

X線天文衛星「すざく」による観測成果体感ツールの開発

宇宙情報解析研究室：P05039-5 川辺 健二

指導教員：久保田 あや

2009年1月24日

1 はじめに

20世紀半ば、X線天文学の開花により、人間の目で見ることのできない宇宙を見ることができるようになり、日本はこれまでに5機のX線天文衛星を打ち上げ、X線天文学で世界をリードしてきた。そこで、本研究では宇宙に興味がある一般の人を対象に、日本の最新のX線天文衛星「すざく」[1]が得た鮮明な画像データを用い、本来不可視なX線を可視化し、X線画像と可視光観測で取得された宇宙全天の画像と組み合わせることを行う。これにより、宇宙X線の観測から宇宙の何がわかるようになるかを理解し、宇宙の構造自体を理解するための補助ツールの開発を目指す。

2 X線天文学

X線天文学とは、宇宙からの来るX線を観測し、天体を研究する天文学の一分野である。X線は主に数百万度から数億度という非常に温度の高い領域から出ている波長の光である(図1)。つまり激しく活発な活動をしている場所からX線が出ているのである。X線を放出する天体には、新星爆発、ブラックホール、活動銀河核、銀河間の高温のプラズマなどがあり、これらを観測することで暗黒物質や宇宙の大規模構造、強大な重力場での粒子の運動を解明することができる。こうした領域は宇宙では珍しいものではなく、逆に宇宙に存在する物質の9割以上がX線でなければ観測できない。つまり、星から銀河に至るほとんどの天体はX線天体ということができ、X線を解析することにより、宇宙解明が進展するとされている。

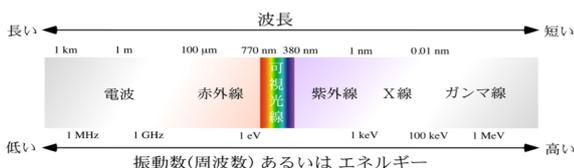


図1: 電磁波スペクトル図¹

3 X線天文衛星すざく

日本で5番目のX線天文衛星として、2005年7月打ち上げられ、現在も観測を続けている。搭載機器には4台のX線CCDカメラ(XIS検出器[3])と1台の硬X線検出器(HXD)[2]があり、XISは0.4keV-10keVのX線領域で、17.8×17.8分角の広い視野で1024×1024ピクセルの画像撮影を行いながら、精度の高い分光を連続的に実行する。

¹<http://www.astro.isas.jaxa.jp/xjapan/xrayintro/light.html>

4台のXIS検出器によって、高エネルギーのX線に対して、世界でも最大級の有効面積を持つ。よって、本研究ではXISの画像データを採用した。また、HXDは画像は取得できないが、10-700keVの領域でかつてない高い感度での観測ができる。この硬X線の観測によって、塵に覆い隠されていたニュータイプの巨大ブラックホールを発見する[4]など、様々な成果をあげている。すざくの観測方法は全天サーベイ観測ではなく、主要な天体単位で観測している。現在までの観測されているデータは1232個であり、観測データは観測提案者にデータが届いた後、1年後に全世界に公開される。2009年1月22日現在、公開されているデータは839あり、これは全天の約0.2%に相当する。本研究では2009年1月9日時点の784データを使用した。

4 X線画像表示ツール(Google sky)

2007年8月Google earthにsky機能が追加された。これによりSkyビューに切り替えると、Google Earthのインターフェイスを使って望遠鏡や双眼鏡のように宇宙を見渡し、天体を観察することができる。また、Google Earthと同様に画像を貼付けるイメージオーバーレイ機能、クリックする事により情報を表示する事ができる目印機能が使用できる。これに伴い、NASA(National Aeronautics and Space Administration)はchandra with google earthというX線天文衛星チャンドラの画像、情報をgoogle sky上で表示できるコンテンツを開発した。この様に今宇宙分野ではGoogle skyが注目されており、本研究に最適なツールであると考え、採用した。

5 開発

5.1 開発の流れ



図2: 開発の流れ

図2に開発の流れを示す。このように「すざく」によるX線画像の取得、画像の位置情報の読み取り、貼付け画像の作成、目印機能と画像処理、Google skyへの取り込み、という流れで行った。

5.2 「すざく」による X 線画像の取得と画像形式

X 線天文衛星すざくが撮影した画像は FITS と呼ばれるファイル形式で保存される。FITS ファイルはデータ部とヘッダー部からなり、ヘッダー部に観測の主要な情報(参照するピクセルの天球座標等)が書き込まれている。画像は、エネルギー帯域 0.4-10keV のうち、0.4-1.5keV、1.5-4keV、4-10keV の 3 帯域にわたった画像が作成され、JAXA(宇宙航空研究開発機構)の DARTS(Data ARchives and Transmission System) に保存されている。¹ これらの画像は、すでに検出器座標から天球座標に変換され、画像サイズを 256x256 に圧縮されている。天球に投影する際の投影形式は、TAN[5] と呼ばれる投影法であり、球面の中心が投影の中心になっている場合に用いる形式である。

5.3 画像の位置情報の読み取り

Google earth のイメージオーバーレイ機能や目印機能を使用するには KML ファイル (KML とは Google earth で処理される XML 形式で書かれたもの) を作成する必要がある。また、Google earth では緯線と経線の間隔が等しく、直線で、直角に交差している CAR 投影法が採用されている。使用する「すざく」の画像の投影法は TAN 形式なので、厳密には Google earth に直接貼ることは正しくない。しかし、一つの画像のサイズが 17.8x17.8 分角と全天に比較して非常に小さいため、投影法の違いによるゆがみはよほどの極地方でないかぎり無視できる。なお、使用しているすざくの観測の最も極地の座標は赤経 13.5°赤緯 -73°であり、歪むことはない。KML における貼付け位置を指定する方法は画像の名前と座標値入力であり、これは貼付け画像の対角頂点 2 点の座標値がわかればよい。この頂点 2 点の座標値算出に WCS (Fits 画像のピクセル座標を基に世界座標へ変換するライブラリ) [5] を使用し、算出した値を fprintf によって、全 784 データに対して KML ファイルへ出力するプログラムを開発した。

5.4 貼付け画像の作成

全 784 の FITS データを Stiff というソフトウェア²を用いて疑似カラー合成を行った。色とエネルギーの対応は 0.4-1.5keV を赤、1.5-4keV を緑、4-10keV を青とした。これにより、合成後のカラー画像から、青側の領域は高エネルギー X 線が、赤側の領域からは低エネルギーの X 線が出ているなどの、エネルギーの位置依存性を目でみて確認できる。SN1006 という超新星残骸の一部の観測データを実際に合成した画像を図 3 に示す。SN1006 のような広がった天体の場合、すざくの一つの観測だけでは天体全体をカバーできないため、方向をわずかに変えた複数回の観測が行われる。きれいな画像を得るためには複数の画像を合成する必要があるが、これは本年度、斉藤大が総合研究 [7] で開発したツールを応用する事とした。複数の画像を合成したものを図 4 に示す。

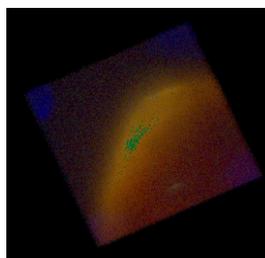


図 3: 疑似カラー合成画像

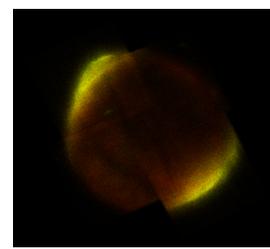


図 4: sn1006 の画像 [7]

5.5 目印機能による天体解説の作成

SN1006 は 1006 年に超新星爆発を起こした超新星の残骸で、温度約 1000 万度、実直径は約 50 光年の巨大火の玉である。図 4 から、低エネルギー X 線 (赤) が全体に広がるのと同時に、北東および南西の領域にエネルギーの高い (黄) 殻があることがわかる。この黄色の部分には、宇宙線を加速している衝撃波の殻、秒速 3000 km で膨張しており、この殻と星間空間の間でピンポン玉のように荷電粒子が 1000 年間にわたって跳ね返され、地上では実現不可能な超高エネルギー粒子になった³。このように画像から直感的に理解できることに加え、X 線スペクトルの研究から得られた最新の成果についての解説文を、宇宙科学研究本部のすざく速報⁴や ISAS ニュース特集号⁵ [?], Google Earth の目印機能を用いて有名な天体に説明書きを作成した。図 5 は実際に作成した目印機能によるイメージである。

5.6 Google sky への取り込み

作成した画像をプログラムによって Google sky への取り込んだ。図 6 に完成画像を示す。図中のバツ印をクリックする事で、図 5 の目印機能イメージが表示できる。

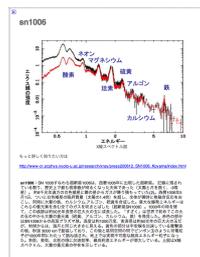


図 5: 目印機能イメージ

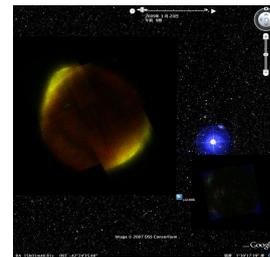


図 6: 完成画像

6 まとめ

今回宇宙に興味のある一般の人を対象に X 線宇宙の理解補助ツール開発を目指した。単に疑似カラー合成したものを示せるのではなく、Google sky へ X 線画像を取り込む事により宇宙のどこでどのような天体が活発な活動をしているかなどの理解を促進するツールが作成できた。

参考文献

- [1] Mitsuda, K. et al. 2007, PASJ, 59, 1
- [2] Kokubun, M., et al.2007, PASJ, 59, 53
- [3] Koyama, K., et al.2007, PASJ, 59, 23
- [4] Ueda, Y., et al. 2007, ApJL, 664, L79
- [5] E.W.Greisen&M.R.Calabretta.2002, Astronomy&Astrophysics, 395,1061-1075
- [6] 斉藤 大 総合研究論文 (芝浦工業大学) 2009(作成中)
- [7] ISAS ニュース 2008 年 3 月号 (No.324)

¹<http://darts.isas.jaxa.jp/pub/suzaku>

²http://terapix.iap.fr/rubrique.php?id_rubrique=178

³http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/research/xray/press200612_SN1006.L

⁴<http://www.astro.isas.ac.jp/suzaku/flash/>

⁵<http://www.isas.jaxa.jp/ISASnews/No.324/ISASnews324.html>