

超高エネルギー宇宙線観測における LIDAR の活用方法

富田 孝幸¹, 中村 亨², 中田 祥順², 齊藤 保典¹,

¹信州大学 学術研究院工学系 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

²高知大学 理学部 (〒780-8520 高知市曙町 2-5-1)

LIDAR in the ultra-high-energy cosmic ray observations

Takayuki TOMIDA¹, Toru NAKAMURA², Yoshiyuki NAKATA², and Yasunori SAITO¹

¹Shinshu Univ., 4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553

²Kochi Univ., 2-5-1 Akebonocho Kochi-shi, Kochi 780-8520

The atmospheric transparency measurement for the Telescope Array (TA) experiment in Utah, USA is done by using LIDAR system and CLF system that use the pulse laser (355 nm). The LIDAR system observes the backscattering light of the laser, and the CLF system observes the side scattering light. The consistency of the time variation of an atmospheric transparency was confirmed into the observation method and the analysis in both systems.

Key Words: TelescopeArray, LIDAR, Fluorescence, Atmospheric transparency

1. はじめに

宇宙線とは宇宙空間から地球に入射する放射線の総称である。高エネルギー宇宙線は大気中の原子核と次々に相互作用を起こして爆発的に二次粒子を作り、空気シャワーと呼ばれる現象を引き起こす。米国ユタ州の広大な荒野（標高 1400m）で行われている宇宙線望遠鏡 (Telescope Array: TA) 実験では、地上で二次粒子の荷電成分を直接観測する地表粒子検出器 (Surface Detector: SD) と、二次粒子が発する蛍光を観測する大気蛍光望遠鏡 (Fluorescence Detector: FD) の 2 種類の装置で 10^{18} eV 以上の超高エネルギー宇宙線の観測を行っている。図 1 の TA 実験の検出器の配置図で示されるように、SD は観測サイト全域に 507 台設置され、FD はそれを取り囲むように建設された 3 カ所の拠点 (FD ステーションと呼ぶ) に設置されている。FD は口径 3m の望遠鏡と 256 本の PMT (浜松ホトニクス: R6234) を 16×16 に並べたカメラで構成される。FD ステーションでは空気シャワーの発達を詳細に捉えるため、上下視野用の FD を 1 対として、6 対並べて設置されており、方位角 108° 、仰角 $3 \sim 33^\circ$ の広大な観測域を確保している。

FD では空気シャワー中の二次宇宙線によって引き起こされる大気蛍光現象を観測するため、月の出していない暗夜のみ観測を行う。発生した蛍光は FD までの伝搬過程で大気中の分子やエアロゾ

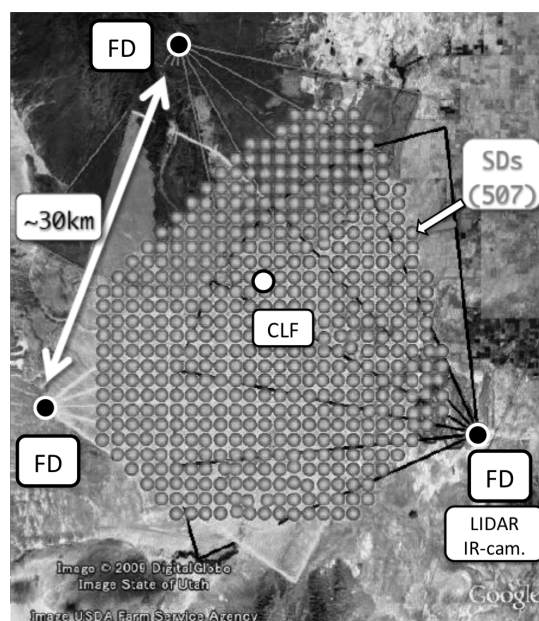


Fig.1 Overall view of TA site

ルによる散乱によって、その光量は減衰する。FD での宇宙線観測は FD で捉えた光子数を測定して二次粒子から発生した蛍光量を推定し、この蛍光量から算出した空気シャワーでの全エネルギー損失から宇宙線のエネルギーを決定する。このため伝搬過程の大気の透明度を理解する必要が

ある。特にエアロゾルは観測地の風や降雨などの影響で日々刻々とその存在量を変化させるため、その大気透明度への影響を測定し、FD での受光量を補正することが極めて重要となる。

本講演では超高エネルギー宇宙線観測実験である TA 実験における大気透明度計測である LIDAR システムと CLF システムについて紹介する。

2. テレスコープ・アレイ実験における大気透明度計測装置

TA 実験においても他にもれず日々刻々と変化する大気の大気透明度を測定する必要がある。TA 実験の大気透明度測定は LIDAR (Light Detection And Ranging) システムと CLF (Central Laser Facility) システムの 2 つの装置で行われ、両者ともそれぞれレーザーを大気中に放ち大気中の散乱光を観測することで大気透明度を測定するものである[1]。LIDAR システムと CLF システムの設置位置も図 1 内に示される。LIDAR システムは実験サイト南東に建設された FD ステーションの敷地内に設置されており、同一の経緯台上に設置されたレーザー装置と観測装置を用いてレーザーの後方散乱光を観測する。また、CLF システムは TA サイトを取り囲む 3 ヲ所の FD ステーションから等距離 (20.8 km) の位置に設置されており、レーザーの側方散乱光を FD で観測する。

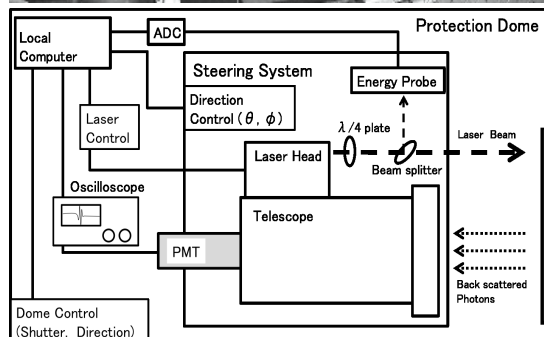
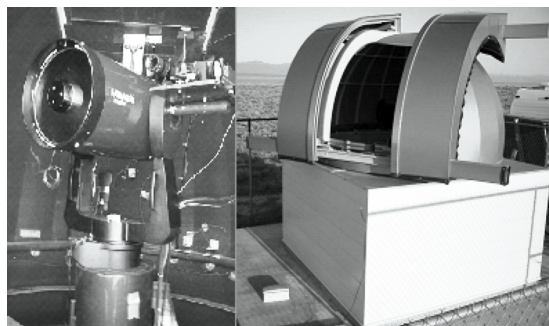


Fig. 2 LIDAR system of TA

2.1 LIDAR システム

LIDAR という観測法は、主に気象や自然環境の分野におけるエアロゾルの測定を目的として発達したもので、高エネルギー宇宙線実験ではあ

まり活用されてこなかった。TA 実験ではこの LIDAR という観測法をいち早く取り入れ有効に活用している。図 2 に示すように、システム全体は FD ステーションの北東 100m に設置された天文観測ドームに格納されている。

2.2 CLF システム

CLF システムは 3 ヲ所の FD ステーションの中心位置にコンテナを使用して建設されている。CLF は FD 観測中に 30 分間隔で垂直に紫外線レーザーのパルスを射出し、FD でその大気による側方散乱光を観測することにより大気透明度を求める。CLF システムの概要を図 3 に示す。

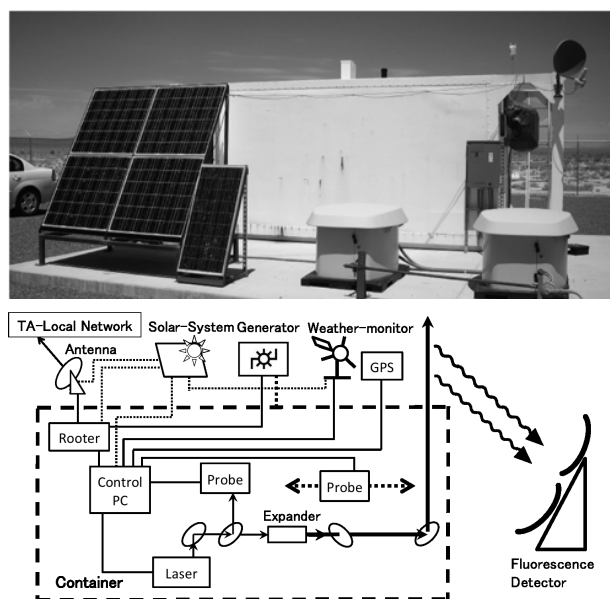


Fig. 3 CLF system of TA

謝 辞

大気透明度観測システムが Telescope Array 実験の一部として建設され、長期間に渡って稼働されていることを、TA 実験の共同研究者全員に感謝します。Telescope Array 実験は日本、米国、韓国とロシアによる国際共同研究であり各国から研究支援を受けて遂行されています。

参考文献

- 1) Tomida *et al.*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 654 (2011) 653-660.
- 2) T. Tomida *et al.*, *Proceedings of the 32nd International Cosmic Ray Conference in Beijing* (2011)