

対流圏下層気温計測用回転ラマンレーザレーダの較正実験

Calibration Experiment of a Rotation Raman Lidar for Temperature Measurement of Lower Troposphere

山本 貴史、タン・ブーンキョウ、平等 拓範、小林 喬郎、堀 晃浩<sup>+</sup>、北田 俊信<sup>++</sup>

T.Yamamoto, Tan Boon Keong, T.Taira, T.Kobayashi, A.Hori<sup>+</sup>, T.Kitada<sup>++</sup>

福井大学工学部、<sup>+</sup> 関西総合環境センター、<sup>++</sup> 関西総合電力研究所

Fukui University, <sup>+</sup>Kansai Sougou Kankyou Center, <sup>++</sup>Kansai Denryoku

For measuring atmospheric temperature profiles in the lower troposphere, a rotational Raman laser radar was developed. For high sensitive rotational Raman scattering measurements, the double grating polychromator was designed and a high Mie rejection ratio over  $3 \times 10^6$  was obtained. Comparisons was made with radiosonde profile data and the result showed good agreement. Various systematic errors were analyzed and reduced by careful system analysis.

1. はじめに 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。レーザによる気温の測定法として回転ラマン法の有用性が示されてきた。我々はこれまで、エアロゾルの多い対流圏下層(~1km)の気温を計測するため、回転ラマンレーザレーダを試作し、ミー散乱遮断率が高く高効率のポリクロメータを用いて大気温度計測を行った。今回は、気温測定バルーンと比較測定を行い、実際のレーザレーダの測定誤差の原因を検討したのでその結果について報告する。

2. 装置構成 Fig.1に回転ラマン散乱レーザレーダシステムの装置構成を示す。光源として放電管励起QスイッチNd:YAGレーザを用いた。レーザ光はKD\*P結晶により第二高調波が取り出され、大気中に送り出される。大気からの後方散乱光は、ニュートン型反射望遠鏡により集光され、ポリクロメータに導かれる。回転ラマン方式は大気の透過率の補正と温度係数を増加させるために2本の回転ラマン線強度を同時計測するものである<sup>1,2)</sup>。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能の分光器が必要とされる。Table 1に設計、試作したポリクロメータの

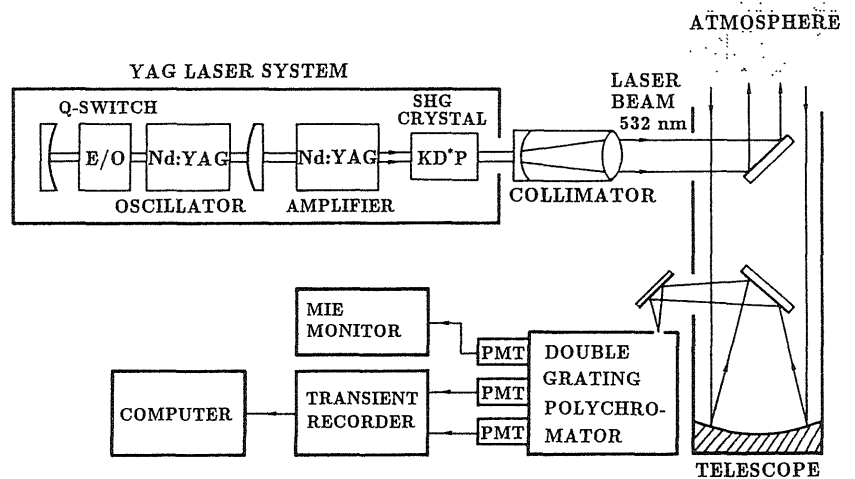


Fig. 1 Rotational raman lidar system

Table 1 Characteristics of the double grating polychromator

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

特性を示す。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される。

3. 実験結果 Fig.2にバルーンとの校正実験の結果を示す。この結果より、高度分布形状がほぼ一致していることが分る。しかしながら、(a),(b)ではレーザーダでの絶対温度の測定が $\Delta T \approx 10^\circ\text{C}$ 変動しており、この段階では誤差が大きいことが分った。

### 5. システムの測定誤差とその改善

大気温度の測定誤差をTable 2 に分類した。原因として最も大きく測定誤差に影響するのは、受信効率比の変動 $\Delta \{Y(R)/Y'(R)\}$ であり、これはレーザービーム出射角度の変動による分光器入射開口上でのスポット位置の変動によるものである。レーザービームの出射角の変動を補正するために、レーザービーム出射角を電磁石で制御することを試みた。このレーザービーム角度を補正して行った気温の高度分布の測定結果をFig.3に示す。この結果より時間的に安定な測定が出来ており、絶対温度の測定が $\Delta T=1^\circ\text{C}$ で可能であることが示された。矢印はその時刻の地面温度である。

6. まとめ 以上、試作したポリクロメータを用いて、気温の高度分布の測定実験を行った。またバルーンとの高度分布比較測定ではよく一致した結果が得られた。絶対温度の測定では、大きな測定誤差の発生が問題となったが、レーザービーム出射角の補正することを試みた結果、ほぼ $1^\circ\text{C}$ 以内の変動に抑えることができた。今後はこの測定誤差に関する詳細な検討を行い、高精度な絶対温度の測定を可能にしたい。

- 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, P-18,p82(1991)  
2)山本,平等,小林,堀,北田:第15回レーザーセンシングシンポジウム予稿集, P-15,p83(1992)

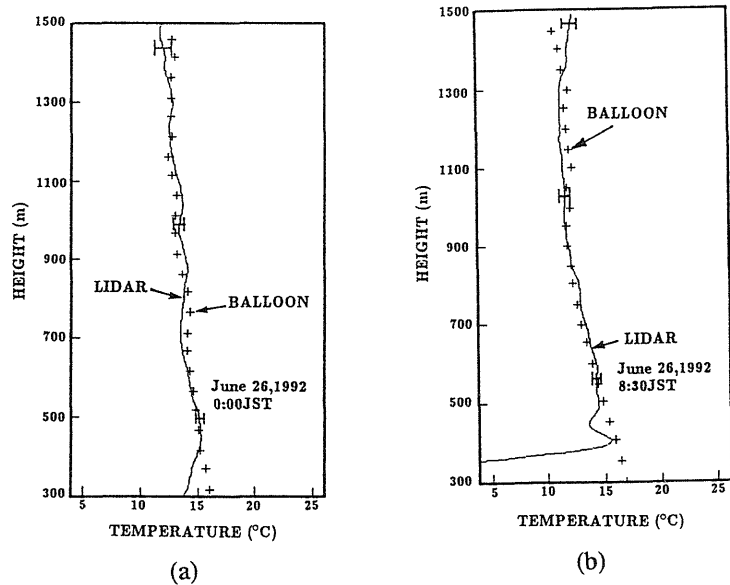


Table 2 Comparison of temperature with lidar and balloon data

Table 2 測定誤差の要因

測定誤差	原因	温度誤差 $\Delta T$
受信効率比の変動 $\Delta \{Y(R)/Y'(R)\}$	・レーザービーム出射角の変動 (分光器の中心波長の変動)	$7.0^\circ\text{C}/(0.1\text{mrad})$
大気透過率比の変動 $\Delta \{T_i(\lambda_j)/T_i(\lambda_{j'})\}$	・エアロゾルの種類、量	$1.5^\circ\text{C}/(1\%)$
エアロゾルの蛍光の混入	・エアロゾルの種類、量	$1.5^\circ\text{C}/(1\%)$
分光感度比の変動 $\Delta \{\eta(\lambda_j)/\eta(\lambda_{j'})\}$	・PMT光電面位置による感度の不均一さ ・PMT感度の非線形性	$1.5^\circ\text{C}/(1\%)$
測定分解能 $\Delta \{P_r(\lambda_j, R)/P_r(\lambda_{j'}, R)\}$	・受信信号のバラツキ(S/N) $\Delta T = \sqrt{2} [(S/N) \cdot \alpha]^{-1}$	$1.0^\circ\text{C}/(S/N=210)$ 高度 1000 m

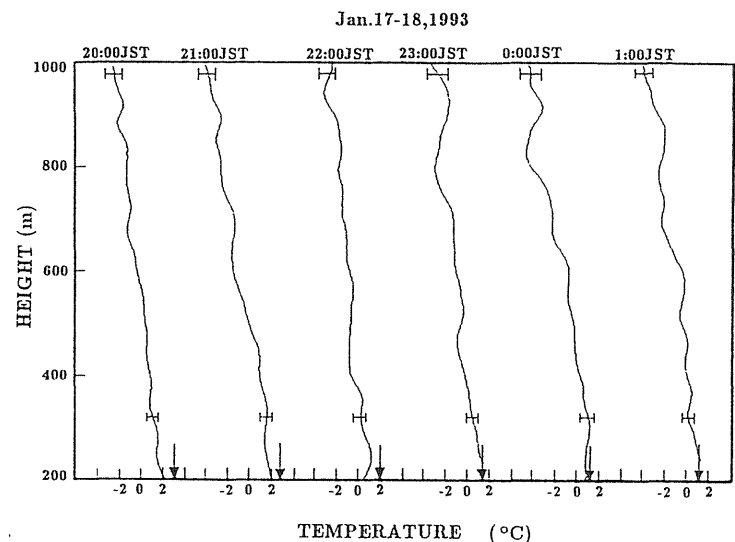


Fig. 3 Results of nighttime temperature profile measurement