

【基盤研究(S)】

理工系（数物系科学）



研究課題名 広エネルギー領域の精密測定で探る超高エネルギー宇宙線源の進化

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授 おぎお しょういち
荻尾 彰一

研究課題番号： 15H05741 研究者番号： 20242258

研究分野： 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード： 宇宙線(実験)

【研究の背景・目的】

宇宙を飛び交う高エネルギー素粒子＝「宇宙線」の中でも、最もエネルギーの高い「超高エネルギー宇宙線」の観測を2008年から継続しているテレスコープアレイ実験（TA実験）は 10^{16}eV から4桁を超える範囲のエネルギースペクトルを描き出し、そこに多様な構造があることを示した（図1）。

特に、銀河系内起源宇宙線と銀河系外宇宙線のせめぎ合う $10^{16}\text{eV}\sim 10^{18}\text{eV}$ のエネルギー領域のスペクトルに現れる構造は、系内起源での粒子加速の限界、銀河磁場による閉じ込め・遮断、そして系外起源の宇宙論的進化といった豊富な物理を反映していると考えられている。

本研究では、TA実験と合わせて、TALEハイブリッド検出器を完成し、 10^{16}eV から $10^{20.5}\text{eV}$ にわたる広いエネルギー領域で、宇宙線のフラックスとその到来方向異方性、そして化学組成を測定する。これにより、低エネルギー側の銀河系内起源の重い宇宙線（鉄核など）と、高いエネルギー側で卓越する銀河系外起源の軽い宇宙線（陽子）の寄与を分離して、それぞれのエネルギースペクトルを明らかにし、宇宙線源と宇宙線伝播の物理に迫る。

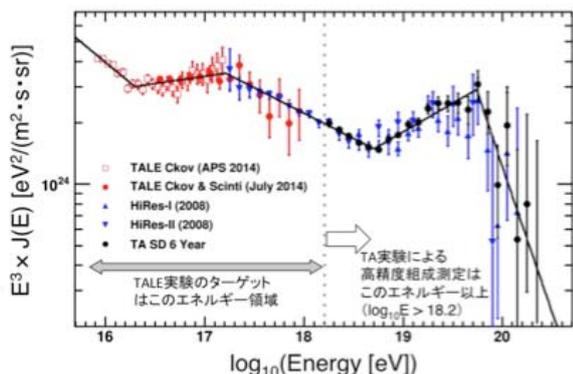


図1 TA実験等による宇宙線エネルギースペクトル

【研究の方法】

米国ユタ州に展開されているテレスコープアレイ実験に隣接して、TALE実験用大気蛍光望遠鏡（TALE-FD）10台がすでに設置され、運用されている。これに対して地表粒子検出器（SD）をTALE-FDの視野内に設置して103台のSDからなる検出面積 67km^2 の空気シャワーアレイを建設し、TALEハイブリッド検出器を完成する。これによって 10^{17}eV 以

上で検出効率100%、観測 duty 95%以上を達成し、同時に化学組成決定の指標であるシャワー最大発達深さの測定精度を $20\text{g}/\text{cm}^2$ へと劇的に向上させ、その後2年間の観測から 10^{16}eV 以上の系外成分・系内成分それぞれのスペクトルと4桁を超える広いエネルギー領域での宇宙線到来方向異方性とそのエネルギー依存性を明らかにする。

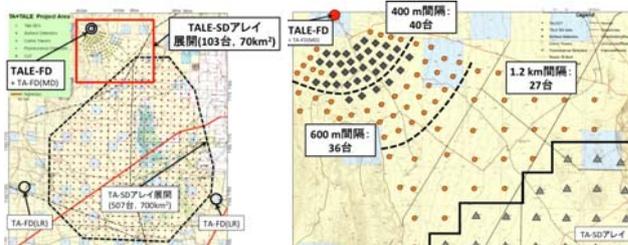


図2 TA実験の装置配置（左）とTALE実験（右）

【期待される成果と意義】

宇宙物理学的な意義として、(1)銀河系外宇宙線源天体とその進化の解明、(2)銀河間磁場の強さと構造に対する示唆、(3)宇宙線の遮蔽・閉じ込めの解明から、宇宙線・銀河磁場・銀河ハローを含めた多体系としての銀河系の物理、(4)銀河系内宇宙線源の加速エネルギー限界の精密測定と粒子加速理論への寄与などを挙げることができる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ "Indications of intermediate-scale anisotropy of cosmic rays with energy greater than 57 EeV in the northern sky measured with the surface detector of the Telescope Array experiment", R. U. Abbasi, et al., Ap. J., 790, L21, 2014
- ・ "The energy spectrum of ultra-high-energy cosmic rays measured by the Telescope Array FADC fluorescence detectors in monocular mode", T. Abu-Zayyad, et al., Astropart. Phys., 48, p.16, 2013

【研究期間と研究経費】

平成27年度～31年度 124,900千円

【ホームページ等】

<http://www.telescopearray.org>
sogio@sci.osaka-cu.ac.jp