

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）

2014/12/13 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

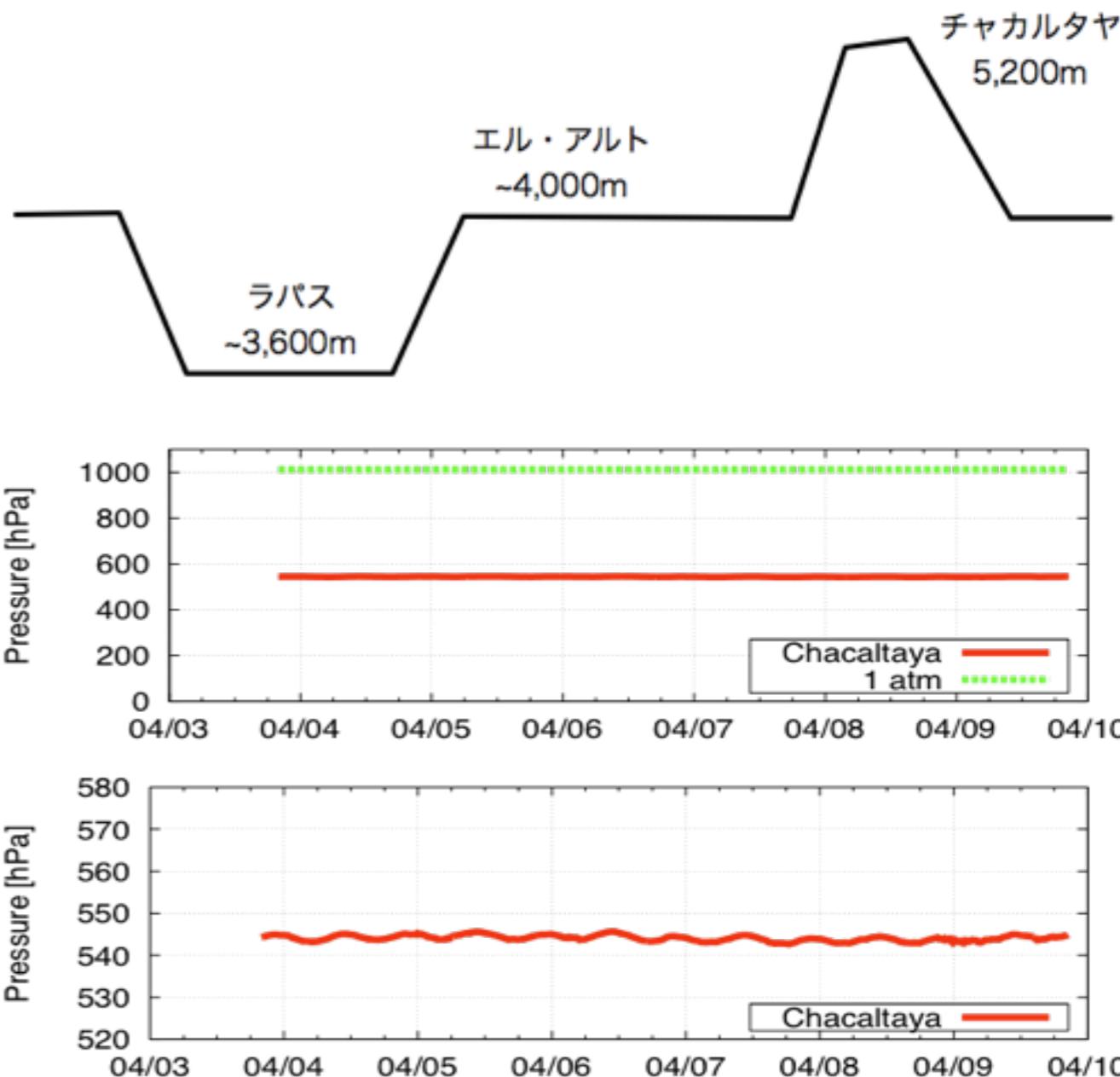
- BASJE (Bolivian Air Shower Joint Experiment) (東工大、理研など)
- 太陽中性子望遠鏡 (名大STE研など)
- Neutron Monitor - 国際ネットワーク
- 大気中放射性物質モニター (山形大)
- LAGO: Auger型水チェレンコフタンク 3台による何かのモニタ
- GAW: サンアンドレス大の大気グループ：オゾンや大気電場等の研究プロジェクト
- 国立天文台：電波望遠鏡によるブラックホール観測

共同利用研究費 - 230万円

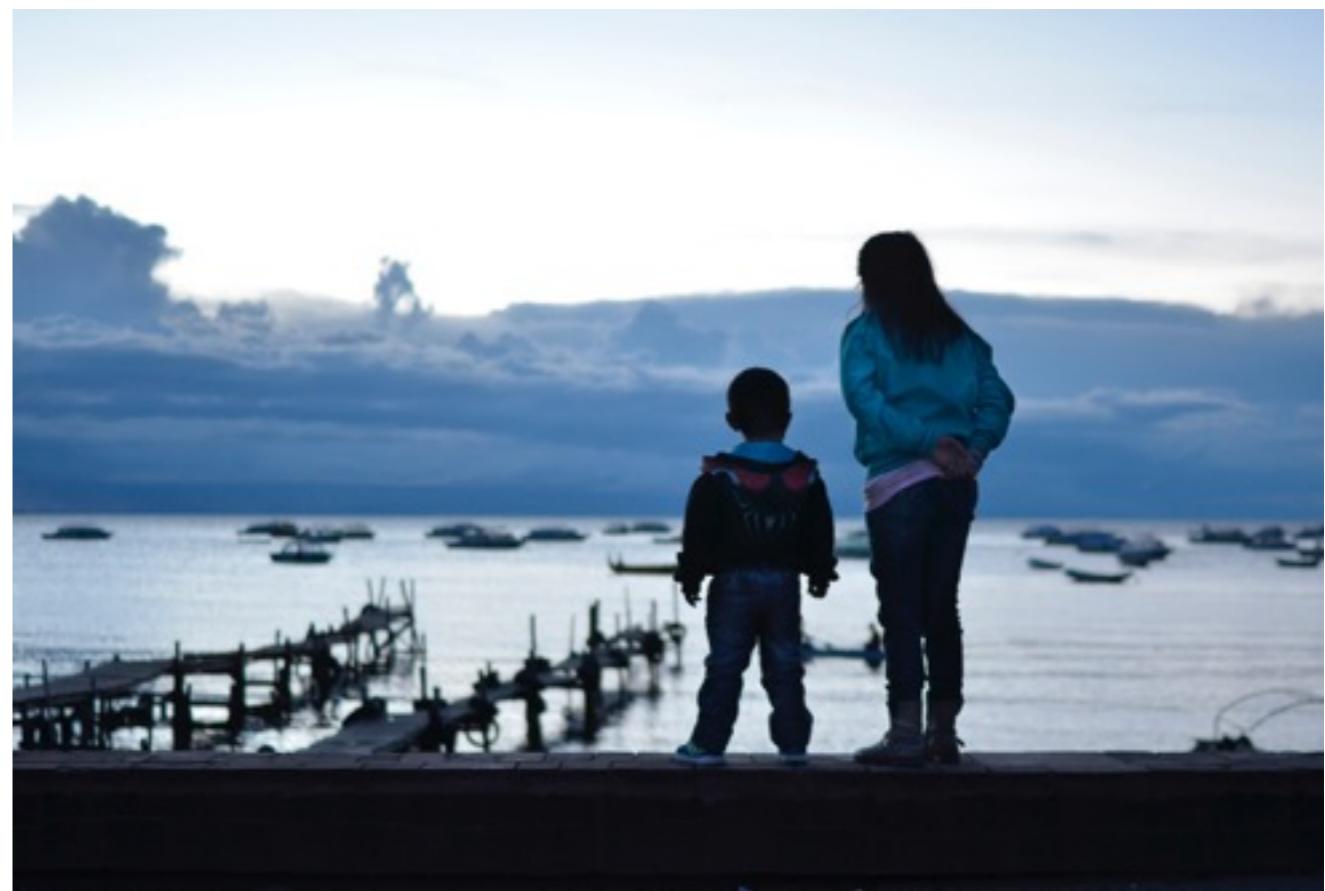
•維持費、物品費、旅費

チャカルタヤ観測所/体制

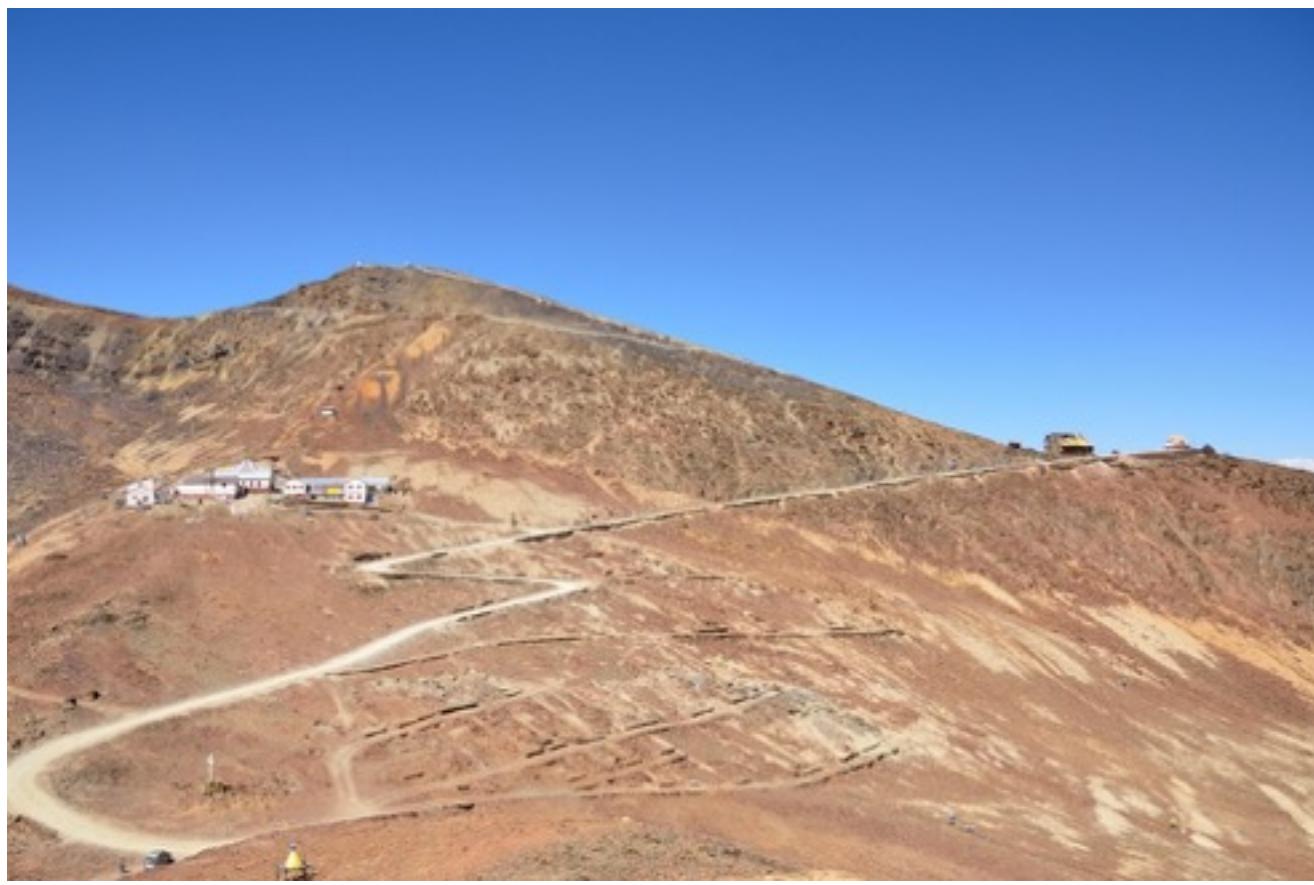
- 標高5,200m、大気厚さ~540g/cm²
 - ~500Hz/m² (>single)
- ラパスから車で2時間（下り1.5時間）
- 現地スタッフ
 - 宇宙物理屋：3名
 - 技術職員：1名
 - 「オブレロ」：4名
- 日本人派遣
 - 勝谷（東工大D2）、田島（理研）：4月-7月
 - 常定、中山（東工大MI）：7月—10月



ギャラリー



ギャラリー





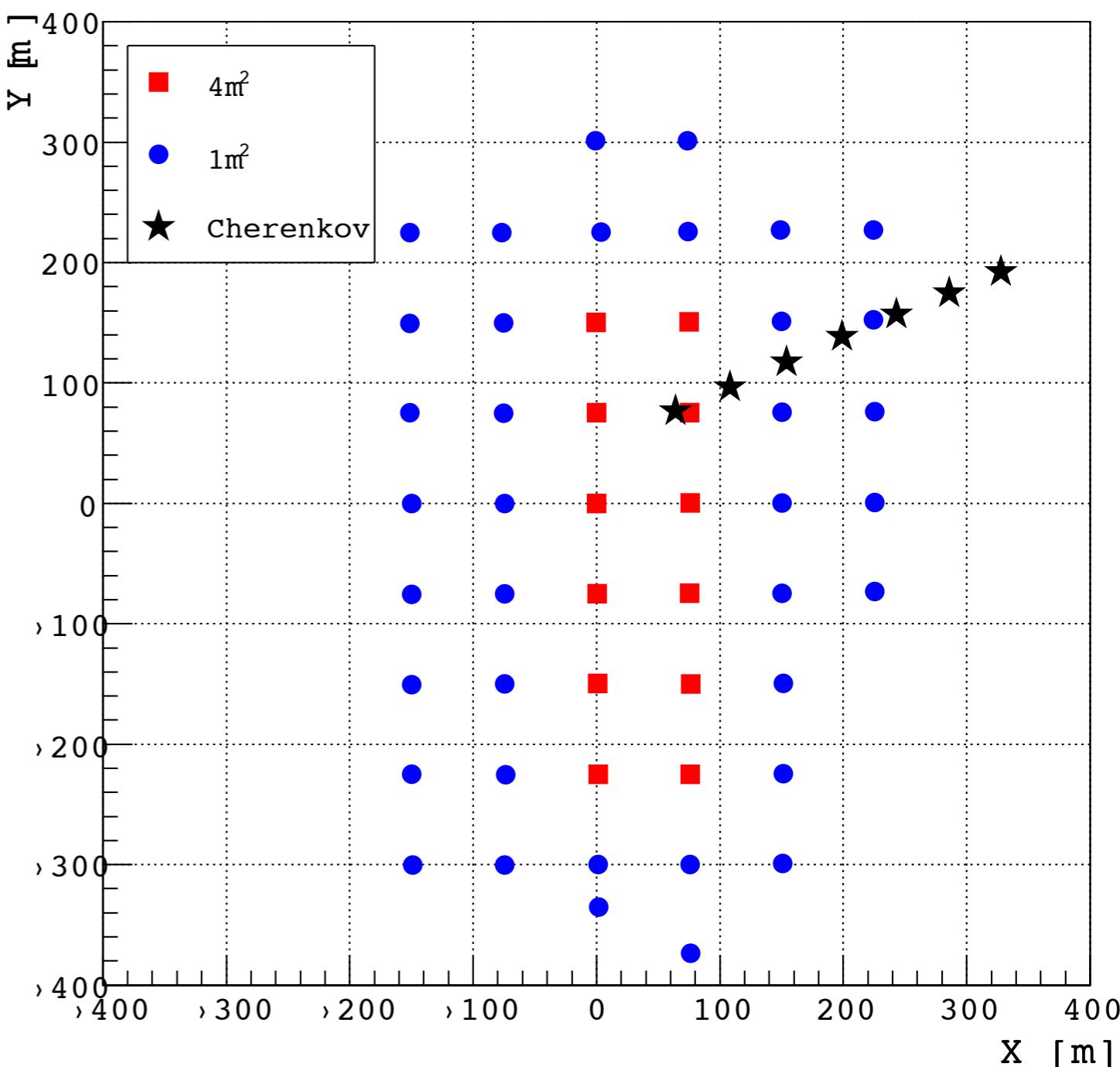
検出器配置

空気シャワーアレイ

- 50台のシンチレーション検出器
- $\sim 500\text{m} \times 600\text{m}$
- 75m 間隔
- $\sim 10^{15}\text{eV}$ で効率100%
- 2010年稼働開始
- 2011年データ収集系入れ替え
- CCNET

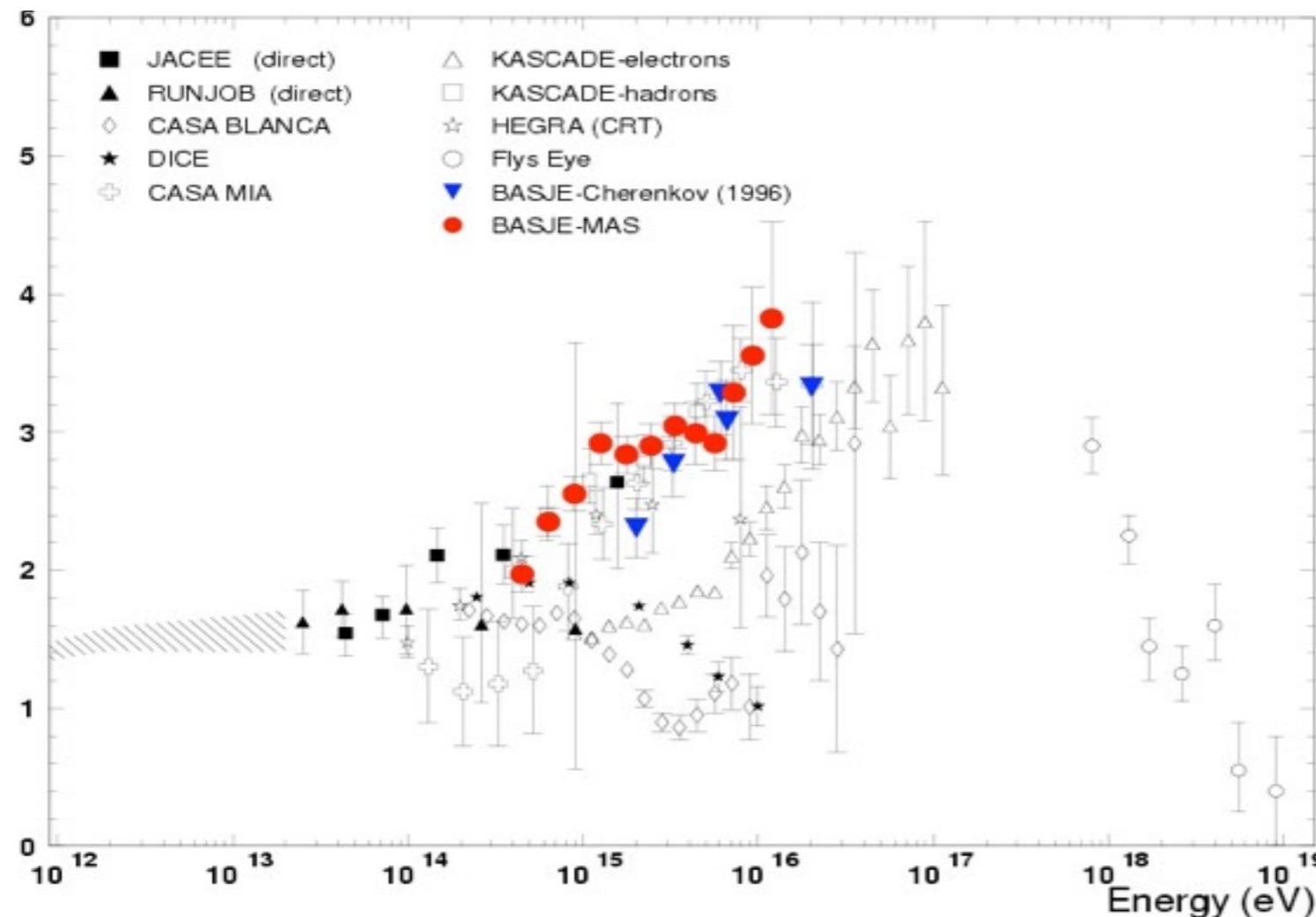
チェレンコフ光検出器

- 7台
- 5inch PMT 1本
- 1GHz サンプリング
- 空気シャワーアレイからトリガ

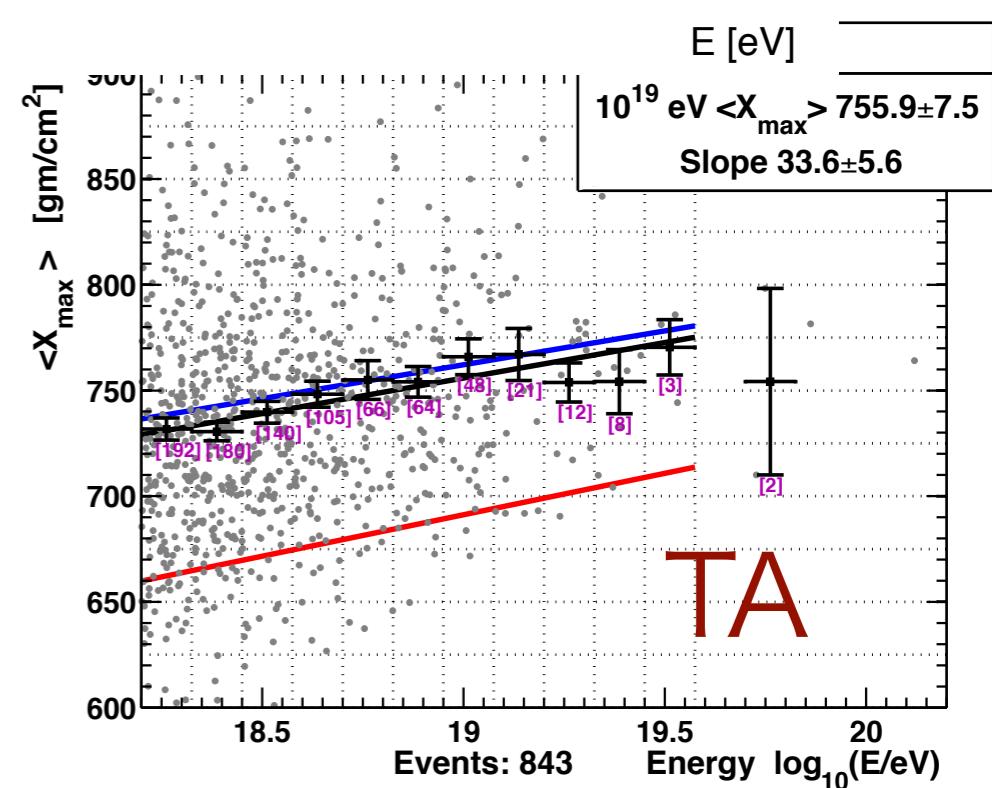
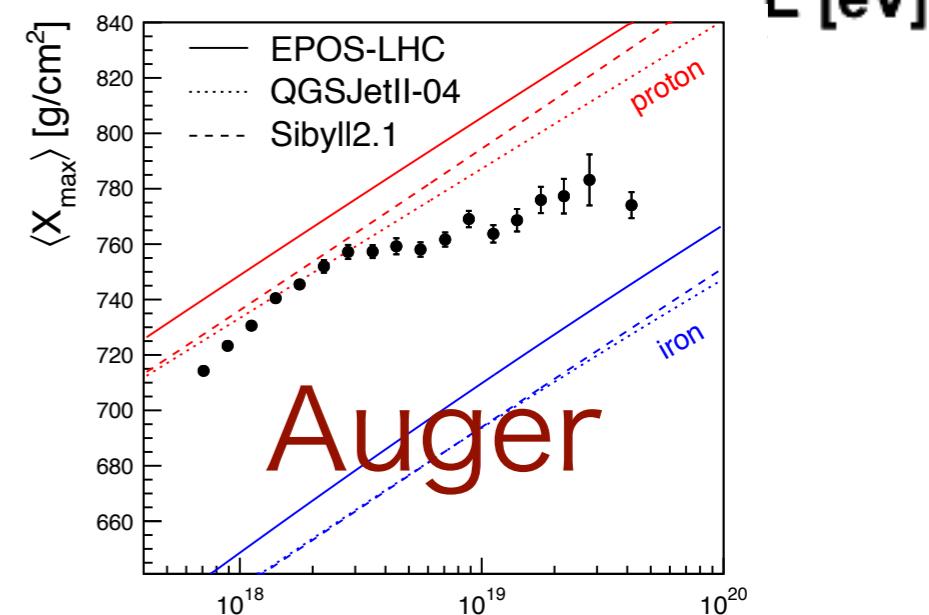
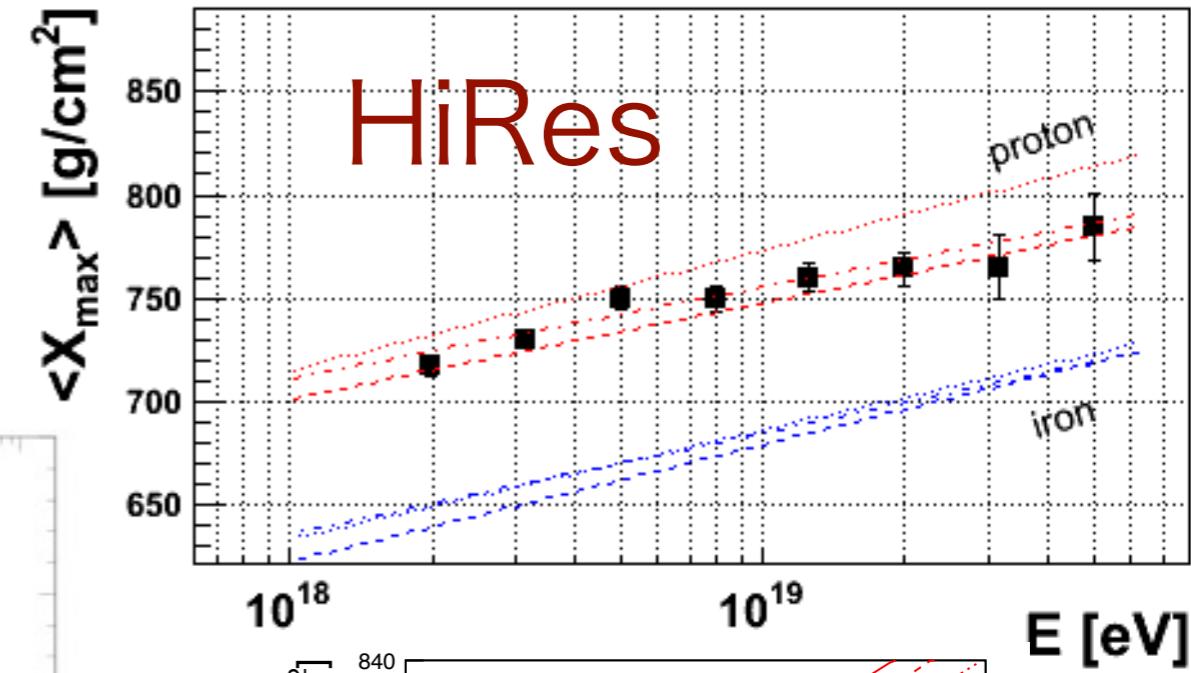


ターゲット

$\langle \ln A \rangle$

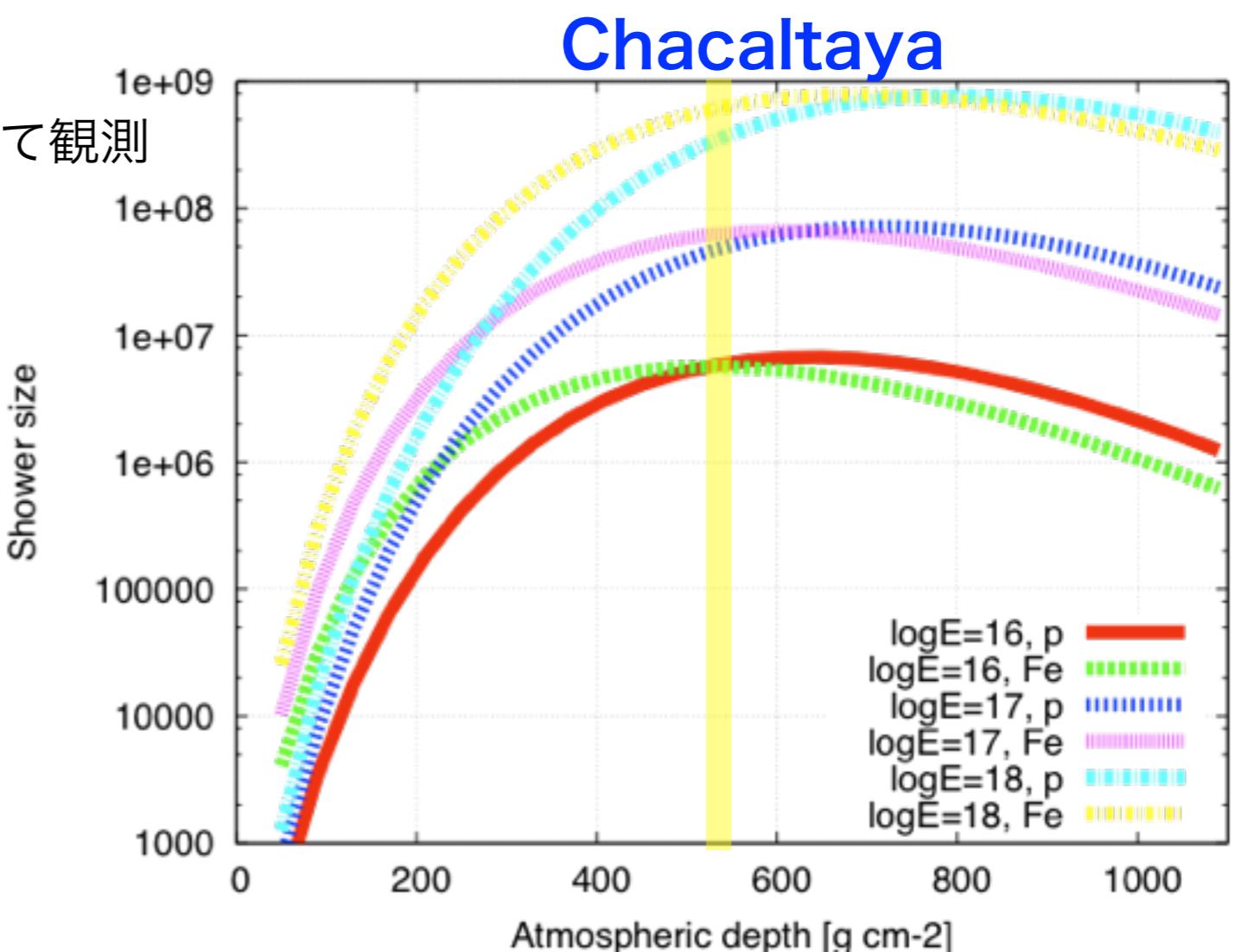


- Kneeは重い
- 10^{18} eVでは軽い
- ではその中間は？
- $10^{15}\sim 10^{17}$ eVの原子核組成
- 観測方法、高度的にも中間

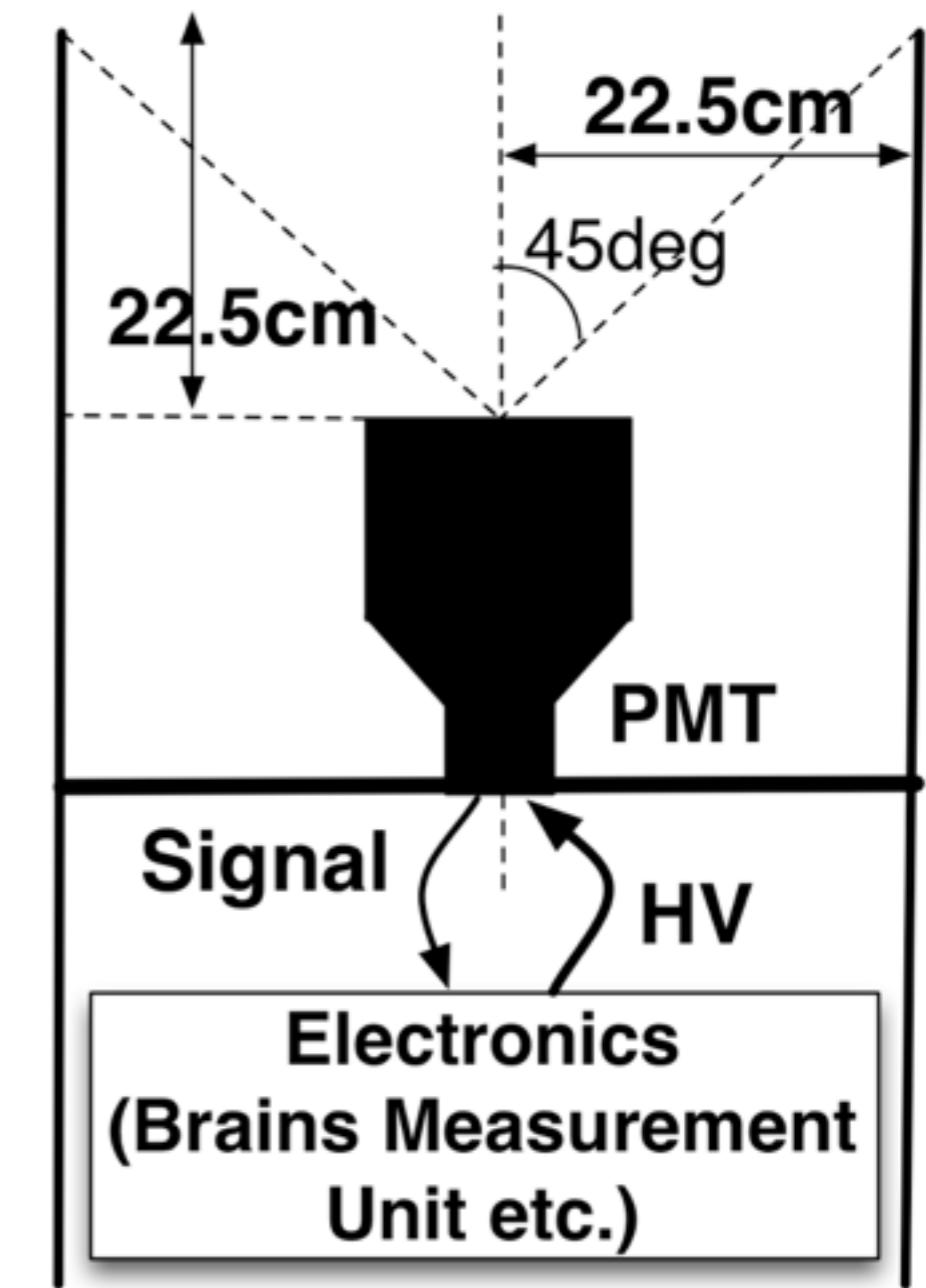
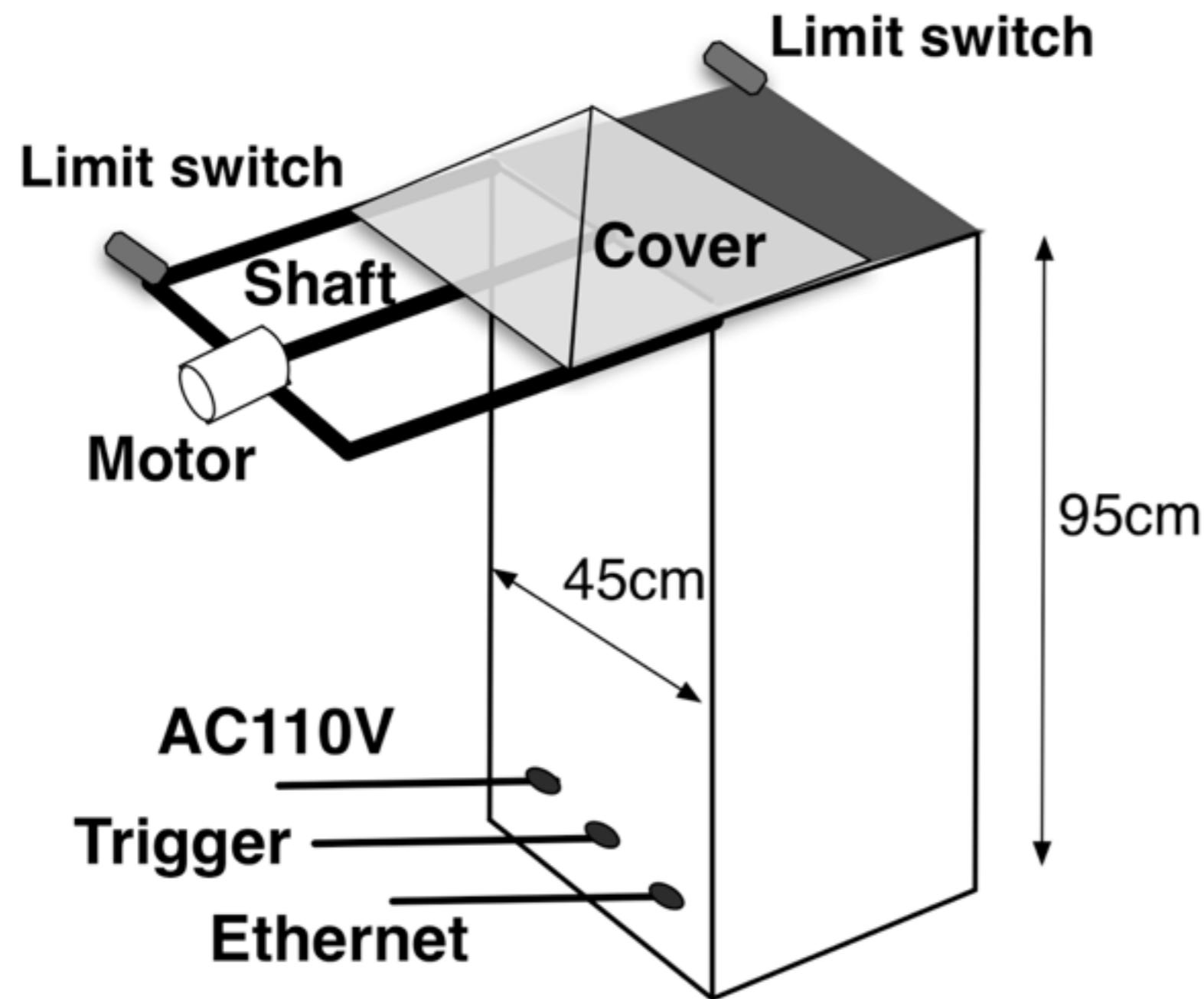


チエレンコフ光観測

- 7台のチエレンコフ光検出器を空気シャワーアレイ内に設置
- $10^{15}\sim10^{17}\text{eV}$ の原子核組成
- 上空を見たい：エネルギー高くても、やはり高高度へ迎えに行って観測
- チエレンコフ光の到着時刻分布、横方向分布
- アレイ内に50m間隔で設置
- Twilight/月の入りとともにふたを開けて観測
- 無人運転可能



検出器：箱



信号取得部

検出器

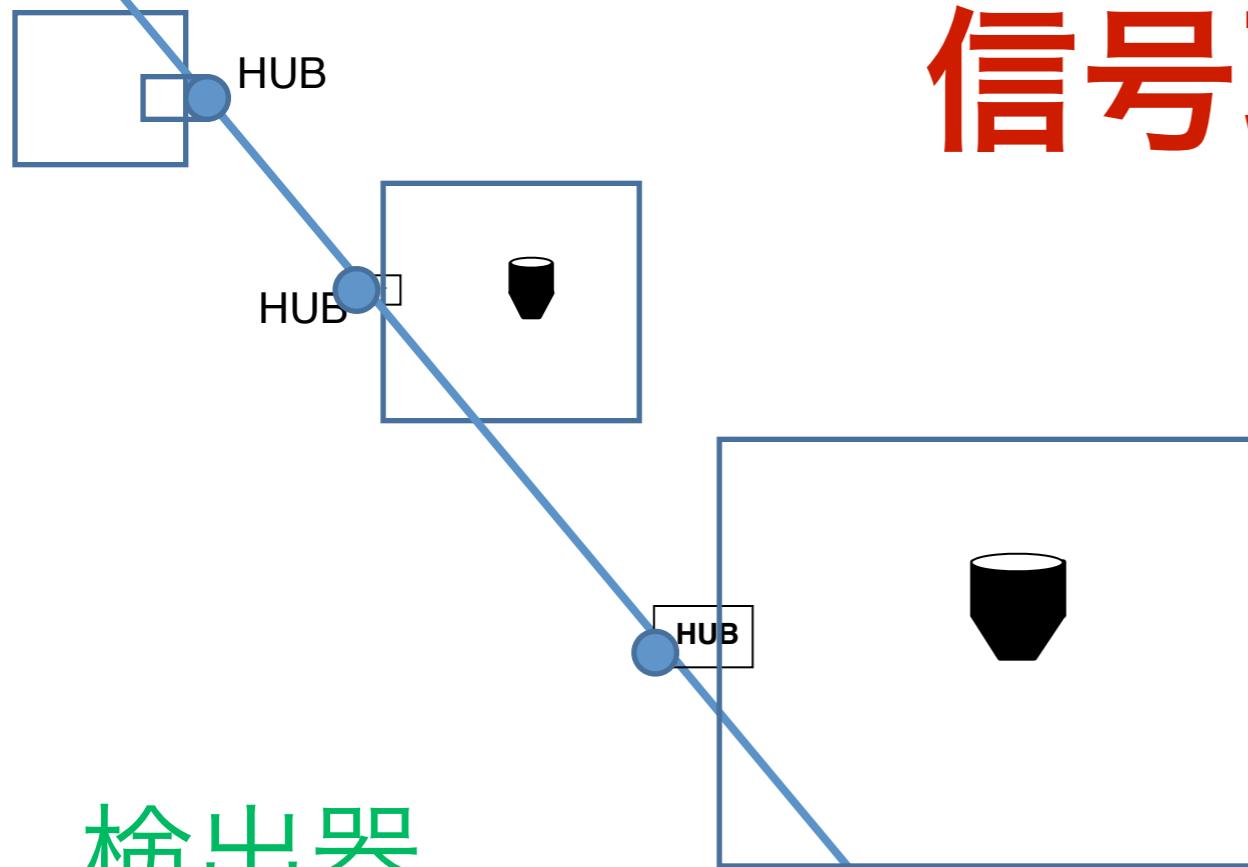
PMT

Signal Digitizer

USB
storage

組み込み
(Linux 2.6)

GPIO モータ等



- 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

Ethernet



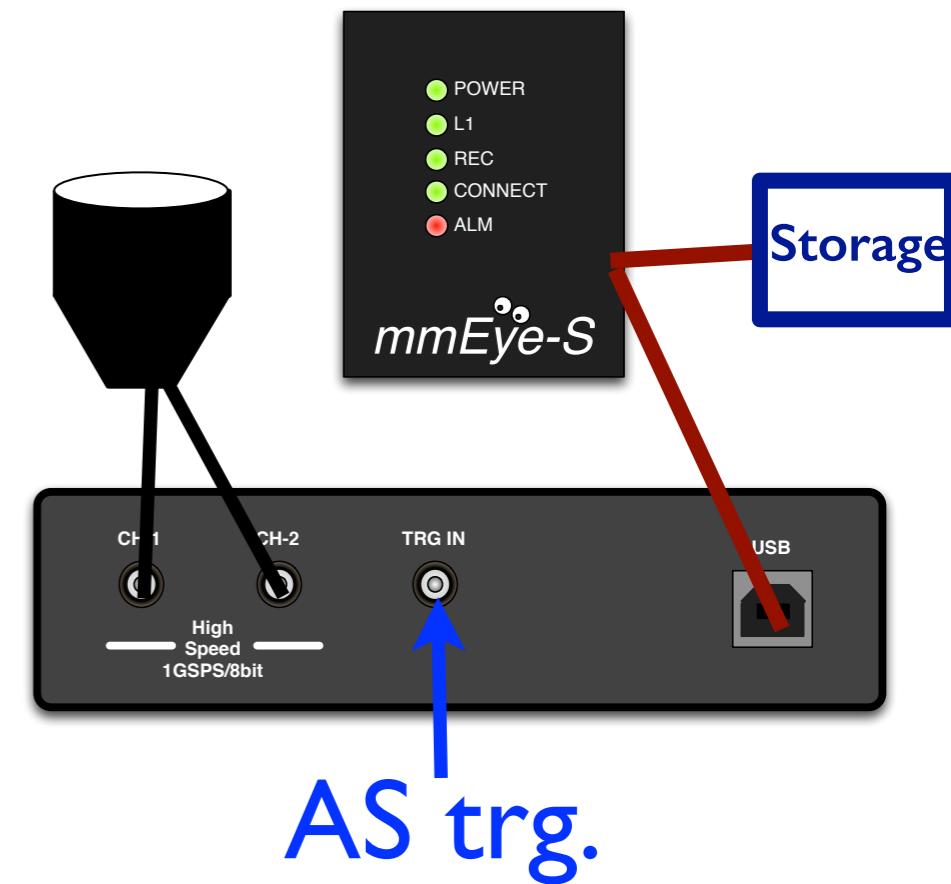
データ取得部

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

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)



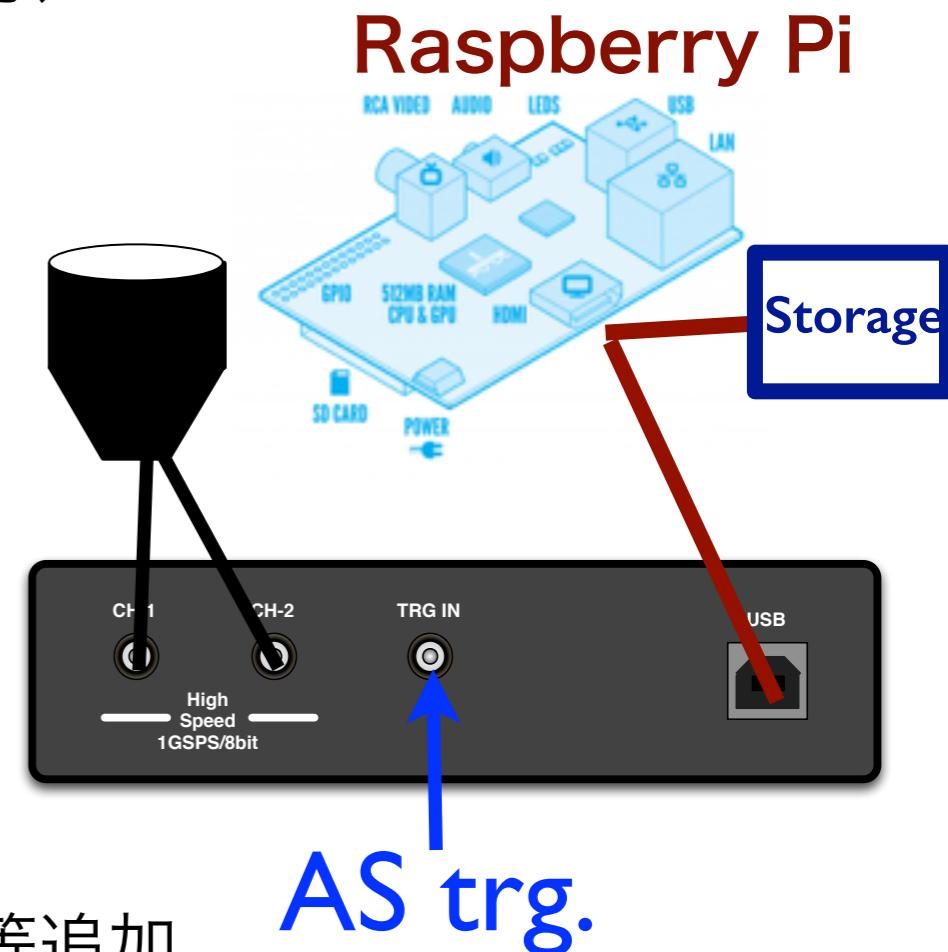
データ取得部

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

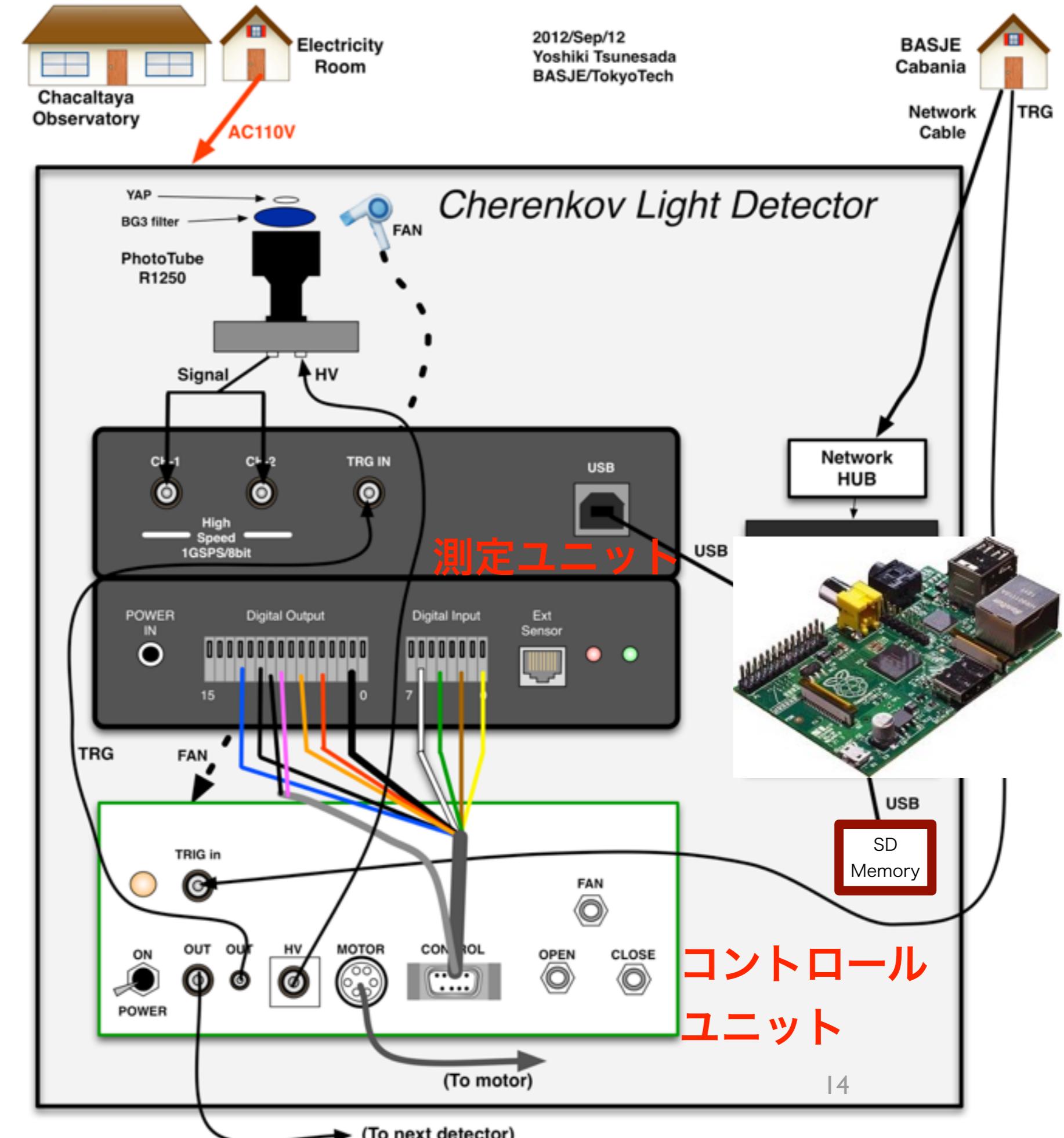
Raspberry Pi

- Linux 2.6
- ネットワーク、USBポート
- データはボード上のSDメモリへ
- デジタルIO
- 拡張回路を製作：HV制御用DAC、モニタ用ADC等追加



検出器概要

- PMT: R1250
 - 小型Linux: Raspberry Pi
 - 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：2Hz: MUとの通信速度による制限
 - チェレンコフ検出器それは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

設置作業 (2014)

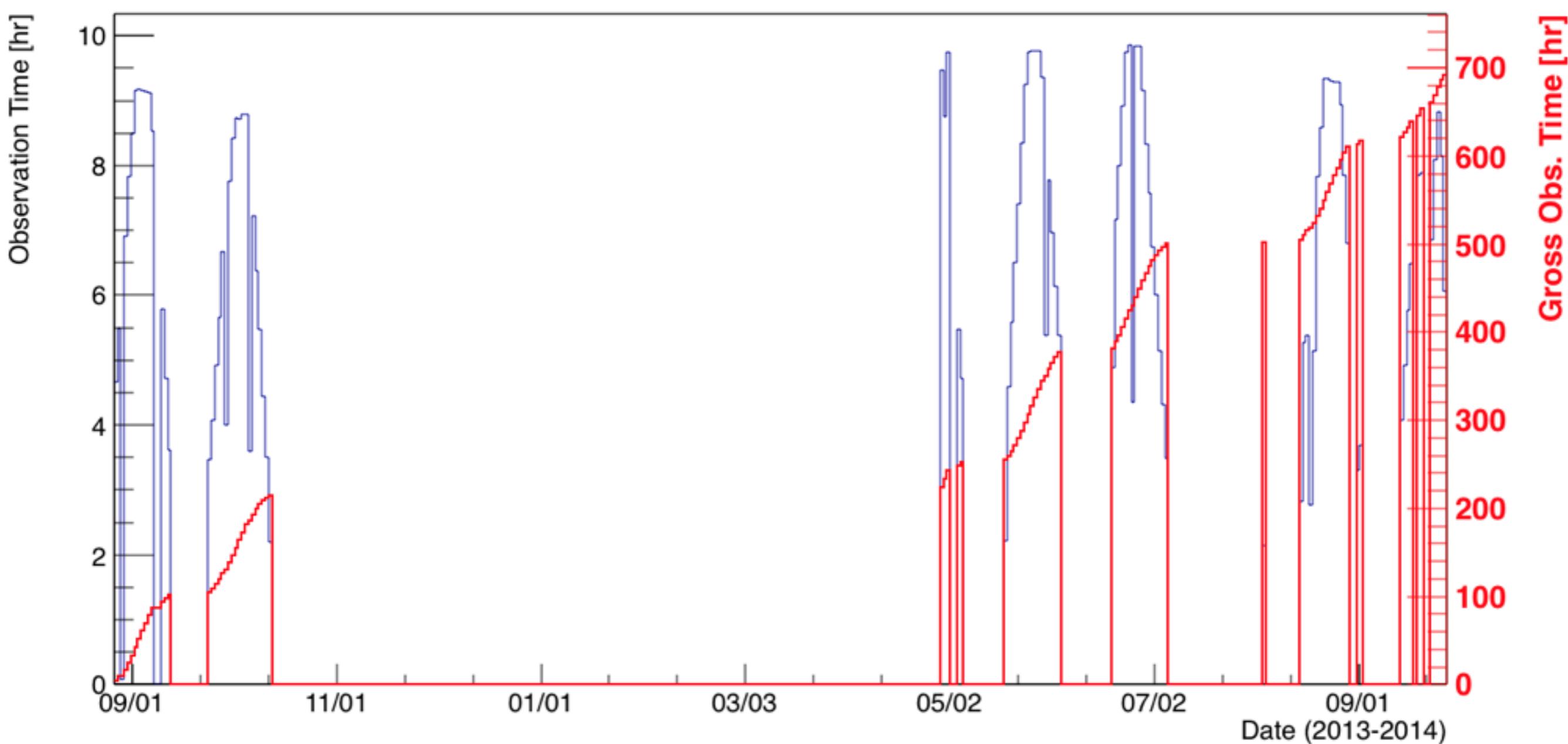


観測時間 (2013-2014)

青：一晩あたりの観測時間（左軸）

赤：積算観測時間（右軸）

BASJE Cherenkov Observation Times (2013-2014)



まとめ

- チャカルタヤ山観測所：各種プロジェクト進行中
 - BASJE空気シャワーアレイ：順調に稼働
- チェレンコフ観測
 - 検出器 7 台
 - 技術論文：Y. Tsunesada *et al.*, *NIM-A*, 763, 320-328 (2014)
 - 2014年度は5月より観測を実施、10月はじめまで
 - 観測時間 ~700時間
 - 解析進行中

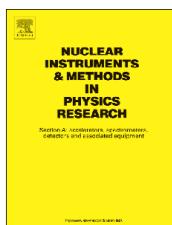
[Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 763 \(2014\) 320–328](#)



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Nuclear Instruments and Methods in
Physics Research A

journal homepage: www.elsevier.com/locate/nima



New air Cherenkov light detectors to study mass composition
of cosmic rays with energies above knee region

Yoshiki Tsunesada ^{a,*}, Ryoichi Katsuya ^{a,*}, Yu Mitsumori ^a, Keisuke Nakayama ^a,
Fumio Kakimoto ^a, Hisao Tokuno ^a, Norio Tajima ^b, Pedro Miranda ^c, Juan Salinas ^c,
Wilfredo Tavera ^c

^a Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Meguro, Tokyo 152-8550 Japan

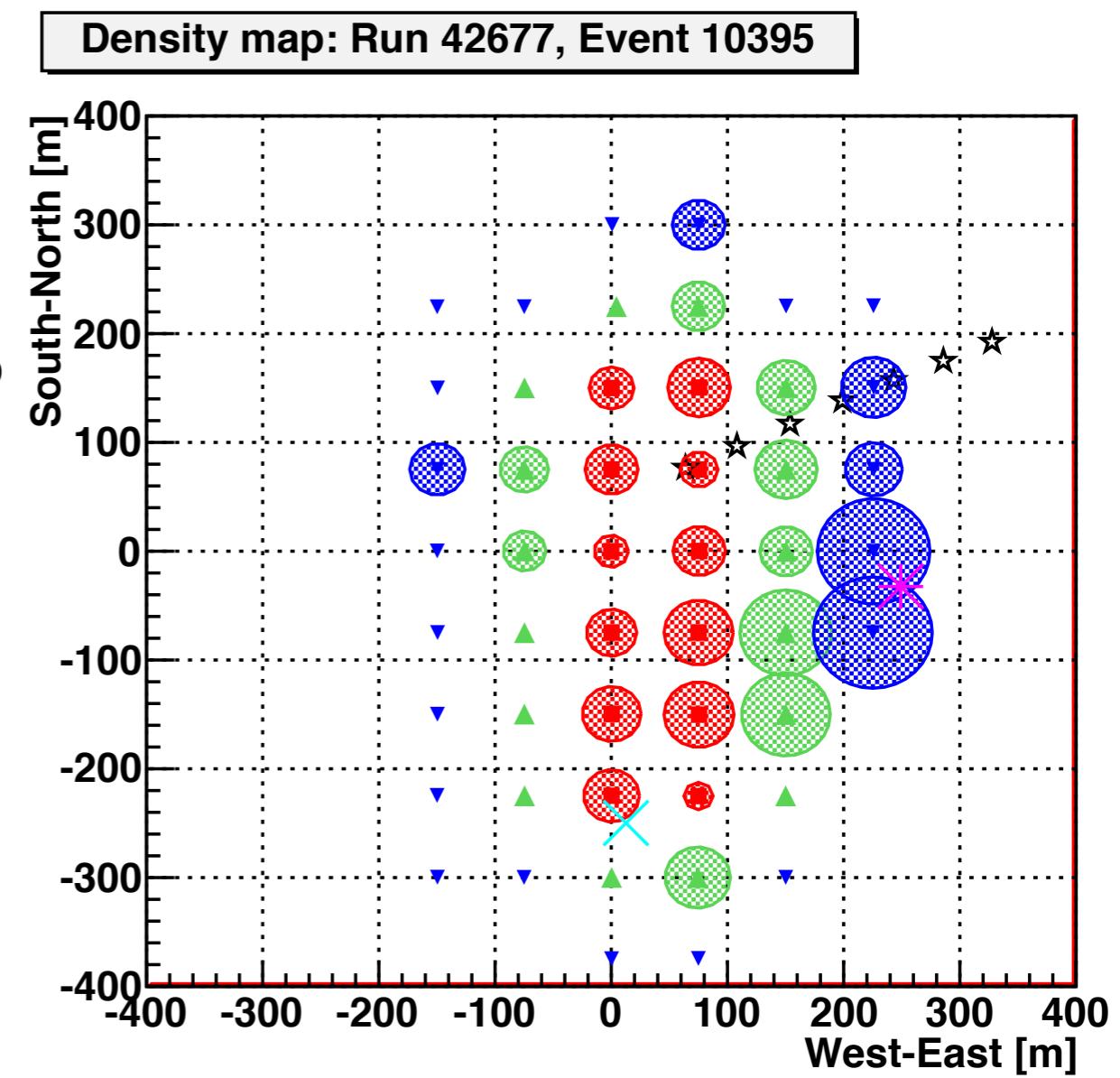
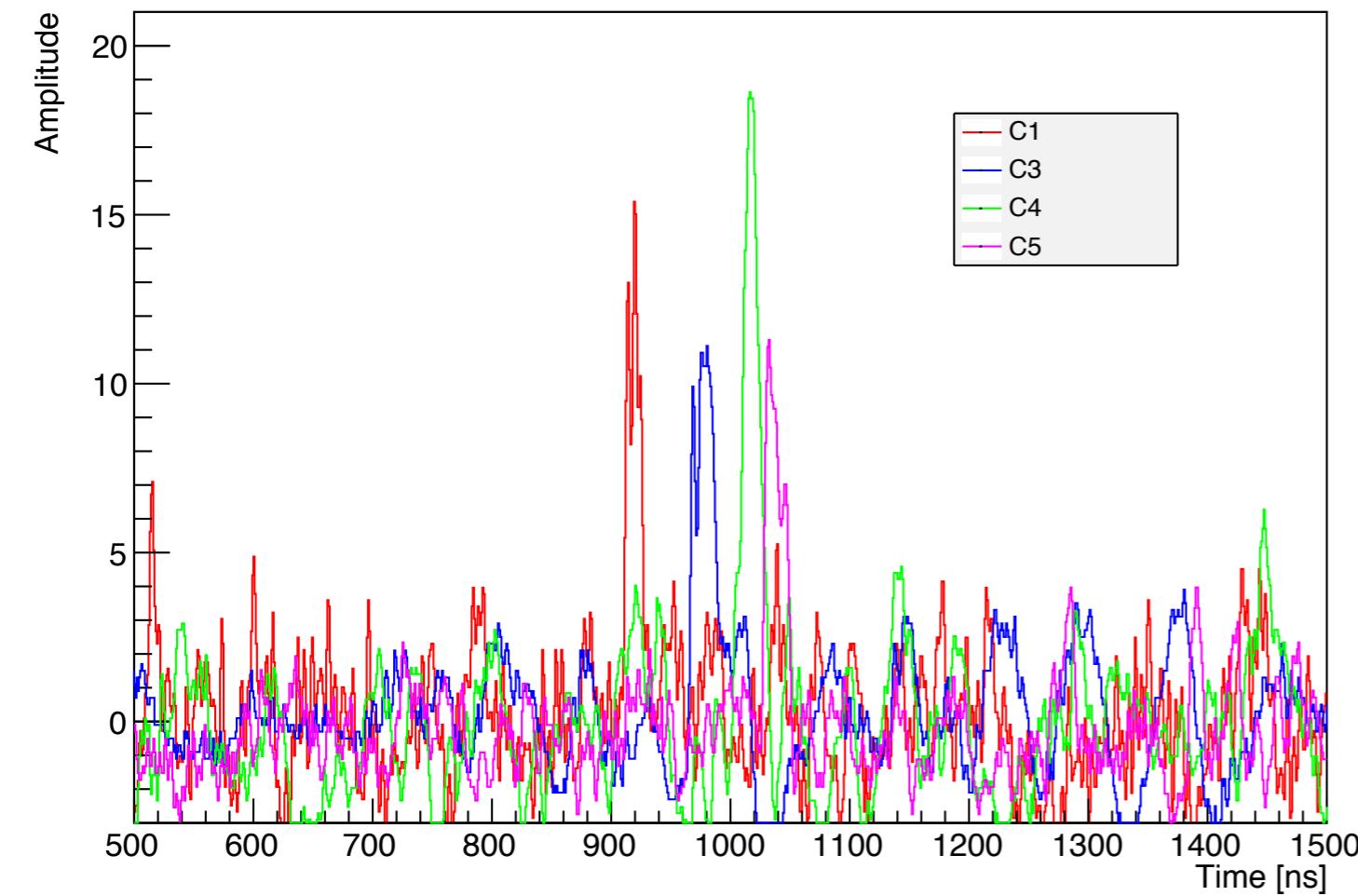
^b RIKEN, Wako, Saitama 351-0198, Japan

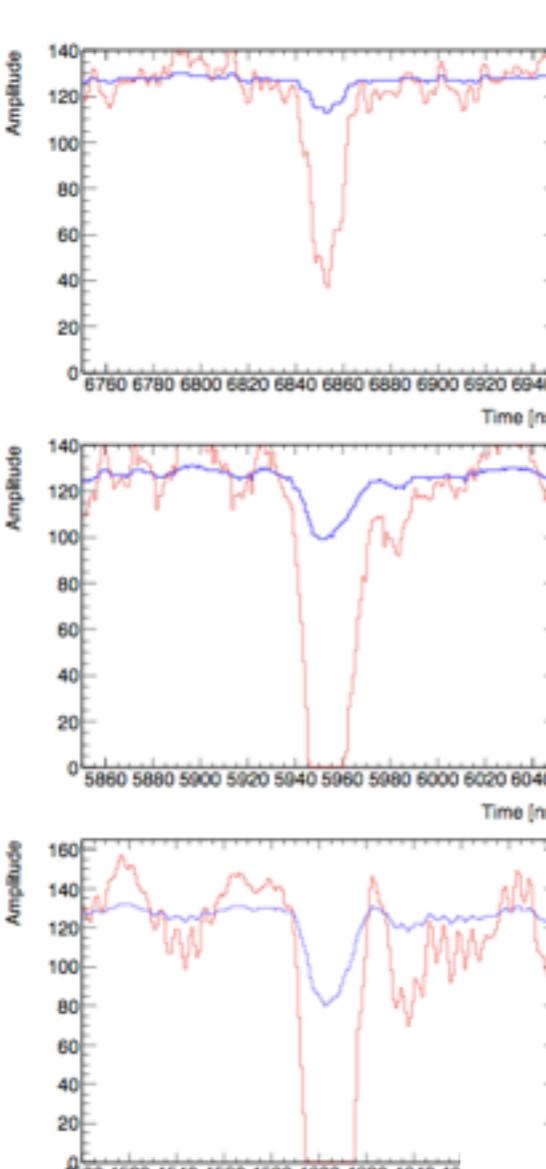
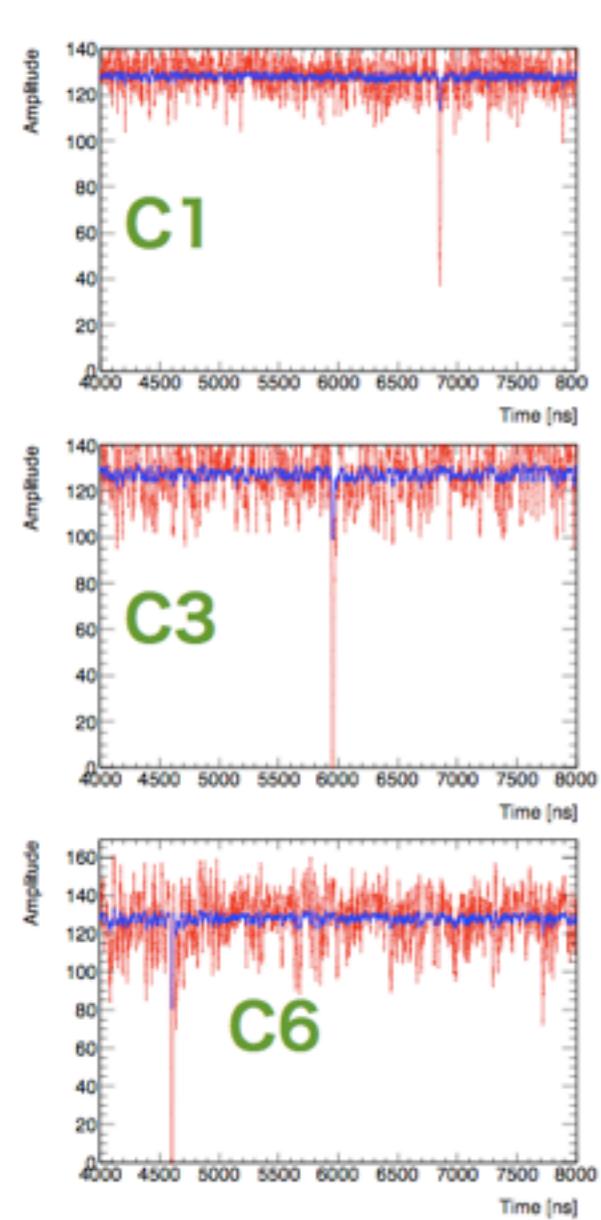
^c Instituto de Investigaciones Físicas, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia



イベント例

cherenkov signal sample





Density map: Run 31096, Event 2420

