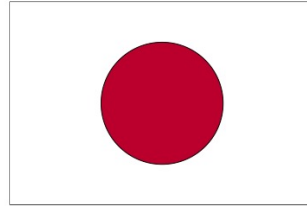


ALPACA39:ALPAQUITA実験データ解析

3.26空気シャワー研究会

中部大学 修士1年 後藤佳歩

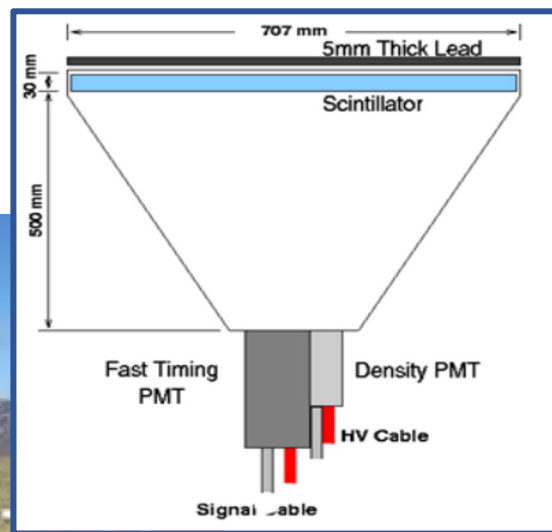
The ALPACA collaboration



後藤佳歩, M. Anzorena^A, C. A. H. Condori^B, E. de la Fuente^C, 林優希^E,
日比野欣也^F, 堀田直己^G, A. Jimenez-Meza^C, 片寄祐作^H, 加藤千尋^E, 加藤勢^A,
川原一輝^H, 川島輝能^A, 川田和正^A, 小井辰巳^I, 小島浩司^J, 榎島拓音^H, 増田吉起^E,
松橋祥^H, 松本瑞生^E, R. Mayta^{K,L}, P. Miranda^B, 水野敦之^A, 宗像一起^E, 中村佳昭^A,
C. Nina^B, 西澤正己^M, 野口陸^H, 荻尾彰一^A, 大西宗博^A, 奥川創介^H, 大嶋晃敏^I,
M. Raljevic^B, H. Rivera^B, 齋藤敏治^N, 塔隆志^A, 佐古崇志^A, 佐々木翼^F, 柴崎季哉^O,
柴田祥一^J, 塩見昌司^O, M. Subieta^B, 田島典夫^P, 鷹野和紀子^F, 瀧田正人^A, 多米田裕一郎^Q,
田中公一^R, R. Ticona^B, I. Toledano-Juarez^C, 土屋晴文^S, 常定芳基^{K,L}, 有働慈治^F,
碓井玲^H, 山崎勝也^I, 横江誼衡^A, 他 The ALPACA Collaboration

中部大工, 東大宇宙線研^A, サン・アンドレス大^B,
グアダラハラ大^C, 信州大理^E, 神奈川大工^F,
宇都宮大^G, 横浜国大工^H, 中部大理工^I,
中部大天文台^J, 大阪公大理^K, 大阪公大南部研^L,
国立情報学研^M, 都立産業技術高専^N, 日本大生産工^O,
理研^P, 大阪電通大工^Q, 広島市大情^R, 原子力機構^S

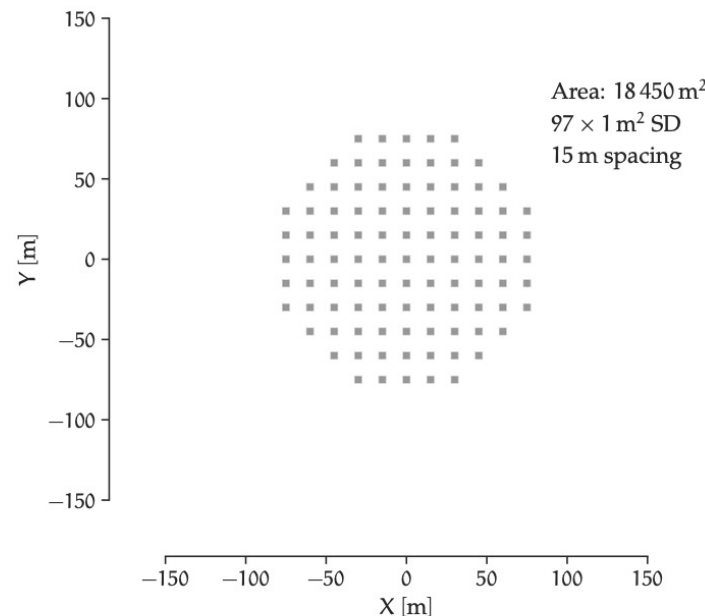
ALPAQUITA & 本研究の目的



本研究の目的：

ALPAQUITA実験の地表アレイで得られたデータを解析・ガンマ線天体の探索

→97台(MDなし)の地表検出器を用いた



南緯16度23分
西経68度07分

RX J1713.7-3946

赤経	17 13 33.6 (hh mm ss)
赤緯	-39 45 36 (dd mm ss)
距離	1kpc
年齢	~1600yr
種類	Shell型SNR

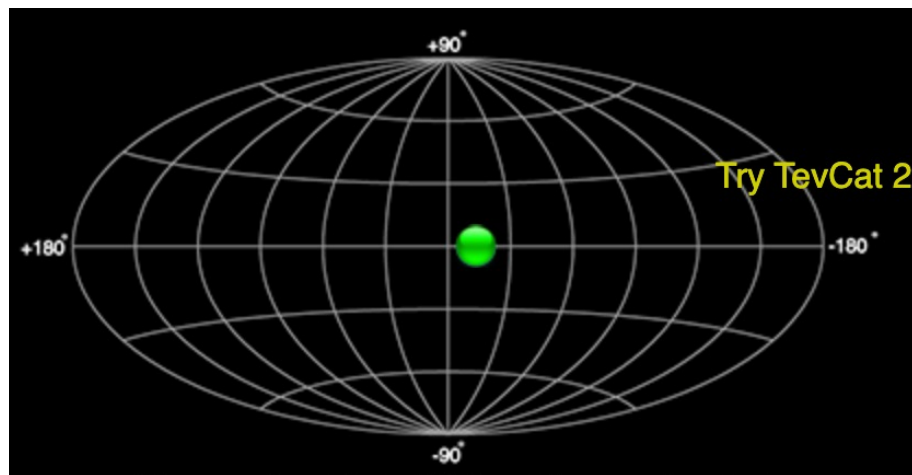


図.RX J1713.7-3946の座標, TeVCat

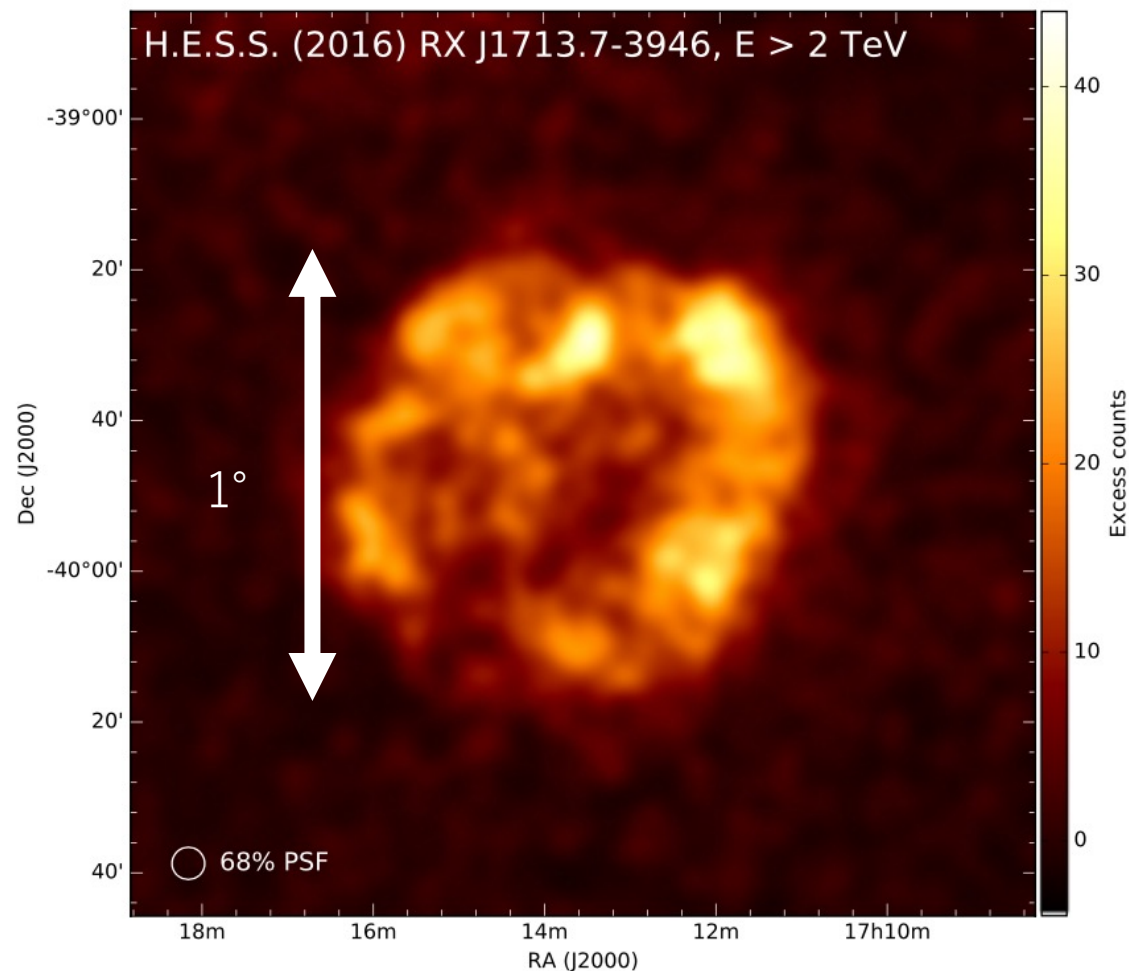
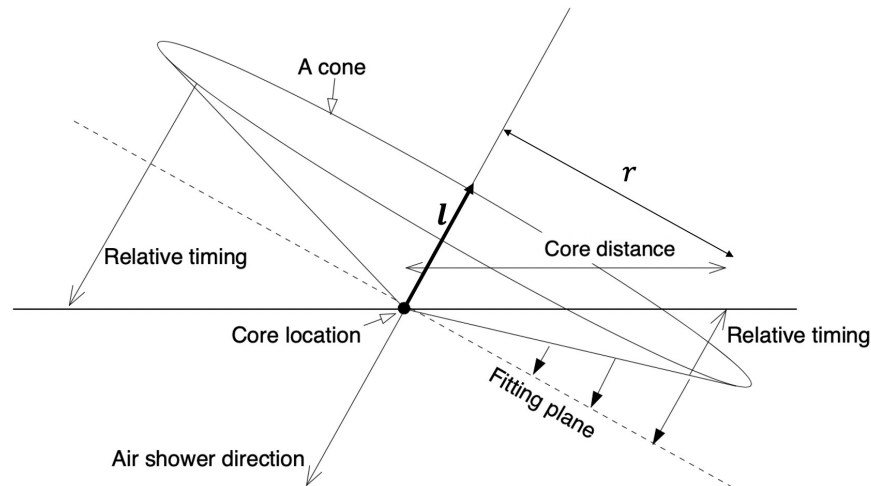
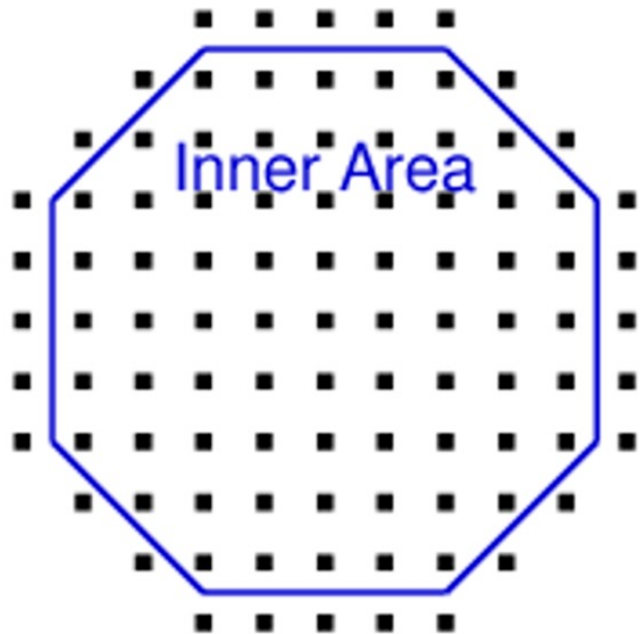


図.H.E.S.Sで観測した2TeV以上のExcess Counts map
A&A 612 A6 ,2018

Data Analysis

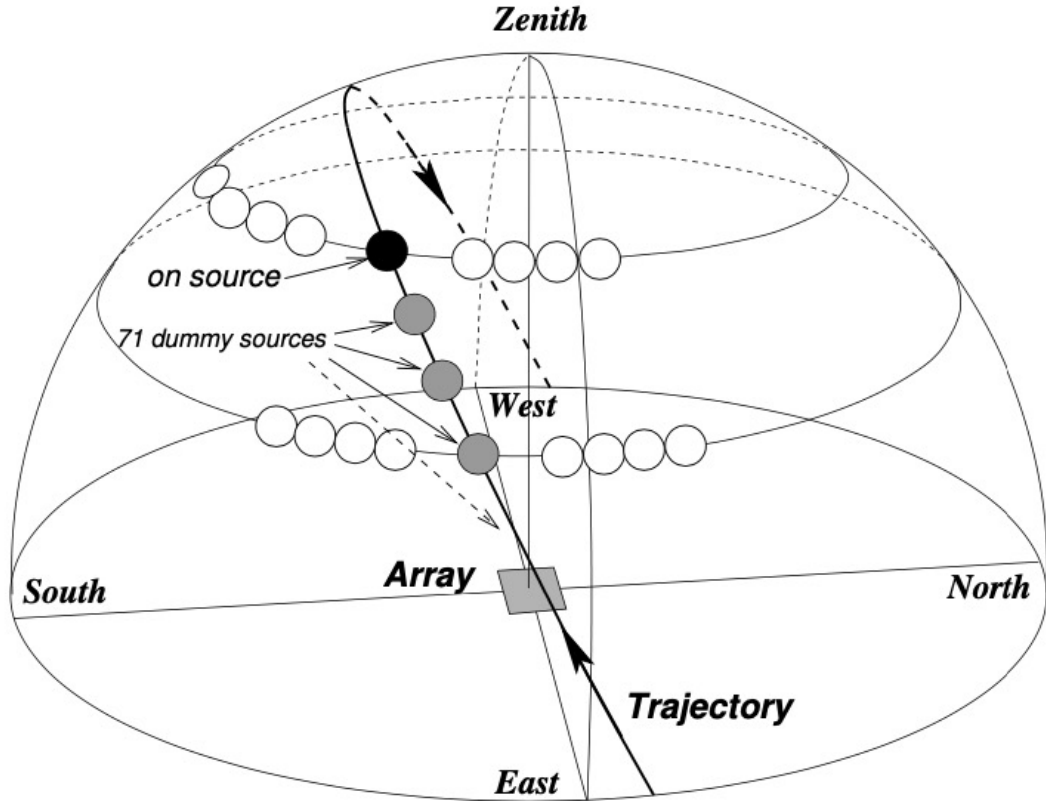
- データ使用期間：
23/4/7 ~ 23/11/30
- 観測時間：225.30days



$$\chi^2 = \sum_i w_i (x_i \cdot l + c(t_i - t_0))^2$$

- Event Selection：
 - 最も多くの粒子を検出した3台のうち2台はInner area
 - 空気シャワーフロントフィッティングの誤差残差 χ が1m以下
 - 1.25粒子以上検知した検出器が4台以上
 - 検出総粒子数 ($\sum \rho$) が10以上
 - 天頂角 $< 50^\circ$

Data Analysis ～BG推定 等天頂角法～



On source : RXJ1713

Off source : 20

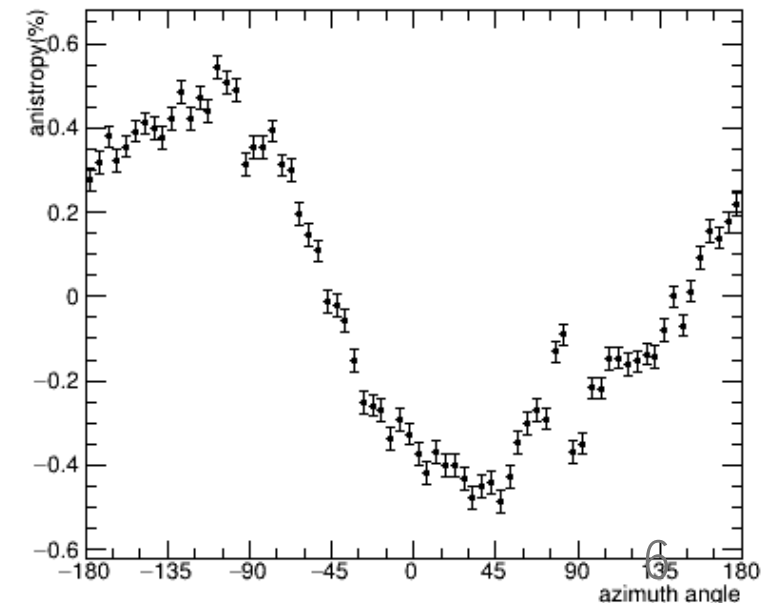
dummy source : 等decでR.A方向に5° 間隔 (計71個)

- 隣り合うソース間の実角: 3.3°

解析窓半径(WS) =

$$6.9^\circ / \sqrt{\sum \rho_{ft}}$$

max = 1.6° , min = 0.5°

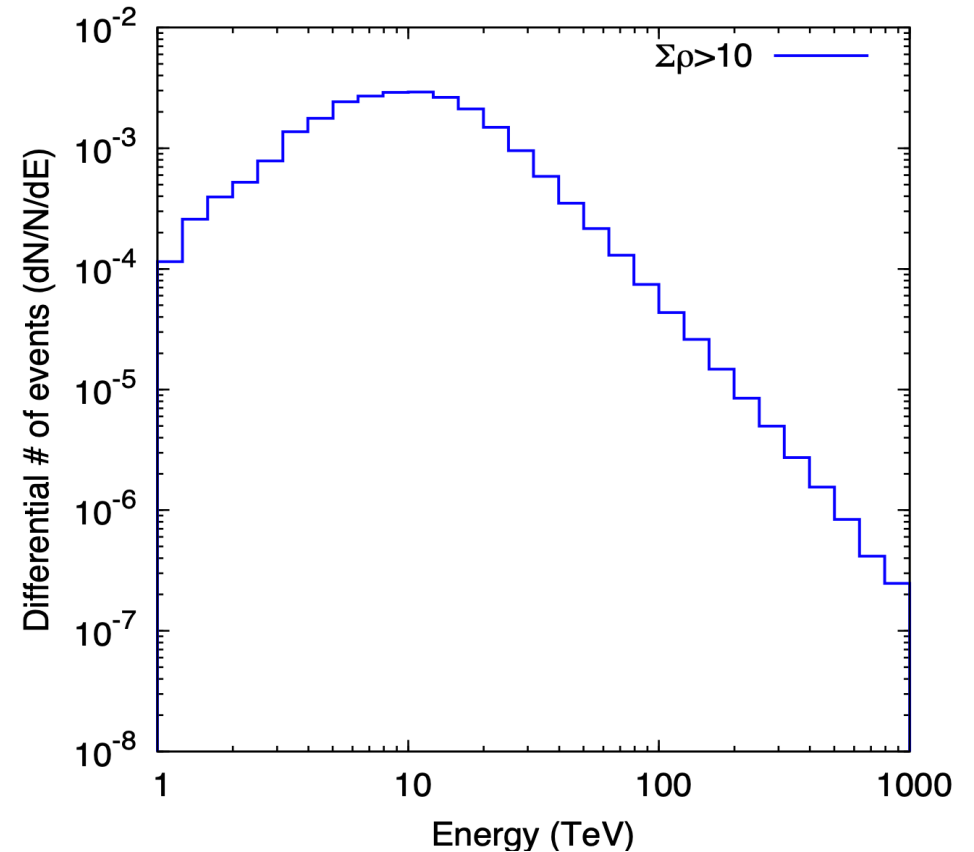
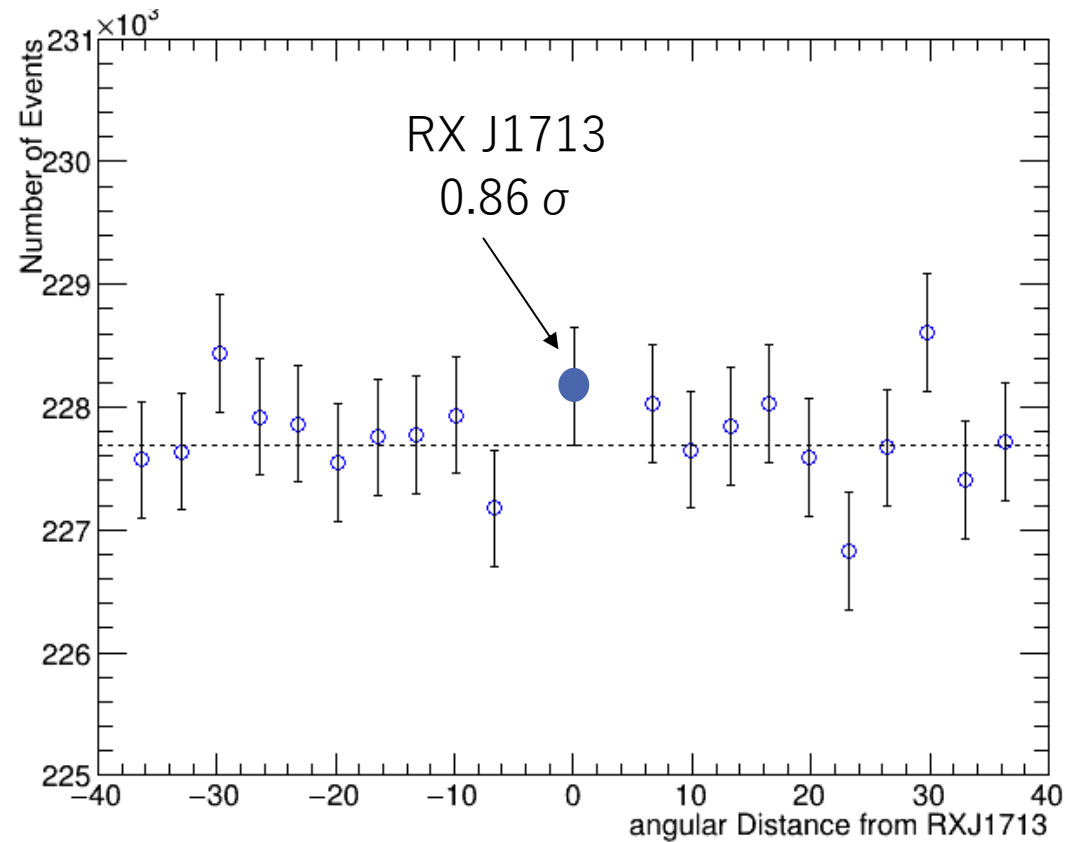


Monte Carlo method

- SetUp -> Corsika 7.6400, geant4.10.04.p02
- イベント数: 4,858,000
- シミュレーションエリア: $300*300* \pi \text{ m}^2$
- エネルギー領域: 0.3TeV以上

Number of observed air-shower events

excess significance at 0.86σ (最頻エネルギー 10 TeV)



RX J1713 エネルギーごとのイベント数とガンマ線イベント検出有意性

$\Sigma \rho$	Energy(TeV)	Non	BG	Excess	Sig (σ)	UL of excess(90%)
$10 \leq \Sigma \rho < 18$	6.91	112155	111932.78	222.21	0.648	705.13
$18 \leq \Sigma \rho < 32$	11.65	83770	83543.41	226.58	0.764	636.56
$32 \leq \Sigma \rho < 57$	18.66	24343	24389.51	-46.51	-0.290	229.8
$57 \leq \Sigma \rho < 100$	30.01	5934	5955.28	-21.28	-0.269	114.37
$100 \leq \Sigma \rho < 178$	49.11	1412	1373.99	38.00	0.999	89.71
$178 \leq \Sigma \rho < 317$	82.34	369	370.09	-1.09	-0.055	30.93
$313 \leq \Sigma \rho < 563$	139.75	138	142.40	-4.40	-0.360	16.82
$563 \leq \Sigma \rho < 1000$	238.35	51	43.96	7.03	1.031	16.89
Total		228172	227751.45	420.54	0.859	1088.29

- $\Sigma \rho$ が10から1000の間で、対数スケールにおいて幅が均等になるように8つBinning

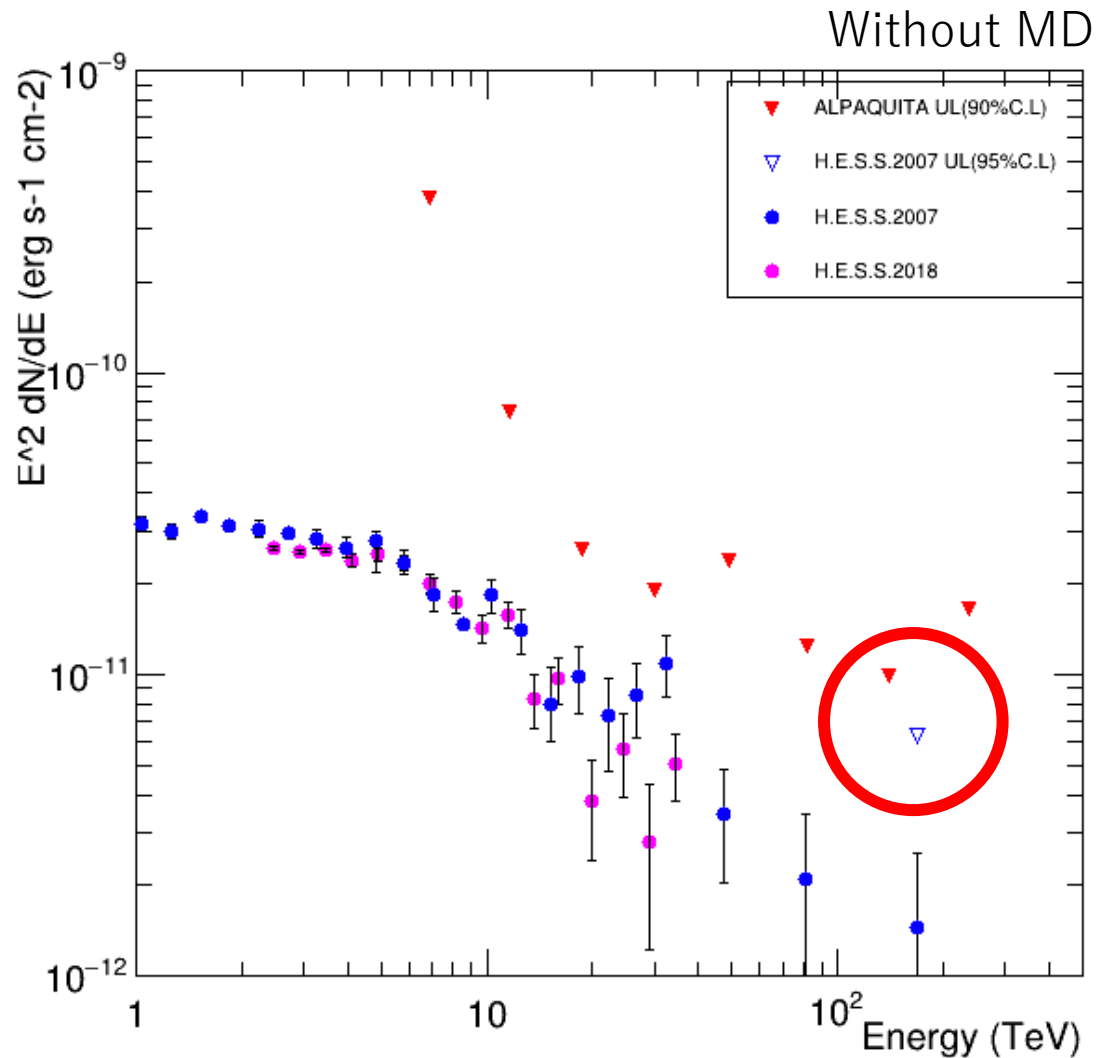
- Non、BGは等天頂角法でBG推定をしたイベント数

- Helene-PoissonULを求めた

有意なイベント数の超過なし

$$sig = \frac{N_{on} - \alpha N_{off}}{\sqrt{\alpha(N_{on} + N_{off})}}$$

Upper Limit on the gamma-ray flux of RX J1713



$$\alpha_{obs} = \frac{N_{obs}}{N_{sim}} \frac{N_{sim_all}}{\int E^{-\beta} dE S_{sim} T_{obs}}$$

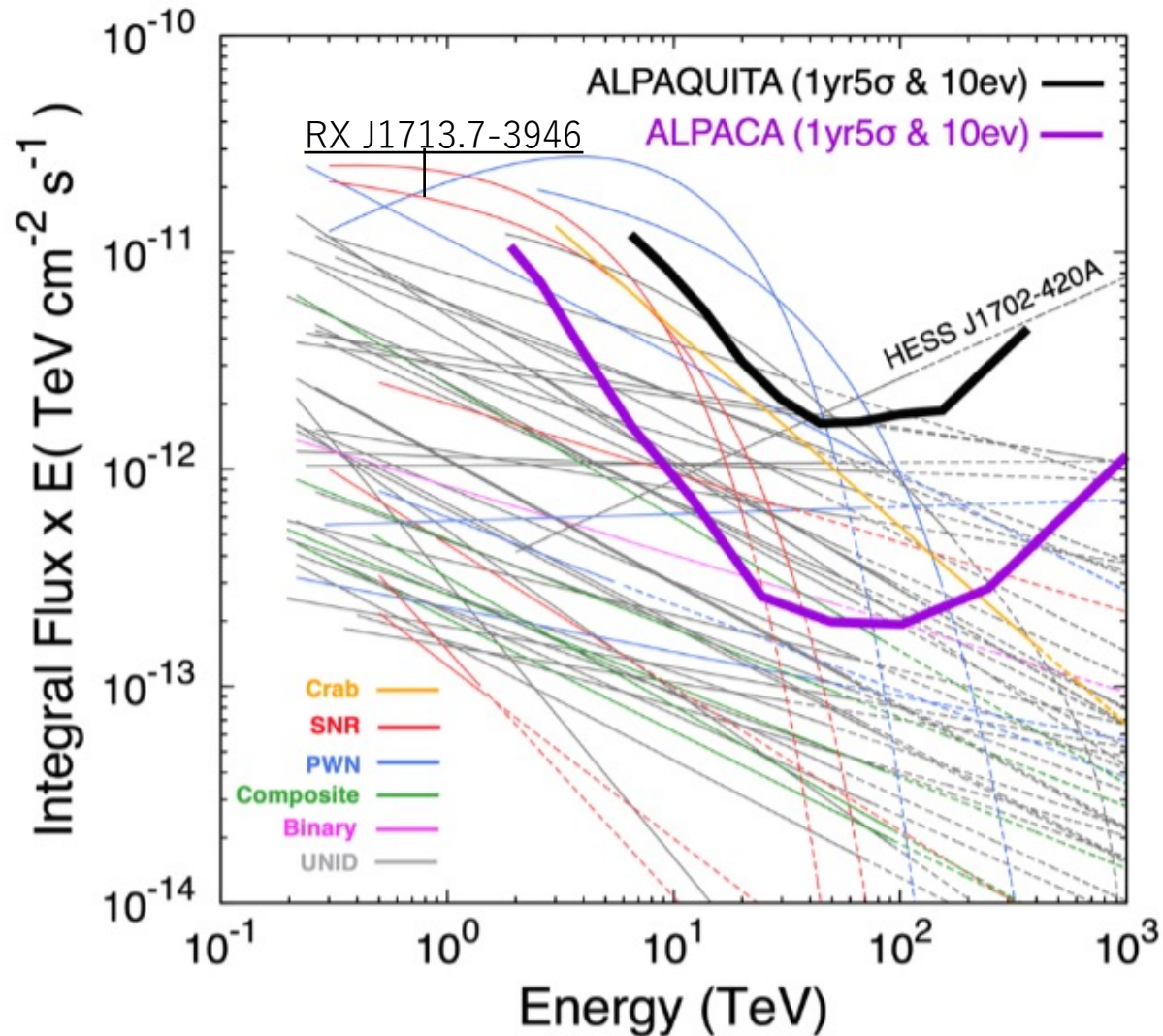
$$f = \alpha_{obs} E^{-\beta} \quad (\beta = 2.5)$$

7TeV~200TeVのULを与えた

*H.E.S.S.2007, A&A 531, C1, 2011

*H.E.S.S.2018, A&A 612, A6, 2018

Sensitivity curve of ALPAQUITA with MD



ALPAQUITA(with MD)で
将来10TeV以上のエネルギー
を観測できる天体

- HESS J0835-455 (Vela X)
- HESS J1825-137
- HESS J1908+063
- HESS J1616- 508
- HESS J1702-420A

図.ALPAQUITA with MDの感度曲線

S. Kato et al., Experimental Astronomy, 52, 85–107, 2021

Summary & Next

- ✓ ALPAQUITA空気シャワーアレイ (MDなし) の225日分のデータを用いて、RX J1713.7-3946方向から到来するガンマ線を探索
 - 7TeV~200TeVのガンマ線flux上限値を得た
 - MD建設後、数年程度の観測で検出できると期待できる
- ✓ 各種解析条件の最適化
- ✓ 他の天体から到来するガンマ線探索
- ✓ MD建設後、1年の観測でVela Xなど数個の天体からのガンマ線を検出できる