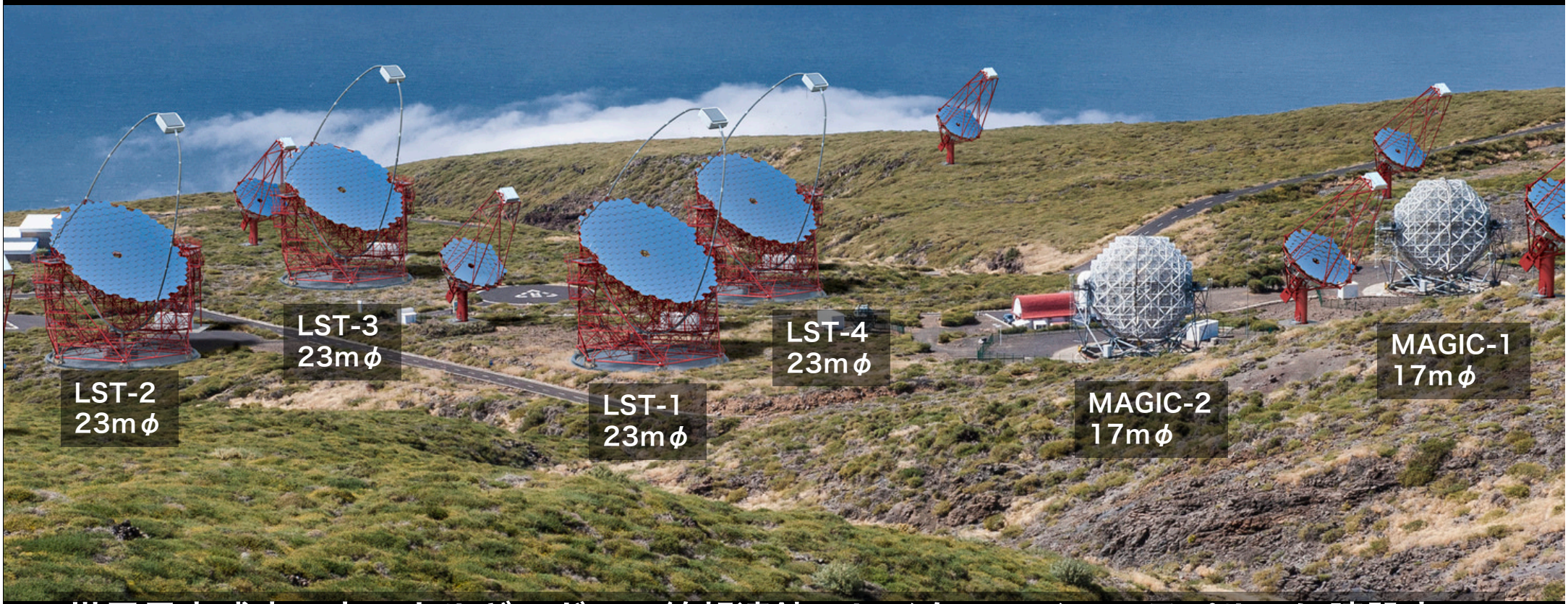
# 高エネルギーガンマ線天文学 CTAグループ
# CTA 北アレイを建設中

A8 手嶋　政廣 (教授)
A8 吉越　貴紀 (准教授)

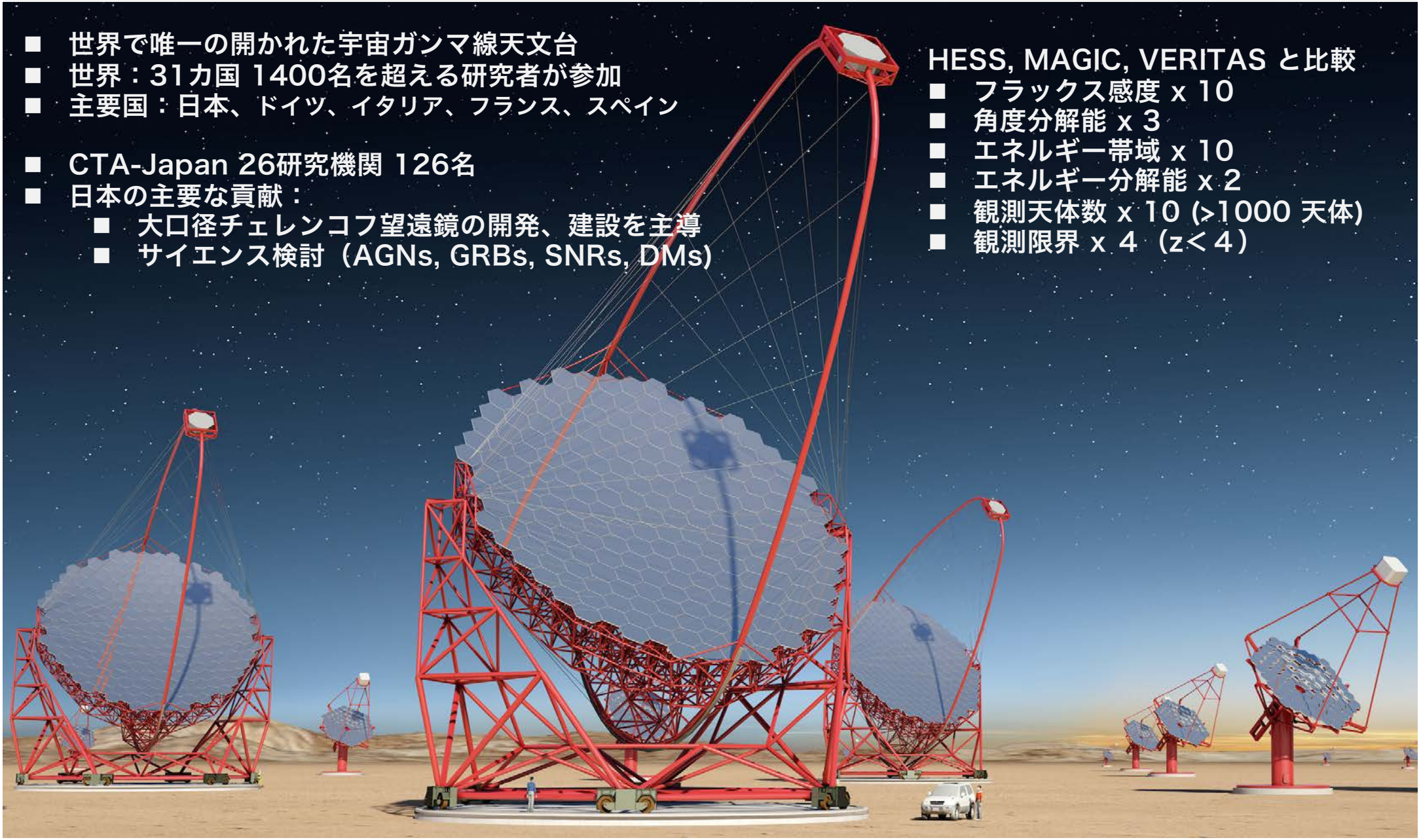



世界最高感度の高エネルギーガンマ線望遠鏡アレイをスペイン・ラパルマに建設中。

cherenkov telescope array

# CTA国際プロジェクト

## 日本は主に大口径望遠鏡、サイエンスに貢献



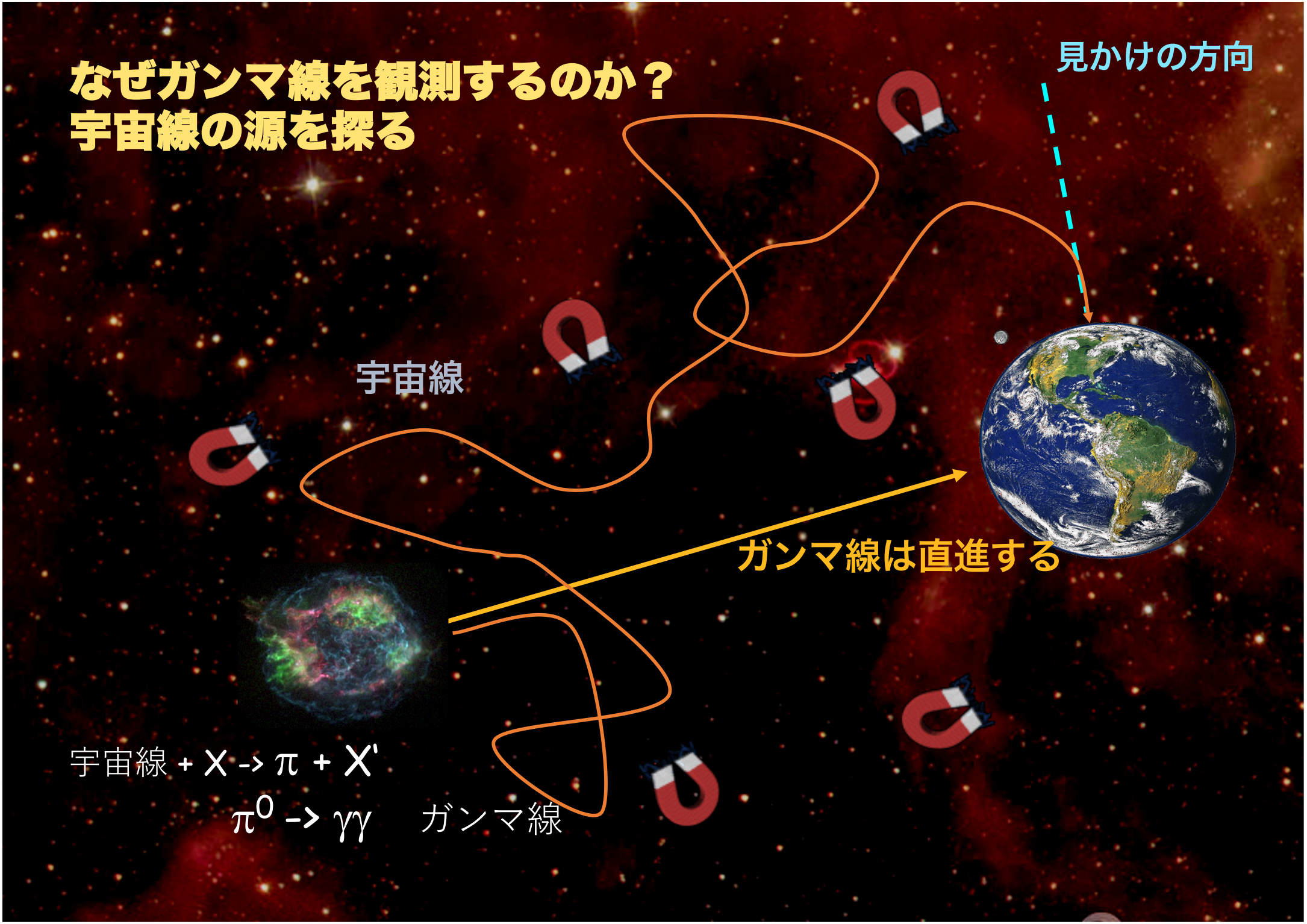
- 世界で唯一の開かれた宇宙ガンマ線天文台
- 世界：31カ国 1400名を超える研究者が参加
- 主要国：日本、ドイツ、イタリア、フランス、スペイン

- CTA-Japan 26研究機関 126名
- 日本の主要な貢献：
  - 大口径チェレンコフ望遠鏡の開発、建設を主導
  - サイエンス検討（AGNs, GRBs, SNRs, DMs)

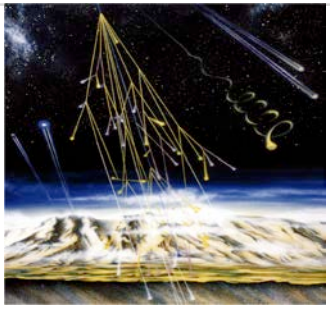
HESS, MAGIC, VERITAS と比較

- フラックス感度 x 10
- 角度分解能 x 3
- エネルギー帯域 x 10
- エネルギー分解能 x 2
- 観測天体数 x 10 (>1000 天体)
- 観測限界 x 4（z＜4）

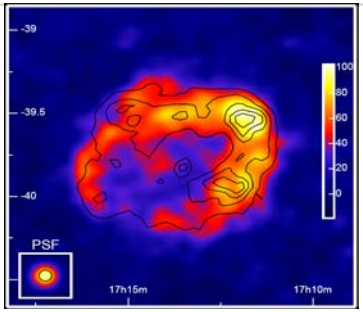
MAGICMovie


なぜガンマ線を観測するのか？
宇宙線の源を探る
見かけの方向
宇宙線
ガンマ線は直進する
宇宙線 + X -> π + X'
π0 -> γγ　ガンマ線

# CTA計画とサイエンス（TeV領域）
# 宇宙物理のエネルギーフロンティア

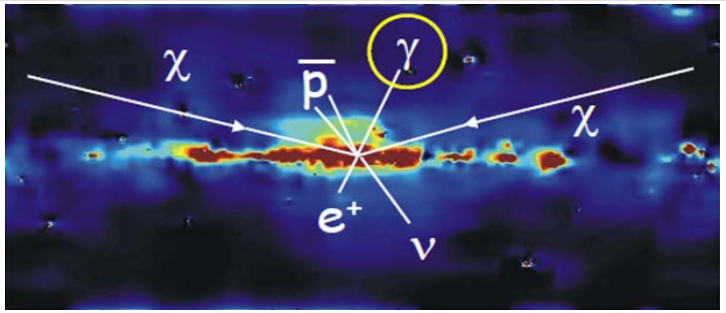


宇宙線の起源



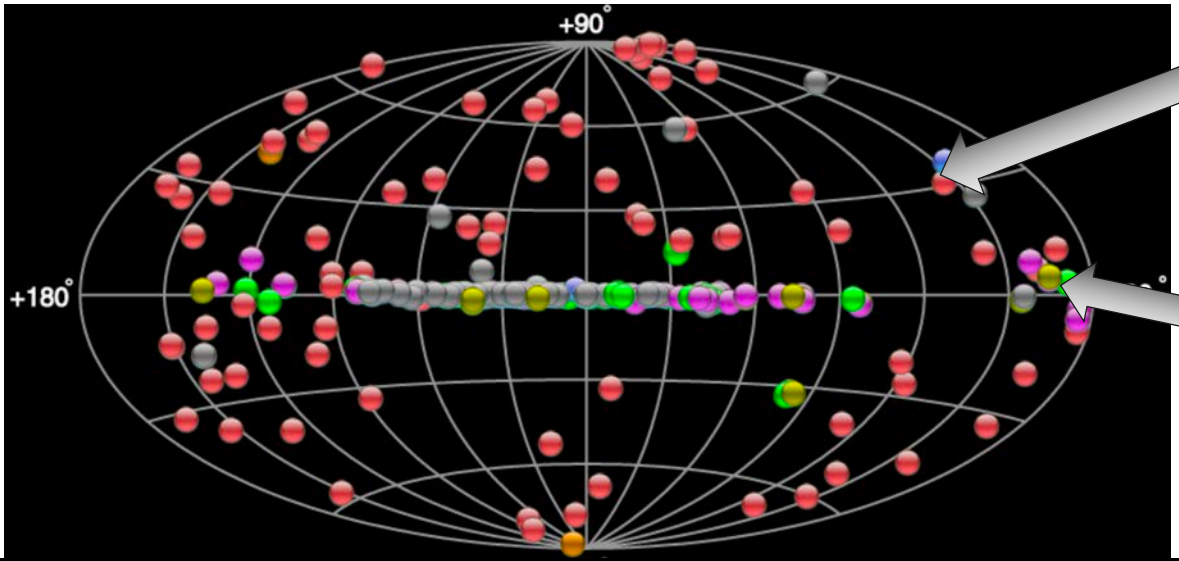

宇宙の巨大加速器

ブラックホールと
高エネルギー現象



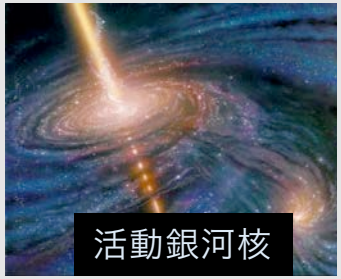

暗黒物質の探索（発見）

- 宇宙線の起源（宇宙の巨大加速器を探す）
- ブラックホールに伴う宇宙の高エネルギー現象の研究
- 暗黒物質対消滅からのガンマ線の探索




~ 200の天体が観測されているが、CTAでは>1000 天体が観測される

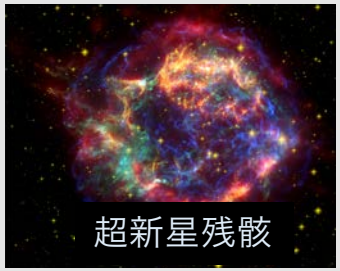
## 系外天体



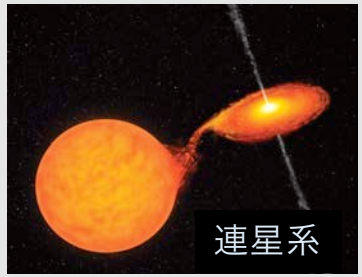
活動銀河核

ガンマ線バースト

## 銀河系内天体



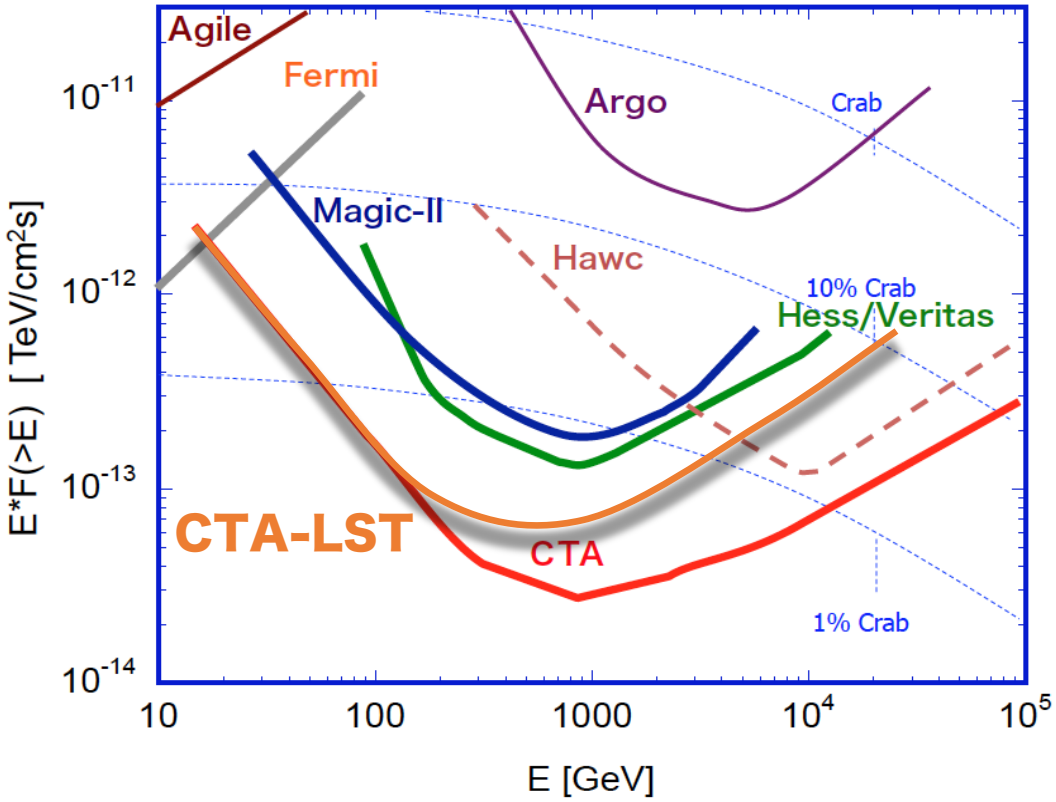
超新星残骸

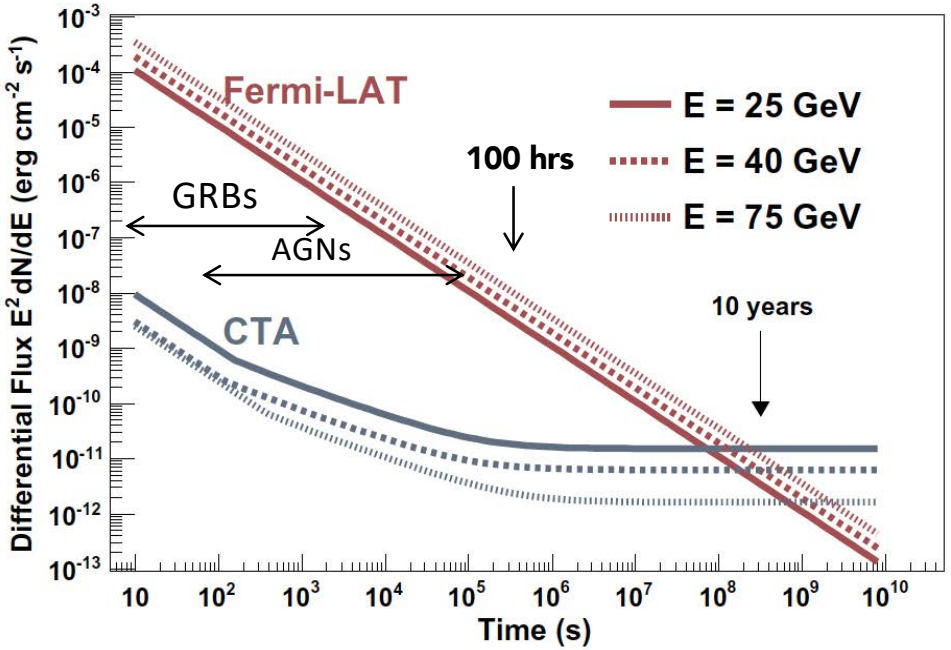


連星系

# CTA-LST, CTA の性能

**感度 x10, 角度分解能 x3, 観測天体 x10**
**エネルギー領域 4桁 (20GeV - 200TeV)**

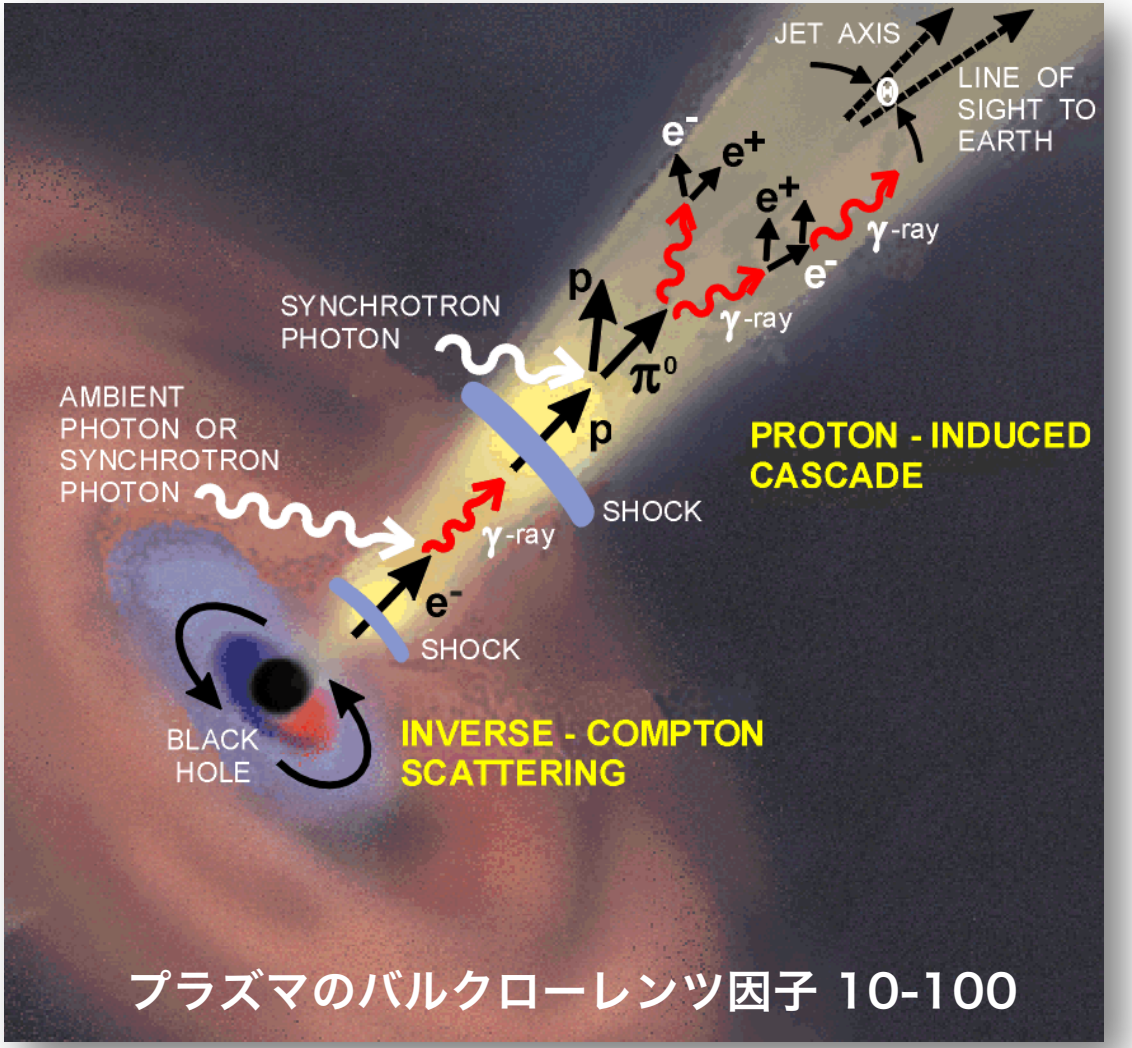


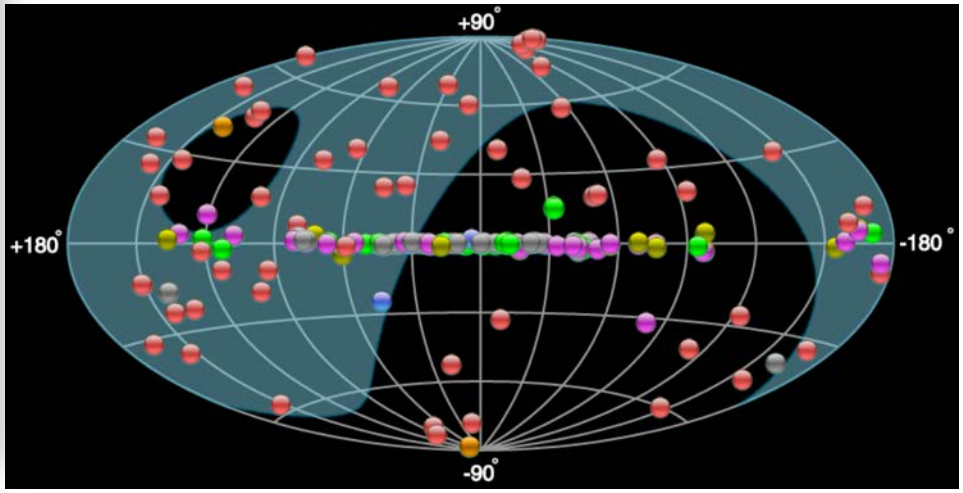

- TeV 領域で世界最高感度を達成し、宇宙物理学のエネルギーフロンティア
- 1000 を超える高エネルギー天体が観測される
- ガンマ線バースト、活動銀河核フレアー、フェルミガンマ線衛星の1万倍の感度
- 初めて地上でのガンマ線バースト観測を可能とする
  - 20GeV エネルギー閾値、20秒での高速フォローアップ観測

cherenkov telescope array

# 超巨大ブラックホール～$10^8$ $M_\odot$
## $>10^{18}$eV 最高エネルギー宇宙線の候補天体



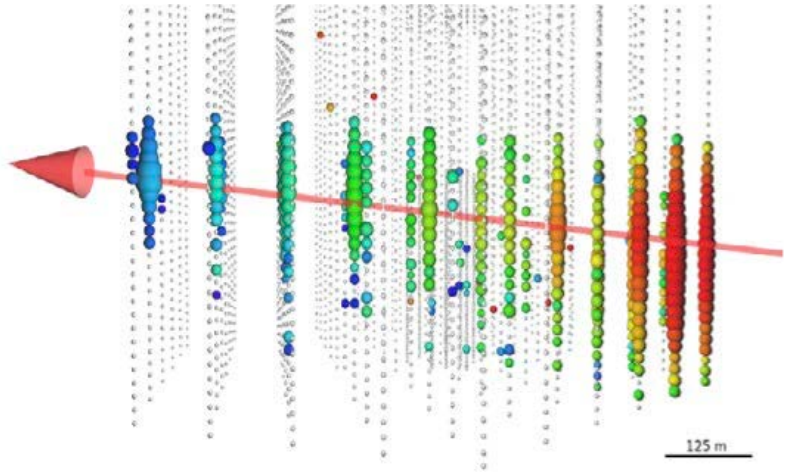

- 加速可能な最高のエネルギーは？
- $10^{20}$eV まで宇宙線を加速できるか？
- エネルギー源は、降着円盤か、ブラックホール回転エネルギーか？
- 短時間の時間変動からブラックホールホライズン近くをみる



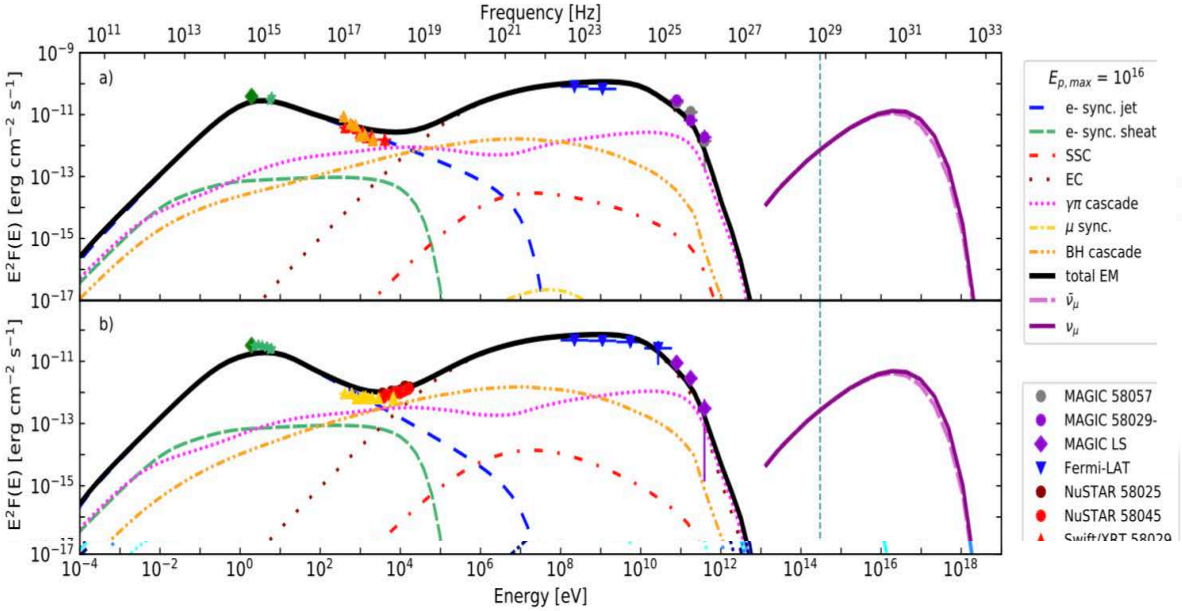
# Multi Messenger Astronomy IC170922A / TXS 0506+056

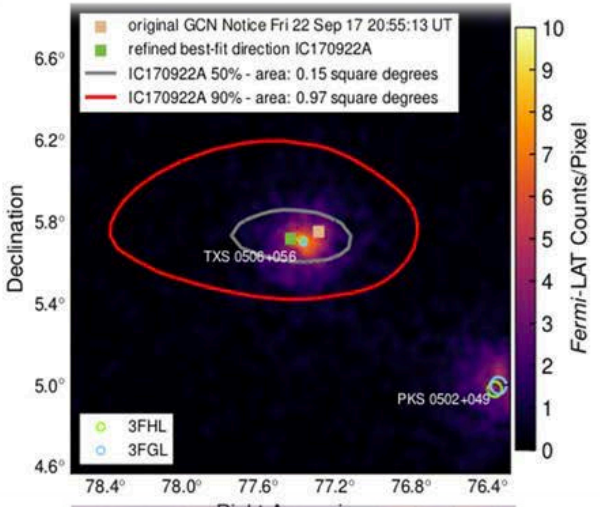
cherenkov telescope array

## Ice Cube Observation (~300TeV)

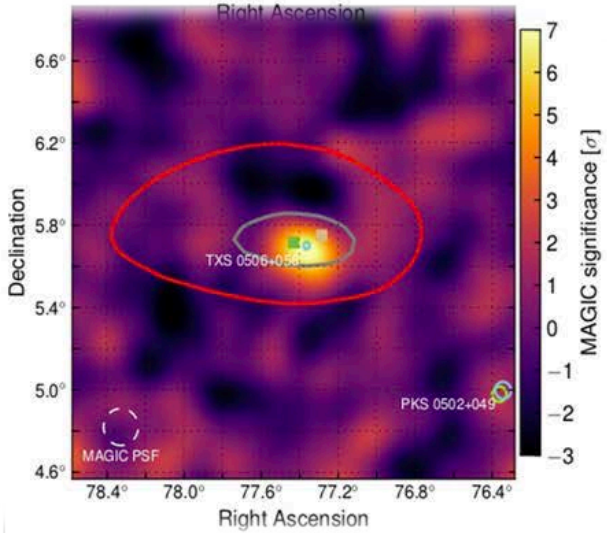



## Lepto-Hadronic Scenario



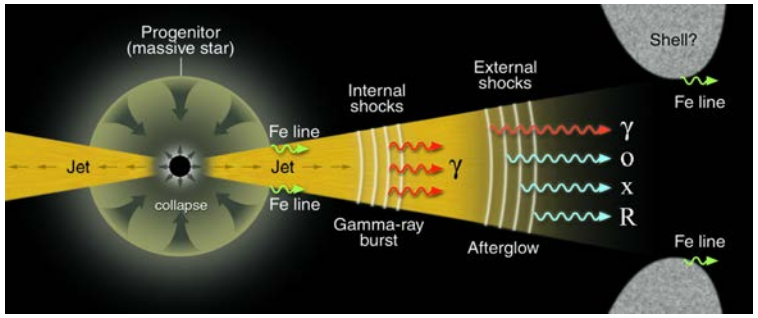

Fermi LAT
(>100 MeV)



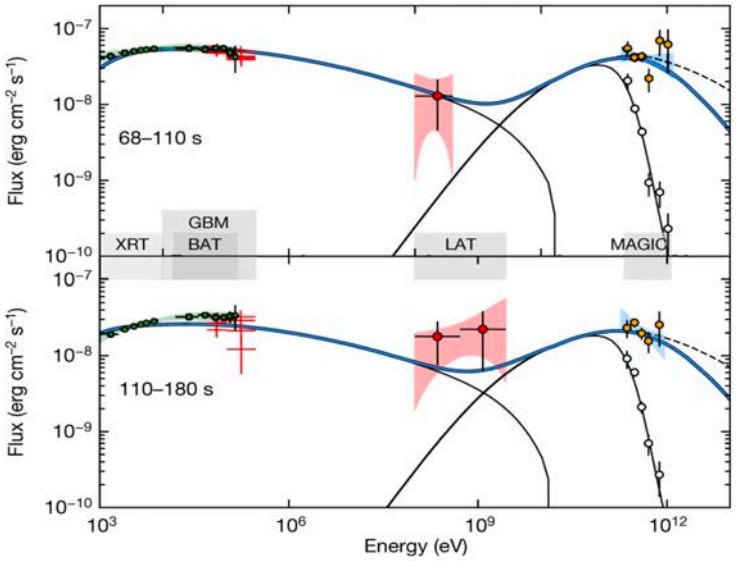

MAGIC
(>100GeV)

GTC Observation z = 0.3365
S. Paiano et. al 2018

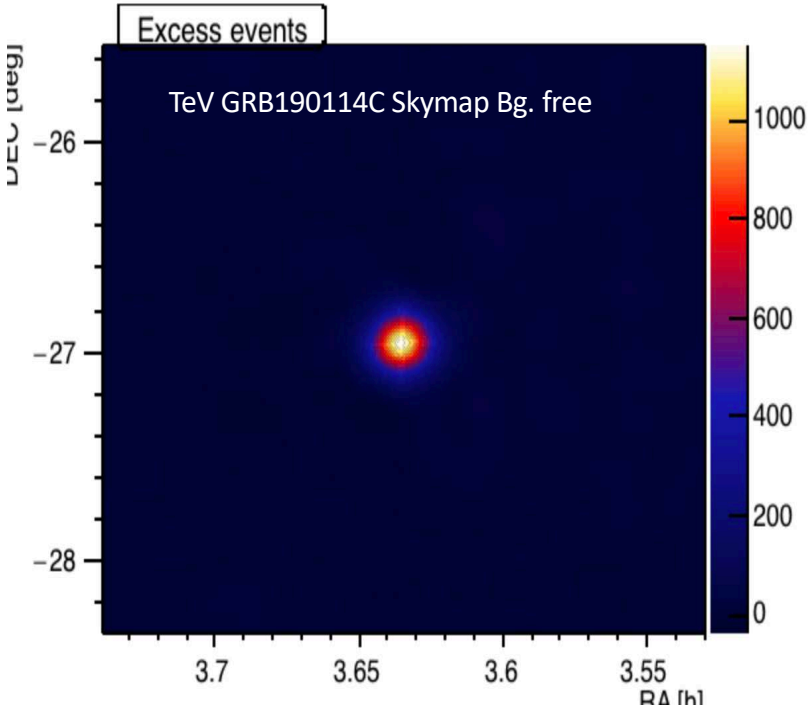
# TeV-GRB 190114C observation with MAGIC
## Two Nature Papers 21. Nov. 2019

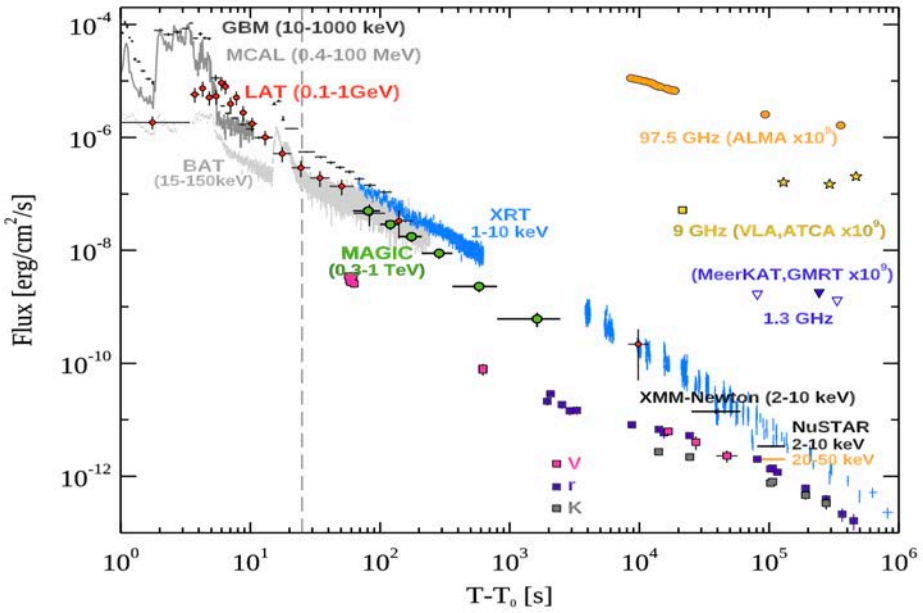



Synchrotron Inverse Compton




- Energy spectrum is extending to TeV energies
- Significant energy released in TeV domain
- Afterglow curve is parallel to X-Ray afterglow
- LST will detect 10 times more events than MAGIC and HESS

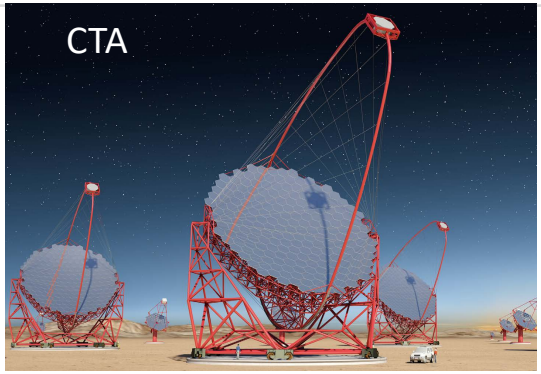


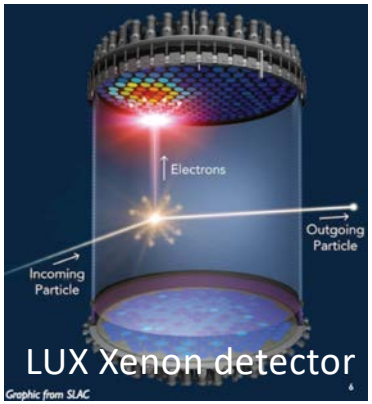
# 高感度での暗黒物質探索（発見）

## ガンマ線観測、地下実験、加速器実験は相補的

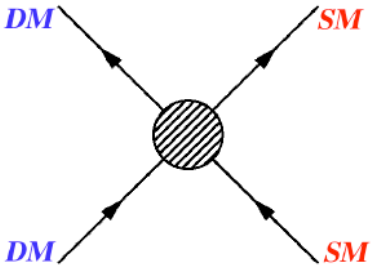
cherenkov telescope array



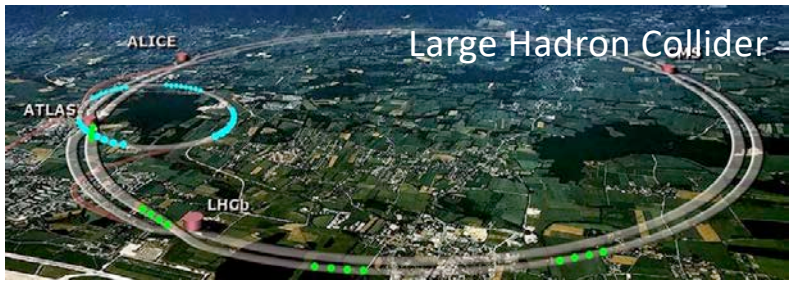
thermal freeze-out (early Univ.)
indirect detection (now)

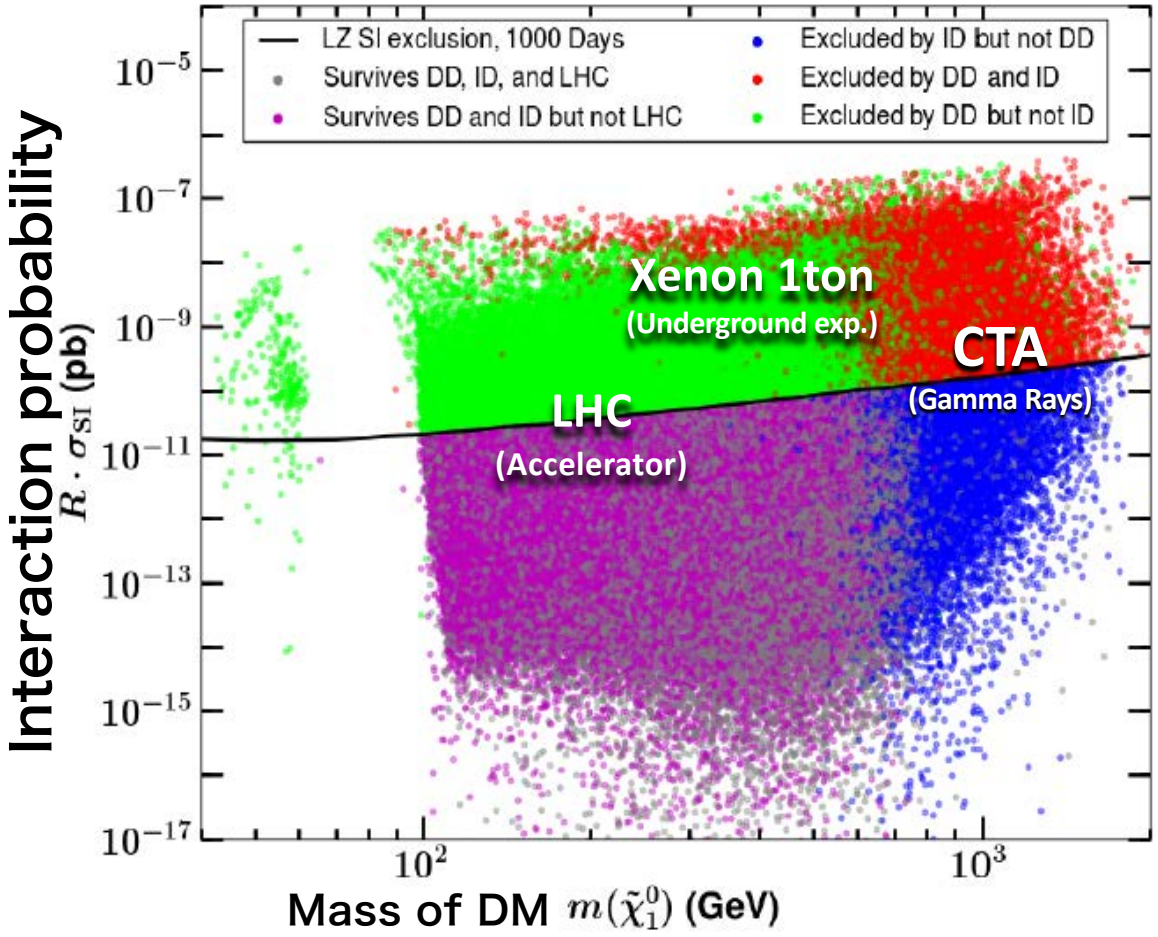



direct detection




production at colliders



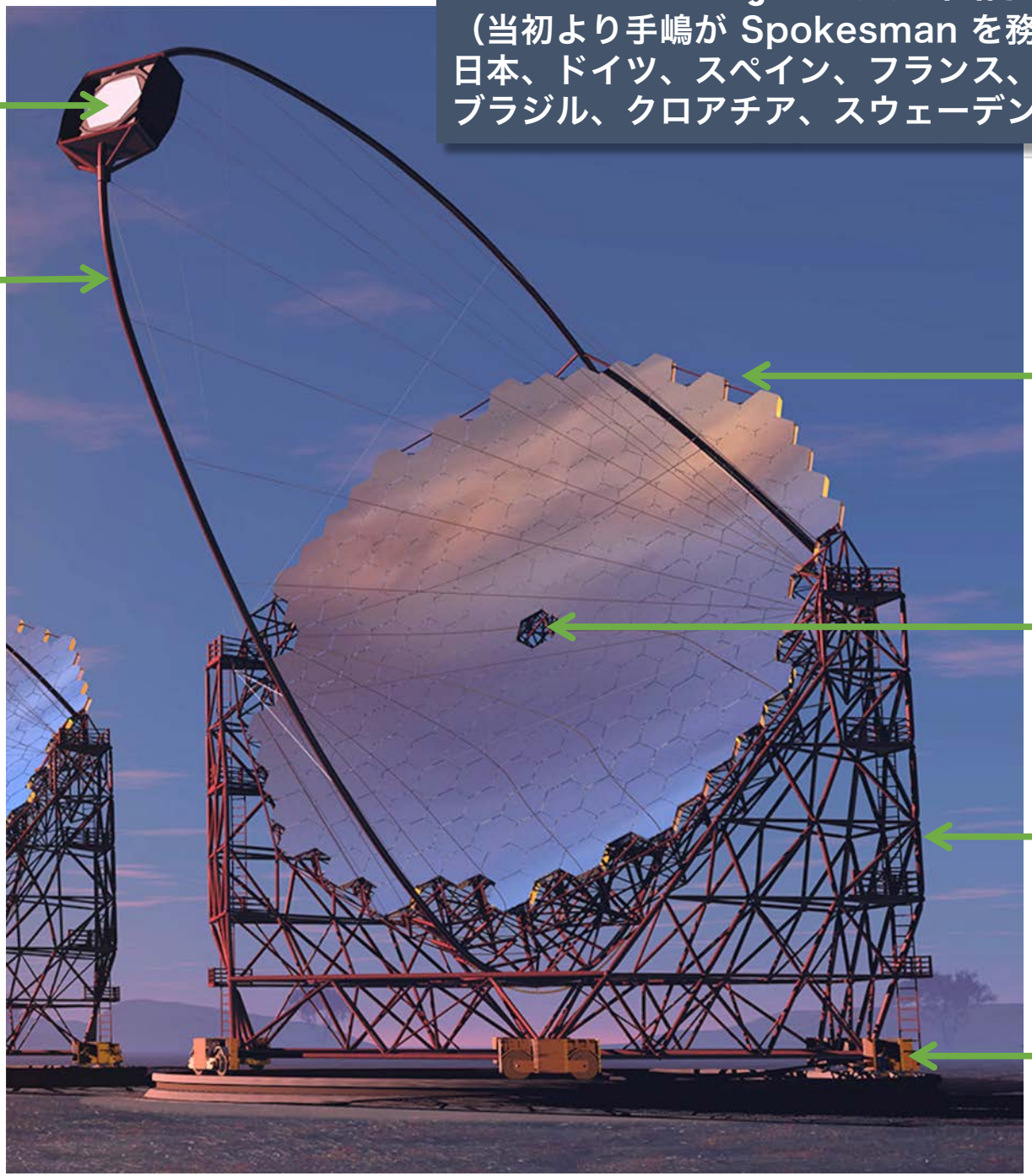

- 銀河中心領域、矮小楕円銀河に対消滅からのガンマ線を探る
- 700GeV以上ではCTAが最も高感度
- CTAでは、TeV領域で理論予測の一桁優れた感度まで到達
- 発見されればノーベル賞級の研究成果

# CTA-LST Project 大型国際共同研究

（当初より手嶋が Spokesman を務めている）
日本、ドイツ、スペイン、フランス、イタリア、スイス、
ブラジル、クロアチア、スウェーデン、インド、クロアチア

**FPI/Elec** (JP/IT/ES)
**Camera body** (ES/DE)

**CSS** (FR/IT)



**MIR** (JP)
**Interface PL** (JP/BR)
**Actuator** (JP/CH)
**CMOS-Cam** (JP)

**StarGuider** (JP/SE)
**CalibBox** (IN/IT)

**Structure** (DE)
**Access Tower** (DE/ES)

**Drive** (DE/FR/ES)
**Bogie** (DE/ES)
**Rail** (DE/ES)
**Found.** (DE/ES)

**Flywheel, UPS** (JP)
**Computer Network** (JP)

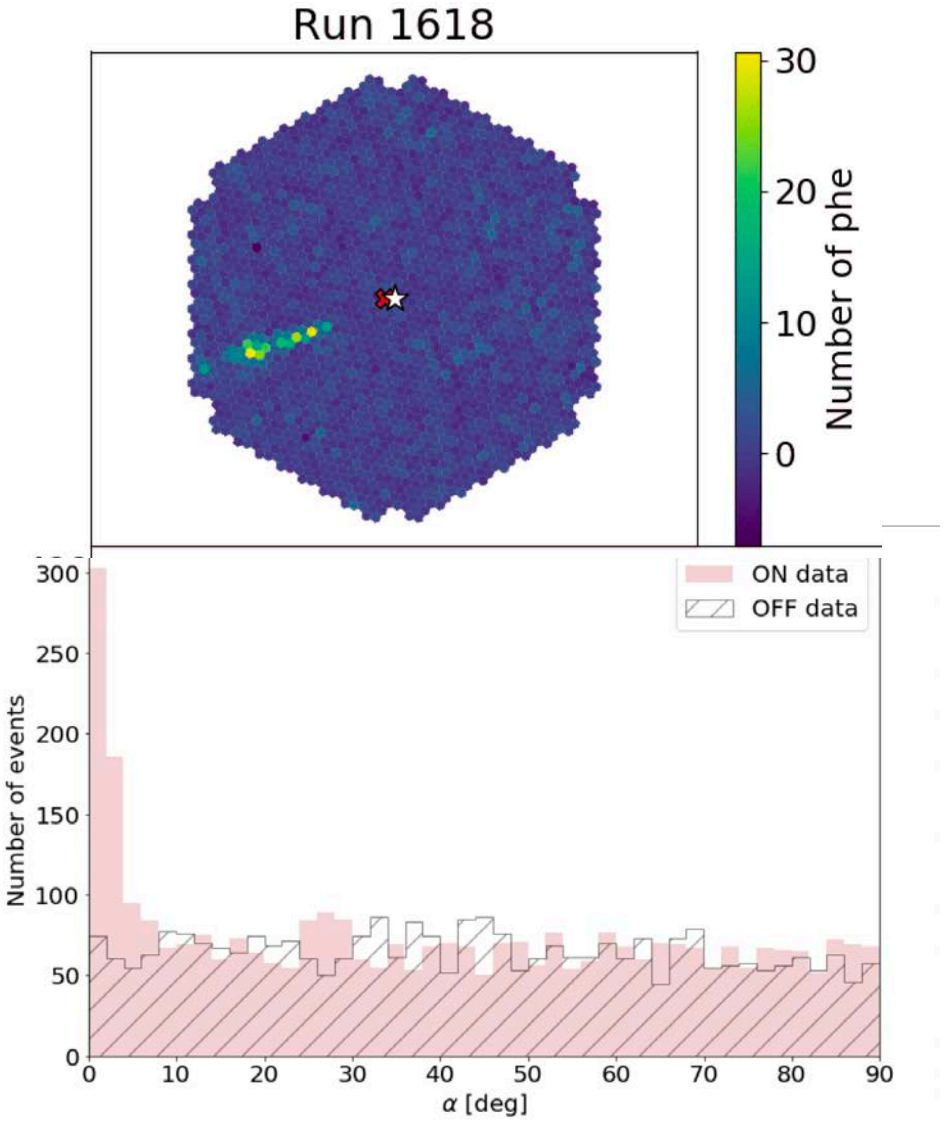
cherenkov telescope array

# LST1: Mirror dish installation

cherenkov telescope array

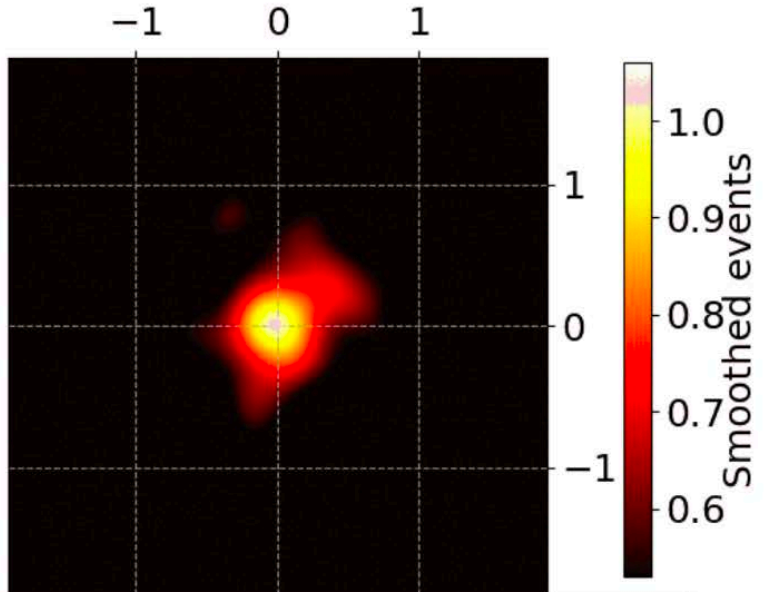
# LST1 Inaugurated on 10 October 2018

# LST1 in commissioning
# Crab Nebula Observation




The first observation of Crab Nebula
November 24, 2019

Energy Threshold: 60GeV
Rate of Gamma rays: 0.5Hz
Statistical Significance: 50 sigma (Obs. 2hrs)



# 連絡先 Contact


CTA 研究グループ

教授　手嶋　政廣 (A8)
mteshima@icrr.u-tokyo.ac.jp
http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/~mteshima
マックスプランク物理学研究所とクロスアポイント

准教授　吉越　貴紀 (A8)
tyoshiko@icrr.u-tokyo.ac.jp
http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/~tyoshiko

教授1, 准教授3, 助教4, 研究員6,
PhD4, Ms6, 技官4, 秘書1

**Research:**

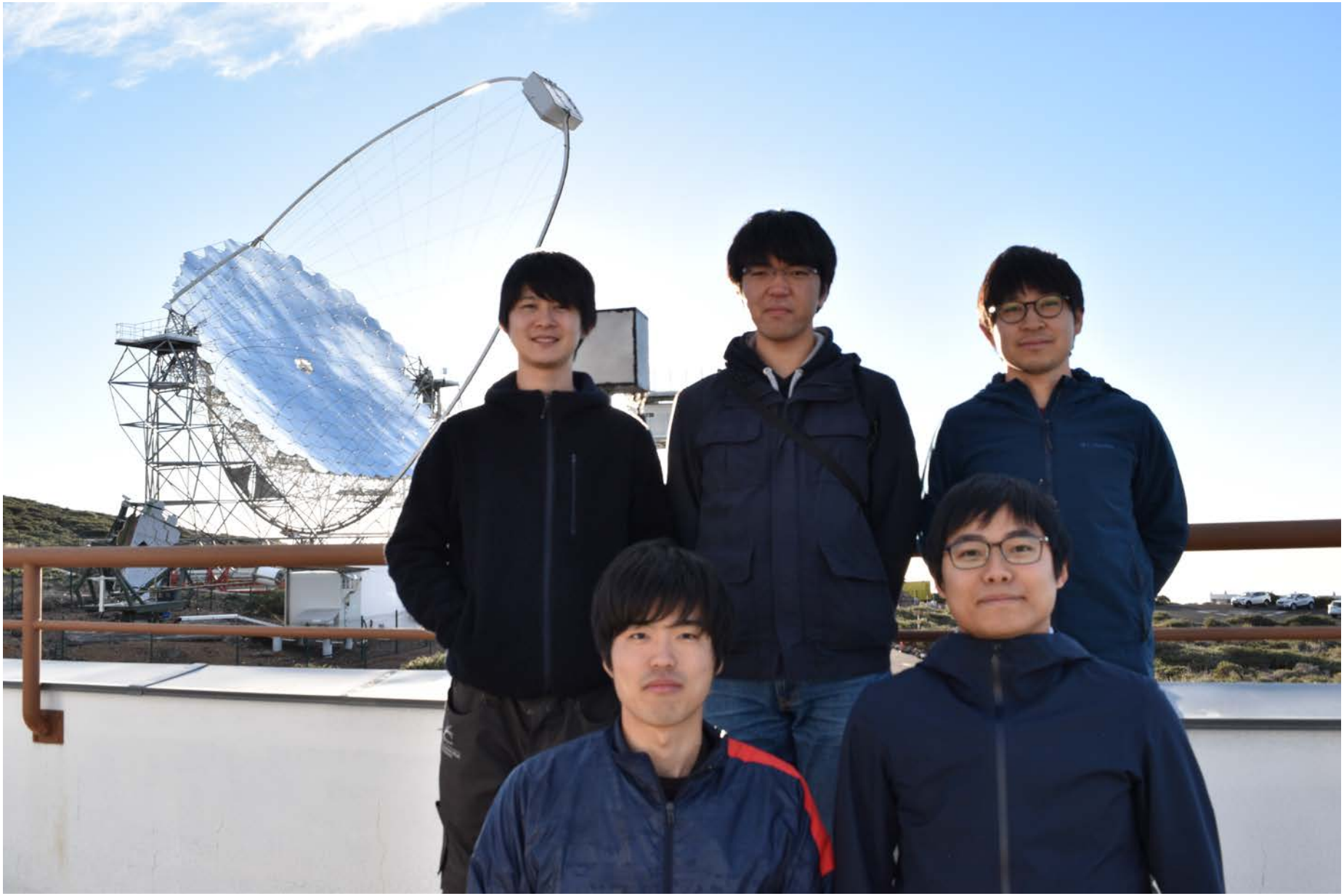
**MAGIC** http://magic.mppmu.mpg.de/
**CTA-Japan** http://cta-observatory.jp/
**CTA** http://www.cta-observatory.org/

cherenkov telescope array

# BBQ Party on 15 May 2016

cherenkov telescope array

# お花見(柏の葉公園)
# BBQ Party (29.May20019)

cherenkov telescope array

# Grad. Students at La Palma (March 2019)