

富士山域の気象・環境ライダー観測システムの調査研究

小林 喬郎¹, 椎名 達雄², 久世 宏明², 矢吹 正教³, 三浦 和彦⁴

¹元福井大学 (〒412-0024 御殿場市東山 1031-6), ²千葉大学 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33)

³京都大学 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄), ⁴東京理科大学 (〒162-8601 新宿区神楽坂 1-3)

Application of Lidars for Environmental Remote Sensing over Mt. Fuji Area

Takao KOBAYASHI¹, Tatsuo SHIINA², Hiroaki KUZE², Masanori YABUKI³, and Kazuhiko MIURA⁴

¹ Univ. of Fukui, 1031-6 Higashiyama, Gotenba, Shizuoka 412-0024, ² Chiba Univ., 1-33 Yayoi, Inage, Chiba, 263-8522

³ Kyoto Univ., Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011, ⁴ Tokyo University of Science, 1-3 Kagurazaka, Shinjyuku, Tokyo, 162-8601

Abstract: Design of new lidars and a hyperspectral imager are explored for remote sensing of meteorological and environmental conditions over Mt. Fuji area in Japan. Also, requirements of sensing parameters and sensitivities are examined for various community to support climbing security and to protect historical and cultural heritage.

Key Words: Lidar, Hyperspectral imager, Meteorological sensing, Environmental protection

1. はじめに

日本列島の最高峰かつ単独峰である富士山の山頂や周辺域にライダー等を配置して、気象や環境データを遠隔測定する新たな光センサーネットワークの構築を目指した調査研究を行っている。ライダー等のシステム技術の可能性と、これらを活用するユーザのニーズについても調査を行う計画である。

2. 富士山レーザーと測候所を活用する研究

1959年に伊勢湾台風が上陸し5千人を超える死者が出た。気象庁では大型の気象レーダーを富士山頂に設置する計画を立案し、64年から建設工事が始まった。その装置は観測距離800kmをカバーする世界でも最新・最高のものであった。それから35年の運用期間を経て、多数の小型装置を配置するネットワーク型レーダーに移行するまで、台風や豪雨の観測や進路の予報などに大きな使命を發揮した。それらの結果は小説や映画などでも採り上げられ、戦後日本の経済発展期のシンボリックな事業となった。現在は富士吉田市で「富士山レーダードーム館」として公開されている。

また、世界文化遺産となった富士山の環境を新たな観点からの研究・教育活動が「認定NPO法人富士山測候所を活用する会」によって10年以上も継続され¹⁾、国際会議ACPM2017も開催された²⁾。

3. ライダーシステムの概要

表1に観測要素とライダー方式、レーザー波長、測定距離、および計測情報などを示す³⁾。

表1 富士山ライダーの計測情報

観測要素	ライダー方式	レーザー波長	測定距離 水平/高度	計測情報
エアロゾル・雲・雨・雪	ミー散乱ライダー (ラマン散乱ライダー)	355/1064nm 1550nm	30km/15km 20km/10km	SPM, PM2.5, 粒径, 重量濃度 黄砂, 越境汚染, 噴煙拡散
風向・風速	HSRドップラーライダー コヒーレントドップラー	355nm 1550nm	10km/30km 30km/10km	突風, 竜巻, 山岳気象 航空気象予報
湿度	ラマン散乱ライダー	355nm	10km/10km	雲の生成, 集中豪雨予報
気温	HSRライダー	355nm	10km/80km	ヒートアイランド現象 高層気象予報
分子	差分吸収ライダー	370- 3000nm	10km/10km	CO ₂ , CH ₄ , SO ₂ , H ₂ S 温暖化予測, 噴出ガス濃度
原子	共鳴散乱ライダー	580- 800nm	/120km	超高層Na, K, Ca+, Fe原子 密度, 温度, 重力波, スプライト

(HSR: 高スペクトル分解能・レイリー散乱)

次に、実現が期待される「富士山ライダーネットワークシステム」の条件として、目に安全なアイセーフ波長のレーザー光を外部に走査して計測するライダー装置を山頂に、また約10kmの距離で東西南北に4台の周辺装置を配置して遠隔制御する構成とした。山頂

局ライダーの観測距離(半径)を 20 km、周辺局は 10 km の構成として、富士山全域と箱根の外輪山までが観測域となる。

ライダーとして、SPM エアロゾルの粒径や重量濃度の分布測定用のミー散乱方式と、竜巻などの風向・風速を計測するドップラー方式が重要な構成となる。さらに湿度や気温などの気象要素の測定も必要である。この構成により、現状の気象予報の高精度化に加え大気の清浄度や局地的な異常気象の監視などが可能となる。

これまで、自由対流圏内での新粒子生成過程や雲過程を大気成分の鉛直輸送より理解するため、山頂の測候所や気球等をプラットフォームとした直接計測に合わせたライダー計測を 2013 年より実施してきた⁴⁾。2015～2016 年の観測では、富士山麓太郎坊(標高: 1290 m, 北緯 35.2, 東経 138.8)にてアイセーフ性の高いマイクロパルスライダーを用いた観測を実施し、大気境界層高度やエアロゾル消散係数の時間変化と山頂での新粒子生成過程との関係について考察した^{5, 6)}。

4. ハイパースペクトルカメラでの分布計測

また、千葉大学では小型のハイパースペクトルカメラ(Hiperspectral Imager)を利用して広い角度での多軸差分吸収分光法(MAX-DOAS)⁷⁾による大気汚染物質の二酸化窒素 NO₂ 密度分布の可視化を実現した^{8, 9)}。可視光(400～750nm)の波長領域で約 1000 本の波長識別能力を持っており、晴れた日の空の撮影から太陽光が大気分子等に散乱されて観測者に到達するまでに通過してきた大気の吸収スペクトルを画像のピクセル毎に調べ、都市域上空および滑走路上空の大気中において人間活動や飛行機の離陸等に伴って発生する NO₂ 濃度の空間分布を可視化した。この手法は可視光に吸収をもつ他の気体分子にも適用可能であり、水蒸気(H₂O)や酸素二量体(O₄)の可視化も行った。また、ミー散乱計算と組み合わせることによって PM2.5 のようなエアロゾルの光学特性を推定する

ことも可能である⁹⁾。小型・軽量の装置構成から、富士山等の極限的環境での利用も可能である。

5. システムの特長と意義

最後に、世界文化遺産における「富士山ライダー施設」の特長は以下の通りである。

- ① 富士山の自然科学の研究と教育の施設として大学や国の機関でも優位性が高い。
- ② 県や市町村における気象や環境、火山活動などの防災情報システムとして利用可能である。
- ③ 富士山の気象や環境情報はネットワーク産業等に価値が高い。
- ④ 他の地域や全国レベルでの異常気象や防災情報施設としての展開も期待される。

参考文献

- 1) MFRS, Ten Years of Research at the Highest Laboratory in Japan, (2016) p.43.
- 2) 芙蓉の新風、12, (2018), <http://npo.fuji3776.net/>
- 3) 小林喬郎、レーザを用いて地球環境を探る: 総論、電気学会誌、130.8, (2016) pp.526-529.
- 4) 矢吹正教、三浦和彦、等、太郎坊上空における大気境界層高度の特徴 -2015～2017 年夏期ライダー観測-, 東京理科大学大気科学研究部門第 2 回成果報告会,(2018) pp.33-34.
- 5) 矢吹正教、高橋けんし、等、森林域におけるリモートセンシング大気計測、東京理科大学山岳大気研究部門第 4 回成果報告会,(2015) pp.30-31.
- 6) 片岡良太、三浦和彦、等、その場観測とライダー観測から探る富士山頂における新粒子生成の要因、第 33 回エアロゾル科学・技術研究討論会,(2016) C05.
- 7) H. Irie, H. Takashima, Y. Kanaya, et al., Eight-component retrievals from ground-based MAX-DOAS observations, Atmos. Meas. Tech. 4, (2011) pp.1027-1044.
- 8) N. Manago, H. Kuze et al.: Visualizing spatial distribution of atmospheric nitrogen dioxide by means of hyperspectral imaging, Appl. Opt.,57 (2018) pp.5970 - 5977.
- 9) N. Manago, H. Kuze et al., Retrieval of tropospheric aerosol parameters using hyperspectral imaging camera, IEEE IGARSS, (2013) pp.2192-2195.