



cherenkov  
telescope  
array

# CTA報告188： 全体報告



野田浩司 (東大宇宙線研)

他CTA-Japan Consortium

2022年3月15日

日本物理学会年次大会 @岡山理科大学/オンライン

# CTA Consortium

31か国



>1500名

CTA-Japan 113名  
(本講演著者)

青山大 佐藤優理, 田中周太,  
山崎了, 吉田篤正

茨城大 片桐秀明, 田名辺紀視,  
服部勇大, 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

京都大 岩崎啓, 岡知彦, 窪秀利,  
鶴剛, 寺内健太,  
野崎誠也, 李兆衡,  
井岡邦仁, 石崎涉,  
川中宣太

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, 佐々木寅旭, 砂田裕志,  
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, 平松明秀

東大  
宇宙線研

浅野勝晃, 阿部正太郎, 阿部日向, 栗井恭輔, 大石理子,  
大岡秀行, 大谷恵生, 岡崎奈緒, 金森翔太郎, 小林志鳳,  
齋藤隆之, 櫻井駿介, 武石隆治, 手嶋政廣,  
バクスター・ジョシュア 稜, 橋山和明, 三輪柾喬,  
吉越貴紀, Hadasch Daniela, Strzys Marcel,  
Ceribella Giovanni, Huetten Moritz, Vovk levgen,  
Mazin, Daniel

東大理  
東北大  
徳島大  
名大理

大平豊, 戸谷友則, 中山和則, 馬場彩

當真賢二

折戸玲子

立原研悟, 早川貴敬, 福井康雄, 山根悠望子,  
山本 宏昭

名大ISEE

奥村暁, 高橋光成, 田島宏康, 芳賀純也, 若園佳緒里,  
Bang Sunghyun

広島大  
宮崎大

木坂将大, 須田祐介, 高橋弘充, 深沢泰司, 今澤遼, 水野恒史

森浩二

山形大  
郡司修一, 坂本貴太, 門叶冬樹, 中森健之

山梨学院大  
理研

内藤統也、原敏

井上進, 長瀬重博, 榊直人, 澤田真理, Maxim Barkov,  
Gilles Ferrand, Haoning He, Donald Warren

立教大

内山泰伸, 林田将明

早稻田大

片岡淳

都立大

藤田裕

一関工業高等専門学校

林航平

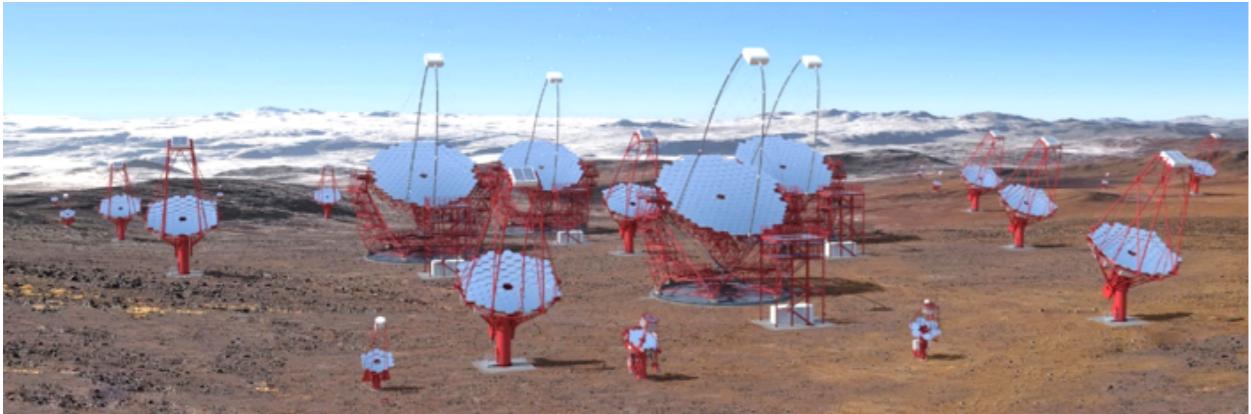
仙台高等専門学校

加賀谷美佳

国立天文台 佐野栄俊

富山大学 廣島渚

# CTAの性能、狙うサイエンス

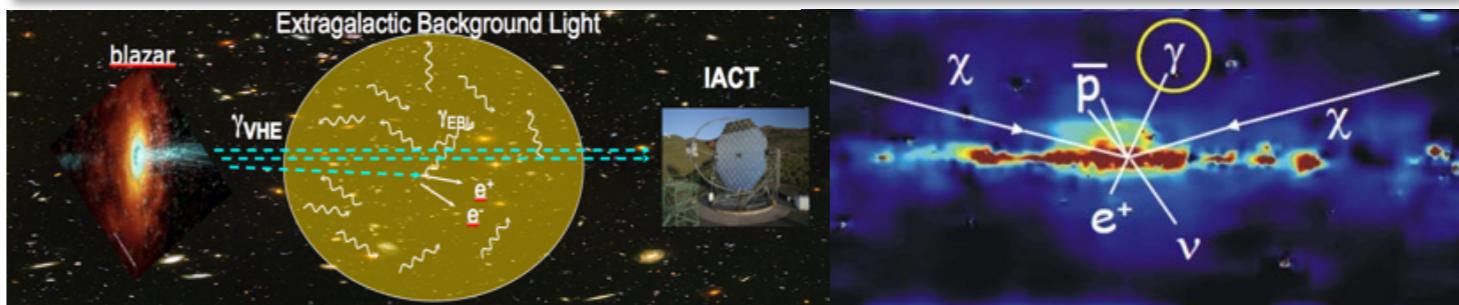
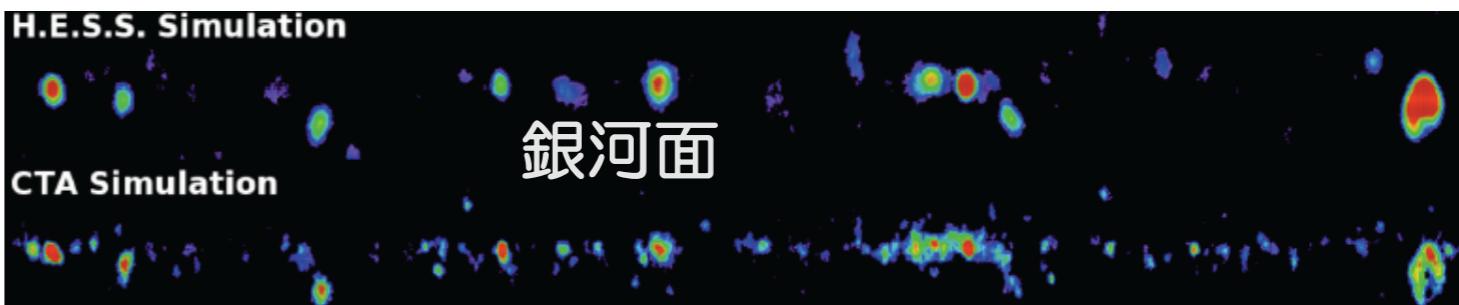
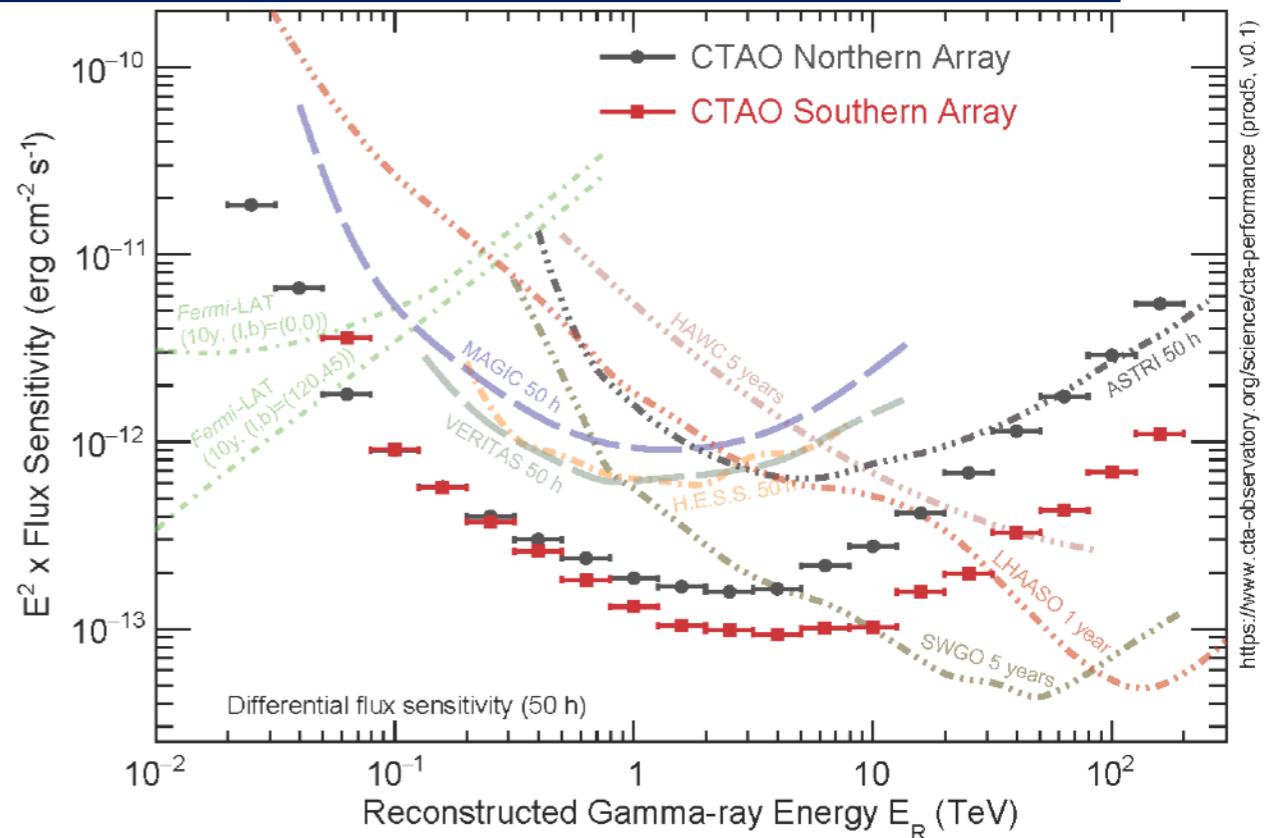
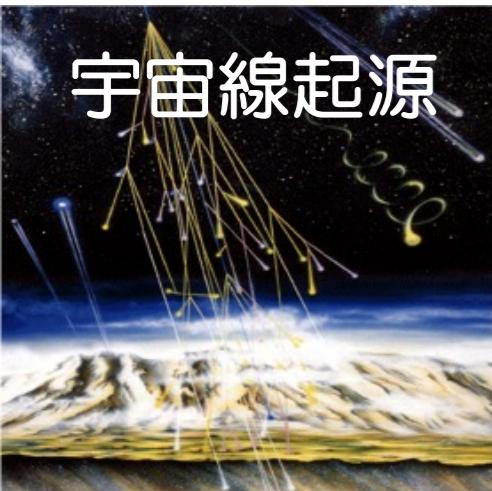


従来の望遠鏡より

- ◆ 一桁高い感度
- ◆ 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 約230個(現行)  
⇒1000個以上

■ 最遠方  $z \sim 1.1$  (GRB201216C)  
⇒  $z \sim 4$  GRB等



赤外・可視背景放射→宇宙の星形成史 暗黒物質対消滅 $\gamma$ 線探索

ローレンツ不变性検証

# CTA北サイト スペイン・ラパルマ (4LST, 9-15MST)



2016年～LST1建設、2020年～定常観測、2025年～フルLSTアレイ



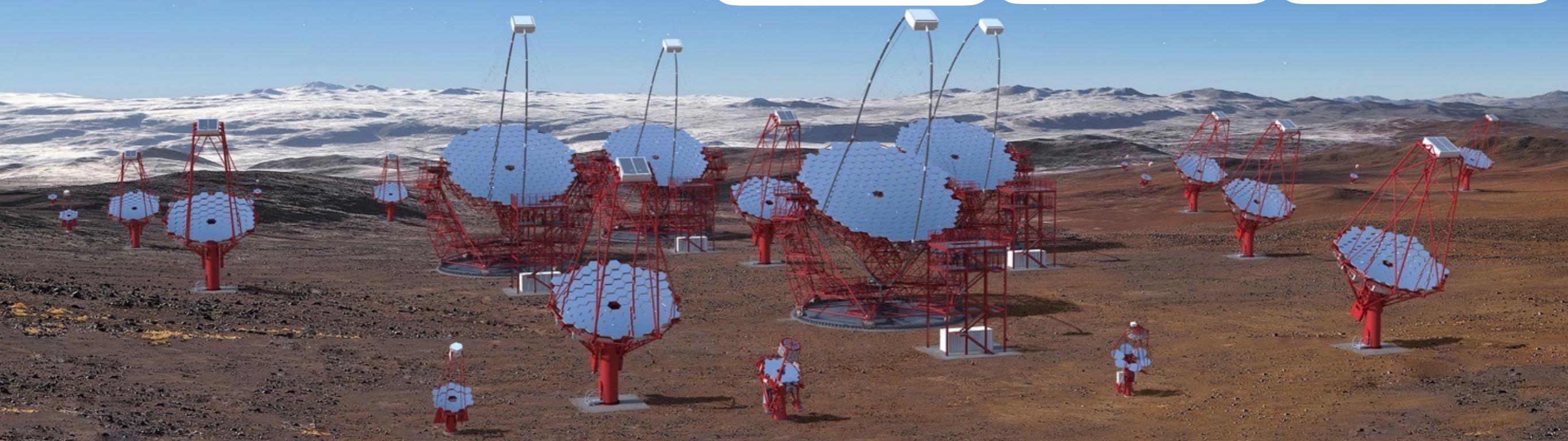
# CTA南サイト チリ・パラナル (0-4LST, 14-25MST, 37-70SST)

2023年～建設、2030年～フルアレイ

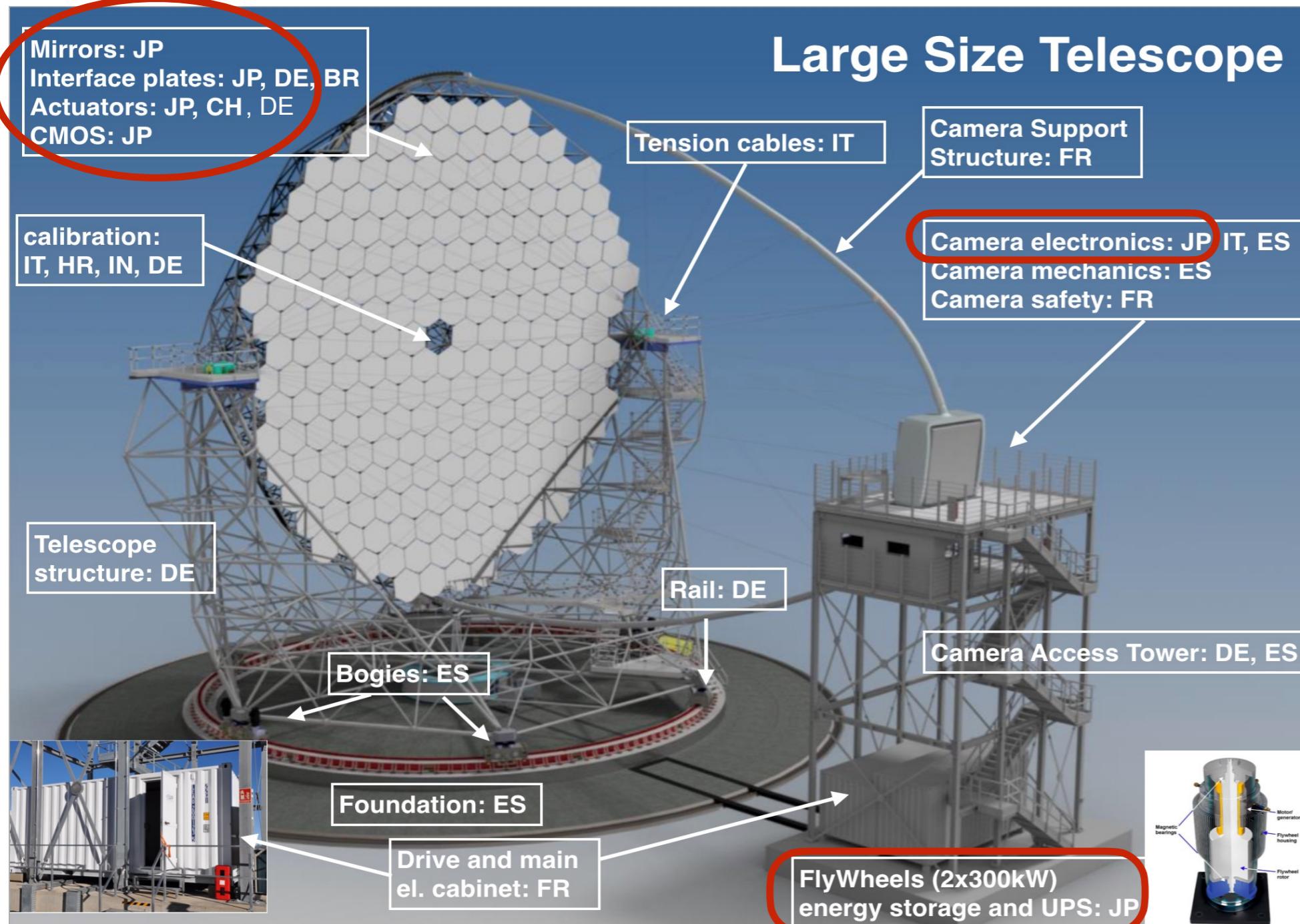
LST 23m口径  
20 GeV - 3 TeV

MST 12m口径  
80 GeV - 50 TeV

SST 4m口径  
1 TeV - 300 TeV



# 大口径望遠鏡 (LST)



ITコンテナ @LST1  
2000 core、3PB disk

## 日本の大きな貢献

- ・望遠鏡制御
  - ・取得データ解析  
(リアルタイム解析)
  - ・MCデータ生成
- データはヨーロッパ  
本土に転送、各国へ

- ・2021年：年初の雪嵐への対処 (例：鏡シーリングを追加)  
制御ソフト改善、コロナ下の半リモート観測シフトを安定運用

# LST1データ取得状況

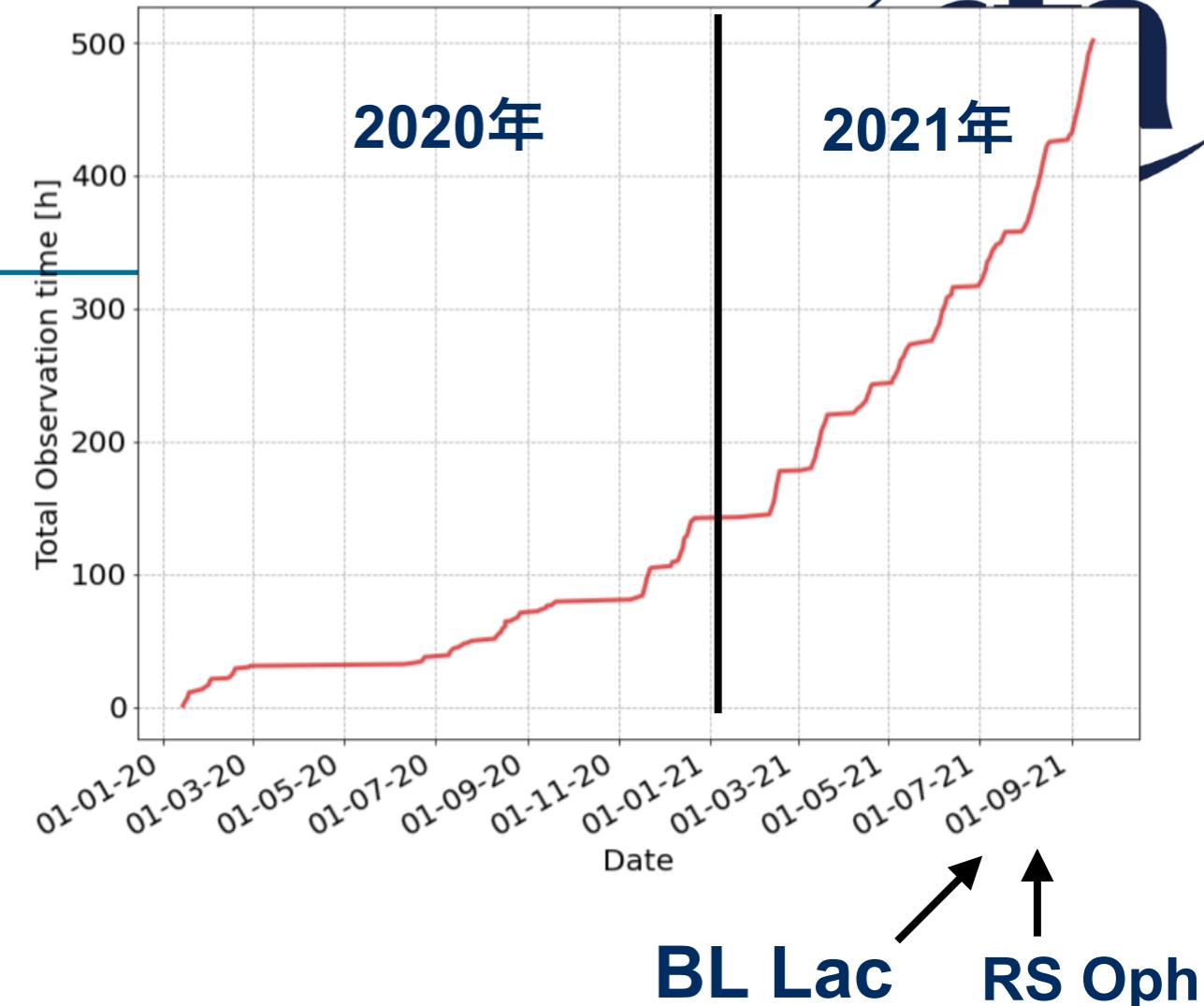
- LST1は既に科学データを合計500時間以上順調に取得
- 昨年7月にLST1として初めての物理成果を発表（次の野崎講演：BL Lacからの20 GeVガンマ線）

Detection of very-high-energy gamma-ray emission from BL Lac with the LST-1

ATel #14783; *Juan Cortina for the CTA LST collaboration*

on 13 Jul 2021; 21:03 UT

Credential Certification: Juan Cortina ([Juan.Cortina@ciemat.es](mailto:Juan.Cortina@ciemat.es))



- 8月LATが検出した新星へびつかい座RS（CTA報告190 by 小林）
  - HESS (ATel #14844, [2202.08201](#))
  - MAGIC ([a-ph/2202.07681](#))

物理解析成果が出始めている

# LST physics coordination



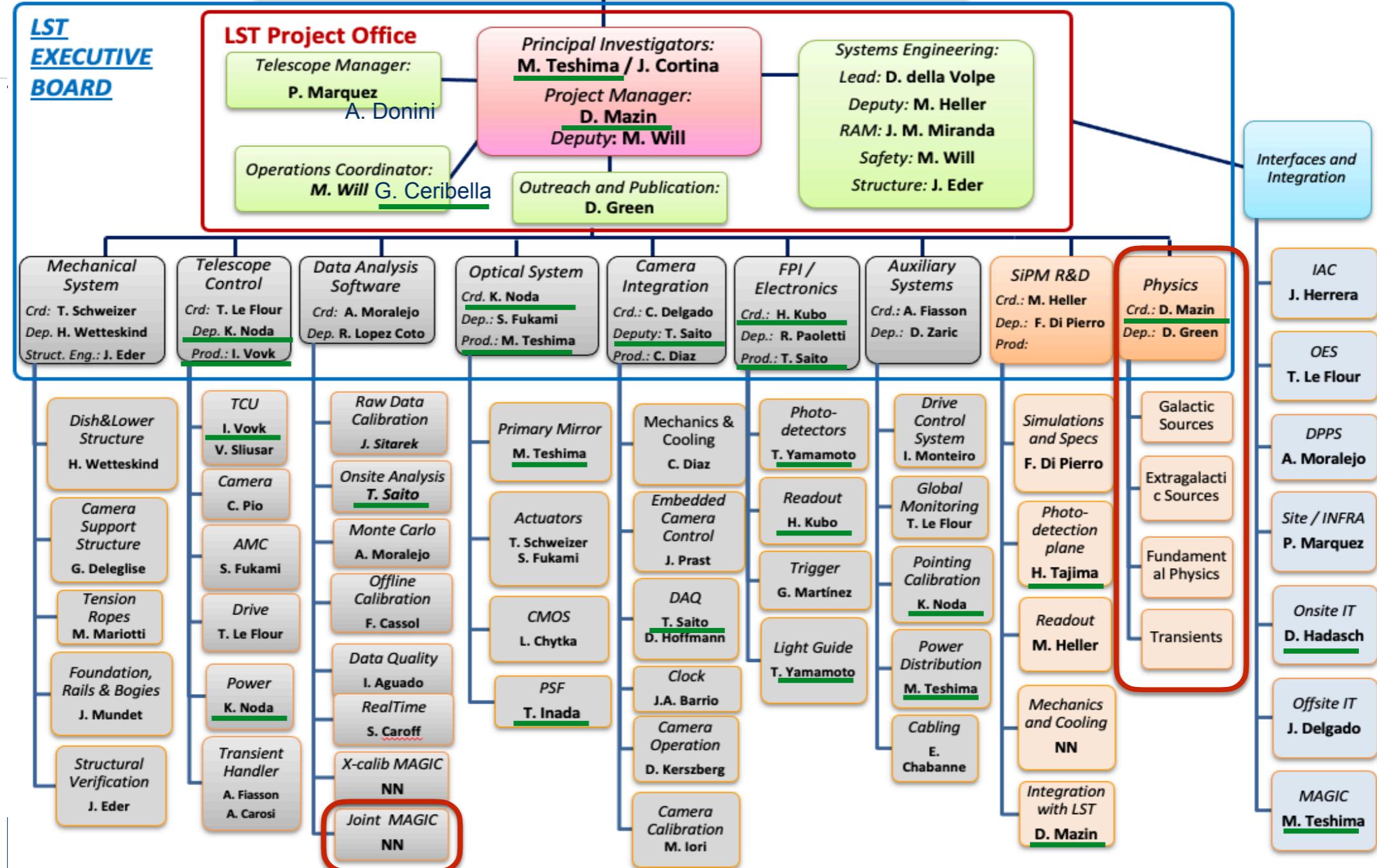
## Steering Committee

### Composed by Party Representatives

Chair: M. Martinez

*Ex Officio:* M. Teshima  
*Ex Officio:* J. Cortina  
*Ex Officio:* D. Mazin

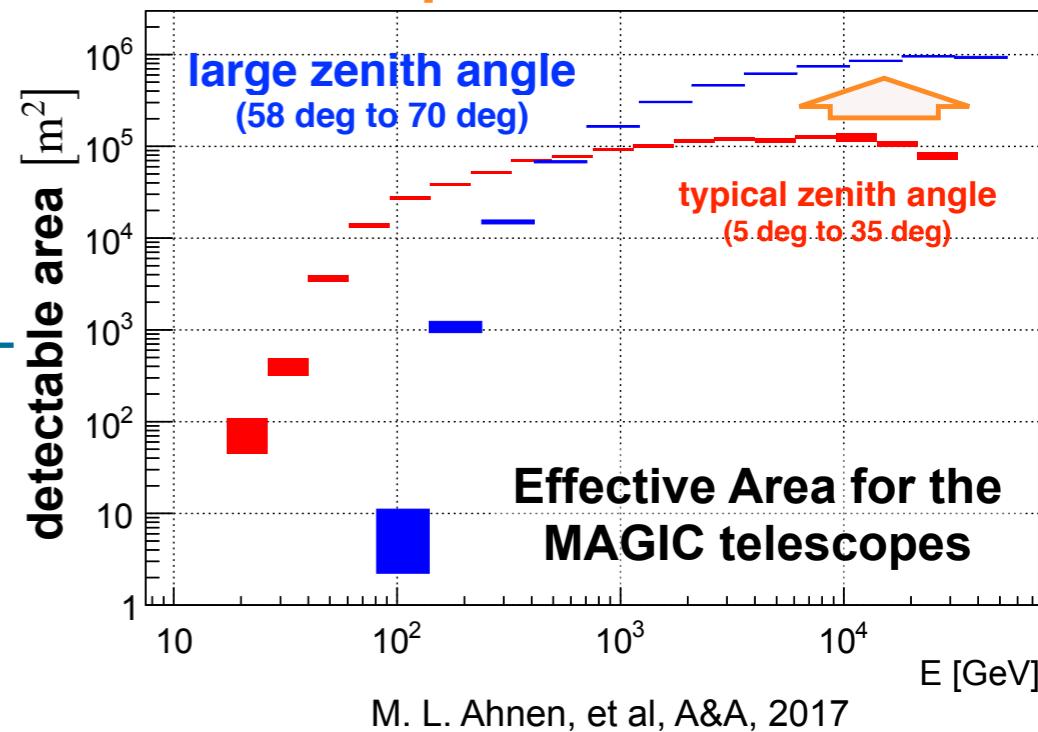
Version 8.31



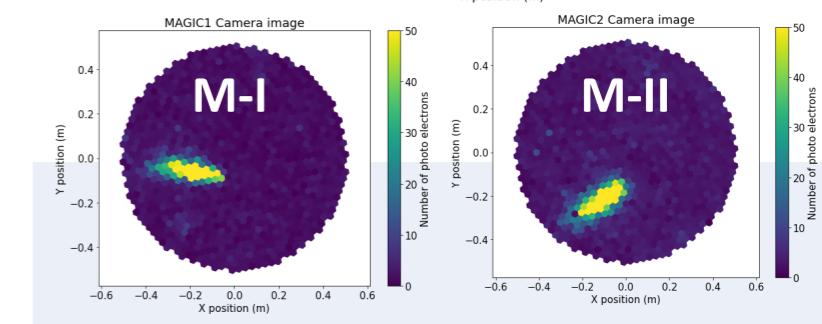
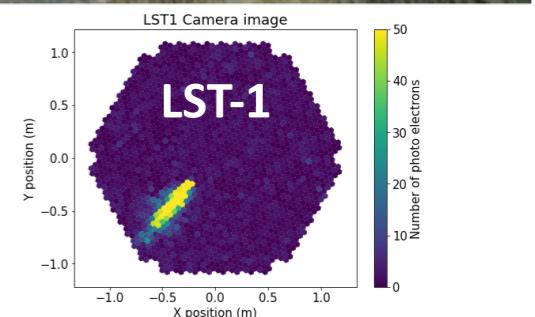
CTA-Japanから3名 (Mazin (Coord.)、 Hütten (FP)、 野田 (MW/MM))

# 観測・解析手法の改善

- 大天頂角観測
  - E閾値が上がり、 $>100\text{TeV}$ の感度が向上
  - 性能評価詳細は[CTA報告191 by 阿部\(正\)](#)
  - 北から銀河中心観測が可能 → 暗黒物質探索
  - Crab  $>100\text{TeV}$  ガンマ (cf. Tibet · LHAASO)
- LST1とMAGICの3台による同時観測
  - オフラインで時刻情報からシャワーを同定、クロス解析 ([CTA報告192 by 大谷](#))
  - ハードウェアトリガーを追加設置し、E閾値を下げる ([CTA報告193 by Baxter](#))



M. L. Ahnen, et al, A&A, 2017



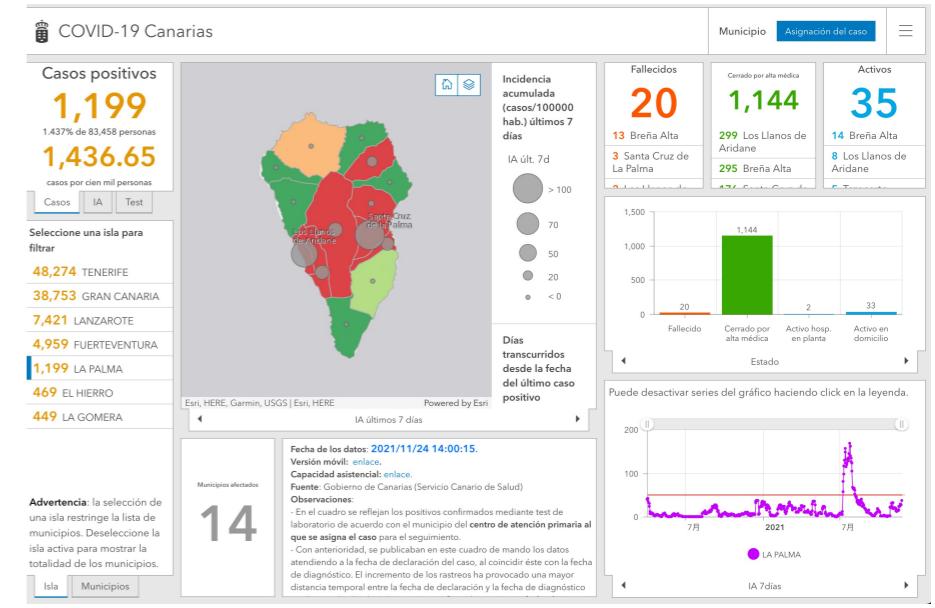
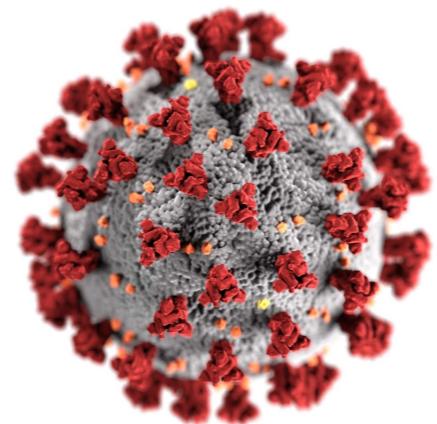
日本の学生の貢献大、エキスパートに



cherenkov  
telescope  
array

Not only corona...

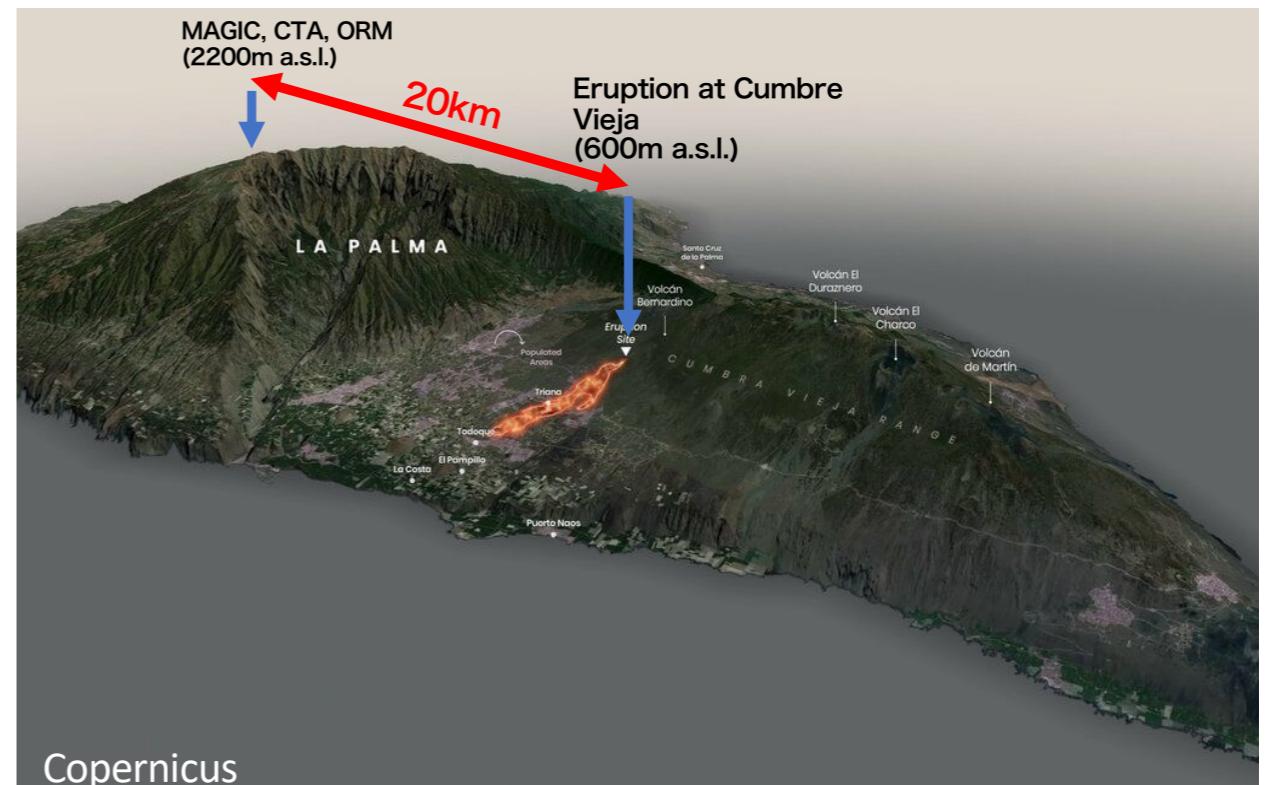
• Covid-19



Cumbre Vieja噴火 (2021年9月19日～12月13日)

# Cumbre Vieja噴火

- 50年ぶり、1400年以降で8回目  
85日間は（記録上）最長
- ~3000の建物が焼失、死傷者なし
- 観測所は距離・高度が離れており  
大きな問題なし。主な心配は
  - 地震：最大M=5.1、>15km
  - SO<sub>2</sub>ガスが高めの日は外出禁止
  - 火山灰（風向き次第）
    - 機械的：ギア部グリースの塗り直し、フィルタ洗浄 etc.
    - 化学的：鏡反射率に問題なし



2022年1月 チェック完了（+悪天候） 2月 観測再開

# 今後

- LST1での物理成果（特にガンマ線バースト）
- 1-2年：北サイトの残りLST2-4号基の建設
  - 今年5月(?)：建設許可、年内：コンクリート土台  
来年から順次ハードウェア設置を開始
    - 反射鏡などハードウェア準備はほぼ完了（次ページ）
    - カメラモジュール準備：午前後半 CTA報告194 by阿部(日)
      - その他カメラ関連 CTA報告195: カメラPMTの磁場依存性 by立石  
アナログメモリDRS4スパイク特性 by岡（素粒子実験領域）
- ~5年：SiPM開発（北LSTアップグレード、南の各種望遠鏡）
  - LST用SiPMモジュール開発（午後後半 CTA報告196 by橋山）
  - LST&MST用SiPM集光器（CTA報告197 by 芳賀）
  - SST用SiPMでの月光BG評価（CTA報告198 by 若園）



LST2カメラ

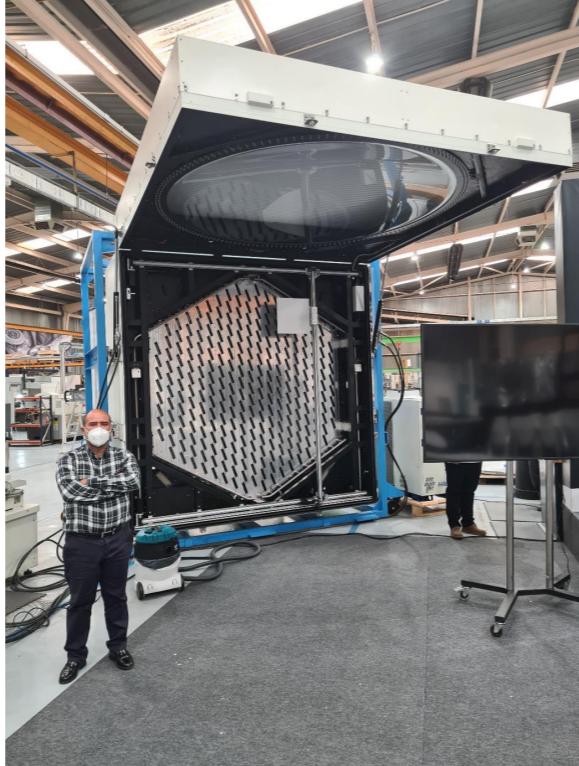


cherenkov  
telescope  
array

# LST2-4



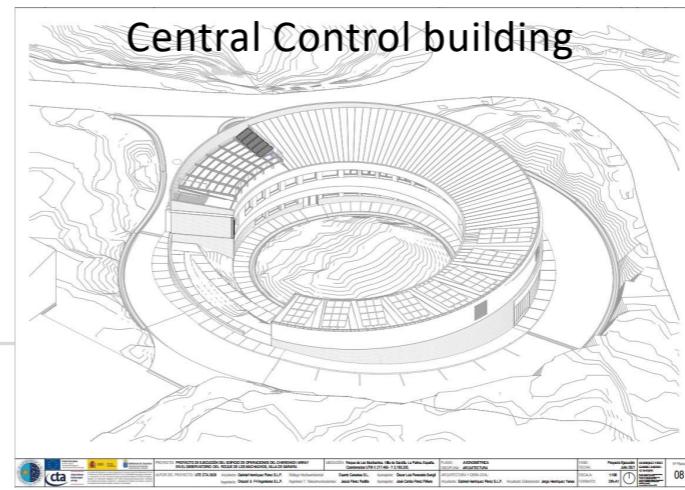
QC of PMT clusters  
at IAC Tenerife, T.Saito et al.



Camera production  
at Arquimea, Madrid



Camera Supporting Structure  
at Annecy France



Rail System



Azimuth Lock



Camera Access Tower



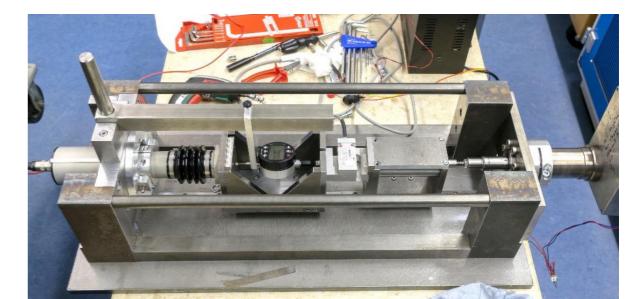
Central Pin at MPP



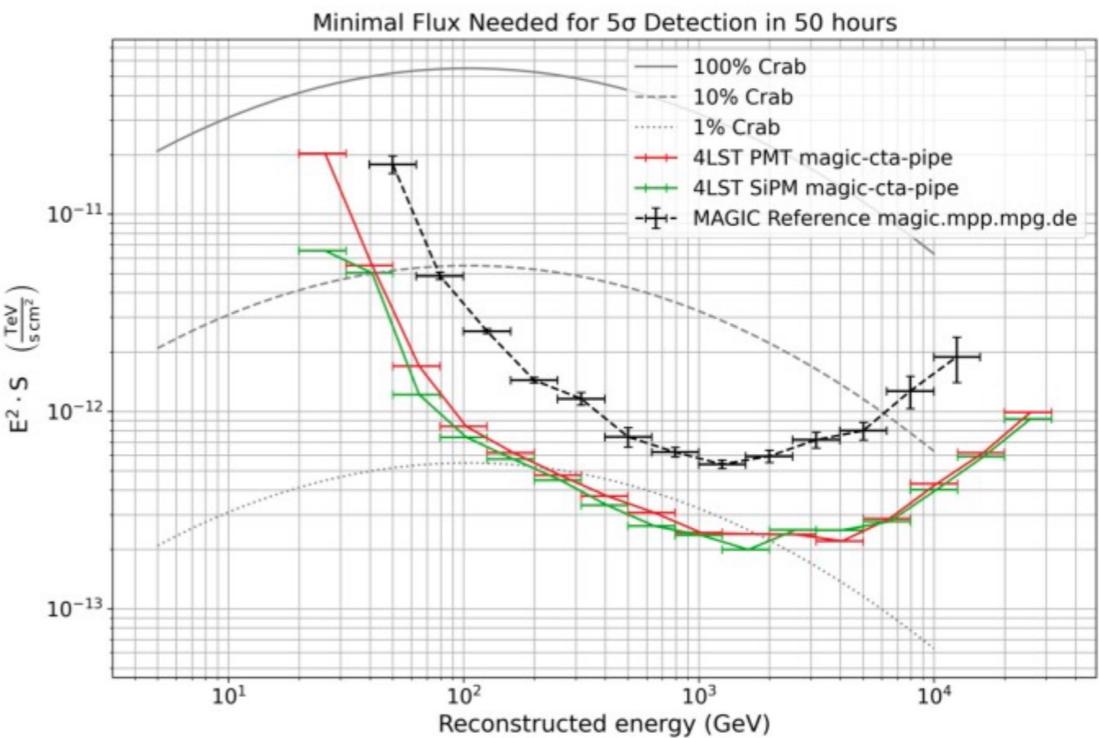
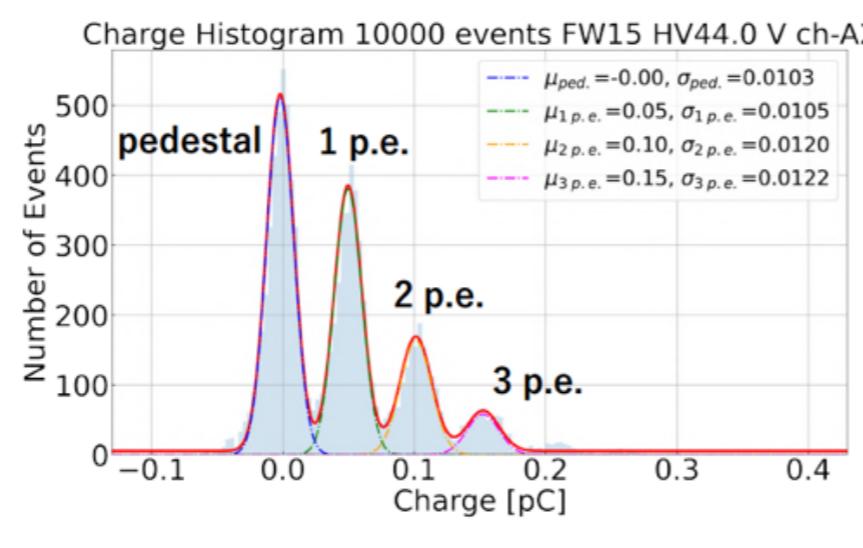
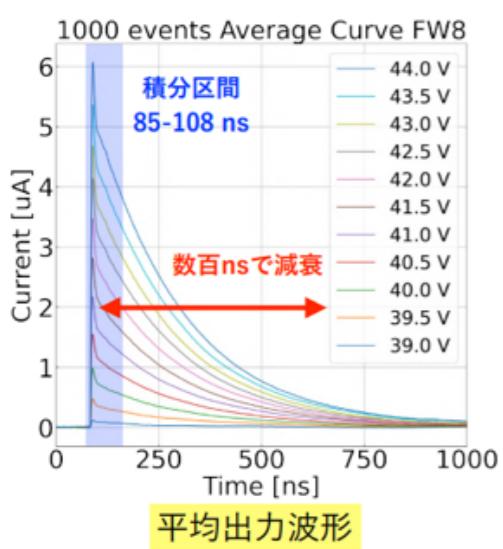
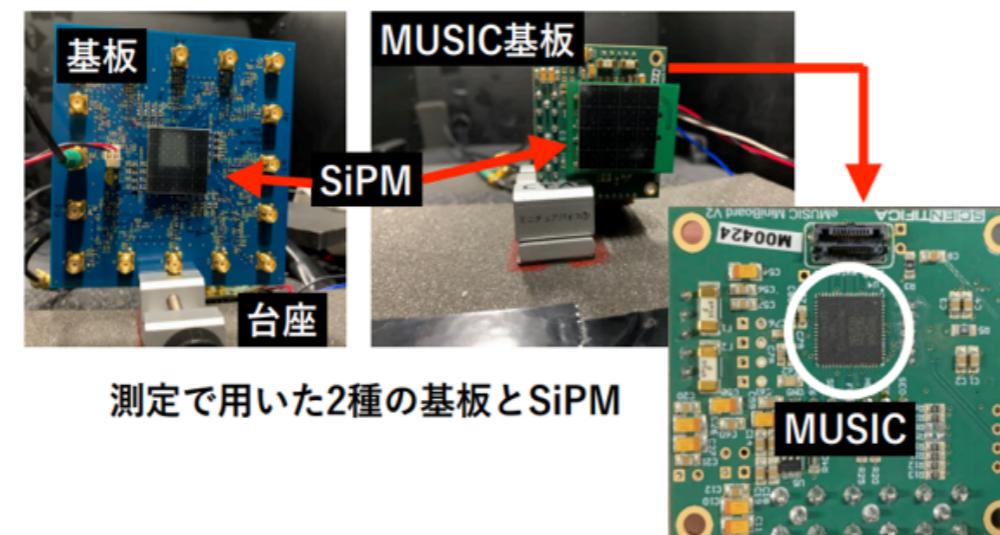
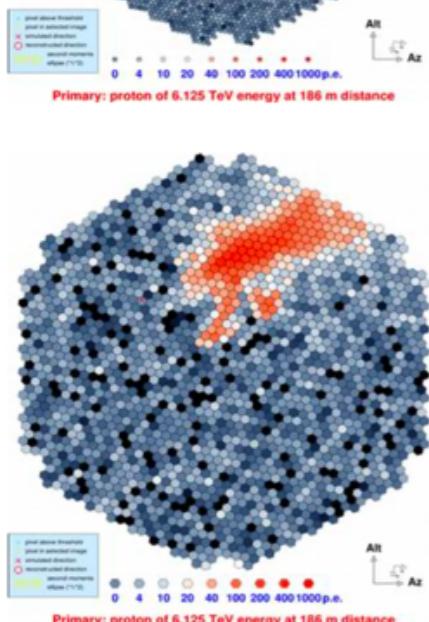
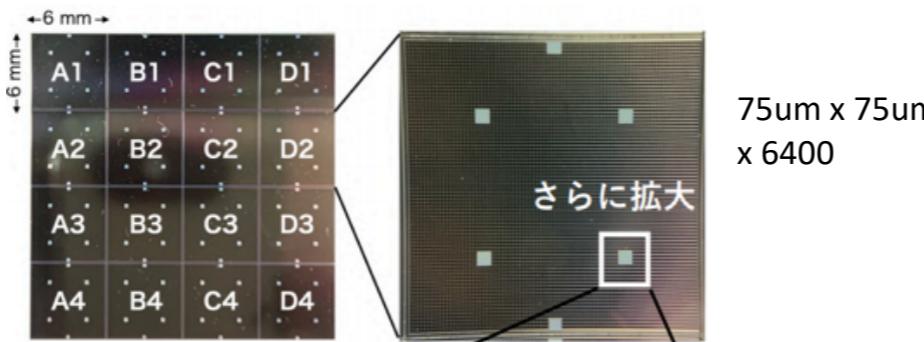
Actuators at MPP



Cable Carousel



# LST SiPM



- 高画素化+SiPM採用を検討中。日本とイスのチームが主導して開発中
- DeepLearning (CNN)技術の採用と合わせて、高感度化が期待される。

- LST NorthのアップグレードおよびLST Southを視野

詳細は橋山講演参照

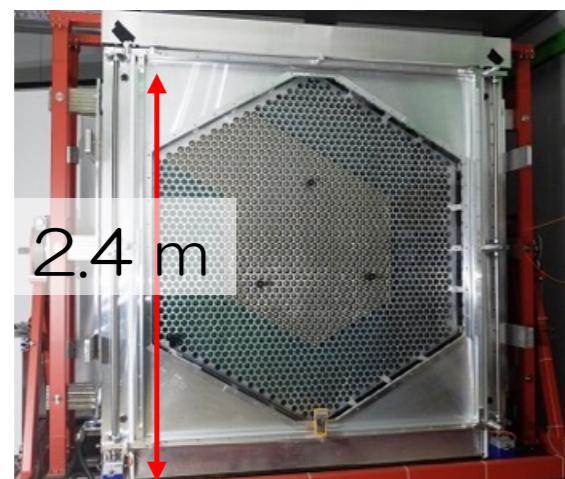
# 中口径望遠鏡 (MST)

# 小口径望遠鏡 (SST)

- Davies-Cotton型 MST(欧洲)



口径11.5m  
カメラ PMT～1800本



## □ アナログカメラ

- 多数のLSTと共に要素
- analog trigger
- capacitor array + ADC
- 来年度北サイト初号機

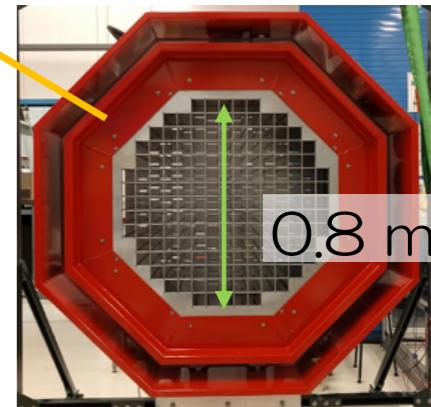
## □ デジタルカメラ

- トリガ前にdigitize
- 250 MHz sampling
- HESS-IIに搭載し、かに星雲検出  
(2019年10月)

- Schwarzschild-Couder型 MST



主鏡9.7m+副鏡5.4m  
カメラ  
SiPM～1.1万素子



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

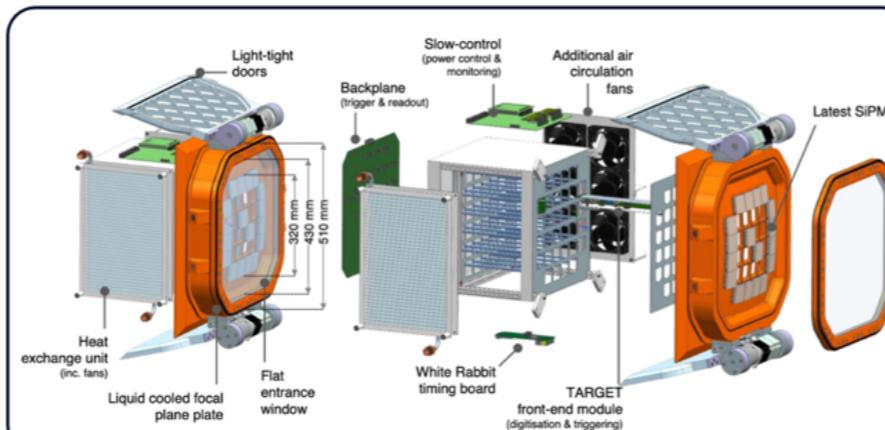


Fig. 5: An overview of the camera CAD indicating the major sub-systems, integrated (left) and exploded (right). Note - the external enclosure is not shown.

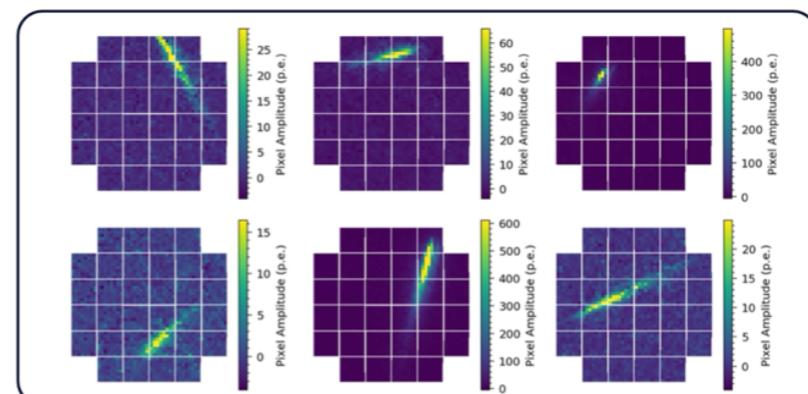


Fig. 6: Examples of Cherenkov images recorded with the CHEC-S camera installed on the ASTRI-Horn telescope.

2018年12月  
プロトタイプ機で  
かに星雲検出済み



Fig. 1: The ASTRI-Horn prototype at the Catania Astrophysical Observatory.

# まとめ



- LST1号基では科学データを計500時間以上順調に取得中
- コロナ禍やラパルマ噴火の影響は最小限に抑えられている
- 物理データ解析・出版グループ、観測・解析手法の新規開発においてCTA日本グループの貢献大。詳細は以降の講演で
- LST2-4号基建設準備完了、今年開始。アップグレード・南向けのSiPMや他の望遠鏡の開発も進み、2025年にはアレイ観測を予定

