

# ボリビア空気シャワー共同実験 (BASJE)



垣本 史雄、常定 芳基 (東工大)

2013/12/20 東京大学宇宙線研究所 共同利用研究成果発表会

# 稼働中プロジェクト

- BASJE (Bolivian Air Shower Joint Experiment) (東工大、理研など)
- 太陽中性子望遠鏡 (名大STE研など)
- Neutron Monitor - 国際ネットワーク
- 大気中放射性物質モニター (山形大)
- LAGO: Auger型水チェレンコフタンク 3台による何かのモニタ
- GAU: サンアンドレス大の大気グループ：オゾンや大気電場等の研究プロジェクト
- 国立天文台：電波望遠鏡を置くプロジェクト検討中

**共同利用研究費 - 250万円**

•維持費、物品費、旅費

# チャカルタヤ観測所/体制

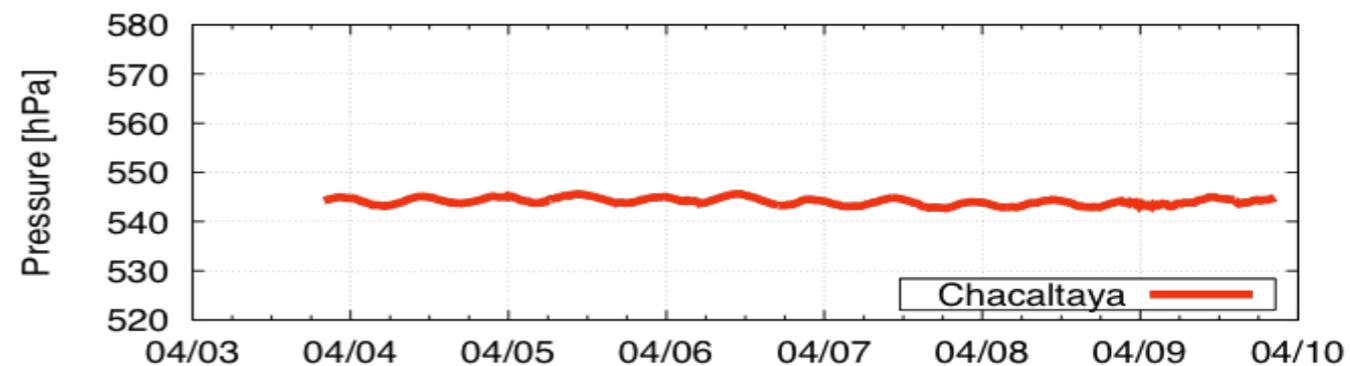
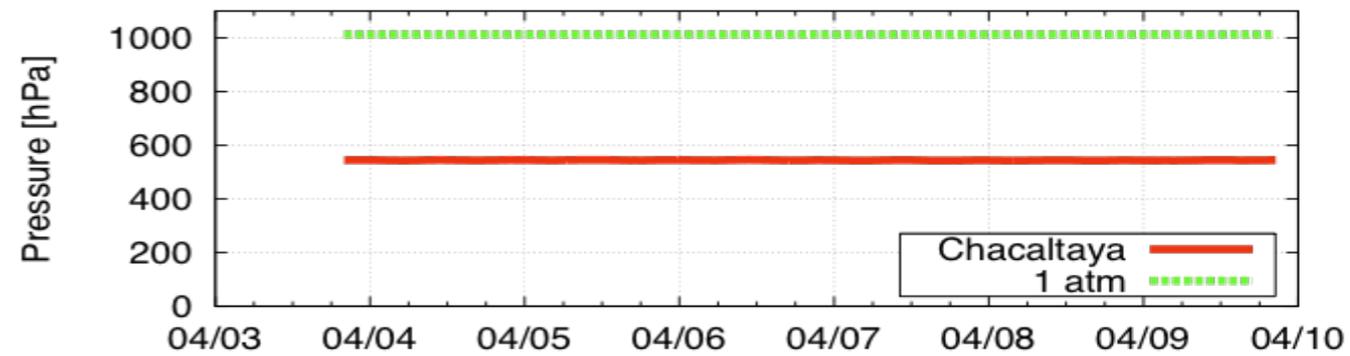
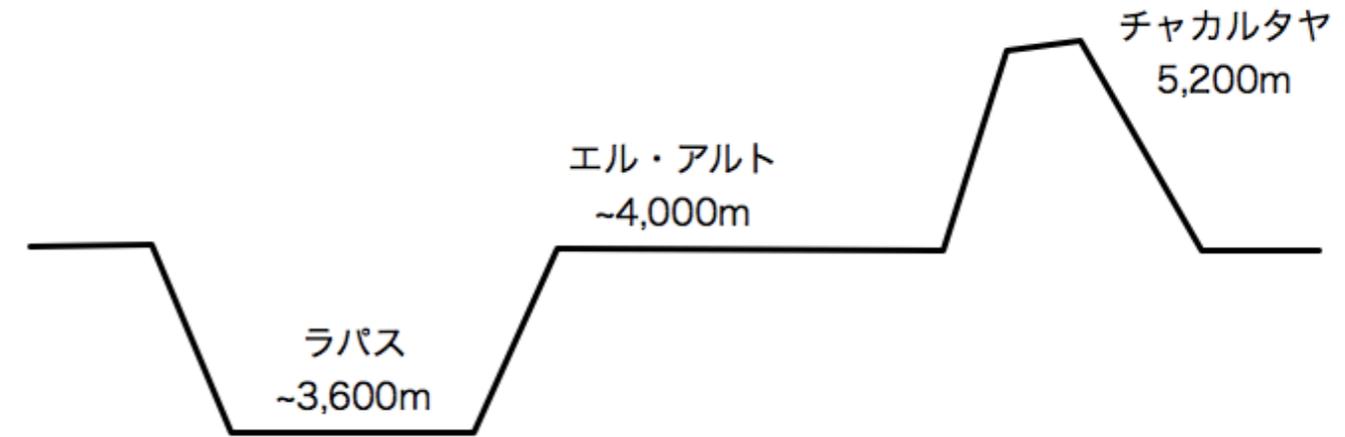
- 標高5,200m、大気厚さ $\sim 540\text{g}/\text{cm}^2$ 
  - $\sim 500\text{Hz}/\text{m}^2$  (>single)
- ラパスから車で2時間（下り1.5時間）

- 現地スタッフ

- 宇宙物理屋：2名
- 技術職員：1名
- 「オブレロ」：4名

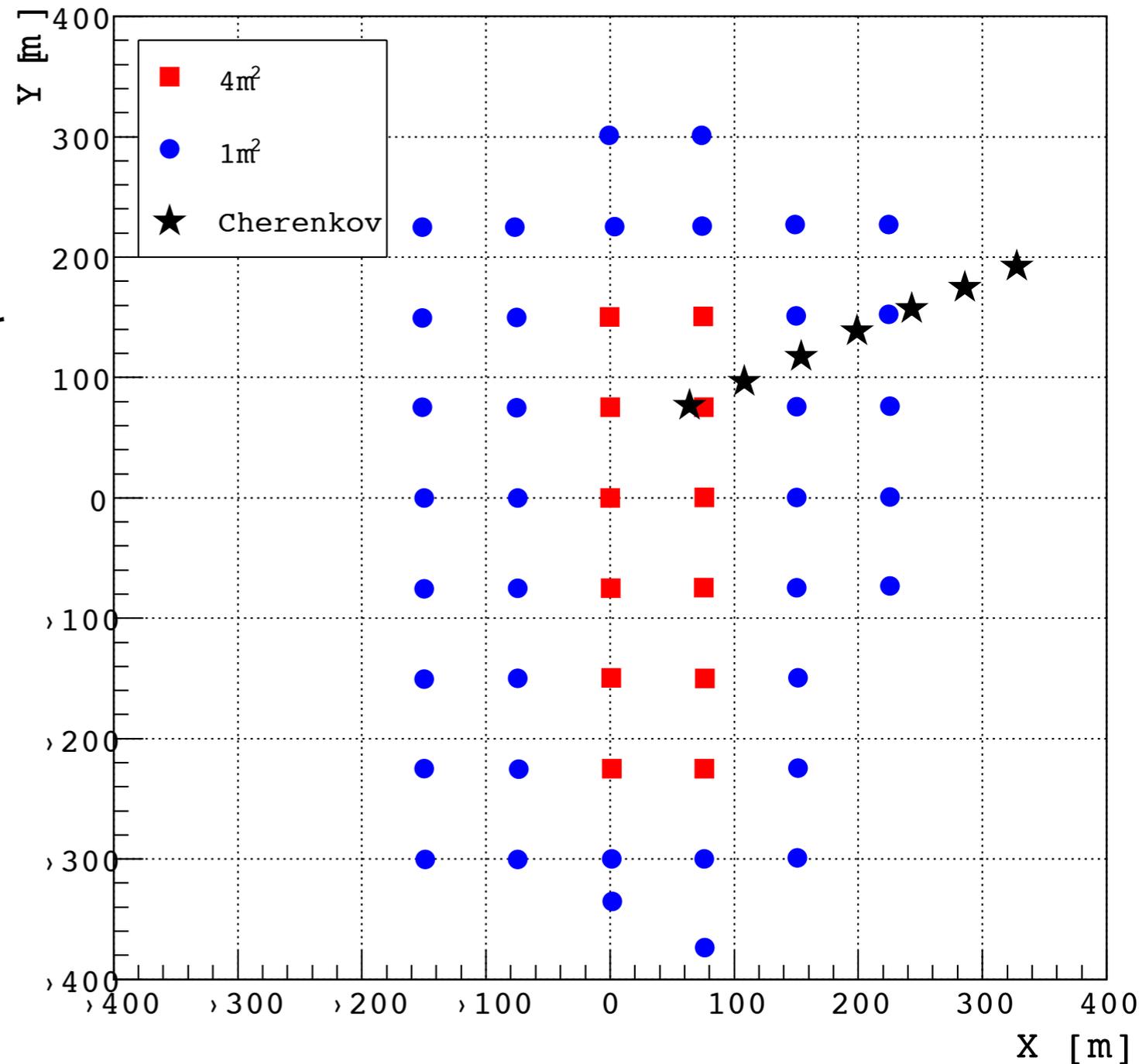
- 日本人派遣

- 常定（東工大）：7-10月、勝谷（東工大DI）、三森（東工大M2）8-10月
- 田島（理研）：8-10月



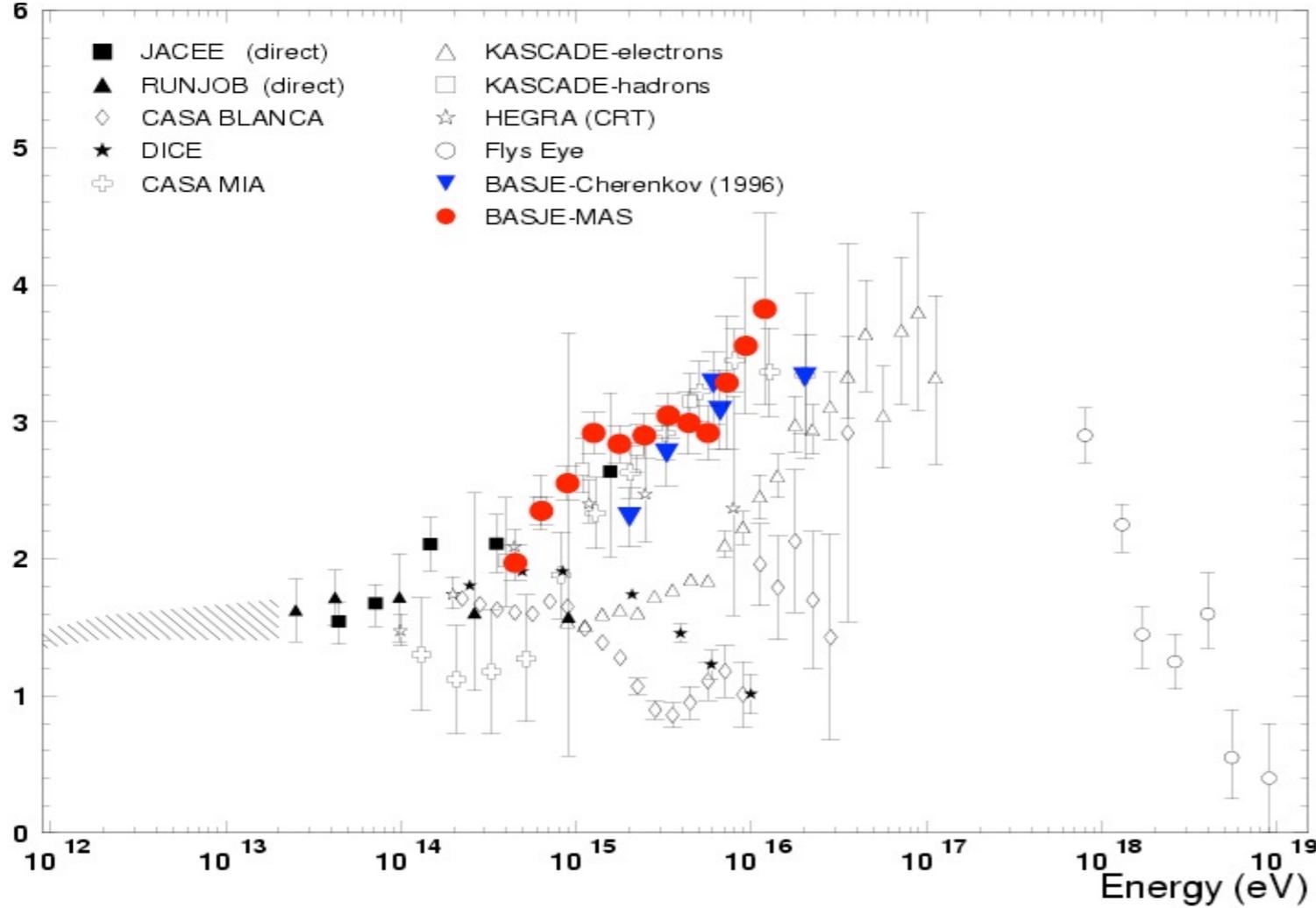
# 検出器配置

- 空気シャワーアレイ
  - 50台のシンチレーション検出器
  - ~500m x 600m
  - 75m 間隔
  - ~ $10^{15}$ eV で効率100%
  - 2010年稼働開始
  - 2011年データ収集系入れ替え
    - CCNET
- チェレンコフ光検出器
  - 7台
  - 5inch PMT 1本
  - 1GHz サンプルング
  - 空気シャワートリガ

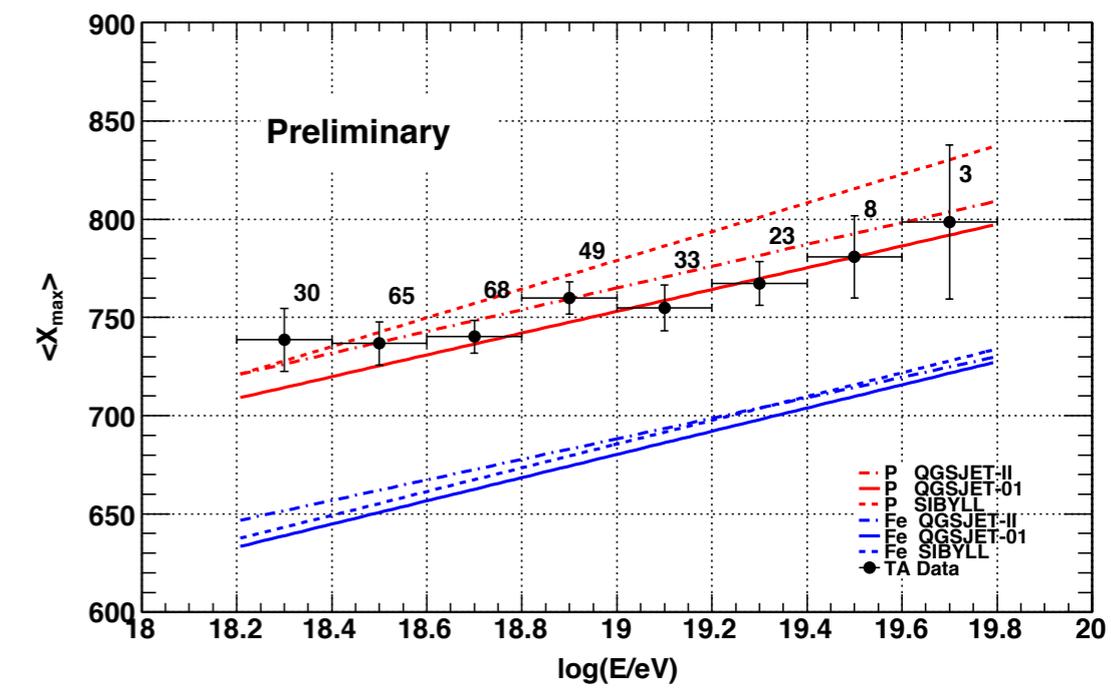
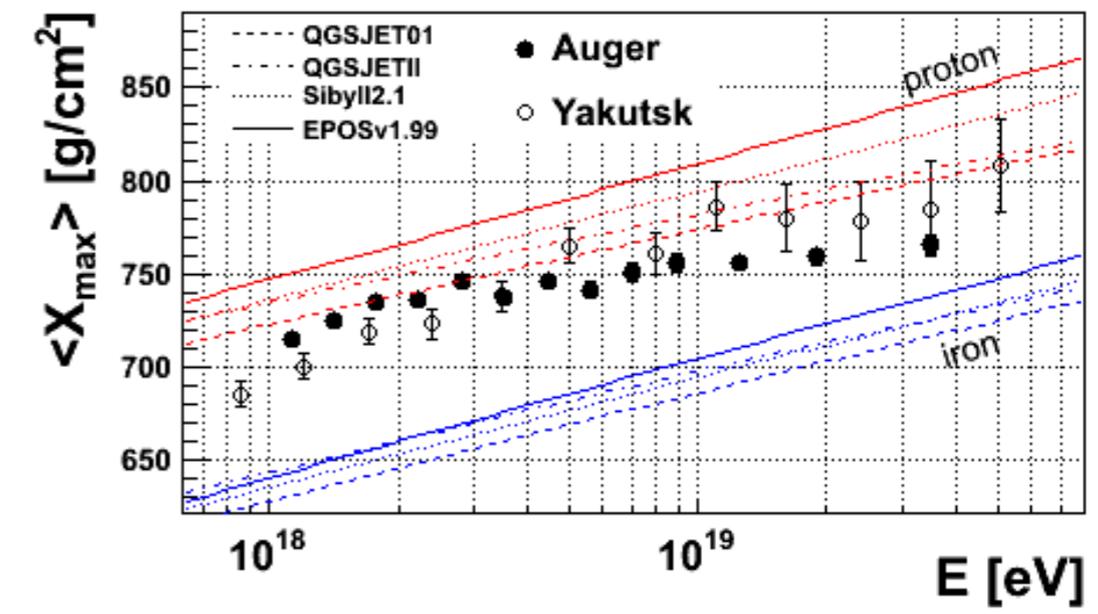
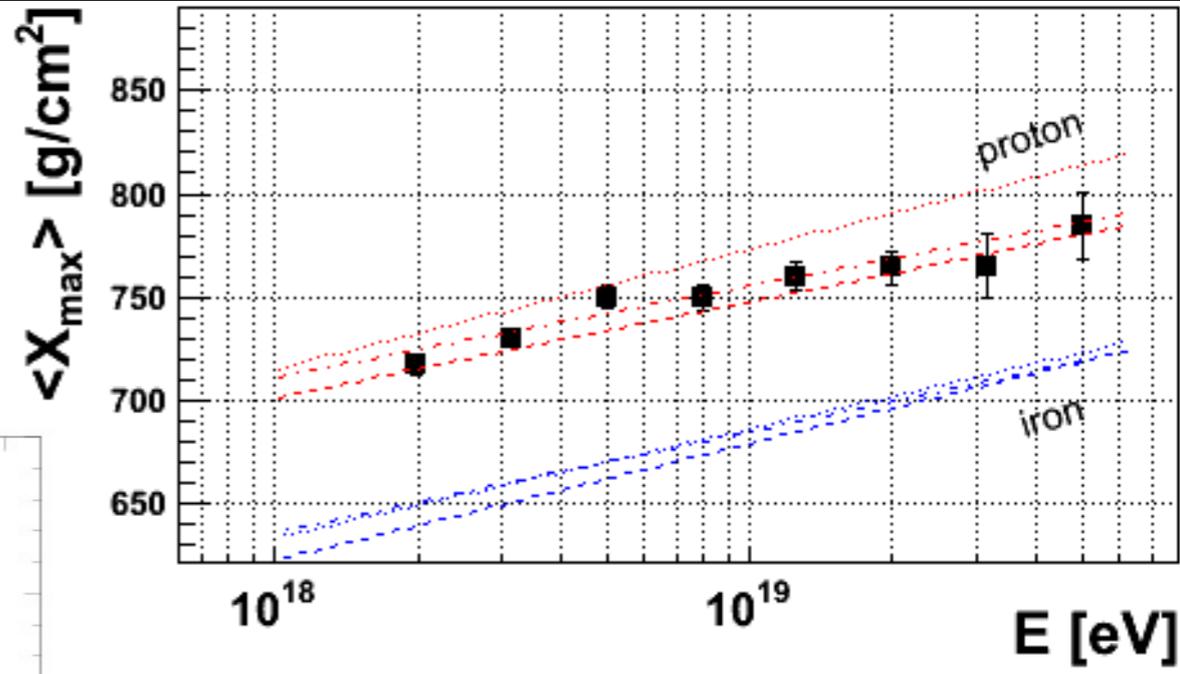


# ターゲット

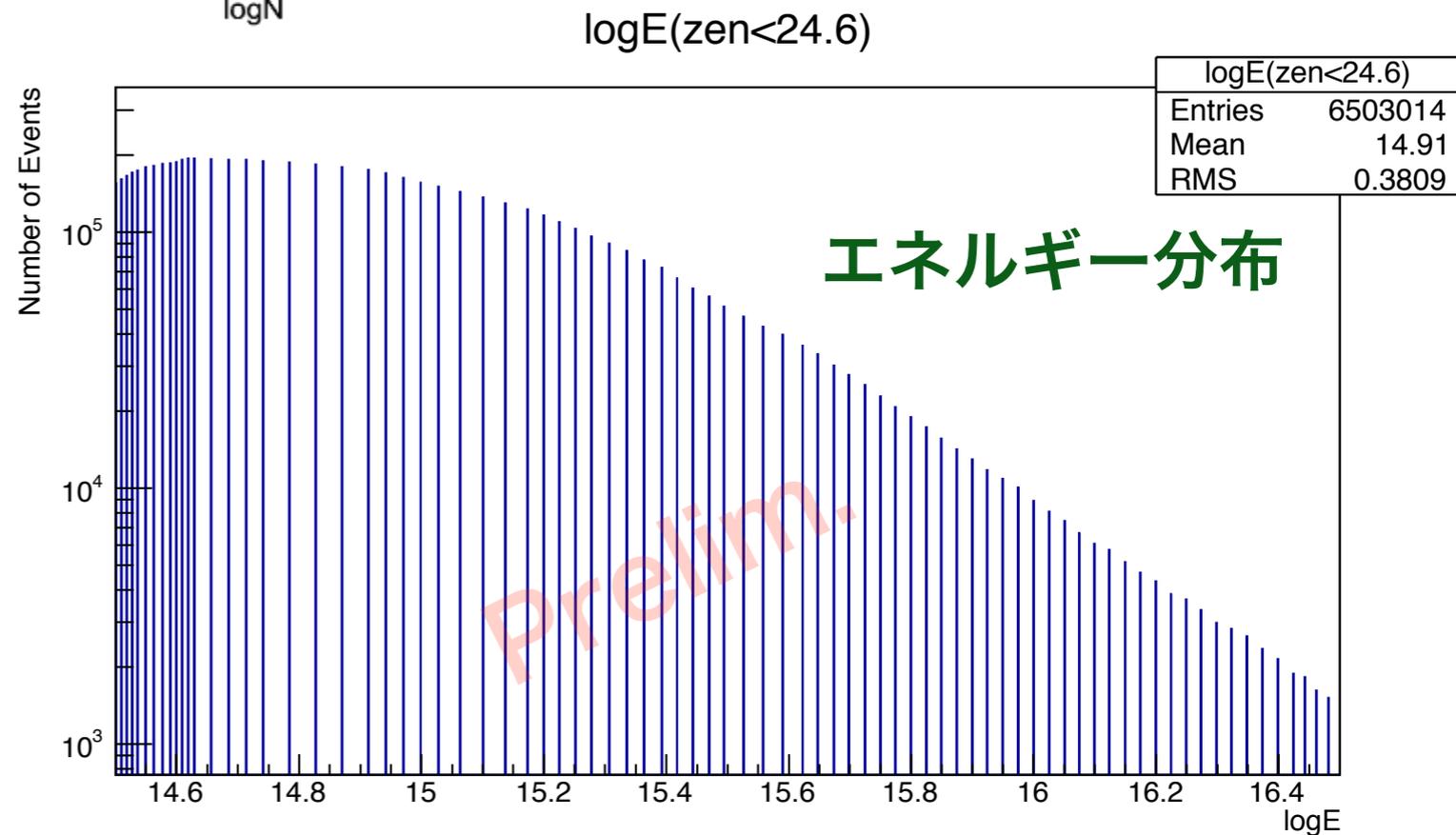
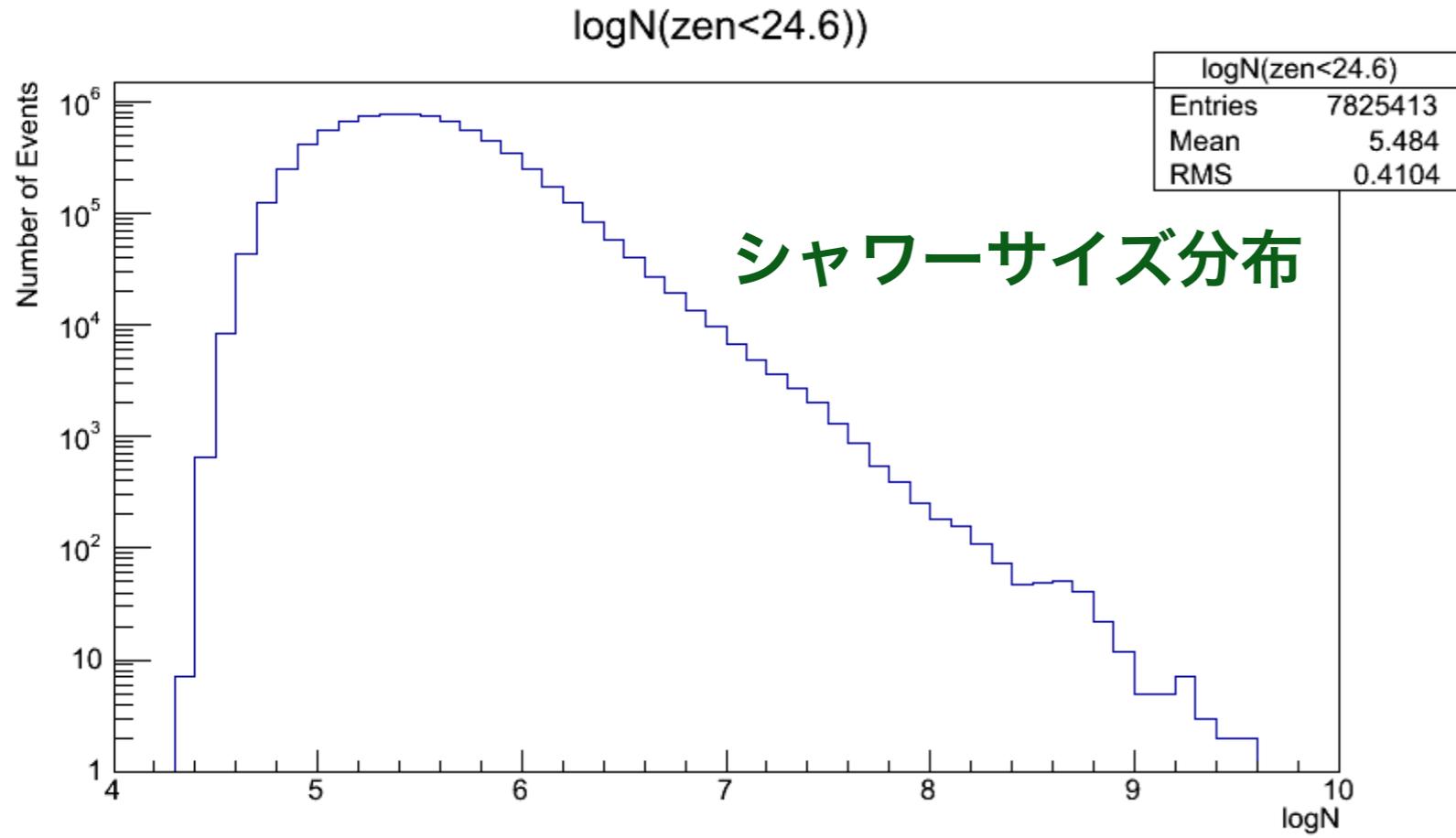
$\langle \ln A \rangle$



- Kneeは重い
- $10^{18}$ eVでは軽い
- ではその中間は？
- **$10^{15} \sim 10^{17}$ eVの原子核組成**
- 観測方法、高度的にも中間



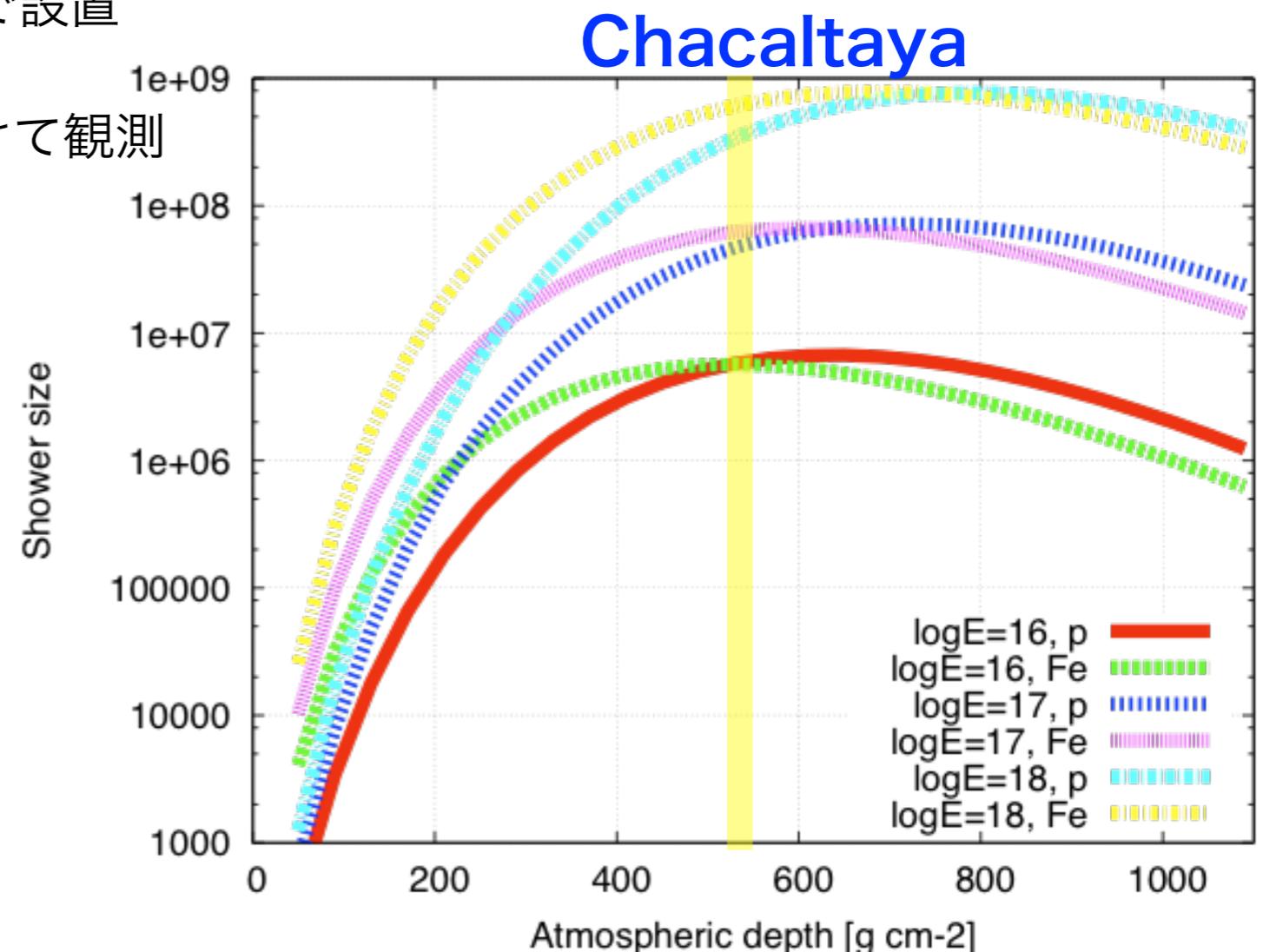
# シャワー解析現状



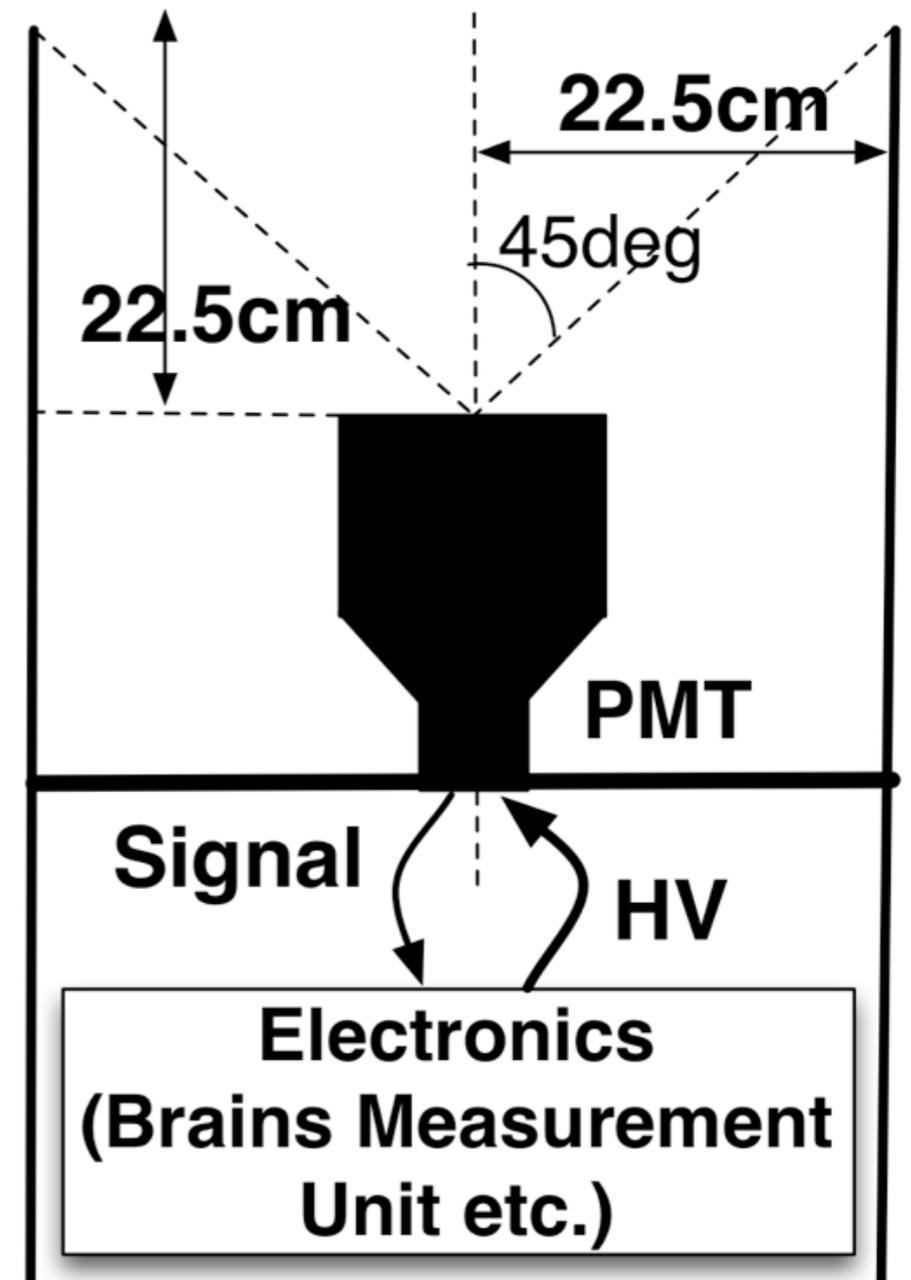
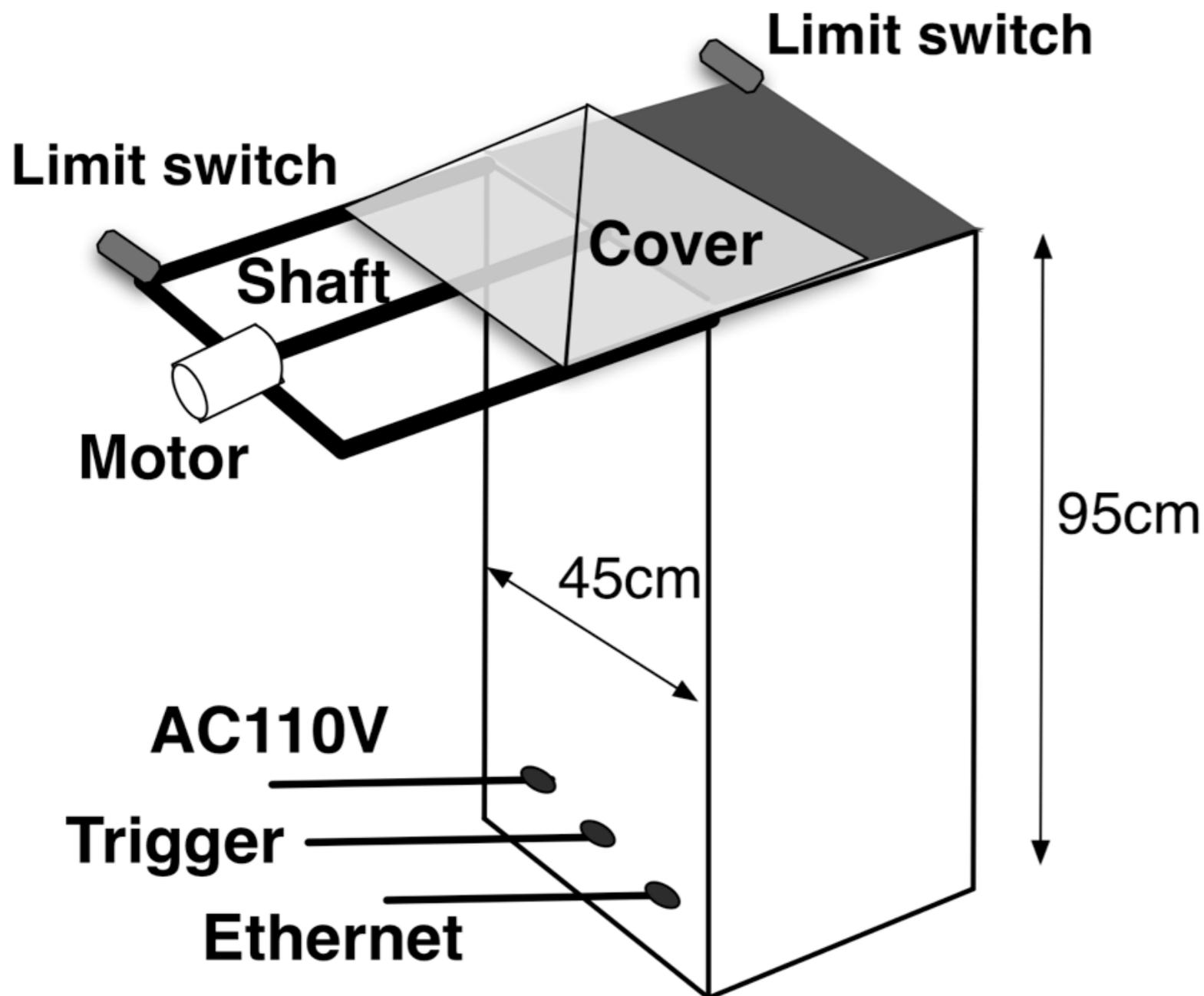
- トリガー効率補正、  
Unfolding 適用前

# チェレンコフ光観測

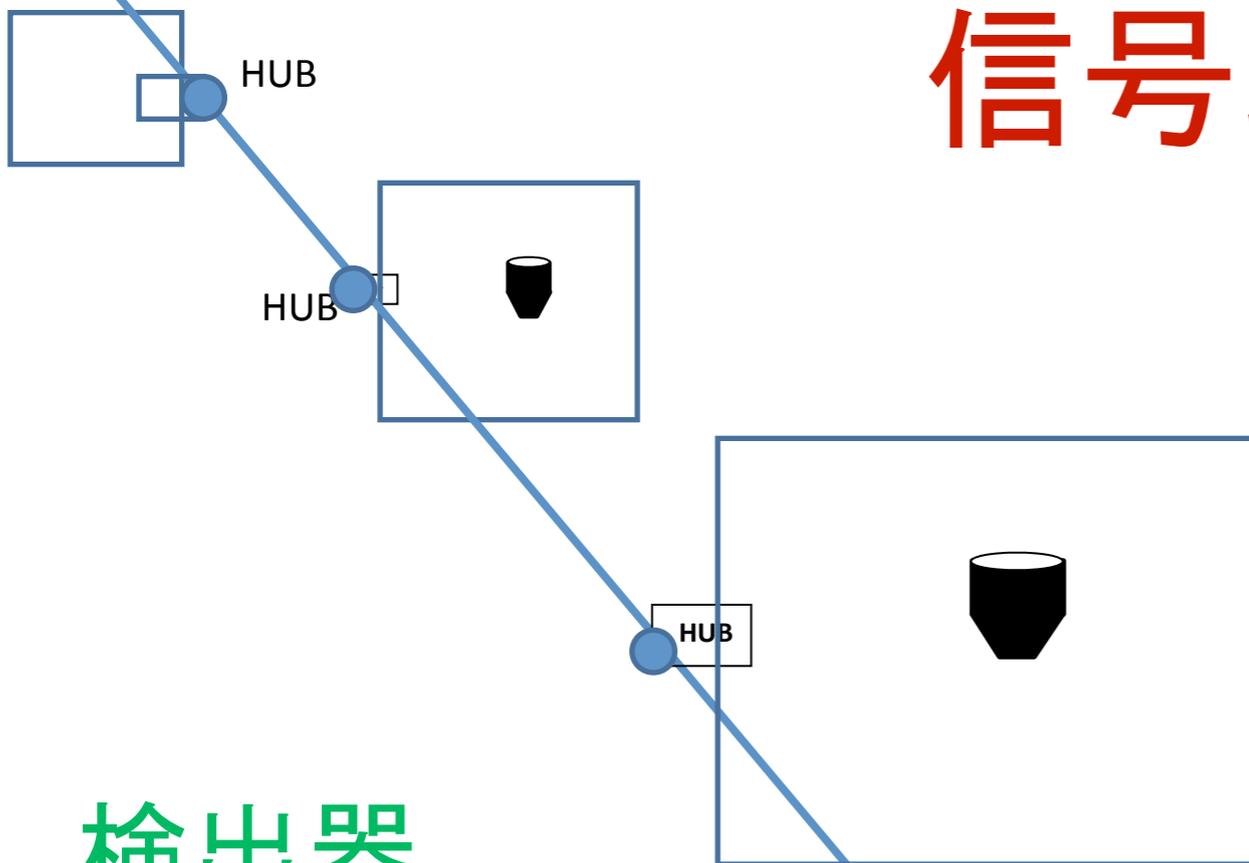
- 7台のチェレンコフ光検出器を空気シャワーアレイ内に設置
  - $10^{15}\sim 10^{17}$ eVの原子核組成
  - 上空を見たい：エネルギー高くても、やはり高高度で迎えに行って観測
  - チェレンコフ光の到着時刻分布、横方向分布
  - アレイ中心から動径方向に50m間隔で設置
  - Twilight/月の入りとともにふたを開けて観測
  - 無人運転を目指す



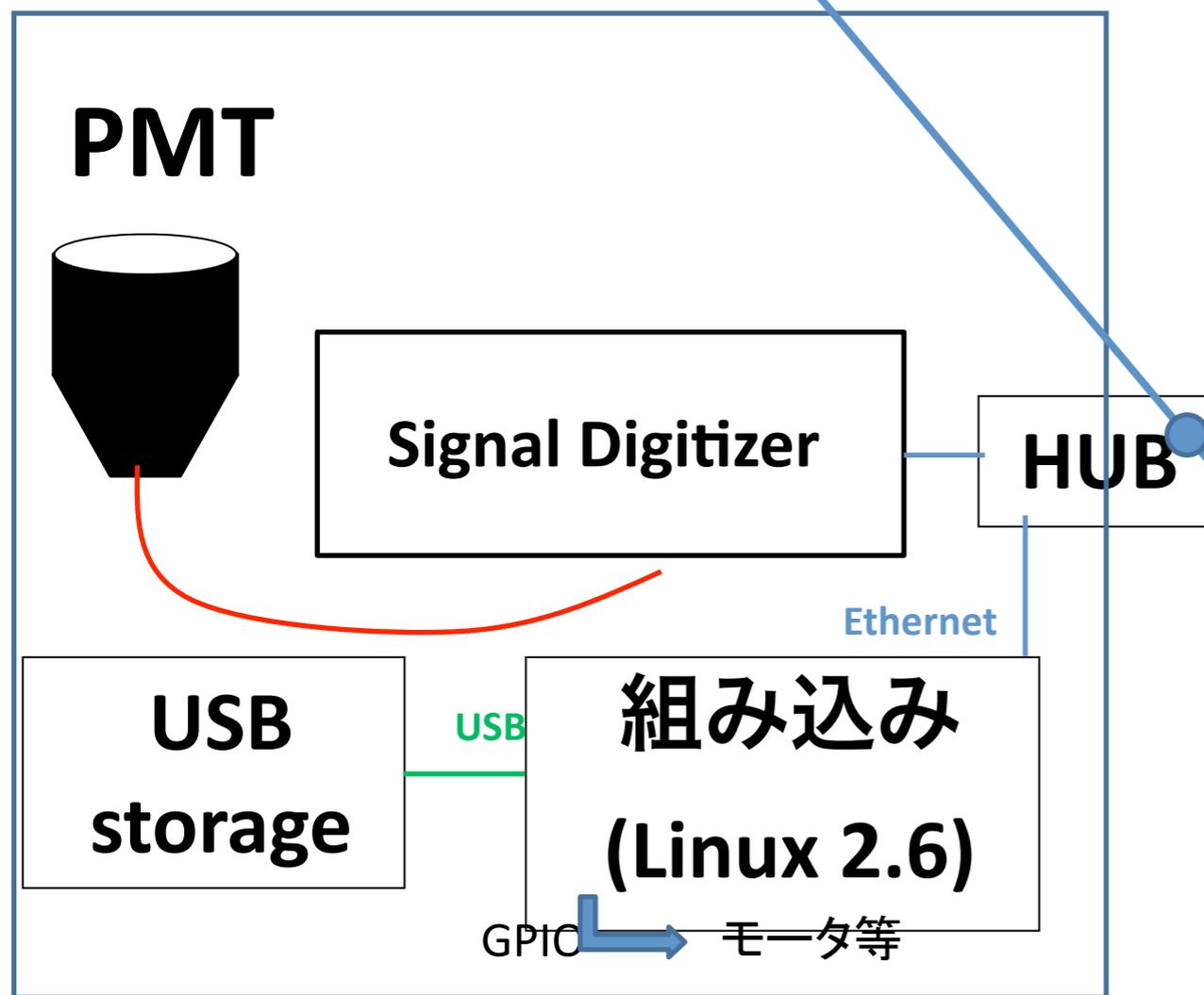
# 検出器：箱



# 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
- データはローカルマウントしたUSB 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

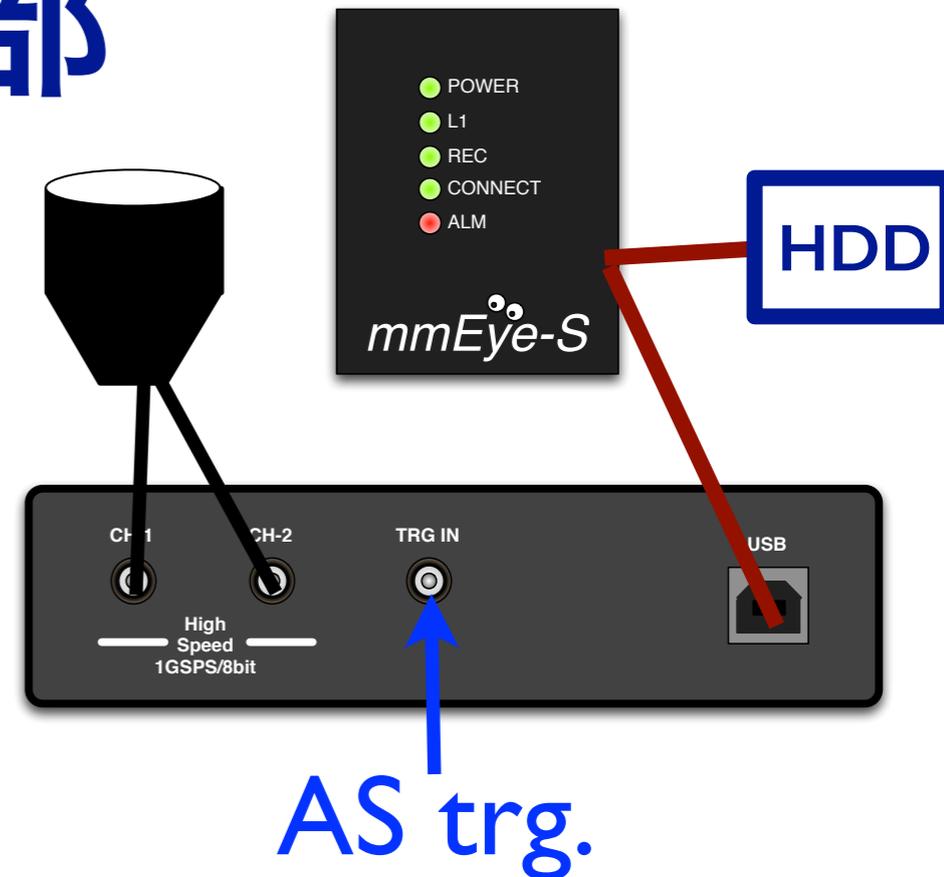
Ethernet



# データ取得部

## mmEye-S

- ARM CPU
- Linux 2.6
- ネットワーク、USB 2ポート
- ブレインズ社既製品
  - クロス開発環境が提供される
- (Raspberry Pi に以降予定)

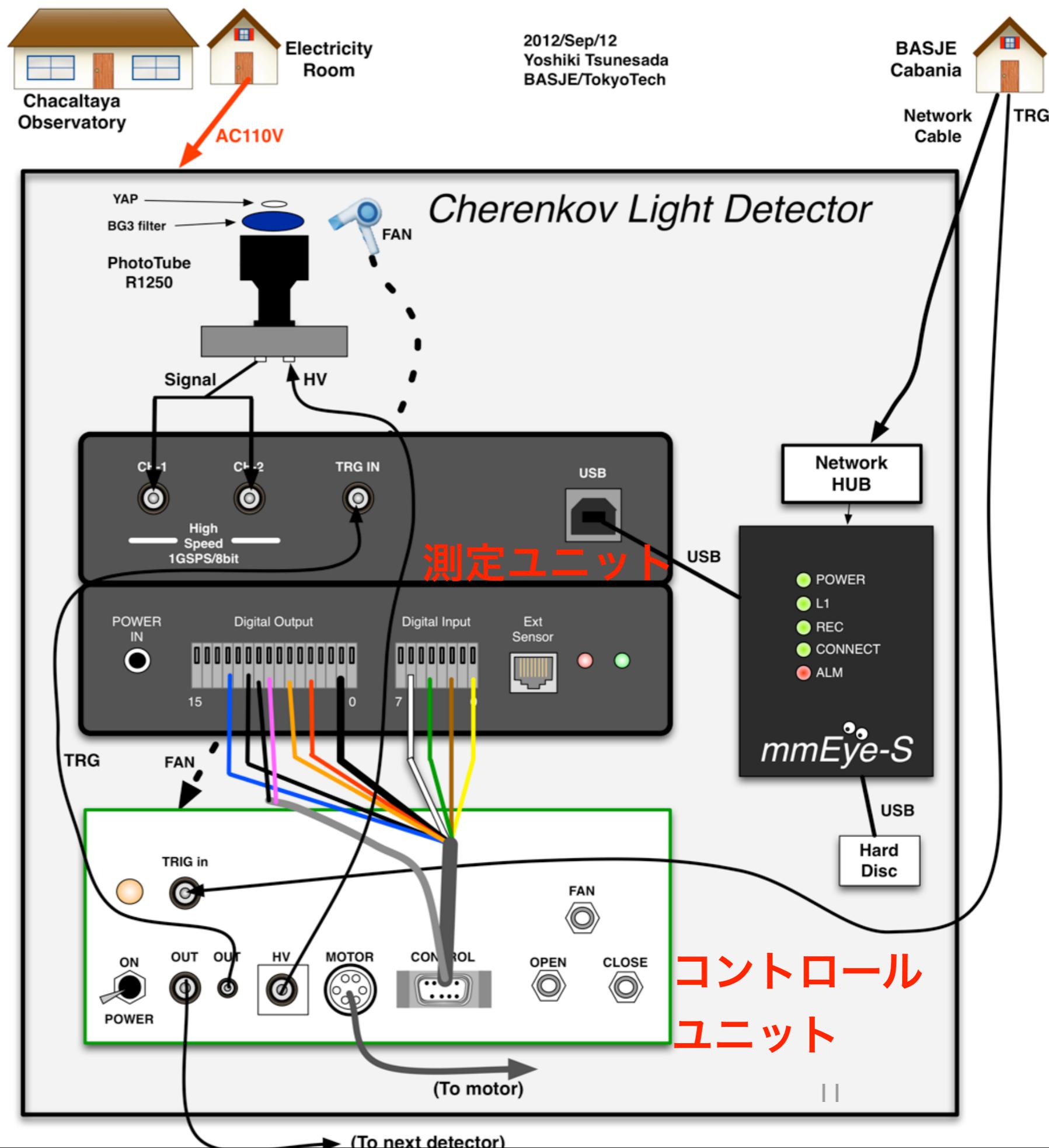


## 測定ユニット (MU)

- 1GHz サンプリング、8bit, 300MHz 帯域, 2CH
- トリガ：内部(CH1/CH2)、外部
- ブレインズ社特注品
- PC (mmEye-S) とUSB接続: FTDI社のドライバを使用、入手性よし、各種プラットフォームから使用可 (Linux, Mac, Win, etc.)

# 検出器概要

- PMT: R1250
- 小型Linux: mmEye-S (ブレインズ)
- 測定ユニット (MU) (ブレインズ)
- コントロールユニット
  - HV
  - モータ制御回路
  - ファン制御
  - トリガー





# データ収集、トリガ

- 空気シャワーアレイからトリガをもらう
  - トリガ信号ケーブルのディレイは測定済み
- データ収集レート：1Hz: mmEye-S とMUの通信速度による制限
  - チェレンコフ検出器それぞれはGPS等の標準時計は持たず：mmEye (Linux) のNTP時刻同期のみ
  - シャワーイベントとチェレンコフイベントの対応付けはトリガ順とPC時刻で十分：確認済み

# これまでの流れ

- 2012/Aug キャリブレーション、架台設置、測量
- 2012/Sep 観測所（屋内）でエレキ動作確認
- 2012/Sep/26, 27 検出器内にエレキを入れて動作確認
  - DAQ動作テスト
    - 観測開始時間をプログラム：自動開始
    - 終了時刻をプログラム：自動終了
    - シャワーアレイからのトリガーによるチェレンコフイベント取得
    - この後、検出器は箱・ケーブルを残して撤収
  - 2013/Aug 再キャリブレーション、エレキインストール
  - 2013/Aug27 より観測開始 – 10/12 まで

# 設置作業 (2012)



# 設置作業 (2013)



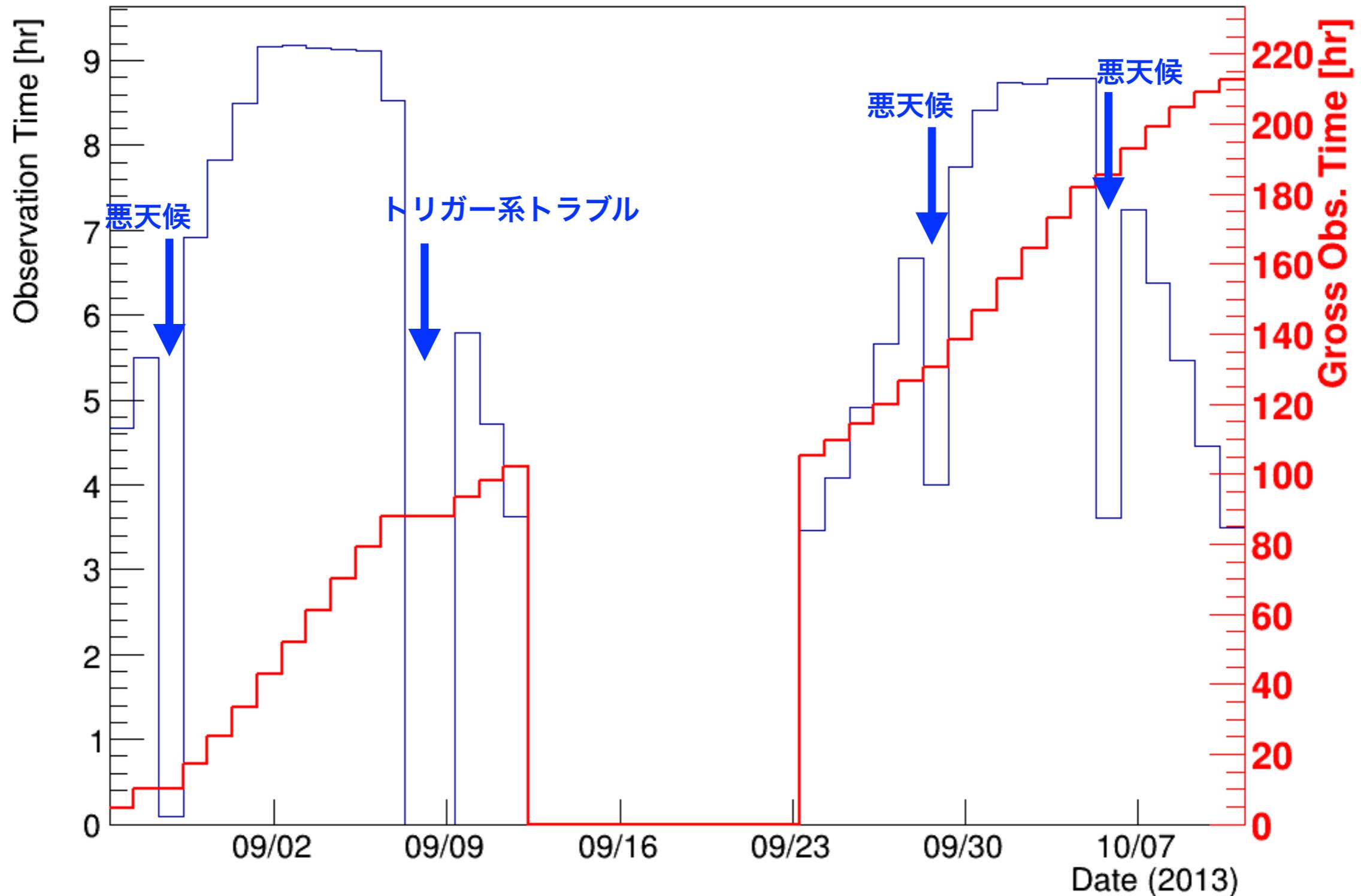


# 観測時間 (2013)

- 8/27 - 10/12, 214.7時間/47日

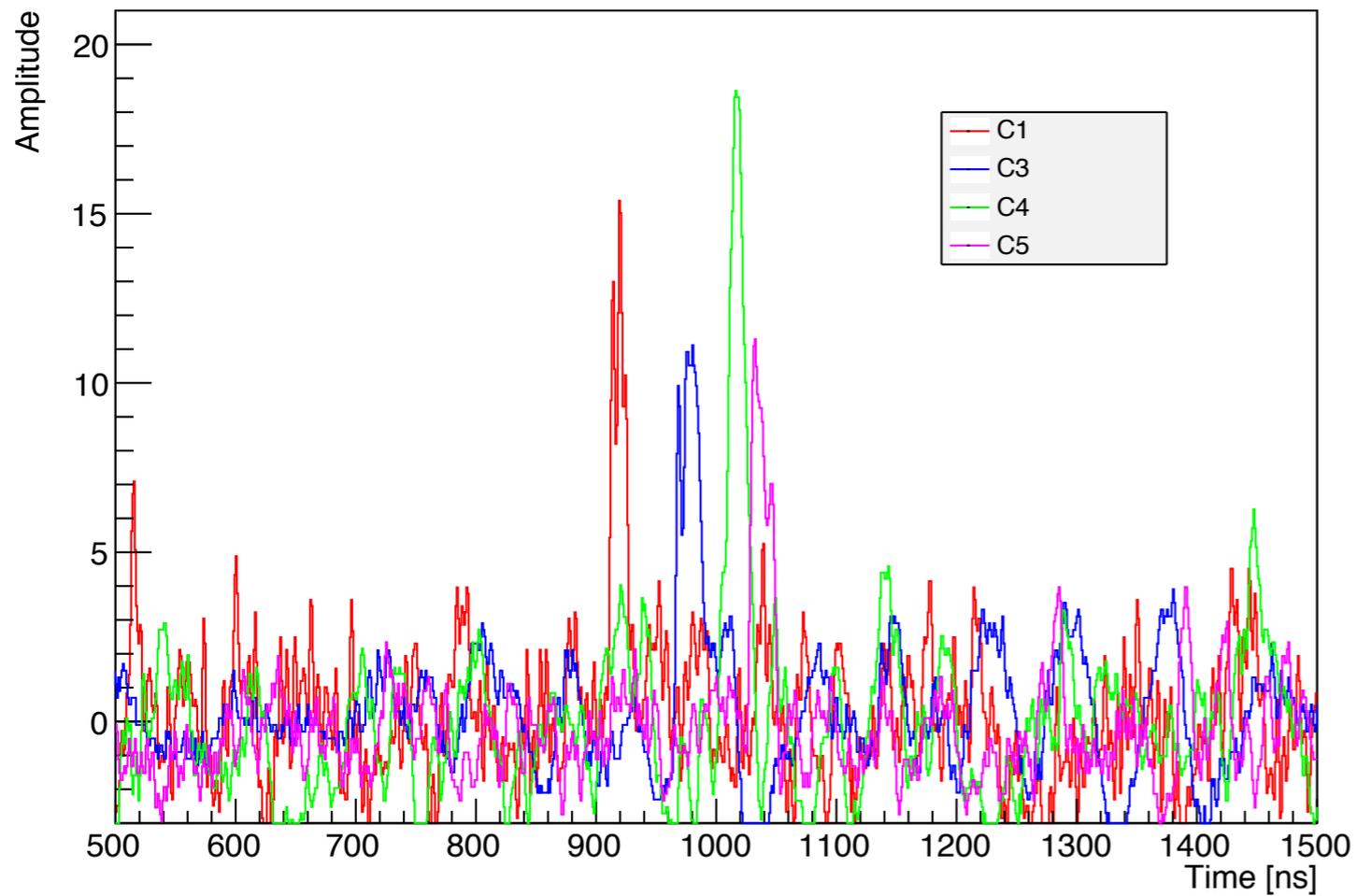
この期間だけに限ると19%

BASJE Cherenkov Observation Times (2013)

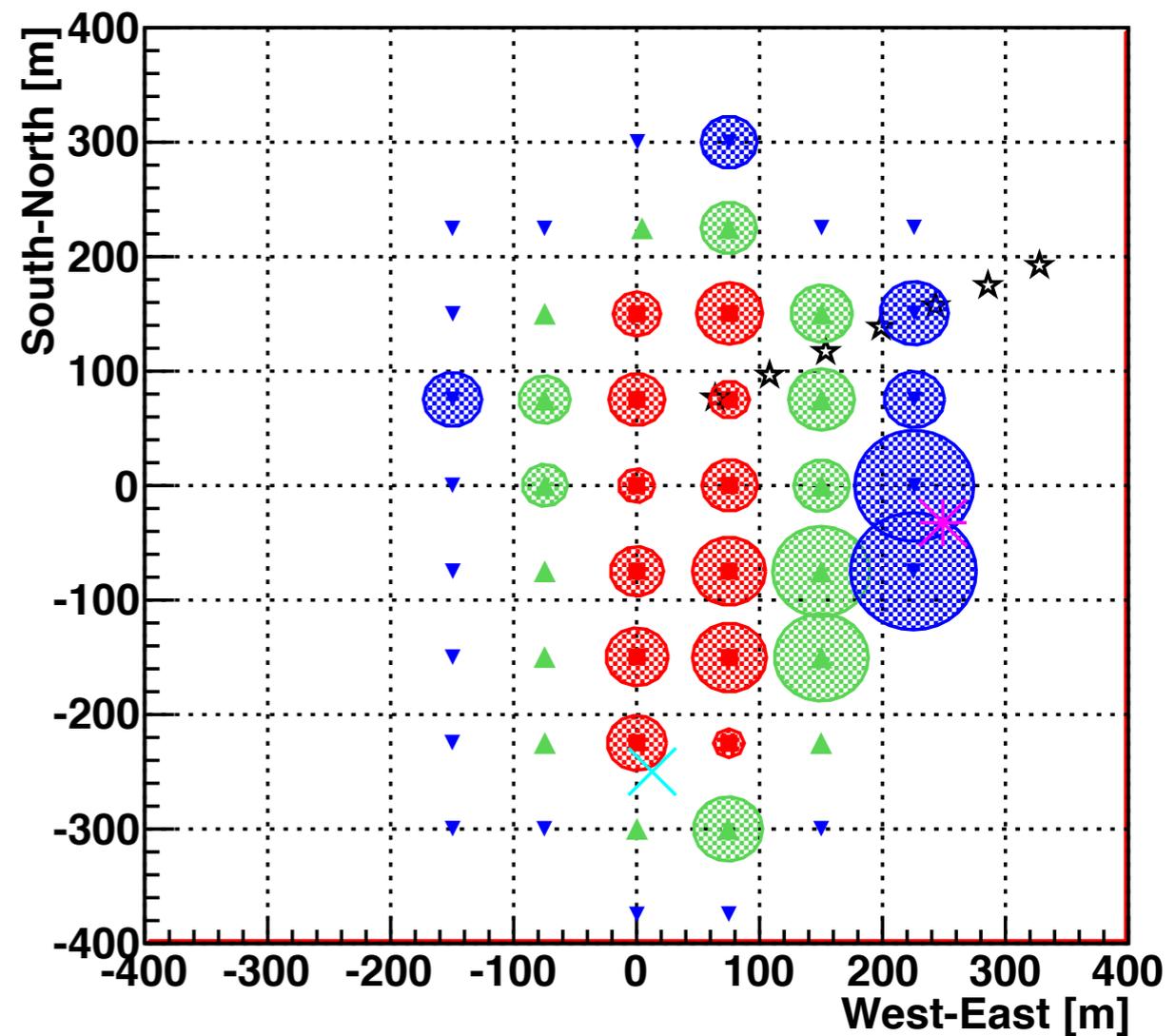


# イベント例

cherenkov signal sample



Density map: Run 42677, Event 10395



# まとめ

- チャカルタヤ山観測所：各種プロジェクト進行中
  - インターネット本格運用開始
  - BASJE空気シャワーアレイ：順調に稼働
- チェレンコフ検出器7台インストール
  - 2013年4月より観測開始 8-10月に観測実施
  - 解析進行中
  - 2014年度は4月より観測開始予定