# ボリビア 空気シャワー共同実験



東京大学宇宙線研究所 共同利用研究成果発表会 2011/Dec/17



- チャカルタヤ山観測所状況
- BASJE 空気シャワーアレイ
- 空気チェレンコフ光観測実験

### 共同利用研究費 - 260万円

- •維持費
- •物品費





スリナム

クアド

#### ボリヴィア・チャカルタヤ山 標高5200m



Atmospheric depth [g cm-2]

ペルー ・リマ ボリビア ・ラバス ボリビア ・ラジリア・ ・ラバス アスンシオン ・モンテビデオ チリ アルゼンチン フォークランド(マルビナス)諸島 サウスジョージア島



Shower size

## チャカルタヤ観測所/体制

- 標高5,200m、大気厚さ~540g/cm<sup>2</sup>
- チャカルタヤ 5.200m  $\sim$ 500Hz/m<sup>2</sup> (>single) エル・アルト ~4.000m ラパスから車で2時間(下り1.5時間) ラパス 現地スタッフ ~3.600m 1000 宇宙物理屋:2名 Pressure [hPa] 800 600 400 技術職員:1名 200 Chacaltaya 1 atm ------0 04/04 04/03 04/05 04/06 04/07 04/08 04/09 04/10 「オブレロ」:4名 580 570 Pressure [hPa] 560 日本人 派遣 (2011) 550 540 530 Chacaltaya 常定(東工大):7月下旬-10月上旬 520 04/03 04/10 04/05 04/06 04/07 04/08 04/09 04/04
  - 田島(理研):8-II月



- BASJE (東工大、理研など)
- 太陽中性子望遠鏡(名大STE研など)
- 中性子モニタ
- イタリア・トリノグループ
  - ジェル状「検出器」による中性子観測
- LAGO: Augerと同じ水タンク4台が常時稼働
- 大気放射能測定(山形大)



• 2009年より定常観測開始、現在も稼働中

BASJE MASアレイ

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



### BASJE 原子核組成解析結果

Y. Shirasaki et al., Astropart. Phys., **I 5** (2000) pp.357-381 S. Ogio et al., Astrophys. J., 612, (2004) pp.268-275 H.Tokuno et al., Astropart, Phys. **29** (2008), pp. 453-460





### knee以上の原子核組成



新空気シャワーアレイ

• 検出器を移設





- 「標準的」シンチレーション検出器
  - シンチ厚さ 5cm
  - 面積:4m<sup>2</sup>,1m<sup>2</sup>,0.87m<sup>2</sup>
- PMT 1 本



- プリアンプ<sub>(log-amp)</sub> + 信号ケーブル 30m~500m<</li>
   伝送
- メインアンプ:LogOut、タイミングディスクリ













- 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")--->フジクラ製 RG-71B/U に全交換
- 2009 オペレーション開始(だったのだが)
  - CAMAC不調(クレートコントローラ故障) 原因不明。雷ではない。
- 2010 稼働開始
  - CAMACクレートコントローラ交換
  - 検出器全台キャリブレーション(ログアンプ系統:粒子数測定)
  - 定常観測開始:10月から
  - 12/9 ラパスーチャカルタヤ間インターネット通信開通 ---> 3日でダウン
- 2011
  - 2月:雷によりある程度の規模で装置故障
    - CAMAC クレートコントローラOK, PCインターフェースボード故障
  - 6月:強風により検出器5台横転
  - 7月:横転検出器修理
  - 8月:クレートコントローラ交換:CC/NET (クレートコントローラ内にLinux OS、外部との やり取り、データ吸い出しはイーサネット)
  - 11月末:インターネット再開通

## イベント例

Density map: Run 12314, Event 14436



500

Time Delay: Run 12314--1, Event 14436



#### 水色:生のTDC値(位置、ケーブル長補正なし) 青:平面フィット後のずれの分布

































# QGSJET-II proton X = 550g/cm<sup>2</sup>

$$\rho(r) = C\left(\frac{r}{r_M}\right)^{-\alpha} \left(1 + \frac{r}{r_M}\right)^{-\eta + \alpha}$$





# チェレンコフ光観測

・空気シャワーにともなうチェレンコフ光の到着時刻分布、横方向分布から質量組成に

- •チャカルタヤでの実験先例あり
- •大きい空気シャワーアレイで1桁以上上を目指す

•検出器を広い範囲に設置するので、それなりの工夫が必要

•高いエネルギーを狙っていてもやはり高山は有利

•平成23年度から科研費



### 光子到着時間分布 (波形)



## シミュレーションスタディ



Cherenkov photons per PMT



### 中心から放射状に7台

### (50m間隔)







ブレインズ波形記録装置







## 制御系

## まとめ

- チャカルタヤ山観測所
   –約50年!
- •世界最高高度の空気シャワーアレイが稼働
  - -ターゲット:knee ~ logE=17
- チェレンコフ光同時観測

#### -検出器開発進行中

-来夏(ボリビアの冬)より観測開始予定