

# UV ミー散乱と蛍光検出を組み合わせた LIDAR 大気観測システム

切中 拓矢<sup>1</sup>, 菅野 悠真<sup>2</sup>, 西村 彬<sup>1</sup>, 河合 恭之介<sup>2</sup>, 土井 光<sup>2</sup>, 細川 哲也<sup>2</sup>,  
大谷 武志<sup>3</sup>, 齊藤 保典<sup>4</sup>

<sup>1</sup>信州大学大学院総合理工学研究科,<sup>2</sup>信州大学工学部,<sup>3</sup>信州大学工学部技術部,

<sup>4</sup>信州大学学術院工学系 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

## LIDAR aerosol monitoring system for detection of UV Mie scattering and fluorescence

Takuya KIRINAKA<sup>1</sup>, Yuma KANNO<sup>2</sup>, Akira NISHIMURA<sup>1</sup>, Kyonosuke KAWAI<sup>2</sup>,  
Hikaru DOI<sup>2</sup>, Tetsuya HOSOKAWA<sup>2</sup>, Takeshi OTANI<sup>3</sup> and Yasunori SAITO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduate school of Science and Technology, Shinshu Univ., <sup>2</sup>Faculty of Engineering, Shinshu Univ., <sup>3</sup>Technical team, Shinshu Univ.,

<sup>4</sup>Institute of Engineering, Academic Assembly, Shinshu Univ., (4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553)

**Abstract:** The LIFS lidar had two different detection systems; PMTS and PMA. The former is a high sensitive detection system at specific wavelength using multi PMT with filters. The latter can measure the entire spectrum from 300nm to 800nm using a spectrometer and a CCD. Their spectrum characteristics were confirmed to be the same by comparing both fluorescence spectral of a white paper. We could measure A-scopes of UV-Mie scattering and 425nm fluorescence using the PMAs. And successive spectral signals of UV-Mie scattering and Raman scattering of O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> by the PMA.

**Key Words:** LIFS lidar, Aerosol, Fluorescence Spectrum, UV scattering

### 1. はじめに

近年、大気中のエアロゾルがもたらす大気汚染が表面化しており、中には人体や大気以外の環境に悪影響を及ぼす物も少なくない。

我々は、このような環境問題に対する改善策を見つけるべく、エアロゾル物質の種類判別が可能な蛍光スペクトル(LIFS:Laser-induced Fluorescence Spectrum)ライダーの開発を進めてきた。

本ライダーシステムでは、干渉フィルタと PMT を組み合わせたもの(PMTS)と分光器と CCD を組み合わせたもの(PMA-11, 浜松ホトニクス)の二つの分光検出系を構築し、前者では、鉛直方向のエアロゾル分布、後者では、蛍光スペクトル情報の取得を可能としている。また、観測した信号と保有している蛍光データベースとを比較・照合することで、物質の種類判別も可能である<sup>2)</sup>。本稿では、開発したライダーシステムの概要と初期観測結果についての報告を行う。

### 2. ライダーシステム

本ライダーは大気状態を長期的に観測することを目的としているため、システムは室内に設置している。Fig.1 に装置の概要を示す。

システムの特徴として、光検出素子に PMT と CCD の二つの異なる検出系を採用していることが挙げられる。PMTS では特定波長のみを高感度

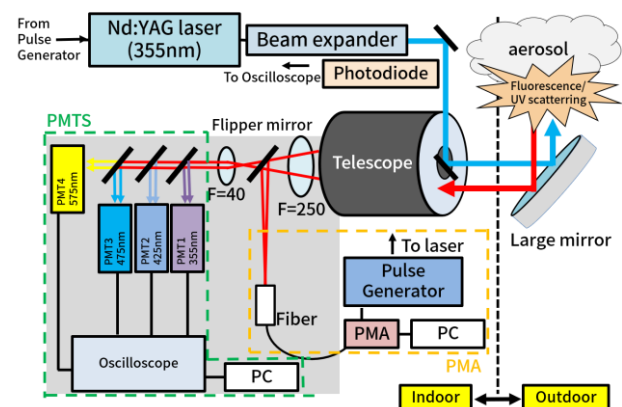


Fig1. Configuration of the lidar system.

で観測可能であり、PMA は PMTS 程高感度ではないが広帯域スペクトル検出が可能である。フリップパーミラーで両者の光路を切り替えることにより、鉛直方向のエアロゾル分布に加え、エアロゾルの蛍光スペクトルの取得を可能としている。

PMTS では望遠鏡で集光された光を、ダイクロイックミラー、PMT 受光面に設置したバンドパスフィルタで波長選択を行う。波長帯は、蛍光データベースより、紫外光励起によるピークを持つ物質を中心に 425, 475nm を、また蛍光がほぼ 0 になる 575nm を選んだ。これにより、PMT を用いた観測でも、エアロゾル物質の蛍光スペクトル情報の推測を行う。

### 3. 動作検証実験

開発したシステムを用いて、地上約 30m に設置した紙の蛍光を、二つの検出系で測定し、スペクトル特性の比較を行った。Fig.2 に、PMTS と PMA の蛍光信号比較結果を示す。PMA の波形は信号の最大値を 1 として正規化、PMTS の結果も同様に正規化、バンドパスフィルタの半値全幅の値を付与して描画している。この結果から、両者は同じスペクトル特性を持ち、PMTS 信号からエアロゾル物質の蛍光スペクトルの推定が可能であるということが確かめられた。

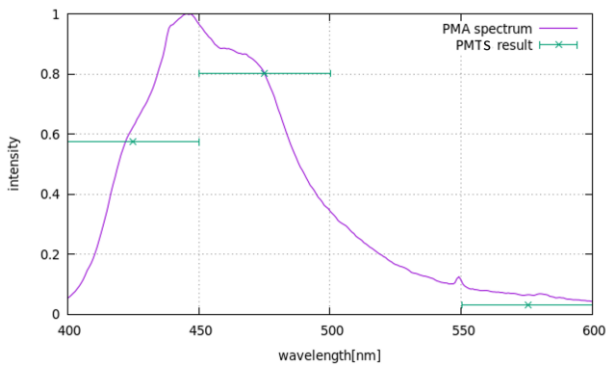


Fig2.Comparison of fluorescence signals from a paper detected with PMTS and PMA.

### 4. 初期大気観測試験

大気観測を行った。PMTS, PMA での観測結果をそれぞれ Fig3, Fig4 に示す。

PMTS の信号において、地上から 5m までの立下りは望遠鏡正面に設置した導光ミラー由来のものであると考える。355, 425nm の信号では 5m から 25m までの大気でエアロゾルの UV ミー散乱光及び蛍光を取得できていることが確認できる。475nm の信号では同じ地点に立下りを確認できないことから、観測した際の大気中は、425nm 前後にピークを持つ物質によって多くを占められていることが予測される。

PMA の信号においては、パルス信号発生器からのディレイ信号とゲート幅信号を調整することで、観測を行う高度と範囲を調整できる。今回の観測では、地上から約 7m 付近から約 52m 付近までの間の大気状態を観測している。

UV ミー散乱の他に波長約 376, 387nm 付近に小さな立ち上がりを確認できるが、これはそれぞれ大気中の酸素、窒素によるラマン散乱光であると考えられる。特に窒素は信号強度が高く、大気中に含まれる割合も常に一定なので基準信号となり、蛍光信号部分の比較に有用である。なお、波長 400nm 過ぎから 500nm 間の信号は、実験室屋外近辺に設置されている街灯からの信号である。

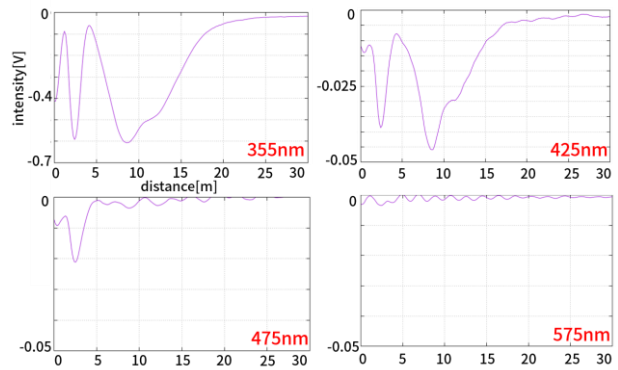


Fig3.A scope of Mie, Raman signals of the atmosphere using PMTS.

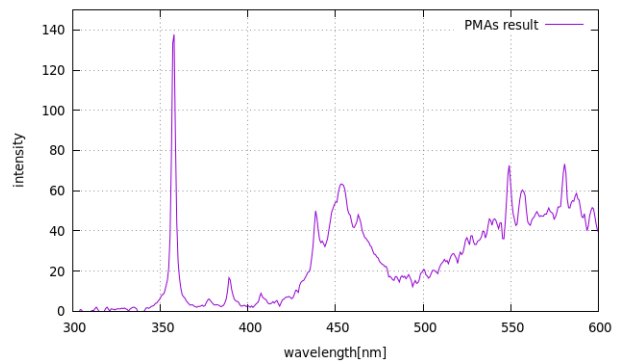


Fig4.Mie, O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> Raman signals from the atmosphere with ambient light obtained using the PMA.

### 5. おわりに

大気エアロゾルの UV 散乱光及び蛍光情報を取得可能なライダーシステムを開発し動作検証実験結果について述べた。PMTS, PMA を用いた大気観測を行い、PMTS では地上から約 30m までに浮遊するエアロゾル UV 散乱光、蛍光信号を取得した。PMA においては、Mie 散乱と共に酸素と窒素のラマン散乱信号を確認した。

今後は、長期的な観測を行い、時間・季節変化による大気状態の変化を確認していく。

### 参考文献

- 1) Y.Saito et al., "A fluorescence lidar for seamlessly connecting individual observations of the global environmental systems", Proc. SPIE Vol.10779, 107790M, 2018.
- 2) 切中他., "蛍光ライダーへの応用を目的とした大気エアロゾル候補物質の蛍光データベース", 第 37 回レーザーセンシングシンポジウム, P-12(2019)