

# 次世代の超高エネルギー宇宙線観測のための 大気蛍光望遠鏡の開発研究



多米田裕一郎

大阪電気通信大学 工学部 基礎理工学科



整理番号	研究代表者		課題名	配分額
E19	多米田裕一郎 大阪電通大工	新任	次世代の超高エネルギー宇宙線観測のための フレネルレンズ型大気蛍光望遠鏡の開発研究	100万円
E21	富田孝幸 信州大工		新型大気蛍光望遠鏡における電力自給システム・ 検出器保護システムの開発	25万円

物品購入、旅費、論文投稿費(予定)などに使用しました。

#### 共同研究者

大阪電気通信大学工学部： 多米田裕一郎（代表者）、貝野裕紀、小越友理菜、  
笠見沙織、守本誠

信州大学工学部： 富田孝幸、山本真周、岩倉広和、中村雄也

東京大学地震研究所： 池田大輔

神奈川大学工学部： 山崎勝也

ご支援、ご協力ありがとうございました。





### 研究課題

- ・ E19 「次世代の超高エネルギー宇宙線観測のためのフレネルレンズ型大気蛍光望遠鏡の開発研究」
- ・ E21 「新型大気蛍光望遠鏡における電力自給システム・検出器保護システムの開発」

### 学会発表、国際会議発表など

- ・ “Detection of ultra-high energy cosmic ray air showers by Cosmic Ray Air Fluorescence Fresnel-lens Telescope for next generation”, Y. Tameda, M. Yamamoto, T. Tomida, D. Ikeda, K. Yamazaki, H. Iwakura, Y. Nakamura, Y. Saito, UHECR2018 (2018), パリ (招待講演)
- ・ 「CRAFFT実験5：完全自動観測システム」、多米田裕一郎、貝野裕紀、小越友理菜、富田孝幸、山本真周、岩倉広和、齊藤保典、池田大輔、山崎勝也、日本物理学会2018年秋季大会 (2018)

### 発表論文、プロシーディングなど

- ・ 論文投稿中

# 次世代大気蛍光望遠鏡概要



- ・ 目的：次世代の超高エネルギー宇宙線観測のための大気蛍光望遠鏡の開発

- ・ 超高エネルギー宇宙線観測の今後…

(1) 高統計での到来方向解析

→ 検出面積の大規模化

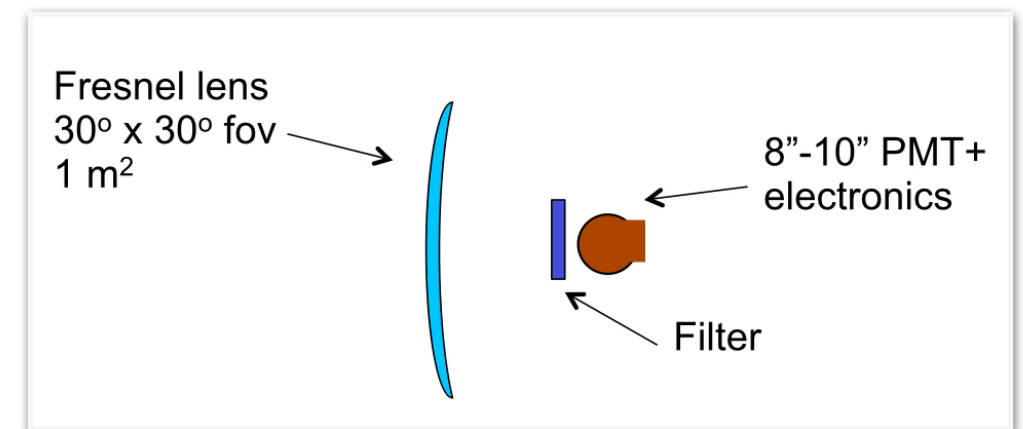
(2) 質量組成の解明

→ FDのような $X_{\max}$ 測定が可能な検出器

現行のFDでは高コストで大規模化は厳しい？

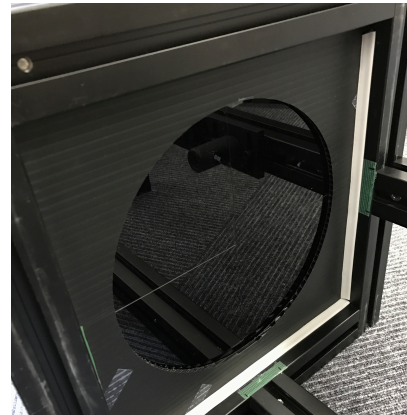
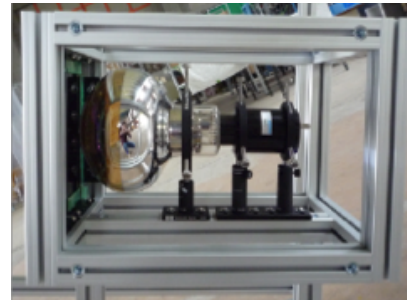
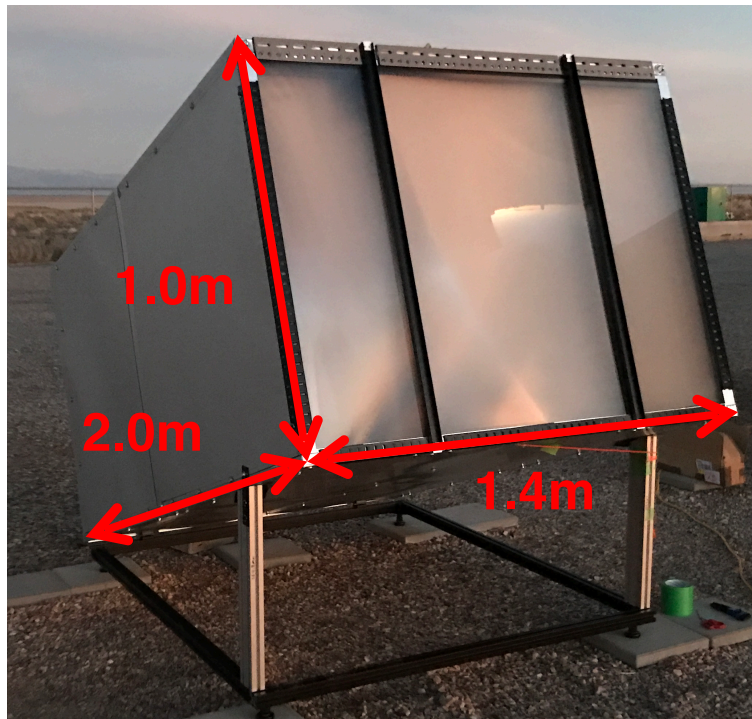
- ・ 低コストで実現可能なFDの開発

**単ピクセル望遠鏡(反射鏡、フレネルレンズ)**



オリジナルコンセプトデザイン  
P. Privitera, et.al.UHECR(2012)

# CRAFFT概要



## 検出器構成構成

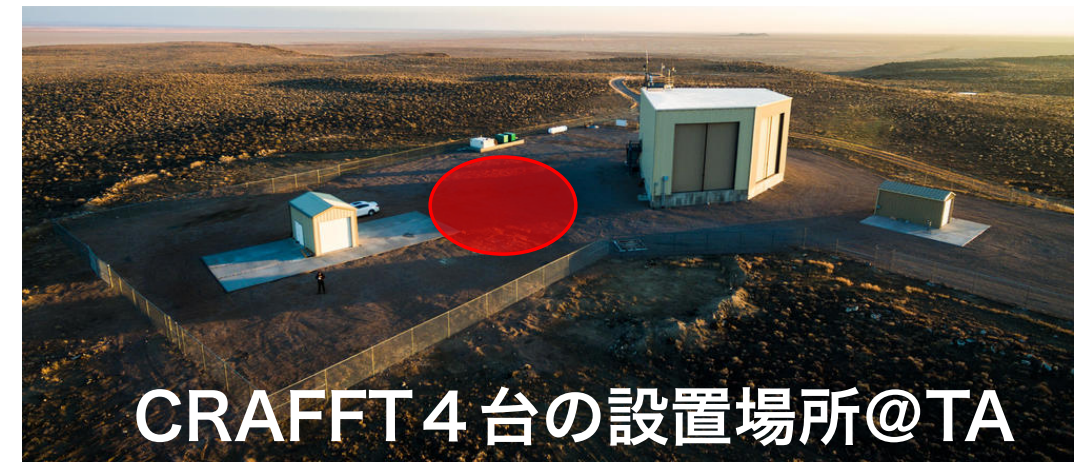
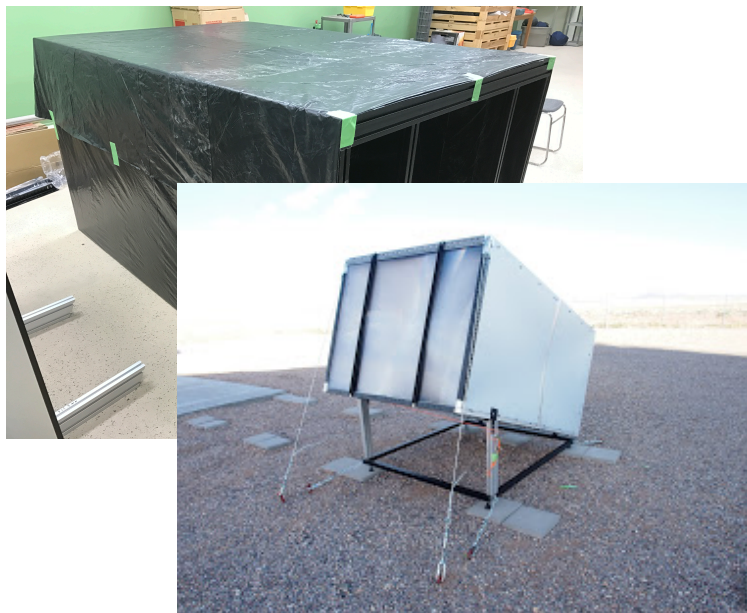
- フレネルレンズ( $1.4\text{m}^2$ ,  $f=1.2\text{m}$ )
  - 紫外線透過フィルター(UL-330)
  - 光電子増倍管(R5912, 8インチ)
  - 高圧電源
  - FADC (CosmoZ, 12bit, 80MHz)
  - アルミフレーム
- シンプルな構造
  - 建屋などとも要らず、設置が容易
  - 自律稼働観測システムでメンテナンスフリー
- ⇒ Xmax測定が可能なFDによる巨大地表アレイの実現



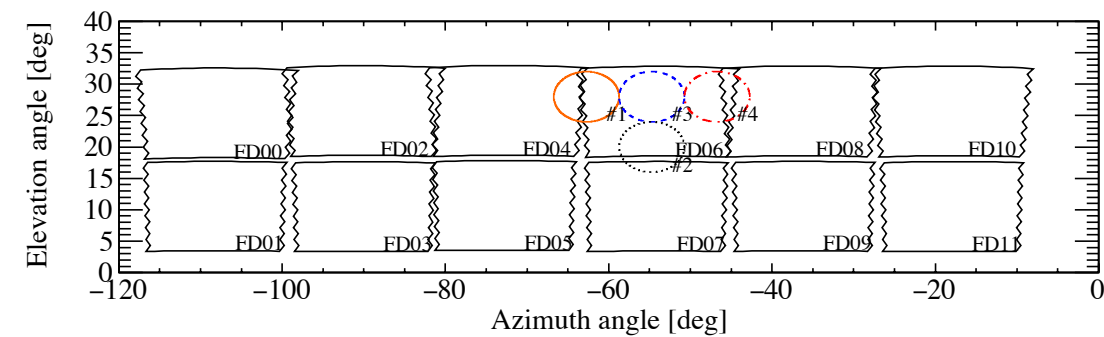
# CRAFFTの現状



2017年に米国TAサイトに設置。  
2018年も試験観測を行なっている。



CRAFFT 4 台の設置場所@TA



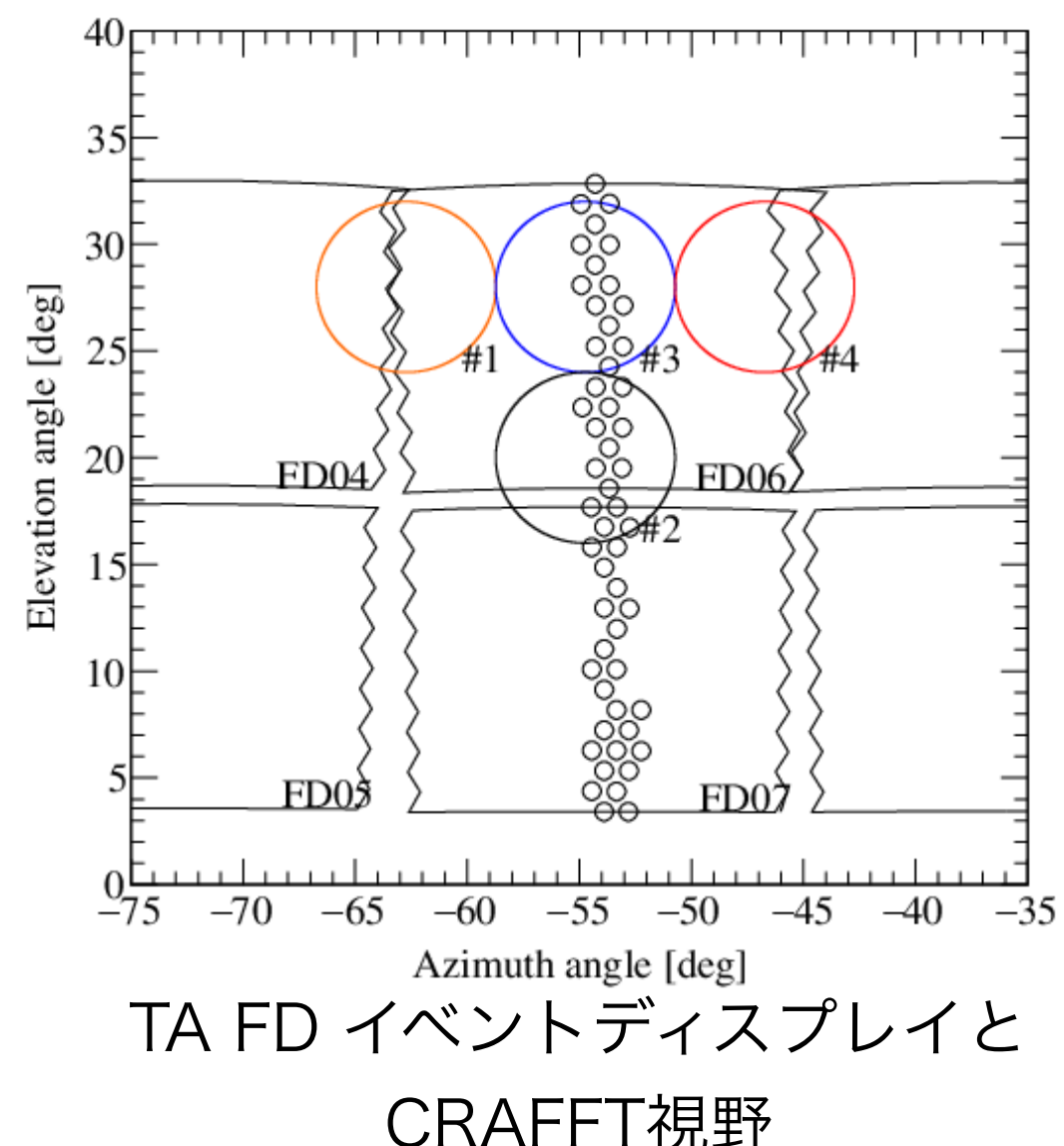
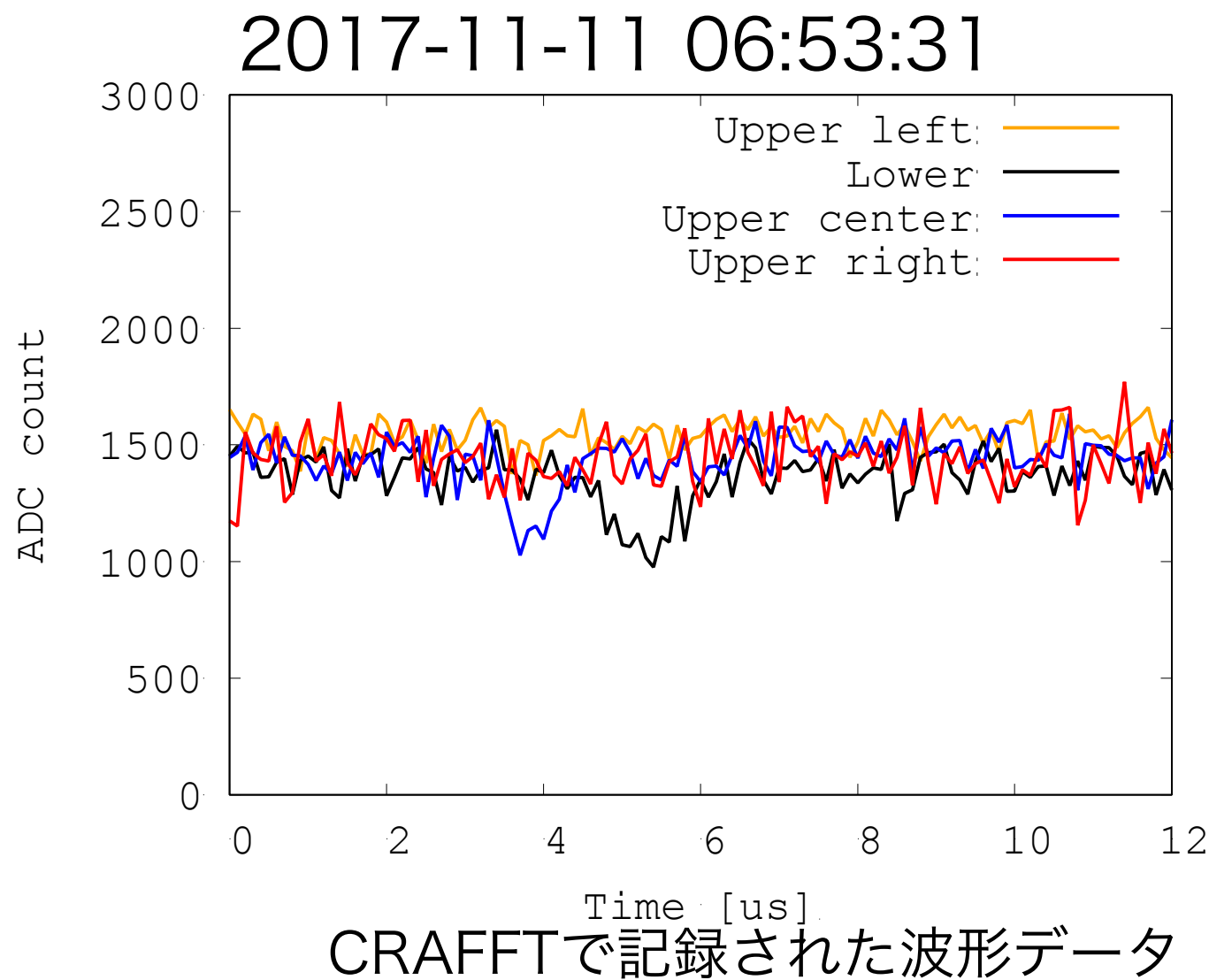
TA視野中のCRAFFTの視野







# CRAFFTで観測された空気シャワーイベント



エネルギー:  $10^{17.7}$  eV, 距離: 3.6 km (by TA FD)

# 光学系試験と構成の最適化

## 光学系の最適化

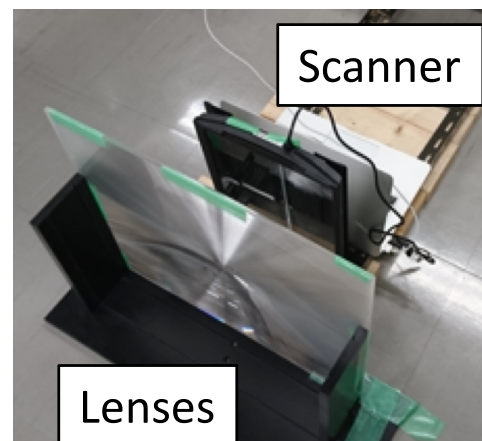
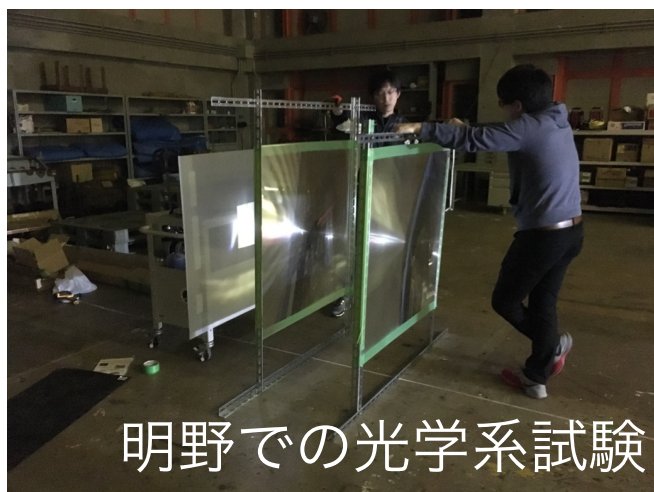
- 2枚レンズによる広視野の獲得
- 受光面拡大による広視野の獲得
- マルチピクセルによるS/N比の向上
- 大口径化

## 2枚レンズ試験@明野観測所

- 焦点距離を半分に縮めることが可能 ⇒ 望遠鏡の小型化+視野拡大

## ミニチュア望遠鏡による光学系の試験

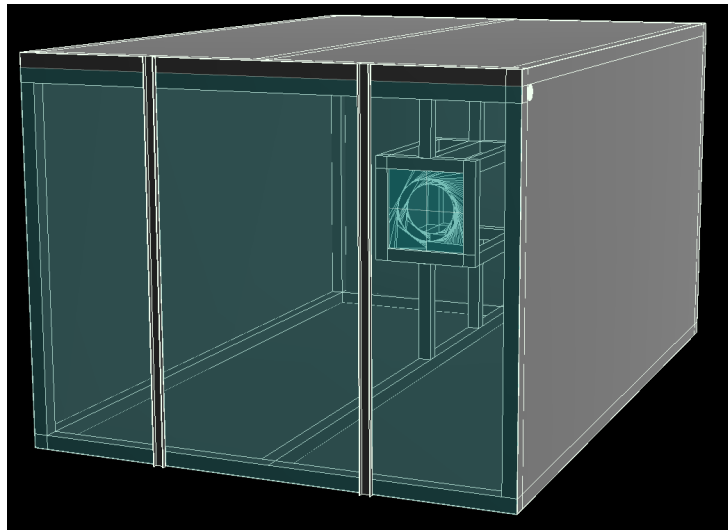
- 2枚レンズによる視野の詳細測定



ミニチュア望遠鏡試験

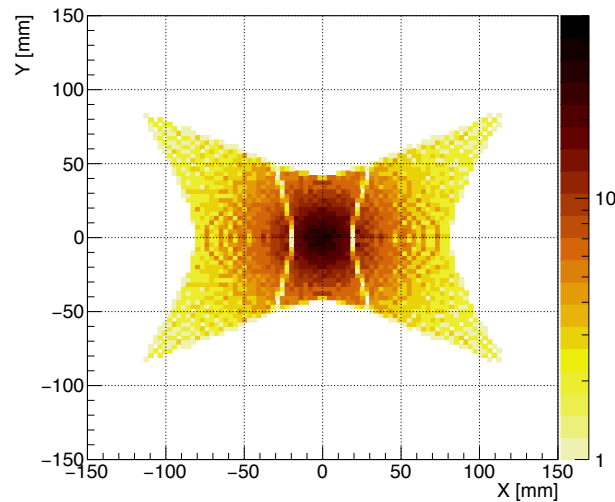
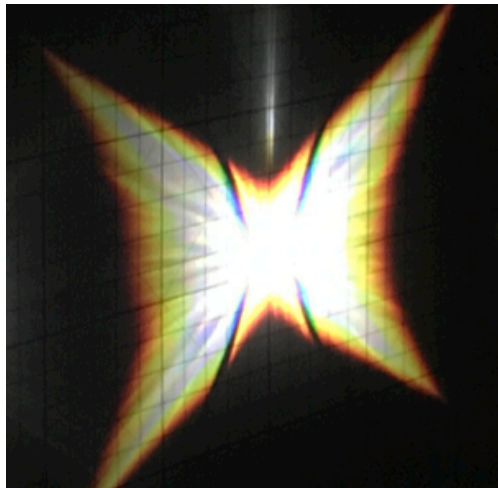


# シミュレーションによる光学系の評価

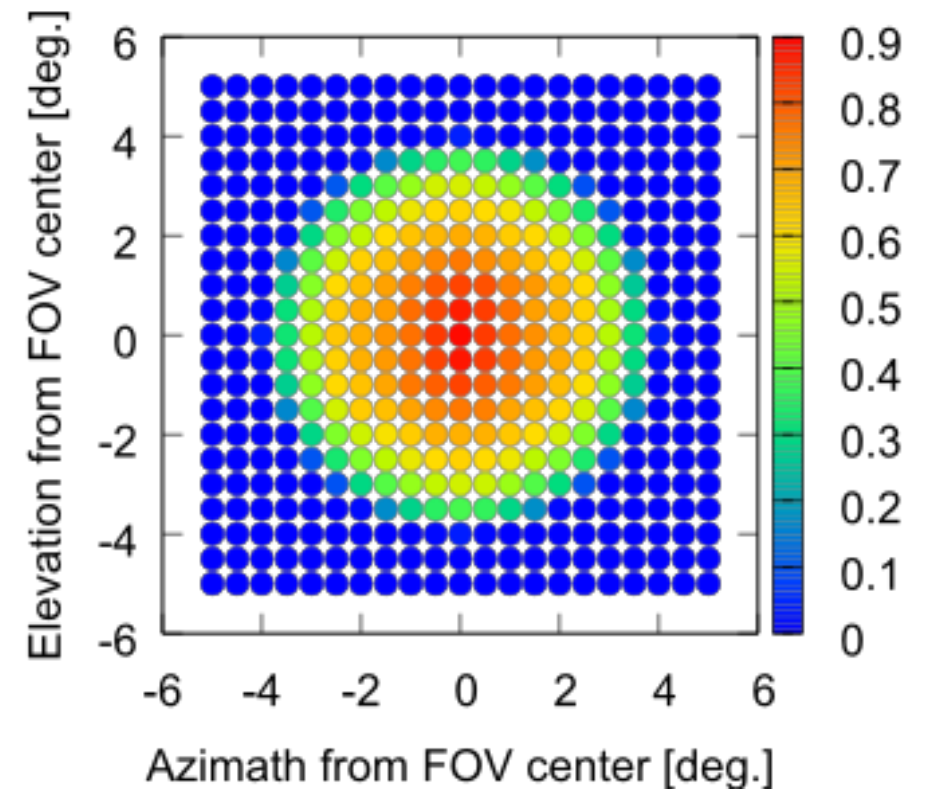
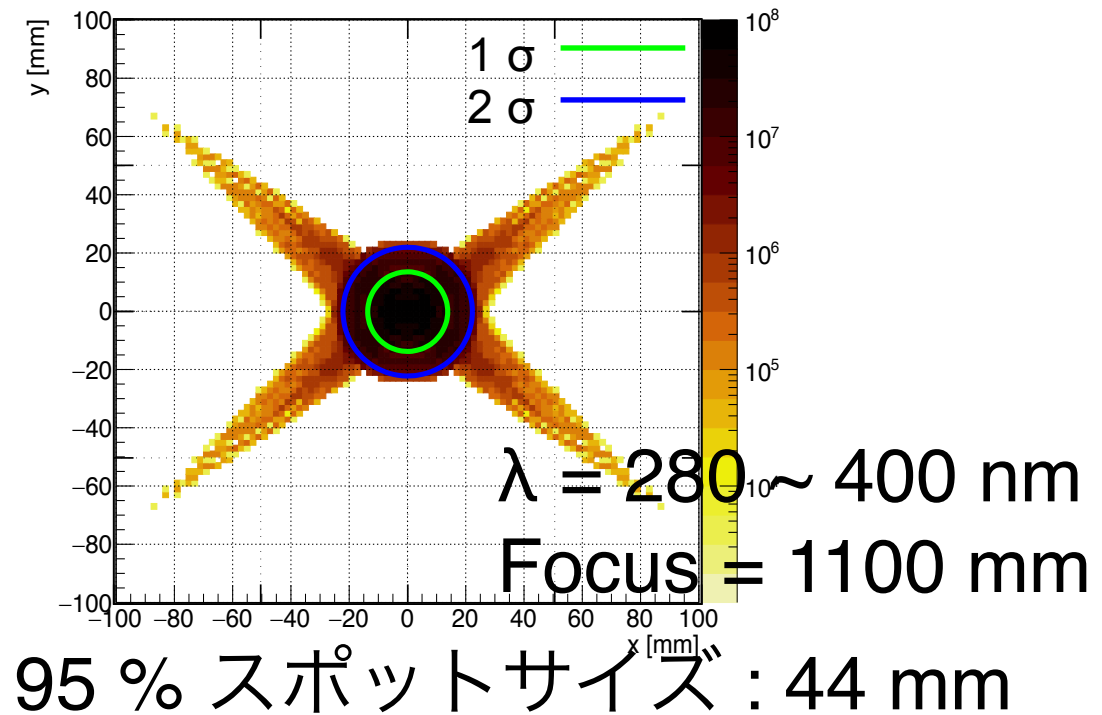


検出器の構造を考慮したレイトレース  
シミュレーション by ROBAST

(ROBSAT : A. Okumura 2016)



(左)測定したスポット  
(右)シミュレーションにより再現されたスポット



光電面での集光効率の角度依存



# 自動観測システムの構築

## 自動観測システム試験

2018年10, 11月 @TA FDサイト

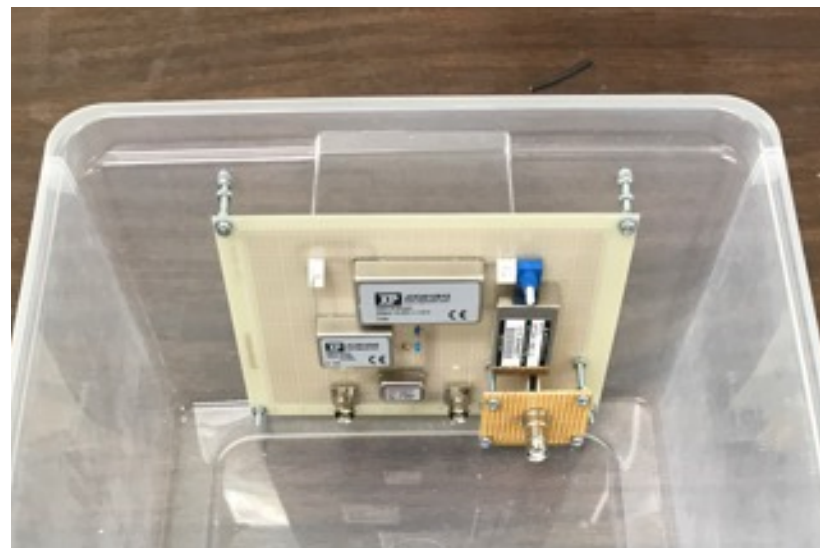
- 太陽光発電システム
- データ取得の自動化
- 回路系のアップデート



設置した太陽光発電パネル



ホストエレキ：ラズベリーパイ、  
ルータ、リレー、FADC



ローカルエレキ：高圧電源、  
アンプなど



チャージコントローラと  
バッテリー



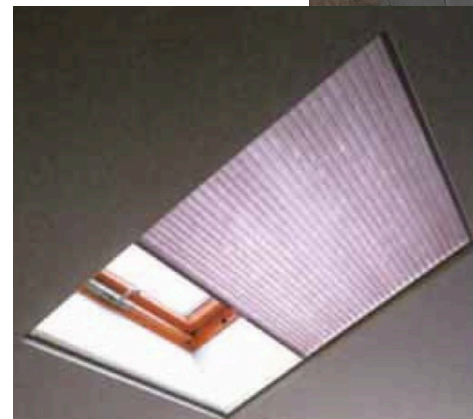
# 自動観測システムの構築

## 検出器保護システム

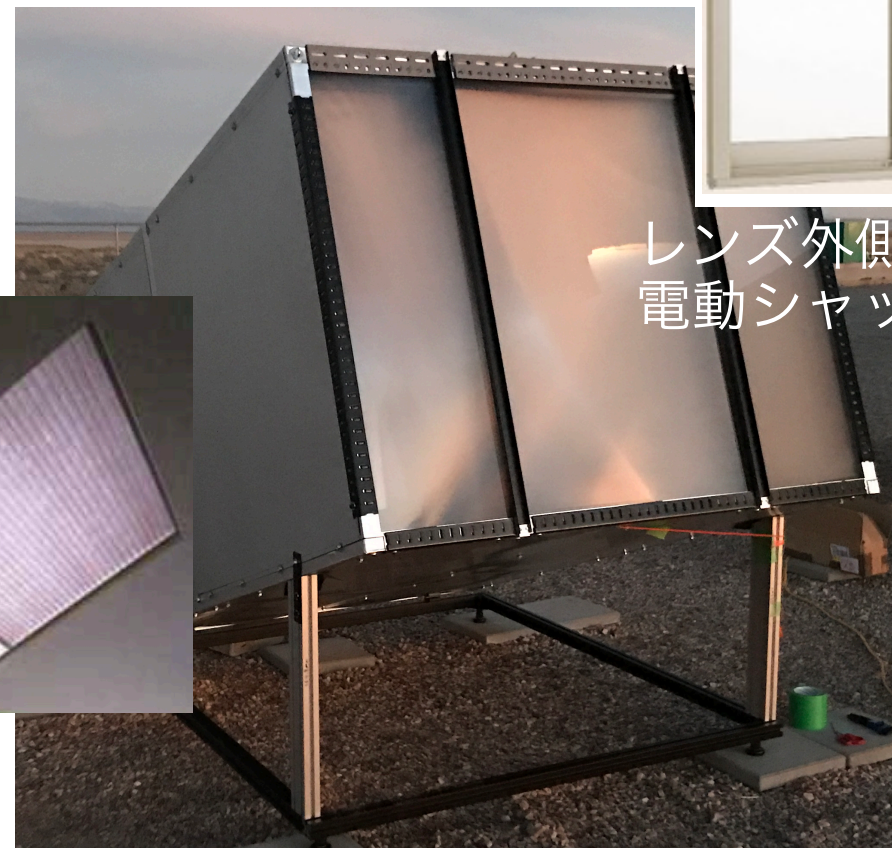
- 現状ではレンズの内側のロールカーテンを手動で開閉している
- 電動シャッターを選定
- 年度内に試験予定



レンズ外側に設置する  
電動シャッター



レンズ内側に設置するハニカムサーモスクリーン



# まとめ

- 次世代の最高エネルギー宇宙線観測のための大気蛍光望遠鏡の研究開発
  - 大規模化を見据えた低コスト化
  - 質量組成を測定するためのXmax観測
- TA実験サイトに設置し、試験観測中
- 宇宙線の試験観測により宇宙線空気シャワーイベントの検出に成功している
- 望遠鏡の構成の最適化を進めている
- 自動観測システムを構築
- 今後ともTAサイトにて観測を続けていきたい

