

2019 (令和元) 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 東京大学宇宙線研究所：准教授・佐々木真人

参加研究者 東京大学宇宙線研究所：名誉教授・木舟正、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、D3・大島仁、
M1・永澤陸飛、B4・横川まゆ子

ハワイ大学：教授・T. Browder, 教授・P. Binder, 教授・J. Learned,

教授・R. Mussa, 講師・J. Hamilton

研究成果概要

本研究では、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、初めて複合的に高精度撮像して観測する(図1)。

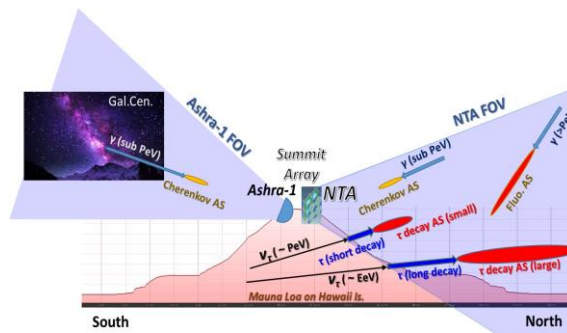


図1：AS複合的銀河バルジ連動撮像観測

地殻や山と衝突したタウニュートリノ (ν_τ) が τ に変換し山斜面や地表から出現した後崩壊し、AS生成により大気発光する。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。天頂から来る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、AS発達形状からも識別可能である。地球上で体積が最大の山である、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、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。

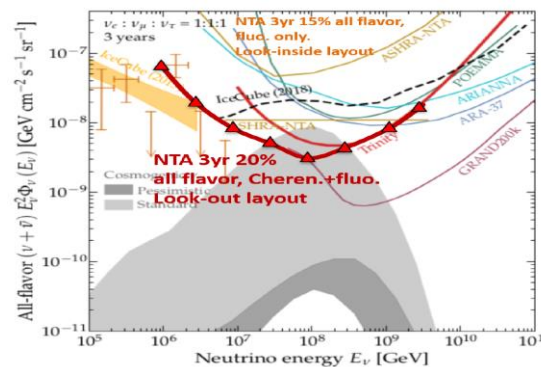


図2：NTAニュートリノ感度

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。視野内に地球かすり ν や γ による遠方チェレンコフ光を含む AS 発光を捉えれば、PeV-EeV 領域において最大級の有効検出感度を有する(図 2)。この Ashra NTA 詳細シミュレーションによる優れた PeV ν 感度研究を宇宙線国際会議(ICRC2019)にて発表した(PoS(ICRC2019)1003)。また、多粒子観測による宇宙像を総合的に理解するため、超高エネルギー素粒子天文国際研究会(VHEPA2019)を開催し、PeV ν とガンマ線を主軸とする、多粒子観測の現状と展望に対する理解を深め共有した(<https://indico.icrr.u-tokyo.ac.jp/event/179/>)。

Ashra-1 第 3 観測データの解析が進められ、地球かすりタウニュートリノ探査の結果を ICRC2019 にて発表した。地球かすりチェレンコフ・タウニュートリノ初探査も Ashra-1 が行い 2013 年に出版した(Y. Aita, et al., ApJL 736, L12 (2011))。視野内の空気シャワー陽子スペクトル流束を測定することにより、Ashra-1 による PeV ν スペクトル測定の確認実証を行った(図 3)。さらに更新されたデータ解析結果として、最も強い即時流束制限を与えた(PoS(ICRC2019)1177)(図 4)。広角高精度光学系の利点を活かした、突発天体からの光学閃光探査、および、系外流星探査など新規の物理探査解析も順次出版の予定である。

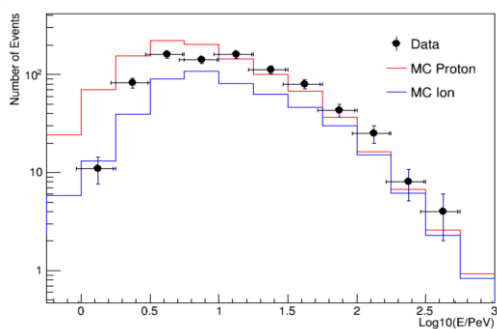


図 3 : Ashra 第 3 観測期データ解析 : 宇宙線スペクトル実測と陽子と鉄を仮定した MC と比較。流束で規格化。

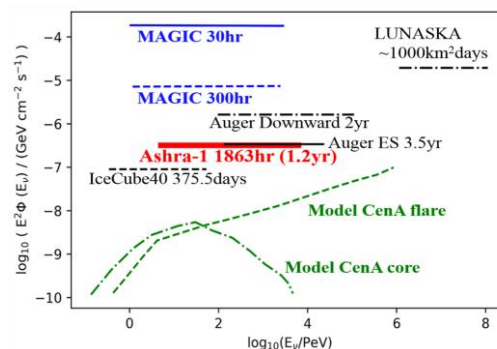


図 4 : Ashra 第 3 観測期データ解析 : PeV ν 即時流束制限と他実験結果と比較。