

# 気象要素計測のための紫外域ライダーシステムの検討

## Analysis of UV lidar system for measuring meteorological parameters

今城勝治、小林喬郎  
Masaharu Imaki and Takao Kobayashi

福井大学 大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, University of Fukui

**Abstract:** Measurements of meteorological parameters of wind velocity, temperature, humidity and optical parameters of laser beam extinction coefficient and lidar ratio of aerosol and clouds are needed for research of dynamic process and weather forecast. We have studied an UV lidar system using Mie and Rayleigh scattering based on high-spectral-resolution technique for simultaneous measurements of wind velocity, temperature and optical parameters of aerosol and clouds. The UV laser at 355nm wavelength features eye-safe characteristics for practical sensing applications. The measurement error is 0.58m/s for wind velocity and is 0.92K for temperature with 30m range resolution, and relative error of extinction coefficient is 36% with 300 m range resolution at 5 km range integrated for  $10^3$  shots.

### 1. はじめに

雲やエアロゾルは、大気の大気熱収支に対して重要な役割を果たしており、地球の気候に大きな影響を及ぼしている。最近では地球温暖化に非常に大きな寄与があると考えられ、これらのメカニズムを解析するために、レーザービームの消散係数やライダー比などの雲やエアロゾルの光学特性や気温、湿度、風速などの気象要素の同時測定が必要とされている。我々は、紫外域の単一周波数レーザーを用いた高スペクトル分解能ライダーにより、気温や湿度、風速、エアロゾル光学特性などの気象要素を、短時間かつ高精度で測定するシステムを開発してきた。<sup>1-5)</sup>

本研究では、エアロゾル光学特性や気温、風速を1つのライダーシステムで同時に計測する多機能型の気象要素紫外ライダーについて検討を行い、地上設置型の気象要素観測システムの開発を目的とする。

### 2. システム構成

Fig.1に多機能型の紫外域ライダーの構成を示す。都市域などでの使用を考慮し、光源はアイセーフ波長である単一周波数動作のNd:YAGパルスレーザーの第三高調波である355nm(パルスエネルギー150mJ、繰り返し周波数20Hz)を選択した。大気中からの散乱光は径250mmの望遠鏡で集光され、背景光カットフィルタ透過後に6個の光検出チャンネルに分離され、受信される。

PMT-1~4の出力は、それぞれエアロゾルの偏光解消度、エネルギーモニタ、風速、レーザービームの消散係数の導出に用いられ、PMT-5, 6は気温測定チャンネルとして用いられる。

本システムの特長は、フィルタの透過光と反射光を利用することによってシステムの効率を向上させていることであり、偏光を利用することにより垂直にビームを入射し、狭帯域の透過スペクトル特性が得られることである。

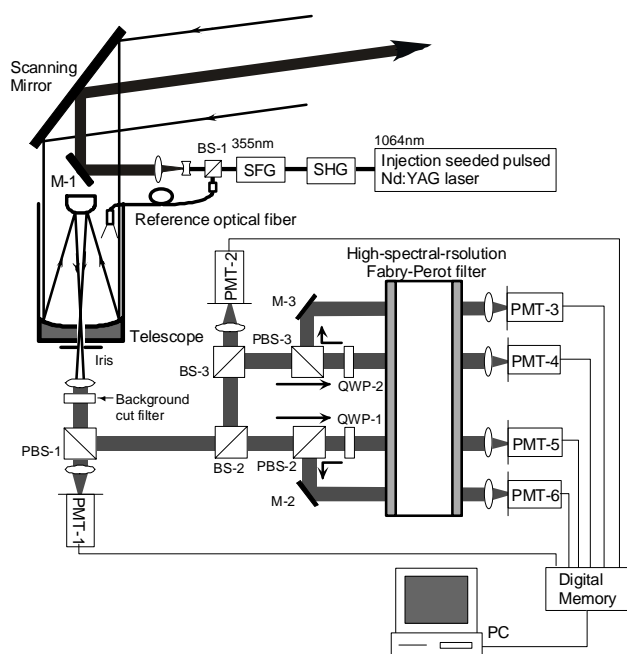


Fig.1 Schematic of the UV lidar system.

### 3. 測定精度の距離分布特性

気温や風速、消散係数の測定精度 $\Delta T$ ,  $\Delta V$ ,  $\Delta\alpha_a/\alpha_a$ は、それぞれシステムで定義される気温感度 $\Theta_T$ と風速感度 $\Theta_V$ 、受信信号の信号対雑音比(Signal-to-Noise Ratio: SNR)、ミー散乱とレイリー散乱の分離比 $\kappa$ に比例する。<sup>1, 4, 5)</sup> 本システムでは、気温感度 $\Theta_T=0.4\times 10^{-2}$ (1/K)、風速感度 $\Theta_V=1.0\times 10^{-2}$ (1/(m/s))、ミー散乱とレイリー散乱の分離比 $\kappa=2\times 10^3$ が得られる。

Fig.2に本システムを用いた場合の高度に対する測定精度の解析を行った。Fig.2 (a)は解析で用いた大気モデル、Fig.2 (b)と(c)にショット雑音限界における風速と気温の測定誤差、消散係数の相対誤差を示す。 $10^3$ ショットの積算回数で距離分解能を30mとした場合、高度5kmでの気温と風速の誤差はそれぞれ0.92K、0.58m/sとなる。また、距離分解能を300mとした場合の消散係数の相対誤差は36%となり、低層対流圏における短時間での高精度計測が可能であることが示された。

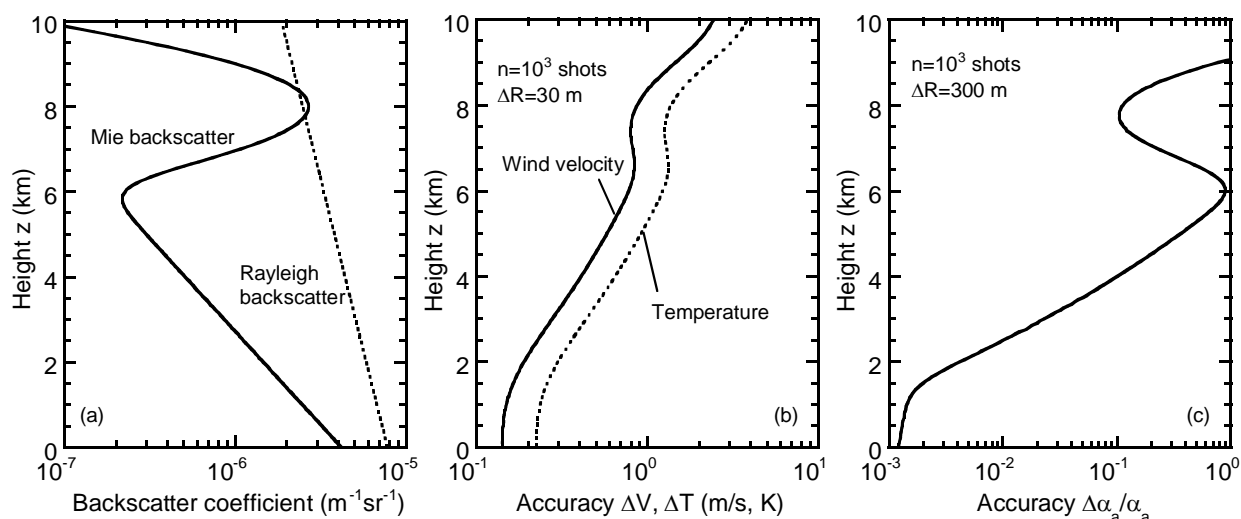


Fig. 2 Height distribution of the measurement accuracy. (a) Atmospheric model of backscatter coefficient, (b) accuracy of the wind  $\Delta V$  and temperature  $\Delta T$ , and (c) accuracy of the extinction coefficient  $\Delta\alpha_a/\alpha_a$ .

### 4. まとめ

本研究では、レーザビームの消散係数やライダー比、気温、風速を計測する多機能型の紫外域ライダーについて検討を行った。この方式は単一周波数のNd:YAGパルスレーザの第三高調波と高分解能ファブリペローフィルタを用いており、フィルタの反射光と透過光を用いて効率を向上させることにより、高精度な計測が可能であることが示された。本システムを用いることにより、気象要素の因果関係の解析や大気動態の解明、天気予測などの気象要素観測システムとして有効であると考えられる。今後はフィルタの透過・反射スペクトル幅や効率などの基礎特性の測定を行う予定である。

### 参考文献

- 1) D. Hua, M. Uchida, T. Kobayashi, "UV Rayleigh-Mie lidar with Mie scattering correction by Fabry-Perot for temperature profiling of the troposphere," *Appl. Opt.*, **44**, pp.1305-1314 (2005).
- 2) D. Hua, M. Uchida, T. Kobayashi, "UV Rayleigh-Mie lidar for daytime temperature profiling of the troposphere" *Appl. Opt.*, **44**, pp.1315-1322 (2005).
- 3) D. Hua, T. Kobayashi, "UV Rayleigh-Mie Raman lidar for simultaneous measurement of atmospheric temperature and relative humidity profiles in the troposphere," *Jpn. J. App. Phys.*, **44**, pp.1287-1291 (2005).
- 4) M. Imaki, Y. Takegoshi, T. Kobayashi, "Ultraviolet high-spectral-resolution lidar using Fabry-Perot filter for the accurate measurement of extinction and lidar ratio", *Jpn. J. App. Phys.*, **44**, pp.3063-3067 (2005).
- 5) M. Imaki, T. Kobayashi, "Ultraviolet high-spectral-resolution Doppler lidar for measuring wind field and aerosol optical properties", *Appl. Opt.* (accepted).