atmospheric Sciences. Springer, Cham, 303–309, 2023.

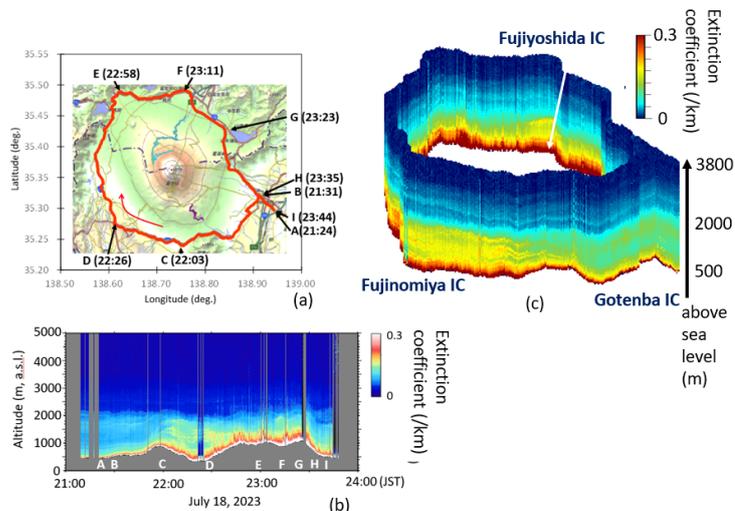


Figure 2 (a) A traveling path of the vehicle lidar on July 18, 2023 and the passing time of each point, (b) the aerosol extinction coefficient profile at  $\lambda=355$  nm ("A" to "I" correspond to the passing time of each point along the traveling path), (c) 3D display of the extinction coefficient profiles.

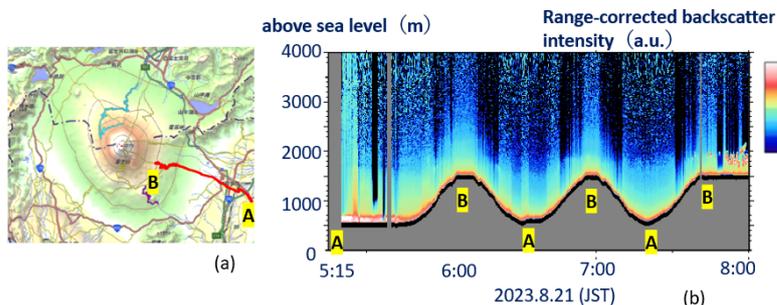


Figure 3 (a) A traveling path of the vehicle lidar on August 21, 2023 (A: Gotenba downtown, B: Gotemba Trail New 5th Station), (b) Range corrected backscatter intensity Aerosol at  $\lambda=355$  nm along a traveling path during 5:15 and 8:00 JST on August 21, 2023.