

YAG: 基本波とSHGレーザーレーダによる降雪雲測定の比較検討
 Comparison of SHG-Lidar with Fundamental YAG-Lidar
 on Measuring Snow-Falling-Clouds.

丹野 直弘 遠藤 茂 熊谷 晃一 千葉 宣慶
 (Naohiro Tanno, Sigeru Endo, Kouiti Kumagai, Nobuyosi Chiba)
 山形大学 工学部
 (Faculty of Engineering, Yamagata University)

SYNOPSIS: This paper presents a study of Mie-scattering SHG-Lidar system compared with fundamental YAG-Lidar on measuring snow-falling clouds.

1. はじめに

Nd³⁺: YAGレーザーの基本波(1.06μm)を用いたシステムにより、これまで米沢市上空の局所的な降雪雲の挙動について観測を行い、成果をあげてきた。本報告では、YAGレーザーの第2高調波(0.53μm)を光源に用いたミー散乱レーザーレーダシステムを構成したので、基本波を用いたシステムとの比較・検討を行う。

2. SHGシステムの利点とシステムの構成

(a) SHGシステムの利点: レーザレーダの光源にSHGを用いた場合の利点としては、

- ① 大気中微粒子による光の後方散乱係数が基本波に比べて1桁大きい。
- ② 光検出系に使用する光電子増倍管は、放射感度及び量子効率の高いものが基本波用に比べ、SHG用のものの方が容易に入手可能である。
- ③ 可視域であるのでシステムのアライメントが容易である。

といったような点があげられる。

(b) SHGシステムの構成: Fig.1にレーザーレーダシステムの構成を示す。基本波からSHGへの移行には、SHGを発生させるためのSHG結晶を挿入することと、光電子増倍管を0.53μmに感度を持つものに交換することが必要である。

SHG結晶としては、最も新しいSHG結晶であるBBO(β-BaB2O4)を用い、SHGの出力を上げるため、BBO結晶への入射前にレンズで絞り込んでいる。光電子増倍管は0.53μmにピーク感度を持つR1547型PMT(浜松フォトニクス製)を使用することにした。これにより、量子効率は0.028%から5%へと大きく改善された。

3. 基本波を用いた場合との比較検討

本システムにおけるS/N比は次式で与えられる。

$$S/N = \frac{n_s \cdot M}{\mu \{n_s + 2(n_b + n_d)\}} \quad (1)$$

n_s: 受信光電子数、 n_b: 背景光による電子数、 n_d: 暗電流による電子数、
 μ: 雑音指数、 M: パルス積算回数

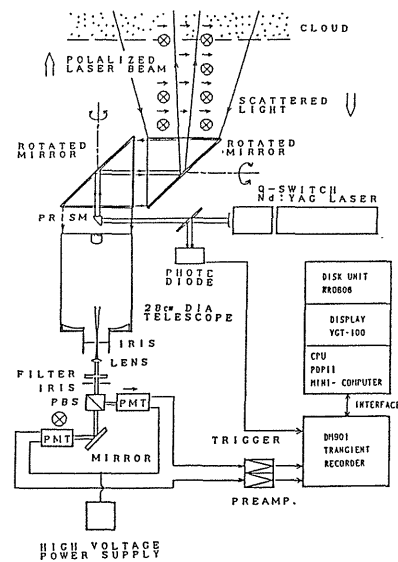


Fig.1 Laser Rader System

また、 n_s 、 n_b は

$$n_s = \frac{P_r (R) \tau_s \eta}{h \nu} \quad (2)$$

$$n_b = \frac{S_b K A_r \Delta \lambda \Omega \tau_s \eta}{h \nu} \quad (3)$$

h : プランク定数、 ν : 光の振動数、 η : PMTの量子効率、

S_b : 天空輝度、 Ω : 望遠鏡視野、 $\Delta \lambda$: 検出光スペクトル幅

で与えられる。上記(1)~(3)式より計算したS/N比をFig.2に示す。また、上空2000mに厚さ500mと、3000mに厚さ1000mの二層の雲があると仮定した場合のS/N比をFig.3に示す。

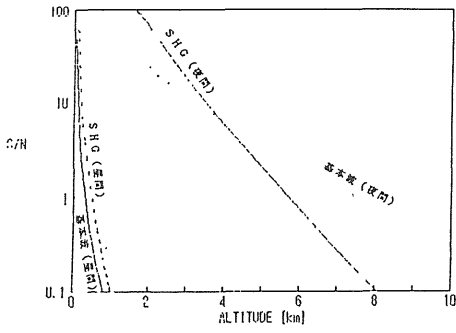


Fig.2

なお、本システムの諸定数は、

レーザピーク出力=10 MW (基本波)、=5 MW (SHG)、

レーザパルスの空間長=1.5 m、光学系の全効率=12 %、

検出分解時間=100 nsec、受光面積=0.062 m²、

量子効率=0.028 % (基本波)、5 % (SHG)、

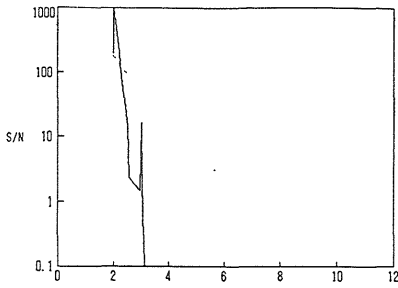
天空輝度=0.08 W/nm/sr/m²、パルス積算回数=180回

である。

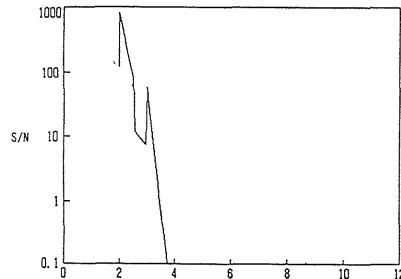
基本波における β_c の値は、過去のデータより

$5.0 \times 10^{-4} [m^{-1} Sr^{-1}]$ とし、SHGでは $1.0 \times 10^{-3} [m^{-1} Sr^{-1}]$

としてある。



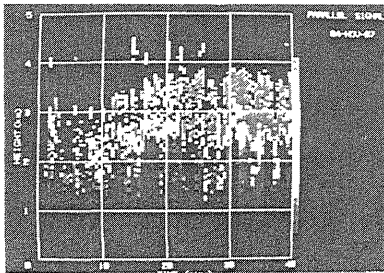
(a)Fundamental



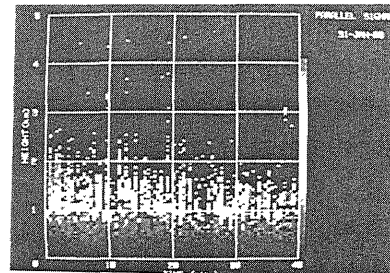
(b)SHG

Fig.3

実際の観測結果をFig.4に示す。



(a)Fundamental: (87/11/04 13:35-17:50) M=180
PMT=1100(V) Wind=(SW→WNW) 2.0~2.5[m/S]



(b)SHG: (88/01/31 19:55-20:53) M=30
PMT=500(V) Wind=(W→WSW) 2.5~5.0[m/S]

Fig.4

4. むすび

SHGによる降雪雲観測の有利性を予想し、システムを改造した。解析の結果、高度4000m以下ではSHGの有効性が確かめられた。また、実際の観測でもSHGを使用することにより、低高度での降雪雲がより鮮明に捉えられることが確かめられた。