



記載の記事は宇宙線研究所ホームページ (<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/cat-icrr/>) からでも御覧になれます。

宇宙・素粒子スプリングスクール2013の報告	手嶋 政廣	1
TA Low energy Extension (TALE) 実験	荻尾 彰一・野中 敏幸	4
人事異動		10
ICRR-Seminar		11
ICRR-Report		11

報告

宇宙・素粒子スプリングスクール2013の報告

手嶋 政廣

【宇宙線研究所】

3月4日から5日間、東京大学宇宙線研究所にて全国の大学3年生を対象とした宇宙・素粒子スプリングスクール2013を開催しました。今回は2回目のスクールで、前回にも増して若者パワーで盛り上がりを見せました。宇宙・素粒子スプリングスクールは、サイエンスに興味を持ち、大学院進学を目指す大学生に宇宙・素粒子に関する最先端研究を紹介するとともに、研究の一端を経験してもらうという主旨です。

昨年末から、募集を行なったところ、締め切り1ヶ月前にすでに定員30名を超える多数の応募があり、大学生向けのサイエンススクールの必要性・要求を実感しました。遅れて応募された方には、受入不可能という通知を出さざるを得なかったことが残念でした。北は東北から、南は九州まで11大学から、モチベーションの高い大学生30名を迎えることになりました。多くの学生は、柏キャンパスゲストハウ

ス、または近くのホテルに宿泊しました。

スクールの内容は、講義、最先端研究、プロジェクト研究の3本柱から構成されました。午前中には、基礎的な知識を得るための講義（宇宙線物理、宇宙と素粒子、一般相対論、ビッグバン宇宙）、また、最先端の研究紹介（最高エネルギー宇宙線、ニュートリノ物理、ガンマ線天文学、観測的宇宙論、重力波天文学、宇宙線物理、暗黒物質）の11コマの講義・授業がなされました。午後は、6つのプロジェクト研究グループ（高エネルギー天体、高エネルギーガンマ線天文学、最高エネルギー宇宙線、観測的宇宙論、ニュートリノ物理、重力波天文学）に分かれ、スーパーバイザー、ティーチングアシスタントの指導のもと、論文読み・実験・データ解析・物理解釈を行ないました。

特にプロジェクト研究では、各グループの若手研究者（院生、ポスドク、助教）が学生達に熱心な指

導にあたったこと、また、学生達も気楽に質問、意見交換ができる雰囲気の中で、研究に集中し、研究の楽しさを味わうことができたのは、大変素晴らしいかと思います。また、午前と午後にコーヒブレイクを長めに設け、学生どうしの議論・情報交換、また講師、スーパーバイザーと気軽に質疑応答・議論できる場を設けたのもプラスに働いたと思います。

最終日には、各プロジェクト研究グループから1週間の研究成果を発表してもらいました。どのグループもレベルの高い研究成果を発表する中、いくつかのグループでは、すぐにも論文発表にもつながるような素晴らしい成果が発表されました。学生さん達の高い集中力と、サイエンスに対する強い好奇心が、このような成果につながったのだと思います。

スクール最後に、梶田研究所長より、スクール中に偶然にも起きたカニ星雲のフレアを解析した高エネルギーガンマ線研究グループに最優秀グループ賞が授与されました。このグループは、Fermi LAT、MAGIC のデータを並行して解析し、また星雲成分とパルサー成分を分離し、TeV 領域成分、GeV パルサー成分での変動がなく、GeV 領域の星雲成分で巨大フレアが起こっており、数100TeV を超える高エネルギー電子が数日の間に加速されたことを明らかにしました。

最後に、宇宙・素粒子スプリングスクール準備、開催、運営にあたり、梶田所長、準備委員会のメンバー、講師、インストラクターの皆様、宇宙線研究所の総務、広報の皆様に感謝いたします。皆様のおかげで活気にあふれた素晴らしいスプリングスクールを開催することができました。

宇宙・素粒子スプリングスクールの講義、最先端研究、プロジェクト研究の内容は、また開催中の様子は以下を参照してください。

スプリングスクールウェブページ

<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/ss/>

スプリングスクール報告

<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/ss/2013data/>



図1：スプリングスクール開校式に集う30名の参加者

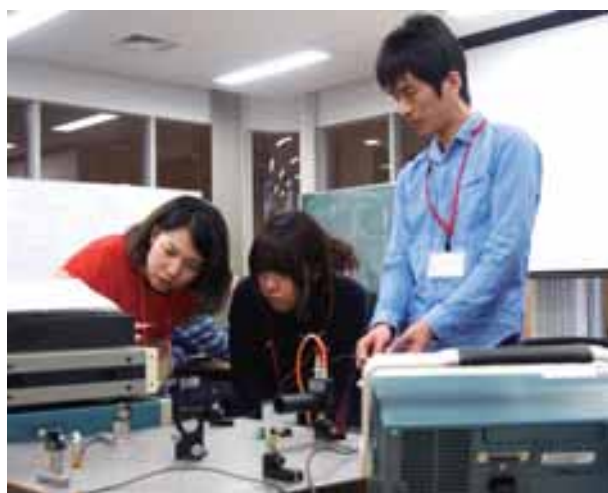


図2：プロジェクト研究発表の様子



図3：活気あふれる5日間のプログラムを終えて

[宇宙・素粒子スプリングスクール2013プログラム]

	3月4日 (月)	3月5日 (火)	3月6日 (水)	3月7日 (木)	3月8日 (金)
9:00 - 9:50	受付 開校式 ガイダンス	講義 II 素粒子と宇宙 担当：伊部	講義 III 一般相対論 担当：大橋	講義 IV ビッグバン宇宙 担当：川崎	プロジェクト研究
10:00 - 10:50	講義 I 宇宙線物理 担当：寺澤	最先端研究 II ニュートリノ物理 担当：奥村	最先端研究 IV 観測的宇宙論 担当：大内	最先端研究 VI ガンマ線・宇宙線物理 担当：瀧田	プロジェクト研究
10:50 - 11:10	Free Discussion & Coffee				
11:10 - 12:00	最先端研究 I 最高エネルギー 宇宙線 担当：佐川	最先端研究 III 高エネルギー ガンマ線天文学 担当：手嶋	最先端研究 V 重力波天文学 担当：川村	最先端研究 VII 暗黒物質 担当：岸本	プロジェクト研究
12:00 - 13:30	L u n c h				
13:30 - 15:00	プロジェクト研究	プロジェクト研究	プロジェクト研究	プロジェクト研究	プロジェクト研究 (プレゼン)
15:00 - 15:30	Free Discussion & Coffee				
15:30 - 18:00	プロジェクト研究	プロジェクト研究	プロジェクト研究	プロジェクト研究	プロジェクト研究 (プレゼン)/閉校式
18:00 - 19:00	Get Together!				

[プロジェクト研究]

プロジェクト研究	スーパーバイザー	TA
高エネルギー天体	寺澤敏夫 (教授) 木坂将大 (研究員) / 三上諒(修士2年)	佐々木健斗 (4年生) 杜驍 (4年生)
高エネルギーガンマ線天文学	手嶋政廣 (教授)	林田将明 (特任助教) 齋藤浩二 (特任研究員)
最高エネルギー宇宙線	佐川宏行 (准教授)	野中敏幸 (助教)
観測的宇宙論	大内正己 (准教授)	小野宜昭 (助教) 中島王彦 (博士課程2年)
ニュートリノ物理	西村康宏 (特任助教)	Tristan Irvine(博士課程2年) Euan Richard(博士課程1年)
重力波天文学	川村静児 (教授)	田越秀行 (大阪大学・助教) 陳タン (博士課程1年)

研究紹介

TA Low Energy extension (TALE) 実験

荻尾 彰一・野中 敏幸

【大阪市立大学・宇宙線研究所】

宇宙線のエネルギースペクトルは現在 10^{20} eVまで観測されている。我々の銀河系の大きさと磁場の強さから言って、非常に高いエネルギーの宇宙線は主に銀河系外に起源があり、銀河系内宇宙線にはどこかに高エネルギー限界があるはずである。おそらく、スペクトル、主成分の元素（質量）組成、到来方向等に、その遷移の様子が観測されるはずである。TALEはこの遷移を突き止めることを第1の目的とする。

10^{18} eVを超える高エネルギー側で観測される宇宙線は、銀河系外起源であるといわれ、TA実験で観測しているスペクトルには、単調な冪型のスペクトルの上に、いくつかのはっきりとした特徴を持った構造が現れている。これは、伝播途中での宇宙背景放射などとの相互作用によるエネルギー損失の効果であると考えられる。観測されるスペクトルの形状には、宇宙線発生源の密度と距離が関係している。広いエネルギー領域にわたって、エネルギースペクトルと質量組成の変化を精度よく測定し、銀河系内宇宙線の寄与を切りわけて、銀河系外宇宙線の進化（密度と距離の関係など）、生成源の性質（power index, E_{max} など）を導き出すことが、TA+TALEの第2の目的である。

TA Low Energy extension (TALE) は、望遠鏡アレイ (TA) 実験に隣接して設置し、 $10^{16.5}$ eV以上のエネルギーの宇宙線を測定する実験である。TA実験と合わせて $10^{16.5}$ eVから $10^{20.5}$ eVの4ケタに及ぶエネルギー範囲において、エネルギースペクトルと質量組成の変化を、精度よく統一的に測定することができる。

1. TALE 実験とは？

TALE実験は、TA実験に隣接して高仰角の大気蛍光望遠鏡と高密度の地表検出器アレイを追加することにより、観測の閾値エネルギーを $10^{16.5}$ eVまで下げ、エネルギースペクトルと宇宙線の質量組成を高精度で測定する計画である（図1）。

TA実験は 10^{18} eV以上の最高エネルギー宇宙線を観測するために、米国ユタ州ミラード郡に設置され



図1：TA実験とTALE実験の装置配置図。

ている北半球最大の宇宙線観測装置であり、TA実験は、1.2km間隔で配置された507台の地表検出器からなる空気シャワーアレイと、それを取り囲む3つの大気蛍光望遠鏡ステーションから構成されている [1]。これまでの5年間のTAによる観測では $10^{18.2}$ eV以上のエネルギースペクトルの上いくつかの構造を観測している [2]。これらの構造（と構造ができるエネルギー）は、宇宙背景放射（CMB）と一次宇宙線陽子の衝突によるパイオン生成を起源とするGZK cutoff ($10^{19.7}$ eV)、GZK pileup ($10^{19.4}$ eV)、 $e+e-$ 生成によるdip ($10^{18.7}$ eV)が見えておりと解釈できる。同時に空気シャワー最大発達深さ（ X_{max} ）の測定から、その平均値と分布はこのエネルギー領域全体で一次宇宙線が純粋に陽子のみからなると仮定した場合と矛盾しないことが分かった [3]。これらの結果を総合して、「最高エネルギー宇宙線は銀河系外起源の陽子であり、CMB光子との相互作用

による強い減衰が起きている」という描像ができる。

TALE 実験では、TA との同時観測と相互較正によって $10^{16.5}$ eV から $10^{20.5}$ eV までの 4 ケタにも及ぶエネルギー範囲を、シャワー再構成分解能に優れたハイブリッド観測でカバーする。このエネルギーは、銀河系内宇宙線とその終わり、系内から系外への遷移、銀河系外宇宙線とその GZK 終端の、すべてを含むエネルギー領域である。TA+TALE は、統合した一つの実験・加速器で較正した一つのエネルギースケールを用いて、この領域のエネルギースペクトル、 X_{\max} と、そのエネルギーによる変化の測定に決着をつける。

2. ねらう物理

TALE 実験の目的は、(1) 宇宙線起源の銀河系内から銀河系外への遷移の検出、(2) 「Second Knee」の確認による最高エネルギー宇宙線の組成と伝播モデルの確立、(3) 宇宙線生成の進化 (evolution) の研究である。観測対象の 10^{17} eV 領域は LHC のさまざまな測定にカバーされており、同一エネルギーで観測された空気シャワーの特徴と加速器実験による測定を比較することで、信頼度の高い測定を行うことができる。

2.1. 銀河系内—系外遷移

$10^{15.5}$ eV における「knee」と呼ばれるスペクトルの折れ曲がり付近とそれより高いエネルギーでの観測では、一次宇宙線の平均質量数が徐々に大きくなり、宇宙線の主成分が重い元素へ移行していく様子が示されている。これは rigidity^{注1} に依存した銀河系内宇宙線の減衰によるもので、 $10^{15.5}$ eV での陽子成分の減衰に始まり、このプロセスが順にヘリウム、炭素と、鉄まで続くと考えられる。knee よりも 26 倍高いエネルギー、すなわち $\sim 10^{17}$ eV では主成分が鉄となり、折れ曲がり「iron knee」が観測されるはずである。

一方、銀河系外で生成され、はるばるやってくる宇宙線は陽子が主成分として見え始めると考えられている。これは、同じエネルギーで考えると、鉄の場合は遠くにある発生銀河から我々の銀河まで、磁場による散乱のために到達することが出来ない一方で、陽子の場合は同じエネルギーで磁場による偏向が鉄の 26 分の 1 と小さいため、陽子の方がより低い

エネルギーから我々の銀河まで到達することができるからである。

銀河系内—系外遷移の起きているエネルギー領域では、宇宙線の主成分が鉄から陽子へ極端に変化する。この遷移領域では、 X_{\max} 分布が鉄成分と陽子成分の両方を含むため、その分布が非常に広がるはずである。この X_{\max} の分布幅のエネルギーに依存した変化が見つかれば、宇宙線源の銀河系内から系外への遷移の決定的な証拠となるだろう。

2.2. Second Knee

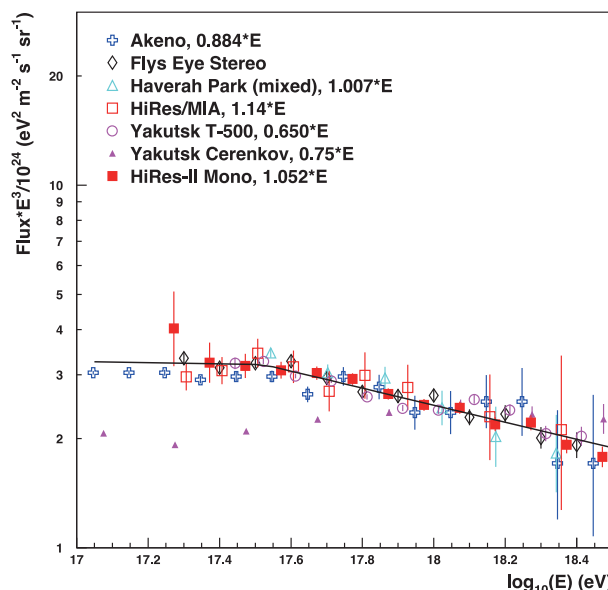


図2：いくつかの実験による Second Knee 領域のエネルギースペクトル。 10^{18} eV で Fly's Eye の結果に合うように各実験のエネルギースケールを変えたもの [4]。

TA 実験で測定された最高エネルギー宇宙線のスペクトルから推定される描像、すなわち銀河系外一次宇宙線陽子の CMB 光子との相互作用によれば、 $10^{18.7}$ eV に見られる e^+e^- 生成による dip にともなつて、エネルギーを失った陽子の集積が、スペクトルの折れ曲がり Second Knee として $10^{17.5}$ eV に観測されるはずである。これが見えれば、最高エネルギー領域での宇宙線組成と伝播過程の描像が確かめられる。

この領域のこれまでの観測では、実験間でエネルギースケールが約 2 倍の範囲で異なるように見え^{注2}、統計的にも不十分である (図 2、[4] [5])。TALE 実験は $10^{16.5}$ eV から最高エネルギー領域まで統一した

注1 R Rigidity(剛度)：運動量 P(Gev)、電荷重 Ze として $R \equiv P/Ze$ (GV) と定義される量で、大きいほど磁場による偏向が少ない。

注2 図 4 中、データ点に対応する実験名の右に、Fly-Eye 実験を基準とする場合の各実験のエネルギースケールへの補正ファクターが記入してある。最大が 1.14、最小が 0.65。

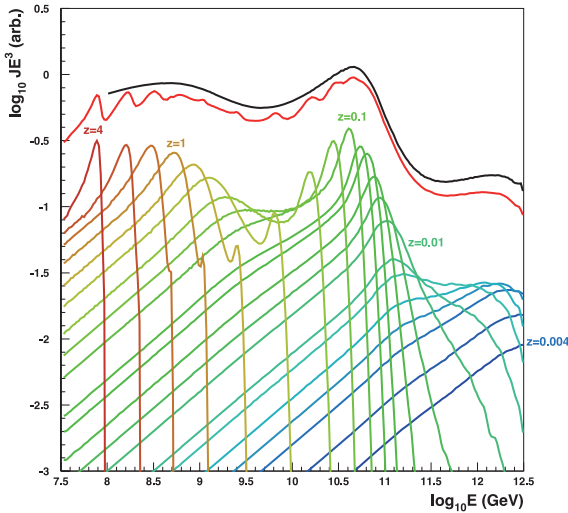


図3：さまざまなzにある点源のエネルギーフラックスへの寄与。Bergman らによるモデル計算 [6]。

エネルギースケールで観測を行う。TALE 実験での観測結果は、銀河系外宇宙線の伝播の様相をとらえる鍵となる Second Knee を確定する上で非常に重要である。

2.3. 宇宙線源の「進化」

極高エネルギー宇宙線は、主に宇宙の膨張と CMB 光子との相互作用によってそのエネルギーを失う。これらのエネルギー損失過程は、源から地球への伝搬距離によるため、観測されるエネルギースペクトルには、距離（赤方偏移パラメータ z）毎の宇宙線発生源の密度（ ρ ）の違いを反映した各種の構造が見られると予想される。（図3、[6]）。

高精度・高統計で測定されたスペクトルの構造を宇宙線伝播シミュレーションと比較することによって、宇宙線源の密度の赤方偏移依存性、 $\rho \propto (1+z)^m$ の evolution parameter m が求められる。

図4に示すように、 10^{19} eV 半ば付近の形状はスペクトルインデックスに強く依存し、 $10^{18.7}$ eV のすぐ下のエネルギー領域は m に強く依存することが予想されている（図4、[6]）。このため、エネルギースペクトルのフィットから、これらの重要なパラメータを個別に制限することができる。これによって「エネルギースペクトル」「質量組成」「到来方向分布」という観測量に加え、宇宙線源の研究のための新しい「進化」という座標軸が切り開かれてゆく。TALE 実験のエネルギー領域では 赤方偏移パラメータ z が1程度の宇宙論的距離にある宇宙線源の寄与が支配的である。TA と TALE をあわせることで、TA が観測する $z \sim 0.01$ の領域と TALE の $z \sim 1$ までの領域を合わせて宇宙線源の進化を明らかにす

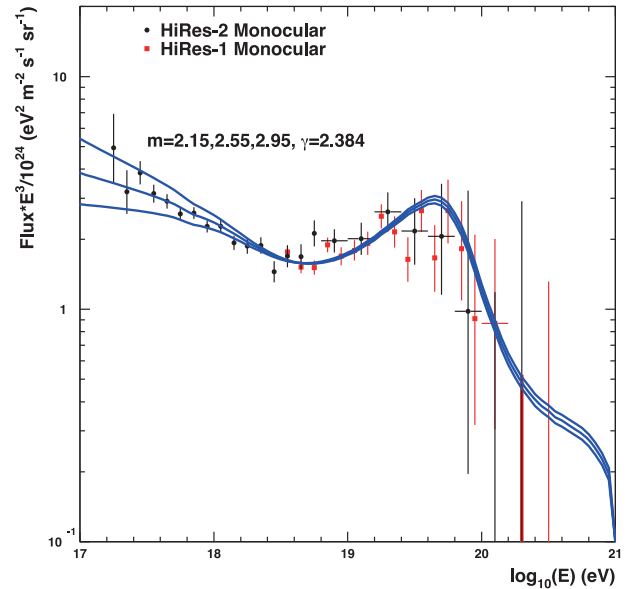
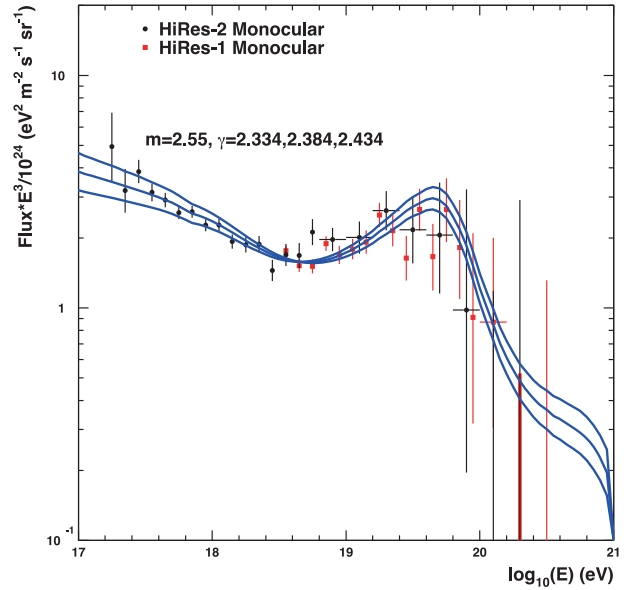


図4：極高エネルギー領域のエネルギースペクトルの構造へのスペクトルインデックスの変化の寄与（上）、evolution parameter(m) の変化の寄与（下）。ankle 領域はスペクトルインデックスに敏感である一方で、ankle の低エネルギー側は m に敏感であることがわかる [6]。

ることが可能になる。

2.4. LHC と空気シャワー

TALE と TA のハイブリッド観測領域である $10^{16.5}$ eV から $10^{20.5}$ eV の宇宙線の重心系エネルギー下端は、LHC の衝突エネルギーに重なり、TALE の宇宙線観測 と LHC 実験の結果は外挿なしに同一エネルギーでの比較が可能である。LHC 実験による全断面積などの新しい測定が相互作用モデルに組み込まれれば、TALE 実験などによる空気シャワー観

測はモデルのテストとして非常に有用になる。特に、 10^{17} eVでの陽子・陽子あるいは陽子・原子核（窒素など）相互作用の全断面積や粒子生成の多重度の情報が加速器実験から得られれば、さらに正確な X_{max} のシミュレーションが可能になる。これは最高エネルギー宇宙線実験にとって極めて重要である。

2.5. 到来方向異方性

TALE 実験のハイブリッド観測からは、質量組成によってタグ付けされた異方性測定が可能になるかもしれない。とくに銀河系内起源である重原子核成分銀河面からの超過が期待される。但し、銀河磁場による大きな偏向が予想されることから、点源のように観測されるのではなく、周期解析によって有意な異方性振幅として観測されるだろう。

3. TALE 検出器

3.1. TALE 大気蛍光望遠鏡

TALE 大気蛍光望遠鏡ステーション（図5）はTA実験のMiddle Drumステーションに隣接して設置され、TA望遠鏡の視野のさらに上、仰角 31° から 59° を見る。

これによって、より低いエネルギーの宇宙線、すなわち、より高い高度で最大発達を迎える空気シャワーのが観測できるようになった。方位角方向の視野はMiddle Drumステーションよりも若干狭く、およそ 110° である。TALEステーションに設置される望遠鏡とエレクトロニクスにはHiRes-II [7] で使われた装置を再調整して使用しており、信号波形は10MHzのサンプリング周波数で記録される。

TALE望遠鏡は2012年11月に完成し、現在はトリガー関連エレクトロニクスの再設定と調整を行っているところである。図6は試験観測で得られた空気シャワー像である。



図5：TALE 大気蛍光望遠鏡ステーション

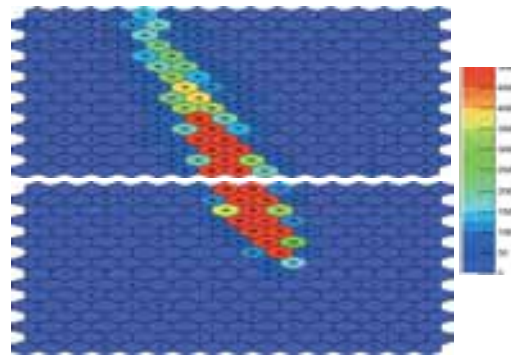


図6：TALE望遠鏡の試験運用中に捕らえられた空気シャワー像。2つのカメラにまたがる長い軌跡である。

3.2. TALE 地表検出器アレイ

TALE望遠鏡ステーションの前には、101台の地表粒子検出器からなる高密度空気シャワーアレイを展開する（図7）。高密度アレイは3つの部分からなる。（1）大気蛍光望遠鏡による観測では、 10^{16} eVの空気シャワーはステーションからおよそ3km以内でしか検出されない。従って、3km以内の領域では、低エネルギーの空気シャワーに感度を持たせるため、地表検出器を密に配置する。そこで、この第1の部分、TALEステーションに最も近い部分には、地表検出器を40台、400m間隔で並べ、 3×10^{16} eVの空気シャワーに対して10%のハイブリッド検出効率を持つように設計した。（2）その外側の第2の部分、ステーションから3～5kmの範囲では、検出器36台を600m間隔で並べ、 10^{17} eVの宇宙線に対して10%の検出効率を持たせる。（3）このような高密度配置部分とTAのアレイを接続するために25台の検出器を、それらの中間に1.2km間隔（TA実験と同じ）配置する。

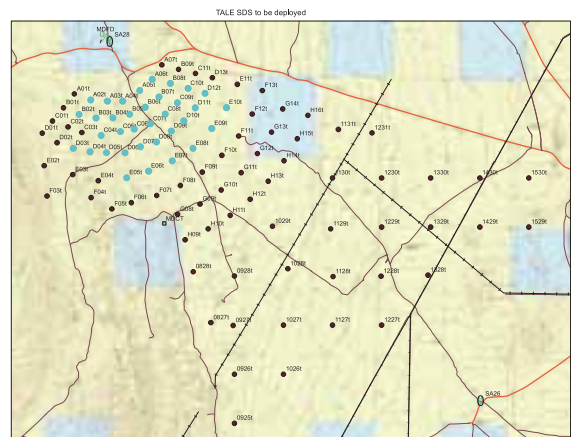


図7：現在予定されているTALE地表検出器の配置案。黒点が地表検出器配置、黒丸の内、水色に塗られている点は2013年4月に設置を行った。

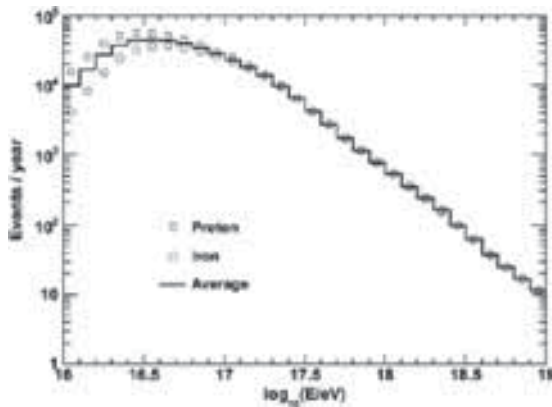


図8：TALE 高密度アレイによる1年間の観測で期待されるトリガーイベント数

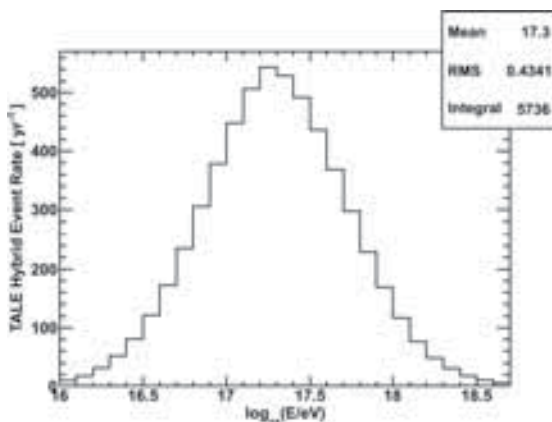


図9：TALE 実験の1年間のハイブリッド観測から期待されるイベント数。



図10：TALE 実験用の無線LAN 通信塔。写真の右上には Middle Drum/TALE ステーションが小さく写っている。

TALE 高密度アレイは望遠鏡とは独立して動作しつつ、同時に望遠鏡とのハイブリッド観測も行なう。モンテカルロ計算による見積もりでは、TALE ハイブリッド観測のモードエネルギー E_{mode} は $10^{17.3}\text{eV}$ で、期待される年間事象数は約5,000である(図8)。これをTA ハイブリッド観測と比較するとモードエ

ネルギーは1.2桁下がり、事象数は約2倍である。TALE の最初の観測結果は、 10^{17}eV 以上の宇宙線のエネルギースペクトル、 X_{max} 分布、到来方向分布について、約1.5年の観測で得られると期待される。

TALE 空気シャワーアレイ単独での統計量は $E_{\text{mode}} = 10^{16.5}\text{eV}$ で、1年で約50,000事象が得られる(図9)。

TALE 高密度アレイは、2012年10月にはTALE のデータ収集用無線LAN システムの通信塔を設置し、さらに2013年4月には400m 間隔の最も設置密度の高い領域に35台の検出器を設置して、試験観測を始めた(図10)。

4. TALE 実験の完成に向けて

TALE 実験はTA 実験と合わせて $10^{16.5}\text{eV}$ から $10^{20.5}\text{eV}$ までの広いエネルギー範囲の宇宙線を、「加速器により較正された単一のエネルギースケール」でハイブリッド観測するという、世界で唯一の宇宙線観測装置である。TALE 大気蛍光望遠鏡は完成し、試験観測を開始した。しかし、TALE 高密度アレイの残り約60台の地表検出器を設置する必要がある。TALE 実験のねらいの一つは、高精度でのエネルギースペクトルの測定で、そのためには空気シャワーアレイを完成させることが必要である。また、アレイのシャワー粒子到来時刻の情報を使えば、大気蛍光望遠鏡のステレオ観測ではなくても、それと同程度のジオメトリ再構成精度を達成できる。精度の良い X_{max} 測定にはアレイの完成が必須である。今後、大型の科研費等を獲得して、ぜひともTALE を完成したい。今後度ともICRR、CRCをはじめとする関係機関、関係コミュニティのご支援を賜りたい。

TA 実験は2008年の定常運用開始から順調に観測を続けている。また、世界ではじめて疑似空気シャワー発生用の電子線形加速器が運用されていることもあり、研究開発拠点としての重要性も高まっている。これまでに、GHz帯電波望遠鏡(ドイツ・KIT、日本・甲南大ほか)、100MHz帯レーダー(TARA 実験)、JEM-EUSO プロトタイプ(TA-EUSO)、Auger 地表検出器水タンクが設置され、あるいは設置が決まり、研究が進められている。北半球で大都市に近く、ユニークな較正装置を持つ実験装置として「TA 実験」のエネルギー感度領域を拡大するTALE 実験に期待していただき、今後も活発に利用していただきたい。

参考文献

- [1] T. Abu-Zayyad, et al., Nucl. Instr. and Meth. A689 87 (2012); H. Tokuno, et al., Nucl. Instr. and Meth. A676, 54 (2012); J. N. Matthews, et al., Proc. of 30th ICRC, 5, 1254 (2007).
- [2] T. Abu-Zayyad, et al., Ap. J. 768: L 1 (2013).
- [3] Y. Tameda et al., Proc. of 32nd ICRC, HE1.3, 1268 (2011).
- [4] D. R. Bergman and J. W. Belz, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 34, 359 (2007).
- [5] D. J. Bird et al., Ap. J. 424:491 (1994); D. J. Bird, et al., Phys. Rev. D47 1919 (1993); T. Abu-Zayyad, et al., Phys. Rev. Lett. 84, 4276 (2000); T. Abu-Zayyad, et al., Ap. J., 557: 686 (2001); M. I. Pravdin, et al., Proc. of 26th ICRC, 2, 292 (1999). <http://www-akeno.icrr.u-tokyo.ac.jp/AGASA>
- [6] D. R. Bergman et al., astro-ph/0603797 (2006).
- [7] J. H. Boyer et al., Nucl. Instr. and Meth. A482, 457 (2002).

人 事 異 動

発令日	氏名	異動内容	職
H25. 3. 1	林 田 将 明	新規採用	特任助教
H25. 3. 1	渡 辺 圭 子	新規採用	事務補佐員
H25. 3. 16	山 口 明 子	新規採用	事務補佐員
H25. 3. 16	丹 郷 眞代美	新規採用	臨時用務員
H25. 3. 31	中 谷 一 郎	任期満了	客員教授
H25. 3. 31	浅 岡 陽 一	退職	助教
H25. 3. 31	小 汐 由 介	退職	助教
H25. 3. 31	宮 原 ひろ子	任期満了	特任助教
H25. 3. 31	廣 瀬 榮 一	任期満了	特任研究員 (研究所研究員)
H25. 3. 31	YUMA, Suraphong	任期満了	特任研究員 (プロジェクト研究員)
H25. 3. 31	杉 山 昇 平	任期満了	特任研究員 (研究所研究員)
H25. 3. 31	山 内 大 介	任期満了	特任研究員 (研究所研究員)
H25. 3. 31	多米田 裕一郎	任期満了	特任研究員 (プロジェクト研究員)
H25. 3. 31	MOTZ Holger Martin	任期満了	特任研究員 (プロジェクト研究員)
H25. 3. 31	MARTI MAGRO Lluis	任期満了	特任研究員 (プロジェクト研究員)
H25. 3. 31	井 上 進	受入終了	協力研究員
H25. 3. 31	McLACHLAN Thomas Fukuei	受入終了	協力研究員
H25. 3. 31	李嘉碧 (LEE Ka Pik)	受入終了	協力研究員
H25. 3. 31	上 野 昂	受入終了	協力研究員
H25. 3. 31	藤 井 俊 博	受入終了	学振特別研究員
H25. 3. 31	松 澤 登	定年退職	事務長
H25. 3. 31	鷹 野 恵 利	任期満了	事務補佐員
H25. 3. 31	大 窪 奈留美	任期満了	臨時用務員
H25. 4. 1	宮 川 治	新規採用	助教
H25. 4. 1	浅 野 勝 晃	新規採用	助教
H25. 4. 1	佐 古 崇 志	新規採用	特任研究員 (研究所研究員)
H25. 4. 1	林 将 央	新規採用	特任研究員 (研究所研究員)
H25. 4. 1	花 畑 義 隆	新規採用	特任研究員 (研究所研究員)
H25. 4. 1	澁 谷 隆 俊	新規受入	筑波大学研究員
H25. 4. 1	田 中 周 太	新規受入	学振特別研究員
H25. 4. 1	YUMA, Suraphong	新規受入	学振特別研究員
H25. 4. 1	藤 井 俊 博	新規受入	協力研究員
H25. 4. 1	石 井 好 和	転入	事務長
H25. 4. 1	高 山 恭 一	転入	重力波推進室事務室係長
H25. 4. 1	浅 香 貞 子	新規採用	事務補佐員
H25. 4. 25	廣 瀬 榮 一	新規受入	協力研究員
H25. 5. 1	阪 田 紫帆里	新規採用	技術補佐員
H25. 5. 1	清 水 かつ子	新規採用	臨時用務員

(H25.3.1~H25.5.1)

ICRR-Seminar 2012年度

2013年4月4日(木) 灰野 禎一 (台湾中央大学)
“AMS-02 実験の現状報告”

ICRR-Report 2012年度

ICRR-Report-645-2012-34

“Scale-dependent bias due to primordial vector field”

Maresuke Shiraishi, Shuichiro Yokoyama, Kiyotomo Ichiki, Takahiko Matsubara.

ICRR-Report-646-2012-35

“Heavy gravitino in hybrid inflation”

M. Kawasaki, N. Kitajima, K. Nakayama and T. T. Yanagida.

ICRR-Report-647-2012-36

“Forecast constraints on cosmic strings from future CMB, pulsar timing and gravitational wave direct detection experiments”

Sachiko Kuroyanagi, Koichi Miyamoto, Toyokazu Sekiguchi, Keitaro Takahashi, Joseph Silk.

ICRR-Report-648-2012-37

“Statistics of general functions of a Gaussian field -application to non-Gaussianity from preheating-”

Teruaki Suyama, Shuichiro Yokoyama.

ICRR-Report-649-2012-38

“Gravitational waves from a curvaton model with blue spectrum”

Masahiro Kawasaki, Naoya Kitajima, Shuichiro Yokoyama.

No.85

2013年6月30日

東京大学宇宙線研究所

〒277-8582 千葉県柏市柏の葉5-1-5

TEL (04)7136-5148

編集委員 林田美里