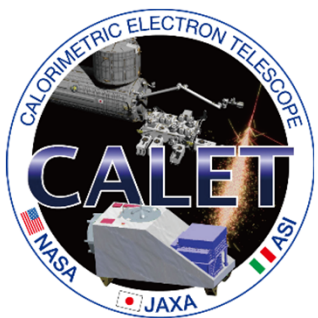




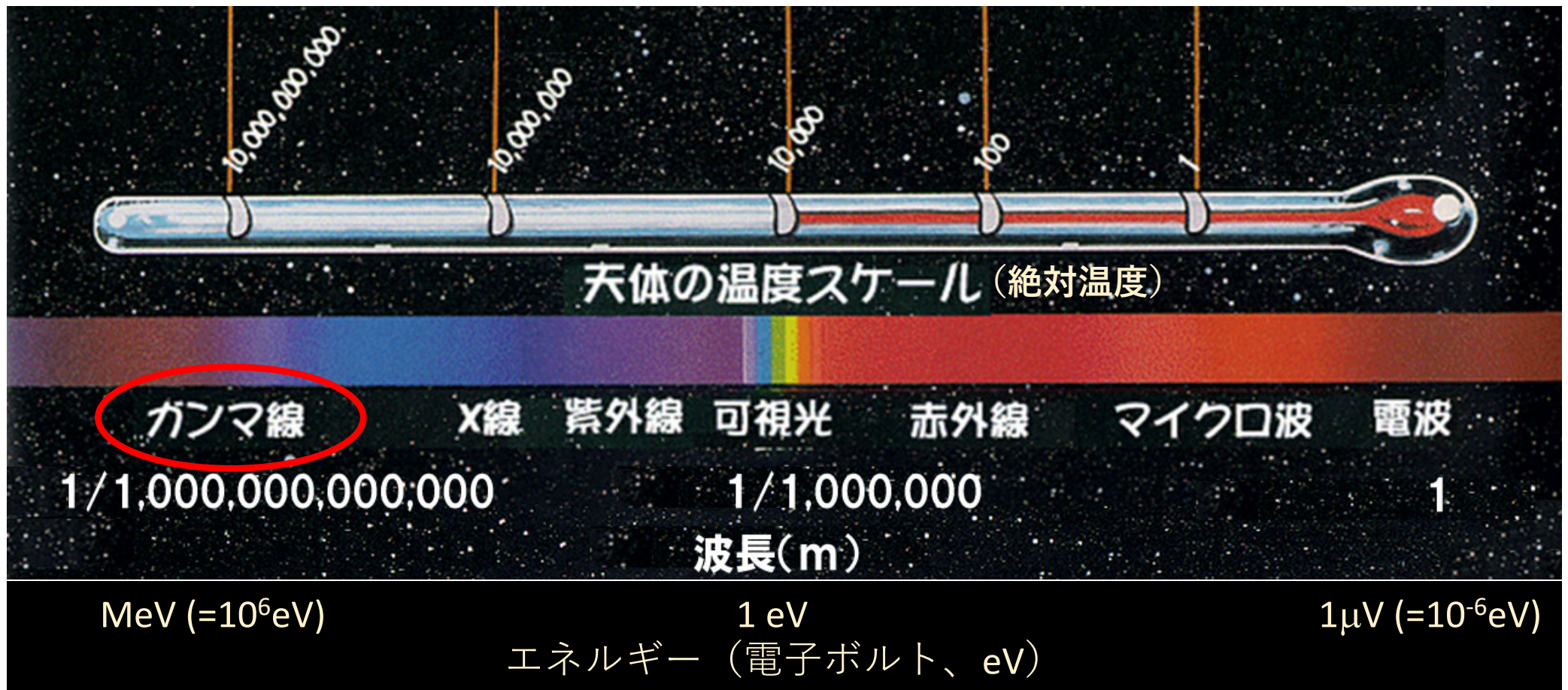
高エネルギーガンマ線の観測

立命館大理工学部

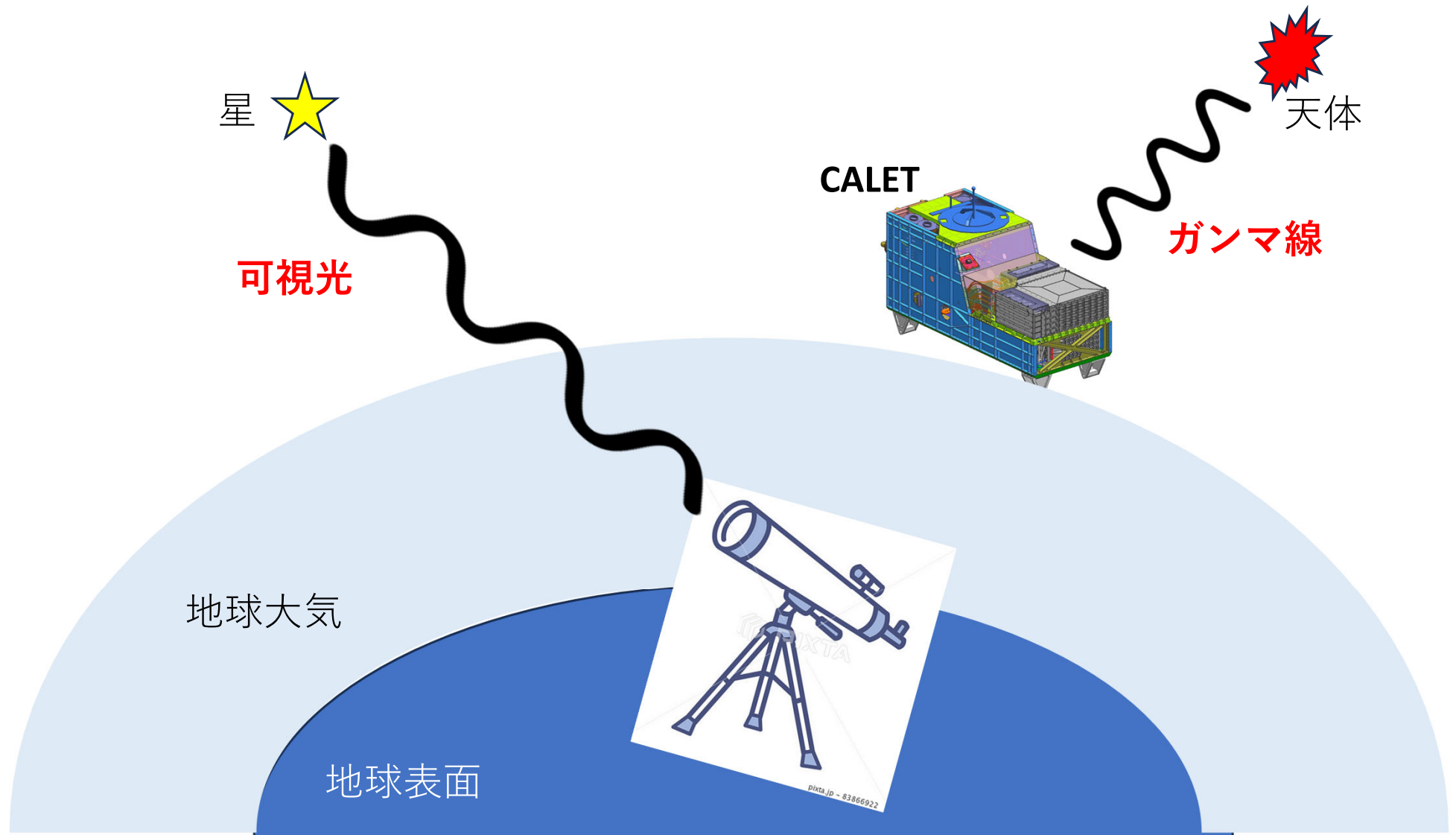
森 正樹
(CALETチーム)

国際宇宙ステーション搭載CALET10周年記念シンポジウム（早稲田大学小野記念講堂）2025年11月15日

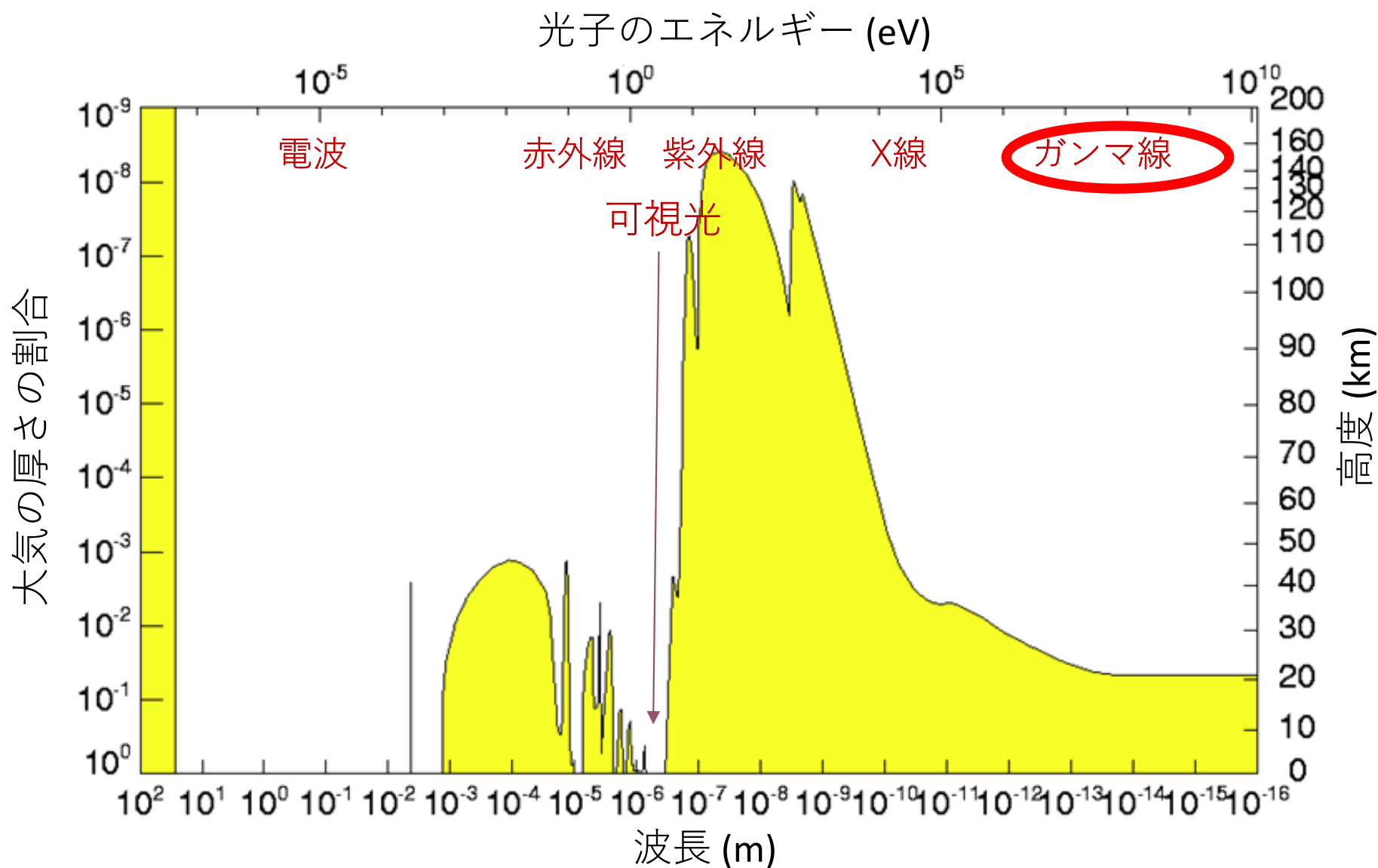
光（電磁波）の種類



CALETは天体望遠鏡でもある！

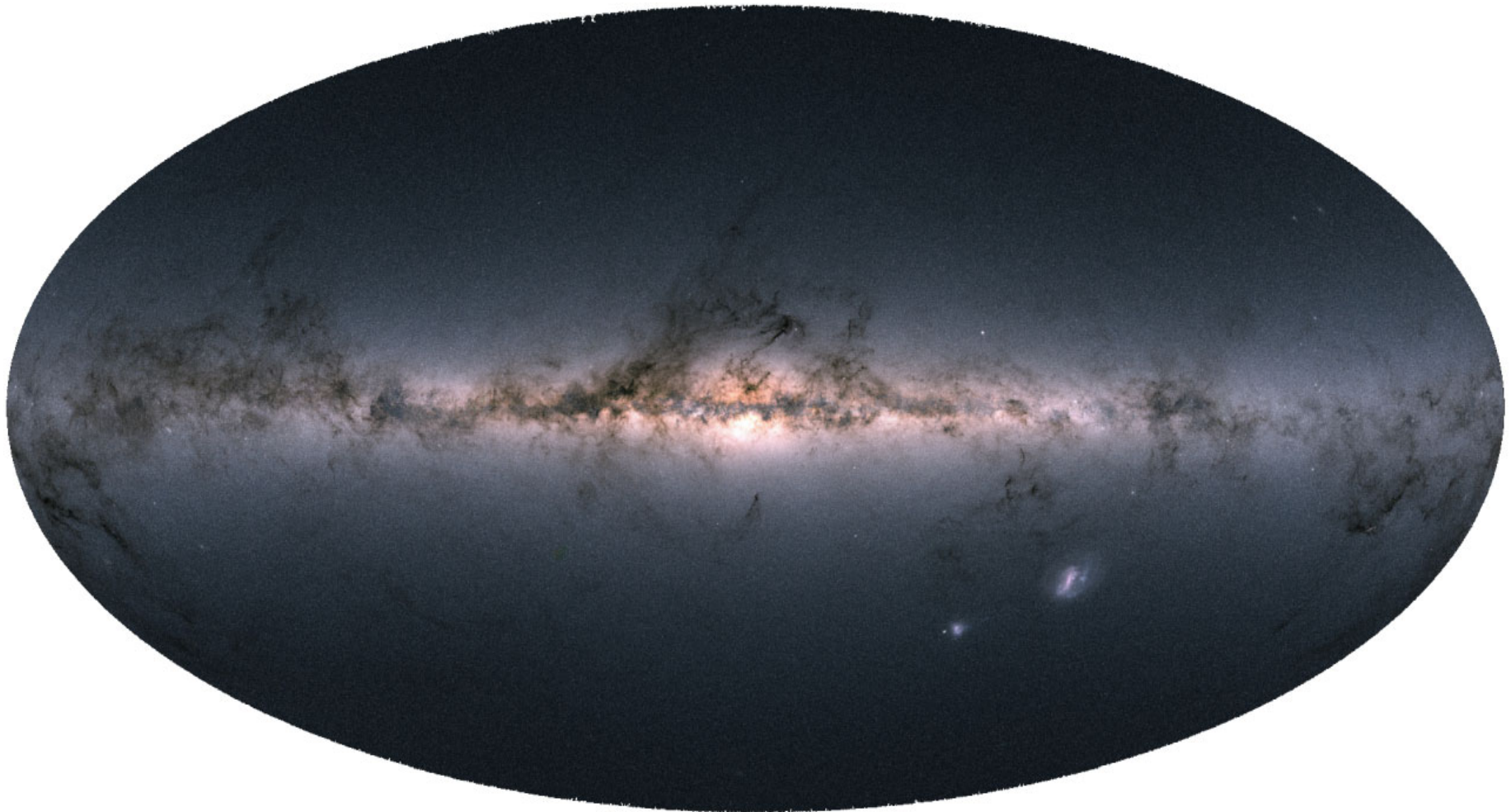


地球大気の透明度



宇宙の全天画像：可視光

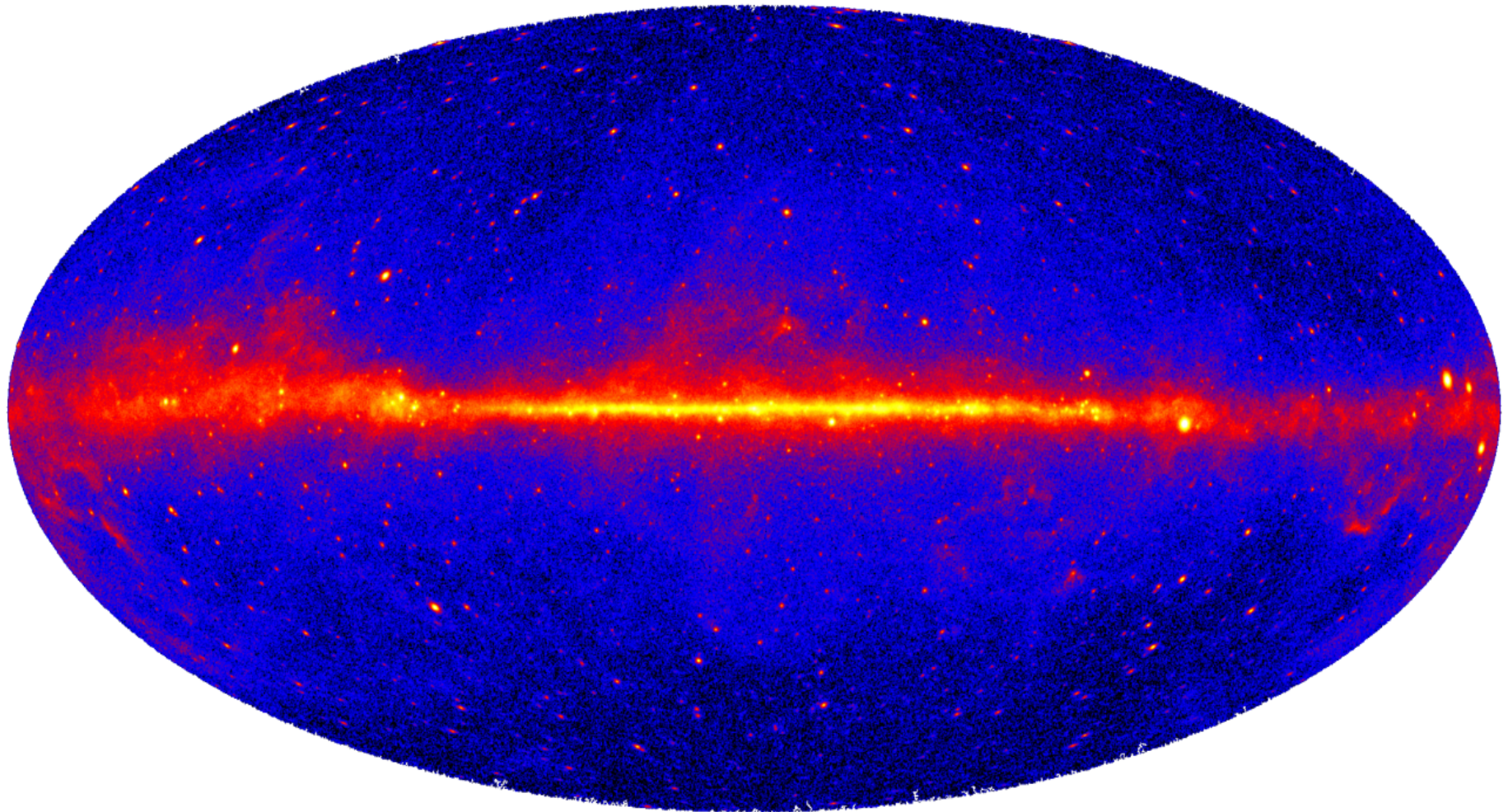
ガイア衛星 https://www.eso.org/public/images/ESA_Gaia_DR2_AllSky_Brightness_Colour_black_bg_8k/



銀河座標系（天の川銀河が水平方向）

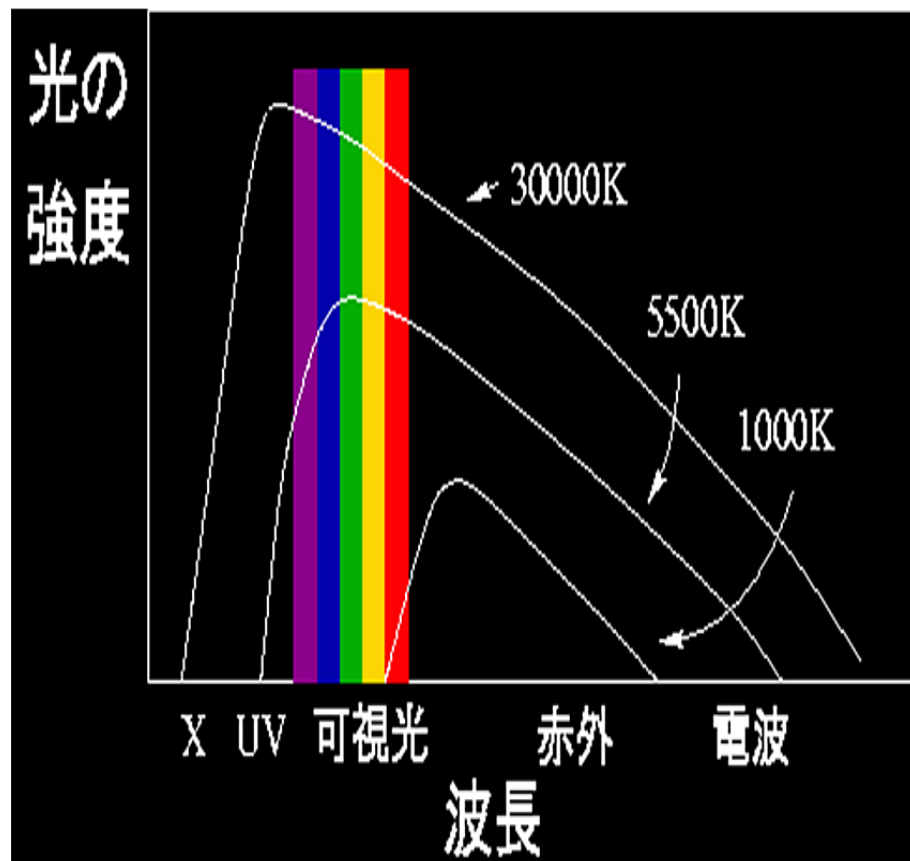
宇宙の全天画像：ガンマ線

フェルミ衛星 https://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/Fermi_5_year.jpg



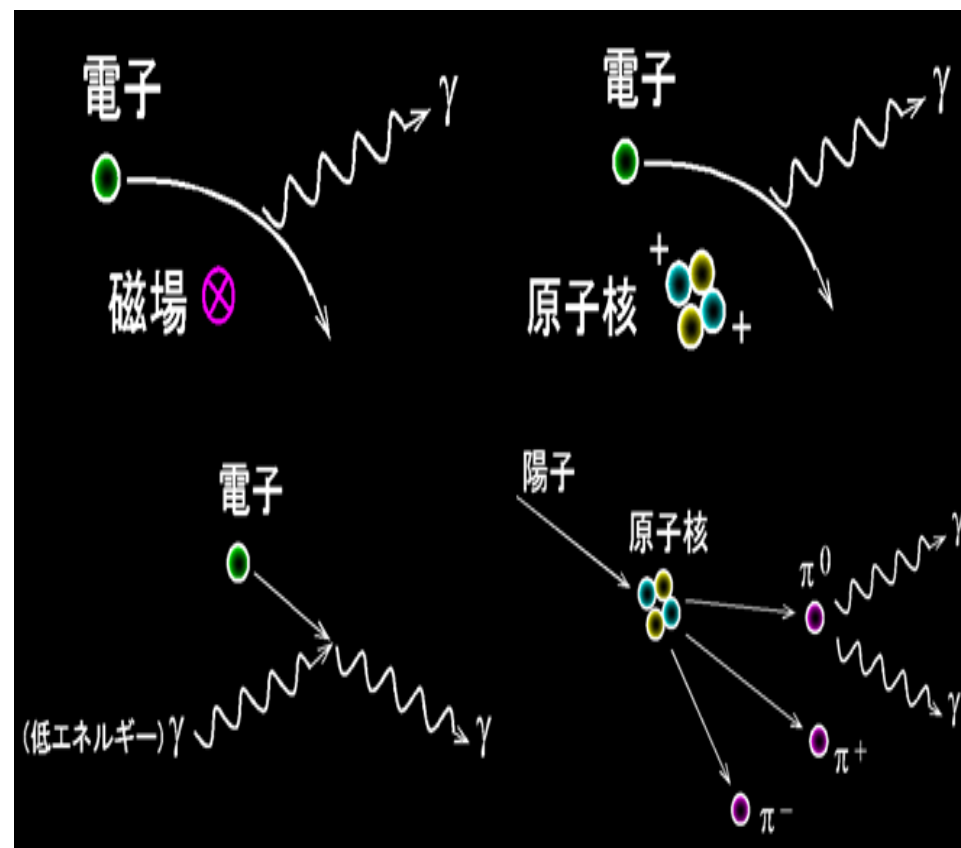
銀河座標系（天の川銀河が水平方向）

光の放射



電波～X線：
主に**熱的**放射

(温度で特徴づけられる)



ガンマ線：
主に**非熱的**放射

(高エネルギーまで加速された粒子が関係)

天体加速器をガンマ線で探す

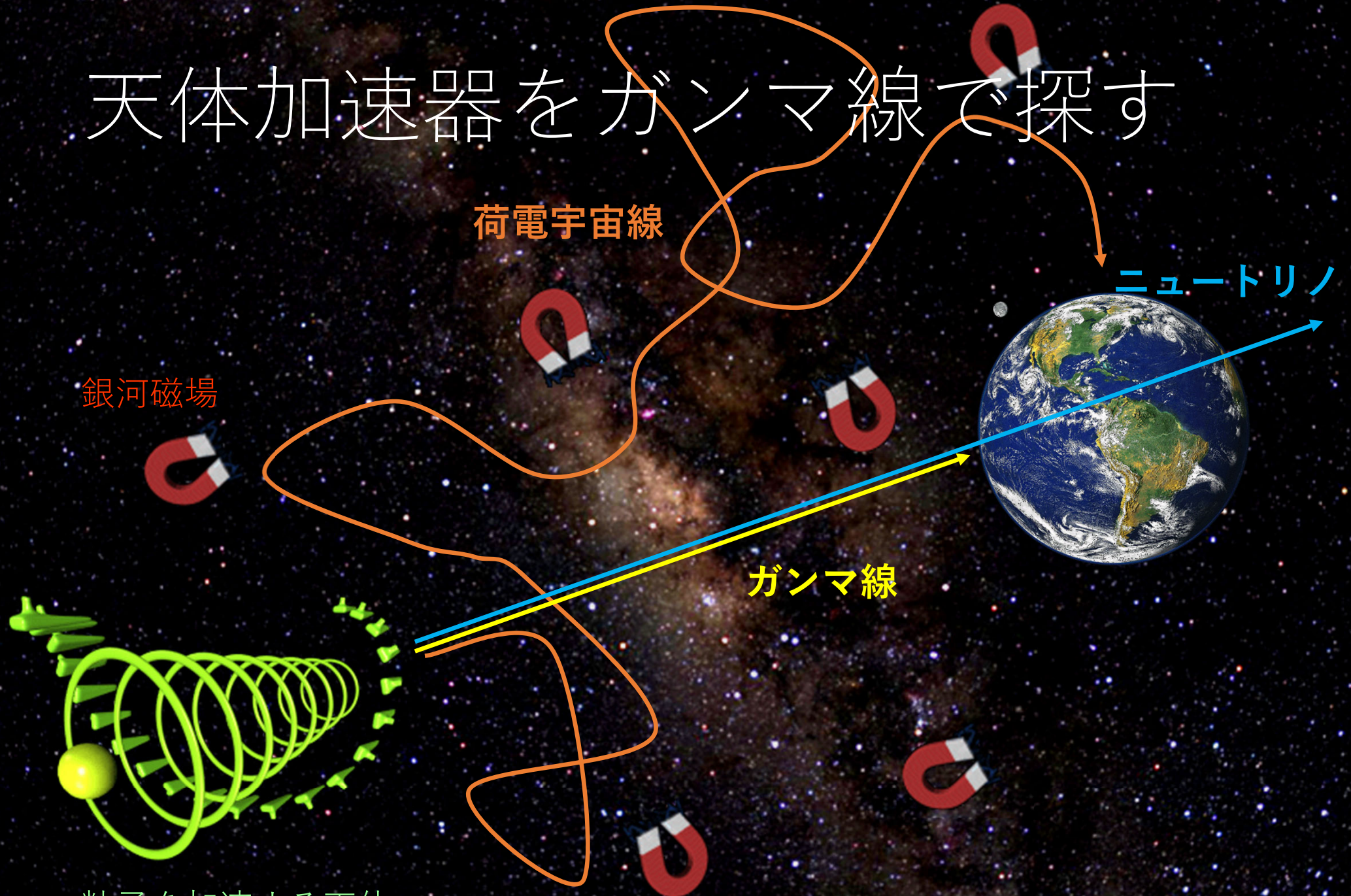
荷電宇宙線

銀河磁場

ニュートリノ

ガンマ線

粒子を加速する天体



ガンマ線の識別

= 電子と同様の電磁シャワー + 電荷ゼロ

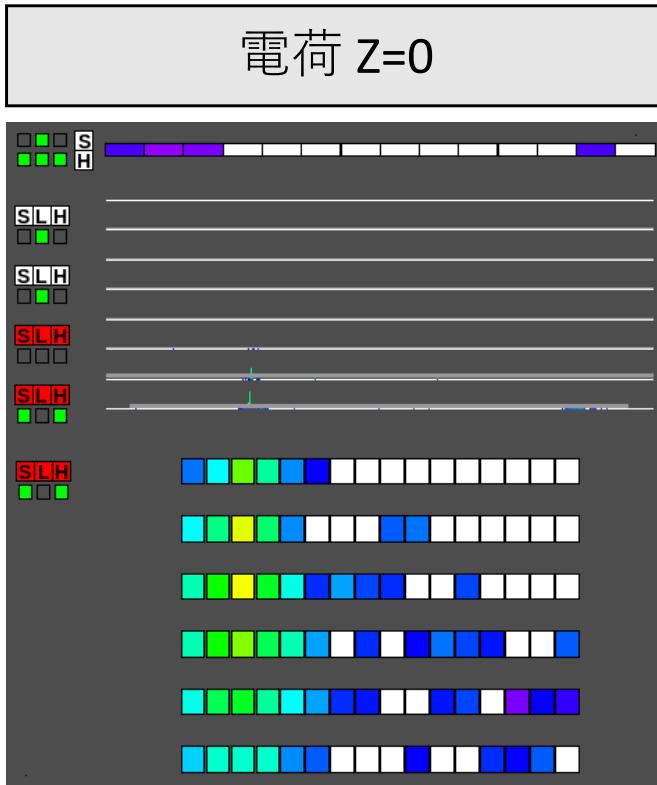
100 GeV イベント例

ガンマ線

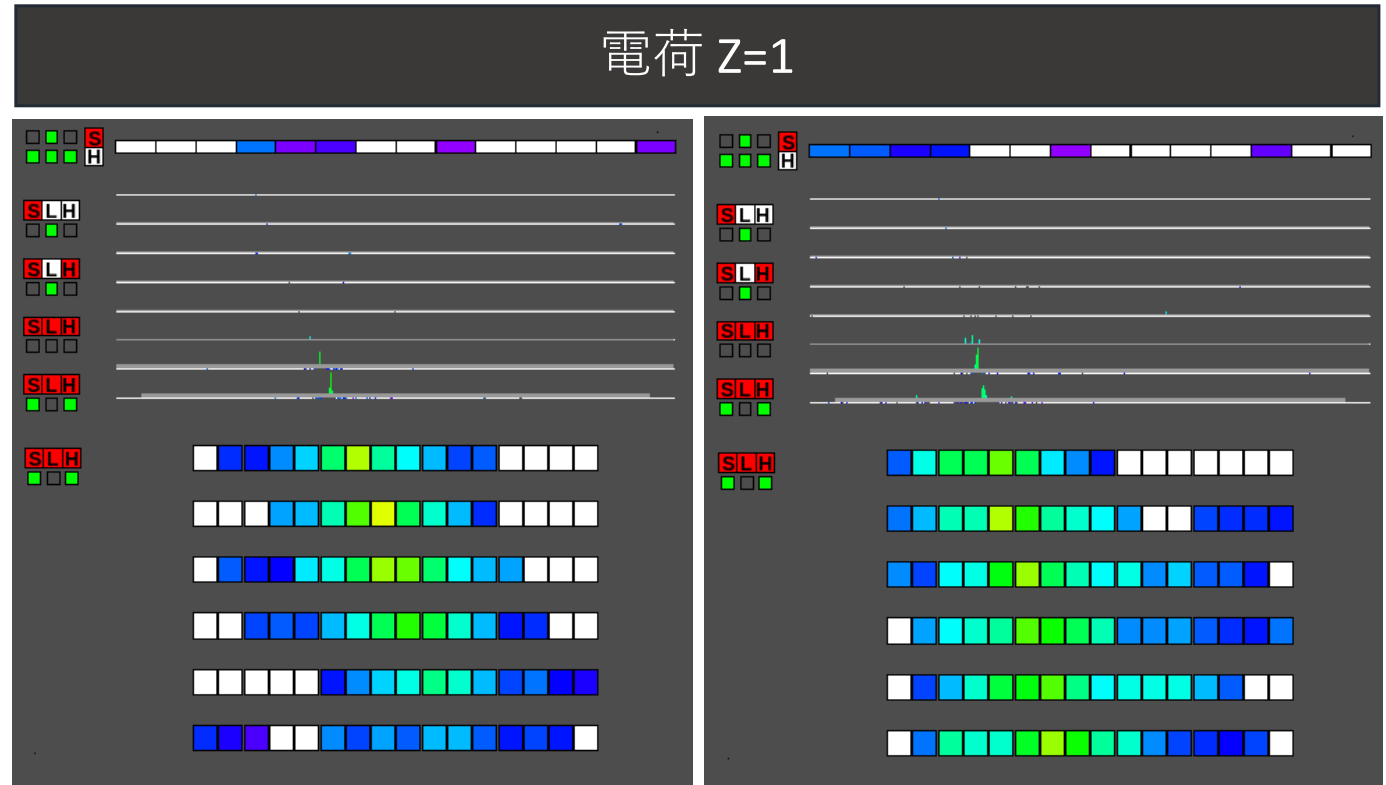
電子

陽子

電荷 $Z=0$



電荷 $Z=1$



電磁シャワー

コンパクトなシャワー

ハドロンシャワー

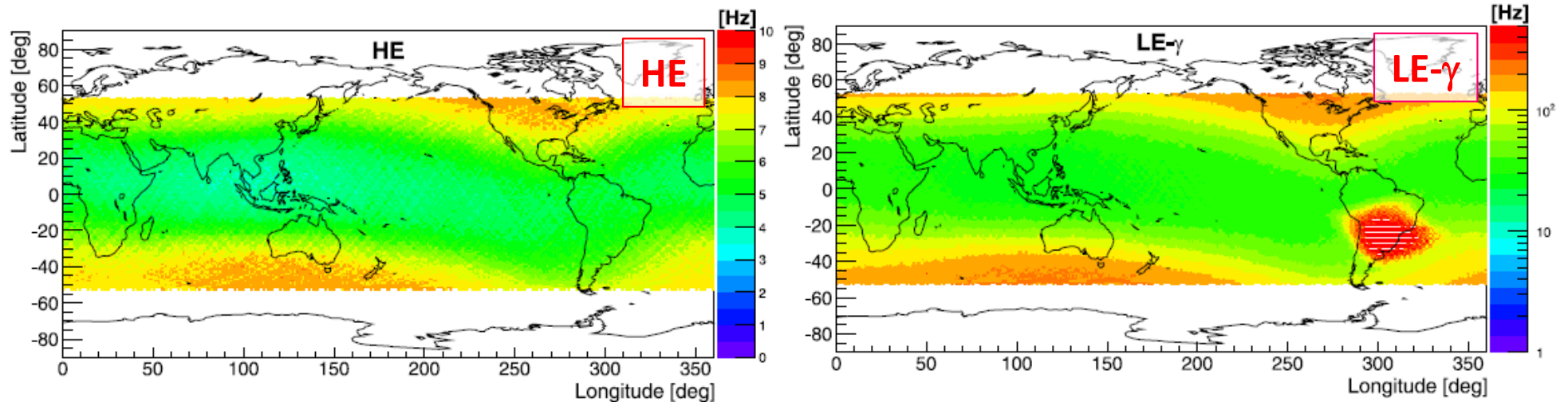
広がったシャワー₉



CALETのトリガーとガンマ線観測

ISSの位置とトリガー頻度

Asaoka et al., Astropart.Phys. 100, 29 (2018)

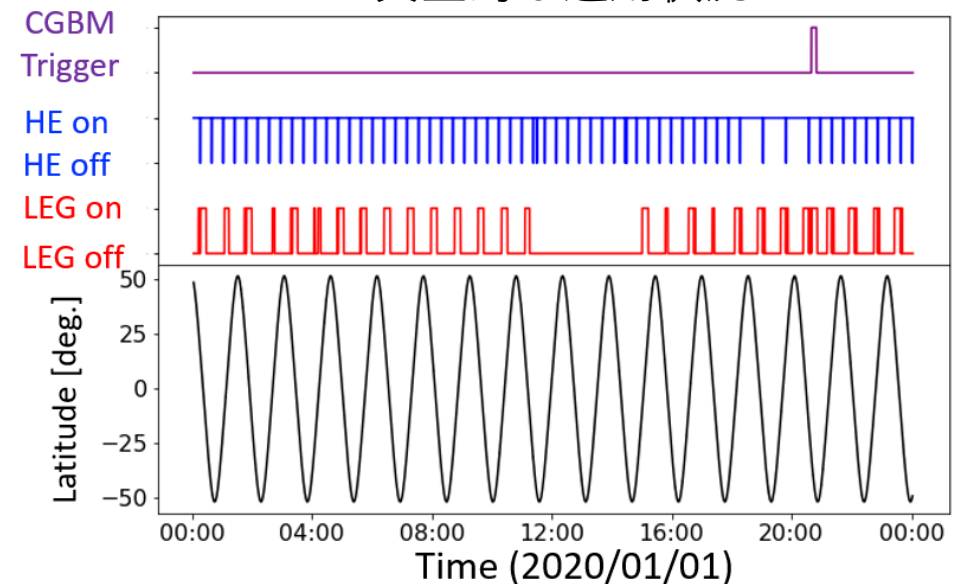


HE トリガー: $E_\gamma > 10$ GeV

LE- γ トリガー: $E_\gamma > 1$ GeV

- HE トリガー: 常に適用
- LE- γ トリガー: 磁気緯度 $< 20^\circ$ あるいは CGBM がトリガーされた後にのみ適用

典型的な運用状況



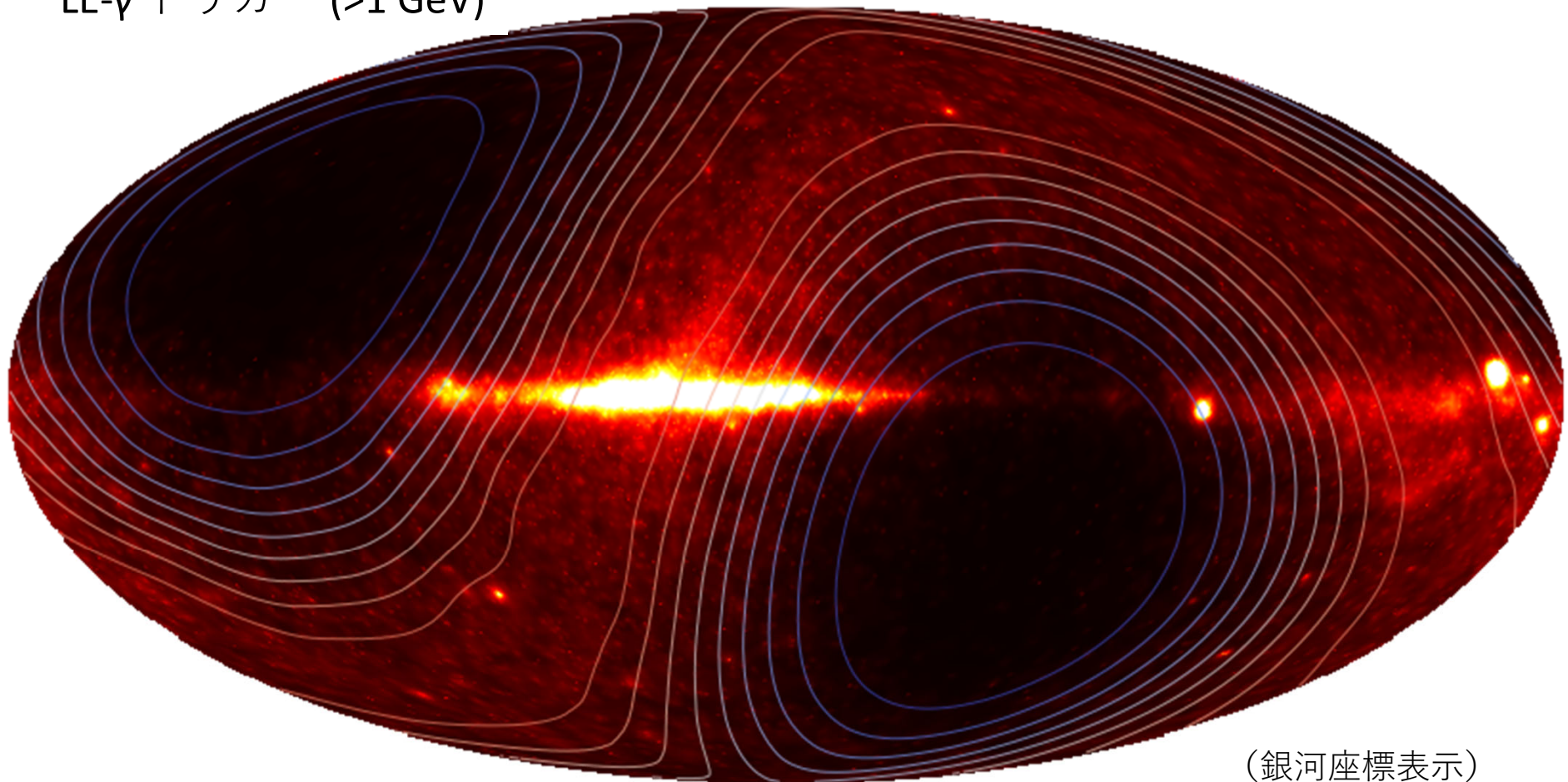


CALETで見たガンマ線地図 ICRC2023

Preliminary

November 2015 – December 2022

LE- γ トリガー (>1 GeV)



(銀河座標表示)

ISSの軌道傾斜角が 51° であるため、露出量は一様でないことに注意 (等高線)

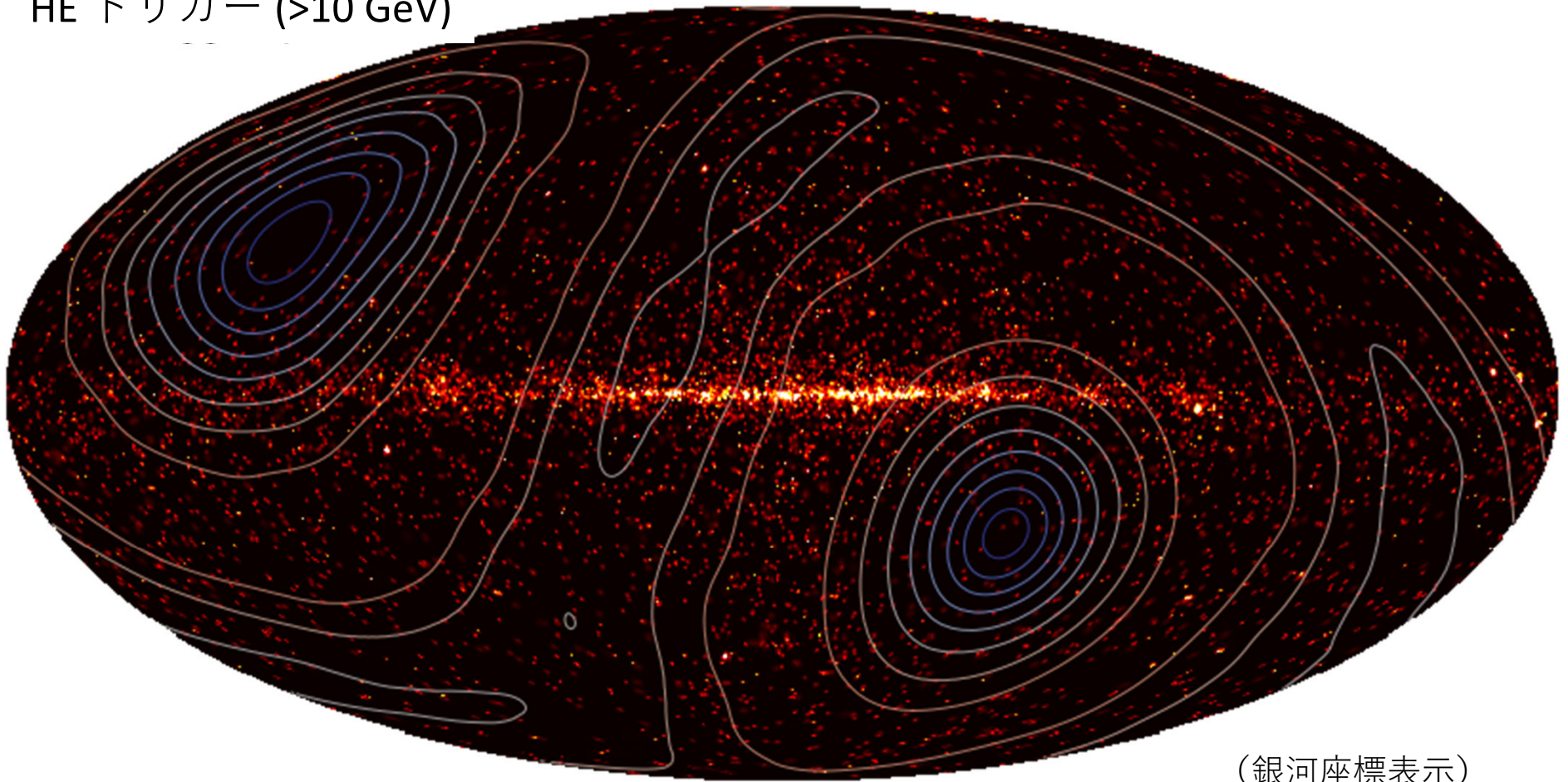


CALETで見たガンマ線地図 ICRC2023

Preliminary

November 2015 – December 2022

HE トリガー (>10 GeV)



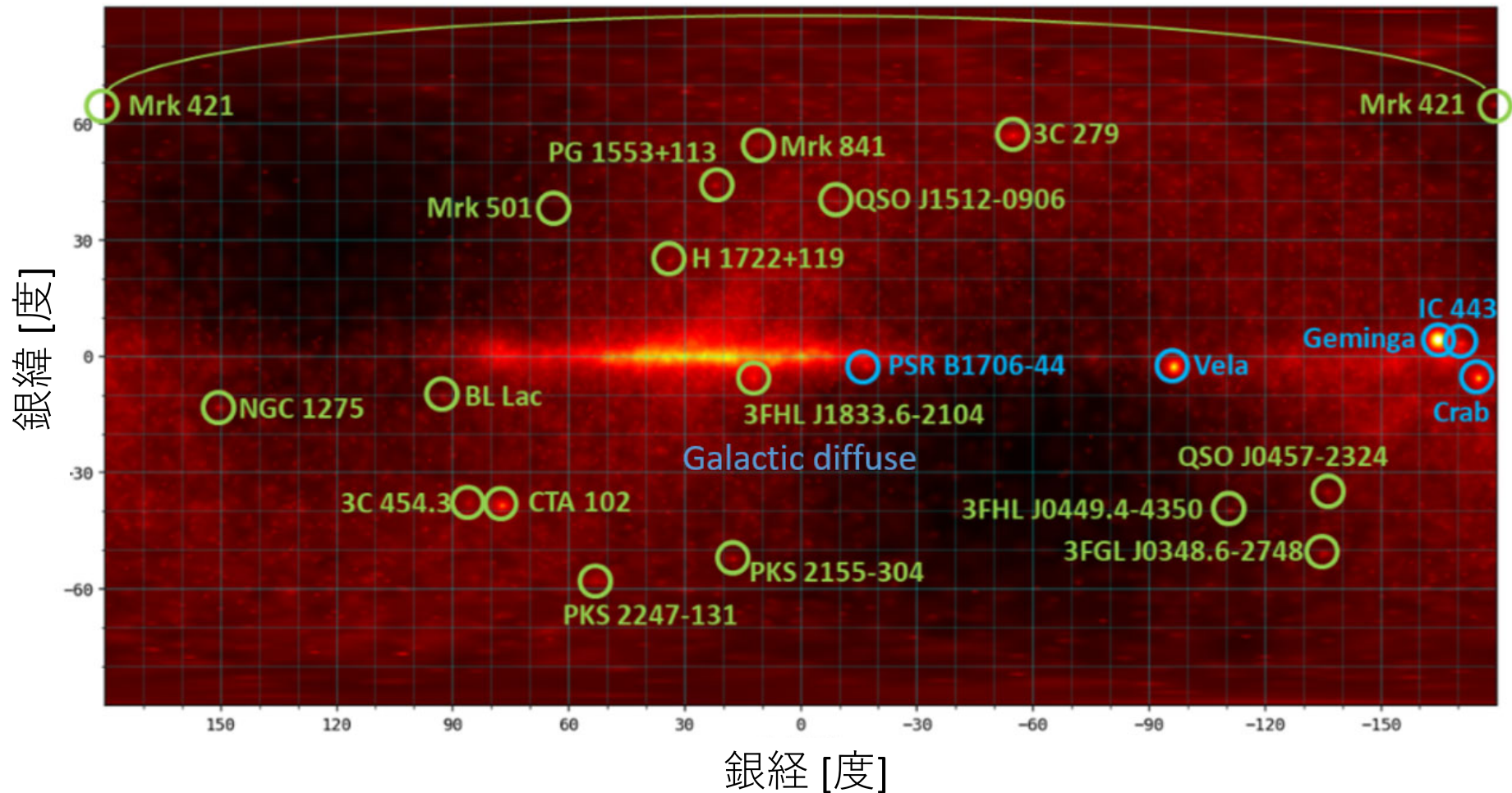
(銀河座標表示)

ISSの軌道傾斜角が 51° であるため、露出量は一様でないことに注意 (等高線)

ガンマ線源(LE- γ , >1 GeV)

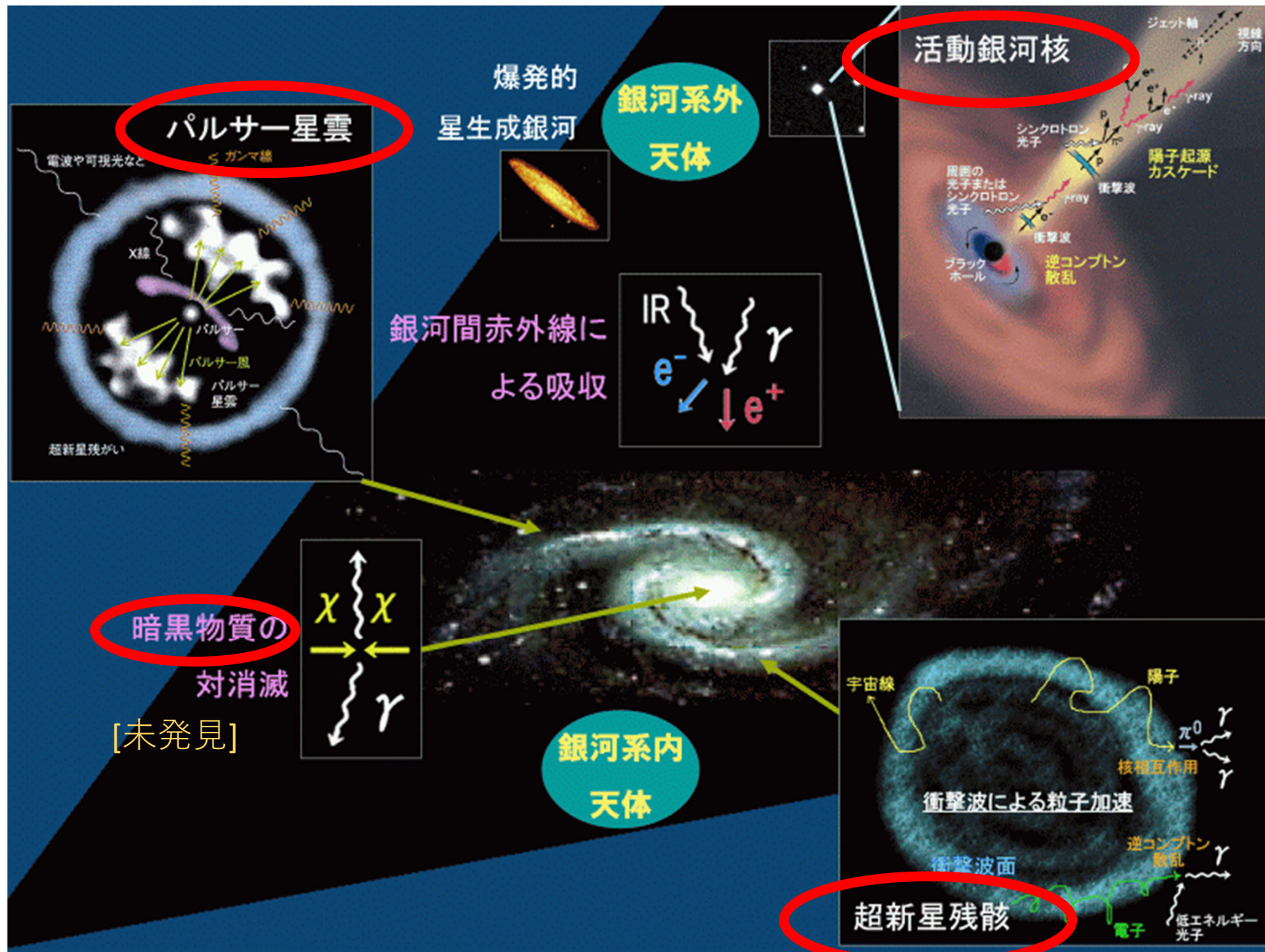
Preliminary

November 2015 – July 2020



20個以上のガンマ線源(Crab, Geminga, Vela, CTA102,...) が検出されている。

ガンマ線を放出する天体

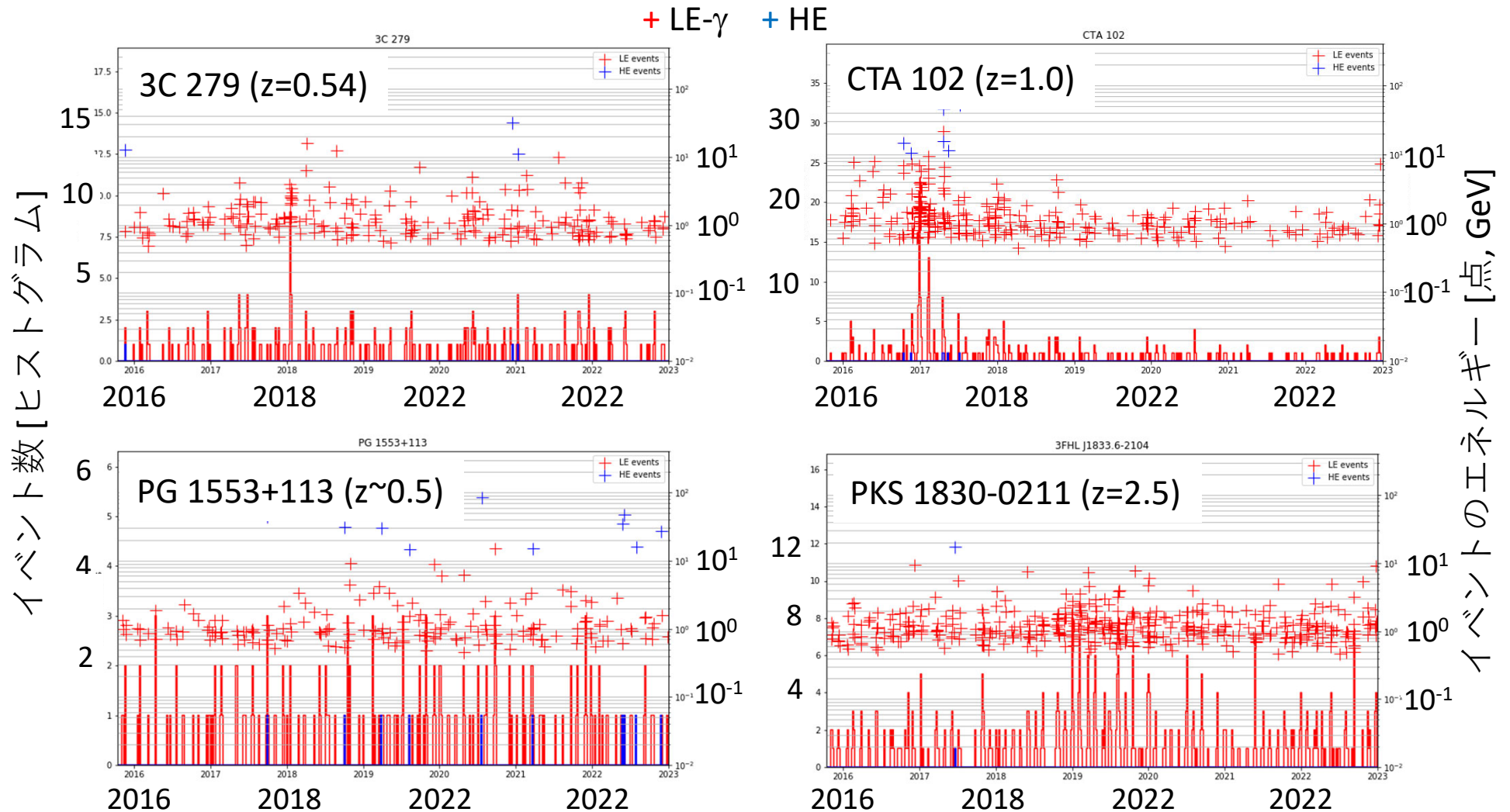




活動銀河核の光度曲線

November 2015 – December 2022

Preliminary



[z=2.5 $\leftrightarrow$ 110億光年]

- CALETは長期間の監視を行っている



まとめ

- CALETはガンマ線で宇宙を観測する天体望遠鏡としても機能している。
- 2015年以来1 GeV以上のガンマ線で天球の観測を継続している。
- 荷電宇宙線は銀河磁場などで曲げられてしまうのに対し、ガンマ線は直進するため、発生天体を指し示している。
- 20個以上のガンマ線天体がとらえられており、長期間の監視を行っている。