



cherenkov
telescope
array

CTA報告102: 全体報告

窪 秀利 (京大理),
手嶋 政廣 (東大宇宙線研),
戸谷 友則 (東大理),
他CTA-Japan Consortium



CTA Consortium



32か国

>1200名



CTA-Japan 114名

青山大 大平豊, 澤田真理, 柴田徹, 馬場彩, 山崎了, 吉田篤正
茨城大 小野祥弥, 加賀谷美佳, 片桐秀明, 重中茜, DANG VIET TAN, 長紀仁, 本橋大輔, 柳田昭平, 吉田龍生
JAXA/ISAS 井上芳幸, 小山志勇, 李兆衡
大阪大 藤田裕
北里大 村石浩
京都大 井岡邦仁, 窪秀利, 今野裕介, 齋藤隆之, 田中孝明, 谷川俊介, 鶴剛, 畑中謙一郎, 増田周
近畿大 千川道幸
熊本大 高橋慶太郎
KEK素核研 木坂将大, 郡和範, 田中真伸
甲南大 猪目祐介, 掃部寛隆, 岸田柊, 高見将太, 山本常夏
国立天文台 井上剛志
埼玉大 寺田幸功, 永吉勤, 松岡俊介
東海大 池野祐平, 梅津陽平, 櫛田淳子, 辻本晋平, 友野弥生, 西嶋恭司, 平井亘, 吉田麻佑

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, 加藤翔, 高橋光成, 榊直人, 田中周太, 手嶋政廣, 中嶋大輔, 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, Daniela Hadasch, David C.Y.Hui, Albert K.H. Kong, Pratik Majumdar, Daniel Mazin, Jumpei Takata, Thomas P. H. Tam

東大天文

川中宣太, 戸谷友則

東大物理

中山和則

東北大

當真賢二

徳島大

折戸玲子

名大KMI

松本浩典

名大理

佐野栄俊, 立原研悟, 鳥居和史, 早川貴敬, 福井康雄, 福田達哉, 山本宏昭, 吉池智史, 奥村暁, 佐藤雄太, 田島宏康, 日高直哉, 山根暢仁

名大ISEE

格和純, 高橋弘充, 深沢泰司

広大理

格和純, 高橋弘充, 深沢泰司

広大宇宙科学センター

田中康之, 水野恒史

宮崎大

森浩二

山形大

郡司修一, 武田淳希, 門叶冬樹, 中森健之

山梨学院大

内藤統也, 原敏

理研

井上進, 長瀧重博, Donald Warren, Maxim Barkov

立教大

内山泰伸

早稲田大

片岡淳

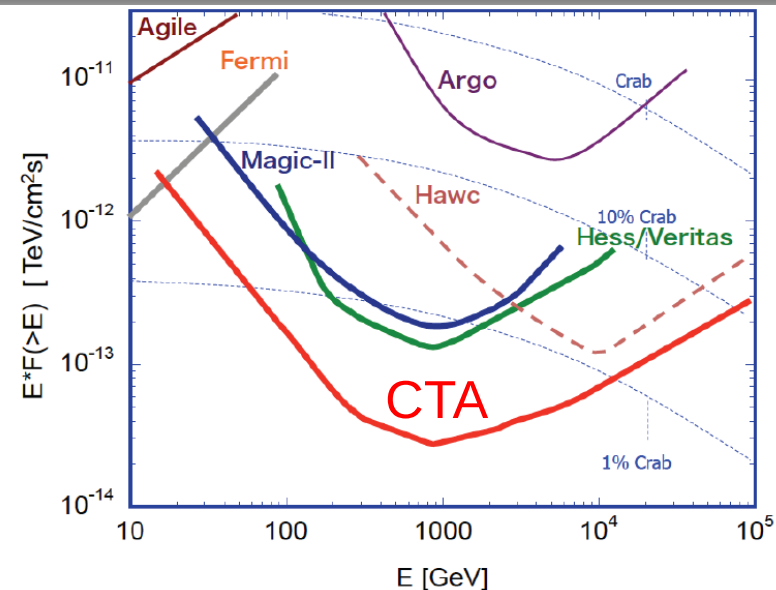
CTAで狙うサイエンス

Cherenkov Telescope Array (CTA)

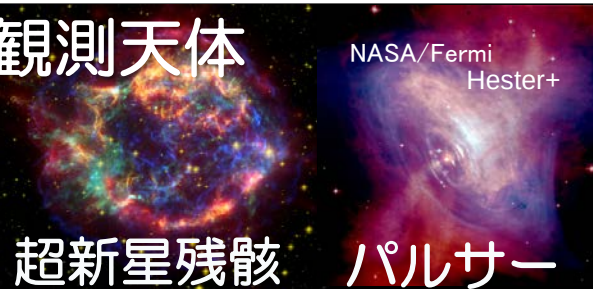


従来の望遠鏡より

- ◆ 一桁高い感度
- ◆ 一桁広い帯域 (20 GeV-300 TeV)
- ◆ 角度分解能 3倍 (1分角)



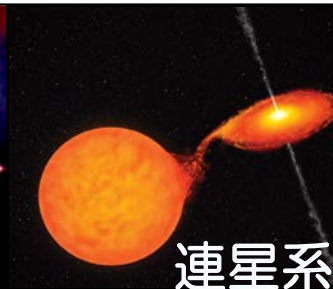
観測天体



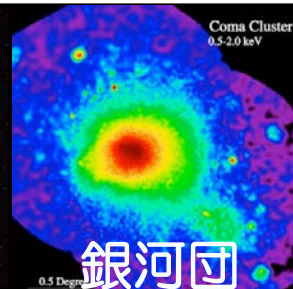
超新星残骸



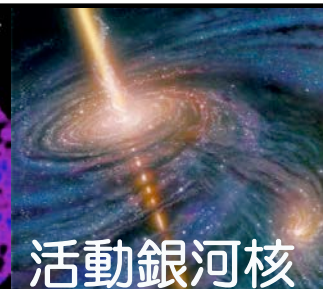
パルサー



連星系



銀河団

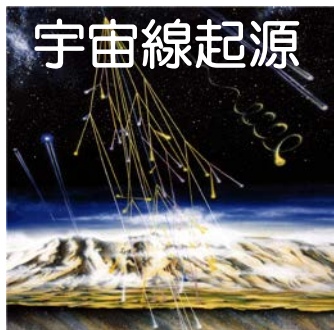


活動銀河核

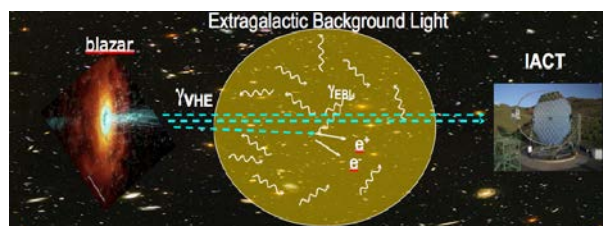
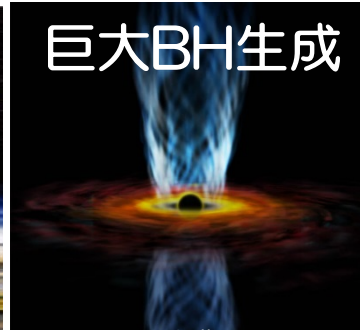


ガンマ線バースト

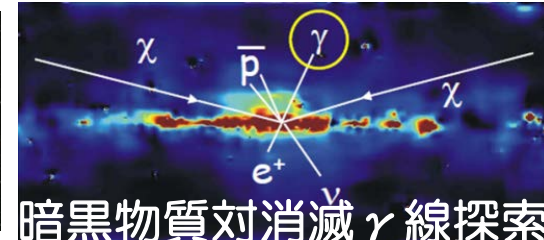
宇宙線起源



巨大BH生成



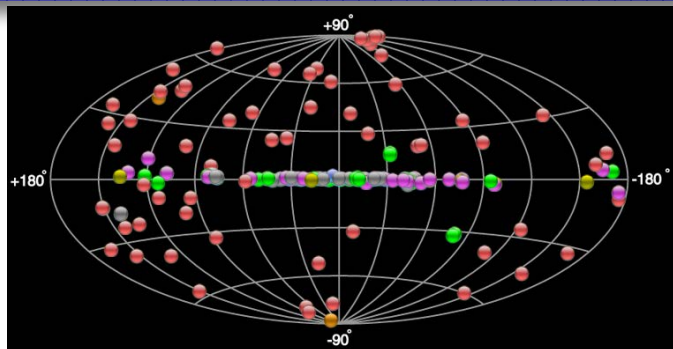
赤外・可視背景放射
→ 宇宙の星形成史



暗黒物質対消滅 γ 線探索

ローレンツ不変性検証

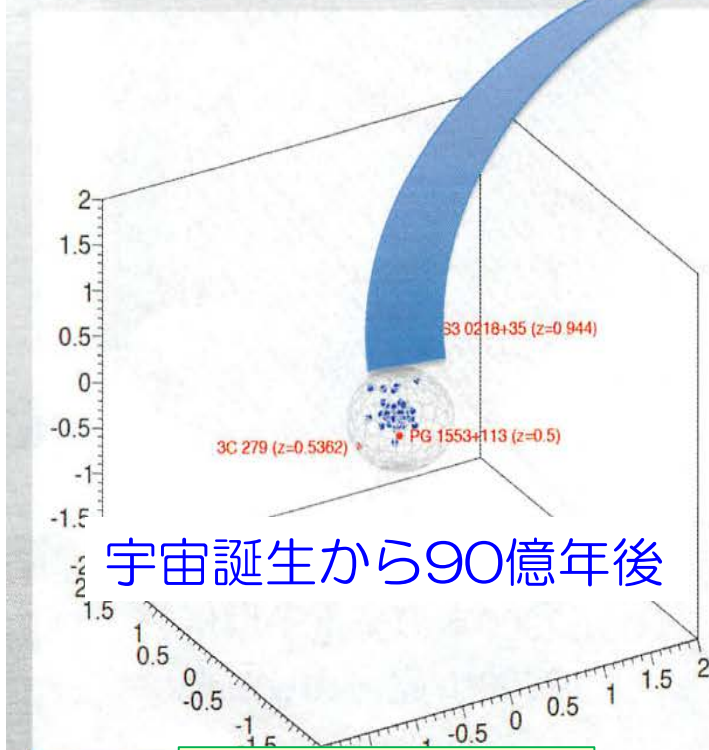
CTAで探る遠方宇宙 ($z \lesssim 4$)



TeVCatカタログ

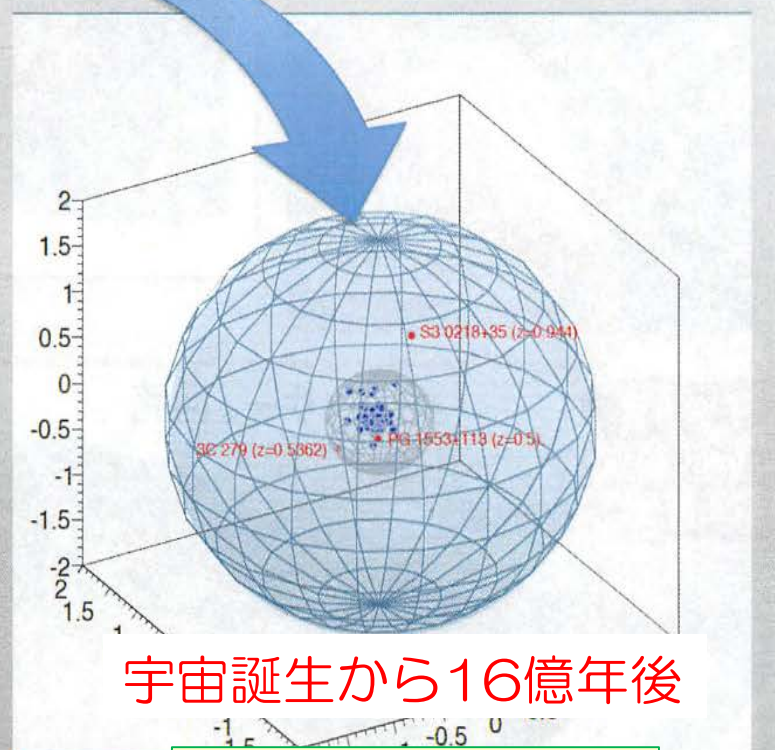
現在~170の天体が検出

>1000の天体が検出予想



宇宙誕生から90億年後

現在見える宇宙



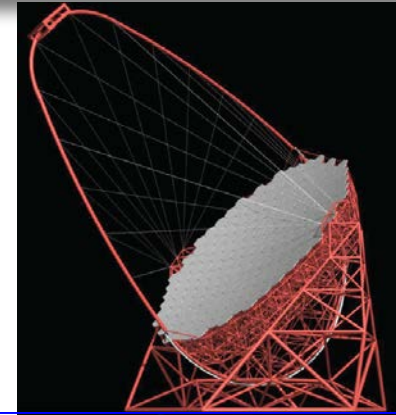
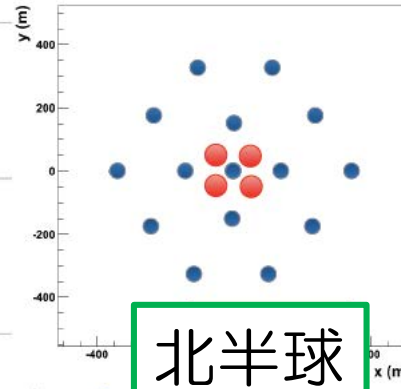
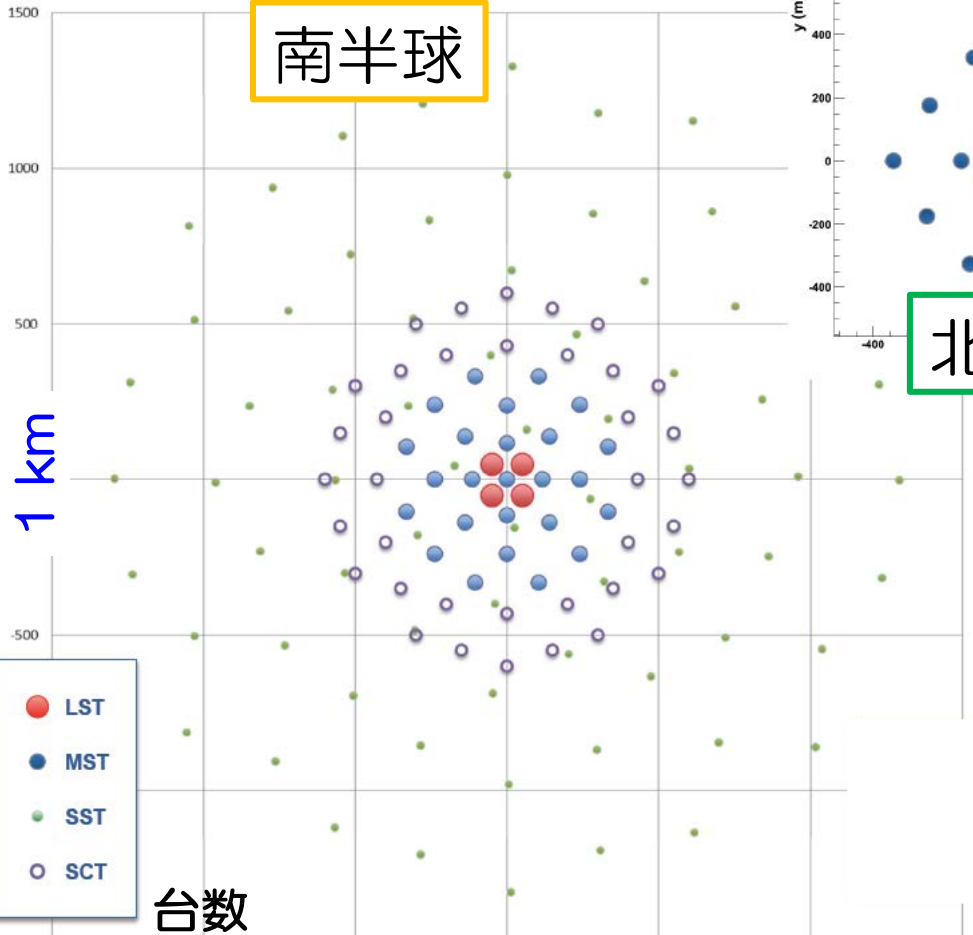
宇宙誕生から16億年後

CTAで見える宇宙

CTA計画

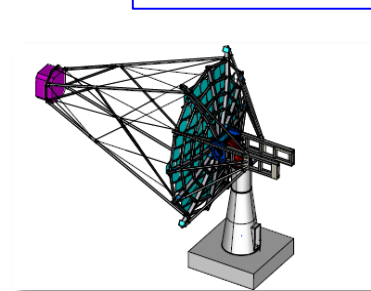
南半球と北半球の2ステーション⇒全天観測

南半球

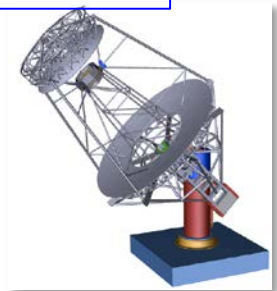


LST
口径
23m

20 GeV—1 TeV

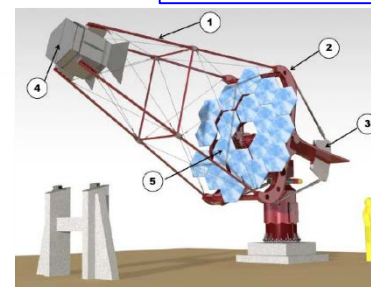


MST 12m

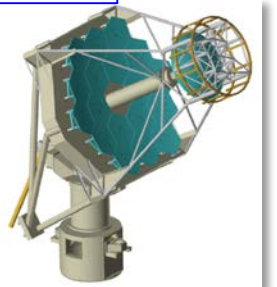


SCT 10m

0.1—10 TeV



SST ~4m



5—300 TeV

サイト	LST	MST	SCT	SST
南半球	4	25	24	70
北半球	4	15		

● フルアレイによる観測 2021年～ (公開天文台)

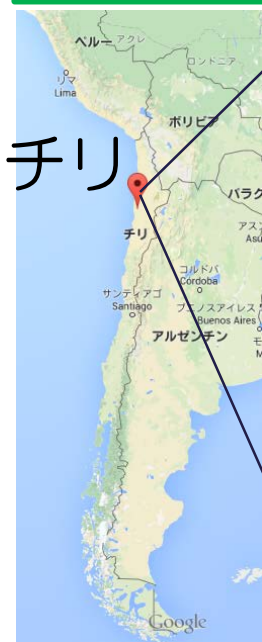
CTA建設サイト

昨年7月決定

北サイト



南サイト



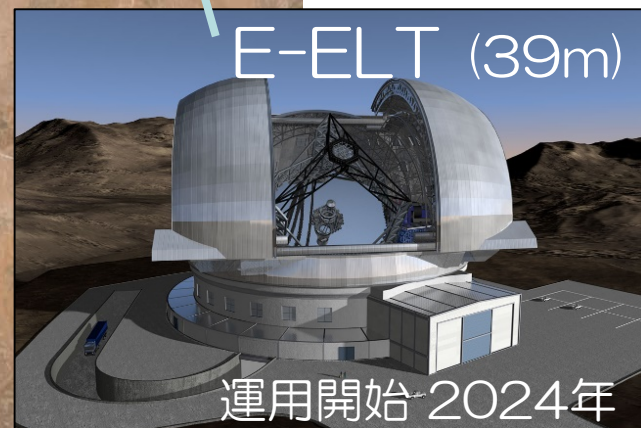
アタカマ砂漠

パラル天文台
(ESO)

CTA

セロ・アルマゾネス山
(Cerro Armazones)

E-ELT (39m)



運用開始 2024年

口径23m LSTー国際協力体制ー

10か国：日本(60), ドイツ(40), スペイン(82), イタリア(28), フランス(21),
ブラジル、スイス、インド、スウェーデン、クロアチア



望遠鏡総重量 100トン
高速回転 180° /20秒
追尾精度 14秒角

日本グループ
鏡・カメラ 開発の中心的役割

Flywheel, UPS
(独西)
Comp. (独伊日)

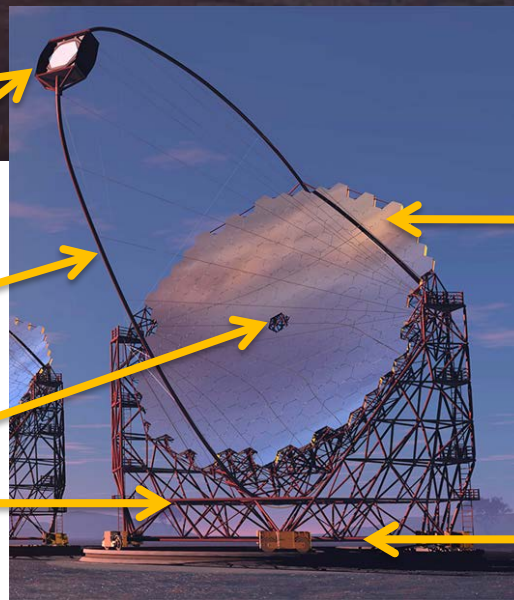


FPI/Elec (日伊)
Camera body (西)

CSS (仏伊)

StarGuider (スウェーデン)
CalibBox (印伊)

Structure (独)
Access Tower (独)



MIR (日)
Interface PL (独伯日)
Actuator (日瑞)
CMOS-Cam (独日)

Drive (独仏西)
Bogie (独西)
Rail (独西)
Foundation (独西)

LST進捗状況

- 2015年3月 ICRR-スペインIAC 覚書、LST1号機 覚書
 - LST1号機 ラパルマ建設の手続き完了
 - 地盤調査完了、現地政府に建設許可申請
- 2015年3月 スペイン・ラパルマをICRR海外観測拠点に
- 2015年4月 CTA外部のエンジニアによる最終デザイン確認
- 2015年6月 Critical Design Review
- 2015年7月 MPIが望遠鏡構造体を発注
- 2015年7月 Resource Board Meeting
 - 北サイト：スペイン・ラパルマ, 南サイト：チリ・パラナル
→LST-1 建設が容易
 - 日本(東京大学)CTAO法人に正式参加(2%貢献⇒将来15%へ拡張)
- 2015年10月 LST1号機着工記念式典@ラパルマ

LST 北2-4号機 建設へ向けて

- 2016年4月 ICRR-スペインIAC覚書、LST 4台 覚書
- 2016 Q3 現地にCTA North Project Office 設立

LST 1号機着工記念式典@ラパルマ

2015年10月9日

Many politicians and MT



IAC Director
Rafael Rebolo



These include the study of the origin of cosmic rays
and their impact on the constituents of the Universe
and the study of the ultimate nature of matter and
physics beyond the Standard Model, searching for
dark matter and effects of quantum gravity.

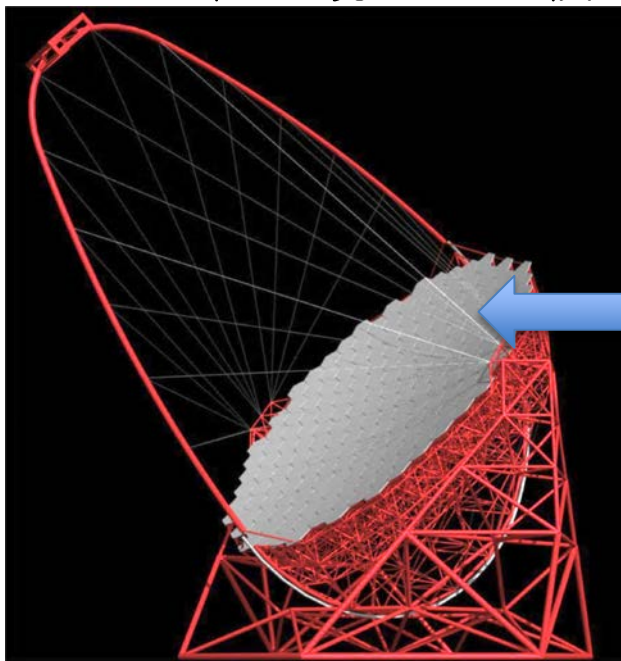


Prof. Takaaki Kikita
ICRR Director



日本の分担—LST1.5m分割鏡、能動的光学補償

23m口径主鏡は198枚の分割鏡からなる



ミラー諸元

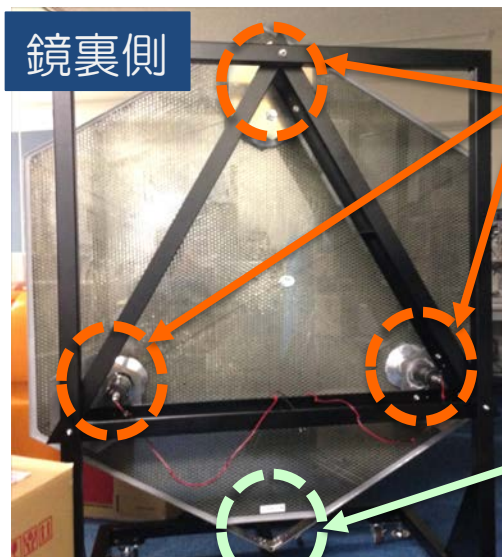
- 面積 2m²
- 軽量化 47kg
- 高耐候性 >10年以上
- 高反射率 >93%
- 多層膜コート

40枚 製作完了
90枚 製作中
400枚 入札準備

能動的ミラー制御

- 防水型 CMOS Camera で鏡方向を±5秒角で読み出す
- アクチュエーターにより、分割鏡の方向を±5秒角で制御し、主鏡のたわみを補正する

鏡裏側



アクチュエーター 200台製作完了



ソフトウェア開発中

防水型CMOSカメラ



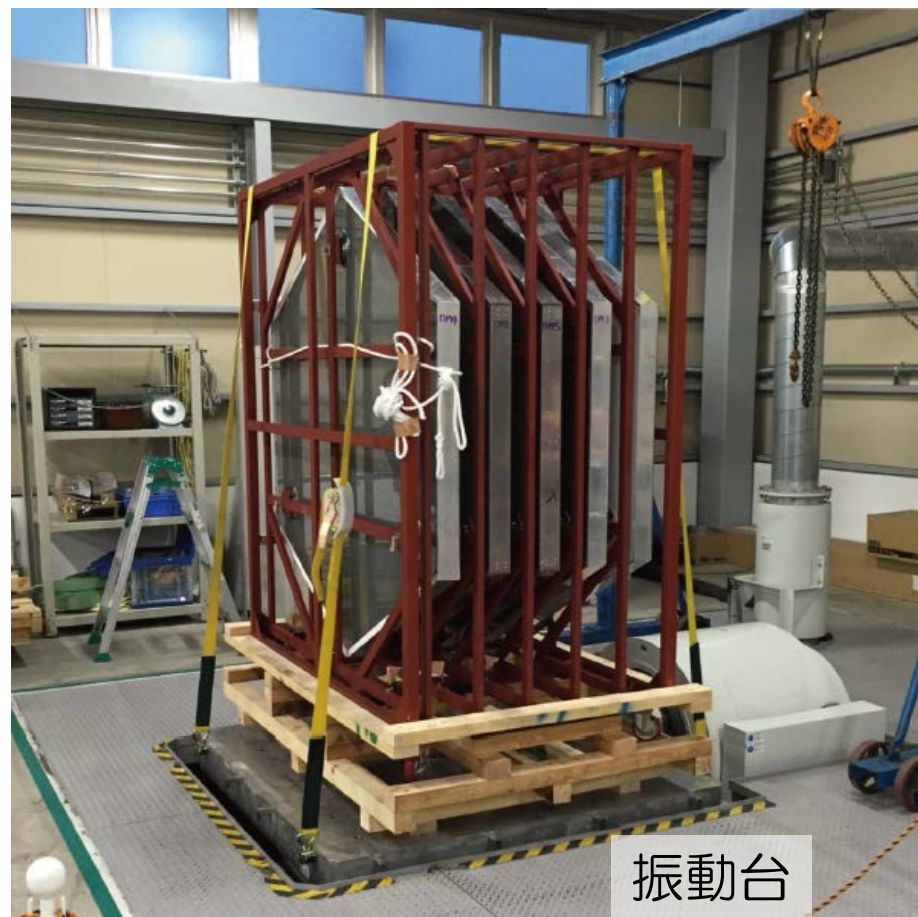
ソフトウェア開発中

分割鏡用コンテナ, 分割鏡の温度サイクル試験, 振動試験

分割鏡 5枚/コンテナ 保管・校正・輸送用
鉄パイプ構造・3点支持



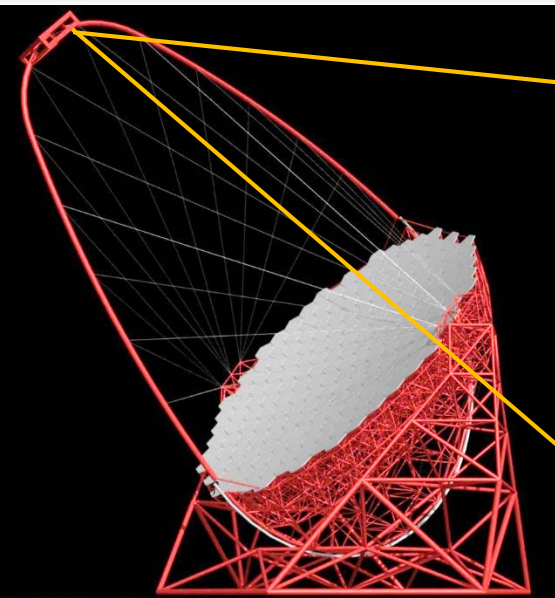
モデルスペクトルに従った
ランダムな振動の試験
0.56G(rms) 60分



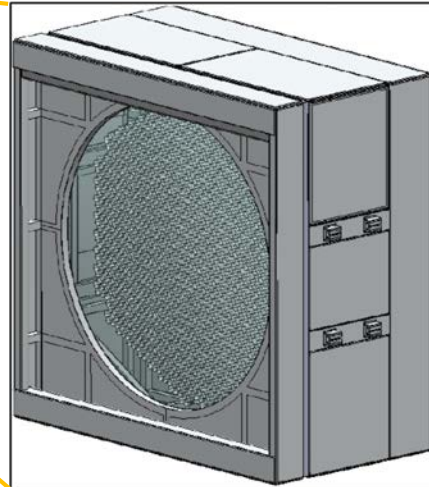
温度サイクル試験
(-20°C ~ 40°C) 25日間



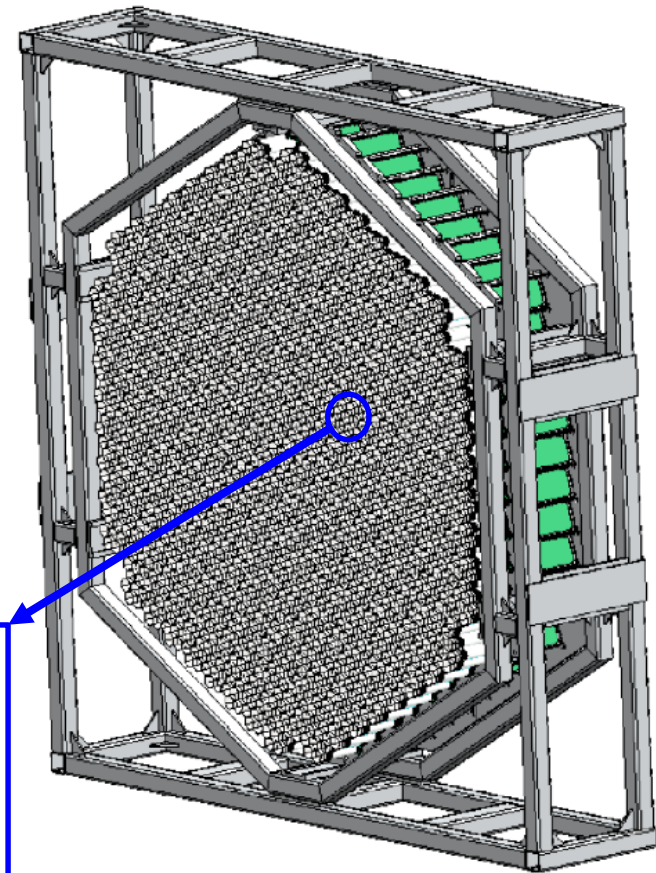
日本の分担—LST光センサ、読み出し回路



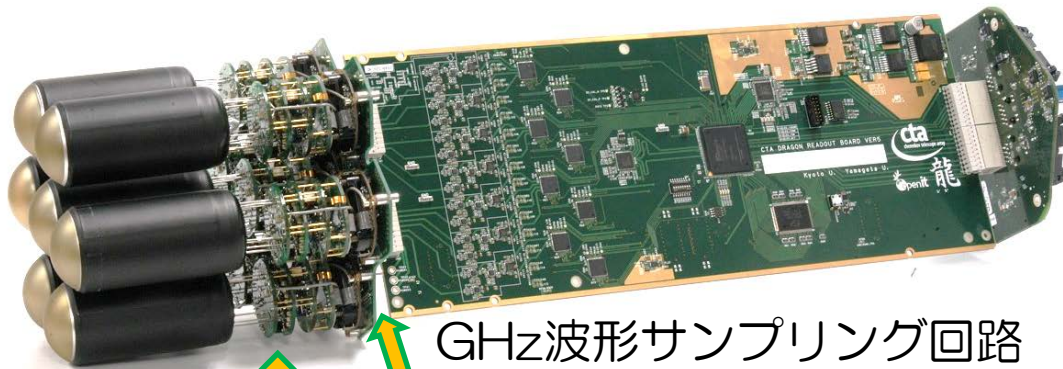
視野 4.5度



265 クラスタ/LST



PMT 1855本/LST



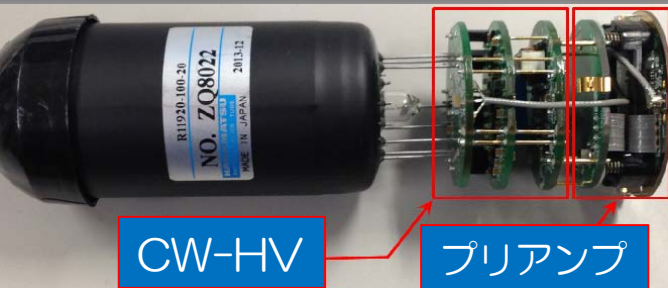
PMT 7本

CW-HV・
プリアンプ

GHz波形サンプリング回路
(7系統並列、Gbitデータ転送)

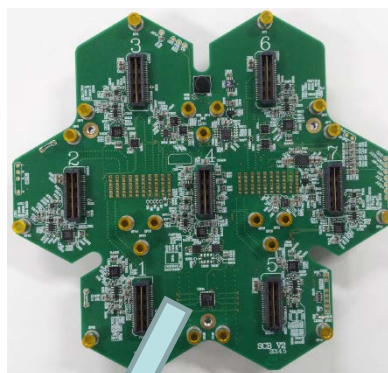
スローコントロール回路基板
(HV制御、テストパルス生成等)

カメラモジュールの組み上げ・品質管理、振動試験



PMTモジュール 2003ユニット組み立て・校正完了
2-3号機用PMT 4000本入札準備

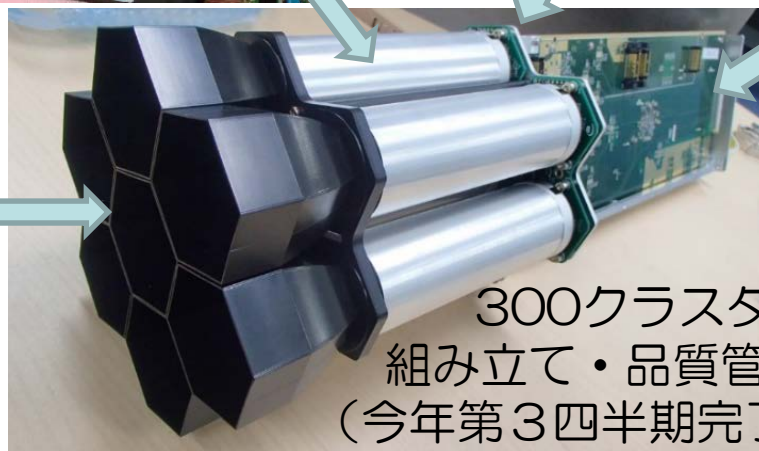
スローコントロール基板
300枚生産し品質管理中



読み出し回路基板
150枚生産・品質管理完了



ライトガイド
量産中



300クラスタ
組み立て・品質管理中
(今年第3四半期完了予定)

シールドパイプ 量産完了

振動試験



ミニカメラによる品質管理とDAQ開発

1/14モデル80cm直径

ミニカメラ 19クラスタ 133ピクセル

フルカメラ 265クラスタ 1855ピクセル

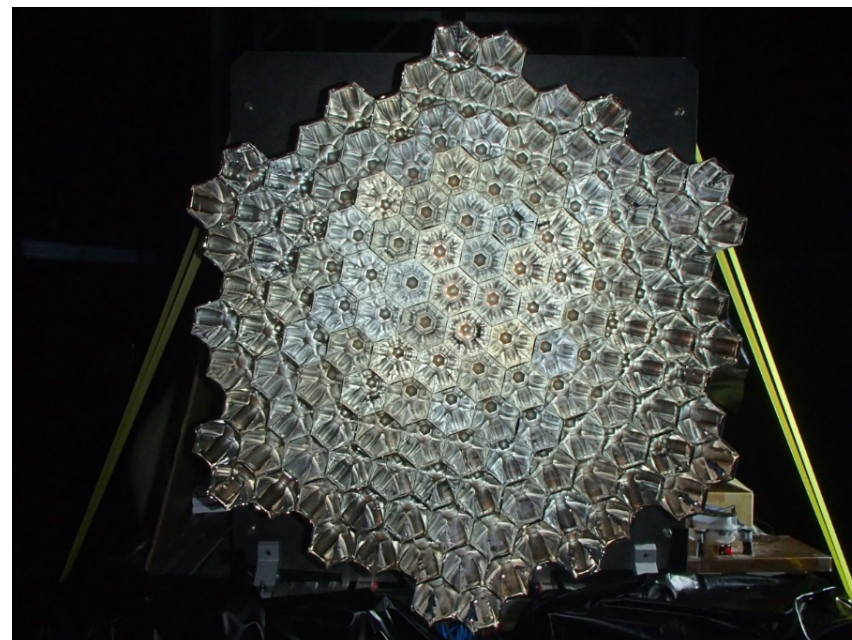
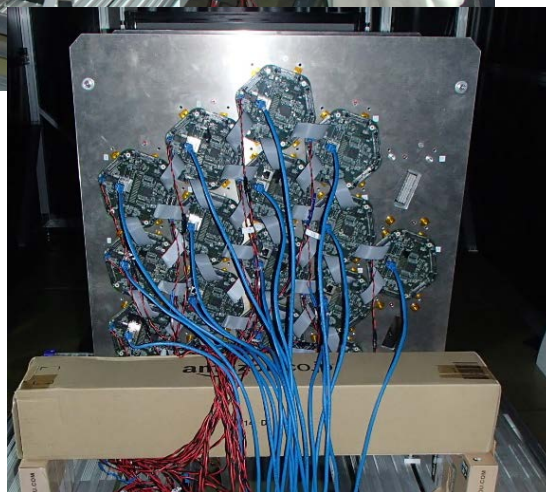
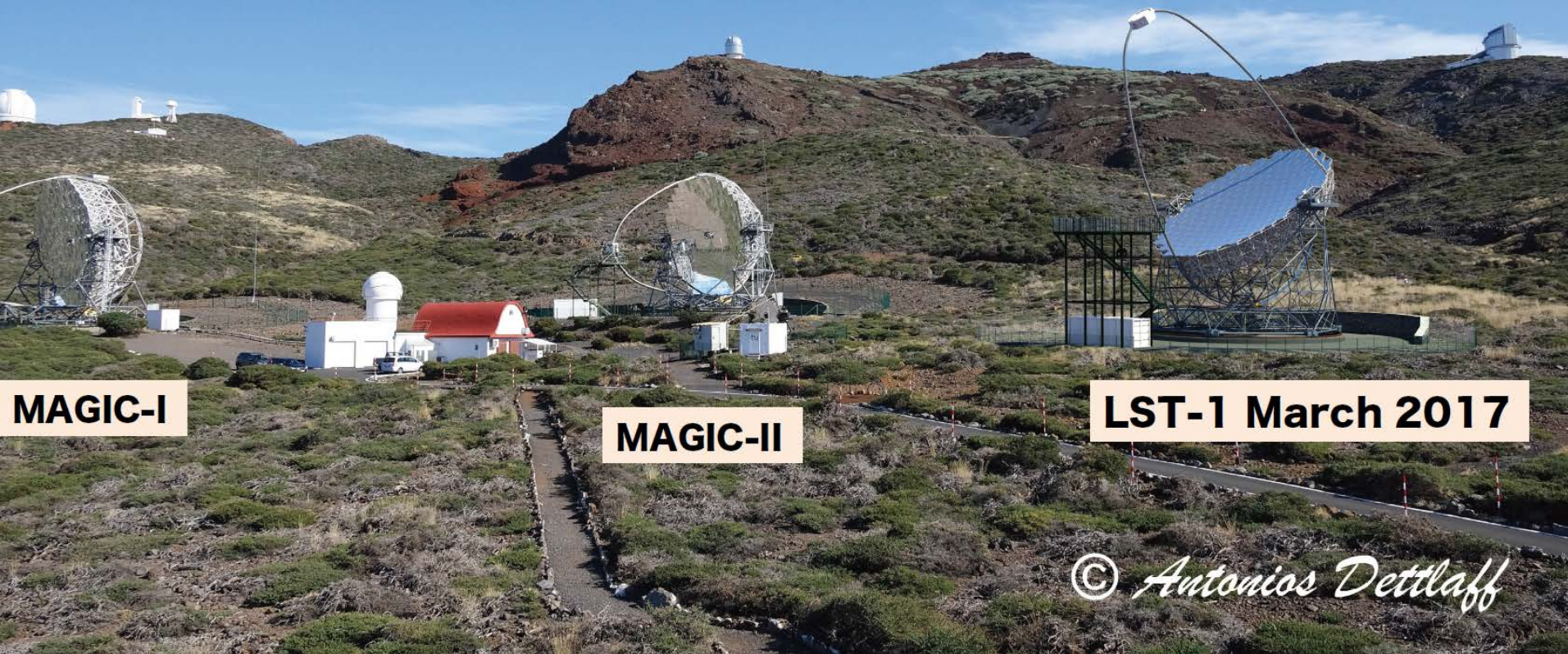


Photo-montage



LST 4台@ラパルマ

東京大学宇宙線研究所
海外観測拠点

(2016-2018)
3機建設 概算要求

LST-1 (2016)
特別推進

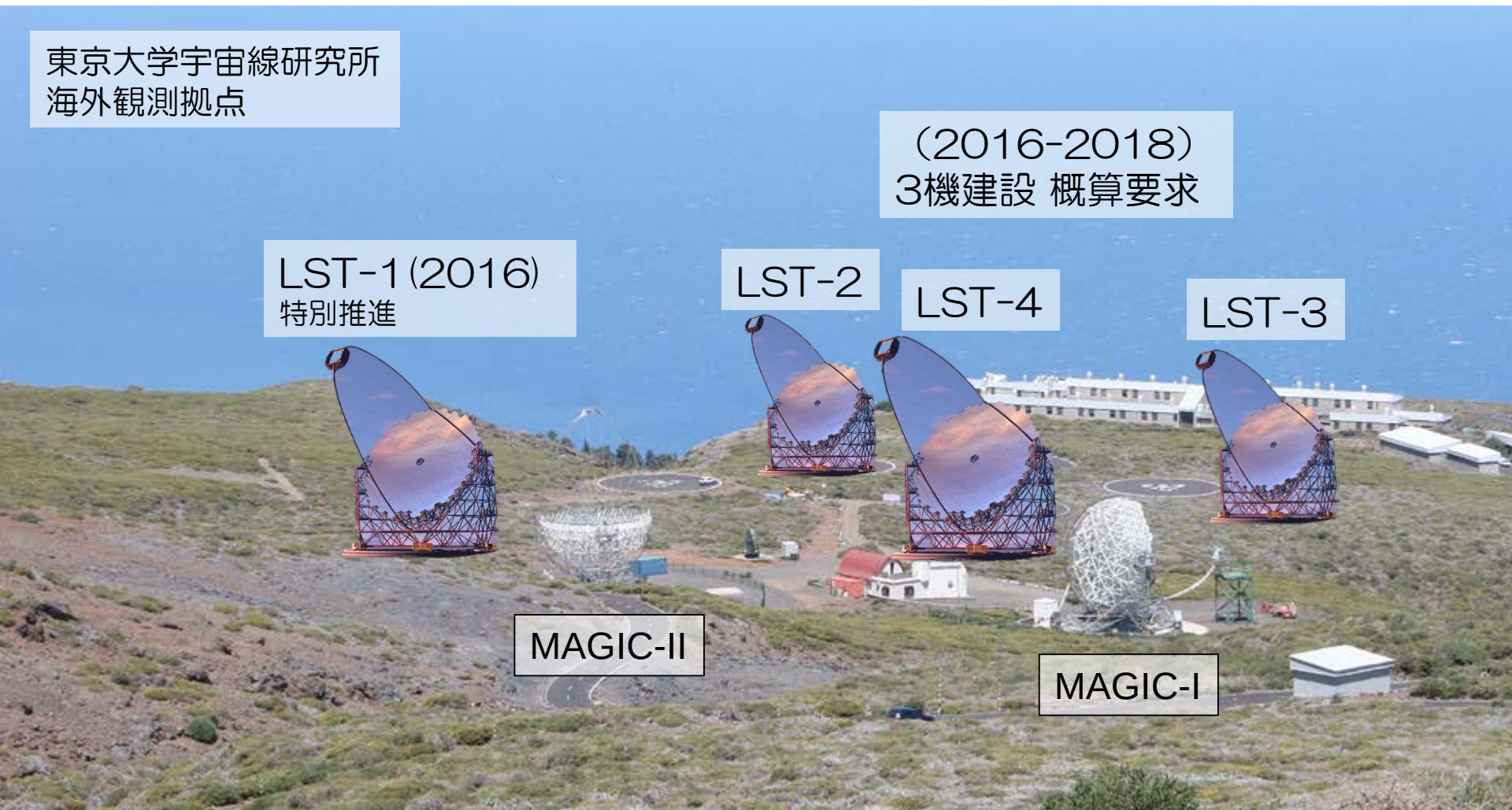
LST-2

LST-4

LST-3

MAGIC-II

MAGIC-I



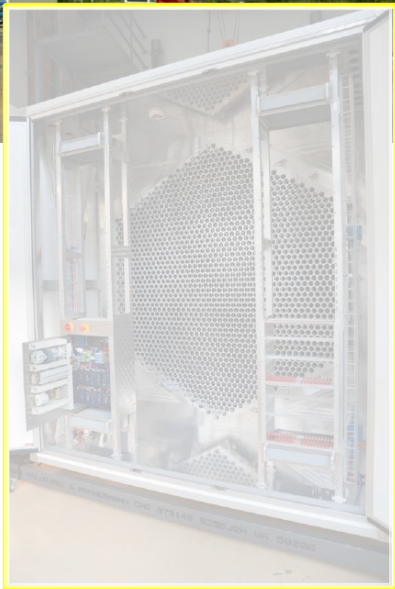
中口径望遠鏡プロトタイプ

- Davies-Cotton型 (欧州) MST
口径12m



@ドイツ

カメラ
視野~8度
PMT~1800本



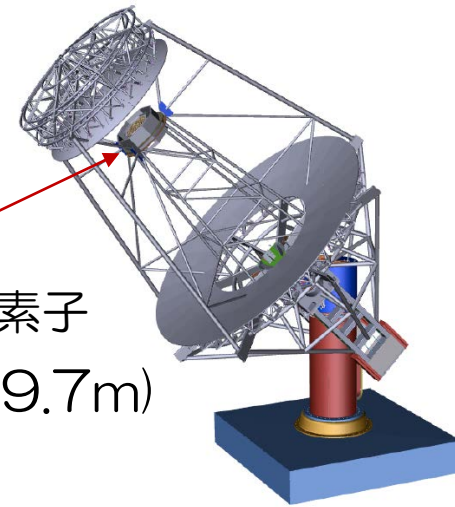
2015年7月
カメラ筐体取付け試験

- Schwarzschild-Couder型 SCT
(US+名大+独)

副鏡 (D~5.4m)

SiPMカメラ
視野8度~1.1万素子

主鏡 (D~9.7m)



組上げ中

VERITAS望遠鏡の近く

小口径(SST)プロトタイプー3タイプー

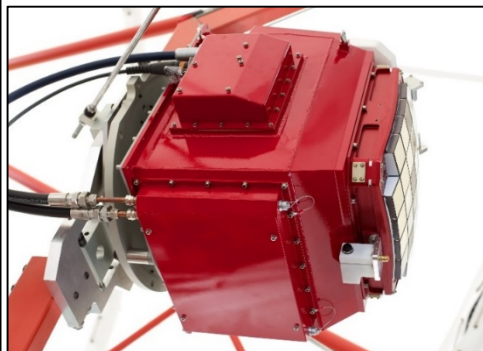
- Schwarzschild-Couder型(欧+米+豪+名大)

①GCT 口径4.2+1.8m

@フランス 2015年12月 竣工式

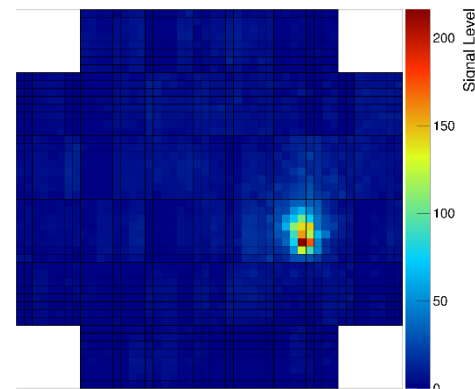


SiPMカメラ(2048ch)



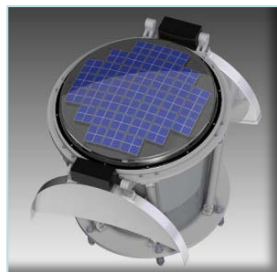
Credit: A.Okumura

2015年11月
ファーストライト



②ASTRI 口径4+2m

@イタリア
2014年9月 竣工
SiPM(2368 ch)

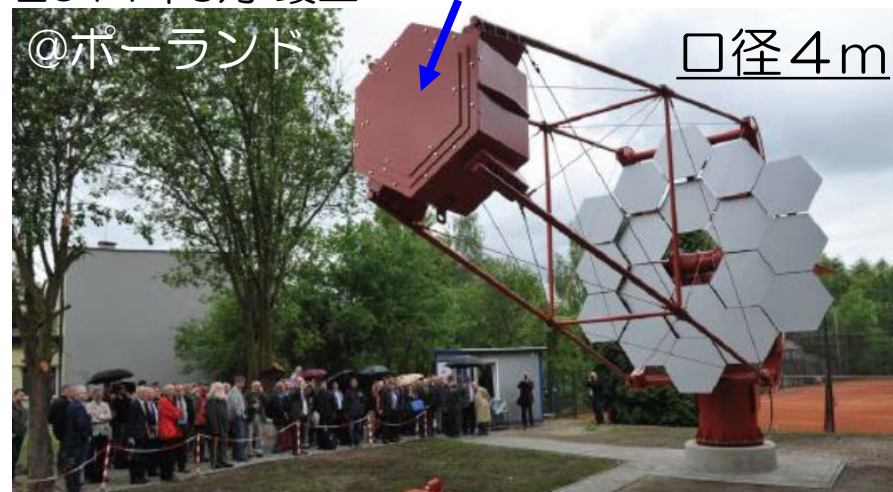


- Davies-Cotton型(欧)

2014年6月 竣工 SiPM (1296 ch)

@ポーランド

口径 4 m



➤ CTAで狙うサイエンス

- 従来の望遠鏡と比べ10倍の感度・エネルギー帯域を達成
- 宇宙線の起源、ブラックホールの物理、暗黒物質の探索など
- ガンマ線で見える地平線を $z \sim 4$ まで広げる(宇宙誕生から16億年後)

➤ CTAの建設

- サイトを北半球スペイン・ラパルマ、南半球チリ・パラナルに決定
- 日本グループは大口径望遠鏡LSTの建設を主導的に進めている
 - 一主に主鏡、光センサー、読み出し回路の開発・建設
 - さらに中小口径Schwarzschild-Couder望遠鏡カメラ開発
- 中小口径望遠鏡プロトタイプ竣工
- 大口径望遠鏡1号機をラパルマに建設決定、2016年度末にファーストライト

