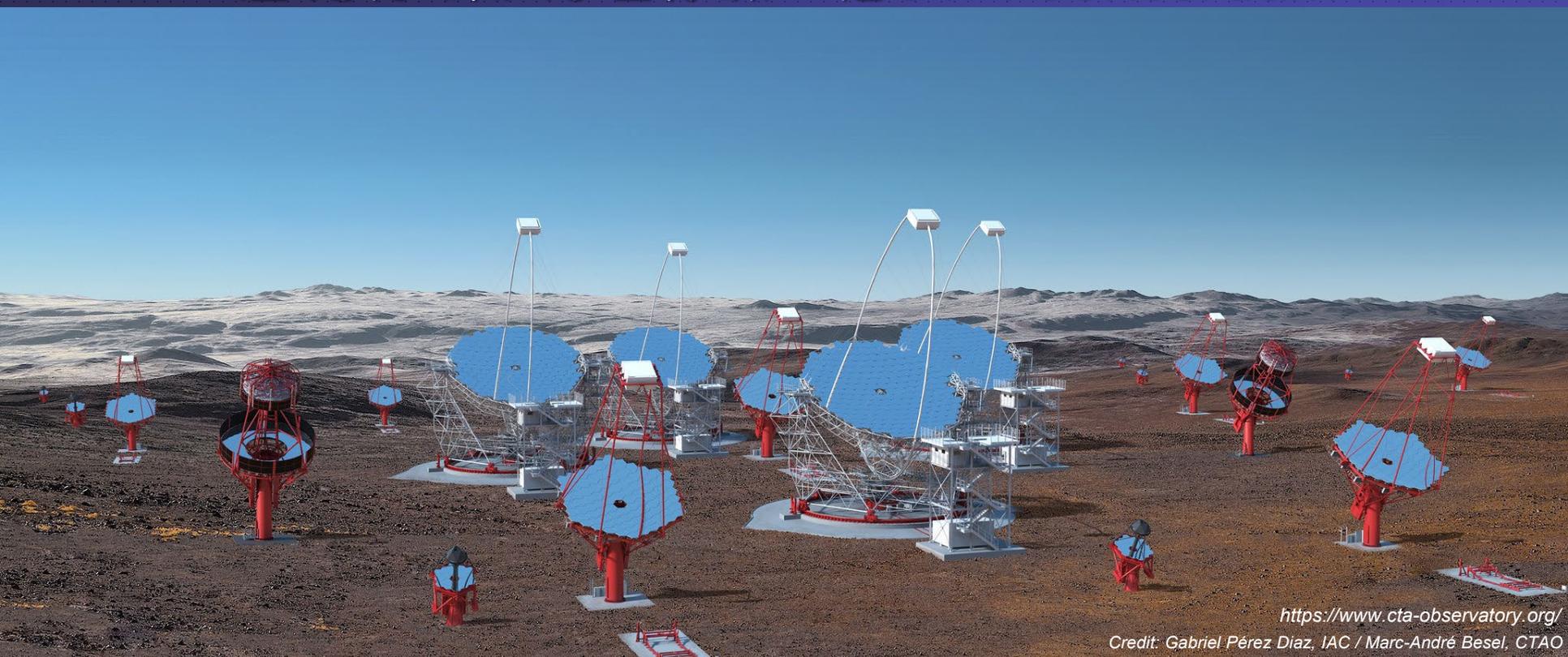


Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画： 全体報告 (23)

窪 秀利 (東大宇宙線研) 他CTA Consortium



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

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

25か国
>1500名



 CTA-Japan 122名

21機関

東大
宇宙線研

浅野勝晃, 阿部正太郎, 栗井恭輔, 稲田知大, 猪目祐介, 笛吹一樹, 大石理子, 大岡秀行, 大谷恵生, 加賀谷美佳, 金森翔太郎, 窪秀利, Emil Khalikov, Xiaohong Cui, 小林志鳳, Albert K. H. Kong, 齋藤隆之, 櫻井駿介, 佐野栄俊, Timur Dzhatdoev, Marcel Strzys, 高田順平, 武石隆治, Thomas P. H. Tam, K. S. Cheng,, Wenwu Tian, 手嶋政廣, 野崎誠也, 野田浩司, バクスター・ジョシュア・稜, 橋山和明, Daniela Hadasch, 林克洋, 林航平, 廣島渚, 広谷幸一, David C. Y. Hui, 深見哲志, 藤田裕, levgen Vovk, Pratik Majumdar, Daniel Mazin, 三輪柁喬, 村瀬孔大, 吉越貴紀

東大理
東北大
徳島大
名大理
名大ISEE
広大先理工
広大宇宙科学センター
宮崎大
山形大
山梨学院大
理研

大平豊, 戸谷友則, 馬場彩
當真賢二
折戸玲子
立原研悟, 早川貴敬, 福井康雄, 山本宏昭
奥村暁, 高橋光成, 田島宏康, バン・ソンヒョン
今澤遼, 榎木大修, 木坂将大, 須田祐介, 高橋弘充, 深沢泰司
水野恒史
森浩二
郡司修一, 坂本貴太, 門叶冬樹, 中森健之
内藤統也, 原敏
井上進, Donald Warren, 榊直人, 澤田真理, 辻直美,

立教大
早稲田大

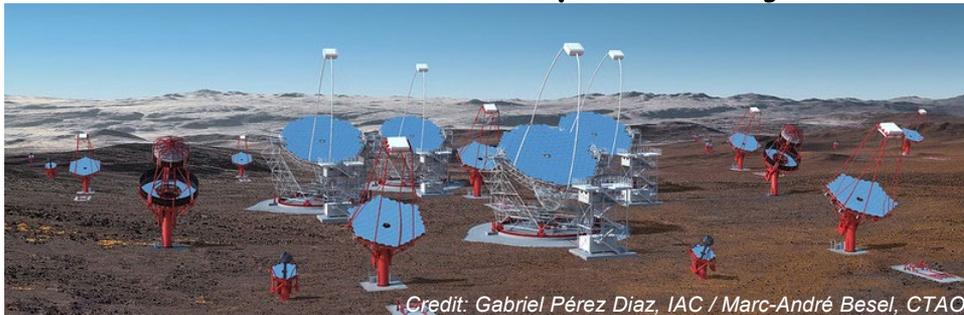
Maxim Barkov, Gilles Ferrand, Haoning He, 長瀧重博
内山泰伸, 林田将明
片岡淳

青山大 大林花織, 佐藤優理, 田中周太, 山崎了, 吉田篤正
茨城大 片桐秀明, 服部勇大, 柳田昭平, 吉田龍生
大阪大 井上芳幸, 松本浩典, Ellis Owen,
北里大 村石浩
京大基研 井岡邦仁, 石崎涉
京大理 岩崎啓, 岡知彦, 川中宣太, 鶴剛, 寺内健太, 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 井上剛志, 鈴木寛大, 田中孝明, 千川道幸, 溝手雅也, 山本常夏
埼玉大 勝田哲, 立石大, 寺田幸功
東海大 阿部和希, 櫛田淳子, 佐々誠司, 高橋菜月, 西嶋恭司

CTAの性能、狙うサイエンス



Cherenkov Telescope Array (CTA)



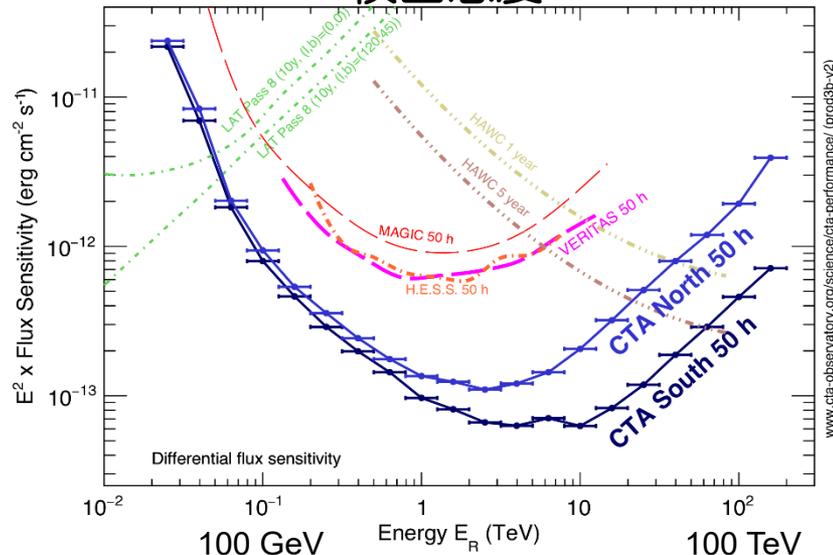
従来のチェレンコフ望遠鏡より

- ◆ **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)



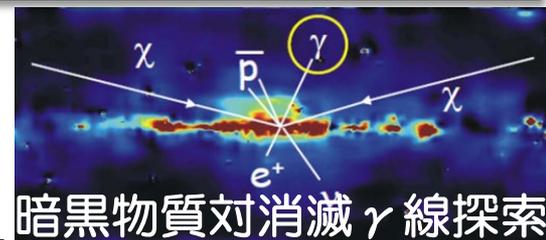
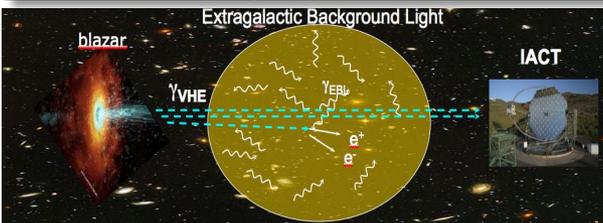
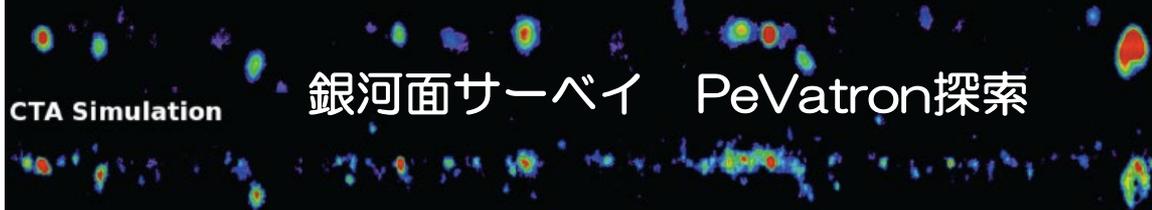
- 検出天体 **252個** (現在)
TeVCatカタログ
⇒ **1000個以上**
- 最遠方 $z=1.1$ (GRB201216C)
⇒ $z \sim 4$

検出感度

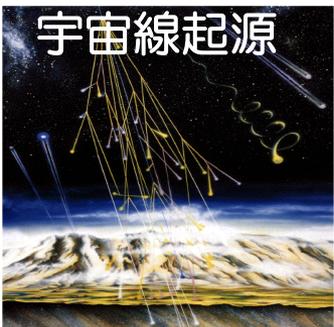


www.cta-observatory.org/science/cta-performance/ (prodbb-v2)

H.E.S.S. Simulation



宇宙線起源



ブラックホール
物理・ジェット
形成



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
2022年~南サイト建設
2028年 北アレイ完成
2028年 南アレイ完成
運用期間 >20年間

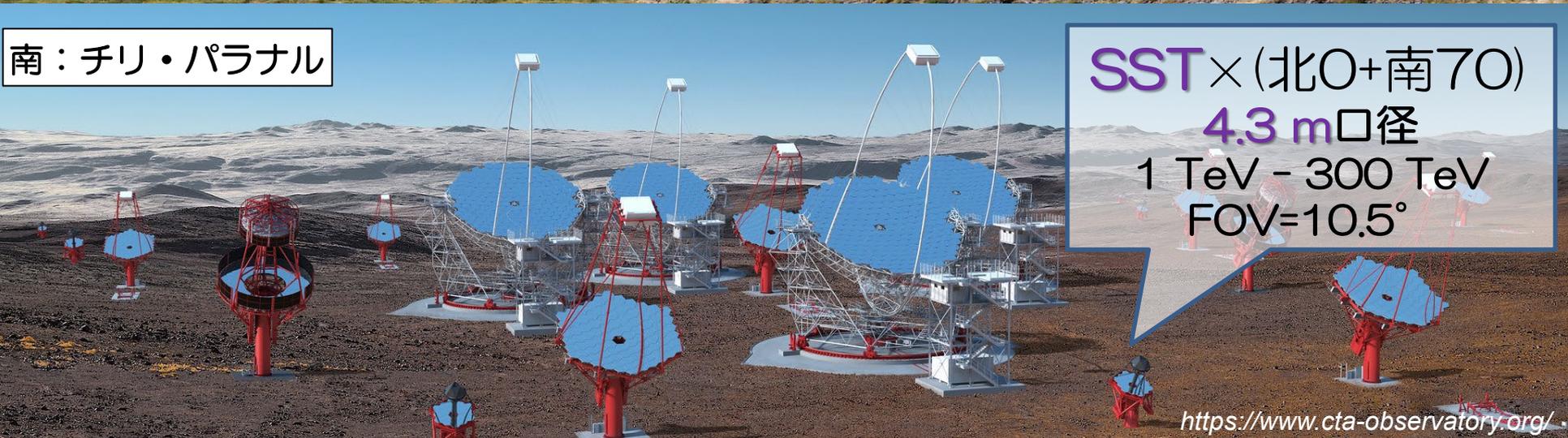
完成予想図

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°

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

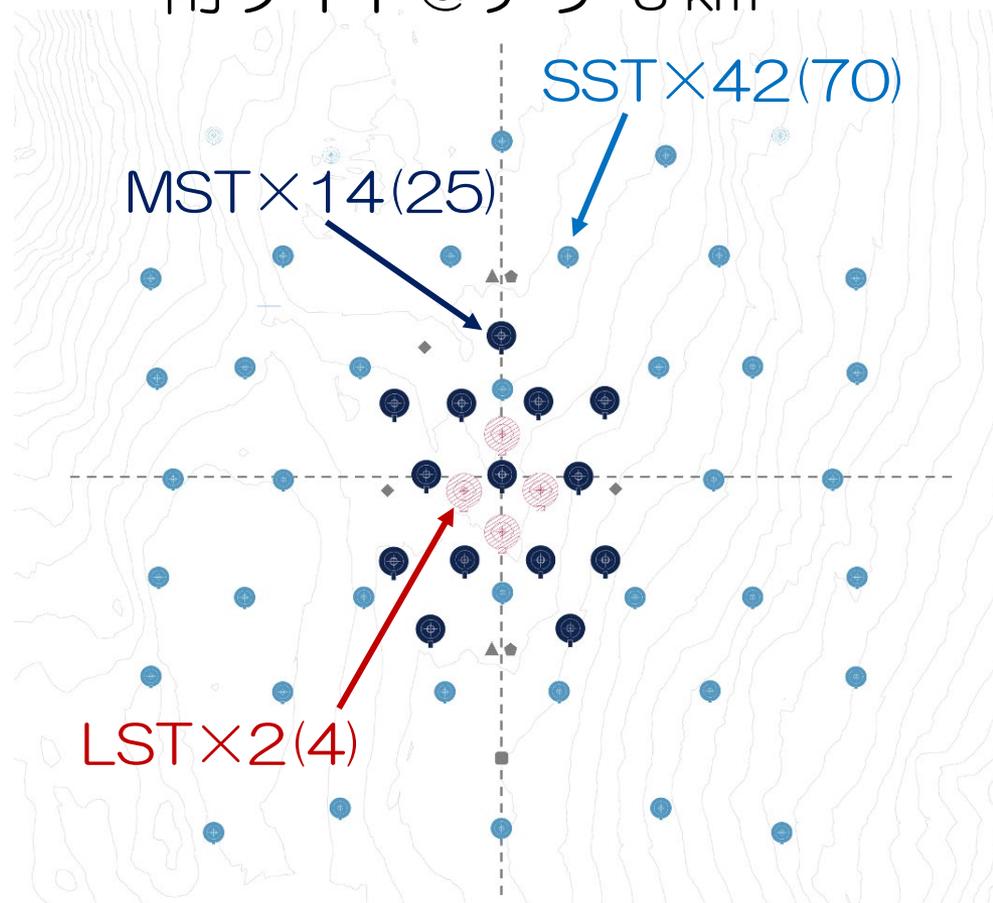
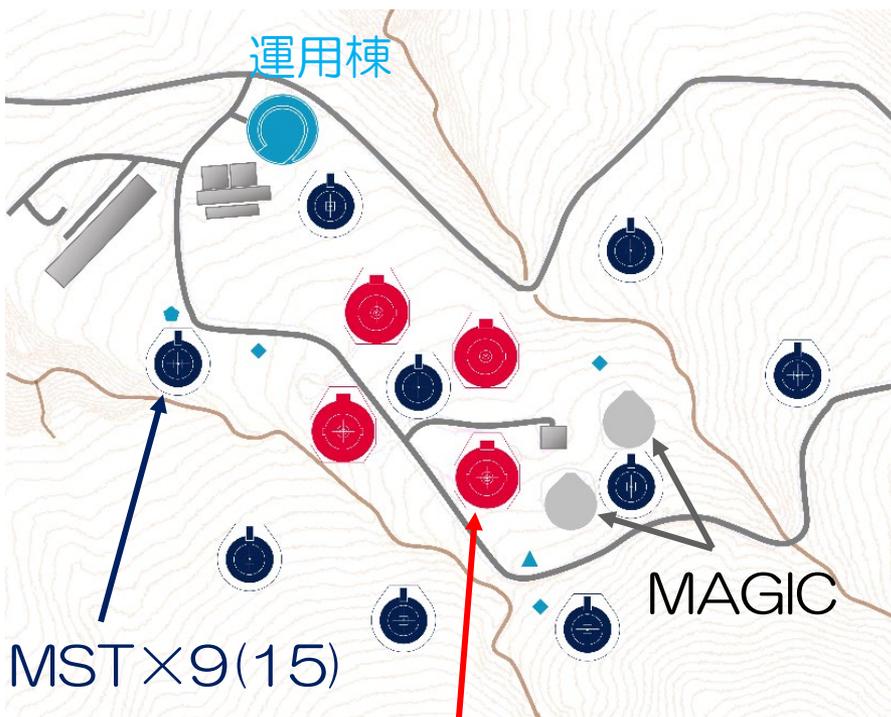
欧州連合EUで法人格を持つ研究基盤機構(略称ERIC)が今年設立予定

望遠鏡配置(第1期)

()は、最終目標台数

北サイト@スペイン 0.5 km²

南サイト@チリ 3 km²



計13(19)

計58(99)

ロケ・ムチャチョス 天文台(ORM)



Credit: S.Nozaki

MAGIC 口径 17 m

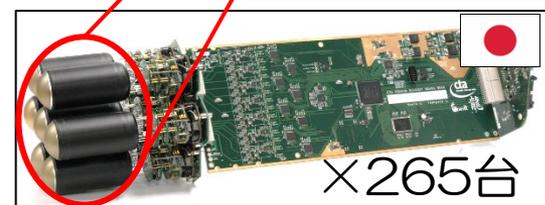
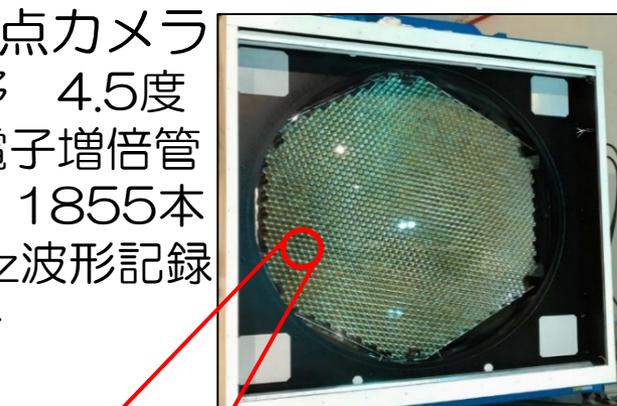
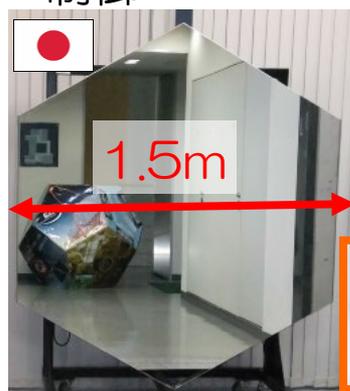
CTA-LST初号機(LST1)
口径 23 m 2018年10月完成

大口径望遠鏡(LST)

- 20 GeV-20 TeV
(宇宙赤外線背景放射によるガンマ線吸収があるため、エネルギー閾値が低いほど、遠方天体が見える)
- 検出有効面積は、Fermi衛星LATの1万倍
- 高速回転20秒/180度
突発天体を捉える
- 11か国参加約280名

日本グループ 鏡・カメラ 開発の中心的役割

- 分割鏡
 - 1.5m分割鏡 198枚
 - アクチュエーター制御
- 主焦点カメラ
 - 視野 4.5度
 - 光電子増倍管 1855本
 - GHz波形記録回路



×265台

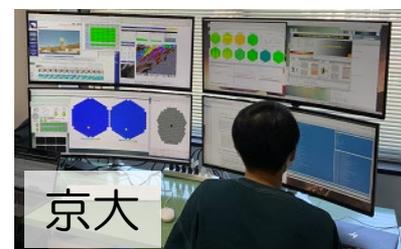
大口径望遠鏡(LST)初号機@スペイン・ラパルマ島



ロケ・ムチャチョス 天文台(ORM) @2200m



リモート運用併用



+名大(昨年~)
フランス, イタリア,
クロアチア, ブルガリア

科学観測 2020年1月から1200時間以上

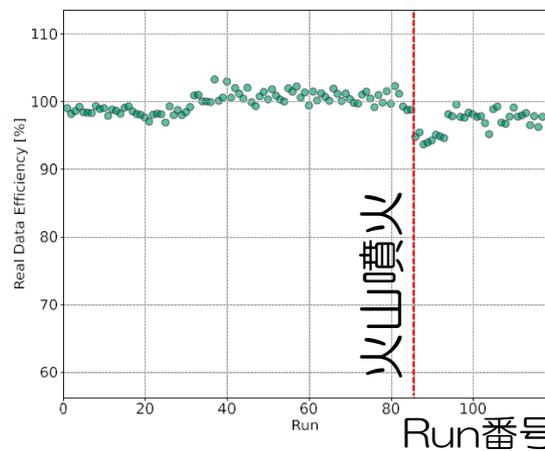
➤ 運用休止

- 2020年3-6月(COVID-19渡航制限)
- 2021年9月-2022年1月(火山噴火)
- 昨年7-8月(ストレージ障害)

➤ MAGICとの共同観測

- 活動銀河核、銀河中心領域 他

チェレンコフ光収集効率



2020年11月
-2022年3月

火山噴火直後
を除き安定

ばらつき(最大±4%)
は測定誤差と
ダスト量変化に起因

- 検出感度

公開版では図を削除しました。

- かに星雲

公開版では図を削除しました。

- かにパルサー

公開版では図を削除しました。



RS Ophiuchi

- ▶ 爆発周期：約15年
- ▶ 2021年8月8日 Fermiで検出
- ▶ 8月9日～
H.E.S.S., MAGIC, LST-1
で検出
(VHE γ 領域で新星初検出)

公開版では
図を削除しました。

- LST-1観測 8月9～15日、29日～9月2日

公開版では図を削除しました。

公開版では図を削除しました。

公開版では
図を削除しました。

公開版では
図を削除しました。

20 GeV
閾値達成

【論文準備中】

- ① 5天体 (BL Lac除く) 観測結果
 - ② BL Lacフレア短時間変動検出 2021年8月
⇒ローレンツ不変性検証
- 速報 Atel#14783

- 銀河中心 Sgr A*

公開版では図を削除しました。

- ニュートリノアラート、高速電波バースト

- 未検出

アラート自動対応し望遠鏡駆動するシステム構築中

- LST-1とMAGICの同時観測解析【須田講演】

- GRB

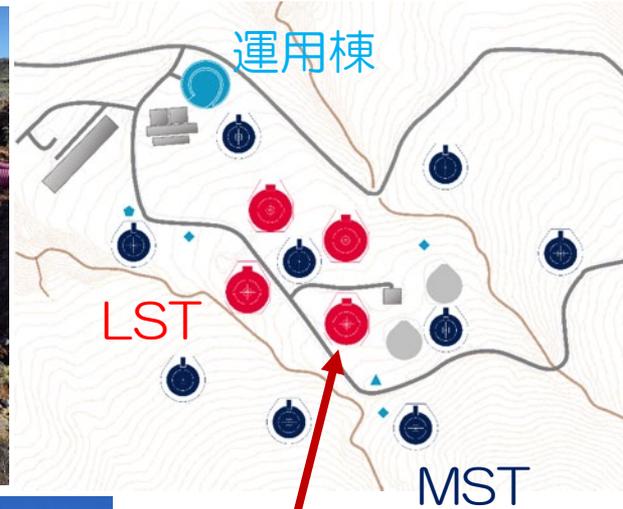
- Swift, Fermi-GBM, Fermi-LATからのアラート手動対応

- 未検出

GRB #	天頂角 (度)	T ₀ から観測開始まで(分)
1	40	1320
2	45	970
3	51	119
4	59	39
5	56	1072
6	61	1302
7	6	57
8	41	588
9	65	60
10	62	35
11	62	1138
12	49	33

LST 2-4号基 準備状況@ラパルマ島

昨年10月、現地行政の建設許可が下り、基礎工事中



LST初号機のカメラアクセスタワーから、先月25日に撮影



LST 2-4号基 準備状況：カメラ・光学系

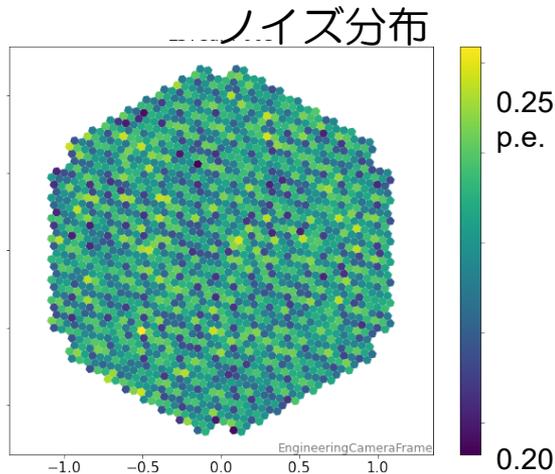
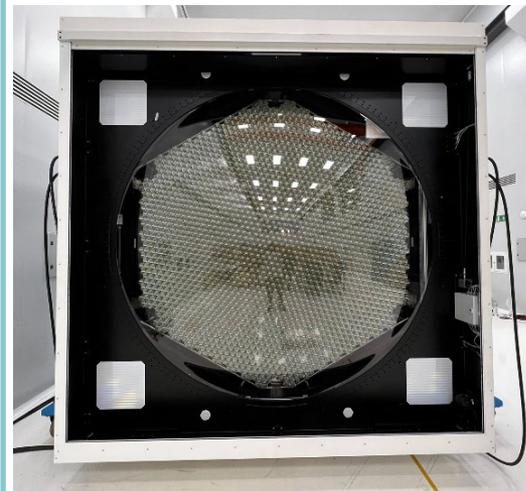
LST-2@テネリフェ島

全系試験中   

PMT 7本+GHz波形記録回路



265台/望遠鏡



分割鏡 3台分630枚
を昨年追加補修 

LST-3@バルセロナ

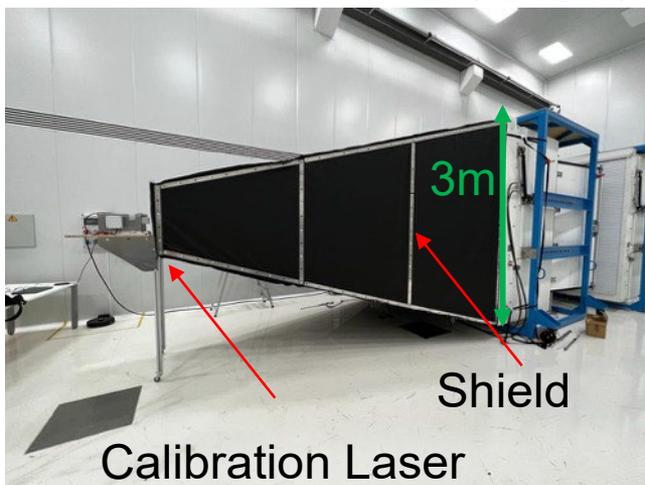
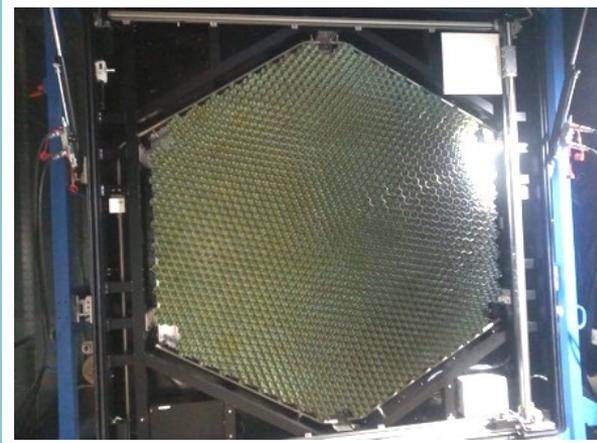
組上げ中

LST-4@テネリフェ島

全系試験中



@ラパルマ 13



波形記録回路のサンプリング時間幅較正【服部講演】

LST 2-4号基 準備状況：外国グループ担当

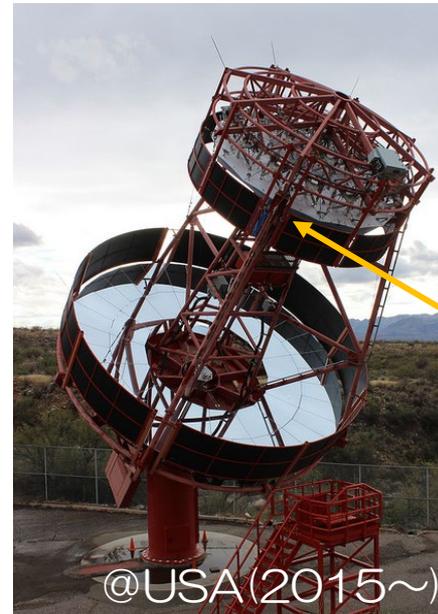
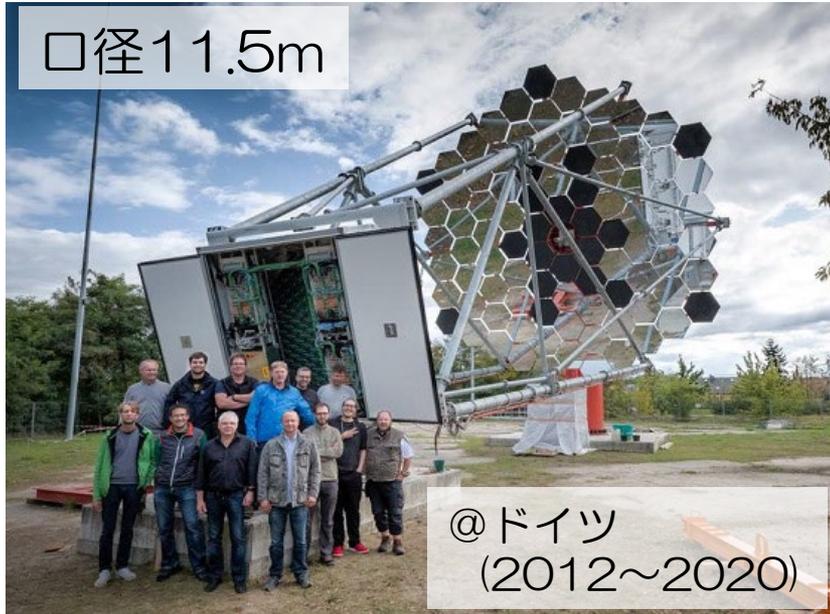


2-4号基 建設並行⇒2025年完成⇒LST 4基アレイによる観測

中口径望遠鏡(MST)プロトタイプ

- Davies-Cotton型 MST (欧州)

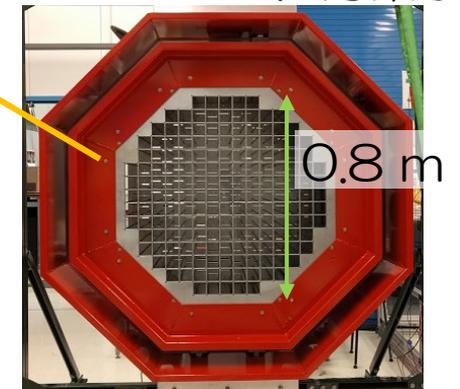
- Schwarzschild-Couder型 SCT



主鏡9.7m+副鏡5.4m

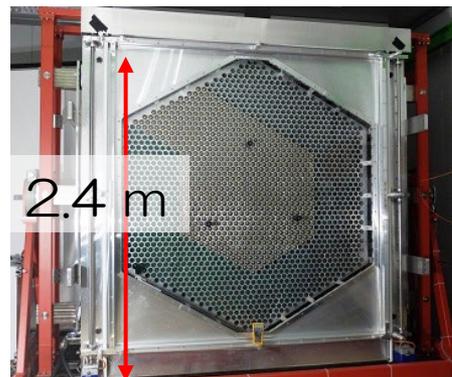
 カメラ

SiPM~1.1万素子



(SiPM1536素子)

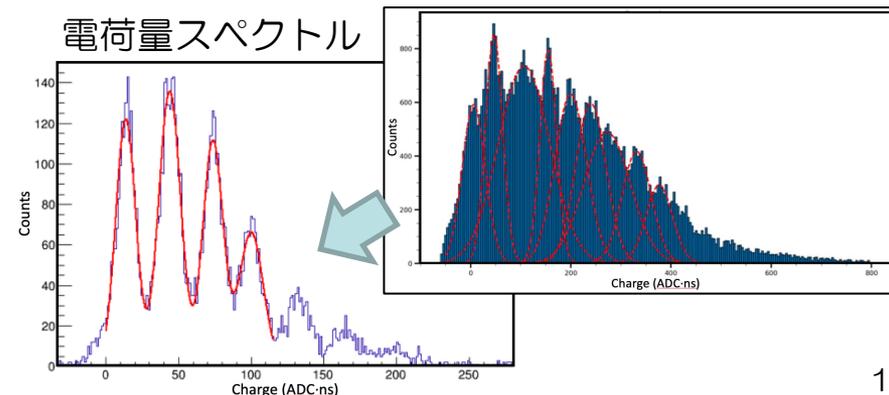
カメラ PMT~1800本



- 北サイトへ1台輸送 (2024年) ⇒MST初号機建設
- 南サイト近くに pathfinder建設 (2024年)

- 読出回路2種類 (1つはHESS-IIIに搭載し観測2019年~)

- 2020年 かに星雲を検出
- カメラ (SiPMと読出回路) 改良



小口径望遠鏡(SST)プロトタイプ

🇮🇹 ASTRI 口径4.3+1.8m

視野 9.6度
SiPM(2368 ch)

9基アレイ建設計画

CTA南サイトは
インフラ整備中
のため、
9基ミニアレイを
北半球で試験



2018年
かに星雲を検出

昨年5月 9基の基礎工事完了

完成予想図



@テネリフェ島 ティテ天文台 高度~2300m 約250 m間隔で設置

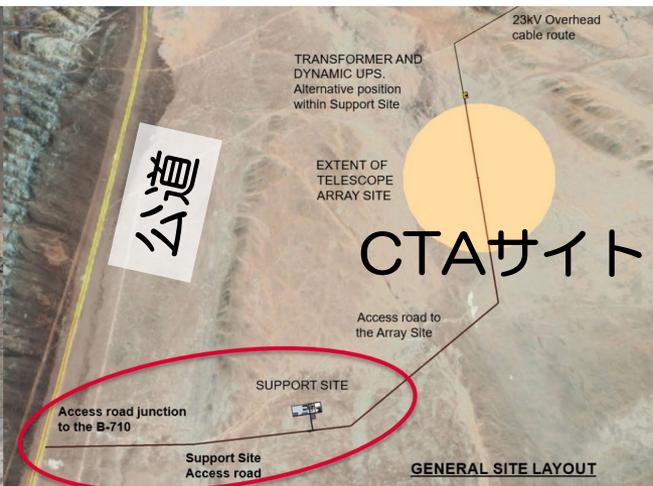
credit: Astri mini-array

● 南サイトSST初号機カメラに搭載するSiPM
熱サイクル、高温高湿度下、大光量照射 試験中

CTA南サイト@チリ・パラナル



Credit: Marc-André Besel, CTAO / ESO



昨年、公道からCTAサイトへの道路建設

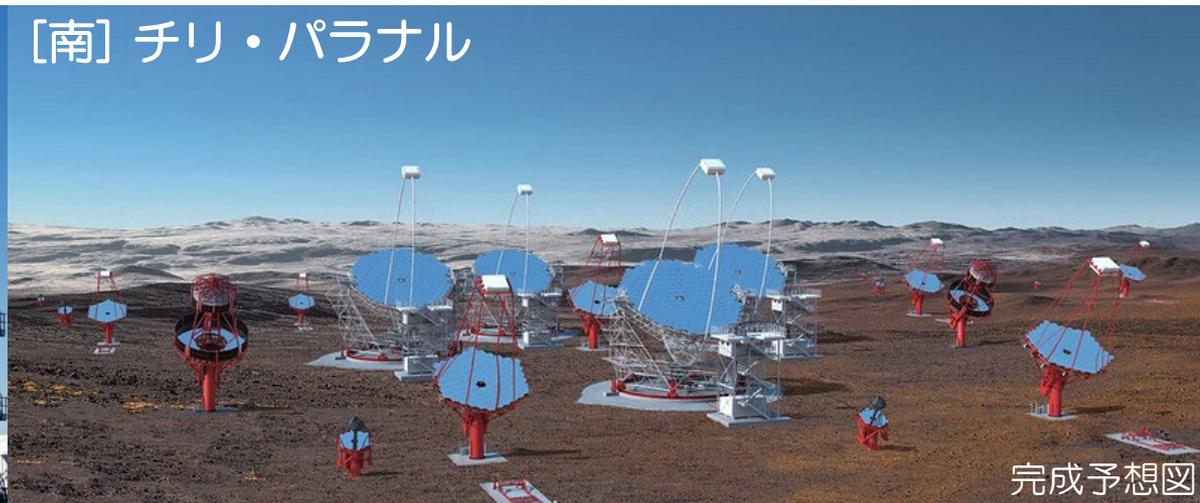
- ◆ CTA北サイトの大口徑望遠鏡LST初号機：2020年～科学観測(のべ1200 h)
 - 望遠鏡性能、Crab観測 ⇒論文化
 - Blazar 6天体(BL Lac短時間変動 2021年, ATel) ⇒論文化
 - 再帰新星RS Oph (新種VHEガンマ線天体) 検出 2021年 ⇒論文化
 - GRB, FRB, ν フォローアップ観測 未検出 ⇒観測自動対応化
 - LST-1 とMAGICの共同観測・相互較正進行中
- ◆ CTA北サイトLST 2-4号機 要素製作ほぼ完了
昨年10月建設許可下りる⇒基礎工事中⇒2025年に完成
- ◆ CTA南サイト
 - SST初号機カメラ製作中 SiPM試験
 - 昨年、サイトへのアクセス道路建設

[北] スペイン・ラパルマ島



Credit: A. Okumura

[南] チリ・パラナル



完成予想図