

A 3

LD励起YAGレーザを光源とするMie-Ramanライダーの検討

A Mie-Raman Lidar Using a Diode-Pumped YAG Laser

松本洋典 竹内延夫

H. Matsumoto, and N. Takeuchi

千葉大学映像隔測研究センター

Remote Sensing and Image Research Center, Chiba University

Abstract : The Mie lidar equation have two unknowns, the extinction coefficient and the backscattering coefficient. A Mie-Raman lidar using a diode-pumped YAG laser is investigated for a simultaneous measurement of the extinction coefficient and the backscattering coefficient. This scheme is application of a portable Mie lidar using a diode-pumped YAG laser which was previously developed. This study suggests the scheme can detect weak N₂ Raman scattering signal.

1.はじめに

通常、Mieライダーシステムを用いて測定を行なう場合、消散係数と後方散乱係数を同時に測定できないため、消散係数と後方散乱係数の比を一定にとるなどの仮定によってライダー方程式を解く等の様々な解析法が提案されている[1]。Ramanライダーでは、レーザパルスのエコーとしてMie散乱によるものと同時に窒素によるRaman散乱に基づくエコーを測定することによって、上記の仮定を行なうことなく消散係数と後方散乱係数を求めることができる。ここでは、本研究室で以前開発した可搬型LD励起YAGライダー[2]を用いてMie-Ramanライダーに適用した場合のシステムの概要と性能について検討した結果を報告する。

2.Ramanライダー

通常、Mieライダーにおけるライダー方程式は以下のように書くことができる。

$$P_x(X) = \frac{P_0 \cdot Y(X) \cdot l \cdot A_r \cdot \beta(X) \cdot T(X)^2}{X^2} + P_b \quad (1)$$

$$T(x) = \exp\left(-\int_0^x \alpha(x) dx\right) \quad (2)$$

ここで、 $P(X)$ は距離 X の点から散乱された後方散乱光の光強度、 P_0 は送出されるレーザ光強度、 $Y(X)$ は受光系の幾何学的効率、 l はレーザパルスの空間中の長さ、 A_r は望遠鏡の開口面積、 $\beta(X)$ は後方散乱係数、 $T(X)$ は大気の透過率、 P_b は背景光による雑音、 α は大気の消散係数である。

このとき、(1)式において未知数は β と α の2つであるため、このままでは解くことができない。そのため、 α/β = 一定といった仮定を行なうことによってライダー方程式を解く手法等が提案されている[1]。

一方、Ramanライダーにおけるライダー方程式は以下のように書くことができる。

$$P_x(X) = \frac{P_0 \cdot Y(X) \cdot l \cdot A_r \cdot \beta_R \cdot T(X) \cdot T_R(X)}{X^2} + P_b \quad (3)$$

$$T_R(x) = \exp\left(-\int_0^x \alpha_R(x) dx\right) \quad (4)$$

$T_R(X)$ はRaman散乱が起こる波長での透過率、 $\beta_R(X)$ はRaman後方散乱係数、 $\alpha_R(x)$ はRaman散乱が起こる波長における大気の消散係数である。ここで、 $\beta_R(X)$ はRaman後方散乱係数であるから、対象となる分子の密度が分かれば計算によって求めることができる。さらに、 $\alpha(x)$ と $\alpha_R(x)$ の関係を仮定することによって、大気の消散係数と後方散乱係数を求めることができる。

3.システムの概要及び性能の検討

今回検討したライダーシステムは、[2]の携帯型ライダーシステムに対し、窒素のRaman散乱を測定できるよう変更を加えたものである。主な変更点を以下に示す。

(1)Raman後方断面積を大きくとり、また検出器の量子効率を向上させるために[2]のライダーシステムのYAGレーザーにSHG結晶を組合せ、短波長化を行った。

(2)レーザーのパルス幅を大きくすることによって後方散乱光強度を大きくした。

(3)検出器にAPDよりもノイズの少ないPMTを用いた。

検討を行うにあたっては、レーザー光源の平均エネルギーを30mW、レーザーパルス幅を250nsec、レーザーパルスの繰り返し周波数を1kHz、PMTの量子効率を10%とした。Fig.1に夜間におけるRaman散乱光を測定測定した場合のSN比の検討結果を示す。ここでは、視程を10km、積算時間を10分とした。

4.まとめ

本研究室で以前開発した可搬型LD励起YAGライダー[2]を用いてMie-Ramanライダーを開発した場合の性能について検討した。これによるとMie散乱による後方散乱光よりもかなり弱いRaman散乱光の測定が十分に可能であることが示された。

今後、このライダーシステムによって得られたデータと、種々のデータ解析法との比較を行ない、さらに、ライダーデータの日変化と湿度や気圧の日変化との比較等の実験を行なう予定である。

参考文献

1)D.N.Whiteman,S.H.Melfi,and R.A.Ferrare,:Raman lidar system for the measurement of water vapor and aerosols in the Earth's atmosphere,Appl.Opt.31-16,3068-3082(1992).

2)竹内、奥村、杉田、松本、山口:LD励起YAGレーザーを光源とする携帯型ライダー、第15回レーザーセンシングシンポジウム予稿集(1992)

3)H.Inaba:Detection of atoms and molecules by Raman scattering and resonance fluorescence,in *Laser Monitoring of the Atmosphere*,E.D.Hinkley,ed.(Springer-Verlag,Berlin,1976).

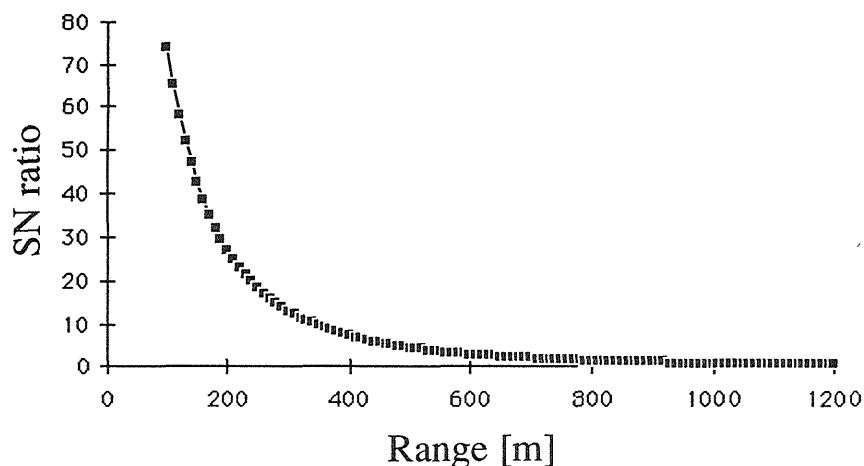


Fig.1 SN estimation of the system
(Night time, Visibility : 10 km, accumulation time : 10 min)