

# ボリビア・チャカルタヤ山における 高エネルギーガンマ線・宇宙線 広視野観測計画

(2016年度 新規採択)

大阪市立大学  
常定 芳基

2016年12月10日

平成28年度 東京大学宇宙線研究所 共同利用研究成果発表会

# 経緯

- ・ ボリビア・チャカルタヤ山宇宙線観測所（東大宇宙線研共同利用研究拠点）における空気シャワー実験：BASJE - 標高5200m
  - ・ 2015年9月 終了
    - ・ 2015年度共同利用成果発表会において垣本史雄（東工大/当時）が最終報告
- ・ 2015年6月 チベットおよびボリビアグループ有志による話し合い
  - ・ 南天で観測する意義の再確認
  - ・ チャカルタヤ山観測所のインフラ、サンアンドレス大学とのパイプという資産
  - ・ さらにインド GRAPES グループとも連携 → 海外3実験の「合流」
- ・ ターゲット：“Sub-PeV” ガンマ線・宇宙線の広視野連続観測
  - ・ チャカルタヤ山中腹、4740m（依然として世界最高高度）
  - ・ **空気シャワーアレイ 86,000m<sup>2</sup>**、検出器400台
  - ・ **地下ミュオン検出器 5,400m<sup>2</sup>**
  - ・ モードエネルギー：5TeV
  - ・ 角度分解能：0.2°、エネルギー分解能 30% (100TeV)
  - ・ 視野：2 sr
- ・ プロジェクト名：ALPACAに決定。 (ボリビアグループも含めて投票)

# 2016年度新規申請->採択

- ・ 「ボリビア・チャカルタヤ山宇宙線観測所における高エネルギーガンマ線・宇宙線観測のための空気シャワー実験」
- ・ 採択額：150万円（物品100万円、旅費50万円）  
+ 50万円（機関異動新任教員対象）

# 研究グループ：ALPACA

## 宇都宮大

堀田直己

## 原研

土屋晴文

## 東京大学宇宙線研究所

瀧田正人、大西宗博、川田和正、  
佐古崇志、片岡厚典、徳永恭助

## 理研

田島典夫

## 日本大

塩見昌司

## 国立情報学研

西澤正己

## 都立産業技術高専

齋藤敏治

## 神奈川大

日比野欣也、有働慈治

## 横浜国立大

片寄祐作、片岡幹博、松田光平、鈴木大

## 信州大

宗像一起、加藤千尋、中村佳昭

## 愛知工大

小島浩司

## 中部大

柴田祥一、大嶋晃敏

## 大阪市大

荻尾彰一、常定芳基、Rosa Mayta

## サンアンドレス大

P. Miranda, R. Ticona, M. Subieta,  
H. Rivera, M. Raljevich, J. Quispe

# 活動状況

- ・ ボリビア渡航：1回
  - ・ 4/25 - 5/5 瀧田、大西、佐古：実験サイト決定
  - ・ ボリビア側との合意、正式なコラボレーション立ち上げ
- ・ 日本物理学会（秋、宮崎大学）
  - ・ 3講演：“ALPACA実験1-3”
- ・ 日本天文学会（秋、愛媛大学）
  - ・ 1講演
- ・ 国内研究会：1回
  - ・ 8月8日：「Sub-PeVガンマ線による天体観測から迫るKnee領域宇宙線の起源」、11講演 + Discussion
- ・ 国際会議
  - ・ 8/22-27: ISVHECRI, 瀧田招待講演
  - ・ 11/10-12: HAWC ワークショップ、川田招待講演
  - ・ 11/30-12/2: 7th Workshop on AS detection at high altitude、佐古招待講演
  - ・ 12/6-8: エクアドル Astroparticle Physics @ Yachay、佐古講演

# ALPACA Site

Mt. Chacaltaya, Bolivia





標高：4740m

南緯16°23'、西經68°08'

平地部分 350m X 350m (122,500m<sup>2</sup>)





# Schematic view of ALPACA

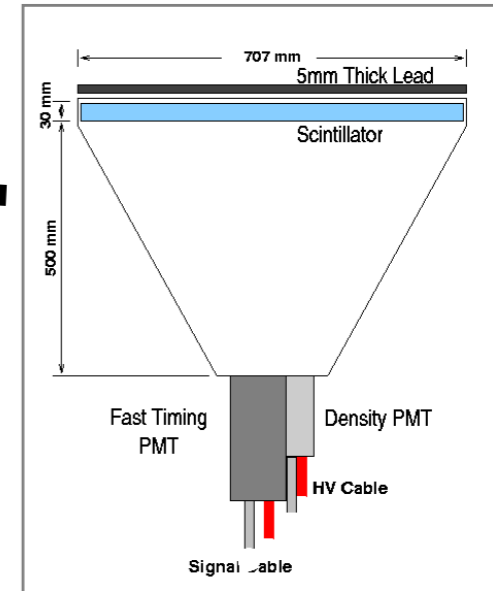
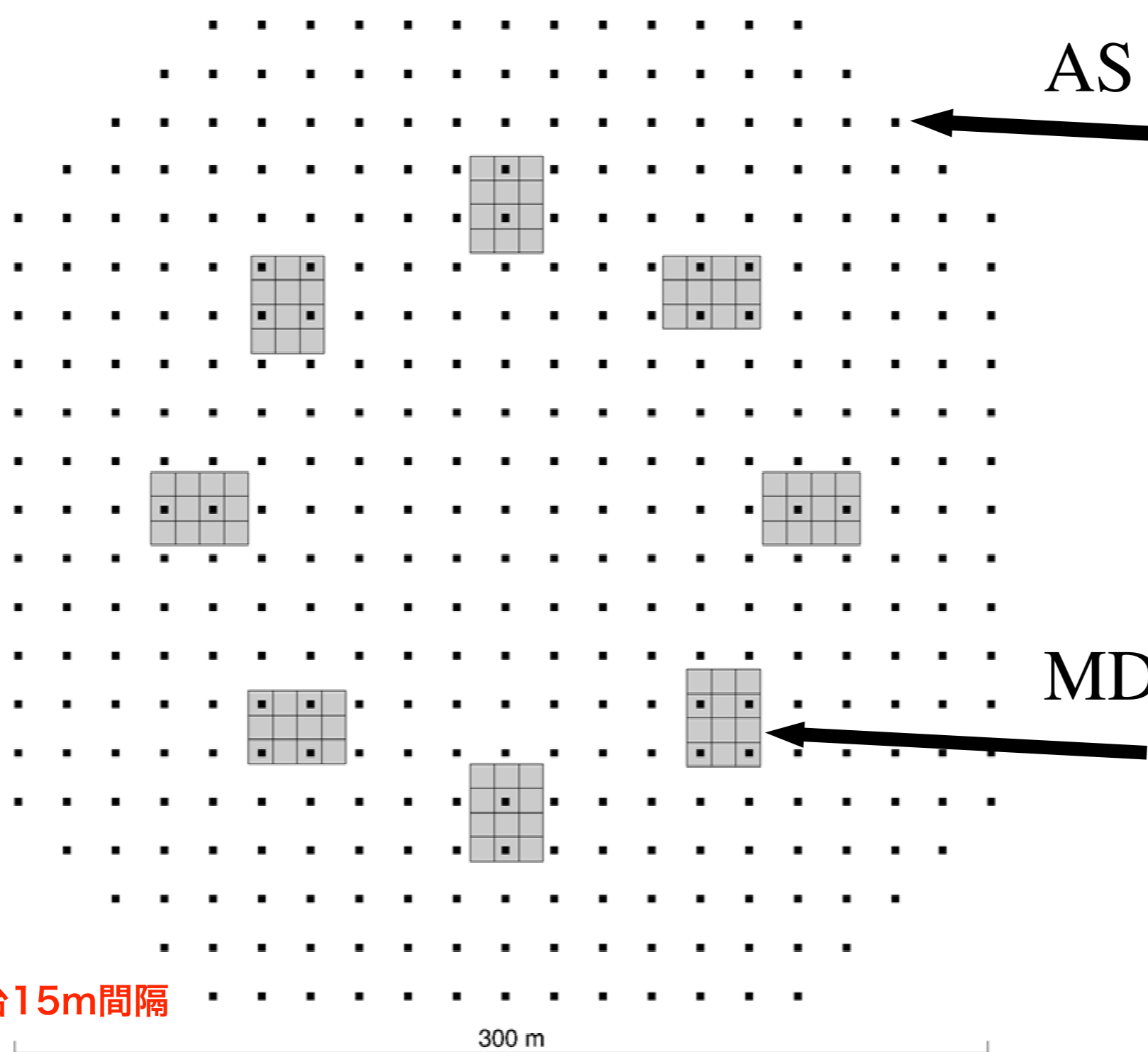


Image of 1 m<sup>2</sup> plastic scintillation detector

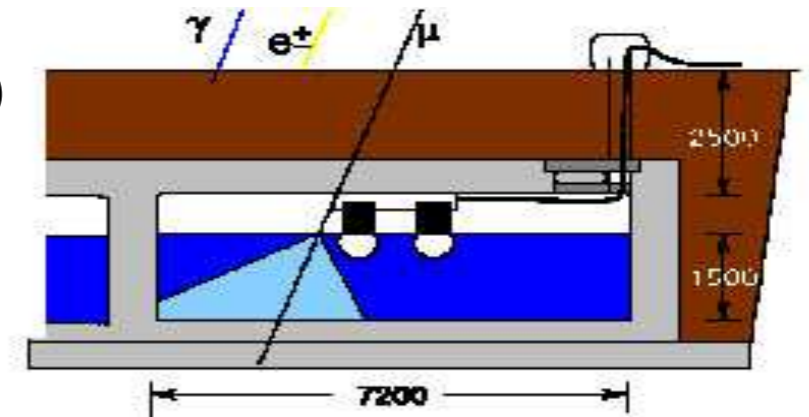


Image of unit (56m<sup>2</sup>) underground water Cherenkov muon detector

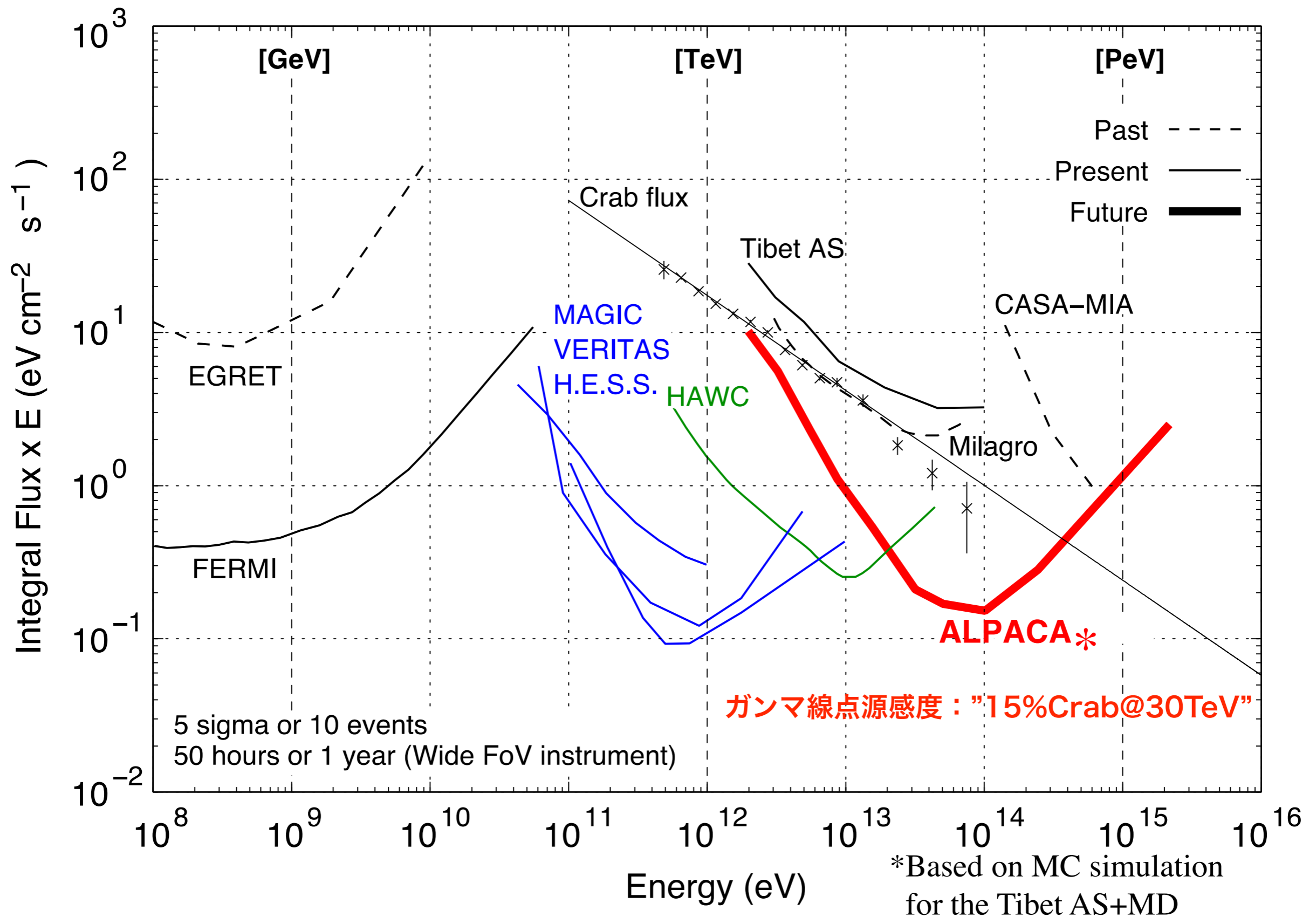
400台15m間隔

300 m

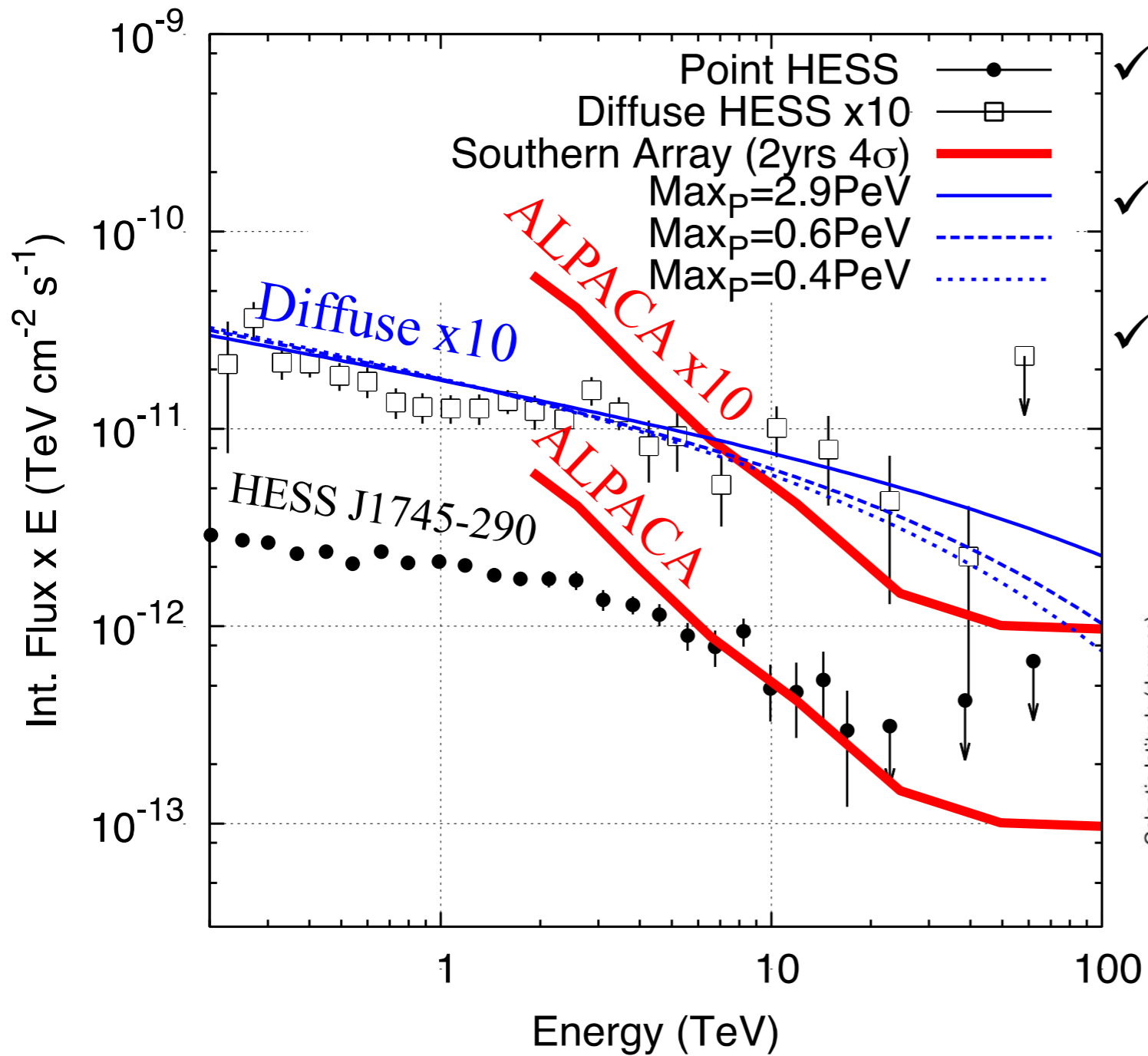
- 1 m<sup>2</sup> AS Detector x 401 (82,800 m<sup>2</sup>)
- 56 m<sup>2</sup> Muon Detector x 96 (5,400 m<sup>2</sup>)



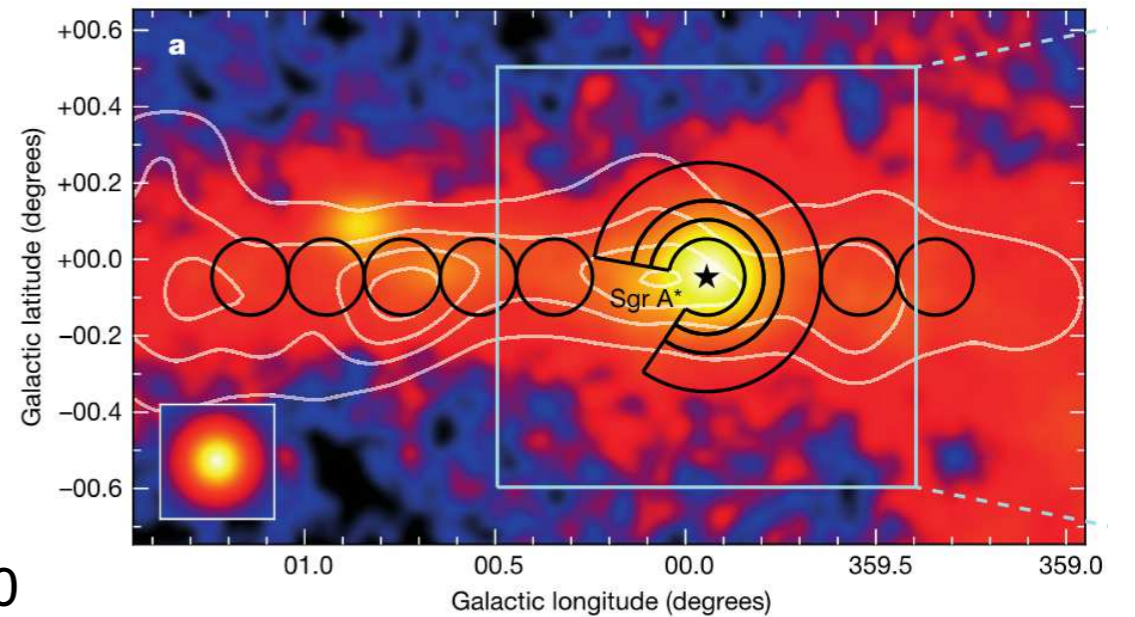
# Sensitivity to the Point Source



# Galactic Center as PeVatron!?

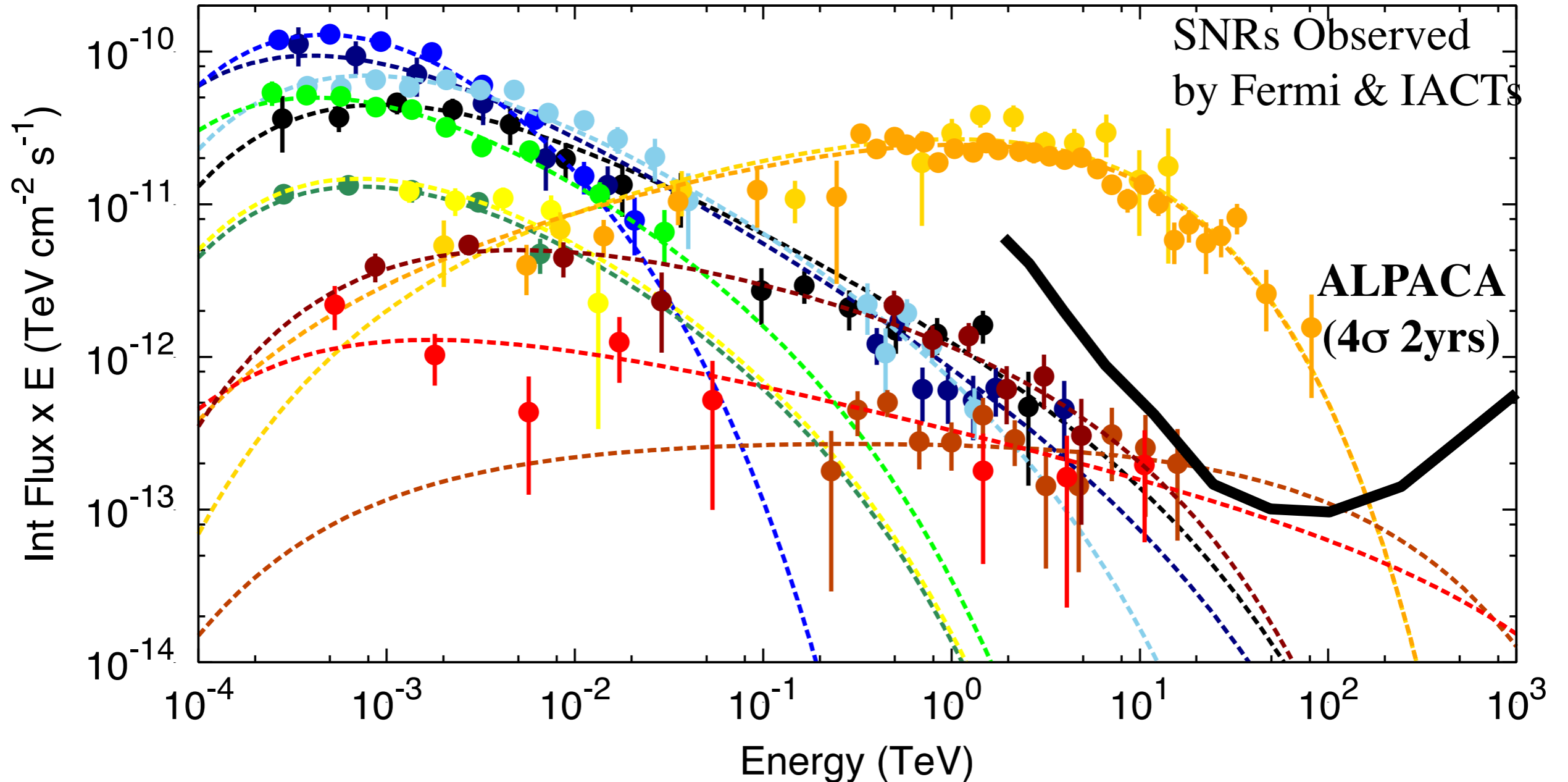


- ✓ Detection of diffuse component
- ✓ sub-PeV  $\gamma$ -ray expected
- ✓ Promising candidate for PeVatron



*Abramowski, et al, Nature (2016)*

# Young SNRs



*Reproduced from  
slides presented by  
S. Funk (TeVPA  
2011)*

W51C (35k yrs)	—●—
W28 (30k yrs)	—●—
W44 (20k yrs)	—●—
IC443 (10k yrs)	—●—
Cyg Loop (5.0k yrs)	—●—
W49B (4.0k yrs)	—●—

PuppisA (3.7k yrs)	—●—
RXJ0852 (2.5k yrs)	—●—
RXJ1713 (2.0k yrs)	—●—
SN1006 (1.0k yrs)	—●—
Tycho (0.4k yrs)	—●—
CasA (0.3k yrs)	—●—

# ALPAQUITA

- 1/10 ALPACA プロトタイプ
- 1m<sup>2</sup> シンチレーション検出器45台、15m間隔
- 今年度中に ship, 2017年夏に建設
  - 設置1ヶ月、キャリブレーション1ヶ月
- R&D
  - エレクトロニクス：チベット型を踏襲
  - シンチボックス内反射材選定、シンチ粒子入射位置依存性測定が完了

## ALPAQUITA アレイの性能予想

	Tibet I (1990 – 1993)	ALPAQUITA
Altitude	4,300 m	4,740 m
Spacing	15m	15m
Detector area	0.5 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>
Coverage	0.22 %	0.44 %
Effective area	7,650 m <sup>2</sup>	7,650 m <sup>2</sup>
Mode Energy	10 TeV	~5 TeV
Trigger rate	40 Hz	~150 Hz
Moon shadow	5.8 $\sigma$ (1990年6月-1991年10月)	~16 $\sigma$ / 年
Sidereal anisotropy	LossCone ~5 $\sigma$ (1992年)	~10 $\sigma$ / 年



# まとめ

- ALPACA 始動
  - 日本側27名（うち学生7名）、ボリビア側6名
  - チャカルタヤ中腹 4740m、84,000m<sup>2</sup>、400台
  - “15% Crab @ 30TeV”
- 特別推進研究に応募
- プロトタイプ “ALPAQUITA”: 1/10スケール、45台は来年建設、稼働
- 海外の状況：南天-高地というキーワードで複数のプロジェクト提案あり。