

中緯度中間圏・下部熱圏における Na 密度・温度高度分布の経度差のライダー観測  
**Na Lidar observation of latitudinal differences in  
 Mesosphere and Lower Thermosphere (MLT) Temperature profiles**

江尻 省<sup>1</sup>, 川原 琢也<sup>2</sup>, 中村 卓司<sup>1</sup>, 塩川 和夫<sup>3</sup>, 堤 雅基<sup>4</sup>

Mitsumu K. Ejiri<sup>1</sup>, Takuya D. Kawahara<sup>2</sup>, Takuji Nakamura<sup>1</sup>, Kazuo Shiokawa<sup>3</sup>, Masaki Tsutsumi<sup>4</sup>

[1]京都大学生存圏研究所, [2]信州大学工学部, [3]名古屋大学太陽地球環境研究所, [4]国立極地研究所  
 [1] RISH, Kyoto University, [2] Faculty of Engineering, Shinshu University,  
 [3] STEL, Nagoya University, [4] National Institute of Polar Research

### Abstract

Recently, it is pointed out that longitudinal differences in the mesosphere and lower thermosphere (MLT) are not negligible. For example, occurrence rate of sporadic Na layer ( $\text{Na}_s$ ) that is sudden enhancement of Na density at a narrow altitude region (FWHM is a few kilometers) at Japan is much higher than at USA [Nagasawa and Abo, 1995]. Also, 4-wave structure in nighttime ionospheric emission observed by IMAGE-FUV imager [Immel et al., 2006] is thought to be probably associated with longitudinal distribution of deep convection area in the troposphere. This could cause difference of temperature in the MLT region between Japan and USA (120 degree phase difference). Na temperature lidar (developed by Shinshu University and National Institute of Polar Research) that can measure the MLT temperature (80-110 km) was moved from Nagano to Uji (34.9°N, 135.8°E) located about 25 km east from Shigaraki MU observatory at which there are many instruments for observing atmospheric dynamics in the MLT region. The Na temperature lidar has been operated several nights per month since August, 2007. For one year, we obtained temperature and Na density profiles for 106 nights (about 900 hours). Comparisons of seasonal variations of the temperature and Na density between Japan (Uji) and USA (Colorado (41°N, 105°W) and New Mexico (35°N, 107°W)) showed the following latitudinal and longitudinal differences. Na density at Uji shows similar seasonal variation to that at Colorado, except for an enhancement around 90-100 km on June at Uji. Temperatures above 85 km at Uji on November and March-April were higher than those on other months. The seasonal variation at Uji (35°N) is similar to that at New Mexico (35°N) rather than at Colorado (41°N). Note that maximum temperature at Uji was on March-April while that at New Mexico was on November.

### 1. はじめに

近年、中間圏・下部熱圏 (MLT) 領域を境界とする大気圏・電離圏の全体的な観測研究が進むにつれ、MLT領域での大気波動の活動度や大気の安定性などについて、緯度差のみならず経度差の重要性が再確認されている。例えば、Naライダーによる地上からのNa密度プロファイル観測では、狭い高度領域 (半地幅数km) でNa密度が急激に増加するスボラディックNa層 ( $\text{Na}_s$ ) の発生頻度が、同じ緯度帯でも米国より日本上空の方が格段に高いことが知られている[Nagasawa and Abo, 1995]。また、IMAGE衛星によって観測された電離層高度の酸素原子の発光輝度変動の4山構造 (4-wave structure) [Immel et al., 2006]が、対流圏の強い対流活動領域の経度分布に起因する大気波動である可能性が指摘されており、これはMLT領域において、温度場にも無視できない経度差がある可能性を示唆している。京都大学生存圏研究所では、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信楽MU観測所から東に約25 kmに位置する宇治キャンパス内 (34.9°N, 135.8°E) に、2005年にNa温度ライダー (信州大学・国立極地研共同開発) を設置した。2007年8月からは毎月数日以上Na温度ライダーによる準定常観測を行っており、2008年8月現在までに106晩 (約900時間) の観測データを得た。本研究では、この宇治での約1年の観測結果から得られた中間圏界面付近の温度とNa密度の高度分布の季節変化を米国コロラド (41°N, 105°W) 及びニューメキシコ (35°N, 107°W) での過去の観測結果と比較することによって緯度差・経度差を明らかにする。

### 2. Na 温度ライダーによる観測の概要

Na 温度ライダーは、Na 原子の共鳴波長である 589 nm のレーザー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。信州大学と国立極地研によって開発された Na 温度ライダーは、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る。このライダーでは、2 台の Nd:YAG レーザでそれぞれ発振・増幅した 1064nm と 1319nm のレーザパルスを非線形結晶 (BBO) に入射させることにより、これらの和周波である 589 nm 光を発生させる。レーザパルス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)、温度計測に必要な 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。出力は 30mJ/pulse で繰り返しは 10Hz。1 時間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。

### 3. 観測結果の比較

#### 3.1. Na 密度の高度分布

宇治で観測された Na 密度の季節変化には、高度 87-95 km で 10-11 月に第一ピーク、冬に第二ピークが見られ、これらはコロラドでの観測結果と良く似ていた。ただし、宇治では 6-7 月の高度 90-100 km 付近に、コロラドでは見られない密度の増大が見られた。これは、特に夏に日本上空では頻繁に観測されるがコロラドではほとんど観測されないスプラディック Na 層 ( $Na_s$ ) に起因するものと考えられる。

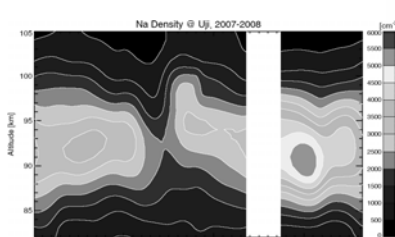


Figure 1. 11-month variation of nocturnal Na density observed at Uji, Japan. Smoothed by 4 km and 60 days Hanning window.

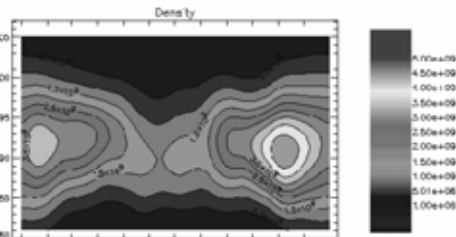


Figure 2. 8-year climatology (1990 - 1999) of 3.7 km and 1 month smoothed nocturnal Na density at Colorado [She et al., 2000].

#### 3.2. 温度の高度分布

宇治で観測された温度の季節変化には、一年周期変動が顕著なコロラドの観測結果には見られない、半年周期の変動が見られた。ニューメキシコの観測結果も半年周期変動を示しており、これは赤道域の影響が宇治とニューメキシコ (35°N) には及んでいるが、コロラド (41°N) にまでは及ばないという、緯度的な差異であると考えられる。半年周期が顕著という点では、宇治とニューメキシコの季節変化は良く似ているが、高度 85 km 以上で、宇治では春 (3-4 月) に他の月よりも高温であるのに対し、ニューメキシコでは春よりも秋 (10-11 月) に高温になるという経度的な差異が見られた。

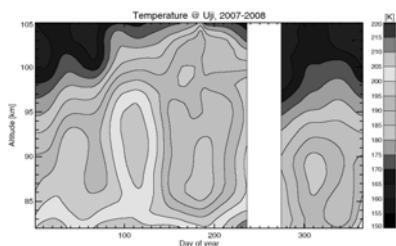


Figure 3. 11-month variation of nocturnal temperature observed at Uji, Japan. Smoothed by 4 km and 60 days Hanning window.

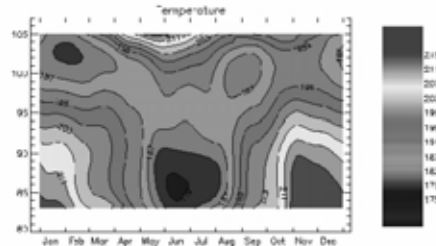


Figure 4. 8-year climatology (1990 - 1999) of 3.7 km and 1 month smoothed nocturnal temperature at Colorado [She et al., 2000].

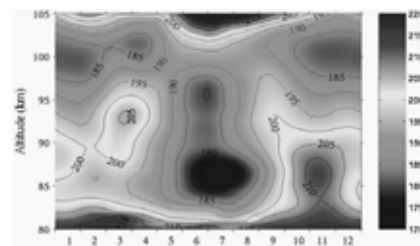


Figure 5. 2-year climatology (Jun. 1998 - Nov. 2000) of nocturnal temperature at New Mexico smoothed by 6 week Hanning window [Chu et al., 2005].

### 4. まとめ

宇治での Na 温度ライダーによる準定常観測結果を米国 (コロラド、ニューメキシコ) の観測結果と比較することにより、Na 密度と温度の季節変化には緯度差のみならず、明確な経度差もあることを示した。今後は、さらにこの準定常観測を続け、欠損期間を埋めて通年のデータセットを完成させると共に、信楽 MU 観測所の電波・光学複合観測との同時観測、人工衛星や他地点の観測結果との詳細な比較を行うことで、MLT 領域の力学・化学過程、及びそれらの緯度差・経度差の解明を目指す。