

論文題目

Ashra 望遠鏡を用いた大気発光現象による宇宙線観測

論文要旨

宇宙空間での高エネルギー放射機構は現在未解明であり、宇宙空間から到来してきた高エネルギーの粒子を観測することにより、その謎を解明しようとしている。高エネルギーの粒子ほど地上への単位面積当たりの到来頻度は少なくなるため、検出面積を拡大する必要がある。

全天監視型高精度宇宙線望遠鏡 (All-sky Survey High Resolution Air-shower detector、Ashra) 実験は、突発的高エネルギー天体から放出される高エネルギー宇宙線を観測し、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 は、42度の広視野かつ数分角の位置分解能の検出器を複数台用いて、全天の77%を常時観測する望遠鏡である。高エネルギー宇宙線と空気中の原子核との相互作用によって発生する空気シャワーに伴って生じる大気チェレンコフ光と大気蛍光の2つの大気発光現象を検出する。Ashra は、視野中心を30度にもつ空向きの検出器と視野中心を75度にもつ山向きの検出器が複数台用いられており、視野中心を75度にもつ検出器では、空気シャワーからの大気チェレンコフ光により、ペタ電子ボルト以上の宇宙線の観測が可能である。2011年1月11日から2013年3月25日には山かすりタウニュートリノ探査及び光学閃光探査の本観測を行った。私は、2012年10月4日から2011年11月25日まで実際に現地に行き、合計291.98hになる観測を行った。

大気チェレンコフ光だけでなく、大気蛍光を同時観測することにより、高エネルギー宇宙線に対する有効検出面積が向上する。現在 Ashra 実験では、空気シャワーに伴って生じる大気発光現象の本観測化に向け、大気蛍光トリガーシステムの導入に向けた統合試験を進めている。大気蛍光の発光時間は、 10^{20}eV の高エネルギー宇宙線で $30\mu\text{s}$ 程度とされており、今まで観測を行ってきた大気チェレンコフ光とは発光時間が異なるため、観測には新たなトリガーシステムの導入が必要である。

本研究では、モンテカルロシミュレータ CORSIKA を用いて宇宙線研計算機でテラ電子ボルト以上の空気シャワーによる大気チェレンコフ光の伝搬シミュレーションを行った。その結果、1つの空気シャワーで 100nsec 程度の発光継続時間となり、特に約 10nsec の間に強く発光することが分かった。さらに観測イベント数の見積もりを行うため、今まで未知数であった集光器とシャワー軸との距離を求めた。その結果、 10^{15}eV 付近の陽子シャワーのシャワー軸との距離は 3250m で集光器への光子の入射がなくなるのを確認し、 3250m をパラメータ値に設定した。

大気蛍光トリガー観測を実現するために、山梨県の明野観測所でトリガーシステムの統合試験の準備として統合試験用の集光器の組み立て、試験用の電子回路の作製、動作試験を行った。明野観測所では、新たなトリガーシステムで大気蛍光による発光現象を撮像するための試験を行うため、疑似的に大気蛍光相当の光を発生させて行う。設置した集光器に隣接した建物からレーザーを打ち、レイリー散乱を発生させて大気蛍光相当の光量を発生させた。発生させた光を集光器及び光電子増倍管で検出し、測定した信号からレーザーからの光の道筋と各光電子増倍管でのレーザーからの光量を 10^4 程度と見積もり、 10^{15}eV 付近の空気シャワーの再現が可能であることを示した。

以上により、トリガーシステムの統合試験の環境設定が整い、大気蛍光トリガーシステムの導入に向けた統合試験が可能になった。大気蛍光トリガーシステムの導入により、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に一步前進した。