

Fundamental Characteristics of Rotational Raman Lidar
for Measuring Atmospheric Temperature (2)山本 貴史, 平等 拓範, 小林 喬郎, 堀 晃浩⁺, 北田 俊信⁺⁺
T. Yamamoto T. Taira T. Kobayashi A. Hori T. Kitada福井大学工学部, ⁺ 関西総合環境センター, ⁺⁺ 関西電力Fukui University, ⁺ Kansai Environmental Engineering Center Co.⁺⁺ Kansai Electric Power Company, Inc.

For measuring tropospheric temperature, the rotational Raman lidar scheme is studied experimentally. In the double grating polychromator-detector system, a high Mie rejection ratio over 3×10^6 is obtained with a high overall transmittance of 38%. Using second harmonic beam of the Nd:YAG laser, the random error of the temperature measurement due to SNR was reduced to ± 0.7 K at a height of 1 km.

1. はじめに 環境破壊とその保全に関する問題が注目される中で、気象要素である大気温度の高精度な計測の必要性が高まってきた。レーザレーダによる対流圏での大気温度計測法として、回転ラマン散乱法が有用である。我々はこれまで、光源にNd:YAGレーザの第二高調波（波長532 nm）を用いた回転ラマン散乱方式レーザレーダの開発を行ってきた¹⁾。しかしながら、解決すべき技術上の問題はいくつか残されていた。本報告では、ミー散乱遮断率が高く、高効率のダブルポリクロメータを設計、試作し、大気温度計測を行ったのでその結果について報告する。

2. 測定システムの基本条件 回転ラマン散乱法は高出力で一定の波長のレーザを用いればよく、送信系は他の方式と比較して単純である。しかし、受信系には以下に挙げる様な高度な技術が必要となる。1) 大気の透過率の補正と温度係数を増加させるために2つの回転ラマン線強度の同時計測, 2) 回転ラマン線はレーザ波長と近接しているためにミー散乱を6桁以上遮断する高遮断率で高分解な分光器, 3) 回転ラマン線の散乱断面積が小さいため、高感度で高いSN比の検出技術, などである。ここで、温度精度は $\Delta T [K] = 210/SNR$ の関係がある。

3. ポリクロメータの特性

上で述べた条件を満たす分光器として、高効率なホログラフィック回折格子（線数2400本）を2枚用いたポリクロメータを設計、試作した。その特性をTable 1に示す。N₂分子のラマンシフトが約1.3 nmのS(4)線でミー散乱遮断率

Table 1 Characteristics of the double grating polychromator

N ² Raman Line	Wavelength Shift $\Delta\lambda$ (nm) ($\Delta\nu$ (cm ⁻¹))	Mie Rejection γ	Transmittance T (%)	Bandwidth (nm)
S(4)	1.27 (44)	3×10^6	38	0.39
S(12)	3.11 (108)	3×10^7	38	0.40
Vib.	75.3 (2331)	8×10^6	50	1.10

3×10^6 が得られ、38%の高効率を得られた。また、振動ラマン線の測定チャンネルも設けて回転ラマン線との同時測定を可能とした。

4. 装置構成 Fig. 1に回転ラマンレーザレーダシステムの構成を示す。QスイッチNd:YAGレーザの第二高調波を（エネルギー80mJ）大気中に送出する。大気からの散乱光は直径46cmの受信

鏡で集光され、ポリクロメータに入射し、ポリクロメータで分光されたラマン線は光電子増倍管で検出され、トランジェントレコーダに入力されて積算された後、コンピュータで信号処理を行う。

5. 実験結果 Fig. 2はS(4)線とS(12)線の信号強度とその比の高度分布を示したもので、この強度比を温度換算した結果も同時に示した。このとき絶対温度は地表温度より校正した。この結果、高度1kmにおいてS/N比より求めた温度精度は $\Delta T = \pm 0.7K$ であった。

6. 検討 以上の動作実験において、系統的な気温の測定誤差が生じた。この原因としては、S(4)線とS(12)線の視野の重なりやレーザービーム形状の変動などが考えられる。これらのシステムの不安定性に関連すると思われるパラメータとその変動による温度測定精度への影響をTable 2に示す。これは、各パラメータが1%変動した時の温度の変動を計算したものである。光学系のアライメントの変動や機械的振動、測定系の電気的変動の影響も大きく、これらの解消を詳細に検討している。

まとめ 以上、高効率、高遮断率のポリクロメータを用いた回転ラマンレーザーにより大気温度の高度分布測定実験を行い、高度1kmにおいて温度精度 $\Delta T = \pm 0.7 K$ が得られた。しかし、システムの不安定性などに起因する系統誤差の発生が問題となった。今後は、これらの問題を解決するとともに、バルーンを用いた温度校正を行いたい。

Table 2 System parameters related to temperature error

System Parameter	Temperature Error
Laser	
Beam Divergence (0.32 mrad)	3.0 K
Receiving system	
Field of view (0.20 mrad)	3.0 K
PMT Voltage (900 V)	6.7 K
Atmospheric transmittance	3.0 K

参考文献

1) 平等, 佐々木, 山本, 小林, 堀, 北田: 第14回レーザーセンシングシンポジウム予稿集, P18, p82 (1991)

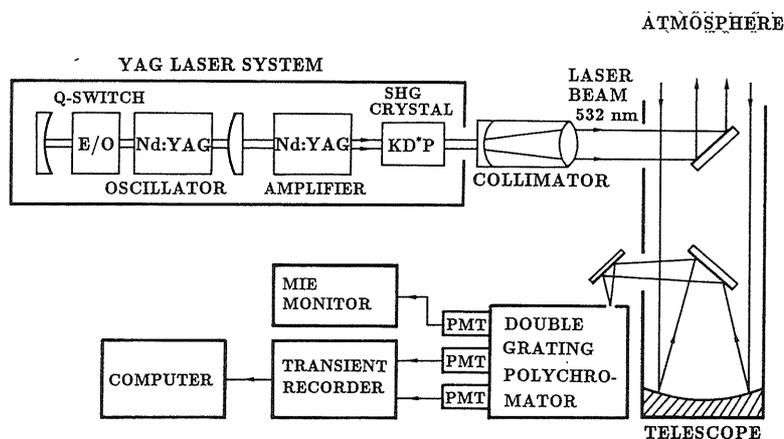


Fig. 1 Block diagram of the rotational Raman lidar system

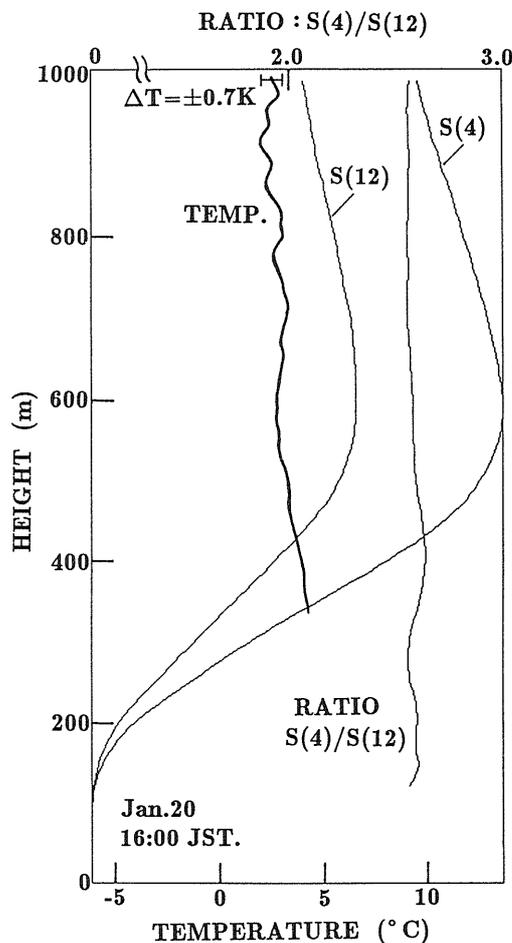


Fig. 2 Profiles for the rotational Raman line intensities, the Ratio and atmospheric temperature