



# X-RAY GROUP

2010年版

准教授 鶴剛  
(334号室)  
tsuru@~  
研究室スタッフへの質問も大歓迎!

※アドレス:  
~@cr.scphys.kyoto-u.ac.jp  
※研究室HP:  
http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/



## Suzaku

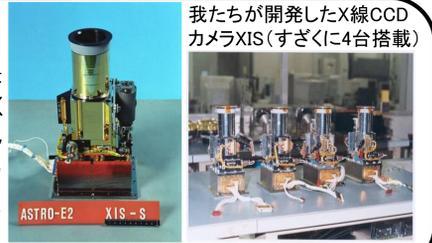
(c) JAXA/ISAS

## ~X線で切り拓きましょう、新たな宇宙像~

宇宙の姿は、普段私たちが目で見えるような静かで穏やかなものだけではありません。X線で見える宇宙は、超新星残骸やブラックホール、銀河団プラズマの衝突などで溢れ、可視光だけで見る宇宙からは想像もつかない激動の世界です。X線は物質の透過力が高く、塵などの星間物質に吸収されやすい可視光などに比べて、厚い物質に奥深く埋もれた天体など今までは見えなかった宇宙を観測するのにも威力を発揮します。X線という新しい「目」で宇宙を探るX線天文学。私たち宇宙線研究室は世界に誇る成果を数多く挙げています。

### X線天文衛星 — Suzaku —

私たちは2005年7月に日本で5番目のX線天文衛星「すざく=Suzaku」を打ち上げました。全長6.5m、幅5.4m、重量1680 kgという我が国としては最大級の科学衛星で、私たちの研究室が開発したX線CCDカメラ：XISが搭載されています。XIS (X-ray Imaging Spectrometer) は非常に優れたエネルギー分解能をもち (約2% @6keV)、スペクトルを鮮明に見ることができること、宇宙線バックグラウンドが非常に低く安定していることが特徴です。私たちは「すざく」独自の長所を生かして、打ち上げから現在まで、新しい天体現象を次々と発見し、研究しています。



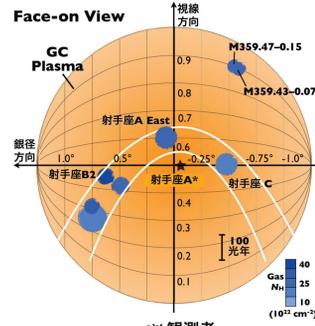
我々が開発したX線CCDカメラXIS(すざくに4台搭載)

## 天の川銀河中心 — The Galactic Center —

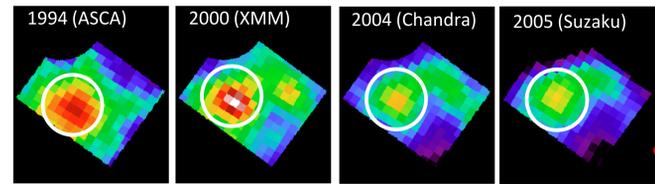
私たちの太陽系がある天の川銀河の中心部は、地球からおおよそ3万光年離れています。中心には太陽質量の約360~400万倍の超巨大ブラックホール(射手座A\*)が存在し、それを囲む約1000光年の領域に、太陽質量の約3000万倍の冷たい分子ガス(図A下)と、数千万度の高温プラズマ(図A中)が存在しています。分子ガスが銀河系中心へ流れ込むと巨大ブラックホールの活動を誘発します。また、分子雲の濃い所では超新星爆発や星の生成、進化が起きていると考えられています。このように天の川銀河中心は高エネルギー天体現象の宝庫となっています。

### ブラックホール活動の痕跡： X線反射星雲の3次元分布

右図は銀河系中心における各巨大分子雲の奥行き分布です。X線を反射した分子雲が放物線上に並んでおり、焦点に位置する射手座A\*が過去に爆発を起こして照射源になっている決定的な証拠を掴みました。(読売新聞掲載)

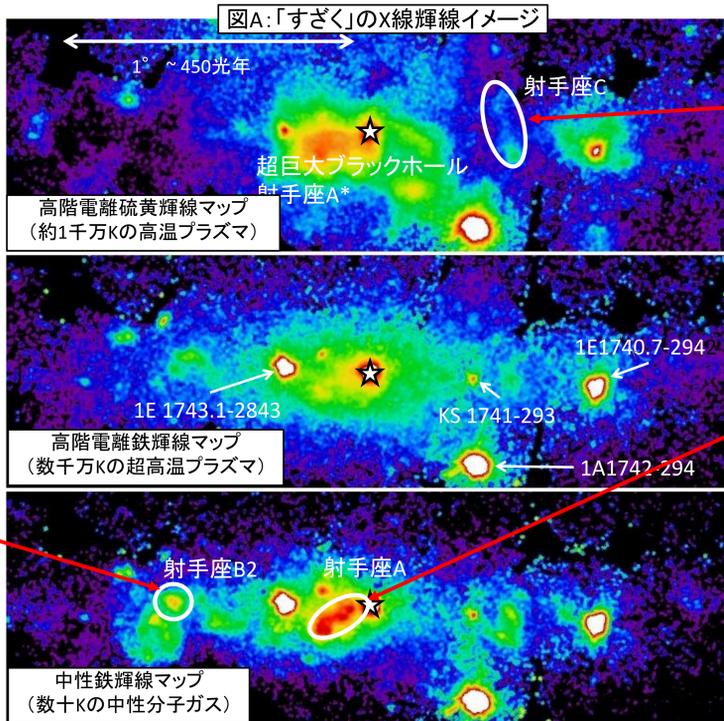


### ブラックホールの過去の活動性：射手座B2の時間変動



射手座B2分子雲は、銀河系中心の射手座A\*からの強いX線に照らされて中性鉄の特性X線(6.4 keV 輝線)で輝いていると考えられており、我々はX線反射星雲と呼んでいます。その時間変動(上図)の発見により、銀河系の中心にある超巨大ブラックホールの過去における活動史を捉えました。(NASA Press Release)

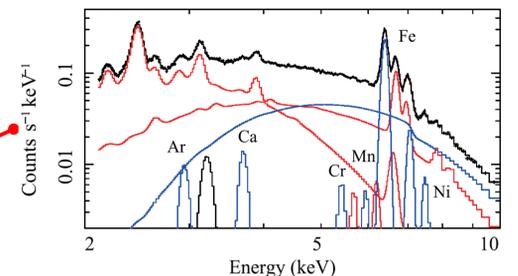
詳しく知りたい方は... 中島真也(327号室) shinya@~ 大西隆雄(336号室) ohnishi@~ 劉周強(338号室) ryu@~ 澤田真理(326号室) sawada@~ 信川正順(338号室) nobukawa@~ まで



### 超新星残骸：射手座Cのプラズマの「川」

左図は射手座C領域にある「川」のような形の超新星残骸です。超新星爆発で生成されたプラズマが周りにある分子雲の隙間を流れ抜けている様子です。(京都新聞掲載)

### 巨大分子雲：希少な中性元素の発見

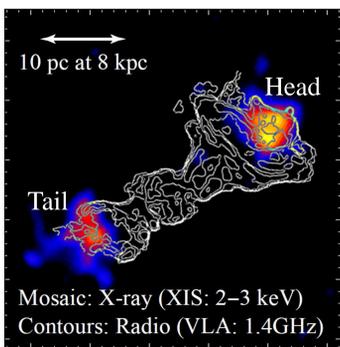


上図は射手座A分子雲のX線スペクトルです。特性X線(青実線)の検出から、鉄の他にアルゴン、カルシウム、クロム、マンガンなどの希少な中性元素を初めて発見しました。その結果、銀河中心の重元素量は太陽系近傍のおおよそ倍であることがわかりました。

## 新種 超新星残骸 — Newtype Supernova Remnants —

星が一生の最期に莫大なエネルギーを解放する超新星爆発、その残骸は宇宙線加速や重元素の放出などが行なわれている現場です。私たちは「すざく」の高精度データを用いて、従来と違う新種の超新星残骸を開拓しています。ここでその二例を紹介します。

### 超新星残骸：Tornado

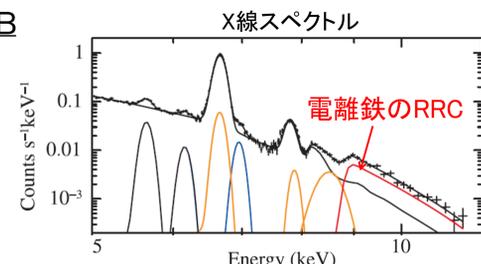
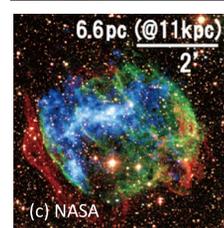


Tornado は(銀経、銀緯)=(357°.7, -0°.1)に位置し、電波(Radio)の観測では「竜巻」のような特異な形をしている天体です(左図の白実線)。その起源として、中心にあるコンパクト星からのジェット、高速運動するパルサーが作るパルサー風星雲、特殊な超新星残骸などが提案されてきました。

私たちはSuzakuで観測を行い、「竜巻」の両端(左図：HeadとTailの領域)から初めてX線放射を検出しました。さらにスペクトル解析から、それらは約500万度プラズマの熱的放射であることがわかりました。これらの結果は、Tornadoがパルサー風星雲などの非熱的X線源ではなく、特殊な複合構造をもつ超新星残骸であることを示唆します。

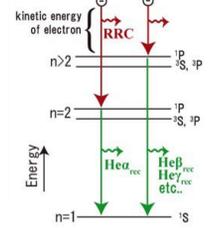
詳しく知りたい方は... 大西隆雄(336号室) ohnishi@~ 澤田真理(326号室) sawada@~ まで

### 超新星残骸：W49B



従来の描像では、超新星残骸中の高温プラズマはほぼ全てが衝撃波により加熱され、重元素が電離されていく途上にあるものとされています。私たちはW49Bなどの超新星残骸をSuzakuで長時間観測し、電離した鉄イオンがプラズマ中の自由電子を捕獲した際に放射される放射再結合連続線(RRC：上図右の赤実線)を検出しました(上図中)。すなわち、これまでのシナリオとは真逆の再結合状態にある「過電離」プラズマを初めて発見しました。

### 放射の模式図

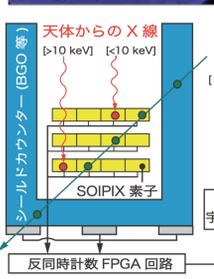
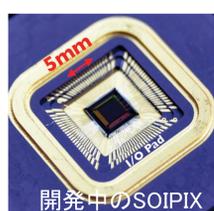


## 次世代検出器 — SOIPIX —

SOI(Silicon-On-Insulator)技術を用いて、従来にない広帯域・高速読み出しにおける精密分光撮像が可能な新型X線検出器(SOIPIX：右上図)を開発しています。

現在X線天文学で主流の検出器(X線CCD)では、宇宙線による非X線バックグラウンドの影響が大きく、10 keV以上の硬X線は精密分光撮像が出来ません。SOIPIXでは、シールドカウンター用いた反同時計数法(アクティブ・シールド；右下図)により、低バックグラウンドを実現し、0.3-40 keVにわたる分光撮像を可能にします。現在、X線イメージとスペクトルの取得に成功しており、分光性能の改良とトリガー出力の実装を進めています。今後、「ASTRO-H」に続く日本のX線衛星計画や国際X線天文台IXO計画(2020年打ち上げ予定)への搭載を目指しています。

詳しく知りたい方は... 中島真也(327号室) shinya@~ 劉周強(338号室) ryu@~ まで



## 次期X線天文衛星 — ASTRO-H —

2014年に「すざく」に続く日本の6番目のX線天文衛星「ASTRO-H」を打ち上げます。「ASTRO-H」にはX線望遠鏡と共に4種類のX線観測装置が搭載され、①世界初となる0.2-80keVの広帯域同時撮像分光、②世界最高のエネルギー分解能(約0.1% @6keV)の精密分光(CCDの約20倍!)を実現します。これらの特性を活かして、宇宙高温プラズマの進化や宇宙線の起源、巨大ブラックホールの誕生と成長といった宇宙の謎を解明できます。

「ASTRO-H」中核を担う私たちの研究室では、0.2-20keVのX線帯域における高感度の撮像分光観測を行うX線CCDカメラ：SXI(Soft X-ray Imager)を開発しています。優れたエネルギー分解能、低エネルギー側での高い感度に加え、SXIでは空乏層(=有感領域)を非常に厚くすることで高エネルギーX線をも検出可能にします。さらに、4枚の素子を縦横に並べることで「すざく」XISの4倍の視野を達成します。

詳しく知りたい方は... 大西隆雄(336号室) ohnishi@~ 澤田真理(326号室) sawada@~ まで

