

## 世界の中での日本の金属原子ライダー観測

Metal lidar observation of Japanese groups

川原琢也<sup>1</sup>、中村卓司<sup>2</sup>、阿保 真<sup>3</sup>、野澤悟徳<sup>4</sup>、小林史利<sup>1</sup>、斉藤保典<sup>1</sup>、野村彰夫<sup>1</sup>  
 T.D.Kawahara<sup>1</sup>, T.Nakamura<sup>2</sup>, M.Abo<sup>3</sup>, S.Nozaawa<sup>4</sup>, F.Kobayashi<sup>1</sup>, Y.Saito<sup>1</sup>, A.Nomura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 信州大学工学部 <sup>2</sup> 京都大学生存圏研究所

<sup>3</sup> 首都大学東京システムデザイン学部 <sup>4</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所

<sup>1</sup> Faculty of Engineering, Shinshu University

<sup>2</sup> RISH, Kyoto University <sup>3</sup> Tokyo Metropolitan University <sup>4</sup> STE Lab., Nagoya University

### Abstract

Metal lidars such as sodium lidar, Fe/Boltzmann lidar, or K lidar are powerful techniques for measurements of temperature or wind with high temporal/spatial resolution in the mesopause region (80-110km). Shinshu University group conducted successful Na temperature lidar observations in Antarctica between 2000 and 2002. Shinshu/Nagoya Universities employ a joint project with development of a new sodium lidar on the EISCAT radar site, Tromso, Norway (69.6N, 19.2E). The capability of our new sodium lidar has a laser output power of more than 4 W which is 20 times of the current system, and it enables us to measure temperature between 80 and 110 km altitude with extremely high spatial and temporal resolutions (dH~100m, dt ~5min). The system also has a potential to be upgraded with other techniques, such as an AO (Acousto-optic) frequency shifter for fast and accurate frequency switching, and a Faraday filter for daytime observations. In this presentation, we show the whole plan of brand-new sodium lidar system and some experimental results.

### [I] 概要

金属原子ライダー（例：Na, K, Fe）は、中間圏界面(80-110km)の原子密度と温度、風の高度プロファイルが計測できる唯一の計測装置である。これらは 1990 年代後半以降のレーザー技術の発達に伴う発振波長の狭帯域化と、その精妙な波長制御により実現された。近年、固体レーザーを送信系に用いたライダーにより、各国拠点のみならず遠隔地、特に極地での観測が可能となった。信州大学のグループは、現在最も信頼のおけるレーザーの一つである Nd:YAG レーザーをベースとした Na 温度ライダーを用いて、世界で初めて南極域で温度観測を成功させた。① 本発表では、このシステムを発展させた次世代 Na 温度ライダーについて紹介する。

Table 1. Laser parameters of new Na lidar system.

Parameter	Characteristics
Laser	Injection seeding Nd:YAG
Pumping system	LD pulse
Wavelength	589.158(variable)
repetition rate	max 1 kHz
output power	~4W
pulse width	~30-40nsec
polarization	linear

### [II] 世界の金属原子ライダーグループ

金属原子ライダーでは、原子の共鳴線を出力する特殊なレーザーを選定することや、ピコメータ以下の波長制御技術が容易でないことなどから、現在その技術を保有するのは、ドイツ(K)、Colorado State University(Na)、University of Colorado(Fe)、University of Illinois(Na)、アレシボ（プエルトリコ）(K)、首都大学東京(Fe)、信州大学(Na)などに限られ、そこにブラジル(Na)が追従する。いずれも、温度観測を目的として固体レーザーでライダーを構築し、昼間観測、風観測へと発展さ

せつつある。観測地では、赤道域がアレンボと首都大学東京（インドネシア）で、北極域はドイツと Colorado State University、南極では信州大学と University of Illinois が成功させている。

### 〔III〕 Nd:YAG レーザと和周波テクニックを用いた Na ライダー

Na は原子密度が多く、散乱断面積が大きいことから古くから中間圏界面のライダー観測に用いられてきた。しかし、温度ライダーに発展させるためのレーザの仕様の制限から、他国では K, Fe など

Na 以外の原子をターゲットにする中、信州大学ではフラッシュランプ励起型 Nd:YAG レーザの 1064 nm と 1319 nm パルスレーザの和周波をとることで 589 nm レーザを出力する Na ライダーを開発した。Injection seeding 方式により、波長の狭帯域化と制御を行い、高出力で安定、高信頼性の温度計測ライダーとなり、2000-2002 年の間、南極にて連測観測する実績を作った。<sup>1)2)</sup>

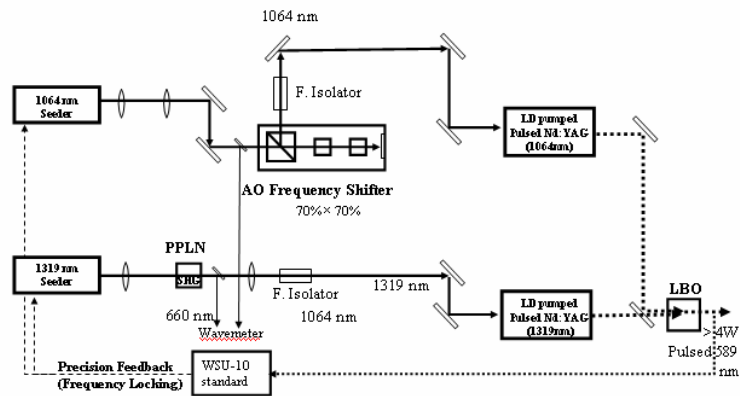


Fig. 1 Proposed new Na laser using pulse LD pumped Nd:YAG lasers.

### 〔IV〕 Nd:YAG を用いた次世代 Na ライダーの開発

Nd:YAG レーザは、現在でも更に、安定化、高出力化、高信頼化している。信州大学では名古屋大学と協力して、Nd:YAG レーザの和周波方式を踏襲した、高出力、安定な新型高出力 Na ライダー開発の検討をすすめている。このライダーは最終的には EISCAT レーダサイト（トロンソ；ノルウェー）に設置することとなっている。

新型 Na レーザは、レーザ媒体である Nd:YAG 結晶の励起方法を、現在のフラッシュランプからパルス型 LD へと upgrade することで、冷却システムの大幅な簡素化のほか、高繰返しにより単位時間あたりの出力を飛躍的に向上できる特徴を持つ。新システムは、現所有のライダーシステムの 20 倍のレーザ出力(4W)が実証されているが、その更に 5 倍の約 20W が原理的に可能である。高出力化は時間分解能の向上と、複数方向に同時にレーザビームを射出することで疑似 3 次元観測も可能とする。例えば 5 方向にビームを分割したとしても、1 時間積算での現在の温度計測精度 (2-3K) を保ったまま時間分解能を 5 分以下に向上できる。

### 〔V〕 まとめ

信州大学では、名古屋大学とともに Nd:YAG レーザをベースとした高出力 Na ライダーの開発をすすめている。このライダーは極地での観測を前提に開発が進められており、完成すれば北極/南極域での定常的なデータ取得が期待できる。

### 参考文献

- 1) Kawahara et al., *Geophys. Res. Lett.*, **29**, CiteID 1709, DOI 10.1029/2002GL015244
- 2) Kawahara et al., *J. Geophys. Res.*, **109**, CiteID D12103, DOI 10.1029/2003JD003918