

高感度 CCD カメラを用いた
バイスタティックライダー [III]
A Study of Bistatic Imaging Lidar
using high-sensitive CCD camera [III]

山口堅治**^{*} 野村彰夫* 斎藤保典* 鹿野哲生*
K. Yamaguchi A. Nomura Y. Saito T. Kano
*) 信州大工学部 ***) 明星電気
Faculty of Engineering, Shinshu Univ., Meisei Electric Co., Ltd.

Abstract The imaging bistatic lidar has been developed. This paper describes analysis of height error and application of aerosol lidar. The height error is written as a function of baseline length and elevation angle error. The formulation shows the elevation angle error is much influence height error than baseline length error.

The imaging bistatic lidar is applicable for aerosol lidar by light polarization and phase function of scattering matter.

1 はじめに

我々はイメージング素子を用いたバイスタティック方式のライダー [1][2]を開発した。このライダーは対流圏の雲やエアロゾルを観測対象としている。バイスタティック方式であるため、雲やエアロゾルからの情報は後方散乱係数と側方散乱係数が得られる。散乱係数の角度依存性からエアロゾルの粒径分布に関する情報が得られる可能性がある。本論文ではイメージングバイスタティックライダーシステムの誤差解析とエアロゾルライダーへの応用について述べる。

2 システムの誤差解析

イメージングライダーにおける受信信号とその高度の対応は、基線長と送受信系間の角度の関係によってつけられる。システムの構成が fig. 1 のようになっているとき高度 z は次のように記述される。

$$z = \ell \tan \theta \quad (1)$$

高度は基線長と受信系の仰角の関数であり、両者が高度の誤差要因となる。高度の誤差は次のように示される。

$$\begin{aligned} \delta z &= \frac{\partial z}{\partial \ell} d\ell + \frac{\partial z}{\partial \theta} d\theta \\ &= \frac{z}{\ell} d\ell + \frac{\ell}{\cos^2 \theta} d\theta \end{aligned} \quad (2)$$

上式をプロットしたものを fig. 2, fig. 3 に示す。Fig. 2 は基線長の誤差に対する高度の誤差を示し、Fig. 3 は仰角をパラメータとした仰角の誤差に対する高度の誤差を示す。両図より高度の誤差は、基線長の誤差に対しては比例関係にあり、仰角の誤差に対しては仰角によって変化し特に大きな仰角に対して高度の誤差が大きくなることからわかる。すなわちシステムを構築する上で、高精度の仰角の検出が非常に重要である。

3 エアロゾルライダー

我々が提案するエアロゾルライダーは、直線偏光のレーザを用い散乱角を $\pi/2$ にしたバイスタティックライダーである。モノスタティックライダーによるエアロゾルライダーにおける大きな問題は、大気分子によるレーラー散乱光とエアロゾルによるミー散乱光との分離が困難なことである。しかしバイスタティックライダーでは散乱角を変化させることができ、これについて以下で議論してゆく。ライダーが図 4 のように $\theta = \pi/2$ で設置されたとき、送信波の電界ベクトルの向きは TE, TM があり、ここでは TM 入射について考えられる。レーラー微分散乱断面積は散乱角依存性 [3] があきらかであり次式のように示される。

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\lambda_0^4}{\lambda^4} \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 mc^2} \right)^2 \sin^2 \Theta \quad (3)$$

ここで $\sin^2 \Theta = 1 - \sin^2 \theta \cos^2 \phi$ である。角度 θ, ϕ は fig. 5 に示す角度である。散乱角が $\pi/2$ の時 TM 波入射については散乱断面積が 0 となる。すなわちレーラー散乱光は上の条件では除去されることになる。しかし、ミー散乱については TM 波入射の場合でも散乱断面積を持つと考えられる。ここから、ミー散乱粒子のみの散乱係数が得られる。

4 おわりに

イメージングライダーでの高度の誤差の定式化をおこなった。高度の誤差は基線長の誤差と比較し、仰角の誤差に大きく影響を受ける。バイスタティックライダーのエアロゾルライダーとしての応用については当日述べる。

参考文献

- [1] 山口, “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)
- [2] 山口, “高感度 CCD カメラを用いたバイスタティックライダー [II]”, 第 15 回 レーザセンシングシンポジウム予稿集, P14 (1992)
- [3] 砂川重信, “理論電磁気学”, 紀伊国屋書店, p.p.247 (1965)

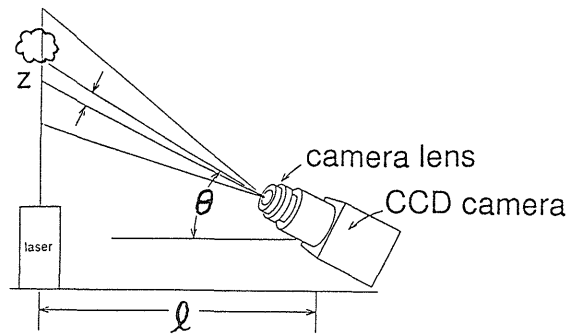


fig. 1: Configuration of Bistatic imaging lidar.

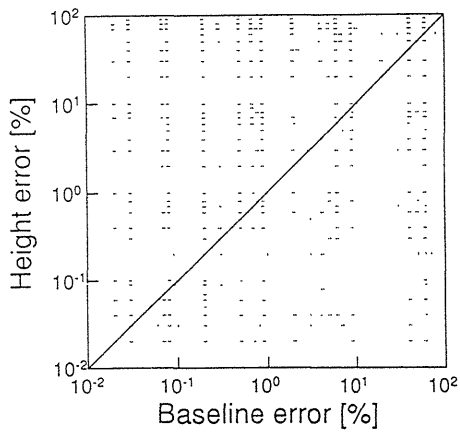


fig. 2. Variation of height error with base-line error.

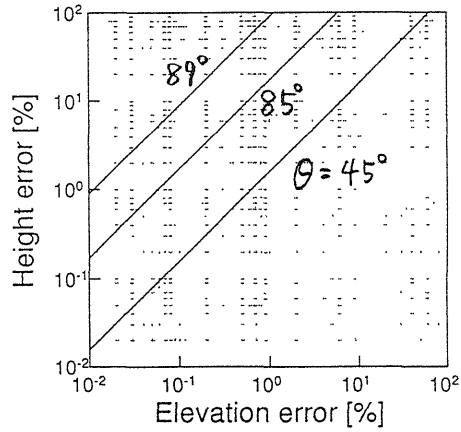


fig. 3. Variation of height error with elevation angle error.

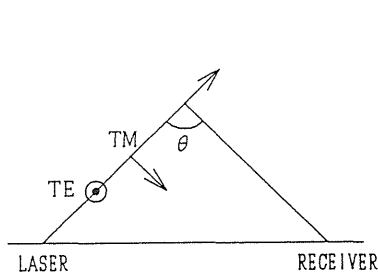


fig. 4. scheme of aerosol lidar.

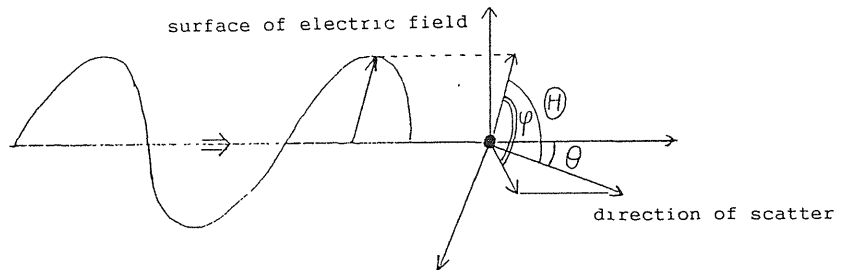


fig. 5: Geometry of incident and rayleigh scattered radiation.