

小型ミー散乱ライダーによる工場内エアロゾルの三次元分布測定

左成 信之¹, 竹内 亨¹, 中野 亮太¹, 佐藤 勇樹¹,
神 慶孝², 杉本 伸夫², 西澤 智明²

¹ 柴田科学株式会社 (〒340-0005 埼玉県草加市中根 1-1-62)

² 国立研究開発法人国立環境研究所 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

Measuring the Three-Dimensional Distribution of Aerosols in a Factory Using a Compact Mie Scattering Lidar

Nobuyuki SANARI¹, Toru TAKEUCHI¹, Ryota NAKANO¹, Yuki SATO¹,
Yoshitaka JIN², Nobuo SUGIMOTO² and Tomoaki NISHIZAWA²

¹ Sibata Scientific Technology LTD., 1-1-62 Nakane, Soka, Saitama 340-0005

² National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506

Abstract: A compact scattering lidar has been developed for measuring the spatial distribution of aerosols in factories. The lidar is a Mie scattering lidar using a third harmonic laser diode-pumped Nd:YAG laser (355 nm). The transmitter and receiver are configured on an optical breadboard and scanned horizontally and vertically manually on a tripod. Lidar data is recorded together with angular data from a gyro sensor, and the aerosol distribution is displayed in near real-time. Combined with signals from a small hard-target lidar, it is possible to assess the three-dimensional distribution space of suspended aerosols in the factories.

Key Words: Environmental Measurement, Lidar, Aerosols, Dust

1. はじめに

比較的高濃度のエアロゾルが発生する工場内などにおけるエアロゾル分布の計測を目的とした容易に可搬できる小型ライダーの開発を進めている¹⁾。作業場のエアロゾル計測では粉じん計が用いられるが多いが、分布を把握することが必要である場合や粉じん計のコンタミネーションが問題になるような状況もあり、遠隔で計測できるライダーへの期待が大きい。ここでは、目に対する安全性が比較的高い紫外レーザー (355 nm) を光源とする計測システムを構築し、模擬エアロゾルを用いた計測を行った。この結果に基づいて、三次元マッピング用小型 LiDAR と組み合わせた、工場内エアロゾルの三次元空間分布を表示する手法についても検討を行った。

2. ライダー装置の概要

室内エアロゾル計測システムのブロック図を Fig. 1 に示す。光源は LD 励起第三高調波 Nd:YAG レーザー (浜松ホトニクス L11038-13) (波長 355 nm, パルスエネルギー 300 μ J, 繰り返し 100 Hz) を用いた。受信口径は 25 mm で、光電子増倍管で検知した。ライダー送受信部は、光学ブレッドボード上に構成し、三脚に載せて手で水平、垂直スキャンを行った。ライダー受信信号 (1000 点データ, 計測距離 15 m 分) はデジタルオシロスコープ (Teledyne LeCroy WaveSurfer 10) (8 bit, 10 Gsps) で記録し、オシロスコープ上で 10 ショット積算したデータをコンピュータに転送して記録した。室内エアロゾルの計測では、壁面の散乱強度がエアロゾル散乱に比べて桁違いに大きいため、壁面の散乱が受信視野から外れるように送受信ビームの方向を調整した。また、受信視野を広く (100

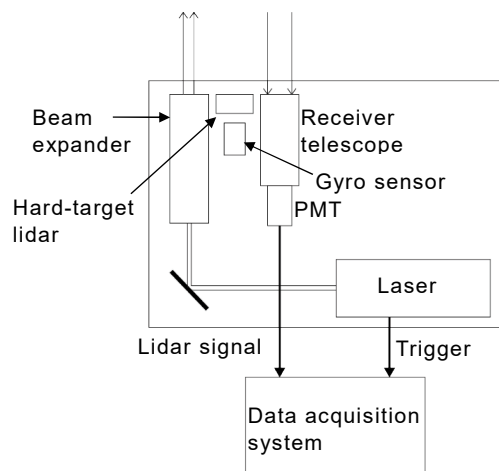


Fig. 1 Block diagram of the experimental indoor

mrad) することで近距離からの信号も受信できるようにしている。ライダー測定方向(方位角・高度角)はブレッドボード上に設置したジャイロセンサ(Yoctopus Yocto-3D)(分解能 0.1 deg, 精度 0.1 deg)で計測し、コンピュータに取り込んだ。また、エアロゾル分布を室内空間の中で明確に把握するために、LiDAR(インテル LiDAR L515)を用いて、ハードターゲットの三次元マッピングを行った。

3. 実験結果と考察

本研究において試作したライダーにより、室内で発生させた模擬エアロゾル(線香)が十分な感度で計測できることが確認された¹⁾。水平掃引による測定で得られたエアロゾルの分布を Fig. 2 に示す。Fig. 2 (a) は線香の煙を発生(中央左側 4 m 付近)時、Fig. 2 (b) は線香の煙を発生する前のクリーンな状態、Fig. 2 (c) は Fig. 2 (a) の数値と Fig. 2 (b) 数値の差を取った結果である。壁や柱、棚などからの散乱は大きい、上記のようにクリーンな状態をバックグラウンドとすることで、線香の煙が中央左側から広がる様子が正確に計測できることが確認された。

エアロゾルの分布を室内空間の中で明確に把握するため、ハードターゲットの三次元マッピングを試みた。ここでは、インテル社の LiDAR (L515) を用いて室内の三次元データを計測した。Fig. 3 に三次元データの一例を示す。ハードターゲットライダーとの併用は、三次元データの中の色々な場所から色々な角度、あるいは断面で分布を見ることができ、構造物との位置関係などを明瞭に把握するために有用であると考えられる。なお、L515 は今回発生させたエアロゾルには感度が無く、三次元データには表示されていない。

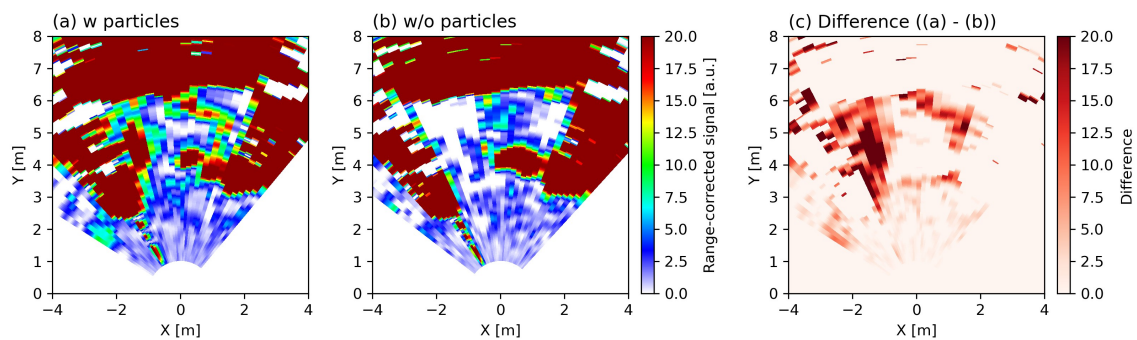


Fig. 2 Spatial distributions of aerosol mass concentration obtained from the horizontal scan measurements. (a) Scan with particles, (b) scan without particles and (c) difference ((a) - (b)).

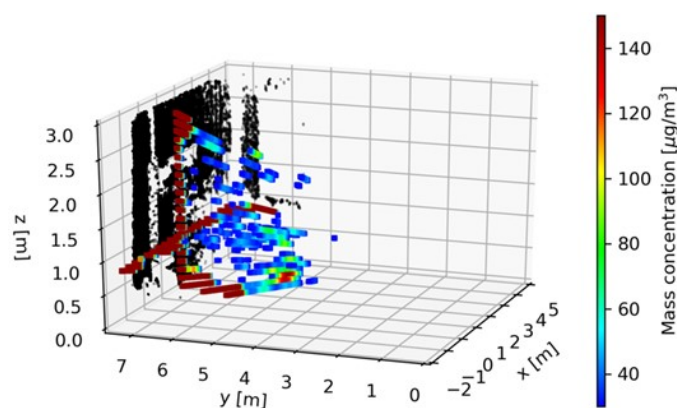


Fig. 3 Example of 3D indication combining the aerosol lidar data (color scale) and the 3D mapping data from a hard-target LiDAR (black points). Brown areas indicate strong scattering from the wall and the floor measured by the aerosol lidar.

参考文献

1) 左成 信之, 板谷 庸平, 横川 守久, 神 慶孝, 杉本 伸夫, 西澤 智明: レーザセンシング学会誌 3 (2022) 71.