

可搬型共鳴散乱ライダーによるカルシウムイオンの観測 Observation of mesospheric Ca ion by mobile resonance lidar

阿保 真¹、中村卓司²、江尻 省²、鈴木秀彦²、三浦夏美²
Makoto Abo¹, Takuji Nakamura², Mitsumu K. Ejri², Hidehiko Suzuki² and Natsumi Miura²

¹ 首都大学東京 ² 国立極地研究所
¹Tokyo Metropolitan University ²National Institute of Polar Research

Abstract

Many observations of metal atomic layers such as Na, Fe, K, Ca and Ca ion in the mesopause region have been conducted in many parts of the world. Especially, in order to solve the formation mechanism of metallic sporadic layers occurred in the mesopause region, the simultaneous observations of Ca ion density, electron density, and wind are necessary. We have developed container based mobile resonance scattering lidar for observations of several mesospheric metallic atoms and an ion. We have started simultaneous observations with the dye laser based resonance scattering lidar, an ionosonde, and the MU radar at Shigaraki. We are developing a resonance scattering lidar system at Syowa station (69S), Antarctica. For observations of temperature and variations of minor constituents such as Fe, K, Ca ion, and aurorally excited N₂ ion, we are developing high-power narrow-bandwidth Alexandrite laser system. We will start test observations of Ca ion using this Alexandrite laser.

1. はじめに

高度 100km 付近の中間圏界面付近に成層する Ca イオンや Na、K、Fe、Ca といった中性金属原子の観測が世界各地で行われ、この領域の気体・イオン化学反応過程や力学的構造に関する貴重な情報が得られるようになった。金属原子層は中間圏界面近傍の温度構造、風速場、大気波動、イオン・電子密度分布などに密接に関係する。この領域で特異な現象であるスボラディック金属原子層の発生機構は未解明な点もあるが、中低緯度においてはウィンドシアに伴い発生した電離層のスボラディック E 層の構成要素である金属イオンが、中性スボラディック金属原子層のソースになるとの説が提唱されている。一方、共鳴散乱ライダーによる金属イオンの観測は、唯一共鳴波長が観測可能な波長域にある Ca イオンが行われているのみである。高緯度における Ca 原子と Ca イオン層のライダー同時観測では、Ca 原子層は平均 87km の高度に定常的に存在したが、Ca イオン層は定常的に出現せず、90-120km の高度に Sporadic 層に観測されている [1]。また、Arecibo (18N) では、IS レーダ観測による電子密度との直接比較が行われており [2]、Ca イオン密度と電子密度との良い相関が示されているが、中性原子とイオンの対応は観測事例が少なくまだ不明な点が多い。

2. 可搬型共鳴散乱ライダー

我々は、レーダや各種大気光観測装置、イオノゾンデ、GPS 受信機など種々の測器との協同観測で、sporadic 層などの突発現象の成因、電離層と中性大気の相互作用、大気波動と砕波による鉛直輸送、大気光や金属層のダブルピーク現象の構造と成因解明、中緯度 PMSE の生成など多くの未解明の現象の解明を目的として、コンテナベースの可搬型共鳴散乱ライダーを開発した。最初の移動観測として、京都大学の MU 観測所敷地内にコンテナを設置し (Fig. 1)、MU レーダの流星観測モードによる流星の降り込みや中間圏界面領域の風分布との比較を目的として、Ca イオンの観測を開始した。sporadic 中性層と電離層の sporadic E 層との関係を観測的に調べるためには、sporadic E 層の構成要素と言われている金属イオンの直接観測が有用である。今回用いた共鳴散乱ライダーシステムは望遠鏡口径 35cm、レーザ出力 100mW@393nm と最小限のシステムのため、測定感度は高くないが、Fig. 2 に示すように夏季の sporadic E 層活動期に Ca イオンの観測に成功した。この時の Ca イオンのピーク高度は 103km で継続時間は 1 時間程度と短かった。



Fig.1 Photograph of the mobile resonance lidar at Shigaraki MU radar site.

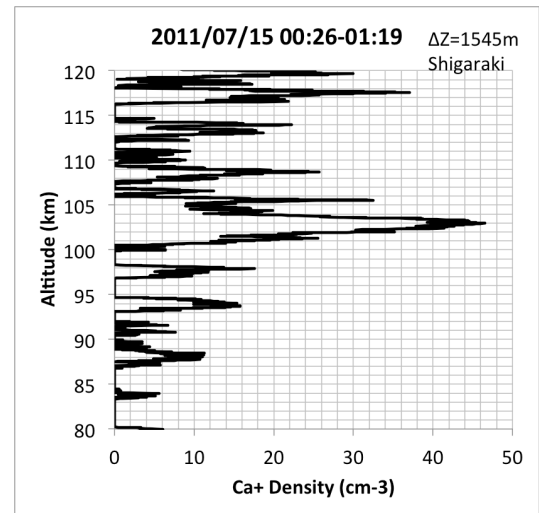


Fig.2 Ca ion density profile obtained on July 15, 2011 at Shigaraki.

3. 共鳴散乱ライダー用アレキサンドライトレーザ

Fig2の結果から、時間分解能 50 分、距離分解能 1.5km での Ca イオン密度の最低検出感度は 10cm^{-3} 程度である。より高感度、高分解能で Ca イオンを測定するためには高出力のレーザが必要である。そこで、南極昭和基地において、中間圏界面領域の金属原子・イオン密度と温度の観測及びオーロラ励起の N_2 イオン観測のために開発中のアレキサンドライトレーザのプロトタイプ機を利用した国内での Ca イオン観測を行う予定である。Fig.3 に現状のアレキサンドライトレーザの波長-出力特性を示す。Ca イオン観測では 786.734nm の第二高調波を利用するが、基本波で $4\text{W}@20\text{Hz}$ の出力が得られており、第二高調波でも $1\text{W}@20\text{Hz}$ の出力は期待でき、色素レーザより一桁出力が大きくなる。

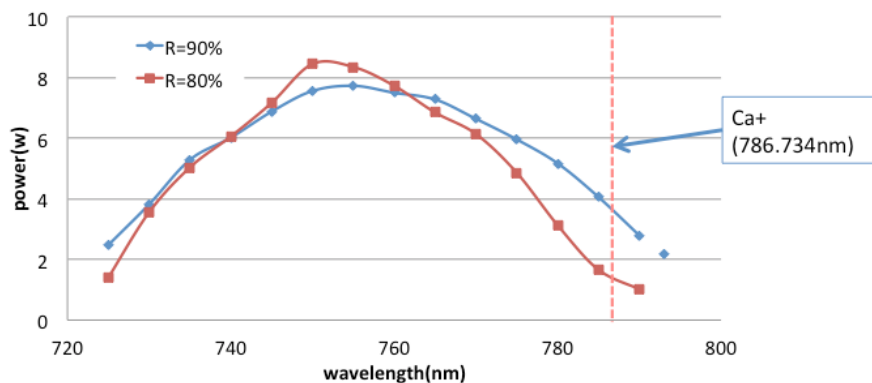


Fig.3 Tuning characteristics of the Alexandrite laser.

4. おわりに

中間圏界面領域の多くの未解明の現象の解明を目的として、コンテナベースの可搬型共鳴散乱ライダーを開発した。最初の移動観測として、京都大学の MU 観測所敷地内にコンテナを設置し、Ca イオンの観測を開始した。今後は電離層データとの比較解析を進めるとともに、アレキサンドライトレーザによる高出力化をはかり、高精度・高分解能の観測を継続する予定である。

参考文献

- [1] M. Gerding, et al., Annales Geophys., 19, pp 47–58, 2001.
- [2] S. Raizada et al., GRL, 38, L09103, 2011.