



Ashra観測

平成30年度東京大学宇宙
線研共同利用研究成果発
表会

2018.12.22

東京大学宇宙線研究所

佐々木 真人

(Ashra共同)

Courtesy: 青木、小川、
木舟、永澤、広瀬、深作、
増山の皆さんの発表



査定経費:

H16年度 50千円 (佐々木)
H17年度 70千円 (佐々木・渡邊)
H18年度 890千円 (佐々木・渡邊・小川)
H19年度 750千円 (佐々木・渡邊・小川)
H20年度 1000千円 (佐々木・渡邊・小川・木村・家入)
H21年度 1400千円 (佐々木・小川・木村)
H22年度 1420千円 (佐々木・小川・木村)
H23年度 1170千円 (佐々木・浅岡・小川・木村)
H24年度 970千円 (佐々木・浅岡・小川・木村)
H25年度 970千円 (佐々木・浅岡・小川・木村)
H26年度 300千円 (佐々木・小川)
H27年度 300千円 (佐々木・小川)
H28年度 200千円 (佐々木・小川)
H29年度 200千円 (佐々木・小川)

H30年度申請:

佐々木 Ashra-1によるハワイ島マウナロア観測所における空気シャワー撮像観測、観測装置の更新充実、および物理探査準備 申請2171千円
小川 Ashra観測のための光ファイバー束を用いたトリガー統合試験 申請1850千円

H30年度査定: 200千円 (佐々木・小川) 充足率 5 %

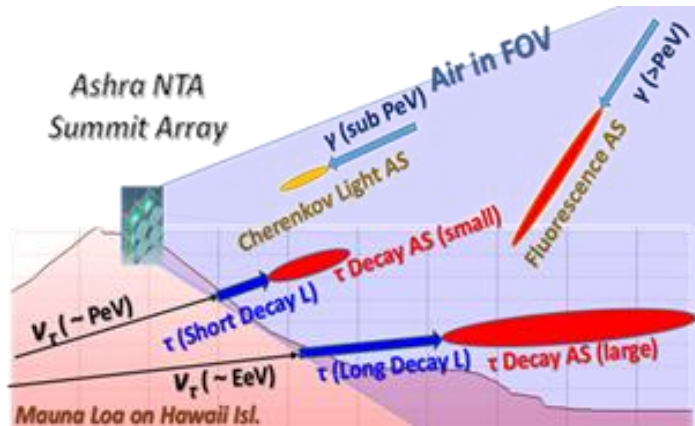
使途内訳 : 共同会議/推進部会、統合試験/準備@明野、室内試験@大学、電気代、他

集光器視野 42度
点広がり分解能 0.05度

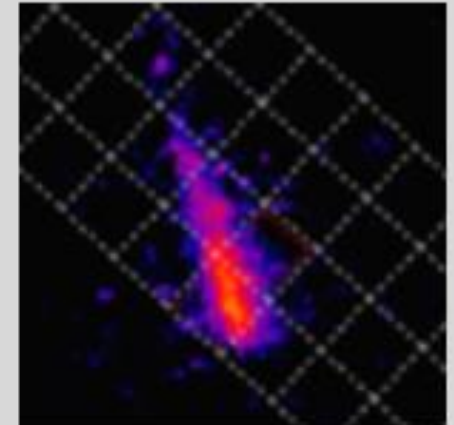
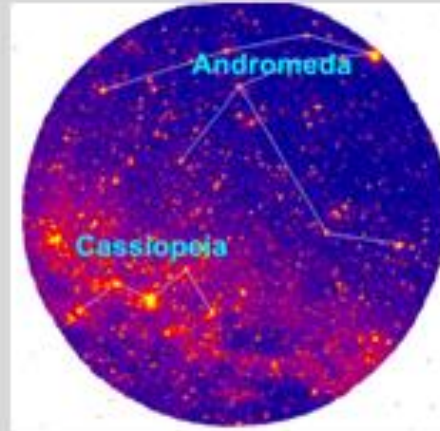
大気チェレンコフ光/大気蛍光
同時自立トリガー撮像

空気シャワー撮像による
多粒子弁別と高精度方向決定

多粒子天文へ



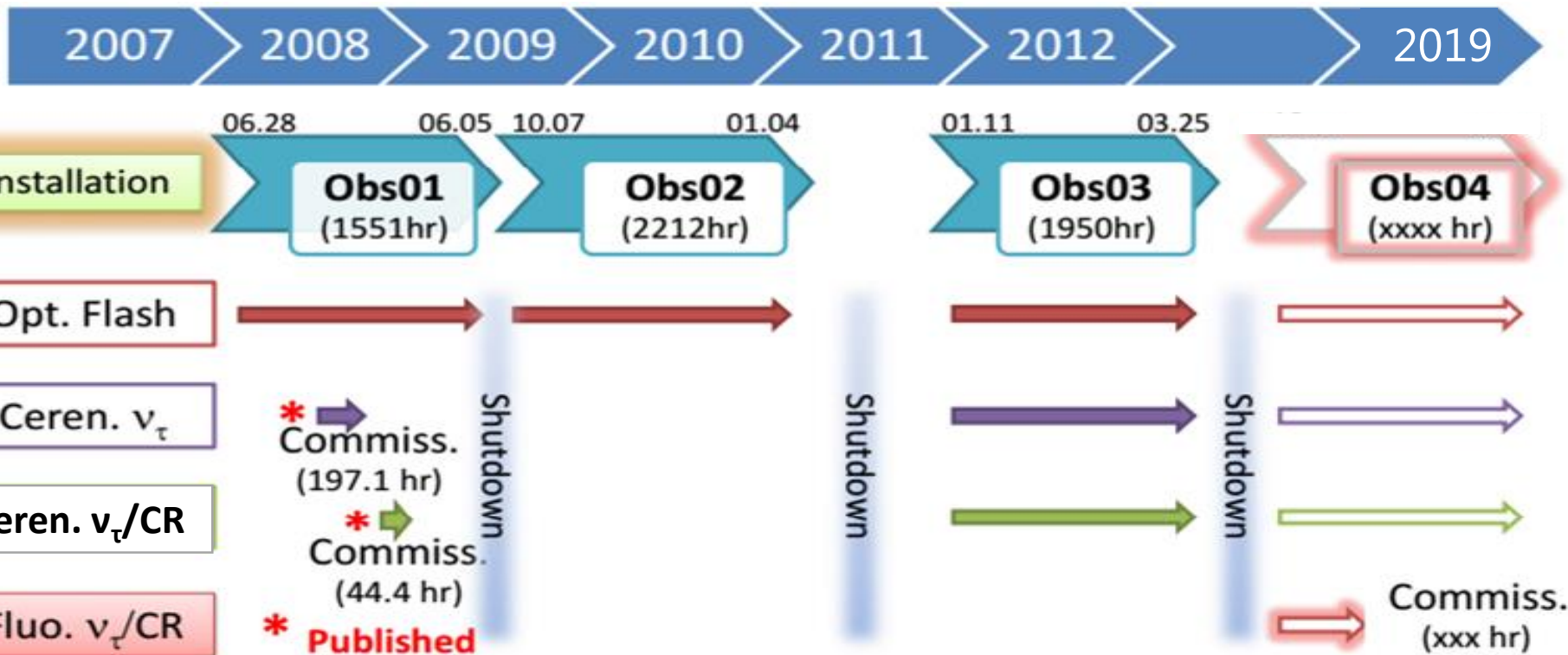
ハワイ島マウナロア観測地 Ashra-1 集光器



Ashra-1 集光器で撮像した(左)夜天 (トリガー無し 1 秒露光)と(右)空気シャワー (トリガー100ns 露光)。実データ。

Ashra-1 Observation Periods

2013以降、
観測資金の問題



- Total Obs. Time: **5713hr**
- Ave. Duty: **19 %**

5-faceted
Rain & Fog Monitor

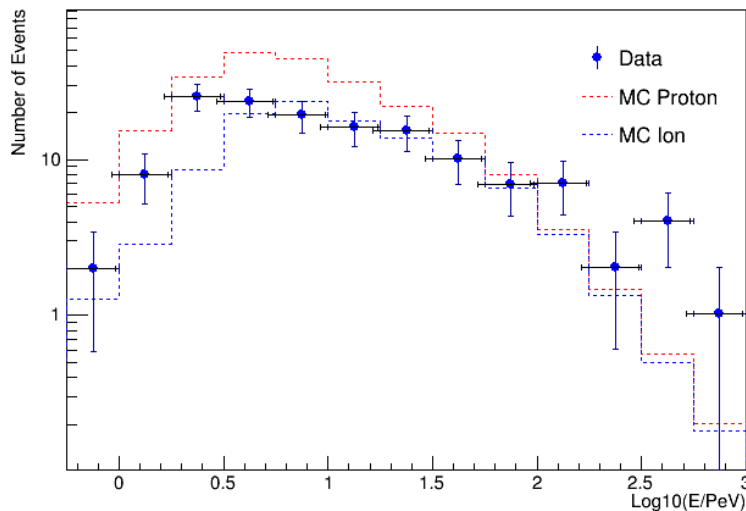


Satellite	GRB Name	$t_{inFOV} - t_0$ [sec]
Swift	GRB081203A	$-1.2 \times 10^4 - 5.6 \times 10^3$
Fermi	GRB090428	$-8.1 \times 10^3 - 5.9 \times 10^3$
Fermi	GRB090429C	$-4.1 \times 10^3 - 1.7 \times 10^3$
Swift	GRB091024	$-1.6 \times 10^3 - 3.3 \times 10^2$
Fermi	GRB100216A	$-4.0 \times 10^3 - 1.1 \times 10^4$
Swift	GRB100906A	$-1.0 \times 10^4 - 4.0 \times 10^3$
Fermi	GRB120120	$-1.4 \times 10^3 - 8.9 \times 10^3$
Fermi	GRB120129	$-1.6 \times 10^3 - 6.7 \times 10^3$
Fermi	GRB120327	$-9.9 \times 10^3 - 8.2 \times 10^1$
Swift	GRB120911	$-2.4 \times 10^4 - 6.8 \times 10^1$
Fermi	GRB121019	$-1.7 \times 10^3 - 7.3 \times 10^3$
Swift	GRB121212A	$-5.8 \times 10^3 - 2.6 \times 10^4$
Fermi	GRB130206	$-3.3 \times 10^3 - 7.5 \times 10^4$
Fermi	GRB130215	$-2.7 \times 10^3 - 4.3 \times 10^2$

- 5 Swift, 9 Fermi Triggers in FOV
- A lot of events pass FOV within 24 hrs

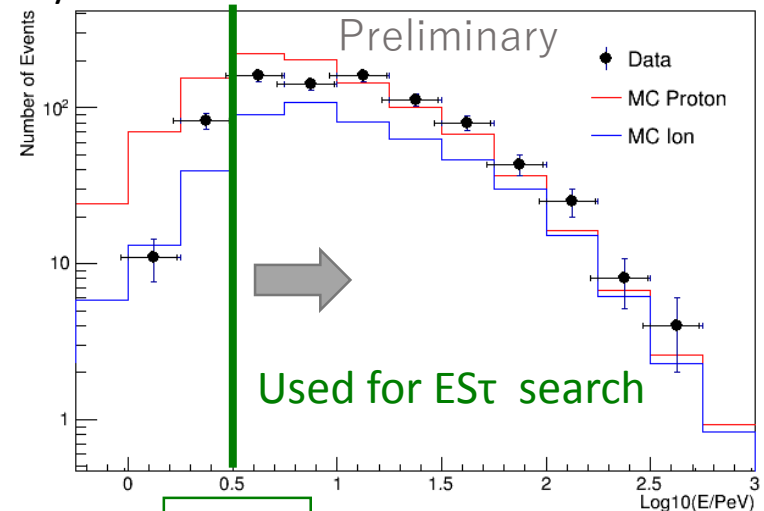
CR E_{obs} Spectrum by Ashra-1

Obs01 events



Obs03 events

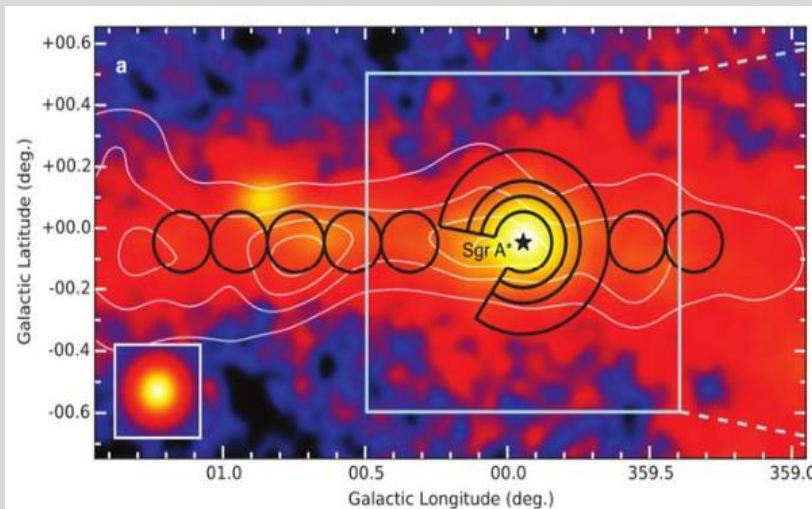
MC normalization by CR flux.



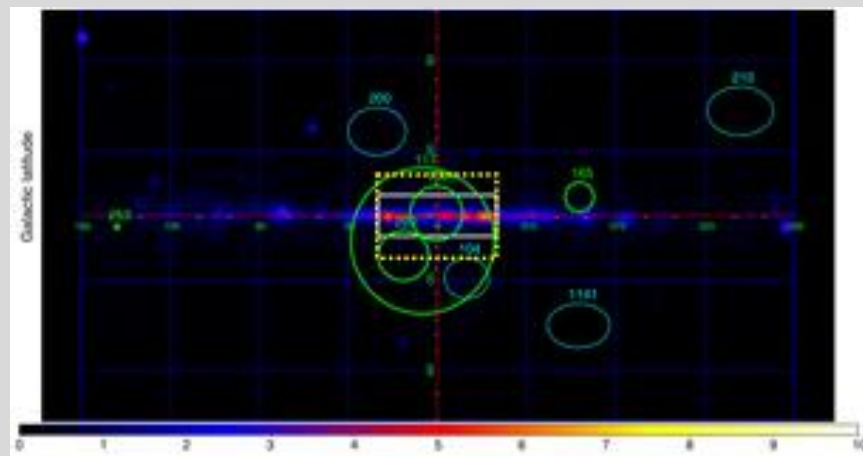
Source of Systematics	Error [%]
Trigger Threshold	19
Atmosphere & Optics	21
DAQ Efficiency	6.3
Weather Condition	6.4
Sensitivity Total	30
Fine Image Gain	30

Will be negligible by using a LED flasher calibrator.

PeV放出天体探査 銀河中心 点源か散逸源か



HESS銀河中心VHE γ 像。左下のHESS点広がり精度[3]は本計画と同程度。



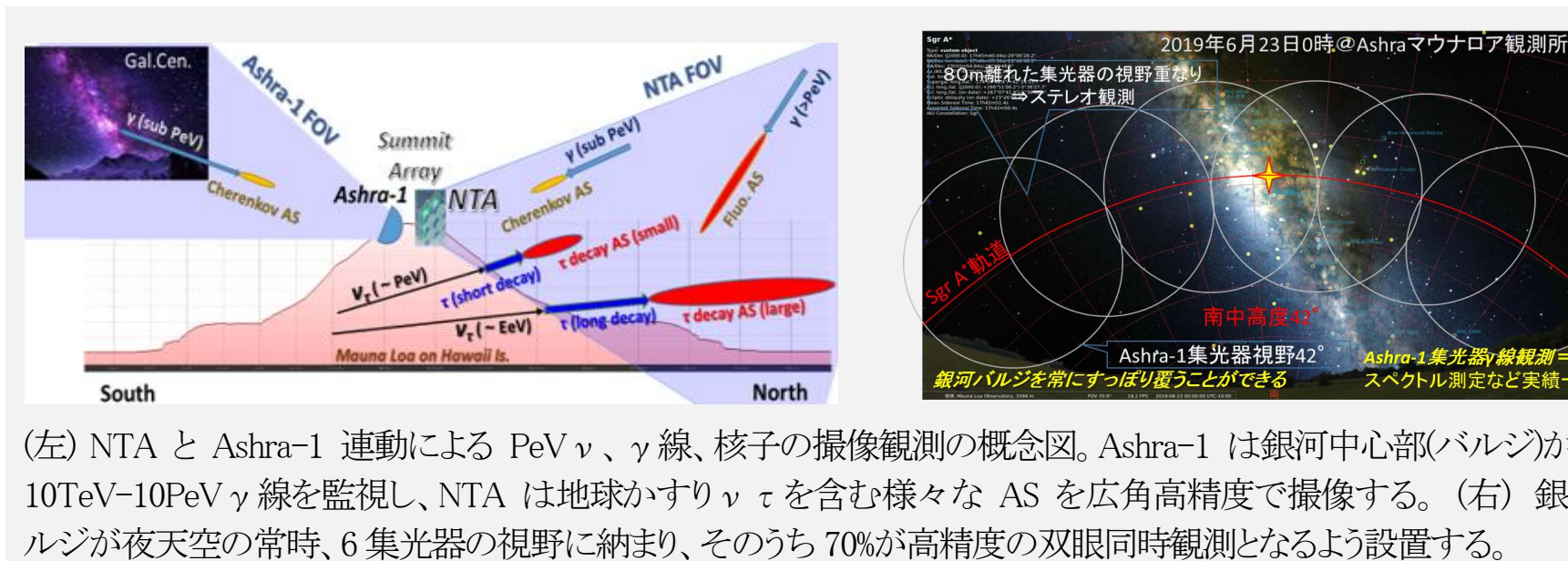
Fermi銀河 γ 地図($E_\gamma > 100\text{ GeV}$)とIceCube ν 誤差楕円 ($E_\nu > 100\text{ TeV}$) [5]。本計画は中心を含む破線領域(40度×60度)を探査。

Ashraの広角高精度空気シャワー撮像が活きる
Ashra撮像方式の天文学物理実証として最適な対象

銀河中心領域の10TeV-10PeVガンマ線撮像監視

Ashra-1第4観測期： 6集光器で双眼チェレンコフ光撮像監視

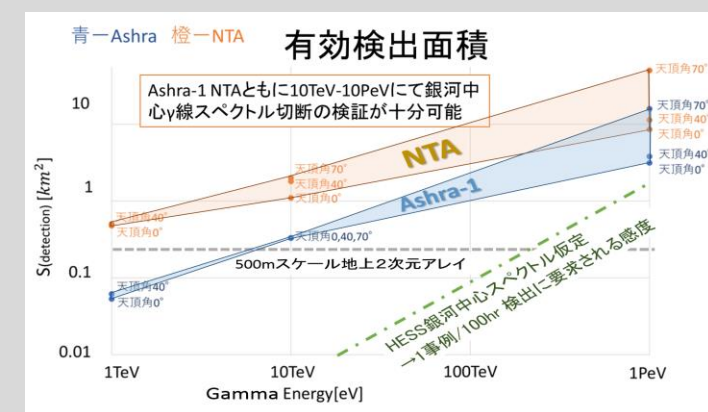
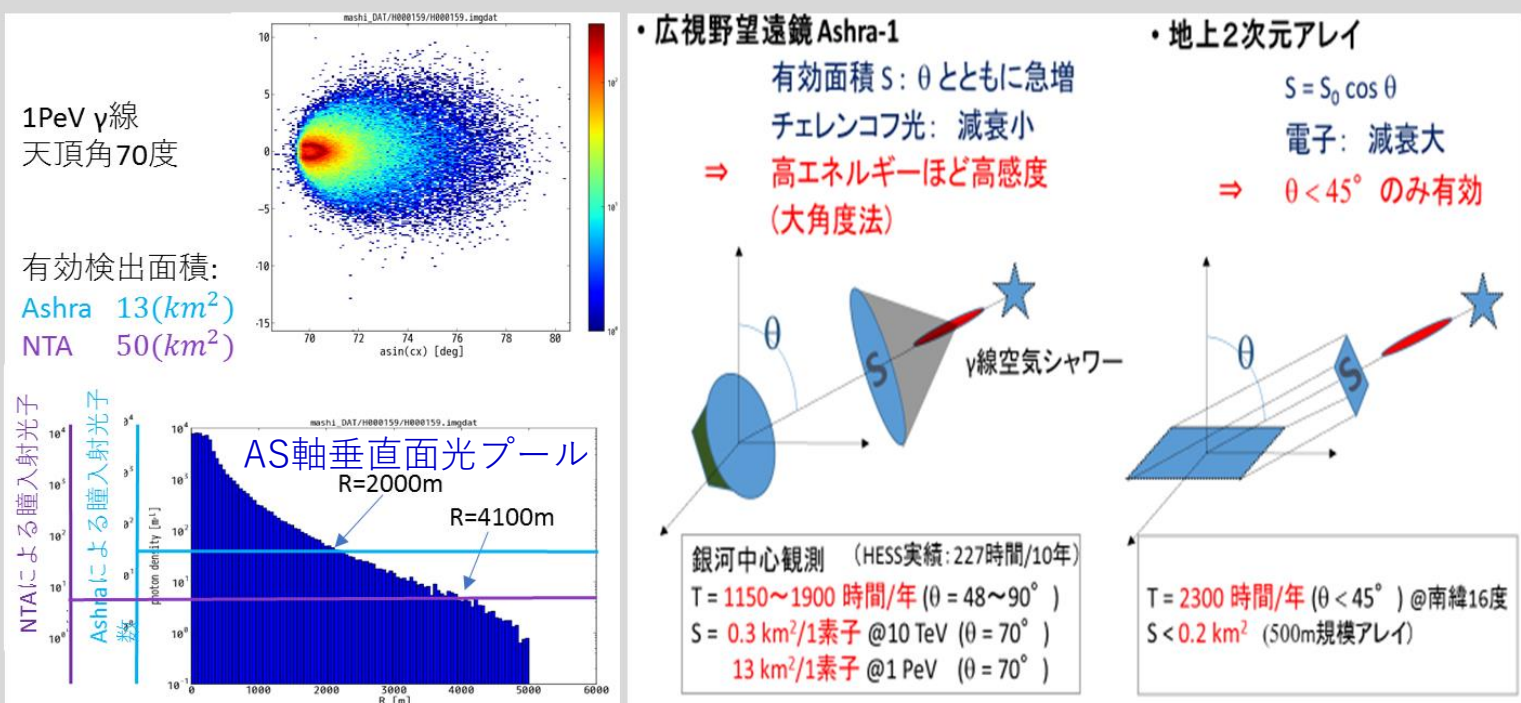
物理対費用効率大



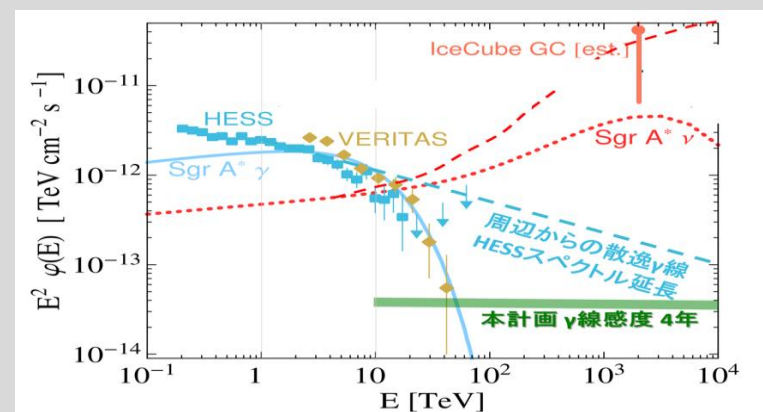
NTA試運転期：地球かすりタウシャワー撮像を含む多粒子観測の実現

Ashra-1ガンマ線監視と連動： より確実に多様な宇宙物理の検定

Ashra-1銀河中心領域ガンマ線撮像監視の地上2次元アレイへの優位性



Ashra-1、NTA(帯)と500m規模地上アレイ(破線)有効検出面積比較、HESSの銀河中心スペクトルから100時間に1例検出の要求(点破線)。

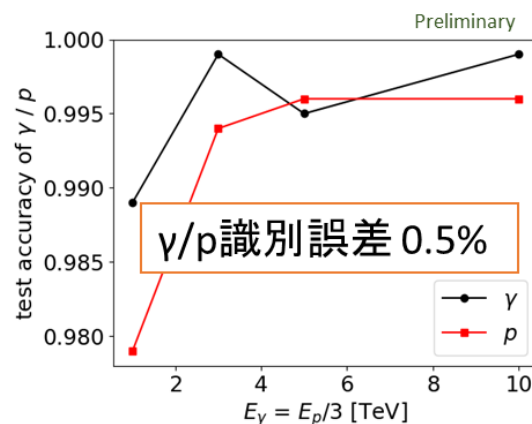
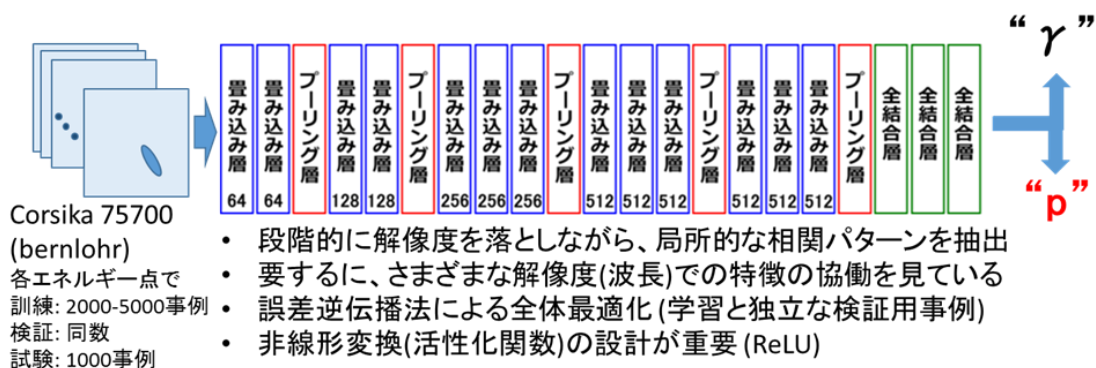


VERITAS、HESS Sgr A* γ 線流束(誤差棒)、周囲から延長(破線)、IceCube ν (誤差棒)、モデル (実線、点線)、本観測4年での探査下限 (太線)。

深層学習による散逸領域探査のガンマ線有為度の向上 (佐々木 JPS2017A) 拡散ガンマ線放出へのプローブ

Fermiバブル、中心領域(バルジ)、面成分(リッジ)、重暗黒物質崩壊
 銀河面には約1200個の超新星残骸と約20個の極超新星、等
 点源との角度相関と違った強力なガンマ線/核子弁別能力必要

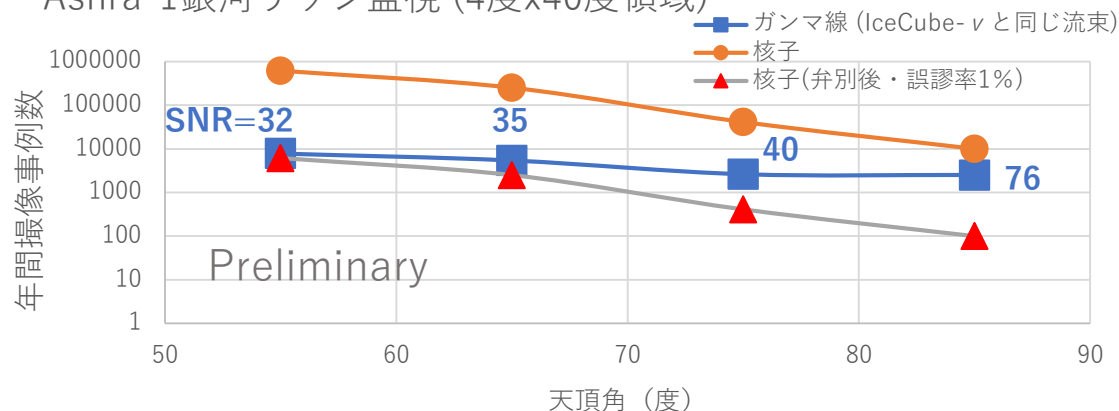
深層学習(DL)畳込みニューラルネット(CNN) VGG-16転移学習



決定木法で1TeV γ 線の効率54%に対し核子を0.7%に低減できるという報告もある
 (J. R. Gonzáles, 2017, tesis.pucp.edu.pe)

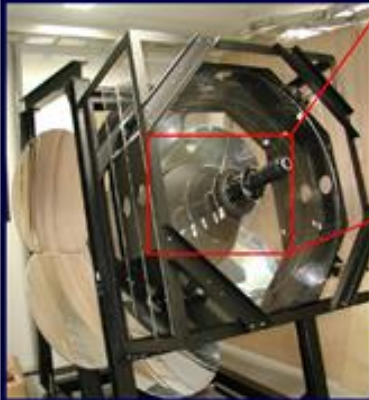
保守的な誤謬率 1 % でも
 銀河面リッジ(4度 x 40度)
 拡散ガンマ線流束が決まる

Ashra-1銀河リッジ監視 (4度x40度領域)




Ashra-1主要装置

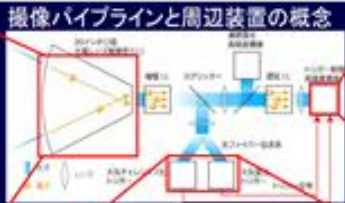
20インチ撮像管: 量産に向けた改善 歩留まり、真空封止、ゲイン一様安定化
2013年より第4観測期の準備整い待機状態




Ashra-1 集光器光学系
3枚の補正レンズ(有効径1.2m)を通過した光は7分割反射鏡でII(イメージンシファイア)に集光




**20インチ
イメージンシファイア**
光電子増倍管と異なり、位置情報を保ったまま輝度増幅+画像収縮。
光電面が青く見えているのは、波長300-400nmのバンドパスフィルターを蒸着しているため。紫外領域の感度が向上している。




撮像パイプラインと周辺装置の概念




トリガセンサ回路
超高エネルギー素粒子観測では、いつシャッターを切るかを自動的に判断する仕組みが必要。大気チェレンコフや大気蛍光のみデータ画像を取得する高速撮像、判断、結果の配布。



**CMOSセンサ回路
(4.2Mpxl)**
トリガー信号を受信し、
精細な画像を撮影する。



FOP 伝送光学系



カスタム CMOS センサ

Ashra-1 集光器とトリガー 読出しシステムの構成

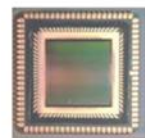
地球かすりタウシャワー蛍光撮像に向けた試運転実証
銀河中心領域ガンマ線チェレンコフ撮像観測と同時に実施予定
(第4観測期の目的の一部)

Ashra-1/NTA蛍光撮像の実証にむけて



双眼の試験器

双眼の試験集光器@明野観測所



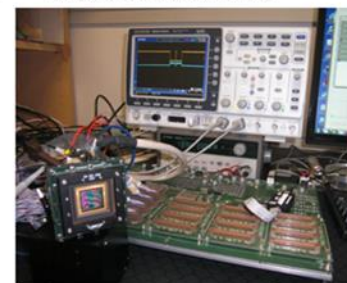
Ashra
ファインセンサー

2048x2048pix
精細な画像が撮
れている

Ashraファインセンサー(撮像素子)試験

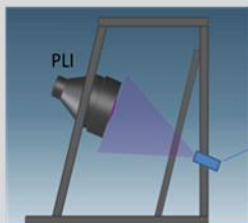


マクロセル毎に露光
読み出しされた画像



部分露光読み出しカスタム精細CMOSセンサ試験の様子

LED Flasher for Gain Calibration

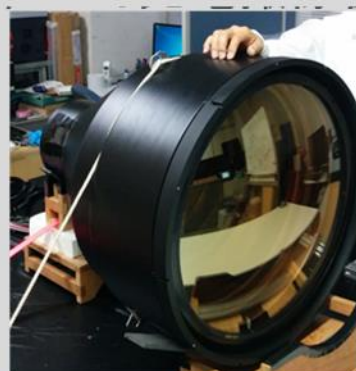


PLI+PIP Trigger Readout can be calibrated
even during Physics Run (e.g. 0.01Hz)



Uniform and wide ($\pm 20^\circ$)

較正用広角一様等方LED投光器



改良20吋撮像管

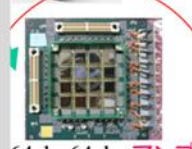
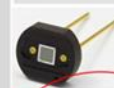


トリガーセンサーの候補

MAPMT 3個

or

SiPM 736個



64chx64ch アンブ
閾値選択LSI回路



トリガーロジック回路
大気蛍光を追加したロジックに変更し
ハワイで使用中の物を使う

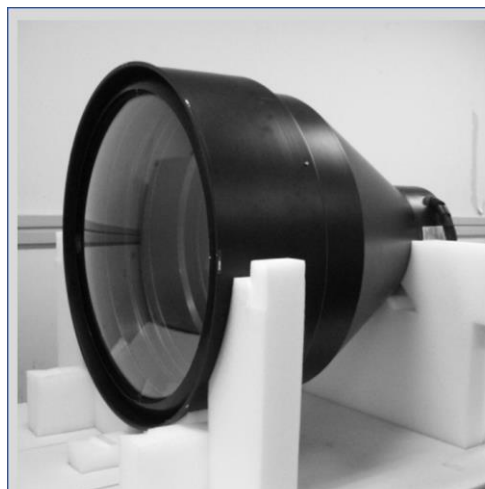
Si-PMトリガー判定装置

光電レンズ撮像管

出力FOP凹面形状
と成膜技術の改善

輝度一様性と
解像度の若干劣化
妥協

それでも $\sim 0.05^\circ$
の解像度確保

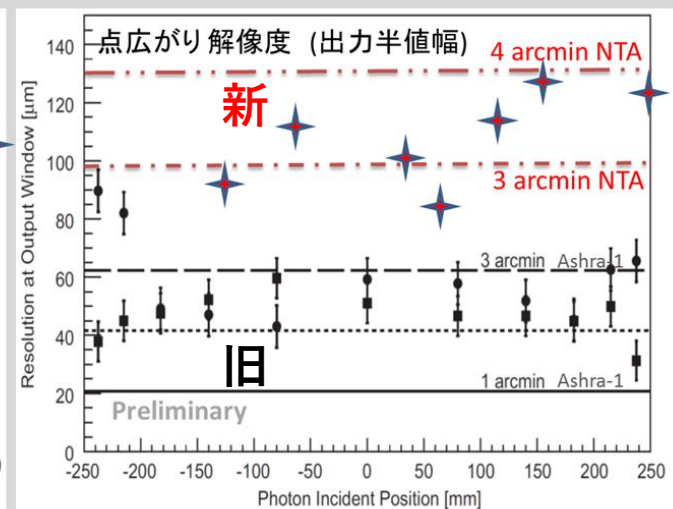
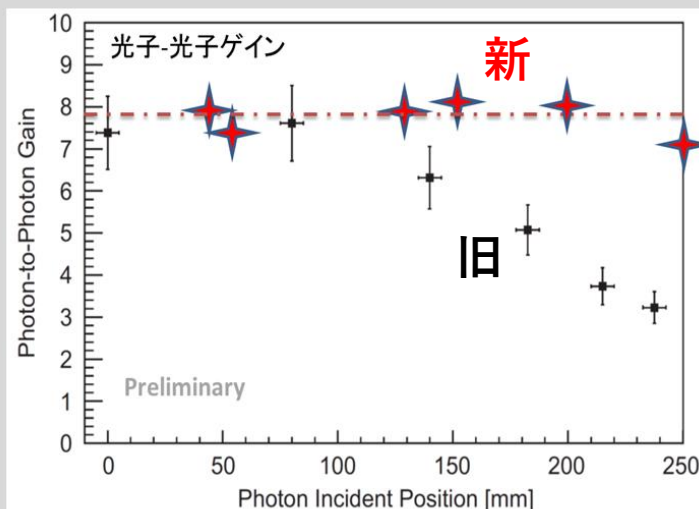
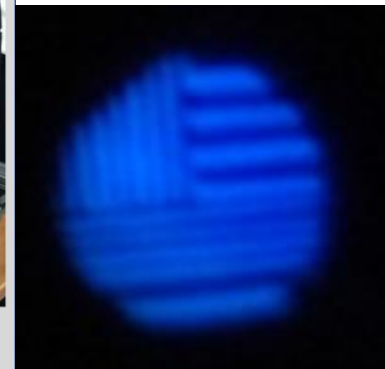


旧型T社製20インチPLI; NIM A647, 34 (2011).

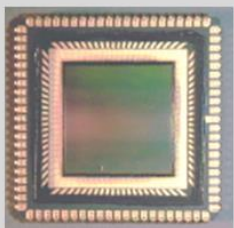


改良H社製20インチPLI

改良PLI-撮像
0.5 LP/mm @ 入力面

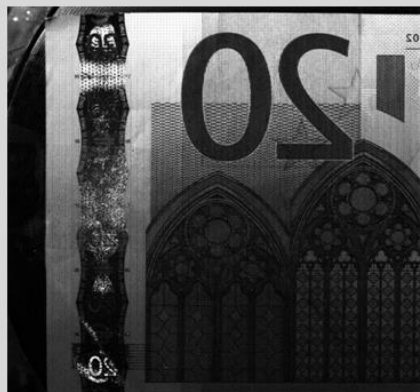


Ashraファインセンサー（撮像素子）試験

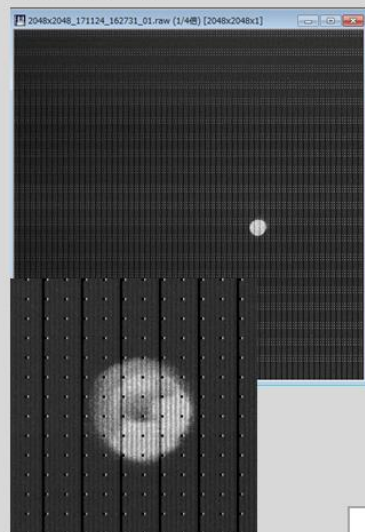
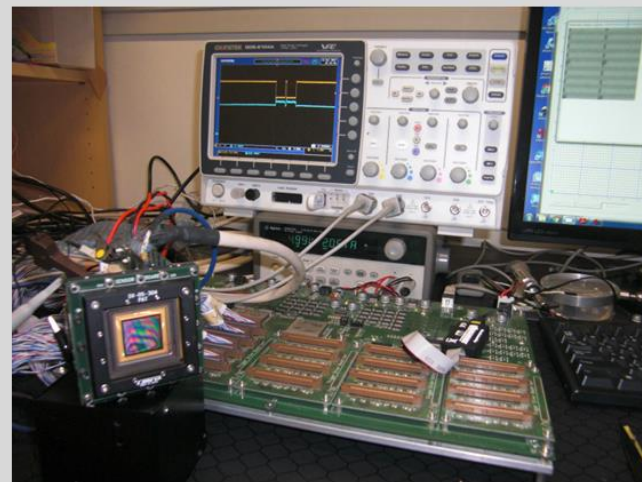


Ashra
ファインセンサー

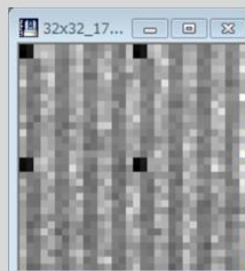
2048x2048pix
精細な画像が撮
れている



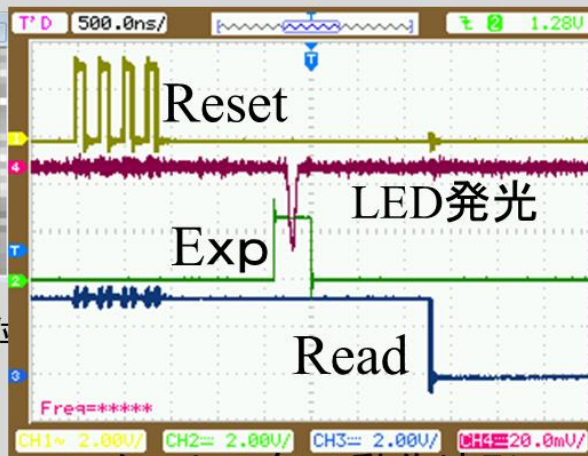
マクロセル毎に露光
読み出しされた画像



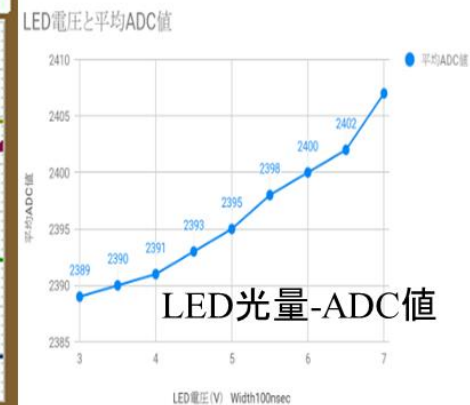
LED試験時の像



露光読み出し単位
32x32pix
マクロセル

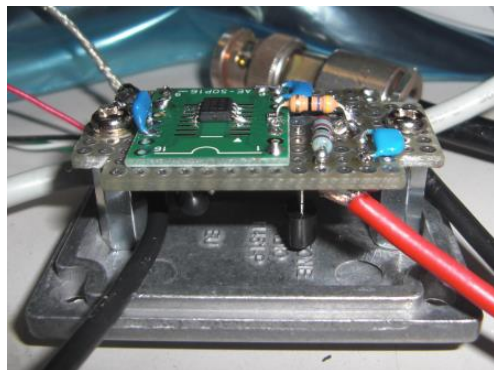
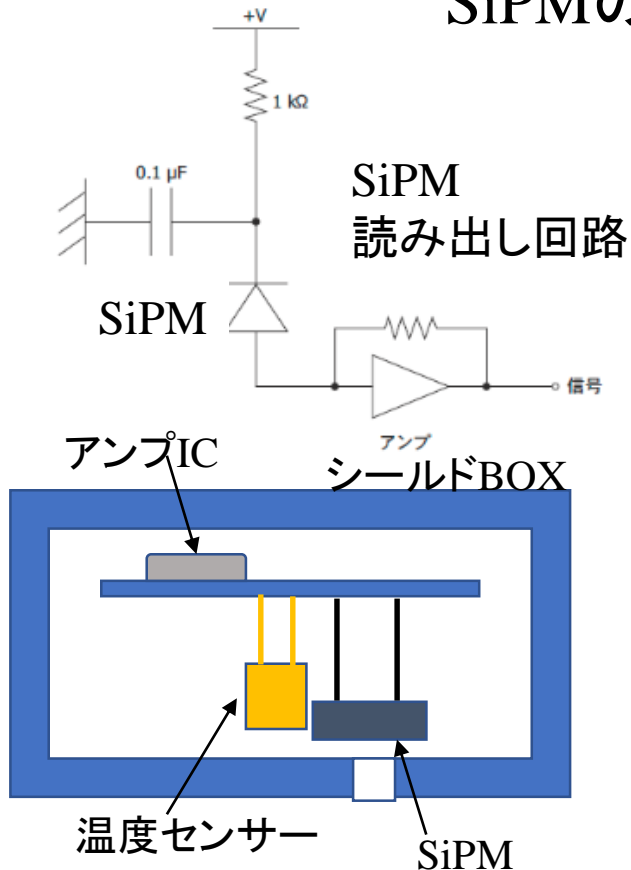


マクロセル毎の動作波形

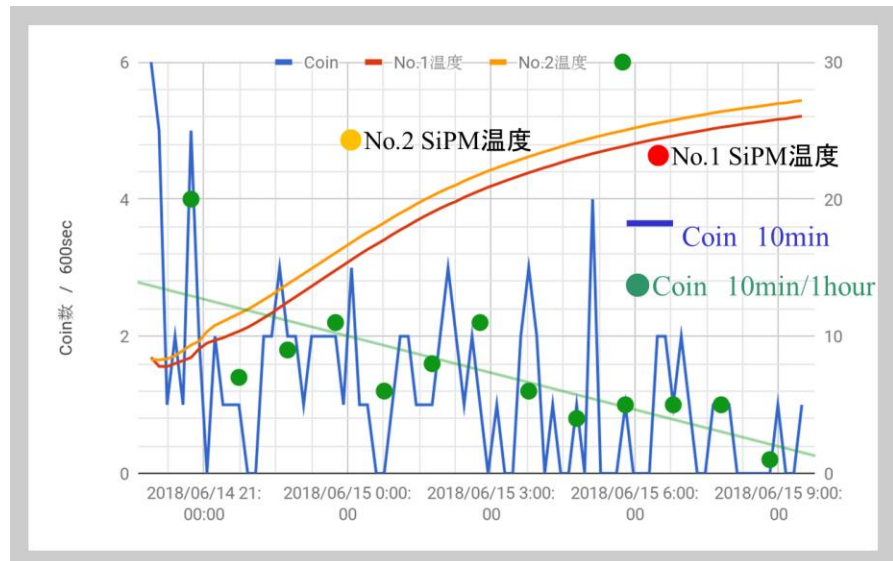
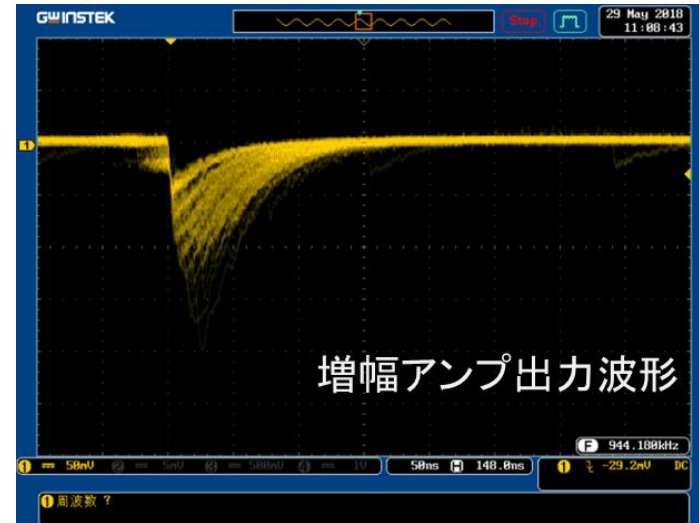


大気蛍光撮像に有益な、マクロセル単位での部分露光部分読み出しが出来る事を確認した

SiPMのダークカウントレート測定



SiPM読み出し回路写真



Ashra-1集光器あたり736トリガー画素
adj2論理でダークカウント 7~8Hz計測
夜光BGに比べ十分少ない⇒SiPMトリガーに使える

明野観測所トリガー試験実験

トリガー試験セットアップ

レーザー室の射出窓から、
集光器の視野内の狙った方向に
出力3Wのパルスレーザーを
出射し、レーザーによる散乱光を
信号としてとらえる。

集光器内部に設置した
9chのPMTの全視野は 7.6°

レーザー室内

集光器の仰角 27°



超高エネルギー素粒子天文研究 VHEPA2019

The 10th International workshop on Very High Energy
Particle Astronomy

(VHEPA2019)



Illustration credit: IceCube/NASA

超高エネルギー素粒子天文研究会(VHEPA)は、「**高エネルギー宇宙の総合的理解**」を目的にしています。これまで、柏、ホノルル、ヒロ、台北の各地で開催し、今回で10回目となります。宇宙線物理とその近隣分野における第一線の碩学から現況に敏感な若手に至る、国際的に優れた研究者を精力的に招待し、「超高エネルギー素粒子観測」の根底にあるべき宇宙像と物理の基本法則の解明の展望を念頭におきつつ、広範かつ深く掘り下げた追求と共有に努力してきました。今回の超高エネルギー素粒子天文研究会(VHEPA2019)に於いても「**マルチメッセンジャー時代におけるPeV-EeV素粒子宇宙物理**」に焦点をあて、2019年2月18日から20日の期間、**宇宙線研究所6階大セミナー室**にて催す予定です。



NTA 観測に向けて **Obs.04 → NTA**



NTA

予算請求

建設/部分的観測

完全観測

国際共同観測拠点

6+4素子 銀河面 $\gamma + \nu$ サベイ

6素子 銀河面 γ サベイ

トリガー全視野化

Obs.04

実地試験観測/ 多粒子観測/ 自動化・データ流・解析技法の確立

Ashra-1

国際実証開発拠点

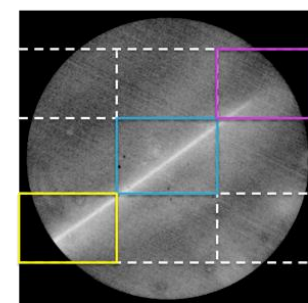
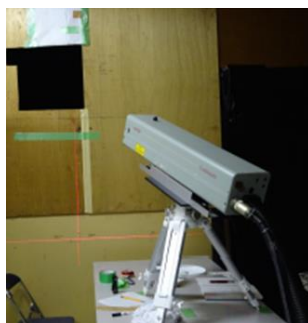
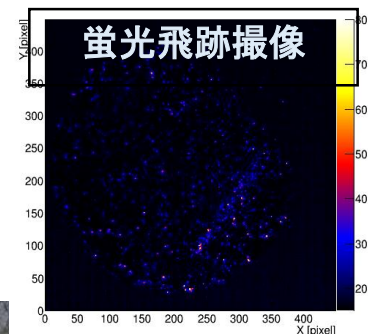
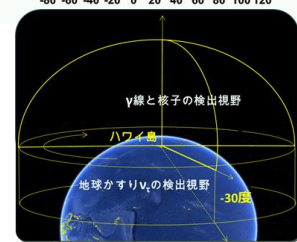
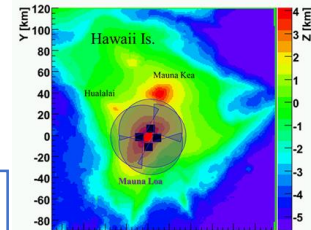
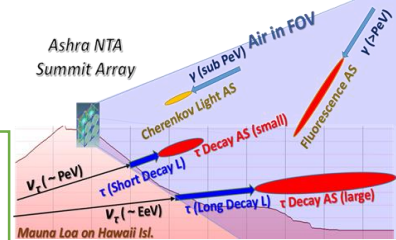
Akeno

アセンブリ/統合化/レーザー観測/長期安定性・試験

国内開発拠点

国内外のラボ

要素開発・試験



トリガー撮像を行った画像