

南極昭和基地ライダー観測計画

Lidar Observation Project at Syowa station, Antarctica

堤 雅基、富川喜弘、中村卓司*、佐藤 薫**、川原琢也***、阿保 真****

M.Tsutsumi, Y.Tomikawa, T.Nakamura, K.Sato, T.D.Kawahara, and M.Abo

国立極地研究所、*京都大学、**東京大学、***信州大学、****首都大学東京

National Institute of Polar Research, *Kyoto Univ., **Univ. of Tokyo, ***Shinshu Univ.,

****Tokyo Metropolitan Univ.

Abstract

We have been promoting a new lidar project at Syowa (69S), Antarctica. Earth's atmosphere has a characteristic temperature structure, which is thought to be generated and maintained by various atmospheric waves such as gravity waves, but is still not understood quantitatively due to the lack of observations, especially in polar regions. The new lidar system is now being designed for both nighttime and daytime temperature observations in the wide height range from stratosphere to the lower thermosphere. The basic design of the lidar system will be presented.

1. はじめに

地球大気の世界は高さとともに変化する特徴的な構造を示し、その温度勾配の違いにより下から対流圏、成層圏、中間圏、熱圏と分類される。極域の昭和基地付近の緯度(69S)での温度プロファイルは Fig.1 のようになっている。高度 50km 付近の成層圏界面の温度ピークは、オゾンが太陽紫外線を吸収することにより生じるもので地球大気の特徴である。ところが面白いことに、極域の冬には太陽の直達光が無いにもかかわらず温度極大が見られる。また、高度 90km 付近の中間圏界面領域では、太陽光が一日中降り注ぐ夏よりも、陽のあたらない冬の方が暖かい。このような奇妙な温度構造は、大気重力波、ロスビー波、大気潮汐波といった大気中の波動が駆動する大気の子午面循環により作られると考えられているが、十分な観測がなされていないこともあって、まだ定量的な理解には至っていない。特に僻地である南極域は、北極域と比べても観測体制が貧弱であり、昼間観測つまり夏季の観測に乏しい。冬季においては、中間圏界面領域での南北半球間の差異を Kawahara et al.[2002]がナトリウム温度ライダーを使って示したが、夏季における比較観測はきわめて不十分と言える。本研究では南極昭和基地における長期的な温度ライダー観測を実施することを計画しており、最終的には成層圏から中間圏・下部熱圏高度領域の昼夜連続温度観測の実現を目指している。なお、この計画は南極昭和基地大型大気ライダー計画(PANSY)(佐藤他、2003)とも関連し、ライダー観測では困難な温度観測、上部成層圏・下部中間圏の観測を担当する。

2. システム構成

レイラー散乱エコーと金属共鳴散乱エコーを組み合わせることで広い高度領域をカバーし、さらに昼夜連続運用することを最終目標とするので、背景光レベルや技術的に実現可能なレーザー波長などを考慮した結果、Fe の共鳴線である 372nm 付近がもっとも有力であると考えられる

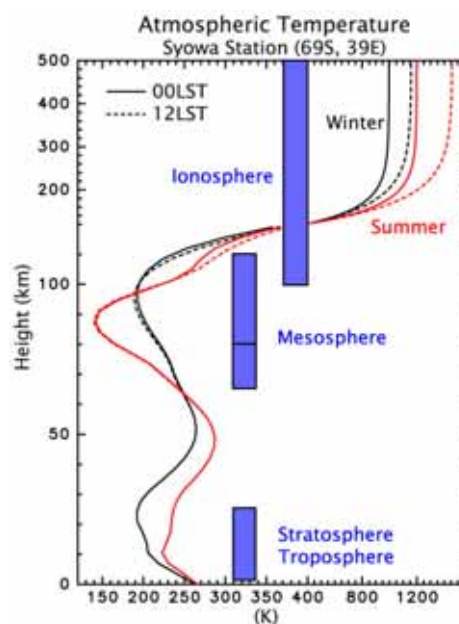


Fig.1 Temperature profiles over Syowa station.

(Tab.1)。夜間観測だけならば Na の共鳴線 589nm はかなり有力だが、昼間のレイリー観測の実現のためには背景レベルの低い 372nm が有利である。レーザーとしては、高出力発振が可能な Alexandrite レーザーを候補として考えている。また昼間観測化のためには狭帯域化が必要であり、エタロンの使用を検討中である。ここで課題となるのは、Alexandrite レーザーが高価なことである。現状では、予算面でライダー立ち上げ時から Alexandrite レーザーを採用するのは困難が予想されるため、Nd:YAG の 3 倍高調波(355nm)を用いた昼夜のレイリー観測から開始することも検討している。372nm に波長域が近いことから、基本的にレーザー以外の部分をそのまま共用でき、また Nd:YAG の 2 倍高調波に比べて昼間の背景レベルが低く昼間観測にも有利である(Tab.1)。

一方、昭和基地における長期ライダー観測実現のためには、メンテナンスの簡便化が必須となる。

観測隊員として光学の専門家を常に派遣できるとは限らないため、自動制御機構や衛星回線を利用した日本国内からの遠隔制御機構の作りこみが計画成功の鍵となる。首都大学ではインドネシアに各種ライダーを設置して長期運用を実現しており、その制御方法のノウハウを昭和ライダーにも採用することを検討している。

またラマン散乱を使った各種観測も温度観測と併せて行い、さらにレーザーや大気光イメージャーなどの観測も同時に行って複合的な研究観測の実施を予定している。

3 . 計画のスケジュール

平成 19 年度からシステム検討を行い、20、21 年度で受信系、送信系を導入して国内での試験観測を行った後、南極昭和基地での連続運用を予定している。

参考文献

佐藤薫、堤雅基、麻生武彦、佐藤亨、山内恭、江尻全機、日本気象学会 2002 年度春季大会シンポジウム「21 世紀の極域科学 今なぜ南極観測なのか - 」7. これからの南極観測 南極昭和基地大型大気レーザー計画、天気, 50, 2003, 619-624.

Gardner, Chester S., Performance capabilities of middle-atmosphere temperature lidars: comparison of Na, Fe, K, Ca, and Ca⁺, and Rayleigh systems, Applied Optics, 4941-4956, 2004.

Kawahara, T.D., Kitahara, T., Kobayashi, F., Saito, Y., Nomura, A., She, C.-Y., Krueger, D. A., and Tsutsumi, M., Wintertime mesopause temperatures observed by lidar measurements over Syowa station (69S, 39E), Antarctica, Geophys. Res. Lett., 29, 2002GL015244, 2002.

Table 12. Relative Nighttime Signal-to-Noise Ratios

Species or Laser	Wavelength (nm)	Fluorescence SNR ₀ /SNR _{Na} (db)	Rayleigh SNR ₀ /SNR _{Na} (db)
Na	588.995	0	-1.1
Fe	371.994	-12.5	+2.0
K	769.896	-17.6	-3.4
Ca	422.673	-19.1	+2.1
Ca ⁺	393.366	-21.9	+2.1
Frequency-doubled Nd:YAG	532.070	NA*	0
Frequency-tripled Nd:YAG	354.713	NA	+2.3

*Not applicable.

Table 13. Relative Daytime Signal-to-Noise Ratios

Species or Laser	Wavelength (nm)	Fluorescence SNR ₀ /SNR _{Na} (db)	Rayleigh SNR ₀ /SNR _{Na} (db)
Na	588.995	0	+7.8
Fe	371.994	-18.4	+20.7
K	769.896	-38.8	-0.5
Ca	422.673	-34.8	+17.6
Ca ⁺	393.366	-39.0	+19.0
Frequency-doubled Nd:YAG	532.070	NA*	0
Frequency-tripled Nd:YAG	354.713	NA	+11.5

*Not applicable.

Tab.1 Top: Relative nighttime signal-to-noise ratios.

Bottom: Relative daytime signal-to-noise ratios.

(From Gardner 2004)