

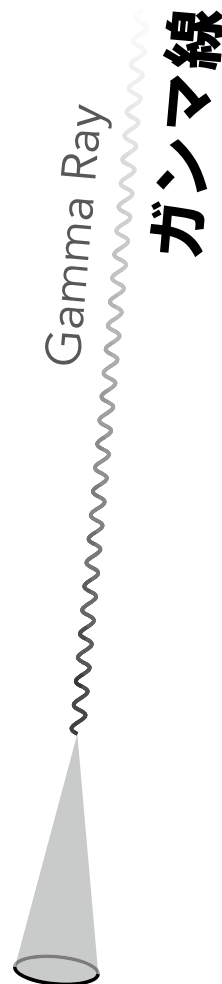
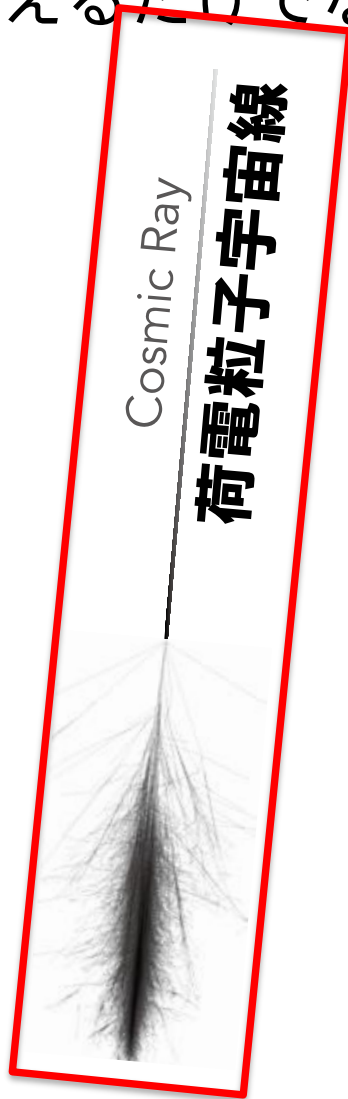
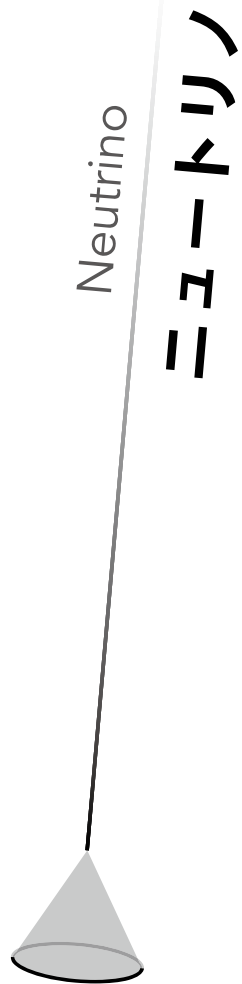
Telescope Array (TA)

助教 3名
技術職員 3名
研究員 3名
博士学生 2名
修士学生 1名

萩尾彰一 (A8教授)
さこ隆志 (A8教授)
川田和正 (A8准教授)

「マルチメッセンジャー」

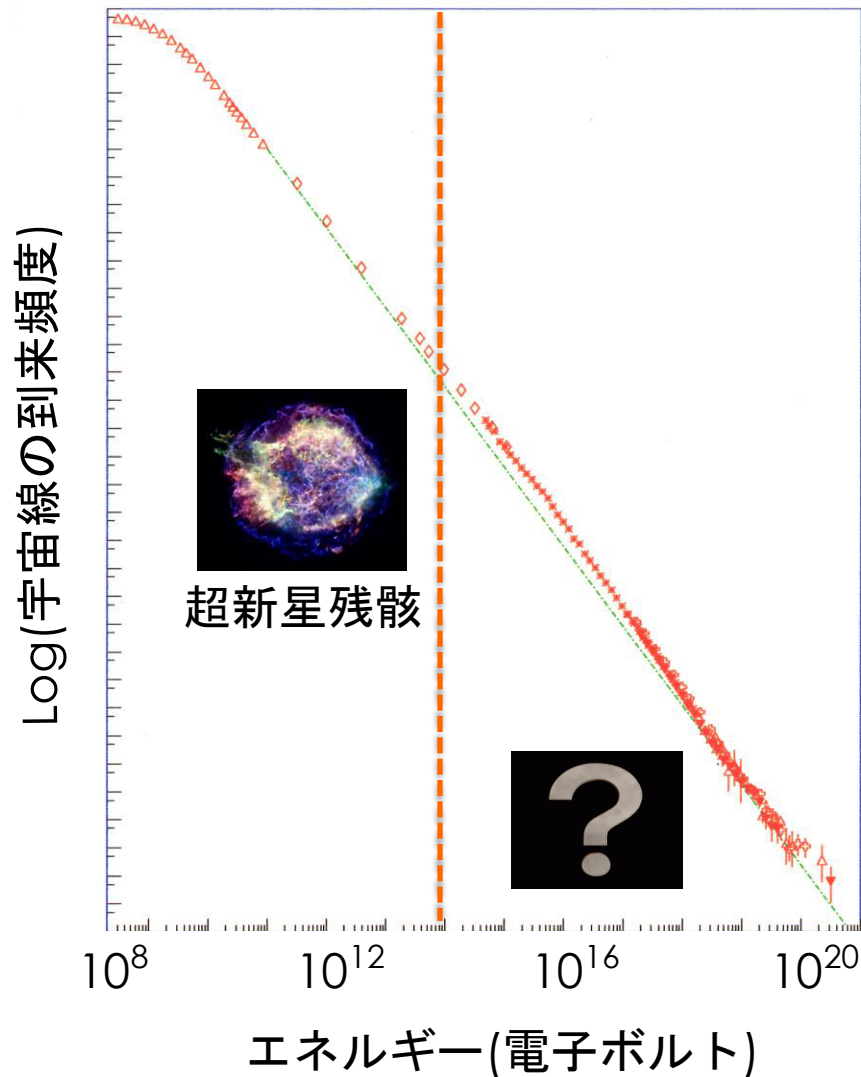
従来のように「光」をとらえるだけでなく...



さまざまな「放射＝メッセンジャー」を同時検出する



宇宙線スペクトル



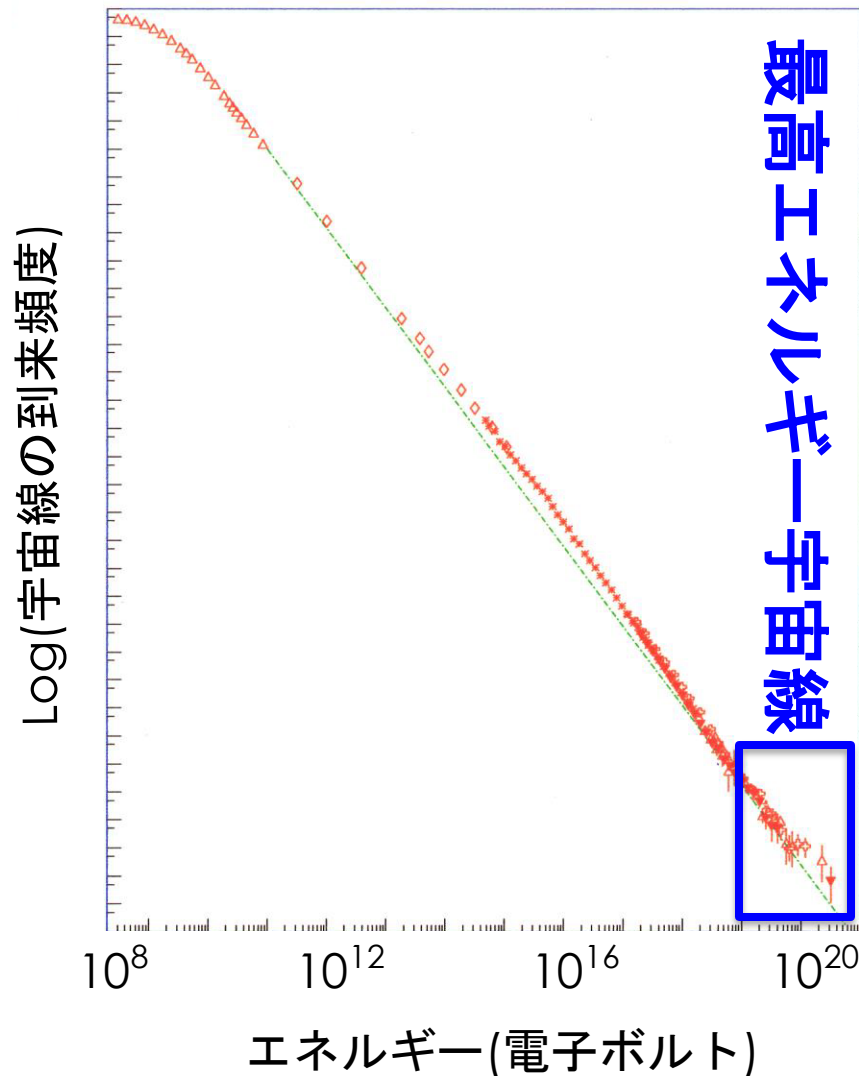
❖ 10桁以上の広いエネルギー

❖ 1桁エネルギーが上がると
頻度は1/100

→ べき乗則



最高エネルギー宇宙線



❖ 10桁以上の広いエネルギー

❖ 1桁エネルギーが上がると
頻度は1/100

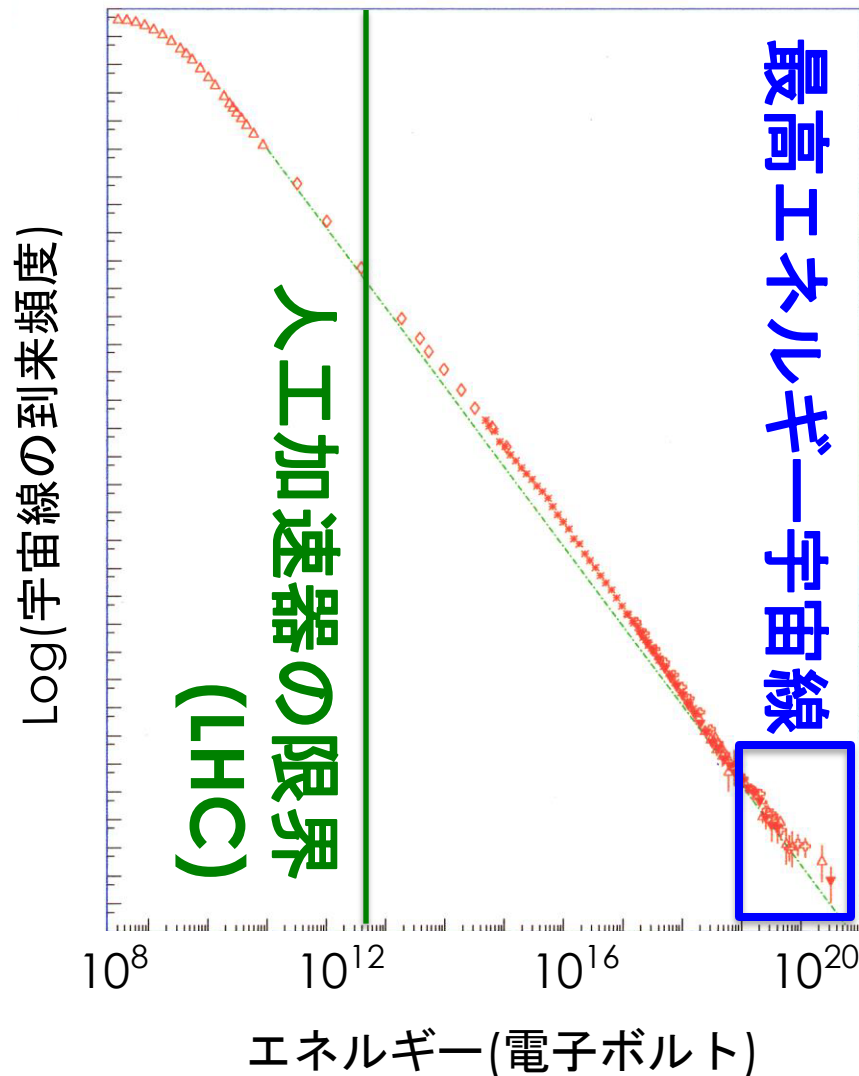
→ **べき乗則**

❖ 最高エネルギー領域の宇宙線

- 10km×10kmの範囲に1個／年
- 非常に観測が困難
- 存在自体が宇宙物理の謎の一つ

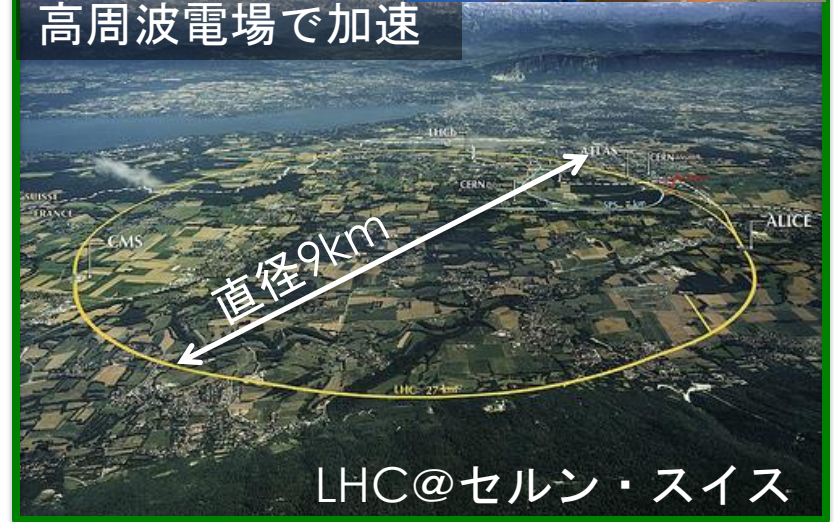


最高エネルギー宇宙線



陽子加速器

磁場で閉込め
高周波電場で加速



10^{20} 電子ボルト(eV) =
人工加速器で生成できる
ビームエネルギーの1000万倍

最高エネルギー宇宙線研究で 解明したいこと

- 大きなエネルギーはどこまで？
- どこからきているのか？
- その仕組み＝宇宙最大の
高エネルギー現象とは？

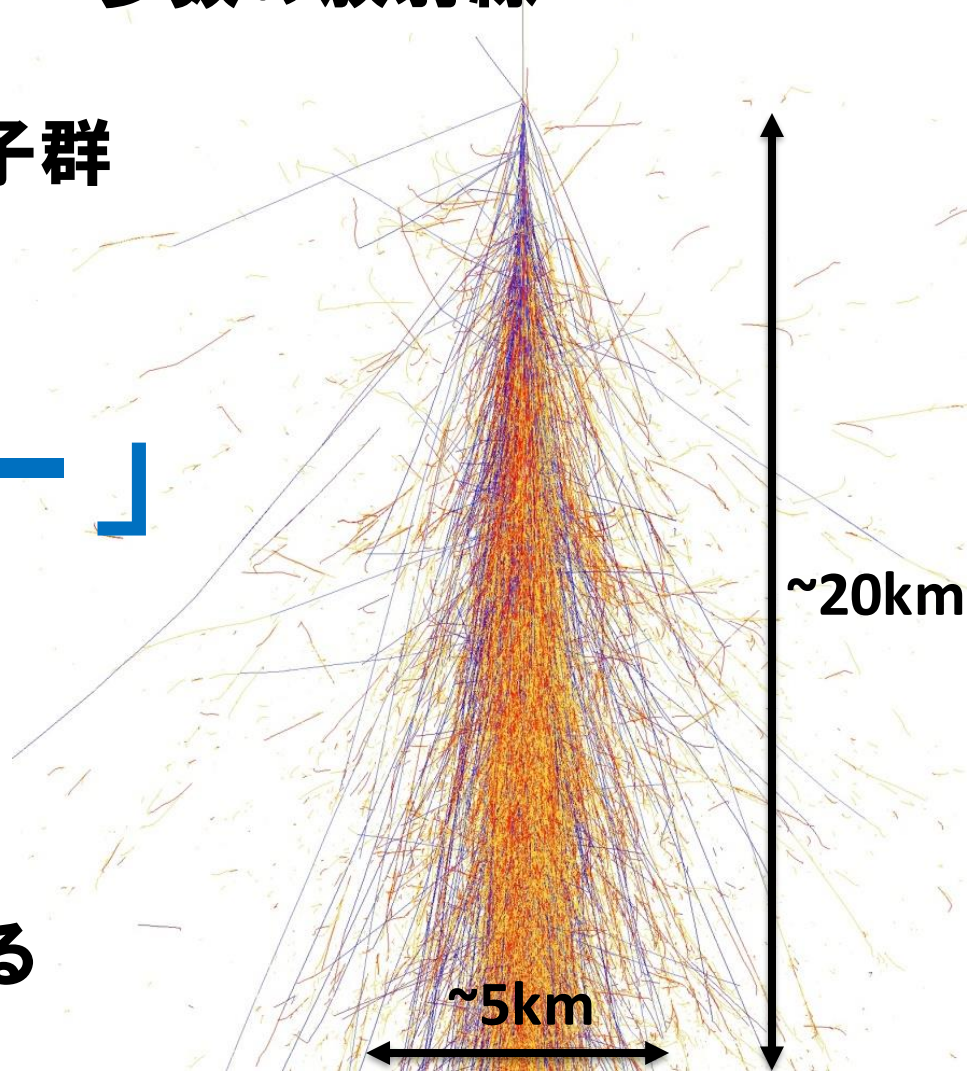
どうやってつかまえる（見る）？

1 個の高エネルギー宇宙線 → 多数の放射線

10^{20} eV → 1,000億個の粒子群

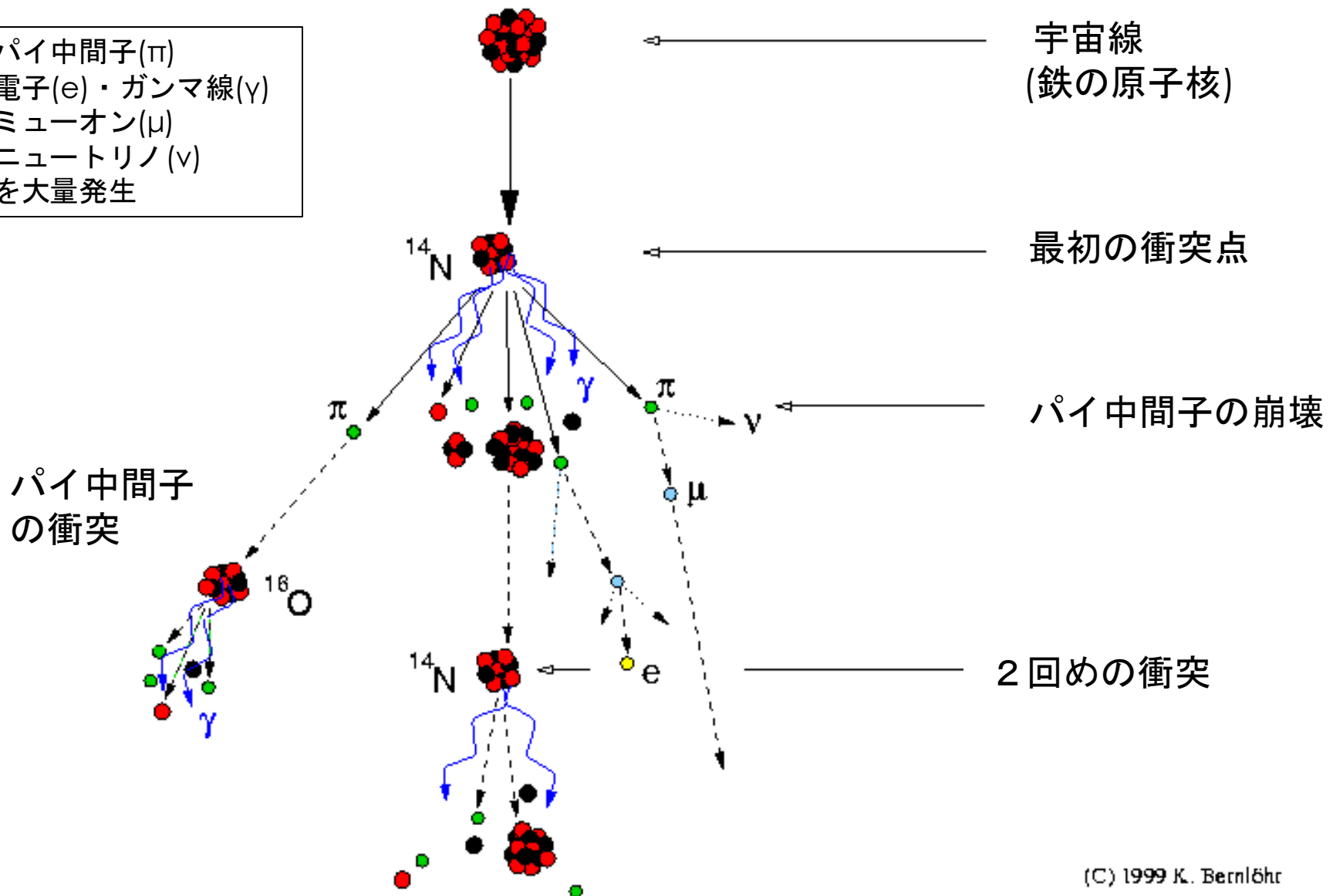
「空気シャワー」

大気の底＝地上に到来する
これらの粒子たちをとらえる



宇宙線空気シャワーの発達

パイ中間子(π)
電子(e)・ガンマ線(γ)
ミューオン(μ)
ニュートリノ(ν)
を大量発生



空気シャワー（イメージ動画）



動画提供：大阪公立大学/京都大学L-INSIGHT

空気シャワーのつかまえ方

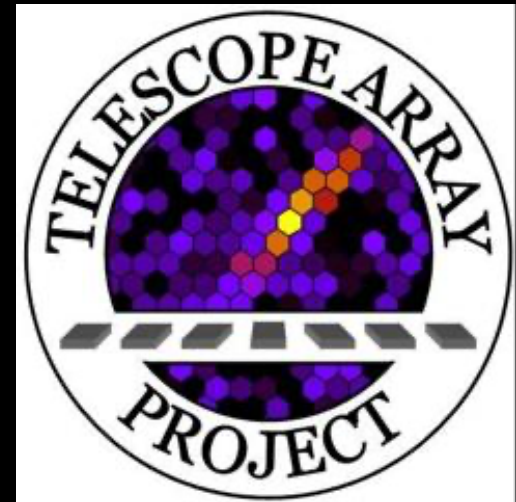
極高エネルギー宇宙線から生成される
空気シャワー

地表粒子検出器アレイ

大気蛍光望遠鏡

テレスコープアレイ実験

日本、米国、ロシア、韓国、ベルギー、
チェコ、スロベニア、ポーランド、台湾
35研究機関、約140人の共同研究者
2003年から建設開始、2008年完成
アメリカ合衆国ユタ州南西部



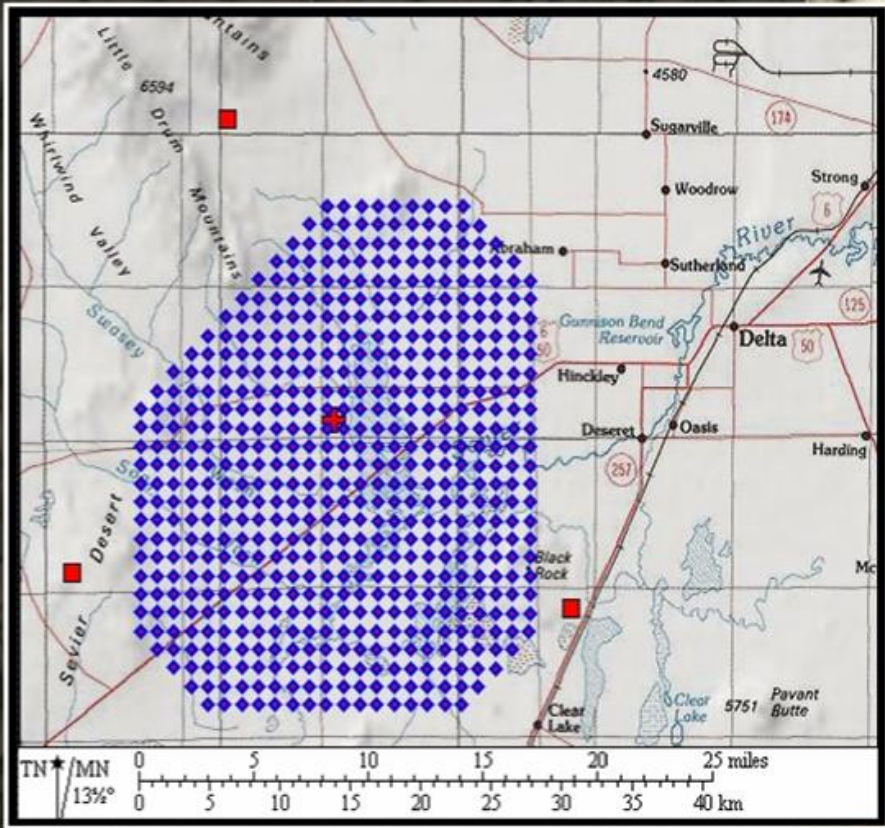


観測サイト ユタ州ミラード郡





ソルトレイクシティ



デルタ



川越

さいたま

柏

我孫子支線

京成成

西武新宿線

中央線

東京スカイツリー

総武線

京葉線

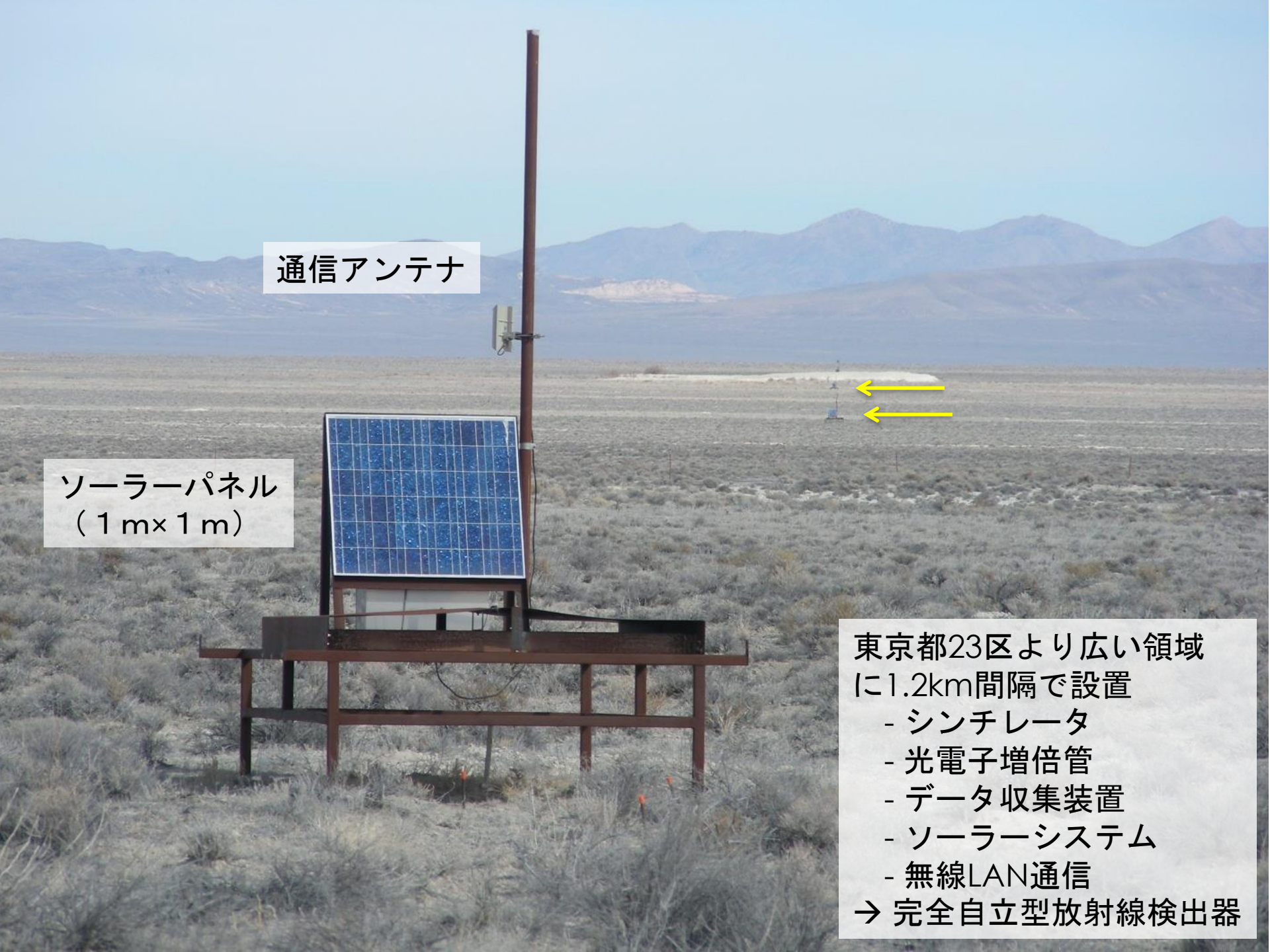
千葉

南武線

横浜線

川崎

市原



通信アンテナ

ソーラーパネル
(1 m×1 m)

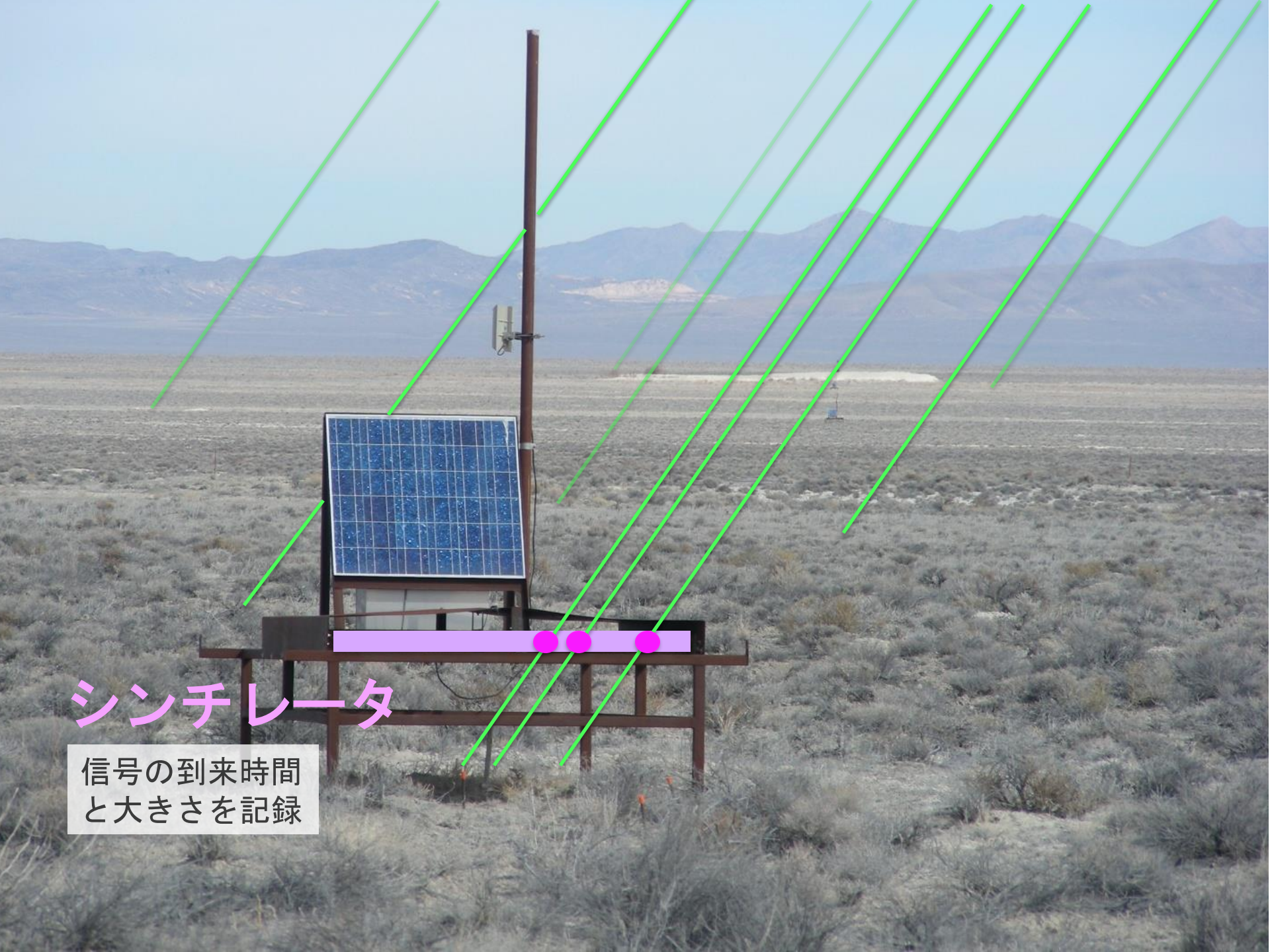
東京都23区より広い領域
に1.2km間隔で設置

- シンチレータ
- 光電子増倍管
- データ収集装置
- ソーラーシステム
- 無線LAN通信

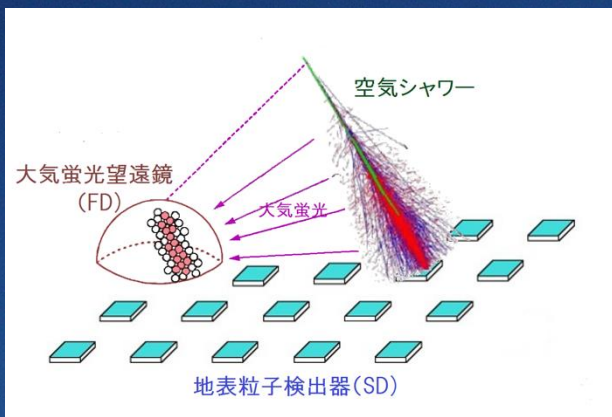
→ 完全自立型放射線検出器

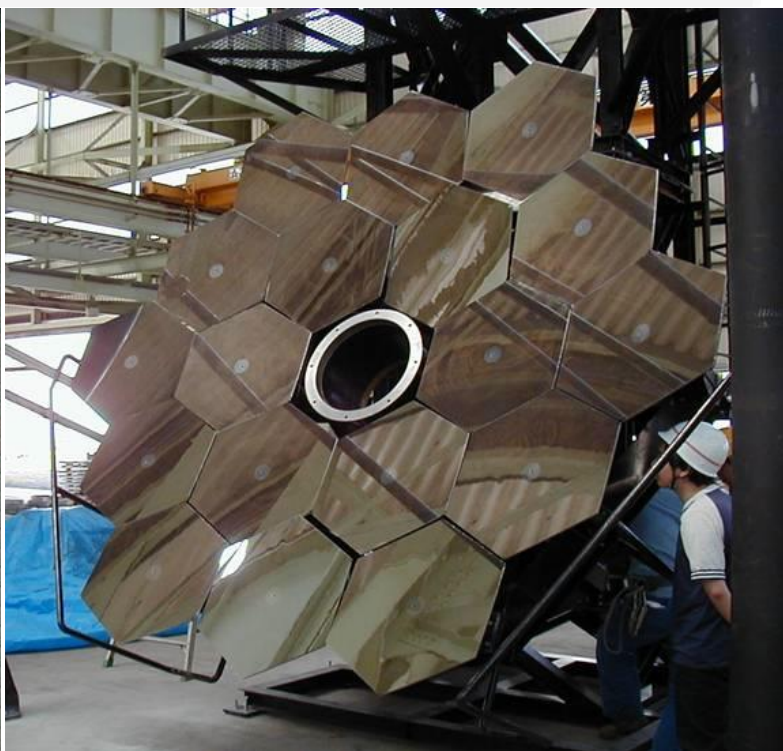
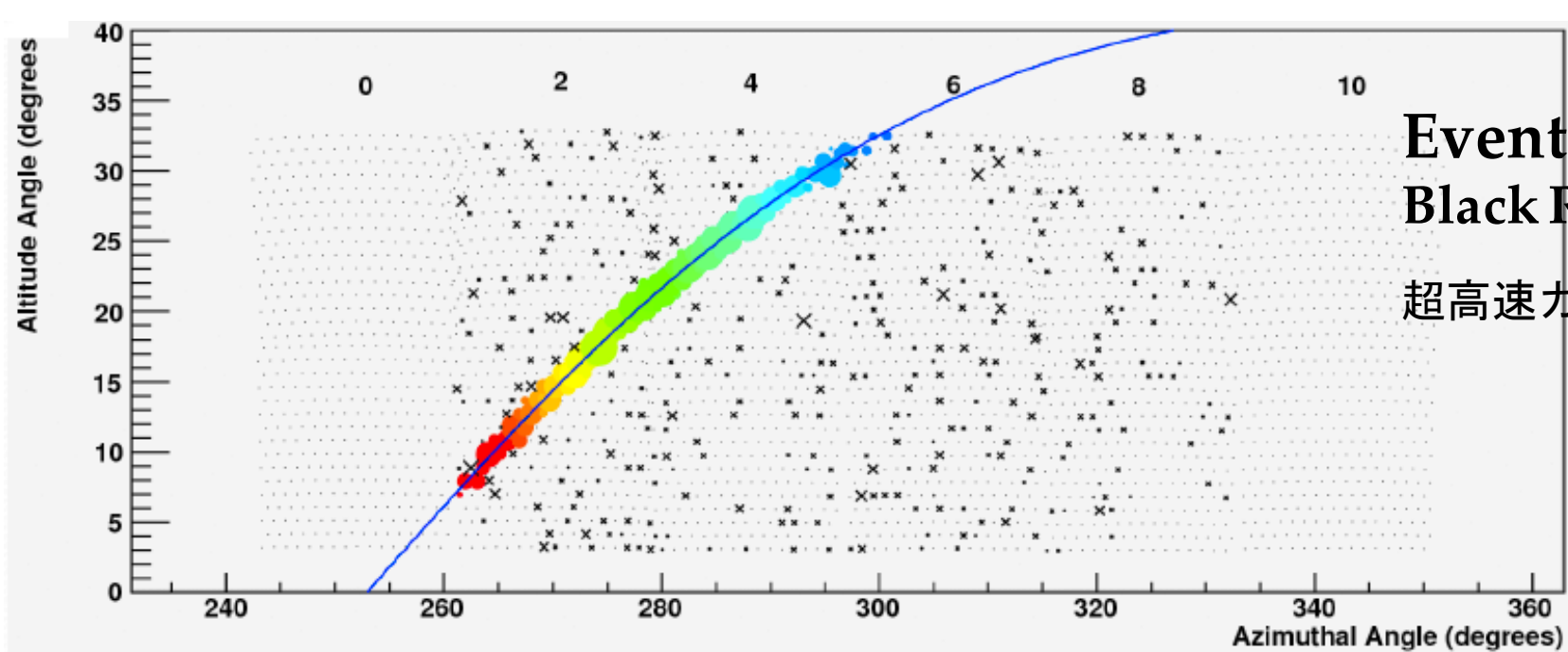
シンチレータ

信号の到来時間
と大きさを記録

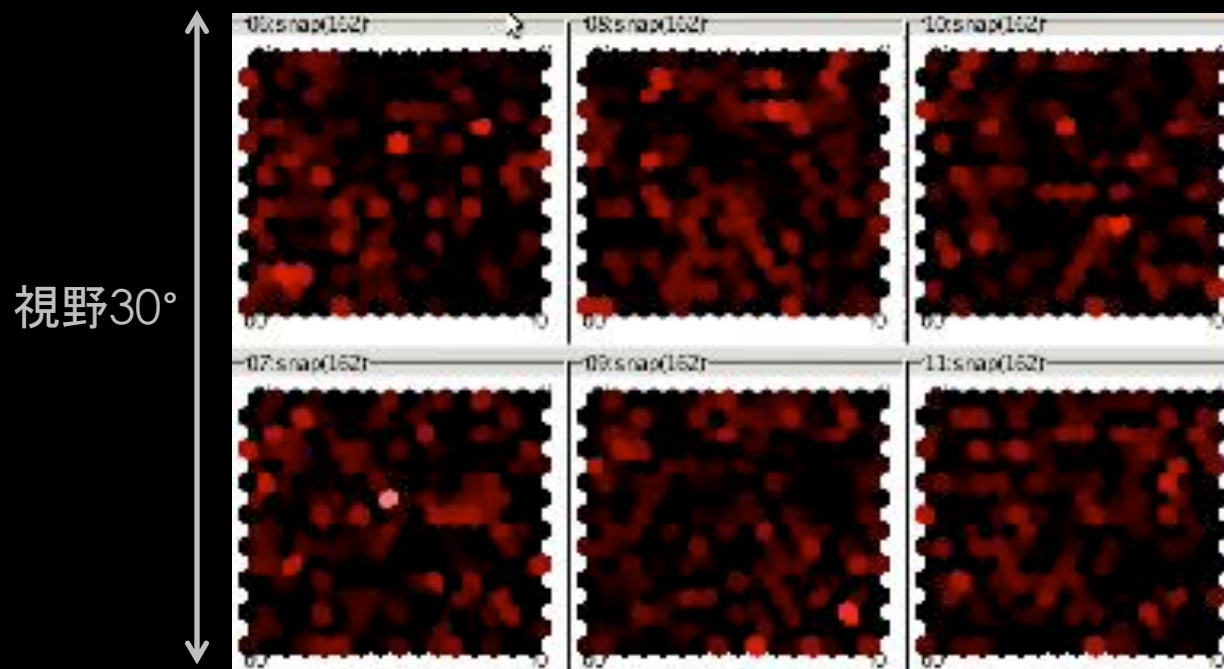


空気シャワー中の粒子が大気中の窒素分子を
励起したとにき放射する**大気蛍光**を観測する



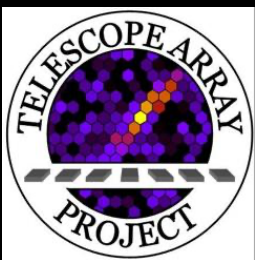


超高感度・超高速カメラ



ほぼ光速で走る宇宙線の映像

- ✓ 数個の光子から観測可能
- ✓ 25ナノ秒の時間精度
(=0.000000025秒)



テレスコープアレイ実験 観測史上最高エネルギー宇宙線

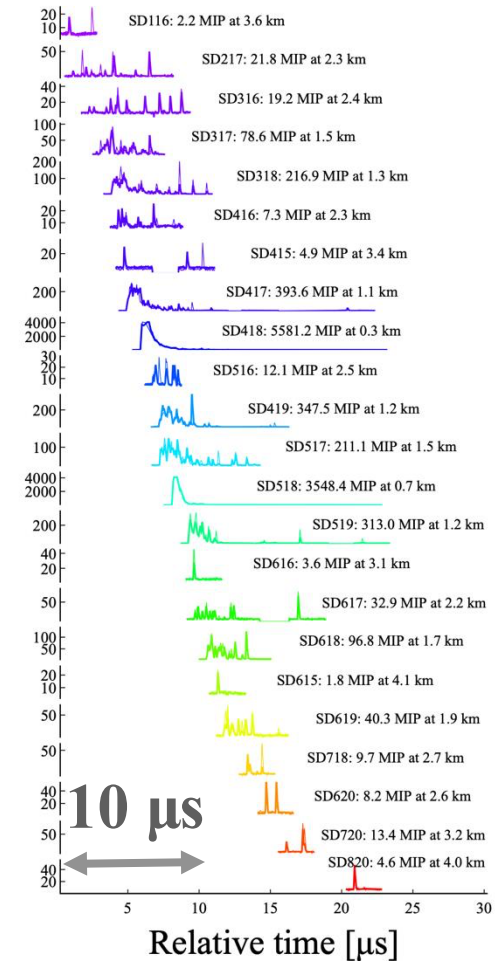
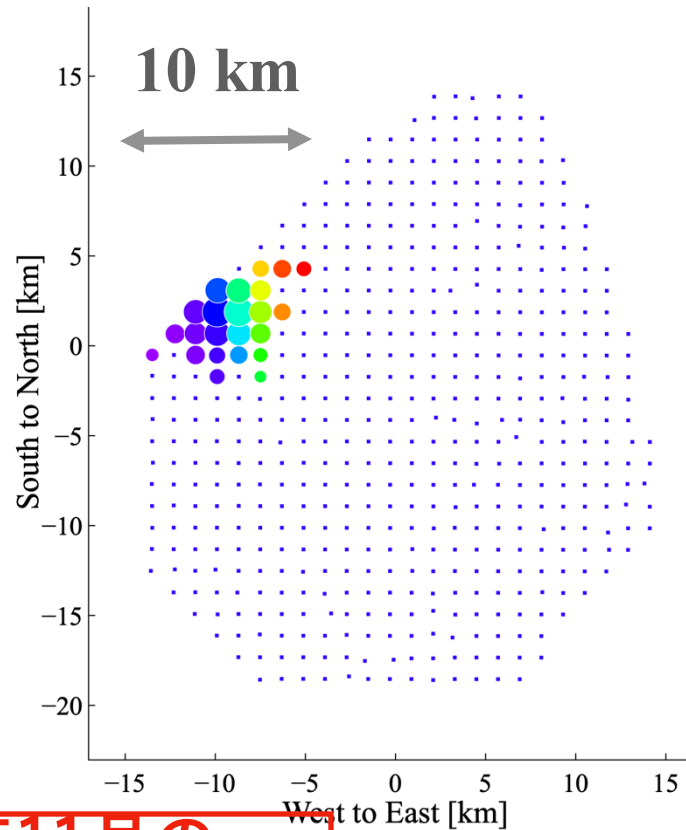
2021年5月27日の早朝 4時35分56秒



2021年5月27日に観測された宇宙線

2.44×10^{20} eV

早朝だったため
大気蛍光望遠鏡に
よる観測はなし

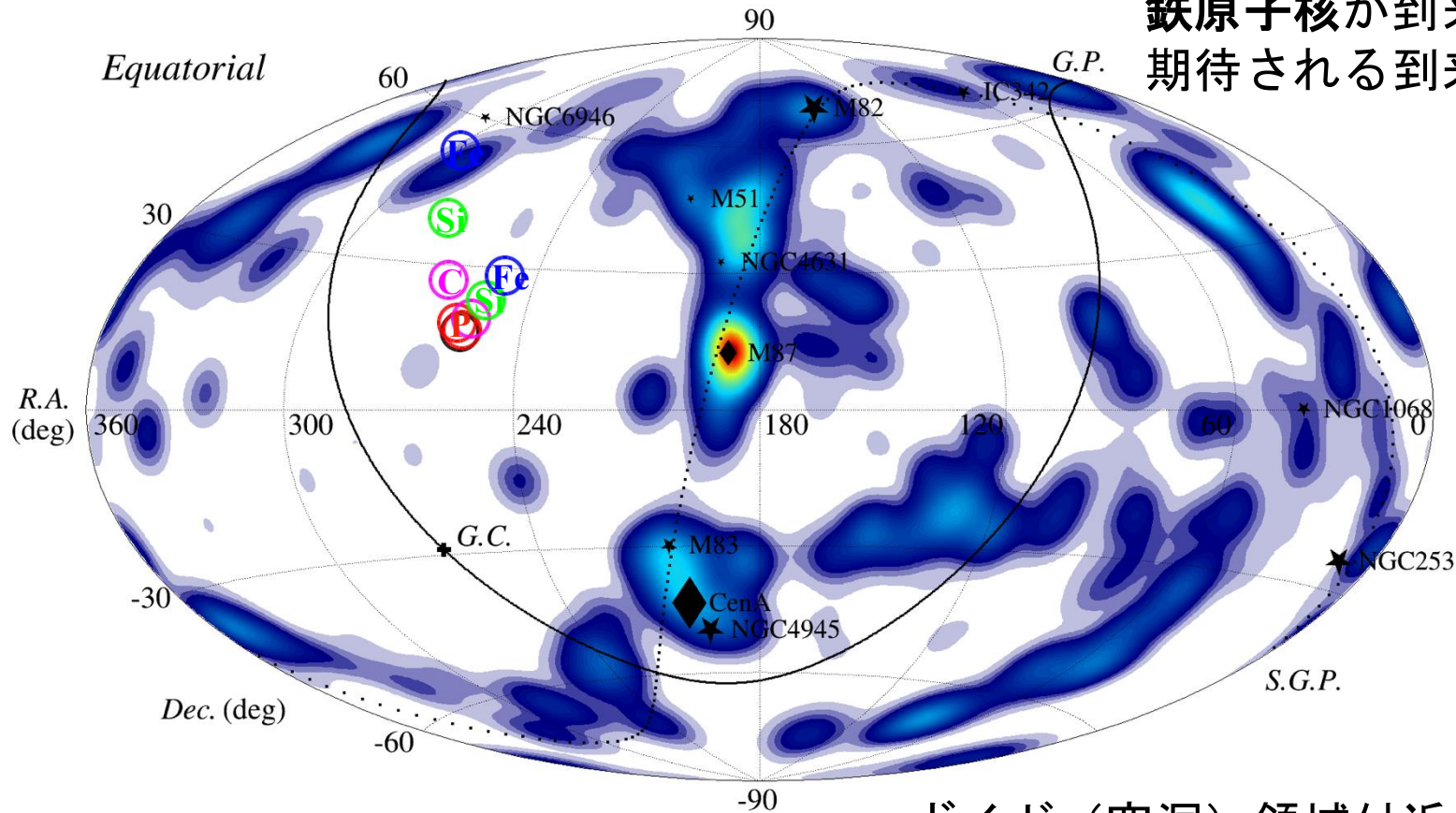


2008年5月から2021年11月の
13.5年のTAOの観測運用の中で
最もエネルギーの高い宇宙線

→ アマテラス粒子

近く天体の分布から期待される 確率と比べても…

近傍天体から244 EeVの
鉄原子核が到来した場合に
期待される到来方向分布



Calculated by M. Kuznetsov

ボイド（空洞）領域付近から到来
→ 天体起源では可能性が低い方向



もうちょっと低いエネルギーの宇宙線

黒点：2MASS銀河カタログ (距離<~1.5億光年)

おおぐま座銀河団
(0.7億光年)

ペルセウス・うお座
超銀河団
(2.3億光年)

おとめ座銀河団
(0.7億光年)

エリダヌス
銀河団
(D=1億光年)

ケンタウルス
超銀河団 (D=2億光年)

ろ座 銀河団
(0.7億光年)

Kawata et al, ICRC2015

テレスコープアレイ実験(北天)+オージェ実験(南天)
発生源は近傍の銀河団か？ 特定の銀河か？



衝突する銀河団

STScI, U. Arizona, CfA, CXC, NASA



活動銀河のジェット
(ケンタウルス座A)

ESO/WFI (visible); MPIfR/ESO/APEX/A. Weiss et al.
(microwave); NASA/CXC/CfA/R. Kraft et al. (X-ray))

宇宙のどこかにある 最強加速器 の探査



ガンマ線バースト
イメージ図 (ESO)

TA実験大拡張！
→TA×4実験
= 世界最大へ！

TA地表検出器

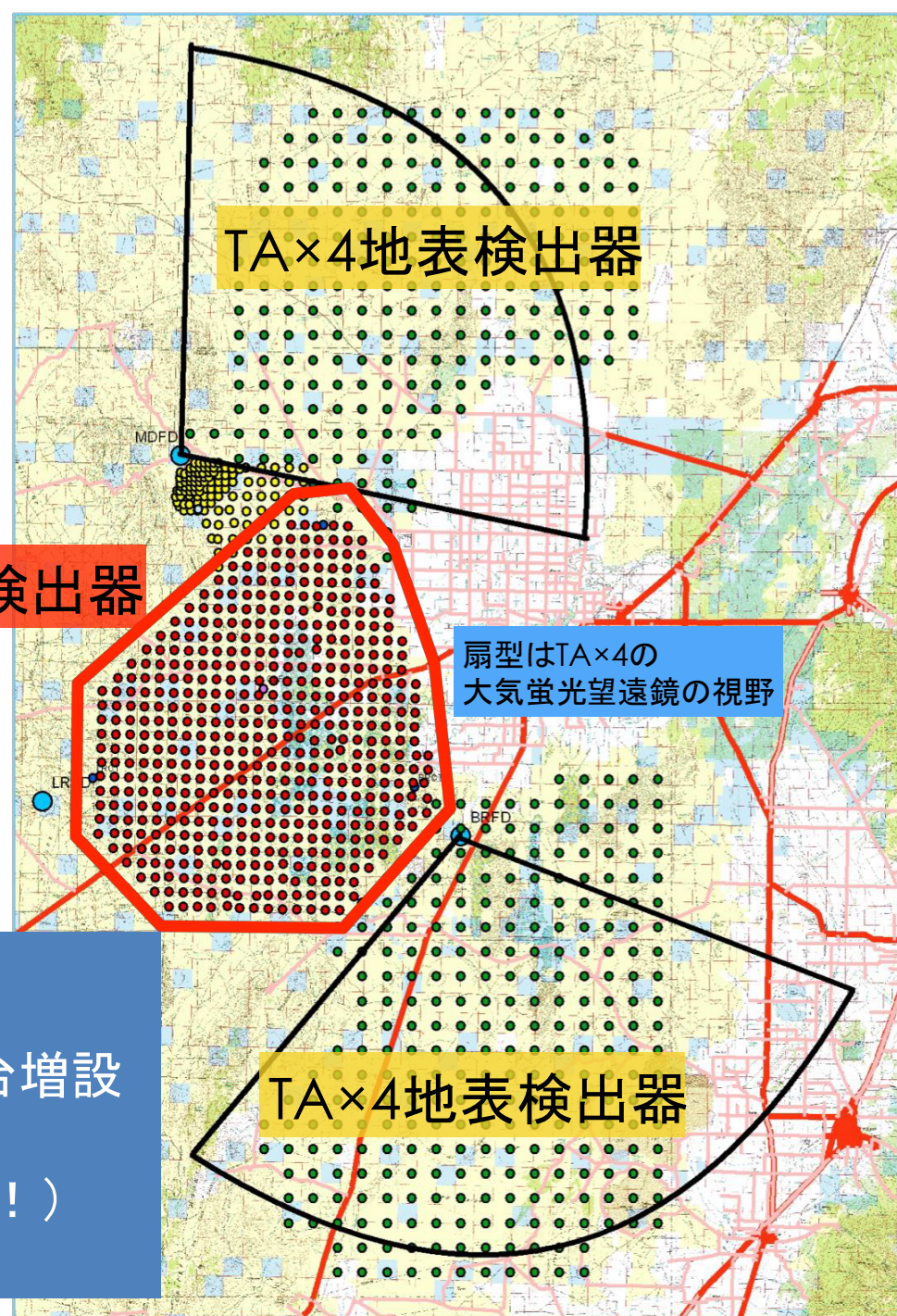
TA×4地表検出器

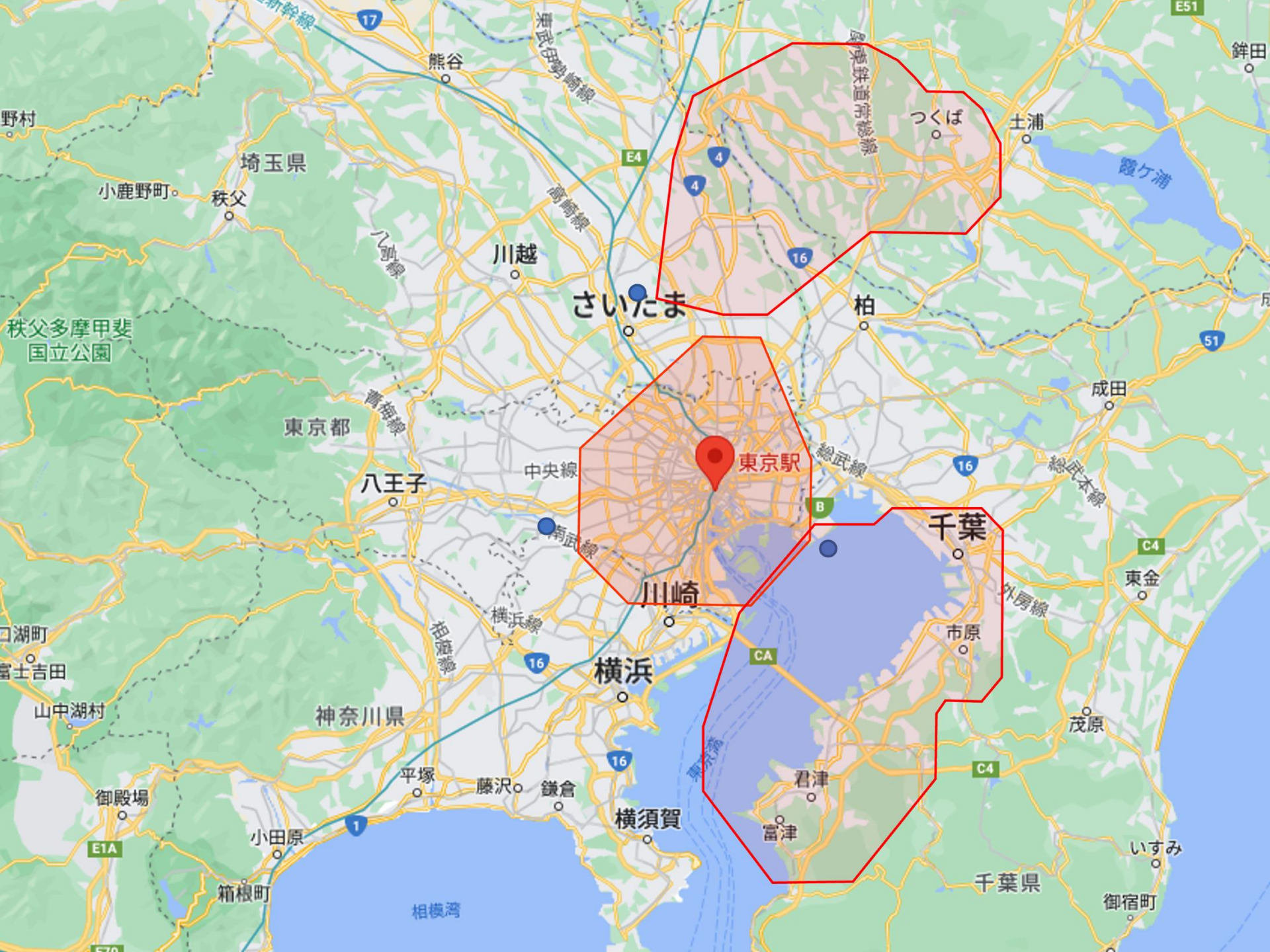
扇型はTA×4の
大気蛍光望遠鏡の視野

TA×4地表検出器

TA×4計画

現行TA実験の南北に地表検出器500台増設
→1,000台、面積3,000km²
2015年から建設開始（予算がついた！）
2019年運用開始（約760台）







Workshop for the Global Cosmic Ray Observatory

Challenging Next-Generation Multi-Messenger Astronomy with Interdisciplinary Research
September 9 - 11 2025, Koshiba Hall, University of Tokyo, Japan

Telescope Array (TA)

助教 3名
技術職員 3名
研究員 3名
博士学生 2名
修士学生 1名

萩尾彰一 (A8教授)
さこ隆志 (A8教授)
川田和正 (A8准教授)







