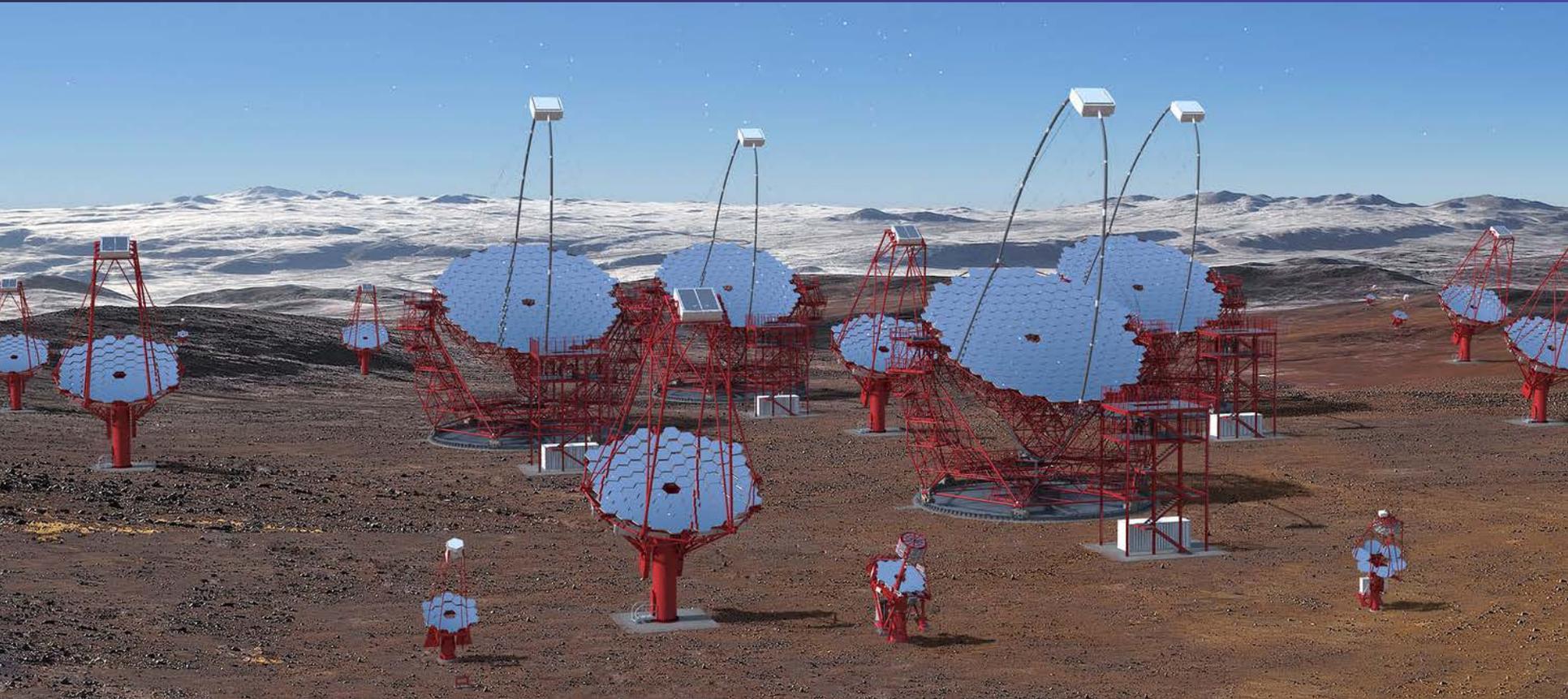


# Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画： 全体報告(14)

窪 秀利 (京都大学) 他 CTA Consortium



# CTA Consortium



32か国

>1400名

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



## CTA-Japan 118名

**青山大** 大平豊, 木坂将大, 柴田徹, 山崎了, 吉田篤正

**茨城大** 片桐秀明, 三浦智佳, 柳田昭平, 吉田龍生

**JAXA/ISAS** 小山志勇

**大阪大** 藤田裕, 松本浩典

**北里大** 村石浩

**京大基研** 井岡邦仁

**京大理** 川中宣太, 窪秀利, 田中孝明, 鶴剛, 野崎誠也, 平子丈, 増田周, 李兆衡

**近畿大** 千川道幸, 李健

**熊本大** 高橋慶太郎

**KEK素核研** 郡和範, 田中真伸, 廣島渚

**甲南大** 猪目祐介, 高原大, 田中周太, 山本常夏

**埼玉大** 勝倉大輔, 勝田 哲, 砂田裕志, 寺田幸功, 永吉勤, 西山楽

**東海大** 神本匠, 木村颯一郎, 櫛田淳子, 種田裕貴, 辻本晋平, 西嶋恭司

## 東大 宇宙線研

浅野勝晃, 石尾一馬, 稲田知大, 岩村由樹, 大石理子, 大岡秀行, 岡崎奈緒, 加賀谷美佳, 久門拓, 黒田隼人, 齋藤隆之, 榎直人, 櫻井駿介, 澤田真理, 高橋光成, 手嶋政廣, 野田浩司, 林田将明, 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, Albert K.H. Kong, Pratik Majumdar, Daniel Mazin, Jumpei Takata, Thomas P. H. Tam, Wenwu Tian 戸谷友則

## 東大天文 東大物理

中山和則, 馬場彩

## 東北大

格和純, 當真賢二

## 徳島大

折戸玲子

## 名大理

井上剛志, 佐野栄俊, 立原研悟, 早川貴敬, 林克洋, 福井康雄, 山本宏昭, 吉池智史

## 名大ISEE

朝野彰, 奥村曉, 佐々井義矩, 関崎晴仁, 田島宏康, 中村裕樹, 日高直哉, Anatolii Zenin

## 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, 高橋知也, 門叶冬樹, 中森健之

## 山梨学院大 理研

内藤統也, 原敏 井上進, 井上芳幸, 長瀧重博, Maxim Barkov, Gilles Ferrand, Haoning He, Donald Warren

## 立教大

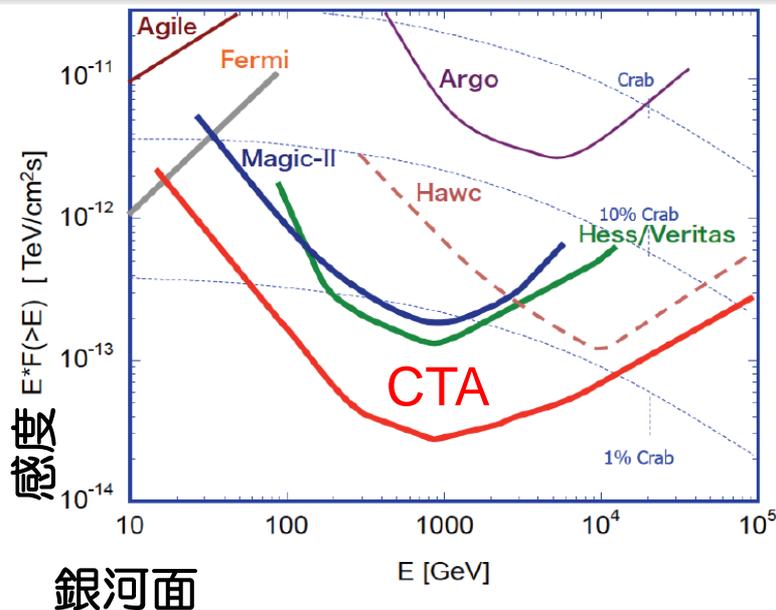
内山泰伸

## 早稲田大

片岡淳

# CTAの性能、狙うサイエンス

## Cherenkov Telescope Array (CTA)



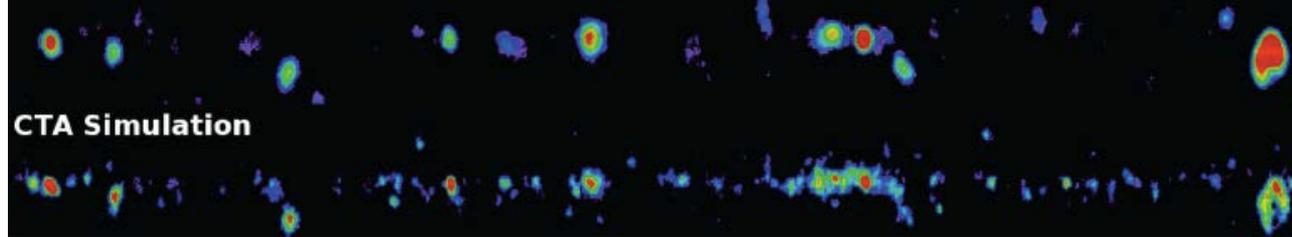
従来の望遠鏡より

- ◆ 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)

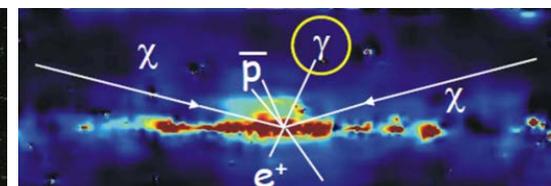
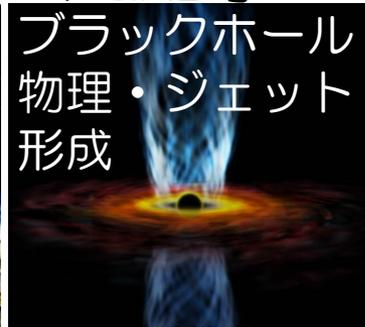
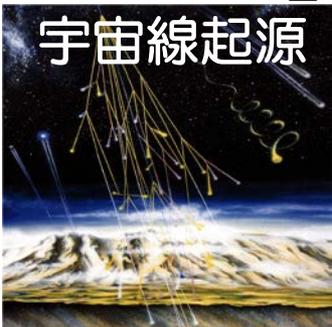


- 検出天体 208個 (現行) ⇒ 1000個以上
- 最遠方  $z \sim 1$  (現行) ⇒  $z \sim 4$  GRB等

H.E.S.S. Simulation



CTA Simulation



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  
ローレンツ不変性検証

詳細は、特集号 *Astroparticle Physics*, 43 (2013) 1-356

**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  
2019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 20-30年間

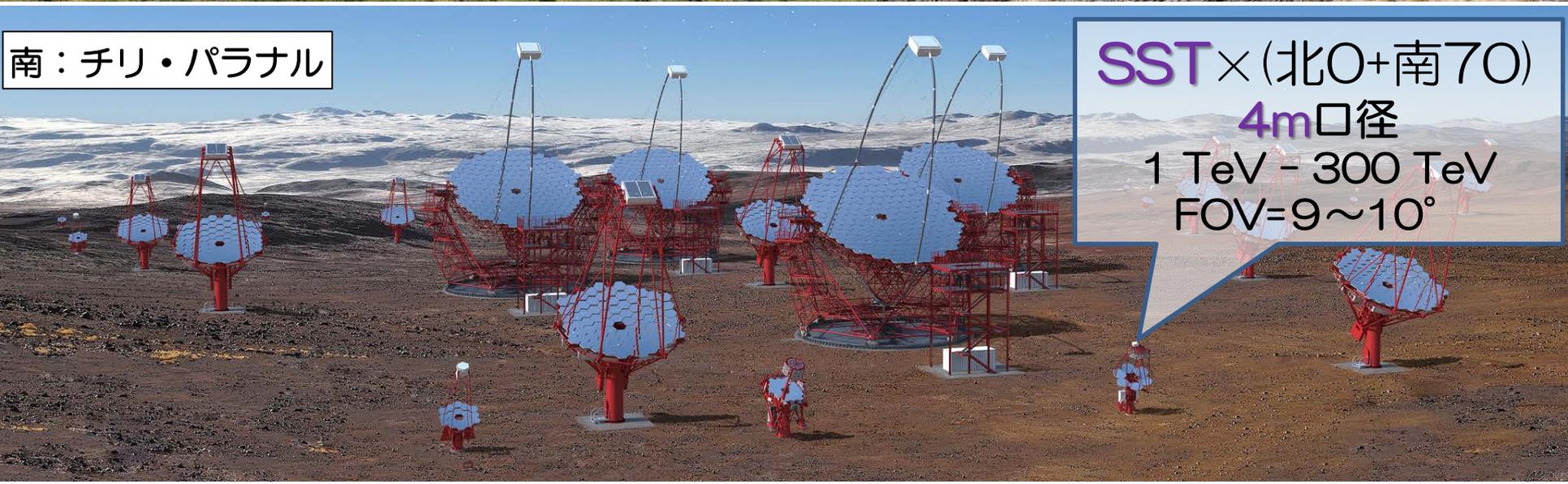
完成予想図

北：スペイン・ラパルマ島



MAGIC望遠鏡

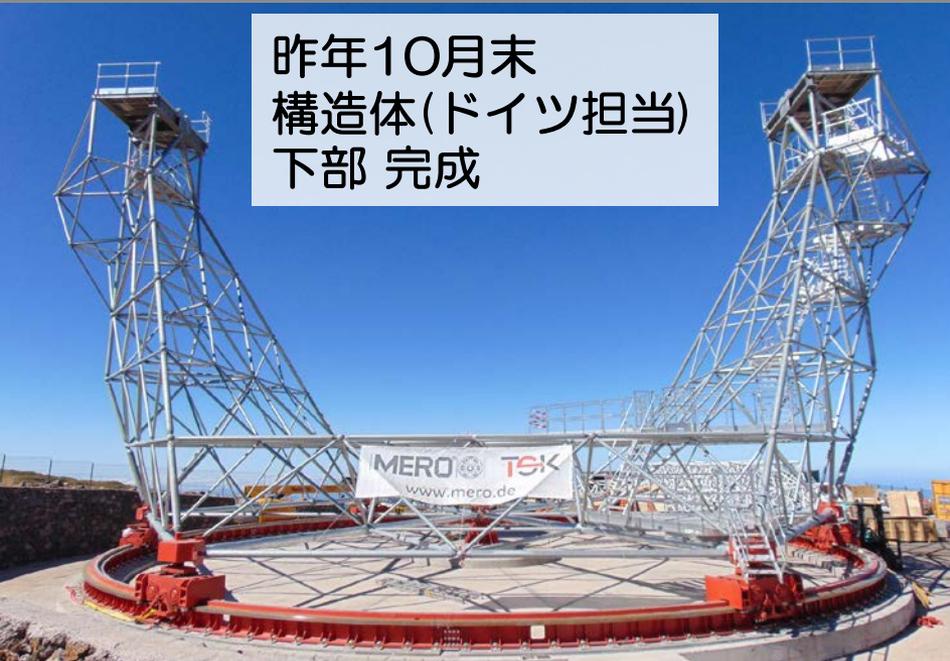
南：チリ・パラナル



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

# LST初号機@北サイト(ラパルマ島)の建設 前回学会以降

昨年10月末  
構造体(ドイツ担当)  
下部 完成



昨年11月 鏡取付構造体の組立中



昨年12月 鏡構造体取付け



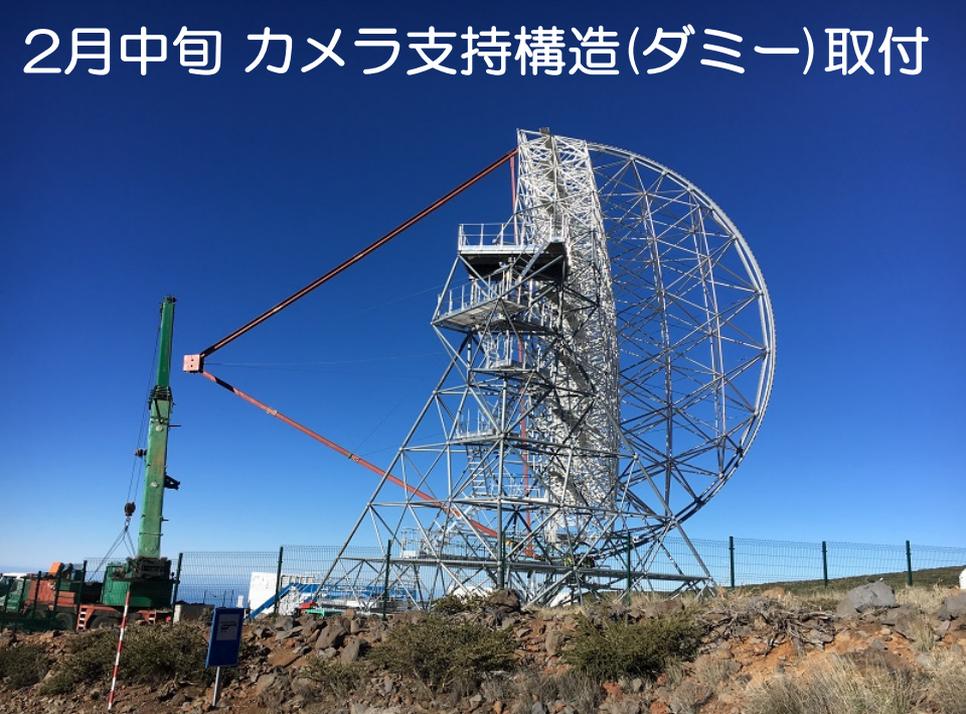
# LST初号機@ラ パルマ島の建設



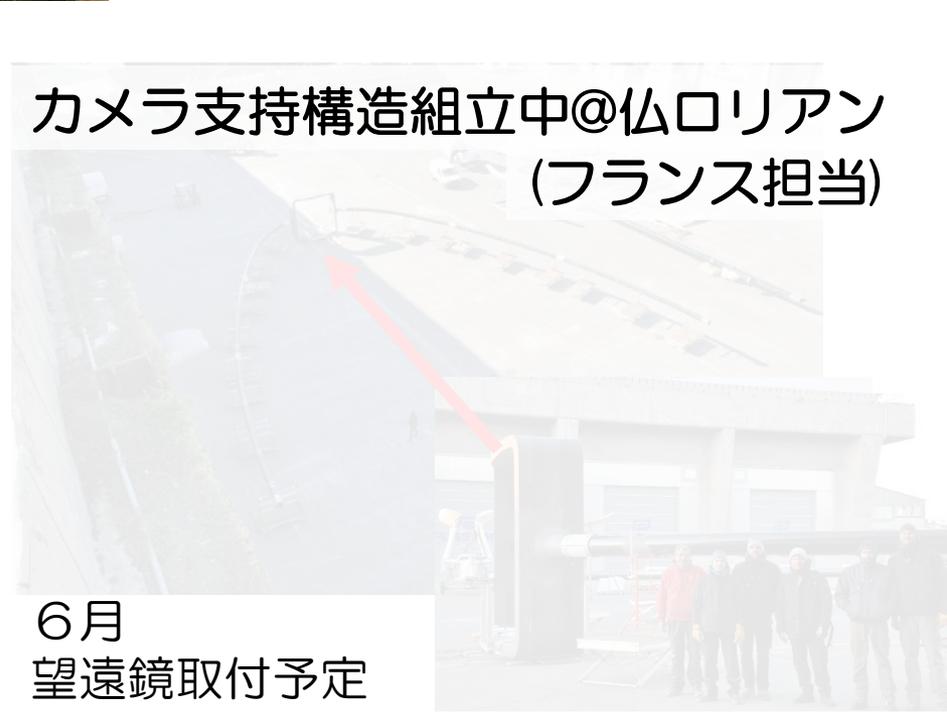
今年1月  
コミッショニング  
用コンテナ設置



2月上旬



2月中旬 カメラ支持構造(ダミー)取付



カメラ支持構造組立中@仏ロリアン  
(フランス担当)

6月  
望遠鏡取付予定

# LST 日本 の 分担 - 分割鏡 ・ アクチュエータ

黒田講演

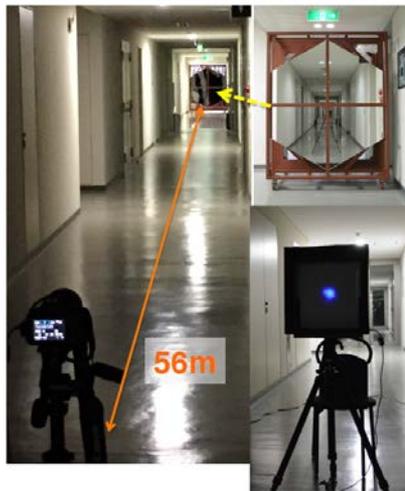
分割鏡 198枚



結像性能測定  
@東大宇宙線研



ラ パルマ島 に 輸送



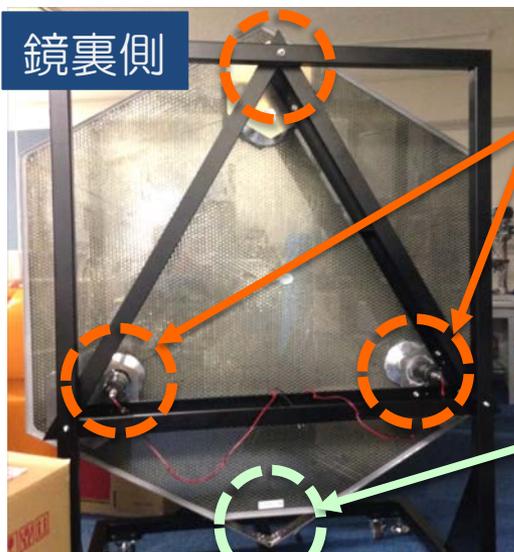
抽出検査



⇒来月～ 望遠鏡取付

深見講演

鏡裏側



アクチュエータ



防水型CMOSカメラ



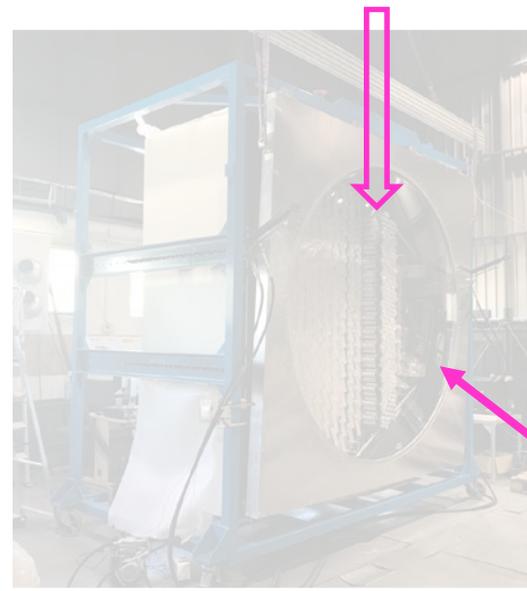
2月 構造体 ・ アクチュエータ間  
接続板 取付開始

# LST 日本の分担—光センサ、読み出し回路

平子講演



昨年9月～  
カメラ全体組上げ・試験@スペイン  
PMTモジュール1/8取付済

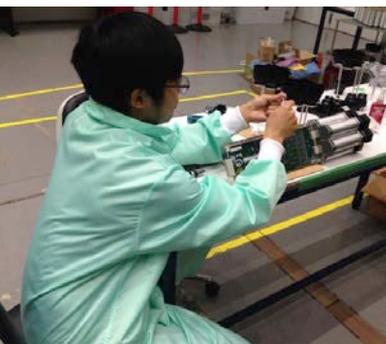


筐体：スペイン担当

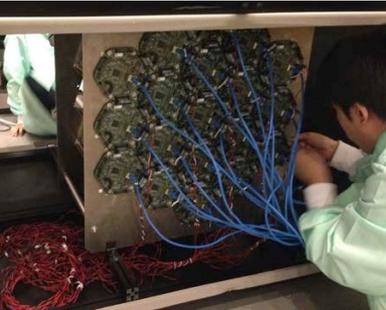
今年9月 カメラ全体を望遠鏡に取付  
ファーストライト  
10月 LST初号機竣工式

- 2-4号機用  
PMT：1万本 製造済→較正中  
読み出し回路：1100モジュール 製作中  
(年度内完了)

- 初号機用：昨年1～9月 日本グループ  
現地機関スペインIAC研究所に滞在、  
モジュール組立て⇒19モジュール(133ピクセル)  
単位で品質管理試験



⇒初号機必要数を  
確保した

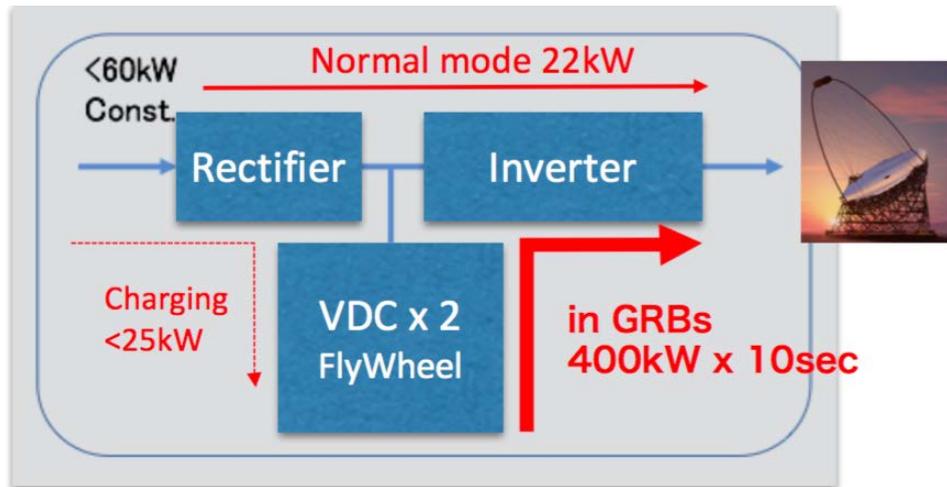
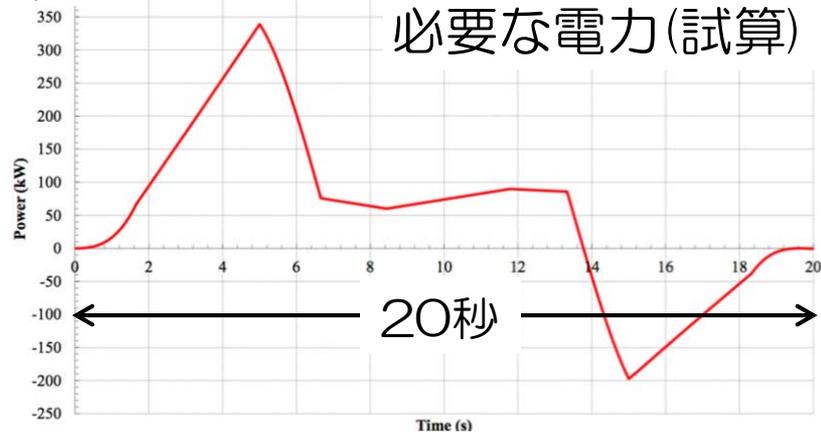


# LST 大電力供給システム(Fly wheel)



GRBなどのトランジェント天体観測のため、望遠鏡高速駆動 180度/20秒

400 kW



LST用システム 昨年9月 試験@スイス



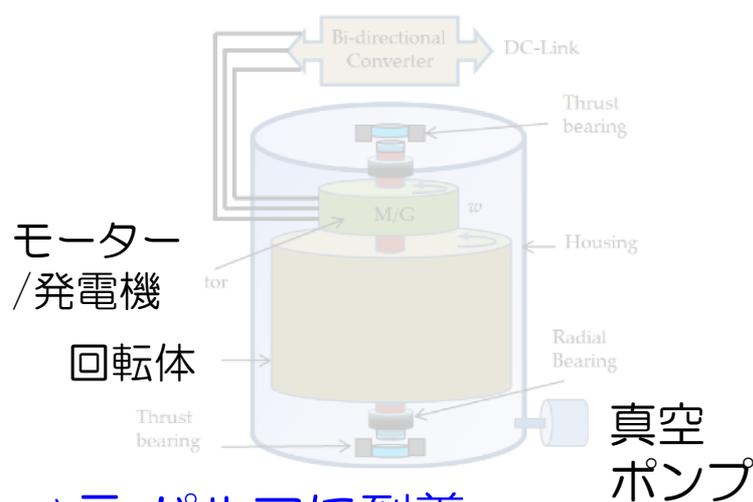
600 kW UPS

Fly wheel

Fly wheel

Fly wheelシステム

<http://www.mdpi.com/2076-3417/7/3/286/htm>

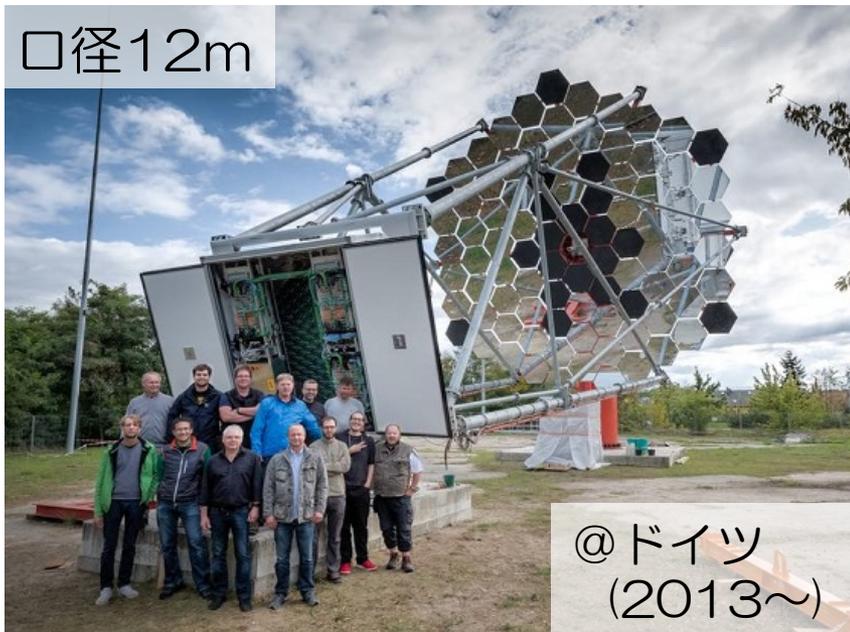


⇒ラ パルマに到着

# 中口径望遠鏡プロトタイプ

## ● Davies-Cotton型 MST (欧州)

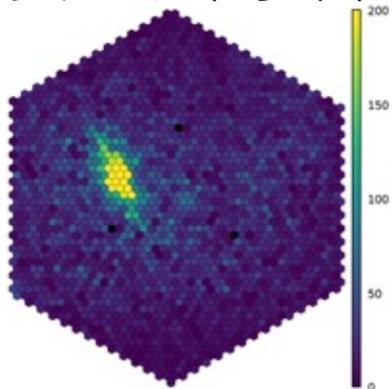
口径12m



@ドイツ  
(2013~)

カメラ 視野~8度

**NEWS** 昨年9月  
ファーストライト



2.4 m

PMT ~1800本

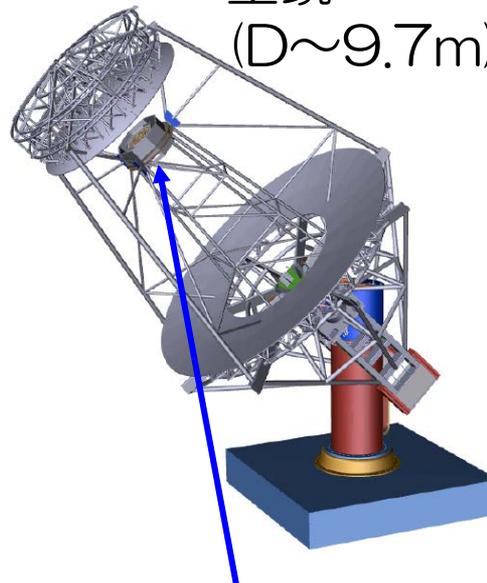
<https://www.cta-observatory.org/mst-prototype-records-first-light/>

## ● Schwarzschild-Couder型 SCT



副鏡 (D~5.4m)

主鏡  
(D~9.7m)



@USA

鏡取付中

### □ カメラ

- 視野8度
- SiPM ~1.1万素子

ファーストライト  
今年中頃予定



# 北サイト全体の計算機システム



LST 4台+MST 15台

3 GB/s



サイエンスデータ管理センター  
@ドイツDESY



0.3 GB/s

<https://www.cta-observatory.org/project/technology/data/>

## オンサイト計算機システム

CPU 2000コア(うち望遠鏡制御 約200コア)  
+3 PB diskを3 ラックに収納



Infini-band Disk system CPUクラスタ  
Disk system Gbit Ethernet

北サイト制御棟が完成するまで、  
コンテナ(12m長)に収納

昨年12月  
設置



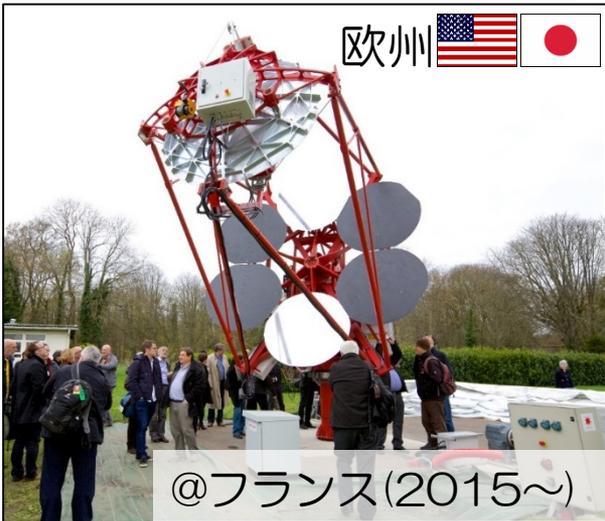
# 小口径(SST)プロトタイプー3タイプー

## ● Schwarzschild-Couder型

① GCT 口径4.2+1.8m 視野 9.2度

MAPMTカメラ (2048ch)

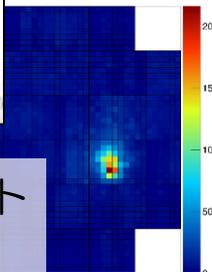
欧州  



@フランス(2015~)



ファーストライト (2015年)



➤ SiPM素子開発 

光クロストーク[%]

保護層厚の最適化

[公開版では図を削除]

過電圧[V]

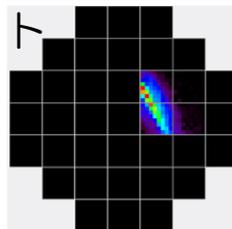
② ASTRI 口径4.3+1.8m

欧州  

視野 9.6度  
SiPMカメラ (2368 ch)



ファーストライト (昨年5月)



<https://www.cta-observatory.org/cta-prototype-telescope-astri-achieves-first-light/>

@イタリア (2014~)

● Davies-Cotton型 (欧州) 口径4m

視野9度  
SiPMカメラ (1296 ch)

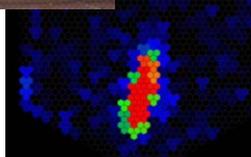


@ポーランド (2014~)



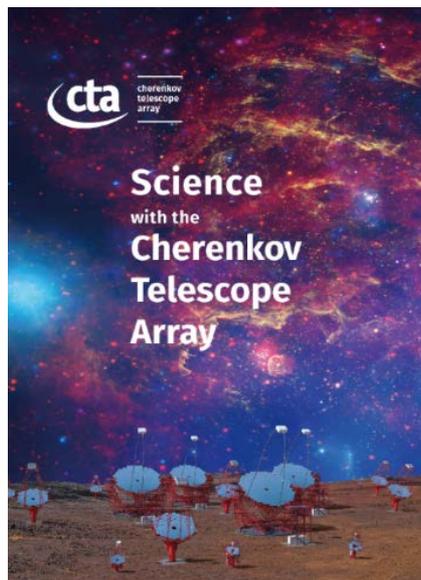
<https://www.cta-observatory.org/cta-prototype-telescope-sst-1m-catches-first-glimpse-sky/>

ファーストライト (昨年8月)



# サイエンス検討+観測シミュレーション

- 日本グループは、AGN, Transient, SNRなどで大きく貢献
- Consortium全体で、Key Science Project(運用開始10年間の観測時間~40%使用)に関する検討書作成⇒**NEWS** 昨年9月 arXiv:1709.07997にて公開



AGN

銀河面・系外サーベイ

トランジェント

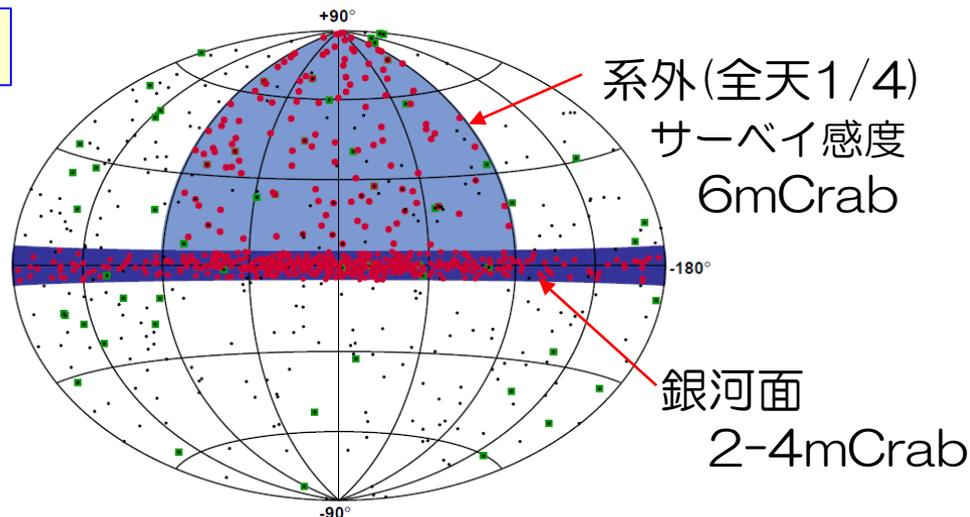
PeVatrons

星形成領域

LMCサーベイ

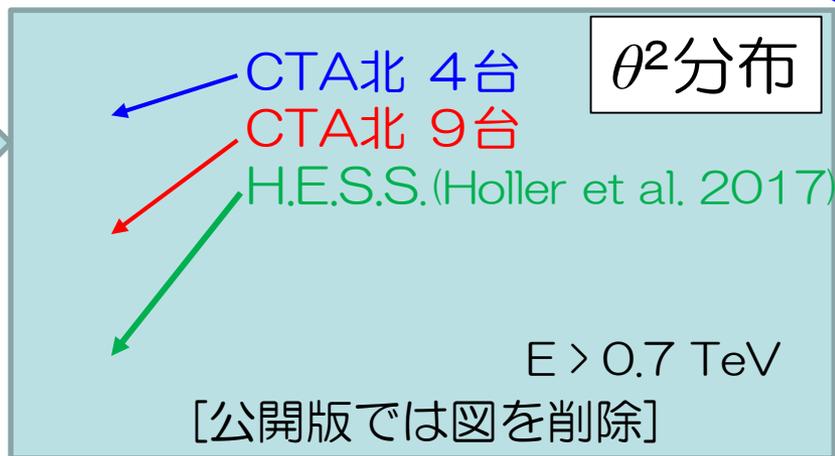
銀河団

暗黒物質探索



日本グループ進行中

- かに星雲の観測シミュレーション (高橋講演@星間現象)
- TeV領域電子・陽電子スペクトル測定性能のシミュレーション評価
- CTA大口径望遠鏡のモンテカルロシミュレーションによる月光下での性能評価



# 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望遠鏡カメラ開発や  
観測シミュレーション
- LST 1号機@北サイト建設中  
現地で、日本から輸送した光学系・カメラ  
モジュールの組立+品質管理  
⇒ファーストライト今年9月予定
- LST 2-4号機@北サイト用の鏡・カメラ  
要素製作中(今年度中に完了)
- 中小口径望遠鏡プロトタイプ試験中
- Key Science Project検討書公開

