

室内大気環境計測用紫外ライダーの研究

杉本 伸夫¹, 西澤 智明¹, 神 慶孝¹, 左成 信之², 板谷 庸平², 横川 守久²

¹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)

²柴田科学株式会社 (〒340-0005 埼玉県草加市中根 1-1-62)

Study of UV Lidars for Measuring Indoor Atmosphere

Nobuo SUGIMOTO¹, Tomoaki NISHIZAWA¹, Yoshitaka JIN¹,
Nobuyuki SANARI², Youhei ITAYA² and Morihisa YOKOKAWA²

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

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

Abstract: Lidar methods for measuring indoor aerosol distribution were studied. An experimental system using a pulsed UV laser at 355 nm and a compact photon counting lidar detection system was developed and tested in the laboratory atmosphere. A method for imaging aerosol distribution using multi-path lidar was also studied. A laser beam is folded in multiple paths in a room using mirrors, and the scattered light in the multiple paths is measured with a wide field-of-view single-element time-resolved receiver. This method also has an advantage that backscattering and forward scattering of target aerosols are measured simultaneously, though the forward scattering is not range resolved. Information on size of target aerosols can be obtained.

Key Words: Lidar, Indoor Atmosphere, Aerosol

1. はじめに

室内大気計測を目的とする小型ライダーの検討を進めている。様々な状況での計測が想定されるため、現時点では測定対象や達成目標を必ずしも明確に設定していないが、アイセーフの紫外光を用いたパルスライダーを検討した。室内での測定であるので、壁の反射を避けるためにバイアキシャルで送受信し、受光距離範囲を制限する設計とした。また、ターゲットである粉塵等の分布を求めるために基本的にはライダー装置を掃引する方式を想定している。室内ライダーの場合、測定距離が短いためライダー方程式を解くことは困難であるので、測定対象までの減衰は無視できるものとして後方散乱信号を求め、装置定数の決定（さらには重量濃度への換算）は in-situ 計測との比較によって行う。レイリー散乱成分の評価等もそのなかで考慮する。

2. 実験システムおよび基礎実験

以上に述べたような考えに基づいて実験システムを試作した。レーザーには浜松ホトニクス社のパルス YAG レーザー L11038-13 型を用いた。波長は 355nm でパルスエネルギーは 300 μ J、繰返しは 100Hz である。受信系には Licel 社の Integrated Lidar Detection System を用いた。これは、PMT とフォトンカウンターが一体化された装置

(大きさ 100×70×60mm) で、PC に直接イーサネット接続して使用することができる。最大フォトンカウントレートは 230MHz で、サンプリングビンは最小 625ps で、ビン数は 625ps の場合 32,000 である。高速繰返しで波形を積算する機能を持っている。PMT の有効口径は 8mm である。試作した装置では、口径 1 インチの干渉フィルターおよびレンズと焦点面のピンホールから構成される受光系を Licel 社の Detection System に直接取り付け用いた。

試作した装置で実験室内の大気の測定実験を行なった結果、通常の室内のエアロゾルの散乱を十分な感度で計測することができた。今後、in-situ の粉塵計との比較を行う計画である。

その一方で、試作した装置は、使用したレーザーのパルスエネルギーが大きく、繰返しが低いため、フォトンカウンティング方式の近距離の室内ライダー用としては最適ではないことも分かった。そこで、今後、低パルスエネルギー、高繰返し数のレーザーを用いることを検討中である。紫外の半導体レーザーあるいは LED¹⁾を使用することも考えている。

3. 多重光路によるイメージングの検討

現有のレーザーと受光系を活用した新しい測定法についても検討を行なっている。ひとつのアイデアは、複数のミラーを用いてレーザー光を室

内の複数のパスで往復させ、視野を広げた単一素子の受光系で受信し、応答を記録する。概念を Fig.1 に示す。時間遅れから散乱の位置が特定されるので、原理的には1ショットでイメージングが可能である。また、後方散乱と前方散乱が交互に測定されるため、散乱粒子の粒径に関する情報が得られる可能性もある。ただし、前方散乱のパスでは散乱光が距離分解されないので受信光は概念的には Fig.2 のようになる。大粒子では前方散乱が大きいことと、前方散乱が時間分解されないことから、後方散乱と比べてピーク信号が大きいためダイナミックレンジが問題となる可能性もある。なお、Fig.1 の送信ビームの終端をミラーで逆方向に戻すことによって、ほぼ同じパスで後方散乱と前方散乱を測定することもできる。また、大気およびミラー反射による減衰の補正も可能であると考えられる。

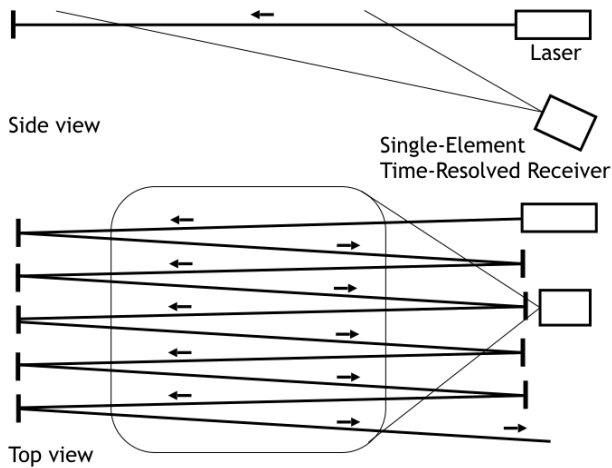


Fig. 1 Concept of multi-path lidar.

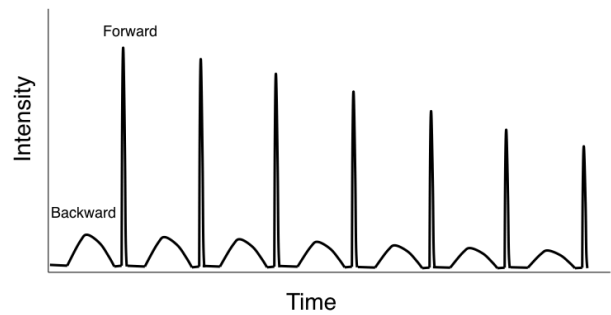


Fig. 2 Conceptual signal of the multi-path lidar.

現在、試作したライダー装置とミラーを用いて4パスで後方散乱と前方散乱を同時に測定する実験を進めている。

参考文献

- 1) Tatsuo Shiina, LED Mini Lidar for Atmospheric Application, Sensors 2019, 19(3), 569; <https://doi.org/10.3390/s19030569>.