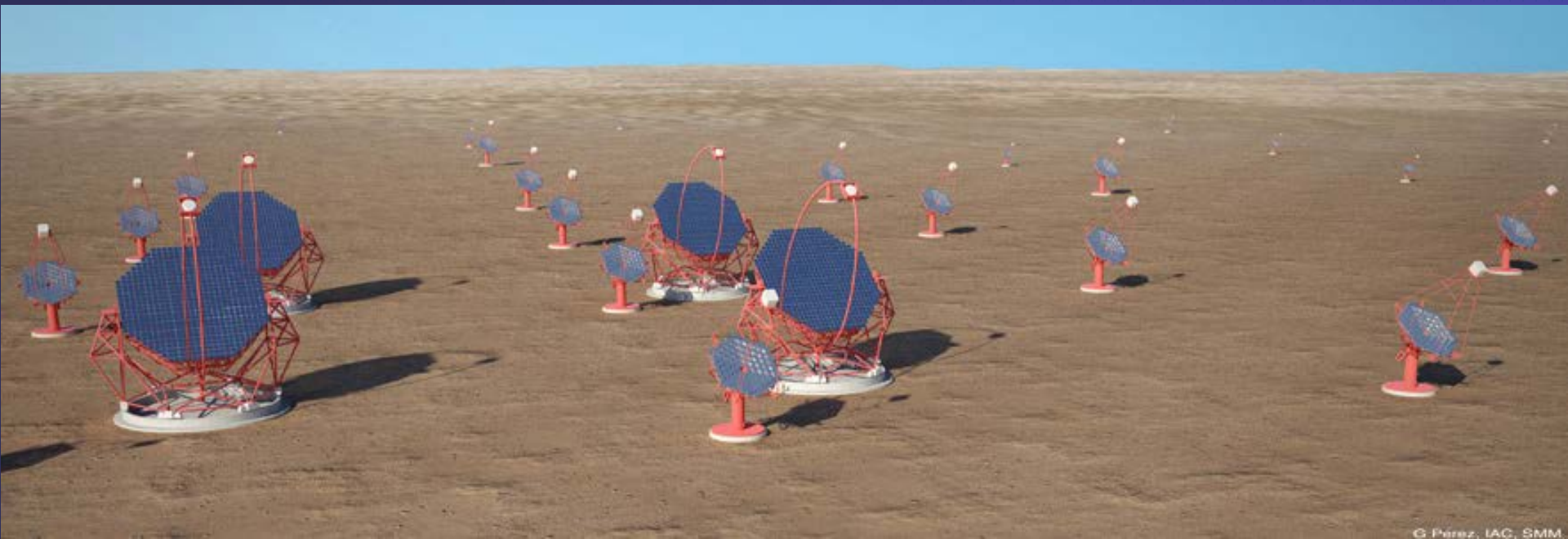


# Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画：全体報告



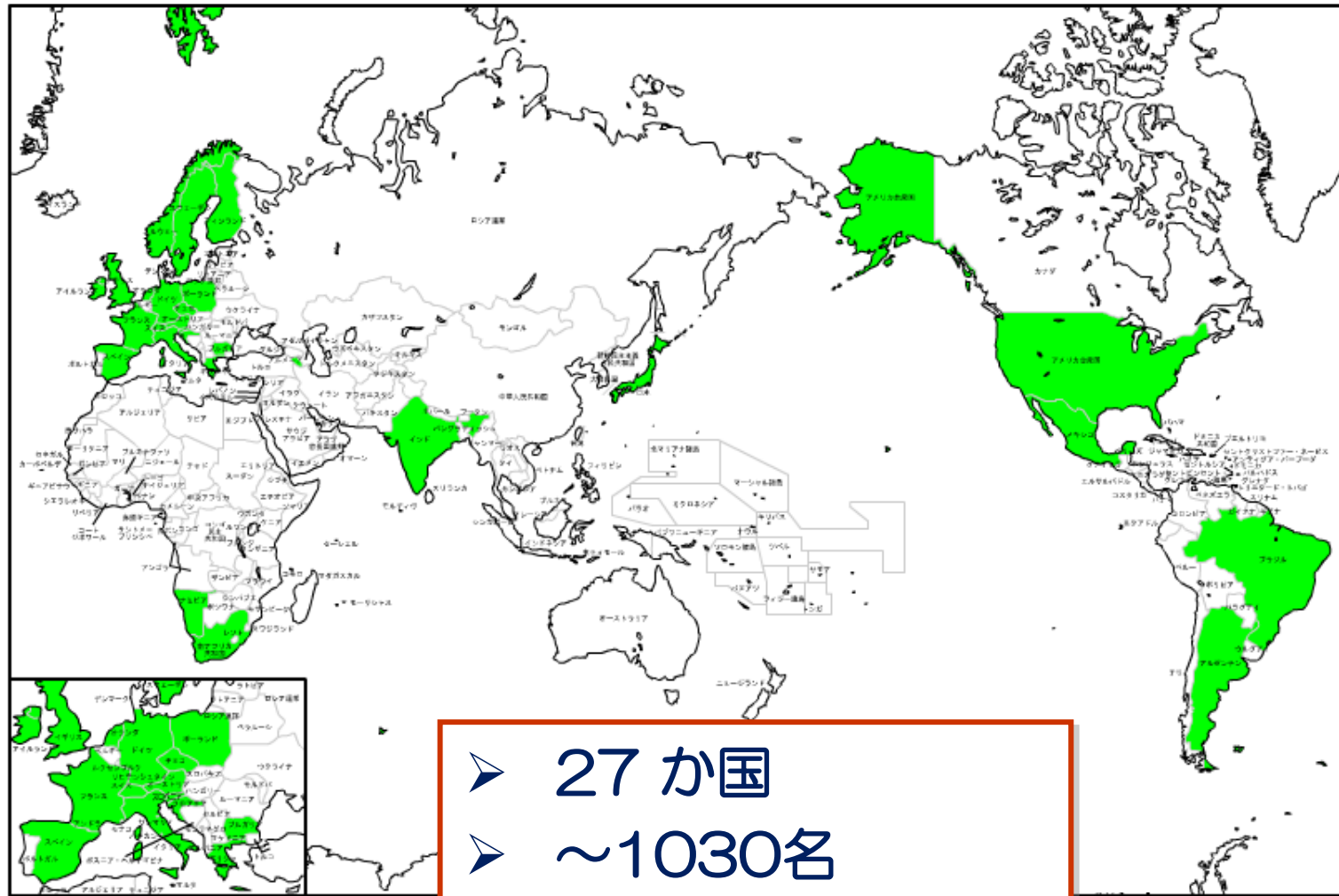
窪 秀利 (京大理) 他 CTA-Japan Consortium

## 84名 (27研究グループ)

手嶋政廣<sup>A, B</sup>, 窪秀利<sup>C</sup>, 戸谷友則<sup>C</sup>, 浅野勝晃<sup>D</sup>, 栗根悠介<sup>C</sup>, 井岡邦仁<sup>E</sup>, 井上進<sup>A, B</sup>, 井上芳幸<sup>A</sup>, 上野遥<sup>F</sup>, 梅原克典<sup>G</sup>, 榎本良治<sup>A</sup>, 大石理子<sup>A</sup>, 大岡秀行<sup>A</sup>, 大平豊<sup>H</sup>, 奥田武志<sup>I</sup>, 奥村暁<sup>J</sup>, 折戸玲子<sup>K</sup>, 加賀谷美佳<sup>G</sup>, 格和純<sup>L</sup>, 片岡淳<sup>M</sup>, 片桐秀明<sup>G</sup>, 株木重人<sup>N</sup>, 川中宣太<sup>A</sup>, 岸本哲朗<sup>C</sup>, 北本兼続<sup>O</sup>, 木舟正<sup>A</sup>, 櫛田淳子<sup>P</sup>, 郡司修一<sup>Q</sup>, 郡和範<sup>E</sup>, 小谷一仁<sup>P</sup>, 小山志勇<sup>F</sup>, 今野裕介<sup>C</sup>, 齋藤浩二<sup>A</sup>, 斎藤雄太郎<sup>P</sup>, 榊直人<sup>A</sup>, 峪中良介<sup>O</sup>, 佐々木浩人<sup>R</sup>, 澤田真理<sup>H</sup>, 柴田徹<sup>H</sup>, 渋谷明伸<sup>J</sup>, 周小溪<sup>O</sup>, 菅原隆希<sup>K</sup>, 高橋慶太郎<sup>S</sup>, 高橋弘充<sup>T</sup>, 高見一<sup>E</sup>, 田島宏康<sup>J</sup>, 田中駿也<sup>G</sup>, 田中真伸<sup>E</sup>, 千川道幸<sup>O</sup>, 寺田幸功<sup>F</sup>, 當真賢二<sup>U</sup>, 門叶冬樹<sup>Q</sup>, 鳥居和史<sup>I</sup>, 内藤統也<sup>V</sup>, 中嶋大輔<sup>A, B</sup>, 長滝重博<sup>W</sup>, 中森健之<sup>M</sup>, 中山和則<sup>X</sup>, 西嶋恭司<sup>P</sup>, 野里明香<sup>O</sup>, 萩原亮太<sup>Q</sup>, 畑中謙一郎<sup>C</sup>, 馬場浩則<sup>G</sup>, 早川貴敬<sup>I</sup>, 林田将明<sup>C</sup>, 原敏<sup>V</sup>, 馬場彩<sup>H</sup>, 日高直哉<sup>J</sup>, 深沢泰司<sup>T</sup>, 福井康雄<sup>I</sup>, 藤田裕<sup>U</sup>, 松本浩典<sup>Y</sup>, 水野恒史<sup>T</sup>, 村石浩<sup>Z</sup>, 村瀬孔大<sup>A</sup>, 森浩二<sup>aa</sup>, 柳田昭平<sup>G</sup>, 山崎了<sup>H</sup>, 山本常夏<sup>R</sup>, 山本宏昭<sup>I</sup>, 吉越貴紀<sup>A</sup>, 吉田篤正<sup>H</sup>, 吉田龍生<sup>G</sup>, 李兆衡<sup>W</sup>

東大宇宙線研<sup>A</sup>, Max-Planck-Inst. fuer Phys.<sup>B</sup>, 京大理<sup>C</sup>, 東工大理<sup>D</sup>, KEK素核研<sup>E</sup>, 埼玉大理<sup>F</sup>, 茨城大理<sup>G</sup>, 青学大理工<sup>H</sup>, 名大理<sup>I</sup>, 名大STE研<sup>J</sup>, 徳島大総科<sup>K</sup>, 広大理<sup>L</sup>, 早大理工<sup>M</sup>, 東海大医<sup>N</sup>, 近畿大理<sup>O</sup>, 東海大理<sup>P</sup>, 山形大理<sup>Q</sup>, 甲南大理工<sup>R</sup>, 熊本大理<sup>S</sup>, 広大理<sup>T</sup>, 阪大理<sup>U</sup>, 山梨学大<sup>V</sup>, 京大基研<sup>W</sup>, 東大理<sup>X</sup>, 名大KMI<sup>Y</sup>, 北里大医療衛生<sup>Z</sup>, 宮崎大工<sup>aa</sup>

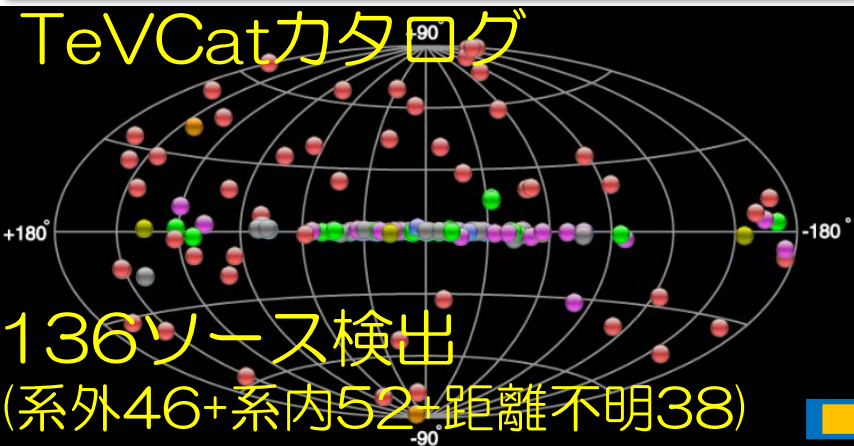
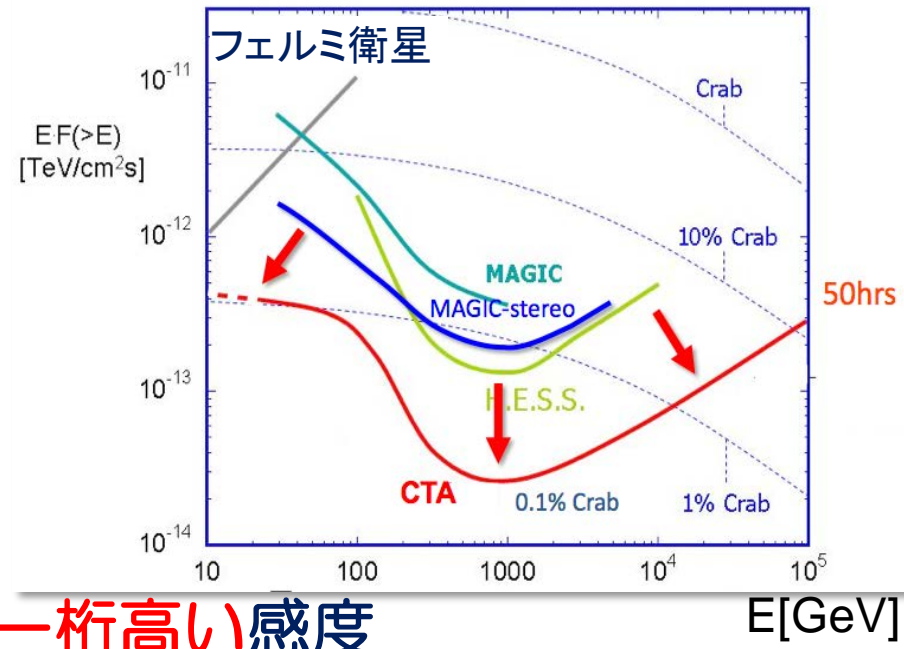
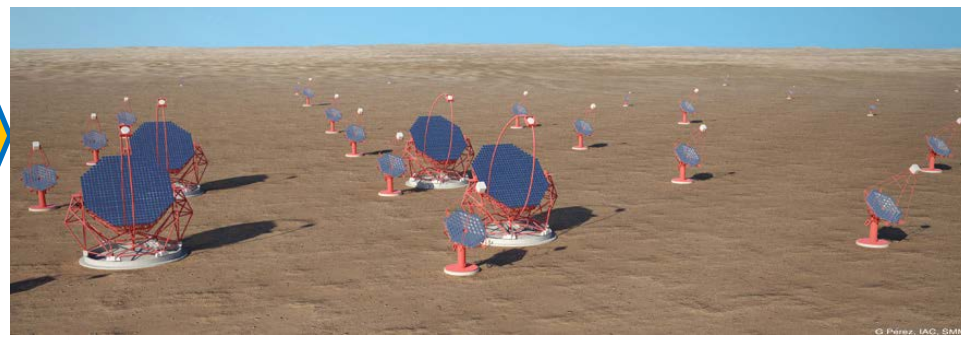
# CTA Consortium



# 大気チェレンコフ望遠鏡 - 超高エネルギー $\gamma$ 線観測



## Cherenkov Telescope Array (CTA)計画



- ◆ 桁高い感度
- ◆ 広帯域化 (20GeV-100TeV以上)
- ◆ 角度分解能3倍 (2分@1TeV)

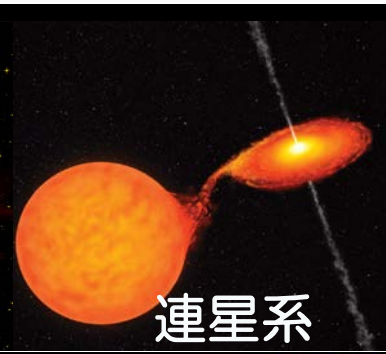
➡ >1000個のソース検出期待

# CTAで狙うサイエンス

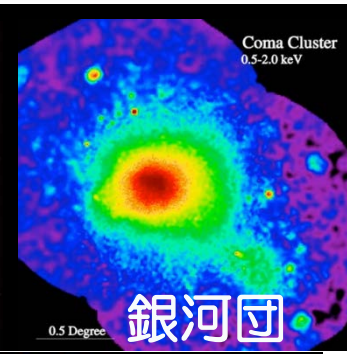
## 観測天体



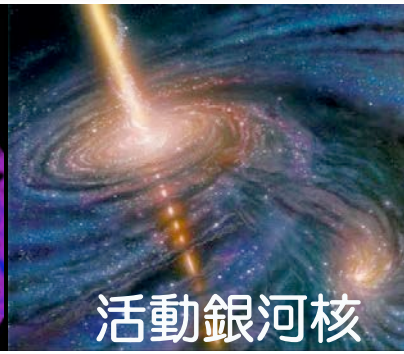
超新星残骸



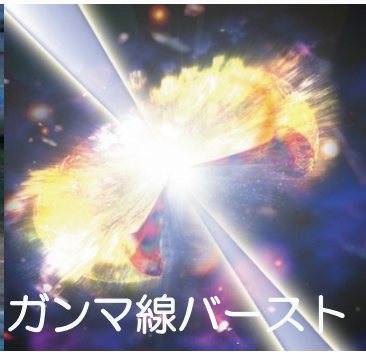
連星系



銀河団



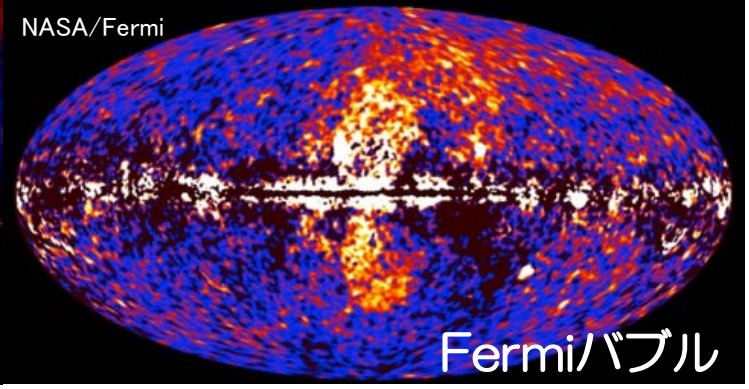
活動銀河核



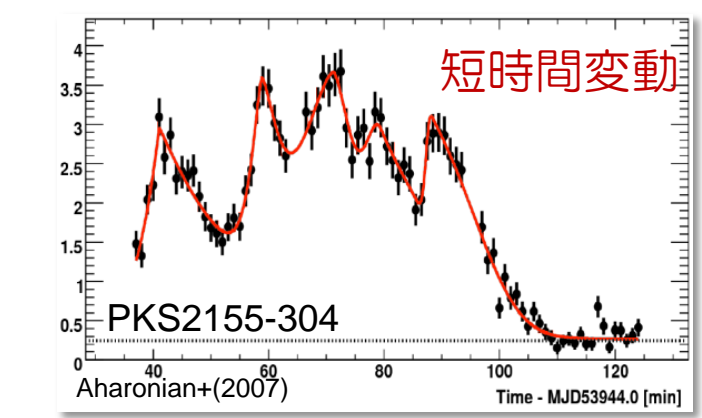
ガンマ線バースト



パルサー・星雲



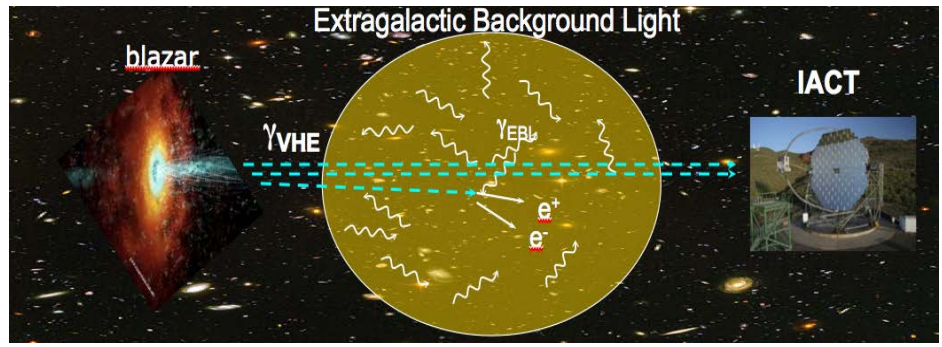
Fermiバブル



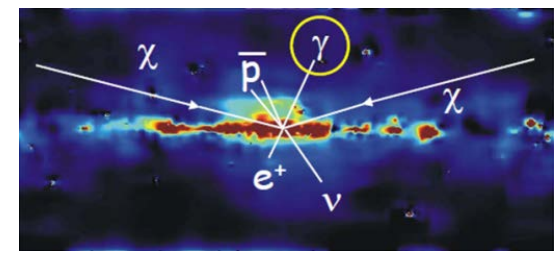
## 粒子加速機構、ローレンツ不変性検証



宇宙線起源



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

# CTA 計画 - 望遠鏡

23m 口径  
(LST)

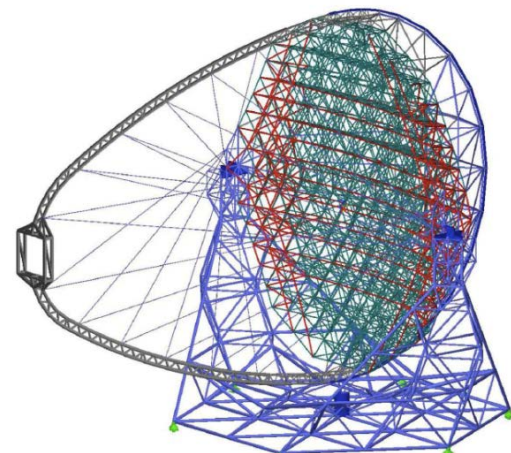
4(北)+4(南)台  
20GeV-  
1TeV  
FOV:4-5度

10-12m 口径  
(MST)

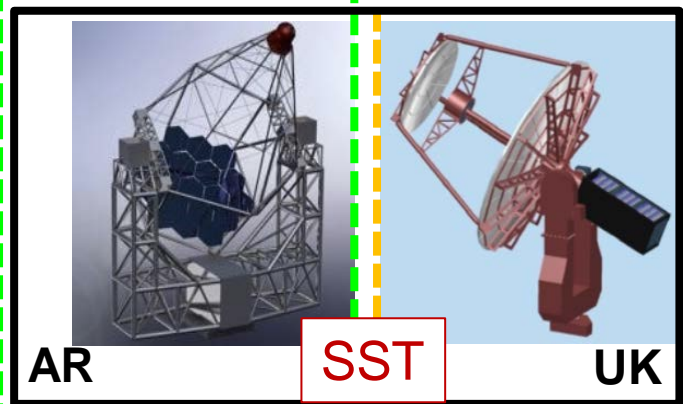
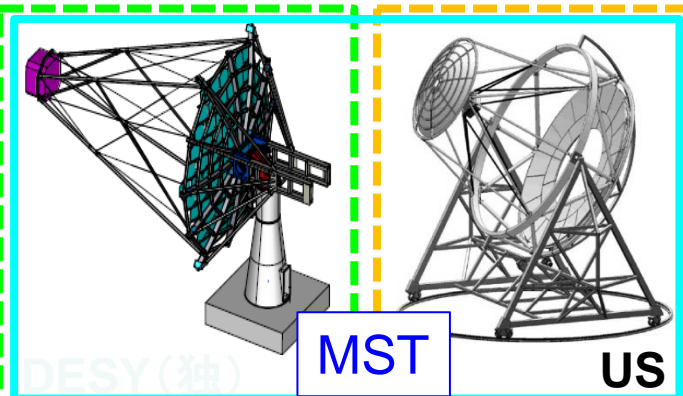
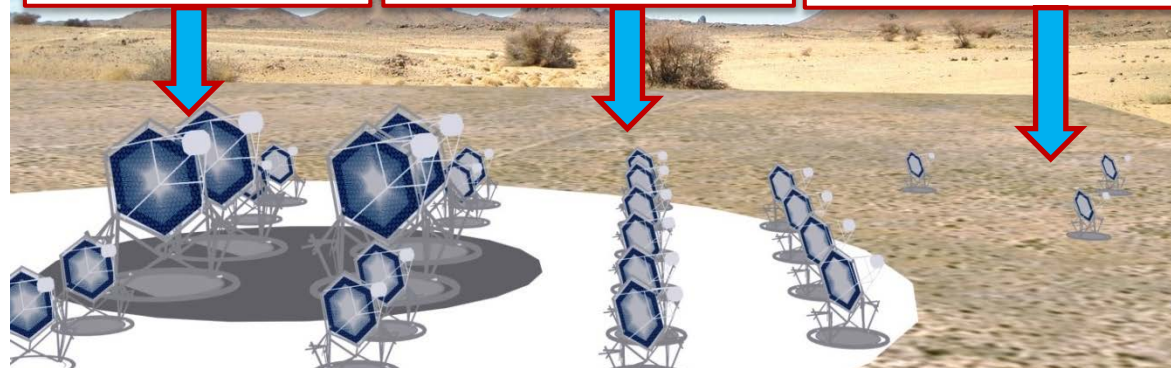
17+23台  
100GeV-  
10TeV  
6-8度

4-6m 口径  
(SST)

8+32台  
1TeV-  
100TeV  
~10度

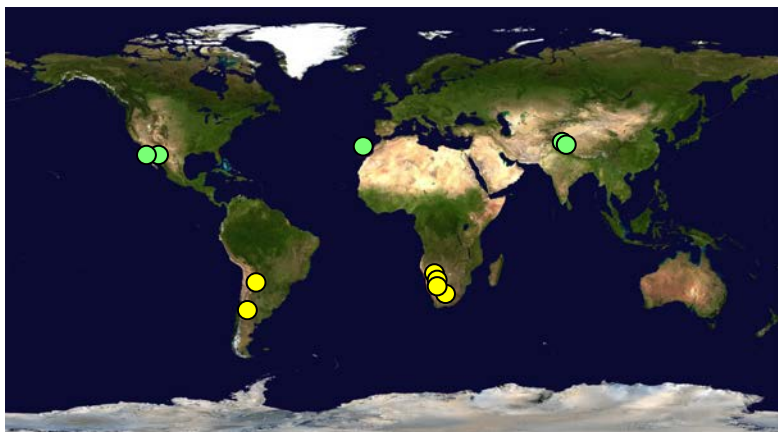


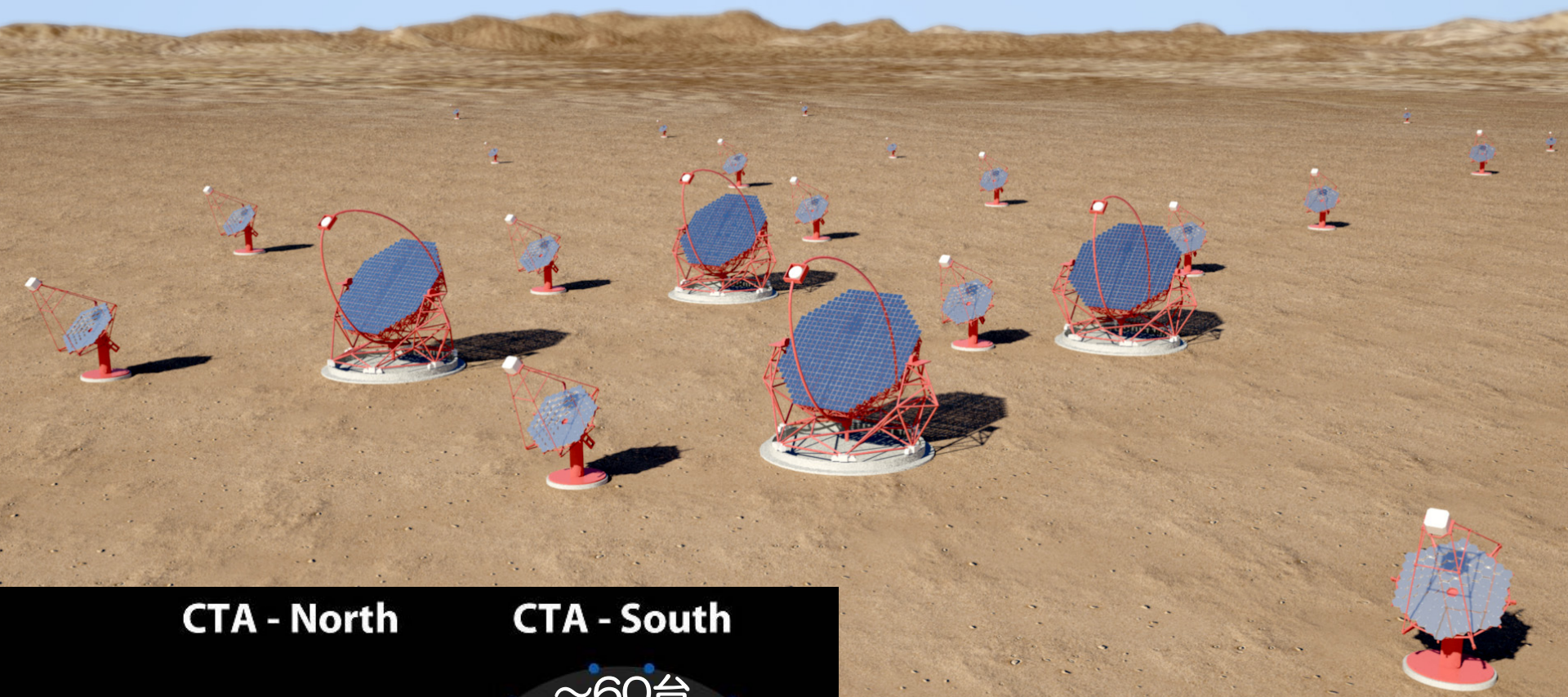
LST MPI デザイン (parabolic)



Davies-Cotton Schwarzschild-Couder

南北に2ステーション⇒全天観測  
サイト選定中





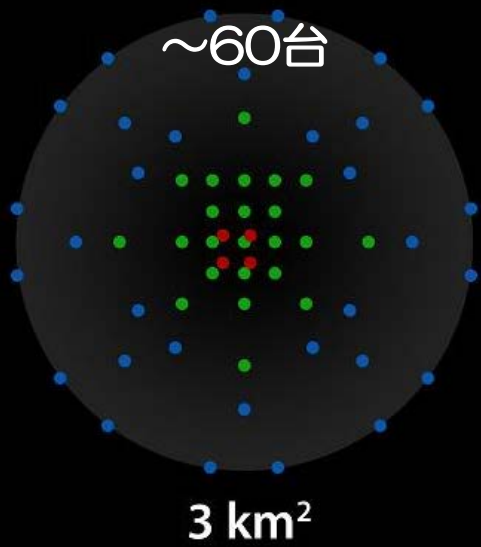
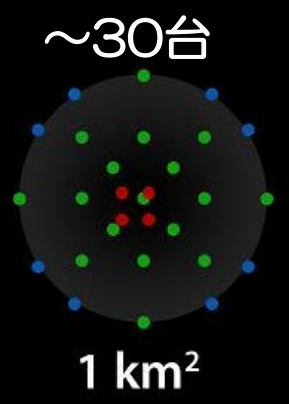
**CTA - North**

**CTA - South**

**LST**  
23m

**MST**  
12m

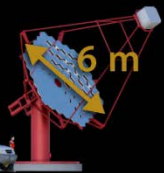
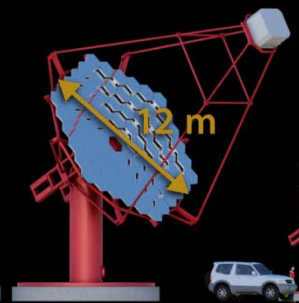
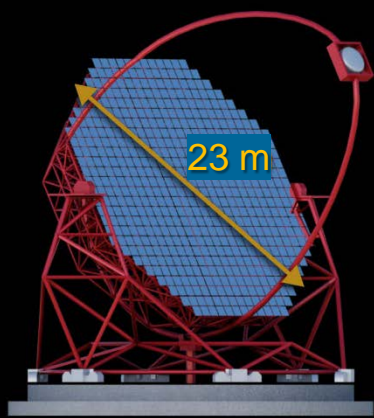
**SST**  
6m



LST

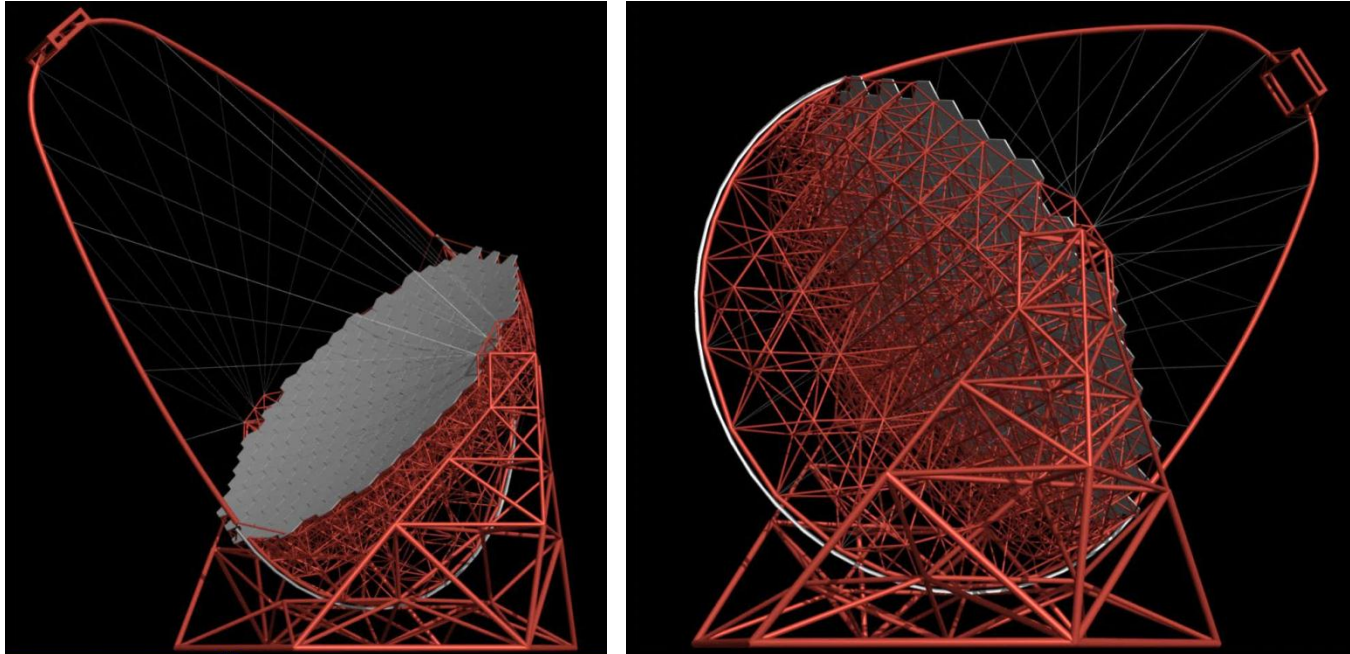
MST

SST



# 23m望遠鏡(LST)タイムスケジュール

日本、ドイツ、スペインの国際協力により今年から建設開始



- プロトタイピング - 2012末
- 1号機要素製造・統合試験 2013 - 2014
- 現地建設 2015初 -
  - 1号機ファーストライト 2015後半
- CTA部分観測 2017-
- CTAフル観測 2020-2040 **公開天文台**



# CTA-Japan研究組織(84名)

## 物理

責任者: 井岡(KEK)  
KEK, 京大、青学大、  
茨城大、他



## CTA計画推進責任者

手嶋(東大宇宙線研)

## マネージメント

CTA-Japan PI 手嶋(東大宇宙線研)

CTA-Japan Co-PI 窪(京大)

CTA-Japan Chair 戸谷(京大)

CTA-Japan SBO 吉田(茨城大)

## シミュレーション

責任者: 吉越(ICRR)  
東大、甲南大、東海大、  
早大、他



## デュアルミラー用カメラ

責任者: 田島(名大)  
名大

## CTA LST Prototyping

Project Coordinator

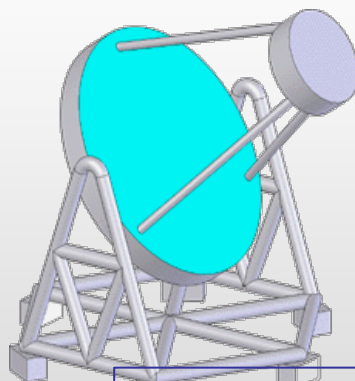
手嶋(ICRR)

## 光検出器

責任者: 山本(甲南大)  
徳島大、ICRR、茨城大、  
甲南大、埼玉大、青学大、  
浜松ホトニクス、他

## ミラー

責任者: 手嶋(ICRR)  
ICRR、近畿大、茨城大、甲南大、  
三光精衡所、他



## アンプ、スロー制御

ICRR、徳島大、京大、  
茨城大、他

## 望遠鏡構造

ドイツミュンヘンMPI

## 望遠鏡ドライブ

スペインバルセロナ IFAE

## カメラサポート構造

フランスアネシー

LAPP

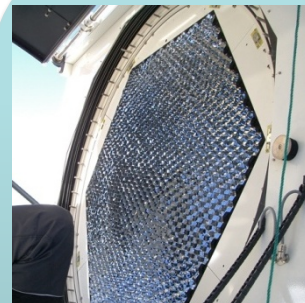
## 読出し回路

責任者: 窪(京大)  
京大、KEK、山形大、  
早大、他

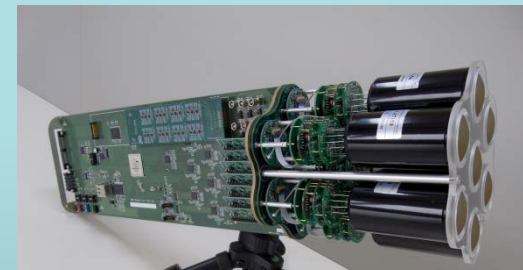
# CTA-Japanによる大口径望遠鏡プロトタイプリング

- ◆ 日本は主に23m大口径望遠鏡LSTに貢献
- ◆ 最終的には全体の20%の貢献をめざす
  - 光電子増倍管PMTモジュール
  - 高速波形読み出し回路
  - 高精度分割鏡
  - 物理、シミュレーション、解析
- ◆ LST 1号機のカメラ(PMT+読み出し回路)と鏡を製作(特別推進H24開始)

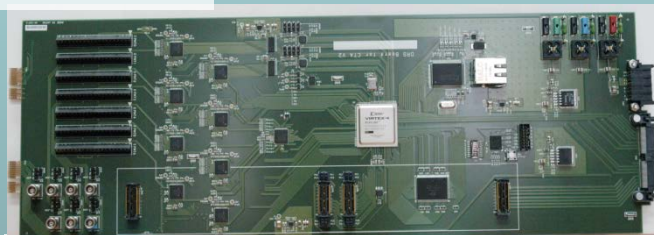
## 日本グループによる技術開発



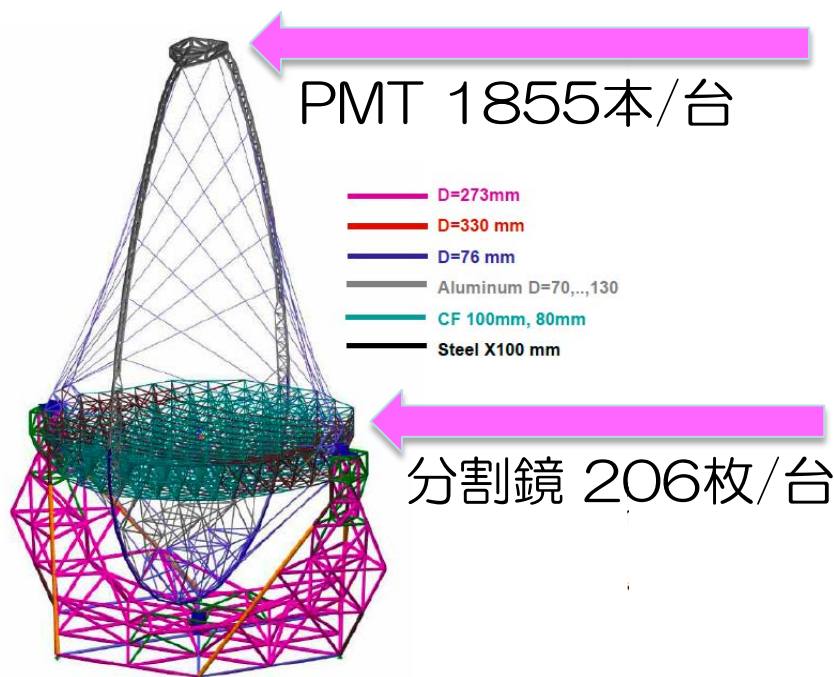
高分解能カメラ  
(MAGIC)



PMT、高圧、アンプ、スロー制御、  
読み出し回路、冷却機構



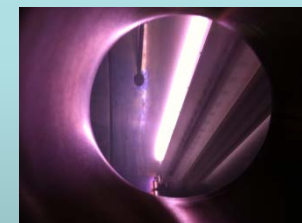
7ch GHz 超高速波形読み出し回路



CTA LST (23m 大口径望遠鏡)

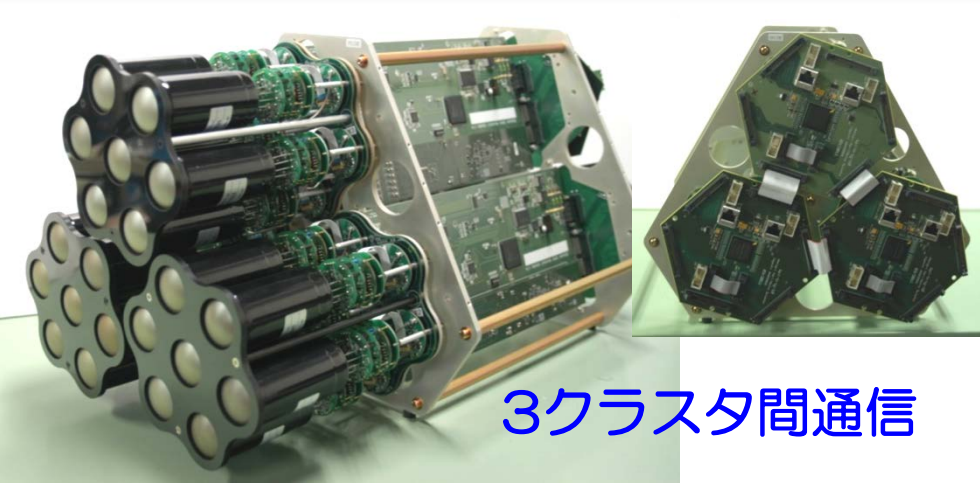
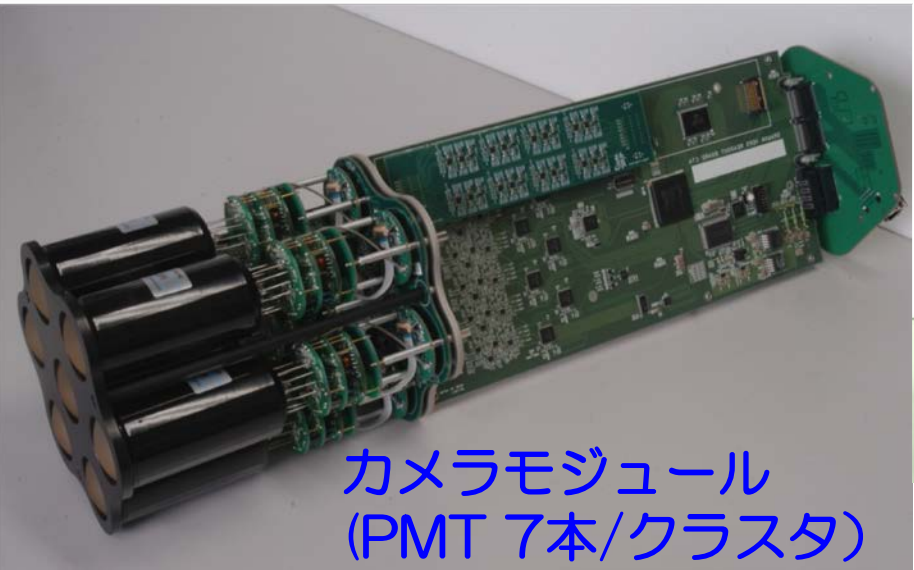


1.5m サイズ  
高精度分割鏡

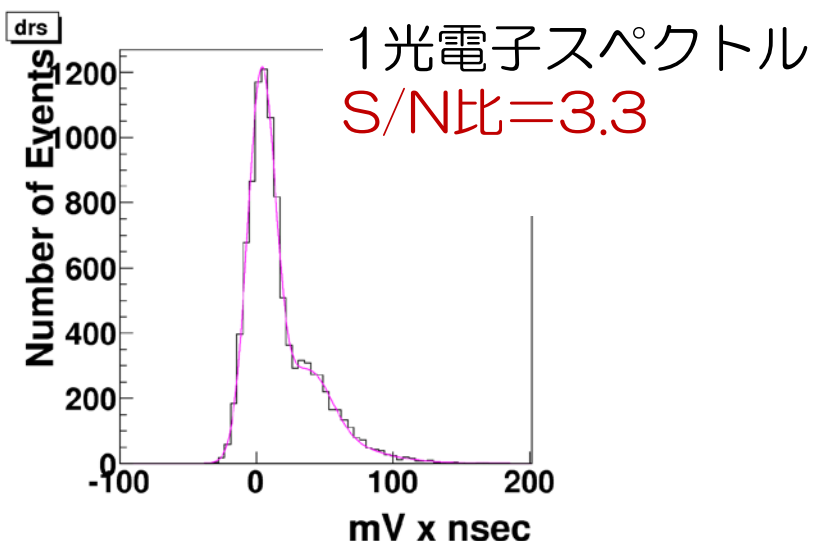


大型スパッタリングチェンバー  
Cr + Al + SiO<sub>2</sub> + HfO<sub>2</sub> による  
マルチコート(長寿命、増反射)

# プロトタイピング：前回学会時からの進展



✓プリアンプのダイナミックレンジ調整・性能評価



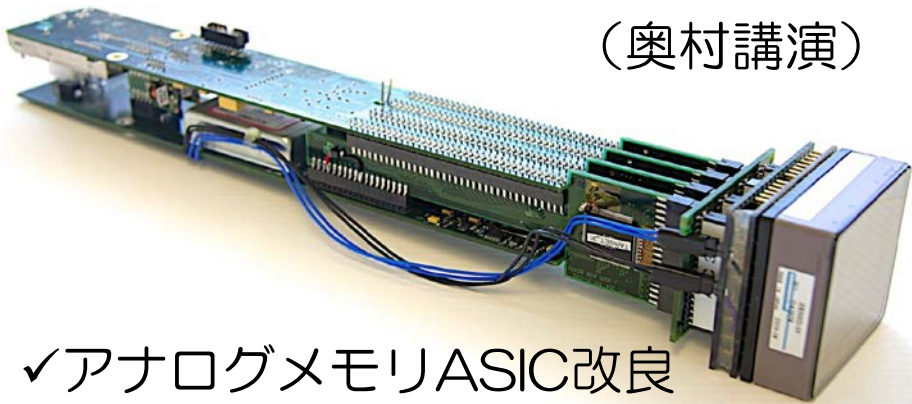
✓トリガーを含めたシステム総合試験  
(栗根講演)



# プロトタイピング(続き)

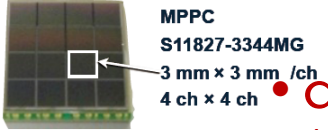
## デュアルミラー望遠鏡用カメラ

(奥村講演)



- ✓アナログメモリASIC改良
- ✓MPPC(ガイガーモードAPD)

の性能評価



MPPC  
S11827-3344MG  
3 mm x 3 mm /ch  
4 ch x 4 ch

- dark rate@40°C<3MHz
- ゲイン一定 ±1°Cは±0.1V相当

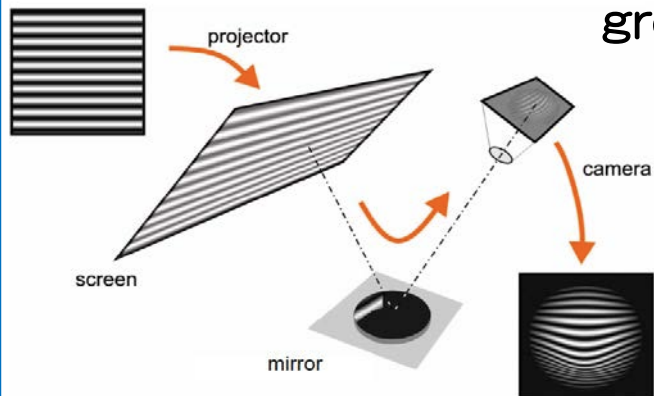


1.5m鏡

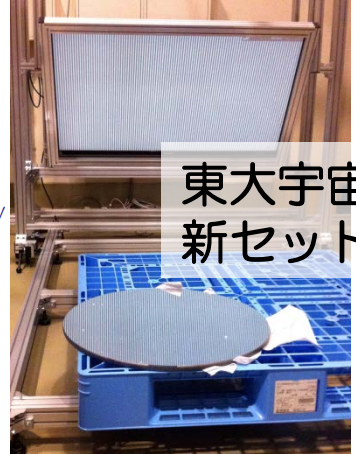
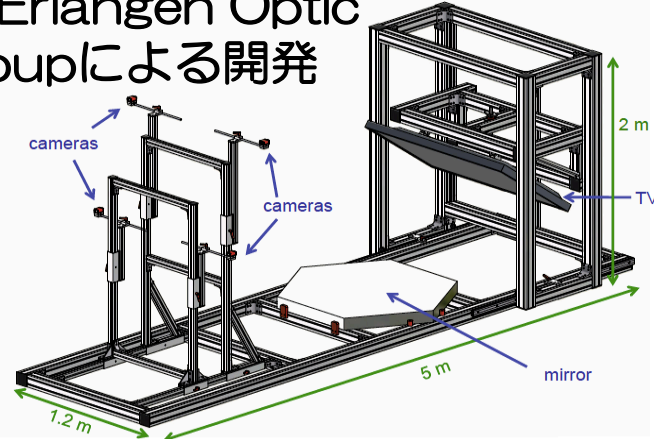
反射率>92% @ 350nm

- ✓耐久性評価 (加賀谷講演)
- ✓Active Mirror Control開発
- ✓PSF測定(Erlangen group)  
D80=8.15mm(#1),10.80mm(#2)
- ✓形状測定システム開発

### PMD - Measurement Principle



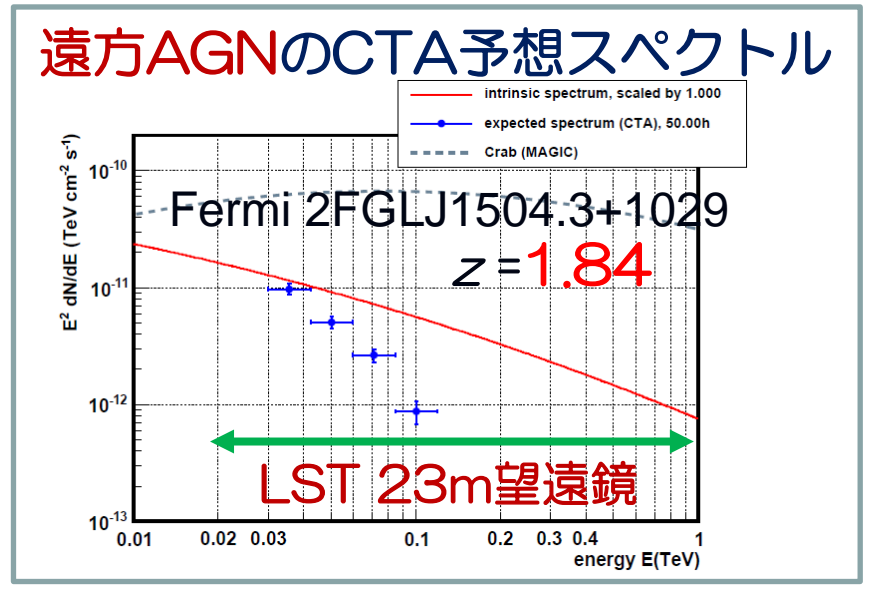
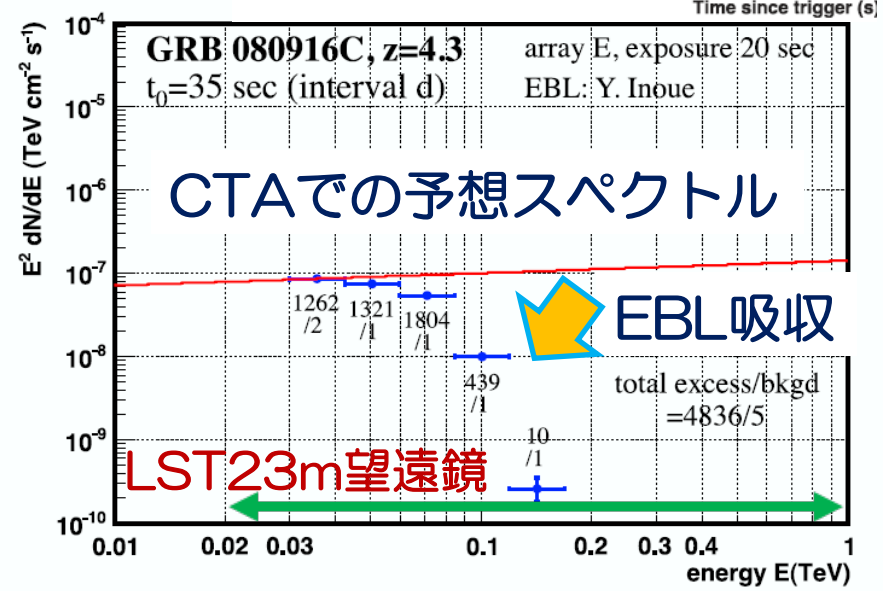
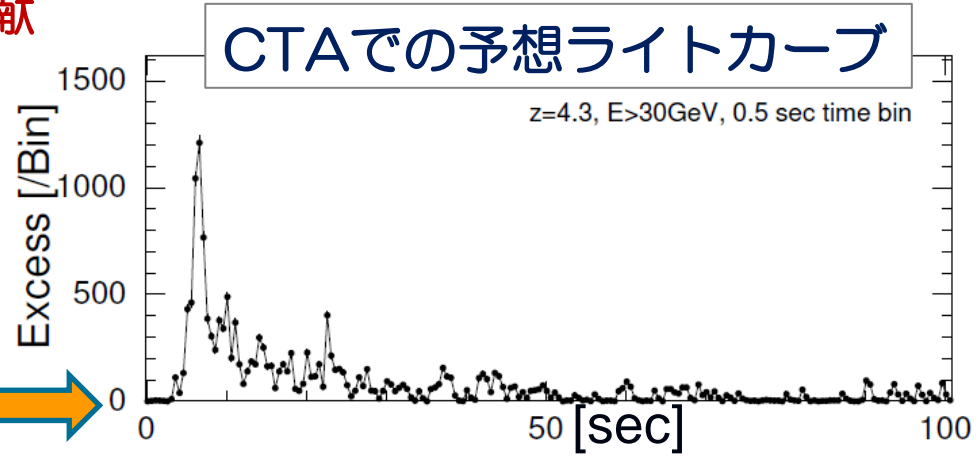
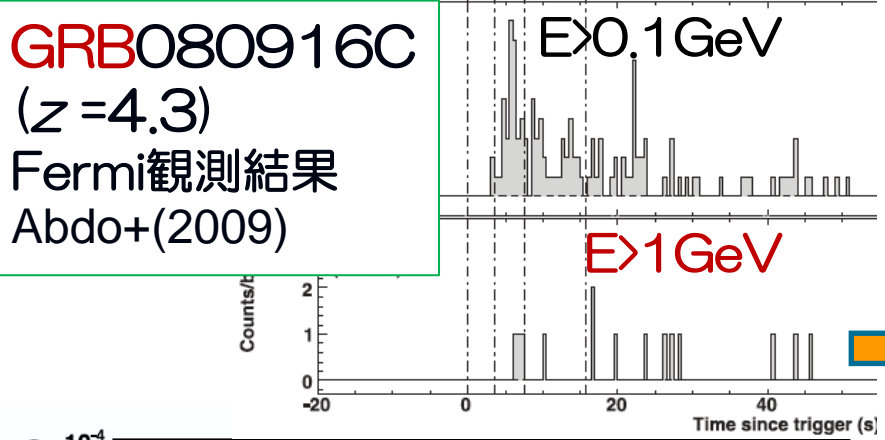
### U. Erlangen Optic groupによる開発



東大宇宙線研の新セットアップ

# サイエンス検討グループの活動

- ◆ 日本グループの（現在の）中心サイエンス：**AGN, GRB, SNR**
- ◆ シミュレーションを行い、CTAで可能なサイエンスを定量化
- ◆ Astroparticle Physics Special Issue執筆中（一部はaccept済→arXivで公開）  
日本グループは**GRB, AGN**で大きく貢献



# まとめ

- ▶ CTA計画：大(23m)、中(12m)、小(6m)口径からなる大気チェレンコフ望遠鏡群を南北サイトに設置（サイト選定中）。唯一の次世代チェレンコフ望遠鏡。
- ▶ 20GeV-100TeV領域で従来より一桁良い感度で、1000を超えるガンマ線源が銀河系内・系外に検出されると予想。粒子加速機構・宇宙線起源・宇宙の星形成史の解明、ローレンツ不変性検証、暗黒物質対消滅 $\gamma$ 線探索。
- ▶ 日米欧27か国 (>1000名)の国際協力で、現在、プロトタイプリング段階⇒2015年～現地建設、2015年後半に大口径望遠鏡(LST)1号機のファーストライト、2017年～アレイ部分観測、2020年～フル観測を目指す。
- ▶ 日本グループ(現在84名)は、主に大口径望遠鏡(光電子増倍管、超高速読み出し回路、高精度分割鏡)の開発・製作で中心的な役割。さらにデュアルミラー望遠鏡用読み出し回路、シミュレーション、サイエンス検討(特にAGN, GRBでリード)などで活躍。