

超高層大気中に分布する金属原子・イオンの 共鳴散乱ライダー全夜観測

橋本 彩香¹, 音瀬 めぐみ¹, 小林 蒼汰¹, 三好 咲也子², 大饗 千彰^{1,3}, 桂川 眞幸^{1,3,4},
江尻 省^{4,5}, 西山 尚典^{4,5}, 中村 卓司^{4,5}

¹電気通信大学大学院情報理工学研究科基盤理工学専攻 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1)

²電気通信大学情報理工学域 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1)

³電気通信大学量子科学研究センター (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1)

⁴国立極地研究所 (〒190-8518 東京都立川市緑町 10-3)

⁵総合研究大学院大学 (〒240-0193 神奈川県三浦郡葉山町湘南国際村)

Resonance-scattering Lidar observation over an entire night targeting metal atom and ion in the mesosphere and lower thermosphere

Ayaka HASHIMOTO¹, Megumi OTOSE¹, Sota KOBAYASHI¹, Sayako MIYOSHI², Chiaki OHAE^{1,3},
Masayuki KATSURAGAWA^{1,3,4}, Mitsumu K. EJIRI^{4,5}, Takanori NISHIYAMA^{4,5},
and Takuji NAKAMURA^{4,5}

¹Graduate School of Info. and Eng., Univ. of Electro-Comms., 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585

²School of Info. and Eng., Univ. of Electro-Comms., 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585

³Institute for Advanced Science, Univ. of Electro-Comms., 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585

⁴National Institute of Polar Research, 10-3 Midoricho, Tachikawa, Tokyo 190-8518

The Graduate University for Advance Studies, Shonan Village, Hayama, Kanagawa 240-0193

A transition region between neutral atmosphere and geospace plasma (80 - 500 km) provides us important information for entirely understanding behavior of the Earth's atmosphere. The transition region has various metal atoms and ions, which are produced by ablation of meteor. Lidar measurement that observes resonant scatterings from such metal atoms or ions is an extremely useful method to observe density and temperature from the ground with a high temporal/spatial resolution. We are currently developing a dual-wavelength, injection-locked nanosecond pulsed Ti:sapphire laser that enables to simultaneously observe both neutral atom and ion of calcium. In our presentation, we will report a typical example, in which the developed dual-wavelength laser was actually operated as a lidar system over a whole night.

Key Words: Lidar, Mesosphere, Ti:sapphire laser

1. はじめに

地上から中性大気と電離大気の境界域に分布する金属原子・イオンをターゲットとし、この領域における大気の密度や温度の物理量観測が可能な共鳴散乱ライダーは、地球大気全体の振舞いを定量的に理解する上で重要な役割を担っている。この領域には様々な金属原子・イオンが分布しているが、中でもカルシウムは地上から共鳴散乱ライダーで唯一、中性とイオンの双方を観測することが可能な金属元素である。この発表では、カルシウムをターゲットとする共鳴散乱ライダーの光源である二波長注入同期・ナノ秒パルス・チタンサファイアレーザーシステムの開発状況と共鳴散乱ライダーを実際に運用させた結果について報告する。

2. 二波長注入同期・ナノ秒パルス・チタンサファイアレーザー

Fig. 1 に開発したレーザーシステムを示す。注入同期法を用いることでフーリエ変換限界のスペクトル幅(数十 MHz)の高い周波数純度と高平均パワー(>1 W)を同時に満たすことができる。このシステムの最大の特徴は、レーザー媒質であるチタンサファイア結晶の利得帯域の中心近傍(786.9540 nm)とそこか

ら 50 nm 以上も離れた波長 (845.5836 nm) の双方での同時発振を実現していることにある。二波長のパルス出力を非線形結晶による波長変換でカルシウム原子 (Ca、共鳴波長：422.7918 nm) とカルシウムイオン (Ca⁺、共鳴波長：393.4770 nm) の共鳴波長に変換し、上空に送信することで、単一の観測装置によって原子・イオン同時観測が可能である。

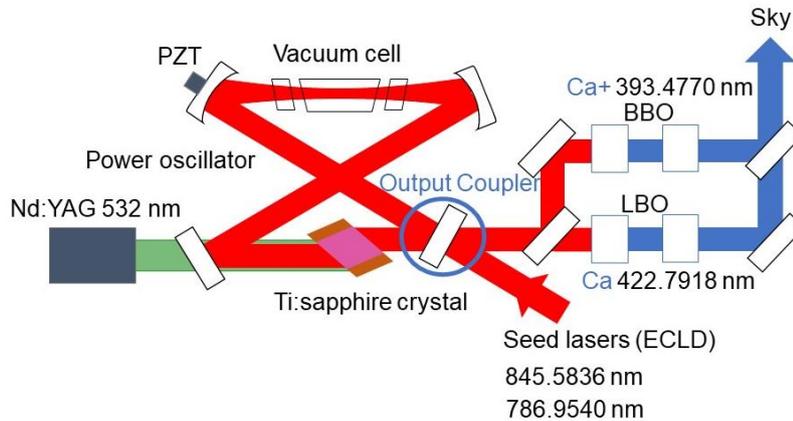


Fig. 1 Layout of the dual-wavelength injection-locked pulsed Ti:sapphire laser system

3. 共鳴散乱ライダー観測

二波長同時観測に先立ち、開発したレーザーシステムを用いて Ca と Ca⁺のそれぞれをターゲットとする全夜観測をおこなった。どちらもライダー観測としては十分に高い時間分解能 (30 s) と空間分解能 (15 m) を保ちつつ、一晩の長時間に渡って比較的安定に Ca と Ca⁺を捉えることに成功した (Fig. 2)。今後は二波長同時発振に向けたレーザーシステムのテストを進め、Ca と Ca⁺の同時全夜観測を実現することを目指している。

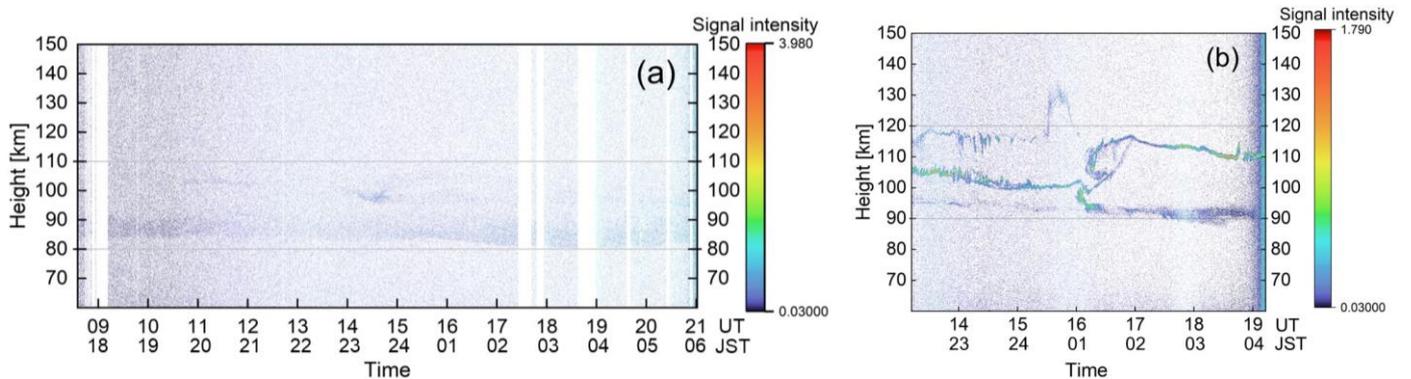


Fig. 2 Height-time cross-section of relative signal strength of (a) calcium atom on 19th December 2022 (b) calcium ion on 9th August 2022 to Rayleigh scattering signal.