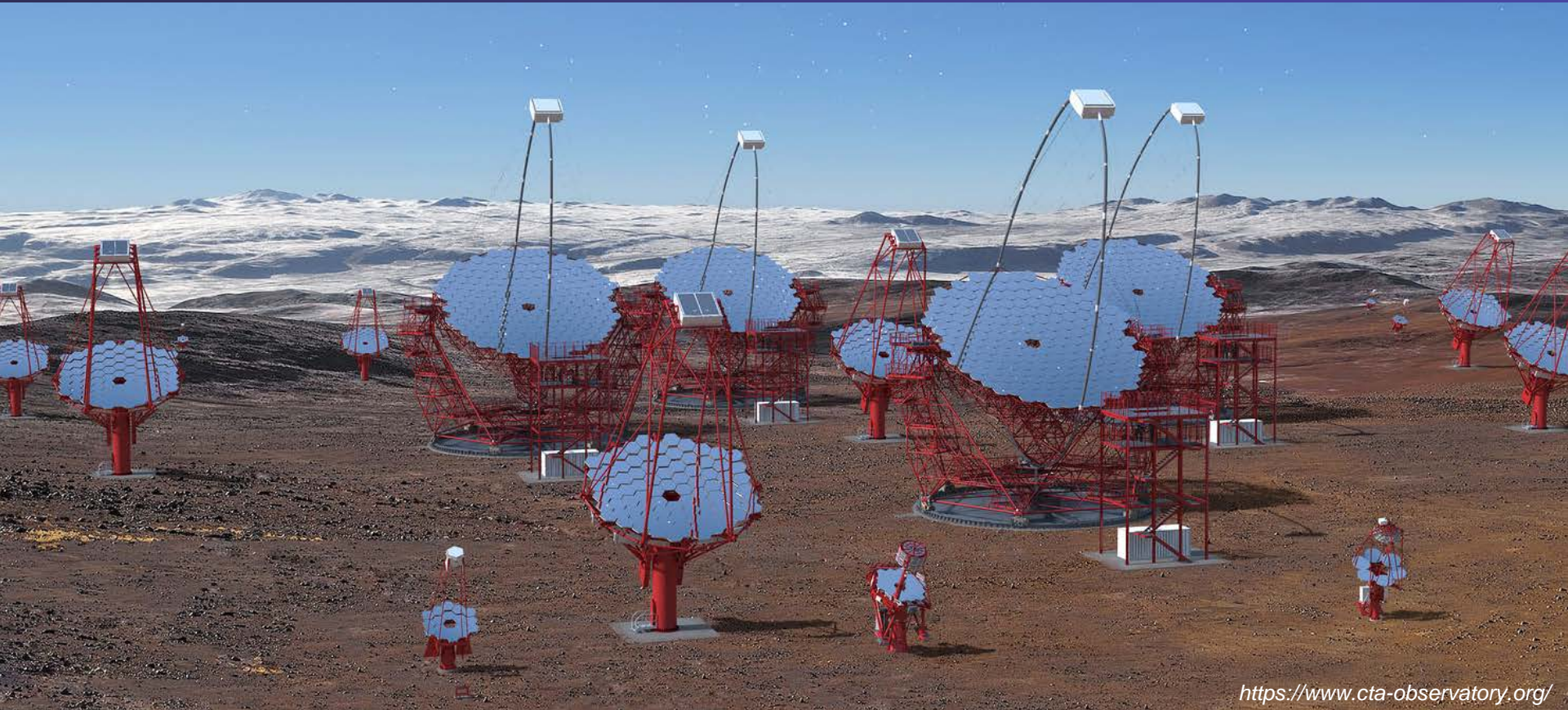


Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画： 全体報告(16)

窪 秀利 (京都大学) 他 CTA Consortium



31か国
>1500名



 CTA-Japan 130名

東大
宇宙線研

浅野勝晃, 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, 大岡秀行, 大谷恵生, 岡崎奈緒, 加賀谷美佳, 小林志鳳, 齋藤隆之, 榊直人, 櫻井駿介, 澤田真理, 須田祐介, 高橋満里, 高橋光成, 手嶋政廣, 野田浩司, 野村亮介, 林航平, 広谷幸一, 深見哲志, 村瀬孔大, 吉越貴紀, K.S.Cheng, Xiaohong Cui, Timur Dzhathdov, Daniela Hadasch, David C.Y.Hui, Emil Khalikov, Albert K.H. Kong, Pratik Majumdar, Daniel Mazin, Jumpei Takata, Thomas P. H. Tam, Wenwu Tian

東大理
東北大
徳島大
名大理

大平豊, 鈴木寛大, 戸谷友則, 中山和則, 馬場彩
木坂将大, 當真賢二
折戸玲子
井上剛志, 佐野栄俊, 立原研悟, 早川貴敬, 林克洋
福井康雄, 山根悠望子, 山本宏昭

名大ISEE

黒田裕介, 田島宏康, 中村裕樹, 日高直哉, 藤川由衣, Anatolii Zenin

名大KMI

奥村暁

広大理

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, 井上芳幸, 長瀧重博, 廣島渚, Maxim Barkov, Gilles Ferrand, Haoning He, Donald Warren

立教大

内山泰伸, 林田将明

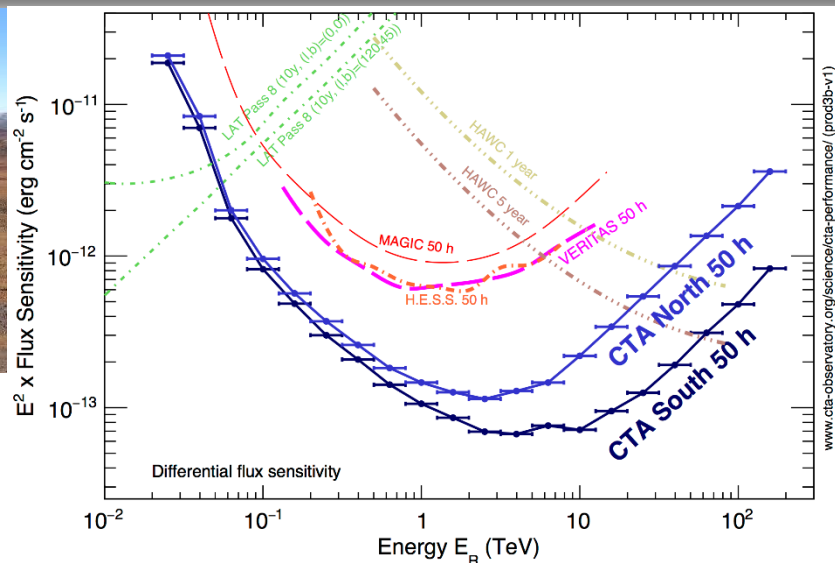
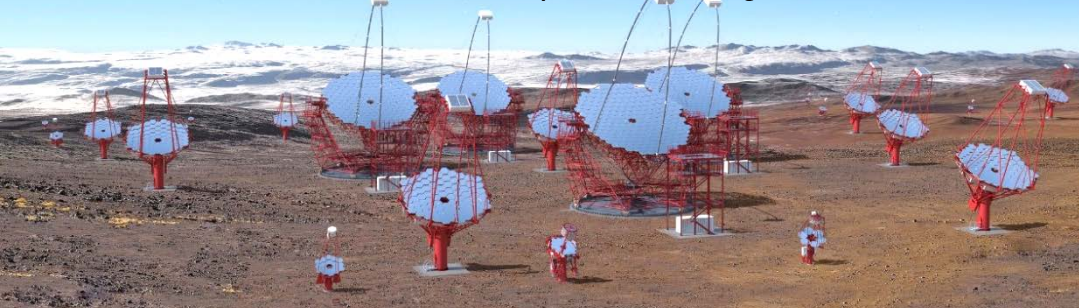
早稲田大

片岡淳

青山大 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, 鈴木萌, 野上優人, 柳田昭平, 吉田龍生
大阪大 藤田裕, 松本浩典
北里大 村石浩
京大基研 井岡邦仁, 石崎涉
京大理 今川要, 岡知彦, 梶原侑貴, 川中宣太, 窪秀利, 田中孝明, 鶴剛, 野崎誠也, 李兆衡
近畿大 千川道幸, 藤原千賀己
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, 田村謙治, 塚本友祐, 町支勇貴, 山本常夏
埼玉大 勝倉大輔, 勝田哲, 砂田裕志, 立石大, 寺田幸功
東海大 緒方智之, 櫛田淳子, 辻本晋平, 生天目康之, 西嶋恭司, 原田善規, 古田智也

CTAの性能、狙うサイエンス

Cherenkov Telescope Array (CTA)



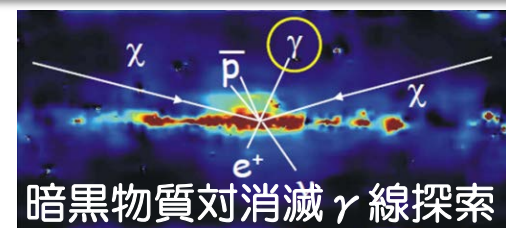
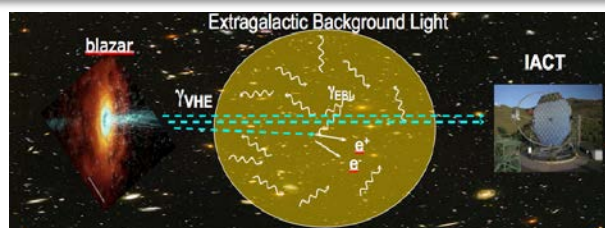
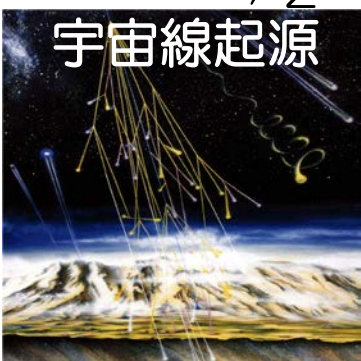
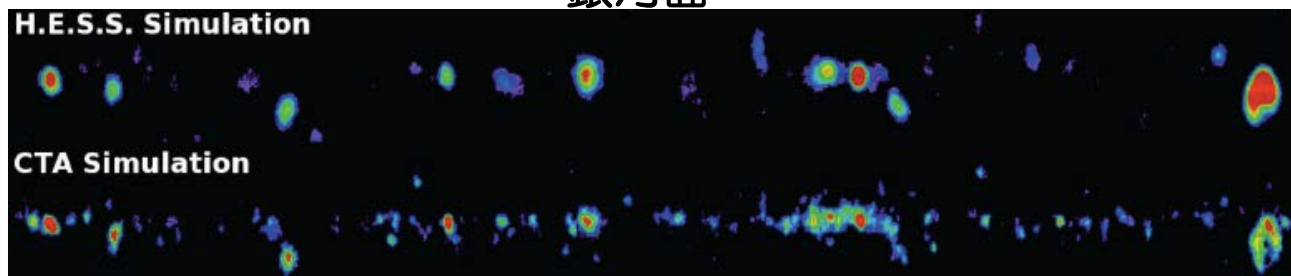
従来の望遠鏡より

- ◆ 桁高い感度
- ◆ 桁広い帯域 (20 GeV - 300 TeV)
- ◆ 角度分解能 ~ 2 倍 (2分角 @ 10 TeV)



- 検出天体 224個 (現行) \Rightarrow 1000個以上
- 最遠方 $z \sim 1$ (現行) $\Rightarrow z \sim 4$ GRB等

銀河面



赤外・可視背景放射 \rightarrow 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 "Science with the Cherenkov Telescope Array", World Scientific刊行, <https://doi.org/10.1142/10986>

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

MST × (北15+南25)
12m口径
80 GeV - 50 TeV
FOV~8°

2016年~北サイト建設
2020年~南サイト建設
2022年~天文台運用
2025年~フルアレイ観測
運用期間 >20年間

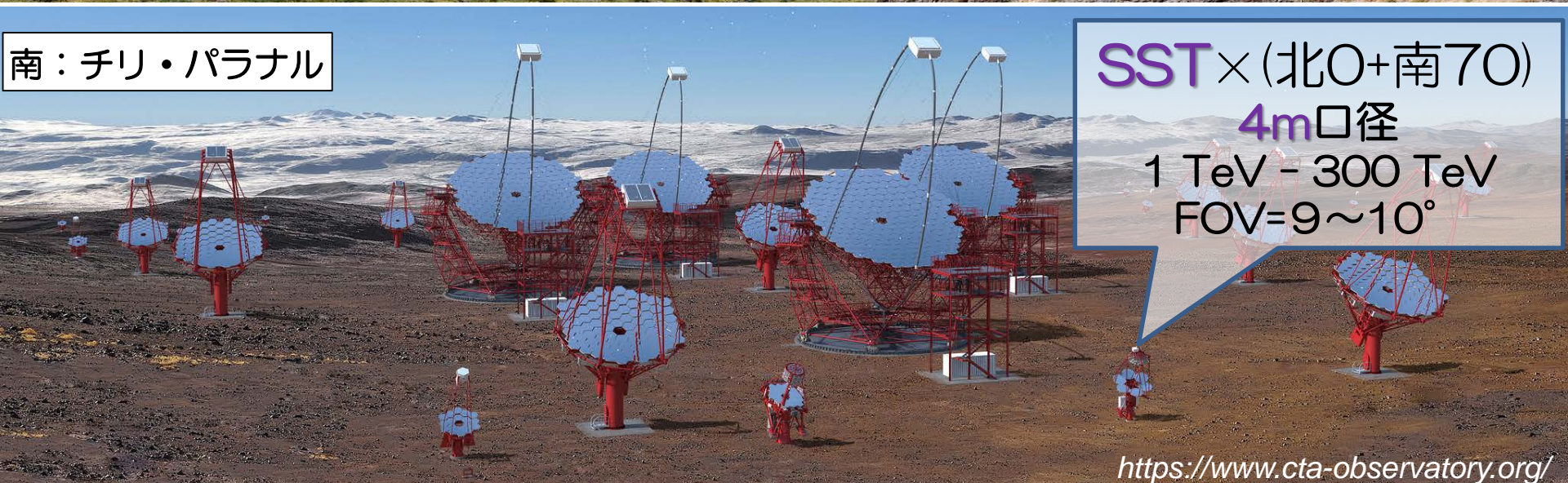
完成予想図

北：スペイン・ラパルマ島



MAGIC望遠鏡

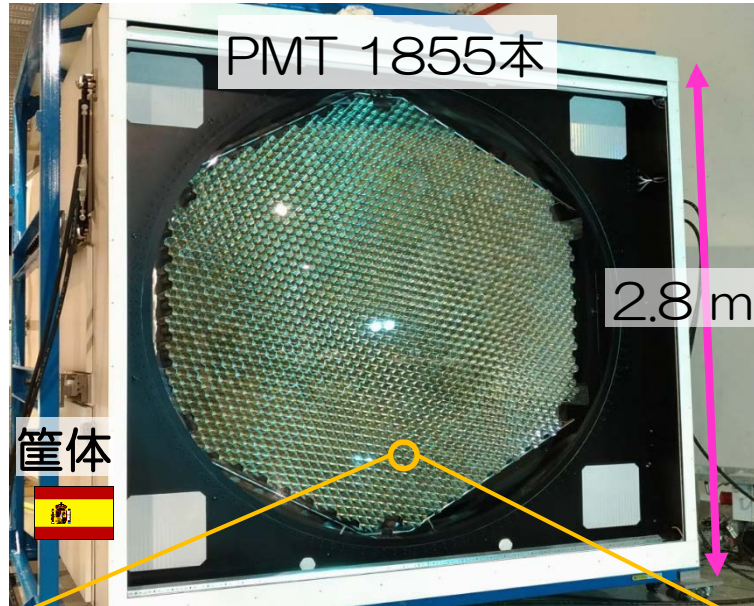
南：チリ・パラナル



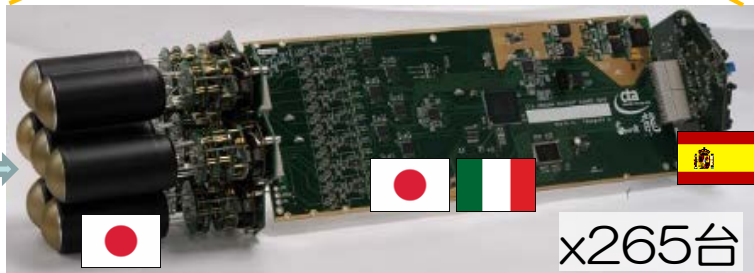
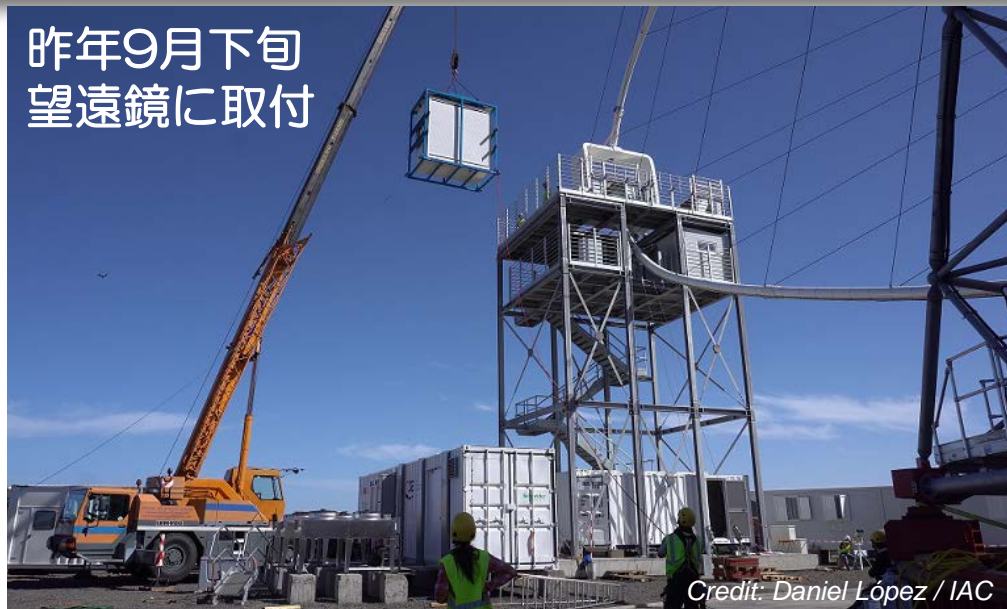
SST × (北0+南70)
4m口径
1 TeV - 300 TeV
FOV=9~10°

LST初号機建設@北サイト (前回講演2018年秋以降) - カメラ取付

昨年9月まで
ラパルマ島 組立・保管室にて試験



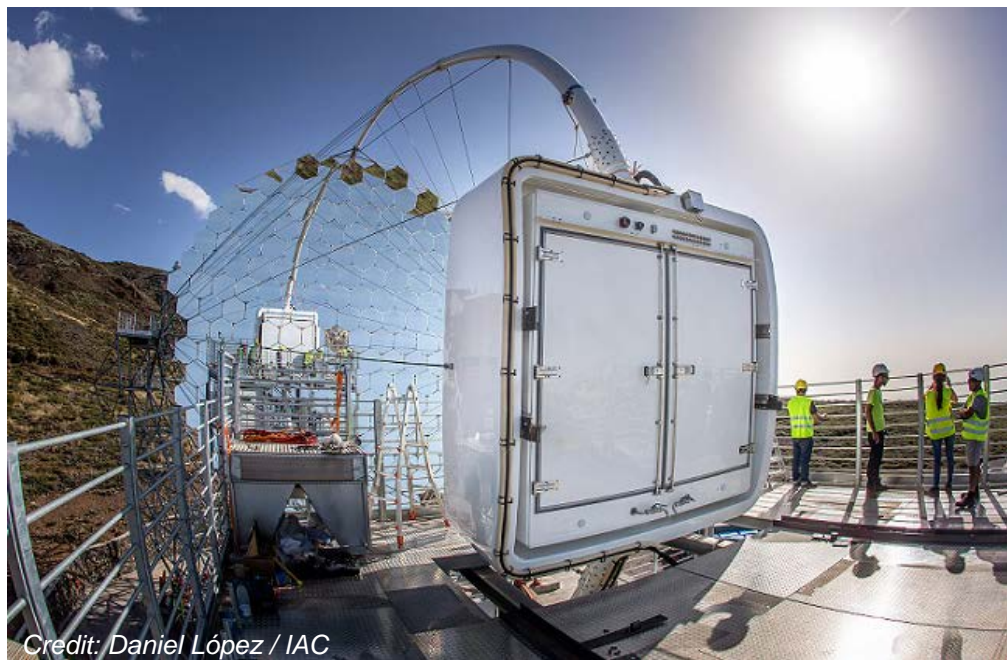
昨年9月下旬
望遠鏡に取付



➤ PMT 7本+GHzサンプリング回路
+トリガー回路

➤ ライトガイド

➤ スローコントロール系



LST初号機完成

昨年10月
完成記念式典



Credit: A. Okumura



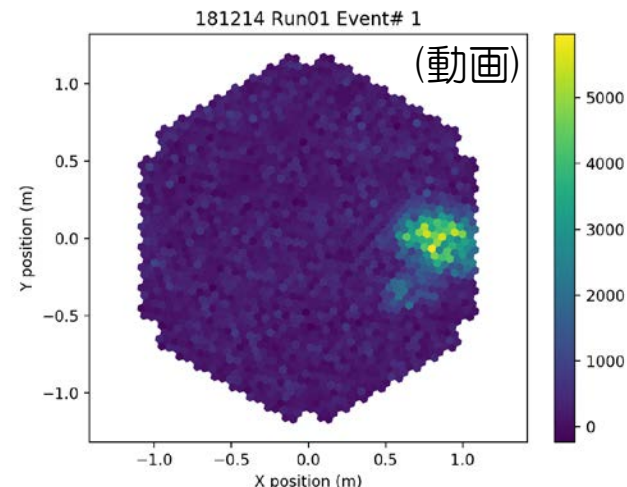
MAGIC
(口径17m)

LST-1

Credit: Max-Planck-Institute for Physics

- 突発天体対応
望遠鏡高速回転(180度/20秒)
⇒フライホイールを用いた
電源システム開発

- 北サイト全体の
計算機システム稼働中
(CPU 2000コア
+3 PB disk)



NEWS

<https://www.cta-observatory.org/lst-prototype-records-its-first-light/>

昨年12月 ファーストライト

進行中のカメラ調整・試験観測
は、次の齋藤講演で。

LST初号機完成



(望遠鏡駆動の動画)

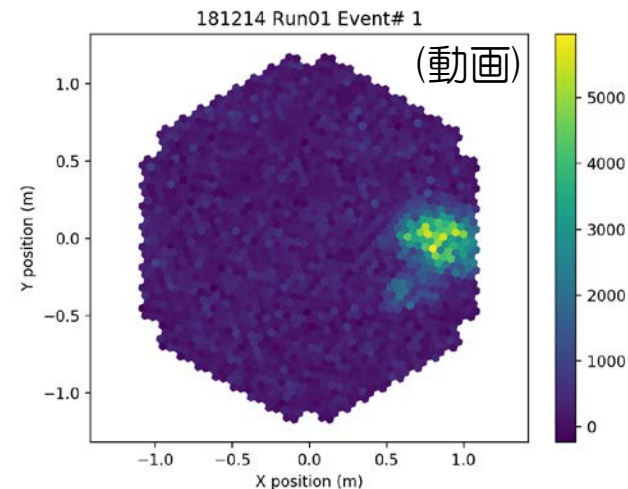


MAGIC
(口径17m)

LST-1

- 突発天体対応
望遠鏡高速回転(180度/20秒)
⇒フライホイールを用いた
電源システム開発

- 北サイト全体の
計算機システム稼働中
(CPU 2000コア
+3 PB disk)



NEWS

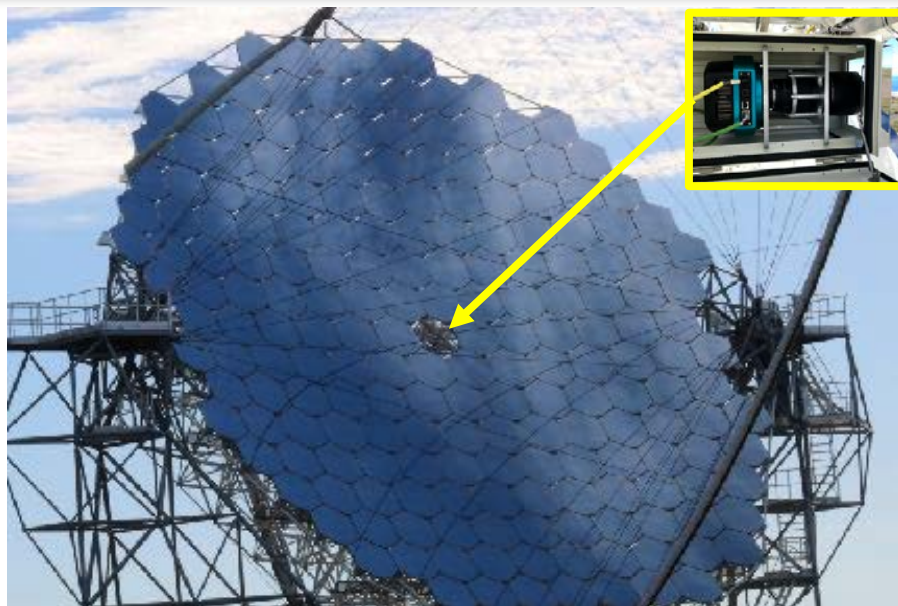
<https://www.cta-observatory.org/lst-prototype-records-its-first-light/>

昨年12月 ファーストライト

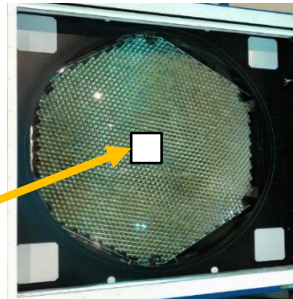
進行中のカメラ調整・試験観測
は、次の齋藤講演で。

LST初号機：光学系調整

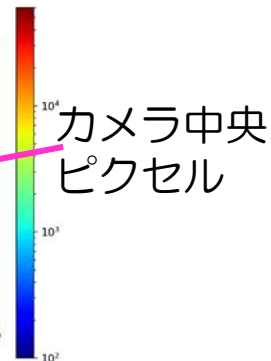
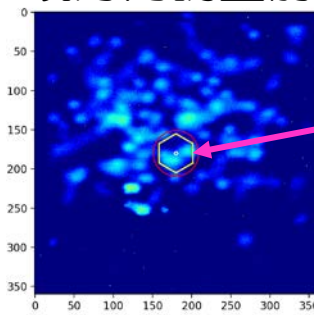
球面分割鏡
198枚



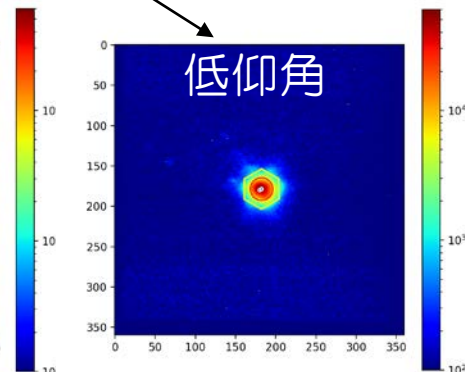
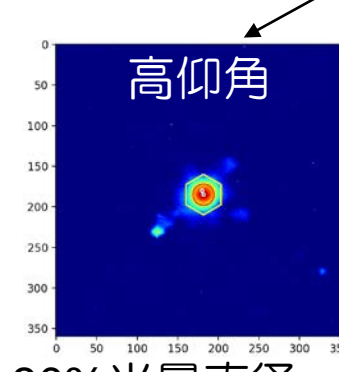
CCDカメラ
@主鏡中央で
主焦点カメラ
のスクリーン
上の星像撮像



鏡方向調整前



調整後

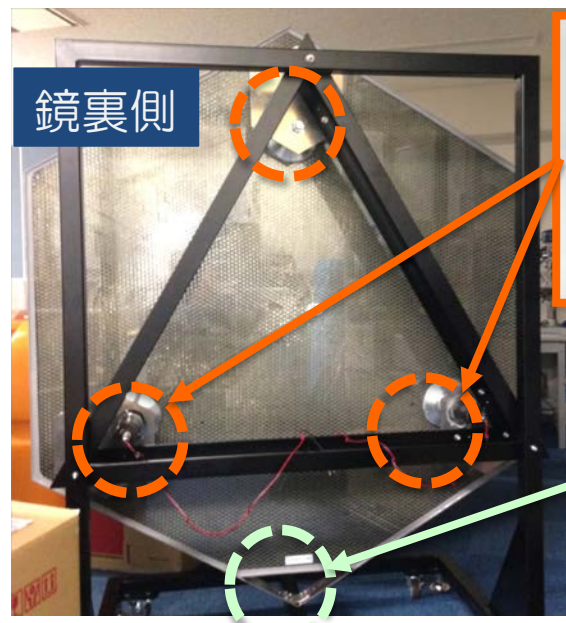


80%光量直径

=0.055°

0.066°

(カメラピクセル=0.1°)



鏡裏側

アクチュエータ



防水型CMOSカメラ



中口径望遠鏡プロトタイプ

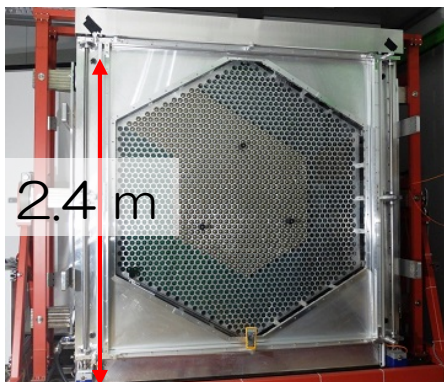
- Davies-Cotton型 MST (欧州)

口径12m

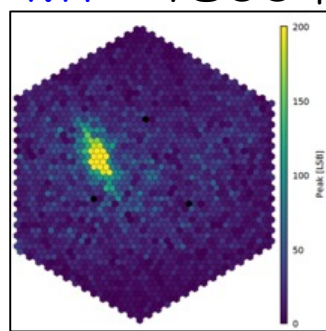


@ドイツ
(2013~)

カメラ 視野~8度 PMT~1800本



2.4 m



ファーストライト

<https://www.cta-observatory.org/mst-prototype-records-first-light/>

- Schwarzschild-Couder型 SCT



主鏡 (D~9.7m)
副鏡 (D~5.4m)

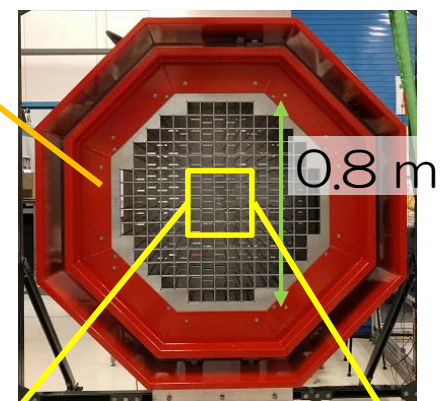
□ カメラ

● 視野8度

● SiPM~1.1万素子

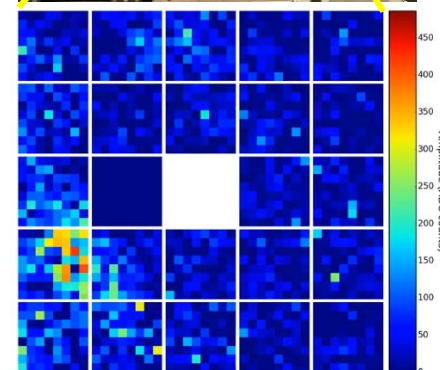


@USA



0.8 m

NEWS 今年1月
ファーストライト



<https://www.cta-observatory.org/sct-first-light/>

➤ PMTとSiPMの光検出効率比較

小口径(SST)プロトタイプ-3タイプ-

● Schwarzschild-Couder型

①ASTRI 口径4.3+1.8m

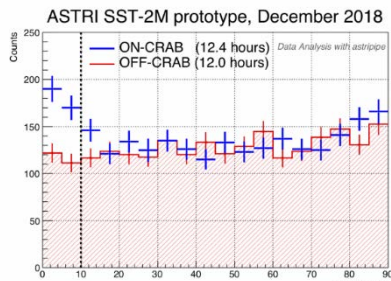


@イタリア (2014~)

欧州 視野 9.6度
SiPMカメラ (2368 ch)



NEWS 今年1月
かに星雲 E>3.5TeV
5.4σで検出



<https://www.cta-observatory.org/astri-detects-crab-at-tev-energies/>

2回反射型望遠鏡での
ガンマ線検出は初!

● Davies-Cotton型 (欧州)

視野9度 SiPMカメラ(1296 ch)

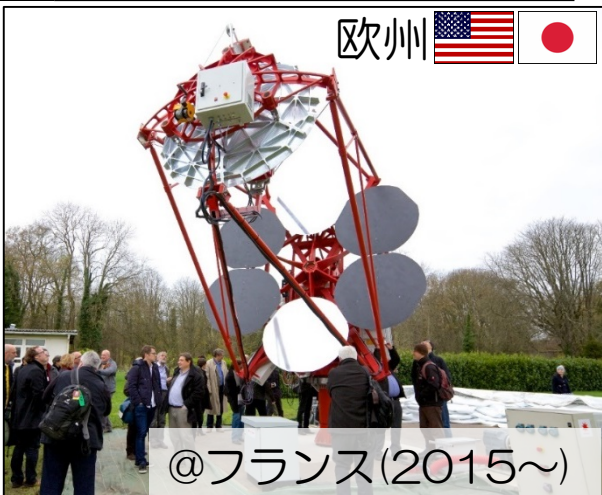


口径4m

@ポーランド (2014~)

<https://www.cta-observatory.org/cta-prototype-telescope-sst-1m-catches-first-glimpse-sky/>

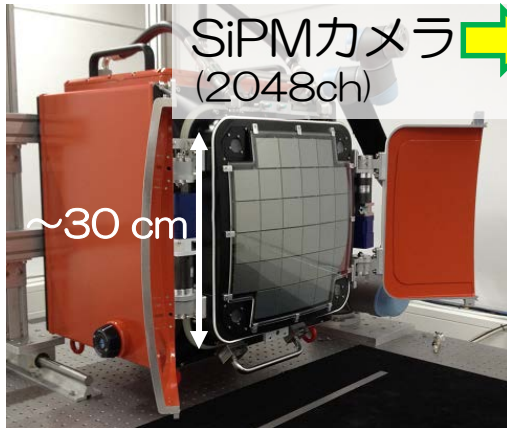
②GCT 口径4.2+1.8m 視野 9.2度



欧州

@フランス(2015~)

<https://www.cta-observatory.org/cta-telescope-prototype-gamma-ray-cherenkov-telescope-inaugurated-1-december/>



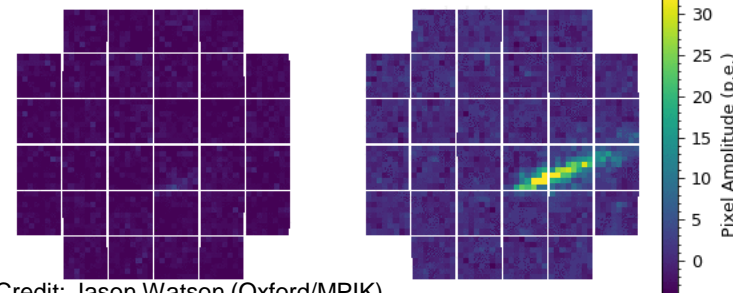
SiPMカメラ (2048ch)

~30 cm

SiPM低クロストーク化

NEWS 今年4月

①ASTRI望遠鏡に搭載
ファーストライト (動画)

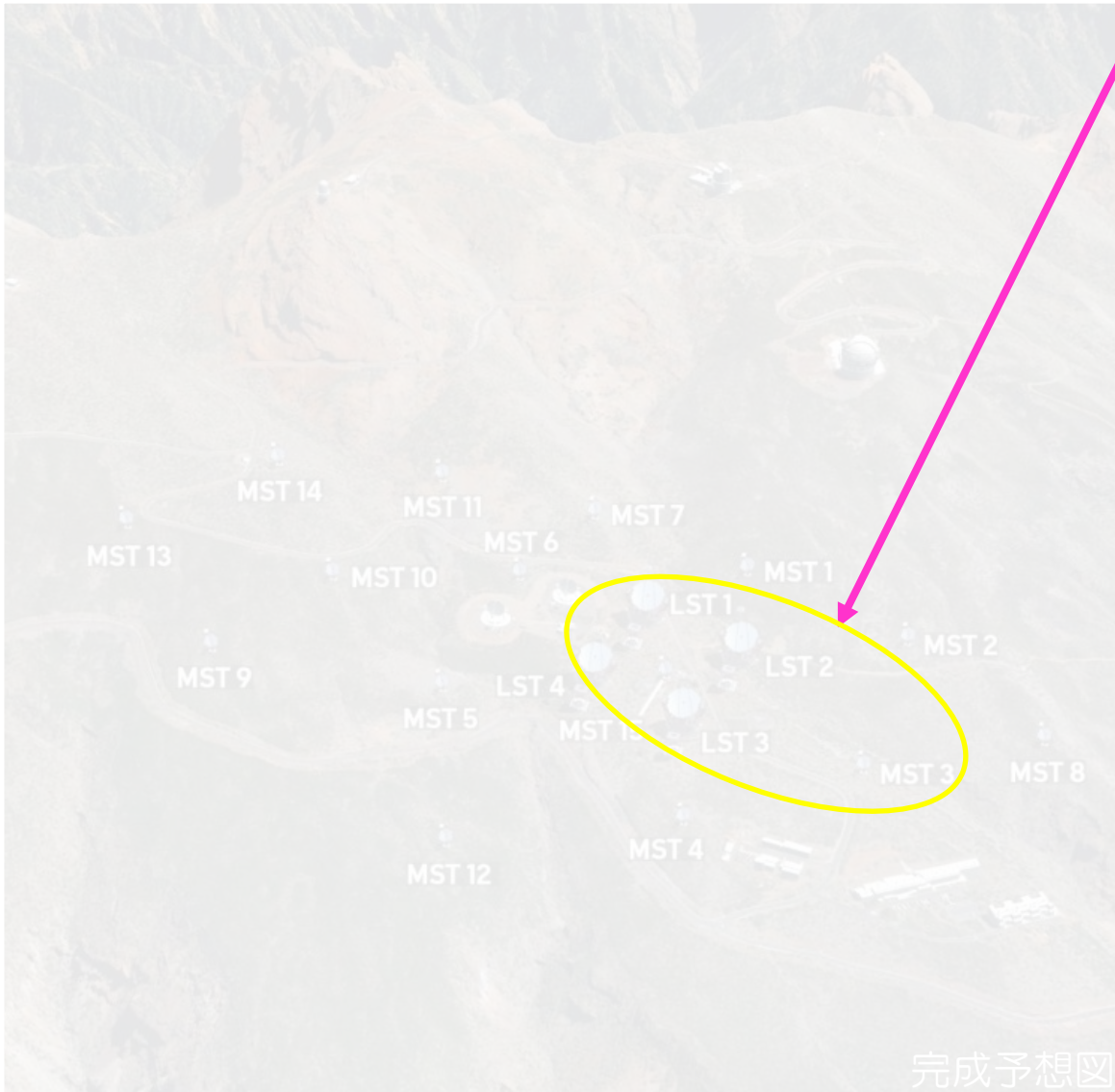


Credit: Jason Watson (Oxford/MPIK)

<https://www.cta-observatory.org/chec-achieves-first-light-on-astri/>

⇒ミニアレイ(9台)建設予定

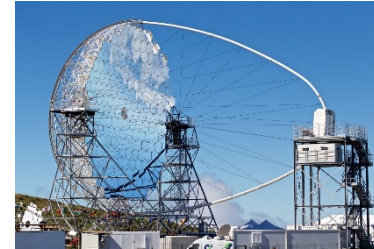
CTA北サイト建設計画



● Phase I

➤ LST初号機

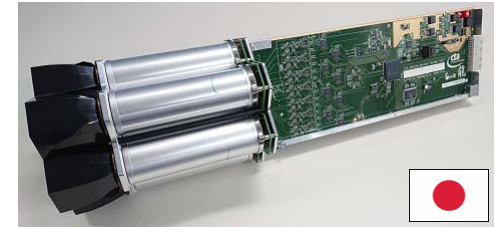
- コミッショニング中
- エンジニアリングラン




2021年まで

➤ LST 2-4号機

- LSTカメラモジュール組立中



- LST分割鏡 

ラパルマに輸送済

- LST現地建設 来年～

- LST 4機稼働 2022年～

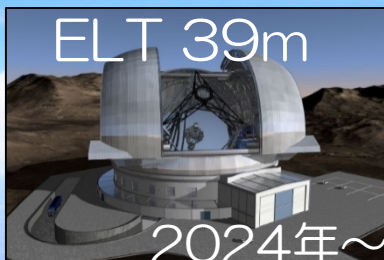
➤ MST 1台建設

- Phase II MST 14台建設
2025年完成

CTA南サイト@チリ・パラナル



Google



ELT 39m

2024年~

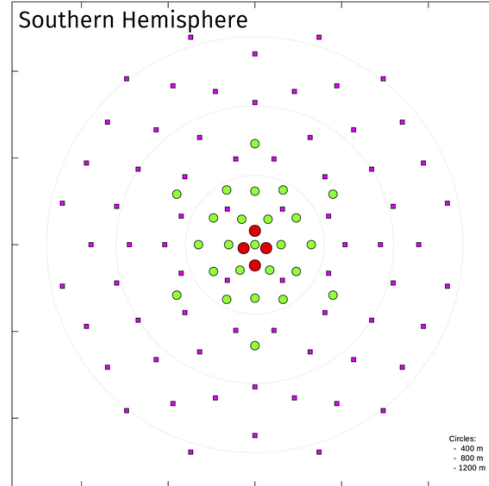
Cerro Armazones
E-ELT

Vulcano Lullillaco
6739 m, 190 km east

Proposed Site for the
Cherenkov Telescope Array

CTA南サイト

計99台
LST MST SST



← 2 km →

Cerro Paranal
Very Large Telescope

VLT 8.2m x 4



© Marc-André Besel

Credit: Marc-André Besel, CTAO / ESO

NEWS

昨年12月
合意文書署名：
【CTA、チリ政府、ESO】



Credit: ESO/B. Núñez



Credit: CONICYT

サイト建設
来年~

まとめ

次世代超高エネルギーガンマ線天文台CTA

- 日本グループは、大口径望遠鏡LSTの光学系・カメラ開発で中心的役割
+ 中小口径Schwarzschild-Couder(2回反射型)望遠鏡カメラ開発
+ 事象シミュレーション、解析ソフトウェア開発、サイエンス検討

■ LST初号機@北サイト

昨年12月ファーストライト

⇒現在コミッショニング中

- ◆ 分割鏡一星像を用いた方向調整
- ◆ カメラ・試験観測一次の齋藤講演

■ LST 2-4号機@北サイト

分割鏡製作完了、カメラモジュール組立中
現地建設 来年～

■ SSTプロトタイプ

SiPM 低クロストーク化
かに星雲検出

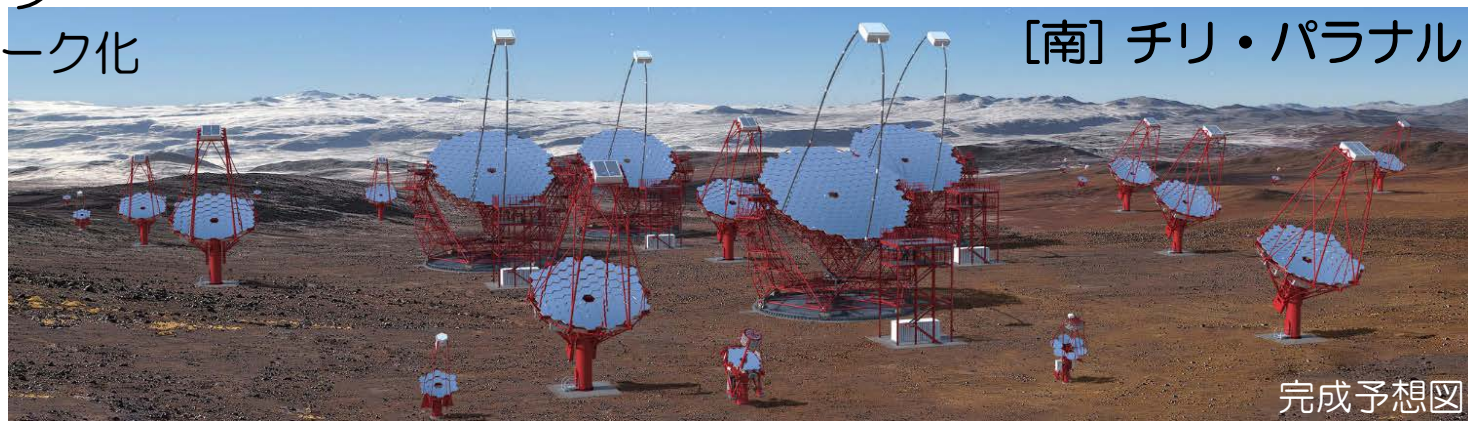
■ MSTカメラ

PMTとSiPMの
検出効率比較



[北] スペイン・ラパルマ島

Credit: A. Okumura



[南] チリ・パラナル