

車載型ライダーによる地上付近のエアロゾル水平分布観測

矢吹 正教¹, 石井 侑志¹, 三浦 和彦^{2,3}

¹京都大学生存圏研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

²東京理科大学理学部 (〒162-8601 新宿区神楽坂 1-3)

³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)

Horizontal aerosol distributions near the ground by a mobile vehicle lidar

Masanori YABUKI¹, Yushi ISHII¹, and Kazuhiko MIURA^{2,3}

¹Kyoto University, Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011

²Tokyo University of Science, 1-3 Kagurazaka, Shinjuku-ku, Tokyo, 162-8601

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

Abstract: we developed a mobile vehicle lidar for monitoring the aerosol horizontal distributions based on compact aerosol lidar characterized by near-range and high-range resolution measurements. The horizontal observation component was composed of two mirrors installed in the car and above the sunroof to change the laser beam direction and telescope field-of-view. We evaluated the quantitative retrieval of the aerosol physical parameters from the horizontal lidar signals by the lidar inversion algorithm. We demonstrated the potential of the proposed lidar through aerosol detection over a 600-m square farmland area and observed the transport processes of aerosols emitted from the center of the farmland area by biomass-burning.

Key Words: mobile vehicle lidar, near range measurements, aerosol horizontal distributions

1. はじめに

局所的なエアロゾル分布の立体構造の可視化を目的とした車載型ライダーの開発を進めている。これまでに、小型ウェッジプリズム群を用いた近距離計測ライダーを開発し、その装置を車載化して高層ビル街に囲まれた街区内の汚染物質分布を把握する実証実験を実施した¹⁻²⁾。これまで、車載ライダーは鉛直計測のみに対応してきたが、その観測視野方向を任意に変更できれば、水平移動観測など応用の幅が広がると期待される。本研究では、農業利用³⁾や波飛沫・土埃等のモニタリングなど地上に近い空間のエアロゾル分布をモニタリングするための、水平移動観測が可能な車載ライダーの概要と農地上で実施した試験観測の初期解析結果を示す。

2. 車載ライダーの概要

都市域で運用した車載ライダーは、0.1秒ごとに360度面走査を行う障害物検知ライダーにより陸橋など進行方向上空の障害物を検知し、ビームシャッターで物理的にレーザー射出を停止させる機能によりレーザーによる安全性を確保した。その機能は水平計測でも有効であるが、検知漏れによる影響などを考慮して、射出点における単位面積あたりのパルスエネルギーを、光源波長355nmの「最大許容露光量 (JIS C 6802)」と比べて4桁以上小さくなるように出力やビーム径を調整して安全性を高めた。

受光は口径15cmのニュートン型望遠鏡を用いた。検出部・データ処理部は、サンプリングレート400MHzでアナログ計測2chとフォトン計測1chの同時計測ができるデータ収集モジュール(Hamamatsu C12918-A1)と専用の光電子増倍管から構成される。また、航空機用センサに提案された光学系⁴⁾を参考に、望遠鏡の前に複数の小型ウェッジプリズムを置いたライダー用光学系を構築した。ライダーは、サンルーフ付きのホンダ・オデッセイに水平向きに設置し、サンルーフ下の打ち上げミラーでビームおよび観測視野を鉛直方向に向けることができる。本研究では、さらに、サンルーフの上側にも視野方向を変えるためのミラーを設置した。2枚のミラーとともに車内から方向調整ができ、サンルーフ上のミラーを進行方向横向き(普通は対向車がこない進行方向左向き)に設定することで水平観測に対応する。しかしながら、試作機では車の傾きに応じた水平自動調整機能がないため、横方向の傾きの変化が大きい道路では観測面が一定にならない課題がある。

各パス1秒積算で信号を取得したが、試験観測ではリアルタイムの確認のためデータ取得ごとに解析処理・グラフ表示をしながら実験したため、実際の計測では4秒に1パス分の信号を得た。

3. 農地における試験観測

観測に先立ち、同一領域の周回観測で信号減衰の傾きに明瞭な差が生じなかった草地上の大気を一様と仮定して、近傍の視野重なり関数を求めた。また、積算時間 1 秒、距離分解能 0.375 m の信号に対し、 $S_i=50$ sr を仮定して消散係数を導出した。

約 600 m 四方の農地を対象とした周回移動観測の結果を図 1 に示す。農地中央部での小規模の燃焼作業が終了し作業者が撤収した後から計測した。農地一周あたりの所要時間は約 5 分で、観測車の平均時速は約 30 km/h であった。4 秒ごとに 1 秒分の計測設定のためパスごとの間隔が大きいですが、地上付近にエアロゾルが局所的に滞留している様子を捉えることができた。

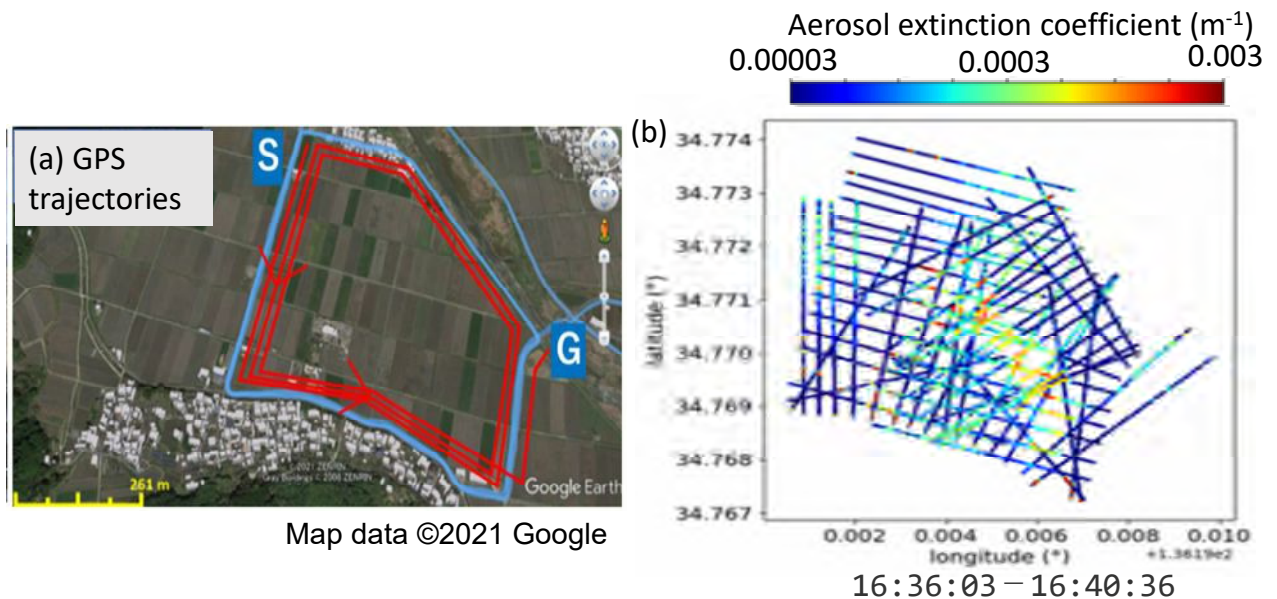


Figure 1 (a) The route map of the GPS trajectories of a mobile vehicle lidar and (b) the aerosol extinction coefficient at $\lambda = 355$ nm over farmland area at 16:36-16:40 JST on December 20, 2020.

謝 辞

ライダー開発・観測にあたり、千葉大学名誉教授 久世宏明先生、および信州大学名誉教授 齊藤保典先生にご助言いただきました。本研究の一部は、JSPS 科研費 26709042・19H04238、および京大大学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) Yabuki M., F. Kitafuji and T. Tsuda: High Spatial Resolution Aerosol Lidar with a Multispectral Detector, the 10th Asian Aerosol Conference (Jeju, Korea), PS-IM15, 3-6 July 2017.
- 2) 矢吹 正教, 藤井 一輝, 三浦 和彦, 森 樹大, 速水 洋, 久世 宏明, 齊藤 保典: 近距離計測に対応した車載型ライダーによる高層ビル街上空のエアロゾル立体分布計測, 第 38 回レーザセンシングシンポジウム, 2020.9.3-4.
- 3) 齊藤 保典, 椎名 達夫, 染川 智弘, 矢吹 正教, 平藤 雅之: 分光型ライダーの農業分野への利用法提案, 第 38 回レーザセンシングシンポジウム, 2020.9.3-4.
- 4) Fraczek, M., A. Behrendt, and N. Schmitt, Applied optics, 51(2), 148-166, 2012.