

宇宙線望遠鏡による極高エネルギー宇宙線の研究

大島 仁 for the TA collaboration

東京大学 宇宙線研究所

oshima@icrr.u-tokyo.ac.jp

Outline

- Telescope Array Experiment
- Activities & Physics results in FY2022
- Operation & Observation
- Analysis
 - Energy spectrum
 - Anisotropy
 - Composition
- Each report of the ICRR Inter-University Research Program
- Summary

共同利用研究課題

単位：千円

番号	研究代表者	研究課題	研究費	旅費	計
F01	佐川 宏行	宇宙線望遠鏡による極高エネルギー宇宙線の研究	0	900	900
C02	野中 敏幸	TA実験サイトでの超高エネルギー宇宙線観測のための多チャンネル粒子弁別測定システムの開発	240	90	330
F02	有働 慈治	TA実験サイトにおける大気透明度測定法の研究・開発	30	300	330
F03	荻尾 彰一	TALEハイブリッド実験による10の17乗eV領域宇宙線の研究	0	380	380
F04	富田 孝幸	ドローンに搭載された標準光源による大気蛍光望遠鏡の光学特性の評価	0	250	250
F05	山崎 勝也	大気蛍光望遠鏡の自動観測を目指した夜間雲量測定用CCDカメラの開発と解析	150	200	350
F06	藤井 俊博	TA実験サイトでの新型大気蛍光望遠鏡による極高エネルギー宇宙線観測	0	250	250
F07	多米田 裕一郎	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	114	426	540
F08	奥田 剛司	大気蛍光望遠鏡による宇宙線空気シャワー観測のための雲距離測定	240	250	490

全9件・合計3820千円

ご支援ありがとうございます。今後ともよろしくお願いいたします。

Telescope Array Collaboration

140 collaborators
from 32 institutions in 7 countries



R.U. Abbasi¹, T. Abu-Zayyad^{1,2}, M. Allen², Y. Arai³, R. Arimura³, E. Barcikowski², J.W. Belz², D.R. Bergman², S.A. Blake², I. Buckland², B.G. Cheon⁴, M. Chikawa⁵, T. Fujii⁶, K. Fujisue⁵, K. Fujita³, R. Fujiwara³, M. Fukushima⁵, G. Furlich², N. Globus^{7*}, R. Gonzalez², W. Hanlon², N. Hayashida⁸, H. He⁷, K. Hibino⁸, R. Higuchi⁵, K. Honda⁹, D. Ikeda⁸, N. Inoue¹⁰, T. Ishii⁹, H. Ito⁷, D. Ivanov², H. Iwakura¹¹, A. Iwasaki³, H.M. Jeong¹², S. Jeong¹², C.C.H. Jui², K. Kadota¹³, F. Kakimoto⁸, O. Kalashev¹⁴, K. Kasahara¹⁵, S. Kasami¹⁶, S. Kawakami³, K. Kawata⁵, I. Kharuk¹⁴, E. Kido⁷, H.B. Kim⁴, J.H. Kim^{2†}, J.H. Kim², S.W. Kim¹², Y. Kimura³, I. Komae³, Y. Kubota¹¹, V. Kuzmin^{14‡}, M. Kuznetsov^{14,17}, Y.J. Kwon¹⁸, K.H. Lee¹², B. Lubsandorzhev¹⁴, J.P. Lundquist^{2,19}, H. Matsumiya³, T. Matsuyama³, J.N. Matthews², R. Mayta³, I. Myers², S. Nagataki⁷, K. Nakai³, R. Nakamura¹¹, T. Nakamura²⁰, T. Nakamura¹¹, Y. Nakamura¹¹, A. Nakazawa¹¹, E. Nishio¹⁶, T. Nonaka⁵, H. Oda³, S. Ogio⁵, M. Ohnishi⁵, H. Ohoka⁵, Y. Oku¹⁶, T. Okuda²¹, Y. Omura³, M. Ono⁷, A. Oshima²², S. Ozawa²³, I.H. Park¹², M. Potts^{2§}, M.S. Pshirkov^{14,24}, J. Remington², D.C. Rodriguez², C. Rott^{2,12}, G.I. Rubtsov¹⁴, D. Ryu²⁵, H. Sagawa⁵, N. Sakaki⁵, T. Sako⁵, N. Sakurai³, K. Sato³, T. Seki¹¹, K. Sekino⁵, P.D. Shah², Y. Shibasaki¹¹, N. Shibata¹⁶, T. Shibata⁵, J. Shikita³, H. Shimodaira⁵, B.K. Shin²⁵, H.S. Shin⁵, D. Shinto¹⁶, J.D. Smith², P. Sokolsky², B.T. Stokes², T.A. Stroman², K. Takahashi⁵, M. Takamura²⁶, M. Takeda⁵, R. Takeishi⁵, A. Taketa²⁷, M. Takita⁵, Y. Tameda¹⁶, K. Tanaka²⁸, M. Tanaka²⁹, Y. Tanoue³, S.B. Thomas², G.B. Thomson², P. Tinyakov^{14,17}, I. Tkachev¹⁴, H. Tokuno³⁰, T. Tomida¹¹, S. Troitsky¹⁴, R. Tsuda³, Y. Tsunesada^{3,31}, S. Udo⁸, T. Uehama¹¹, F. Urban³², D. Warren⁷, T. Wong², M. Yamamoto¹¹, K. Yamazaki²², K. Yashiro²⁶, F. Yoshida¹⁶, Y. Zhezher^{5,14}, and Z. Zundel²

¹ Department of Physics, Loyola University Chicago, Chicago, Illinois 60660, USA

² High Energy Astrophysics Institute and Department of Physics and Astronomy, University of Utah, Salt Lake City, Utah 84112-0830, USA

³ Graduate School of Science, Osaka Metropolitan University, Sugimoto, Sumiyoshi, Osaka 558-8585, Japan

⁴ Department of Physics and The Research Institute of Natural Science, Hanyang University, Seongdong-gu, Seoul 426-791, Korea

⁵ Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo, Kashiwa, Chiba 277-8582, Japan

⁶ The Hakubi Center for Advanced Research and Graduate School of Science, Kyoto University, Kitashirakawa-Oiwakecho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan

⁷ Astrophysical Big Bang Laboratory, RIKEN, Wako, Saitama 351-0198, Japan

⁸ Faculty of Engineering, Kanagawa University, Yokohama, Kanagawa 221-8686, Japan

⁹ Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi, Kofu, Yamanashi 400-8511, Japan

¹⁰ The Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Saitama, Saitama 338-8570, Japan

¹¹ Academic Assembly School of Science and Technology Institute of Engineering, Shinshu University, Nagano, Nagano 380-8554, Japan

¹² Department of Physics, SungKyunKwan University, Jang-an-gu, Suwon 16419, Korea

¹³ Department of Physics, Tokyo City University, Setagaya-ku, Tokyo 158-8557, Japan

¹⁴ Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences, Moscow 117312, Russia

¹⁵ Faculty of Systems Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology, Minato-ku, Tokyo 337-8570, Japan

¹⁶ Department of Engineering Science, Faculty of Engineering, Osaka Electro-Communication University, Neyagawa-shi, Osaka 572-8530, Japan

¹⁷ Service de Physique Théorique, Université Libre de Bruxelles, Brussels 1050, Belgium

¹⁸ Department of Physics, Yonsei University, Seodaemun-gu, Seoul 120-749, Korea

¹⁹ Center for Astrophysics and Cosmology, University of Nova Gorica, Nova Gorica 5297, Slovenia

²⁰ Faculty of Science, Kochi University, Kochi, Kochi 780-8520, Japan

²¹ Department of Physical Sciences, Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan

²² College of Engineering, Chubu University, Kasugai, Aichi 487-8501, Japan

²³ Quantum ICT Advanced Development Center, National Institute for Information and Communications Technology, Koganei, Tokyo 184-8795, Japan

²⁴ Sternberg Astronomical Institute, Moscow M.V. Lomonosov State University, Moscow 119991, Russia

²⁵ Department of Physics, School of Natural Sciences, Ulsan National Institute of Science and Technology, UNIST-gil, Ulsan 689-798, Korea

²⁶ Department of Physics, Tokyo University of Science, Noda, Chiba 162-8601, Japan

²⁷ Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 277-8582, Japan

²⁸ Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University, Hiroshima, Hiroshima 731-3194, Japan

²⁹ Institute of Particle and Nuclear Studies, KEK, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

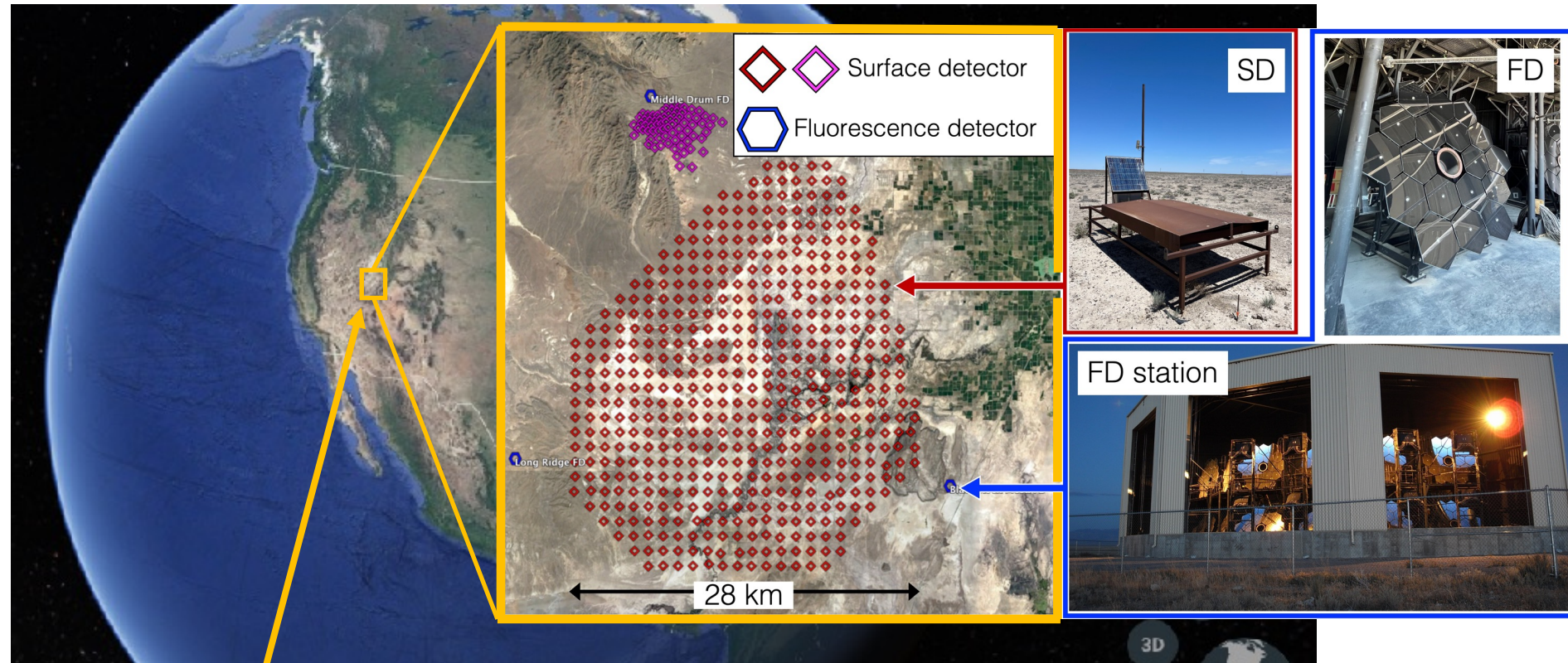
³⁰ Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Meguro, Tokyo 152-8550, Japan

³¹ Nambu Yoichiro Institute of Theoretical and Experimental Physics, Osaka Metropolitan University, Sugimoto, Sumiyoshi, Osaka 558-8585, Japan

³² CEICO, Institute of Physics, Czech Academy of Sciences, Prague 182 21, Czech Republic

Telescope Array (TA) Experiment

TA is the largest cosmic-ray detector in the Northern hemisphere.



- Delta, Utah, USA. ~1400 m above sea level
- 507 surface detector array covers ~700 km²
- 38 telescopes in 3 stations look over the array

TA Observatory



MD



- Surface Detector (SD) Array
 - 3m² Scintillation Detector x 507
 - 1.2km spacing, total ~700km²
 - 3 communication towers

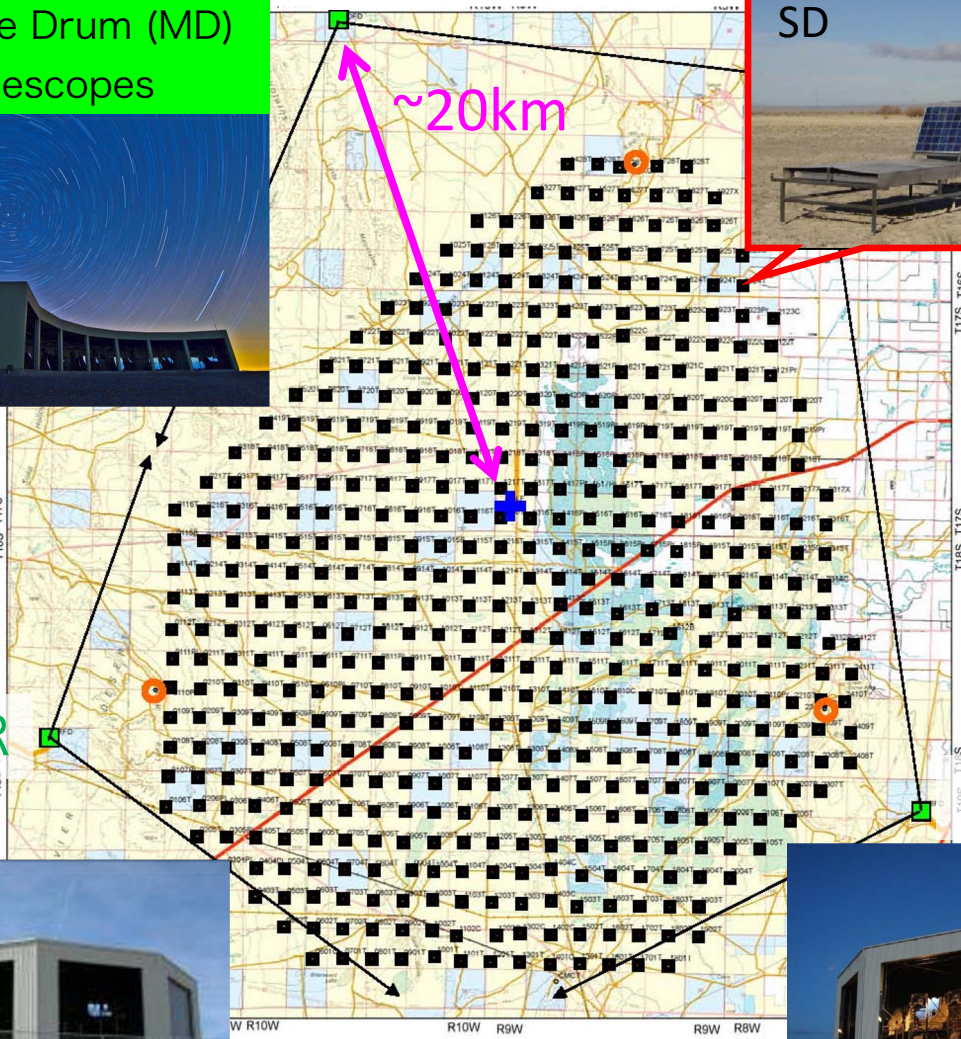
- Fluorescence Detector (FD)
 - 38 telescopes in 3 stations
 - HiRes telescopes in Middle Drum site

- Analysis method
 - SD
 - FD Monocular
 - FD Stereo
 - Hybrid : FD + SD

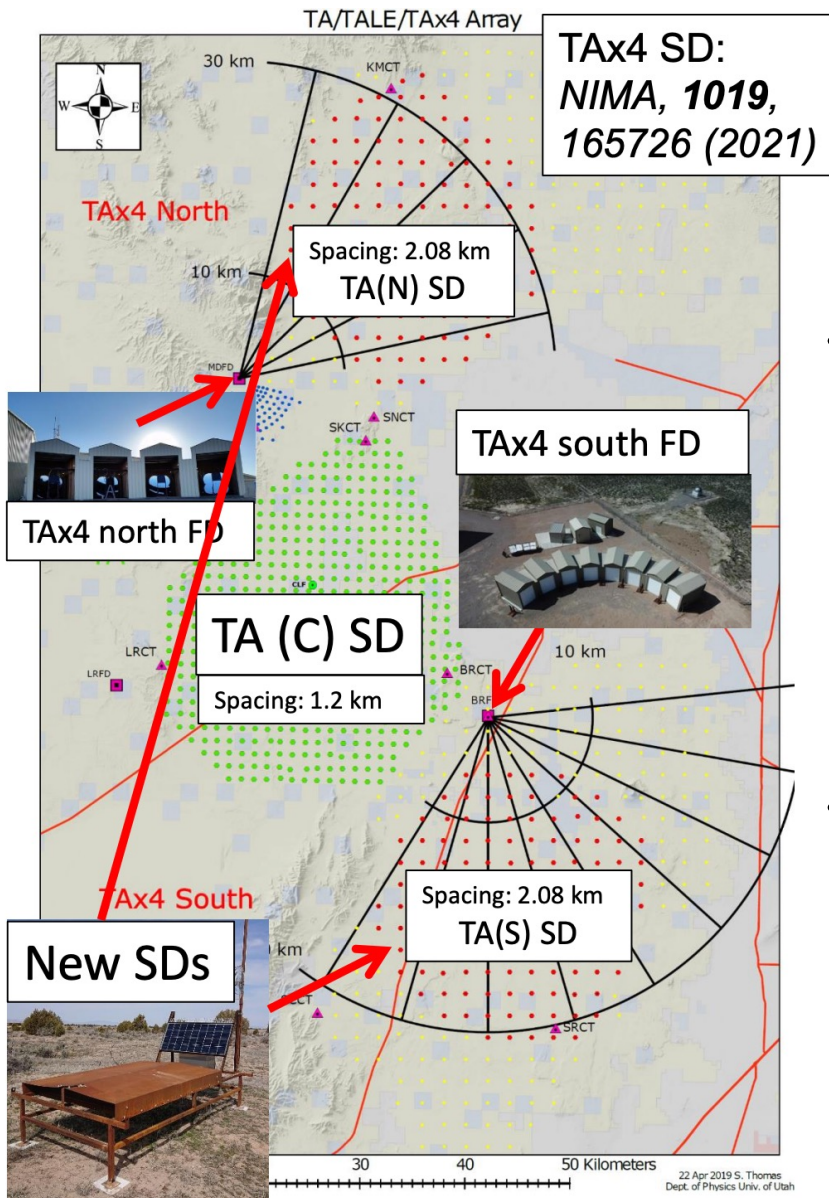
LR



BR



TA extended project: TAx4 experiment



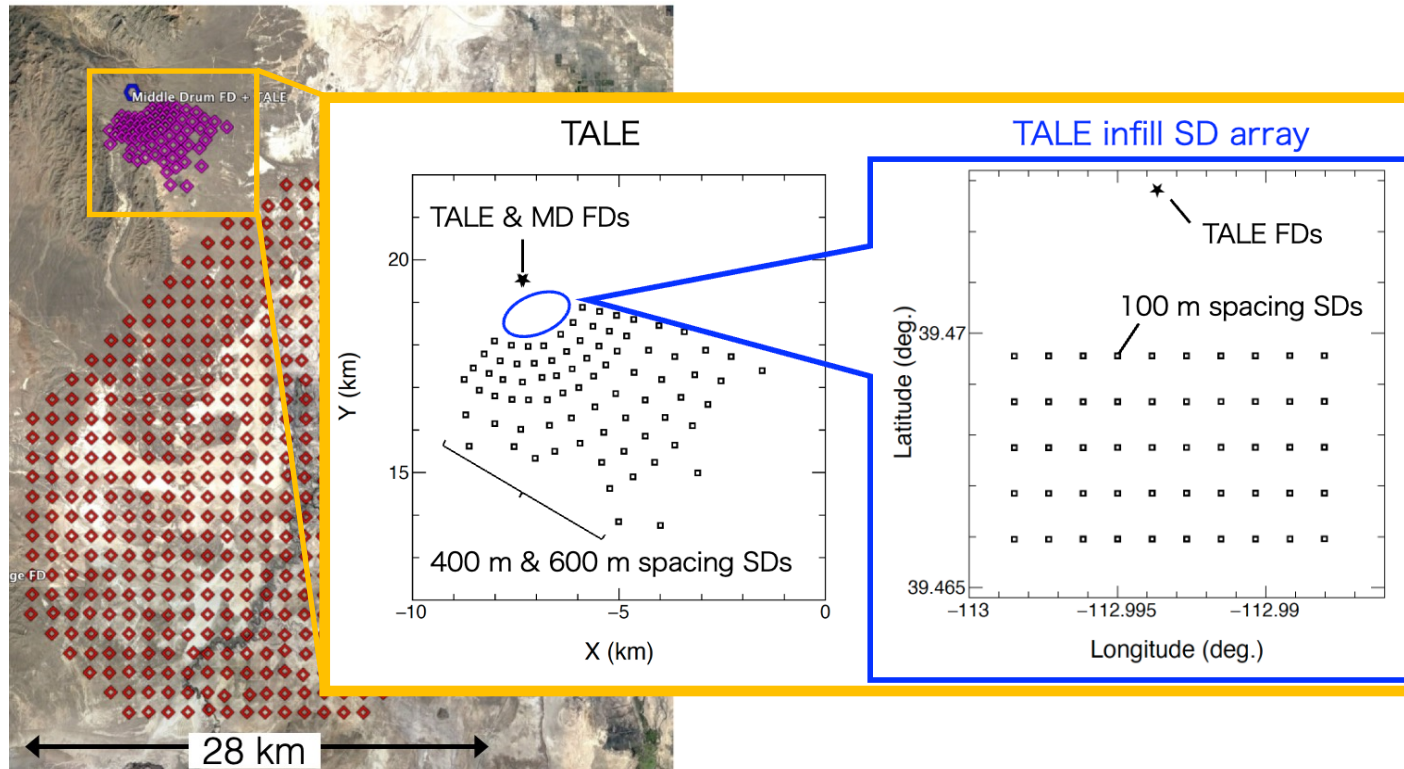
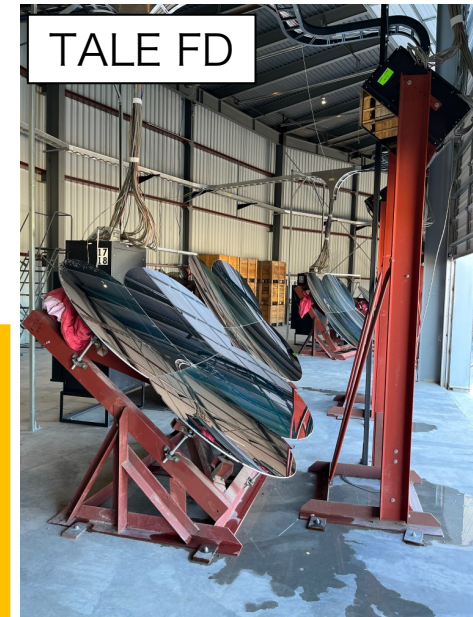
TAx4 project is in progress to increase the statistics of the highest energy cosmic-ray events to 4 times the TA.

- TAx4 SD Array (~2800 km²)
 - 500 new SDs
 - The total of 257 SDs were deployed in 2019. The SDs are running stably from 2019 Nov.
 - 2.08 km spacing (↔ TAsD: 1.2 km spacing)
- TAx4 FD
 - 2 new FD stations
 - 4 + 8 HiRes Telescopes
 - North FDs: stable run from Jun. 2018.
 - South FDs: stable run from Sep. 2020.

TA extended project: TALE experiment

The TA Low-energy Extension (TALE) experiment extends the reach of the TA experiment on the low-energy side to below 10^{15} eV. A main objective is to study the transition from galactic to extragalactic cosmic rays.

- TALE SD Array (~20 km²)
 - 80 new SDs with 400m & 600m spacing (Nov. 2017~)
 - 50 new SDs with 100m spacing (deployed in Nov. 2022)
- TALE FD
 - 10 HiRes Telescopes with high elevation angles (Sep. 2013~)



Outcomes in FY2022

Journal articles

- *Published*

“Observation of variations in cosmic ray single count rates during thunderstorms and implications for large-scale field changes,” Phys. Rev. D **105**, 062002 (2022).

“Search for Spatial Correlation of Neutrinos with Ultra-high-energy Cosmic Rays,” Astrophys. J. **934**, 2 (2022).

- *Submitted*

“The Most Energetic Particle detected by a Cosmic-Ray Surface Detector Array,” Science.

Presentation

- JPS meeting

- 7 talks for 2022 Autumn meeting

- 7 talks for 2023 Spring meeting

- Total of 21 international conferences

- Invited talk: > 10 talks

- UHECR2022: There were 13 Japanese collaborators presentations

Thesis (Research Institutes in Japan)

- Doctoral thesis: 1 thesis

- Master thesis: 6 theses

- Graduation thesis: 13 theses

In addition to these physics results, this year has been the most active year since the COVID-19 pandemic!

Lively activities in FY2022

This physical year has been the most active year since the COVID-19 pandemic!

- Many Japanese collaborators visited the TA observation site to maintain SDs and FDs.
- TA-JP meetings are held at ICRR in person as well as TA collaboration meetings are held in person.
- Many Japanese collaborators joined international conferences in person.
- TALE infill SD array was deployed at the initiative of the Japanese collaborators in Nov. 2022.

Thus, there were many lively discussions and activities in FY2022.

Powerline to Black Rock Mesa station

The powerline to BRM station was completed last year and it could be used from Apr. 2022.

The advantages of supplying power through the powerline are as follows:

- Powerline can provide a stable electrical power.
- Maintenance cost is low because there are no fuel costs for the generator.

経費名称：特定事業費-機能強化・全国共同 TA-機能強化-国共コロナ代替

TA実験サイトの安定電源供給および遠隔操作の強化による国際共同利用研究の増強
ご支援に感謝いたします。



FD maintenance & observation shift

We traveled to FD site for the first FD mirror washing and observation shift in Jun.–Jul. 2022 since the COVID-19 pandemic in 2019.

Mirror washing



FD observation @ Delta



Adjustment/repairment of TAx4 SDs in August

Many Japanese collaborators joined the TAx4 SD repairments in August. (more than 5 students and 9 staff members)

The adjustments and repairments are as follows:

- Improvement of wireless communication strength
 - Antenna adjustment & installation of wifi amplifiers
- Countermeasures against battery charging problem.
 - Installation of charge controller
- Replacements of bad electronics (main board, GPS modules, and so on)

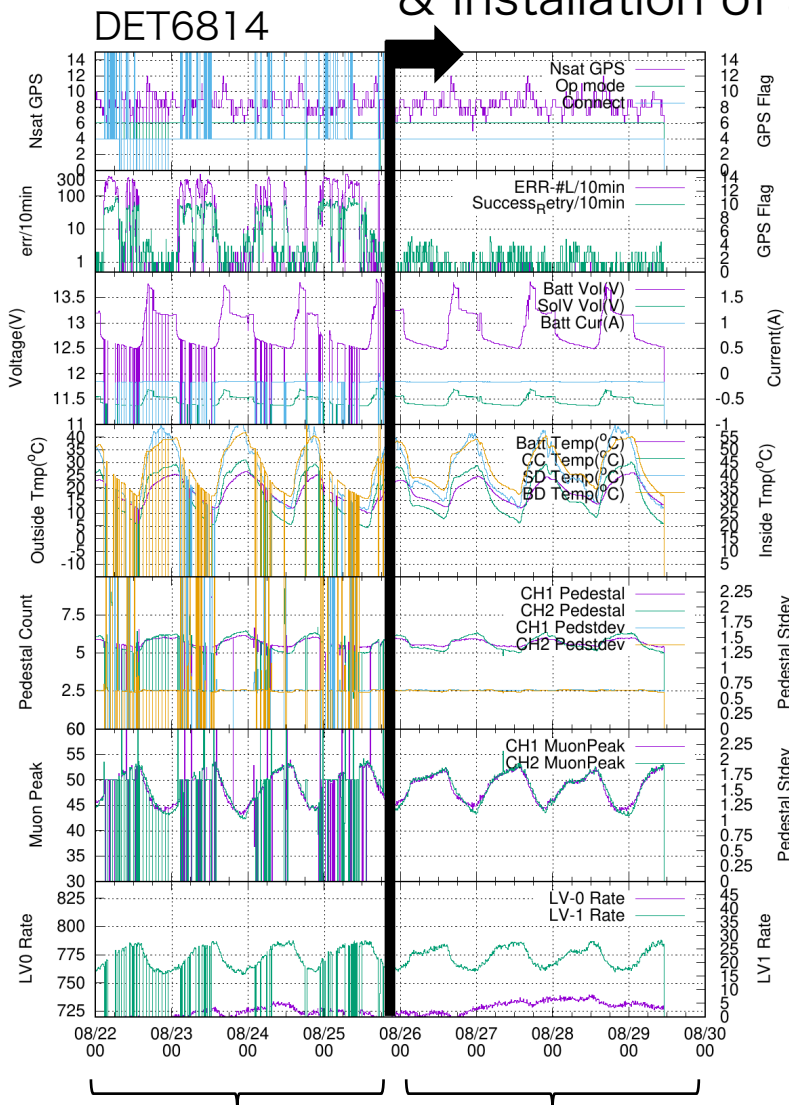


Improvement of DAQ participation of TAx4 SDs

Monitor data

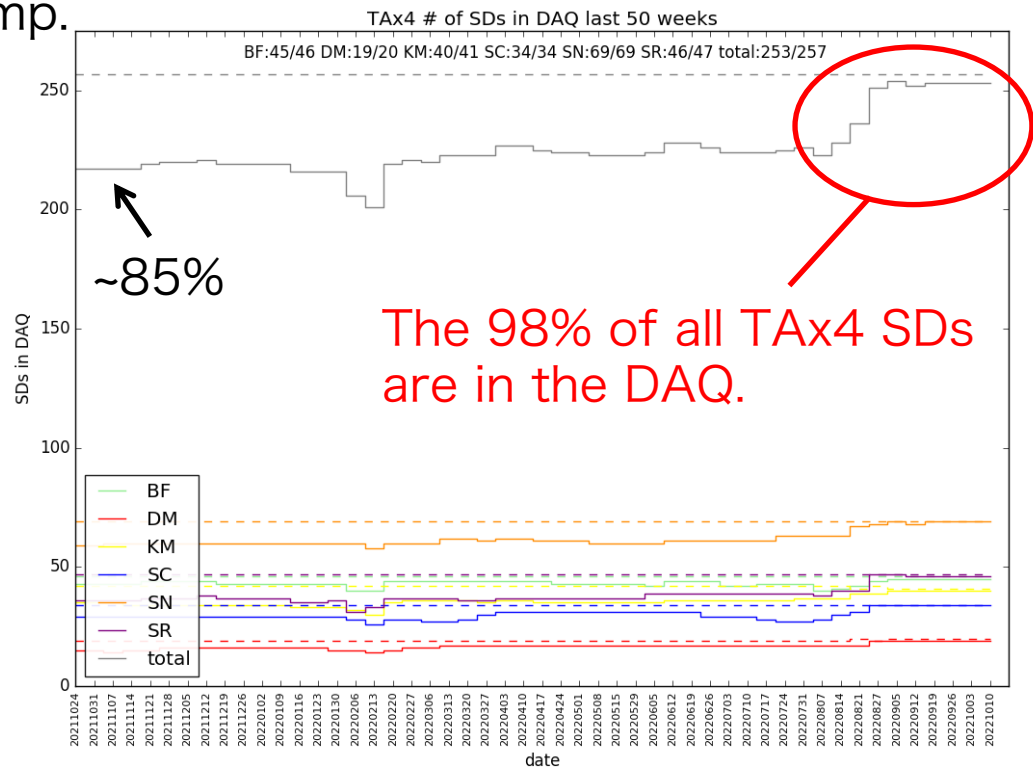
Antenna adjustment & Installation of amp.

Number of TAx4 SDs in DAQ



Comm. failure

Success!



~85%

The 98% of all TAx4 SDs are in the DAQ.

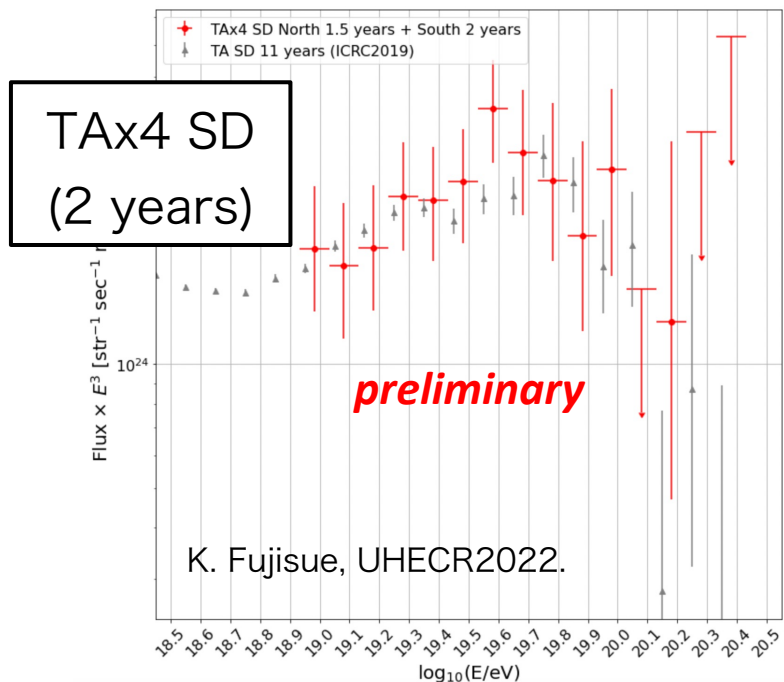
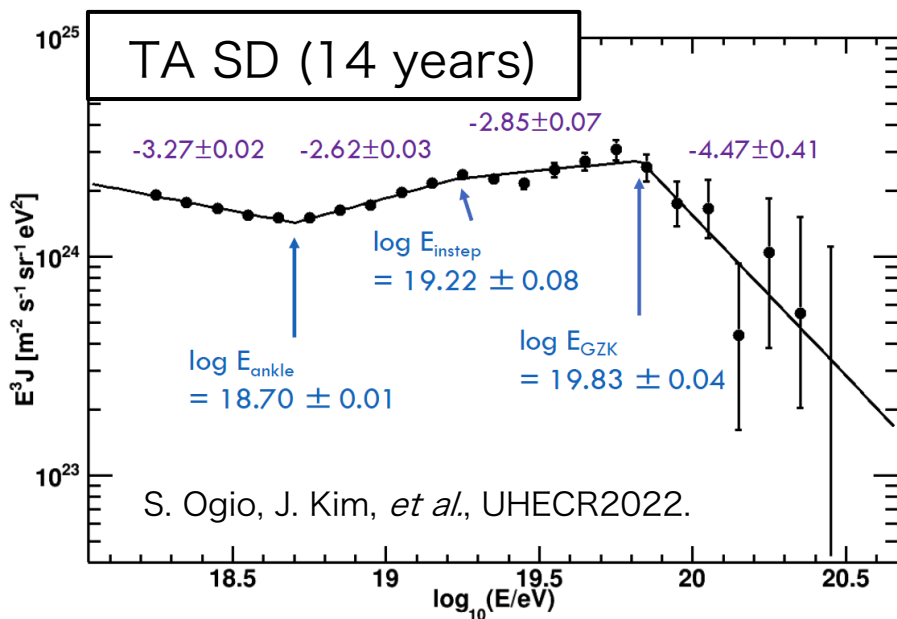
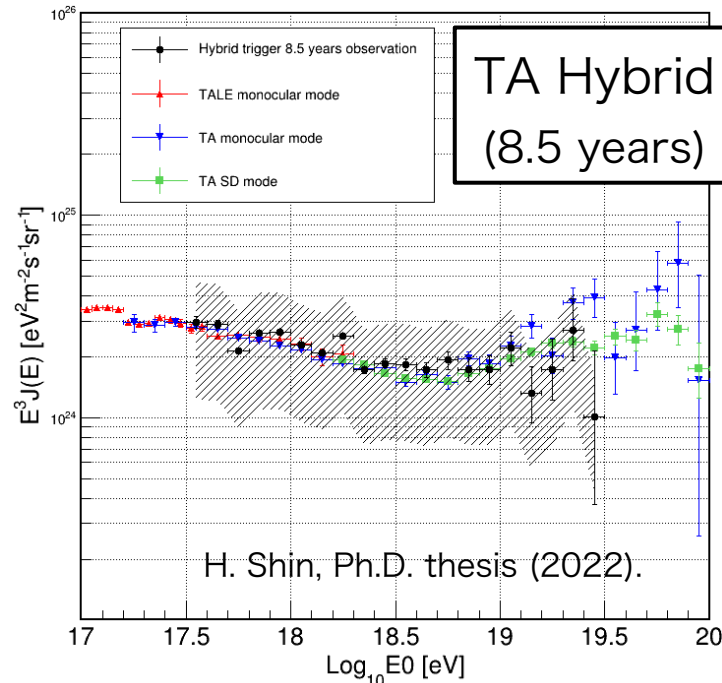
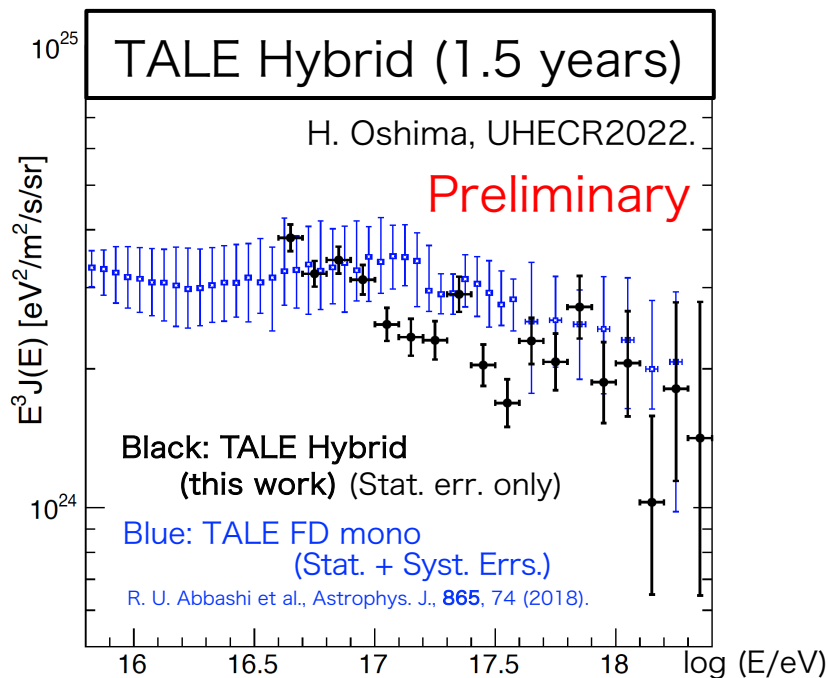
2022 Feb. Apr. Jun. Aug. Oct.

SD maintenance in this August has significantly improved the DAQ participation.

Analysis topics

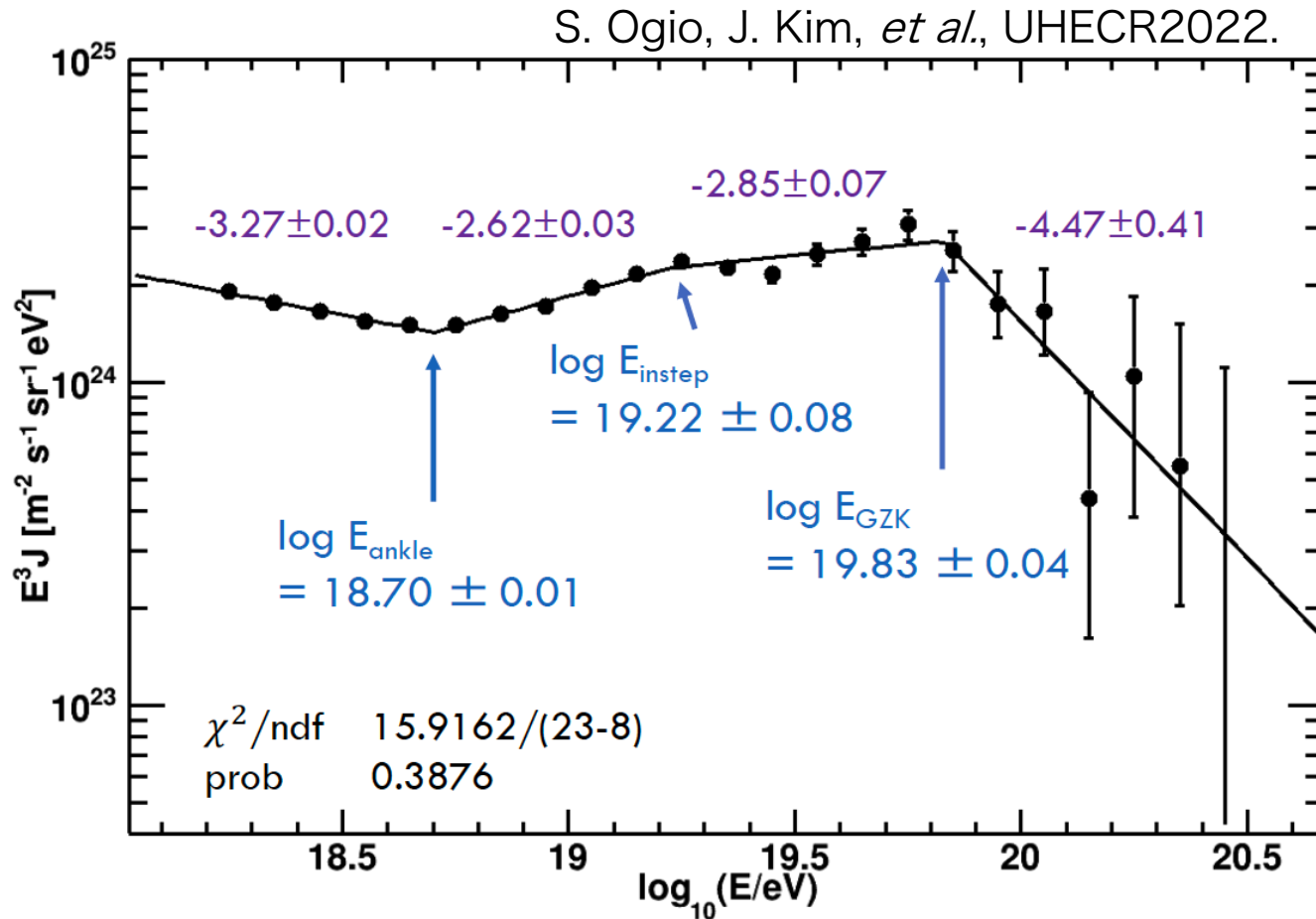
- Energy spectrum
- Anisotropy
- Composition

Energy spectrum measurement



Spectral feature in the energy spectrum

Spectral feature in $10^{19.0}$ – $10^{19.5}$ eV using 14-years data.



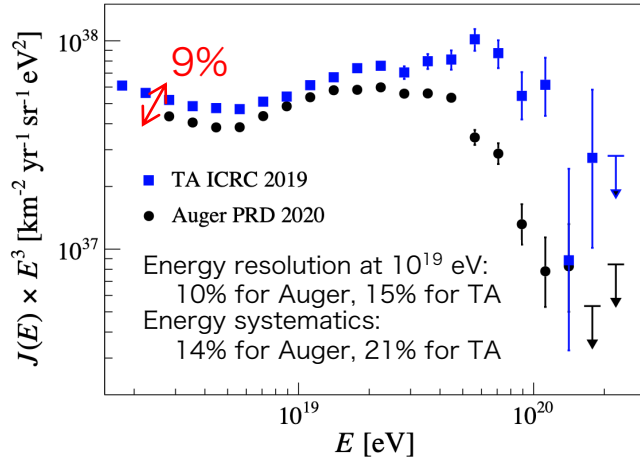
TA SD observed the same softening feature in the northern hemisphere but at $10^{19.22 \pm 0.08}$ eV with a 4.0σ significance.

Energy scale study

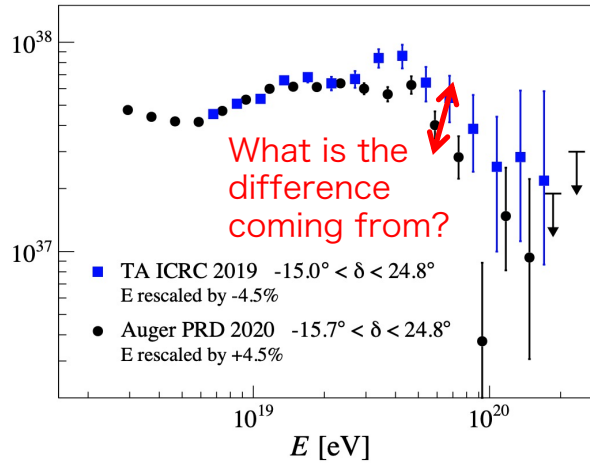
V. Verzi, Y. Tsunesada,
K. Fujita, *et al.*, UHECR2022.

Energy spectrum measured by TA & Auger

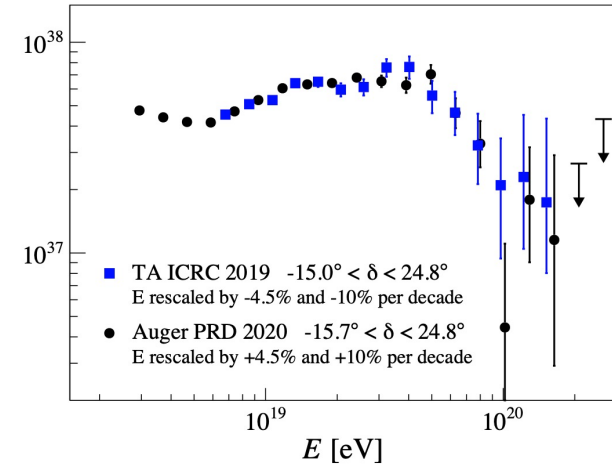
Full sky spectra



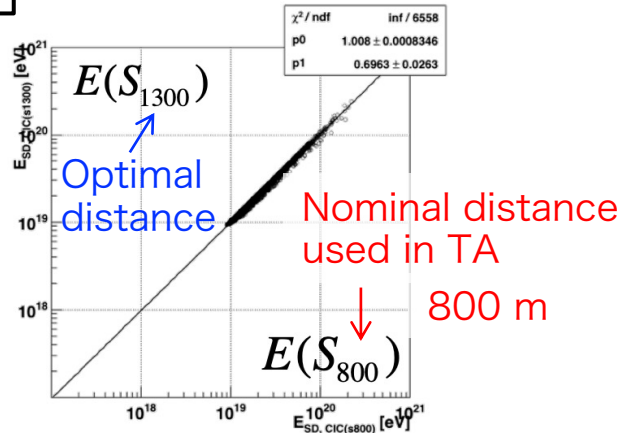
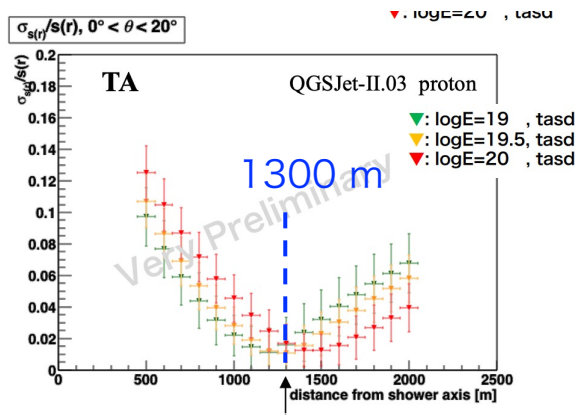
Common declination band
w/ Energy $\pm 4.5\%$ rescaled



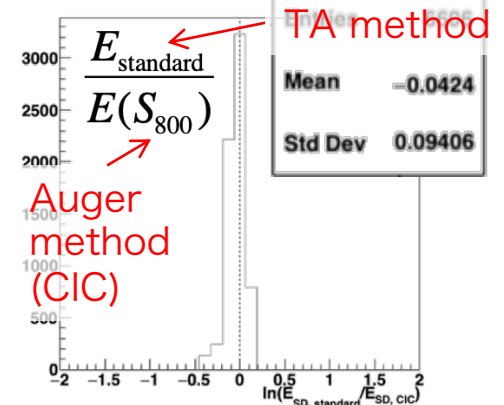
Common declination band
w/ Rescale + E-dependent shift



Potential biases from not using an Optimal distance?



Difference from the E estimation method?

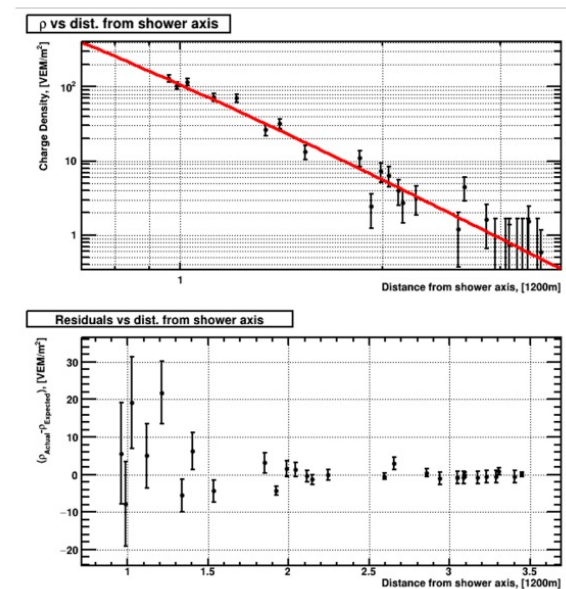
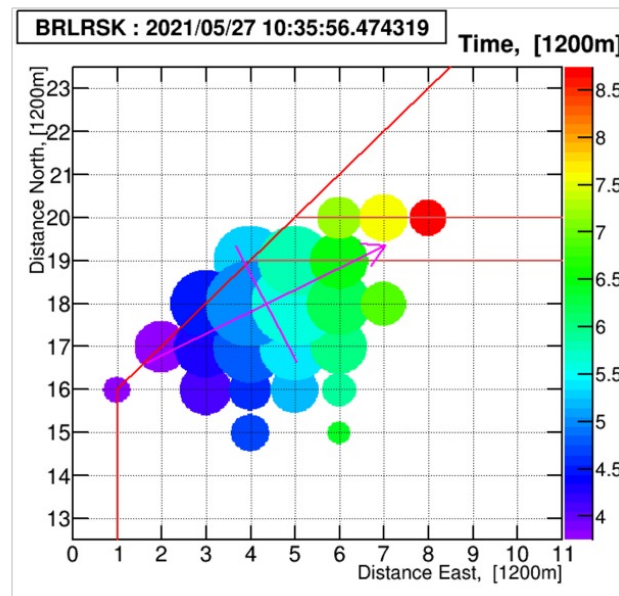


Study of using the same fluorescence yield and invisible energy is in progress.

Highest Energy event @ May 27, 2021

The highest energy event in TA was observed at $10^{20.4}$ eV on May 27, 2021.

Figure 5.8: **Left:** SD display of the highest energy event seen by TA, at $10^{20.4}$ eV. The circle size represents the SD integrated signal, while the color represents the relative time. The shower core and direction are shown by the cross. **Right:** The longitudinal profile of the event. The two counters closest to the core of the shower were saturated and are not included. The value of $S(800)$ is 530 VEM/m^2 .



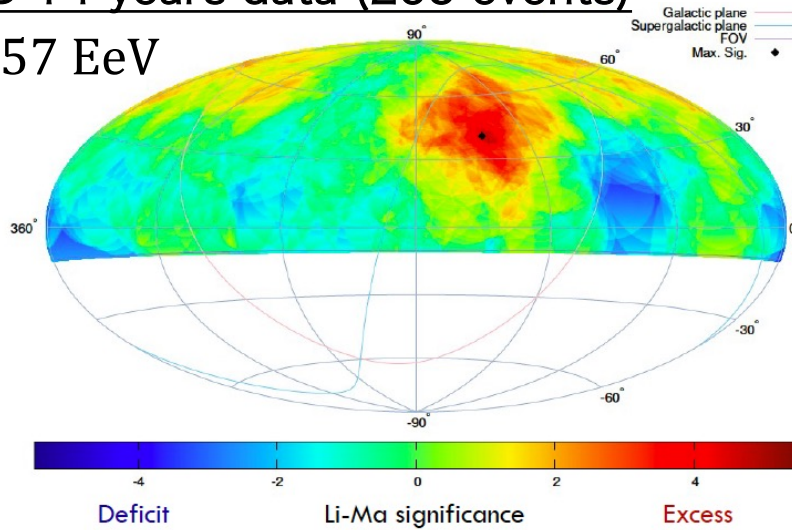
Snowmass 2021 white paper, <https://arxiv.org/abs/2205.05845>

Excess of events: TA Hotspot ($E \geq 57$ EeV)

TA SD 14-years data (205 events)

J. Kim, *et al.*, UHECR2022.

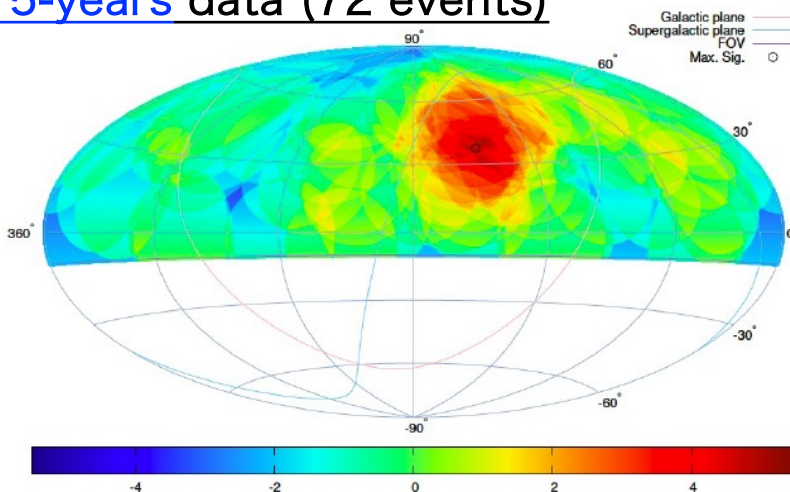
$E \geq 57$ EeV



20°-radius oversampling

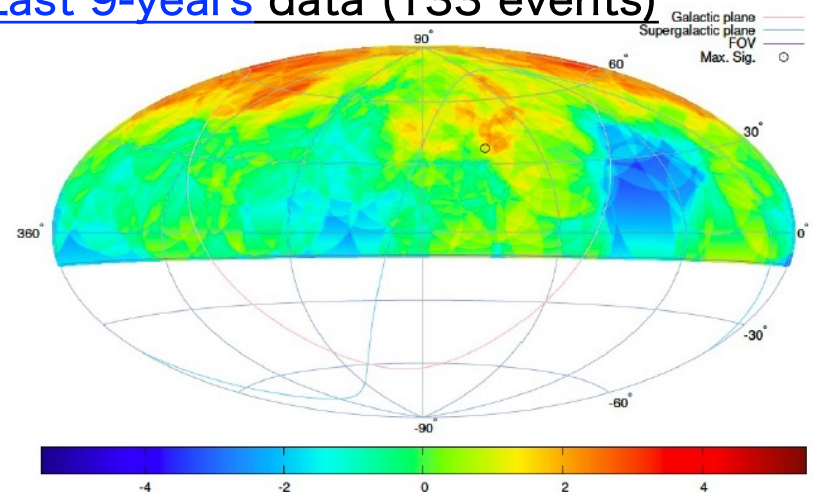
- Max local sig.: **5.1 σ** at (144.0°, 40.5°)
- Obs.: 44 events, Iso.: 16.9 events
→ **~160% excess**
- Post-trial probability:
 $P(S_{MC} > 5.1\sigma) = 7.4 \times 10^{-4} \rightarrow$ **3.2 σ**

First 5-years data (72 events)



- **5.0 σ** (144.0°, 40.5°)
- Obs.: 22 events, Iso.: 5.2 events

Last 9-years data (133 events)



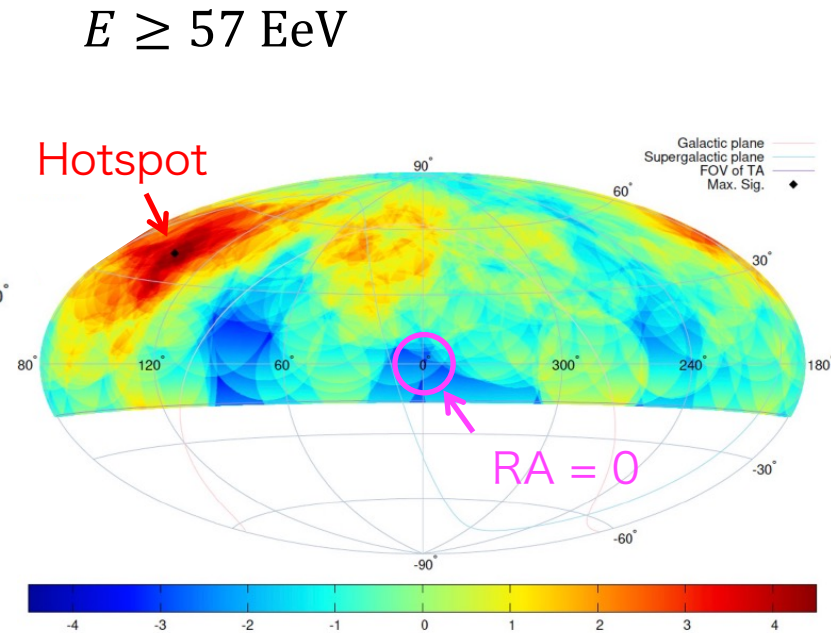
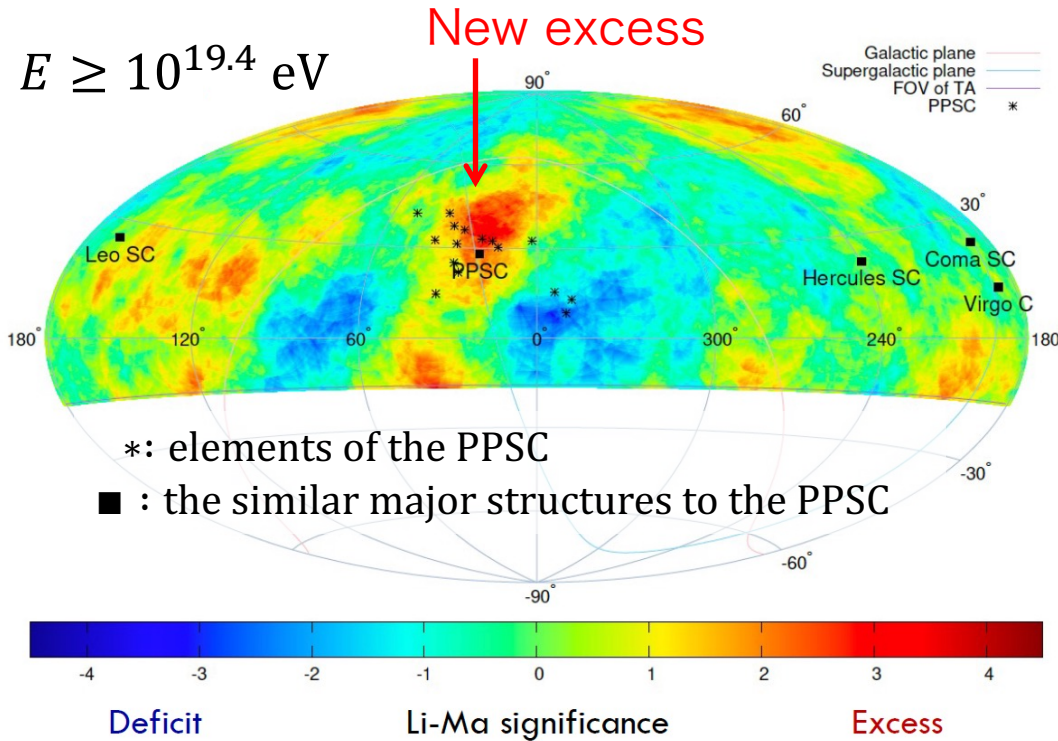
- **2.5 σ** (144.0°, 40.5°)
- Obs.: 22 events, Iso.: 11.6 events

New excess in slightly lower energy events

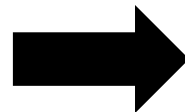
It is seen that the excess is coincident with the overall distribution of the Perseus–Pisces supercluster (PPSC).

TA SD 14-years data (1060 events)

J. Kim, *et al.*, UHECR2022.



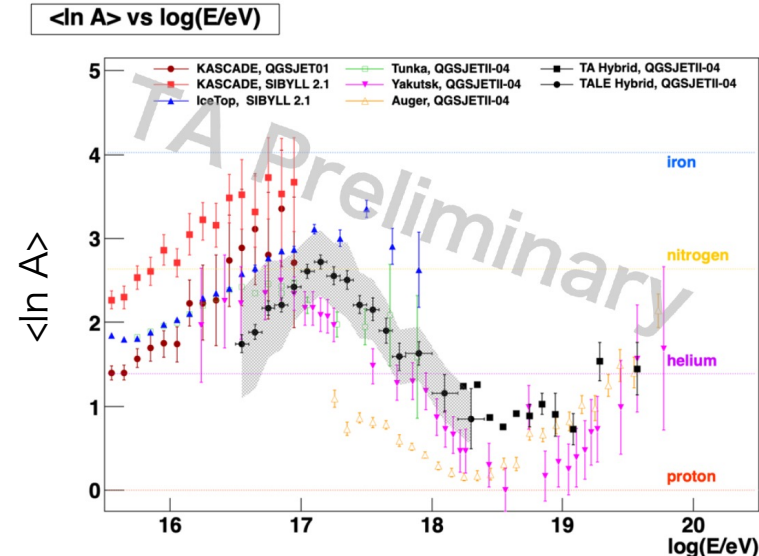
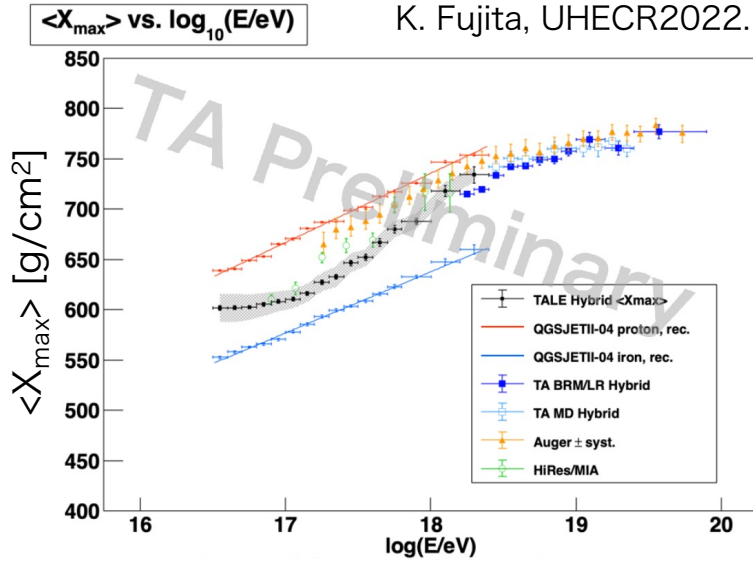
- Obs.: 95 events, Iso.: 61.4 events
→ **~55% excess**
- Li-Ma sig.: **3.8σ at $(17.4^\circ, 36.0^\circ)$**



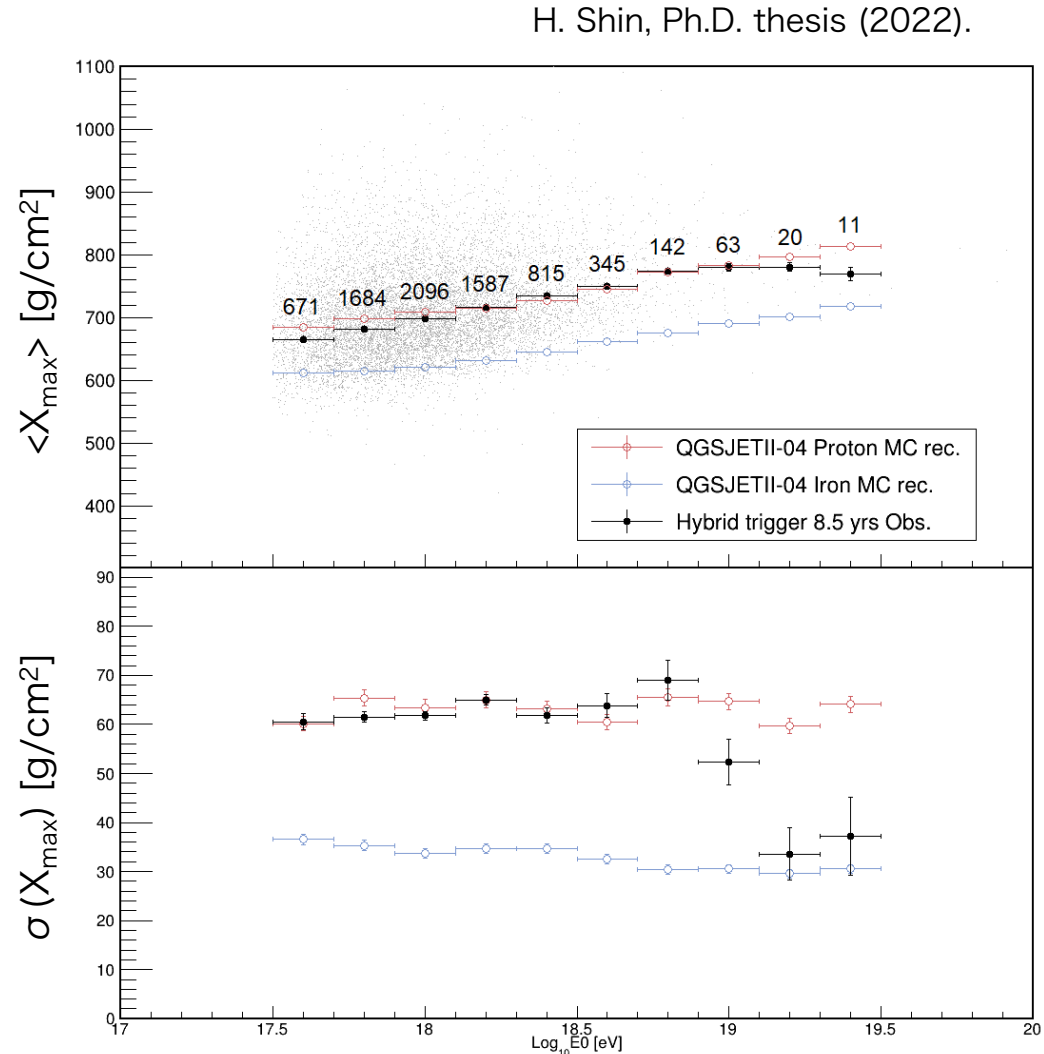
This result indicates that a cosmic-ray source may exist in the direction of PPSC.

Composition Analysis

TALE Hybrid (3.5 years)

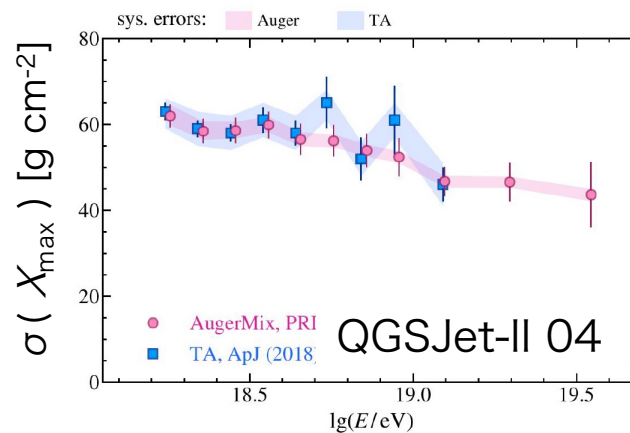
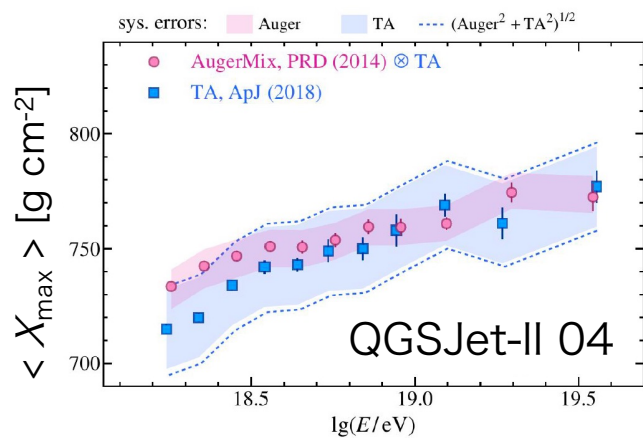


TA Hybrid (8.5 years)

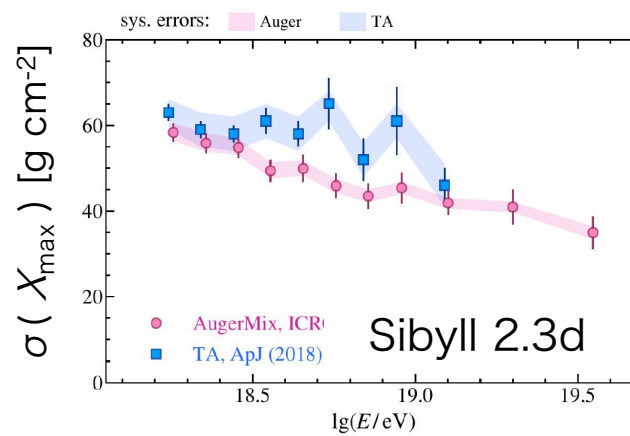
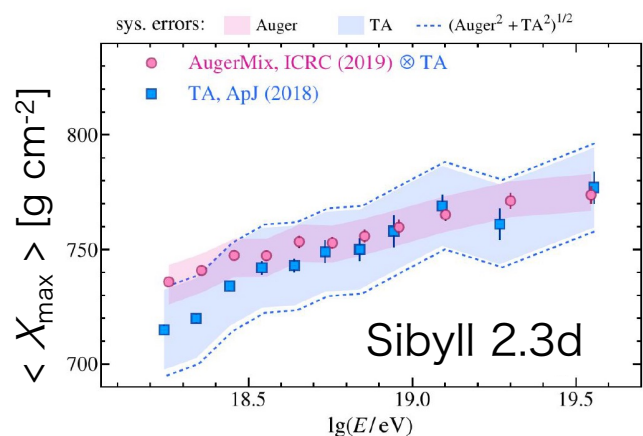


2022 Auger-TA Mass Composition WG Report

- We have constructed a representation of Auger X_{\max} measurements as would have been seen in the TA detector using the Sybyll 2.3d high-energy interaction model.
- This representation agrees with TA $\langle X_{\max} \rangle$ measurements well, but there is disagreement at some energies in $\sigma(X_{\max})$. This disagreement is plausibly due to the handling of X_{\max} resolution due to varying aerosols at TA.
- A robust difference between the Auger and TA X_{\max} measurements has not been found.



D. R. Bergman,
et al. (Auger-TA
Mass Composition
WG), UHECR2022.



共同利用研究課題

単位：千円

番号	研究代表者	研究課題	研究費	旅費	計
F01	佐川 宏行	宇宙線望遠鏡による極高エネルギー宇宙線の研究	0	900	900
C02	野中 敏幸	TA実験サイトでの超高エネルギー宇宙線観測のための多チャンネル粒子弁別測定システムの開発	240	90	330
F02	有働 慈治	TA実験サイトにおける大気透明度測定法の研究・開発	30	300	330
F03	荻尾 彰一	TALEハイブリッド実験による10の17乗eV領域宇宙線の研究	0	380	380
F04	富田 孝幸	ドローンに搭載された標準光源による大気蛍光望遠鏡の光学特性の評価	0	250	250
F05	山崎 勝也	大気蛍光望遠鏡の自動観測を目指した夜間雲量測定用CCDカメラの開発と解析	150	200	350
F06	藤井 俊博	TA実験サイトでの新型大気蛍光望遠鏡による極高エネルギー宇宙線観測	0	250	250
F07	多米田 裕一郎	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	114	426	540
F08	奥田 剛司	大気蛍光望遠鏡による宇宙線空気シャワー観測のための雲距離測定	240	250	490

全9件・合計3820千円

ご支援ありがとうございます。今後ともよろしくお願いいたします。

TA-JP Meeting @ ICRR

Bimonthly TA-JP meetings are held at ICRR in person. The travel expenses are supported by the Fund of the ICRR Inter-University Research Program.

第81回 TA-JP/KR Meeting †

- Dec 07 (Wed)
- ICRR 東京大学柏キャンパス 総合研究棟大会議室 (633)
- Zoom URL : [REDACTED]
- wi-fi info. [REDACTED]

Topics †

- Edit here...
 - Application of machine learning model to TALE-SD data (Arimura)
 - SD R&D (Nonaka)
 - 大気透明度計測と空気シャワー解析における系統誤差(水野)
 - 大気蛍光望遠鏡の光学特性と宇宙線解析におけるその影響 (佐藤,信州)
 - Report of the TALE infill array deployment (H. Oshima)
 - Energy spectrum measurement with the TALE hybrid mode (H. Oshima)
 - TAx4 SD DAQ (Kido)
 - TAx4 SD analysis (Fujisue)
 - 大気蛍光望遠鏡のための大気蛍光モデルによる系統誤差の見積もり(小森, OECU)
 - CRAFTT実験UVフィルターに関して(片山, 小林, OECU)
 - TA SD reconstruction method for large zenith angle air showers (K.Takahashi)
 - mass-dependent anisotropy with TA experiment (Higuchi)
 - tale infill trigger (kfujita)
 - tale infill hybrid のカット条件の最適化 (いわさき)
 - TALE/TAの異方性解析(namba)

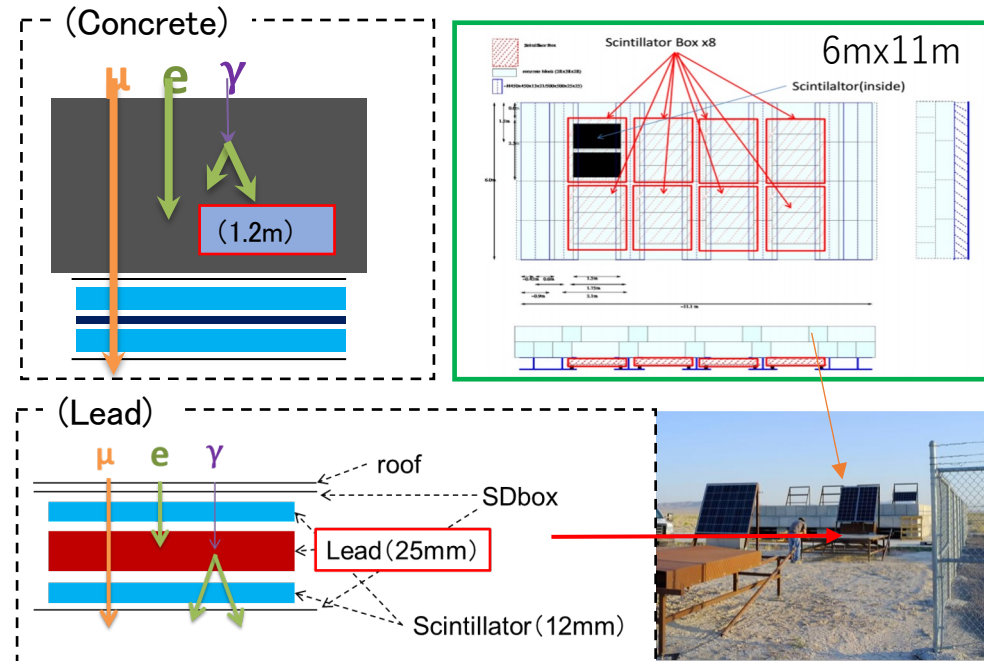


Many young Japanese collaborators participate face-to-face in every TA-JP meeting in person!

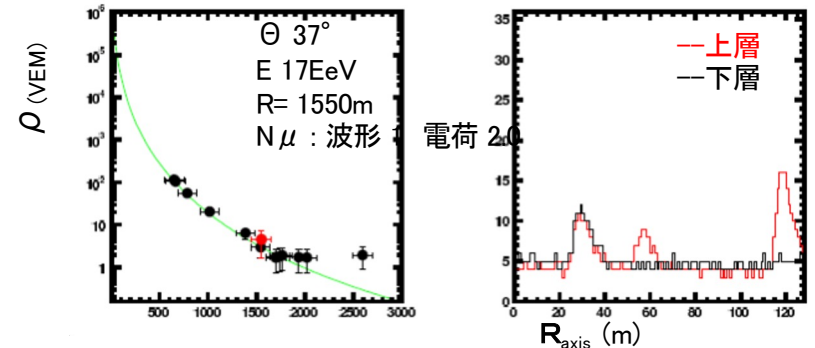
研究代表：野中敏幸 (東大宇宙線研)

TA実験サイトでの超高エネルギー宇宙線観測のための新型検出器の開発 (C2)

空気シャワー中の μ 粒子の弁別測定のための可能な検出器のR&D



Real shower signal from Lead SD



- カウント精度のシミュレーションでの見積もり (2013年度)
- 検出器製作 (2014年) → 初期観測
TAアレイとの接続、トリガー分配 (2015年)
- AugerSDへのトリガー配信 同時観測
- Auger-TA間での相互比較

2022年度：

- 現地での作業・保守作業の困難 コロナ後の復旧作業によるサイト利用の制限のためこれまで渡航できていない。
- Auger検出器の一部がCLFサイトからTAアレイ内に移動シャワーの同時観測が始まった。

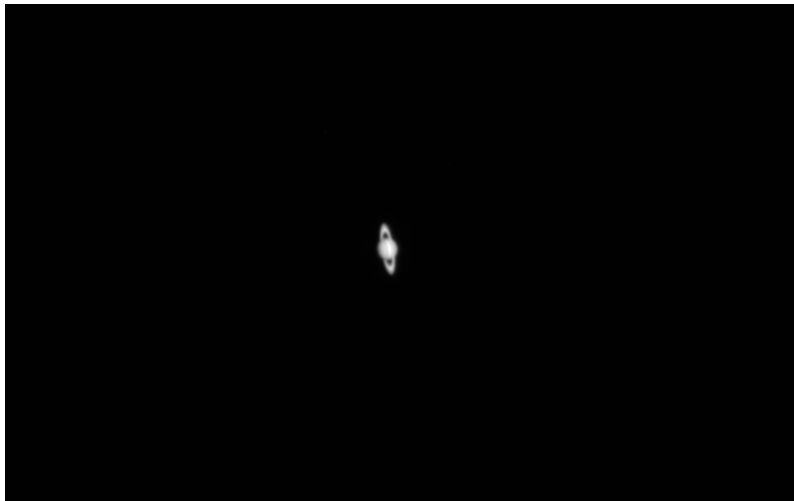
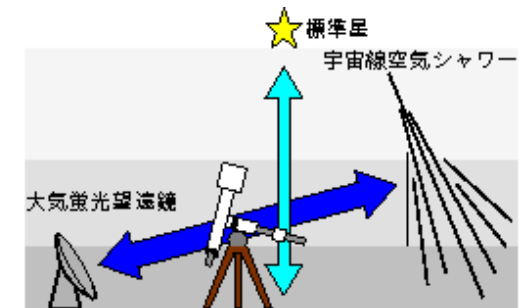
	E_{th}	**
Concrete(1.2m)	600MeV	~100% mu
Lead (25mm)	(70MeV)	Sensitive to EM , μ
Auger SD	(~300MeV)	Sensitive to μ (Em)

TA実験サイトにおける大気透明度測定法の研究・開発 (F2)

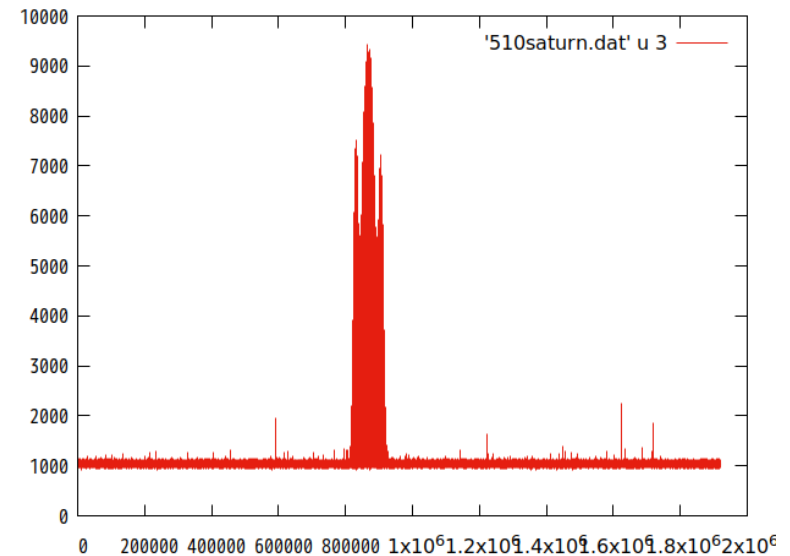
研究代表：有働 慈治
(神奈川大学)

● 恒星光度の追尾測定による大気状態変化の測定

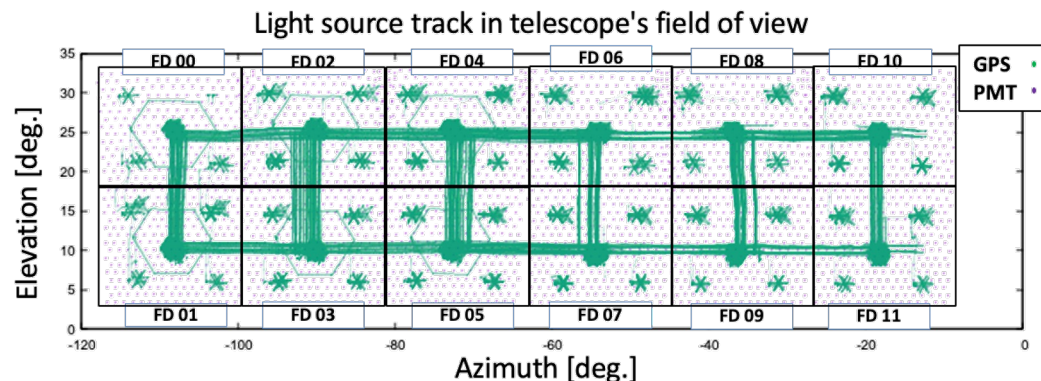
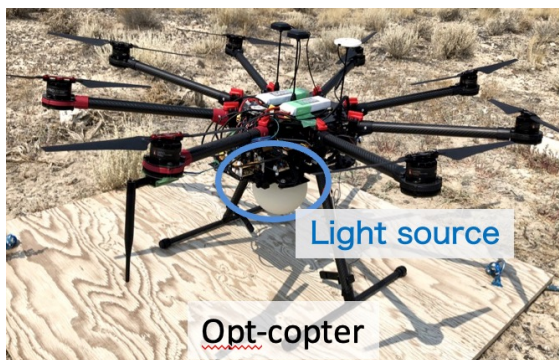
- 冷却CCDで撮影、光度の時間変化を追う
- 2022/08 TAサイトで試験観測
- 画像データ(バイナリ) → 数値データに変換
- 恒星の自動導入プログラムの開発中



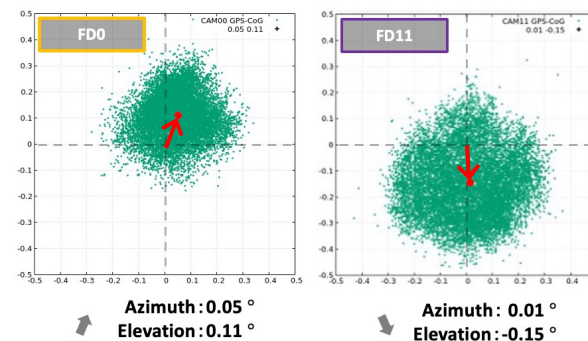
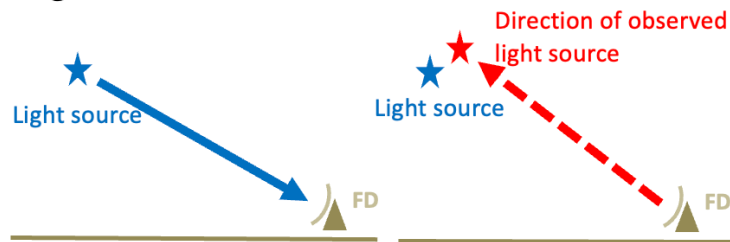
カメラ付属のソフトで表示した画像



数値データ化して作成したヒストグラム



- Light source can be set at any point in field of view
- Light source can determine exact location



Upper F.O.V.	FD0	FD2	FD4	FD6	FD8	FD10	Upper mean
Azimuth [deg.]	0.05	0.04	0.04	0.01	0.01	-0.02	+0.01
Elevation [deg.]	0.11	0.02	-0.04	-0.05	-0.12	-0.14	-0.04
Lower F.O.V.	FD1	FD3	FD5	FD7	FD9	FD11	Lower mean
Azimuth [deg.]	0	0.04	0.02	-0.04	-0.05	0.01	0.00
Elevation [deg.]	-0.04	-0.03	-0.12	-0.14	-0.19	-0.15	-0.11

大気蛍光望遠鏡の自動観測を目指した 夜間雲量測定用CCDカメラの開発と解析 (F5)

研究代表：山崎 勝也
(中部大学)

- これまでTAサイトで使用していたカメラサーバー (mmEye) が生産終了
→ 今後の継続性を維持するため、より廉価かつ入手性の高いカメラとサーバー組み合わせを検討し、試験運用した



CMOSカメラ



Raspberry Pi

- 全体費用が～50万円から～10万円にコストダウン
- 撮影感度は今後調査
(見た目はあまり変わらなさそう)

- MDステーションに導入予定
→ ジェネレーター始動前の天気をチェックしたいので、太陽光発電+バッテリーによる電力供給のための資材調達と簡易試験を実施した。今後、長期運用試験を実施する。





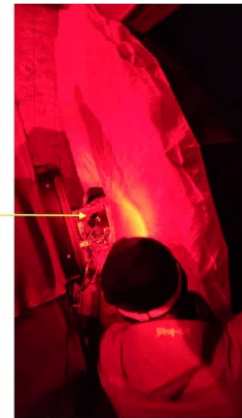
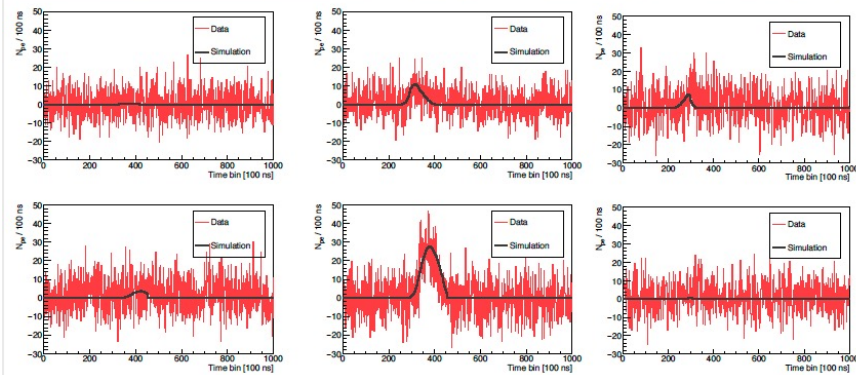
TA実験サイトでの新型大気蛍光望遠鏡による 極高エネルギー宇宙線観測 (藤井)

(F6)

- ◆ 2022年11月にユタへ渡航
 - ◆ 鏡の反射率、紫外線フィルターの透過率の測定
および試験観測を実施
 - ◆ ソーラーパネルで稼働できる低電力の新型データ収集回路を試験 (京大M2 長澤広武)
 - ◆ 一様光を入射できる光源を新たに開発し、試験観測

新型データ収集回路試験

較正用の光源による測定



FAST新型大気蛍光望遠鏡による宇宙線の解析結果 (Preliminary)

Zenith	Azimuth	Core(X)	Core(Y)	Xmax	Energy
33.9 deg	19.3 deg	4.6 km	-4.7 km	808 g/cm ²	18.8 EeV



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

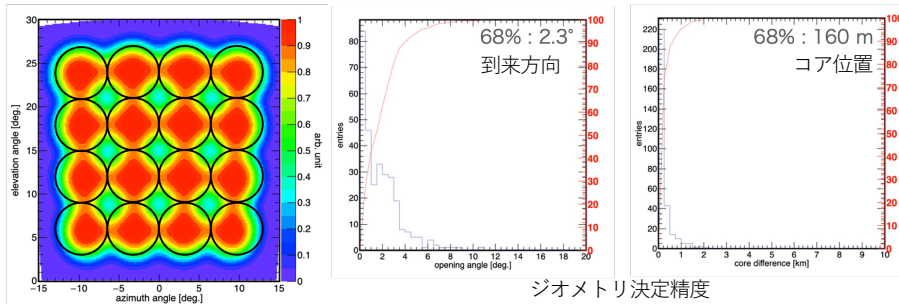
(F7)

CRAFFT実験：次世代の超高エネルギー宇宙線観測装置の開発

- 波形フィットによる空気シャワー再構成手法の開発
- 検出器の最適化
 - 空気シャワー再構成精度の向上, 検出器あたりの視野の拡張を目的とした, 新たな光検出部に用いる光電子増倍管とその配列の決定
 - 次年度の試験観測を目指し, 光電子増倍管のマウントなどを準備
- 検出器構成
 - 光電子増倍管(R877-100)の感度や, UV透過フィルター(ZWB3)の透過率などの特性評価



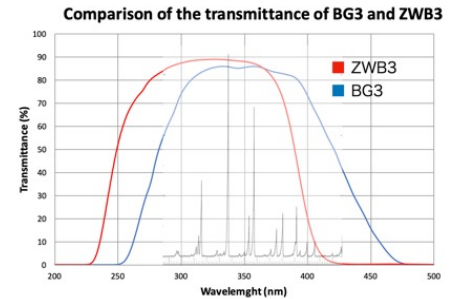
TAサイトの設置されている
CRAFFTプロトタイプ



波形フィット法によるジオメトリ決定精度が最も良かったPMTの配列



5インチ光電子増倍管(R877-100)と
製作中のマウント



蛍光スペクトルとZWB3の透過率の波長依存性
BG3はTA FDに使用されているUVフィルター

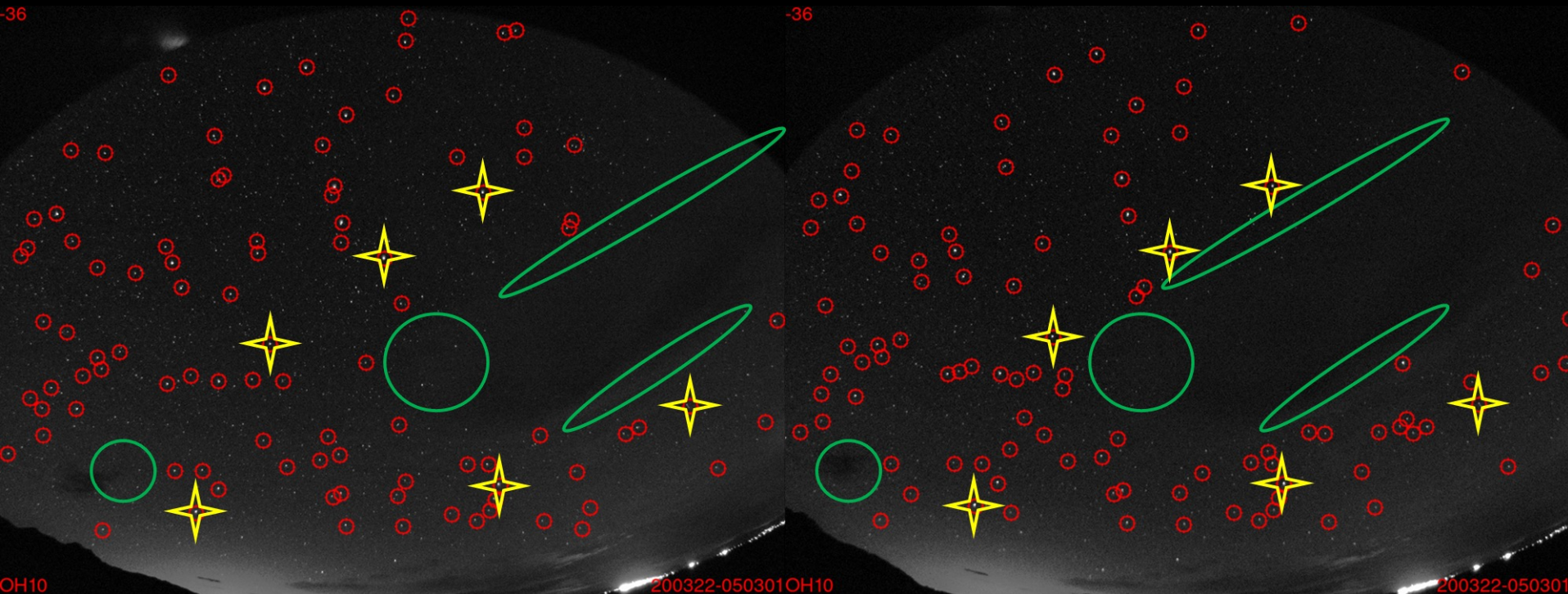
大気蛍光望遠鏡による宇宙線空気シャワー観測のための雲距離測定 (F8)

研究代表：奥田 剛司 (立命館大学)

《研究目的》 TA実験の大気蛍光望遠鏡では夜空を撮像するカメラで、雲の有無や方向はわかるが、観測されたシャワー軸に対して孤立雲が手前にあるのか奥にあるのかを区別できない。したがって、望遠鏡から雲までの距離の、広視野での測定に挑戦する観測システムを導入する。

《研究方法》 望遠鏡視野内の空を広角レンズを取り付けた複数台のCCDカメラで連続的に同時撮像する。観測地での夜間の雲は空より暗くなるので背景にある星の可視性の差から距離を推定する。

《研究状況》 2019年夏にから同時観測を継続しており、ターゲットとなる孤立雲も観測されている。下図は例として左右二台のカメラで同時に撮像された画像において、簡易に(高い閾値で)星検出を行ったものである(赤)。いくつかの、左右で同じ星を黄色で示す。緑で示した雲の見え方が、背景の星の可視性の差として、異なることが確認できる。また副産物として、撮像イメージは常時、(リモートを含む)観測者に提供されており、コロナ禍での大気蛍光望遠鏡観測を支援してきた。



《研究発表》 「Passive measurement of distance to cloud」 AtmoHEAD 2022, 「Telescope Array Cloud Ranging Test」 ICRC 2021

共同利用研究課題

単位：千円

番号	研究代表者	研究課題	研究費	旅費	計
F01	佐川 宏行	宇宙線望遠鏡による極高エネルギー宇宙線の研究	0	900	900
C02	野中 敏幸	TA実験サイトでの超高エネルギー宇宙線観測のための多チャンネル粒子弁別測定システムの開発	240	90	330
F02	有働 慈治	TA実験サイトにおける大気透明度測定法の研究・開発	30	300	330
F03	荻尾 彰一	TALEハイブリッド実験による10の17乗eV領域宇宙線の研究	0	380	380
F04	富田 孝幸	ドローンに搭載された標準光源による大気蛍光望遠鏡の光学特性の評価	0	250	250
F05	山崎 勝也	大気蛍光望遠鏡の自動観測を目指した夜間雲量測定用CCDカメラの開発と解析	150	200	350
F06	藤井 俊博	TA実験サイトでの新型大気蛍光望遠鏡による極高エネルギー宇宙線観測	0	250	250
F07	多米田 裕一郎	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	114	426	540
F08	奥田 剛司	大気蛍光望遠鏡による宇宙線空気シャワー観測のための雲距離測定	240	250	490

全9件・合計3820千円

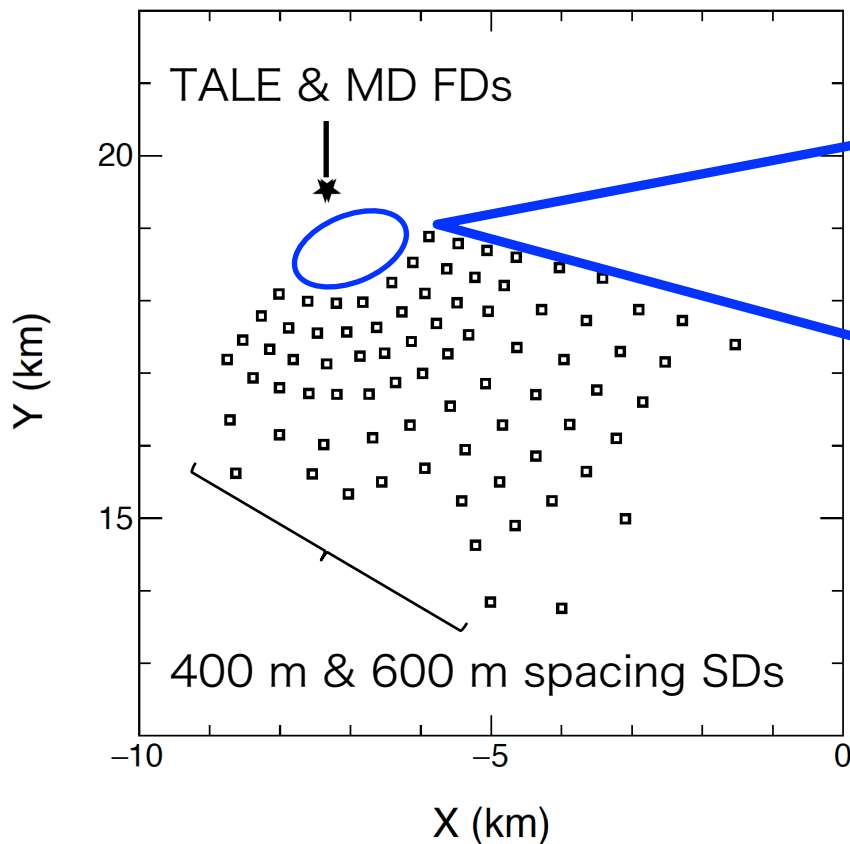
ご支援ありがとうございます。今後ともよろしくお願いいたします。

Physical location of the TALE detector

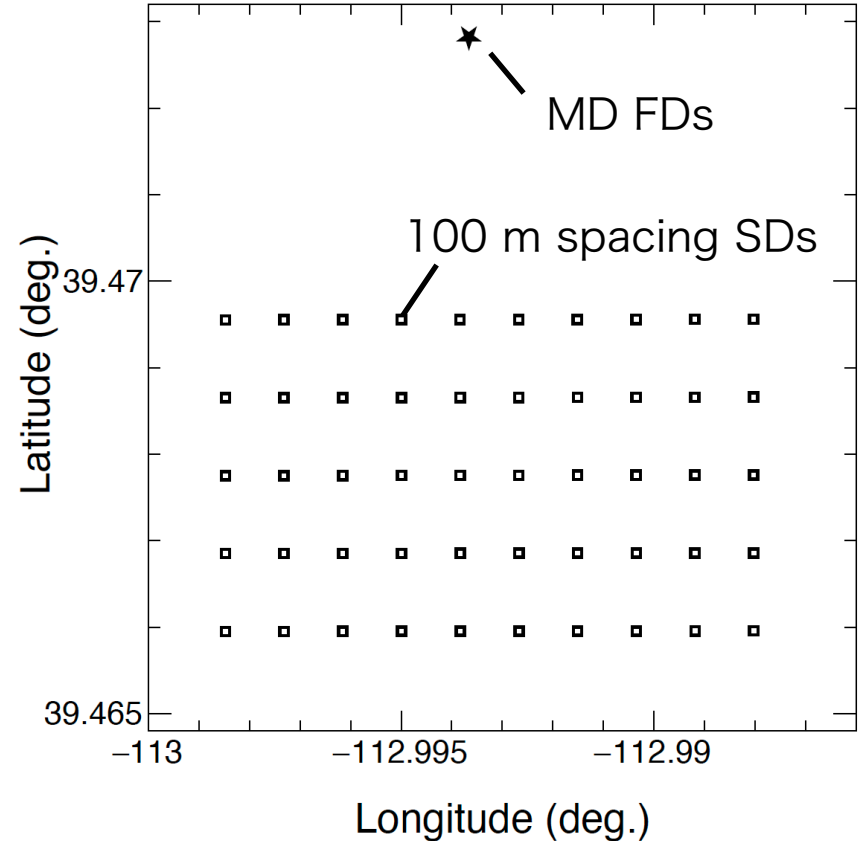
TALE infill SDs have 100 m spacing each other.

We deployed the TALE infill SD array in this November.

TALE



TALE infill SD array



TALE SD assembling @ CRC

Assembling process:

- Transport SD boxes to concrete pad
- Place the SD box on the frame
- Fix and protect the GPS cable
- Attach the bird spike
- Mount the roof
- Install the stainless box, cooler box, and battery.



SD transportation to the Staging Area

@ CRC



@ Staging Area



@ Staging Area



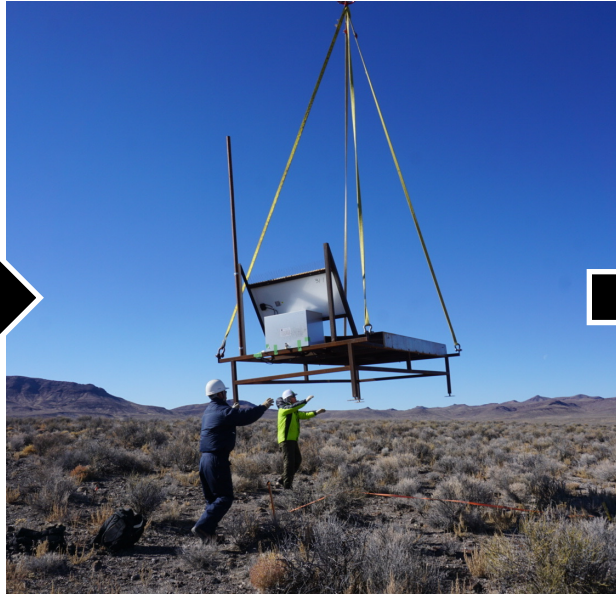
SD test
@ SA



SDs @ Staging Area



Deployment of the TALE infill array



The deployment of all SDs were successfully completed!

We plan to install the electronics and the antennas after next April in FY2023.

Summary

- Observation
 - TA SD and MD FD observations are continuing.
 - TA FD observation restarted from FY2022.
 - TALE SD and FD observations are continuing.
 - TAx4 SD and FD observations are continuing.
- Analysis
 - Spectrum
 - Softening feature in the energy spectrum at $10^{19.22 \pm 0.08}$ eV with a 4.0σ .
 - Anisotropy
 - New excess indicates that a cosmic-ray source may exist in the direction of PPSC.
 - Composition
 - A robust difference between the Auger and TA X_{\max} measurements has not been found.
- Operation
 - Electronics of the TALE infill SD array will be installed.
 - Maintenance of SDs will be performed.



Thank you for your attention!

TALE infill array deployment
Nov 15, 2022.