

平成 25 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：TA 実験サイトでの超高エネルギー宇宙線観測のための新型検出器の開発 英文：Development of new surface detector for observation of ultra high energy cosmic ray at Telescope Array site		
研究代表者	野中敏幸	東京大学 宇宙線研究所	助教
参加研究者	佐川宏行	東京大学 宇宙線研究所	准教授
	櫻井信之	名古屋大 学素粒子宇宙起源研究機構 (KMI)	特任助教
	本田建	山梨大学大学院	教授
	高村茉依	東京理科大学大学院	大学院生
	屋代健太	東京理科大学大学院	大学院生
研究成果概要	<p>TA 実験での大気蛍光法によって推定される一次宇宙線エネルギーの直接測定と、地表に展開した粒子検出器によるシャワー粒子の横方向分布の測定から推定されるエネルギーには約 27%の開きがある。また、Auger 地表検出器での信号波形の情報から推定されたシャワー遠方での μ 粒子数は、陽子起源の空気シャワーを仮定した場合の約 1.8 倍超過している事が報告されている。鉄を仮定した場合でも約 15%程多い計算である。</p> <p>これらの観測事実は モンテカルロで予想される横方向粒子数が正しくない事を示唆していると考えられ、それが TA 地表検出器で予想されるエネルギーの系統誤差となっている。この系統誤差の解明には、組成が比較的単純な陽子だとわかっている $10^{18.0} \sim 10^{19.0} \text{eV}$ 弱の領域で、空気シャワー中の電磁成分、ミュー粒子成分の横方向分布、到来時間分布の詳細を測定し、モンテカルロシミュレーションとの相違点を整理することが有効であると考えた。</p> <p>このことから 粒子弁別機能を持ち、かつ可搬性の高い地表検出器モジュールを試作し、測定する検出器の開発研究を行っている。</p> <p>本年度はシミュレーションによる粒子弁別能力の評価を行い、それを基にして実際の検出器の試作、TA サイトでの観測を開始した。</p> <p>以下にその開発研究の成果の詳細を述べる。</p> <p>【シミュレーションによる粒子弁別性能の評価】</p> <p>鉛 25mm を上下 2 層の 12mm シンチレータの間に挟んだ検出器を作成し、FADC によって波形読み出しを行った場合の μ 粒子横方向分布と粒子弁別性能の評価を行った。</p> <p>評価では一つの光電子増倍管が観測する検出器面積と信号波形の時定数と、μ 粒子の計数間違いの大きさの関係を 空気シャワーモンテカルロ と GEANT4 による検出器シ</p>		

シミュレーションを用いて調査した。

その結果、検出器セグメント面積を 0.75 m^2 とし、信号入力部の時定数を現行 T A S D の $1/3$ に短縮することで、 1200m 以遠では μ 粒子数の計数間違いが約 10% 程度に抑えられるという結論を得た (10^{19}eV 陽子起源シャワー) この評価の結果を第 33 回宇宙線国際会議にて発表した。

【検出器の試作と評価】

上記のシミュレーションで評価した検出器の実物の詳細を設計し、明野観測所で製作、評価した。製作は 2013 年秋に行われ、その場で一様性、 1mip 光電子数を測定した。

ファイバーが比較的高価であり、取り回しを工夫することにより、面積当たりに必要な光ファイバーの長さを減らしたものの TA の地表検出器とほぼ同等の一様性 $\sim 5\%$ と光電子数 18pe/Mip を得ている事を確認した。

【T A サイトでの観測】

作成された検出器を T A 実験サイトにて最終的にアセンブリし、実際の空気シャワーと T A 地表検出器と同時観測を行うために中央レーザー射出装置そばに、検出器を設置した。データは T A 地表検出器データと並行して取得され、観測は現在も問題なく継続している。

得られているデータの例を図 2 と図 3 に示す。図 2 は設置後観測された 10^{19}eV 以上のエネルギーを持つイベントの全体図。図 3 が得られた波形である。

【今後】

設置済の検出器によって得られた波形と、空気シャワーシミュレーションによる予測を比較し、シミュレーションの検証等を行ってゆく。平行して、作成済で未設置の検出器モジュールの T A 実験サイトへの設置を進めてゆく。

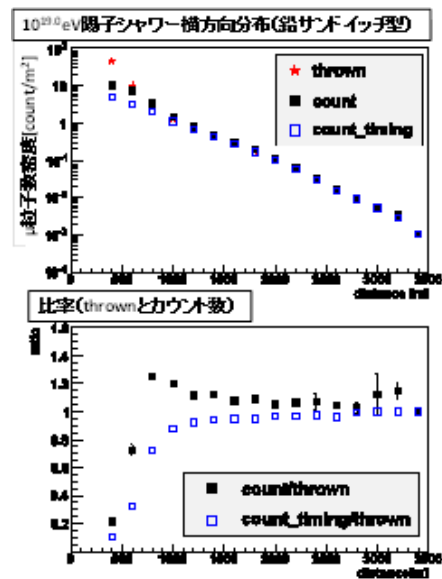


図 1 μ 粒子計数精度

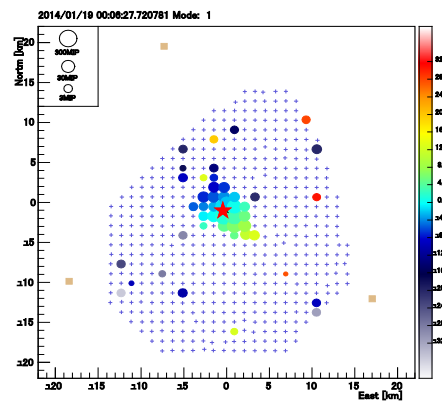


図 2 検出器から 1500m に到来したイベント

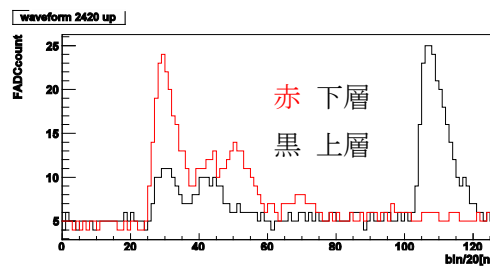


図 3 鉛検出器での信号波形