

YAG Lidar による成層圏エアロゾルの観測

YAG Lidar observation of the stratospheric aerosol

柴田 隆, 甲 隆介, 藤原玄夫, 広野求和

Takashi Shibata, Ryusuke Taira, Motowo Fujiwara,

Motokazu Hirono.

九州大学理学部

Faculty of Science, Kyushu University

九州大学では1973年より Ruby laser を用いて成層圏エアロゾルの観測を行っている。これによると、1974年11月の Fuego 火山噴火によるエアロゾル増加の影響も78年以後ではほとんどなくなり、現在はエアロゾルの非常に少ない時期となっている。少ないエアロゾルを観測するにはより良い精度が要求される。78年以後受信系の改良により従来より精度の良い観測を行うことができるようになった。しかし、calibration に用いる大気密度の誤差によりルビーの波長(0.694 μm)では最終結果の radar cross section に数10%の誤差が生じた。このことから精度の良い観測を行うために YAG laser の導入を考えた。

レーザレーダー方程式により高さzからの受信エコー P(z) は

$$P(z) = K \frac{\beta_M + \beta_D}{z^2} \quad (1)$$

K=const.,  $\beta_M, \beta_D$ : 高さzにおける単位体積中の気体, 及びエアロゾルによる後方散乱係数。

で表される。他方大気密度がわかれば気体のみによるエコー  $P_0(z)$  は計算できて

$$P_0(z) = K \frac{\beta_M}{z^2} \quad (2)$$

と表される。バルーン等による観測にもとづ

いて 10~15 km もしくは ~30 km 付近にダストのない層 ( $\beta_D = 0$ ) を仮定すると K を決定できる。これより Scattering ratio R は

$$\frac{P(z)}{P_0(z)} = \frac{\beta_M + \beta_D}{\beta_M} = R \quad (3)$$

として求まる。(3)より  $\beta_D$  は

$$\beta_D = \beta_M (R - 1) \quad (4)$$

で求まる。 $\beta_M$  はレーリー散乱で  $\lambda^{-4}$ ,  $\beta_D$  はミー散乱で概略  $\lambda^{-1}$  に比例し

$$R - 1 = \beta_D / \beta_M \propto \lambda^3 \quad (5)$$

となる。従って、これと(4)より YAG の波長 (1.064 μm) ではルビーに比べて数倍良い精度で  $\beta_D$  が定まることが期待される。

TRANSMITTER	RUBY	Nd:YAG	Nd:YAG 2nd
WAVELENGTH(μm)	0.694	1.064	0.532
ENERGY PER PULSE (J)	0.5	0.7	0.14
PULSE REP. RATE (PPS)	0.1	10.0	10.0
BEAM DIVERGENCE (MRAD)	≤ 0.5	≤ 0.2	≤ 0.2
RECEIVER			
TELESCOPE DIAMETER (CM)		50.	
FIELD OF VIEW (MRAD)	3.5	1.6	3.5
P.M.T	EMI 9558B	VARIAN 164A	EMI 9558B

表 1

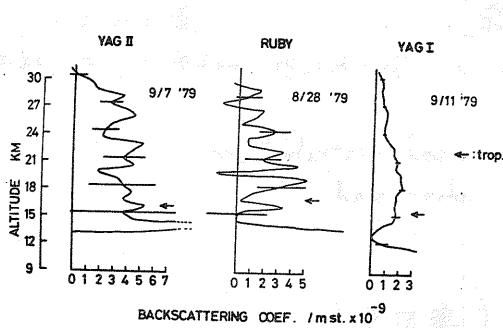


図 1

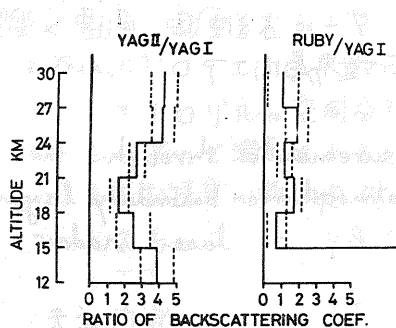


図 2

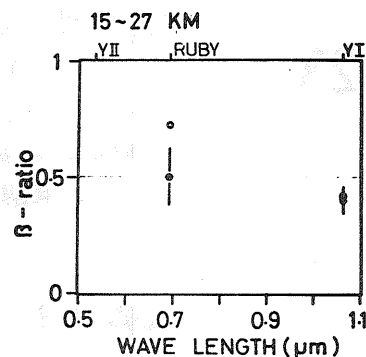


図 3. (○) は ZOLD.

$$n(r) \propto \exp\left(-\frac{\ln^2(r/r_m)}{2 \ln^2 \sigma}\right)$$

$r_m = 0.035 \mu\text{m}$ ,  $\sigma = 2$ , に対する計算値。

明らかでない。

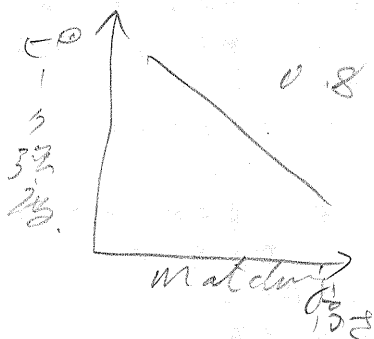
表 1 にエアロゾル観測に用いているライダー要素を示す。YAG (F) の受光素子としては PMT, Varian 164A (2% at 1.064  $\mu\text{m}$ ) を用いている。これは従来の SH の PMT に比して約 2 桁量子効率が高い。ただし受光面の大きさ (5.5 x 4.3 mm) と望遠鏡の f 値 (2000 mm) から受信視野は 1.6 mrad 以下となる。送受信間隔が 14 m で、送受信ビームの広がり角が約 0.2 mrad であるので 10 km より高い所からのエコーを得ようとする時、ビームと視野が重なり始めるのが約 8 km である。このため Alignment には注意を要する。

図 1 に実際に得られた YAG (F.), Ruby, YAG (SH.) に対する後方散乱係数 ( $\beta_0$ ) を示す。図からも明らかのように YAG (SH.), Ruby に比して YAG (F.) でははるかに良い精度で  $\beta_0$  が求まっている。

エアロゾルの粒径に対して、波長によって断面積が異なるので、多波長で観測をおこなえばエアロゾルの粒径分布に対する情報を得ることが出来る。ごく単純に言えばその波長より大きい粒子の断面積の和がその波長に対する  $\beta_0$  となる。2週間ほど日付は替わっているが、図 1 の YAG (F.) に対する YAG (SH.), Ruby の  $\beta_0$  の比を図 2 に示す。夏季は大気が大気安定であるので日付の違いは大きな影響を与えないと考えられる。これによると YAG (SH.) との比較から 18~21 km でより大粒径の粒子が相対的に多くなっていることがわかる。これは他のライダー直接サンプリングなどによる観測結果と一致している。ただし Ruby との比較ではこの傾向は

図 3 は図 1 の 15~27 km の平均値を YAG II (SH.) に対するその値への比として示したものである。成層圏エアロゾルの粒径分布としてこれまで唱えられている power law, ZOLD, exponential 等の分布について同様の比を計算すると、後方散乱係数分布に対してあまり敏感でなく YAG I (F.) ではすべて観測誤差の範囲内に入ってしまふ。また Ruby については誤差を考慮しても計算値はすべて観測値より大きくなる。これは、実際にそのような値をもつ分布である可能性と、normalize ( $\beta_0 = 0$  と仮定する) 高さの問題がある可能性があり、今後の観測を加えて検討しなければならぬ。エアロゾルによる Extinction (減衰) は粒径分布に対してより敏感である。ミンボツウムでは SAGE による Extinction のデータを加えて粒径分布の検討を行う予定である。

- 1) 岩坂, AIT, 地球電磁気学会 '79 年春予稿 P24.
- 2) Farlow et al. J.G.R. 84, 733-743 (1979)



photon pressure