



cherenkov  
telescope  
array



# Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画:全体報告 (20)

野田浩司 (東大宇宙線研)

齋藤隆之, 手嶋政廣, 戸谷友則, 吉越貴紀 (東京大), 吉田龍生 (茨城大),  
井岡邦仁, 窪秀利 (京都大), 山本常夏 (甲南大), 田島宏康 (名古屋大),  
他 CTA Consortium

2021年9月13日 天文学会秋季年会@オンライン

# CTA Consortium



31か国  
>1500名



## CTA-Japan 122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, 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  
**京大基研** 井岡邦仁, 石崎涉  
**京大理** 岡知彦, 川中宣太, 窪秀利,  
鶴剛, 寺内健太, 野崎誠也,  
ユ・ソクヒョン, 李兆衡  
**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, 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** 櫛田淳子, 西嶋恭司,  
原田善規, 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, 石尾一馬, 稲田知大,  
猪目祐介, 岩村由樹, 大石理子, Ellis R. Owen, 大岡秀行,  
大谷恵生, 岡崎奈緒, 加賀谷美佳, Emil Khalikov, Xiaohong Cui,  
小林志鳳, Albert K. H. Kong, 齋藤隆之, 櫻井駿介, 佐野栄俊,  
澤田真理, Timur Dzhatdov, Marcel Strzys, 高田順平,  
高橋光成, 武石隆治, Thomas P. H. Tam, K. S. Cheng, 千川道幸,  
Wenwu Tian, 手嶋政廣, 野田浩司, バクスター・ジョシュア・稜,  
橋山和明, 林克洋, 林航平, Daniela Hadasch, 廣島渚, 広谷幸一,  
David C. Y. Hui, 深見哲志, 藤田裕, levgen Vovk,  
Pratik Majumdar, Daniel Mazin, 村瀬孔大, 吉越貴紀  
大平豊, 戸谷友則, 中山和則, 馬場彩

### 東大理 東北大 徳島大 名大理

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, 田島宏康, 芳賀純也, 若園佳緒里

### 広大先理工

今澤遼, 木坂将大, 須田祐介, 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, Donald Warren, 榊直人, Maxim Barkov, Gilles Ferrand,  
Haoning He, 長瀧重博

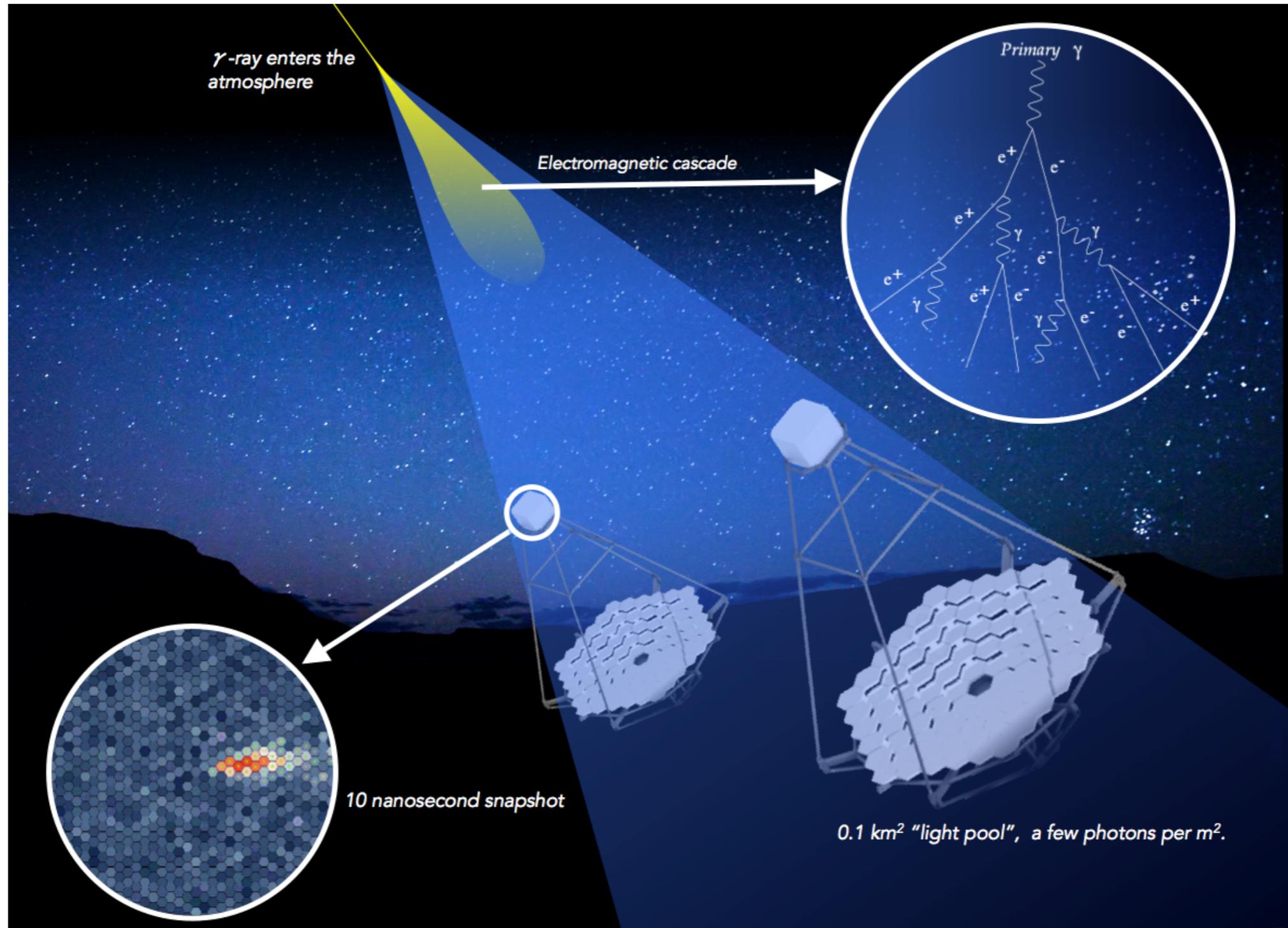
### 立教大

内山泰伸, 林田将明

### 早稲田大

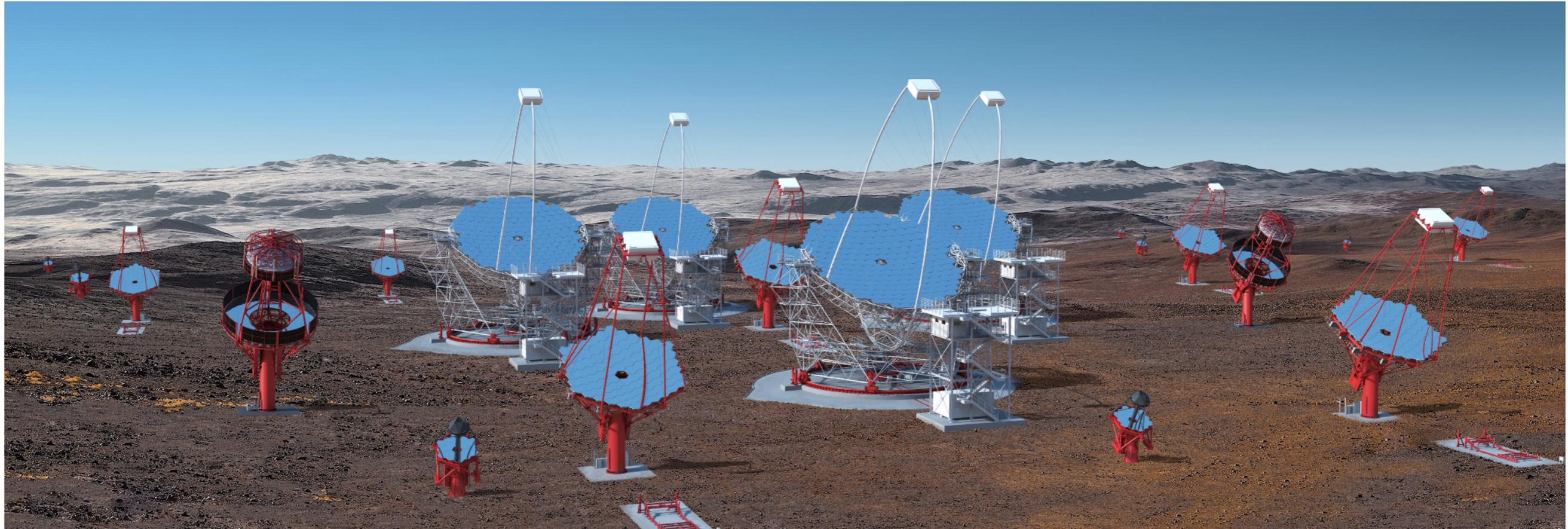
片岡淳

# 大気チェレンコフ望遠鏡



Credit: <https://www.cta-observatory.org/about/how-cta-works/>

# Cherenkov Telescope Array



- 大中小3口径の大気チェレンコフ望遠鏡を数十台設置、**20GeVから300TeVのガンマ線を1桁よい感度**で観測する国際共同実験
- SNR、宇宙線/ニュートリノ起源、パルサー、AGN、GRB、背景赤外放射、DM対消滅など幅広い天文/天体物理・基礎物理をカバー
- ガンマ線天体検出数を~200から1000以上に

# CTAサイト



- 南半球サイト：チリ・パラナルのESOサイト  
大0\*-4、中14-25、小37-70台 来年2022年インフラ開始予定
- 北半球サイト：スペイン・ラパルマ島ORM観測所  
MAGIC望遠鏡と同じ場所に**大4、中9-15台**建設予定  
大口径望遠鏡（LST）1号基は2018年完成  
**残りの2-4号基は2024年に建設完了予定**

MAGIC望遠鏡（実物）



CTA北サイトORM観測所の写真（CTA望遠鏡は想像図）

# 大口径望遠鏡 (LST)

- 口径23m、20-300GeV領域を担当
  - Fermi-LATと近く相補的・天文向き
  - 背景赤外光 (EBL) による遮蔽が小さい → 遠方天体 ( $z\sim 4$ まで)
- 突発天体を重視、高速回転 (180度/20秒) 駆動系・電源系を装備  
光学系も随時調整可能
  - GRBやニュートリノ・重力波のMMアラート追尾に最適
- 1号基：2018年完成、2019年の試運転、2020年から安定観測開始  
かに星雲・パルサー、AGNなどを観測
  - 2020年4-6月の中止の後、2020年中は少人数でMAGICとシフトを共有  
今年からは半リモートでのシフト **安定化・自動化へのよい試験**
  - "試験なし"期間に予定通りに稼働した時間：~80% (悪天候を除く)



# LST1のAGN観測 (2020-2021)

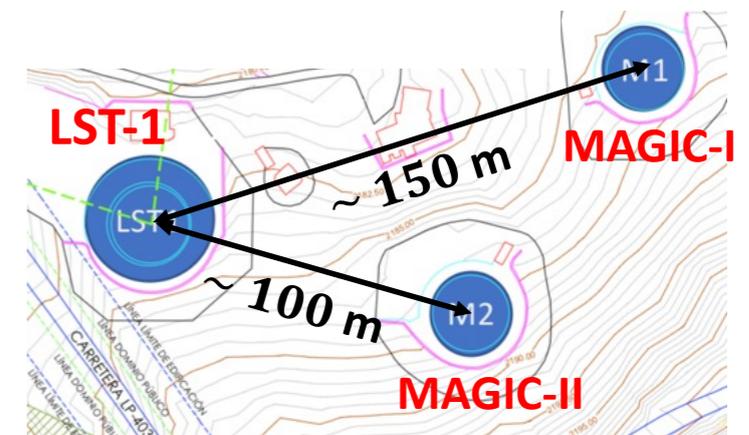


- 
- 近傍: Mrk501, Mrk421, 1ES1959+650 遠方: 1ES0647+250 (New), PG1553+113
  - LSTによる観測を数億光年から50億光年へ拡張
  - 活動銀河核、ガンマ線バーストの観測を120億光年まで拡張

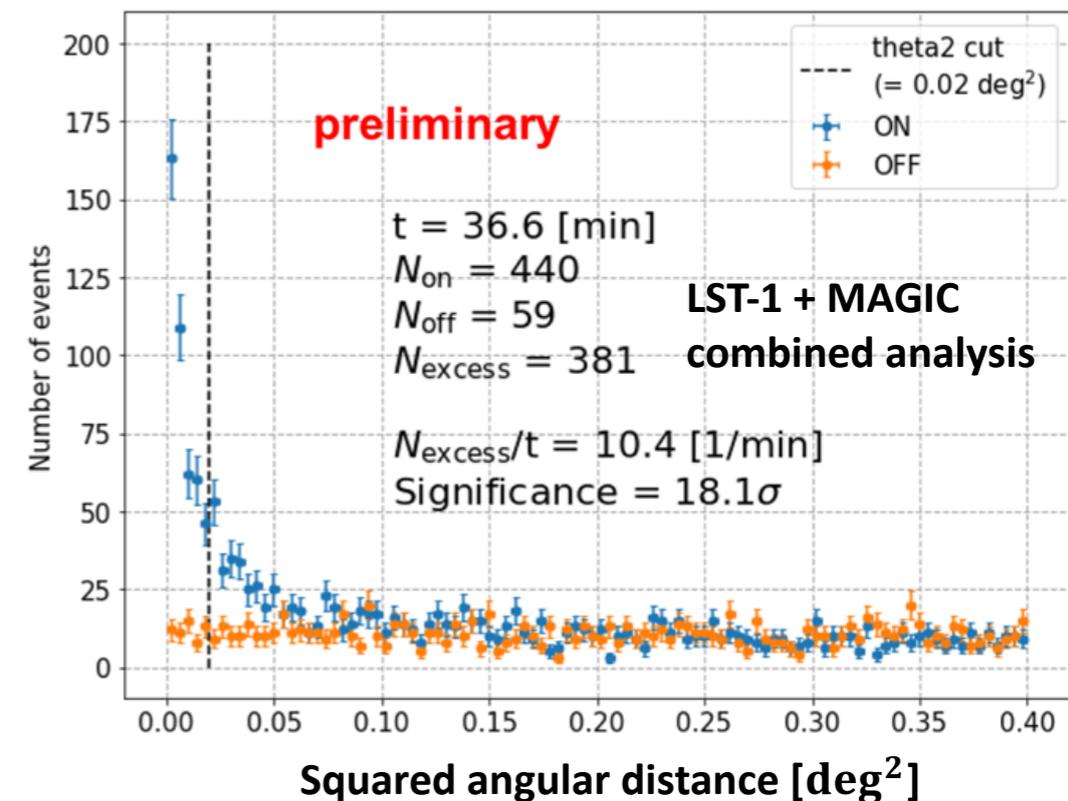
# LST1 + MAGIC 3台観測



- $\gamma$ 線1つが作る空気シャワーは $\sim 100\text{m}$ 径に光を落とす。複数望遠鏡で同時に見れば感度向上（ステレオ観測）。2台より3、4台がよい  
→ MAGICスケジュールをLSTと常に共有
- LST1とMAGICはトリガー情報を共有していないのでオフライン解析で対応を取る
  - LST1とMAGICのエネルギー相関  $\Delta 5\%$
  - 3台でCrab Nebulaを観測、LST1による初のステレオ解析・検出  
(大谷ら、PoS(ICRC2021)724 参照)



Angular distribution from the Crab Nebula



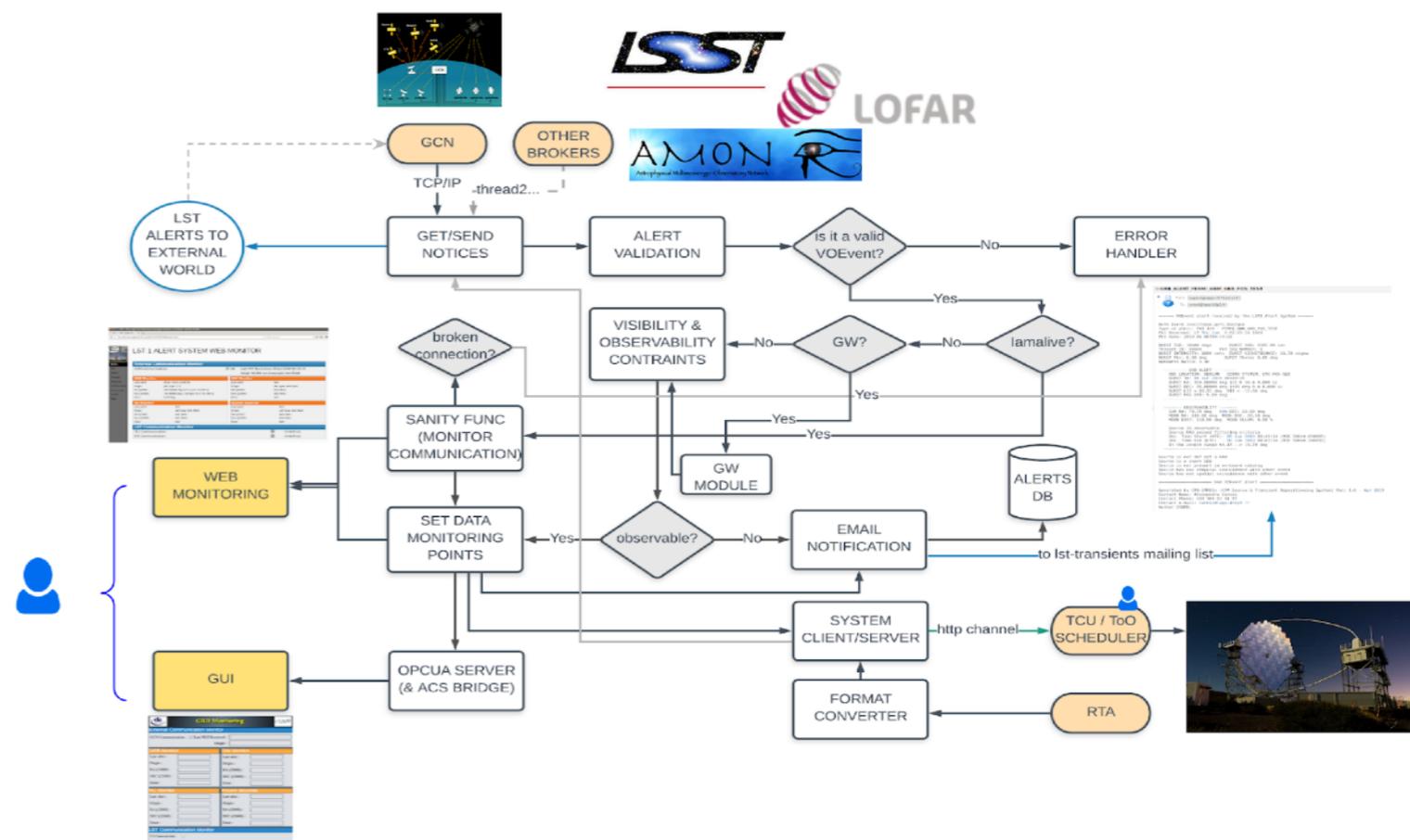
# LST1による突発天体観測



- Crabなど試験観測以外に、サイトが同じなので同じ突発天体が観測可能  
**安定した突発天体観測システムが重要：LST1 Transient Handler (TH)**

- 受信、分類/フィルタ、  
観測を望遠鏡に提案
- 自動化は今後。将来の  
CTA THに向け経験蓄積

- アラート種類：GRB (GCN)  
高エネルギーニュートリノ、  
重力波、AGNフレアなど。  
VOEventプロトコルを使用



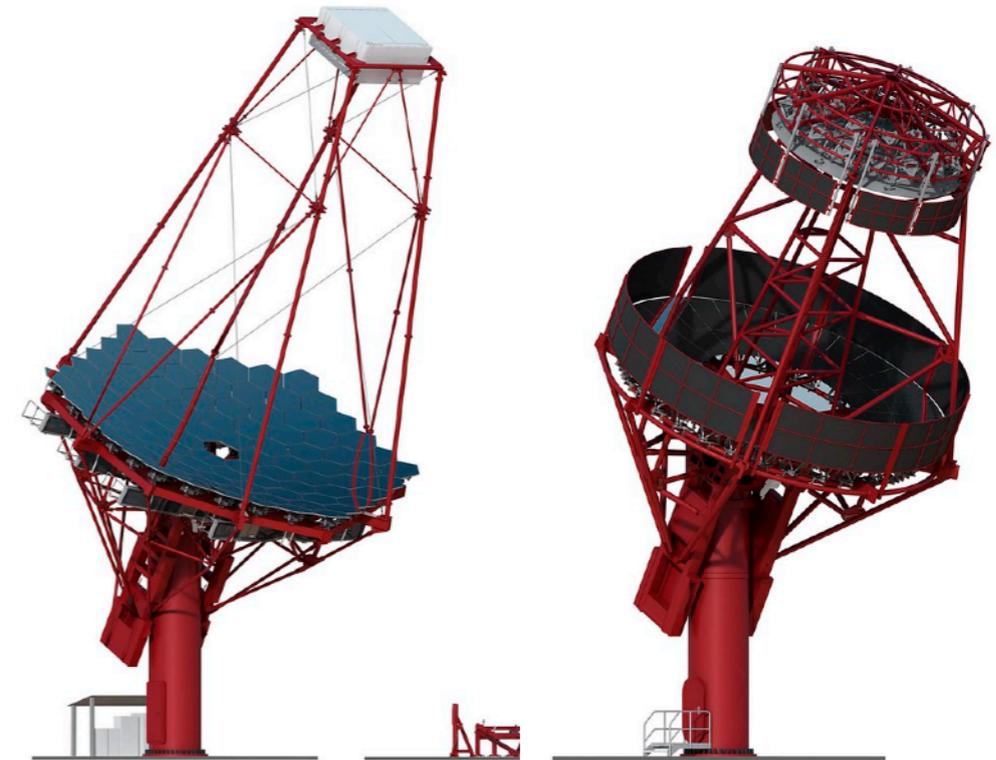
- 既にGRB 201216Cなど観測済。詳細は PoS (ICRC2021) 838
- 観測戦略以外にもハードウェアの違いにより、**強風下でも観測可能**

今後数ヶ月でLST1での突発天体検出が期待できる

# 中・小口径望遠鏡

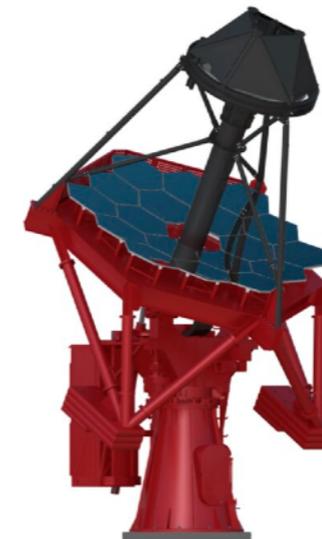


- 中口径望遠鏡 (MST)
  - 口径11.5 m (Davies-Cotton)
  - 0.17度 x 1764画素、視野7.5-7.7度
- 中口径Schwarzschild-Couder望遠鏡 (SCT)
  - 9.7+5.4 m 2枚鏡、SiPMカメラ
  - 0.067度 x 11k画素、視野7.6度
- 小口径望遠鏡 (SST)
  - 4.3 + 1.8 m 2枚鏡 (Schwarzschild-Couder)
  - SiPMカメラ、0.19度 x 2k画素、視野10.5度
- 要素開発が進行中 (SiPMカメラなど)



MST

SCT



SST



Credit: Christian Foehr (MPIK)

SST用SiPMカメラ

# まとめ



- CTA北半球サイトのLST1号基は順調に観測継続中
- MAGIC望遠鏡2台を合わせた3台アレイとしての運用
  - クロス解析、観測プログラムをMAGICと協力して進行中
- 望遠鏡の試験が終わり、突発天体観測の制御システムを整備
- 2024年にLST4台建設完了、アレイ観測開始予定
- 2025年以降、他の望遠鏡を含めた観測を予定

