



cherenkov
telescope
array

Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画： 全体報告(11)

窪 秀利, 井岡 邦仁(京大),
手嶋 政廣, 戸谷 友則,
林田 将明, 吉越 貴紀(東大),
田島 宏康(名大),
山本 常夏 (甲南大)
吉田 龍生 (茨城大)
他CTA-Japan Consortium



CTA Consortium



32か国

>1200名



CTA-Japan 116名

青山大 大平豊, 木坂将大, 澤田真理, 柴田徹, 山崎了, 吉田篤正
茨城大 加賀谷美佳, 片桐秀明, 重中茜, DANG VIET TAN, 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
京大基研 井岡邦仁
京大物理 窪秀利, 今野裕介, 齋藤隆之, 田中孝明, 谷川俊介, 鶴剛, 野崎誠也, 増田周
近畿大 千川道幸
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, 岸田柊, 高見将太, 田中周太, 山本常夏
国立天文台 井上剛志
埼玉大 寺田幸功, 永吉勤, 西山楽
東海大 池野祐平, 木村颯一郎, 櫛田淳子, 辻本晋平, 西嶋恭司, 吉田麻佑

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, 加藤翔, 黒田隼人, 榊直人, 櫻井駿介, 高橋光成, 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, Xiaohong Cui, Daniela Hadasch, David C.Y.Hui, Albert K.H. Kong, Pratik Majumdar, Daniel Mazin, Jumpei Takata, Thomas P. H. Tam, Wenwu Tian

東大天文
東大物理
東北大
徳島大
名大KMI
名大理

川中宣太, 戸谷友則
中山和則, 馬場彩
格和純, 當真賢二
折戸玲子
松本浩典
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, 奥村暁, 佐藤雄太, 田島宏康, 中村裕樹, 日高直哉, 山根暢仁

広大理

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

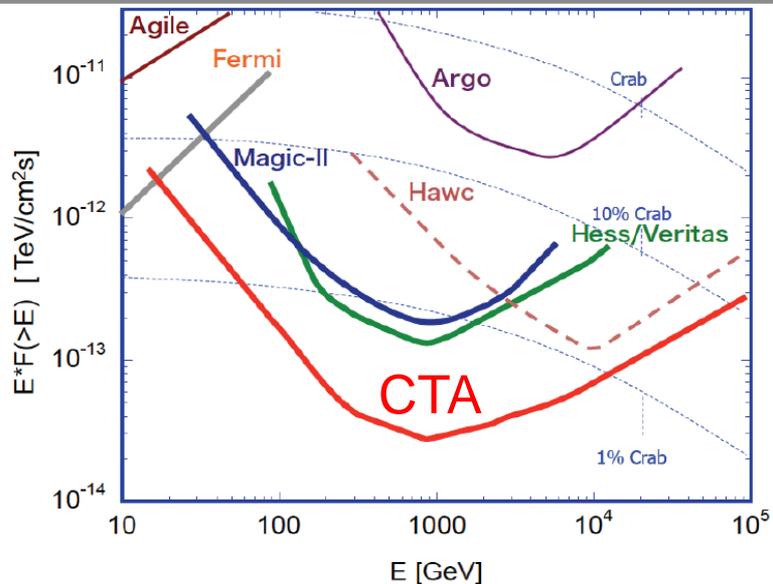
CTAで狙うサイエンス

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)

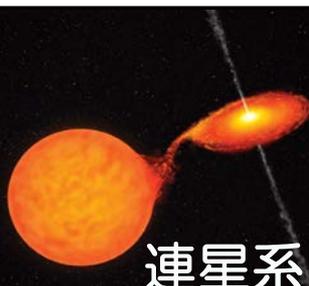


観測天体

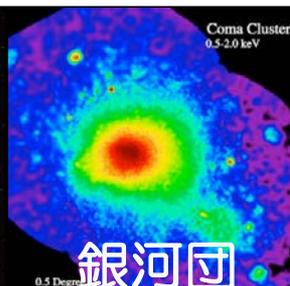
NASA/Fermi
Hester+

超新星残骸

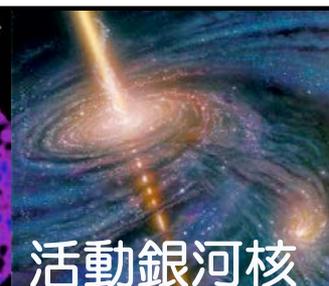
パルサー



連星系



銀河団



活動銀河核

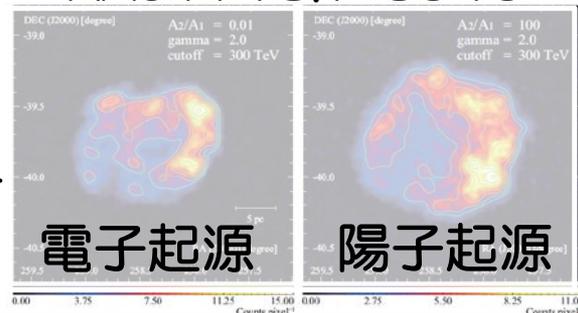


ガンマ線
バースト

- 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

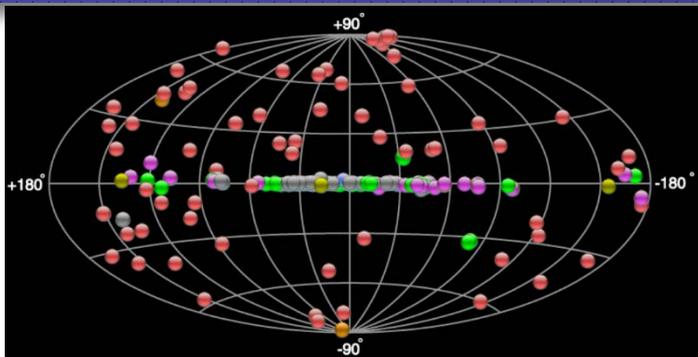
NEWS 日本主導による、
SNR観測シミュレーション
+論文作成、
CTAコンソーシアムとして
ApJに投稿(7月)

RXJ1713.7-3946



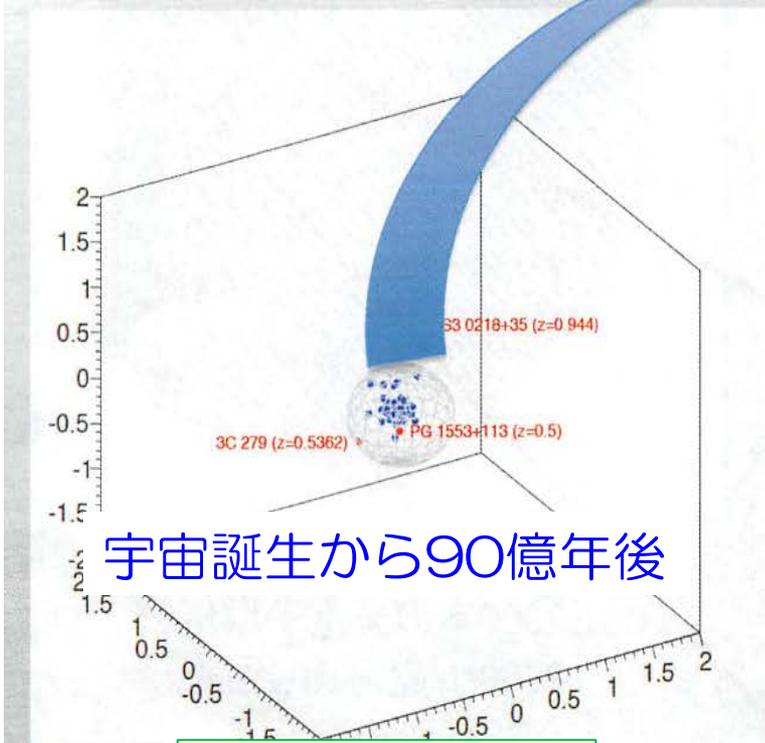
CTAで探る遠方宇宙 ($z \lesssim 4$)

TeVCatカタログ



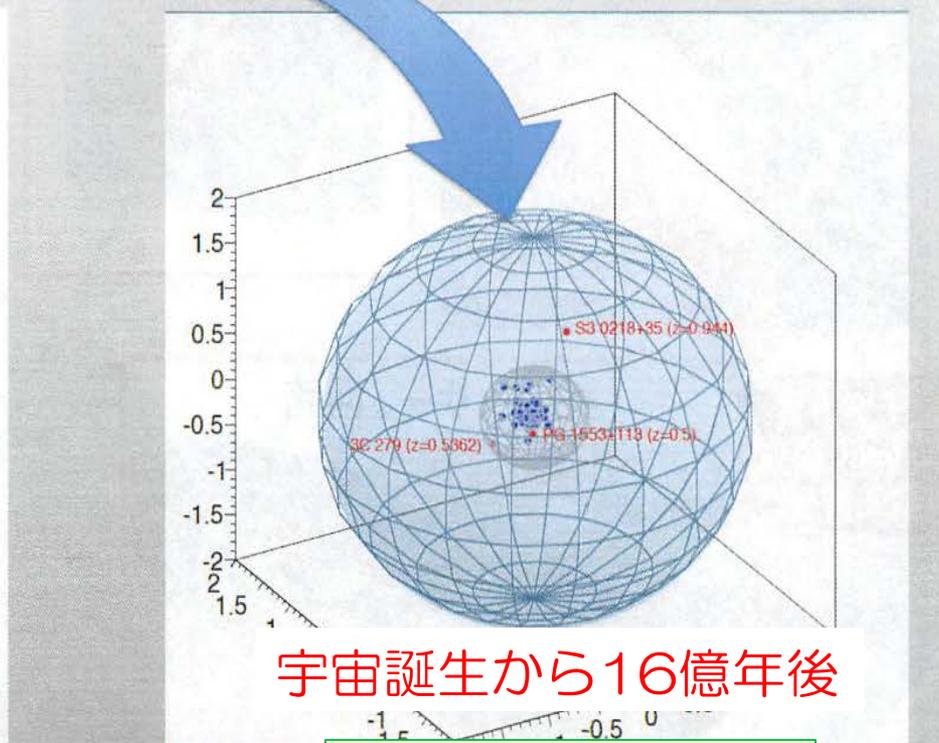
現在~170の天体が検出

>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



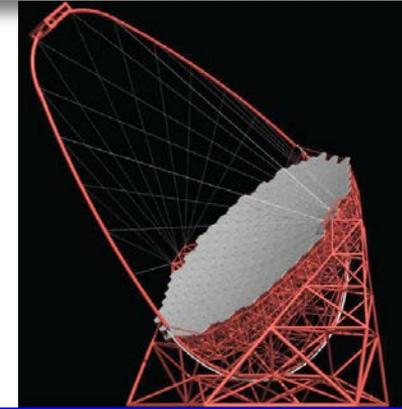
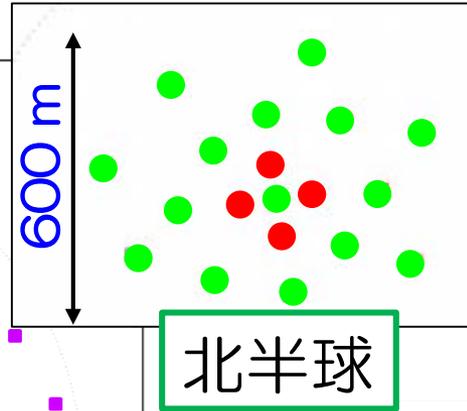
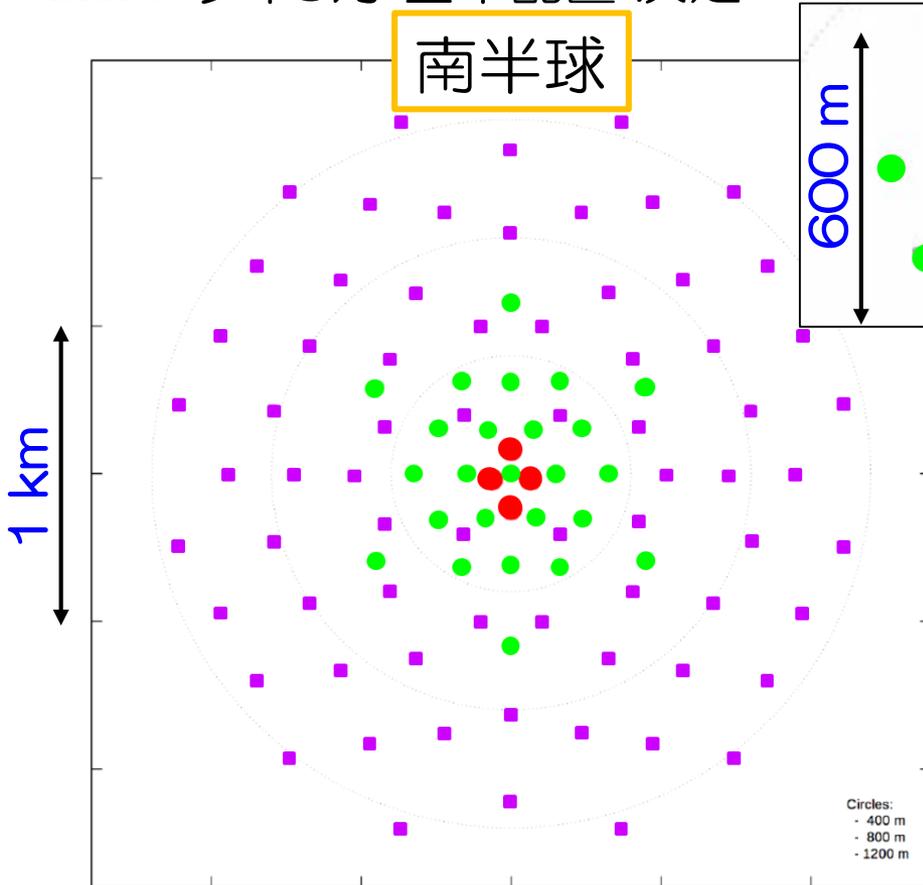
宇宙誕生から16億年後

CTAで見える宇宙

CTA計画

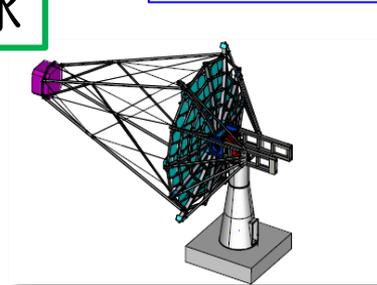
南半球と北半球の2ステーション⇒全天観測

NEWS 今年5月 基本配置 決定

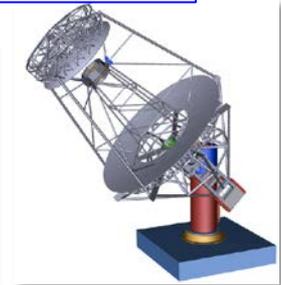


LST
口径
23m

20 GeV–1 TeV

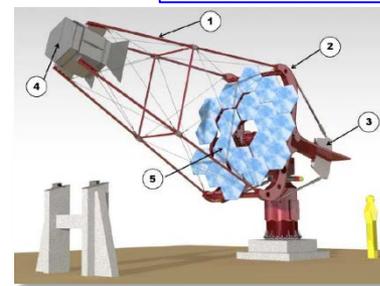


MST 12m

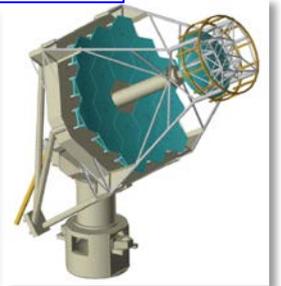


SCT 10m

0.1–10 TeV



SST ~4m



5–300 TeV

台数	サイト	LST	MST	SST	SCT
	南半球	4	25	70	オプション (25)
	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

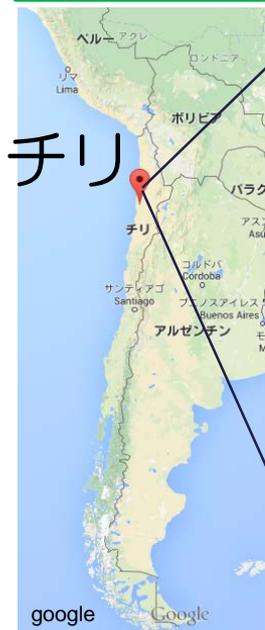
昨年7月決定



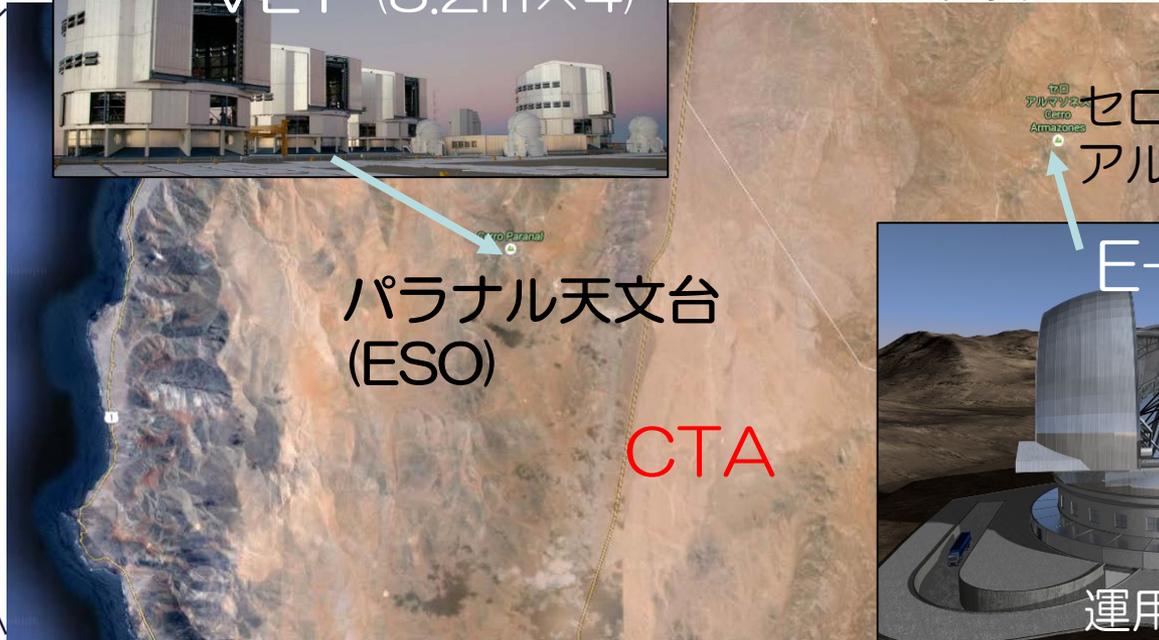
北サイト



南サイト

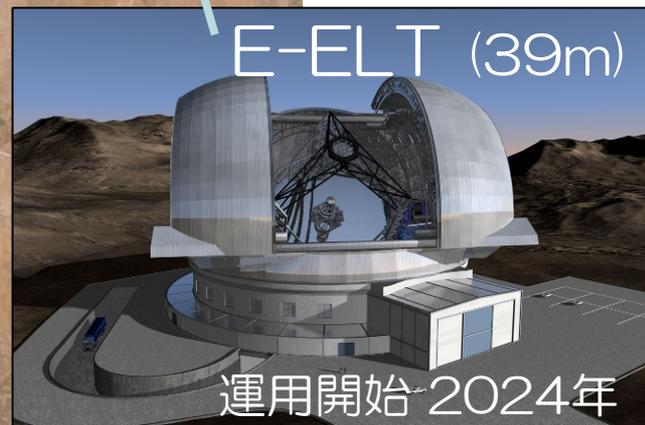


アタカマ砂漠



CTA

セロ・アルマゾネス山



口径23m LST建設@北サイト(ラパルマ)に向けて

国際協力 10か国184名：

日本(53)、スペイン(35)、イタリア(35)、ドイツ(26)、フランス(17)、インド、
ブラジル、クロアチア、スウェーデン、スイス

日本グループ
鏡・カメラ 開発の中心的役割

完成予想図

■ 昨年10月
LST 1号機着工記念式典@ラパルマ



■ **NEWS** 今年4月
スペインカナリア天体物理研究所(IAC)と
東大宇宙線研が、LST 4台の建設・運用に
関する協定締結



駐日スペイン大使館HP

情報 ニュース 日本スペイン交流400周年

ニュース

スペインと日本の間でラ・パルマ島に4期
の新しい望遠鏡を設置することを合意

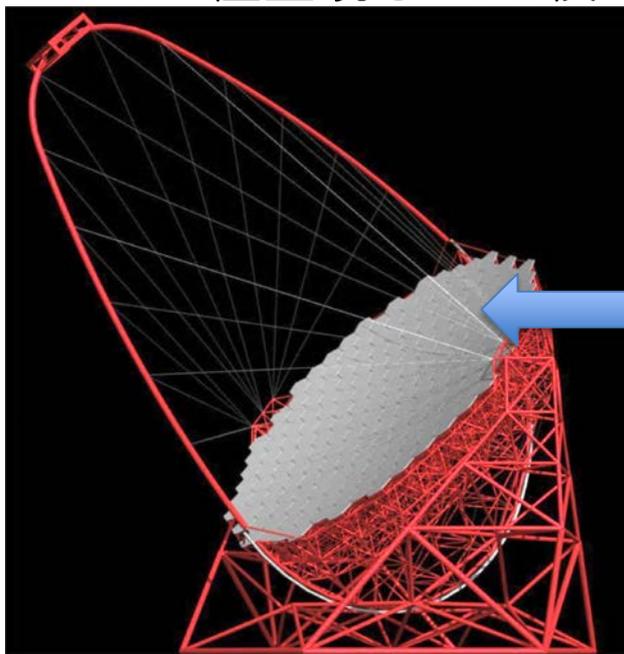
14/04/2016

カルメン・ベラ研究開発イノベーション長官は、日本の高岡勉文部科学副大臣と共に、ラ・パルマ島のロケ・デ・ロス・ムチャーチョス天文台に4基のチェレンコフ望遠鏡を設置・操作するための協定に合意する調印式に出席した。同式において、ラファエル・レボロカナリア天体物理研究所(IAC)所長と梶田 隆章東京大学宇宙線研究所長(ICRR)による署名・調印が行われた。4基のチェレンコフ望遠鏡は、直径23メートル

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

詳細は林田講演



ミラー諸元

- 面積 2 m²
- 軽量化 44 kg
- 高耐候性 >10年以上
- 高反射率 >90%
- 多層膜コート

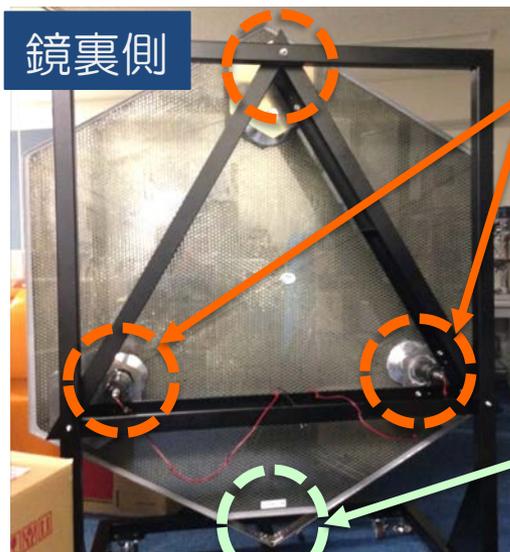
NEWS

100枚 製作完了
+400枚 製作中

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

日本の分担—LST光センサ、読み出し回路

LST(視野4.5度) 1台あたり、1.5インチ径PMT 1855本

詳細は猪目講演

×265 クラスタ



GHz波形サンプリング回路
(7系統並列、Gbitデータ転送)

PMT

7本 CW-HV・スローコントロール回路基板
プリアンプ (HV制御、テストパルス生成等)

NEWS

PMTモジュール

- 1号機用2千台組立・校正完了
- 2-3号機用PMT 4千本生産中

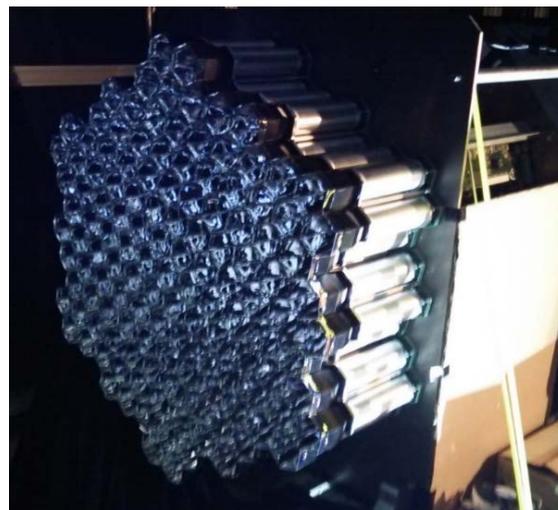
読み出し回路

- 300台を日伊で製作・検査完了

今年7月から

1号機筐体に取り付けて
動作試験@スペイン

東大宇宙線研に於いて、
1/14モデル
(19クラスタ133ピクセル)
単位で、全クラスタの
品質管理データを
順次取得中



クラスタを
輸送

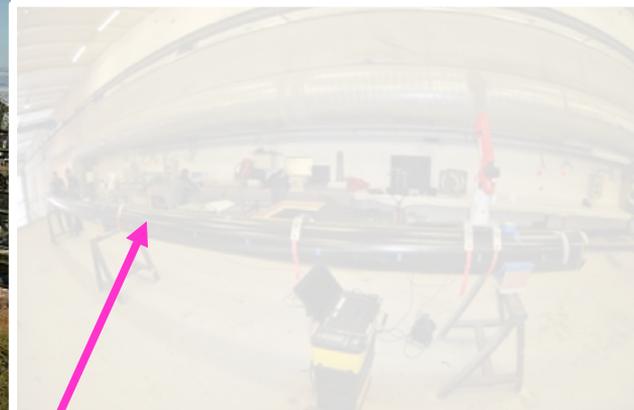


LST 1号機@ラパルマ島の建設

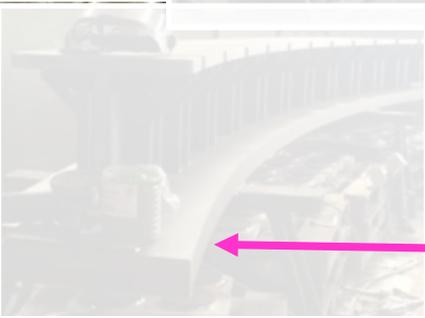
NEWS 今年7月から基礎工事 9月2日 MAGIC-II望遠鏡から撮影



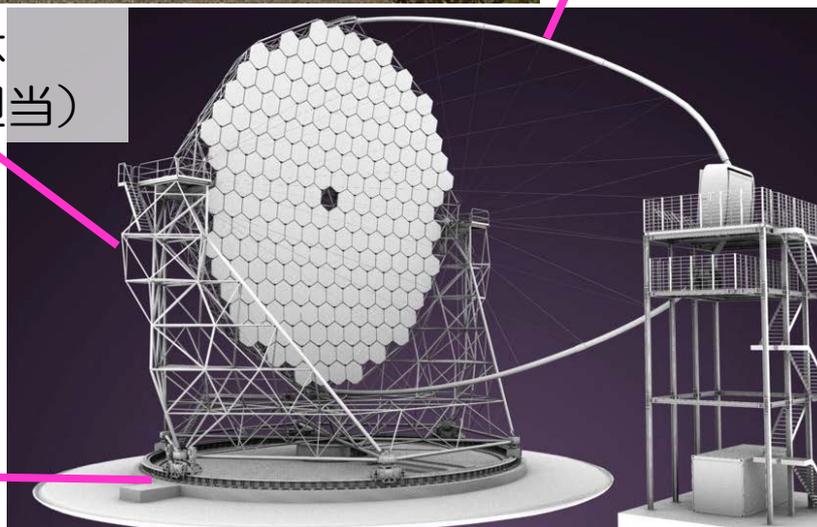
カメラ支持構造
(フランス・イタリア担当)



構造体
(ドイツ担当)



レールと
ボギー台車
(スペイン・
ドイツ担当)



• 計算機/
ネットワーク



• UPS
(日本担当)

LST 4台@ラパルマ島

完成予想図

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

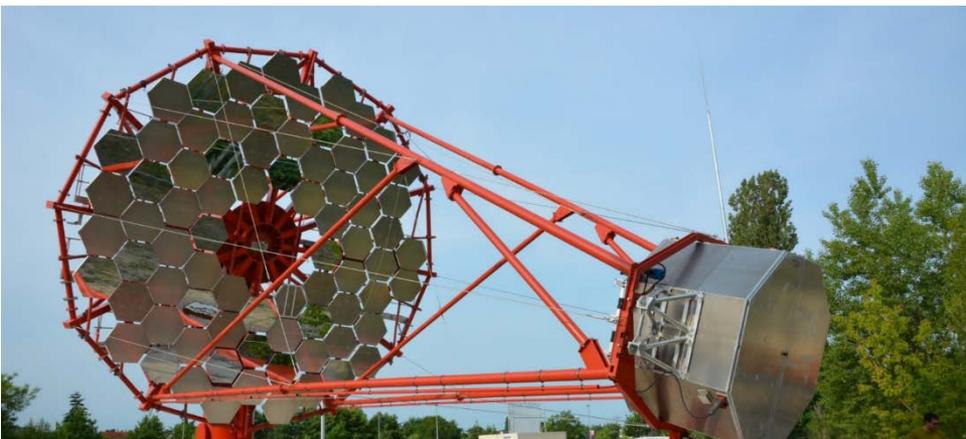
MAGIC-II

MAGIC-I

- 1号機 来年10月ファーストライト

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

昨年7月
カメラ筐体取付け試験

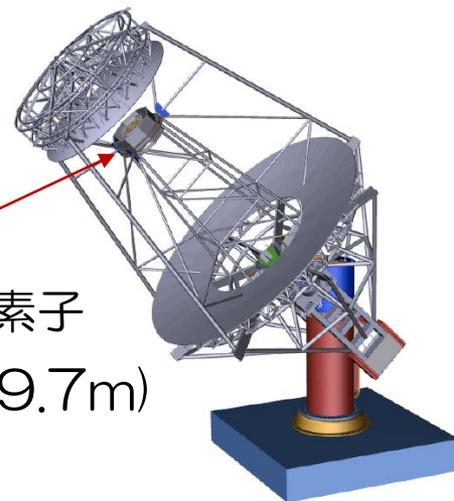


- Schwarzschild-Couder型 SCT
(US+名大+独)

副鏡 (D~5.4m)

SiPMカメラ
視野8度~1.1万素子

主鏡 (D~9.7m)



NEWS

VERITAS望遠鏡の近く 組上げ中



小口径(SST)プロトタイプー3タイプー

● Schwarzschild-Couder型(欧+米+豪+名大+茨城大)

① GCT 口径4.2+1.8m

@フランス 昨年12月 竣工式

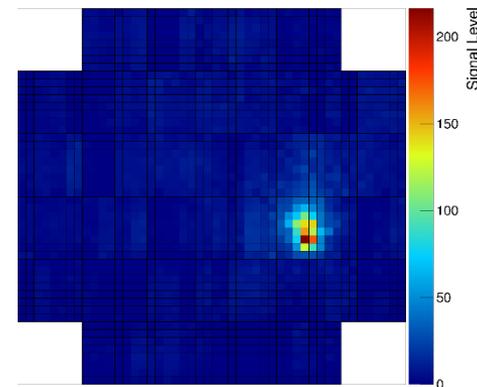


Credit: Akira Okumura

SiPMカメラ(2048ch)
視野 9.2度



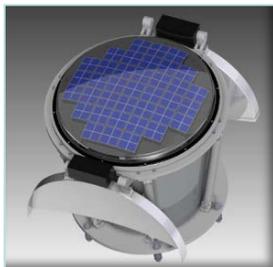
昨年11月
ファーストライト



https://portal.cta-observatory.org/SiteAssets/Pages/News/GCTFirstLight_08122015.pdf

② ASTRI 口径4+2m <http://www.asdc.asi.it/articles.php?id=98>

@イタリア
2014年9月 竣工



SiPM(2368 ch)
視野 9.6度

● Davies-Cotton型(欧)

2014年6月 竣工 SiPM (1296 ch) 視野9度

@ポーランド

口径 4 m



<http://naukawpolsce.pap.pl/fotogalerie/gallery,1304,teleskop-sst-1m--02062014.html>

CTA本部、科学データセンター



NEWS 今年6月 場所決定

https://portal.cta-observatory.org/SiteAssets/Pages/News/HQ_SDMC_14062016.pdf



CTA本部

イタリア
ボローニャ大学内



科学データ管理センター
100 PB 生成 (2030年までに)

ドイツ
ツォイテン (ベルリン郊外)
DESY内

Credit: Dahm Architekten & Ingenieure, Berlin

Credit: Bologna University Project Office

まとめ

➤ 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。
日本主導による、超新星残骸の観測シミュレーション論文作成・投稿。
- 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

- [北]スペイン・ラパルマ島 + [南] チリ・パラナル
- 本部@イタリア、科学データセンター@ドイツの場所決定
- 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、読み出し回路の量産・品質管理
さらに中小口径Schwarzschild-Couder望遠鏡カメラ開発
- LST 1号機@ラパルマの基礎工事始まる。ファーストライト来年10月予定。
- スペインIAC研究所と東大宇宙線研が、LST 4台の建設・運用の協定締結

