

論文要旨

安彦ちほ

論文題目

Ashra 実験用光ファイバー伝送系と評価装置の開発

論文要旨

1987年、南半球で発生した超新星爆発(SN1987A)由来のニュートリノがカミオカンデで検出された。ここ半世紀では加速器実験により素粒子の性質は精密に解明され、超高エネルギー素粒子天文学は創世の期を迎えている。しかし、いまだ宇宙から飛来する宇宙線の起源やその機構の解明には至っていない。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し、我々全天監視高精度宇宙線観測実験: All sky survey high resolution air shower detector (Ashra) は、突発的高エネルギー天体から放出される紫外光及び高エネルギーのガンマ線やニュートリノの観測を行っている。42度の視野かつ分角の高分解能を持つ Ashra 検出器は撮像系と撮像の制御を行うトリガー系から成り、トリガー系は光ファイバー束、トリガーセンサ、トリガー判定回路から構成されている。このトリガー系で発光現象の検出を行い、ある閾値を越えた光量が検出されたとき撮像系へ信号が送られ、発光時間に合わせた露光制御が行われる。私は、2012年5月より2か月にわたりハワイ島マウナロア山の Ashra 実験観測サイトにて実際にトリガー観測を行い、明野試験観測所においても試験観測を行った。トリガー系では検出器に入射した光を低損失で伝送するために、伝送系の一部に光ファイバー束(光ファイバーを格子状にならべて束にしたもの)を使用している。Ashra 実験の観測では、視野内に入った光が信号としてトリガー判定回路に伝送されるまでに、いかにその損失を抑え高速に伝送するかが求められる。光ファイバー束は縦横 64×64 に格子状に並べた 4096本の光ファイバーから成り、観測においてはその4096本の光ファイバーがすべて安定に光を伝送していることが望ましい。本研究ではその光ファイバー束の性能評価装置としてトリガー観測に使用する光学装置(集光レンズ系)を導入した新たな光ファイバー束の伝送性能評価装置の構築を行い、Ashra 実験おける要求を十分に満たした評価装置の調整手法の確立を行った。ここでの要求とは、Ashra 望遠鏡の分解能である分角の精度で調整が可能であること、観測時と同等の条件下で評価することである。この要求を満たすために、評価装置の光軸調整方法を画像ピクセルを使用して行うことで $\theta = 1.5 \text{ mrad}$ の精度で調整し、Ashra 検出器の分角の分解能内での調整を可能にした。また、観測と同等の条件下にするために検出器と同じ光学レンズの導入、光源を点源にして入射させることで、より実観測に近い条件での観測を可能にした。従来の光ファイバー束の性能評価は光電子増倍管(Photomultiplier:PMT)を使用して、通過光量によりその光伝送効率を評価していたが、新たに輝度によって評価する方法を提案し、安定した伝送性能評価を行うための指標を示した。これにより、光ファイバー伝送系としての光伝送を効率的にし、撮像した発光現象の光像を正確にトリガー判定回路まで伝送することが可能となる。観測した発光現象に対してより精度が高いトリガー判定ができることから、検出器の検出精度向上が期待できる。