

# ボリビア空気シャワー共同実験 (BASJE)

東京工業大学

垣本 史雄  
常定 芳基

# BASJEグループ



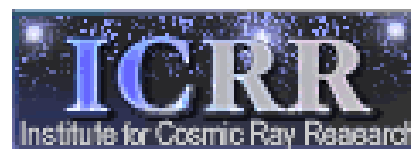
東工大



愛媛大



大阪市大



宇宙線研



名大STE研



武蔵工大



理研



国立天文台



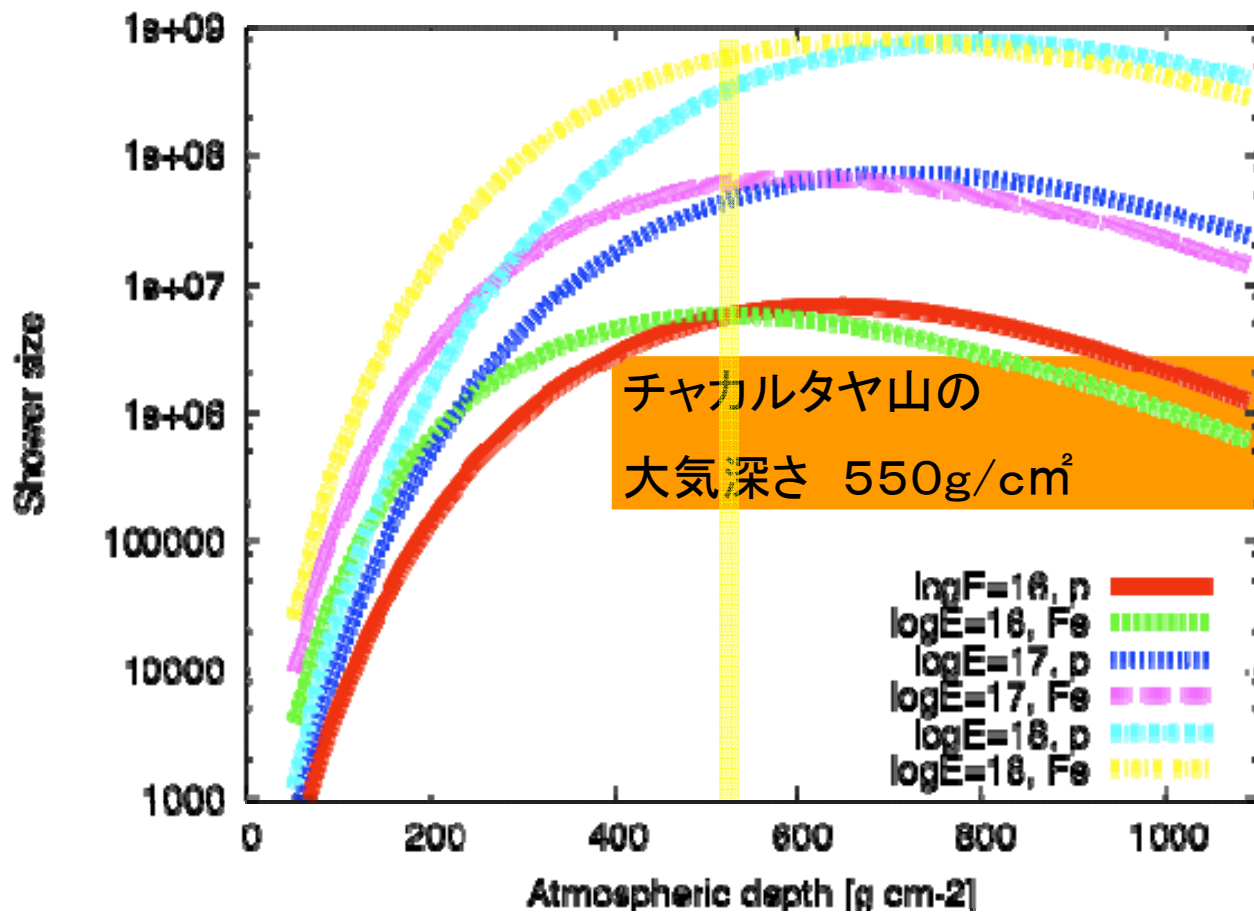
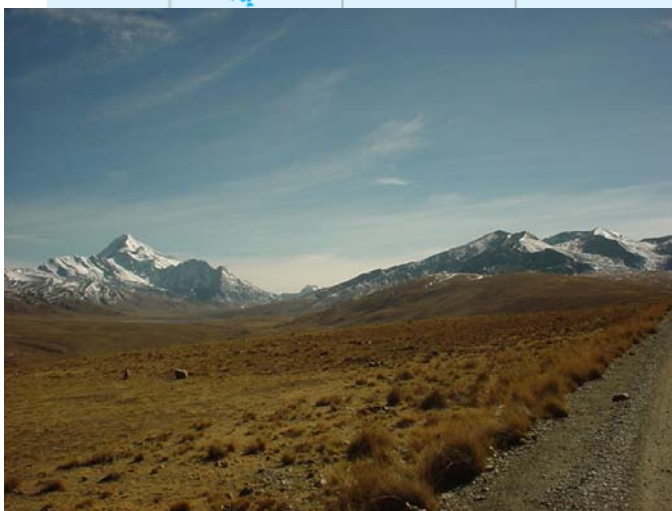
MPI



U. San Andres  
(Bolivia)

# 観測施設

ボリヴィア・チャカルタヤ山 標高5200m





# Chacaltaya Observatory



# これまでの研究成果

## knee領域宇宙線の原子核組成研究

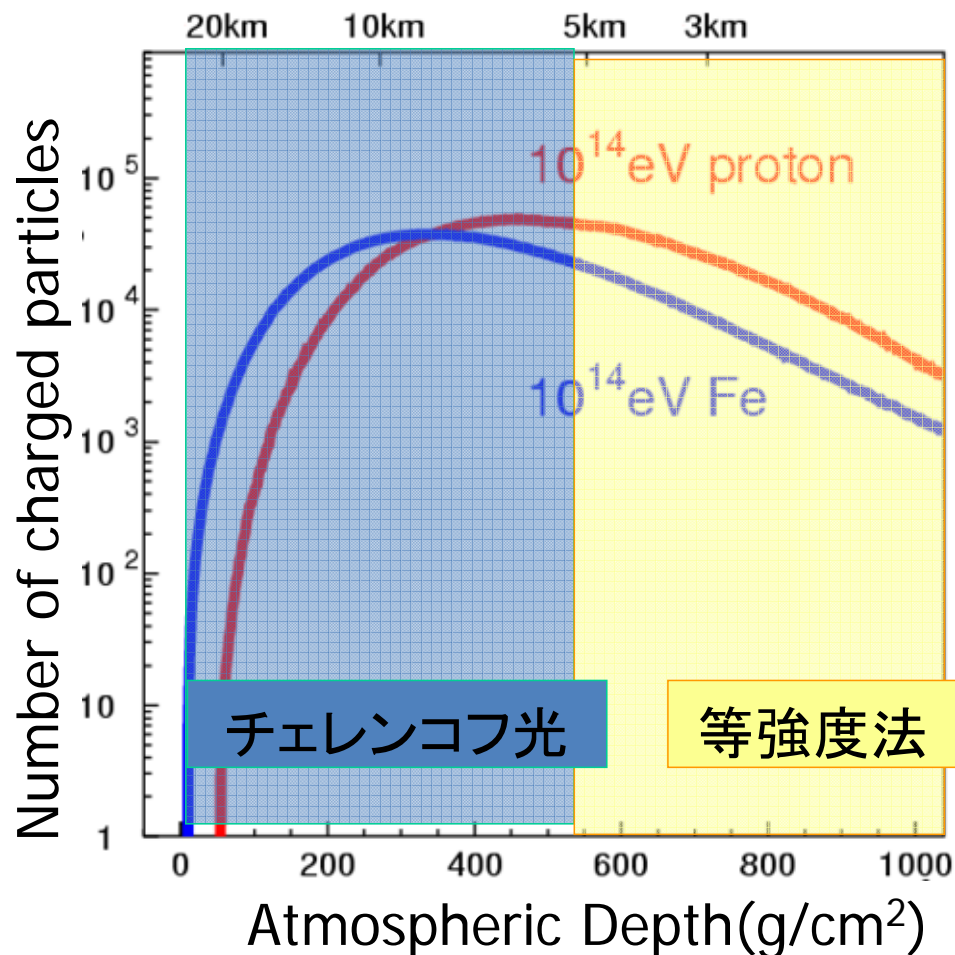
### • 空気シャワー粒子からのチェレンコフ光観測

- 到着時間分布 (チェレンコフ光信号波形)
- シャワー軸に対する横方向分布

### • 宇宙線 ”等強度” 解析

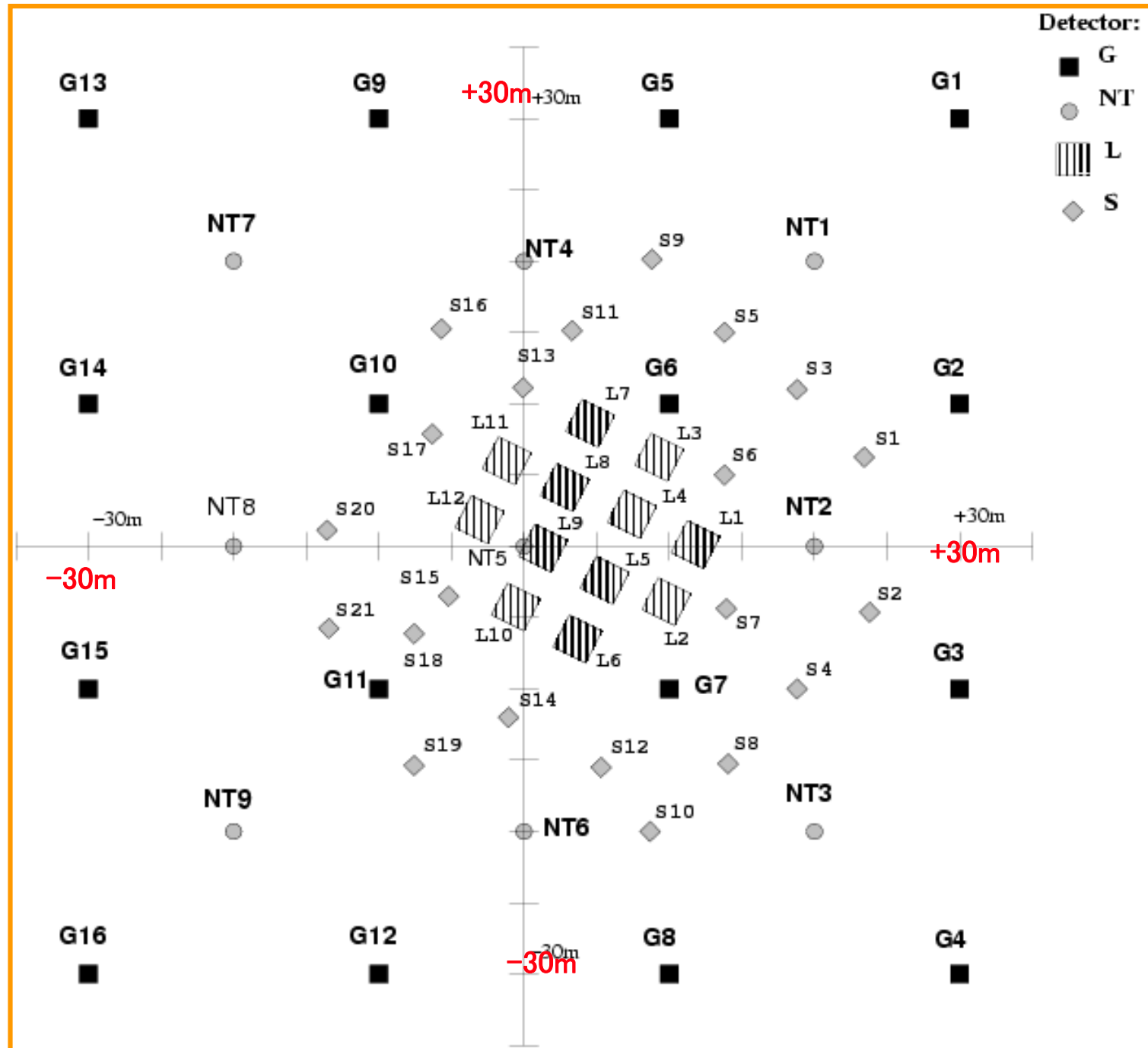
- 天頂角ごとのシャワーサイズスペクトル  
←-→ エネルギースペクトル

一次宇宙線核種ごとの  
シャワー発達の違いを見出す

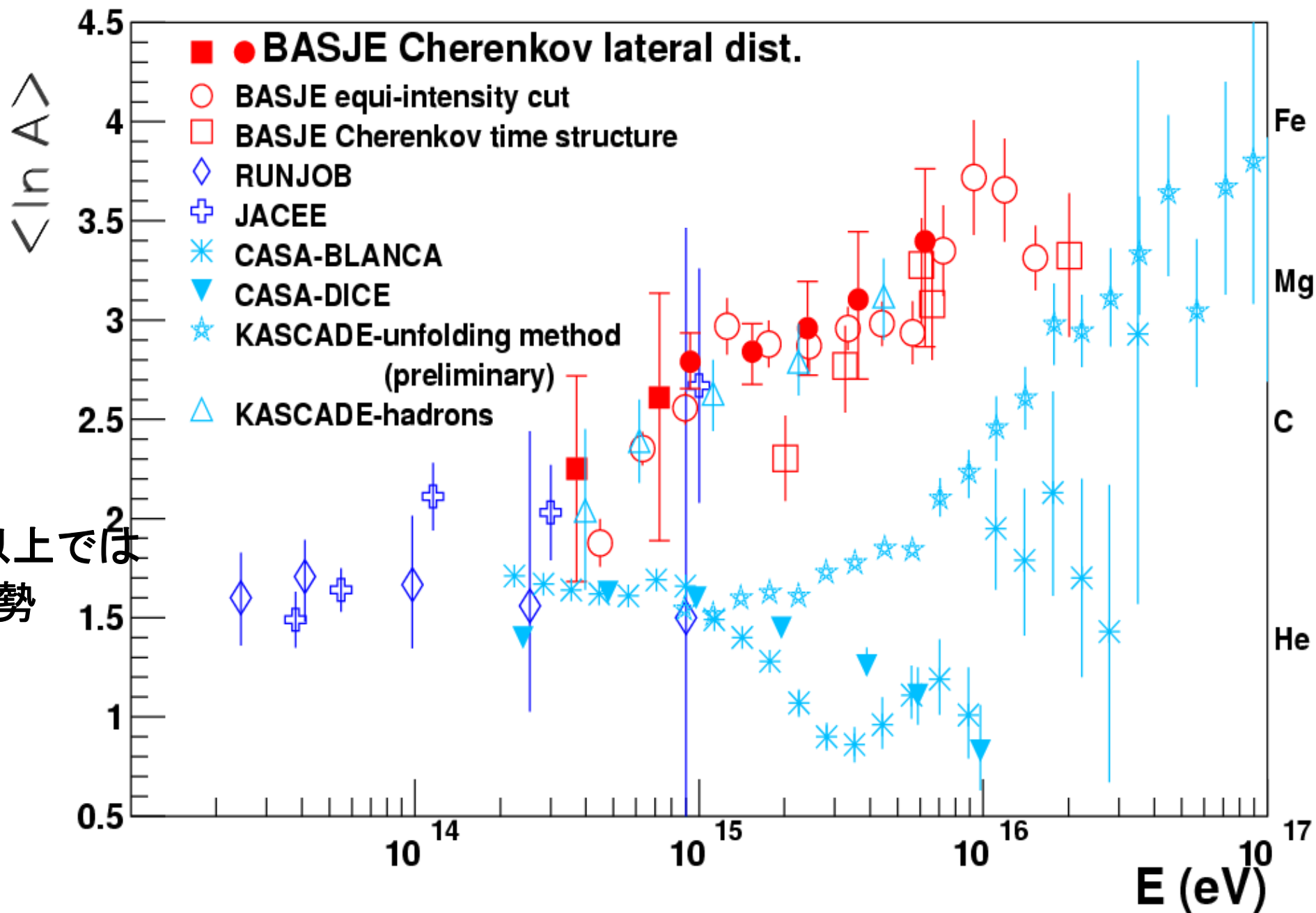


# BASJE MASアレイ

- 検出器68台
- 60m X 60m
- 中央付近に  
ミュオン検  
出器(60m<sup>2</sup>)



# BASJE 原子核組成解析結果



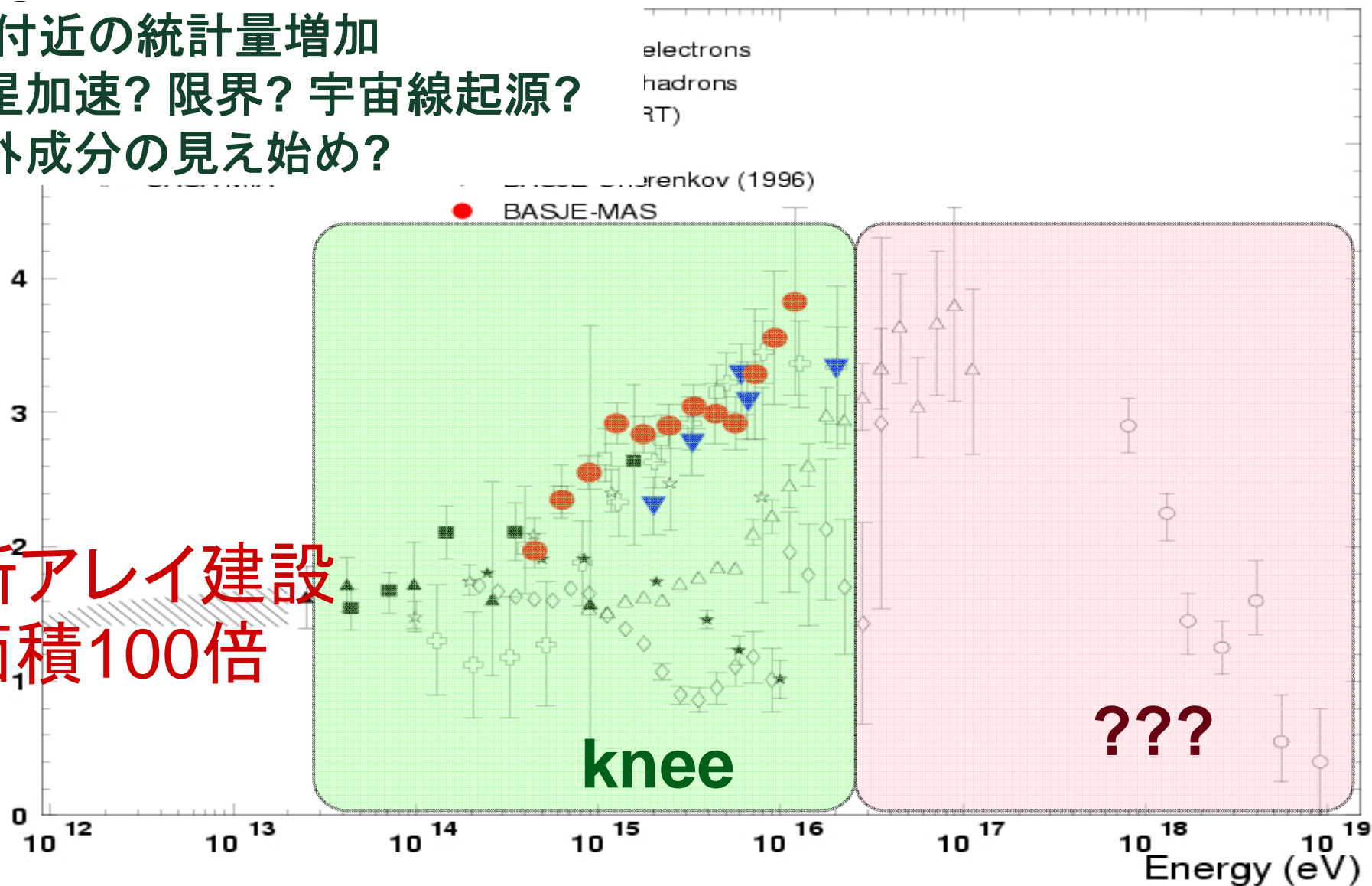


# 現在の実験

## knee以上の宇宙線の原子核組成研究

- knee付近の統計量増加
- 超新星加速? 限界? 宇宙線起源?
- 銀河外成分の見え始め?

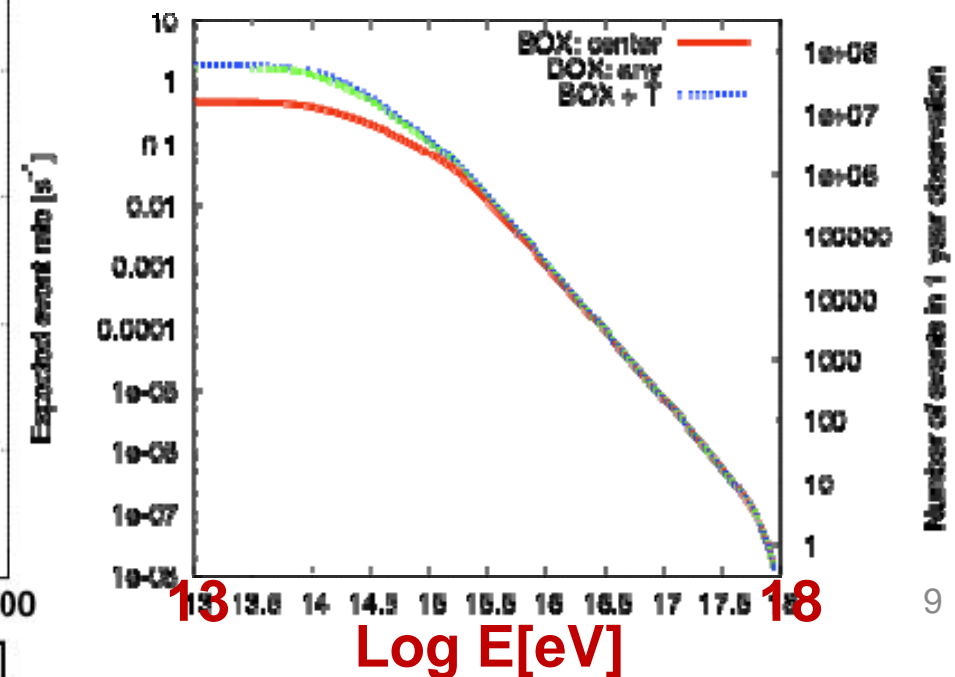
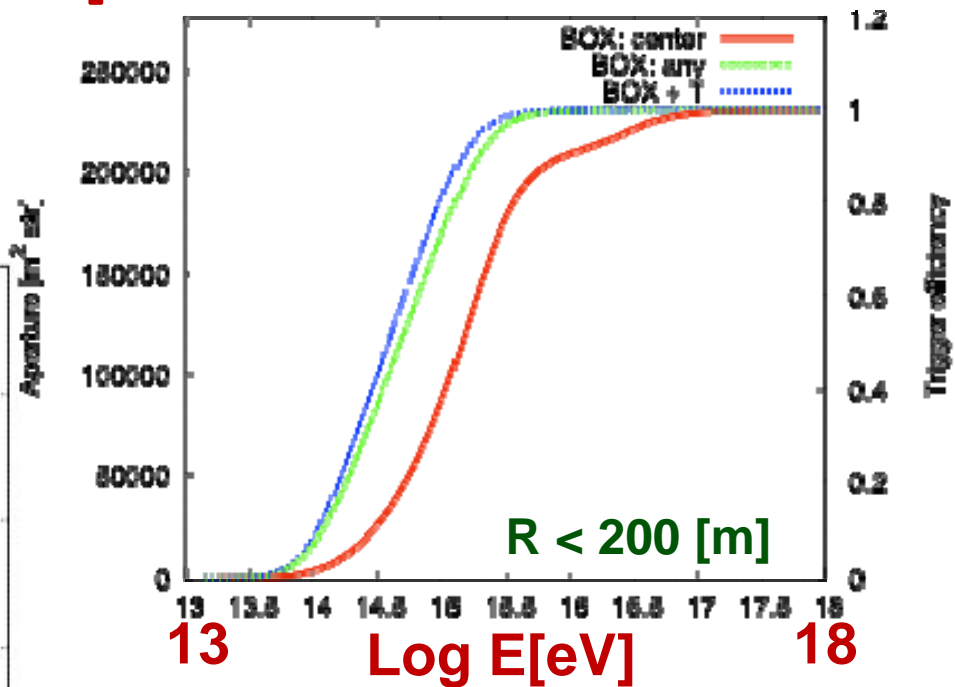
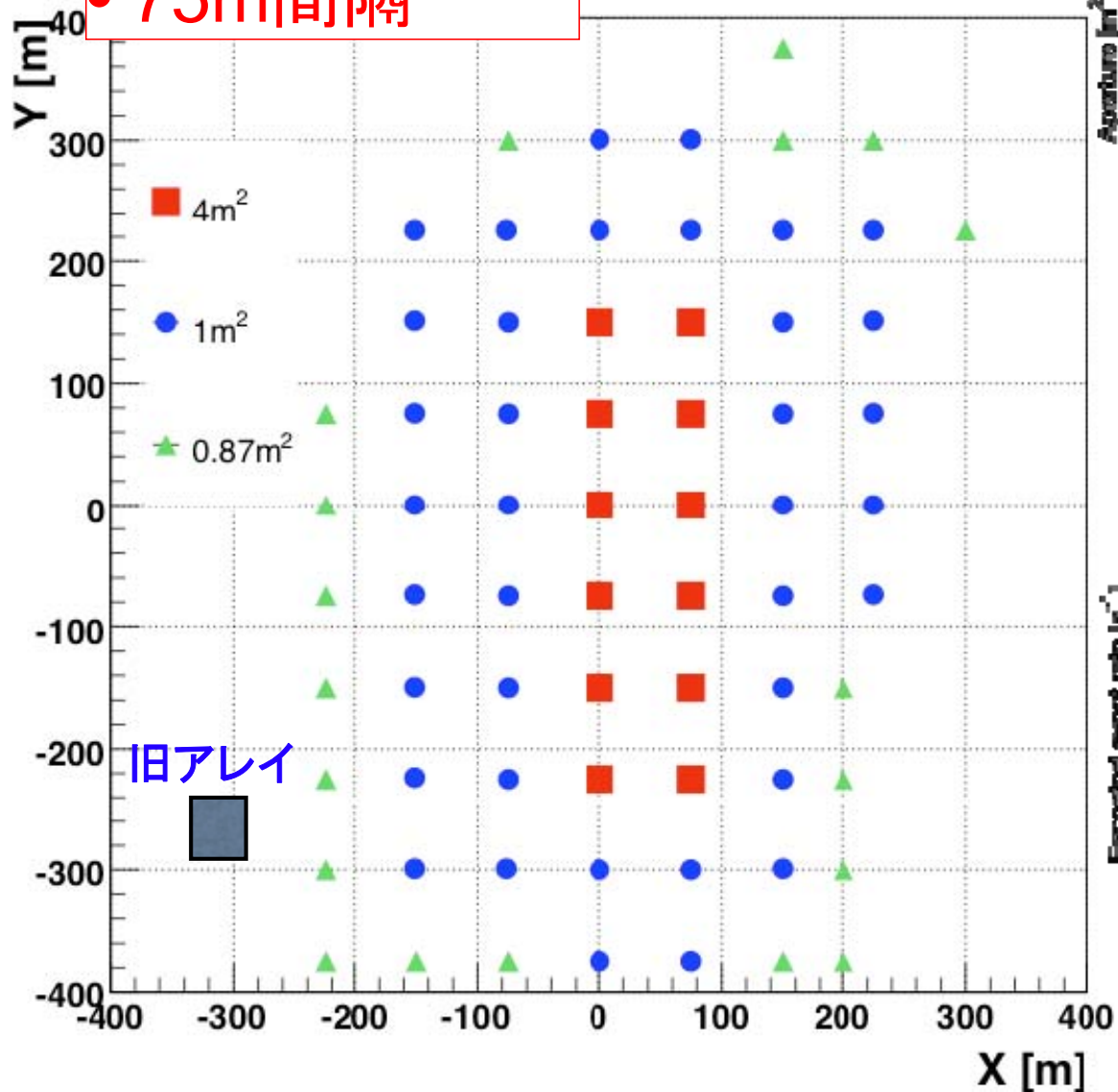
→ 新アレイ建設  
面積100倍





# 新空気シャワーアレイ

- 68台
- 600m X 700m
- 75m間隔



小屋周辺全景



避雷針

L6

小屋

駐車場

L5

L4



小屋内部

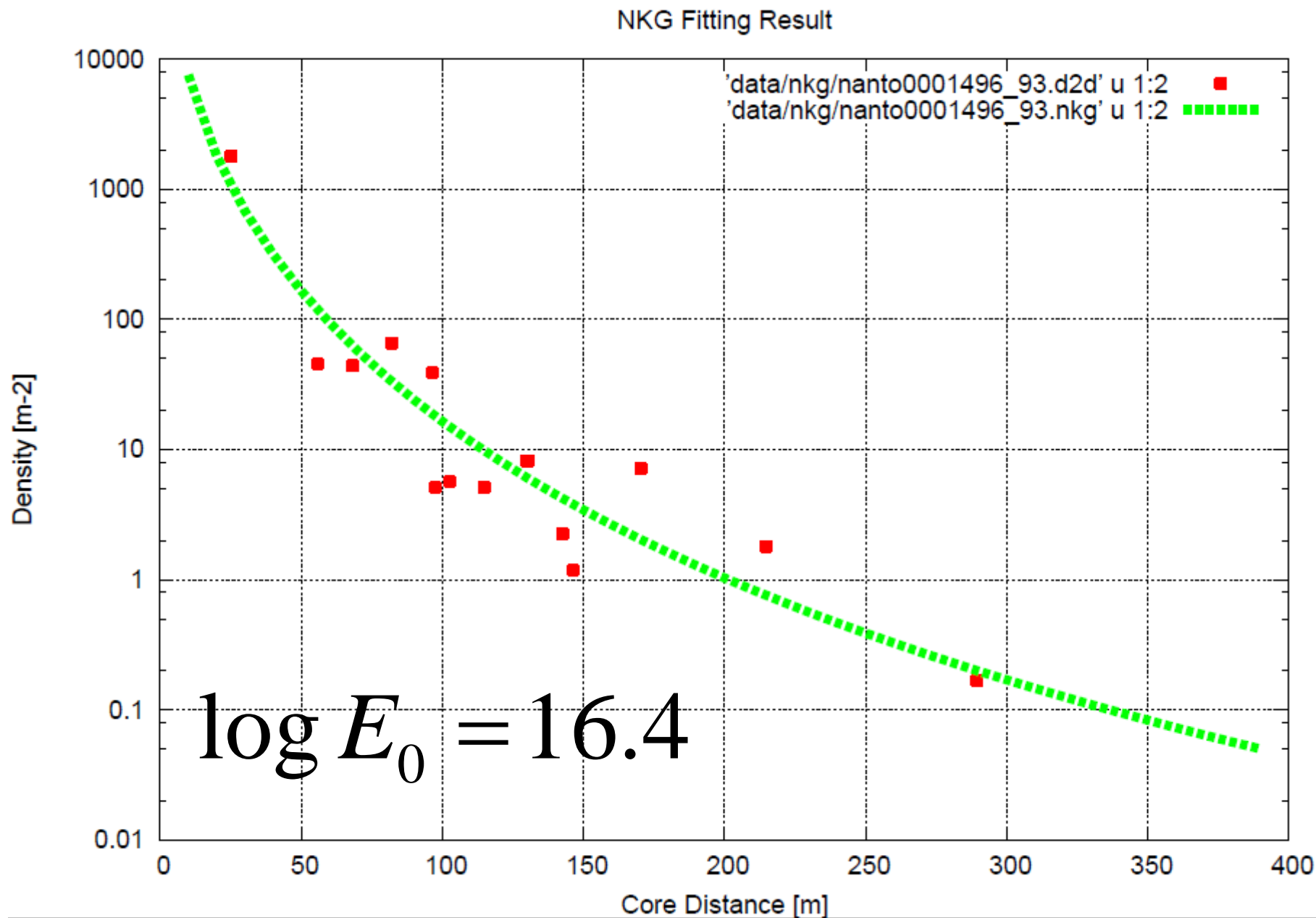


UPS

DAQ

Linux

# イベント例

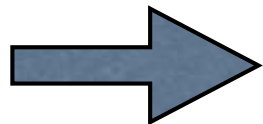




# Step Further

- 目標:  $10^{16}$ eV ~ 原子核組成
- 空気シャワーアレイ + 付加情報

- 上を見たい: 縦方向発達
- 光もの

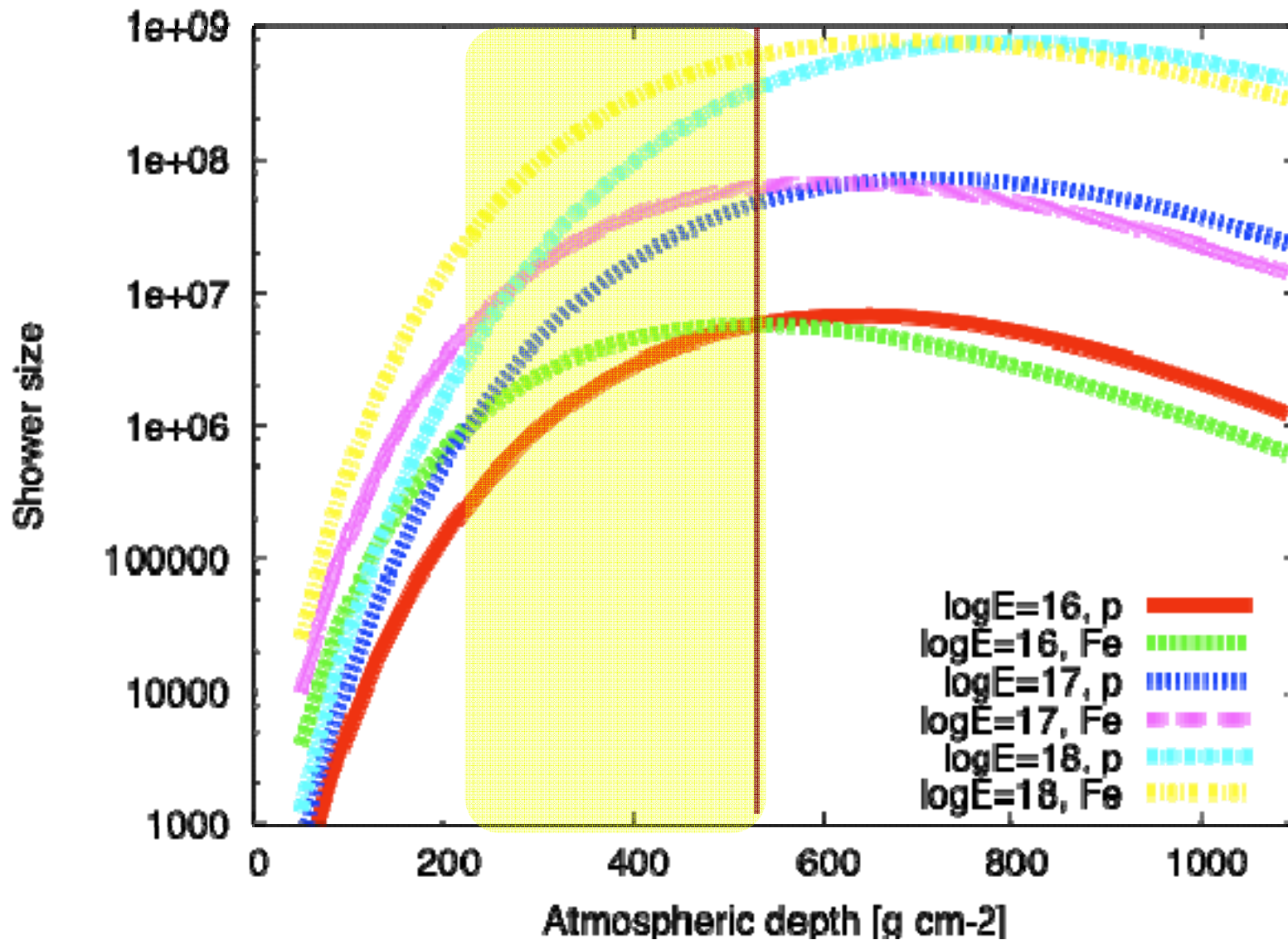


大気蛍光  
チェレンコフ光

同時観測

- イベントごとの核種判別

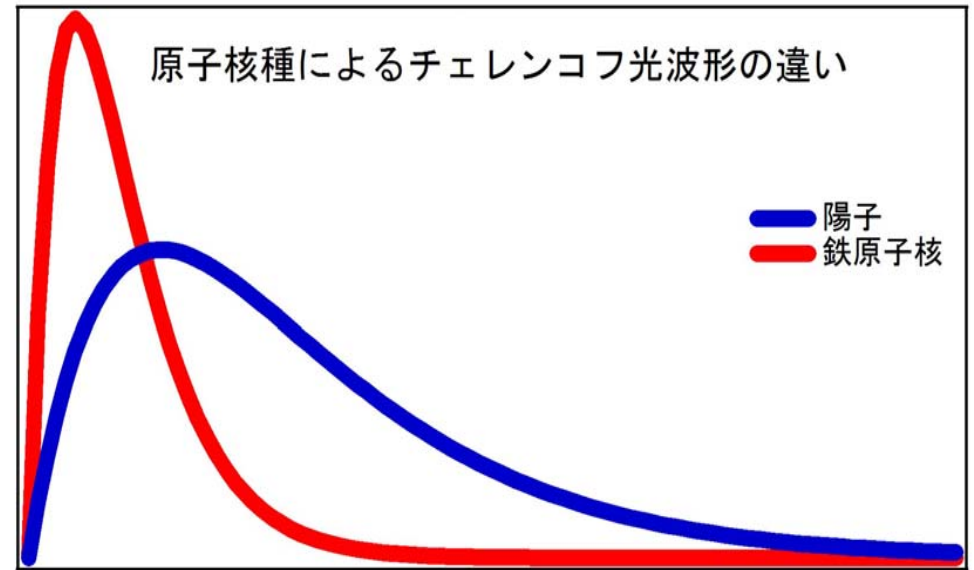
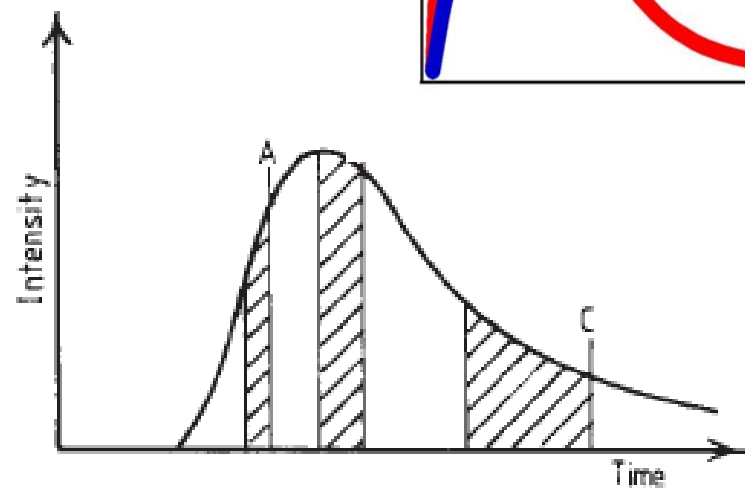
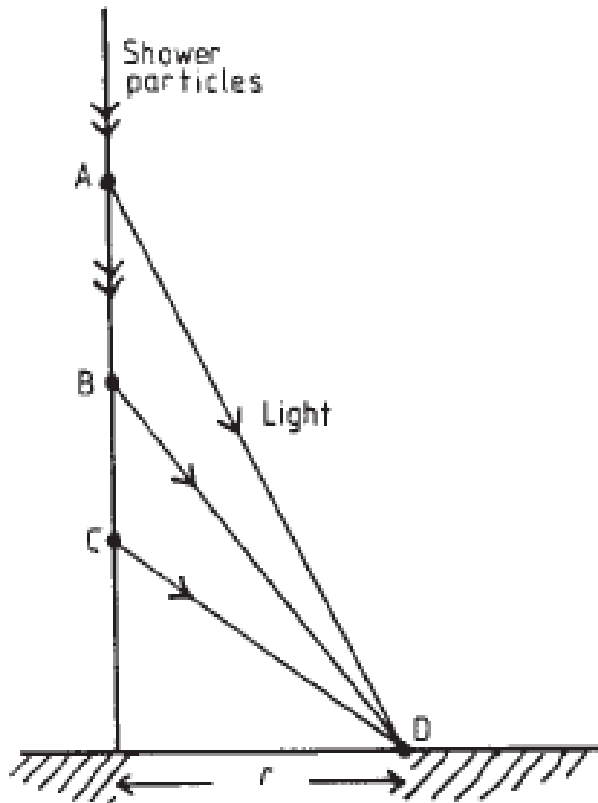
# 上空でのシャワー



上空では一次核種ごとのシャワー発達の違い大

# チェレンコフ光観測：原理（1）

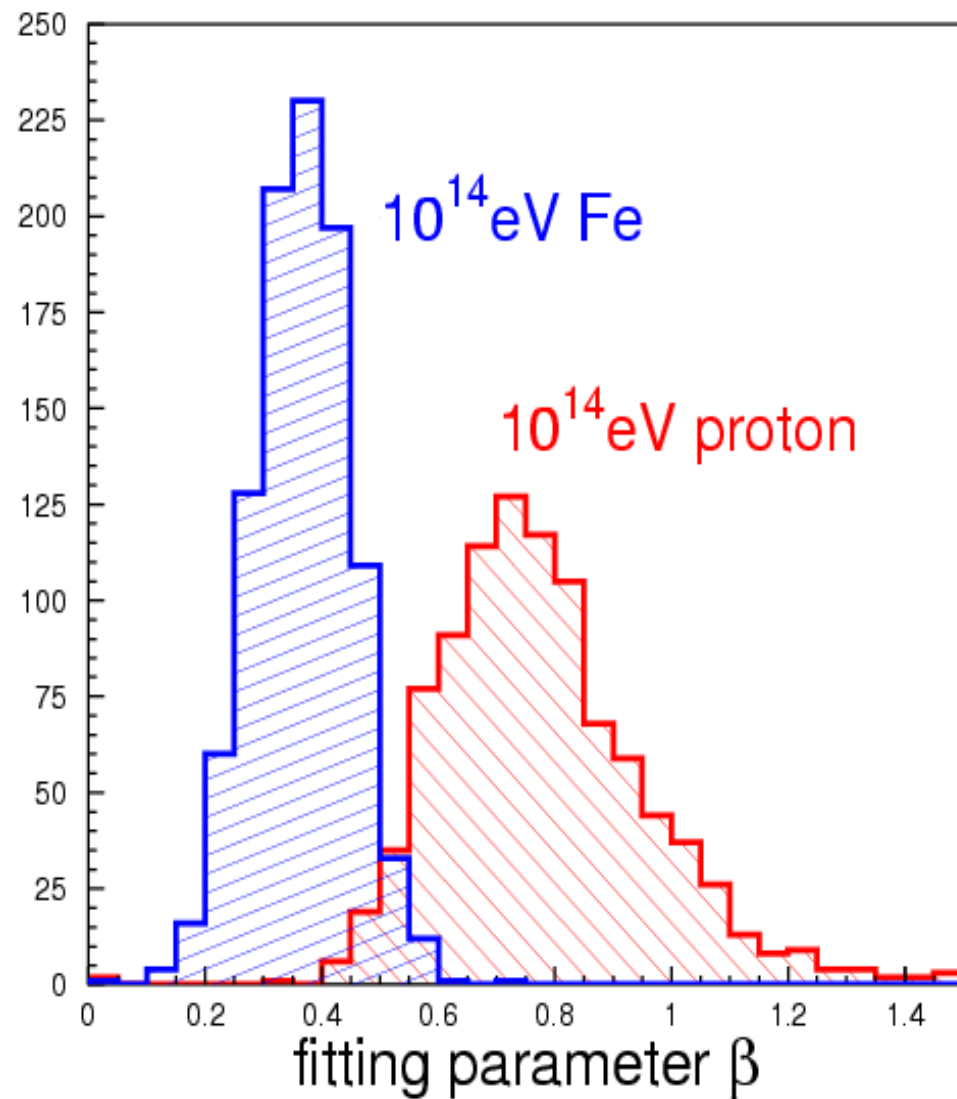
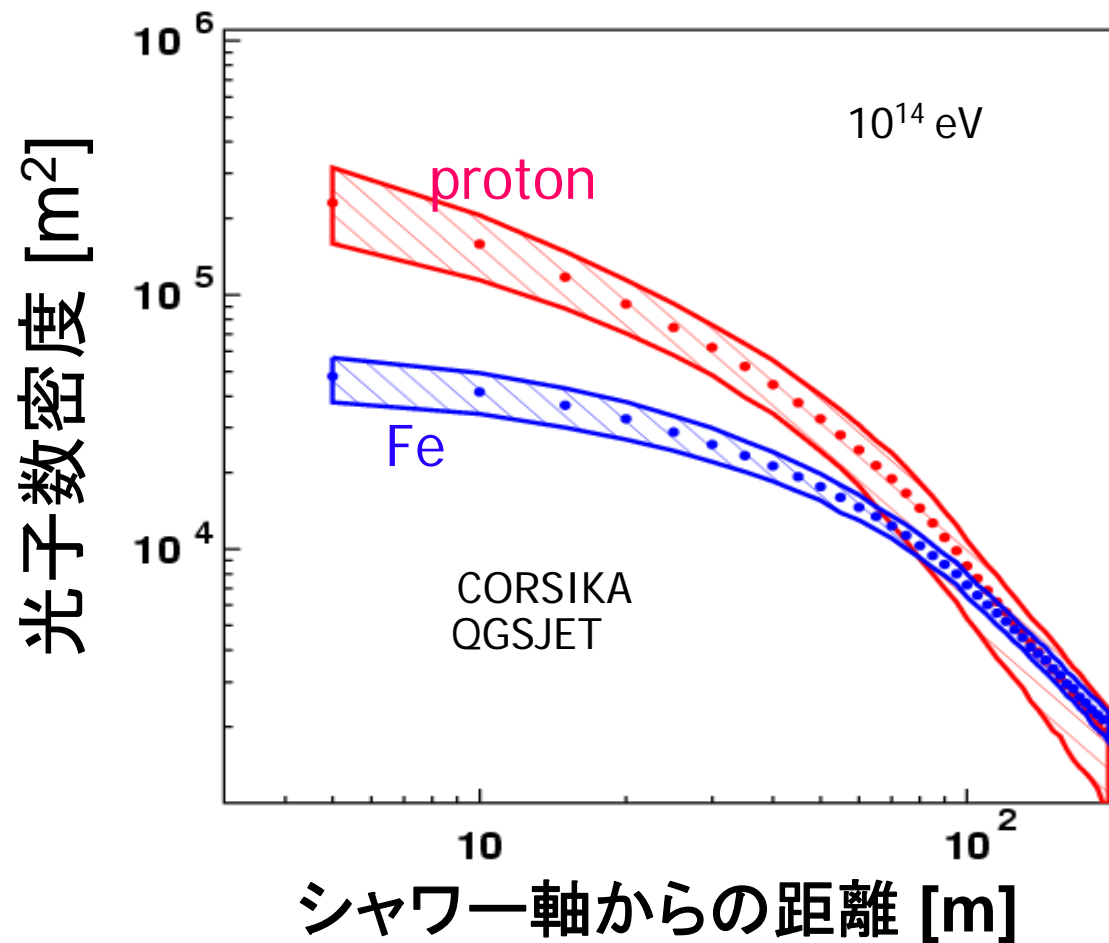
## 光子到着時間分布（波形）



光の到着時間

# チェレンコフ光観測：原理(2)

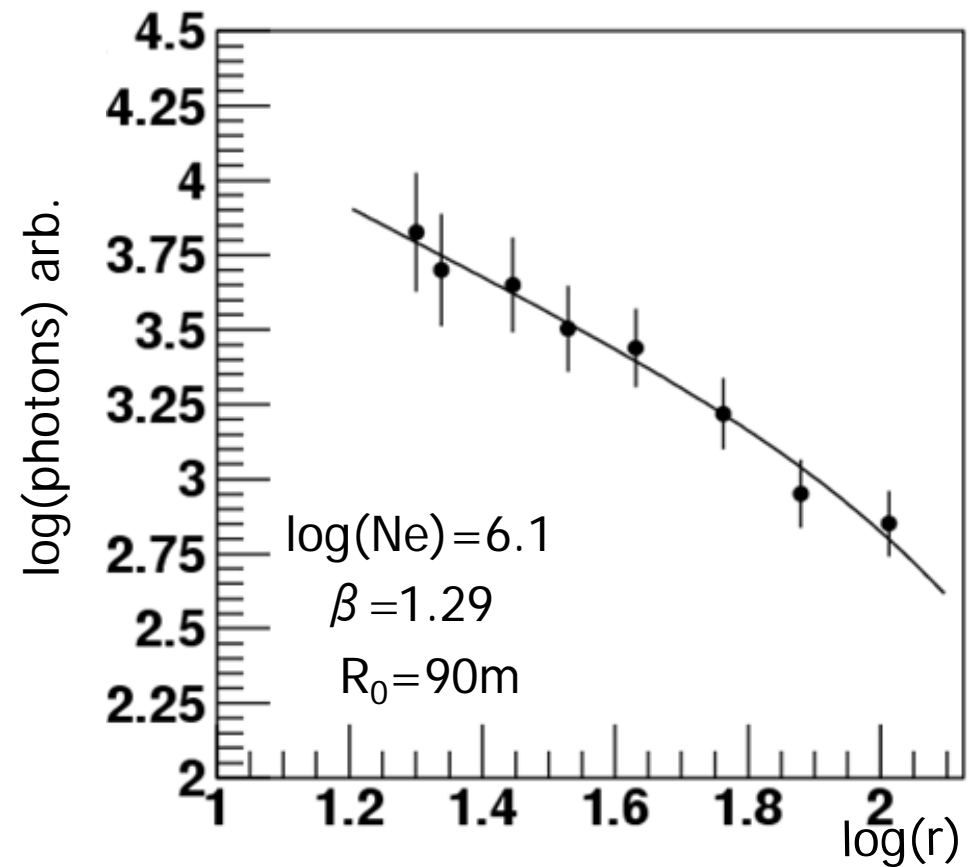
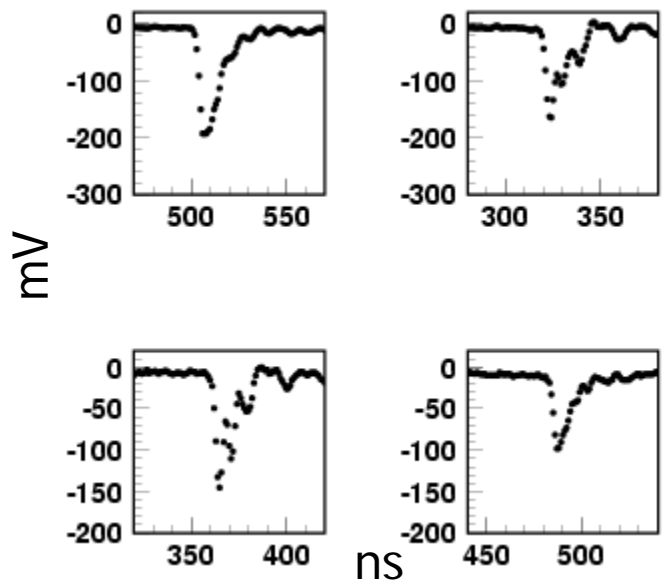
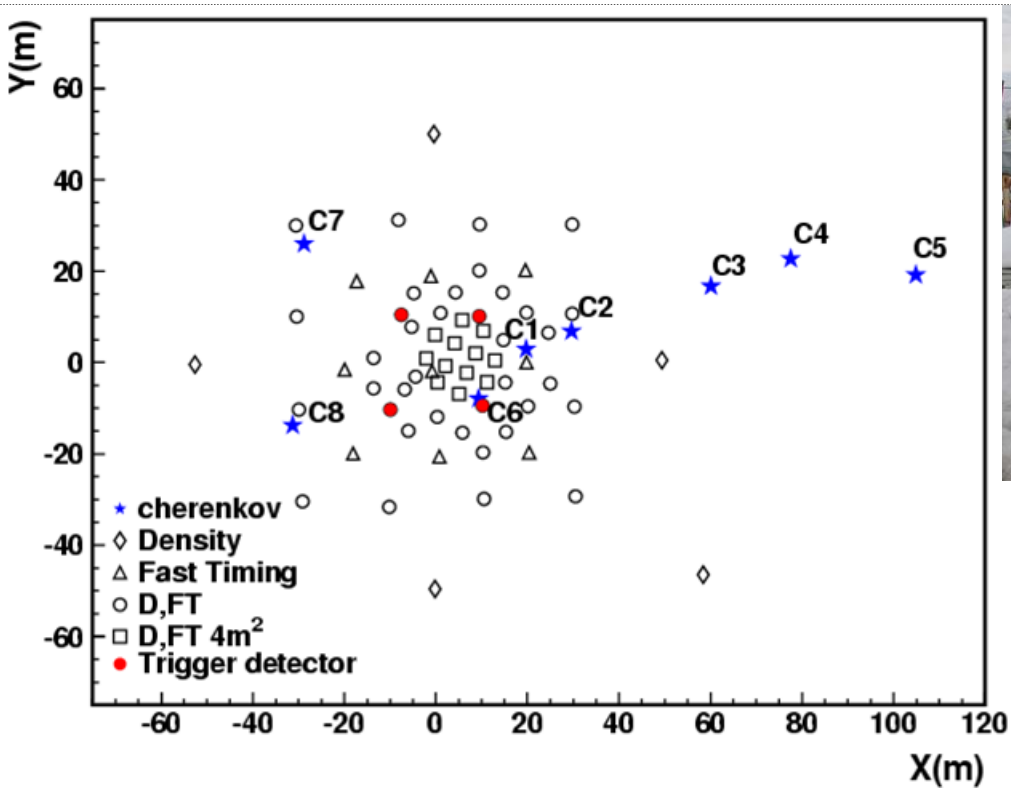
## 光子数横方向分布



$$\rho(r) = \alpha \times r^{-(\beta + r')}$$

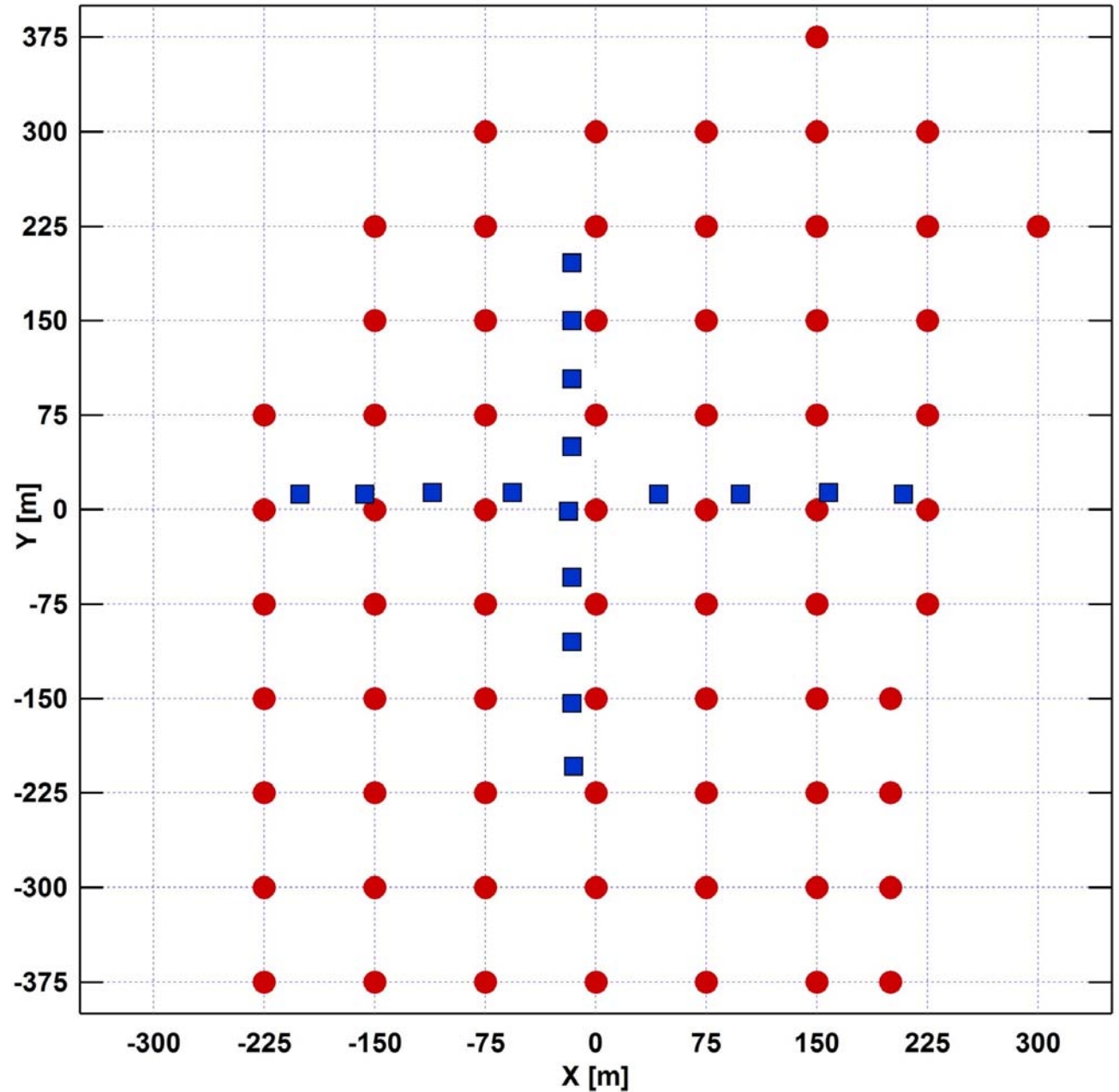


# C光横方向分布：観測例



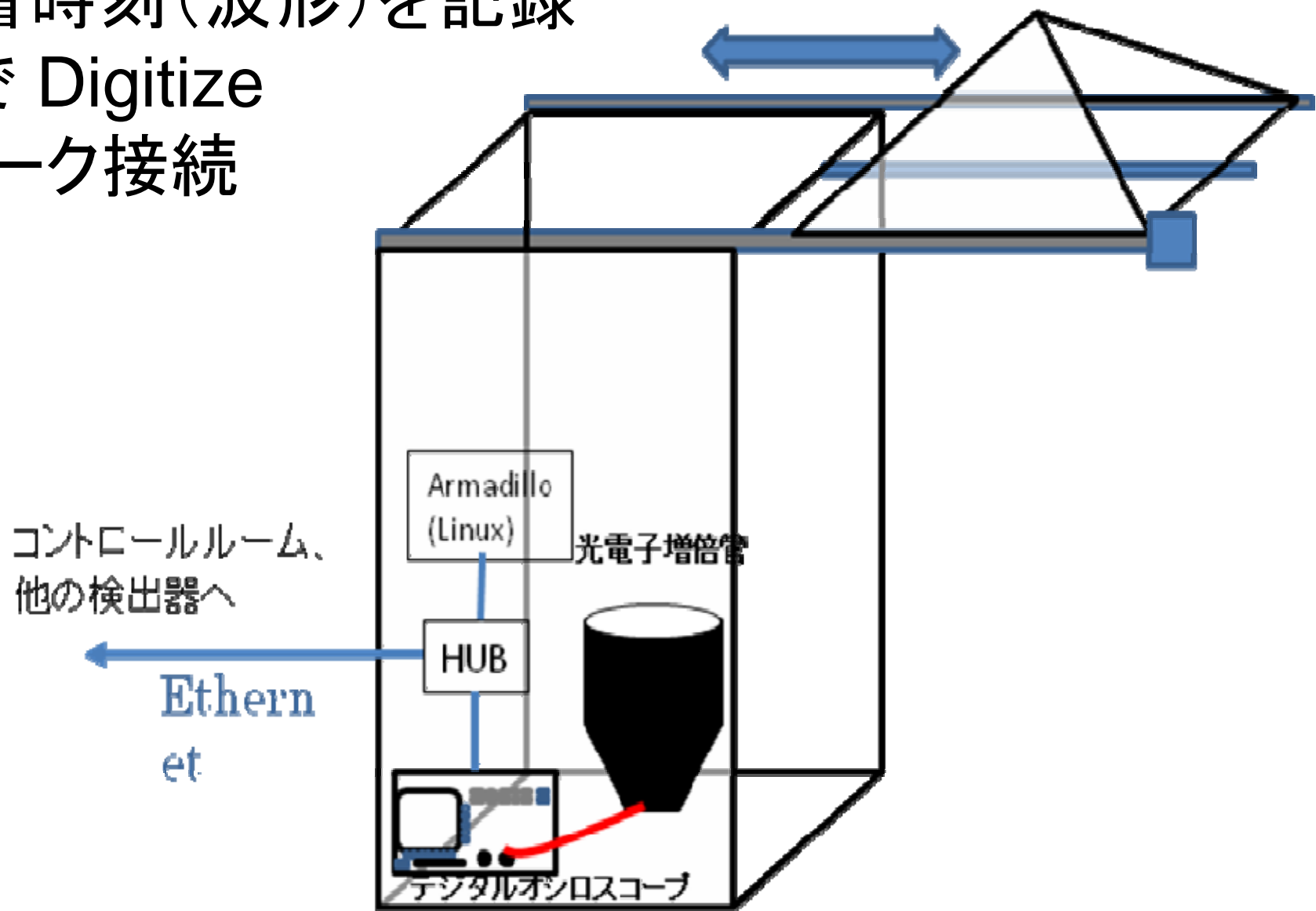
# 検出器配置案

- 18台
- 十字型
- 間隔 50m  
(最遠200m)

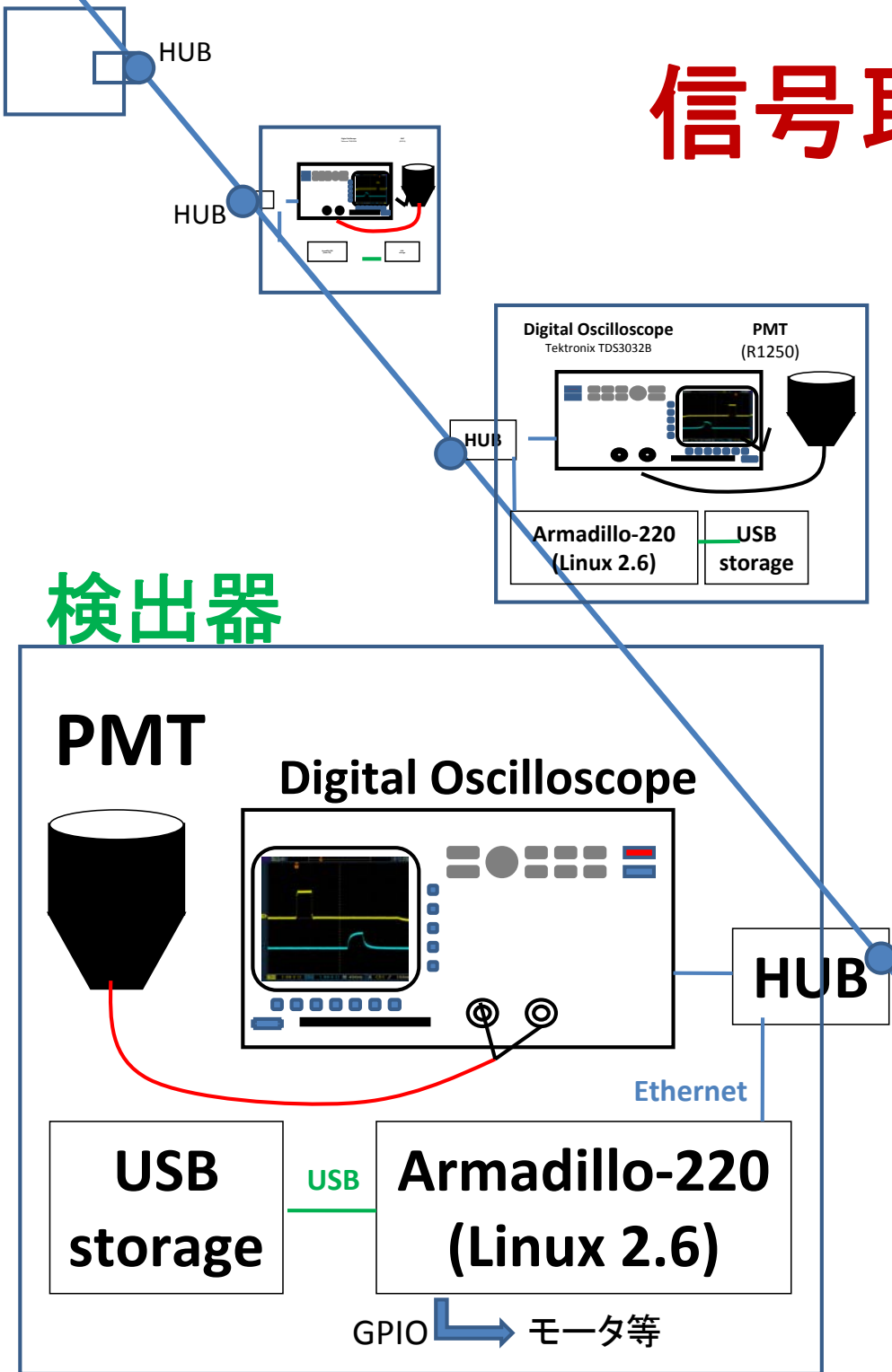


# 検出器案

- 光子到着時刻(波形)を記録
- その場で Digitize
- ネットワーク接続



# 信号取得部



## 検出器

- 各検出器は HUB を通して Ethernet 接続
- PMT信号はその場でオシロでデジタル化
- 各検出器のデータ取得、モータ等の制御はArmadillo (Linux) で
- データは Armadillo にマウントしたUSBストレージ(メモリ or HD) に保存

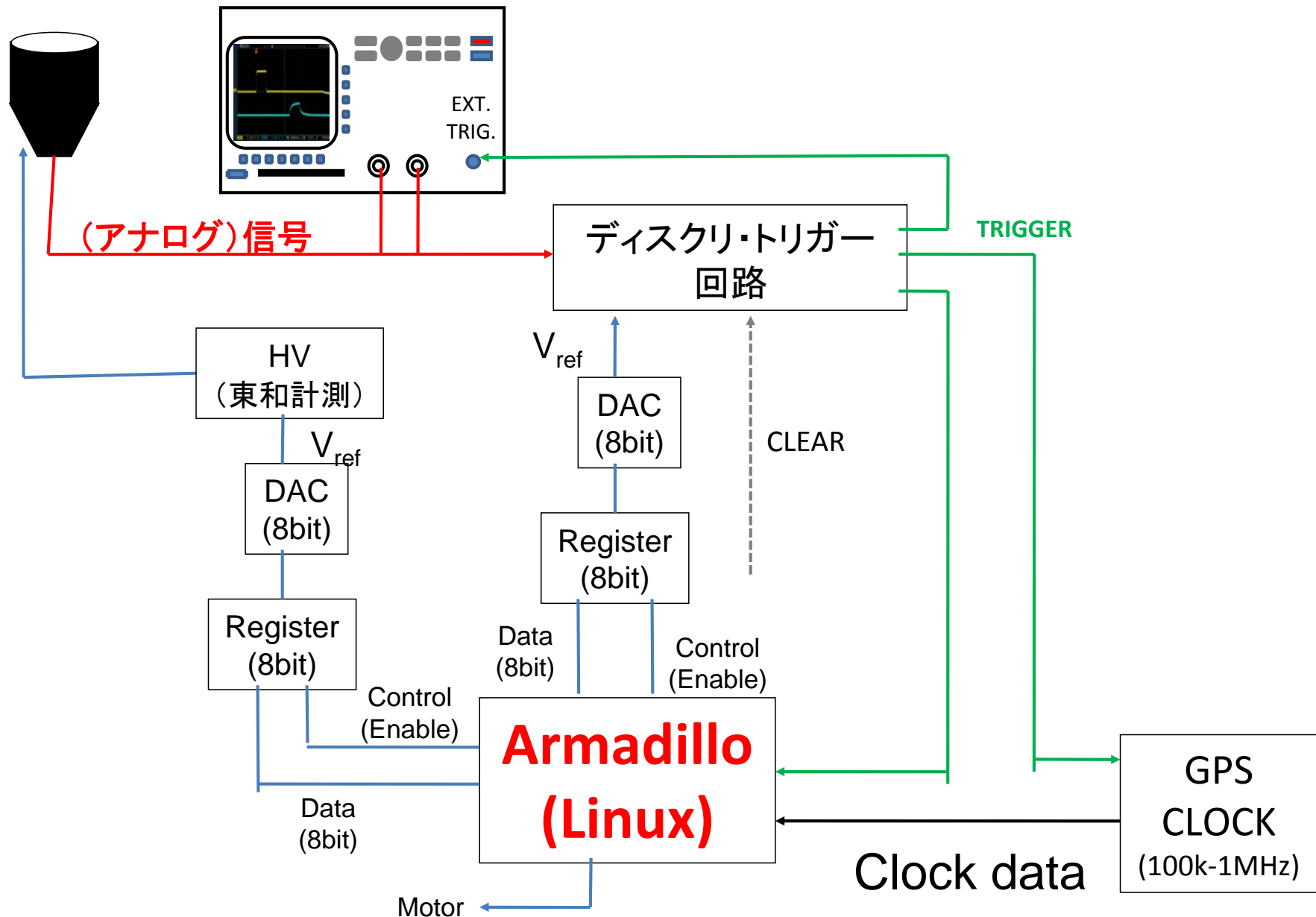
コントロールルーム

Ethernet

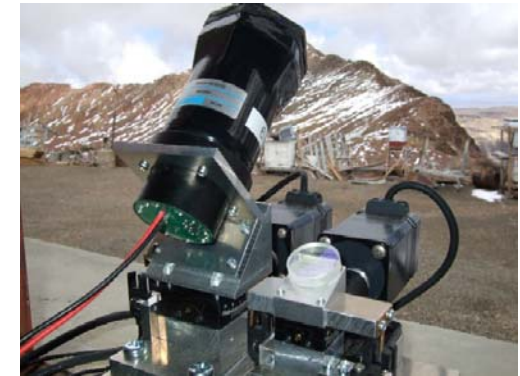




# 検出器、回路系案



# 大気モニタ (LIDAR)



# まとめ

- **Knee領域以上をターゲットとした宇宙線原子核組成の研究**
  - 新空気シャワーアレイ完成
  - 本年度よりデータ取得開始
- **チェレンコフ光同時観測計画**（申請中）
  - C光到着時刻分布（波形）
  - C光横方向分布
- **大気モニタリングシステム開発**