

## 広角高精度望遠鏡の開発と対流圏のエアロゾル観測

### Development of a wide field-of-view, high-resolution telescope applied to the measurement of tropospheric aerosols

篠宮浩平<sup>(1)</sup>、山口陽平<sup>(1)</sup>、甲賀郁絵<sup>(1)</sup>、久世宏明<sup>(1)</sup>、佐々木真人<sup>(2)</sup>、浅岡陽一<sup>(2)</sup>、小川 了<sup>(3)</sup>  
 Kohei Shinomiya<sup>(1)</sup>, Yohei Yamaguchi<sup>(1)</sup>, Ikue Kouga<sup>(1)</sup>, Hiroaki Kuze<sup>(1)</sup>,  
 Makoto Sasaki<sup>(2)</sup>, Yoichi Asaoka<sup>(2)</sup>, Satoru Ogawa<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>千葉大学環境リモートセンシング研究センター <sup>(2)</sup>東京大学宇宙線研究所 <sup>(3)</sup>東邦大学理学部

<sup>(1)</sup>Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

<sup>(2)</sup>Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo <sup>(3)</sup>Faculty of Science, Toho University

**Abstract** All-sky Survey High Resolution Air-shower (Ashra) telescope has been developed to detect cosmic-ray particles with extremely high energy larger than  $10^{16}$  eV. We have developed an imaging lidar system by applying the Ashra telescope technique to atmospheric monitoring. In this study, we describe the basic concept of the Ashra telescope and recent results on the aerosol monitoring in the lower troposphere.

#### 1. はじめに

All-sky Survey High Resolution Air-shower (Ashra) 望遠鏡計画は、宇宙線の起源と伝播の解明を目指して超高エネルギー宇宙線の全天監視を行うプロジェクトであり、東京大学宇宙線研究所が中心となって進められている<sup>1)</sup>。同プロジェクトで開発中の望遠鏡は、広視野角(50°)、高角度分解能(1分角=0.29mrad)、高速高感度撮像系など、従来の検出器にない特徴を有しており、すでにハワイ島のマウナロア山腹にフルスケール装置の展開が進んでいる(<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/Ashra>)。大気蛍光やチェレンコフ光を観測するため、観測波長は 300-420nm の紫外域を対象として設計されている。千葉大学環境リモートセンシング研究センター(CEReS)では、Ashra 望遠鏡とライダー技術を組み合わせることによりエアロゾルの二次元分布のリアルタイム観測を目指し、望遠鏡の波長感度とアイセーフの点から、波長 351nm および 355nm のパルスレーザー光を用いた可搬型イメージングライダーの開発を進めている<sup>2)</sup>。可搬型イメージングライダーでは、Ashra 望遠鏡の広角特性を活かし、エアロゾルの後方散乱光を観測する従来型のモノスタティック配置に加えて、光散乱強度の強い前方散乱を利用するバイスタティック配置での観測を行うことができる。本講演では、1/3 スケールの可搬型望遠鏡の特性および最近の対流圏エアロゾル計測実験について報告する。

#### 2. 1/3 スケール Ashra 望遠鏡の概要

1/3 スケール Ashra 望遠鏡は Fig.1 に示すように、球面鏡と3枚の補正レンズとを組み合わせた Baker-Nunn 光学系を用いている。これは、大口径で広視野を確保するため、球面鏡を主鏡として持つ反射型の光学系であり、最適化自由度を持った3枚の補正レンズを用いて収差を打ち消している。主鏡の直径は 60cm であり、球面の焦点面位置に静電収束型のイメージンシファイア(I.I.、口径6インチ)を置いて画像を取得する。

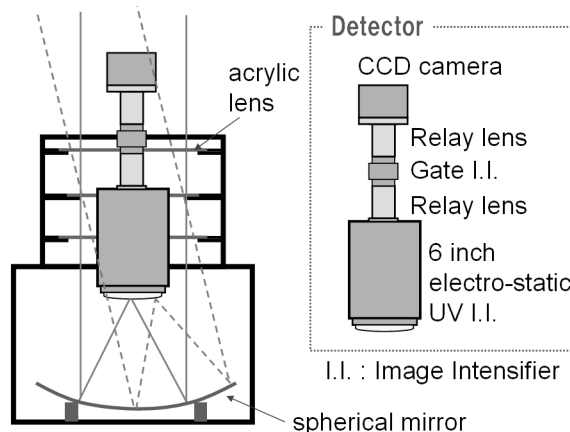


Fig.1 1/3-scale Ashra telescope with detectors

静電収束 II の入力面に結像したイメージは、II によって大きさが約 1/10 (13mm) に縮小され、リレーレンズと高速ゲート II から成る光学系を通過して、CCD カメラを用いて撮像される。Fig.2 に 1/3 スケール望遠鏡システムの外観を示す。これまでに行った月や星像の観測により、この望遠鏡が 31 度の視野角と 4.3 分角 (1.26mrad) の角度分解能をもつことが確認された。

### 3. 1/3 スケール Ashra 望遠鏡を用いた観測

波長 351nm の紫外レーザーと 1/3 スケール Ashra 望遠鏡を用い、Fig.3(a) に示すようにレーザーから 15m 離れた地点に望遠鏡を設置するパスタティック配置でイメージングライダー観測を行った。紫外レーザーには Nd:YLF DPSS レーザー(3kHz, 230mW)を用いた。レーザーを仰角 60deg で射出して、望遠鏡の上空を通過させた場合、視野の中央部では望遠鏡の約 26m 上空での散乱光を撮像することになる。Fig.3(b)に、このときのレーザーを ON/OFF にした差分画像を示す。Fig.3(c)は(b)の画像の中央を横に切った部分の画素値を取り出したグラフである。Fig.3(d)は(b)の画像のレーザー光部分の画素値を積算して、その値を散乱地点の高度でプロットしたものである。シミュレーションの結果は高度 25m~40m の範囲では実験データをよく説明しており、その外側では検出器系の周辺減光効果を考慮する必要があることを示している。パスタティックライダー方程式を用いたエアロゾル分布解析については、講演で述べる。

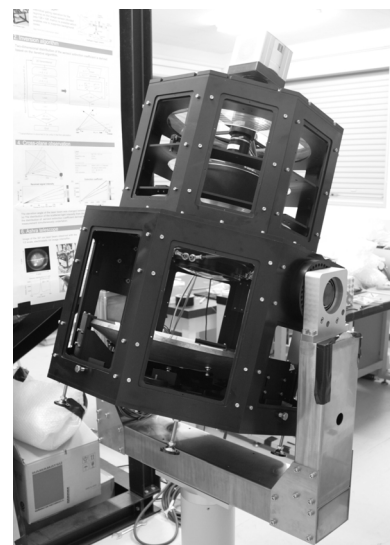


Fig.2 1/3-scale Ashra telescope

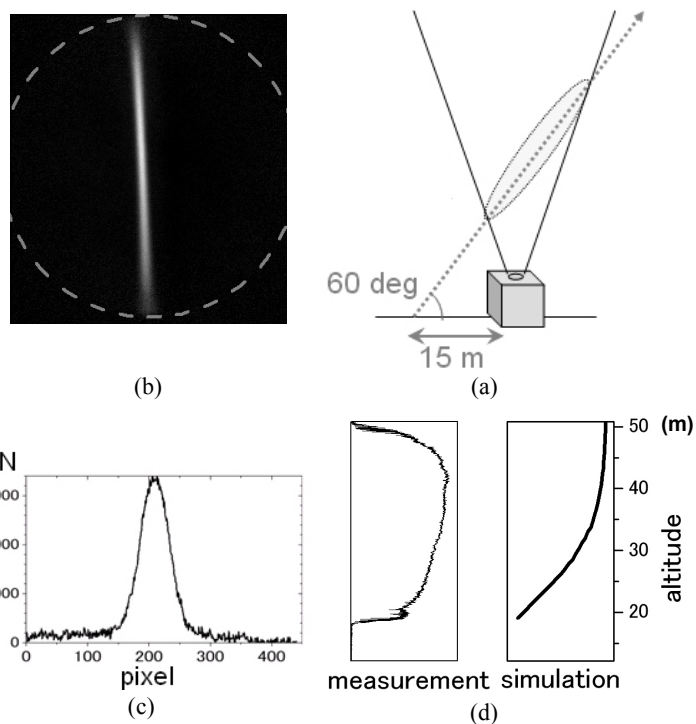


Fig.3 Schematic of bistatic measurement by Ashra telescope: (a) measurement configuration, (b) image of the UV laser beam, (c) received signal intensity (digital number of CCD camera), and (d) simulated intensity of the scattered light.

### 4. おわりに

Ashra 望遠鏡は高感度であるため、数 10s 程度の短時間でレーザー光を望遠鏡の視野内で角度掃引することでエアロゾルの二次元分布を観測できる。この特色を生かし、従来の後方散乱ライダーでは困難であった地上付近のエアロゾルを観測するとともに、エアロゾル・雲の相互作用などを今後、研究していく。

### 参考文献

- 1) M. Sasaki, A. Kusaka, Y. Asaoka, Design of UHECR telescope with 1 arcmin resolution and 50°field of view, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A492, 49-56 (2002).
- 2) I. Kouga, Y. Yamaguchi, S. Fukagawa, N. Takeuchi, H. Kuze, M. Sasaki, Y. Asaoka, S. Ogawa, Bistatic measurement of atmospheric aerosol distributions by using an imaging lidar, 23rd ILRC, 211-214 (July 24-28, 2006)