

# 宇宙線研究室 $\gamma$ 線グループ

$\gamma$ 線を用いて宇宙における高エネルギー現象を対象に活動しています。 $\gamma$ 線グループは、大きく分けてTeV領域を対象としたCANGAROOグループとMeV領域を対象にした $\mu$ -PICグループに分かれて、観測データの解析や検出器の開発を行っています。また、GeV領域を対象にFermiグループも活動を始めました。どの領域もまだまだ未解明な現象が多い分野です。

**あなたも未知なる領域に挑戦しませんか！**

教授 谷森 達  
助教 窪 秀利 身内 賢太郎

2010年度 Lorentz祭 宇宙線研究室  $\gamma$ 線グループ

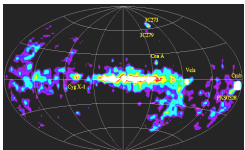
## SMILE ( $\mu$ -PICを用いた気球実験)

詳しくは松岡まで

Sub-MeV  $\gamma$ -ray Imaging Loaded-on-balloon Experiment

### 1. MeV- $\gamma$ 線天文学の背景

0.1~数MeVの $\gamma$ 線を対象とした計測手段はほとんど進歩してなく、他の領域に比べ感度が10倍以上悪い。いまだ未開拓なエネルギー領域



### 2. MeV- $\gamma$ 線で見る天体現象

- 元素合成
  - ★ 超新星残骸の核 $\gamma$ 線  $^{56}\text{Ni}$ ,  $^{60}\text{Co}$
  - ★ 銀河面の同位体  $^{26}\text{Al}$ ,  $^{60}\text{Fe}$ 、電子陽電子対生成
- 粒子加速
  - ★  $\gamma$ 線バースト、活動銀河核のジェット
  - ★ 高エネルギー電子によるシンクロトロン放射や逆コンプトン散乱

### 3. なぜMeV- $\gamma$ 線天文学は難しいのか？

- 宇宙から到来する光子数が少ない
- MeV領域ではコンプトン散乱が優位で到来方向の決定が困難
- バックグラウンドが大きい

### 4. $\mu$ -PICによるMeV $\gamma$ 線カメラの開発

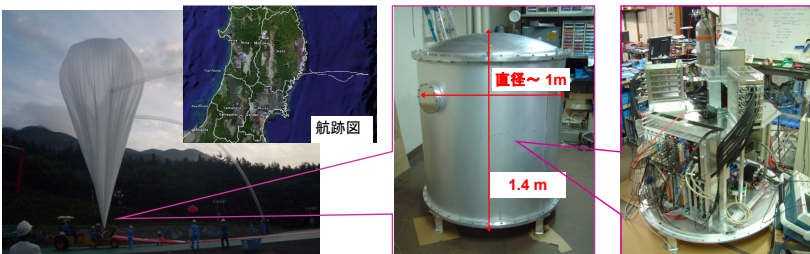
MeV領域での観測を行うため、我々は独自のMeV $\gamma$ 線カメラを開発。イベント毎のコンプトン散乱の入射 $\gamma$ 線の到来方向を決定することが可能。

### 5. 気球実験(2006.9.1 三陸にて)

検出器: 10cm角MeV- $\gamma$ 線カメラ フライト: 7時間

フライトのあいだ検出器は正常に稼働し、宇宙散乱 $\gamma$ 線と大気 $\gamma$ 線の測定に成功!

(電子飛跡検出型コンプトンMeV- $\gamma$ 線カメラとしては世界初)

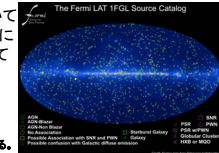


気球実験の様子2006.9.1@三陸(左図)、検出器を格納する気球ベッセル(容器)(中図)、気球に搭載した検出器(右図)

## Fermi $\gamma$ 線天文衛星

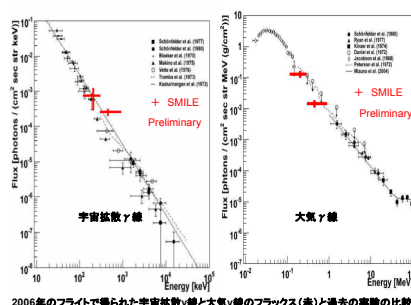
詳しくは岩城まで

- Large Area Telescope (LAT): シリコンストリップセンサーを用いて30MeV~300GeVの高エネルギー $\gamma$ 線による対生成を捕らえる。従来の数倍の角度分解能と数十倍の感度を持つ。
- GeV $\gamma$ 線を用いてブラックホールや中性子星、活動銀河核 (AGN)、超新星残骸やガンマ線バーストなど高エネルギー $\gamma$ 線現象を観測。
- 衛星からのデータを用いて天体の解析を行い、さらに他波長の結果と合わせて宇宙線起源の謎を解明していく。



高い感度と角度分解能により、千倍以上の天体が見つかった。

タンゲステンフォイル  
飛跡検出用シリコンストリップセンサー  
エネルギー測定用Cal シンチレータ



### SMILE計画の今後

10cm角MeV- $\gamma$ 線カメラ  $\Rightarrow$  30cm角へ  
最終的には衛星に搭載し全天探査を目指す。  
30cm角の $\mu$ -TPCを数個並べれば、COMPTELの10倍の感度が期待できる。

次回は2012年に放球予定  
CrabやCygnus X-1の観測を目的に

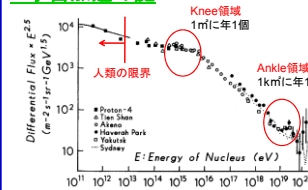
- 大型化以外にも、
- データ処理の効率化
- 長期フライトのための省電力化
- 封入ガスによる検出効率・位置分解能の向上
- など様々な実験を学生が実際に行っている

## CANGAROO・CTA (TeV $\gamma$ 線)

詳しくは青野まで

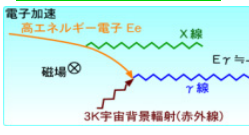
Collaboration of Australia Nippon for a GAMMA RAY OBSERVATORY IN THE OUTBACK

### 1. 宇宙加速の謎



● 宇宙線の正体は、超高エネルギーの陽子や電子などの荷電粒子!  
● その起源と加速機構は未だにはっきりしていない。

### 3. TeV $\gamma$ 線の生成機構



### 電子起源

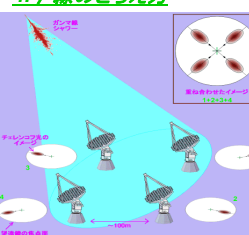
- 高エネルギー電子による逆コンプトン散乱

### 陽子起源

- 高エネルギー陽子と星間物質との衝突によって生成される $\pi^0$ 粒子の崩壊

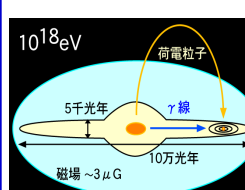
粒子加速の現場でTeV $\gamma$ 線が生まれる!

### 4. $\gamma$ 線のとらえ方



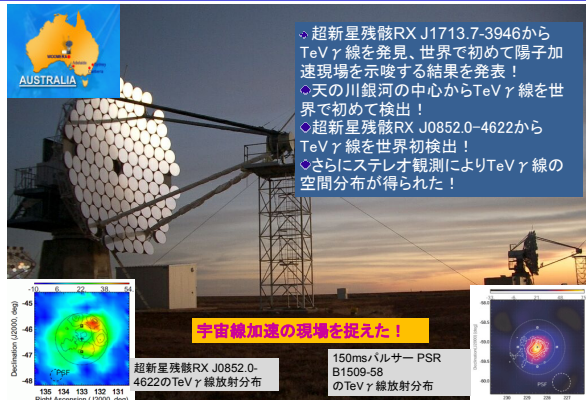
- TeV $\gamma$ 線は、大気に遮られ、地上まで届かない。しかし、大気と相互作用することによって、連鎖的に電子陽電子対が生成する「空気シャワー」が起こる。
- これらの荷電粒子が出すチェレンコフ光を地上の望遠鏡で受け止めることで、間接的に $\gamma$ 線を検出する。

### 2. なぜ $\gamma$ 線なのか？



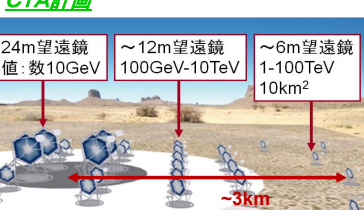
● 荷電粒子は、星間磁場によって曲げられてしまうため、その到来方向がわからない。  
●  $\gamma$ 線であれば磁場に影響されず、直進するので到来方向がわかります。また、透過力が強いので、遠くまで見渡すことができる。

TeV $\gamma$ 線で宇宙線加速現場が見える!



超新星残骸RX J0852.0-4622のTeV $\gamma$ 線放射分布

### CTA計画



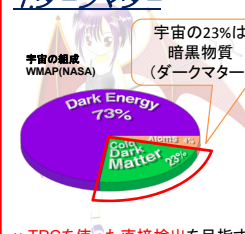
現在、Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画という大規模な国際共同実験計画が動いている。当研究室ではこれにむけた回路の開発等を行っている。

## NEWAGE 暗黒物質探索実験

詳しくは中村まで

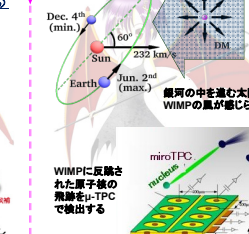
NEw generation WIMP search with an Advanced Gaseous tracker Experiment

### 1. ダークマター



宇宙の23%は暗黒物質(ダークマター)  
● 適切な質量と寿命  
● 通常の物質とはほとんど反応しない

### 2. WIMP (Weakly Interacting Massive Particle)



### 4. 展望

- これまで、検出器の性能チェック
- 3次元的な原子核飛跡の取得に成功
- 前方散乱の様子も捉えた



現在、低バックグラウンド環境(神岡地下)に検出器を置いて、精度を上げる実験をしている。今後、検出器を大型化し、感度向上をめざしている。