

Na ライダーによる信楽近郊での中間圏・下部熱圏温度の観測

Observation of Mesosphere and Lower Thermosphere (MLT) Temperature by Na Lidar near Shigaraki

江尻 省, 川原 琢也*, 中村 卓司
M. K. Ejiri, T. Kawahara, T. Nakamura

京都大学, *信州大学
Kyoto University, *Shinshu University

Abstract

Atmospheric Gravity Wave (GW) generated in the lower atmosphere (troposphere and stratosphere) has an important role that is carrying momentum flux from the lower atmosphere to the mesosphere and lower thermosphere (MLT). The GW supplies the momentum flux to background wind and temperature fields through interactions between GW and background fields (for example, wave dissipation, breaking, and so on). For study of atmospheric dynamics of the MLT region, therefore, it is essential to understand about mechanism of the interactions occurring during wave propagating and to observe GW and background wind and temperature simultaneously.

At Shigaraki Middle and Upper Atmosphere (MU) Observatory (34.9°N, 136.1°E), there are many instruments for observing atmospheric dynamics in the MLT region. Airglow imagers can observe horizontal structure and propagation of GWs, and the MU radar can measure wind speed at the MLT region. However, there is no instrument that can measure the MLT temperature. We, therefore, moved Na Lidar of Shinshu University that can measure MLT temperature (80 – 110 km) from Nagano to the Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH) located about 25 km east from Shigaraki MU Observatory. We operated the Na Lidar on August, 2007 and got temperature data for several nights. In this study, we discuss quality of the temperature data by comparing with SABER/TIMED satellite data.

1. はじめに

中間圏・下部熱圏 (MLT) 領域において、下層 (対流圏や成層圏) 起源の大気重力波はエネルギーを下層から運び込む、重要な役割を担っている。この大気重力波は、背景の風系や温度場と相互作用する中で、輸送してきたエネルギーを背景場に供給する。従って、MLT 領域の大気力学を議論するためには、大気重力波の伝搬・消滅時の背景場との相互作用を詳細に理解することが不可欠であり、そのためには大気重力波と背景風および背景温度を同時に観測する必要がある。

滋賀県甲賀市信楽町にある京都大学信楽 MU 観測所 (34.9°N, 136.1°E) には、MLT 領域を総合的に観測するために様々な測器が設置されている。京都大学や名古屋大学が設置している大気光イメージャは、大気重力波の水平伝搬や消滅の様子を詳細に観測することが出来る。また、MU レーダーは流星モード観測により MLT 領域の風速を測定することが出来るのだが、最近導入された新システムにより、風速の鉛直分布だけでなく水平分布も観測可能となり、世界で初めて風速を立体的に捉える試みが進められている。しかし MLT 領域の温度観測は非常に難しく、これを観測出来る測器は信楽には設置されていない。現況、MLT 領域の温度を高い時間・高度分解能で測定出来るほぼ唯一の観測手法は、金属原子の共鳴波長を利用したライダー観測である。そこで 2004 年に、信州大学が所有する Na ライダーを信楽 MU 観測所の約 25 km 東に位置する京大生存在圏研究所に移設し、キャンペーン的に観測を行ってきた。現在この Na ライダーを、季節変化なども含めて観測するために、毎月数日以上 of 定常観測化をめざして調整している。本公演では、2007 年 8 月に行った観測の結果と、それを衛星 (SABER/TIMED) による温度観測データと比較した結果について報告する。

2. Na ライダーによる温度観測の手法と観測の概要

Na ライダーは、Na 原子の共鳴波長である 589 nm のレーザ光を大気中に射出し、高度 80 – 110 km に存在する Na 原子層によって散乱された光を望遠鏡で受信することにより、その散乱光強度から Na 密度と温度を推定するものである。Na D₂ の散乱断面積は、Na 原子の熱運動によりドップラー広がりを持っている。レーザの発振波長を Na D₂ スペクトルの極大 (fa) と極小 (fc) の 2 波長に設定して交互に射出し、Na の受信強度比 (すなわち

散乱断面積比)が温度に依存することを用いて、温度の高度分布を導出する。

信州大学の Na ライダーは、2000–2002 年の 3 年間、南極で MLT 領域の温度観測に成功した実績があり、現在も世界でも数少ない MLT 領域の温度計測が可能なライダーである。この Na ライダーでは、2 台の Nd:YAG レーザを用いて増幅させた、1064nm と 1319nm のパルスレーザを、非線形結晶 BBO に入射させることにより、これらの和周波である 589 nm レーザを発生させる (Fig.1 参照)。出力は 50mJ/pulse で繰り返しは 10Hz である。パルスレーザの狭帯域化と波長制御のため、それぞれの共振器には Seeder Laser を用いている。Seeder Laser の波長は波長計 (Burleigh, WA-1500, 精度 1 pm) でモニタしており、観測時にはこの波長計による測定値を用いて 1064 nm の Seeder Laser の波長を切り替え (1064.6221 nm, 1064.6187 nm)、2 つの和周波 f_a (589.1589 nm) と f_c (589.1579 nm) を発生させている。1 時間の積算値による温度精度は、最も Na 密度の高い 90km 高度で 1K 以下、Na 層の上下端で 2-3K である。

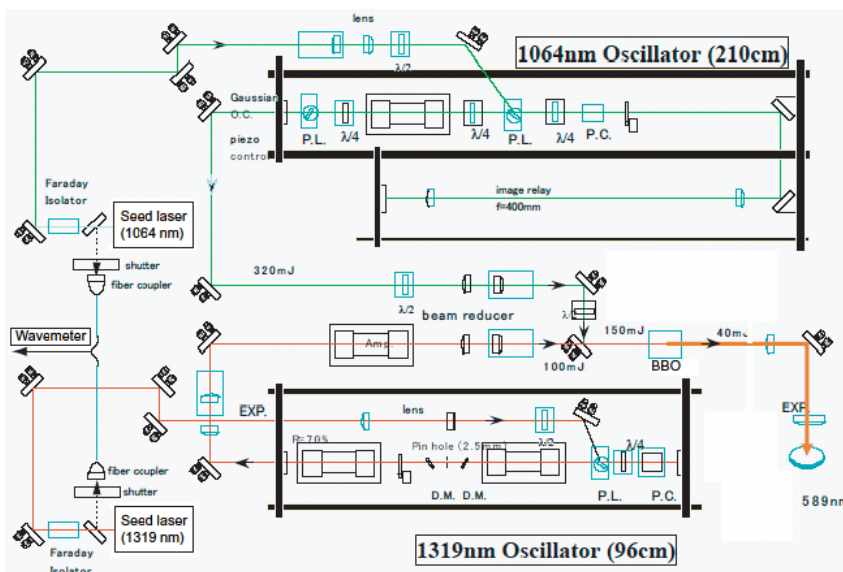


Fig.1 Schematic drawing of the Na Lidar system on the optical table.

3. Na ライダー観測と温度データの比較

2007 年 8 月の晴天時に、京都府宇治市の京都大学生存圏研究所において、信州大学 Na ライダーによる MLT 領域の温度観測を行った。この観測では、 f_a と f_c による観測をそれぞれ 2.5 分ずつ交互に行い、30 秒で波長の切り替えを行った。589 nm ビームの平均出力は 50mJ/pulse、8 月上半月で 6 晩の温度データを取得した。一方、米国 TIMED 衛星に搭載された SABER (広帯域赤外放射計) は高度 10–130 km の温度を観測しており、MLT 領域 (80–100km) の温度も高度分解能 2 km、測定精度 3 K で測定している。現在 2002–2006 年の SABER 温度データが一般に公開されている (<http://saber.larc.nasa.gov>)。一例として、2003 年の宇治付近 ($35 \pm 5^\circ N$, $135 \pm 5^\circ E$) の温度プロファイル (1–2 本/晩) の月平均とその標準偏差を Fig.2 に示した。この図が示すように MLT 領域の温度場は月毎にも大きく異なるが、一晩のうちでも潮汐等の影響を受けてダイナミックに変化することが知られている。従って、大気重力波との相互作用を議論する際には、Na ライダーによる高い時間・高度分解能データが必要である。本研究では、まず、公開されている 2002–2006 年の宇治付近の SABER 温度データについて 8 月の月平均プロファイルを作成し、年毎の違いを調べる。次に、その年毎の違いを考慮に入れつつ SABER 温度データと今回 Na ライダーで測定した温度プロファイルを比較することにより、Na ライダーのデータ質を検証すると共に、今後の改善点を議論する。

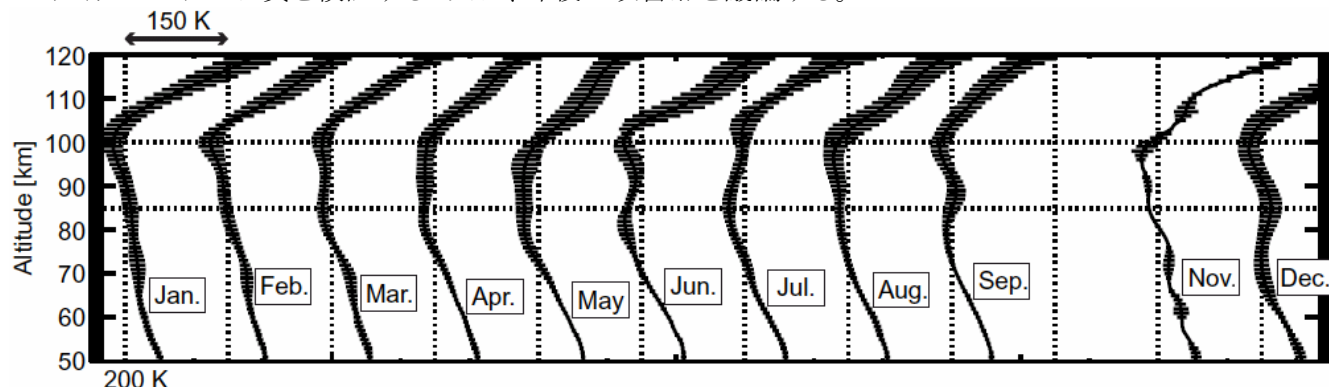


Fig.2 Monthly means and standard deviations of temperature profiles measured by SABER/TIMED in 2003 over Uji ($35 \pm 5^\circ N$, $135 \pm 5^\circ E$).