

平成 29 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：Ashra 観測 英文：Observation with Ashra
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、木舟 正、東邦大学理学部・教授・小川了、教授・渋谷寛、研究員・森元祐介、M1・大島仁、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、国立台湾大学・教授・Hsiung, Yee Bob, Wang, Min-Zu, 国立総合大学・教授・HUANG, Ming-Huey Alfred, 国立交通大・教授・Lin, Guey-Lin
研究成果概要	<p>2013 年に本計画の元になる計画趣意書を本申請者らが発行した (arXiv:1408.62.44)。2014 年 3 月に東大柏キャンパスにて超高エネルギー粒子天文学国際会議(VHEPA2014)を本報告者らが主催した。さらに VHEPA2015 (台北)、宇宙線国際会議 (ICRC2015) での特別セッション、2016 年 1 月ハワイ大での VHEPA2016 国際研究会などを通じて、IceCube と相補的な検出法で、より高い感度と精度にて VHE ν 源天体の同定が狙える本計画ニュートリノ望遠鏡(NTA)の意義が確認され、物理対象、検出器の概念設計、観測地、共同体制の運営、予算計画などが議論された。国際共同と各国での予算請求の際の資料として有用な計画白書(White Paper)を編纂し発行することが合議され、それに基づき、ICRR を含む、ハワイ大、ウイスコンシン大、台湾大、イタリア INF の研究者からなる、国際的な推進部会 (IPWG) が編成され、2018 年よりプロト共同が開始された。</p> <p>蛍光トリガー論理判定の FPGA プログラムのさらなる改良とシミュレーションおよび机上の実証パルス試験、パルスレーザーによるトリガー撮像試験で安定かつ順調なトリガー論理判定が可能であることが確認された。Ashra-1 マウナロア観測地に設置され観測に供している光電撮像管(PLI)は既に稼働後 7 年が経過しているが経年的な劣化も顕著になく非常に安定に動作している。この PLI の 2016 年型を設計開発された。アセンブリ、真空化、および、光電面と出力蛍光面の形成を行い、歩留まり原因の入力面ガラスの取り扱い手順や出力蛍光面の最適な形状などが実験的に理解でき、量産時にさらに高い量子効率や低ノイズ化が可能であることが確認できた。小川(東邦大)らと共同にて、試験計測を行い、ゲイン一様性や量子効率の向上など量産に対応できる性能が確認されている。NTA に向けたマウナロア山腹の土地調査第 1 回目を行った。さらに開発された蛍光トリガー論理を適応した試験観測も遂行した。今後、準備観測 (Ashra 第 4 観測) により銀河バルジの PeV γ & ν の本格的物理観測、および、NTA へ拡張が具体化する。</p> <p>特に本共同利用経費 (計 20 万円) を利用して以下のように Ashra 第 4 観測を計画した。</p> <p>1) 蛍光用トリガーを Ashra-1 に実装しチェレンコフ光/蛍光の完全視野化</p>

地球(山)かすり ν や γ 線によるチェレンコフおよび蛍光 AS の高解像度複合トリガーを用いた検出法は、その視野内で起きた対象であれば非常に高い即時感度を有することが特徴である。つまり、特に突発的に視野方向で起きた現象ならば 1 台でも PeV 以上の ν やサブ PeV 以上の γ 線に対して天文物理上に有意義な探査が可能である。Ashra-1 の 1 台の集光器でも、初めて GRB ν に対して非常に厳しいフルエンスの制限を付けることに成功した理由でもある。現在、その即時感度を保持しつつ、PeV γ 線や核子 AS に対する蛍光トリガーを明野観測所におけるパルスレーザー光を参照光とした開発実証を行い、それをハワイ島マウナロア観測地にある Ashra-1 検出器に実装し実証観測する。これにより、視野内の AS 発光のトリガー撮像を完備に実施することが可能となる。

2) 夜天空の銀河バルジ完全監視のため探査視野を再配置する。

6 基の集光器を用いた南天の観測を計画している。本年度は Ashra-1 集光器 6 台分を観測の緊急性を増している銀河バルジの夜天軌道帯を完全に覆って半視野ずつ重なるように再配置する。これにより銀河バルジ部から到来する TeV-PeV γ 線を漏らさず高効率かつ高精度にてステレオ監視できるようになる。大天頂角法を用いることで PeV 以上の超高エネルギー γ 線チェレンコフ光を地上アレイに比べ有効面積時間を大きく稼ぐことができる。撮像型チェレンコフ検出の優位な手法である。

3) Ashra-1 集光器による銀河バルジ PeV γ 線& ν 同時走査試験観測

VHEPA2016 国際研究会(後述)における成果として、宇宙素粒子の複合的撮像観測における Ashra-1 装置の優位性を 4 サイトの観測システムへと展開する Ashra NTA 計画の国際推進部会(IPWG)が設置された。IceCube 代表の F.Halzen や KEK-B の Belle 代表の T.Browder らを交え、継続的に IPWG を開いて入念に議論してきた。その結果、2013 年の同計画趣意書では山に囲まれたシステムであったが、山上 3000m-3500m の高度のアレイ配置によって山周囲の大気における AS 発光を最大効率で検出でき、特に PeV 周辺の低エネルギー感度を増強することとした。これにより、IceCube により確認された宇宙 ν 過剰を NTA の複合的撮像観測によって同等の感度で直接確認できるとともに、30PeV 以上 ν に対しては IceCube の 10-100 倍の感度で探査できることがシミュレーション研究により示された。NTA 検出器は Ashra-1 集光器を基礎にしており量産可能だが、山上のアレイシステムに展開する時点で①自動運転と②電源の確保に対する実証経験が必要と考えられる。そのため、Ashra-1 集光器 4 台を山斜面を望むように北向きに再調整して配置する。太陽電源と自動運転によるパイロット観測を実証する。その際、サイト調査を兼ねて天候条件や夜光の長期変動も調査する。その過程を通じて、国際共同における具体的な仕事分担によるパートナーシップを育成する機会とする。このパイロット観測の結果を技術設計報告書(TDR)にまとめて出版し、NTA 国際共同の基盤的な詳細技術書として共有できるようにする。先行の銀河バルジ PeV γ 線監視に ν 同時走査試験観測を追加していく。次年度に試験観測し H32 から NTA に置き換えていく。