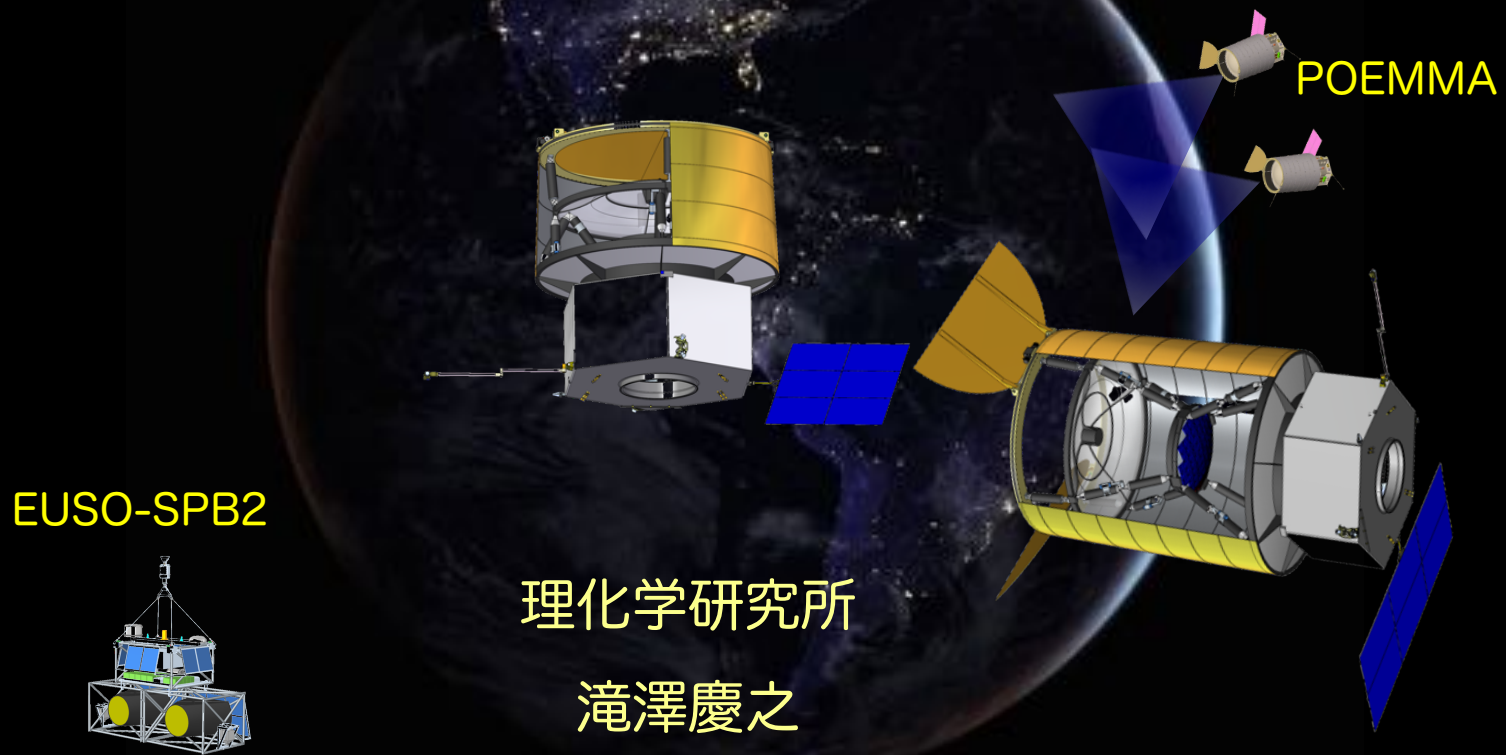
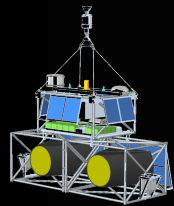


POEMMA

Probe Of Extreme Multi-Messenger Astrophysics



EUSO-SPB2



理化学研究所

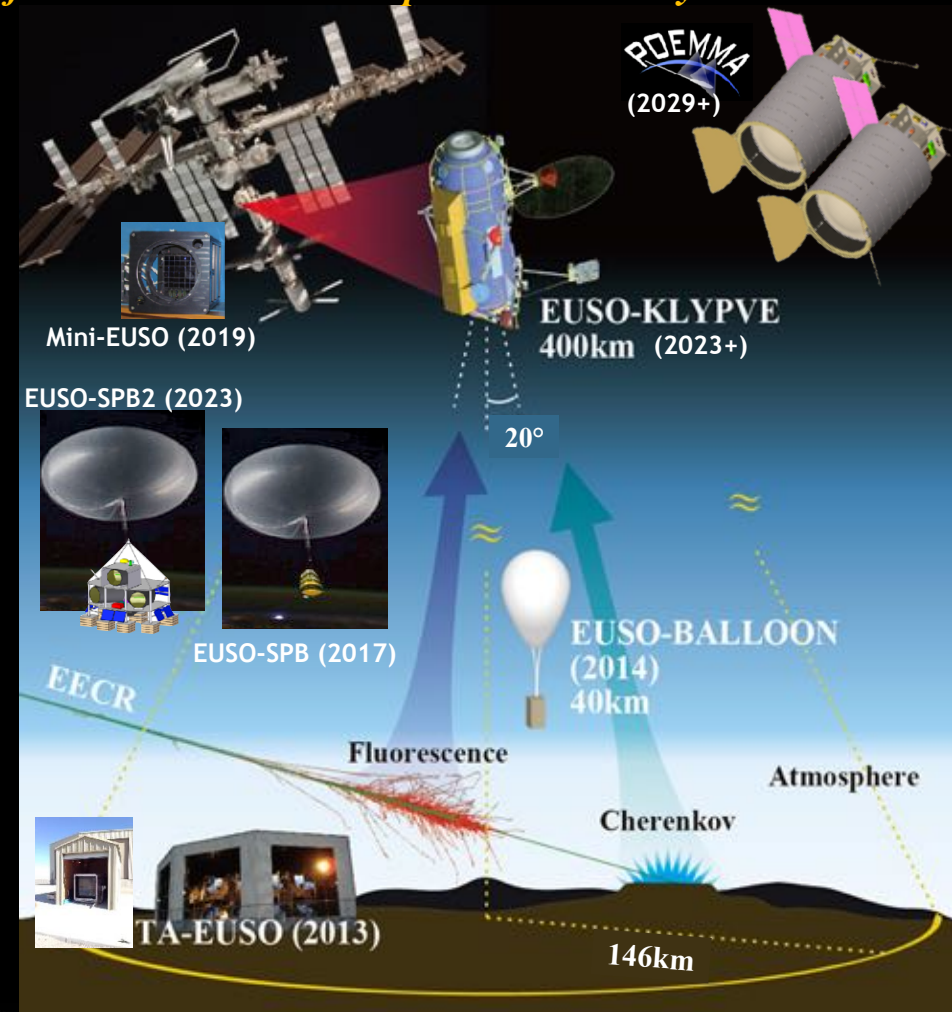
滝澤慶之

CRC タウンミーティング (2021.8.10)
日本学術会議 マスタープラン 2023 (2021.8.5)

The JEM-EUSO program

Joint Experiment Missions for Extreme Universe Space Observatory

1. **EUSO-TA:** Ground detector installed in 2013 at Telescope Array site: currently operational
2. **BALLOONS:**
 1. 1st balloon flight from Timmins, CA (French Space Agency) Aug 2014
 2. NASA Ultra long duration flight: SPB1 2017
 3. NASA Ultra long duration flight: SPB2 2023
4. **MINI-EUSO (2019):** Detector from International Space Station (ISS: 30kg 2019). Approved by Italian and Russian Space agencies
5. **K-EUSO (2023+):** ISS Approved by Russian Space Agency
6. **POEMMA (2029+):** NASA twin free-Flyer



JEM-EUSO collaboration

16 Countries, 93 Institutes, 351 people



POEMMA

Probe Of Extreme Multi-Messenger Astrophysics

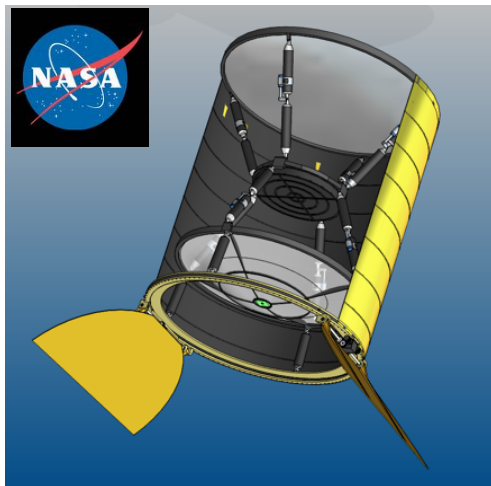
Schmidt 望遠鏡をベースにした主鏡直径4.0mの観測衛星2機によるステレオ観測ミッションで、夜の地球大気を監視し、高エネルギー宇宙線と高エネルギーニュートリノを観測する。

PI: Angela V. Olinto 教授 (シカゴ大)
US POEMMAチーム

+

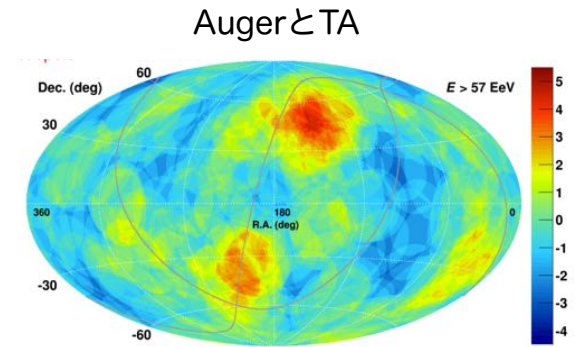
国際JEM-EUSO collaboration
(含 日本チーム)

NASA decadal survey 2020 にて選考中
2029 年頃 打ち上げの計画



POEMMAのサイエンス

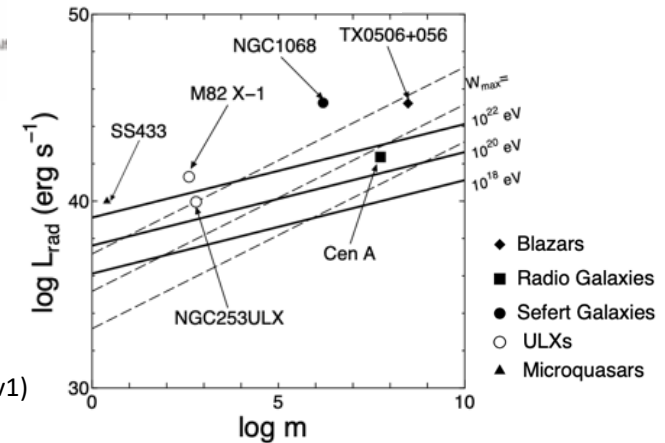
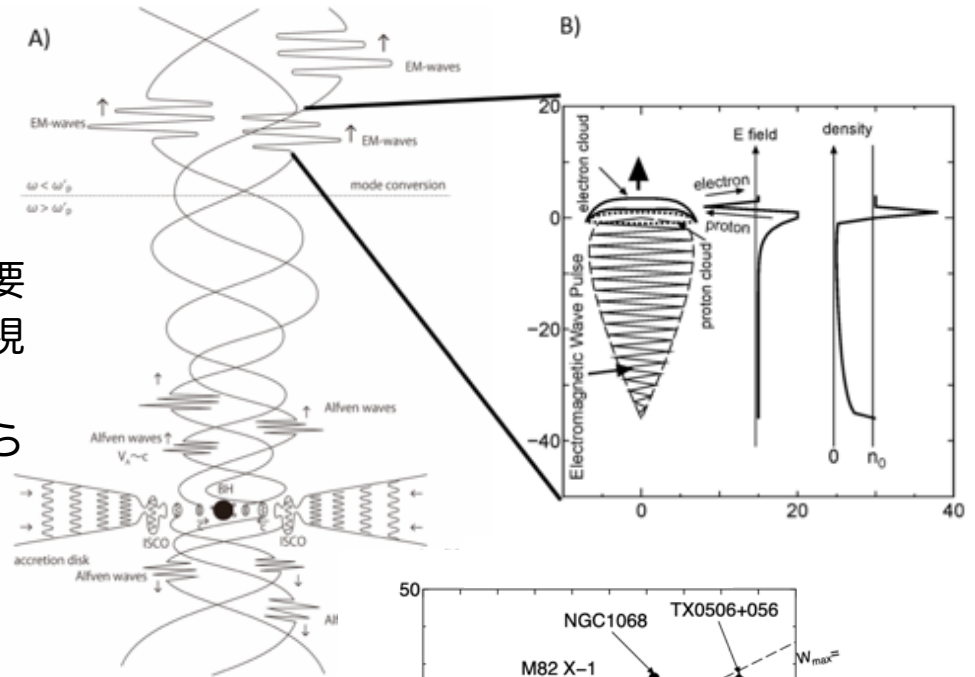
- ・ 超高エネルギー宇宙線粒子の源を探索する。
- ・ 世界最大の露出量で、全天を観測する。
 - ・ POEMMAの積算露出量（5年間）は、Augerの10倍以上。
 - ・ 地上検出器の感度が低い天の赤道領域における新規ホットスポットの探索
 - ・ 最高エネルギー粒子の点源を、全天で複数検出を期待。
 - ・ 複数の点源とそれぞれのスペクトルからの加速機構の検証。
 - ・ GZK切断構造の確認（個々のスペクトル比較から）
 - ・ 天体の加速限界の検証（点源距離がGZK地平以内なら）
 - ・ 新規加速機構の可能性
- ・ 宇宙からニュートリノ(> 20 PeV) の検出とマルチメッセンジャー天文学への参加
- ・ 地球大気での発光現象（TLEs）、メテオ、exotic particles



日本チームとしてのサイエンス 荷電粒子天文学→新規加速機構検証

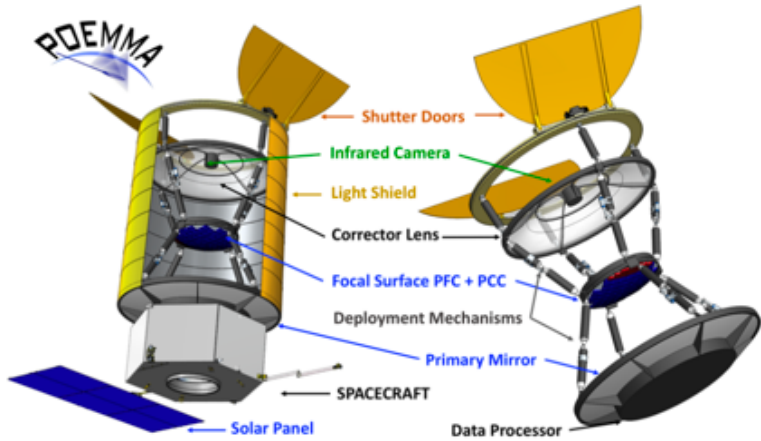
航跡場加速の検証

- Fermi加速を越える新規な加速機構 (Ebisuzaki and Tajima 2014)、ZeV領域まで加速可能
 - Fermi加速の問題点
 - 高エネルギーにするためには非常にたくさんの散乱が必要
 - 散乱時にシンクロトロン放射によるエネルギー損失が無視できない
 - 加速領域に磁氣的に一旦は閉じ込められた粒子がそこから逃げ出すときに断熱エネルギー損失を受ける
- 天の川銀河の中心領域にあると示唆される中間質量ブラックホールも加速源に成り得る
 - 高エネルギーニュートリノの検出に期待

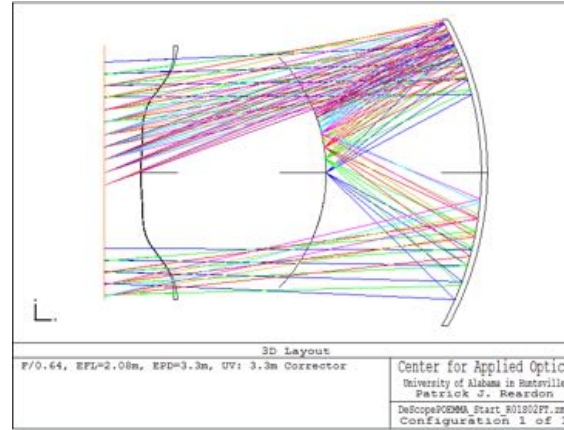


Gregory B. Huxtable et al (arXiv:2009.12333v1)
T. Ebisuzaki and T. Tajima (arXiv:1905.04506)

POEMMA 望遠鏡デザイン

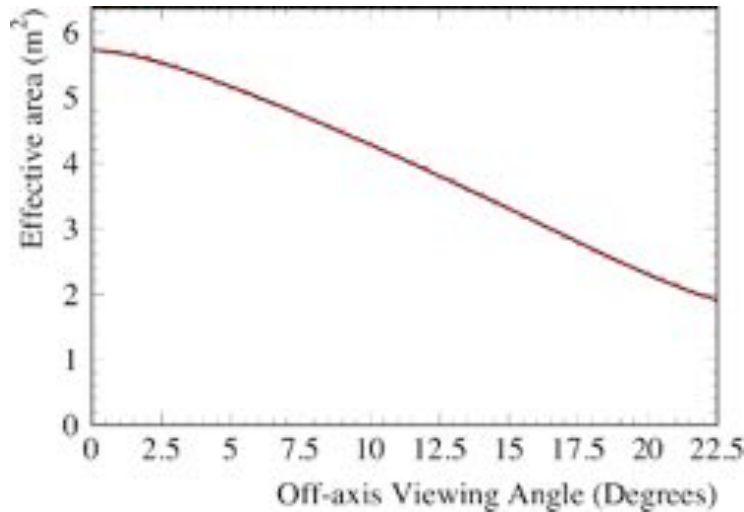


A. V. Olinto et al., JCAP2021

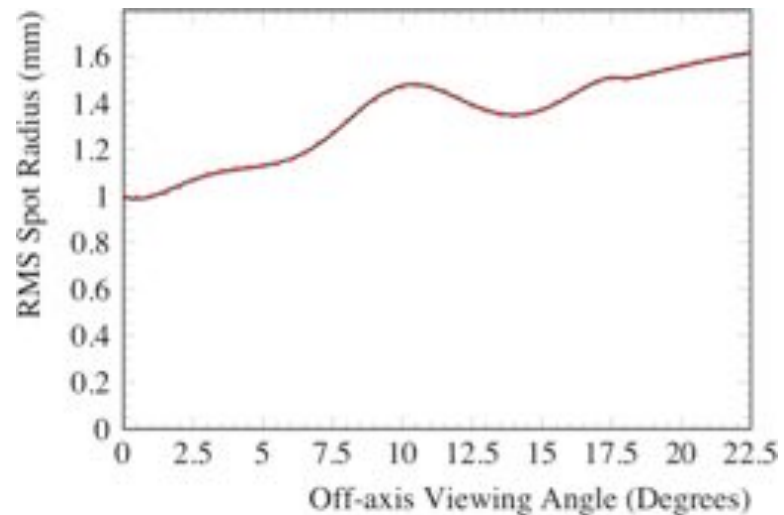


主鏡: 直径4.0m 球面鏡
 補正レンズ: 直径3.3m、非球面、アクリル
 焦点面: 直径1.6m
 FOV: 45°
 F# : 0.64
 スポットサイズ: ~3mm直径
 角度分解能: 0.084°/pixel
 有効面積: 6~2 m² (JEM-EUSO望遠鏡: 2 m²)
 軌道: 525 km、28.5° Inc
 視線方向変更 90° in 500 sec

有効面積

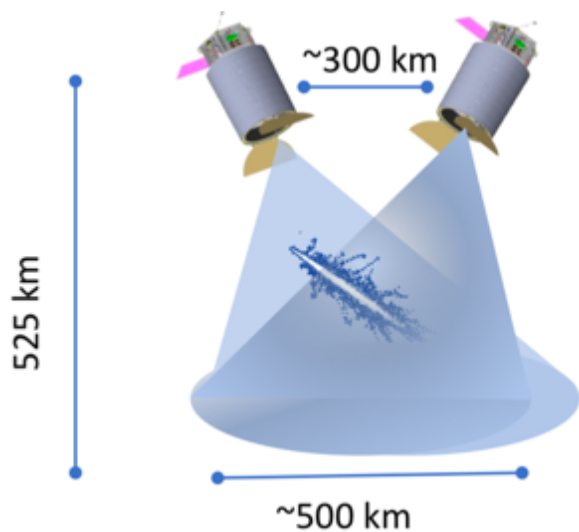


スポットサイズ (半径)

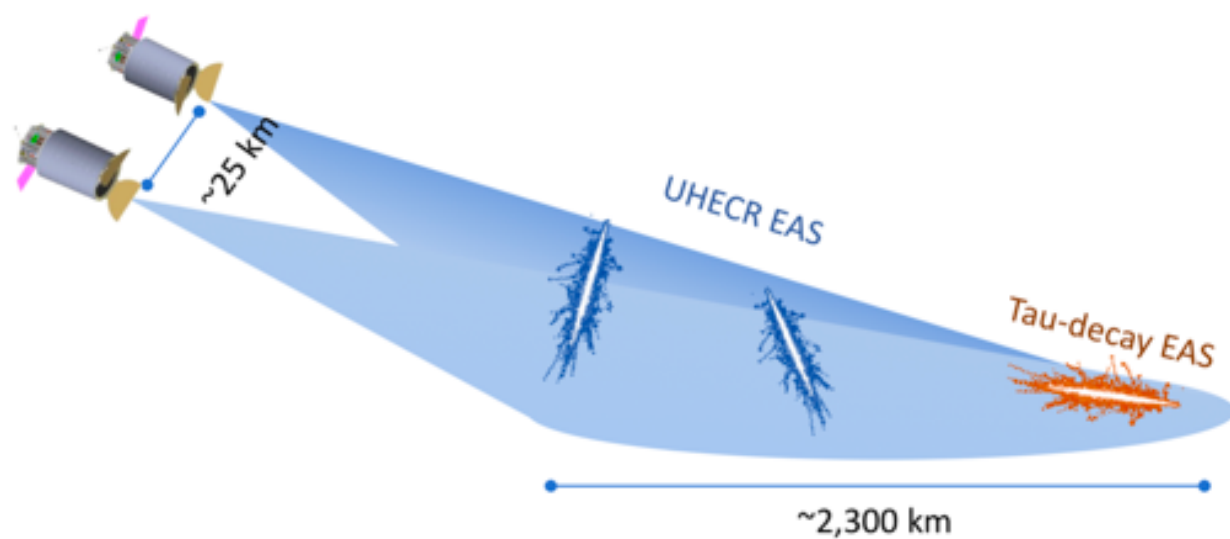


POEMMAの観測モード

Stereo mode (UHECR 観測)



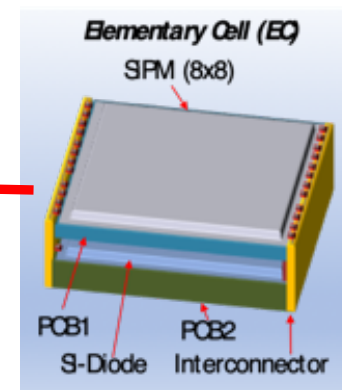
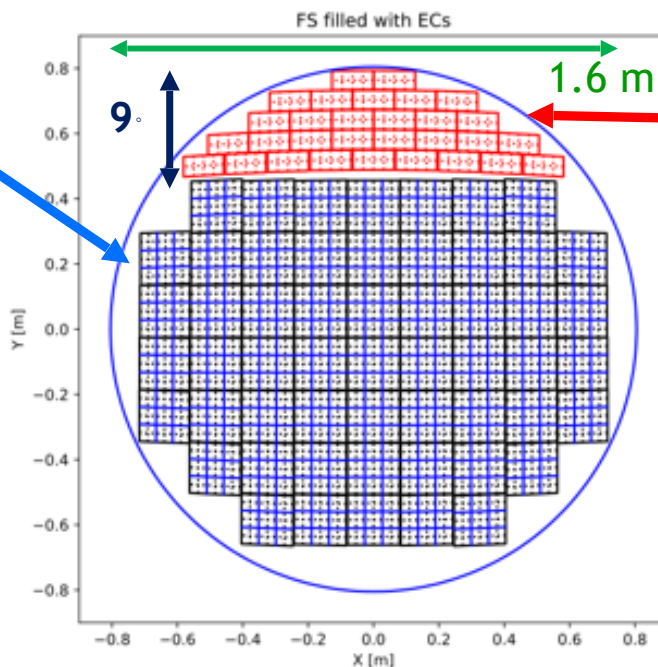
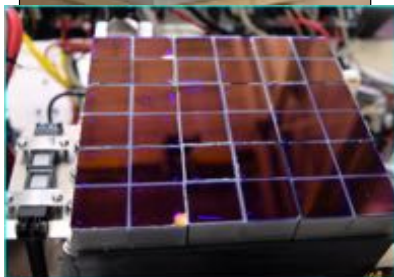
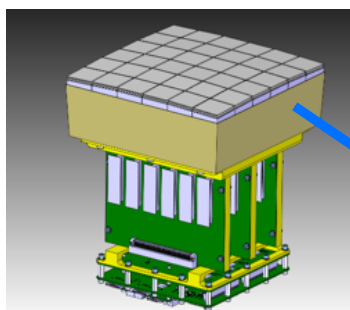
Limb-viewing mode (UHECR + neutrino 観測)



Hybrid 焦点面検出器

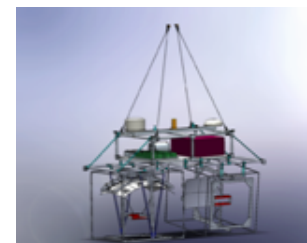
UV Fluorescence Detection using MAPMTs with UV filter: developed by JEM-EUSO: 1 usec sampling

Cherenkov Detection using SiPMs: 20 nsec sampling

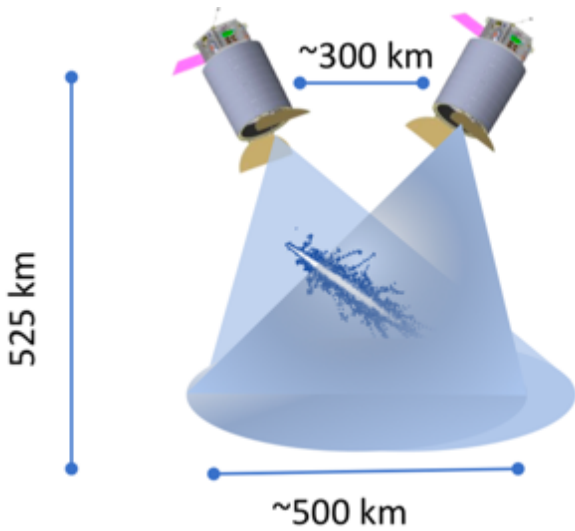


30 SiPM focal surface units
Total 15,360 pixels
512 pixels per FSU (64x4x2)

55 Photo Detector Modules (PDMs) = 126,720 pixels
1 PDM = 36 MAPMTs = 2,304 pixels

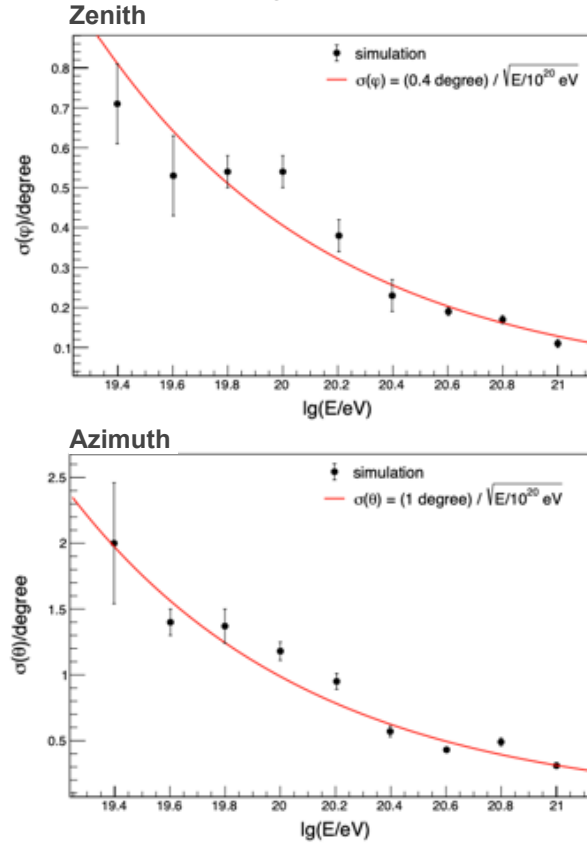


Stereo mode (UHECR 観測)



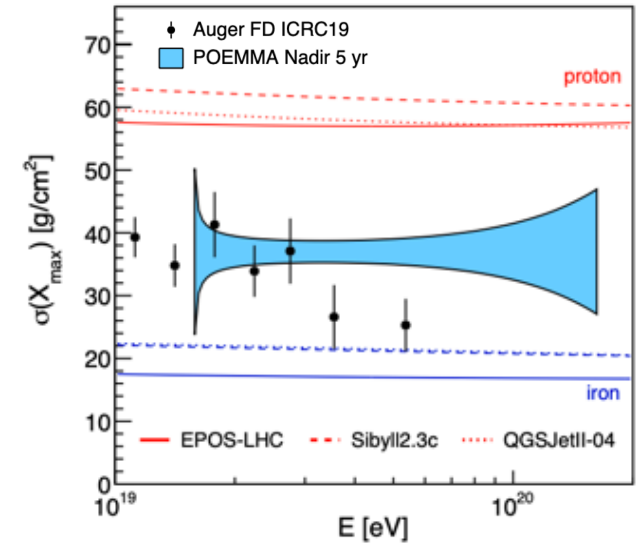
Energy resolution: $\sim 20\%$
 JEM-EUSO望遠鏡 要求値: $< 30\%$

Angler resolution



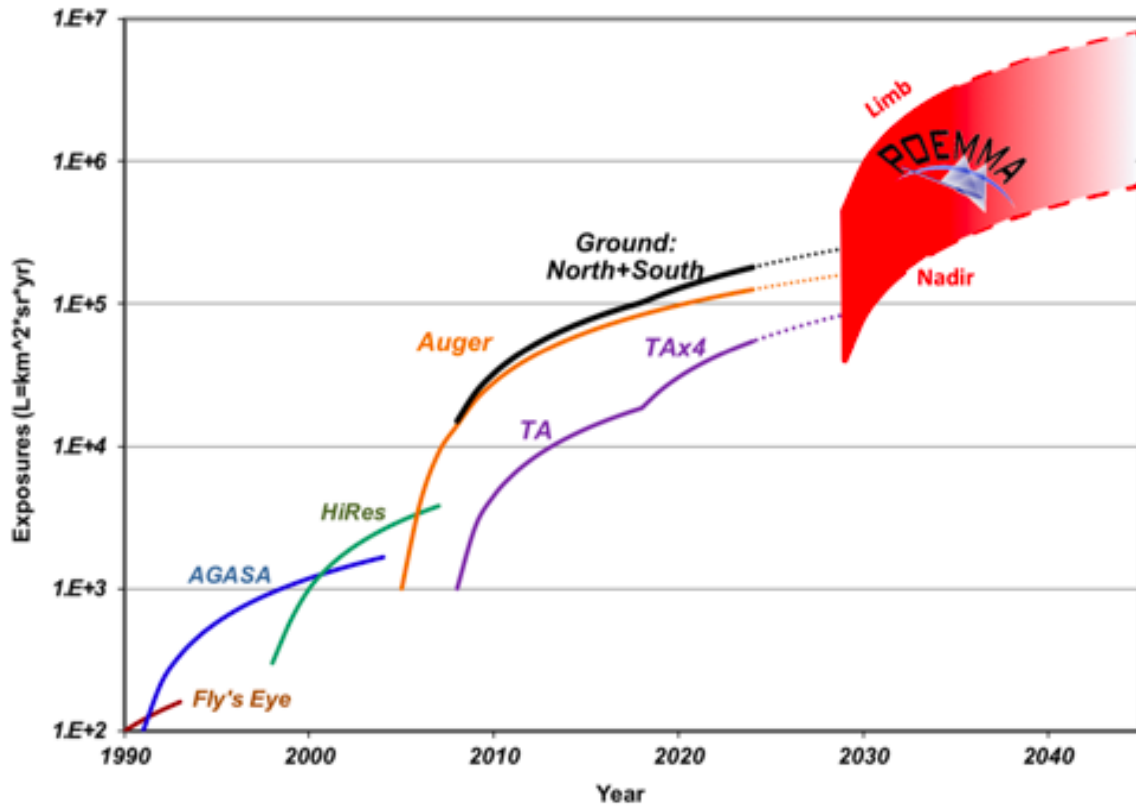
JEM-EUSO望遠鏡 要求値: $< 2.5^\circ$

Xmax resolution

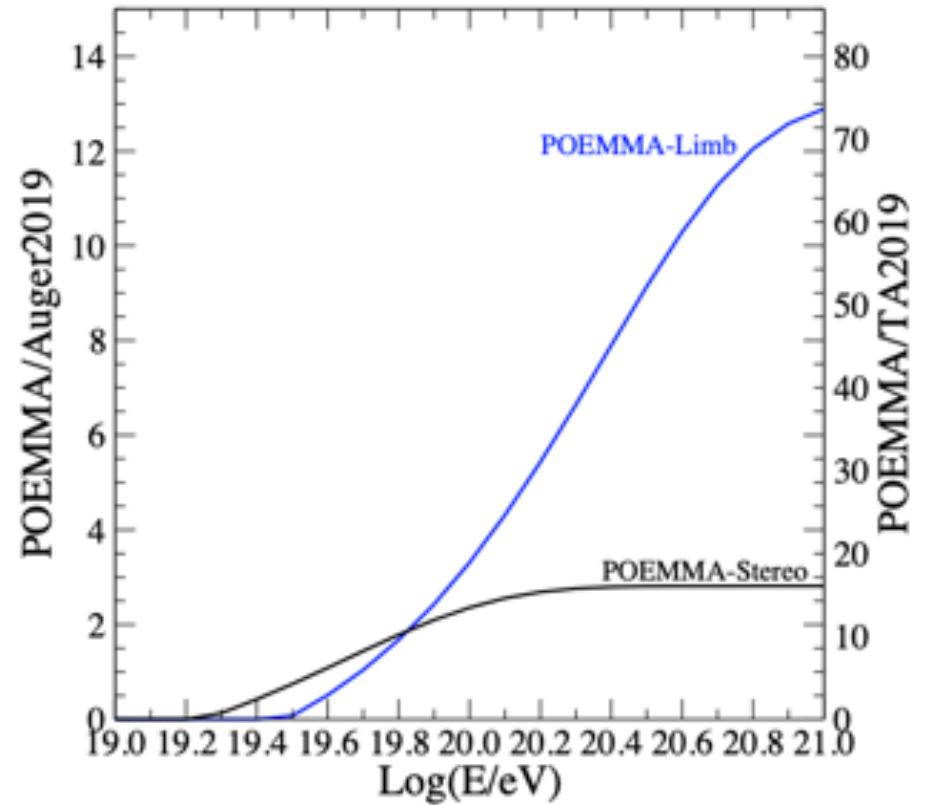


JEM-EUSO望遠鏡 要求値 : $< 120 \text{ g}/\text{cm}^2$

積分露出量



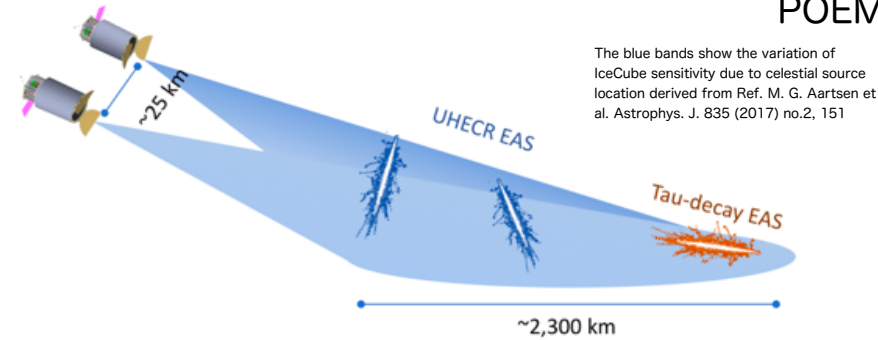
5-year POEMMA stereo UHECR exposure assuming a 12% duty cycle



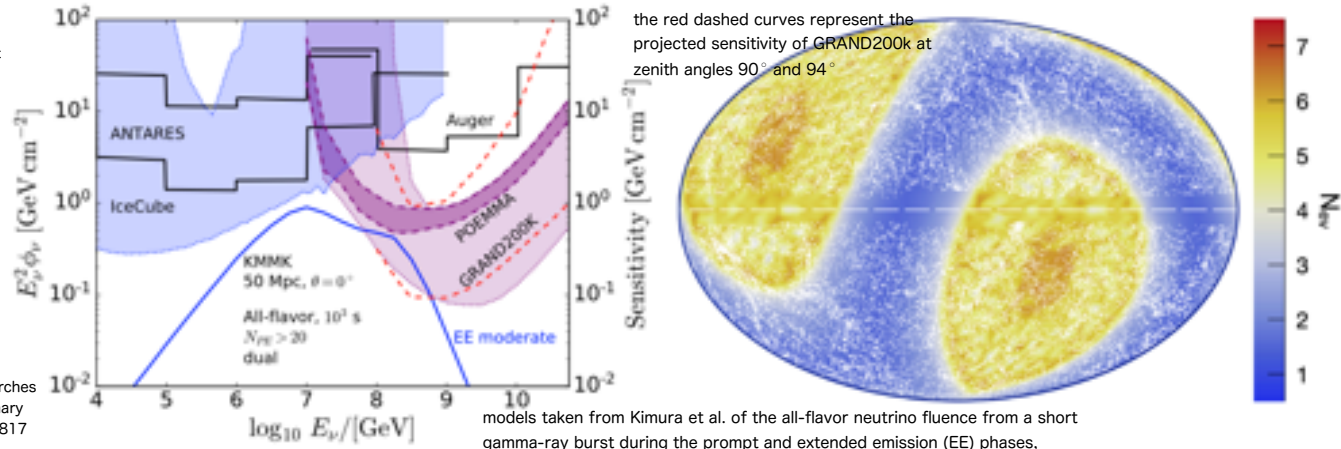
Limb-viewing mode (UHECR + neutrino 観測)

瞬間的なニュートリノ感度

POEMMA ToO sensitivity to a short, 1000 s burst (例 sGRB)

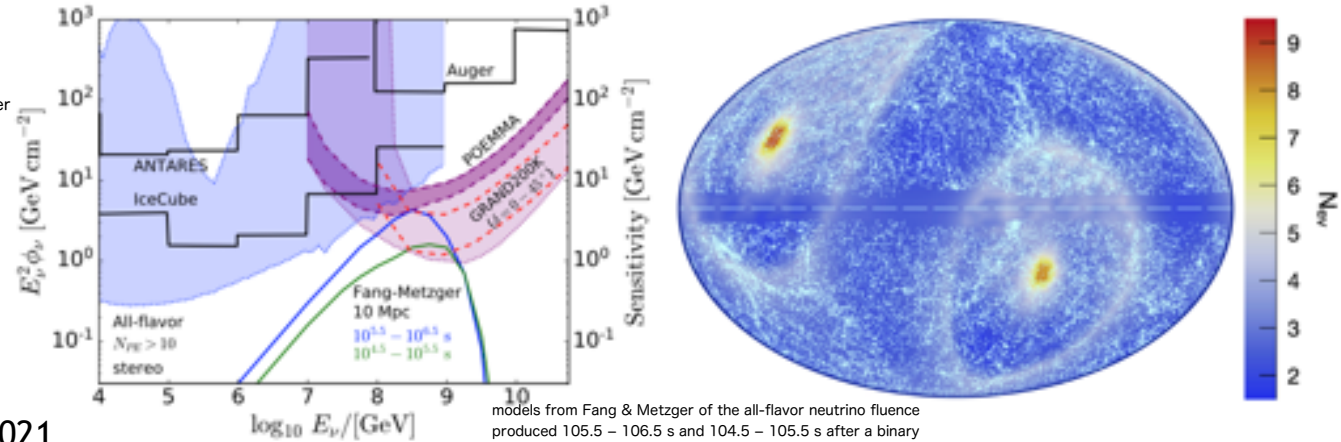


all-flavor upper limits from IceCube and Auger (solid histograms) for neutrino searches within ± 500 s around the binary neutron star merger GW170817

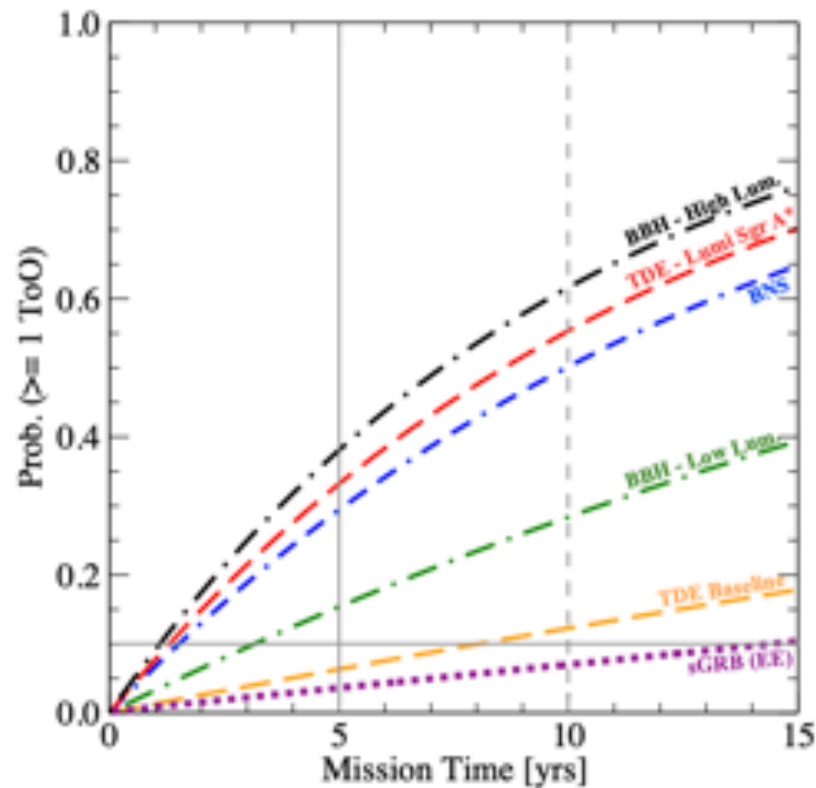


POEMMA ToO sensitivity to a long burst (例 Binary neutron star merger)

the IceCube all-flavor upper limits (solid histogram) from a neutrino search within a 14-day time window around the binary neutron star merger GW170817



Poisson probability of POEMMA detecting at least one ToO versus mission time

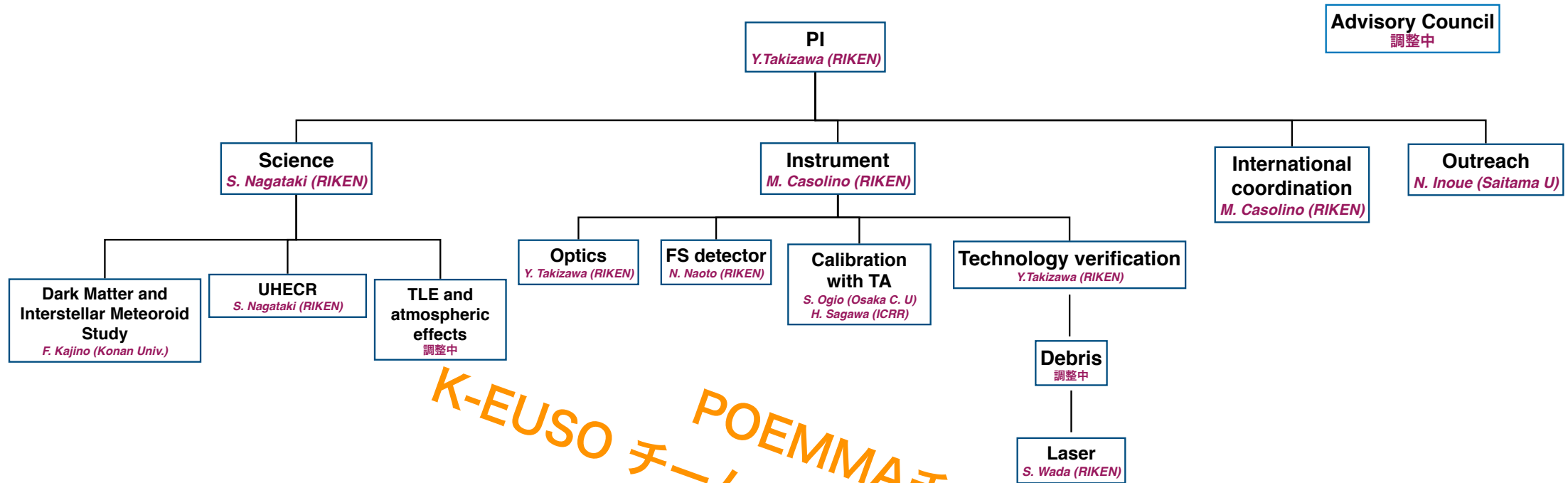


Source Class	ν Horizon Distance	Mission Time for 10% Prob.	Model Reference
TDE $M_{\text{SMBH}} = 5 \times 10^6 M_{\odot}$ Lumi Scaling	128 Mpc	1.5 yrs.	[107]
TDE Base Scenario	69 Mpc	8 yrs.	[107]
BH-BH merger Low Fluence	43 Mpc	3 yrs.	[101]
BH-BH merger High Fluence	137 Mpc	1 yr.	[101]
NS-NS merger	16 Mpc	1.5 yrs.	[102]
sGRB Moderate Extended Emission	90 Mpc	14.5 yrs.	[104]

スケジュール



The K-EUSO Japan



PI of the JAPAN JEM-EUSO collaboration
T. Ebisuzaki (RIKEN)

K-EUSO チームをベースに改組していきます。
POEMMAチームは、

総経費および日本の予算

総経費 1000億円 (打上費用込)

日本の経費概算 (3.3億円)

焦点面検出器 (分担) 16,000万円

600 MAPMTs 9,000万円
評価装置 1,000万円
電子回路 6,000万円

非球面レンズ (3枚) 8,500万円

レンズ材料調達・成形 2,000万円
切削バイト 500万円
治具 1,000万円
加工費 1,500万円
研磨装置製造 1,500万円
光学評価装置 1,000万円
原子状酸素保護用コーティング 500万円
輸送費 500万円

人件費 8,500万円 (5年間 x 2+ α 人)

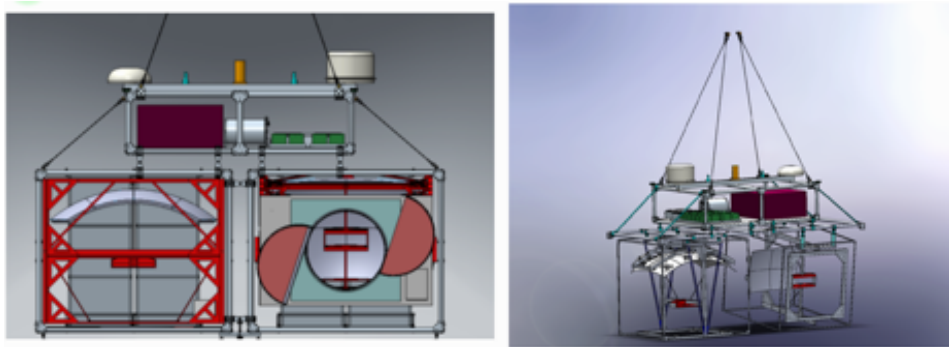
準備状況（技術）

準備実験 EUSO-SPB2

EUSO-SPB2は、POEMMAミッションで採用するSchmidt 望遠鏡をベースにした気球観測実験である。

EUSO-SPB2 (EUSO-Super Pressure Balloon 2号機)

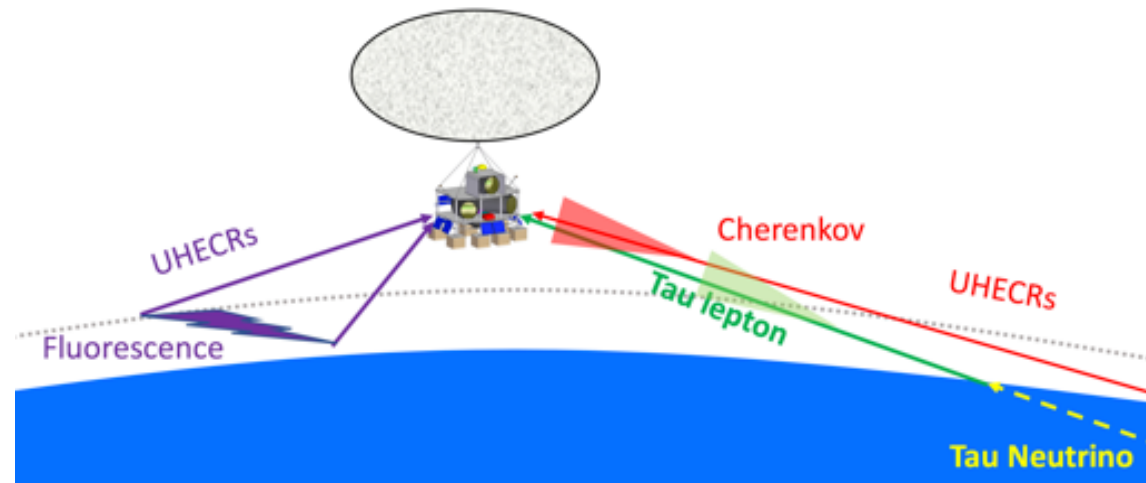
高度30kmから、水平線方向の夜の大気の宇宙線が作る空気シャワーの大気蛍光、ニュートリノからのチェレンコフ光の観測をする。



現在、望遠鏡の製造を進めている

2022年 飛揚・観測(最長 3 ヶ月以上)

→ 世界的コロナ禍により、2023年の飛揚へ

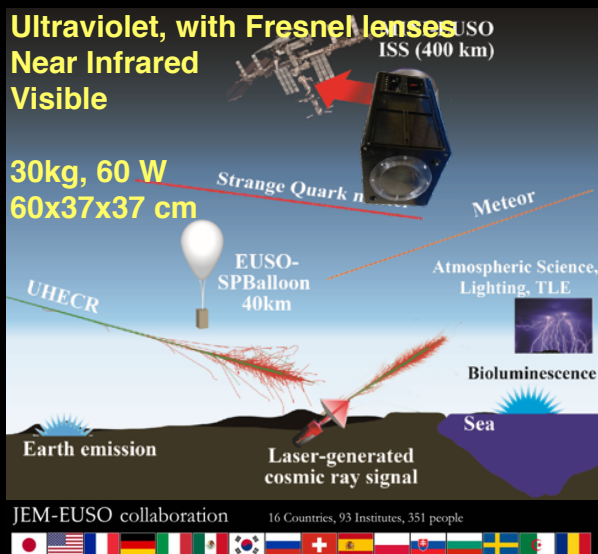
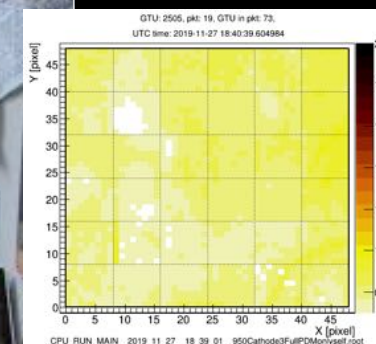


Mini-EUSO

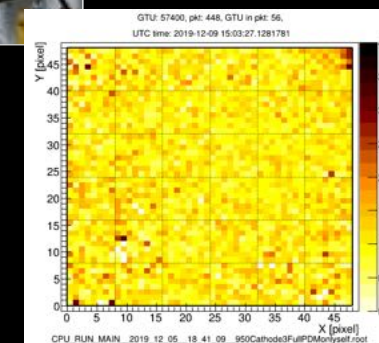
Multiwavelength Imaging New Instrument for the Extreme Universe Space Observatory
from inside UV-transparent window of Zvezda (ISS)



Meteor
2019-11-20



Elves



POEMMAで必要となる
近紫外線の背景光の光量測定
各種発光現象の光量とその頻度
焦点面検出器の運用

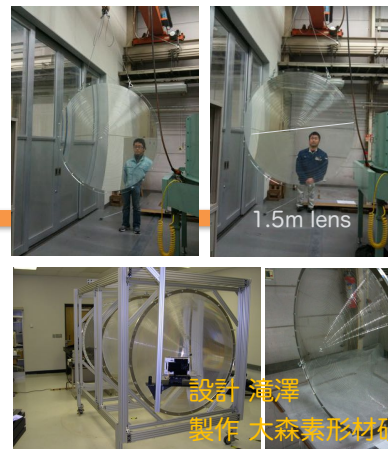
の確認。

日本でのEUSO系レンズ製作

cEUSO
40 cm lens



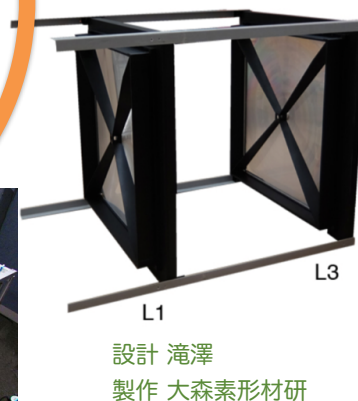
JEM-EUSO BBM
1.5 m lens
Central area of 2.5 m lens



EUSO-TA
1 m lens



EUSO-balloon
1 m lens

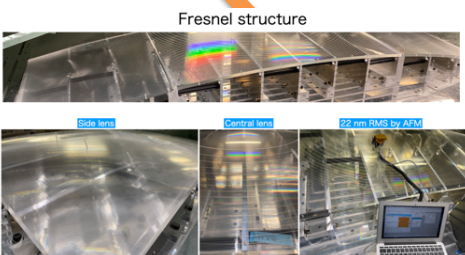


POEMMA
3.3m 非球面レンズ

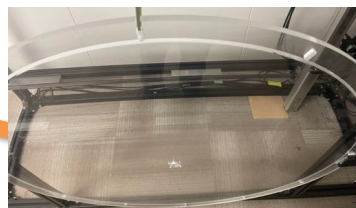
設計 米国
製作予定 滝澤、日本POEMMAチーム

K-EUSO
2.4m 湾曲フレネルレンズ

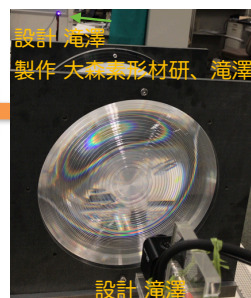
設計 露、伊、日
製作 滝澤



EUSO-SPB2
1m 非球面レンズ
設計 米国 (滝澤参加)
製作 滝澤



Mini-EUSO
25 cm lens



EUSO-SPB
1 m lens



まとめ

- NASA decadal survey 2020 にて選考中
- 衛星軌道から超高エネルギーの宇宙線天文学の実施
 - 世界最大の露出量で、全天の観測
 - 超高エネルギー宇宙線粒子の源を探查
 - POEMMAの積算露出量（5年間）は、Augerの10倍以上
 - 地上検出器の感度が低い 天の赤道領域における新規ホットスポットの探索
 - 複数の点源とそれぞれのスペクトルからの加速機構の検証
 - 新規加速機構の可能性
- 宇宙からニュートリノ(> 20 PeV) の検出とマルチメッセンジャー天文学への参加
- 地球大気での発光現象（TLEs）、メテオ、Exotic particles
- 技術的準備状況
 - EUSO-SPB2 気球実験 (2023)
 - ISS搭載Mini-EUSO: 焦点面検出器技術、近紫外線背景光、各種発光現象の光量と頻度

ご支援、宜しくお願いいたします