

多様な原子・イオン種の観測を目的とした 共鳴散乱ライダーシステムの開発

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

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)

³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)

⁴国立極地研究所 (〒190-8518 東京都立川市緑町 10-3)

Development of a resonance-scattering lidar system for detecting a variety of atomic and ionic species distributed in the mesosphere and lower-thermosphere

Ayaka HASHIMOTO¹, Megumi OTOSE¹, Sota KOBAYASHI², Chiaki OHAE^{1,3},
Masayuki KATSURAGAWA^{1,3}, Mitsumu K. EJIRI⁴, Takanori NISHIYAMA⁴, and Takuji NAKAMURA⁴,

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

Interaction between the neutral atmosphere and the plasma atmosphere can be studied by measuring the altitude, density, and temperature of metal atoms and metal ions in the mesosphere and lower thermosphere with resonance scattering lidar. Injection-locked nanosecond pulsed Ti:sapphire laser system as the lidar source consists of seed lasers with high frequency purity and a power oscillator with high power. Emissions of second harmonic generation of Ti:Sapphire cover the absorption lines of Ca and Ca⁺. Resonance scattering signal of Ca and Ca⁺ was captured by observation with this lidar system. We will show the developed injection-locked nanosecond pulsed Ti:sapphire laser system and the observation of Ca and Ca⁺.

Key Words: Lidar, Mesosphere, Ti:sapphire laser, Injection locked

1. はじめに

中性大気とプラズマ大気の相互作用を定量的に理解するためには、地球と宇宙の境界である上空80km~120kmの中間圏・下部熱圏 (Mesosphere and Lower Thermosphere : MLT) 領域における観測データが極めて重要である。MLT 領域には流星由来の金属原子層が成層している。金属原子層に存在する、中性状態のカルシウム原子 (Ca) と1価のカルシウムイオン (Ca⁺) をターゲットとした共鳴散乱ライダーによって、各高度の Ca と Ca⁺の密度の測定が可能である。MLT 領域の金属原子は中性大気分子と十分な衝突を繰り返しているため、Ca と Ca⁺の温度や速度を測定することで、MLT 領域の温度や風速を計測することもできる¹⁾。ここでは、共鳴散乱ライダーの光源としているレーザーシステムの開発の現状と、共鳴散乱ライダーを用いた Ca と Ca⁺の観測結果について報告する。

2. 注入同期ナノ秒チタンサファイアレーザー

Fig. 1に開発した共鳴散乱ライダーシステムの光源部分の概略を示す。注入同期の手法を用いたナノ秒パルスレーザーの構成を基本としている。このレーザー構成は、高い周波数純度 (フーリエ変換限界のスペクトル幅 : 典型的には数十 MHz) と高出力 (> 10 mJ / pulse) を同時に実現できることが特徴である。また、レーザー媒質としているチタンサファイア結晶は近赤外に広いゲイン領域 (700~1000nm) を持つ。したがって、845.5836nm と 787.9540nm のシードレーザーを用い、非線形結晶により波長変換をすることで、一つの観測装置による Ca と Ca⁺の共鳴波長 (Ca : 422.7918nm, Ca⁺ : 393.4770nm) の同時発振を可能にする。現在、二波長同時発振レーザーの実現に先立って、一つの共振器で二波長それぞれを単独発振させる実験を進めている。MLT 領域の金属層をターゲットにした共

鳴散乱ライダー観測には、高出力かつ長時間安定して発振するレーザーが求められる。2022年1月31日に実施した共鳴散乱ライダー観測では、光学素子の損傷が懸念されたため、低い繰り返し周波数（10Hz）を採用した。そのため $Ca : 0.039W$ 、 $Ca^+ : 0.064W$ と低出力であったことから積算時間が長くなり（ $Ca : 60s$ 、 $Ca^+ : 300s$ ）、SN比が低くなってしまった。そこで、光学素子のコーティングを見直し、ポンプ光である Nd:YAG レーザーの繰り返し周波数を 100Hz に上げることで高出力化を図ったところ、 $Ca : 0.39W$ 、 $Ca^+ : 0.46W$ での発振を確認し、共鳴散乱ライダー観測では短い積算時間（ $Ca : 10s$ 、 $Ca^+ : 60s$ ）での共鳴散乱信号を捉えることができた。今後は、長時間の連続観測を目標とした、高出力かつ長時間安定したレーザー発振への改良を図る。

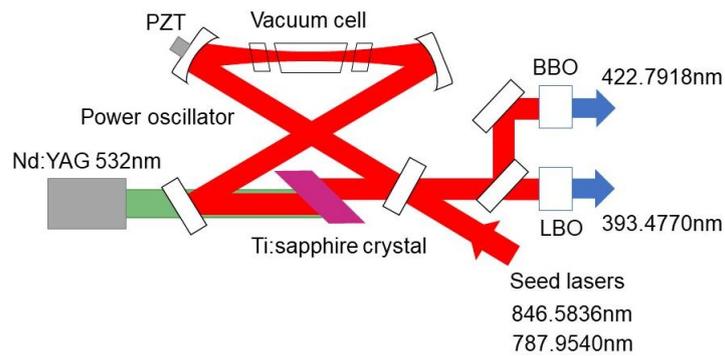


Fig. 1. Layout of injection-locked pulsed Ti:Sapphire laser system

参考文献

- 1) 江尻 省, 中村 卓司, 西山 尚典, 津田 卓雄, 津野 克彦, 阿保 真, 川原 琢也, 小川 貴代, 和田 智之: 南極昭和基地からの宇宙観測. OPTRONICS. 2022, No. 487, p.114-117