

# 掃引型紫外ライダーによる室内エアロゾル分布の計測

杉本 伸夫<sup>1</sup>, 西澤 智明<sup>1</sup>, 神 慶孝<sup>1</sup>, 左成 信之<sup>2</sup>, 板谷 庸平<sup>2</sup>, 横川 守久<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 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)

<sup>2</sup> 柴田科学株式会社 (〒340-0005 埼玉県草加市中根 1-1-62)

## Indoor Aerosol Distribution Measurements Using a Scanning UV Lidar

Nobuo SUGIMOTO<sup>1</sup>, Tomoaki NISHIZAWA<sup>1</sup>, Yoshitaka JIN<sup>1</sup>,  
Nobuyuki SANARI<sup>2</sup>, Youhei ITAYA<sup>2</sup> and Morihisa YOKOKAWA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506 Japan

<sup>2</sup>Sibata Scientific Technology LTD., 1-1-62 Nakane, Soka, Saitama 340-0005 Japan

**Abstract:** A compact scanning lidar using a pulsed UV laser at 355 nm was constructed for measuring aerosol distribution in relatively dirty indoor factory environments. The lidar was tested in a laboratory atmosphere using smoke from incense. Aerosol concentration was estimated from the range-corrected signal intensity by multiplying a conversion factor determined by the comparison with an in-situ dust monitor. Reasonable distributions were obtained with horizontal and vertical scan measurements. The results demonstrate the lidar can be useful for evaluating factory environments.

**Key Words:** Lidar, Indoor Atmosphere, Aerosol, Factory Environment

### 1. はじめに

簡易な後方散乱ライダーの応用の可能性の検討を進めている<sup>1,2)</sup>。ここでは、そのひとつとして、室内大気を計測する小型の掃引型ライダーについて報告する。このライダーは工場内の環境評価などを目的として、室内の比較的高い濃度のエアロゾルの分布を測定すること想定している。Nd:YAG レーザーの第三高調波を用いたライダーシステムを試作し、実験室内において測定実験を行った。エアロゾル濃度は、距離二乗補正信号に変換係数を掛ける方法で求め、変換係数はダストモニタによる in-situ 計測との比較により決定した。線香の煙をターゲットとして水平、垂直スキャン測定を行い良好な結果を得た。

### 2. 掃引型ライダーシステムの試作

ライダーは、浜松ホトニクス社のパルス YAG レーザー L11038-13 型(355nm)を光源とし、受信系には Licel 社の PMT モジュールとデジタルオシロスコープを用いた。Fig.1 に装置の写真を、Table1 に主な仕様を示す。ライダーは三脚上に設置し、掃引は手動で行った。送受信の方向は、ジャイロセンサにより取得した。ライダーデータは、オシロスコープで 10 ショット積算した後 PC に転送し記録した。また、準リアルタイムで掃引結果を PC 画面上に表示するソフトウェアを作成した。

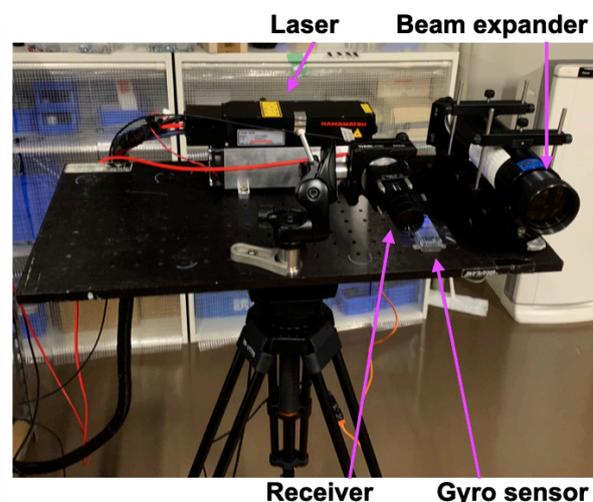


Fig. 1 Photograph of the scanning lidar.

Table 1 Specifications

<b>Transmitter</b>	Laser: Hamamatsu L11038-13, Wavelength: 355 nm, Pulse energy: 300 $\mu$ J, Pulse repetition: 100 Hz, Pulse width: $\sim$ 1 ns, Beam divergence: 0.5 mrad
<b>Receiver</b>	Diameter: 25 mm, FOV: 100 mrad Optical filter bandwidth: 1 nm PMT (Licel module) Digital oscilloscope (LECROY): 8 bits, Sampling rate: 10 Gsps

### 3. 実験結果と考察

試作したライダーを用いて、国立環境研究所の実験室内で測定実験を行った。Fig.2 に測定例を示す。Fig.2 左は平面図で、図中に示すようにライダーから約 5m の距離に線香を置き、左側の壁近くに空気清浄機を設置した、また、両者の間にダストモニタ (Sibata LD-5R) を置いてその位置でのエアロゾル濃度を測定した。図中に水平掃引して測定したエアロゾル分布をカラスケールで示した。掃引は、三脚上のライダーを手動でゆっくり回転することによって行った。掃引時間は約 3 分。エアロゾル濃度は距離二乗補正信号に比例するものとして、ダストモニタの位置で整合するように変換係数を決めた。図に見られるように線香からの煙は右奥の方向に流れているが、比較的短時間に部屋全体の濃度が上昇することも分かった。Fig.2 左の掃引は線香に点火後約 15 分後である。この時のダストモニタの値は  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、点火前の値は  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。

Fig.2 右は、左図の水平掃引の直後に行った垂直掃引測定の結果である。掃引面は、Fig.2 左中の点線を含む面で、線香の直ぐ右側を通る面である。なお、Fig.2 右の垂直掃引の図中に、水平掃引の面を点線で示した。測定されたエアロゾル分布は両者で整合している。今回の実験では、エアロゾル濃度は最も高いところでも  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  程度

であったが、一回の掃引で十分な感度が得られた。このような測定は工場内の環境評価に有用であると考えられる。今後、工場環境においてさらに測定実験を進めることを計画している。

簡単な後方散乱ライダーではあるが、エアロゾルの散乱はハードターゲットの散乱よりも数桁小さいため、室内の測定ではハードターゲットによるゴースト信号が出ないように送信ビームのパターン (ビームの裾の形状) に特に注意が必要であることなどの教訓も得られた。試作機のレーザー出力は  $355\text{nm}$  でパルスエネルギー  $300 \mu\text{J}$ 、繰り返し  $100\text{Hz}$  (平均パワー  $30\text{mW}$ ) である。より小さなパルスエネルギーで高繰り返しのレーザーを用いることもできるが、エアロゾル測定で十分な感度を得るためには平均パワー  $30\text{mW}$  は実験結果から妥当な値であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 杉本, 西澤, 神, 左成, 板谷, 横川, 室内大気環境計測用紫外ライダーの研究, 第 37 回レーザーセンシングシンポジウム, 2019, 千葉.
- 2) N. Sugimoto, T. Nishizawa, Y. Jin, N. Sanari, Y. Itaya, and M. Yokokawa, Development of Compact Backscattering Lidars for Aerosol Monitoring Applications Including Indoor Use, OSA Optical Sensors and Sensing Congress 2020, ETu3E.3.

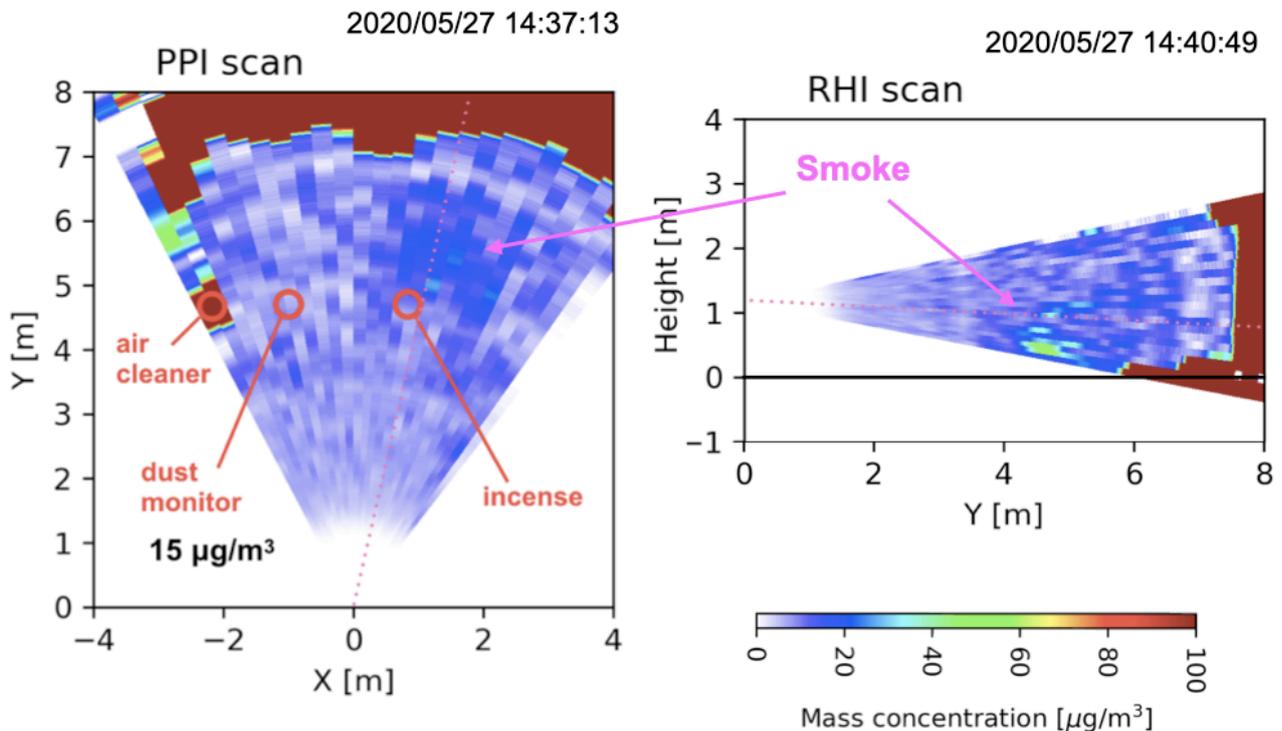


Fig. 2 Results of the scan measurements. (Left) Horizontal scan, (right) vertical scan. The plane of the vertical scan (horizontal scan) is indicated with the dotted line in the left panel (right panel).