



# CTA報告5: CTA焦点面検出器の開発

折戸玲子(徳島大総合科学) 他 CTA-Japan Consortium

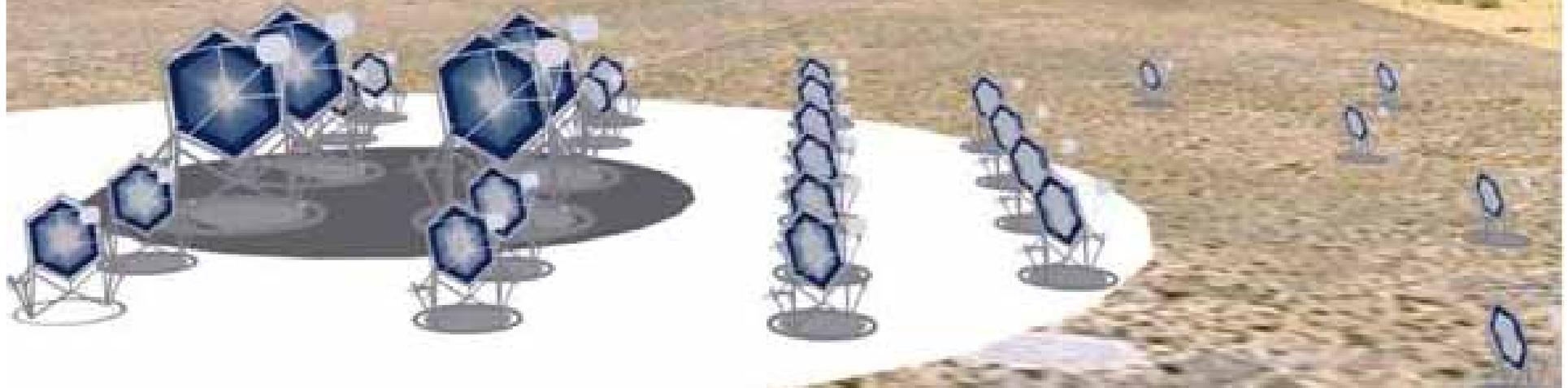
1. イントロダクション
2. CTA焦点面検出器のデザイン概要と現状
3. 光検出器モジュールの開発
4. 校正システムの開発
5. まとめ

日本物理学会2010年秋季大会(九州工業大学戸畑キャンパス)

# Cherenkov Telescope Array(CTA)計画

- 世界22ヶ国、約110機関からなる国際共同実験
- 大中小の複数のチェレンコフ望遠鏡のアレイにより、現状の望遠鏡の10倍高い感度を実現し、エネルギー領域を数10 GeVから100 TeV領域までカバー
- 日本からはCTA-Japan(29機関、約50名)が参加

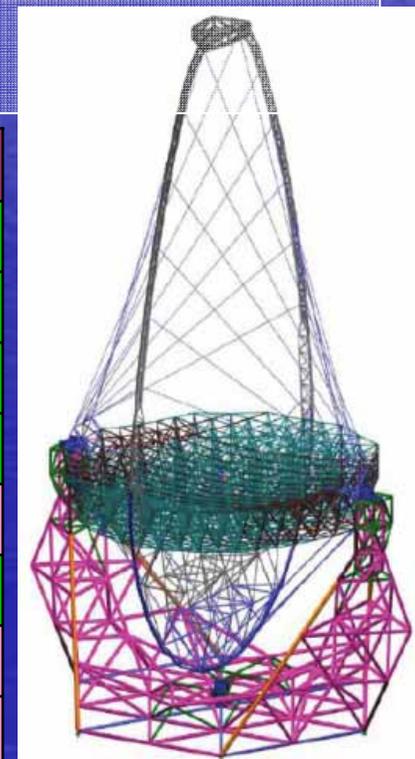
CTA-Japan Web <http://cta.scphys.kyoto-u.ac.jp/>



# CTA焦点面カメラ概要

- 焦点面検出器 Focal Plane Instrument (FPI) では、光検出器のアレイにより、反射鏡で集光されたチェレンコフ光のイメージの撮像を行う。
- 大中小口径の望遠鏡について下記のデザインの採用を検討

望遠鏡口径 D[m]	24 (大口径)	12(中口径)	7(小口径)
光学系デザイン	Parabolic	Davies-Cotton	Davies-Cotton
焦点距離 F [m]	31.2	16.8	10.5
F/D	1.3	1.4	1.5 (>1.3)
視野 [deg]	5 - 6	8	10
カメラ径 [m]	2.7 - 3.3 m	2.35	1.83
ライトガイド in/out比	≤ 2.3	≤ 2.3	≤ 2.3
ピクセルサイズ[mm]	54 (0.10° )	54 (0.18° )	54 (0.29° )
ピクセル数	2300 - 3330	1700	1030



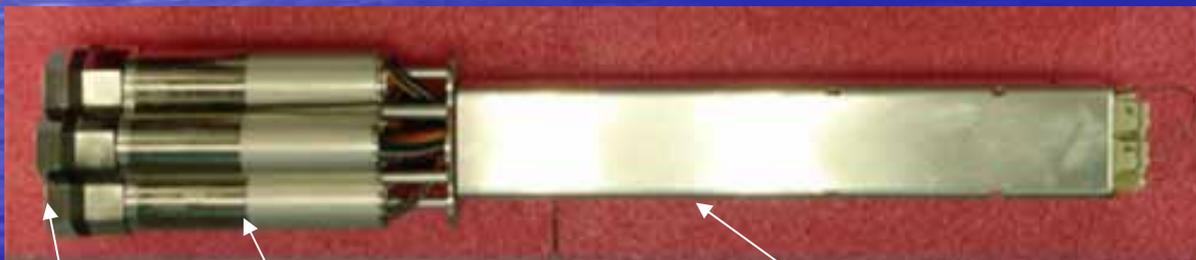
光検出器総数 PMT ~10万本を予定

大口径望遠鏡

# CTA焦点面カメラの構造

- 光学窓・冷却系を搭載しシーリングされたカメラ本体
- 光電子増倍管7本を一組として、高圧、プリアンプ、読み出しエレクトロニクス、制御・モニターエレクトロニクスを組みこんだクラスター単位で搭載

クラスター



ライトガイド

PMT・高圧・プリアンプ

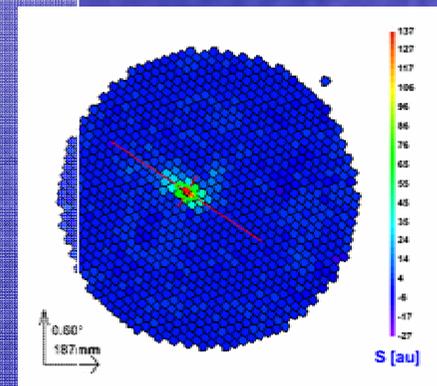
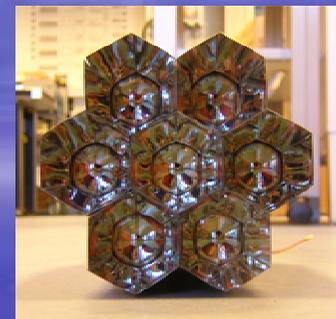
読み出し及び制御・モニター  
エレクトロニクス



(MAGIC-II)

# CTA焦点面検出器開発の流れと現状

- カメラ形状・構造最適化
- **光検出器・高圧・プリアンプなどの要素開発**
- **クラスタープロトタイプの開発**
- カメラ本体、冷却系の開発
- **クラスター量産、量産品較正**
- 輸送
- サイトでのコミッショニング、較正
- オペレーション、メンテナンス
- アップグレード



日本グループとしては全ステージで  
主要な貢献をしていきたい。

# 光検出器の開発

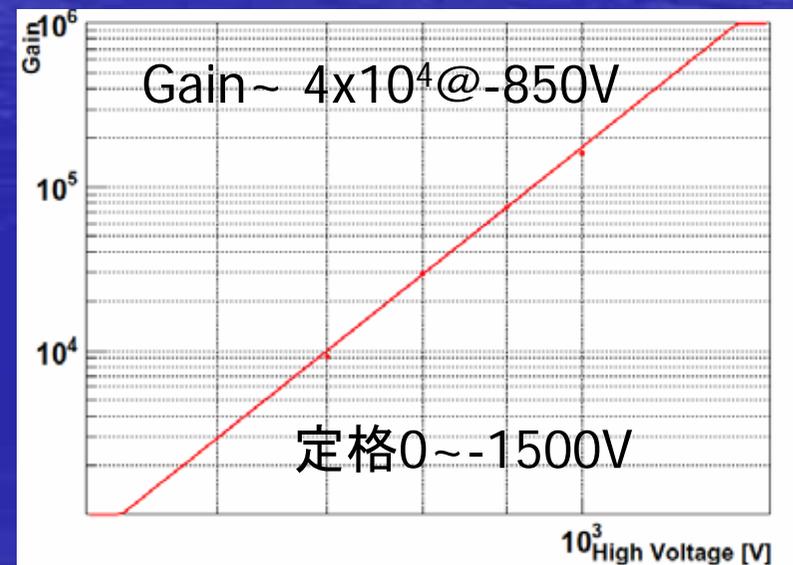
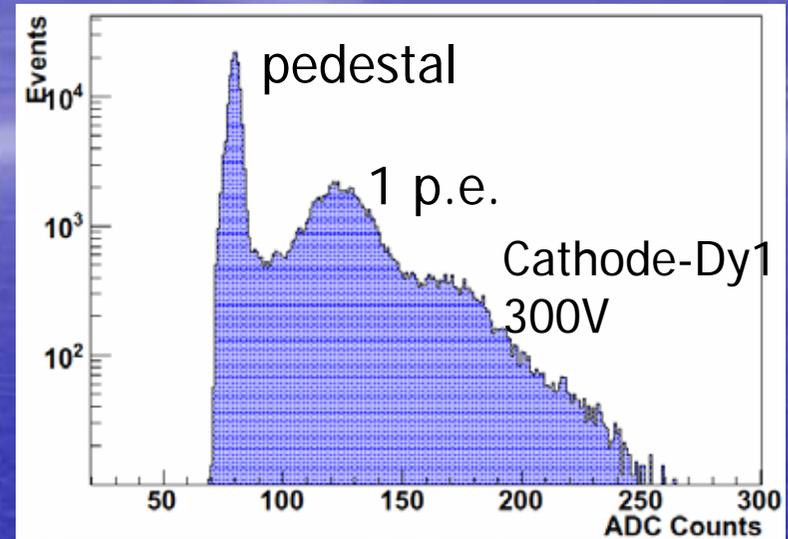
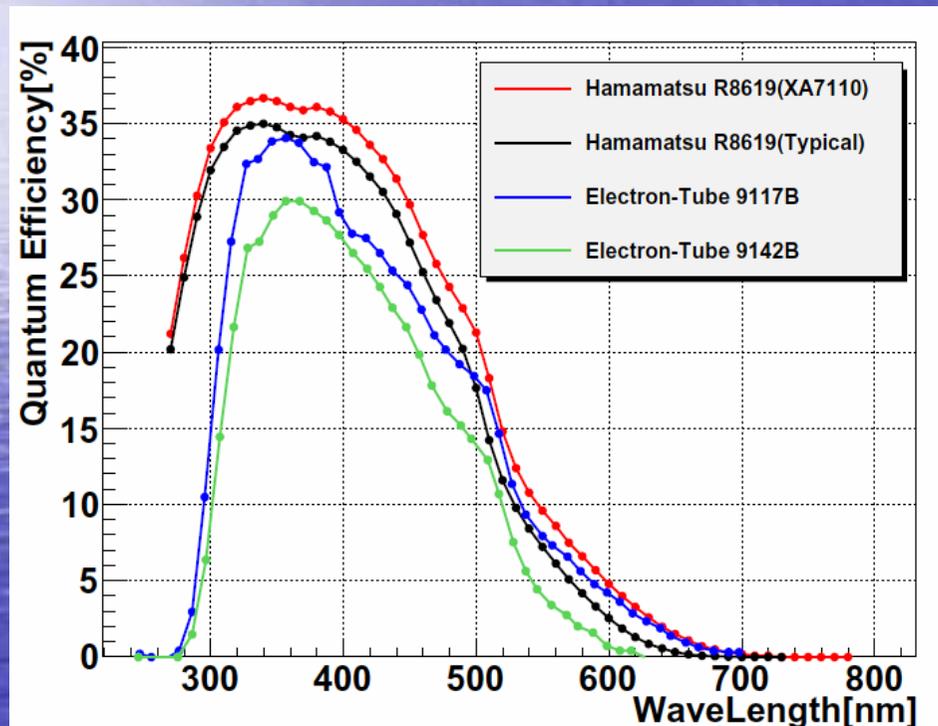
- 第一候補は光電子増倍管
- 10万本を供給可能な企業  
浜松ホトニクス社, Electron Tube Enterprise社
- 望遠鏡パフォーマンスからの要求仕様
  - 光電面直径: **34mm** (カメラピクセルサイズ50mm)
  - 窓形状: convex/concave/hemispherical
  - 有感波長領域: **300-600nm**
  - 感度: ピーク量子効率**35%**以上
  - ダイナミックレンジ: 1 光子識別可~**5000 p.e.**以上
  - アフターパルス  **$2 \times 10^{-4}$**  以下 ( $\geq 4$  p.e)
  - 時間分解能: **1.3ns** 以下 (TTS, 1p.e.)
  - パルス幅: **2.5 ~ 3ns** (FWHM)
  - 寿命 **10年間**でゲイン低下20%以下
  - 標準動作ゲイン: ~ **$4 \times 10^4$**
- 浜松ホトニクス社R8619,R9420 やET社9117B, 9142B を候補に改良を進めている。



浜松ホトニクス社 R8619MOD-100

# R8619MOD-100の性能評価

- 1.5インチ、スーパーバイアルカリ、ダイノード 8段

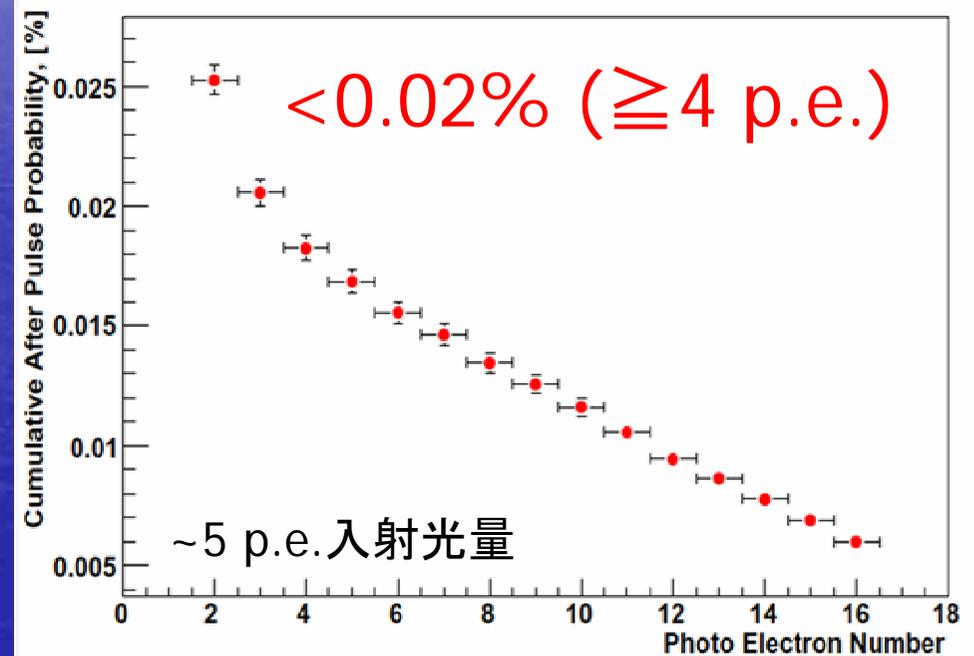


# R8619MOD-100の性能評価

波形



アフターパルスレート



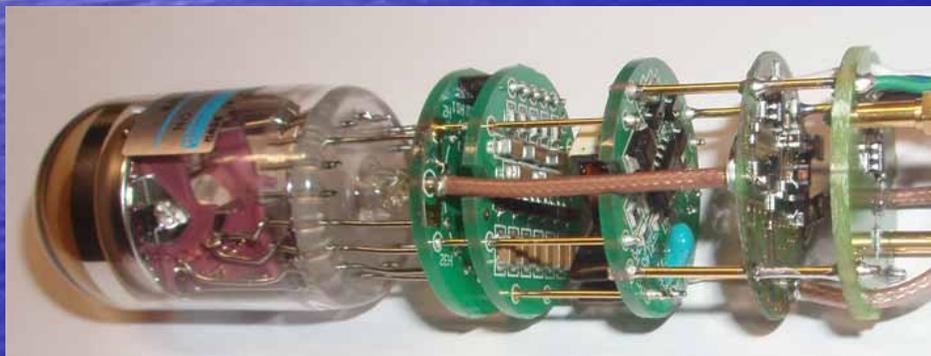
浜松ホトニクス社R8619MOD-100が要求仕様を満たしつつあり、日本グループとしてはCTA全望遠鏡での採用を促す。

# 光検出器モジュールの開発

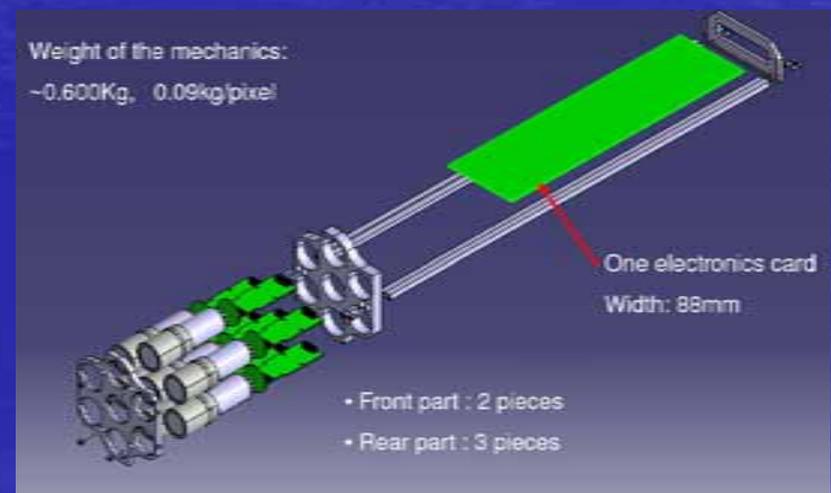
- PMT 7本を1組として高圧、プリアンプ、読み出しエレクトロニクス、制御・モニターエレクトロニクス、ライトガイドを組みこむ。  
日本で開発中。
- 高圧・ブリーダー: Cockcroft-waltonタイプのものを  
浜松ホトニクスと共同で開発中(省電力)
- プリアンプ: SGA5586(Sirenza Microdevices)を  
CW-HVの後段に実装
- 高圧制御・モニター・読み出しエレクトロニクス:  
⇒14pSA-8 青野



PMT+Cockcroft-walton HV(MAGIC-II)

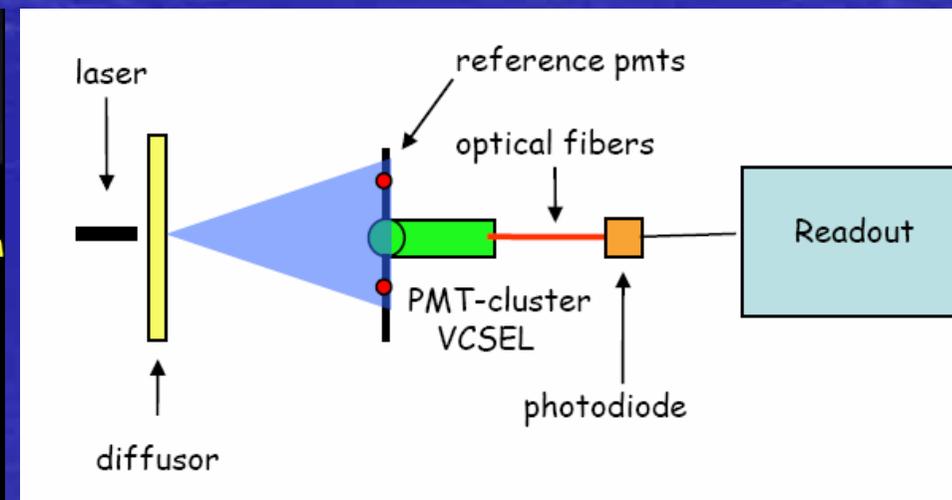
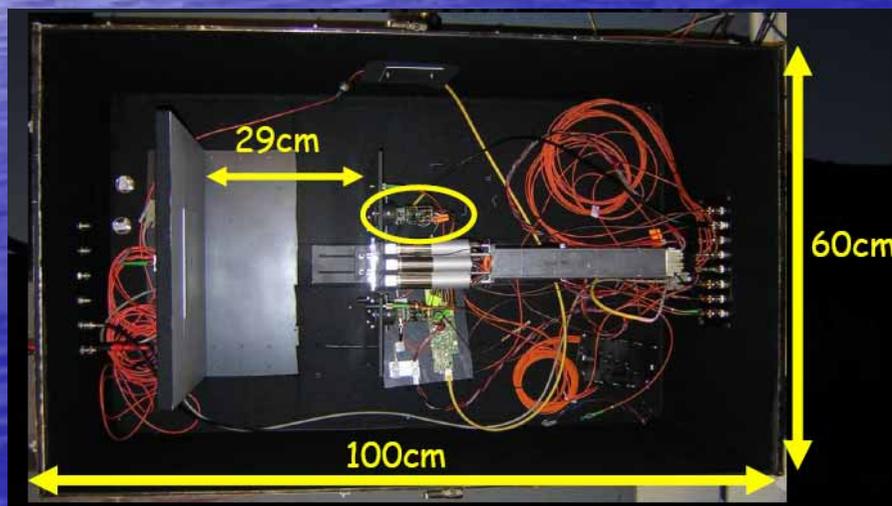


← HV      プリアンプ・モニター →



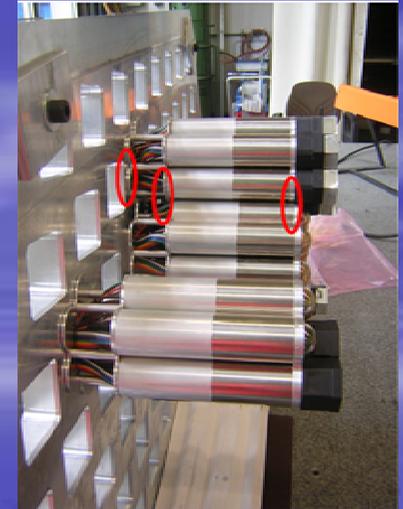
# 量産及び量産品試験

- Quality Control を重視し、PMTクラスターの量産を行う。
- 各大学・研究機関で共通かつコンパクトなセットアップを使用し、量産品試験  
動作確認, 1 p.e.分布, 波形, 線形性, ゲインカーブ
- さらに、実物カメラ $\frac{1}{4}$ サイズでの総合較正を行う。  
サイト輸送前後、定期的に実施し、メンテナンスを容易にすると同時にデータ解析にフィードバックをかける。



# 総合較正

- 冷却系,シーリング,電源, 光学窓を含む実物の1/4サイズカメラのセットアップ
- 光検出器  
ゲイン較正、線形性、波形、タイミング、ダイナミックレンジ、応答角度依存、スパーク
- エレクトロニクス  
キャパシタアレイ全キャパシタの較正、線形性、温度依存性、クロストーク、波形、帯域、ダイナミックレンジ、ノイズレベル
- シミュレータ  
夜光及びチェレンコフ光のシミュレーション
- その他  
機械精度  
温度コントロール



# CTA焦点面検出器開発全体スケジュール

- 2011年中: 光検出器、高圧、プリアンプ、ライトガイド、制御・モニター系等の要素開発。クラスターのプロトタイプのパフォーマンス評価。カメラ本体の開発。
- 2012年中: クラスターの最終デザイン決定。プロトタイプ望遠鏡用に日本で200クラスターの製作。クラスターの量産とキャリブレーション開始。
- 2014年～: 望遠鏡の建設開始。2014年から2016年の3年間でクラスター全数の製作、輸送、現地でのコミッショニング。

# CTA-Japan焦点面検出器メンバー

2010年9月現在

- 広島大学 片桐秀明、深沢泰司、水野恒史、高橋 弘充
- 宇宙線研究所 榎本良治 手嶋政廣
- 京都大学 株木重人、窪秀利、谷森達、林田将明
- 山形大学 郡司修一、門叶冬樹
- 東京理科大学 千葉順成
- 東海大学 西嶋恭司
- 宇宙航空研究開発機構 馬場彩 奥村暁
- 早稲田大学 中森健之
- 埼玉大学 寺田幸功
- 甲南大学 山本常夏
- 名古屋大学 田島宏康
- 徳島大学 折戸玲子

宇宙線実験などのバックグラウンドがある20名

# Summary

- Cherenkov Telescope Array(CTA)計画では、現状のチェレンコフ望遠鏡の10倍高い感度、エネルギー範囲の一桁拡大を目指す
- CTA-Japanでは浜松ホトニクス社と協力し、焦点面検出器の開発を行っている
- 光検出器や高圧、プリアンプなど各コンポーネントの開発
- 7本を一組とし、読み出しエレクトロニクスを搭載したクラスターの開発
- 量産・アセンブリについて日本でのラインを確立、量産品のキャリブレーションシステム、コミッショニング、メンテナンス、データ解析、アップグレードなどCTA焦点面検出器開発の全ステージに貢献していく予定である。

