

高感度 CCD カメラを用いた バイスタティックライダー [II] Experimental study of bistatic LIDAR using high-sensitive CCD camera [II]

山口堅治^{***} 藤沢久由^{*} 野村彰夫^{*} 齊藤保典^{*} 鹿野哲生^{*} 板部敏和^{**} 柴田隆^{**}
K.Yamaguchi H.Fujisawa A.Nomura Y.Saito T.Kano T.Itabe T.Shibata

^{*}) 信州大工学部

^{**}) 通信総合研究所

Faculty of Engineering, Shinshu Univ., Communication Research Laboratory

^{***}) 明星電気

Meisei Electric Co., Ltd.

Abstract — A range resolve bistatic lidar using a high-sensitive CCD camera as a receiver has been developed for aerosol observations. Laser beam trajectories of an Ar ion laser or a YAG laser were clearly taken up to 33km. Processed data showed existences of clouds at 2km and high density stratospheric aerosols caused by the Pinatubo eruption at a range from 15 to 27km. They were good agreement with data obtained by a monostatic YAG lidar system using for reference. It was experimentally confirmed that the range-resolved bistatic lidar system have the potential for measurement of the atmosphere.

はじめに

本論文で報告するバイスタティックライダーは、カメラ撮影の手法により取得されたレーザ光飛跡の画像を処理することで高度分解能を得るものである [1]。今回は、バイスタティックライダーシステムの設計に先立ち、基本式の導入とシミュレーション結果について報告した。今回は実際に製作されたシステムと大気観測結果について報告する。

バイスタティックライダーシステム

開発されたライダーシステムは送信系に Ar レーザまたは YAG レーザを用い、受信系に電子冷却された低雑音高感度の CCD カメラを用いている。ライダーシステムの仕様を Table. 1 に示す。Ar レーザは単一波長発振レーザ (514.5nm, 1W) と、多波長発振レーザ (multicolor, 300mW) を、YAG レーザは第 2 高調波 (532nm, 600mJ/shot, 20pps) と、基本波 (1064nm, 300mJ/shot, 10pps) を使用した。受信系は集光に広角カメラレンズを用い、広視野と小型化を実現している。

バイスタティックライダーによる大気観測例

実験結果の一例として YAG レーザの第二高調波を用いた場合について報告する。通信総合研究所 (通総研) で 1992 年 1 月 23 日に行った実験によって得られた画像を Fig. 1 に示す。この画像は、YAG レーザ送信所より 215m 離れた地点より仰角 86 度で鉛直方向のレーザ光飛跡を撮影して得られたものである。使用したカメラレンズは $f=55\text{mm}$, $F=2.8$ 、CCD カメラの露光時間は 15 秒である。画像の解析結果を Fig. 2 に示す。実線は高度に対する受信光電子数、点線は高度に対する高度分解能を示す。高度軸はリニア表示、受信光電子数は対数表示となっている。

高度 5km~8km で得られた信号を大気分子からの信号のみと仮定して、高度 10km~30km の成層圏について散乱比を算出した。バイスタティックライダーにより求められた散乱比を Fig. 3(a) に示す。また、同日通総研のモノスタティック方式の YAG ライダー (532nm) によって得られた散乱比を Fig. 3(b) に示す。ふたつの散乱比を比較するとエアロゾル層の分布の傾向がおまかな一致を見ることが分かる。ピーク高度のずれについては仰角取得時における誤差と考えられる。

Ar レーザ、YAG レーザの基本波についても同様な実験が行なわれ、両者共に良好な観測結果が得られている。これらについてはシンポジウムで報告を行なう予定である。

おわりに

観測実験よりバイスタティックライダーによる大気観測の有効性が実験的に示された。また、口径の小さなカメラレンズを用いても、成層圏の観測が十分に可能であることが確かめられた。

参考文献

- [1] 山口 他, “高感度 CCD カメラを用いたバイスタティックライダー”, 第 14 回レーザセンシングシンポジウム予稿集, P16 (1991)

Table 1. Specifications of the lidar system.

Transmitter	
Ar ion laser	single-line (514.5nm, 1W)
	multi-line (514.5nm, 488.3nm, etc., 300mW)
Nd:YAG laser	fundamental (1064nm, 300mJ/shot , 10pps)
	SHG (532nm, 600mJ/shot , 20pps)
Receiver	
Collector	camera lens — f=55mm, F=2.8, Nikon, f=28mm, F=2.0, Nikon
Interference filter	$\lambda=514.5\text{nm}$, $\Delta\lambda=1.5\text{nm}$, Nihon Shinku Kogaku
CCD camera	C-3140, Hamamatsu Photonics
	Pixels — 510×492
	Quantum efficiency — 8% (near 530nm), 1.6% (at 1064nm)
	Temperature — -30°C
Processor	
Interface	C-3366, Hamamatsu Photonics
Computer	PC-9801 DA/U5, NEC

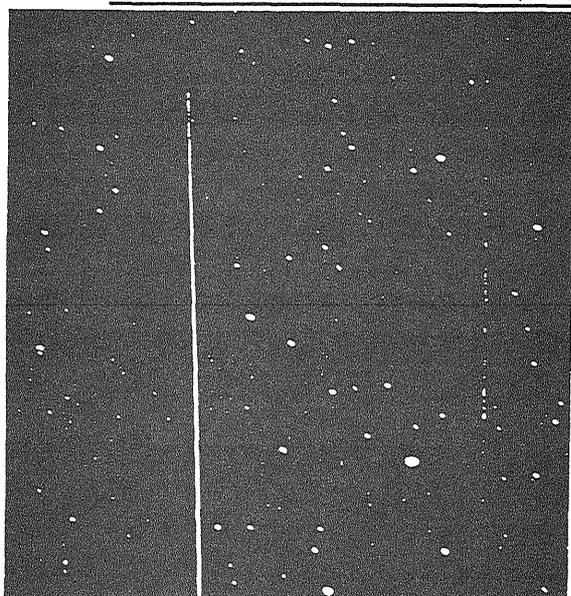


Figure 1. A laser beam trajectory taken with a CCD camera (f=55mm, F=2.8). Exposure time is 15s.

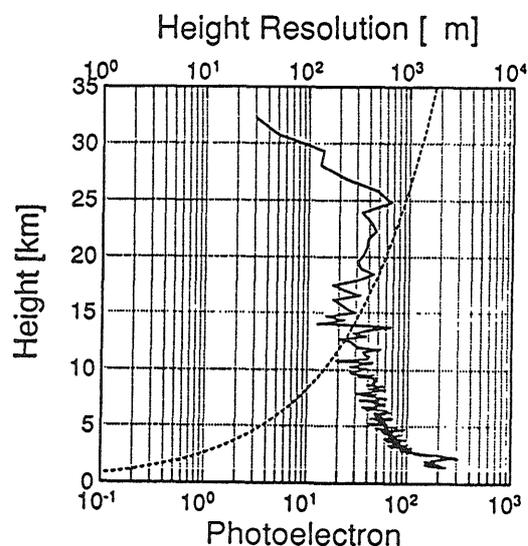


Figure 2. Variation of received photoelectrons with height (solid line) and height resolution (dotted line).

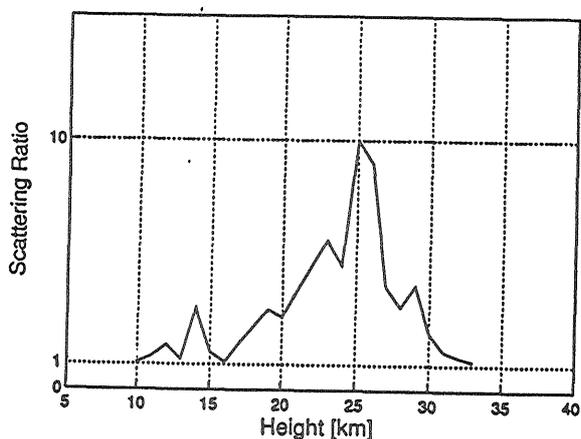


Figure 3(a). Variation of scattering ratio obtained by the bistatic YAG lidar.

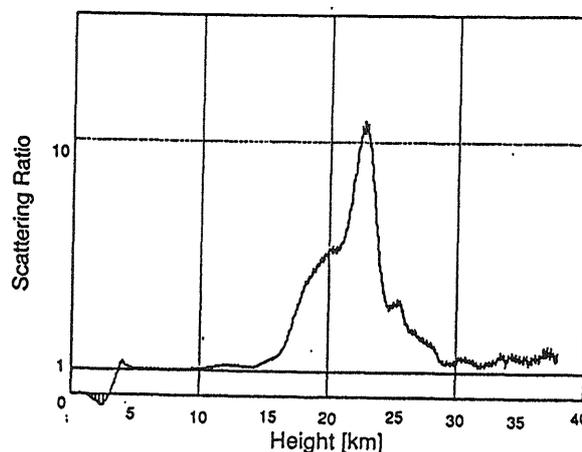


Figure 3(b). Variation of scattering ratio obtained by the monostatic YAG lidar.