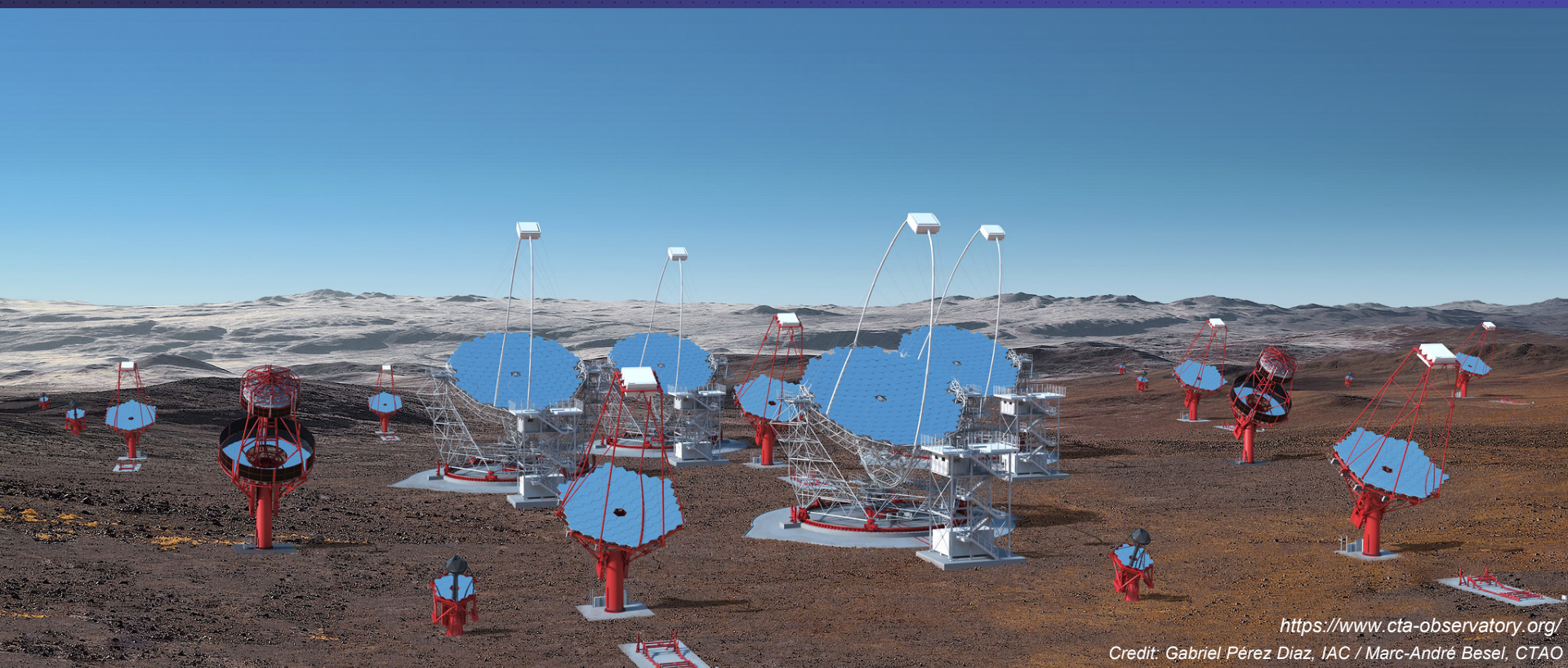


CTA報告172：全体報告

窪 秀利 (京大理) 他CTA Consortium



<https://www.cta-observatory.org/>

Credit: Gabriel Pérez Díaz, IAC / Marc-André Besel, CTAO

31か国
>1500名



CTA-Japan 134名
(本講演著者)

東大
宇宙線研

浅野勝晃, 阿部正太郎, 阿部日向, 栗井恭輔, 石尾一馬, 稲田知大, 猪目祐介, 岩村由樹, 大石理子, Ellis R. Owen, 大岡秀行, 大谷恵生, 岡崎奈緒, 加賀谷美佳, Emil Khalikov, Xiaohong Cui, 小林志鳳, Albert K. H. Kong, 齋藤隆之, 櫻井駿介, 佐野栄俊, 澤田真理, Timur Dzhatdov, 須田祐介, Marcel Strzys, 高田順平, 高橋満里, 高橋光成, 武石隆治, Thomas P. H. Tam, K. S. Cheng, 千川道幸, Wenwu Tian, 手嶋政廣, 野田浩司, 野村亮介, バクスター・ジョシュア・稜, 橋山和明, 林克洋, Daniela Hadasch, 廣島渚, 広谷幸一, David C. Y. Hui, 深見哲志, 藤田裕, levgen Vovk, Pratik Majumdar, Daniel Mazin, 村瀬孔大, 吉越貴紀

東大理
東北大
徳島大
名大理
名大ISEE

大平豊, 鈴木寛大, 戸谷友則, 中山和則, 馬場彩, 當真賢二, 林航平, 折戸玲子, 井上剛志, 立原研悟, 早川貴敬, 福井康雄, 山根悠望子, 山本宏昭, 奥村暁, 黒田裕介, Anatolii Zenin, 田島宏康, 芳賀純也, 藤川由衣, 若園佳緒里

広大先理工 今澤遼, 木坂将大, 高橋弘充, 深沢泰司

広大宇宙科学センター 水野恒史

宮崎大 森浩二

山形大 郡司修一, 門叶冬樹, 中森健之

山梨学院大 内藤統也, 原敏

理研 井上進, Donald Warren, 榊直人, Maxim Barkov, Gilles Ferrand, Haoning He, 長瀧重博

立教大 内山泰伸, 林田将明

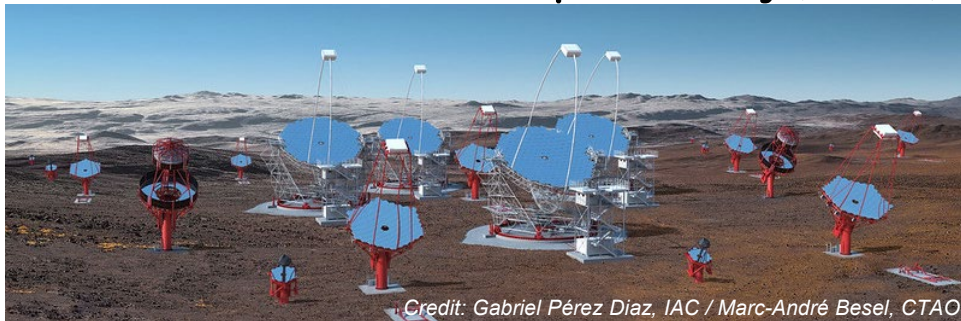
早稲田大 片岡淳

青山大 佐藤優理, 柴田徹, 田中周太, 山崎了, 吉田篤正
茨城大 小原光太郎, 片桐秀明, 野上優人, 柳田昭平, 吉田龍生
大阪大 井上芳幸, 松本浩典
北里大 村石浩
京大基研 井岡邦仁, 石崎涉
京大理 岡知彦, 川中宣太, 窪秀利, 田中孝明, 鶴剛, 寺内健太, 野崎誠也, ユ・ソクヒョン, 李兆衡
熊本大 高橋慶太郎
KEK素核研 郡和範, 田中真伸
甲南大 川島翔太郎, 川村孔明, 塚本友祐, 山本常夏
埼玉大 勝田哲, 佐々木寅旭, 砂田裕志, 立石大, 寺田幸功
東海大 櫛田淳子, 佐々木陽香, 生天目康之, 西嶋恭司, 原田善規, 平松明秀

CTAの性能、狙うサイエンス



Cherenkov Telescope Array (CTA)



従来の望遠鏡より

◆一桁高い感度

短時間4-5桁高い感度(対Fermi-LAT)

◆一桁広い帯域(20 GeV-300 TeV)

◆角度分解能~2倍(2分角@10TeV)



➤ 検出天体 229個(現在)

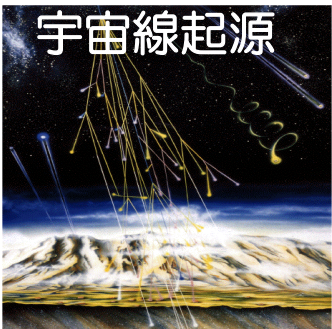
TeVCatカタログ

⇒ 1000個以上

➤ 最遠方 $z=1.1$ (GRB201216C)

⇒ $z \sim 4$

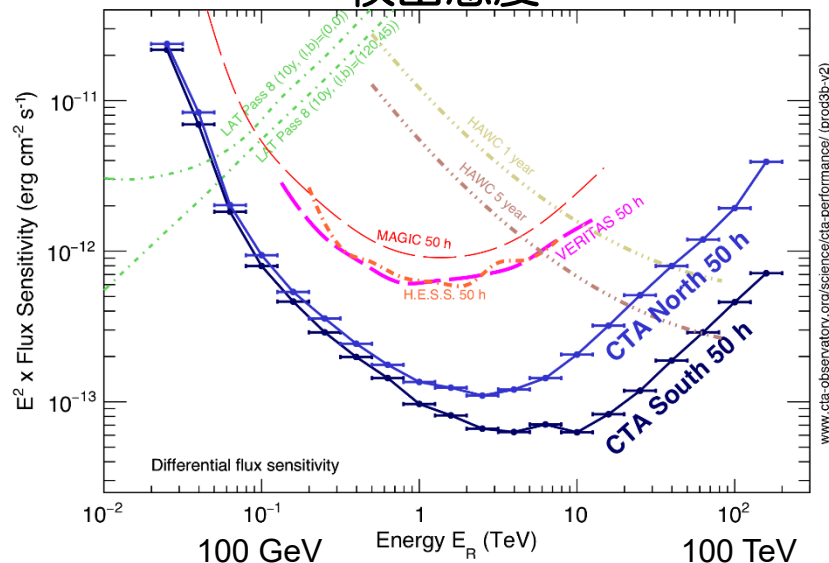
宇宙線起源



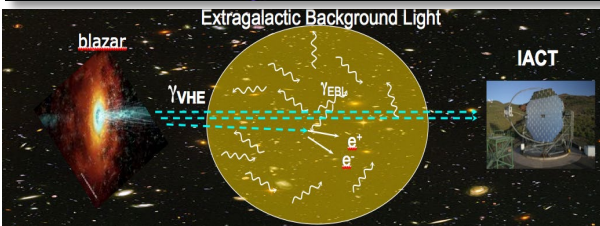
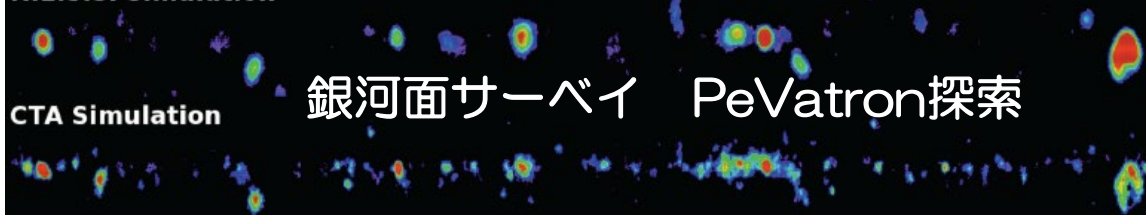
ブラックホール
物理・ジェット
形成



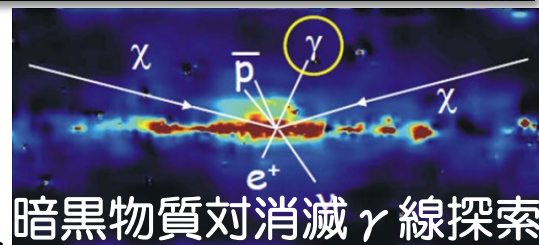
検出感度



H.E.S.S. Simulation



赤外・可視背景放射→宇宙の星形成史



ローレンツ不変性検証

• 特集号 Astroparticle Physics, 43 (2013) 1-356

• Key Science Project(開始10年の4割)検討書 arXiv:1709.07997

LST × (北4+南4)
23 m口径
20 GeV - 3 TeV
FOV=4.5°

MST × (北15+南25)
11.5 m/9.7 m口径
80 GeV - 50 TeV
FOV=7.5~7.7°

2016年~北サイト建設
2021年~南サイト建設
2024年~北アレイ観測
2026年~南アレイ観測
運用期間 >20年間

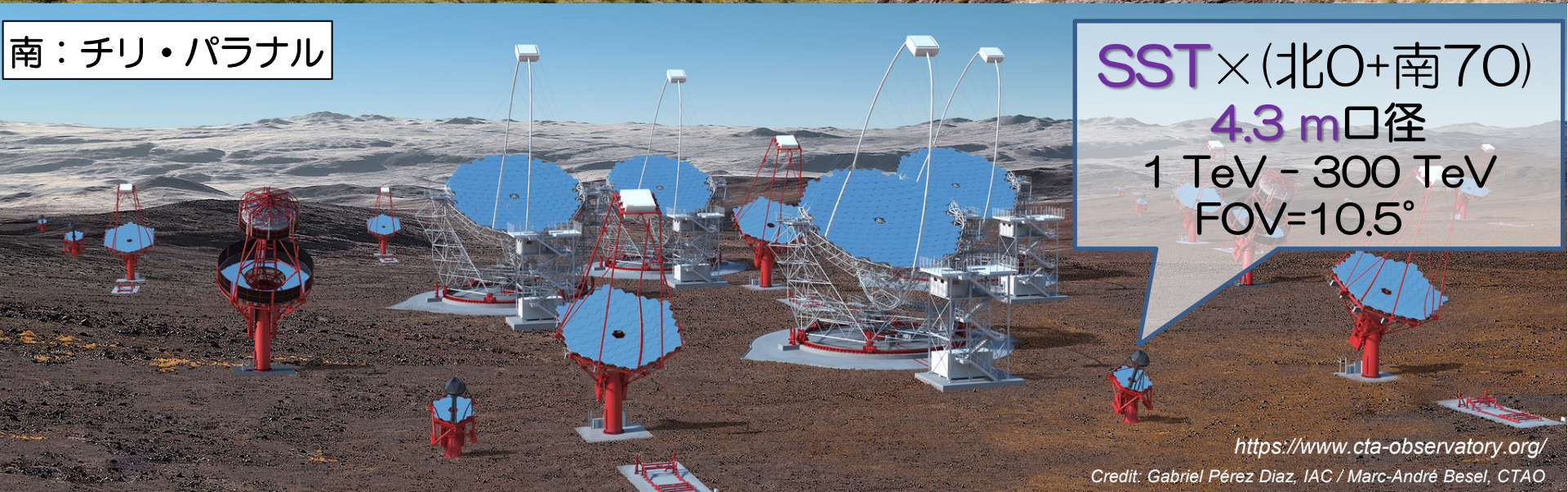
完成予想図

北：スペイン・ラパルマ島



MAGIC望遠鏡

南：チリ・パラナル



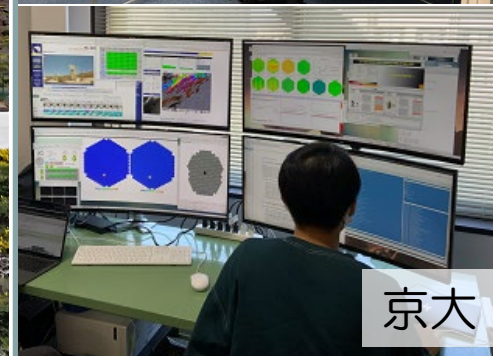
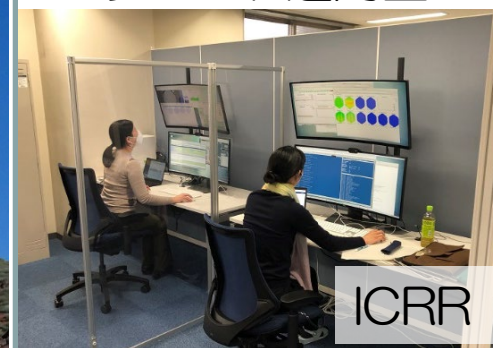
SST × (北0+南70)
4.3 m口径
1 TeV - 300 TeV
FOV=10.5°

大口径望遠鏡(LST)初号機@スペイン・ラパルマ島

ロケ・ムチャチョス 天文台(ORM) @2200m



リモート運用室



+フランス, スペイン,
クロアチア, 広島大(予定)

- 試験運転 2018年10月～
安定観測中 (COVID-19の影響で昨年3-6月、観測中止)
- 現地+リモートで運用 今年1月～
日本グループは、現地の後半夜(日本の昼間)に、ICRRまたは京大からリモート運用
- 北サイト全体の観測データ記録・解析+望遠鏡制御用サーバ・ディスク管理 
- 望遠鏡高速駆動用フライホイール大電力供給装置管理 

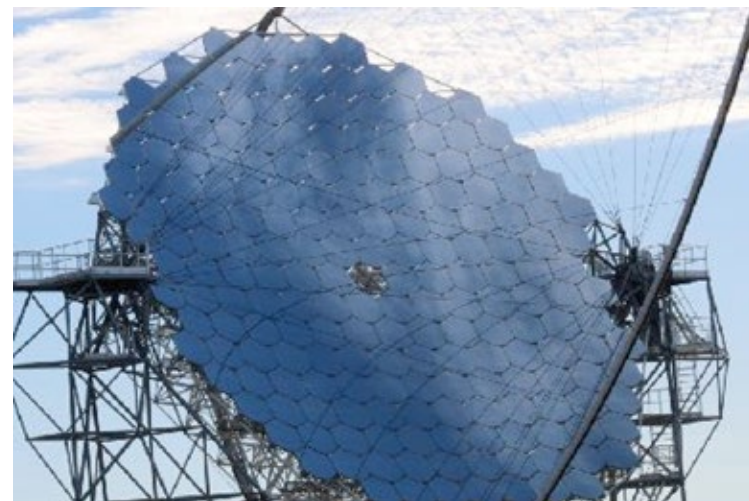
LST1 較正一光学系・駆動系

➤ 光学系 [深見講演(CTA報告176)]

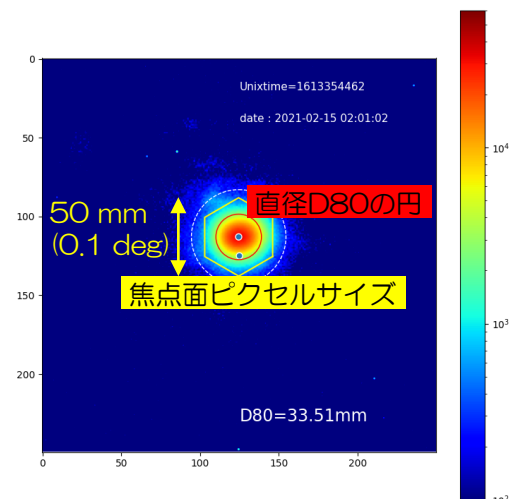
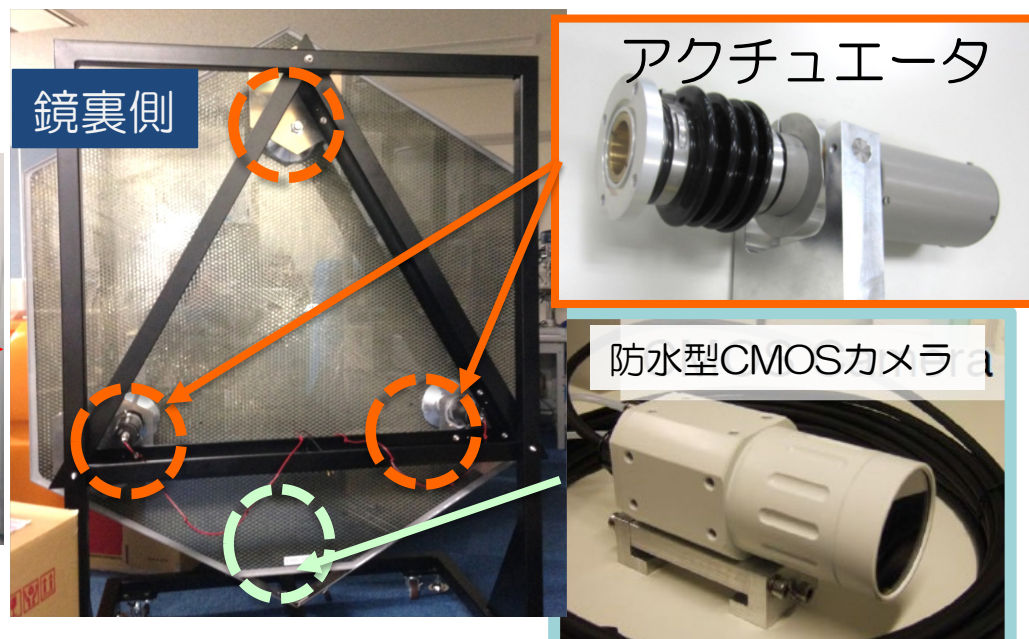
- スポットサイズ<1PMTサイズ(0.1度)に調整
- 天頂角に応じた鏡方向調整
- 今後：鏡ごとのCMOSカメラによる微調整

➤ 駆動系

- 追尾精度一星像を用いて <10秒角を達成
- 突発天体対応 180度/20秒 高速回転確認済



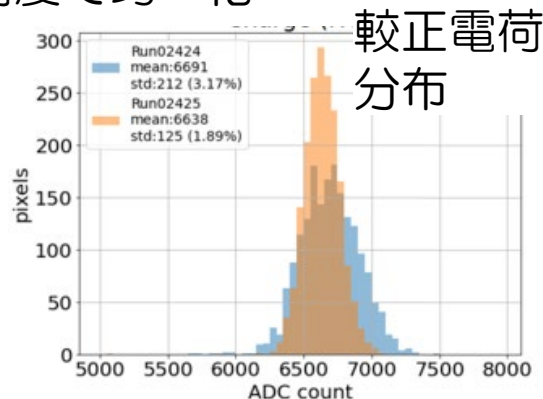
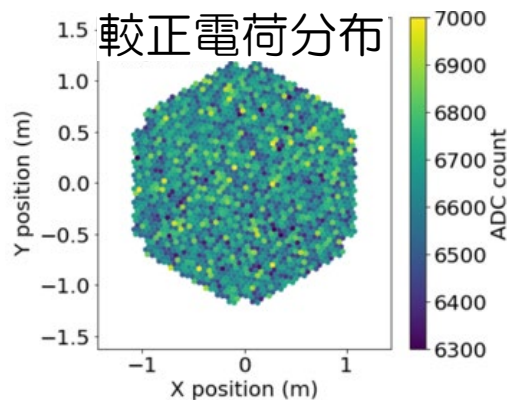
分割鏡 
198枚



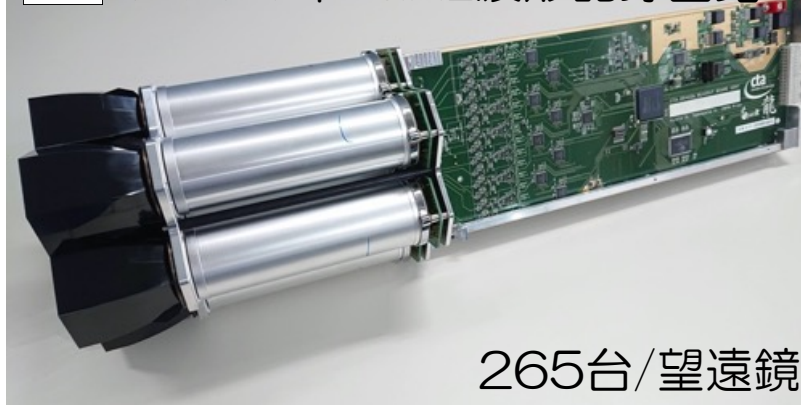
調整済み鏡のスポット

LST1 較正—カメラ較正・DAQ

- PMTゲイン：**2%**の精度で均一化



- PMT 7本+GHz波形記録回路

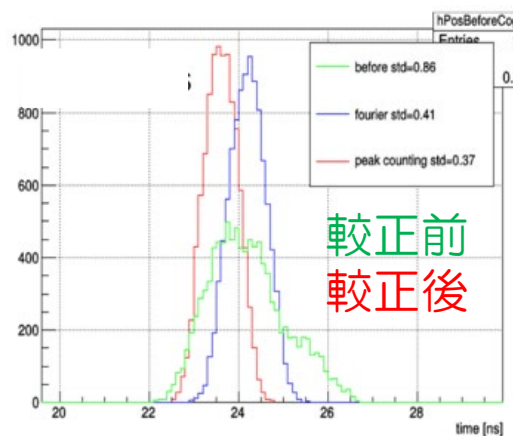


265台/望遠鏡

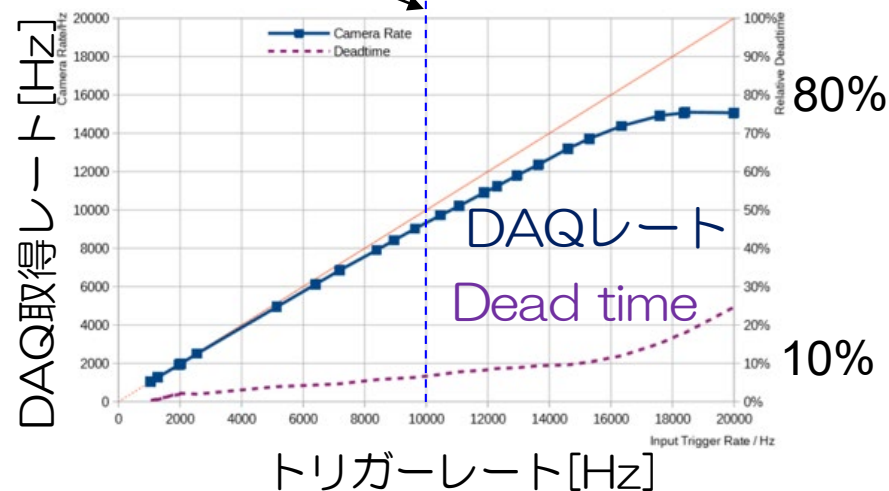
- 電荷較正の安定性、地磁気の影響
[小林講演(CTA報告177)]

- 各ピクセルのタイミング：**0.4ns**の精度で較正

較正用
パルス時刻分布



- データ収集システム  
10 kHz トリガーレートに対し、
7.5 % のdead time



- ピクセル毎のトリガー設定調整中 

- かに星雲

[野崎講演(CTA報告173)]

公開版では図を削除

- かにパルサー

[岩村講演(CTA報告178)]

公開版では図を削除

➤ LST1検出感度算出 [野崎講演]

➤ MAGIC・Fermi-LATとの比較 [岩村講演]
[高橋講演(CTA報告175)]

- 活動銀河核 Blazar

明るい天体/フレアのフォローアップ観測・検出

Mrk 421 ($z=0.031$) [$22\sigma/1h$], Mrk 501 ($z=0.034$) [$5.5\sigma/1.6h$],
1ES1959+650 ($z=0.048$) [$14\sigma/4h$],

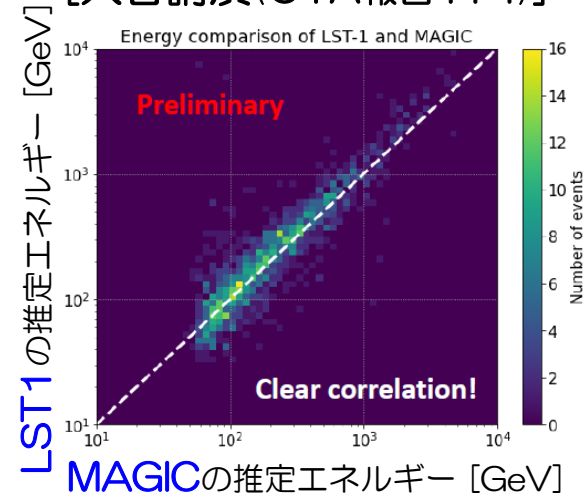
1ES 0647+250 ($z>0.29$; Paiano et al., 2017)

昨年12/13 X線フレア Swift衛星⇒12/14 Atel#14264

12/15,18-20 { MAGIC: 12/15 9%Crab (Atel#14268)
LST1: 7.6σ [野崎講演]

- 大気シャワーの時間発展情報を用いた深層学習技術によるガンマ線解析手法の開発 [阿部講演(CTA報告179)]

- LST1とMAGICの
共同観測・相互較正
[大谷講演(CTA報告174)]



- GRB、 ν フォローアップ
未検出

- フォローアップ観測
体制強化

当日の観測予定変更せず
⇒(今後) 観測中でも、
アラート対応し観測予定変更
(コミショニング作業状況も考慮し、
担当チームが判断)

- 昨年6月：LSTのCritical Design Review (CDR: 要求仕様を満たしているかどうかの審査) 合格 (LST/MST/SSTで初)
 - ⇒日本・スペイン・ドイツ以外の国も2-4号機の予算化進む(9割以上)
- 各国での製作進行中、2-4号機建設許可申請中⇒今年建設開始(予定)

日本担当分

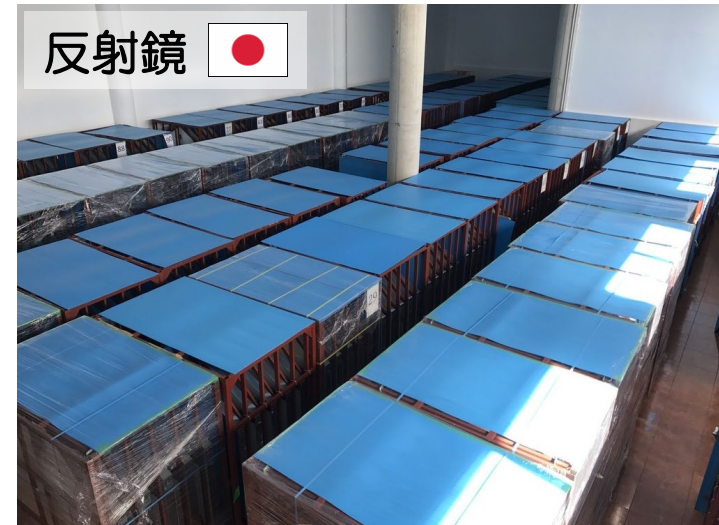
□ カメラモジュール

- 約600台の性能評価完了(昨年度)
 - ⇒今年度に残り400台をテネリフェ島(ラパルマ島の隣)で作業する予定
 - ⇒COVID-19の影響で来年度に延期



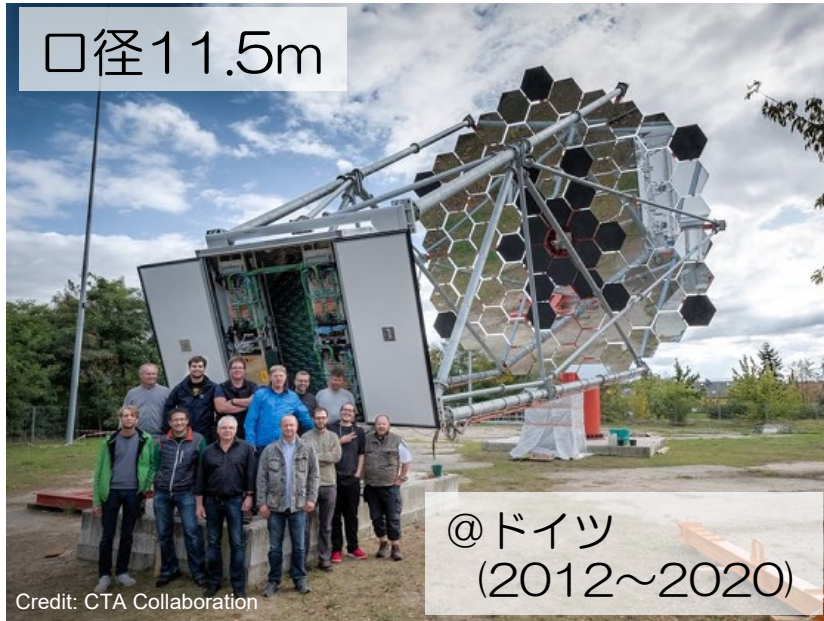
□ 反射鏡・調整機構

- 計1000枚の鏡、制御用電源配電盤、PC類はすべてラパルマ島に送付済
- LST2-4の鏡配置を検討・決定
- アクチュエータ：LST2-4で担当機関がドイツMPIに変更。情報共有完了。

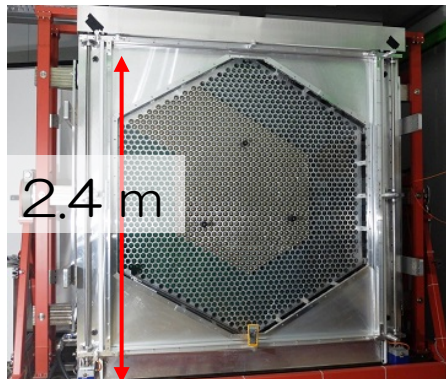


中口径望遠鏡(MST)プロトタイプ

- Davies-Cotton型 MST(欧州)



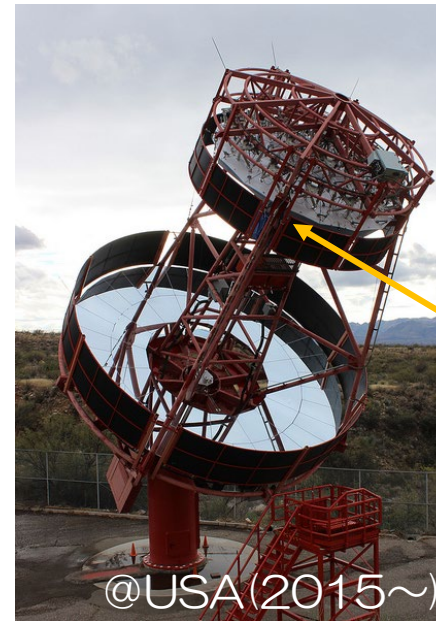
カメラ PMT~1800本



- 読出回路2種類
(1つはHESS-IIIに
搭載し試験観測)
- 北サイトへ1台
輸送 一来年Q2
⇒MST初号機建設

- SiPM化に向けた多層膜蒸着集光器による
夜光低減 [芳賀講演(CTA報告181)]

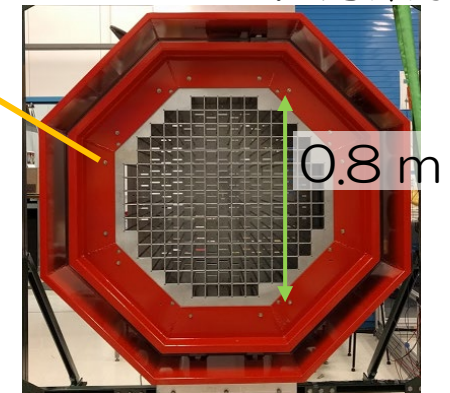
- Schwarzschild-Couder型 SCT



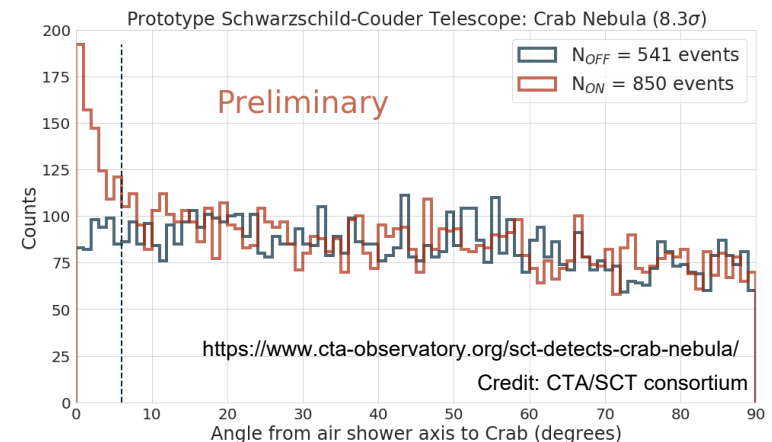
主鏡9.7m+副鏡5.4m

■ カメラ

SiPM~1.1万素子

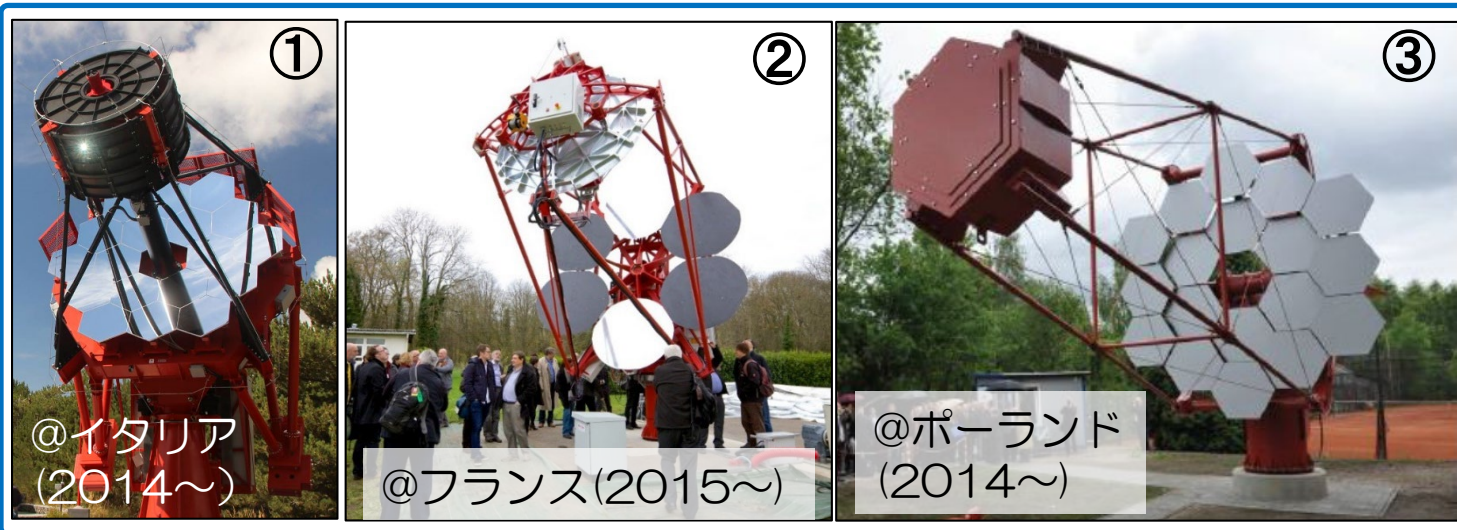


昨年5月 かに星雲を検出 (SiPM1536素子)

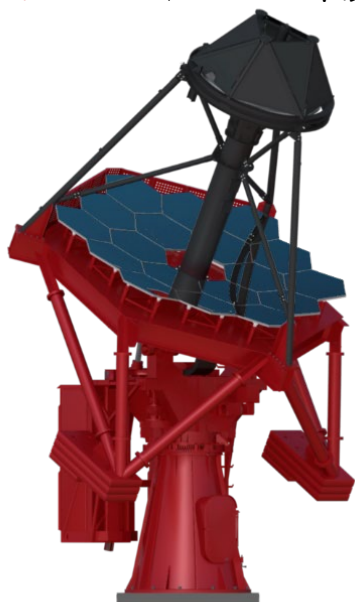


小口径望遠鏡(SST)プロトタイプ

● 3種類のプロトタイプ開発



● 1つへ(2019年決定)



- Schwarzschild-Couder型（主鏡4.3m+副鏡1.8m）①採用
- SiPMカメラ(2048素子) ②採用



- 保護ガラスによるSiPMの光学クロストーク実測とシミュレーション評価
[黒田講演(CTA報告180)]

CTA北サイト建設計画



● 現段階

LST 1号機：運用中

LST 2-4号機+MST 1号機：建設許可申請中



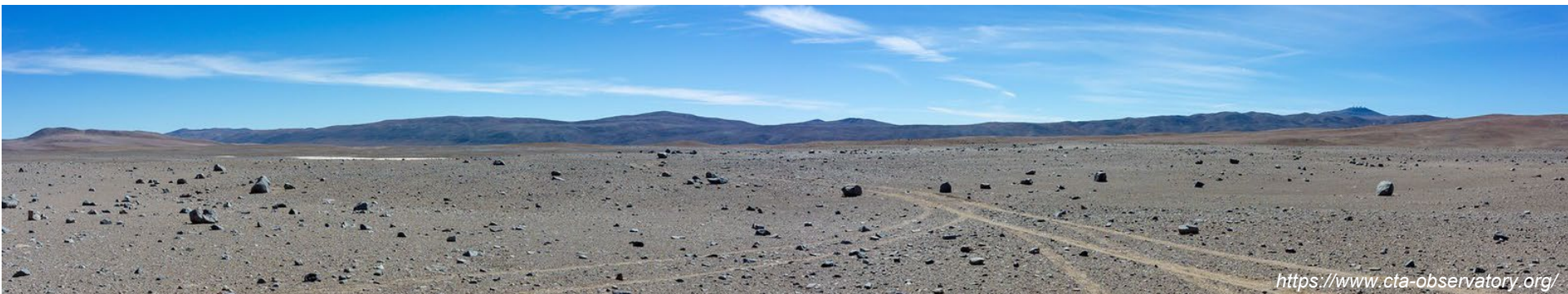
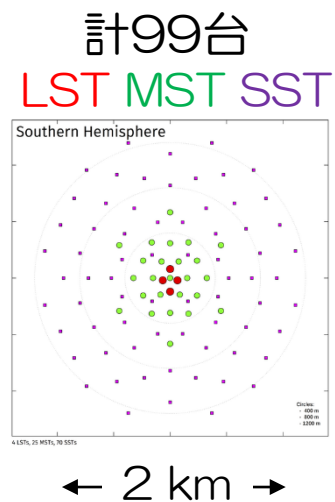
北サイト運用棟(設計中)

● MST 2-5号機 建設 ～2023年



● LST 4台+MST 5台 観測 2024年～

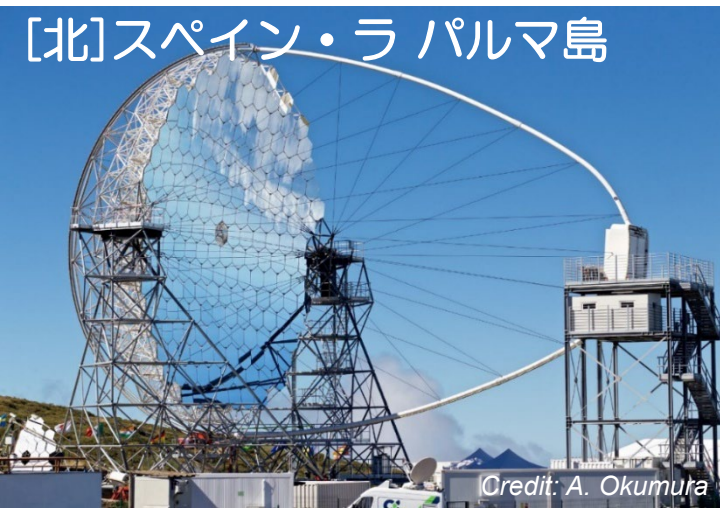
(MST 6号機以降の計画は、
南サイト第1段階の計画とともに検討中)



- 公道からCTAサイトへの道路建設—今年開始予定
⇒インフラ整備⇒望遠鏡建設 2023年～(予算状況により段階的建設)

- 北サイトのCTA大口径望遠鏡LST：光学系開発(分割鏡方向制御調整中)、カメラ開発(較正中)、データ解析他、日本グループが大きく貢献
- LST1 安定観測中(現地+リモート運用開始)
 - ・ かにパルサー、ブレーザー1ES 0647+250($z>0.29$)等の検出に成功
 - ・ フォローアップ観測体制強化
 - ・ LST1とMAGICの共同観測・相互較正進行中
- LSTのCritical Design Review合格
- LST 2-4号機の準備、概ね順調に進行中⇒今年建設開始予定
- 南サイトの中口径MST・小口径SSTカメラ用SiPMの開発にも日本が貢献

[北] スペイン・ラパルマ島



[南] チリ・パラナル

