

## 平成 22 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：宇宙線望遠鏡による極高エネルギー宇宙線の研究

英文：Study of Extremely-high Energy Cosmic Rays by Telescope Array

研究代表者：佐川宏行、参加研究者：大阪市立大学・荻尾彰一、林嘉夫、川上三郎、松本利夫、奥田剛司、藤井俊博、神奈川大学：日比野欣也、有働滋治、近畿大学：千川道幸、新居毅人、高知大学：中村亨、高エネルギー加速器研究機構：藤井啓文、田中真伸、山岡広、埼玉大学：井上直也、川名進吾、早稲田大学：笠原克昌、小澤俊介、千葉大学：河合秀幸、吉田滋、東京工業大学：垣本史雄、常定芳基、得能久生、多米田裕一郎、林健太郎、小林友作、石森理愛、東京大学宇宙線研究所：福島正己、瀧田正人、大西宗博、竹田成宏、櫻井信之、芝田達伸、野中敏幸、林田直明、大岡秀行、下平英行、武多昭道、池田大輔、木戸英治、高橋良彰、広島市立大学：田中公一、放射線医学総合研究所：内堀幸夫、東京都市大学：門多顕司、山梨大学：本田建、石井孝明、富田孝幸、鶴飼久、相田龍太、奥大介、東京理科大学：千葉順成、ユタ大学：P.Sokolisky, C.C.H. Jui, G.B. Thomson, J.N.Matthews, R.W. Springer, J.W. Belz, R. Cady, S.B. Thomas, J.D. Smith, M. Allen, E. Barcikowski, S.A. Blake, O. Brusova, W. Hanlon, J. Martineau, D. Rodriguez, P.D. Shah, T.J. Sonley, B. Van Klaveren, M. Wood, Z. Zundel, Rutgers 大学：D.R. Bergman, L.M.Scott, B.T. Stokes, G. Hughes, S.J.J. Innemee, D. Ivanov, S.R. Stratton, Hanyang 大学：B.G.Cheon, H.B. Kim, J.H. Kim, E.J. Cho, B.K. Shin, Yonsei 大学：Y.J. Kwon, L.S. Cho, W.R. Cho, J. Shin  
Institute for Nuclear Research of the Russian Academy：V. Kuzmin, I.Tkachev, P. Tinyakov, S. Troitsky, D. Gorbunov, O. Kalashev, G. Rubtsov, Pusan National University：H. Kang, Ewha Womans University：S.W. Nam, I.H. Park, J. Yang, S.I. Lim, Chungnam National University：D. Ryu, J.H. Kim, S.Y. Rho, IPMU：K.Martens

### 研究成果概要

平成 22 年度は、地表検出器（Surface Detector: SD）アレイと大気蛍光望遠鏡（Fluorescence Detector: FD）を安定に稼働させ、観測を継続してデータを取得した。SD は平成 20 年 3 月以来効率 95% 以上で安定に定常観測を行っている。FD の合計観測時間は 3000 時間をこえた。

#### （1-1）ハイブリッド観測・エネルギー較正

平成 22 年 9 月に FD のエネルギー絶対較正用小型電子加速器（Electron Light Source: ELS）から電子ビームを初めて射出し、疑似シャワーからの大気蛍光を FD で観測した（図 1）。今後エネルギー較正に向けてのデータ取得および解析を行う。10 月には FD の空気シャワーで SD アレイの波形収集を行うハイブリッドトリガーの導入を行った。

#### （1-2）SD 観測

交換用 SD14 台の製作を行い、ユタに輸送した。SD アレイで不具合が起こった 5 台の SD の交換を 11 月に行った。

#### （1-3）FD 観測

望遠鏡サイトの LIDAR に対して冬期の保温など安定運用のための対策を行った。BRM サイトに CCD カメラを設置し、星を監視しての雲モニターを始めた。平成 23 年 3 月に中央レーザー施設に LIDAR 観測機能を追加するための受光装置の設置を完了した。

#### （2-1）SD データ解析

平成 20 年 5 月から開始した（平成 22 年 2 月までの）SD 観測データ量は AGASA の合計 exposure に相当し、第 35 回高エネルギー物理学国際会議で SD によるエネルギースペクトルを初めて公表した（図 2）。SD スペクトルは HiRes スペクトルと一致しており、また、 $3.5\sigma$  の有意度で GZK suppression と一致する flux の急激な減少を観測した。SD

データを用いて、AGASA で示唆された宇宙線同士の到来方向の small scale clustering および Auger で示唆された宇宙線の到来方向と近傍の AGN との相関に対しては有意な信号は見られなかった。

### (2-2) FD データ解析

平成 19 年 11 月から平成 22 年 9 月までに得られたステレオイベントの解析を行った。シャワー最大発達点  $X_{max}$  とエネルギーの関係をシミュレーション計算とともに比較した結果を図 3 に示す。エネルギーが  $10^{18.2}$  eV から  $10^{20}$  eV までの一次宇宙線の成分は、ほとんど陽子であるという結論であり、平成 22 年 12 月に宇宙線研究所等の主催によって名古屋において開催された UHECR2010 国際会議で公表した。HiRes 望遠鏡を移設した TAMD サイトの望遠鏡データの単眼解析によるエネルギースペクトルおよび新規望遠鏡データと SD とのハイブリッド解析によるエネルギースペクトルも図 2 に示した。

### (3) 共同利用グループ会議など

共同利用経費により、TA 日本グループの会議を隔月で開催した。また、TA 全体会議を米国で 1 回、日本で 2 回開催した。

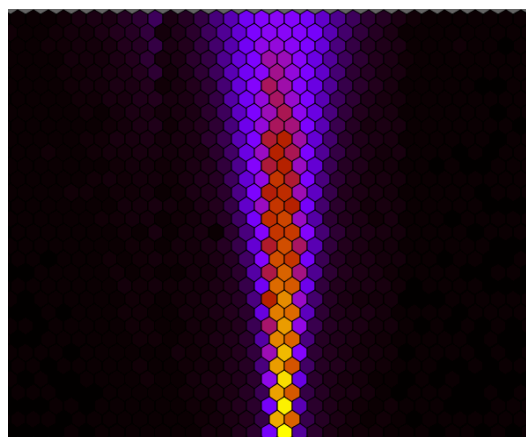


図 1 (左) : 望遠鏡ステーションから 100m 前方の地点に設置された小型電子加速器からのビームによる疑似シャワーを FD で撮像したイメージ。

図 2 (左下) TA の SD (●)、MD 単眼解析 (■)、hybrid 解析 (▼) によるスペクトル、および他の実験のスペクトル。

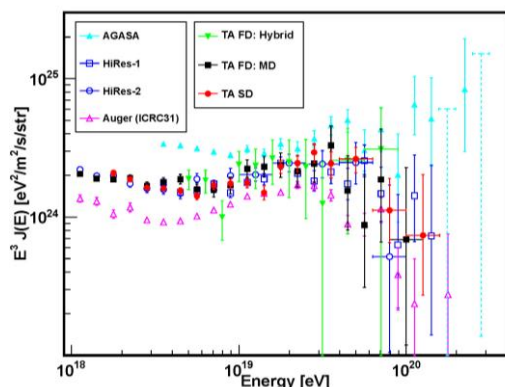


図 3 (右下)  $X_{max}$  の平均値とエネルギーの関係。黒丸が観測結果、線はシミュレーション計算結果である (赤は陽子、青は鉄)。

