

## Continuous Observation in the Atmosphere for 24 Hour Periods Using 2.1 $\mu\text{m}$ "Eye-Safe" Ho Lidar

斎藤 保典<sup>\*,\*\*</sup>, キンパイ チャン<sup>\*\*</sup>, デニス キリンジャー<sup>\*\*</sup>

Yasunori Saito<sup>\*,\*\*</sup>, Kin-Pui Chan<sup>\*\*</sup> and Dennis K. Killinger<sup>\*\*</sup>

<sup>\*)</sup>信州大学工学部, Faculty of Engineering, Shinshu University

<sup>\*\*)</sup>南フロリダ大学, Department of Physics, University of South Florida

**Abstract** A 2.1 $\mu\text{m}$  "Eye-Safe" direct detection Ho Lidar system has been used to measure the range resolved extinction coefficient,  $\alpha$ , and backscatter coefficient,  $\beta$ , of the atmosphere as a function of time during the day. They were obtained at ranges out to 1.5km for 24 hour periods on several days, and indicate for the first time the large spatial and the temporal variability of them in the atmosphere at a lidar wavelength of 2.1 $\mu\text{m}$ . The average value of  $\alpha$  was on the order of  $10^{-3}$  to  $10^{-4}\text{m}^{-1}$  and the estimated  $\beta$  was on the order of  $10^{-5}$  to  $10^{-6}\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}$ .

### 1. はじめに

最近、近赤外から赤外にかけた波長領域のレーザー光源や検出器の開発が盛んに進められている。特に波長が1.4 $\mu\text{m}$ 以上の領域は、いわゆる"Eye - Safe"と呼ばれ目に対する安全度が高く、ライダーのように高エネルギーのレーザー光を大気中に伝搬させて使用するような目的に適している。

本報告では、2.1 $\mu\text{m}$  "Eye - Safe" 波長を有する Ho ライダーシステムの構成と大気中エアロゾルの連続 24 時間観測結果について報告する。

### 2. Hoライダーシステム

システムの仕様を表1に、構成を図1に示す。Ho レーザはフラッシュランプ励起で、A/O-Qスイッチングがかけられている<sup>1)</sup>。TEM<sub>00</sub>モードでのパルスエネルギーは25 mJ、パルス幅は90 ns、繰り返しは3Hzである。発振波長はエタロン板を用いて2.01 $\mu\text{m}$ から2.08 $\mu\text{m}$ まで同調可能である。レーザー光は5倍のエキスパンダーにより直径約1cmに拡大されて、大気中に水平方向に出射された。出射エネルギーは約6mJであった。受信系は直径30 cmのニュートン形望遠鏡、検出器には液体窒素で冷却されたInSb検出器を用いた。本システムでのエネルギー密度は $7.6 \times 10^{-3}\text{J}/\text{cm}^2$ で、ANSI規格よるMPE (Maximum Permissible Exposure) の値 $1 \times 10^{-2}\text{J}/\text{cm}^2$ と比較して"Eye - Safe"の条件を満足している。

Table 1 Ho Lidar Parameters.

<b>Transmitter</b>	
Laser	Ho:YSGG Laser Wavelength; 2.1 $\mu\text{m}$ Pulse Energy; 25 mJ Pulse Duration; 90 ns Repetition Frequency; 3Hz
Q-switch	Acousto-optic Radio Frequency; 27.15 MHz A/O Material; Fused Quartz
Expander	Concave and Convex Combination magnification; 5 Beam Divergence; 0.4 mrad.
<b>Receiver</b>	
Telescope	Newtonian Telescope Diameter; 12 inch Focal Length; 175 cm Field of View; 0.5 mrad.
Detector	Liquid Nitrogen Cooled InSb Responsivity; 1.43 A/W (at 2.08 $\mu\text{m}$ ) Detectivity; $3.8 \times 10^{11}\text{ cmHz}^{1/2}/\text{W}$ Band Width; 0.3 MHz Active Area; $7.85 \times 10^{-3}\text{ cm}^2$ InGaAs (used for comparison of hard target returns) Responsivity; 0.25 A/W (at 2.08 $\mu\text{m}$ )  NEP; $3.2 \times 10^{-13}\text{ W}/\text{Hz}^{1/2}$ Active Area; $7.85 \times 10^{-5}\text{ cm}^2$
Filter	Cold Filter Spectral Width; 0.4 $\mu\text{m}$ Transmittance; 56% (at 2.08 $\mu\text{m}$ ) Cold Field Stop; 20 deg. Field of View High Density ND Filter
<b>Electronics</b>	
Amplifier	DC Voltage Amp. (for InSb) Gain; 40 dB Bandwidth; 100 MHz Current Amp. (for InGaAs) Gain; 20 kV/A Bandwidth; 400 MHz
Digital Oscilloscope	Dezittization Time; 10 ns
Personal Computer	

### 3.大気中エアロゾルの24時間連続観測結果

1991年5月13-14日の観測例を図2に示す。減衰定数 ( $\alpha$ ) の値に時折見られるスパイク状の高い値は、ライダーシステムに近接した 建築工事現場からの 高濃度ダストによるものである。体積後方散乱係数 ( $\beta$ ) の値は夕方から増加し始め夜半から早朝にかけて高い値となった。図3は  $\alpha$  と  $\beta$  について全データをプロットしたもので、その平均値は  $\alpha$  が  $10^{-3} \text{ m}^{-1}$  程度、 $\beta$  は  $10^{-4} \text{ m}^{-1} \text{ sr}^{-1}$  程度であった。図4は  $\beta$  (観測時間毎の距離平均値) と相対湿度との関係を示したもので、気象条件 (朝、昼、晩) で場合分けが可能なのがわかる。

### 4.おわりに

Hoライダーの24時間連続観測結果を報告した。2  $\mu\text{m}$  帯の詳細なデータの報告は本報告が最初と思われる。

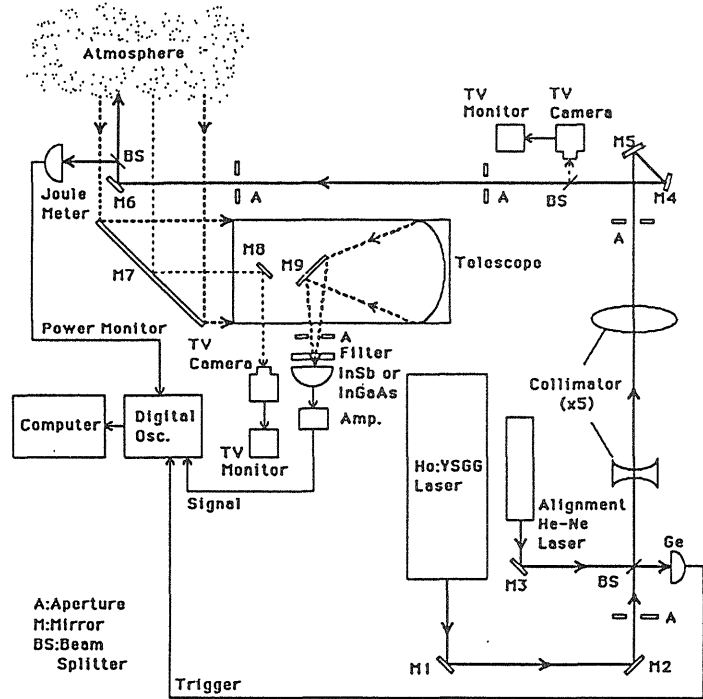


Fig.1 Schematic of the Ho Lidar System.

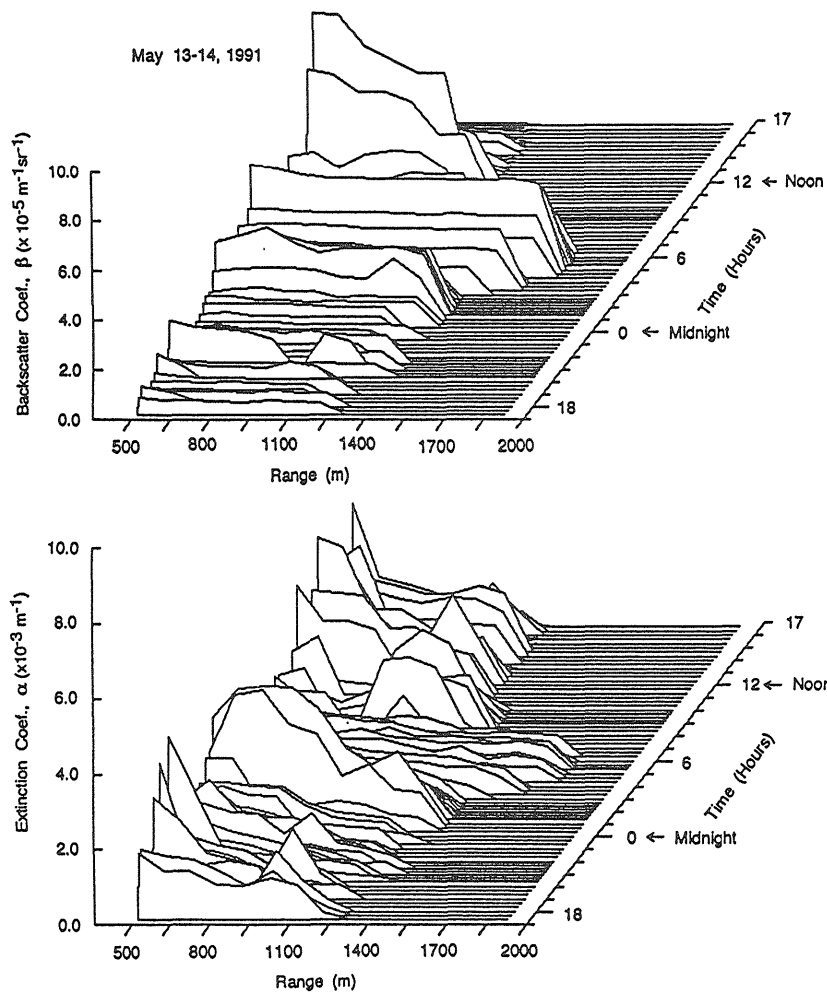


Fig.2 Variation of  $\alpha$  and  $\beta$  as a function of Range and Time on May 13-14, 1991.

- 1) Y.Saito et al., "Performance Characteristics of Acousto-Optic Q-switched Tunable 2.1  $\mu\text{m}$  Ho:YSGG Laser", 光学 20, (1991) pp.612-616.

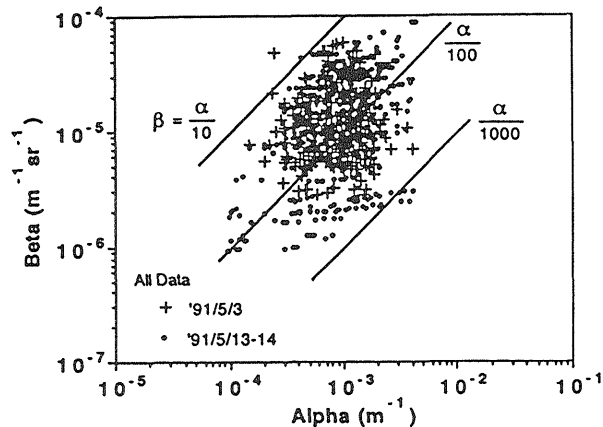


Fig.3  $\beta$  vs.  $\alpha$  on May 3 and 13-14, 1991.

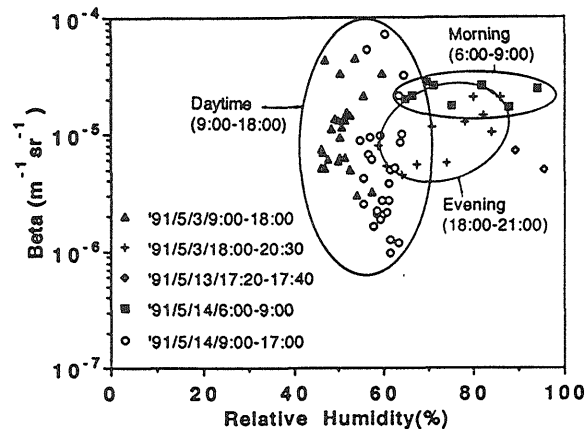


Fig.4  $\beta$  vs. Relative Humidity on May 3 and 13-14, 1991.