

# 車載ライダーでエアロゾルの立体分布を可視化する～富士山一周観測（TR01）

矢吹正教<sup>1</sup>，三浦和彦<sup>2</sup>  
1京都大学，2東京理科大，富士山観測研究センター

## 1. はじめに

PM<sub>2.5</sub>に代表される大気エアロゾルは、気候や人間の健康など多岐に亘り影響することが知られています。エアロゾル粒子の発生源は、自動車や工場など人間活動に伴い排出される人為起源と、森林や土壌、海面などから放出される自然起源とに大別されます。また、発生源から粒子として放出される「一次粒子」と、ガス状物質として放出されたものが大気中での酸化反応等により粒子化してできる「二次粒子」があります。生成されたエアロゾル粒子は、重力沈降だけでなく、雲粒の核になったり、雲粒や雨滴に取り込まれたりすることで大気中から除去されます。このように様々な過程を経て生成・除去を繰り返しながら大気場により輸送・拡散されるエアロゾルは、時間・空間的に大きく変化するため、その動態を正確に把握するためには多地点での継続した観測が重要となります。

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ます<sup>1)</sup>。直接観測が行われてきた山頂（標高3776m）と太郎坊（1290m）の間のエアロゾル高度分布の把握を目的として、2013～2019年の夏期に太郎坊にてライダー観測を行いました。大気ライダーはレーザを光源とするレーザー手法であり、直接観測のように多成分の観測はできませんが、高度連続のエアロゾル分布を地上から取得することができます。また、ライダーで計測できるのは、微粒子により光がどれだけ減衰したかを表す後方散乱係数や消散係数になります。この値が大きいほど、光を減衰させるエアロゾルが多く存在したことを示します。

山岳域では、日射のため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、大気境界層高度の日変化の把握が重要となります<sup>2)</sup>。太郎坊でのライダー観測では、①エアロゾル後方散乱係数 $\beta$ 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りました（図1参照）。本研究では、富士山周辺の他の地点でも同様の挙動となるかどうかを調べるため、最近開発された車載ライダー<sup>3)</sup>を用いて富士山を中心とする周回観測を実施しました。

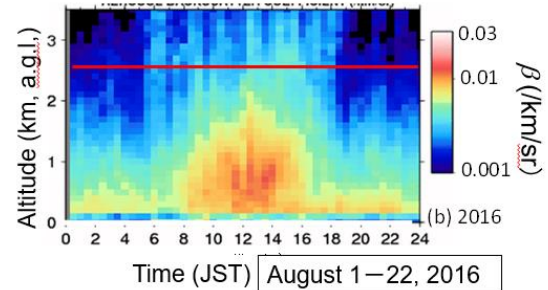


図1 エアロゾル後方散乱係数の平均プロファイルの時間変化（時間分解能30分、高度分解能100 m）：2016年8月1～22日。高さは太郎坊からの地表面高度であり、赤線は富士山頂の高さに対応する。

## 2. 車載ライダーの概要

観測車は、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を備え、開口部の下に微振動を吸収する除振台を設けています。また、最長で50時間の無給電の連続観測に対応しました。これらの工夫により、高速道路を含む多様な場所での運用が可能です。ライダー光源には、射出点でアイセーフ基準を満たす波長355nmのレーザを用いました。解析では、距離分解能7.5m、時間分解能1秒で取得した信号にライダー比50srを仮定したFernald法<sup>4)</sup>を適用して消散係数を求めました。各観測点の位置情報は、準天頂衛星対応のGNSS受信機により緯度・経度・高度を取得しました。

## 3. 観測結果

周回観測は、2023年7月18～19日、および8月19～20日に実施しました。図2(上)に観測ルートを示します。東名御殿場IC付近の駐車場で観測準備を行い、東富士五湖道路と繋がる新御殿場ICを起点として時計回りに富士山を周回しました。1周の走行距離は約100kmで、要した時間は平均で約2時間でした。ここで、富士吉田ICから新御殿場ICまでは高速道、それ以外は一般道での移動となるため等速の観測ではないことに留意が必要です。また、東富士五湖道路には約3kmの竈坂トンネルがあり、その他にも高架や道路上を覆う樹木により計測できない箇所はありましたが、経路全体の9割以上のデータが取得できました。

図2(下)に、2023年7月18日21:30から23:30JSTにかけて実施した周回観測例を示します。1周に2時間を要するため、時間変化も含んだ結果となっていますが、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ました。一方、境界層高度は場所に大きく依存せず高度約2km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ました。

#### 4. おわりに

現在、車載ライダーに偏光観測などの新しい計測機能の追加を試みています。今後も、富士山周辺を含む様々な場所での観測を継続し、従来のリモートセンシングや地上計測では把握が難しい局所的なエアロゾル分布の立体構造の可視化を進めていきます。

#### 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, 22H03732および京大生存圏研究所ミッション研究5-1

の助成を受けました。

#### 参考文献

- 1) 三浦和彦ら(2022). 微粒子が気候を変える！—富士山体を利用したエアロゾルの気候影響の研究—, 第15回成果報告会要旨講演予稿集, pp.14-15.
- 2) 長田和雄, 航空機と山岳大気観測から見た自由対流圏エアロゾル(2000). エアロゾル研究, 15 (4), pp.335-342. <https://doi.org/10.11203/jar.15.335>
- 3) Yabuki et al. (2023). Aerosol Spatial Distribution Observed by a Mobile Vehicle Lidar with Optics for Near-Range Detection, In: Sullivan, J.T., et al. Proceedings of the 30th International Laser Radar Conference, ILRC 2022, Springer Atmospheric Sciences. Springer, Cham, pp 303–309. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-37818-8\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-031-37818-8_40), 2023
- 4) Fernald, F. G.(1984). Analysis of atmospheric lidar observations: some comments, Appl. Opt., 23, 5, 652-653. <http://dx.doi.org/10.1364/AO.23.000652>

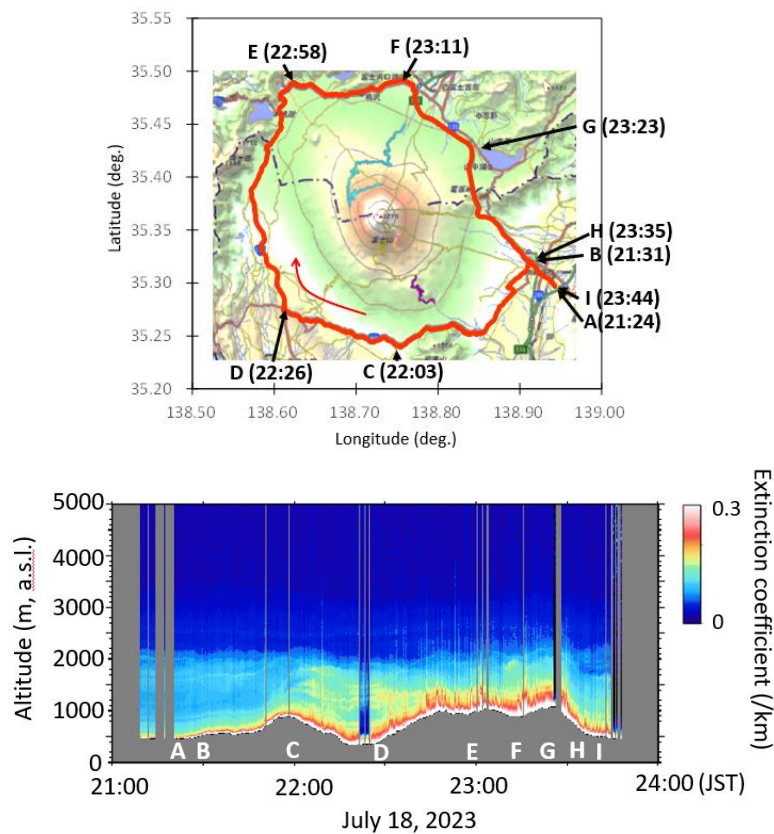


図2 (上) 車載ライダー移動観測の軌跡および各ポイントの通過時刻, (下) エアロゾル消散係数プロファイル: A~Iは上図・移動軌跡の各ポイント通過時刻に対応する (2023年7月18日)。