

平成 28 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 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、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

Ashra-1 次期計画 NTA の設計白書の準備を行った。

PeV (10^{15}eV)領域のエネルギーを持つ、宇宙で生成され地球に到来する素粒子；ニュートリノ(ν)、光子(γ 線)、および核子を、空気シャワー(AS)による大気チェレンコフ光および大気蛍光(大気発光)を通じて、複合的に高精度撮像して観測する(図1)。地殻や山と衝突したタウニュートリノ(ν_τ)が τ に変換して山斜面や地表に出現して崩壊し、ASを生成し大気発光する。地面や山の方向から来たASの親粒子は明確に ν_τ と分かる。空から来たASの親粒子は殆ど核子だが、到来方向に集中があれば磁場で曲げられない γ 線と識別できる。地球上で体積最大の山であるハワイ島マウナロア山上の高度3000m~3500mの地点に、マウナロア山斜面上空の大気を2重に視野に含めるように広視野高精度の大気発光撮像検出器を配置し(図1、2)、そこで生じる

ASからの大気チェレンコフ光と大気蛍光を高精度にて双眼撮像観測する。①HESSなどのTeV γ 線撮像大気チェレンコフ望遠鏡(IACT)と同等の解像度($<0.1^\circ$)でありながら、単位検出器1台で 30° の広視野撮像検出が出来ること、および、②大気チェレンコフ光によるAS横発達と大気蛍光によるAS縦発達の時定数が全く異なる事象を複合的に同時撮像できることが、本検出器の独自の特徴である。これらの特徴により、天球上の広大な検出視野範囲を確保しつつ、 0.1° 以下の鋭い方向決定と親粒子種識別を伴う複合観

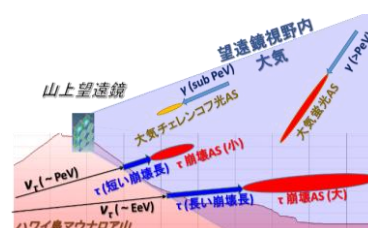


図1：PeV ν 、 γ 線、核子 AS 複合的撮像観測の原理

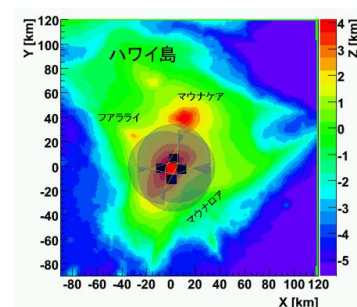


図2：ハワイ島等高線地形図、観

測が行え、PeV 宇宙素粒子の起源天体の明確な位置と物理機構の同定を狙える。また、視野内に地球かすり ν や γ による AS 発光を捉えれば、最大級の有効検出面積を有する。

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:1408.6244)。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(Very High Energy Particle Astronomy in 2014; VHEPA2014)を本申請者らが主催した。Auger 代表 K.-H.Kampert も参加し、IceCube と相補的な検出法で、より高い感度と精度にて明確な VHE ν 源天体の同定を狙えるニュートリノ望遠鏡(NTA)計画の意義の重要性が認められた。VHEPA2015 (台北)を開催し、再度、Ashra NTA 計画の重要性を確認し、国際共同へ発展を目指すことが確認された。更に枠を広げ、宇宙線国際会議 (ICRC2015) で VHEPA と NTA の特別セッションを設け、意見交換や議論をした。2016 年 1 月にハワイ大が VHEPA2016 国際研究会を開催した(図 4)。そこでは、物理対象、検出器の概念設計、観測地、共同研究組織の運営方針、予算計画等が深く議論され、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た。それに基づき、本申請者らを含む、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、具体的な計画の対象となるべき天文物理の範囲や装置の設計性能の確認などが議論された。本計画は日本から中核として主導的貢献であり、大規模国際共同 NTA の先駆けとして非常に重要かつ有意義であった。IPWG の結果として計画白書が本年度内に発刊される。

また、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 年型を設計開発した(図 5)。浜松ホトニクス(HPK)にてアセンブリ、真空化、および、光電面と出力蛍光面の形成を行い、歩留まりの原因となる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。

さらに NTA に向け、「地球かすりニュートリノ法」による PeV 以上のニュートリノに対する感度向上を目的とした大気蛍光観測用トリガー装置の開発と Ashra 観測サイトにおける試験観測を東邦大学他と共同して推進した。

[1] George W.-S. Hou, Makoto Sasaki, Prospect towards Survey of Astronomical ν Sources, THE UNIVERSE Vol. 2, No. 4 October-December 2014, Pages 15-26, ISSN:2309-852X.

[2] M.Sasaki, Search for PeV-EeV Tau Neutrinos and Optical Transients from Violent Objects with Ashra-1, Astroparticle, Particle, Space Physics and Detectors for Physics Applications - Proceedings of the 14th ICATPP Conference, 2014, 112-119, DOI:10.1142/9789814603164_0018.

[3] M.Sasaki, Search for PeV-EeV Tau Neutrinos and Optical Transients from Violent Objects with Ashra-1, 14th ICATPP Conference on Astroparticle, Particle, Space Physics and Detectors for Physics Applications (Villa Olmo, Como 23-27), 2013.

