

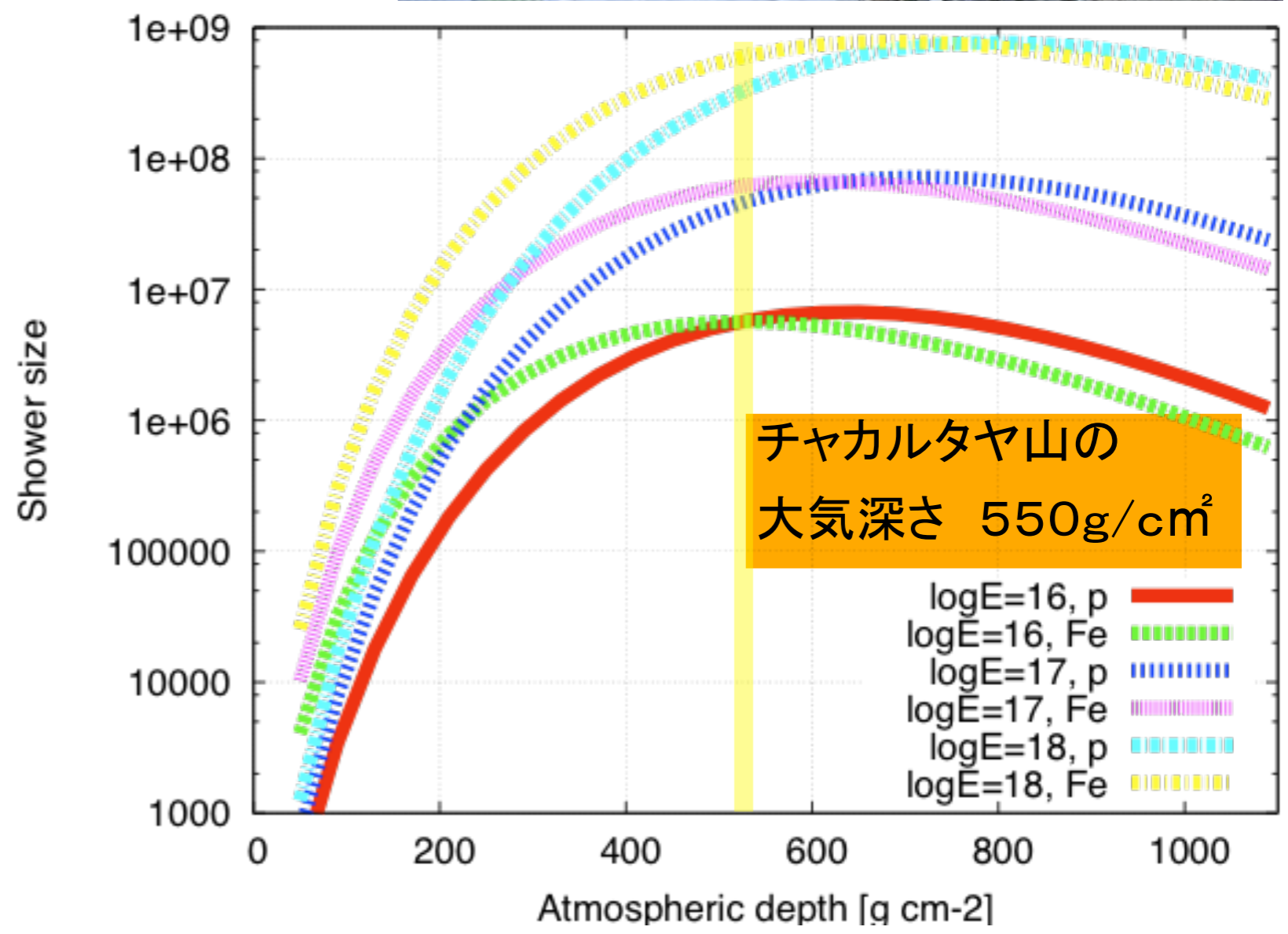
# ボリビア空気シャワー共同実験

東京工業大学 垣本 史雄  
常定 芳基

平成 21 年度宇宙線研究所共同利用研究発表会 2009/Dec/19

# 観測施設

ボリヴィア・チャカルタヤ山 標高5200m



# Chacaltaya Observatory



# 共同利用研究費

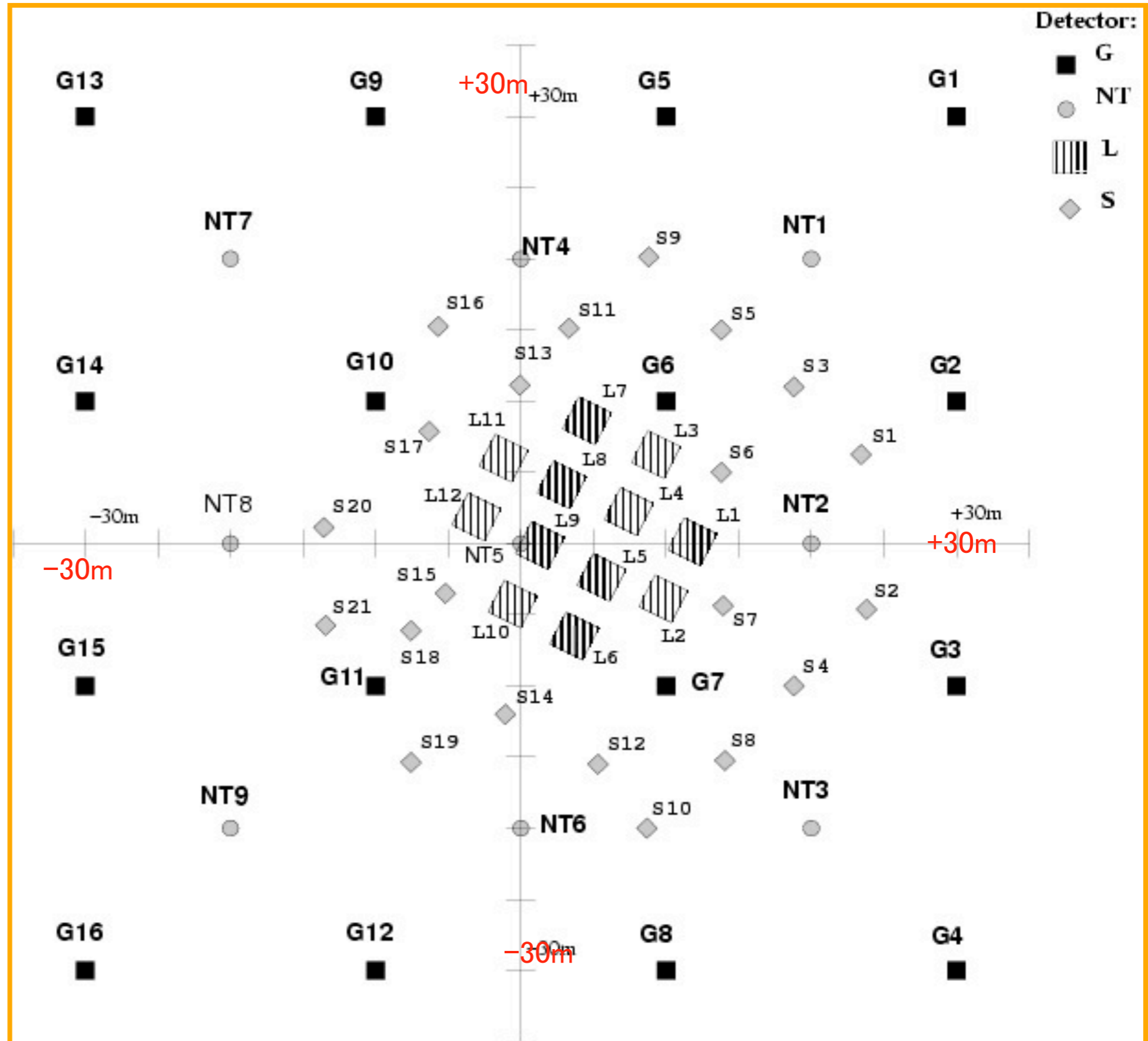
- 研究費： ¥3,000k
  - 観測所維持費 ~ ¥1,000k
  - 物品 ~ ¥500k
  - 旅費 ¥1,500k
- 派遣
  - 常定（東工大） 2ヶ月
  - 副島（東工大） 1ヶ月
  - 田島（理研） 3ヶ月

# 活動状況

- BASJE (ボリビア空気シャワー共同実験)
- 太陽中性子観測 (名大STE研他)
- イタリア・トリノグループ
  - LAGO: Augerと同じ型の水タンク数台
- 大気放射能測定 (山形大)

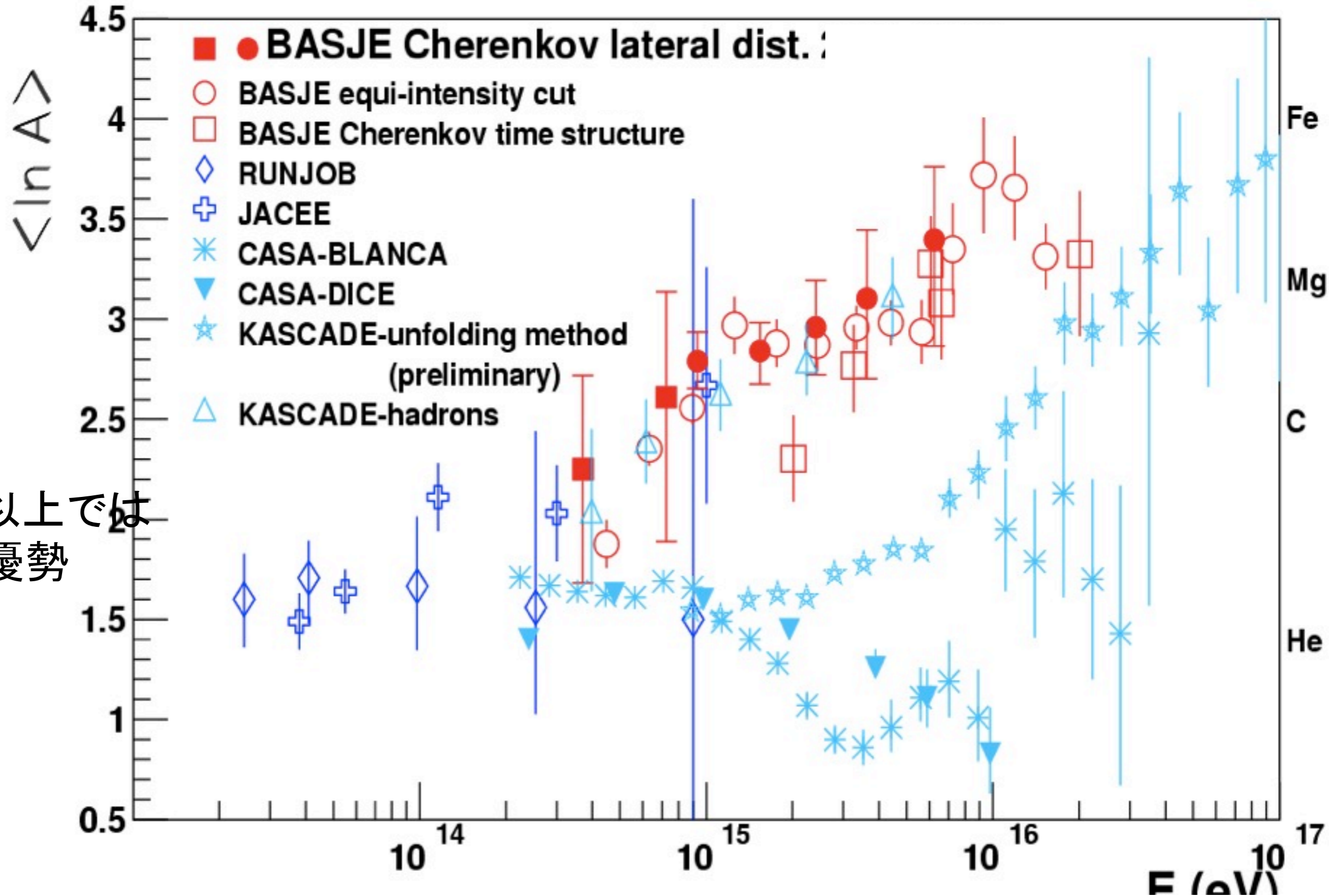
# BASJE MASアレイ

- 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

H. Tokuno et al., *Astropart, Phys.* **29** (2008), pp. 453-460

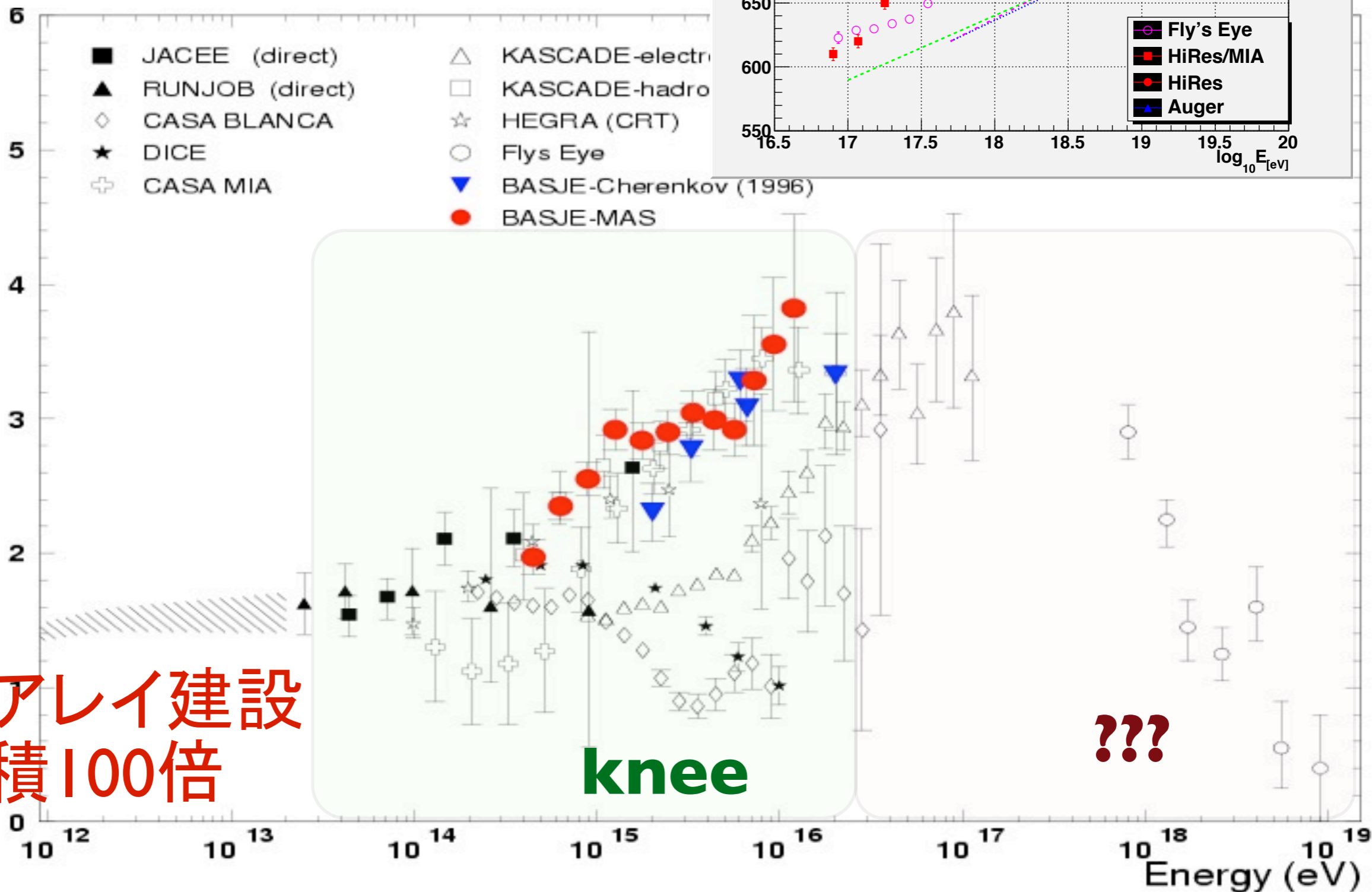


**Knee**以上では  
**P**以上優勢

# 現在の実験

## knee以上の原子核組成

$\langle \ln A \rangle$



→ 新アレイ建設  
面積100倍

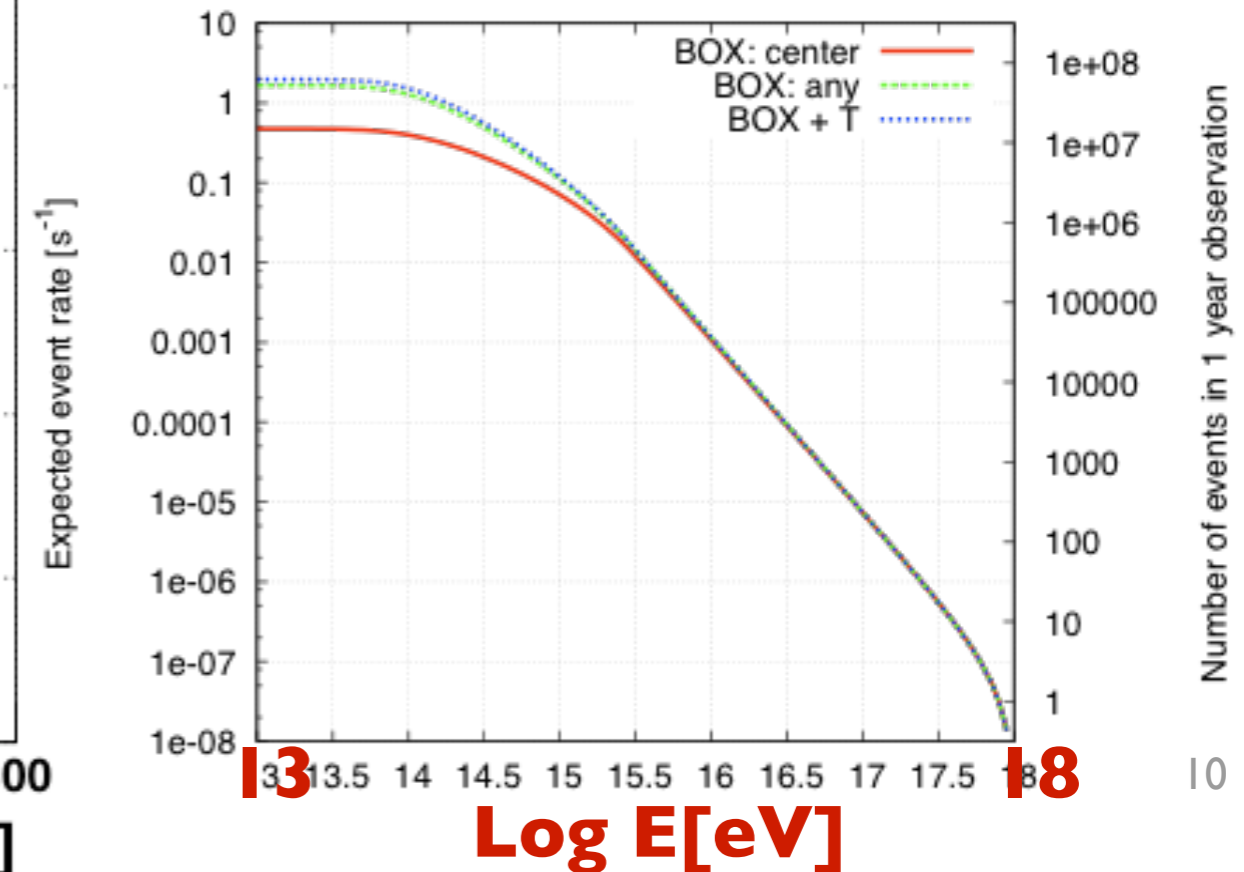
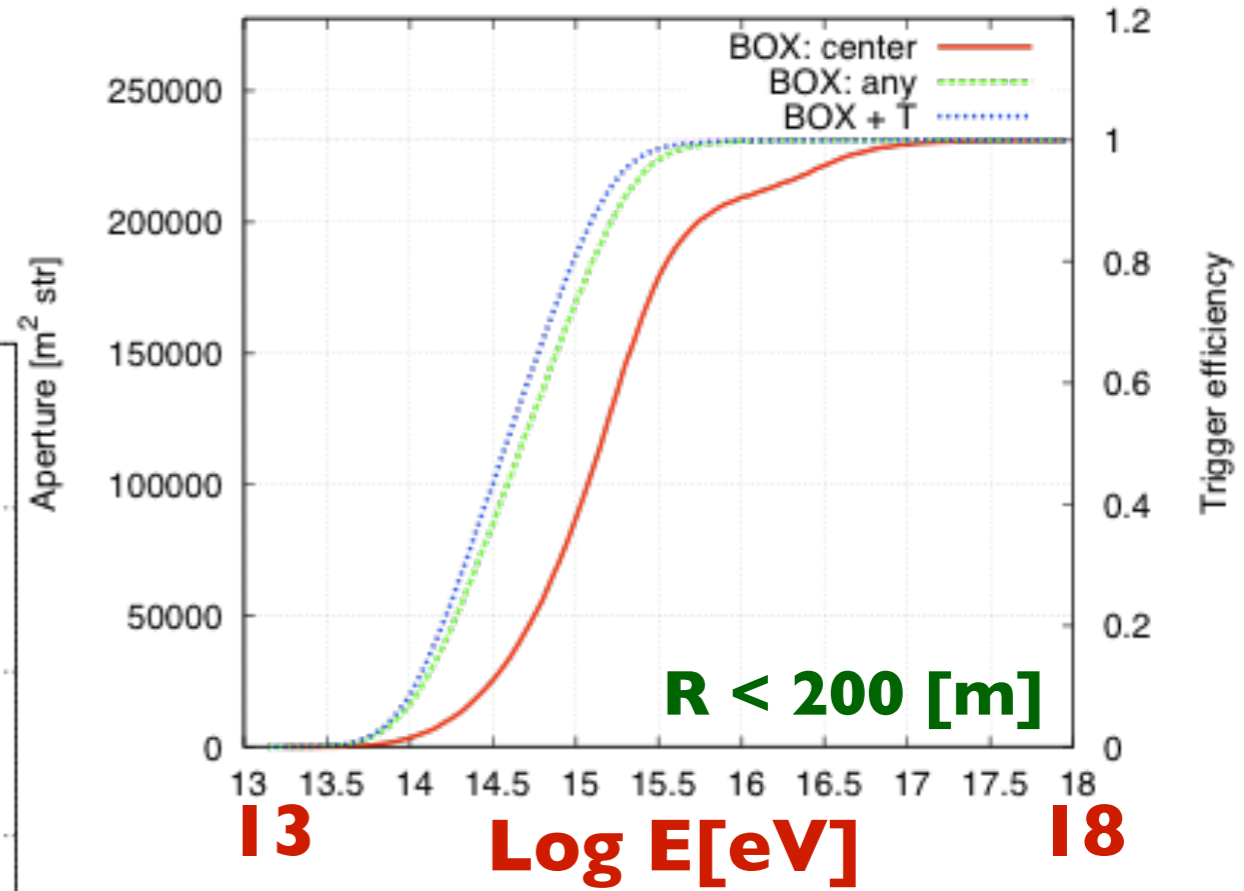
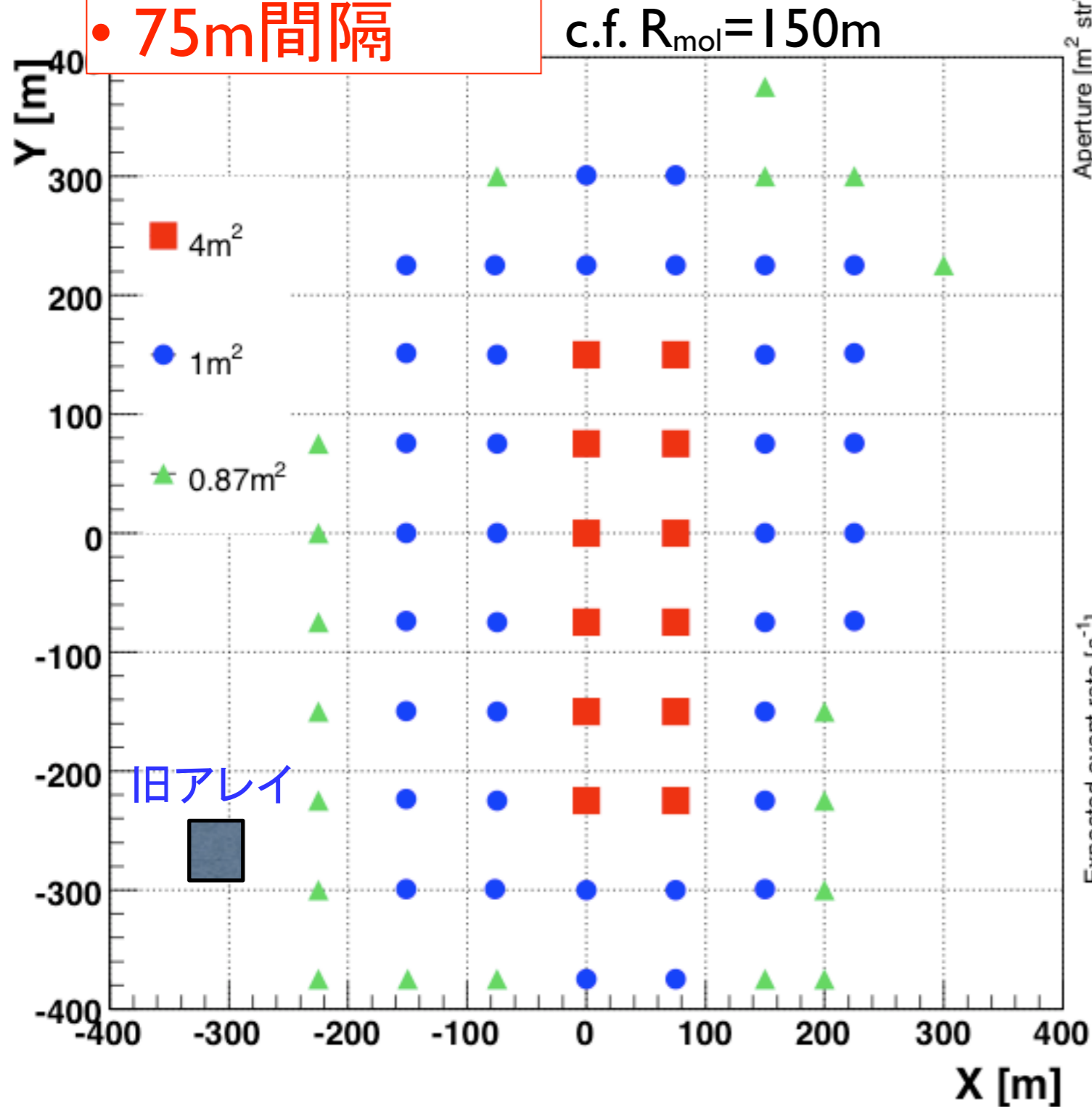
knee

???



# 新空気シャワーアレイ

- 68台
- 600m X 700m
- 75m間隔



觀測所



新觀測小屋

174 m

Image © 2007 DigitalGlobe  
© 2007 Europa Technologies

©2007 Google™

小屋周辺全景



避雷針

L6

小屋

駐車場

L5

L4

小屋内部



DAQ

UPS

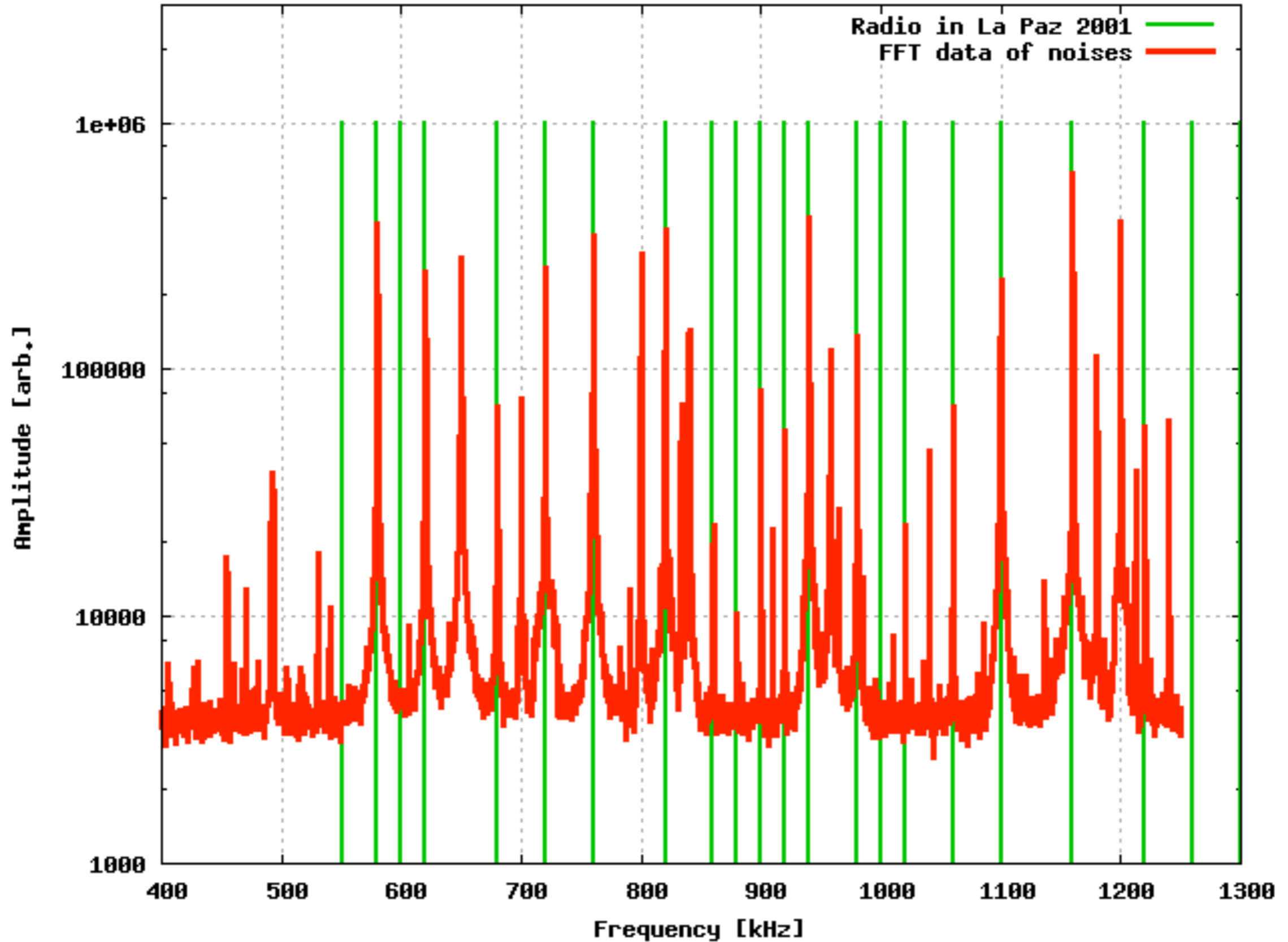
Linux

# 新アレイ建設

- 2006 建設着手
- 2007 検出器設置、ケーブル敷設完了
- 2008 ケーブルに問題あり全交換
  - 放送電波を拾う（アルゼンチン製 “RG-62U type”）
  - 藤倉電線製 RG-71B/U に全交換
- 2009 オペレーション
  - 回路修理、再キャリブレーション
    - （CAMAC系統不調でデータ一部欠落）
    - データ収集中
  - 検出器全台常時モニタ稼働開始（64ch、50ch稼働中）
    - イタリアグループはこれで「GRB連動観測」

# ケーブルノイズとラパスラジオ周波数

藤倉製に交換で消滅



# 検出器全台モニタ + LAGO

シンチレーション検出器



Auger型水チェレンコフ検出器



- BASJE検出器 (50台)
- Auger型水チェレンコフ検出器 (4台)
- 1秒カウント値常時計測



# 組成研究のために：

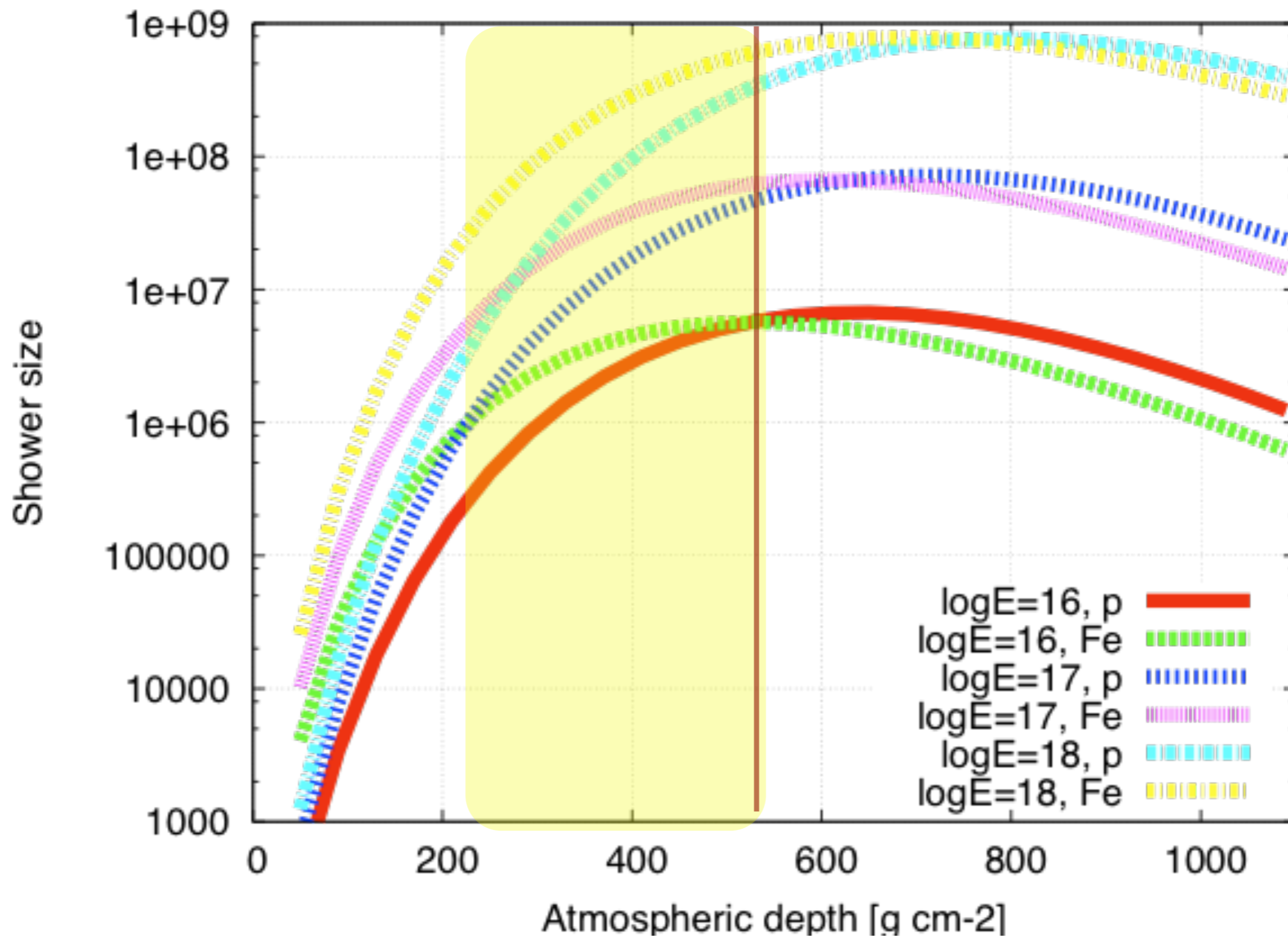
- 空気シャワーアレイ + 付加情報
  - 上空を見たい：縦方向発達
  - 光もの

	特徴	捕らえ方	視野	縦発達の見え方	コスト
大気蛍光	等方的	遠くから眺める	広	“微分”	高
チェレンコフ光	“ビーム”	向かってくる	狭	“積分”	低

チャカルタヤ：「高い高度まで迎えに行って検出」



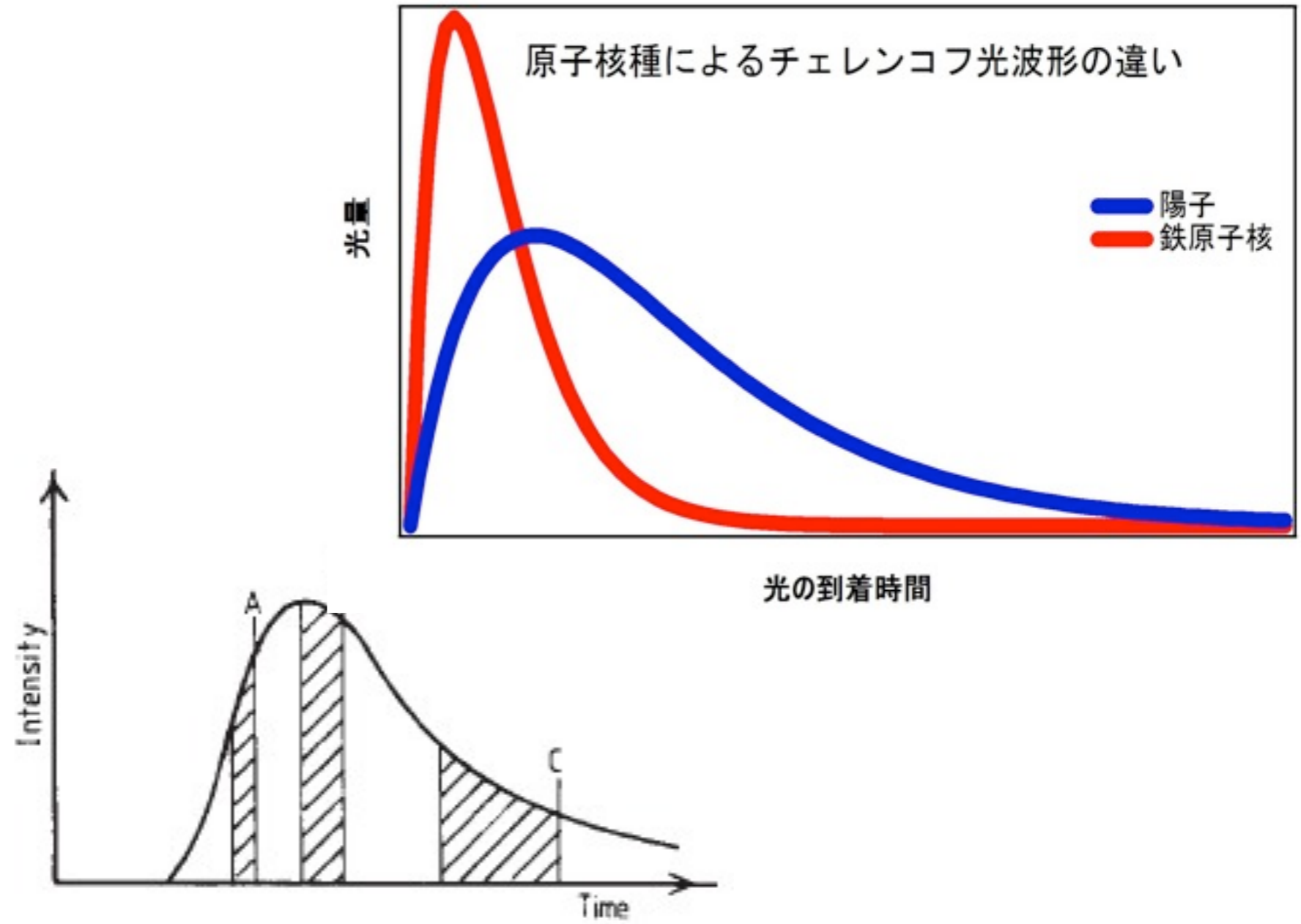
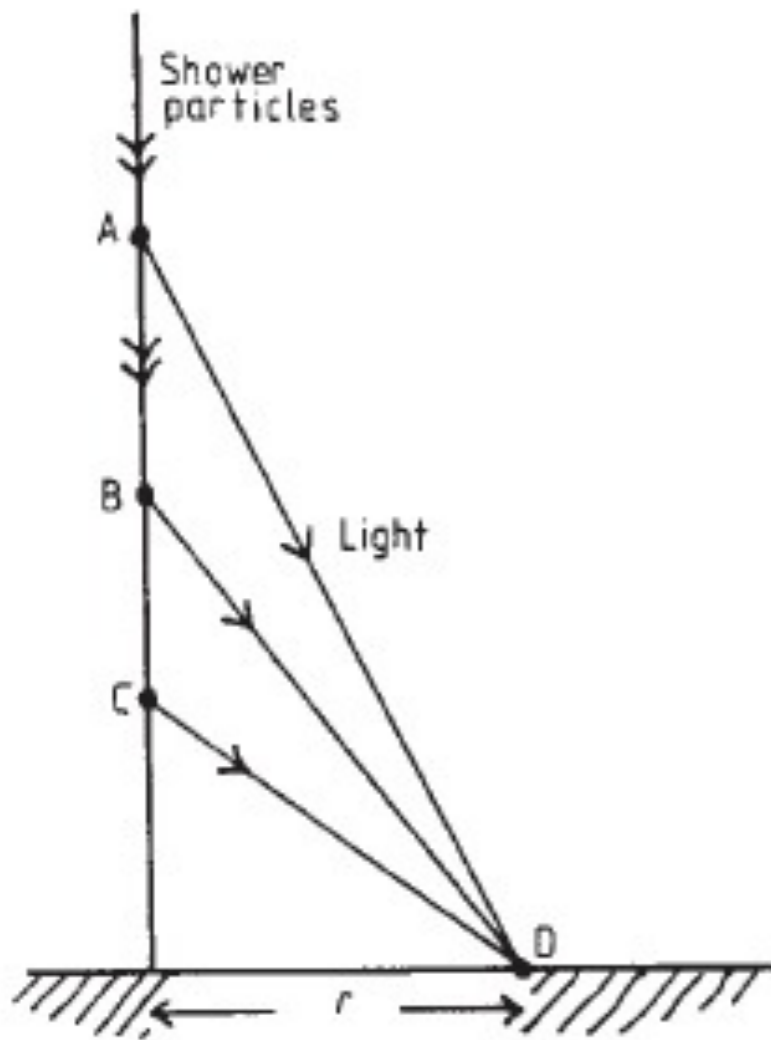
# 上空でのシャワー



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

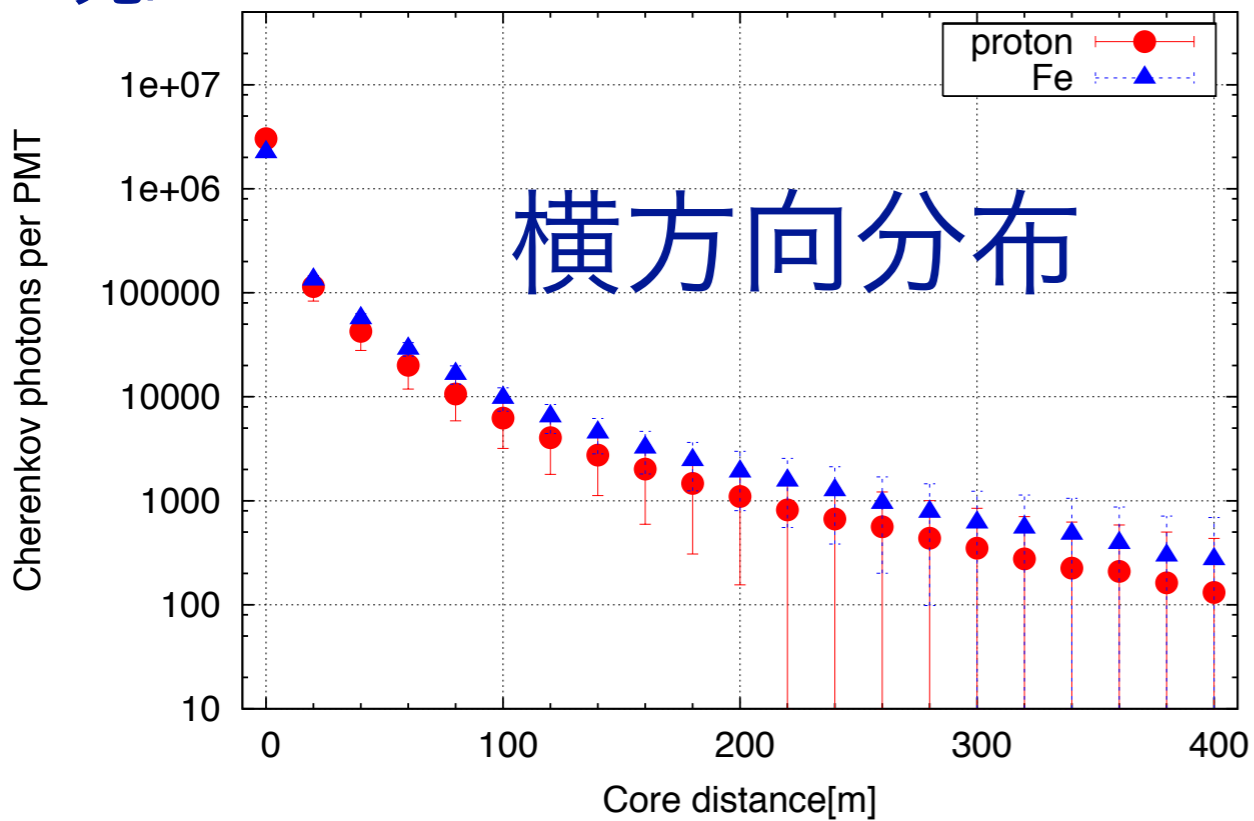
## 光子到着時間分布(波形)



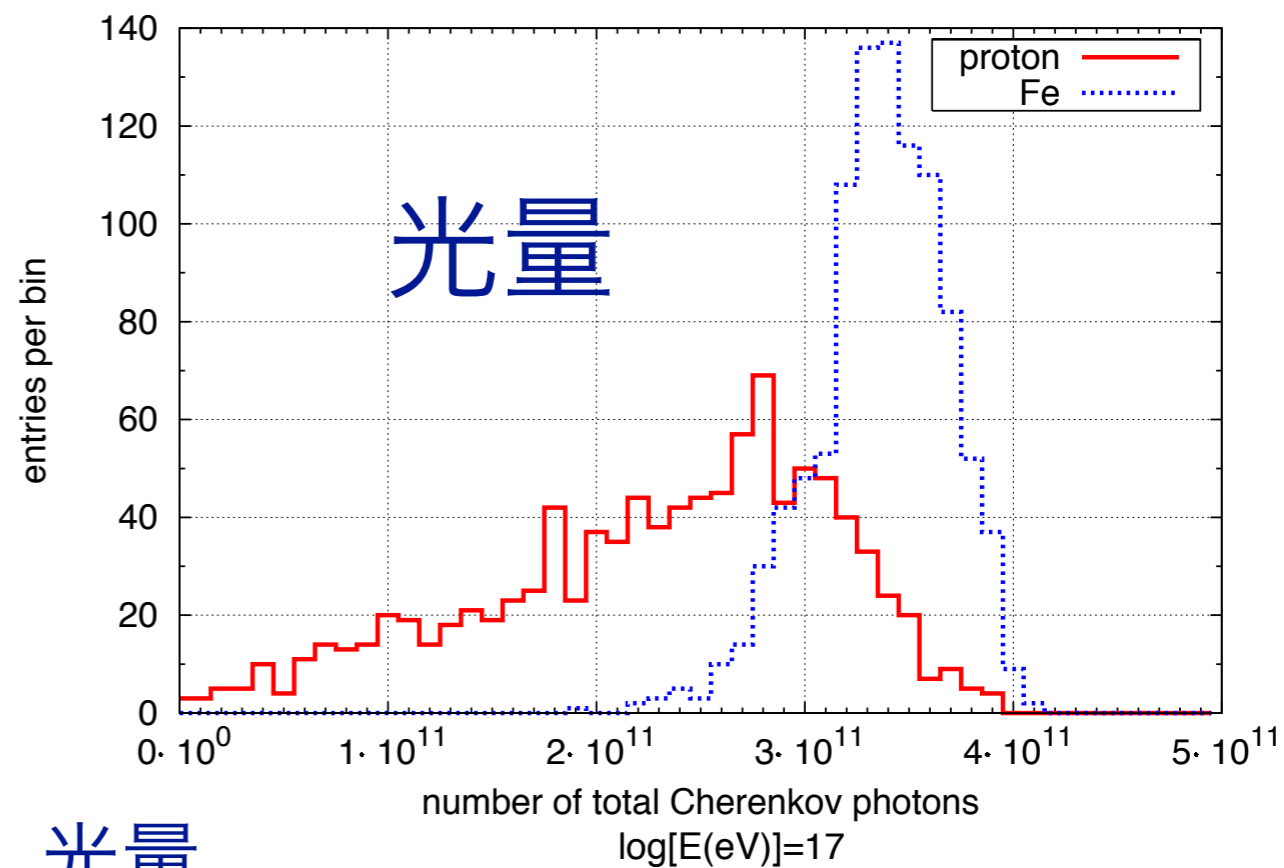
# シミュレーションスタディ

光/PMT

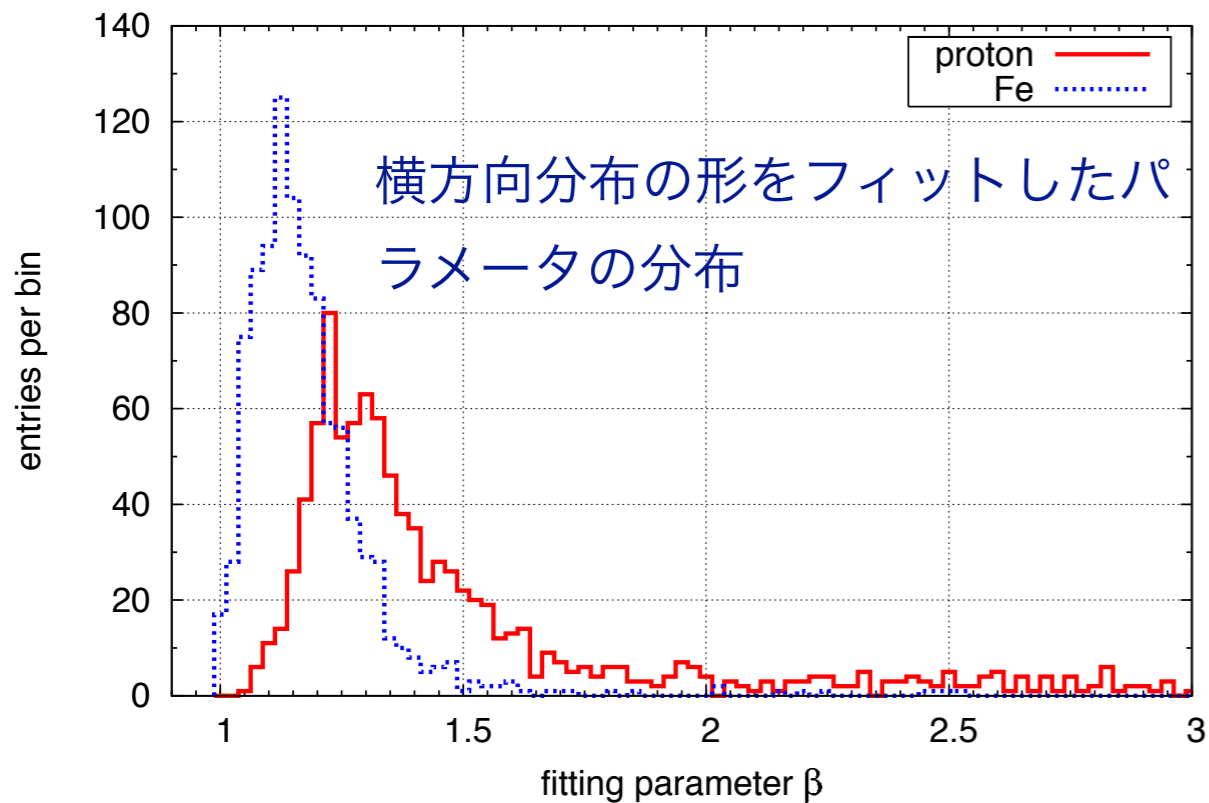
log[E(eV)]=17



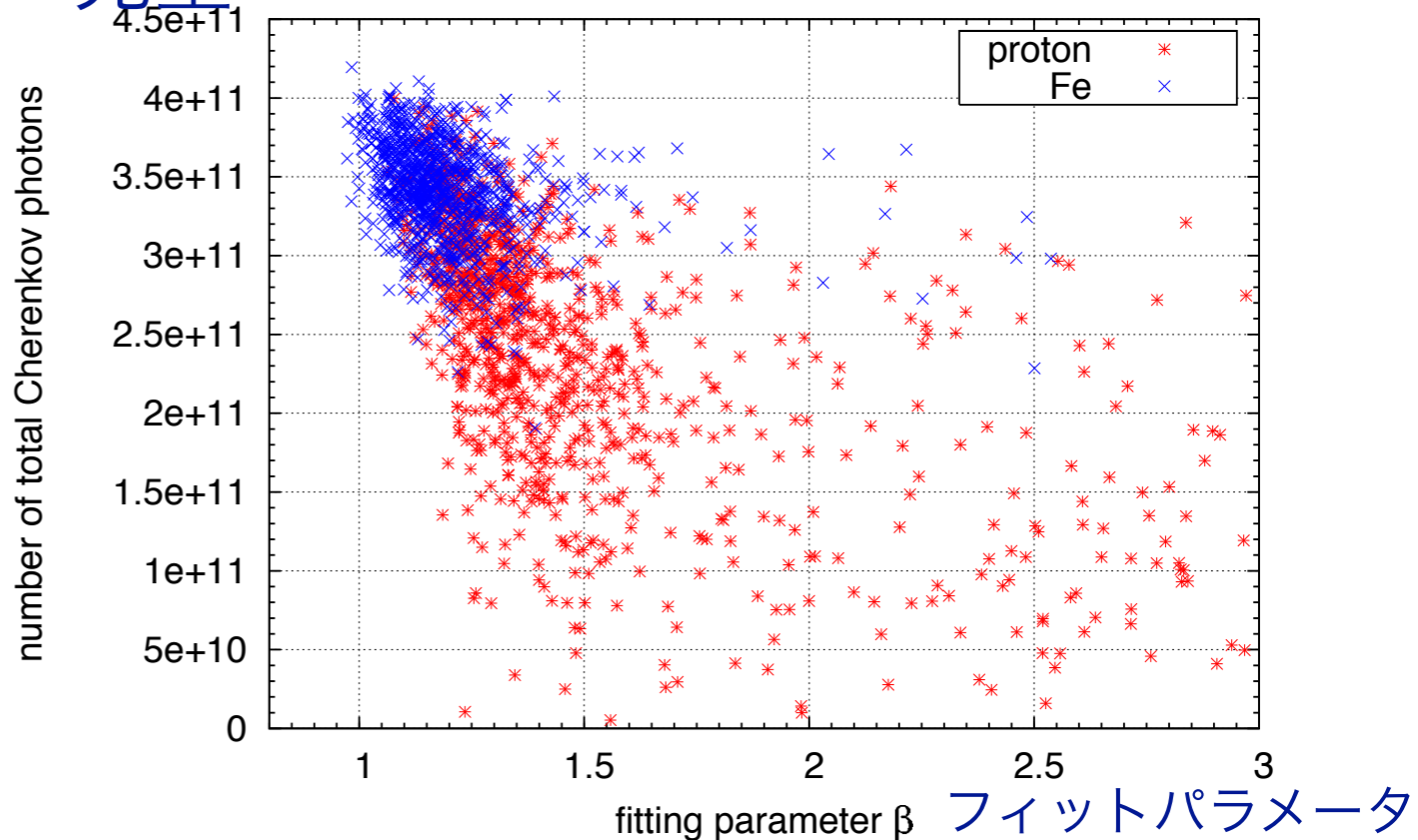
log[E(eV)]=17



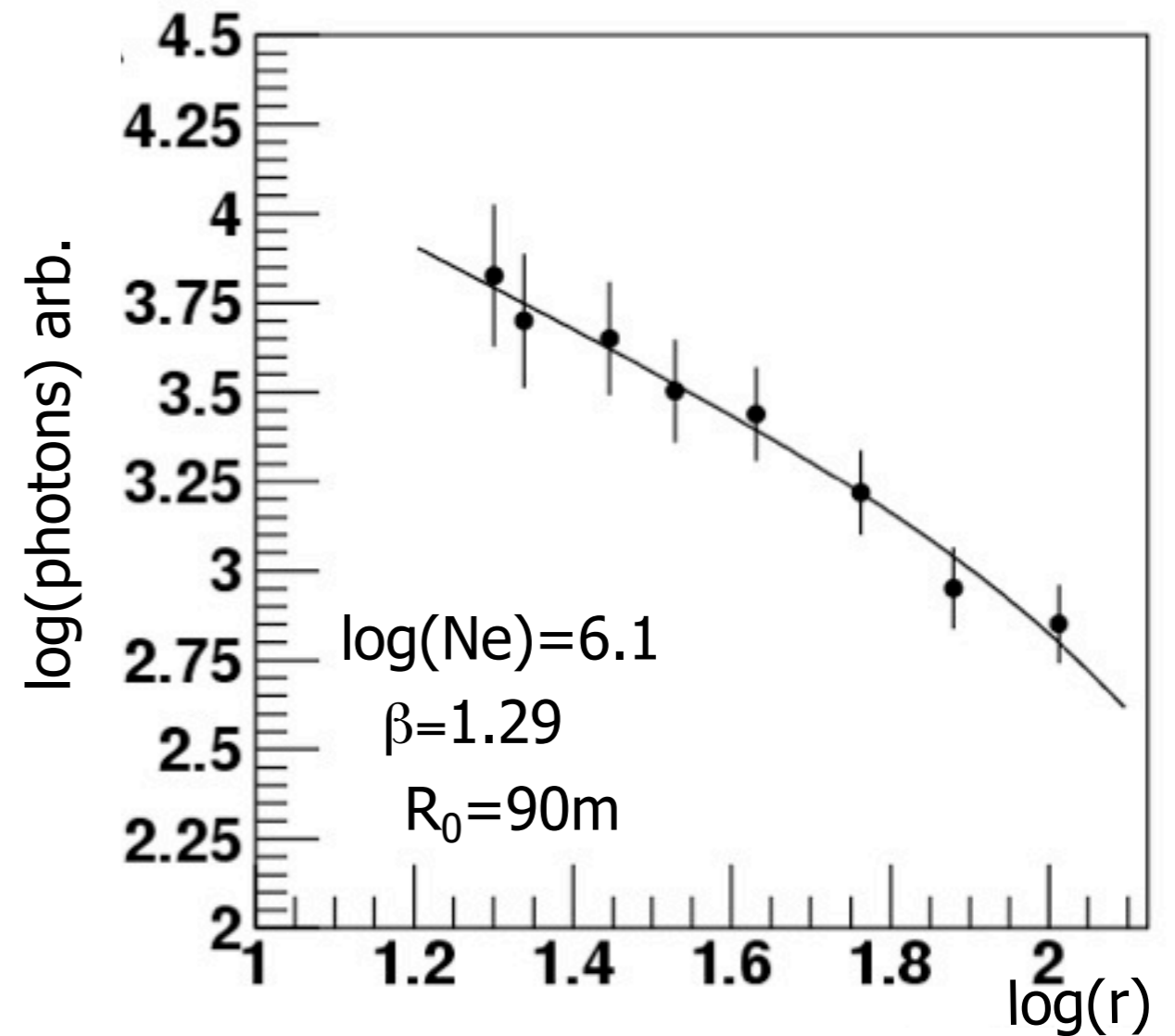
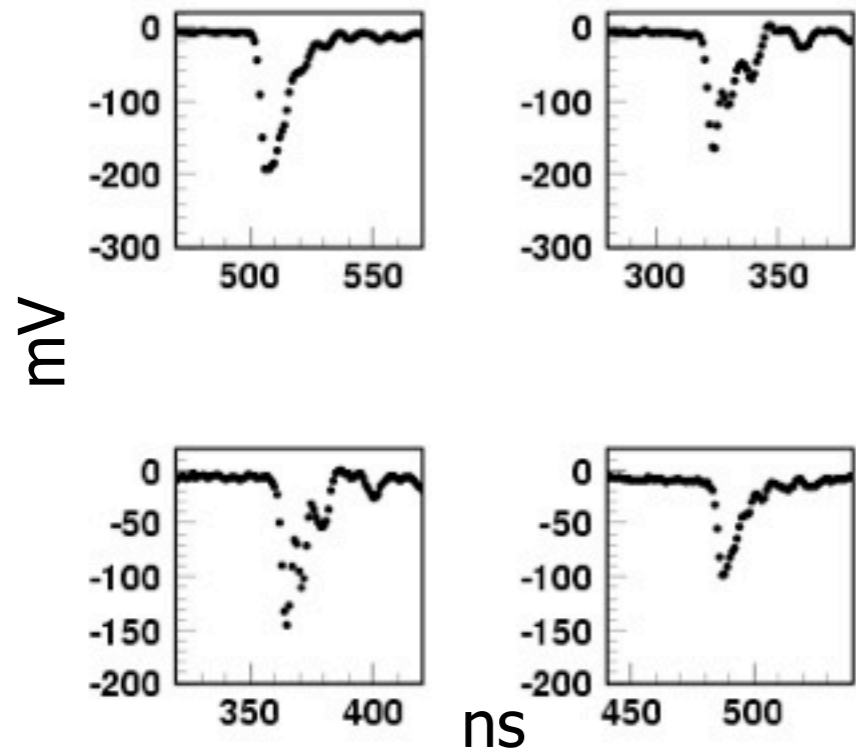
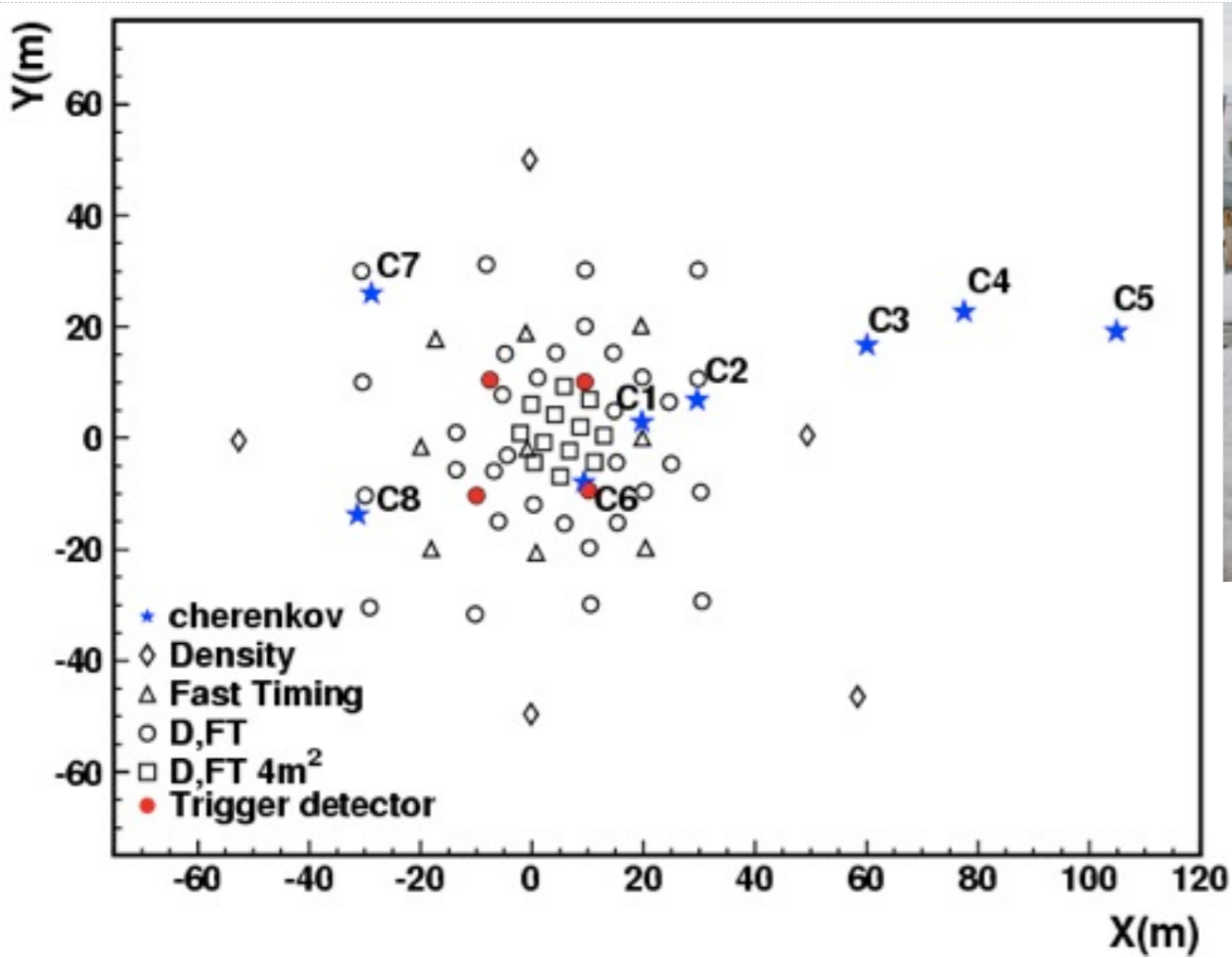
log[E(eV)]=17



光量

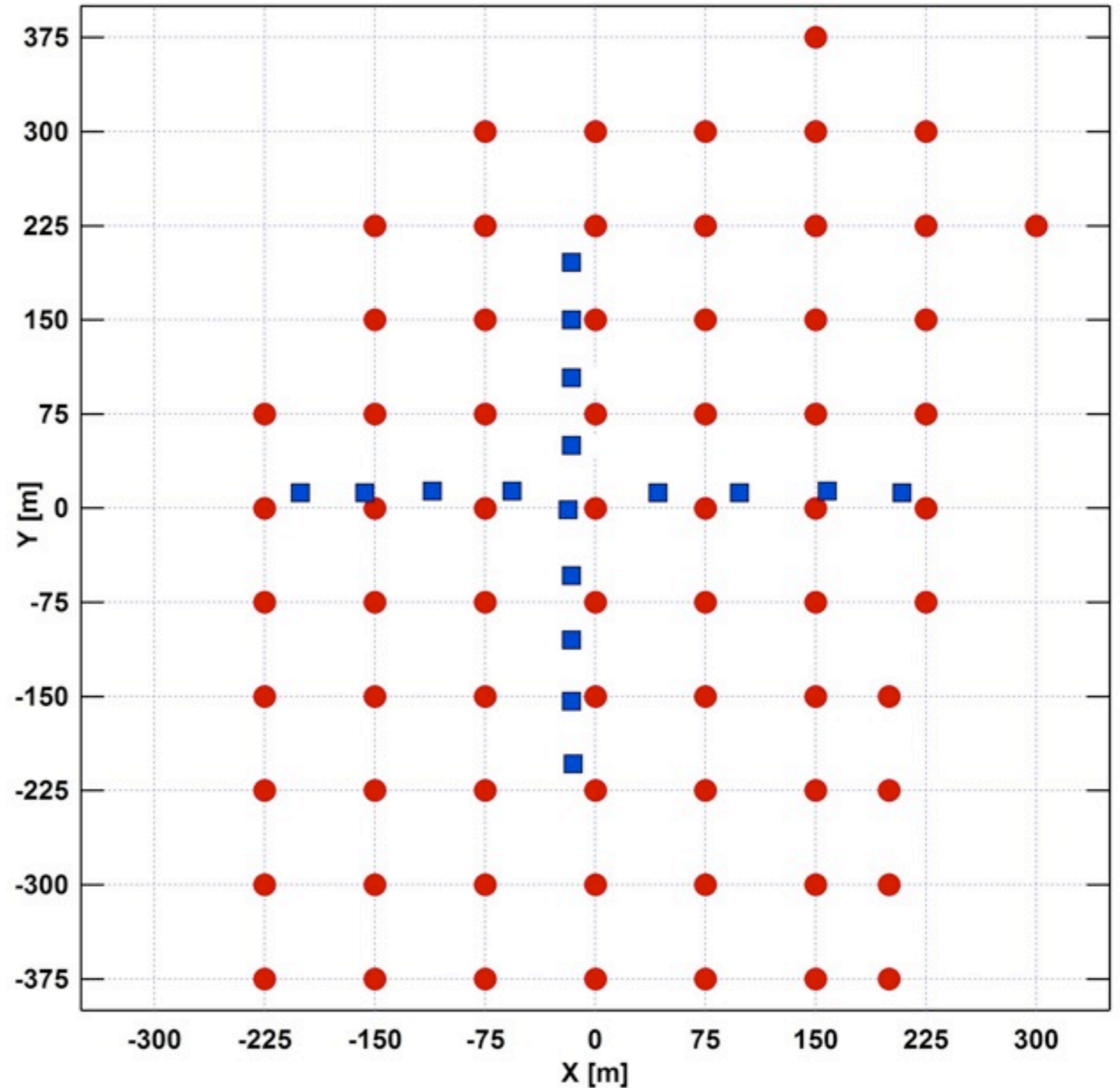


# チェレンコフ光横方向分布：観測例



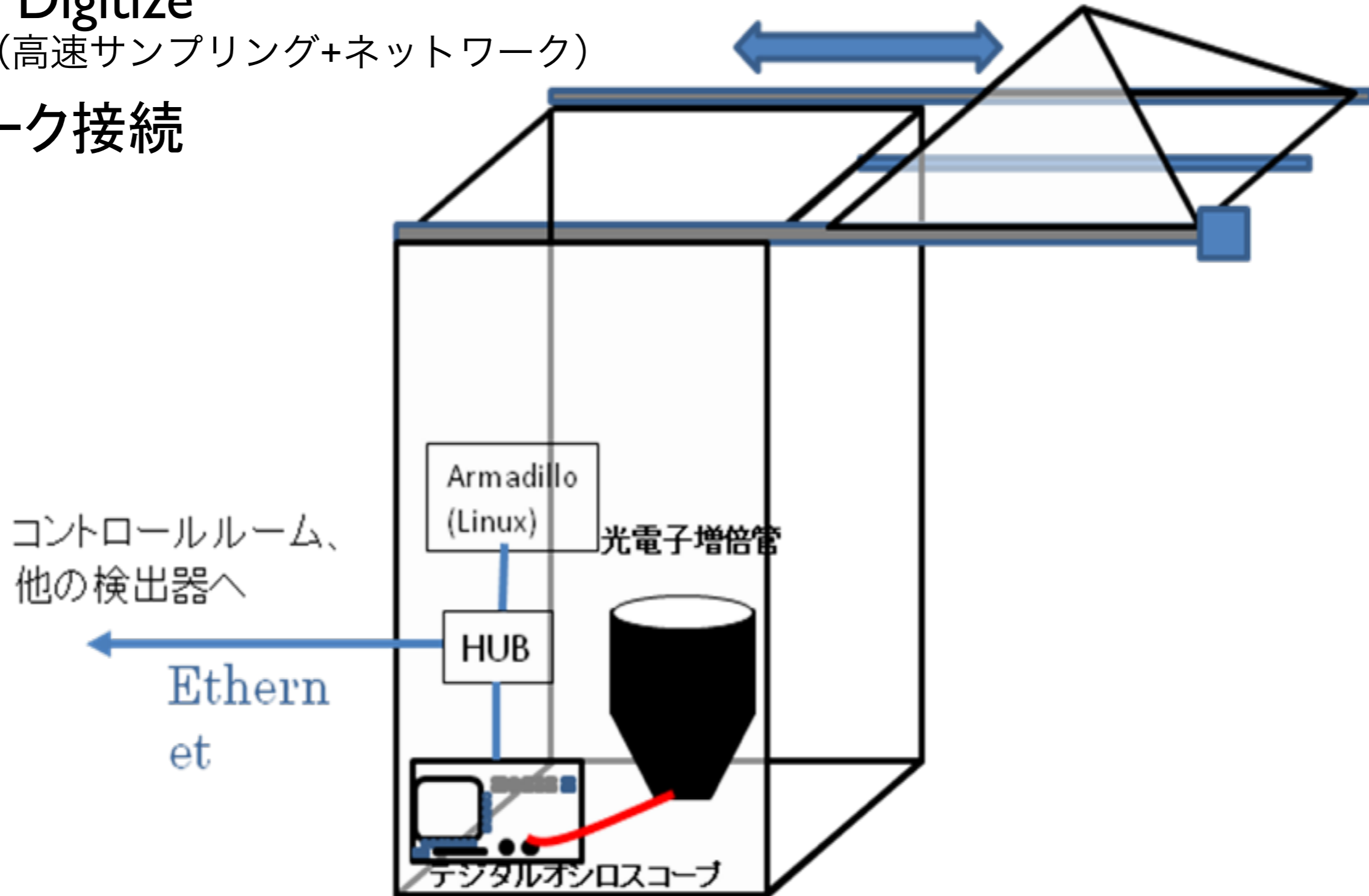
# 検出器配置案

- 十字型 (L型)
- 間隔 50m (最遠 200m)

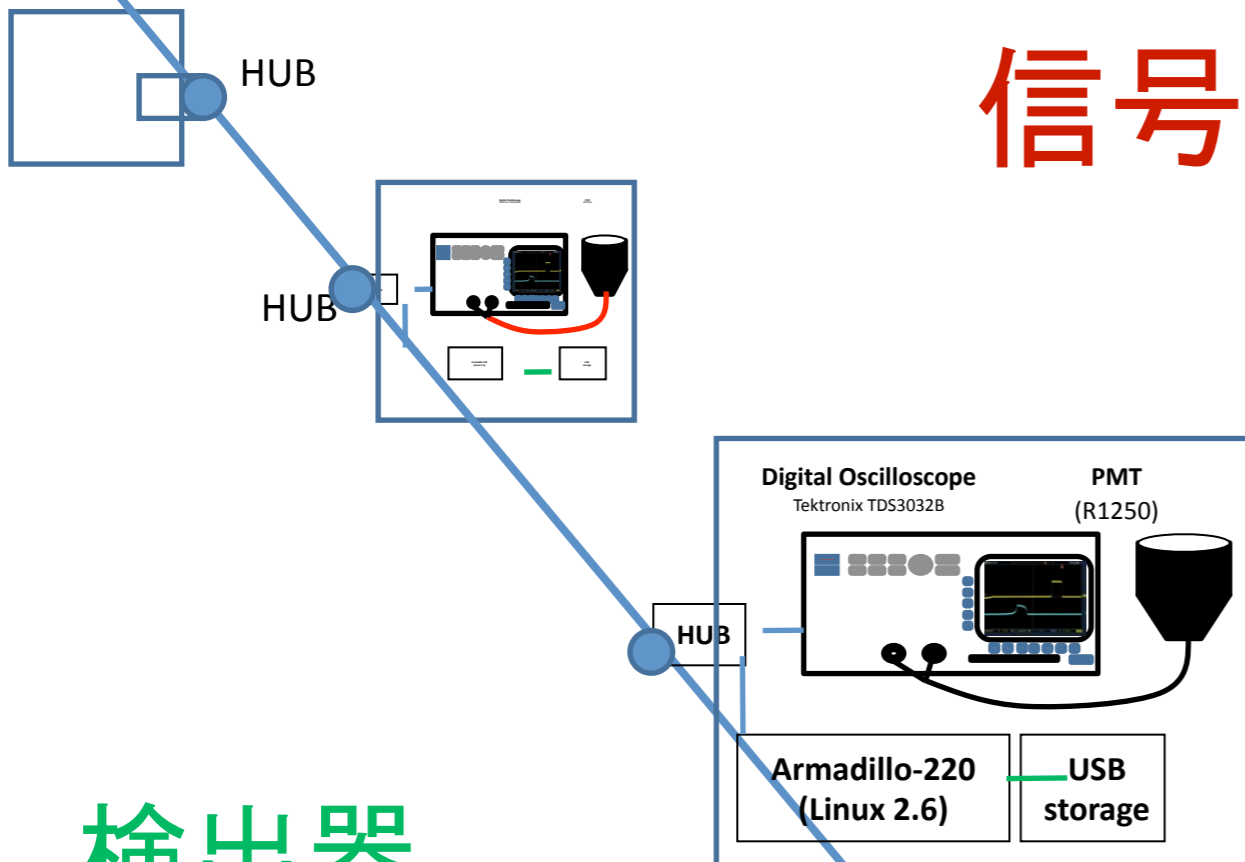


# 検出器

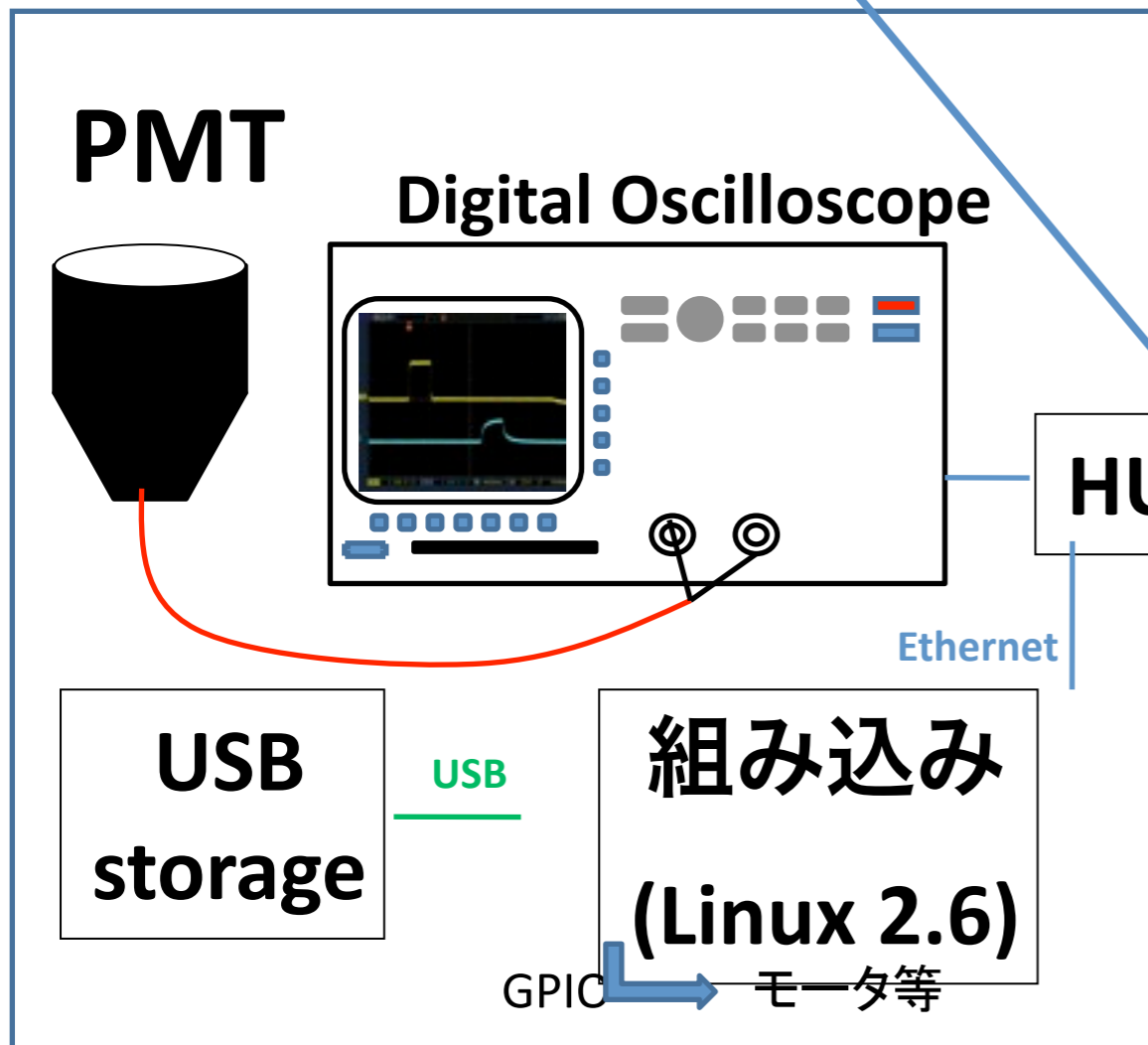
- 光子到着時刻(波形)を記録
- 複数台で横方向分布測定
- その場で Digitize  
専用ボード (高速サンプリング+ネットワーク)
- ネットワーク接続



# 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、モータ等の制御は組み込み 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
- 観測中はネットワーク通信はモニタのみ (データは観測終了後吸い出し)

コントロールルーム

Ethernet



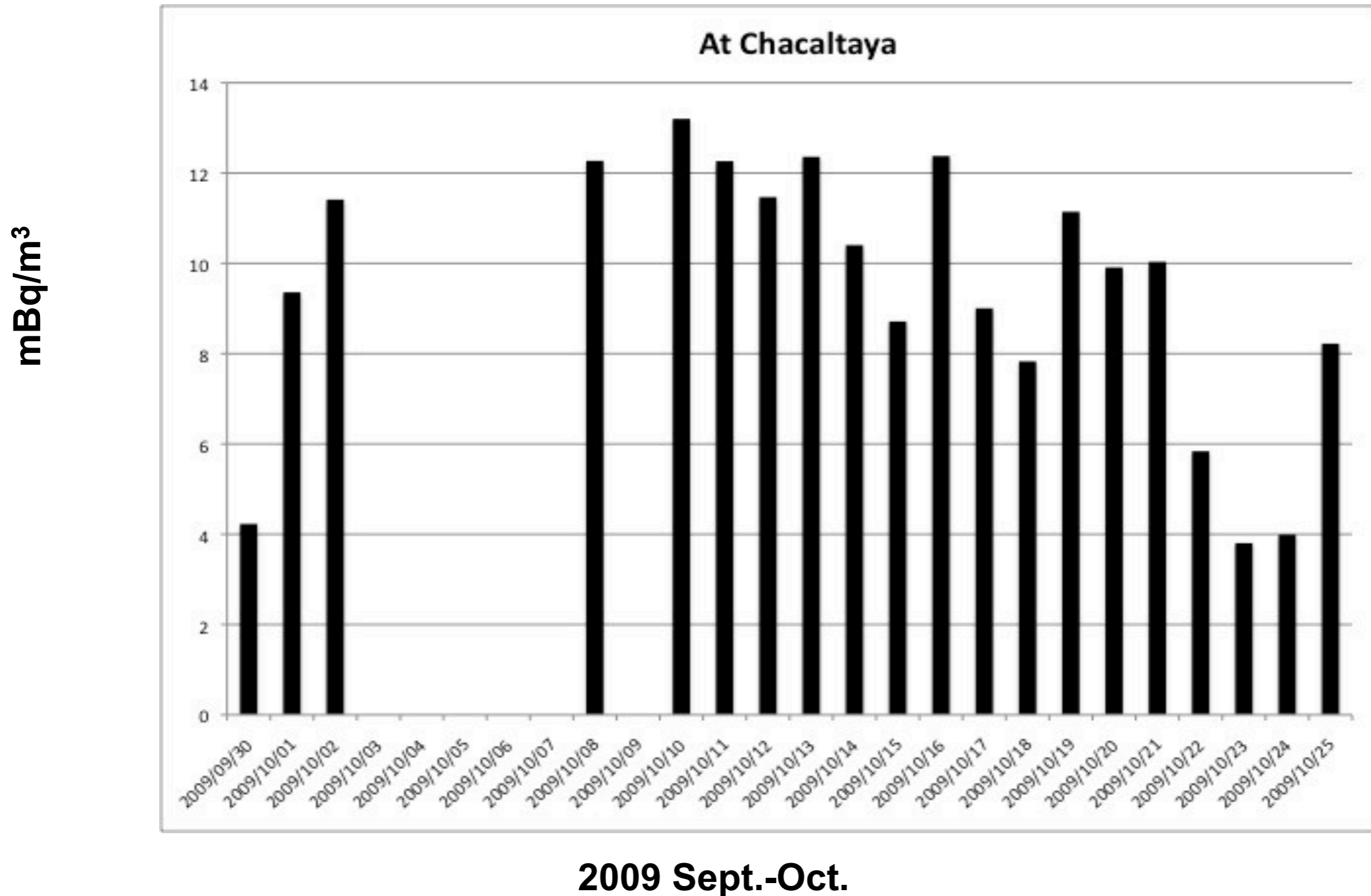
# Observation of Be-7 at Chacaltaya





# Be-7 concentrations @Chacaltaya

櫻井 (山形大)



# まとめ

## •Knee領域以上の宇宙線原子核組成研究

- ~2005年までの結果はAstropart.Physに (2008)
- 新空気シャワーアレイ
  - ケーブル交換、キャリブレーション
  - (2008 CAMAC不調)
  - 稼働中

## •チェレンコフ光同時観測

- 科研費申請中
- チャカルタヤでの予備測定
  - ノイズレート、DAQスペック
- 回路、制御等のコンポーネントは東工大で製作、組み上げテストへ

## •チャカルタヤ山観測所

- 検出器常時稼働
- 水チェレンコフタンク稼働 (LAGO)
- 太陽中性子：順調、データは2009/Octまで日本に、解析中
- 大気中放射能測定（山形大）：常時測定開始
- VLBI(?) - 国立天文台など、南半球拠点としてペルーとチャカルタヤ