

高エネルギー天文学の データを用いた 科学教育プロジェクト

田村隆幸 (ISAS/JAXA)

- X線で見た宇宙
(X線天文学の紹介)
- プロジェクトについて
- 実習
 - ネット教材 / UDON (すざく衛星のデータ解析)
 - PC 教材 / 超新星爆発残骸からのX線スペクトル

1

X線で見た宇宙 X線天文学入門

(図の一部は、宇宙研X線グループのweb siteから転載しました)

2

X線とは？

- エネルギー
 - 0.1-10 keV (キロ電子ボルト)
- $1 \text{ keV} = 1.2 \text{ nm} = 1.2 \times 10^7 \text{ K}$
- 原子の中の電子の状態の遷移によって発生する電磁波。
- (ガンマ線は、原子核の状態遷移で発生する)。
- X線の発見
 - 1895年 レントゲン
- 宇宙からのX線の発見
 - 1962年 ジャコーニ他(米) → ノーベル賞 (2002)
- X線の一般利用
 - 病院、空港、非破壊試験でのレントゲン
 - 蛍光X線分析 (例 惑星探査)
 - X線回折による分子・結晶構造の研究

3

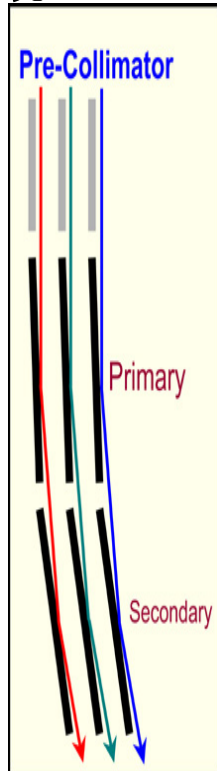
X線の特徴と検出器

- X線の透過と吸収
 - 人体は透過する。
 - 何億光年という宇宙空間も透過する。
 - (エネルギーの高いX線は、) 星間ガスも透過する。
 - 大気は、透過できない。水素、酸素などによる光電吸収のため。
- 宇宙空間での観測が必要
 - 透過・吸収は、原子の柱密度に依存する。
- ガス比例計数管
 - 気体+X線 = X線エネルギーに比例した数の電子
- 半導体検出器 (Si/CCD)
 - エネルギー分解能が良い
- カロリメーター
 - X線による微弱な温度上昇を測定する。
 - 超低温 (~50 mK) の環境で動作
 - 数 eV のエネルギー分解能
 - ASTRO-H (2013-) に搭載予定

4

X線望遠鏡

- X線を普通の物質で反射、屈折することはほとんどない。
- 浅い角度(1-2度以下)で入射すると全反射する。
- 金やプラチナなどの反射率の高い薄膜を多層に重ねる(多層薄膜型)。
- 最高の空間分解能:
- チャンドラ衛星 ~0.5秒角

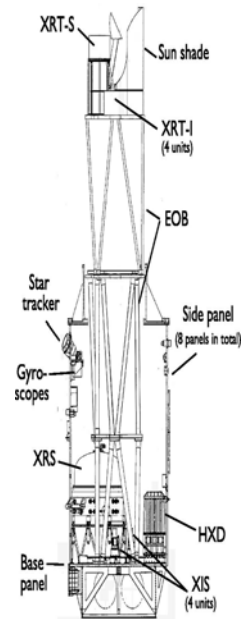


© NASA

「すざく」衛星

日本で5番目のX線天文衛星

- 2005/7/10に、JAXA M-Vロケットにより近地球軌道に打ち上げ。JAXA+国内の大学+NASA+
- 6.5m, 1700 kg

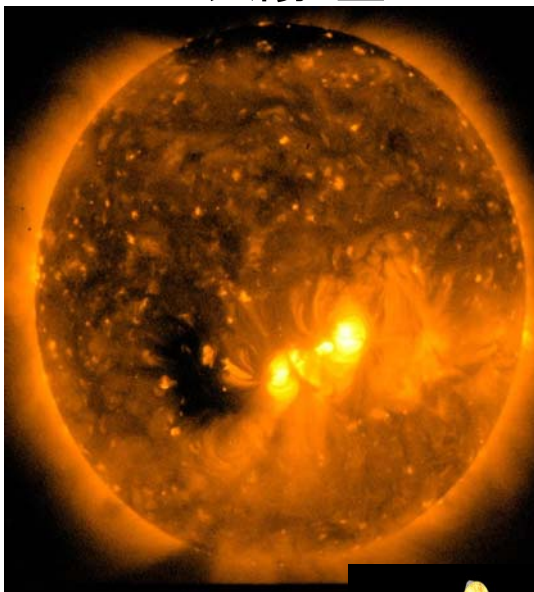


Mitsuda et al. 2007

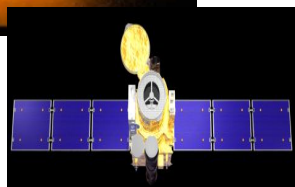
6

X線で見た宇宙

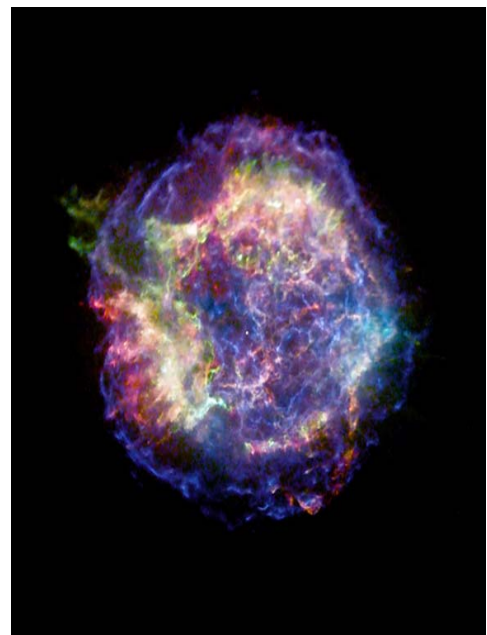
太陽・星



Hinode (© JAXA+NAOJ)



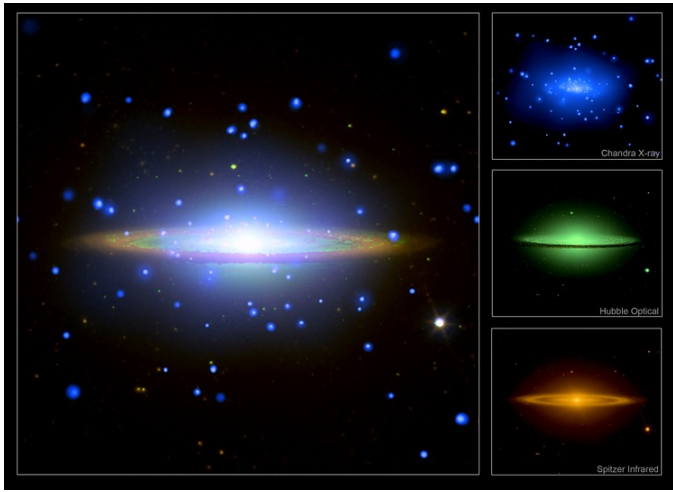
超新星爆発: Cas-A ~ 320年前の爆発



© NASA/chandra

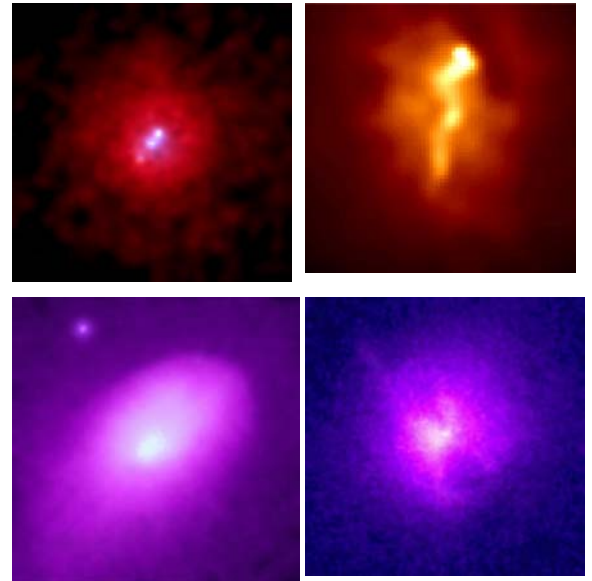
8

銀河のプラズマ



X-ray: NASA/UMass/Q.D.Wang et al.;
 Optical: NASA/STScI/AURA/Hubble Heritage;
 Infrared: NASA/JPL-Caltech/Univ. AZ/R.Kennicutt/SINGS Team)

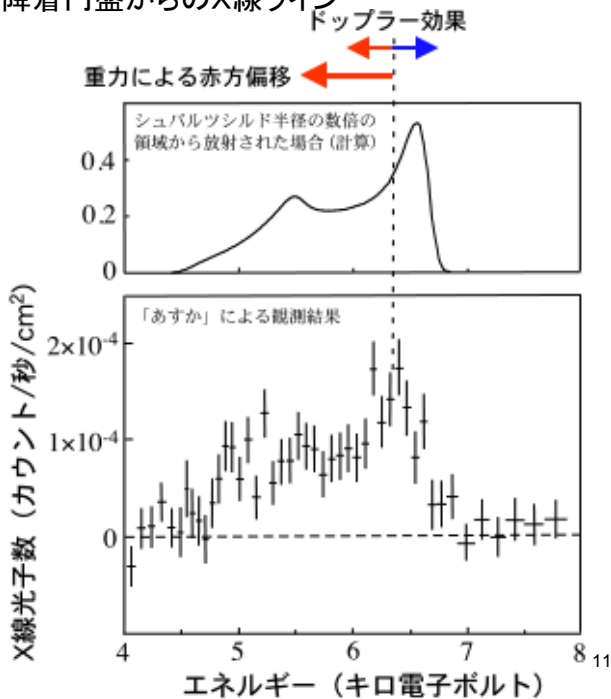
銀河団のプラズマ



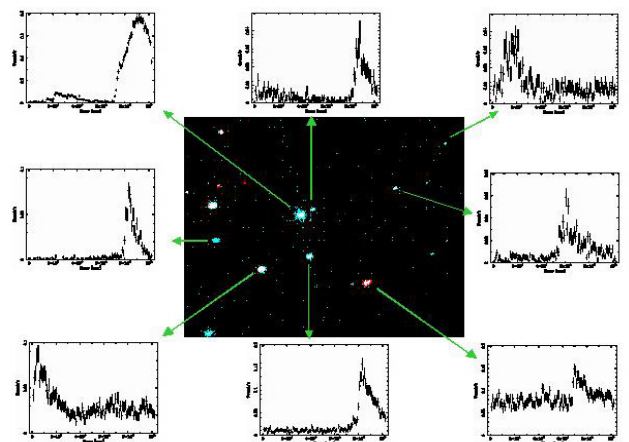
© NASA/chandra

X線スペクトルの例

活動銀河核/巨大ブラックホール周辺の
 降着円盤からのX線ライン



時間変動(ライトカーブ) 活動的な天体



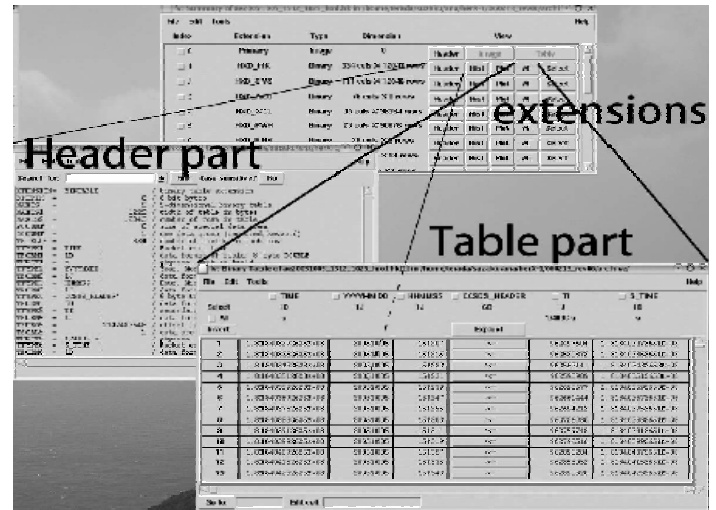
原始星からのX線フレア/ Chandra、坪井他

X線で宇宙を見ると

- 熱い (1000万から1億度)
 - 太陽コロナ
- 活動的 (時間変動)
- 極限エネルギー
 - ブラックホール
- 他の波長では見えない物質
- 宇宙の大規模構造・宇宙論的な観測
 - X線背景放射 (= 遠方の活動銀河核)
 - 銀河団高温プラズマ
 - ガンマ線バースト

X線観測データの特徴

X線を波としてではなく、光子(イベント)として、一つ一つ、そのエネルギー、場所、時間などを測定する。



すざく 1st Step マニュアル @ 理研/ISAS より転載

darts.jaxa.jp/classroom

Data Archives and Transmission System
DARTS SODA JAXA Google 検索

天文学 太陽物理学 太陽地球系物理学 月惑星科学

あかり すざく はるか あすか IRTS ぎんが てんま JUDO

衛星観測データを用いた宇宙科学 (TOP)

第1部 はじめに

- 本教材について
- 高エネルギー天文学
- データ解析
- 教材作成ネットワーク

第2部 高エネルギー天文学の実習

- 回観している中性子星
- 大陽の観測
- 中性子星の半径と質量
- 超新星残骸
- 原始星

第3部 付録

- 教材作成者向け情報

衛星観測データを用いた宇宙科学

本教材は、科学衛星データを宇宙科学の教材として活用するためのものです。特に高エネルギー天文学のデータを用います。教材の主な対象は、大学での利用です。加えて科学館、高校での教育にも活用してください。

本教材の特徴は、実際に研究者が用いているデータを解析し、創造と発見の喜びを体験できることです。教材は、高エネルギー天文学を専門にしている大学の研究者や大学院生、データベース(DARTS)を開発している研究者、および高校の教員、天文台の研究者により制作・管理されています。

この教材は、現在開発中の宇宙科学教育教材の暫定公開です。2009年5月現在、二部の課題を試験的に公開しています。2009年度中に、他の課題も提供します。

皆様からのご意見、ご指摘を歓迎します。頂いたご意見、ご指摘を教材の改善に役立たせて頂きます。darts-admin AT ML isas.jaxa.jp まで、お寄せください。

共同作業

- | | |
|---|---|
| <p>参加メンバー</p> <ul style="list-style-type: none"> • 長瀬 文昭 学・ISAS • 海老沢 研 ISAS • 松崎 恵一 ISAS • 田村 隆幸 ISAS • 辻本 匡弘 ISAS • 馬場 彩 ISAS • 北本 俊二 立教大学 • 矢治 健太郎 立教大学 • 村上 弘志 立教大学 • 吉田 篤正 青山学院大学 • 宇野 伸一郎 日本福祉大学 • 松下 恭子 東京理科大学 • 坪井 陽子 中央大学 • 飯塚 亮 (中央大学) • 久保田 あや 芝浦工業大学 | <p>協カメンバー</p> <ul style="list-style-type: none"> 平林 久 (JAXA/宇宙教育センター) 古田 豊 (立教大新座) 林 壮一 (立教大新座) 綾部 俊二 (立教大新座) 吉田 清典 (立教大池袋) 野口 語 (相模原高校) 川端 (相模原高校) 宮脇 亮介 (桜美林大学) 沢田 (立教大学部生; 08FY 卒業) 岩本 ひとみ (立教大学部生; 08FY 卒業) 吉田 鉄生 (東京理科大学) 馬場 亮輔 (東京理科大学) 菅原 泰晴 (中央大院生) 戸塚 晃太 (中央大院生) 朝岡 育子 (東海大) 篠原 秀雄 (埼玉県立蕨高等学校) 八木 橋 (立教 4年) 鶴 沢 (中央大院生) 楠 (中央大院生) |
|---|---|

PAOFITSとの比較

	PAOFITS	DARTS/classroom
目的	FITS画像を教育に活用する。	
内容・特徴	天体データを単に鑑賞するのではなく、研究に用いられている本格的な観測画像を主体的に解析処理する	
主に利用データ	国立天文台 (SMOKA)や公開天文台の可視光データ(画像・スペクトル)	宇宙研のX線データ(イベント、画像、スペクトル) DARTS
対象	教育系大学、中学校・高校、博物館・科学館、公開天文台	現在の所、高校生から大学生

17

X線のデータを 利用する利点

- 大部分のデータが、同じ観測環境で取得されている。較正がされたデータが公開されている。また、データフォーマットが、複数の衛星間で比較的統一している。(X線を専門とする研究者にとっては)解析が比較的容易。
- 大量のデータが一般公開されている。例えば、あすかは、4000天体、すざくは、1000天体近くが公開されている。
- 他の波長では、体験できない高エネルギー現象を学習することができる。いろいろな階層の天体のデータが揃っている。惑星から宇宙の大規模構造、宇宙の果て¹⁸まで。

課題一覧

タイトル	学習課題	更新日	課題作成
超高速で回転する中性子星—カニパルサーの1日は333ミ秒	タイミング解析、波の位相	2010-1-6	海老沢 研
太陽表面の高エネルギー現象を探ろう	太陽の高エネルギー現象	2008-12-25	矢治 健太郎
「ぎんか」衛星のデータを用いて中性子星の半径と質量を求めよう	中性子星の半径と質量の推定	2008-3-1	岩本, 沢田, 北本他
星の残骸から、私たちの素を見つけよう	超新星残骸での特性X線	2010-1-8	馬場 彩
赤ちゃん星が作りだす巨大爆発現象を理解しよう	原始星からのX線	2010-1-6	坪井 陽子, 飯塚 亮, 菅原 泰晴
宇宙最大の構造/銀河団の質量を測る—暗黒物質を暴く	質量の推定	2010-1-5	松下 恭子

公開予定の課題

タイトル
X線で暴く近接連星の中に潜むブラックホール draft version (2010-1-5)
X線で探る天の川の中心 - 銀河系中心部に潜む巨大ブラックホールを暴け draft version (2009-12-7)

今後の課題 (1) 教材としての品質

- 教材の試験、実践、外部レビュー。
- 「教材だけで学習する」のは容易ではない。学習指導者向けの説明、およびワークシートが不十分。
- 基礎物理(放射、吸収、エネルギー保存)の説明が不十分。
- データ解析の基本概念の説明が不十分。対数、頻度分布、微分・積分、誤差など。
- 実際のデータを解析すると、結果は必ずしも想定しているモデルどおりにはならない。不定性、誤差の説明が不十分。

- 当初は、宇宙研のデータ(あすか、すざく、ひので)を主に用いる計画であったが、3/8課題は外国の衛星データを主に利用する。ユーザにとってはどちらでも構わないかもしれない。
- 英語でも公開して、ユーザの数を増やしたい。
- バリアフリー対応。
- CD、解説書の作成。

21

今後の課題 (2) データ解析環境・開発環境

- 教材の開発者は、主にUNIX/Macを利用、一方、教材は、Windows/XPでの利用を想定している。windows上でのデータ処理は、実績が少なく、また必ずしも効率的でない。Windowsのversion upをフォローできるか？ windows上で本格的なデータ解析ができるか？
- PCの環境によっては、動かない、動作が遅い場合がありうる。
- 全ての解析がブラウザ(サーバ)上で動けば良いか？ (解析環境のクラウド化)
参考: darts/udon (using FLASH)

22

- 外部から提供されているソフトに依存している。そのため、versionの違いによる機能の違い、日本語と英語版の違いがありうる。
現在の教材では、以下を利用している。
 - fv (NASA/HEASOFT)
windows版の実績が不足
 - ds9 (cfa) # windows版の実績が不足
 - エクセル
 - マカリ (TBD) # X線データ向けではない？
- (開発体制) プロジェクト管理・教材編集作業の効率化。現在は、メールベースで情報交換。使いやすい「コラボレーション環境」が欲しい。

23