



宇宙線研究室 MeVグループ

構成員

谷森教授

高田助教

特定研究員 2人

博士課程 2人

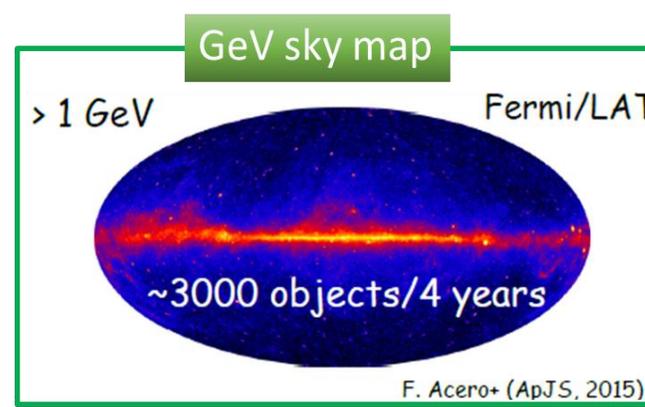
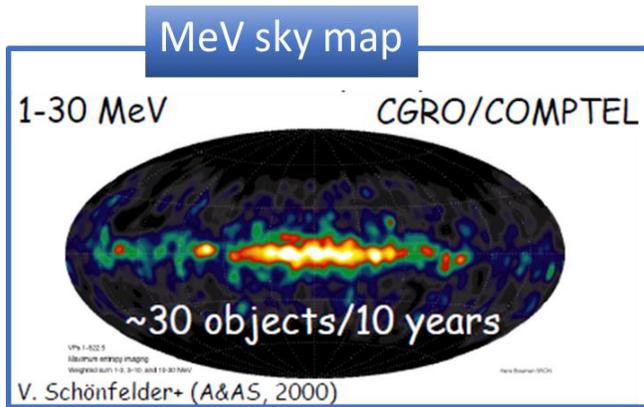
修士課程 5人



MeVガンマ線天文学とその現状

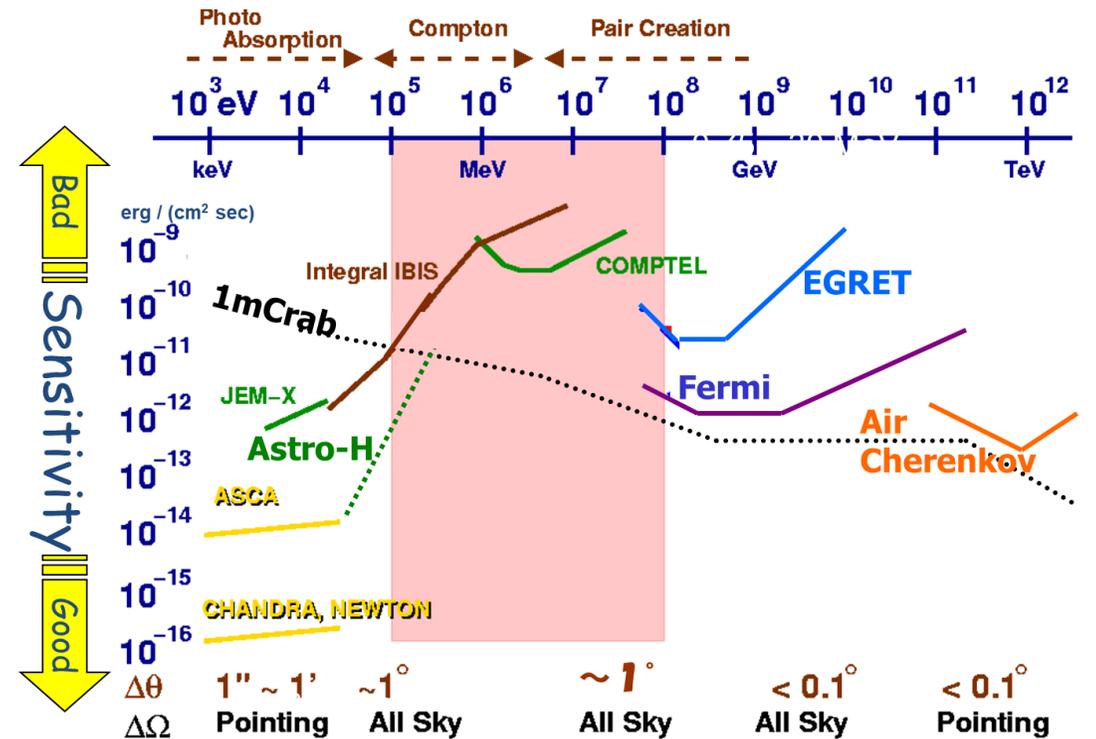
天体からのMeVガンマ線

- 超新星残骸：重い元素の合成現場
- パルサー：放射機構の解明
- 恒星質量ブラックホール：降着円盤、 π^0 の崩壊
- 銀河中心：電子・陽電子対消滅
- 活動銀河核、太陽フレア、ガンマ線バースト等



MeVガンマ線観測の難点

- 散乱優位→エネルギー、到来方向等の情報を失う
- 雑音が多い(銀河中心からの放射、宇宙線と筐体の相互作用、地球大気等)

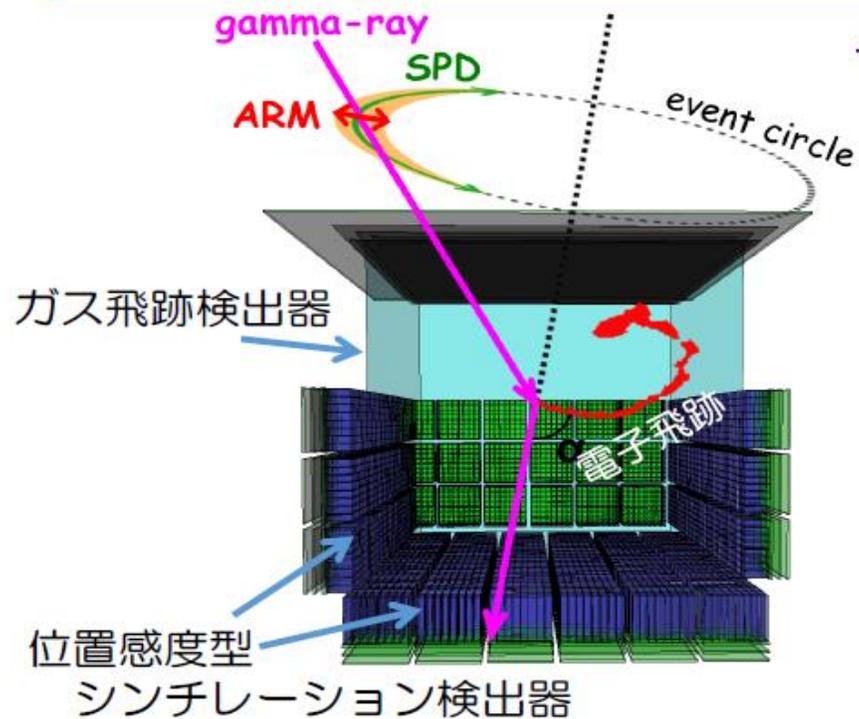


次世代望遠鏡へ要求

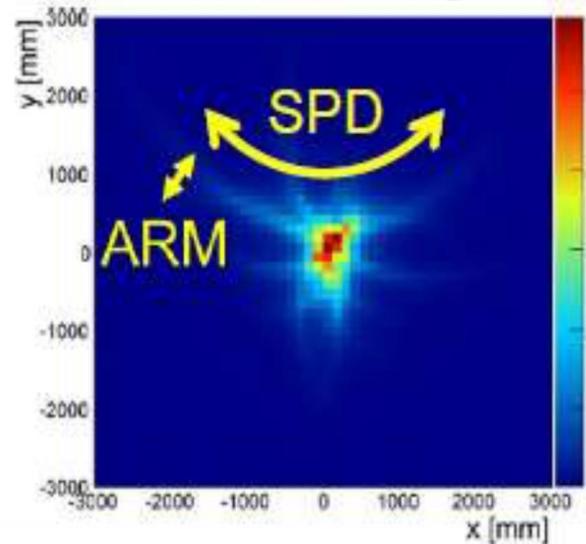
- 広エネルギー帯域⇒放射機構解明
- 広視野 ⇒ MeV天体探査
- 高雑音除去能力 ⇒ 高検出感度

SMILE計画 (Sub-MeV gamma-ray Imaging Loaded-on-balloon Experiment)

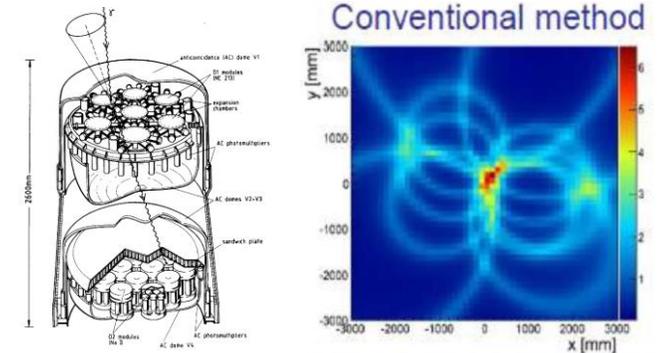
我々の検出器：ETCC (Electron-tracking Compton camera)



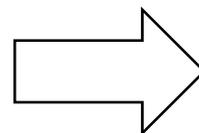
Electron Tracking method



従来型検出器

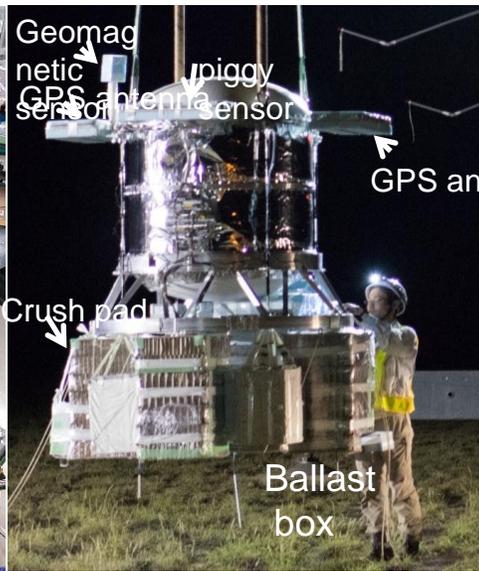
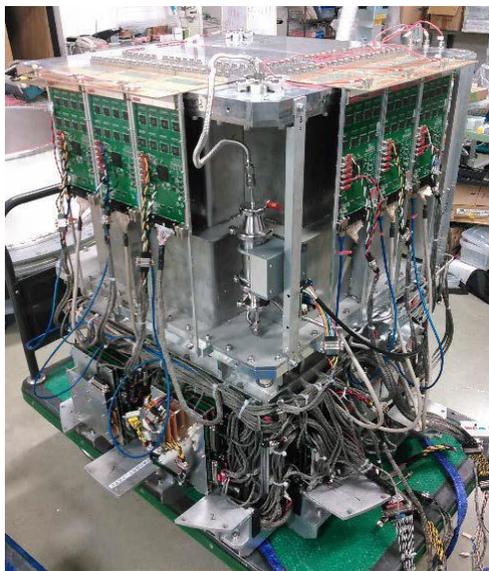


- ガス検出器
反跳電子のエネルギー + **飛跡**
- シンチレーション検出器
散乱ガンマ線のエネルギー + 吸収位置



個々の光子の到来方向を**一意に**決定
広視野、高雑音除去能力の実現

SMILE-2+ (2018 4/7-8)



高度~40 km
150 m
ゴンドラ
JAXA 梯氏提供

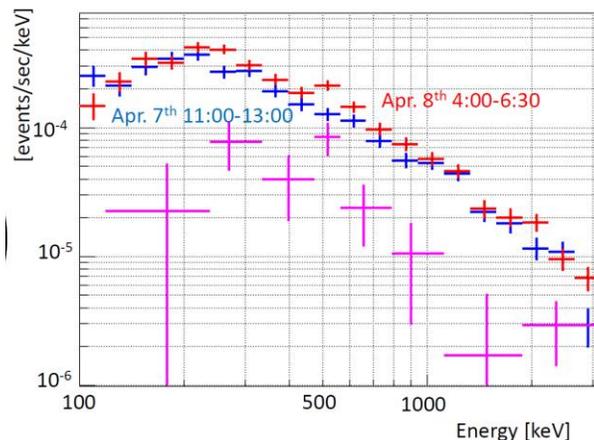
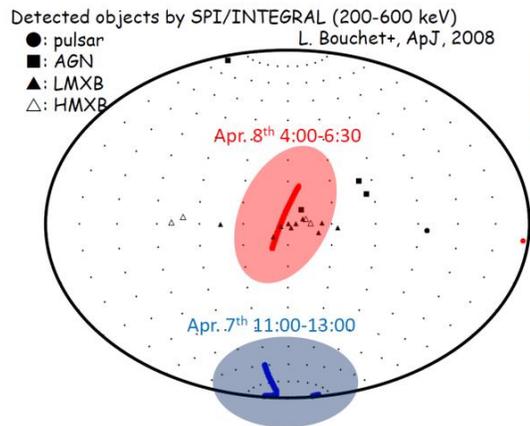


気球を用いたMeVガンマ線観測実験：SMILE-2+→目的:高雑音環境でのETCCの撮像性能の実証
水平浮遊高度約40 km、約26時間のフライトに成功。
銀河中心領域からの e^\pm 消滅線(511 keV)やかに星雲が主な観測対象。

フライトデータ解析状況

銀河中心領域

銀河中心領域には多量の e^\pm 消滅線の放射が存在。
(e^+ の起源：放射性核種? 高エネルギー天体? ダークマター?)

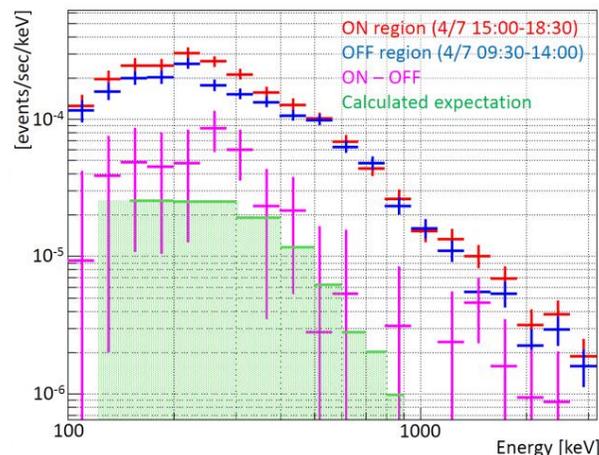
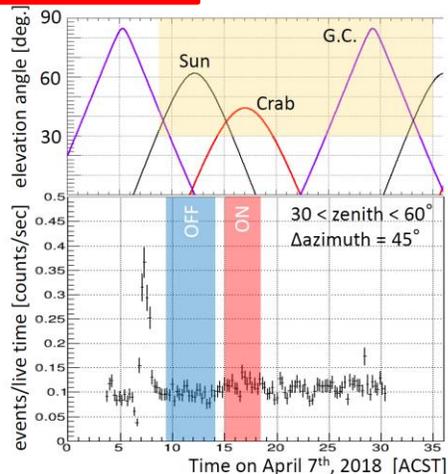


解析結果

銀河中心領域に e^\pm 消滅線の超過を $\sim 5\sigma$ で検出!
超過量も文献値とオーダーで一致!

かに星雲

MeVで最も明るい点源。



解析結果

かに星雲を $\sim 3\sigma$ で検出!
差分スペクトルも
シミュレーションと無矛盾。
設計通りの感度が得られている見込み。

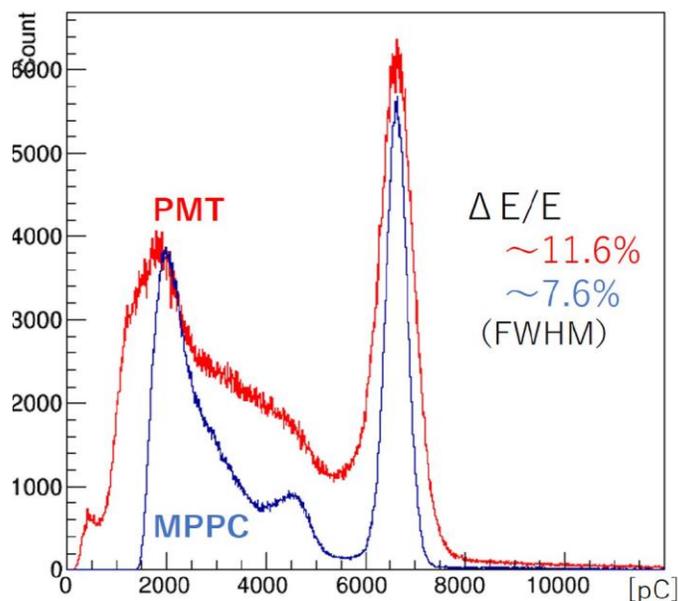
次期計画;SMILE-3

目標;有効面積>5倍、角度分解能2~3倍

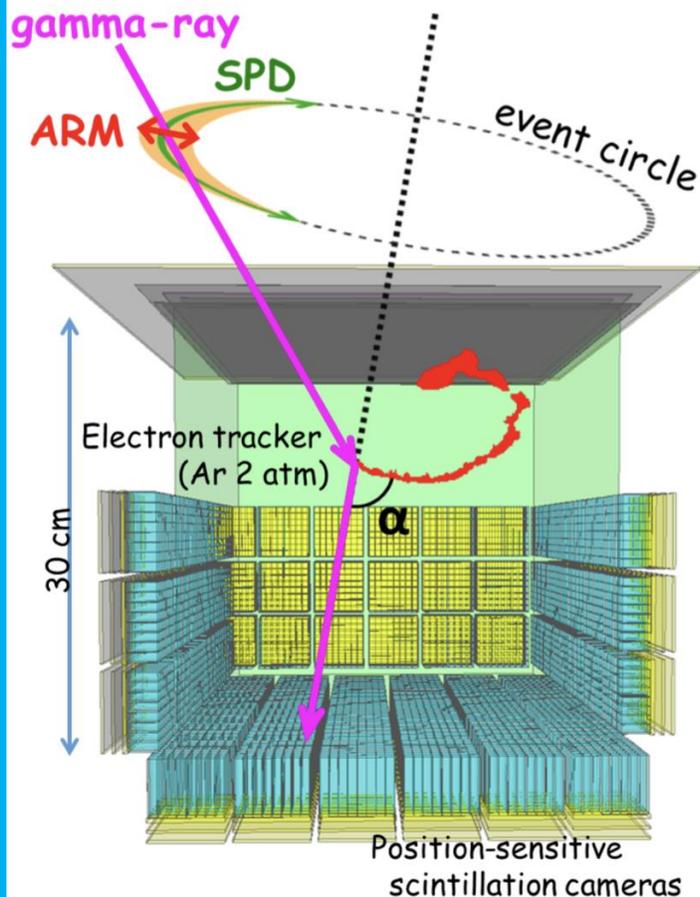
シンチレータの改良

光読み出しをPMTからMPPCへ

- ⇒エネルギー分解能**向上**
- ⇒ARM **1.2倍**

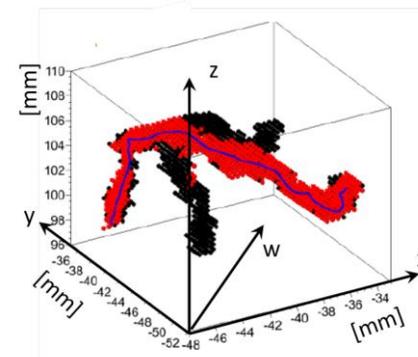


姿勢センサの見直し

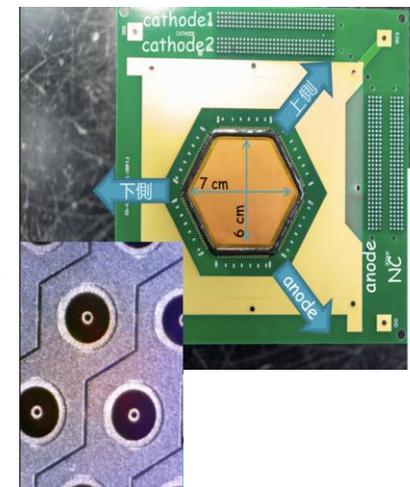


ガス飛跡検出器の改良

- CF₄ベースのガスで3気圧
 - ガス容積の大型化
 - 3軸 μ -PICの使用
- ⇒SPD **3~4倍**



黒 : 2軸 (従来)
赤 : 3軸 (改良)



全体のシステムの改良

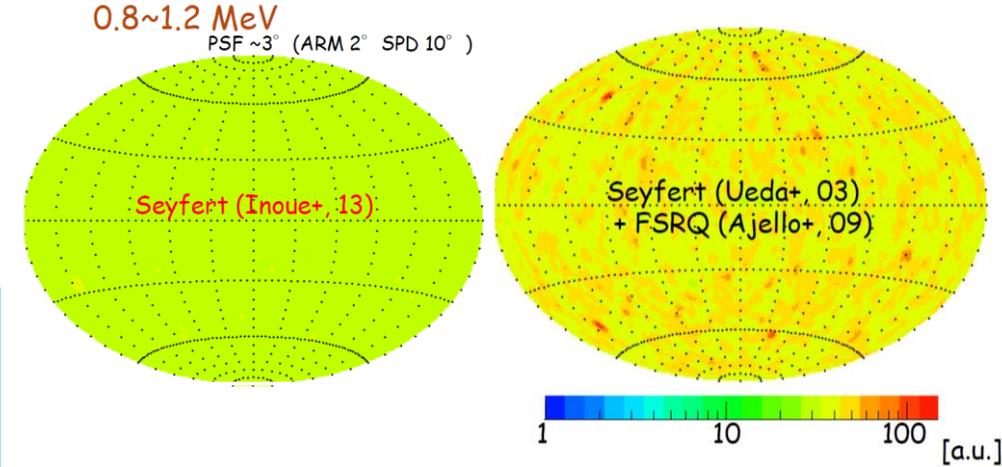
ガス圧力容器を露出、軽量化

科学観測で目指すサイエンス

銀河系外由来拡散ガンマ線の放射機構の解明 (気球)

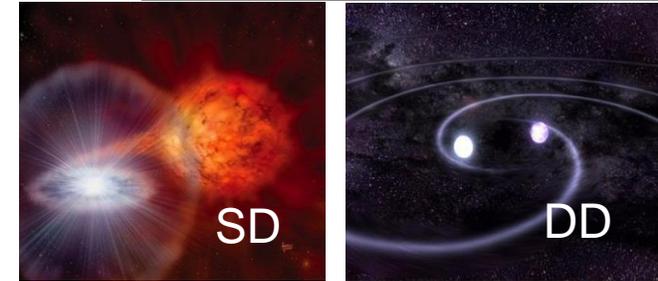
セイファート銀河の降着円盤での非熱的電子による放射に由来するとする説とブレーザーからの放射であるとする説が存在。放射の非一様性の観測で検証可能。

SMILE-3ではその他にもかにパルサー・銀河中心の偏光や Cen A(活動銀河核)なども観測予定。

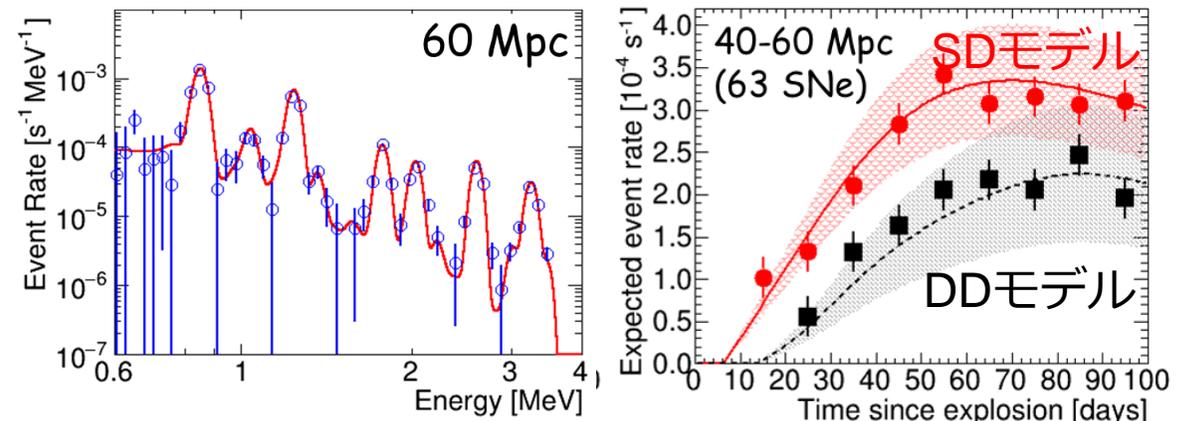


銀河面26Al・60Fe生成候補天体の解明 (衛星)

候補:重力崩壊型超新星、赤色巨星、ウォルフ・ライエ星、新星アウトフロー。ガンマ線分布と天体分布の比較により生成候補天体について議論可能。生成候補天体ごとの元素合成環境の違いがラインガンマ線間の強度比にも影響。



ガンマ線検出レート (50 keV~ 4 MeV)



Ia型超新星の爆発機構の解明 (衛星)

白色矮星-赤色巨星連星の爆発とする説 (SDモデル) と白色矮星同士の合体とする説 (DDモデル) が存在。爆発時の周辺物質環境による散乱・吸収の違いにより検証可能。



水村好貴+,
arXiv:1805.07939 (2018)

まとめ

- MeVガンマ線は元素合成を直接探れるプローブである一方、光子による天文学最後の未開拓領域。
- 撮像性能実証のための観測SMILE-2+を2018年に実施。
初期解析は事前シミュレーションと合致し、解析状況は順調。
- 次期長期気球観測計画：SMILE-3から本格科学観測が始まる。
⇒計画始動初期段階である今がチャンス！！！！

宇宙線研究室で
MeVガンマ線の研究をしませんか？



<http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/research/MeV-gamma>