

X-Ray Group



X線天文学

太陽も、夜空に輝く星も、宇宙に存在するほぼすべての天体は、X線を出しています。超新星爆発、活動銀河核、ブラックホール、銀河間プラズマといった宇宙物理現象を解明するためにはX線観測が欠かせません。宇宙線研究室X線グループでは、「衛星の装置開発」とその衛星を用いた「観測研究」という二本柱から、銀河中心ブラックホールの活動や超新星残骸の新たな進化シナリオの発見など様々な宇宙物理学の問題を解明してきました。

ASTRO-H

私たちは2014年夏に、次期X線天文衛星「ASTRO-H」を打ち上げます。2010年代後半のX線天文衛星は世界で「ASTRO-H」のみで、その活躍が世界中から待望されています。「ASTRO-H」には画期的な観測装置が搭載しており、

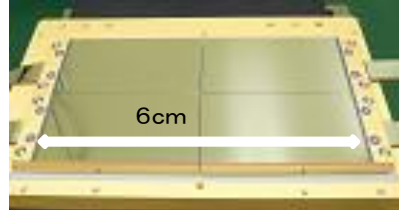


☆マイクロカロリメータによる超精密分光(エネルギー分解能=4 eV : 従来のX線CCDカメラの30倍以上)

☆0.3-80 keVにわたる広帯域同時撮像分光

☆最高感度の軟ガンマ線観測

が世界で初めて可能になります。京大X線グループでは、この「ASTRO-H」に搭載する新型X線CCDカメラ(SXI:Soft X-ray Imager)を開発中です。SXIの視野は38×38分角という、月がすっぽり収まる大きいもので、これまでにない広い領域を一度に観測できます。打ち上げ後は、その最新のデータを用いて、宇宙線の起源やブラックホールの活動史などの宇宙物理学における重要課題を研究する予定です。



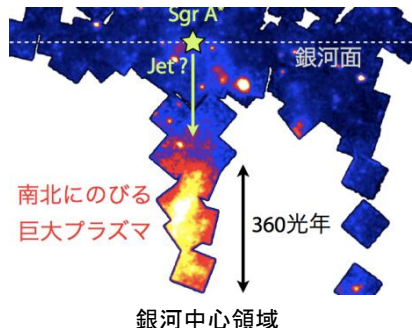
(上)次世代X線衛星ASTRO-H (下)ASTRO-Hに搭載されるCCD

すざく

2005年7月に打ち上げたX線天文衛星「すざく」には、X線グループが開発したX線CCDカメラが搭載されています。この装置を用いて、私たちは銀河系中心領域や超新星残骸などを観測し世界に誇る成果を数多く挙げてきました。

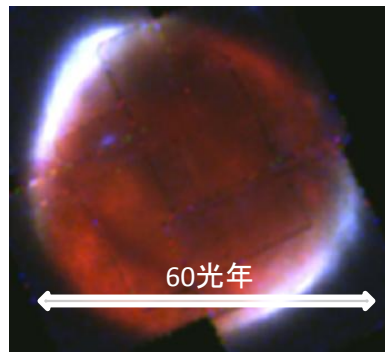
★銀河中心領域

天の川銀河中心には太陽の400万倍の質量を持つ巨大ブラックホールSgrA*が存在します。私たちはSgrA*の近傍にある巨大なプラズマの塊がこの数千年間に膨大なエネルギーを注入されたことを発見しました。私たちはSgrA*が過去に高強度のジェットを放射し、その結果巨大プラズマが作られたと考えています。このようなプラズマは宇宙の元素循環にも大きな影響を与えている可能性があります。



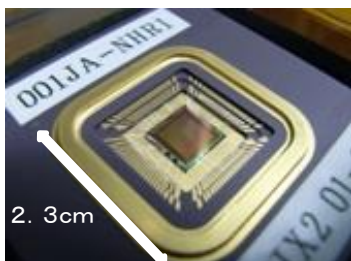
★超新星残骸

超新星残骸は星が大爆発した後に残るプラズマの塊のことです。このプラズマは爆発の衝撃波で加熱された高温の電子が原子を電離している途中の非平衡状態にあるというのが、従来の定説でした。しかし、私たちはすざく衛星を用いて、電離が過度に進んだ「過電離」状態の奇妙なプラズマを発見し、その定説を覆しました。さらにこのような超新星残骸が銀河系内に少なくとも複数個存在することも突き止めました。過電離プラズマは未知の爆発メカニズムや特殊な進化環境によって形成されたと考えられていますが、その具体的なプロセスは未解明です。この現象は「すざく」が切り拓いた新しい研究分野として注目を集めています。



超新星残骸SN1006

次世代X線検出器



次世代検出器SOPIX

現在のX線天文学で主要な検出器であるX線CCDは宇宙線によるバックグラウンドが高く撮像帯域が制限されてしまいます。そこでX線グループでは、次世代検出器としてCCDと同程度の撮像分光能力を持ちながら、超低バックグラウンドで広帯域(0.5-40 keV)の観測ができるSOPIXという検出器を自らの手でKEK、阪大、MITと共に開発しています。昨年度はトリガー機能を実装しX線スペクトルを取得することにも成功しました。この新たな検出器によって近い将来、宇宙の最遠方、つまり初期宇宙のブラックホール誕生の瞬間をとらえることなど、宇宙物理学の未解決問題に挑みます。

γ-Ray Group

γ線を観測するとγ線バースト・ブラックホール・活動銀河核などの高エネルギー現象を捉えることができる。γ線観測としては大きく分けて、主にMeV領域に焦点を当てた**SMILEグループ**、TeV領域に焦点を当てた**CTAグループ**が活動している。また、ダークマター探索実験を行う**NEWAGEグループ**も活動している。その他、当研究室独自の検出器であるμ-PICを用いた医療や中性子イメージングへの応用など、幅広い研究を行っている。

SMILE-宇宙MeVγ線観測気球実験

MeVγ線天文学の科学的意義

MeV領域とは0.1～数百MeVまでを指し、この領域の観測は宇宙物理学に関する重要な情報を与えてくれる。

0.1MeV～10MeVの領域では、超新星残骸からの放射分布を調べることで、超新星爆発における**元素の合成**や**宇宙拡散**の情報を得ることができる。

また、50MeV以上の連続スペクトル領域にはπ⁰中間子の崩壊に伴う放射ピークが含まれる。このスペクトル領域の観測は**宇宙線起源の問題**に大きな影響を及ぼす。超新星残骸で陽子が加速されるとπ⁰から放射が生じるので、その放射が確認されると初めて陽子の加速現場を捉えたことになる。**コンパクト天体**においても、**ブラックホール**が作ることのできる強い重力場の下ではpp反応によってπ⁰がつかられる。もしそのπ⁰からの放射を観測できれば、天体がブラックホールであることの強い証拠にもなりうる。

電子飛跡追跡型コンプトンカメラ (ETCC) の開発

我々は独自のMeVγ線カメラの開発を行っている。MeVγ線で現在使用されている衛星は分解能が非常に悪く、その上**バックグラウンド**も非常に多い。

MeVγ線が電子と衝突してコンプトン散乱を起こすと反跳電子と散乱γ線が生じる。従来の検出器では散乱γ線のエネルギー、吸収位置と反跳電子のエネルギーしか測定できなかったが、ETCCでは電子の飛跡まで測定可能であり、これによって光子毎にコンプトン散乱を完全に再構成することができる。さらにコンプトン散乱の運動学から**バックグラウンドを除去**することができる。ETCCを用いればMeV領域における高感度な観測が可能である。

SMILE計画の今までとこれから

ETCCを衛星に搭載するための前段階として、**気球実験**を行っている。2006年に三陸で行ったテスト観測では4時間測定し**宇宙拡散γ線**、**大気γ線**の観測に成功した。

次のステップとして、**スウェーデンのキルナ**で2013年に1日程度のテスト観測をし、かに座のイメージングなどを目標にしている。

2014年以降、10日以上の本観測をする予定である。

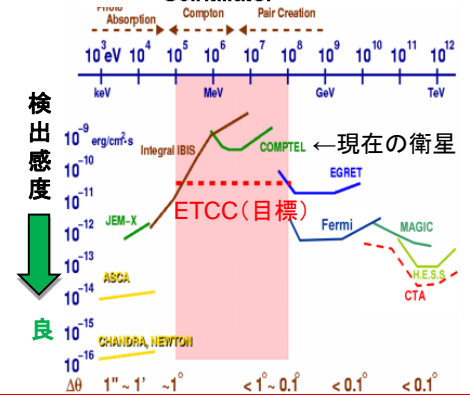
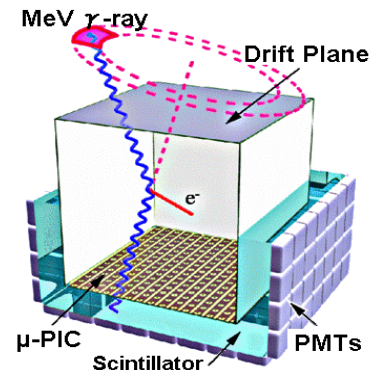
さらに数年後に極地における長時間、広範囲な観測をすることを、現在**ヨーロッパの地球物理学者と共同**で計画中である。



2006年 気球実験

目標は衛星を打ち上げ、全天観測を行うことである

詳しくは宇宙線研究室へ！



TeV/GeVγ線望遠鏡

宇宙から到来するγ線は電荷をもたないため、磁場によって曲げられずに遠方から届く。TeVGeV領域のγ線は、大気と相互作用して発生するチェレンコフ光を介して、いわば地球大気を検出器として利用し観測される。地上では作り出すことが難しい超高エネルギーの物理現象を観測することで、物理学の最大の難問のひとつである**宇宙線起源とその加速機構の解明**などを狙っている。

MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov Telescope)

MAGICは2台の望遠鏡から成る観測システムで、カナリア諸島ラ・パルマあり島に設置されている。反射面の直径は世界最大の17mであり、50GeV～30TeVのγ線を観測することができる。



CTA (Cherenkov Telescope Array)

CTA計画は従来の**10倍程の精度**、**1000以上(従来の10倍)**のTeVγ線天体の発見を目指す次世代の国際共同計画で、当研究室は新たなハードウェア開発を行っている。CTAは2015年ごろから本格的に建設開始の予定である。

Fermiガンマ線天文衛星

Fermi衛星はGeV領域のγ線の全天探査を目的に2008年に打ち上げられた。**従来の衛星の数倍の感度で全天を観測**し、高エネルギー宇宙線の起源やその加速機構、未同定高エネルギー天体の正体を解明することなどが期待される。



Fermi衛星のイメージ

NEWAGE-ダークマター探索実験

発見すればノーベル賞確実といわれている暗黒物質は、様々な観測からその存在が示唆されているが、いまだに直接検出された例はない。NEWAGEでは**ガス検出器「μ-TPC」**を用いて暗黒物質の到来方向を測定することで、暗黒物質の直接検出において決定的な証拠を見つけようとしている。

