

山口堅治  
K.Yamaguchi

野村彰夫  
A.Nomura

斉藤保典  
Y.Saito

鹿野哲生  
T.Kano

信州大工学部  
Faculty of Engineering, Shinshu University

This report describes a bistatic lidar using high-sensitive CCD camera and cw-laser, which has the ability of range resolution by means of image processing. It is found by simulating SNR that it is possible to measure the height of cloud with SNR more than 10 at daytime as well as nighttime.

## 1 はじめに

従来バイスタティック方式は距離分解能を持たなかったが、近年、高感度 CCD 撮像素子の発達により微弱光を画像として受光することが可能となってきた。ここで提案するバイスタティックライダー [1],[2] は、送信系に CW レーザ、受信系に広角カメラレンズと高感度 CCD カメラを用いたシステムである。

ここではシステムの原理、特長、シミュレーションについて述べる。

## 2 バイスタティックライダーシステム

バイスタティックライダーシステムは鉛直方向にレーザ光を送信する送信用 CW レーザから成る送信系、及び、送信系から適当に離れた所に設置される受信用広角カメラレンズ・高感度 CCD 撮像素子・処理用コンピュータから成る受信系で構成される。この装置の構成を Fig. 1 に示す。

レーザ光のとおり道を、カメラ撮影の手法により画像として取得し、これを画像処理することで光が散乱された高度、すなわち雲や霧の底の高度を知ることができる。

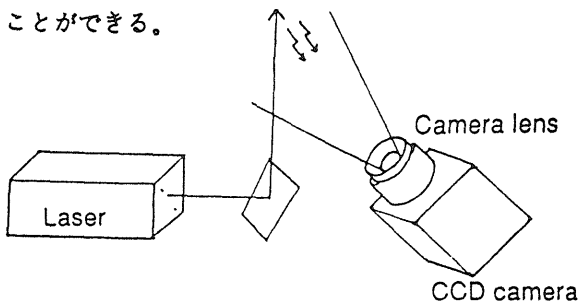


Fig. 1, Schematic diagram of bistatic Lidar

## 3 システムの特長

本システムの特長として以下のようなことが考えられる。

- 集光レンズにカメラレンズを用いているため小型・軽量の受信系とできる
- 2次元画像として見るため、送受信系のアライメントが容易。また、雲の様子を同時に観測可能
- 送信レーザにパルスレーザを用いることも可能

## 4 受信光子数のシミュレーション

バイスタティックライダーシステムでの受信光子数および SNR の算出を次に示すライダー方程式によって行なった。

$$n_r = n_s \frac{\eta K A T T' \{ \beta_M(z, \theta) + \beta_A(z, \theta) \}}{l} d\theta \quad (1)$$

$n_s$  : 送信光子数

$n_r$  : 受信光子数

$\eta$  : 量子効率       $\theta$  : 仰角

$K$  : 光学効率       $d\theta$  : 1 ピクセル当たりの視野角

$A$  : 受信レンズの開口面積

$T, T'$  : 透過率

$\beta_M, \beta_A$  : 大気分子、エアロゾルの体積後方散乱係数

$l$  : 送受信系間距離

これから Table 1 のようなシステムを想定し、シミュレーションを行なう。このとき大気はスケールハイト 7km の大気モデルとし、エアロゾルは次式のようにおいた [3]。

$$\beta_A = 2.47 \times 10^{-6} \exp\left(-\frac{z}{1.9km}\right) \quad (2)$$

また高度 4km にアルベド 70% の雲、高度 8km に散乱比 = 5 のシーラスを仮定したシミュレーションも同時に行なった。表中のシステム 1 における夜間の SNR を Fig.2 に、昼間の SNR を Fig.3 に、システム 2 における夜間の SNR を Fig.4 に示す。

システム 1 の夜間観測では、対流圏においてはほぼ全域にわたって SNR > 10 で観測可能であることがわかる。また昼間においても雲からの反射光については観測可能であることがわかる。システム 2 では赤外域のレーザをもちいているため大気分子からの散乱を受けにくく、ほとんどエアロゾルからの散乱と考えると良い。したがってエアロゾルからの散乱信号比が非常に大きくなっている。

### 参考文献

- [1] 山口他, “画像処理を用いたバイスタティックライダー開発の基礎的検討”, 平成 2 年度電子情報通信学会信越支部大会予稿集, 76 (1990)
- [2] 山口他, “距離分解能を備えたバイスタティックライダーの基礎的検討”, 第 38 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 28p-D-7 (1991)
- [3] NASA, LASA report Vol.2d, pp.17

Table 1: System for simulation

Transmitter		
	System 1	System 2
Laser	Ar	YAG
Wavelength	514.5nm	1064nm
Output power	200mW	1W

Receiver		
Telescope diameter	1cm $\phi$	
Field of view	30°	
Quantum efficiency	20 %	5%
Optical efficiency	10 %	
I.F. filter	1.5nm	
Pixels	500 $\times$ 500	
Duration time	30sec	

Distance	100m
----------	------

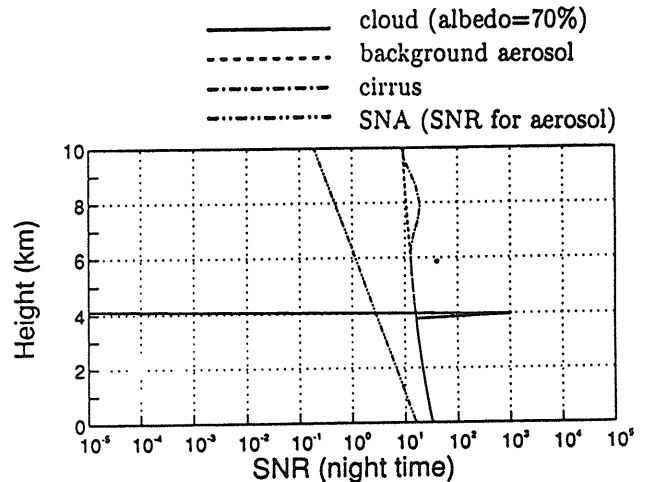


Fig. 2, Estimation of SNR on system 1 at night time

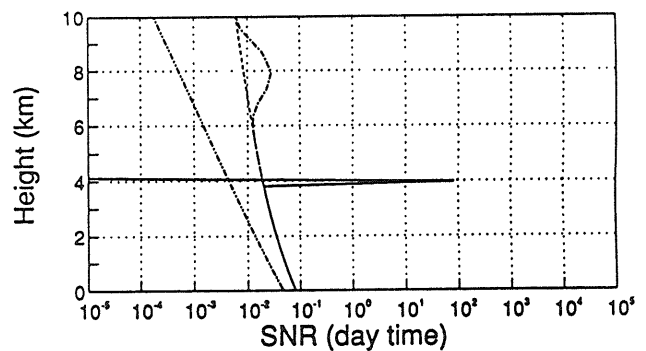


Fig. 3, Estimation of SNR on system 1 at day time

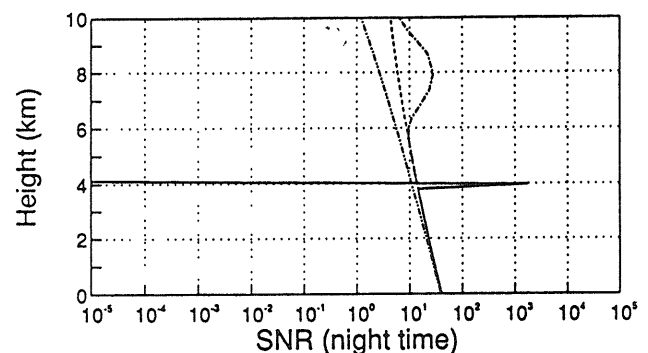


Fig. 4, Estimation of SNR on system 2 at night time