

平成25年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：全天監視高精度宇宙線望遠鏡 Ashra 観測
英文：Observation with the All-sky Survey High Resolution Air-shower detector (Ahsra)

研究代表者 東大宇宙線研・准教授・佐々木真人

参加研究者

東京大学宇宙線研究所・准教授・佐々木真人、技術専門職員・青木利文

東邦大学理学部・教授・小川了、教授・渋谷寛、M2・安彦ちほ、M2・鹿子畑千也子、M2・高田巧磨

名古屋大学・教授・杉山直、神奈川大学・教授・渡辺靖志

ハワイ大学・教授・P. Binder, 教授・J. Learned, 助教・J. Goldman, 助教・松野茂信、講師・J. Hamilton

研究成果概要

Ashra第1計画(Ashra-1)はハワイ島マウナロア山腹に集光器群を展開し、広視野高解像度で空気シャワー(EAS)を観測する宇宙線望遠鏡である(図1上中)。その向かいにある、体積4000km³で1万ギガトンの質量をもつマウナケア山を標的として起こす、タウニュートリノ(ν_τ)の衝突反応から生じるシャワー(図1下)を撮像することにより、数10 PeVからEeVの超高エネルギーニュートリノ(VHE ν)観測において高い感度を有する。

Ashra マウナロア観測地の使用許可は、2005年7月にハワイ州から与えられた。基礎工事、電源工事、管制室設置等を経て、2007年8月に全要素望遠鏡の基礎・光学マウント、格納庫の建設作業を行い、作業を完了した。高効率観測を支えるスローコントロールシステムを現地で設置運用し、高効率観測を支える下支えとした。2008年夏から、一部の集光器を用いて2年間を超える定常観測を行い、2010年11月までで合計3500時間を超える観測データを蓄積した。観測の効率を議論する際に良く用いられるDuty比(全時間に対する観測時間の割合)としては、19.2%に対応する。好天率94%、稼働率99%が達成されており、観測サイトの優位性を示すと共に、観測オペレーションの安定性を証明

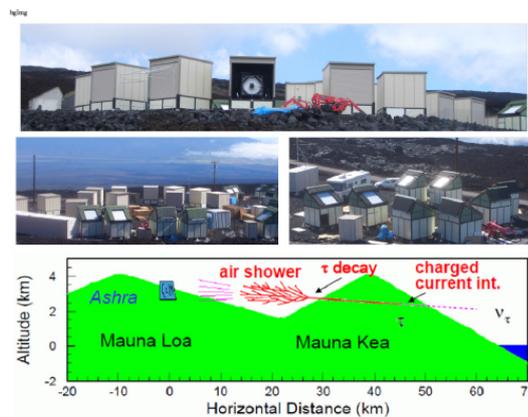


図1: Ashra-1低高度望遠鏡(上)、主・副ステーション(中左・右)、地球かすり撮像法の原理(下)。

している。観測サイトでは夜光バックグラウンドも測定されており、人口光のない他の実験サイトと同程度の夜天光であることが分かっている。高い好天率と共に、マウナロアが理想的な観測地のひとつであることを示している。この2年間にわたる観測結果からは、GRB衛星トリガーにおけるタイムゼロが7例、集光器視野に捉えられている。GRB081203A、GRB100906Aに関しては、特に興味深い事象であったため、GCN Circularに Preliminary な解析結果を投稿している。それらの光度曲線は、観測中に発生したGRB100906Aのプロンプト光学閃光探索結果であり、GRB発生の前後各600秒に渡って約12等級の制限をつけて成果として発表した。撮像素子が刷新され、計55時間の試験観測を経て、限界等級が1等以上向上することが確認された。

VHEニュートリノ観測に関しては、2008年末にマウナケア向き集光器に光電撮像パイプラインとPMTアレー+高速CCDを設置し、197時間のパイロット観測を行った。感度検証のために別途行った宇宙線観測を加えた結果を詳細に解析し、GRBからのタウニュートリノ初探索結果として論文が出版された(ApJ, 736:L12, 2011)。昨年、共同研究者によって、Ashra実験本設計仕様である64x64chのトリガーセンサーと部分読み出し可能な精細画像取得用CMOSセンサーの実装と試験が遂行された。Ashra検出器の感度を2008年度の試験観測時から約20倍向上することが分かった。10テラトンの山の標的質量を用い、10-100 PeVにて最高の点源感度を達成していることが物理の出版論文でも実証された。2012年1月よりObs03を開始し、昨年2012年1月から11月現在まで約1300時間(好転率98%、稼働効率94%以上)でタウニュートリノ探索および光学閃光探索観測を続けてきた。現在、それらのデータを用いた物理解析結果の論文4編を準備中である。

実装にいたる過程として、撮像センサー(茨城大)、トリガー読み出し装置(宇宙線研究所)、光ファイバトリガー伝送系(東邦大学)の要素試験後、宇宙線研究所に集結し、そこで結合されYAPパルサーやレーザー光源を用いた室内統合試験が行われるようになった。さらに室内試験からマウナロア山での実装後観測までに環境条件などに大きな開きがあり、海外への搬送や現地実装の前にエージングも兼ねて、同様の望遠鏡による1~2週間の国内試験観測は、海外拠点における装置実装の充足を促す効率的な過程としても重要である。明野観測所には以前に試験利用していた望遠鏡格納庫があり、本年度はそれを再度利用し統合試験の準備を遂行した。装置の開発、要素試験、室内統合試験、国内統合試験観測、ハワイ現地実装および観測という安定かつ発展的な実装と観測化への流れが確立しつつある。本計画がこれらの統合しマウナロア観測地での効率的運用に結び付けてきた。これらにより、最高感度による天体超高エネルギータウニュートリノの探索、突発天体からの光学閃光の探索観測、その他、高精度広角視野を利用した独自の観測研究成果を積み上げ、その結果として、段階的に国際共同を拡大充実させている。共同研究として観測と実装の分担シフトを組み、切れ目のないローテーションで観測を維持していきたい。