

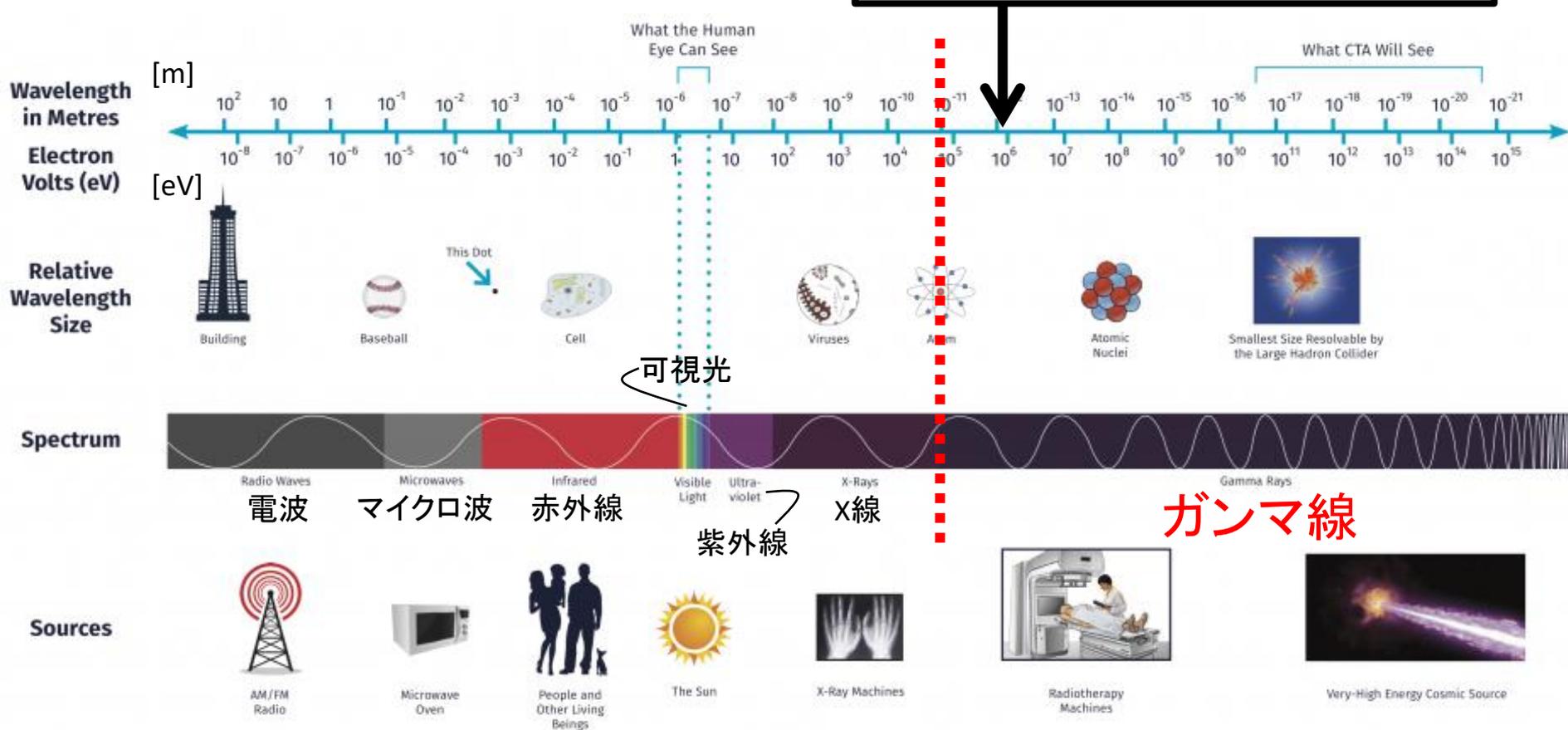
# ナビゲータトーク -ガンマ線-

宇宙線研究所 D3

石崎 渉

# ガンマ線？

電子のコンプトン波長  
(電子の対消滅 $\gamma$ 線のエネルギー)

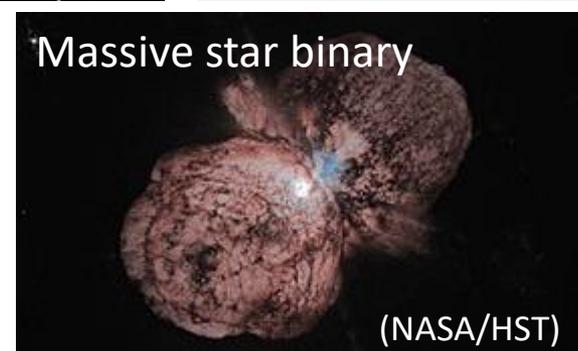
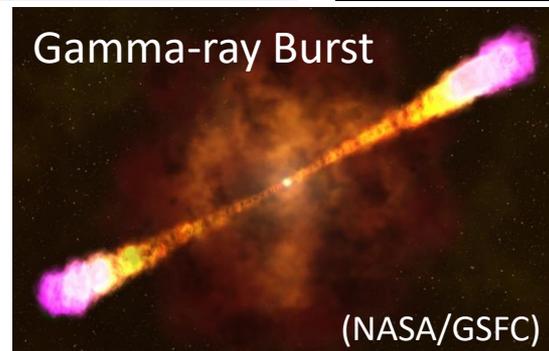
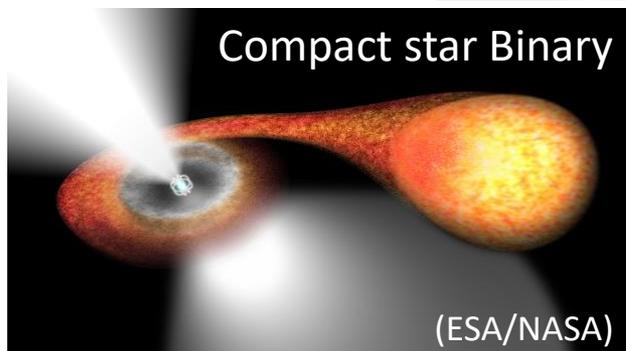
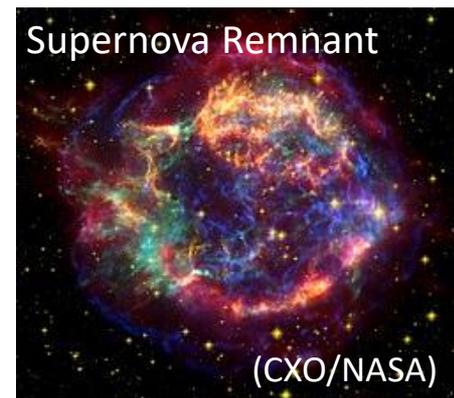
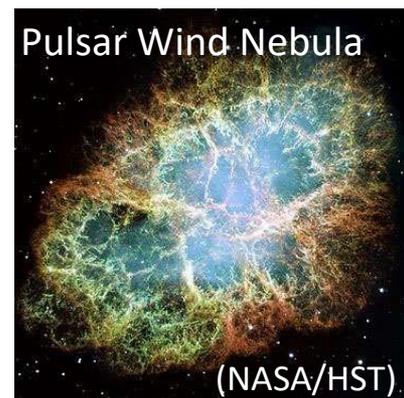
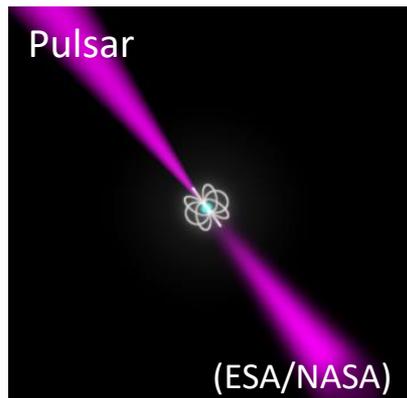
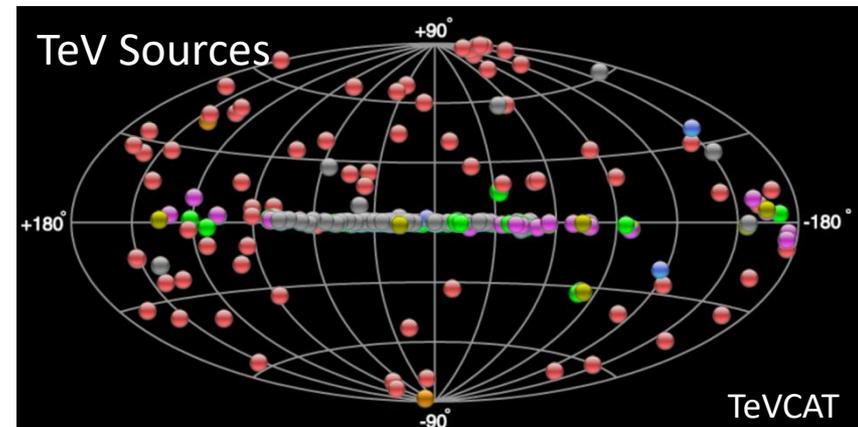
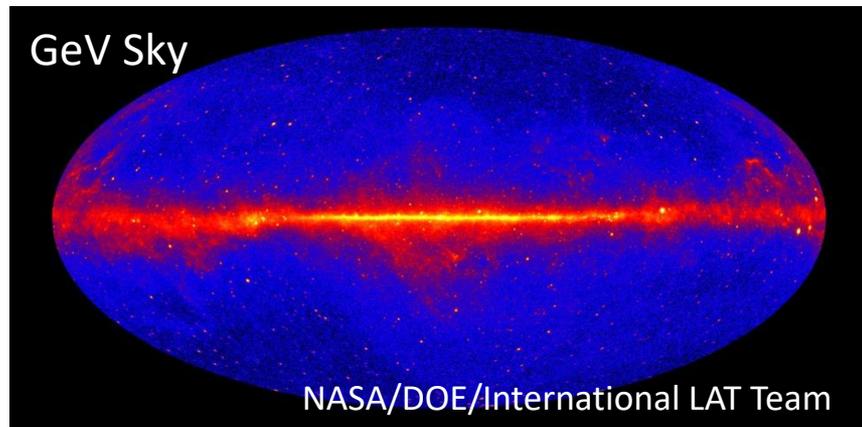


FAQであるところの「どこからが $\gamma$ 線」？

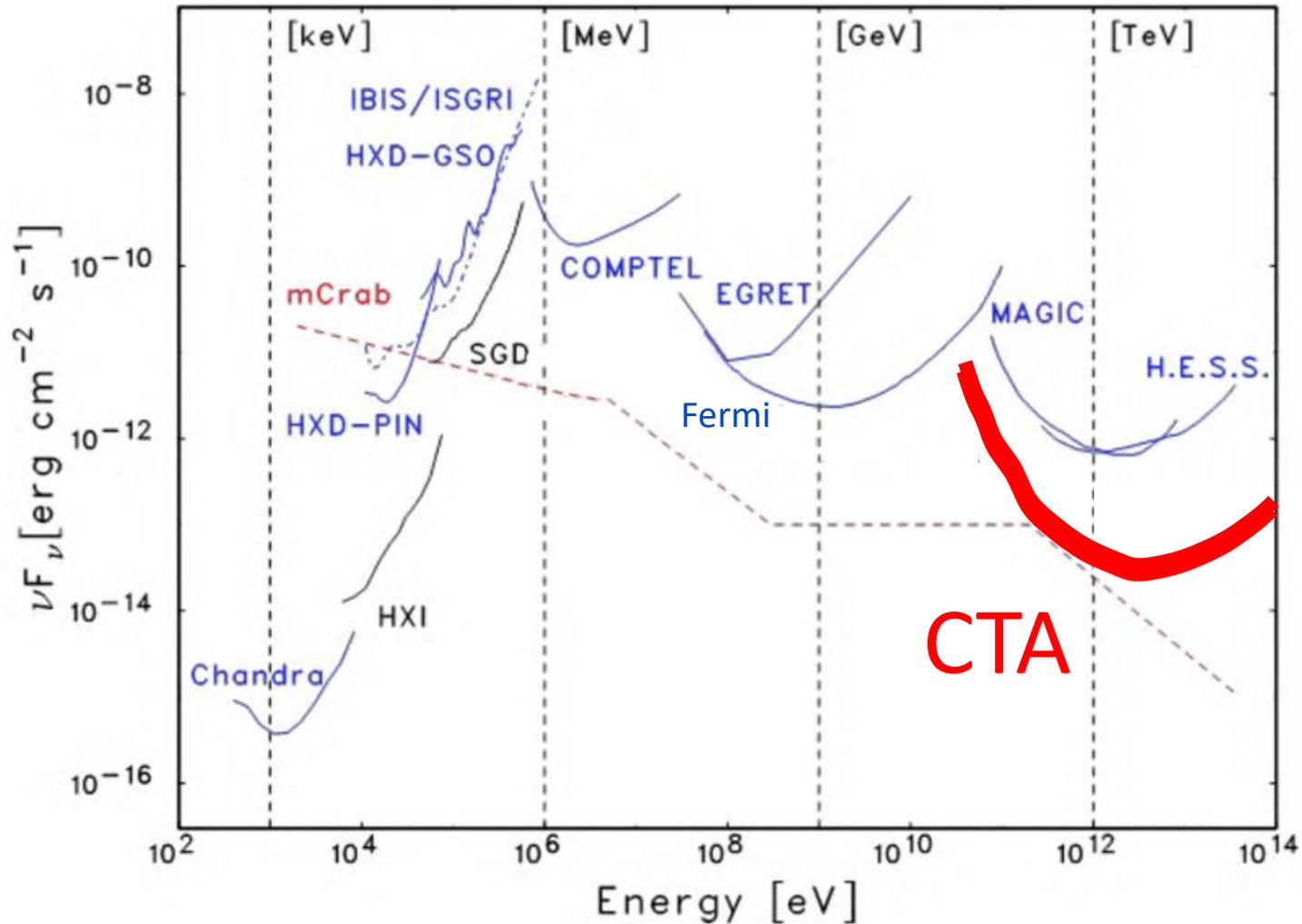
→物理学徒としては「相互作用において量子論・相対論的効果が重要である電磁波」

Image credits: Vecteezy.com, Dragonartz.net, NAOJ, NCI, CERN, NASA

# ガンマ線天文学



# “ガンマ線天文学”の戦略



戦略① TeV領域の感度向上

# Cherenkov Telescope Array

## 大気チェレンコフ望遠鏡

ガンマ線のつくるシャワー粒子からのチェレンコフ光を集光して、ガンマ線の到来方向とエネルギーを測定する

3種の大きさの異なる望遠鏡群で構成

**LST** : 4台(南北共に), 20 GeV-3 TeV (低エネルギー帯), 口径23m

**MST** : 25台(南), 15台(北), 80 GeV-50 TeV (中エネルギー帯), 口径~10m

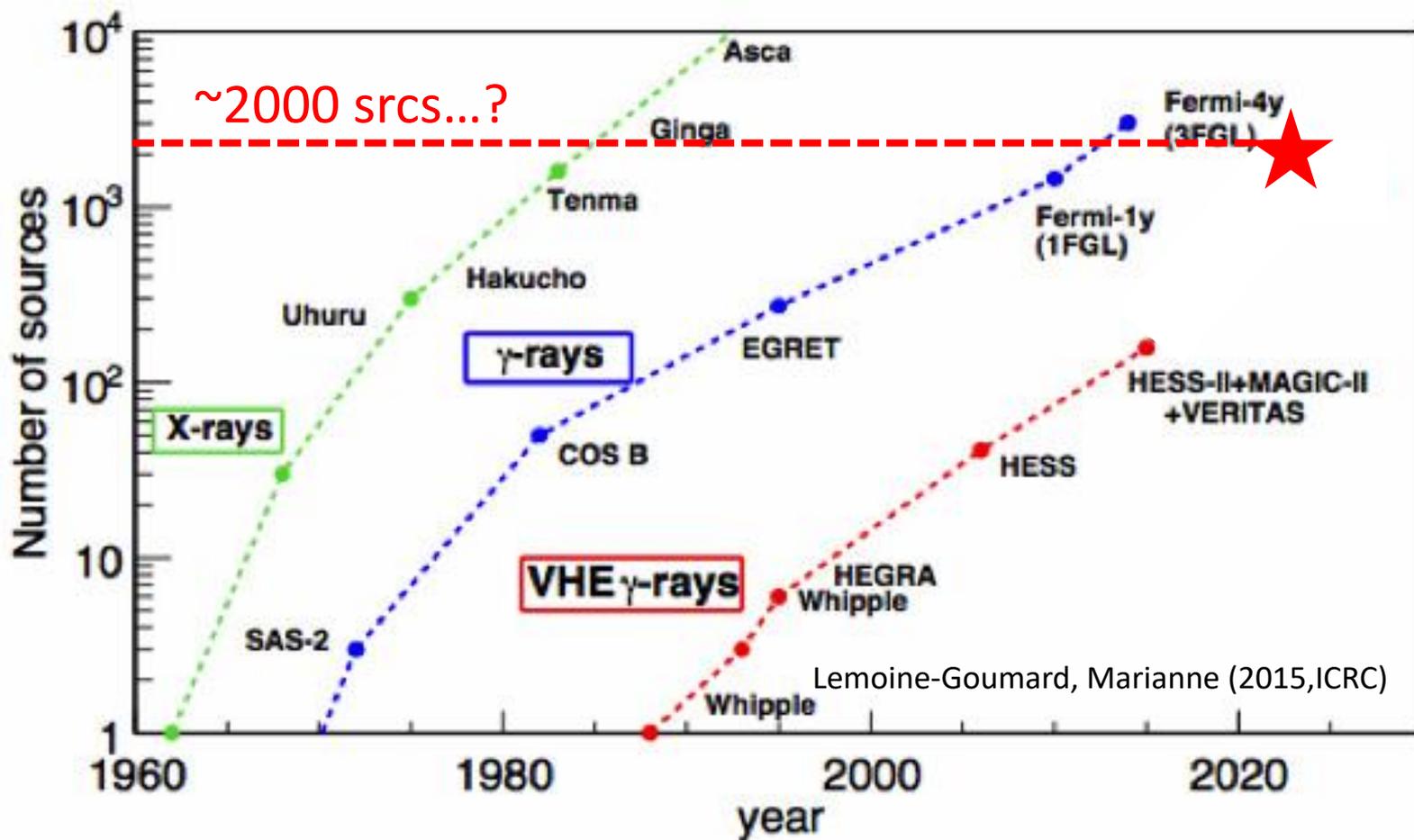
**SST** : 70台(南のみ), 1 TeV-300 TeV (高エネルギー帯), 口径~4m

想像図



# CTAに期待できること

Kifune plot (1995, ICRC)



Lemoine-Goumard, Marianne (2015, ICRC)

# CTAに期待できること

Q. ソースが増えると何がうれしいの？

A. TeVガンマ線で**天文学ができる！**

(≡天体現象の普遍性と個性を定量的に研究できるようになる)

TeVCat sources

- ・銀河系外 78(最遠方 $z=0.95$ )
  - 活動銀河核 72, スターバースト銀河 2,  
パルサー星雲 1, 超新星残骸 2, 連星系 1
- ・銀河系内 74
  - パルサー星雲 34, 超新星残骸 25  
パルサー・連星系 11, 大質量星団・球状星団4
- ・未同定 55

超新星残骸・パルサー星雲・連星系

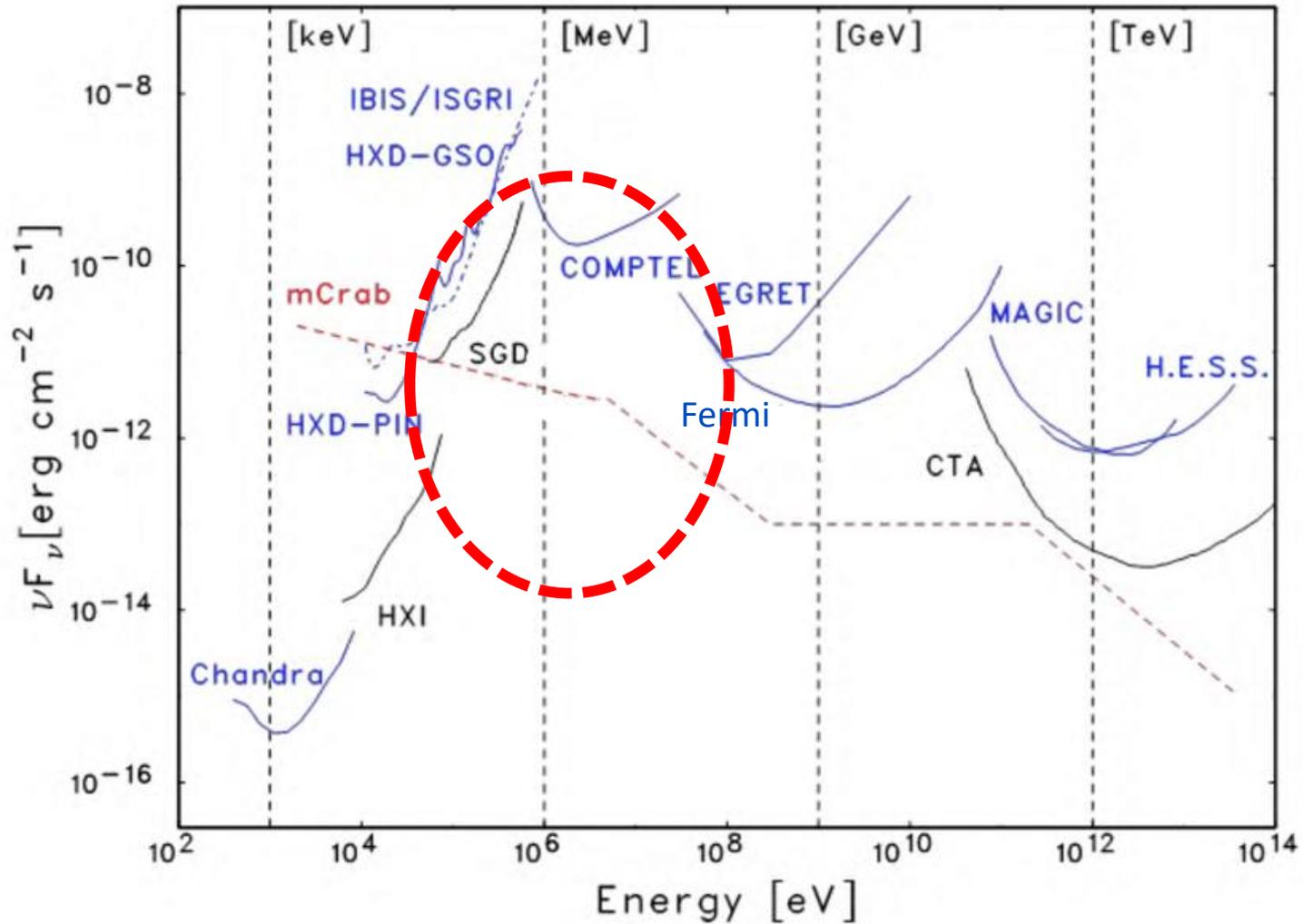
→ O(10)がO(100)になれば、**天体の(時間的)進化の議論**もできるようになってくる！

活動銀河核

→ O(100)がO(1000)になれば、**特異な性質を示す天体**も見つかるかもしれない！

現在、検出されている天体ですら、4分の1程度が正体不明！ → **新発見**があるかも！

# “ガンマ線天文学”の戦略



戦略② MeV領域の感度向上

# SMILE (→高田さん)

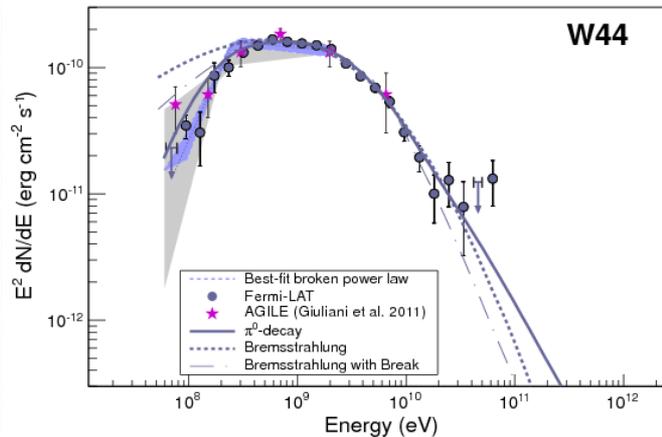
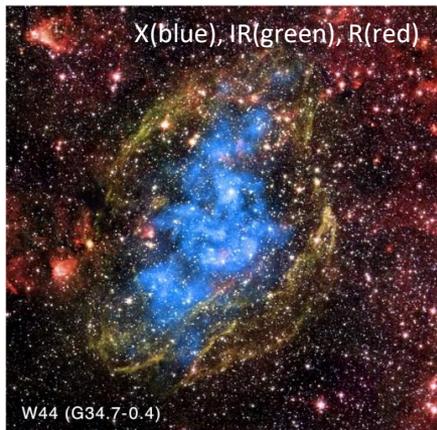
## MeVガンマ線の検出

MeVガンマ線は、物質とコンプトン散乱で主に相互作用する  
コンプトン散乱で弾き飛ばされた電子の飛跡とエネルギー、散乱された $\gamma$ 線の方向・エネルギーを測定することで、もとの $\gamma$ 線の方向とエネルギーを測定する。

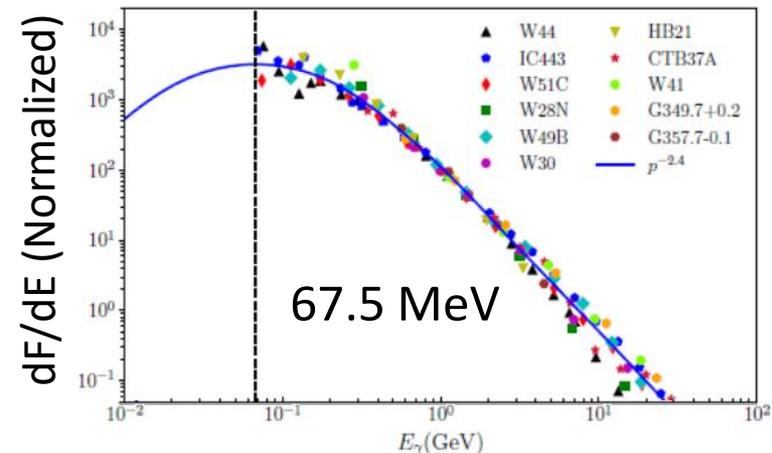
ガンマ線偏光も同時に測れる(かも)

## 科学的なモチベーション

例：Supernova Remnantの $\gamma$ 線は電子が放っているのか、陽子が放っているのか問題  
→ 陽子が放っていると分かれば、超新星残骸での宇宙線加速の証明になる！

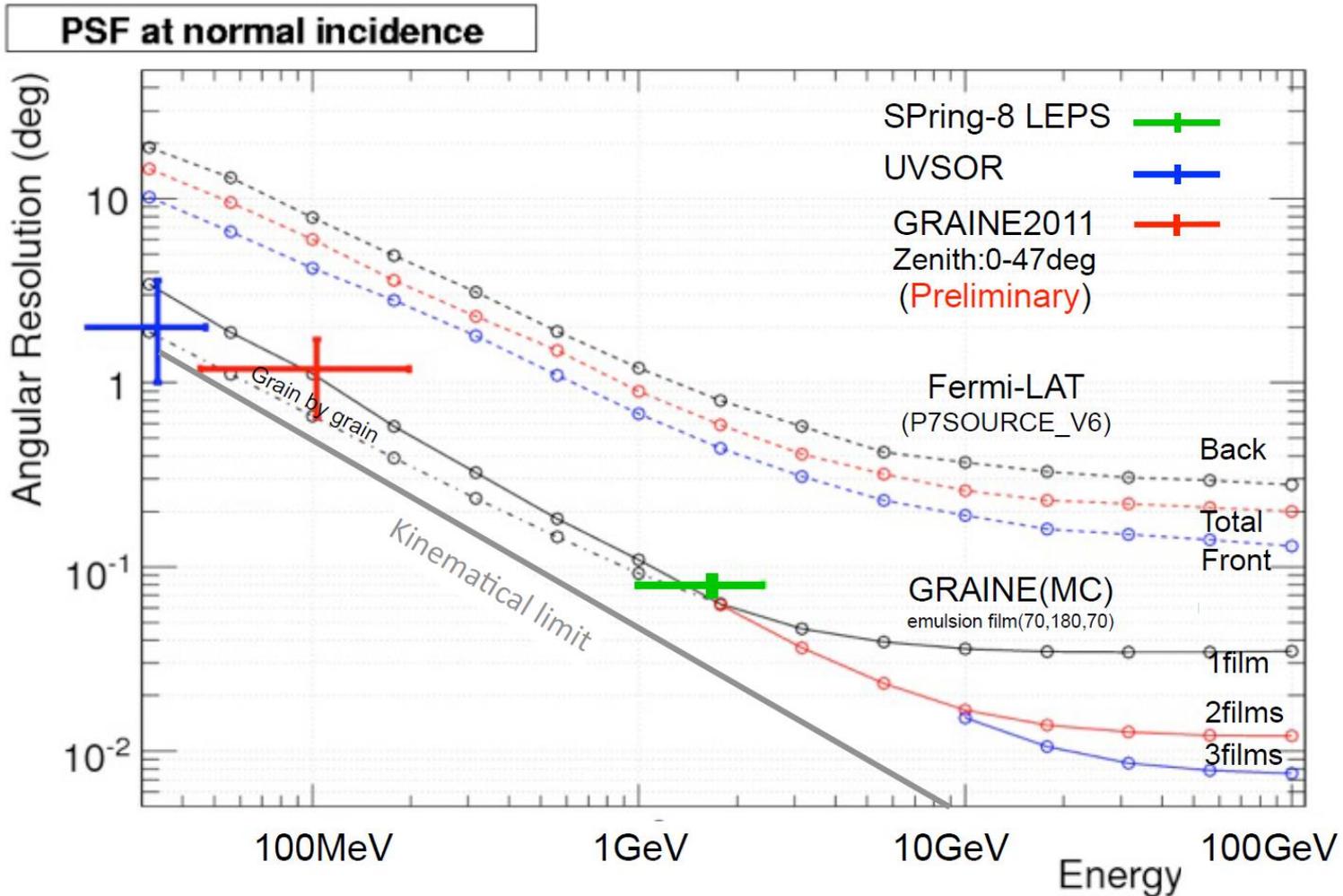


(Ackermann+13)



(Tang 2017)

# “ガンマ線天文学”のもう一つの戦略



From 青木さんのスライド

## 戦略③ 角度分解能の向上

# GRAINE

原子核乾板(エマルジョン)

荷電粒子に"感光"するフィルム。

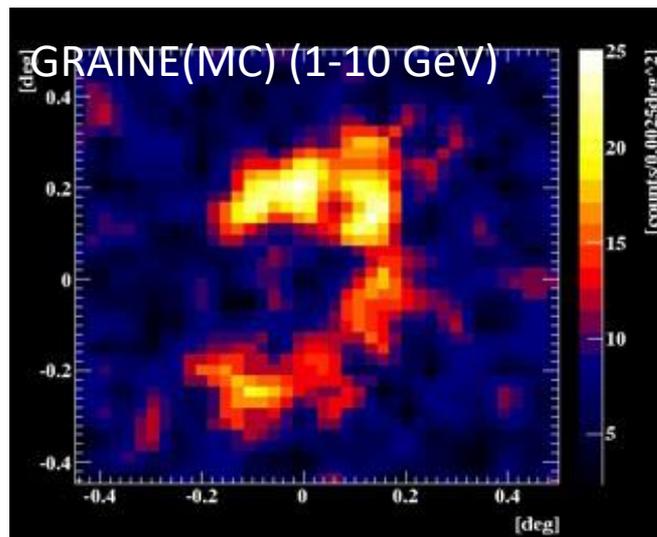
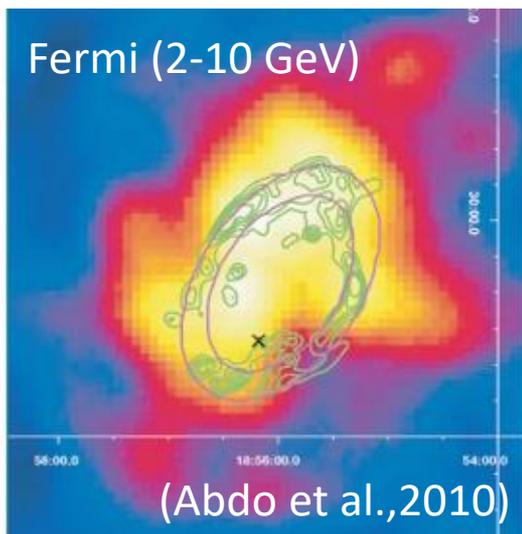
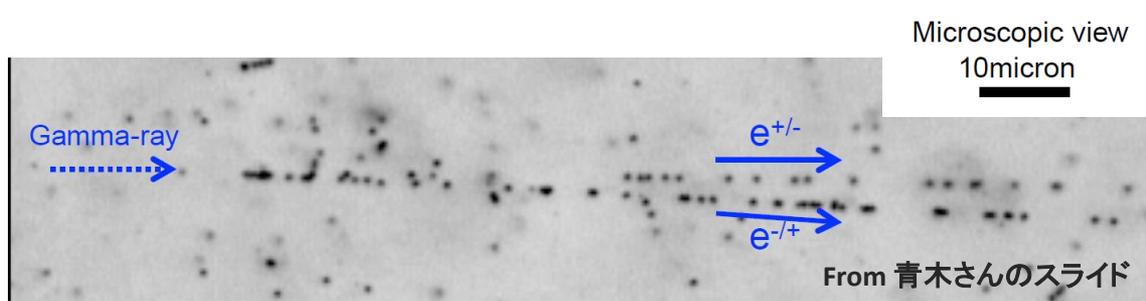
ガンマ線が対生成で作った電子・陽電子の飛跡を(アナログに)記録できる。

優れた空間分解能、軽量・安価(⇔大面積化が可能)

角度分解能の向上のインパクト

放射の空間的分布を、他波長の観測結果と比較できる。

例: 超新星残骸でよく問題になる話。 $\gamma$ 線の角度分解能が悪いから、分子雲と関連しているのか(陽子起源 $\gamma$ 線)、X線のプロフィールと関連してるのか(電子起源 $\gamma$ 線)が分からない。



From 青木さんのスライド

# まとめ

- CTA
  - TeV領域での感度向上を目指す。
  - ソース数が一桁程度増加する見込みであり、TeVガンマ線天文学の本格的な幕開けを迎えようとしている。
- SMILE
  - MeV領域の感度ギャップを埋めることを目指す。
  - 歯抜けだったMeV領域の観測が実現することで、宇宙線加速のシナリオをはじめとする理論モデルに重大なヒント(もしくは直接的証拠)を与えうる。
- GRAINE
  - 角度分解能の向上を目指す。
  - 天体からの放射の空間的分布の情報を有効活用できるようになる。
- ガンマ線天文学は、これから！

# おまけ

建設中のLST1号機に鏡とカメラが載ったらしいです。



From Teshima-san's twitter