

Ashra 実験におけるトリガー用光ファイバーバンドルの透過率測定
及び光学閃光解析方法の構築

基礎物理学教室
6408003 石川巨樹

全天高精度素粒子望遠鏡 (All-sky Survey High Resolution Air-shower detector: Ashra) は、42 度の広視野かつ数分角の解像度を有する検出器を複数台用いて、全天の約 80% を常時監視し、突発的高エネルギー天体から放射される紫外光及び、超高エネルギーガンマ線やニュートリノ、核子の観測を行い、これら超高エネルギー素粒子を用いた天文学の創成と突発的高エネルギー天体の発見や高エネルギー放射機構の解明を目指す実験である。

Ashra では可視光から、超高エネルギー素粒子が引き起こす空気シャワー現象に伴う大気チェレンコフ光と大気蛍光という一瞬の大気発光現象を捉えるために、光電撮像パイプラインというシステムが取り入れられている。これによって検出器で捉えた光を撮像系と、大気発光現象の有無を判断するための 2 つのトリガー系へと分配し、トリガー系にて大気発光だと判定された場合に撮像系へトリガー信号を送り撮像することで、数ナノから数秒までの時間スケールでの撮像が可能となる。

また 1 台の検出器は光学系の有効口径を大きくし、かつ信号対ノイズ比を稼ぐために同視野を観る複数の集光器から構成される。トリガー系の一部を担う光ファイバー伝送系は、これら複数の集光器から得た光を結合し、2 種類の大気発光現象用のトリガー系に分配して伝送する役割を果たす。

Ashra 実験では、近年様々な実験で活発に観測が行われている、宇宙最大の爆発現象であるガンマ線バースト (Gamma-ray Burst: GRB) の発生機構の解明を目指し、2008 年 6 月末より本格的な GRB の光学閃光の監視観測を開始した。GRB は未だ謎が多く、いつどこで起こるか分からない現象である。現在、GRB の観測は GRB が放出するガンマ線を Swift や Fermi といったガンマ線衛星で検出し、GRB が起きた方向を決め、その情報を基に地上にある望遠鏡で追観測するのが主流である。従って、GRB 発生の瞬間、またはそれ以前の情報を得るには Ashra のように広視野で監視観測することが必要である。

また大気発光現象の一つである大気チェレンコフ光を利用した、地球かすりタウニュートリノ試験観測が 2008 年 10 月末から 12 月初旬まで行われ、光ファイバーバンドルを用いたトリガー制御による宇宙線空気シャワー精細撮像に成功している。

光ファイバーバンドルとは光ファイバー伝送系の基となる要素であり、最終的に 0.5 mm 径のプラスチック光ファイバーを 64×64 本を正方格子状に精密に並べたものである。

本研究では、地球かすりタウニュートリノ試験観測に使われた 8 層光ファイバーバンドルの透過率測定を、青色 LED とカメラレンズと光電子増倍管 (PMT) を用いて行った。透過率は 80 % 以上あり十分実用可能であることを示し、透過率測定方法を確立した。また 64 層光ファイバーバンドルの製作過程で作られた 32 層光ファイバーバンドルの透過率測定も行い、8 層光ファイバーバンドルとほぼ同等の結果が得られた。

また GRB 衛星のアラートに応じて光学閃光観測で得られた画像データを高速解析し、突発天体発見能力を高めるため、画像内での GRB の位置同定方法の改良を行った。それには画像内にある赤経赤緯の既知天体を利用した。まず既知天体を赤道座標系から地平座標系への変換を行い、その後地平座標系とピクセル座標系の変換を行うことで予測位置を算出し、その値と画像内の天体の実際のピクセル位置の比較をし、位置同定の評価を行った。その結果 ±20 ピクセル以内で位置同定をすることが出来た。