

極高エネルギー宇宙線観測実験  
「テレスコープアレイ実験」の  
低エネルギー拡張計画  
～TALE計画～

2011/08/02

大阪市立大学

宇宙線物理学研究室

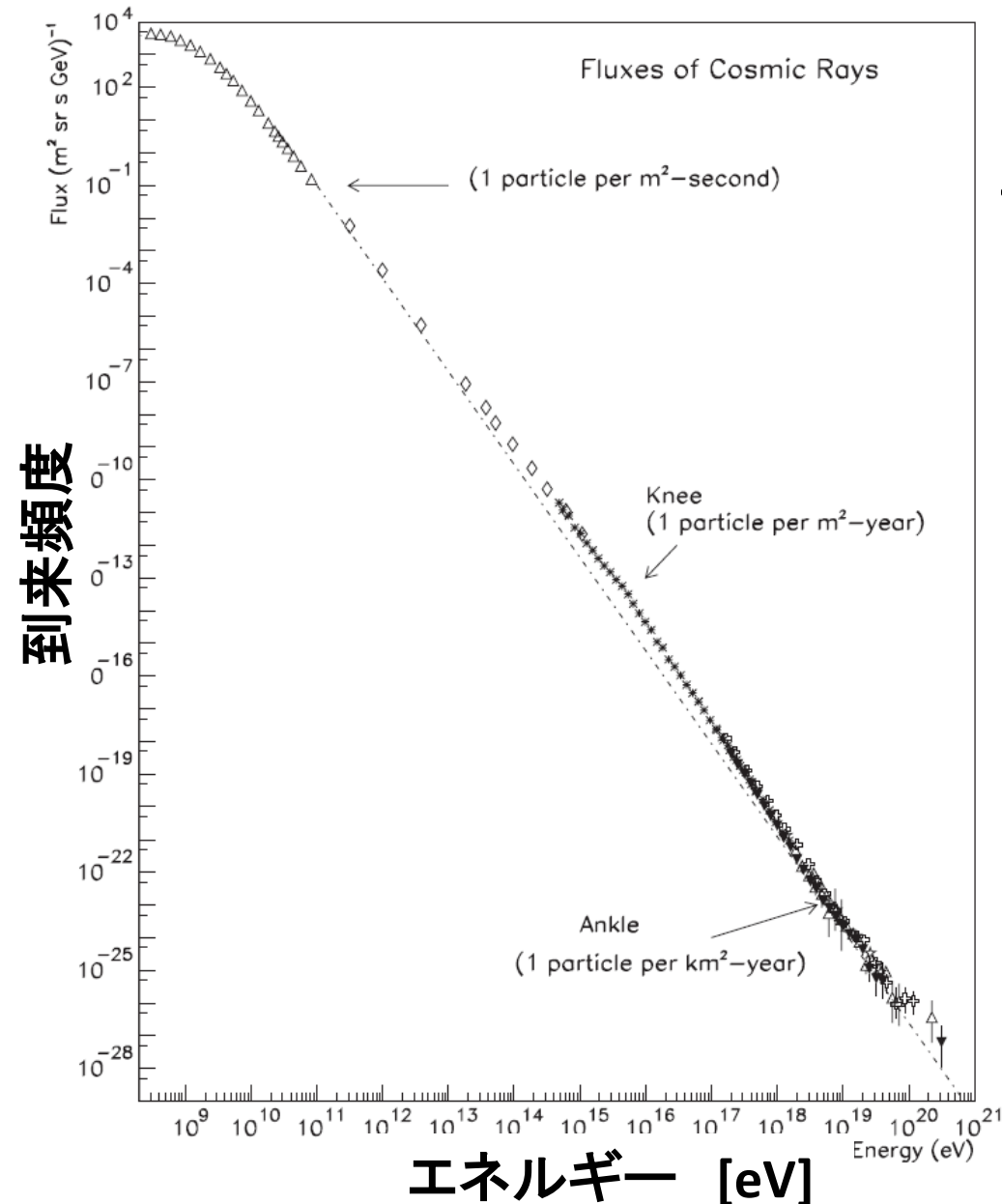
南平 兵衛



# 発表の流れ

1. 宇宙線
2. テレスコープアレイ実験(TA)
3. TALE計画
4. 地表検出器エレクトロニクスの改良
5. まとめと今後

# 宇宙線



■ 宇宙に存在する高エネルギー放射線

→ソースは超新星爆発など

Knee:

1 $\text{m}^2$ に1年間でおおよそ1粒子

Ankle:

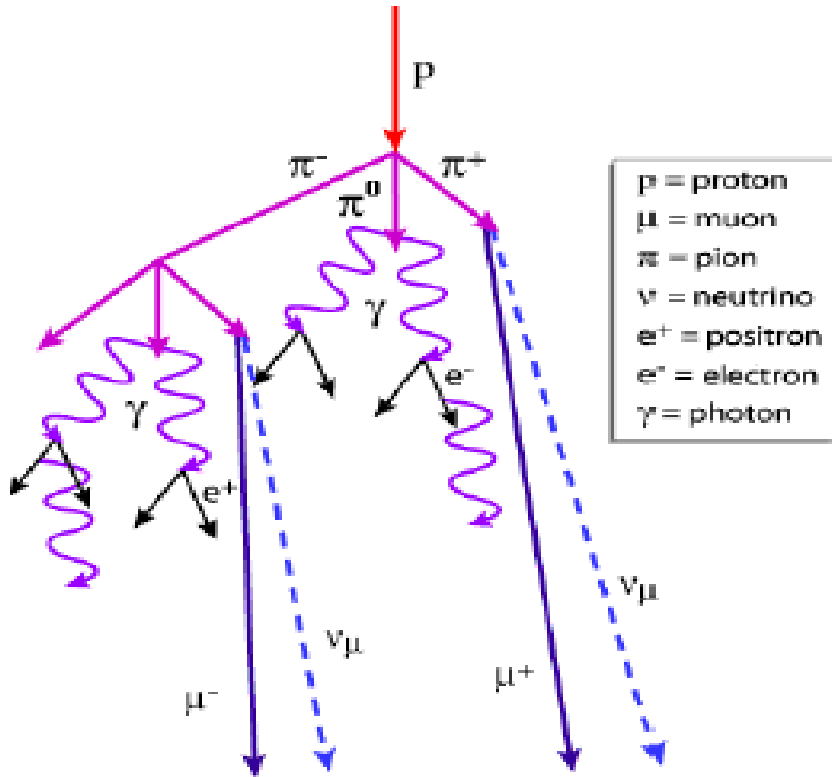
1 $\text{km}^2$ に1年間でおおよそ1粒子

極高エネルギー領域:

100 $\text{km}^2$ に1年間におおよそ1粒子

■ 到来頻度は $E^{-3}$ に比例して小さく  
高エネルギー領域では  
**空気シャワー現象を観測**

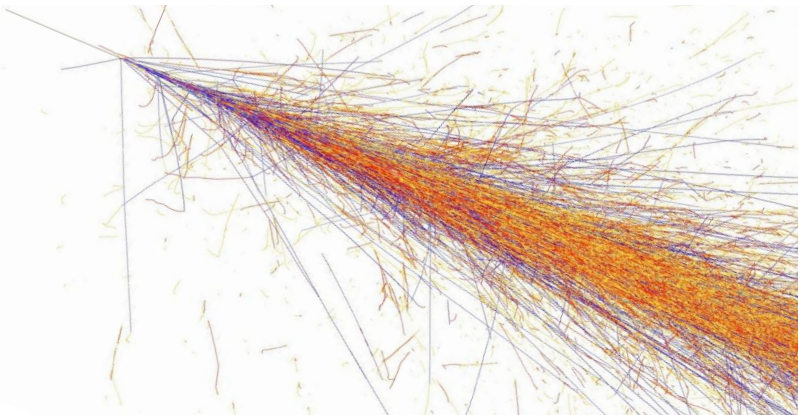
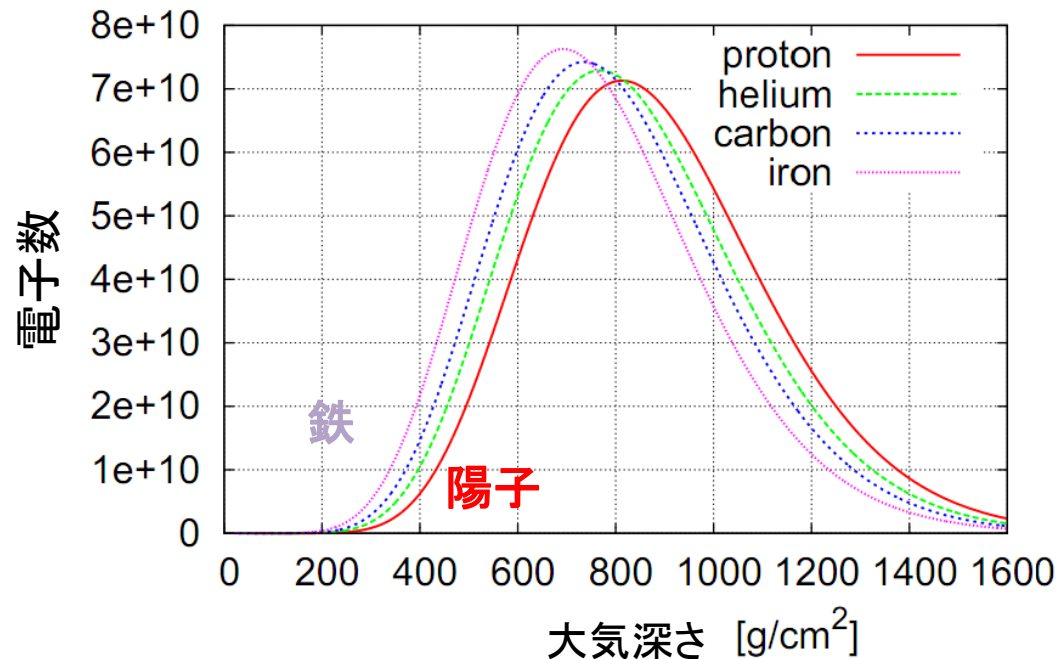
# 空気シャワー現象



- 宇宙線が大気中の原子核と相互作用し、2次粒子が連続的に生成される
- 粒子数の増減は入射した宇宙線の化学組成に依存する

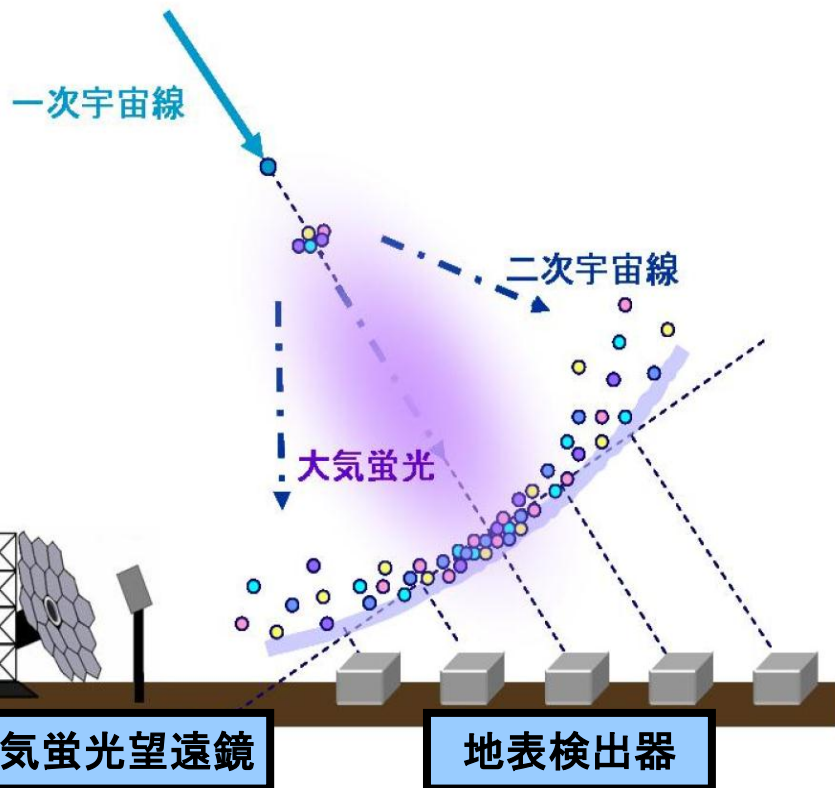
電子数のピーク位置は **Xmax (最大発達深さ)**

Longitudinal Development of  $10^{20}$  eV



# 宇宙線の観測法

宇宙線の情報 は 空気シャワー を 観測 すること で 得られる



## 地表検出器

- 荷電粒子が検出器を通過したときの信号を検出
- 信号の大きさは通過した粒子数に比例

## 大気蛍光望遠鏡

- 荷電粒子が大気中を通過するときに、励起された窒素分子からの発光を検出

# テレスコープアレイ(TA)サイト

場所: 米国ユタ州 砂漠地帯(標高~1400m)

TAは2種類の検出器によるハイブリッド観測を行っている

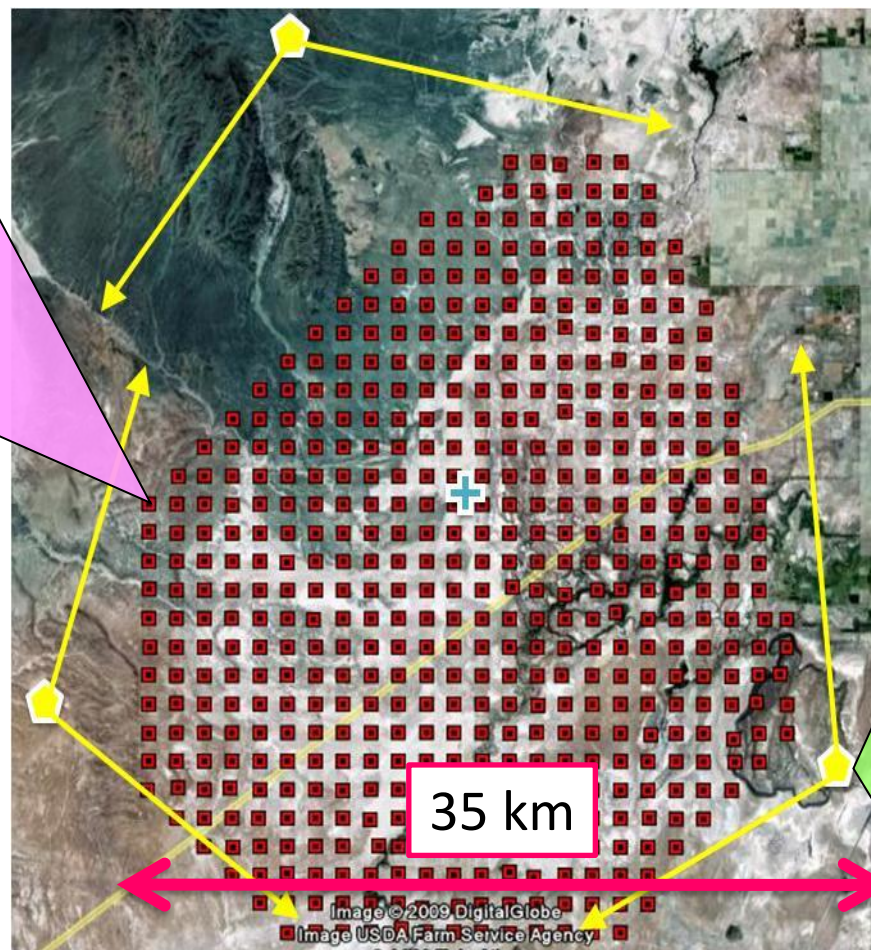


お互いの情報を共有することで、精度の良い観測が可能



地表検出器

シンチレーション検出器  
507台  
3 m<sup>2</sup> x 1.2cm x 2 layers  
1.2km 間隔, 700km<sup>2</sup>



35 km

大気蛍光望遠鏡

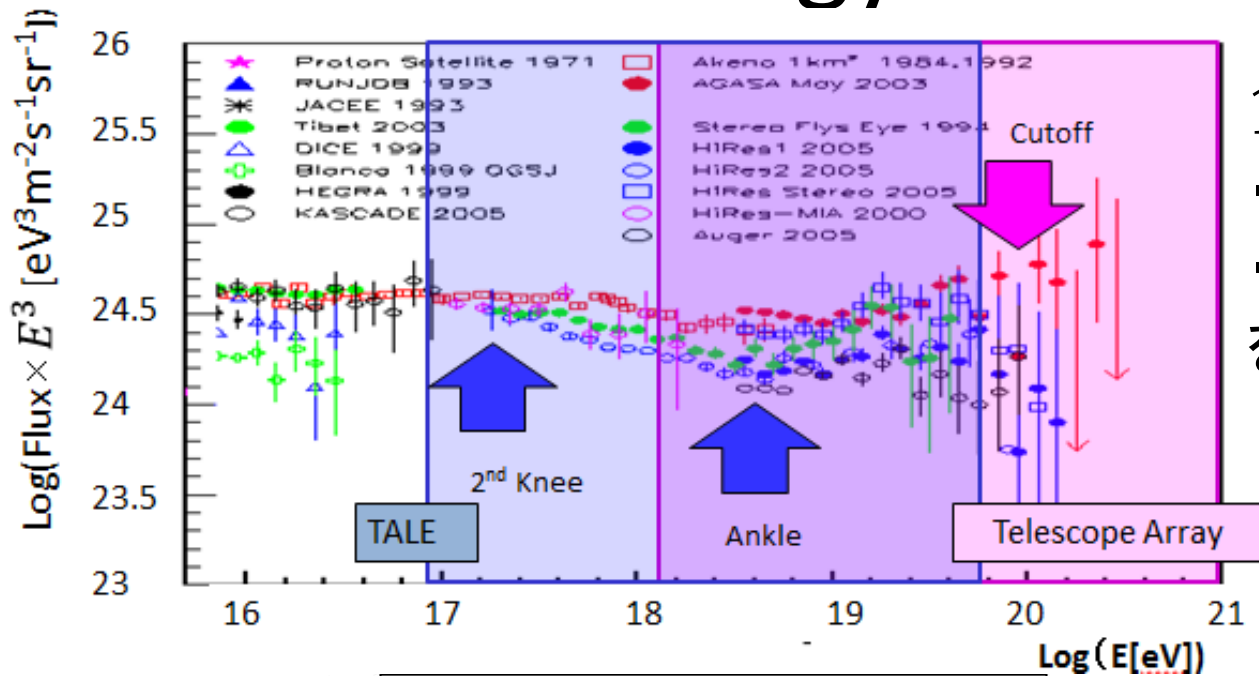
ステーション: 3ヶ所  
望遠鏡:



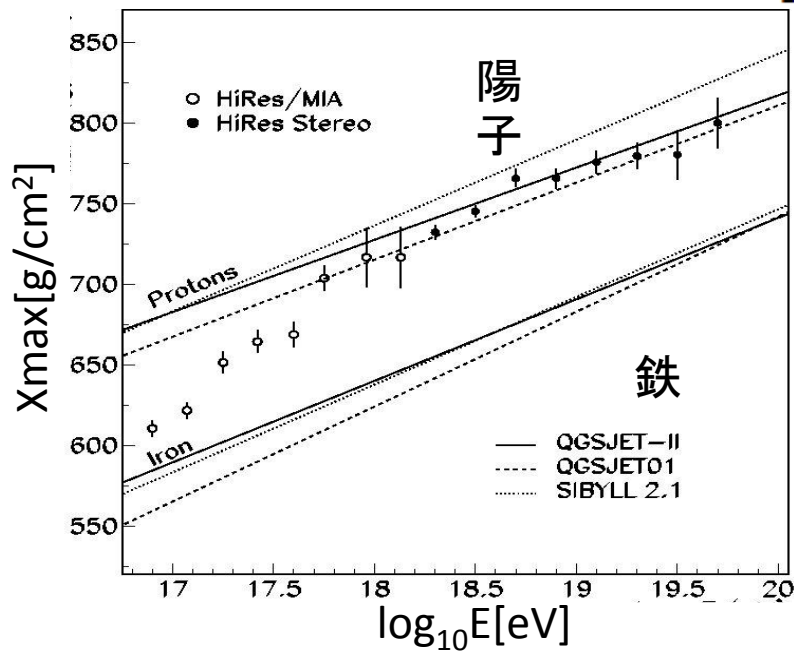
Image © 2009 DigitalGlobe  
Image USDA Farm Service Agency



# TA Low energy Extension 計画



10<sup>17</sup> eV ~ 領域の  
 ・エネルギースペクトル  
 ・化学組成  
 を測定する



宇宙線源の遷移がある  
 のだろうか？  
 →精度の良い化学組成  
 の測定でより明確に！





# TALE計画用地表検出器の開発

現行の地表検出器の検出器間隔を低エネルギー仕様にする

## ・TALE仕様にするための改良すべき点

1.  
取得データがこれ以上多くなると、転送速度が追い付かない  
ファームウェアを使用している。

**ファームウェアの改良が必要**

2.  
エレクトロニクス用パーツで現在入手不可能なものがある。

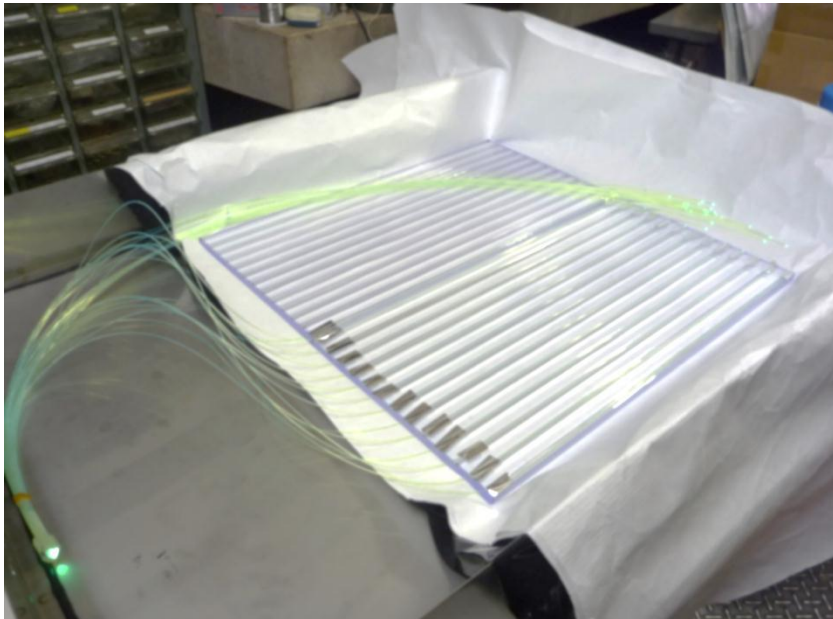
**新規パーツを用いたエレクトロニクスの開発が必要**

# エレクトロニクス改良の下準備

開発時の試作品をテストできるように  
テスト用地表検出器を製作しておく！

## テスト用地表検出器に必要な特徴

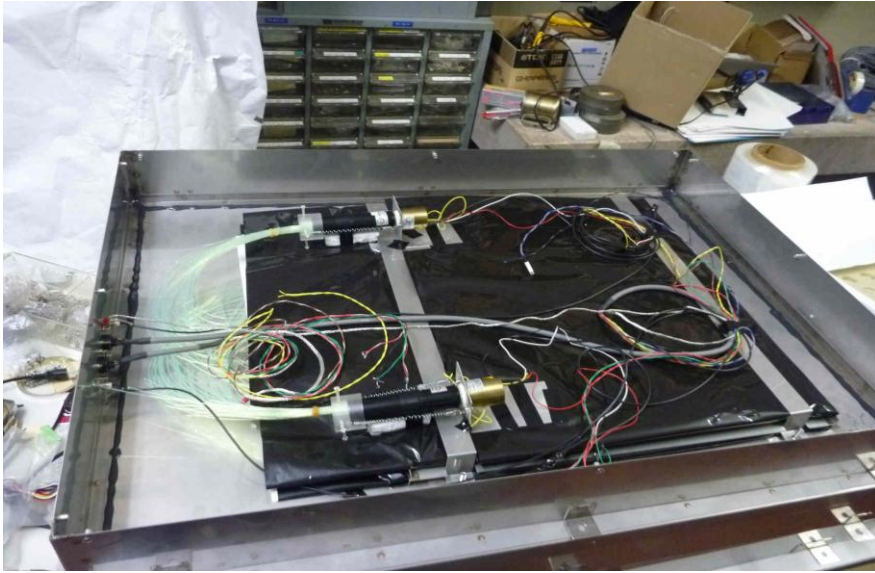
- 大学構内で稼働
- 3台用意して空気シャワーの方向がわかる
- 検出面積以外は現行の物の完全コピー



左図プラスチックシンチレーター  
に光ファイバーをはっている  
右図光ファイバーからの信号を  
検出する光電子増倍管(PMT)



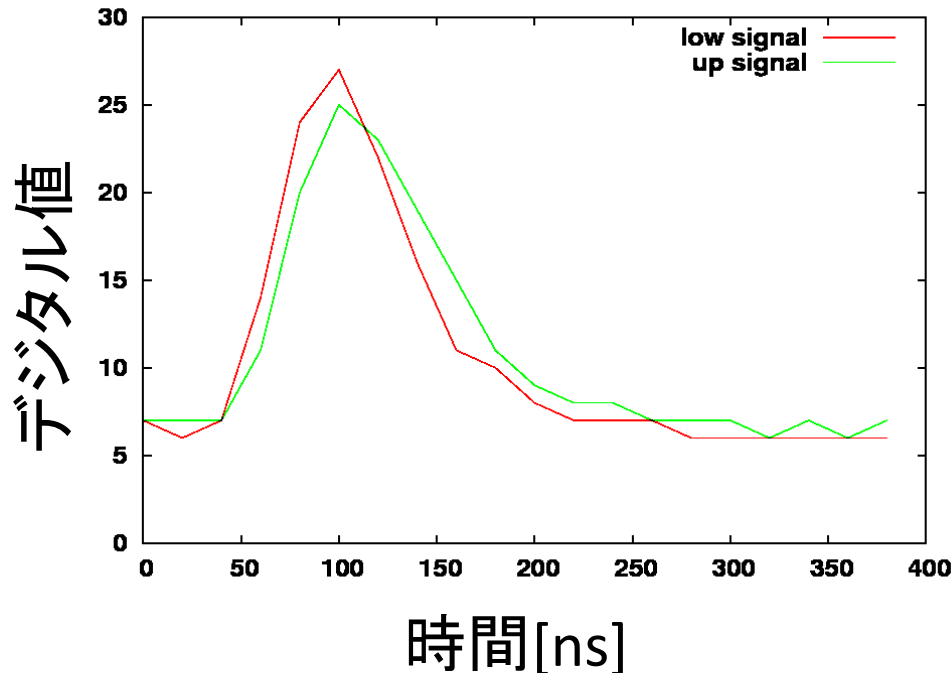
# 宇宙線の測定



## 上図

検出器の中身の全体写真  
蓋をしめる稼働できる

現在は3台が完成している。

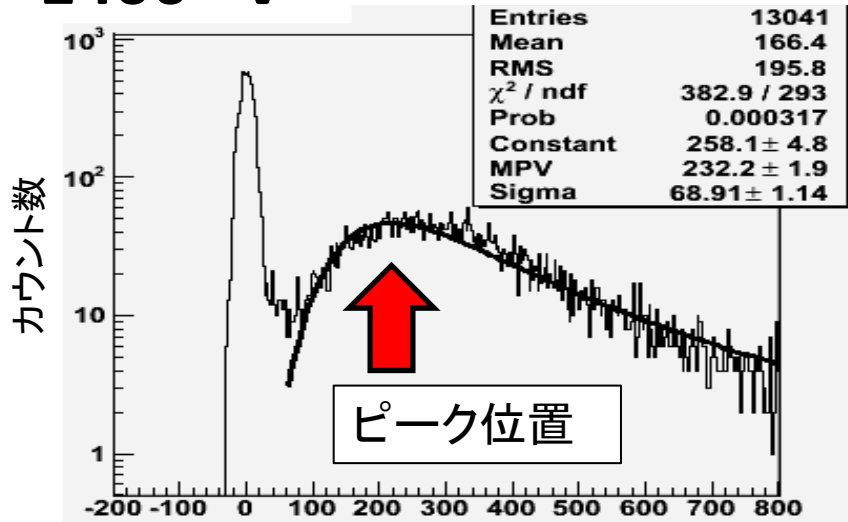


## 下図

ある一つのイベントのグラフ  
サンプリングレート: 50MHz  
地表検出器は2層構造

# エレクトロニクス改良の下準備

1400 V



一つの層の光電子増倍管にかける印可電圧をかえて得たヒストグラム

イベント数(上): 13041

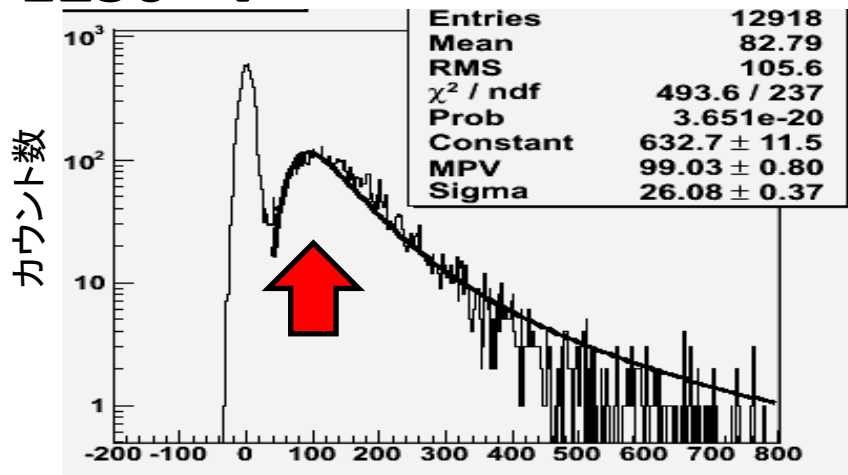
イベント数(下): 12918

横軸: 1つのイベントの積分値

縦軸: カウント数

赤矢印が1粒子分の信号

1250 V デジタル値の積分値



デジタル値の積分値

# まとめと今後

## まとめ

- 極高エネルギー宇宙線をテレスコープアレイ実験が観測している
- 観測領域を低エネルギーに拡張するTALE計画が現在進行中である
- TALE計画の課題克服の下準備としてテスト用地表検出器を製作した

## 今後

- TALE計画用の地表検出器エレクトロニクスを新規開発していく