

平成 21 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：全天高精度素粒子望遠鏡計画 Ashra 観測

英文：Observation with All-sky Survey High Resolution Air-shower detector Ashra

研究代表者：佐々木真人

参加研究者：会田勇一，青木利文，浅岡陽一，安生純^A，P.Binder^B，T.Browder^C，長南勉，S.Dye^C，R.Fox^B，J.Hamilton^B，東悠平，石川巨樹^A，木村孝之^D，久世宏明^E，J.Learned^C，増田正孝，松野茂信^B，森元祐介，野田浩司，小川了^A，S.Olsen^C，佐々木真人，渋谷寛^A，篠宮浩平^E，杉山直^F，矢吹正教，G.Varner^C，渡邊靖志^G，渡邊由以^A

東京大学宇宙線研究所、^A 東邦大学、^B Univ. of Hawaii Hilo、^C Univ. of Hawaii Manoa、^D 茨城大学、^E 千葉大学 CEReS、^F 名古屋大学、^G 神奈川大学

研究成果概要

Ashra は、突発的な超高エネルギー（VHE）粒子と光の放射を待ち構え、“現行犯”として発見する監視型検出器である。特にガンマ線バースト（GRB）や重力崩壊型超新星（CC-SNe）等の突発天体を含む



図 1：マウナロア主・副ステーション低(高)高度集光器

VHE 宇宙線起源の同定を行う。全天空の 77% を覆う広い視野領域にて、指向性を持つチェレンコフ光と等方に拡散する蛍光の双方の大気発光を通じて、互いの効率を損なうことなく空気シャワー（AS）を分角度の高解像度で撮像する。また、撮像部の配光を工夫し、宇宙線のみならず星光も断続的に撮像して監視する広視野光学望遠鏡でもある。このように、継続時間がかけ離れている大気チェレンコフ光、大気蛍光、光学閃光の 3 種類の事象を独立に広角・高感度・高精度撮像することが可能となるのは、主に、広角反射型集光器と光電撮像パイプライン（PIP）と呼ばれる 2 種類の装置の新たな開発による。PIP は、集光器によって集光された光の解像度を落とさず高精細半導体センサーまで伝送すると共に、内蔵された近接型光電撮像管による輝度増倍と出力蛍光の残光による光遅延を行い、トリガー判定に足る輝度と時間の確保を実現している。光電レンズ撮像管の出力粗像をリレーレンズと光学ファイバー束（FOP）を経由してトリガー装置まで伝送する。トリガー装置はチェレンコフ光と蛍光の 2 種のトリガー判定が独立に行われる。

VHE ニュートリノは天体現象の深部から直進して到来し、陽子加速の直接的証拠でもある。他の荷電レプトンに比べ、VHE タウ粒子だけが地殻中 10km 以上の飛程を持ち、ニュートリノ反応における標的質量を稼ぐことが可能である。唯の 1 例でも、明確に地殻や山から出現する AS 像を撮像すれば、それは天体起源の VHE ニュートリノの発見に違いない。しかも、超長基線のニュートリノ振動によって“変身”したタウニュートリノであ

る確率が非常に高い。ただし、地殻や山から出現する AS の明確な同定には到来方向に対する高分解能が要求されるが、Ashra の分角精度の角度分解能は、この要求に十分応える。2008 年より観測サイトであるマウナロアにて、山から出現するタウ事例を撮像するべく、ほぼ最終的な実装の PIP を用い、215.8 時間のパイロット観測を行った。図 2 に観測に用いた視野とトリガ領域を図示する。ヌル観測から結果として、

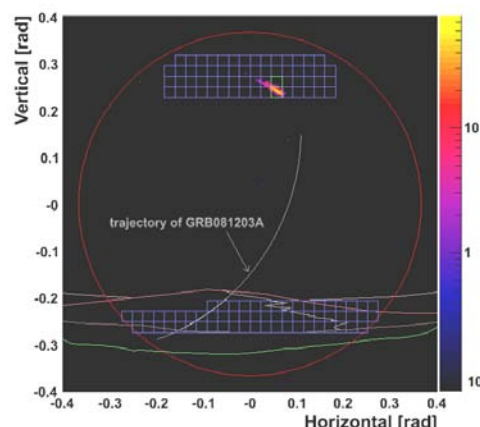


図 2: VHE タウニュートリノ観測における 42 度の視野(赤円)とトリガー画素(紫角)。GRB081203A 対応天体の軌道、マウナケア山(赤)、マウナロア観測地淵(緑)の稜線、傾斜宇宙線 AS のトリガー撮像の実例も示す。

、アプリケーションとリアフターグローに対する流量の制限を得ている。傾斜宇宙線 AS のスペクトルも同じトリガー撮像法で得られており、VHE タウニュートリノ事例に対するエネルギー測定、

解像度とも期待通りの性能を確認した。このようなタウ事例のチェレンコフ観測に関する本格的な解析の前例はなく、タウの生成と伝播、水平方向の空気シャワー発達とチェレンコフ光発光と大気伝播などの物理過程を再現する解析ツールを 2009 年度に精力的に開発し準備が整った。解析結果は GCN Circular や物理学会にて発表され、まもなく論文投稿される。さらに並行して、独自のトリガーセンサーと判定回路、CMOS センサーの最終的な実装と試験を行い良好な成果が得られた。

閃光観測データ収集系、天候モニター、雨センサー、雲モニター、温湿度計、シャッターコントロール、高電圧コントロール、衛星ネットワーク等から構成されるスローコントロール系が順調に稼働している。閃光に対する実観測時間が、2010 年 3 月まで 18 ヶ月 (H21 年度 8 カ月) で 2483 時間 (H21 年度 1197 時間) に達した。図 3 に観測実績のまとめを示す。好天率 92.5% (H21 年度 96.2%) とそのうち稼働率 99.3% (H21 年度 99.6%) を達成した。観測地の優位性、装置の安定性、及び、スローコントロール系の有効性を示している。Swift 衛星から 27、Fermi 衛星から 44 の GRB アラートとのクロス観測が可能であった。大量の画像データ処理と物理天文解析の整備も順調に進められており、まもなく結果が論文投稿される。

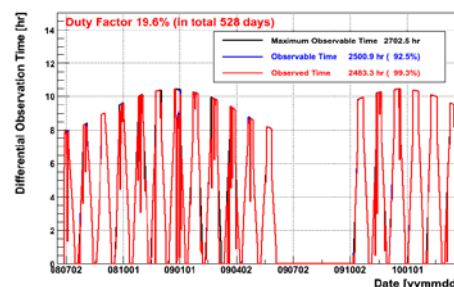
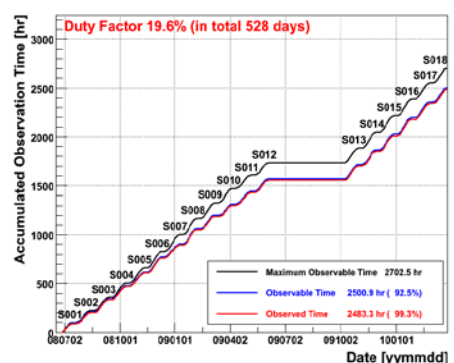


図 3: Ashra 観測の積算(上図)、微分(下図)観測時間。黒線: 最大観測可能時間、青線: 好天観測可能時間、赤線: 実観測時間。

整理番号