

論文要旨

大島 仁

論文題目

Ashra / NTA 実験におけるタウニュートリノ検出のための大気蛍光トリガーシステムの開発

論文要旨

1912年にV.F.Hessらによって宇宙線が発見されて以来、今日では世界中で宇宙線望遠鏡実験が行われている。その一つとして、長年の謎とされてきた超高エネルギー宇宙線の起源や加速機構の解明をすべく、超高エネルギーニュートリノを観測プローブとした素粒子望遠鏡実験 Ashra が立ち上がり、遂行されている。数ある素粒子の中でも中性かつ弱相互作用粒子であるニュートリノは、宇宙空間を輻射場と相互作用せずに伝播する。すなわち、ニュートリノは深宇宙を探るための強力なツールとなり、そこには宇宙線核種や銀河磁場といった電磁気力による不定性は一切排除される。

Ashra はハワイ島マウナロア山中腹に設置した視野直径 42 度かつ解像度数分角の検出器を用いて、大気中でのタウ崩壊に伴う空気シャワーによる大気チェレンコフ光と大気蛍光の観測を行う。この発光時間の異なる 2 つの大気発光現象を Ashra 独自のトリガーシステムで捉えることにより、タウニュートリノの検出を狙う。今まで Ashra-1 では、観測サイトの地理的特性を活かした Earth-Skimming 法によるタウニュートリノ起因チェレンコフ光トリガー観測に成功している。次の段階として、タウニュートリノ検出感度向上のための大気蛍光トリガー観測を目指しており、大気蛍光トリガーシステムの開発を行っている。

Ashra 集光器では、トリガーシステムの光センサーへの光信号伝送には、光ファイバー束と光結合分岐器を用いる。光結合分岐器は、同一視野を観測している 4 つの集光器の光ファイバー束からの信号を、対応するピクセルごとに 1 つに結合させ、その後チェレンコフトリガーと大気蛍光トリガーへと光信号を分岐させる役割を担う。光結合分岐器は現在要素開発の段階であり、アクリルを素材の候補として検討している。今回、アクリルロッドによる光結合・分岐の原理実証を行い、およそ 90% の光伝送効率で光結合、およそ 62% の光伝送効率で光分岐できることを示した。

トリガー観測において、チェレンコフ光はシャワー発達軸に沿って指向性を持つのに対して、大気蛍光は空気シャワー発達軸垂直方向に等方的に放出され、軸に沿った光が時間差をもって集光器へ入射するため、トリガー撮像が困難である。そこで、大気蛍光撮像においては時間発展を考慮したトリガーロジックを構築することで困難を解決する。開発したプロトタイプの大気蛍光トリガーロジックの動作試験を明野観測所にて行い、レーザーによるレイリー散乱光に対して自律的なトリガー撮像に成功した。この動作試験での成果をもとに、大気蛍光トリガーロジックの改良および観測用トリガーシステムの仕様に合わせた調整を行い、大気蛍光試験観測を行った。