

# 高エネルギー天体グループ

---

浅野勝晃

A5サブコース：宇宙物理学理論

# 理論物理のグループ

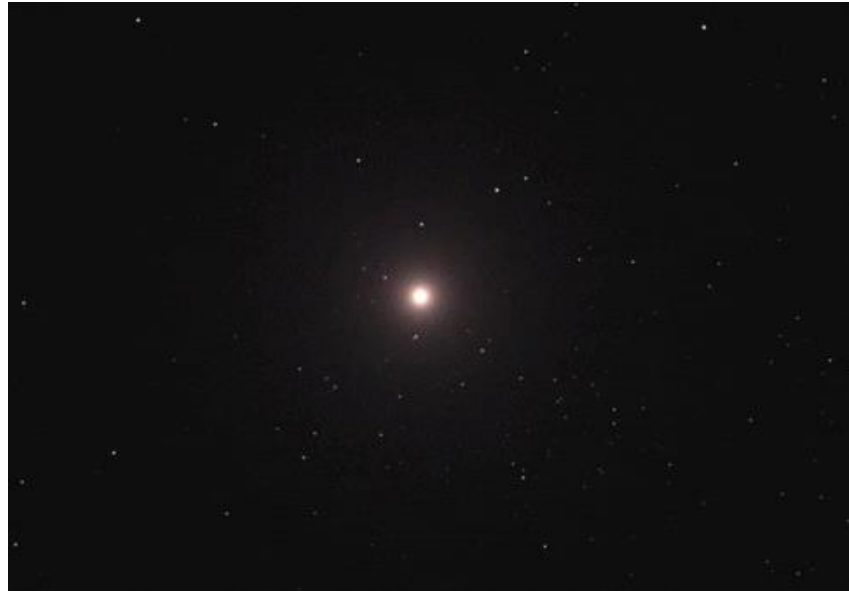
- 宇宙で起きる現象全てに興味があります。
- なぜ「高エネルギー」に焦点が当てられているか？
  - 未解決の問題が多いから（宇宙線の起源、ジェット加速、放射過程）
  - 観測的に盛り上がっている（宇宙線、ガンマ線、ニュートリノ、重力波）
- 広い視野を持ち、好奇心旺盛な人を求めています。
  - 多様性：様々な天体現象・観測手段
  - 相互関連：星形成 $\leftrightarrow$ 超新星、銀河形成 $\leftrightarrow$ ブラックホール
  - 共通する物理：ブレーザーvsガンマ線バースト

# 高エネルギー天体現象

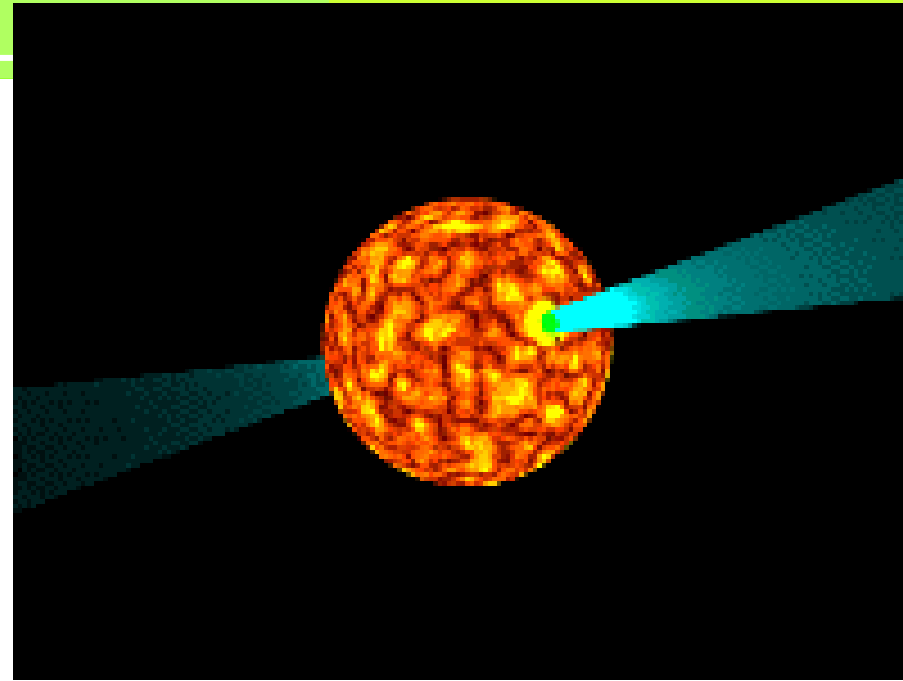
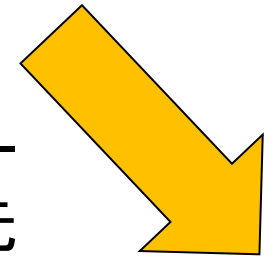
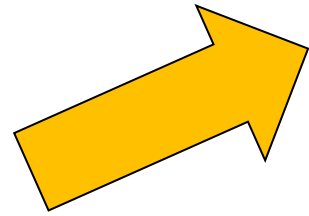
## 中性子星

## 超新星残骸

### 超新星爆発

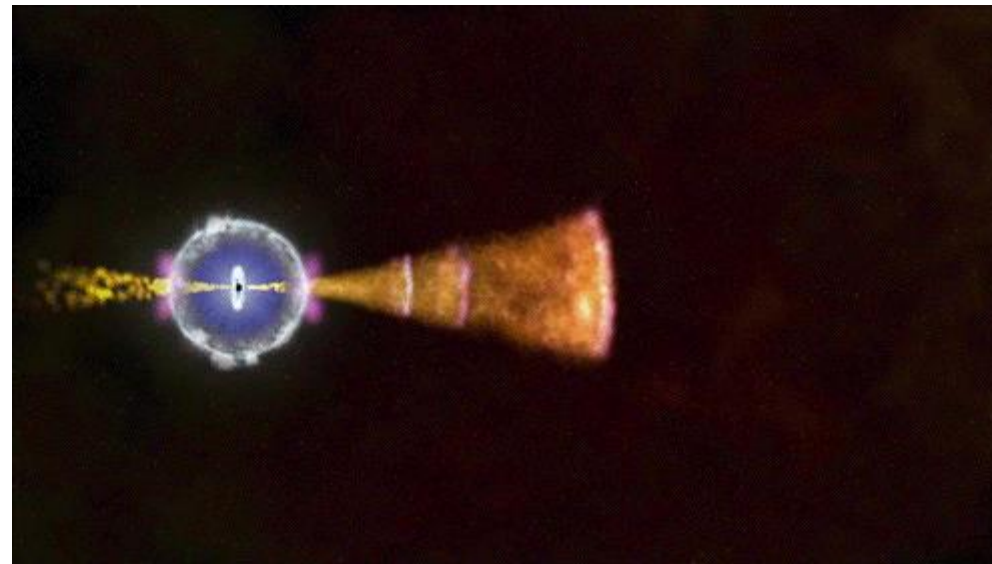


原始中性子星から放たれるニュートリノが爆発エネルギー源。重元素をばらまく。シミュレーションで爆発は再現できていない。

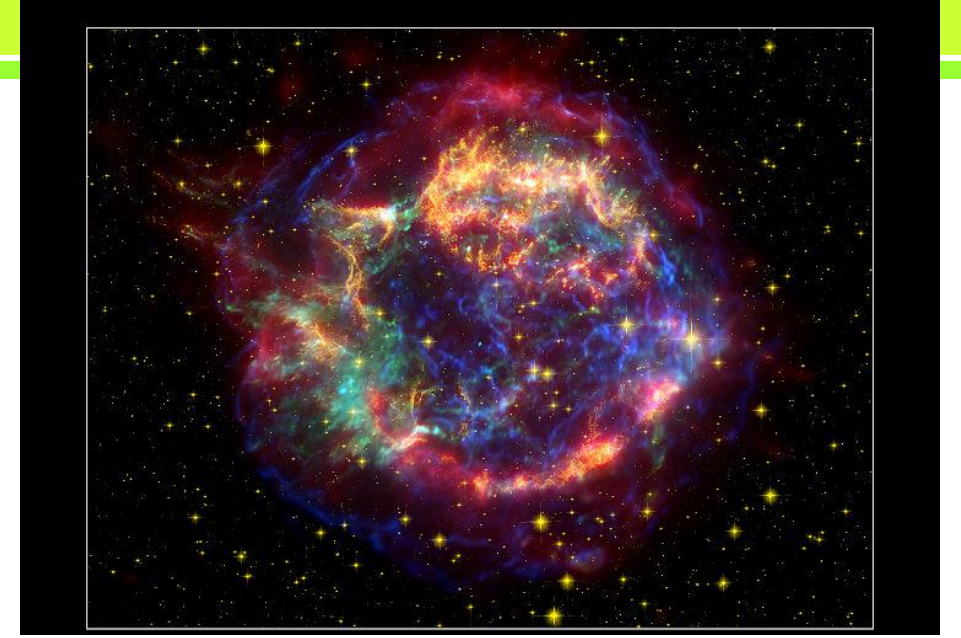
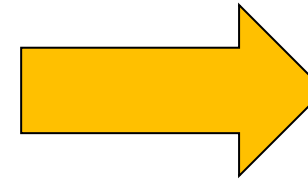


パルサーとして観測。自転エネルギーをプラズマ流として放出。電波やガンマ線の放射過程は未解明。

### ブラックホール

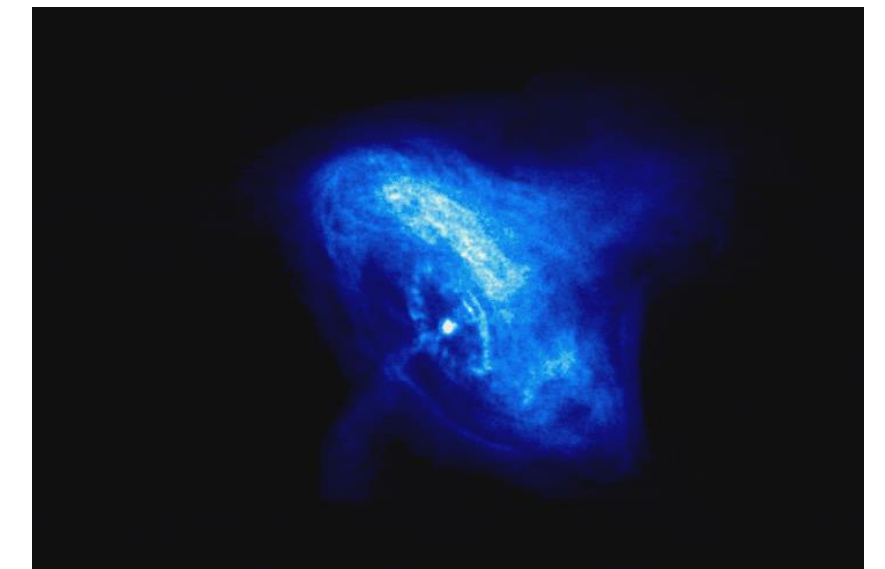


ガンマ線バーストを放つことも。重力エネルギーをジェットのエネルギーに変換。ジェット生成・放射過程が未解明。



星間空間を走る衝撃波。宇宙線の加速現場。宇宙線の最高エネルギーや逃走過程が未解明。

### パルサー星雲



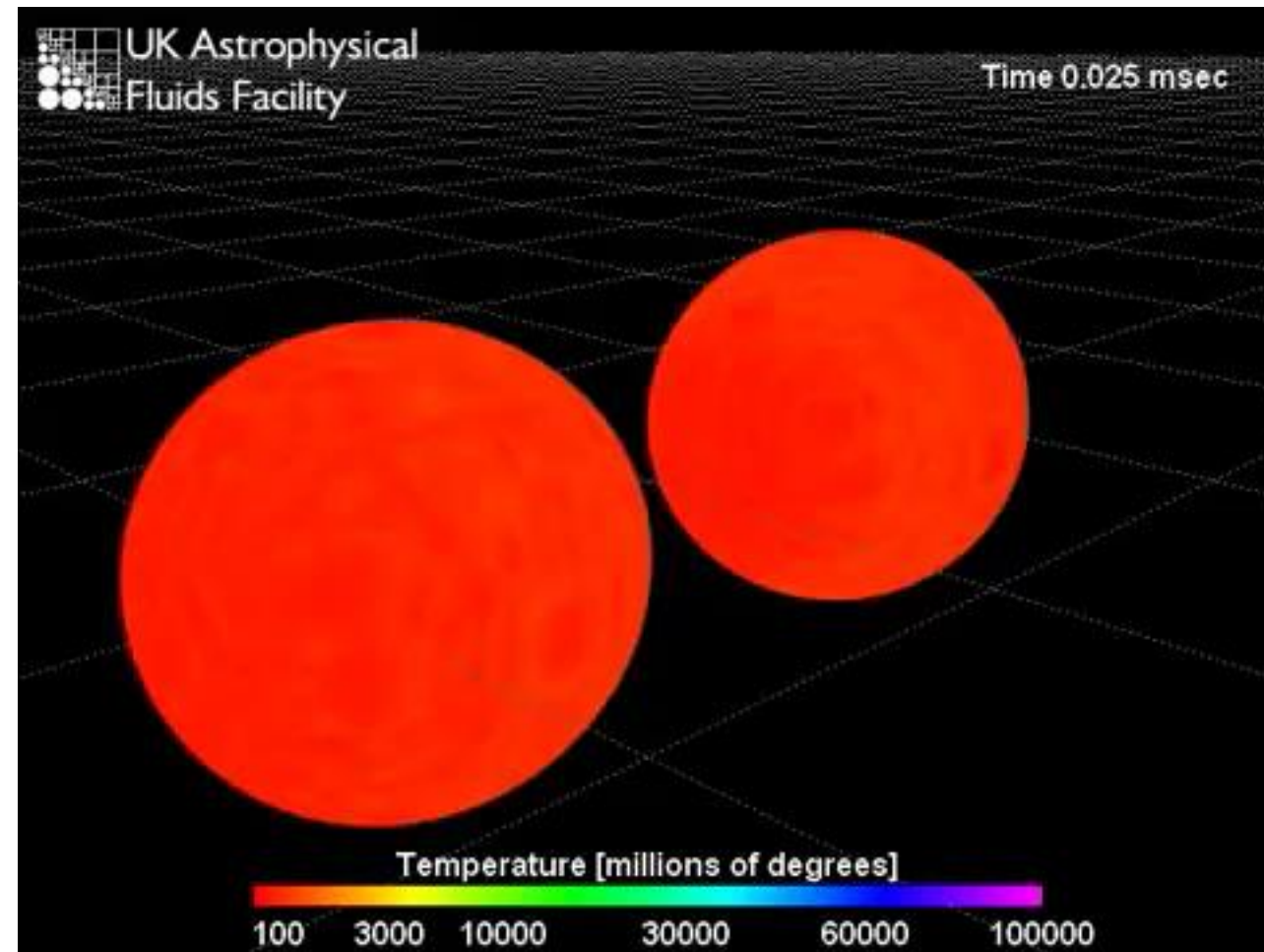
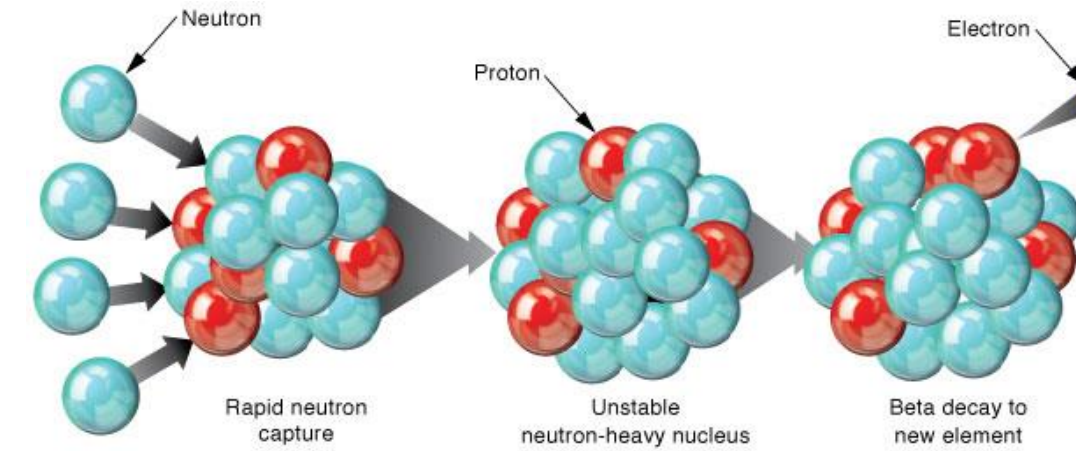
中性子星から放たれる電子・陽電子プラズマ風。磁場エネルギーをプラズマ風の運動エネルギーに転換する機構が未解明。

# 中性子星連星合体

## r-過程元素合成

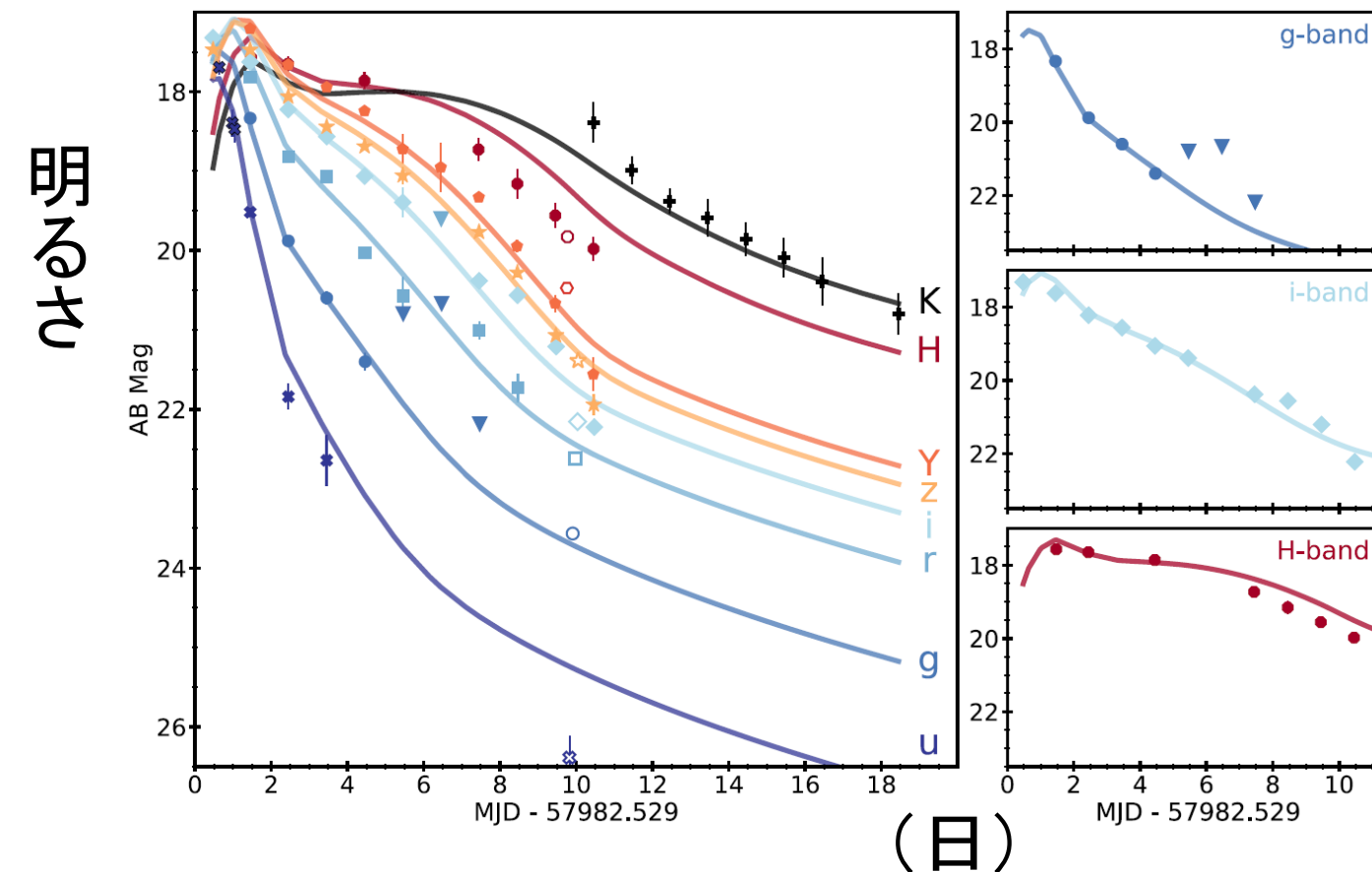
⇒不安定核（放射性元素）の生成

重力波を放って合体。  
ブラックホールを作り、ガンマ線バーストを起こす。



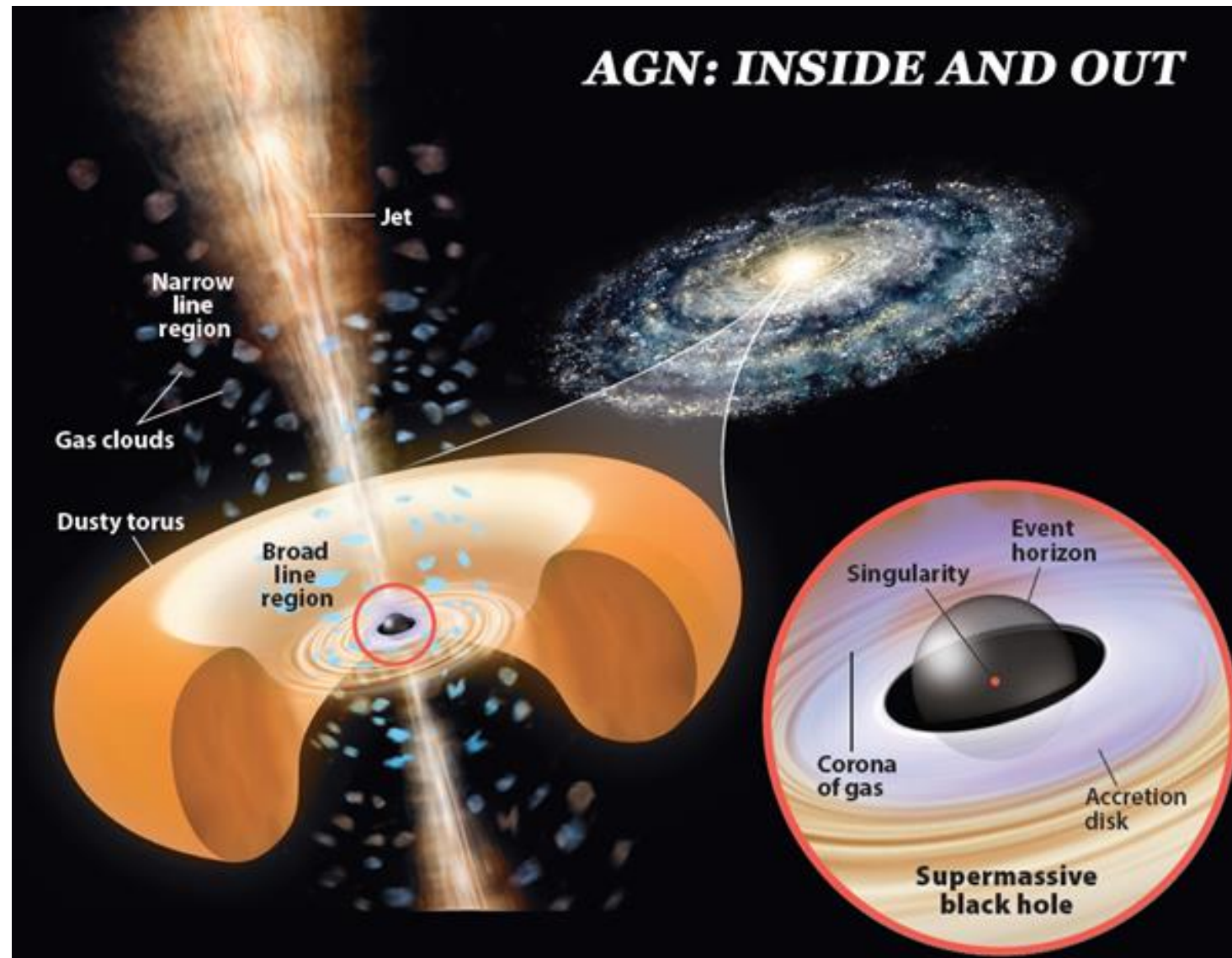
## キロノバ

放射線を熱源として、可視光、赤外、紫外線で光る。  
ガスの速度分布など解釈は定まっていない。

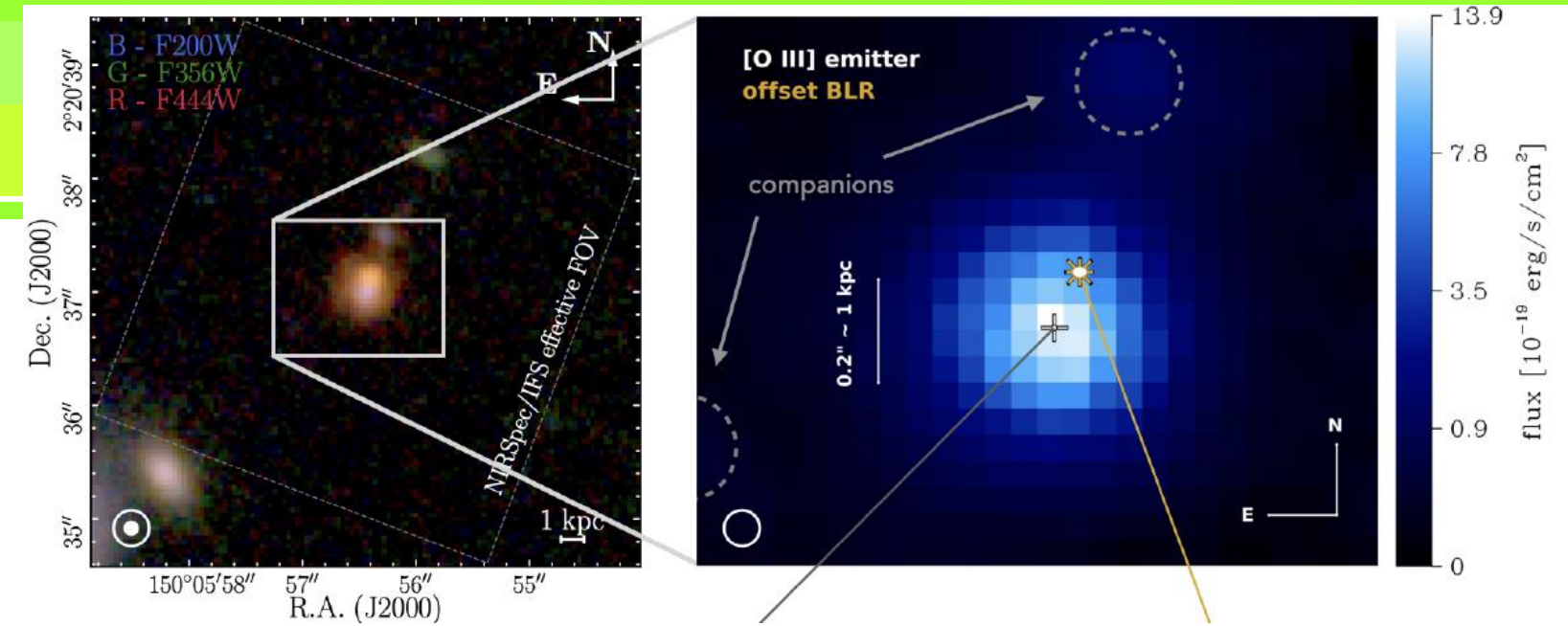


ジェットの生成機構、ガンマ線バーストになる割合など未説明。

# 巨大ブラックホール

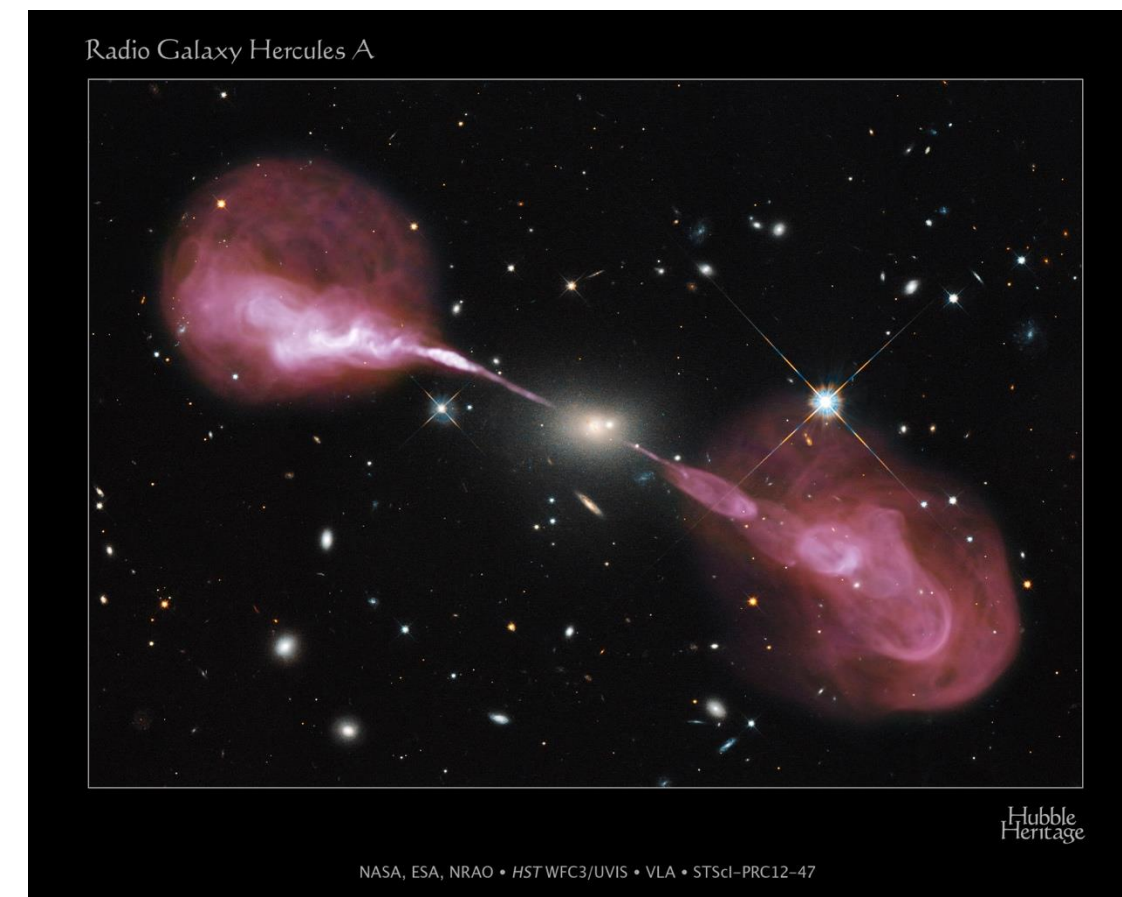


銀河の中心には太陽質量の $10^6$ - $10^9$ 倍のブラックホールが鎮座。落ち込むガスが重力エネルギーを放ち、明るく輝く。相対論的速度のジェットを噴き出す場合も。ブレーザーと呼ばれる。  
**ジェットの生成機構・放射過程・宇宙線生成効率など未解明。**



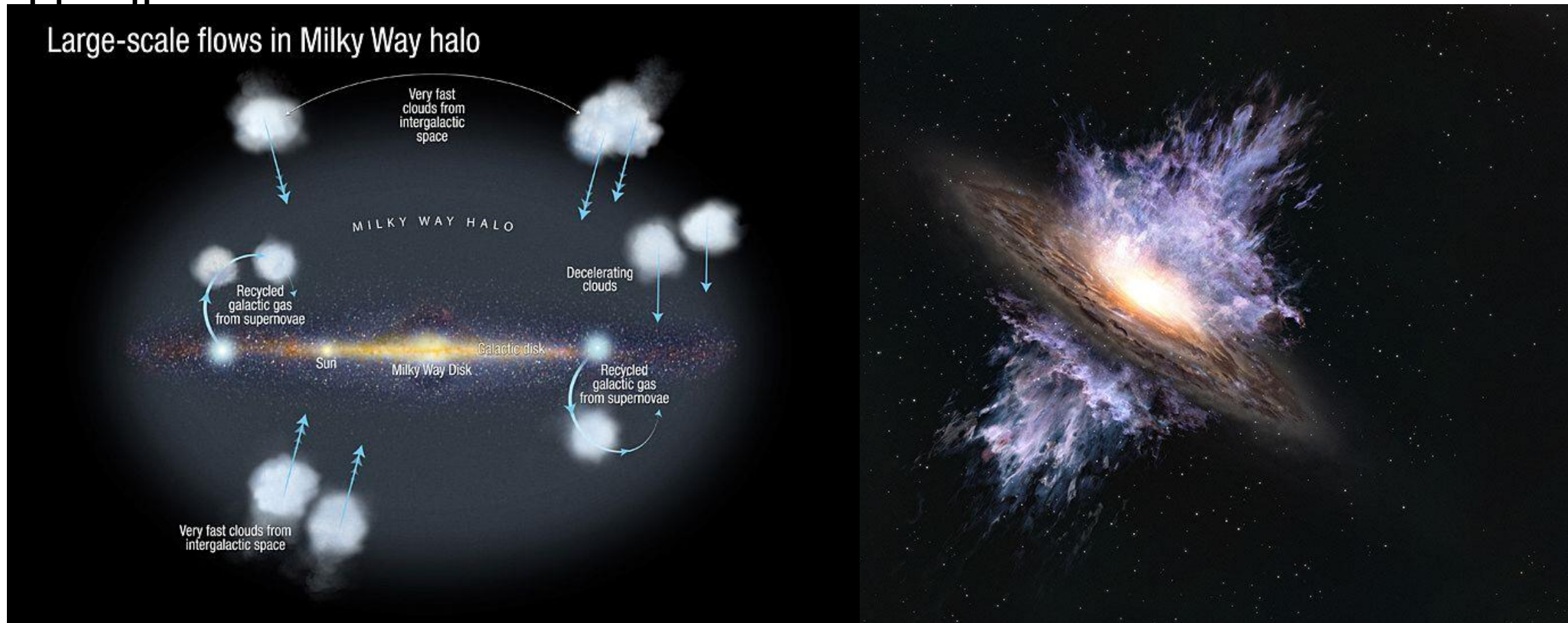
赤方偏移 $\sim 7$ （宇宙年齢7.4億年）で既に太陽質量の約 $10^8$ 倍のブラックホールが発見。  
**そんなに大きなブラックホールを如何にして作るか？**

## 電波銀河

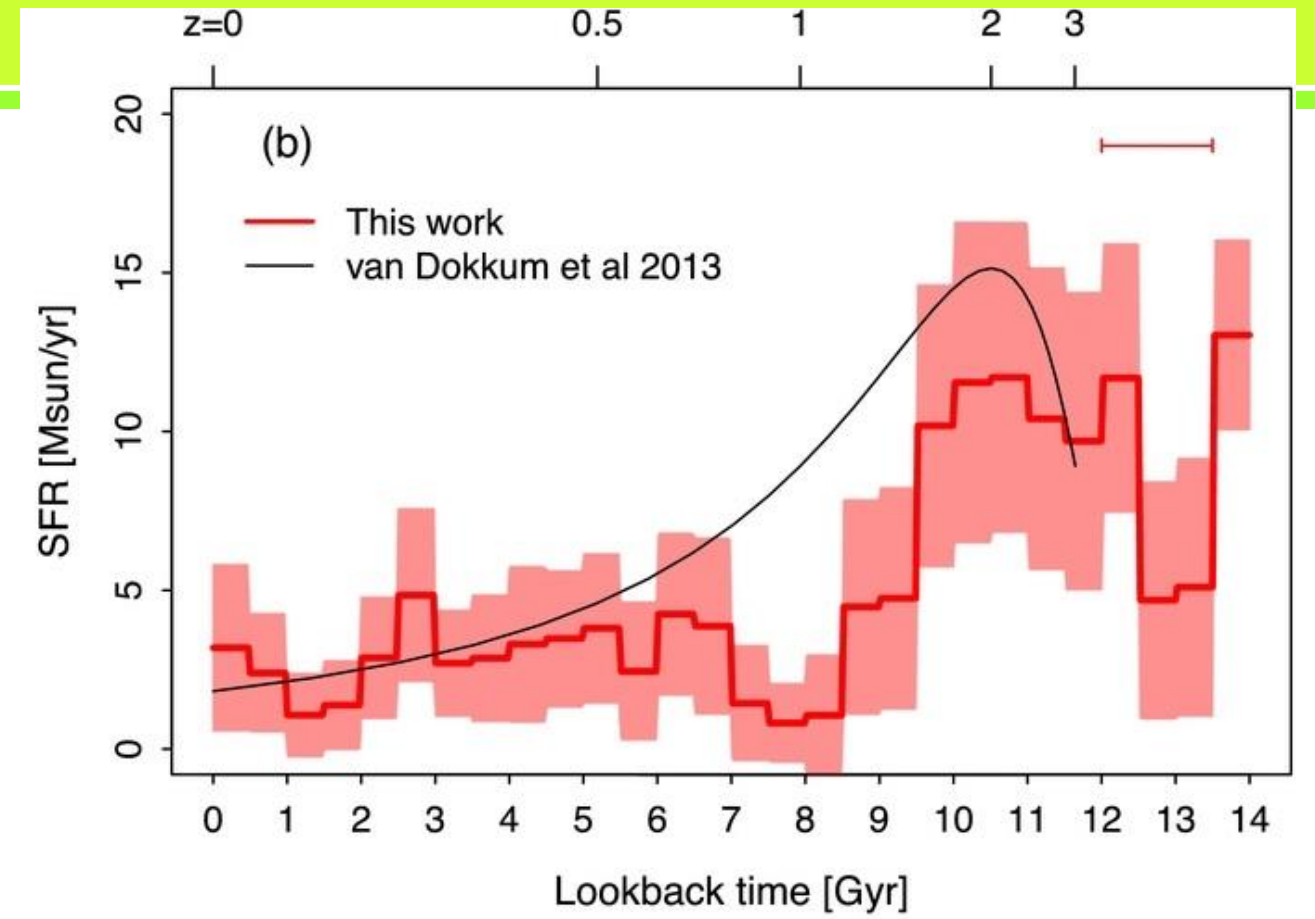


# 銀河の進化

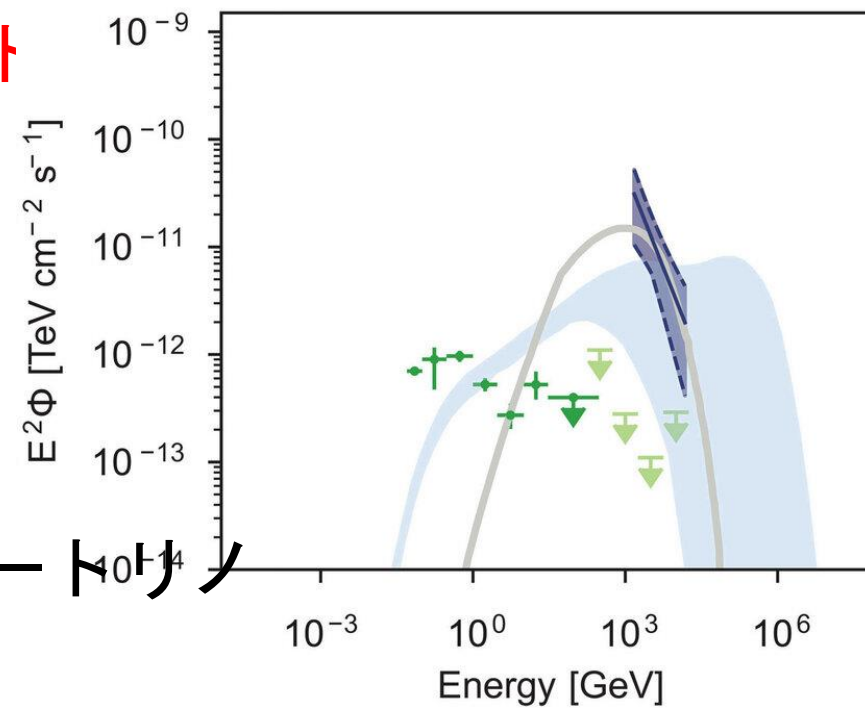
系外からのガス降着が星形成と中心ブラックホールの成長を駆動。  
超新星爆発により、銀河風が駆動。銀河風がガス降着をコント



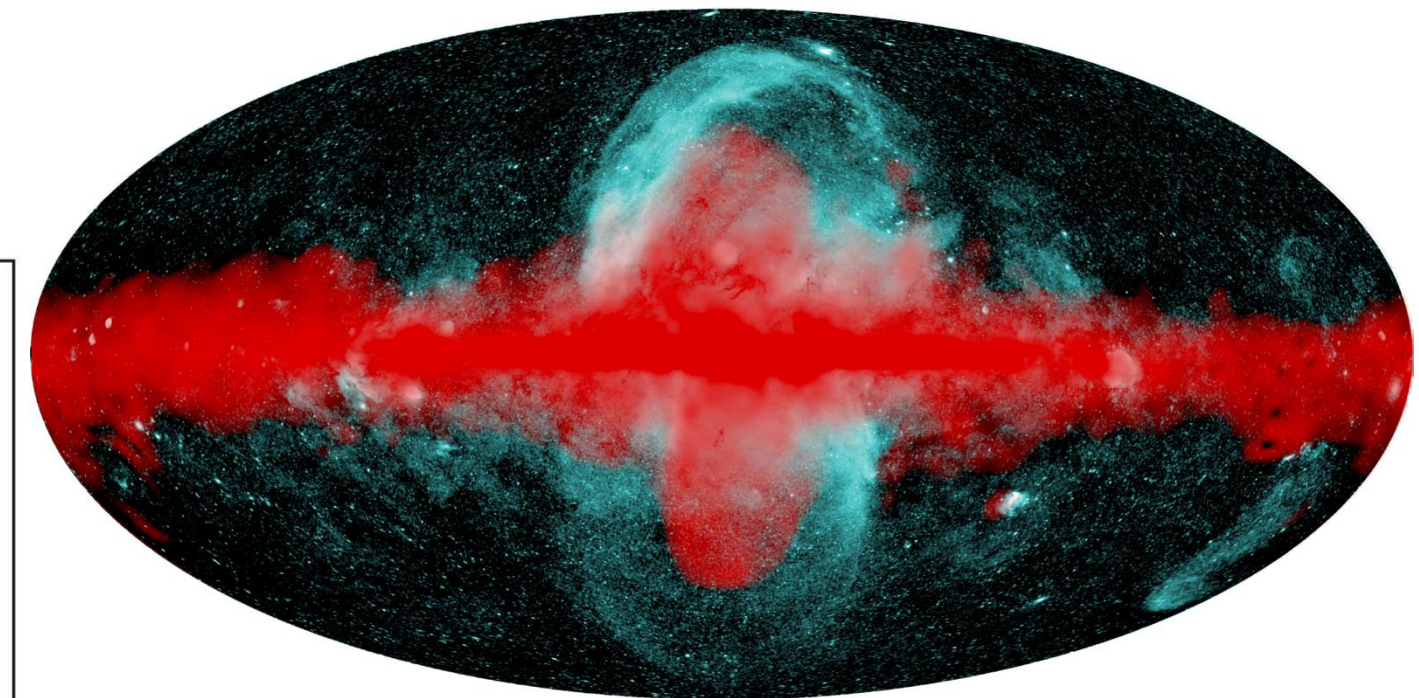
# 我々の銀河の星形成率の歴史



超新星起源の宇宙線が銀河風駆動をアシスト



セイファート銀河からのニュートリノ  
宇宙線起源だが、加速過程？



ガンマ線・X線で輝く我々の銀河：  
銀河風と宇宙線の相互作用？

# 研究対象・手法

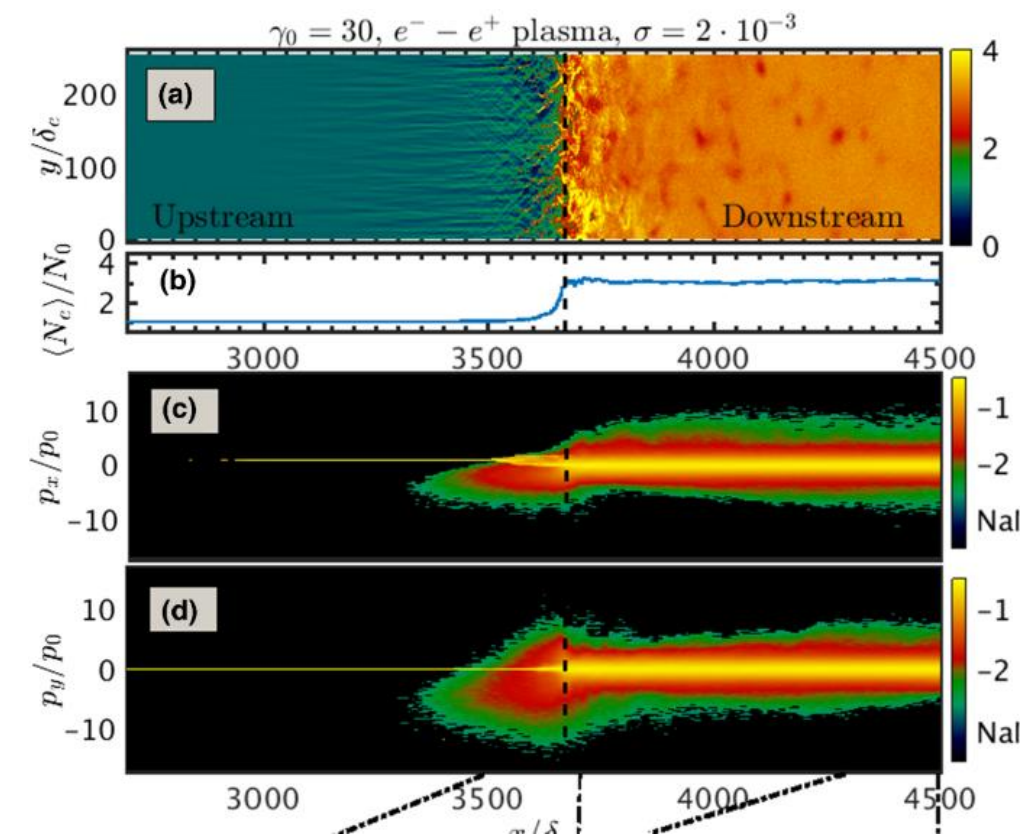
物理学の知識を総動員して天体の真の姿に迫る。推理小説のような面白さ  
巨視的物理

- 超新星
- ガンマ線バースト
- 相対論的ジェット
- 中性子星
- ブラックホール
- 連星合体（重力波）



## 微視的物理・放射

- プラズマ素過程
- 粒子加速（衝撃波、乱流）
- ガンマ線・X線・電波
- 宇宙線（ $\sim 10^{20}$ eV）
- ニュートリノ
- 重元素合成

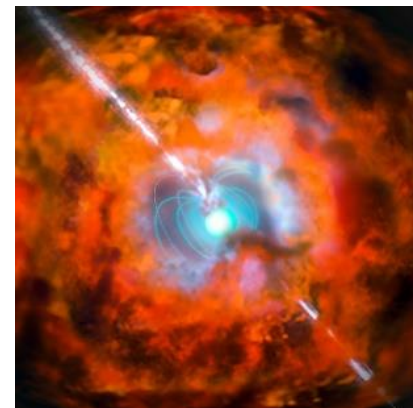


相対論、プラズマ・流体・放射シミュレーション、マルチメッセンジャー天文学

# 総合的な視点



天文学  
宇宙論



プラズマ運動論  
放射過程・特殊相対論

輻射・ニュートリノ輸送

核融合  
光分解

相対論的磁気流体・熱統計力学

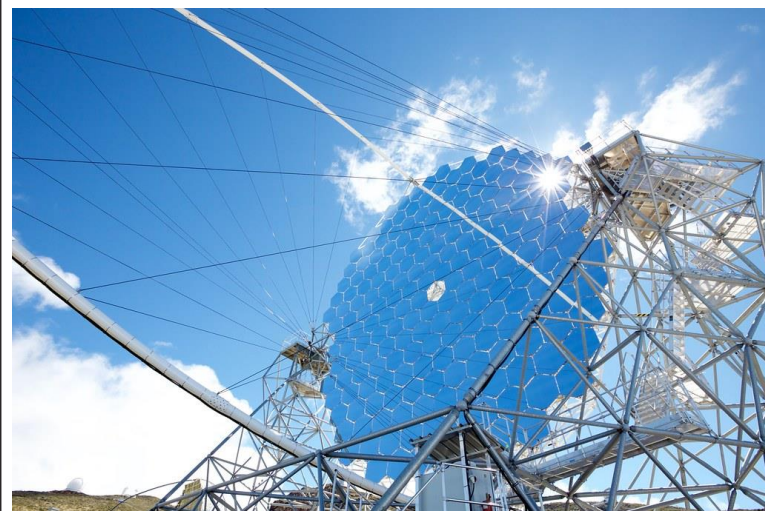
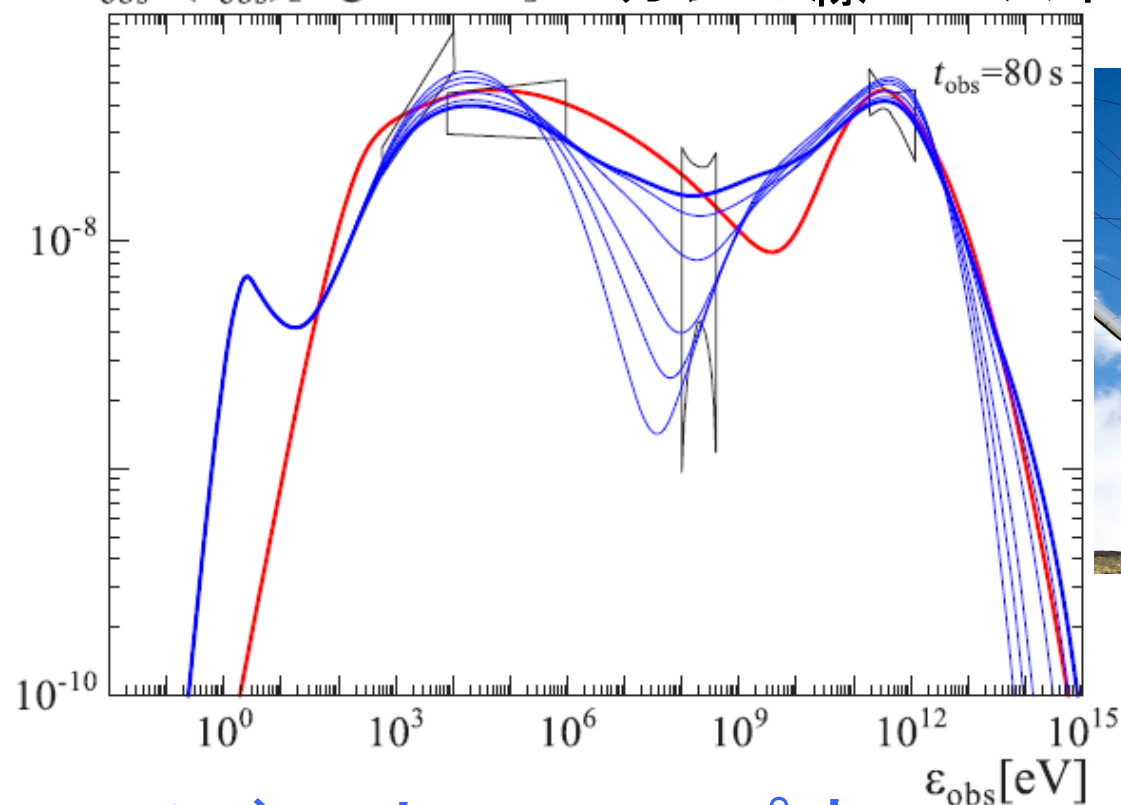
一般相対論  
古典・量子電磁気学

超流動  
高密度核力⇒状態方程式  
ストレンジクォーク？

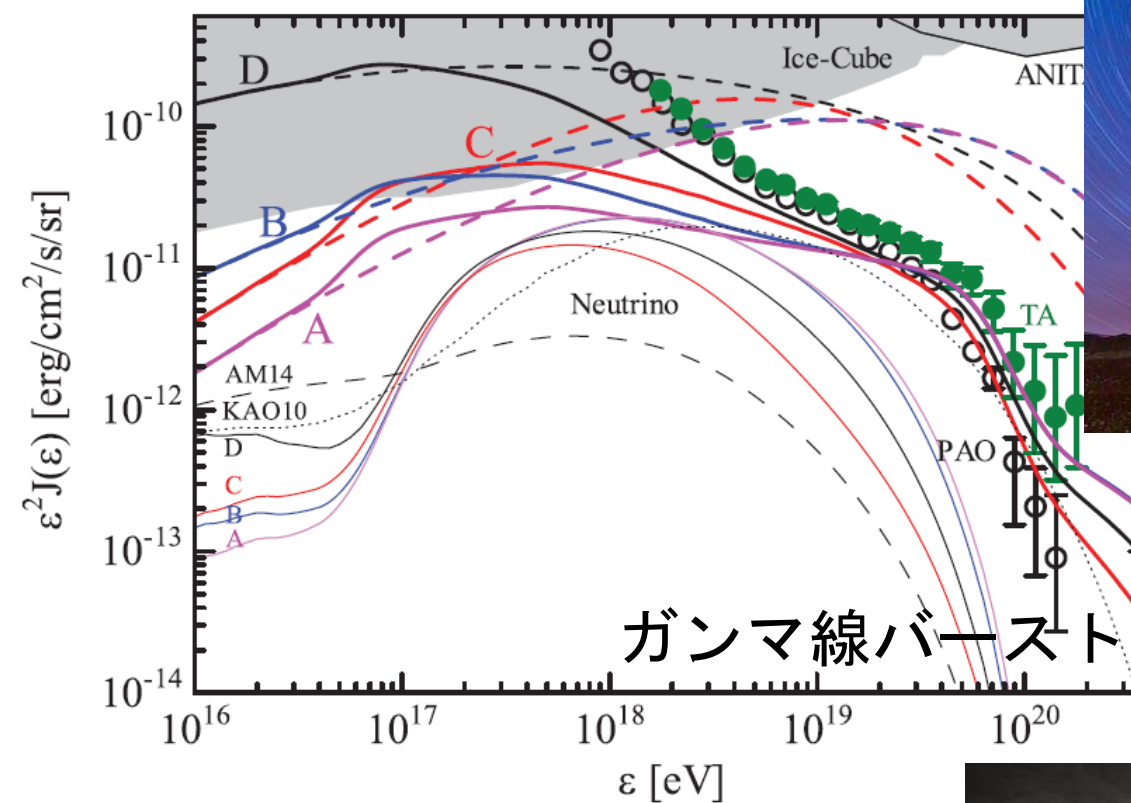
# 宇宙線研のほとんどの観測プロジェクトと関係します

## チェレンコフ宇宙ガンマ線

$\epsilon_{\text{obs}} F(\epsilon_{\text{obs}}) [\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}]$  ガンマ線バーストTeV残光モデリング

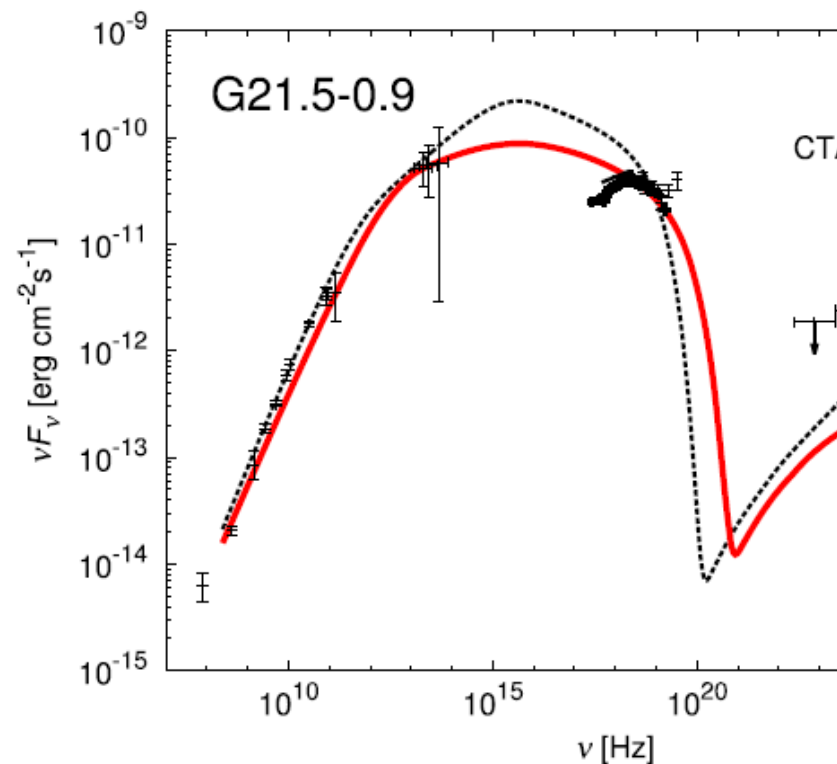


## テレスコープアレイ



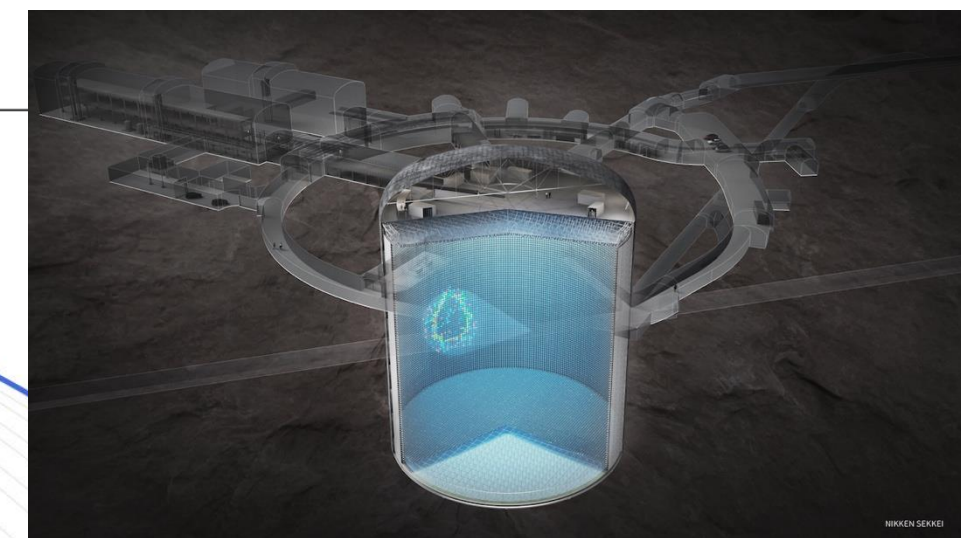
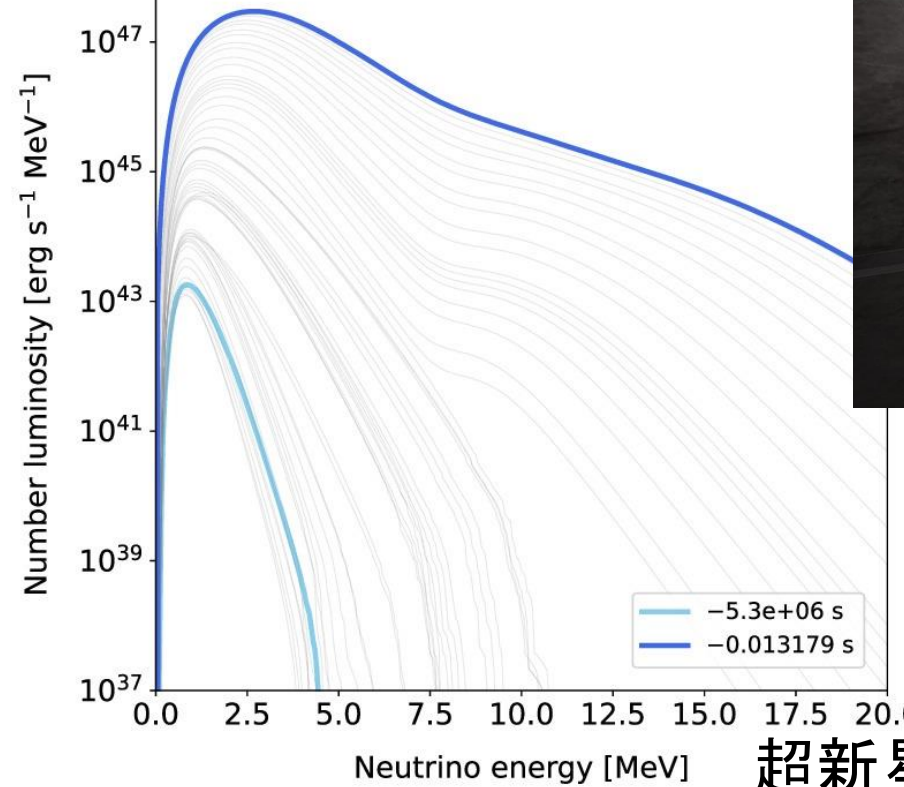
ガンマ線バースト起源最高エネルギー宇宙線

## チベット・アルパカ



ハルサー星雲G21.5モデリング  
アルパカのターゲット

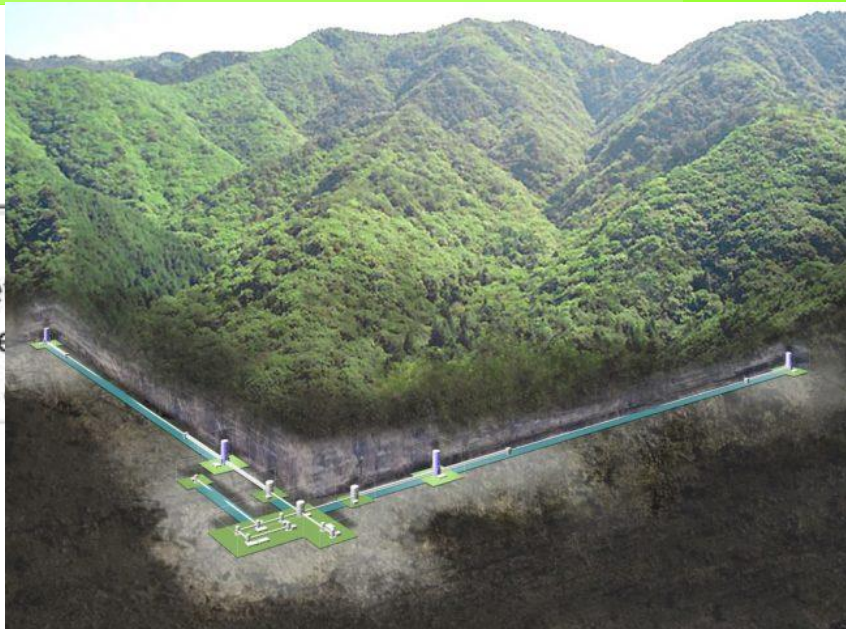
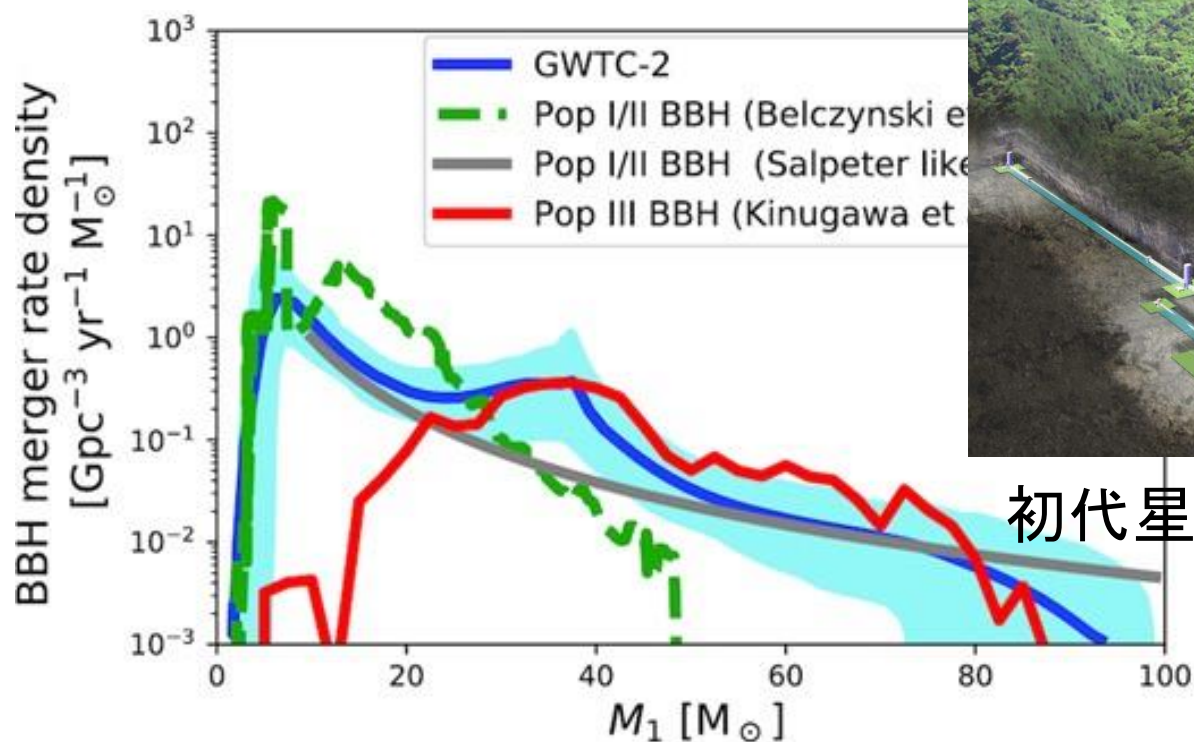
## SK-Gd / HK



超新星からの前兆ニュートリノ予言

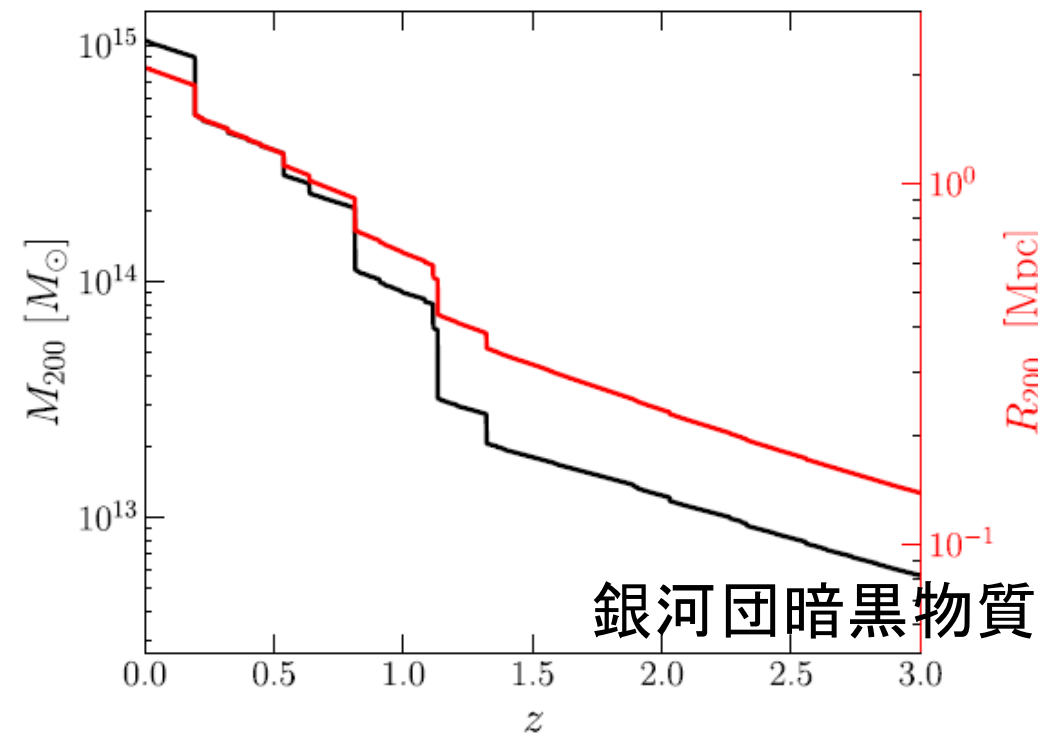
# 宇宙線研のほとんどの観測プロジェクトと関係します

## 重力波



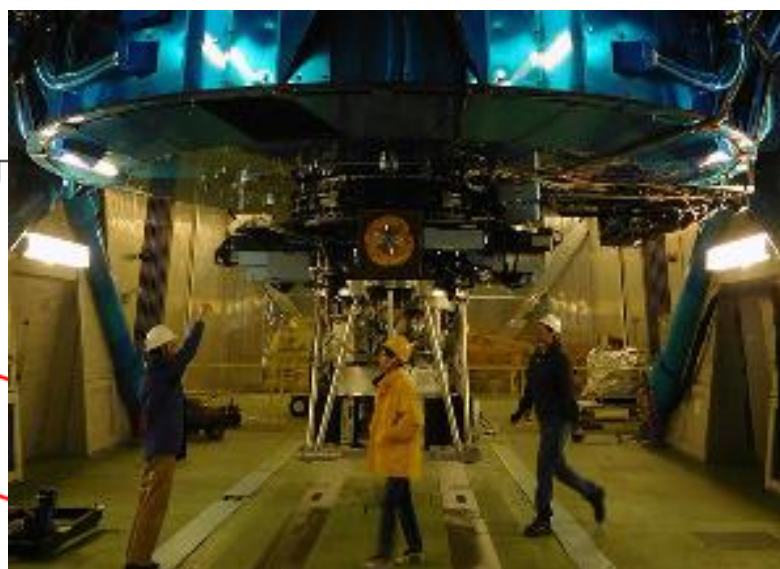
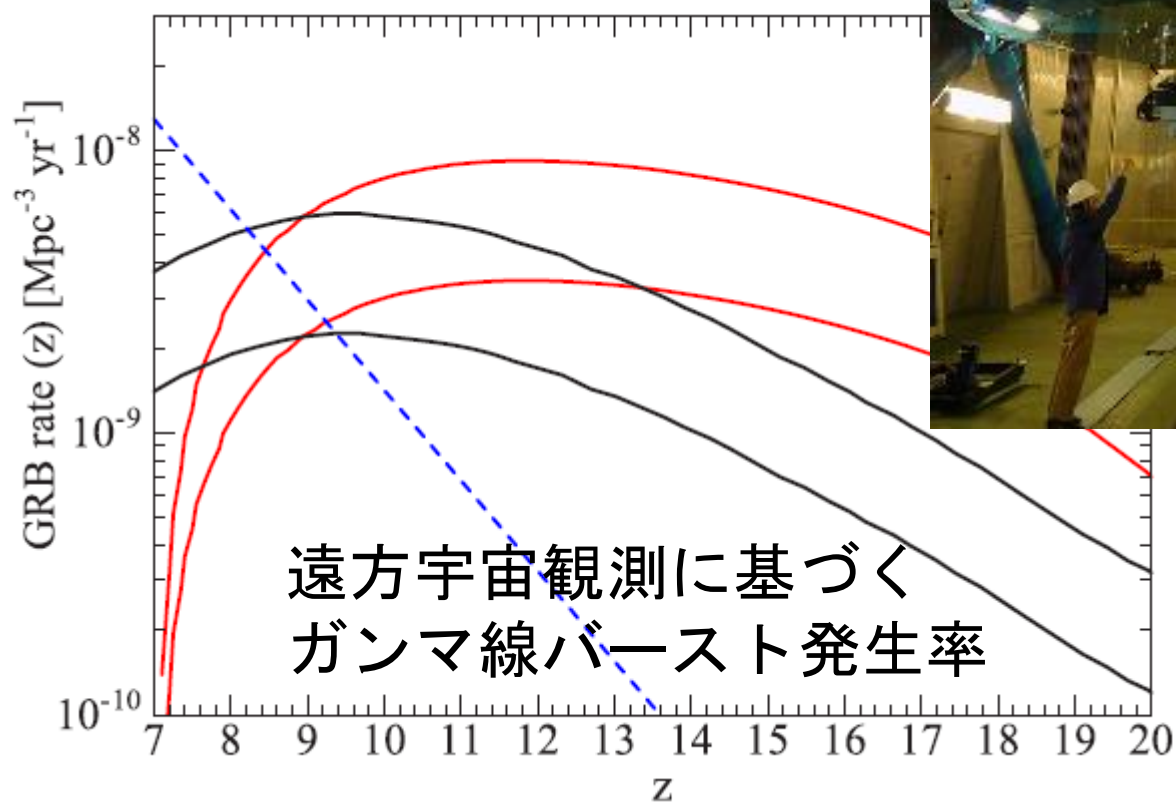
初代星起源連星BH合体率

## 暗黒物質



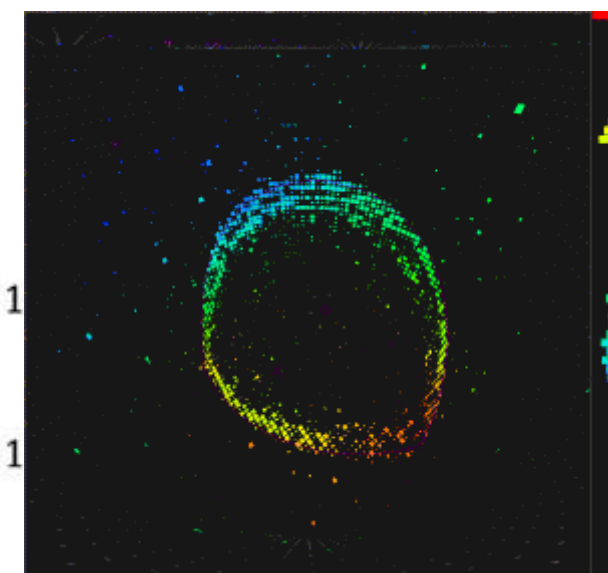
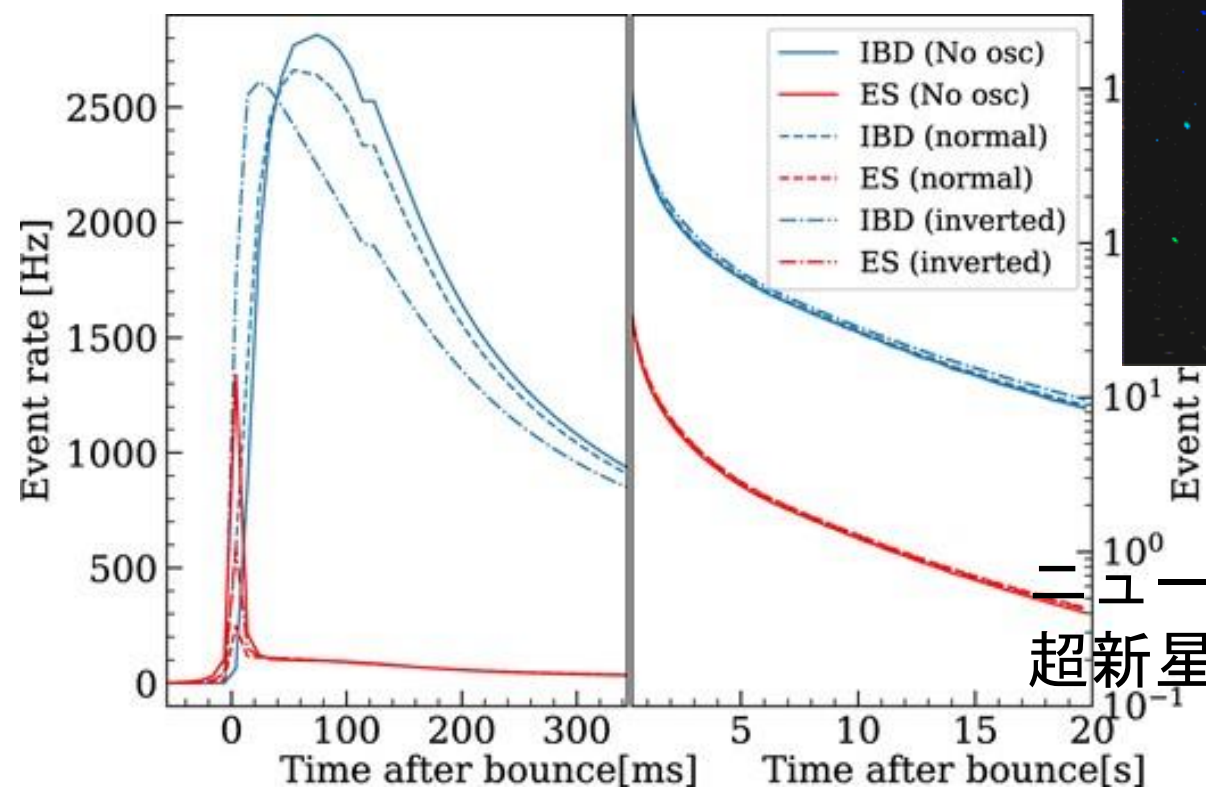
銀河団暗黒物質ハロー成長シミュレーション

## 観測的宇宙論



遠方宇宙観測に基づく  
ガンマ線バースト発生率

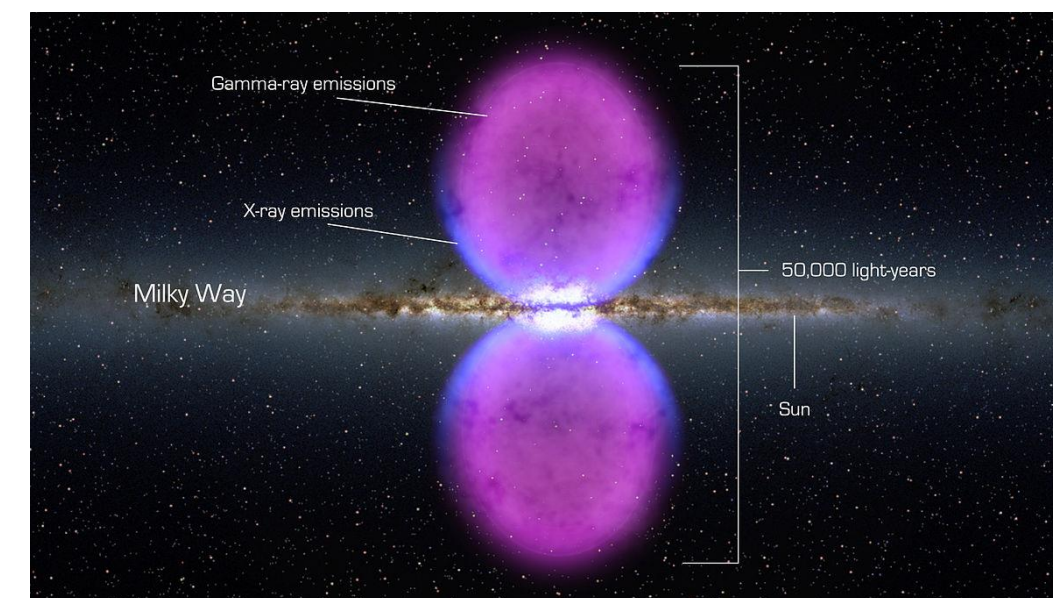
## T2K



ニュートリノ振動を考慮した  
超新星ニュートリノ検出数

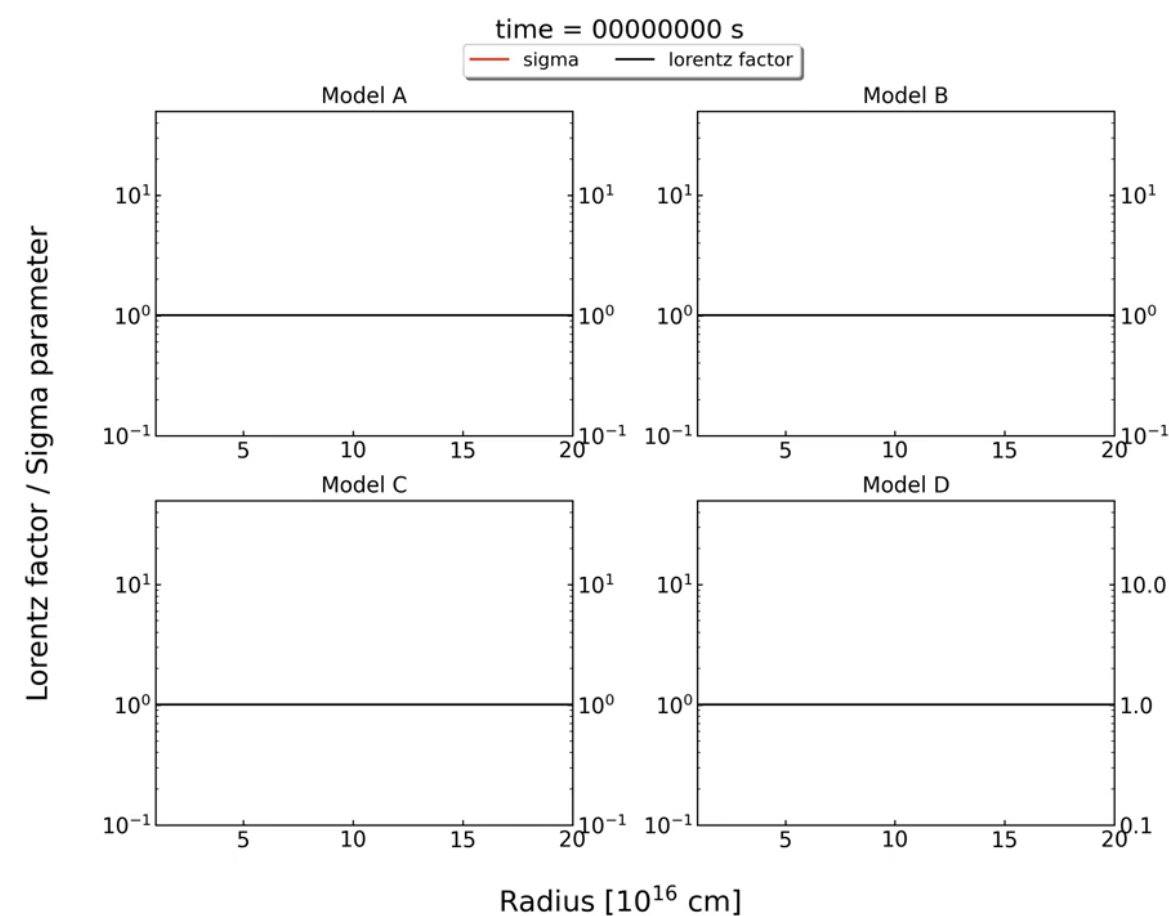
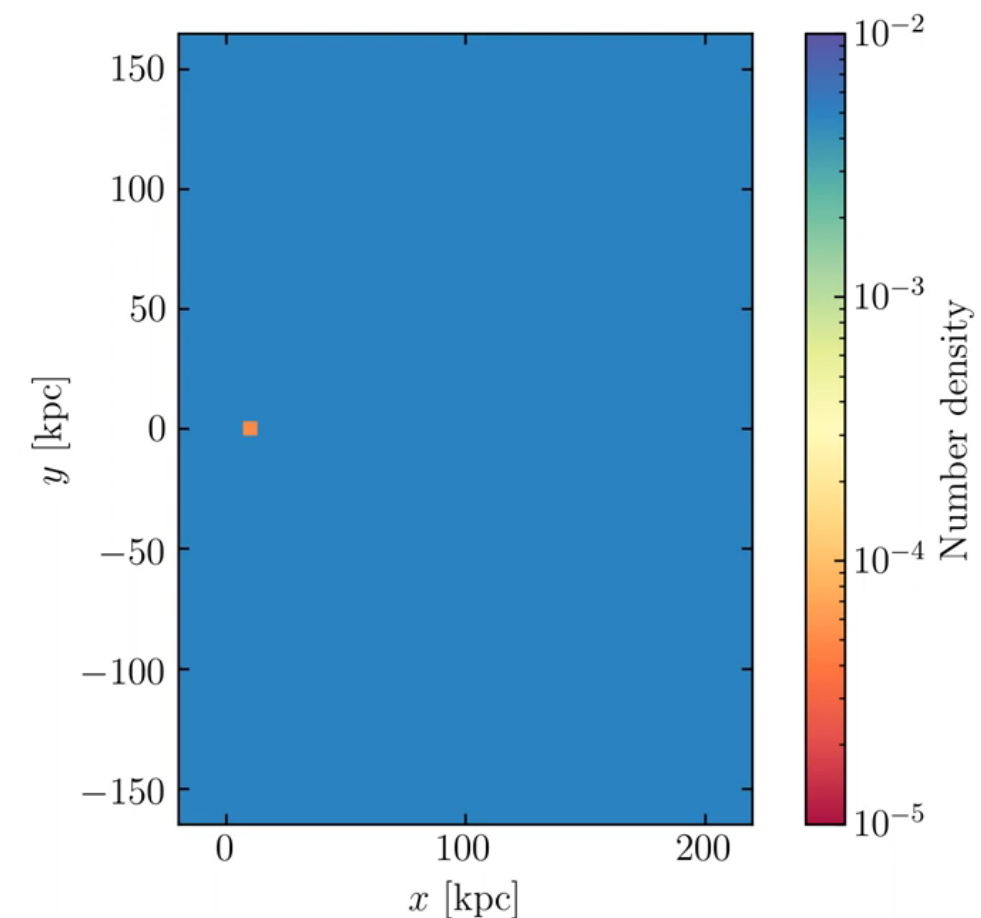
# 歴代修士論文タイトル

- 銀河風と降着流がつくる乱流領域における宇宙線加速
- 銀河における軽元素と宇宙線スペクトル
- 磁気流体シミュレーションによる強磁場ジェットにおけるケルヴィン・ヘルムホルツ不安定性の研究
- イオンビーム不安定性の運動論
- 相対論的磁場優勢ジェットにおける効率的な放射の探究
- 相対論的乱流中の荷電粒子の放射機構の探求
- 銀河団における粒子加速と非熱的放射
- パルサー星雲放射の空間構造
- フェルミバブルにおける乱流加速と放射
- コンパクト連星合体時の非熱的放射



# 高エネルギー天体の理論的研究

- マルチメッセンジャー天文学・時間軸天文学（突発天体）
- 物理の総合商社的分野（+天文学、宇宙論、素粒子論）
- 電波からX線・ガンマ線にいたる放射メカニズム
- 高エネルギーまで粒子を加速するメカニズム
- ブラックホールから噴出するジェット生成メカニズム
- 超新星爆発のメカニズム
- $10^{20}$ eVを超える最高エネルギー宇宙線の加速源天体
- 天体からのニュートリノや重力波の放射
- 毎年のように新しい発見が報告される、ダイナミックな分野



難しいと思うかもしれませんが、好奇心と情熱があればやっていけます！  
基礎から少しずつステップアップ。  
メンバーからのアシストも充実しています。  
テーマは多様。自分にあったものを見つけましょう。