

宇宙線研究室 X線グループ



宇宙にある天体の多くはX線を放出しています。超新星残骸や銀河団、ブラックホールの降着円盤などはすべてX線で明るく輝いています。それらの正体は、宇宙の極限環境でしか実現し得ない高温のプラズマや粒子加速といった高エネルギー現象の物理によるものです。

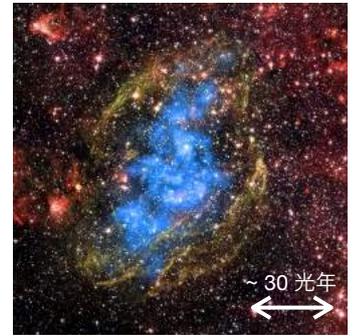
我々のグループは、人工衛星に搭載する検出器を自ら開発し、観測した天体のX線を解析することで宇宙の高エネルギー現象の解明するということを目指して研究を行っています。

すざく衛星を用いた観測的研究

2005年に打ち上げたX線天文衛星「すざく」には、我々、京大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。我々は「すざく」衛星を用いて銀河系中心領域や超新星残骸などを観測し、数多くの成果を挙げています。

超新星残骸

星が一生を終える際に起こした超新星爆発の後に残った天体が超新星残骸です。我々のグループは超新星残骸のX線観測によって星の内部における重元素合成、衝撃波における宇宙線加速などを明らかにしてきました。右図に示した超新星残骸W44では「すざく」のデータから一般的な超新星残骸では生成しない過電離プラズマを発見しました。このことはX線を放射する高温プラズマの進化過程を解明する上で重要なヒントを持っていると考えられます。



X-ray: NASA/CXC/Univ. of Georgia/
R.Shelton & NASA/CXC/GSFC/R.Petre;
Infrared: NASA/JPL-Caltech

ひとみ衛星 (2016/2/17 打ち上げ) と後継機の開発

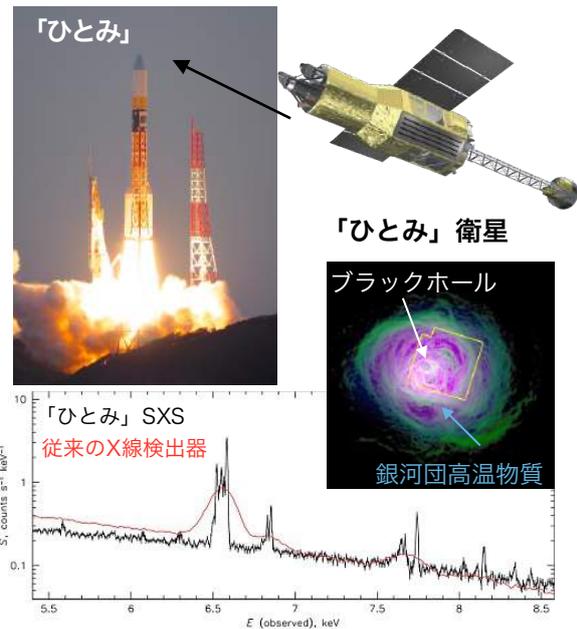
我々は2016年2月17日に日本の次期X線天文衛星「ひとみ」を打ち上げました。「ひとみ」には4種類の観測機器が搭載されており、京大グループはそのうちの1つであるSoft X-ray Imager (SXI) と呼ばれるX線CCDカメラの開発を主導しました。残念ながら「ひとみ」は事故のため運用停止となってしまいましたが、短い運用期間の間に優れた成果をあげています。

その一つが、ペルセウス銀河団の観測です。「ひとみ」に搭載された検出器は、X線のエネルギーを精密に分解して強度を測定することができます。物質が運動しているとドップラー効果によってX線のエネルギーは変化するので、輝線の幅を測定することで物質がどれくらい運動しているかがわかります。ペルセウス銀河団の中心にあるブラックホール周辺からは強いジェットが噴き出しており、銀河団内の物質と激しく衝突しているのですが、銀河団物質の乱流が意外なほど小さいことが初めて明らかになりました。ブラックホールの活動を解明するための重要なヒントになると思われる。この研究成果は2016年7月に科学雑誌「Nature」に掲載されました。

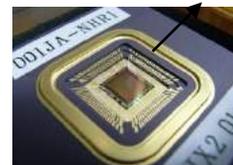
このような優れた成果から2020年に後継機となるXRISMの打ち上げが予定されています。それに向けて再び京大グループが中心となりSXIの改良や実験を行っています。

次世代X線天文衛星 FORCE へ向けた検出器開発

我々は、未発見のブラックホール (BH) の探査のために2020年代に打ち上げを予定する、X線天文衛星「FORCE」を推進しています。打ち上げた衛星で未発見のBHから放出される高いエネルギー帯域のX線を観測することで、宇宙の形成過程の解明に迫ります。FORCEに搭載するX線CMOSイメージセンサーの開発を、京大グループが中心となって様々な機関と共同で行っています。



「FORCE」衛星



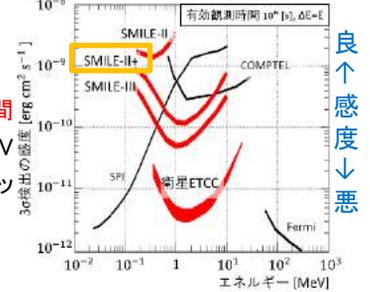
京大グループが中心と
なって開発している
X線CMOS検出器

γ-Ray Group

γ線の観測により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天体現象を捉えることができる。γ線グループでは、大きく分けて、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。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、幅広い研究も行なっている。

SMILE-宇宙MeV γ線観測気球実験

数百keVから数十MeVまでのMeV領域は核γ線のエネルギー帯域であり、**元素合成過程や星間での物質循環**についての情報を得られる。銀河中心領域には電子-陽電子対消滅による511keVの球対称な強い放射の存在が確認されている。不安定核のβ崩壊、中性子星連星からのジェット、ダークマターの相互作用などが陽電子源と考えられているがまだ解明には至っていない。



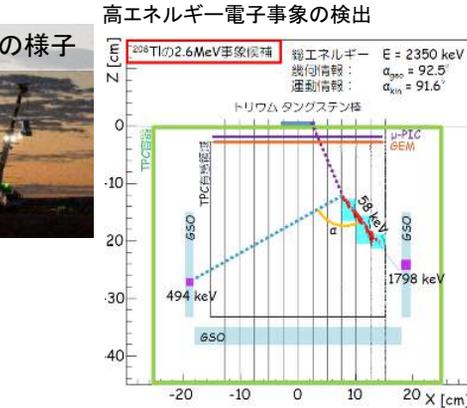
放球直前の様子



221 m

満膨張時

ETCC

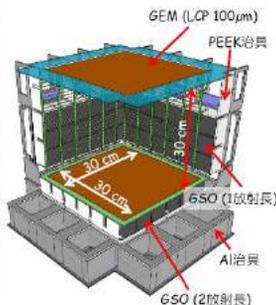


高エネルギー電子事象の検出



ETCC全体図

ETCC本体の概略図



SMILE-2+ 2018年4月7日に豪州アリスプリングスにて我々が独自に開発したガンマ線望遠鏡:ETCCの撮像能力実証を目的とした気球観測を行った。5×10⁵m³(東京ドームの約半分)の体積を持つ日本最大級のガス気球により水平浮遊高度39.6km、飛行時間26hのフライトに成功、かに星雲・銀河中心を観測をした。複数の天文台の協力により電波・X線との同時観測となっている。SMILE-2+用ETCCは反跳電子飛跡がシンチレータに到達する高エネルギー電子事象が解析可能となったことで世界最高感度のMeVガンマ線撮像検出器となっている。数年後には南極域の周回軌道を利用した1ヶ月ほどの長期気球実験により銀河面γ線を撮像する本格科学観測を予定している。



回収時の様子

Twitterアカウント:
@SMILE2P_ETCC



MAGIC望遠鏡/CTA計画 - GeV TeV γ線望遠鏡

宇宙を飛び交う高エネルギー荷電粒子(宇宙線)は、相互作用を経てGeV-TeVの高エネルギーγ線を生み出す。γ線は電荷を持たないので、磁場に曲げられずに到来情報を保持したまま、地球に到来する。このγ線と地球大気との相互作用で生じる微弱な光を地上望遠鏡で観測することでγ線を間接的に検出し、**物理学最大の謎の一つである宇宙線の起源とその加速メカニズムの解明**などを旨とする。

MAGIC望遠鏡

カナリア諸島ラ・パルマ島に2台設置された現在稼働中の口径17m望遠鏡。

50GeV-50TeVのγ線を観測でき、この帯域で最遠方の**巨大ブラックホールの発見**などの成果をあげている。

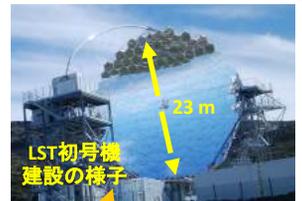


MAGIC望遠鏡

17 m

CTA計画(Cherenkov Telescope Array)

世界32カ国が参加し、北サイト(ラ・パルマ)・南サイト(チリ)に大・中・小の望遠鏡を計約百台建設する次世代γ線天文台計画。従来の**10倍の感度**、**より広いエネルギー帯(20GeV-300TeV)**を達成し、**1000以上のTeVγ線天体の発見**を目指す。当研究室は、口径**23mの大口径望遠鏡(LST)**の**焦点面カメラ**で用いる、**新たなハードウェアの開発**を行っている。現在、LST初号機の建設が行われており、**昨年12月にファーストライトを迎えた**。



LST初号機建設の様子

23 m



LST-1

MAGIC望遠鏡

CTA北サイト 完成予想図

Fermi衛星 - GeV γ線天文衛星

Fermi衛星はGeVγ線の全天探査を目的に2008年に打ち上げられた現在稼働中の衛星で、大面積望遠鏡(LAT)とγ線バーストモニター(GBM)という観測装置を搭載している。**従来の衛星の数十倍の感度で全天を観測し**、近年では宇宙線陽子が超新星残骸で生成することの決定的な証拠を発見するなどの成果をあげている。



Fermi衛星
Credit:NASA