

Development of a Multi-color Lidar for Atmospheric Temperature Measurement

内野 修^{*}、高島英之^{**}、田端 功^{*}

(Osamu Uchino^{*}, Hideyuki Takashima^{**}, Isao Tabata^{*})

^{*}気象研究所 (Meteorological Research Institute, Tsukuba)

^{**}筑波大学 (Tsukuba University, Tsukuba)

SYNOPSIS: A multi-color lidar system based on three wavelengths of a Nd:YAG laser has been developed for temperature measurements in the middle atmosphere. Temperature profiles above ~30 km-altitude were successfully retrieved from the 532-nm lidar signals. And a preliminary temperature profiles in the lower stratosphere was retrieved from two-wavelength lidar signals at 1064 nm and 355 nm.

1. はじめに

近年化石燃料等の消費増大による地球の温暖化の問題がクローズアップされてきている。シミュレーションによると二酸化炭素が現在の値より2倍になると、地表では1.5-3.5度気温が上がるが逆に成層圏では気温は低下するものと予想されている。従って地上気温はもちろん成層圏気温の長期モニタリングもこのような大気微量成分の増加による気温のトレンドを早期にとらえる上で重要である。そこで我々はそのような観測手段として、また惑星波等による比較的短い時間の中層大気の気温変動を捕らえる目的で科学庁振興調整費によりマルチカラーライダーによる気温計測技術の開発を行っているのでそのことについて報告する。

2. マルチカラーライダー装置

FIG. 1に現在開発中の装置のブロックダイ

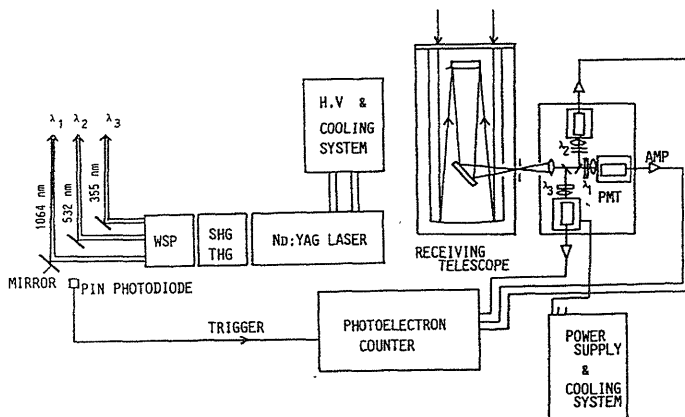


Fig.1 Block diagram of multi-color lidar system

アグラムを示す。マルチカラーレーザー送信部はNd:YAGレーザーの3波長1064nm、532nm、355nmより成立ち、それぞれのレーザー光は誘電体多層膜蒸着の平面鏡により直接大気中に打ち出される。

大気中からの散乱光は、ナスミスクーデ式の望遠鏡で集光され、視野絞り、コリメートレンズ、ダイクロイックミラー、干渉フィルターを通して、3台の光電子増倍管(PMT)により同時検出が可能である。PMTからの出力はアンプ、ディスクリを経て光電子計測が行われる。Table 1にマルチカラーライダーの特性をまとめた。

3. 高度30km以上の気温計測

通常エアロゾルの存在しない高度約30km以上では、1波長のレーザー光により、大気からのレーリ-散乱信号と、静水圧と気体の状態方程式とから気温の計測が可能である。ここでは532

Table 1. Performance of multi-color lidar system.

TRANSMITTER			
WAVELENGTH (NM)	355	532	1064
OUTPUT ENERGY (MJ)	190	195	210
PULSE REP. RATE (Hz)	20	20	20
RECEIVER			
TELESCOPE DIA. (CM)	50 (F=10.5)		
TRANS. OF IF FILTER FWHM(NM)	0.17 (0.87)	0.50 (0.88)	0.47 (0.76)
Q.E. OF PMT	0.25	0.1	0.0008
PHOTOELECTRON COUNTER			
CHANNEL NUMBER	3		
GATE NUMBER	2048/CH		
MIN. GATE WIDTH (NS)	50		
DISCRI. LEVEL (V)	0 - 2		
MAX. COUNT RATE (MHZ)	110 (PERIODIC)		
MEMORY CAPACITY	2 ²⁴ - 1		
MAX. SAMPLING RATE (Hz)	250		

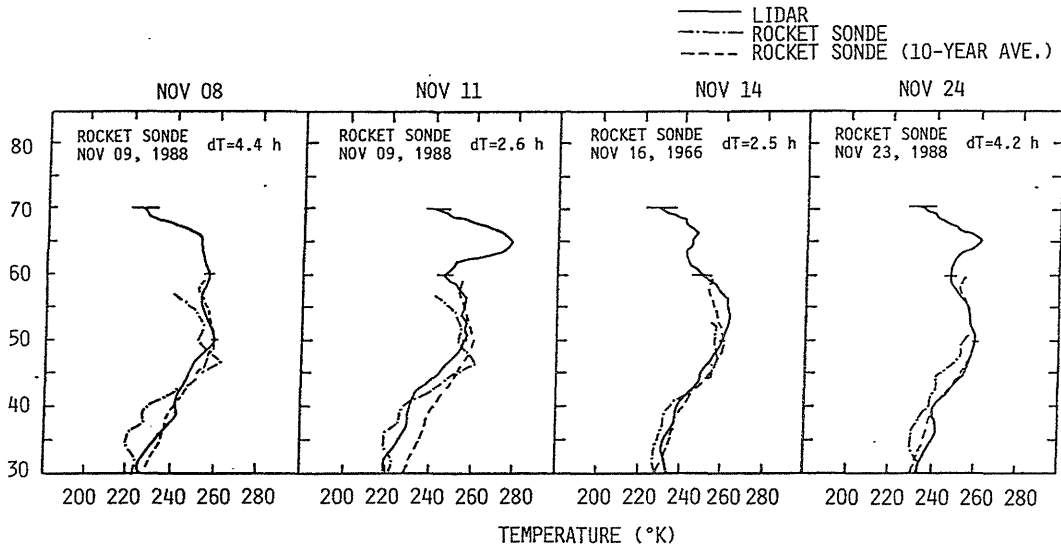


Fig.2 Temperature profiles retrieved by the 532-nm lidar signals.

n mを用いて気温の観測を行った。

FIG. 2に1988年11月に観測した気温の主なプロファイルを示す。ライダーデータがロケットゾンデの結果とよく合っていることがわかる。同じ測定精度で観測時間を短くするためには望遠鏡の口径を2倍以上大きくする必要がある。

4. 高度30 KM以下の気温計測

エアロゾルによるミー散乱がレーリー散乱に比べて無視できなくなる高度30 KM以下では、ミー散乱の寄与を除去して大気密度を求めその値から気温を求める必要がある。レーリー散乱は、波長の λ^{-4} に比例し、ミー散乱は λ^{-b} ($b=1\sim 2$)に比例するので、レーリー散乱に対するミー散乱の比は λ^{4-b} となり長波長の方ではミー散乱が、短波長の方ではレーリー散乱が卓越する。従って長

波長の方のライダー信号とモデル大気とを用いてミー散乱を求め、その値をエアロゾルモデルを用いて短波長の方に変換して、短波長のライダー信号からミー散乱部分を差し引けば、目的のレーリー散乱のみを取り出すことができ、気温が求められる。

Fig. 3は1064 nmのライダー信号とモデル大気とを用いて計算された散乱比のプロファイルを示す。これと $b=1.3$ を仮定し、355 nmのライダー信号とを組み合わせて得られた気温のプロファイルを図4に示す。高度10~25 KMでゾンデとよく一致していることがわかる。今後はさらに532 nmと1064 nmの2波長からより妥当な b の値を求めて、気温の測定精度を上げること等の工夫が必要であろう。

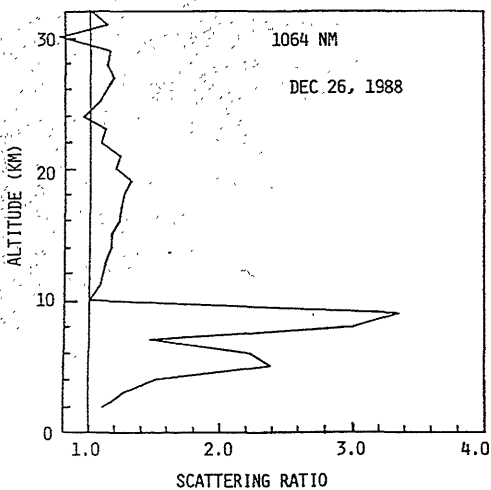


Fig.3 Scattering ratio profile at 1064 nm.

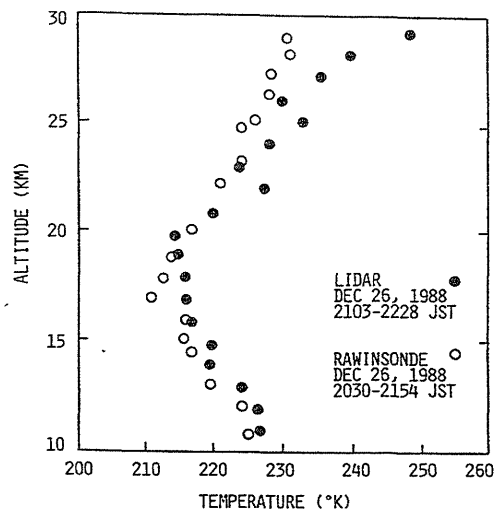


Fig.4 Temperature profile retrieved by two-wavelength lidar signals at 1064 nm and 355 nm.