

2006 年度 課題研究 P6

すざく SWG phase 観測データの解析とデータベースの作成

小川 恵美子      佐野 武

2007 年 3 月 19 日

## 概要

(1) すぎく SWG phase (2005 年 8 月 11 日 ~ 2006 年 6 月 30 日) の XIS の観測データを全て解析し、ライトカーブ、イメージ、スペクトルのデータを作成し、データベースとしてまとめる。

(2) ライトカーブ、イメージではエネルギーバンドを区切って解析する、スペクトルはフィッティングも行う、データの並べ方を工夫するなどし、立教大学が作っているものより詳しく、使いやすいデータベースを作成する。

(3) データベースから、興味深い観測データを探しだし、解析を行う。

## 目次

1	「すぎく」衛星と搭載機器	3
1.1	「すぎく」衛星	3
1.2	搭載されている観測機器	5
1.3	XIS(X-ray Imaging Spectrometer)	7
2	データ解析	9
2.1	解析準備	9
2.2	ライトカーブ	9
2.3	イメージ	12
2.4	スペクトル	13
3	データベースの作成	18
3.1	デザイン	18
3.2	サイトマップ	18
3.3	サイト概要	18
3.4	データベースの URL	19
4	データベースから得られた成果	21
5	まとめ	27
6	シェルスクリプトソース集	28
6.1	解析準備	28
6.2	ライトカーブ	29
6.3	イメージ	31
6.4	スペクトル	37
7	参考文献	49
8	謝辞	50

# 1 「すざく」衛星と搭載機器

## 1.1 「すざく」衛星

すざく (Astro-E2) は、ISAS/JAXA の M-V-6 号ロケットにより、2005 年 7 月 10 日に打ち上げられた、我が国 5 番目の X 線天文衛星である。衛星は直径 2.1m の八角柱の構体を基本とし、全長 6.5m (軌道上で鏡筒伸展後) の大きさをもつ。太陽パネルを広げた幅は 5.4m になる。衛星の重量は 1680kg にもなり、日本の科学衛星としては、これまでにない大型衛星である。姿勢は、太陽電池パネルが太陽から 30 度以内の方向に常に向くように三軸制御される。科学観測機器は太陽電池パネルの軸に垂直に向けられるので、観測できる範囲は太陽から 60~120 度の角度範囲に限定される。「すざく」は近地点高度 250km、遠地点高度 550km、軌道傾斜角 31 度の楕円軌道に投入され、その後、搭載二次推進系により高度約 570km の略円軌道へ最終投入された。1 日に地球を 15 周するが、鹿児島県内之浦の地上局から衛星と通信できるのはその内の 5 回のみである。そのため追跡オペレーションは 1 日 5 回、約 10 分ずつ行われる。

「すざく」衛星は、2000 年 2 月に打ち上げロケットの不具合によって軌道投入できなかった Astro-E 衛星の再挑戦をかけたミッションであり、「はくちょう (1979)」「てんま (1983)」「ぎんが (1987)」「あすか (1993)」に続く X 線天文衛星として、日本国内の大学、諸機関、米国航空宇宙局 (NASA) などの協力で開発が進められてきた。さまざまな X 線天体に対して、これまでになかった広いエネルギー領域 (0.3-600keV) にわたり、高いエネルギー分解能かつ高感度での観測ができることが最大の特徴である。

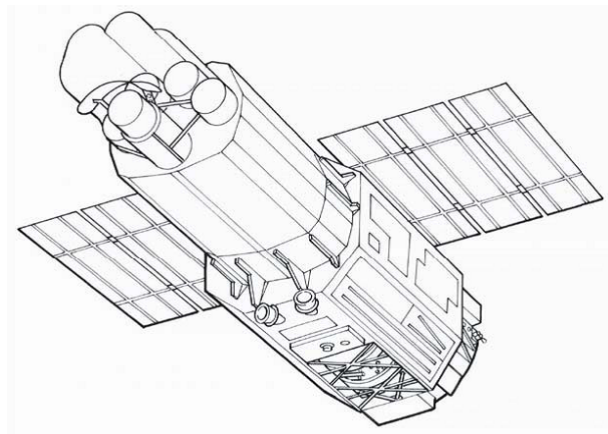


図1 「すざく」の概観

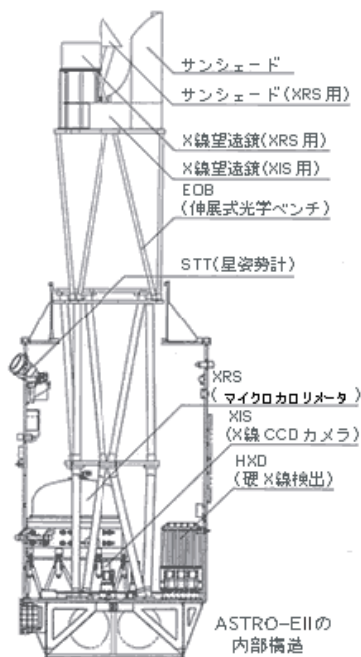


図2 「すざく」の内部構造

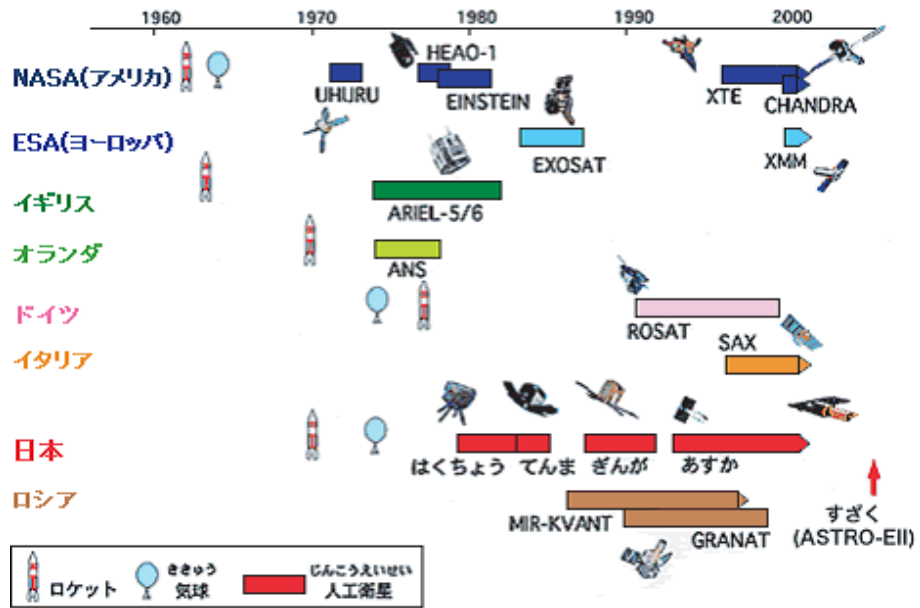


図3 X線天文学の歴史と日本のX線天文衛星

## 1.2 搭載されている観測機器

### 1.2.1 概要

「すざく」衛星には5つの軟X線検出器と1つの硬X線検出器が搭載されている。軟X線望遠鏡は、5つのX線反射鏡(X-ray telescope;XRT)と5つの焦点面検出器(4つのXIS検出器と1つのXRS検出器)からなる。XIS(X-ray Imaging Spectrometer)はX線CCDカメラで、0.2-12keVのエネルギー帯域をカバーし、典型的なエネルギー分解能は130eVである。XRS(X-ray Spectrometer)はX線マイクロカロリメータで、エネルギー帯域はXISと同程度、典型的なエネルギー分解能は6eVである。残念なことに、2005年8月8日、XRSで使用している液体ヘリウムが消失するという事故が発生し、XRSによる観測は不可能になった。さらに高いエネルギー(10-700keV)のX線を観測するために開発されたのが硬X線検出器(Hard X-ray Detector;HXD)である。「すざく」ではXIS4台とHXDで同じ天体を同時に観測することができ、広いエネルギー帯で高感度のX線分光が可能である。特に、硬X線領域(10-300keV)においてこれまでで最高の感度、軟X線領域(0.3-1keV)で、これまでのCCDカメラに比べて高い感度と分解能を実現している。衛星内での検出器の配置を図4に示す。また、各検出器の特徴や性能を表1にまとめた。今回我々はXISのデータの解析を行ったので、XISについて次のセクションで詳しく述べる。

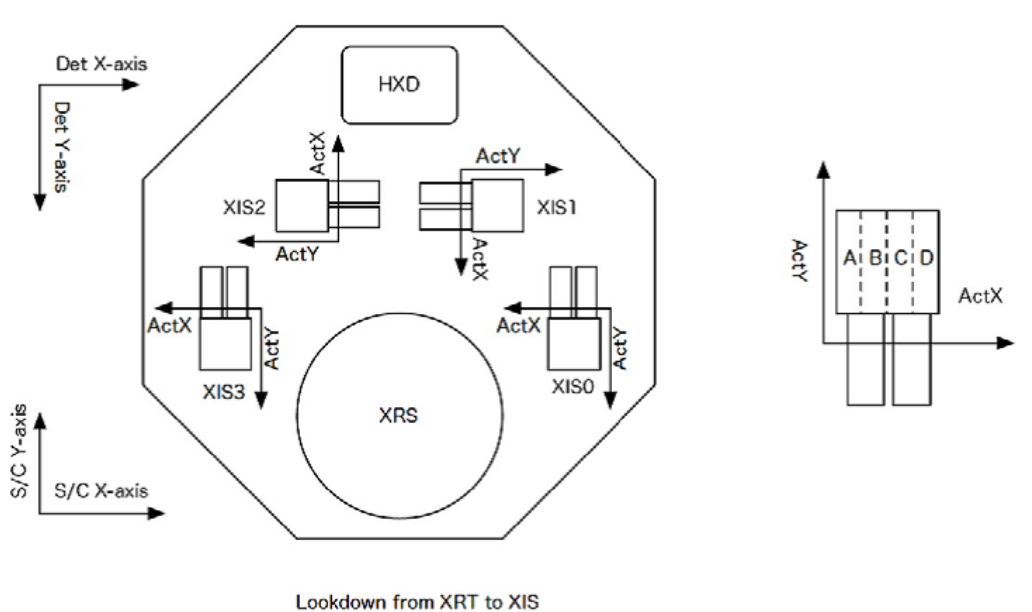


図4 衛星上での各検出器の配置。なお、図中のS/C X,S/C Yは衛星座標系，DETX,DETYは検出器座標系である。

表1 「すざく」に搭載されている観測機器の性能

XRT	焦点距離	4.75 m
	視野 (FWHM)	17'@1.5keV, 13'@8keV
	Plate scale	0.724 arcmin/mm
	有効面積	440 cm <sup>2</sup> @1.5keV, 250 cm <sup>2</sup> @8keV
	角分解能	2'
XIS	視野	17.8' × 17.8'
	エネルギー帯域	0.2-12keV
	有効画素数	1024 × 1024
	1画素のサイズ	24μm × 24μm
	エネルギー分解能	~ 130eV@6keV
	有効面積 (XRT-込み)	340cm <sup>2</sup> (FI), 390cm <sup>2</sup> (BI) @1.5keV 350cm <sup>2</sup> (FI), 100cm <sup>2</sup> (BI) @8keV
時間分解能	8s (Normal mode), 7.8ms (P-Sum mode)	
HXD	視野	34' × 34' (100keV), 4.5° × 4.5° (100keV)
	エネルギー帯域	10-600keV (PIN 10-60keV, GSO 30-600keV)
	エネルギー分解能	PIN ~ 3keV(FWHM), GSO 7.6/√E <sub>MeV</sub> % (FWHM)
	有効面積	~ 160 cm <sup>2</sup> @20keV, ~ 260 cm <sup>2</sup> @100keV
	時間分解能	61μs

### 1.3 XIS(X-ray Imaging Spectrometer)

X 線検出に用いられる CCD は、半導体検出器を 2 次元アレイ状に並べたものといえる。CCD のある画素に X 線が入射すると、ある確率で光電吸収が起こる。その結果生じた光電子はエネルギーを失うまで次々と Si 原子と衝突を繰り返し、電子・正孔対を作る。生じる電子・正孔対の数は、入射 X 線エネルギー  $E$  に比例し、およそ  $(E/W_{Si})$  個となる (ここで  $W_{Si}$  は Si の平均電離エネルギー  $\sim 3.65\text{eV}$ )。こうしてできた電子の集まり (一次電子雲と呼ぶ) を正確に検出することによって、入射 X 線エネルギーを知ることができる。また、検出器の位置分解能は画素の大きさ (XIS では  $24\mu\text{m}$ ) によって決まり、比例計数管 (およそ  $100\mu\text{m}$ ) と比べて優れている。入射 X 線は空乏層内で吸収されなければ正確なエネルギー測定ができないため、高いエネルギーの X 線の検出効率を上げるには、空乏層を厚くする必要がある。

「すざく」の XIS は 4 台の X 線 CCD カメラから構成され (図 5)、天体の撮像と X 線スペクトルの取得を目的としている。「あすか」に搭載された CCD カメラ (SIS) に比べて、空乏層の厚さが 2 倍になったため、高エネルギーの X 線に対する感度が向上している (7keV で約 2 倍)。また、CCD の動作温度を  $-90$  まで下げたことで暗電流を押さえ、電荷転送非送率を減少させるなど、様々な工夫がなされている。



図 5 XIS の概観

XIS の 4 台のセンサーをそれぞれ xis0, xis1, xis2, xis3 と呼ぶ。また、CCD には表面照射型 (Frontside Illuminated; FI) と裏面照射型 (Backside Illuminated; BI) がある (図 6)。表面照射型 CCD では X 線を電極側から入射するため、低エネルギーの X 線は電極や絶縁層で吸収されてしまうのに対し、裏面照射型 CCD では X 線を電極の逆側から入射するため低エネルギーの X 線に対して高い検出効率を得ることができる。xis0, xis2, xis3 の 3 台が FI-CCD、xis1 が BI-CCD である。

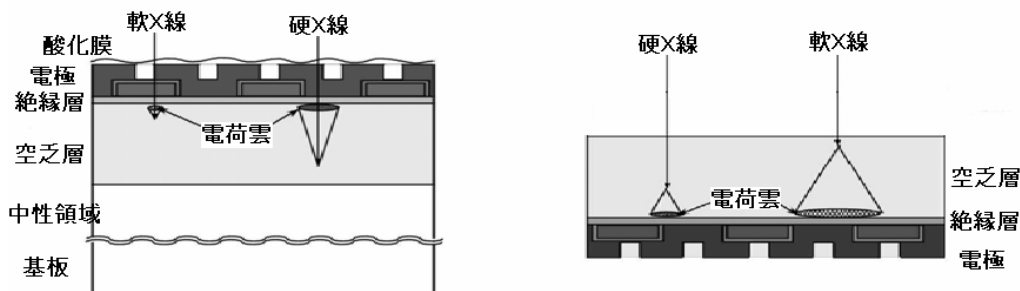


図 6 CCD の断面図。FI-CCD (左) と BI-CCD (右) を模式的に示したものを。

XIS では軌道上でのエネルギーの絶対精度の測定のために、カメラごとに較正線源 (calibration source) が取り付けられている。線源はいずれも  $^{55}\text{Fe}$  (半減期 2.7 年) で、Mn  $K\alpha$  (5.9 keV)、Mn  $K\beta$  (6.5 keV) の特性 X 線を出す。

較正線源の位置については、図 7 に示した。

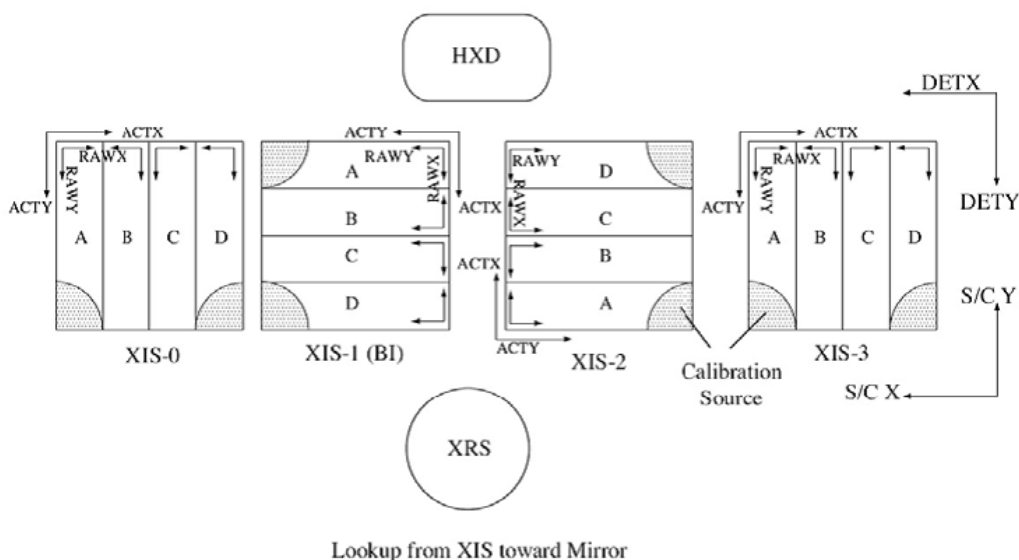


図 7 XIS の座標系と較正線源の位置。この図は XIS から望遠鏡を見上げた図になっている。RAW 座標系 (RAWX, RAWY) と Actual 座標系 (ACTX, ACTY) は XIS に特有の座標系である。



## 2 データ解析

データ解析について述べる。

データ解析にはシェルスクリプトを用いた。なお、データ解析で用いたスクリプトは 6 章シェルスクリプトソース集に全てまとめた。

### 2.1 解析準備

#### 2.1.1 ダウンロード

すざく SWG phase の XIS の全観測データを SWG のホームページからダウンロードした。

URL は

```
http://www.astro.isas.jaxa.jp/suzaku/sw/process/rev07/cl_evt/
```

である。このページには SWG のパスワードがかかっているため、パスワードを知らないとデータのダウンロードはできない。

ダウンロードした観測データから、XIS での観測がないものは削除した。結果、SWG phase の XIS での観測データは 240 個であった。

ここでダウンロードしたデータは、地没や SAA (South Atlantic Anomaly) の時間帯のデータが除かれた cleaned event file である。

#### 2.1.2 cleansis

次にダウンロードした全ての cleaned event file に cleansis という作業を行った。cleansis とは、XIS の event file 中にある hot pixel や flickering pixel を取り除く作業である。

各観測データのディレクトリの下に cleandata というディレクトリを作り、cleansis したデータは全て cleandata 内に保存した。

## 2.2 ライトカーブ

cleansis したデータを解析し、全ての event に対してライトカーブの画像を作成した。

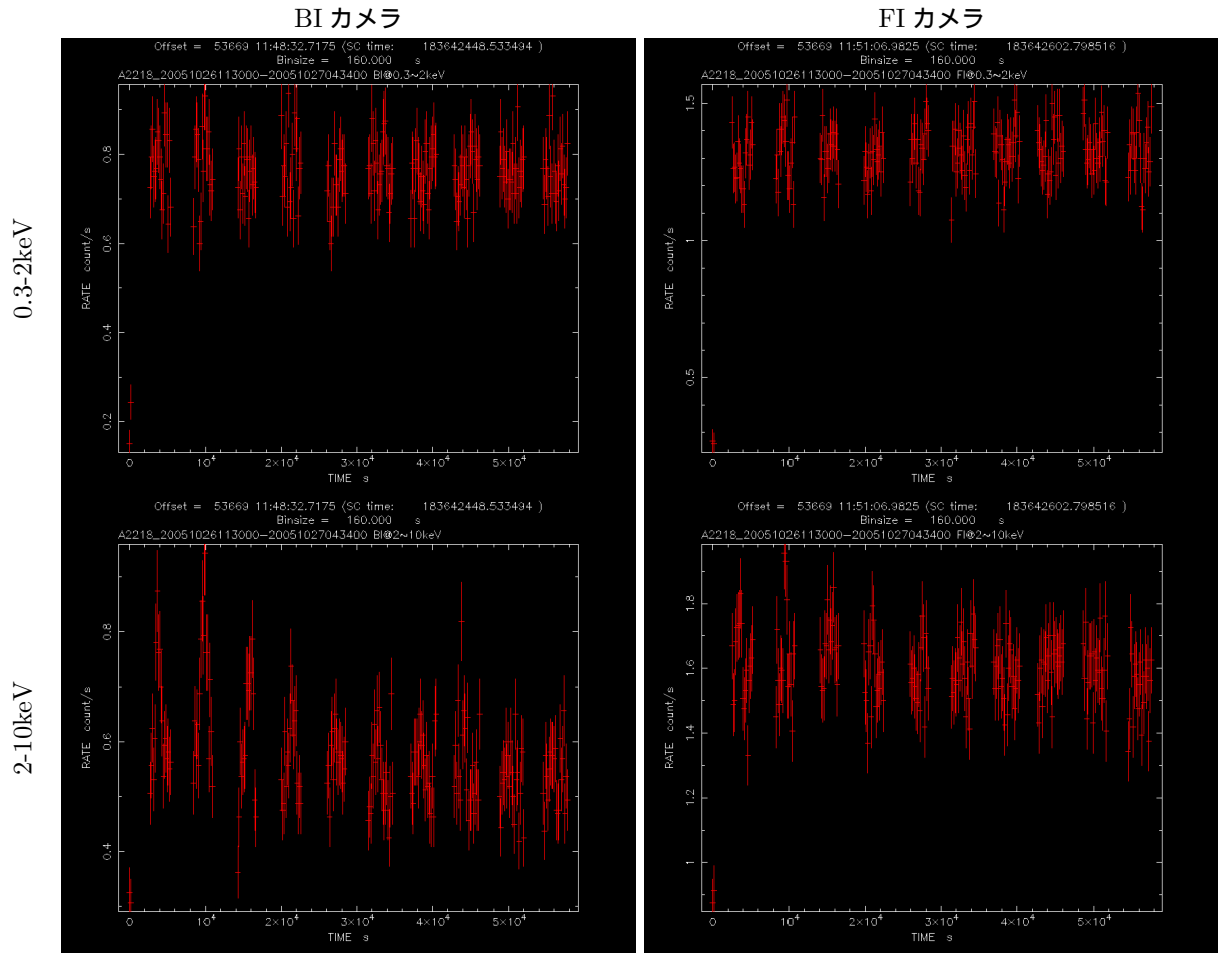
event file を読み込んだとき、まずライトカーブを確認するべきである。観測中に検出器に何らかの異常が起こっていないか、太陽活動起源のフレアアップが起こっていないか、突発天体がバーストを起こしていないか、などの情報をライトカーブから得ることができる。

xselect で event file を読み込みライトカーブを作成した。

FI カメラと BI カメラのデータを分けて解析し、またエネルギーバンドを 0.3-2keV, 2-10keV の 2 つに分けて解析を行った。また、データベースをより使いやすいものにするために、解析したそれぞれのデータについて大小 2 種の画像を作成した。よって 1 つの event に対し 8 種の画像データができた。画像データは gif 形式で

保存した。

作成したライトカーブの一例を下に示す。この例は銀河団 A2218 ( 20051026113000-20051027043400 ) のライトカーブである。



エネルギーバンドを分けて解析を行うとき、エネルギーバンドの指定は PI channel で行うが、XIS での PI channel とエネルギー  $E$  との関係は以下の式のとおりである。

$$E = 3.65PI(eV)$$

また今回の解析では、binsize は基本的には 160 としたが、カウント数が少なく binsize160 ではライトカーブとして用を成さない event に対しては、個別に binsize を設定した。binsize を個別に設定した event の一覧を以下の表 2 に示す。

表 2: binsize 個別設定一覧

通し番号	天体名	観測日時	binsize
62	AB_Dor	20050918195600-20050918211600	96
63	4U1626-67	20050918211600-20050918223600	32
68	GX_17+2	20050922055600-20050922071600	16
71	GC_BGD1	20050924110500-20050924124000	64
72	GC_BGD2	20050924124000-20050924141600	64
74	GC_BGD3	20050925172700-20050925190200	64
79	GC_BGD1	20050930042900-20050930060500	64
80	GC_BGD2	20050930060500-20050930074100	64
82	GC_BGD3	20051001062100-20051001073500	64
87	QSO1727+5	20051004105000-20051004115000	8
89	A2312	20051005032400-20051005043500	96
205	73P_SW3_C1	20060507091300-20060507113000	96
206	73P_SW3_C2	20060507113000-20060507130000	96
207	73P_SW3-Part2-C1	20060513040700-20060513050000	96
208	73P_SW3-Part2-C2	20060513050000-20060513063600	96
209	73P_SW3-Part2-C3	20060513063600-20060513081200	96
210	73P_SW3-Part2-C4	20060513081200-20060513094800	96
211	73P_SW3-Part2-C5	20060513094800-20060513112400	96
212	73P_SW3-Part2-C6	20060513112400-20060513130000	96
213	73P_SW3-Part2-C7	20060513130000-20060513143600	96
214	73P_SW3-Part2-C8	20060513143600-20060513161000	96
222	73P-SW-1	20060607162000-20060607173900	96
223	73P-SW-2	20060607173900-20060607191500	96
224	73P-SW-3	20060607191500-20060607205100	96
225	73P-SW-4	20060607205100-20060607222700	96
226	73P-SW-5	20060607222700-20060608000300	96
227	73P-SW-6	20060608000300-20060608013900	96
228	73P-SW-7	20060608013900-20060608031500	96
229	73P-SW-8	20060608031500-20060608050000	96
230	73P-SW-9	20060608050000-20060608062700	96
231	73P-SW-10	20060608062700-20060608080300	96
232	73P-SW-11	20060608080300-20060608093900	96
233	73P-SW-12	20060608093900-20060608111400	96
234	73P-SW-13	20060608111400-20060608125100	96
235	73P-SW-14	20060608125100-20060608142600	96

## 2.3 イメージ

### 2.3.1 FITS ファイルの作成

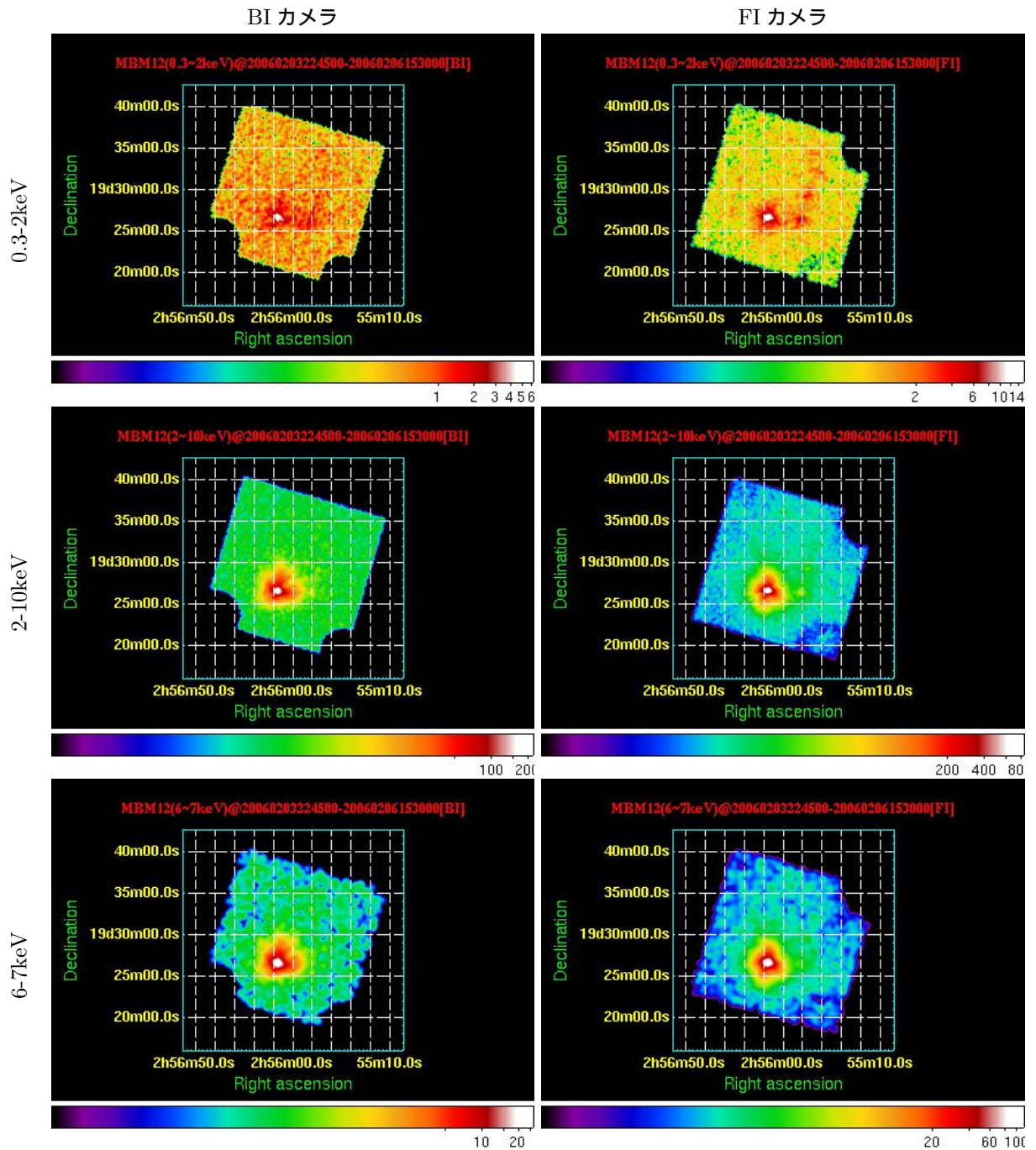
イメージではエネルギーバンドを 0.3-2keV, 2-10keV, 6-7keV の 3 つに区切った。6-7keV を選択したのは中性鉄の 6.4keV, ヘリウム様鉄の 6.7keV などの鉄由来の軌線に注目したからである。カメラはライトカーブと同じく BI(xis1) と FI(xis0,2,3) の 2 種に分けたので、合計 6 種類ずつの FITS ファイルを xselect を用いて作成した。

### 2.3.2 ds9

イメージ作成ソフトは ds9 を用いた。  
仕様をそろえるため、まず下に示す grid ファイルを作成した。

### 2.3.3 grid

ori.grd と oriS.grd の 2 つに大別されているが、違いは zoom がそれぞれ 2.5、1.0 であること以外同じである。  
scale は log、color は sls とした。max,min はデータごとに自動定義されるよう、セットしなかった。  
hight,width はギャラリーに載せる時のサイズを考慮して決定した。  
smooth はカウントの多い 0.3-2keV と 2-10keV では radius=2、カウントの少ない 6-7keV では radius=4 とした。  
grid は入れたが、contour と region は特に入れなかった。  
できたイメージの例を以下に示す。これは暗黒星雲 MBM12 ( 20060203224500-20060206153000 ) のデータである。



## 2.4 スペクトル

### 2.4.1 PHA ファイルの作成

xselect で event file を読み込み calibration source のデータを取り除き、スペクトルを抽出し、PHA ファイルとして保存した。今回は、さまざまな種類の天体の観測データを解析しなければならなかったため、スペクトル取得領域の指定は行わず、観測領域全面からスペクトルをとった。

## 2.4.2 GRPPHA によるピンまとめ

xselect で作られたスペクトルは、そのままではピンが細かく、1つのピンあたりの統計がよくない。そこで、実際にスペクトルのフィッティングを行う前に grppha というソフトを用いて binning する必要がある。今回の解析では、グラフを描いたときの見やすさなどを考慮し、0-511 channel までは 1bin まとめ、512-1023 channel までは 8bin まとめ、1024-2047 channel までは 16bin まとめ、2048-4095 channel までは 32bin まとめ、というように binning を行った。

ただし、この bin まとめではデータ点が少なくなりすぎてしまう event に対しては、1bin あたりに少なくとも 20 cts はあるように bin まとめをするように設定した。bin まとめの設定を変更したものは、表 2 に示した event と同じである。

## 2.4.3 xspec

xspec では、grppha で bin まとめした PHA ファイルからスペクトルを描いて保存することができる。また、モデルフィッティングも行える。今回は xspec11 を使用した。

### データの読み込み

xspec でデータを読み込ませる際、バックグラウンドファイルと検出器のレスポンスファイル (rmf ファイル、arf ファイル) を読み込ませる必要がある。web 上の calibration data base など公開されているファイルをダウンロードして用いた。用いたファイルは以下のとおり。

#### バックグラウンドファイル

FI : NEP\_xisnom6mm\_det\_fi\_rev.pi

BI : NEP\_xisnom6mm\_det\_bi.pi

#### rmf ファイル

FI : ae\_xi0\_20060213.rmf

BI : ae\_xi1\_20060213.rmf

#### arf ファイル

FI : ae\_xi0\_xisnom6\_20060615.arf

BI : ae\_xi1\_xisnom6\_20060615.arf

バックグラウンドは NEP (North Ecliptic Pole : 黄道北極方向) のデータを使用した。このデータを引くことによって、Cosmic X-ray background や Non X-ray background など、観測している天体由来ではない X 線を除去することができる。rmf は Redistribution Matrix File の略で、検出器のレスポンスを与えるファイルである。arf は Auxiliary Response File の略で、望遠鏡のレスポンスを与えるファイルである。

### スペクトルの表示

BI カメラのデータと FI カメラのデータに分けて PHA ファイル、レスポンスファイル、バックグラウンドを読み込み、2つのスペクトルを1つの画像上に表示させた。また、データベース作成のために大小2種の画像を描き保存した。スペクトル解析を行う際には 0.4keV 以下と 12.0keV 以上のデータは使わないようにして表示させ、表示を行うと同時にカウントレートも求めるようにした。作成したスペクトルの一例は以下の図 8。これは Cyg X-1 ( 20051005043500-20051005151200 ) のデータである。

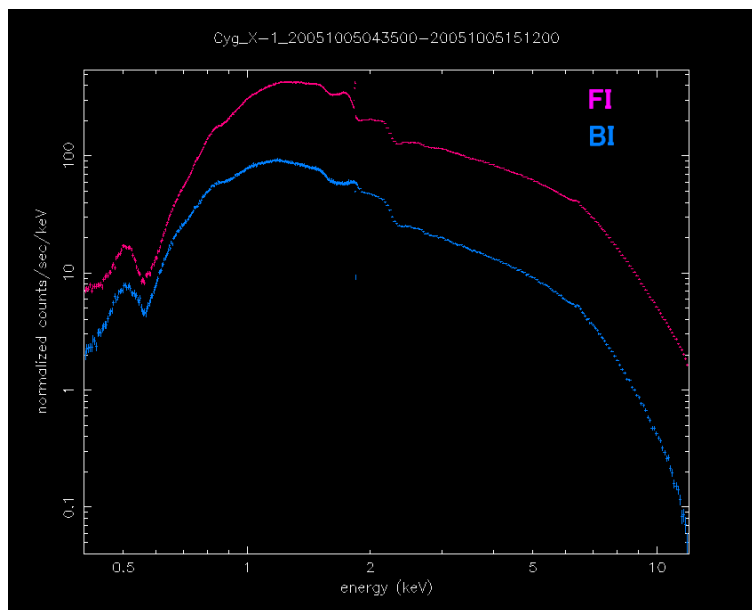


図 8 スペクトルの例

### モデルフィッティング

スペクトルの表示に加え、スペクトルのモデルフィッティングも行った。本来は各天体に対しモデルをよく考慮してフィッティングをしなければ正しいフィッティングとはならないが、今回は観測データ数が多いなどの理由により、すべての観測データに対して一律に、

- ・ wabs\*powerlaw ( 吸収 \* べき関数 )
- ・ wabs\*mekal ( 吸収 \*mekal )

の 2 種類のモデルによっておおまかなフィッティングを行った。

フィッティングによって求められたモデルはスペクトルと共にグラフに表示し、また、グラフの下には求めたモデルと実際のデータの残差を表示させた。

### フィッティングに用いたモデル

- 1 . wabs ( 吸収 ) モデル

wabs モデルは X 線が星間物質によって受ける光電吸収をモデル化したものであり、光電吸収を受ける確率は

$$A(E) = \exp(-N_H * \sigma_{ph}(E))$$

であらわされる。 $\sigma_{ph}(E)$  は光電吸収断面積であり、主要元素の断面積を組成比に従って重みをつけて足し合わせたもの。このモデルのパラメータは  $N_H$  だけである。 $N_H$  は水素柱密度であり  $N_H = nd$  ( $n$ : 水素密度、 $d$ : 吸収体の視線方向の厚さ) である。 $N_H$  は主要元素である水素が単位面積あたり視線方向にどれだけあるかの目安となる。

銀河系の中には  $10^6$ K 以下の低温ガスがあるので、X 線スペクトルは吸収を受けて低エネルギー側で下がる。また、1-2keV の X 線に対しては主に O、Ne、Mg、Si、Fe などの吸収が支配的である。

## 2 . powerlaw (べき関数) モデル

powerlaw モデルは、以下の式

$$A(E) = KE^{-\alpha}$$

であらわされるモデルで、log-log スケールだと傾き  $-\alpha$  の直線になる。パラメータは

- $K$ : normalization (1keV における単位時間、単位エネルギー、単位面積あたりの放射光子数)
- $\alpha$ : photon index (無次元量)

の 2 つである。この 2 つのパラメータを振ってフィッティングを行った。

## 3 . mekal モデル

mekal モデルは、光学的に薄い高温プラズマからの放射を表すモデルで、熱制動放射に元素放射ラインを合わせたものになっている。パラメータは

- $K$ : normalization
- $kT$ : プラズマ温度 (keV)
- $N_H$ : 水素柱密度 ( $\text{cm}^{-3}$ )
- Abundance: 重元素 (C、N、O、Ne、Mg、Al、Si、S、Ar、Ca、Fe、Ni) の含まれる割合が太陽と同じだと仮定し、重元素が太陽の何倍含まれているかを表す。
- redshift
- switch

の 6 個があるが、今回は  $K$ 、 $kT$ 、abundance の 3 つを振ってフィッティングを行った。



## 結果

各データに2種のモデルでモデルフィッティングをした結果の一例は以下の図9、10のようになった。図9はかに星雲(20050901215000-20050902010000)のデータ、図10はケンタウルス座銀河団(20051227060000-20051228042000)のデータである。

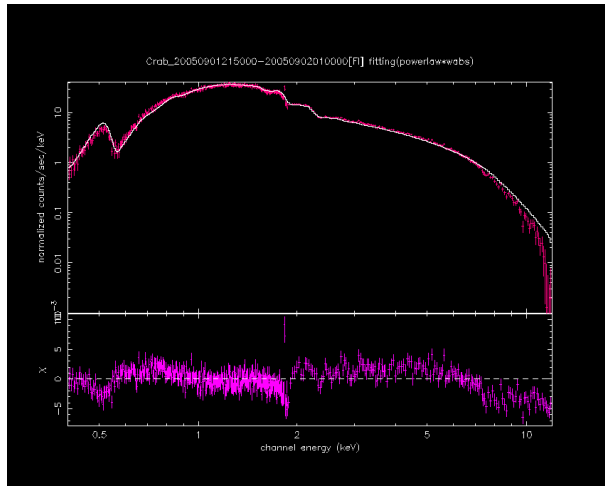


図9 wabs\*powerlaw でのフィッティング

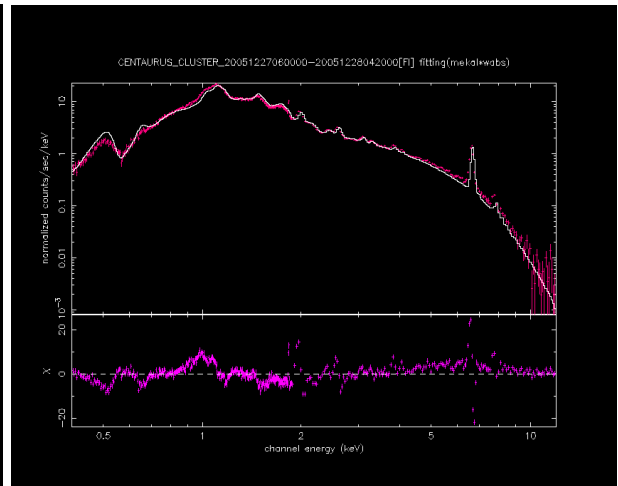


図10 wabs\*mekal でのフィッティング

また、フィッティングを行ったときに求められるパラメータ、フラックス、カウントレートは全てデータベースに記載した。今回のフィッティングは2種類のモデルで一律に行ったので、中にはフィッティングが不可能だったデータもある。このようなデータはグラフ上にモデルの線が表示されていない。

### 3 データベースの作成

html 作成はホームページビルダー 11 (IBM 社) を補助的に用いた。

#### 3.1 デザイン

実際のデータベースの構築にあたっては、立教大学の作成していたもの

(<http://agyo.rikkyo.ac.jp/suzaku/index.html>) を参考にし、それに改良を加えた。

ユーザーに使いやすいデータベースを作るため、具体的に次のような方針を立てた。

- ・ただ単にデータを羅列するだけでなく、天体をカテゴリ分けし、さらにリストから頭出しできるシステムを構築することによって検索機能の向上を図る。
- ・多量のデータから統計的情報を引き出すことができるので、fitting パラメーターを表にまとめ、リストもダウンロードできるようにする。
- ・同イベントのバンド別、カメラ別の比較を容易にするため、1画面に収まる画像サイズを採用する。

#### 3.2 サイトマップ

大局的には、サイト全体を「一覧で見る」「天体別に見る」「日付順に見る」「ダウンロード」の大きく4つのサブサイトにわけ、それぞれのギャラリーで掲載形式を変えて様々な用途に応じられるようにした。

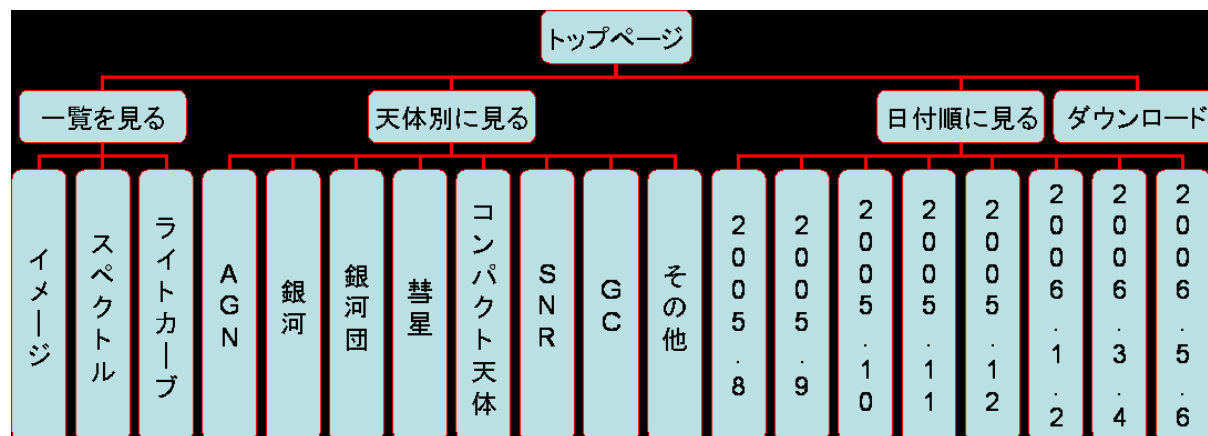


図 11 サイトマップ

#### 3.3 サイト概要

##### 3.3.1 サブサイト：一覧で見る

立教大学のギャラリーとほぼ同じ構成で、イメージ (6 ページ)、スペクトル (6 ページ)、ライトカーブ (3 ページ) をそれぞれ観測日時順に羅列した。さらに目次として各イベントをリスト化し、検索と頭出しをしやすくした。

### 3.3.2 サブサイト：天体別に見る

まず全データを次の 8 つのカテゴリに分類した。カッコ内はイベント数

AGN(24)

銀河 (11)

銀河団 (33)

彗星 (25)

コンパクト天体 (24)

SNR(77)

galactic center&bulge&ridge(22)

その他 (24)

これらのカテゴリごとにページを作成した。

ただし、SNR は数が多かったため、さらに crab(32), crab 以外 1(23), crab 以外 2(22) の 3 ページに分割した。(合計 11 ページ)

検索リストもカテゴリごとに作成し、順番は観測順ではなく原則アルファベット順になっている。

このサブサイトでは各イベントのイメージ、スペクトル、ライトカーブが同時に閲覧できるものにした。

### 3.3.3 サブサイト：日付順に見る

天体別のページ同様、イメージ、スペクトル、ライトカーブの 3 つを同時に見られるものを作り、観測日時順に並べた。(全 8 ページ)

### 3.3.4 サブサイト：ダウンロード

まず、イメージ解析に用いた FITS ファイル、スペクトル解析に用いた PHA ファイルと GRPPHA でビンまとめした PHA ファイルを全データ zip 形式に圧縮し、ダウンロードできるようにした。

次に、各 fitting パラメータを観測順に並べたデータリストを作成し、個別にダウンロードできるようにした。

最後に、解析に使用した bash スクリプトを掲載した。

## 3.4 データベースの URL

データが膨大であるため作成したデータベースの全てをこのレポートに掲載することができない。

2007 年 4 月現在、京都大学宇宙線研究室の

[http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/member/matumoto/temp/P6\\_2006\\_SuzakuDB/2006\\_p6\\_suzaku\\_data\\_base/](http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/member/matumoto/temp/P6_2006_SuzakuDB/2006_p6_suzaku_data_base/)

で閲覧することができる。

## 4 データベースから得られた成果

立教データベースに比べ改善された点を列挙する。

- ・エネルギーバンド毎の解析を行った。  
(イメージは 0.3-2keV、2-10keV、6-7keV、ライトカーブは 0.3-2keV、2-10keV)
- ・ calibration source , background を除去した。
- ・特にデータ点の少ない天体についてはピンまともを個別に調節した。
- ・スペクトルを2つのモデルで簡単に fitting した。
- ・各 fitting parameter や flux を表にまとめた。
- ・データの並べ方を工夫し、検索機能を向上させた。

完成したデータベースを眺めて、今回我々は興味深い1つの天体に注目してさらに詳しい解析を行った。

DEM.L71/N23(観測日時 20050816122000-20050817143000)のイメージ解析を行った結果、エネルギーバンドによって見え方が大きく異なることに気付いた。

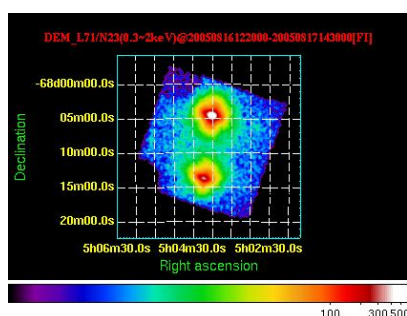


図 12 0.3-2keV(FI)

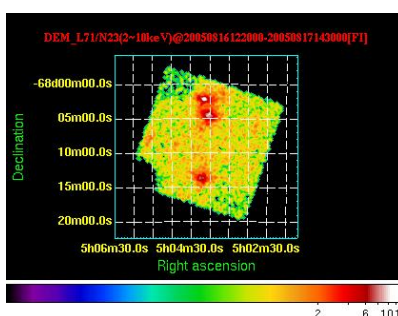


図 13 2-10keV(FI)

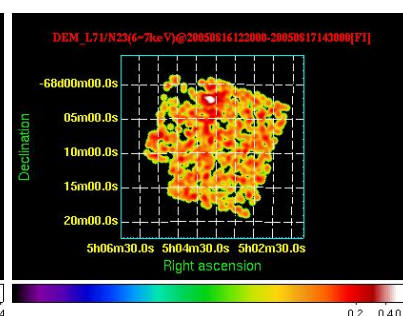


図 14 6-7keV(FI)

0.3-2keV のバンドでは DEM.L71(上) と N23(下) の2つの天体しか見えないが、2-10keV のバンドでは DEM.L71 の左上にもう一つ天体が見えるのがわかる。

さらに 6-7keV のバンドではむしろこの天体の方が明るくなるように見える。

この事実について文献を確認したが、我々が調べた範囲ではこれに関する記述が見つからなかったので興味を持ち、3つの天体を個別にスペクトル解析することにした。

まず図 15 のように領域を3つに区切り、上から A, B, C と名付けた。

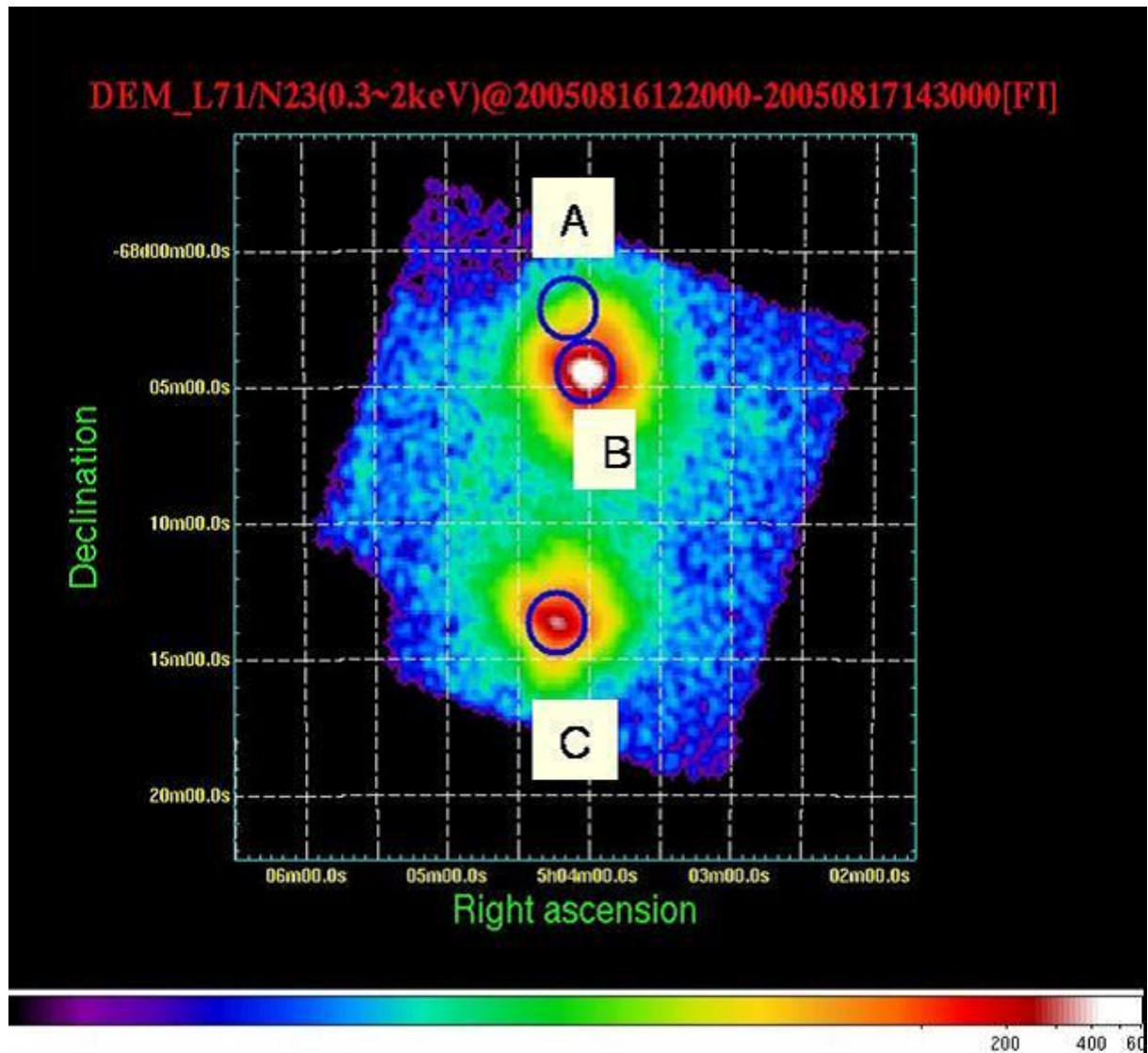


図 15 3つのregion

A が高エネルギーで強い unknown , B が DEM.L71 , C が N23 である。  
region の円は全て同じ半径にとり ( $r=1.11168^\circ$ ), 強度を比較できるようにした。  
それぞれをスペクトル解析した結果を図 16 に示す。

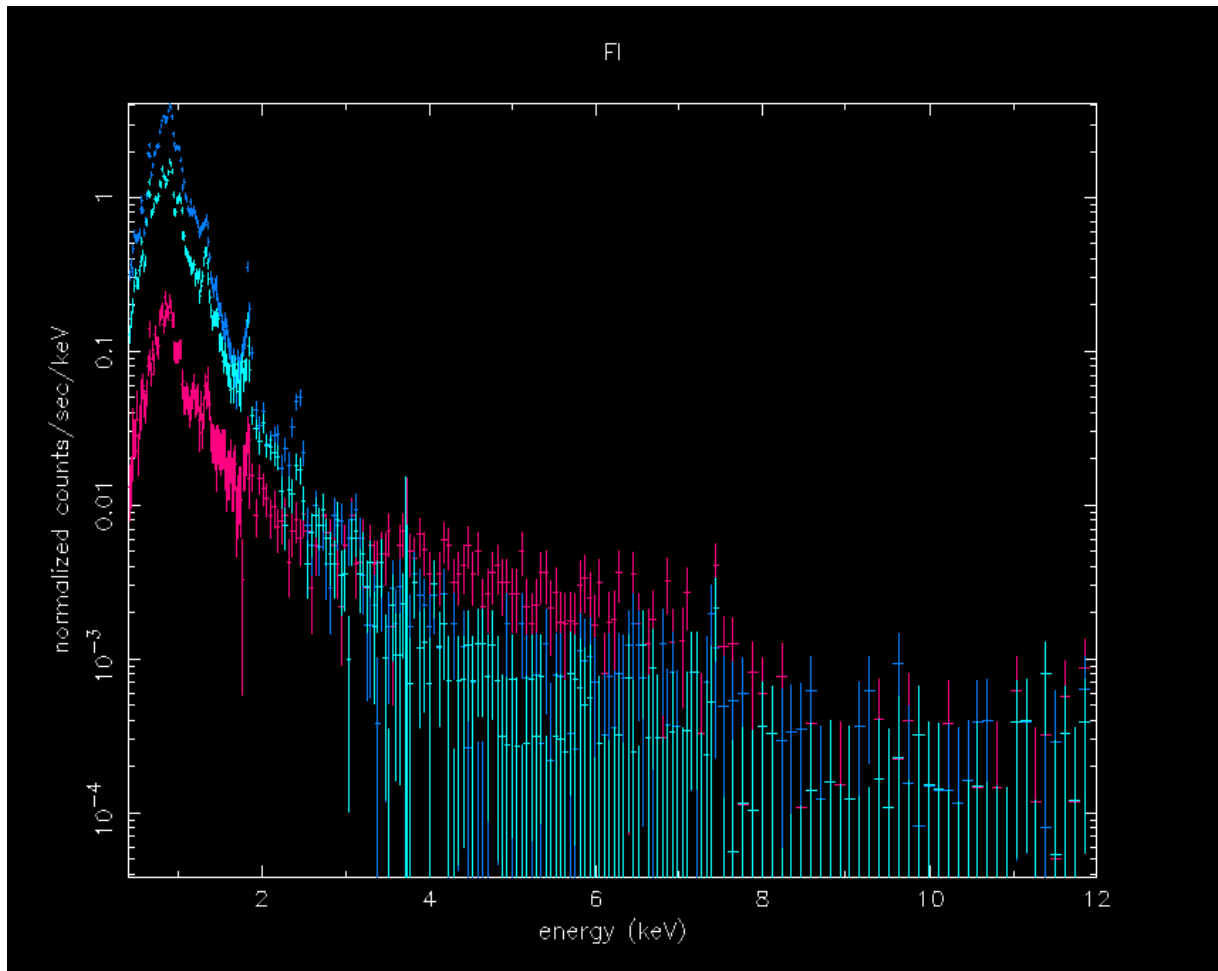


図 16 スペクトル結果 赤がA、青がB、緑がC

当初の予想では A の 6.4keV または 6.7keV の Fe 由来の輝線が見えることが期待されたが、そのような構造はなく、むしろ 4keV 以降連続的に A が B,C より強いという結果を得た。

そこで、A の powerlaw でのベキ (photon index) の下がり方に注目して fitting を行った。

wabs\*powerlaw 及び wabs\*mekal モデルではあまり合わないので、試行錯誤の末、最終的に wabs\*(powerlaw+vmekal) のモデルで fit を行った。

ここで vmekal モデルとは、重元素量が太陽の何倍かを表す abundance を変数に持つ mekal モデルを発展させたもので、各元素 (He,C,N,O,...) ごとに太陽の何倍か変数とできる自由度の多い fit モデルである。今回の解析では、O と Si を変数とした。

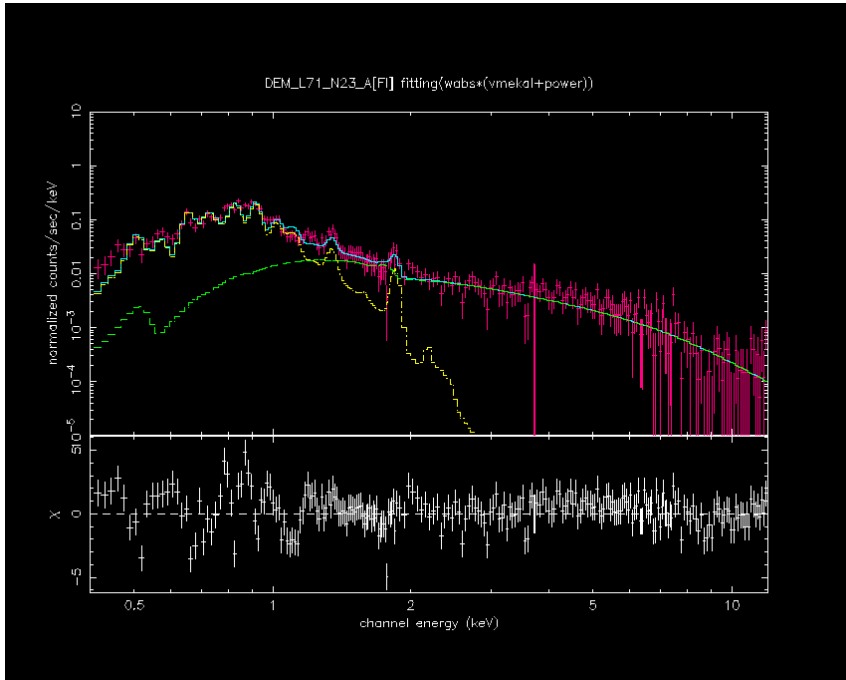


図 17 A の fit

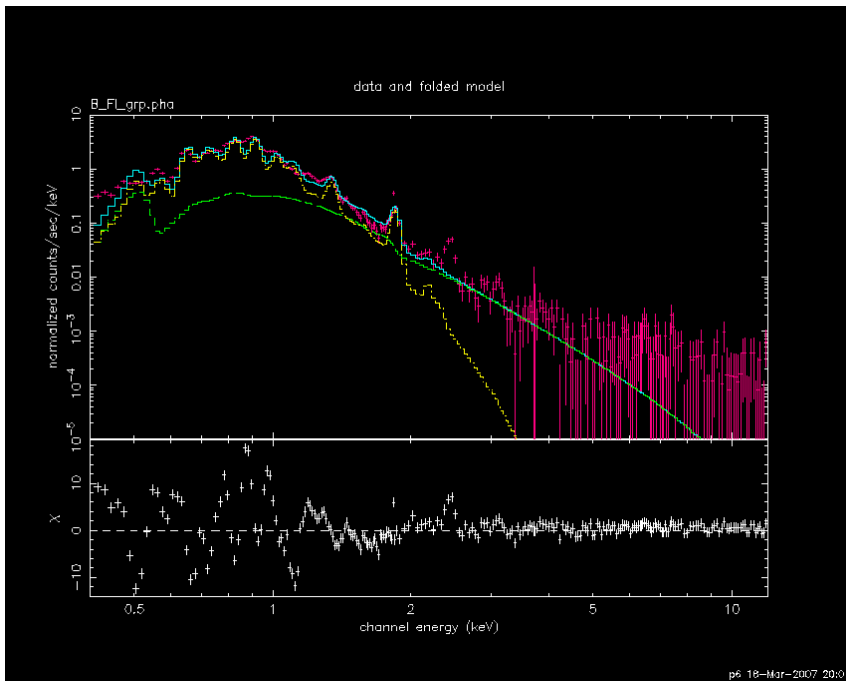


図 18 B の fit

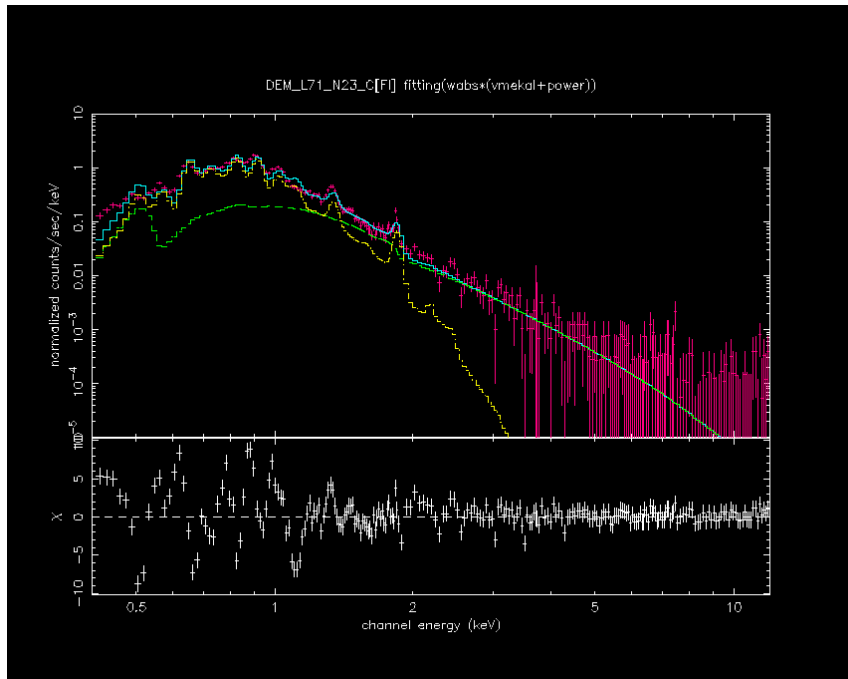


図 19 C の fit

赤がデータ点、青が (vmekal+powerlaw)\*wabs モデルの fit 結果、黄色はその vmekal\*wabs 成分、緑はその powerlaw\*wabs 成分を表す。

A,B,C いずれもおおむね 2keV 以下を vmekal\*wabs モデルが、2keV 以上を powerlaw\*wabs モデルが記述しているように見えるので、この fit モデルが正しいと仮定すれば、2keV 以下と 2keV 以上の flux を求めることで各成分を比較することができる。

解析結果を表 3 に示す。

表 3 3つの天体の比較

object	flux(0.4-2keV)cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	flux(2-12keV)cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	photon index	<sup>2</sup> /dof
A	0.26 photons(3.4E-10 ergs)	2.3E-02 photons(1.6E-10 ergs)	2.14 ± 0.07	1.75
B	4.6 photons(5.8E-09 ergs)	2.1E-03 photons(8.5E-11 ergs)	5.38 ± 0.06	14.9
C	2.3 photons(2.9E-09 ergs)	1.8E-02 photons(7.8E-11 ergs)	4.86 ± 0.06	5.64



このモデルが正しいとすれば、A は B,C に比べ低エネルギーで 1 桁弱いにも関わらず、高エネルギーではむしろ強いと言え、また photon index も小さい事がわかる。

ただしこの fitting では  $\chi^2$  値がかなり悪く、モデル fit は決して正しいとは言えず、結論を出すにはまだ解析が不十分であろう。

より fit をよくするには、

- ・シミュレーションによる精密な arf ファイルの作成
- ・近接する A と B の漏れこみとすざくの位置分解能との考慮
- ・他の fit モデルの検討

などが考えられ、さらにこれらの解析を進めたかったが、時間的、技術的都合上ここまでで終了した。

## 5 まとめ

すざく SWG phase の XIS での全ての観測データ (240 個) を解析し、データベースとしてまとめあげた。解析ではライトカーブ、イメージ、スペクトルのグラフを描き、ライトカーブ・イメージはエネルギーバンドを分ける、イメージでは max・min の個別定義、スペクトルではモデルフィッティングなども行い、立教大学が作成しているデータベースよりも詳しいものとなった。

また、データベースの構築においても、データの並べ方の工夫や天体のカテゴリ分け、検索機能の強化などさまざまな工夫を行い、使いやすいデータベースとなった。

このデータベースは今後京大宇宙線研究室の方々に公開される。

第 4 章で挙げたように、このデータベースからこのほかにもさまざまな興味深い現象が読み取れるであろう。

このデータベースが活用され、宇宙線研究室の方々の研究の助けとなれば幸いである。

また、今回は SWG phase のデータだけをまとめたが、今後公開されるすざくの観測データも解析し、このデータベースに付け加えていけば、より良いものになっていくのではないだろうか。

## 6 シェルスクリプトソース集

### 6.1 解析準備

全てのイベントファイルに cleansis をかけ、cleandata というディレクトリを作り保存する。

```
ls -l > suzaku-data.list

for((num=1;num<243;num++))
do

when='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' suzaku-data.list'

cd ${when}
cd xis
ls -l --color=no *.evt.gz | sed 's/.evt.gz//g' > temp_evt.list
mkdir ./cleandata
max='awk 'END{print NR}' temp_evt.list'
for((numb=1;numb<max+1;numb++))
do
evtname='awk -v countb=${numb} 'NR==countb{print $1}' temp_evt.list'

cleansis chipcol=SEGMENT<<EOF
${evtname}.evt.gz
./cleandata/${evtname}-2.evt.gz

EOF
done
cd
cd suzaku-data
done
```

xselect の読み込みに使う「FI.list」と「BI.list」を各ディレクトリ下に作成する。

```
ls -l --color=no *.evt.gz > data.list
grep "xis0" data.list > FI.list
grep "xis1" data.list > BI.list
grep "xis2" data.list >> FI.list
grep "xis3" data.list >> FI.list
```

## 6.2 ライトカーブ

xselect で、大小2つのライトカーブの画像を描く。

注:ファイル名にスラッシュ記号を用いることができないため、DEM L71/N23 (観測日時 20050816122000-20050817143000) については天体名 (下記スクリプト中の object) を定義する際には注意が必要である。

我々はこれを逐一手作業で修正したが、今考えれば天体名のリストを作ってそれを読み込ませるなど工夫の余地があったと思う。

```
ls -l > suzaku-data.list

for((num=1;num<240;num++))
do

when='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' suzaku-data.list'

cd ${when}
cd xis
cd cleandata

sample='head -1 data.list'
object='fkeyprint ${sample}+1 OBJECT | awk ' $1=="OBJECT"{print $3}' | sed "s/'//g"'
filename=${object}_${when}

xselect<<EOF

no
read event FI.list
./
set binsize 160
filter pha_cutoff 83 547
extract curve
plot curve
time off
mark 20 on
la f "${filename} FI@0.3~2keV"
cpd ${filename}_lcL_FI.gif/gif
pl
/gif
q
filter pha_cutoff 538 2739
extract curve
plot curve
time off
mark 20 on
la f "${filename} FI@2~10keV"
cpd ${filename}_lcH_FI.gif/gif
pl
```

```

/gif
q
filter pha_cutoff 83 547
extract curve
plot curve
time off
mark 20 on
paper 12 0.8
la f "${filename} FI@0.3~2keV"
cpd ${filename}_lcL_FI.s.gif/gif
pl
/gif
q
filter pha_cutoff 538 2739
extract curve
plot curve
time off
mark 20 on
paper 12 0.8
la f "${filename} FI@2~10keV"
cpd ${filename}_lcH_FI.s.gif/gif
pl
/gif
q
read event BI.list
yes
./
set binsize 160
filter pha_cutoff 83 547
extract curve
plot curve
time off
mark 20 on
la f "${filename} BI@0.3~2keV"
cpd ${filename}_lcL_BI.gif/gif
pl
/gif
q
filter pha_cutoff 538 2739
extract curve
plot curve
time off
mark 20 on
la f "${filename} BI@2~10keV"
cpd ${filename}_lcH_BI.gif/gif
pl
/gif
q
filter pha_cutoff 83 547
extract curve
plot curve
time off

```

```

mark 20 on
paper 12 0.8
la f "${filename} BI@0.3~2keV"
cpd ${filename}_lcL_BI_s.gif/gif
pl
/gif
q
filter pha_cutoff 538 2739
extract curve
plot curve
time off
mark 20 on
paper 12 0.8
la f "${filename} BI@2~10keV"
cpd ${filename}_lcH_BI_s.gif/gif
pl
/gif
q
q
no
EOF

cd
cd suzaku-data
done

```

### 6.3 イメージ

xselect で 8 種類の FITS ファイルを作成する。

```

ls -l > suzaku-data.list

for((num=1;num<240;num++))
do

when='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' suzaku-data.list'

cd ${when}
cd xis
cd cleandata

sample='head -1 data.list'
object='fkeyprint ${sample}+1 OBJECT | awk ' $1=="OBJECT"{print $3}' | sed "s/'//g"'

xselect<<EOF

no
read event FI.list
./

```

```
filter column "STATUS=0:65535"  
extract image  
save image ${object}_all_FI.fits
```

```
filter pha_cutoff 83 547  
extract image  
save image ${object}_L_FI.fits  
yes
```

```
filter pha_cutoff 548 2739  
extract image  
save image ${object}_H_FI.fits  
yes
```

```
filter pha_cutoff 1644 1917  
extract image  
save image ${object}_Fe_FI.fits  
yes
```

```
read event BI.list  
yes  
filter column "STATUS=0:65535"  
extract image  
save image ${object}_all_BI.fits
```

```
filter pha_cutoff 83 547  
extract image  
save image ${object}_L_BI.fits  
yes
```

```
filter pha_cutoff 548 2739  
extract image  
save image ${object}_H_BI.fits  
yes
```

```
filter pha_cutoff 1644 1917  
extract image  
save image ${object}_Fe_BI.fits  
yes  
q  
no  
EOF
```

```
cd  
cd suzaku-data  
done
```

ds9 上で作成した、大きなイメージ画像のための grd ファイル ( ori.grd )

```
global grid
```

```

set grid(system) wcs
set grid(sky) fk5
set grid(skyformat) hms
set grid(type) publication
set grid(type,numlab) exterior
set grid(grid) 1
set grid(grid,color) 1
set grid(grid,width) 0
set grid(grid,style) 1
set grid(gap1) {}
set grid(gapunit1) degrees
set grid(gap2) {}
set grid(gapunit2) degrees
set grid(axes) 1
set grid(axes,color) 2
set grid(axes,width) 3
set grid(axes,style) 0
set grid(tick) 1
set grid(tick,color) 5
set grid(tick,width) 0
set grid(tick,style) 0
set grid(border) 1
set grid(border,color) 5
set grid(border,width) 0
set grid(border,style) 0
set grid(labelling) exterior
set grid(labelup) 1
set grid(numlab) 1
set grid(numlab,font) helvetica
set grid(numlab,style) bold
set grid(numlab,size) 9
set grid(numlab,color) 7
set grid(numlab,gap1) {8}
set grid(numlab,gap2) {}
set grid(textlab) 1
set grid(textlab,def1) 1
set grid(label1) { }
set grid(textlab,gap1) {15}
set grid(textlab,def2) 1
set grid(label2) {}
set grid(textlab,gap2) {}
set grid(textlab,font) helvetica
set grid(textlab,style) plain
set grid(textlab,size) 18
set grid(textlab,color) 3
set grid(title) 1
set grid(title,def) 0
set grid(title,text) {object}
set grid(title,gap) {15}
set grid(title,font) times
set grid(title,style) bold
set grid(title,size) 18

```



```
set grid(title,color) 2
```

ds9 で大きなイメージ画像を作成

```
for((num=1;num<240;num++))
do

when='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' suzaku-data.list'

cp ori.grd ./${when}/xis/cleandata

cd ./${when}/xis/cleandata

sample='head -1 data.list'
object='fkeyprint ${sample}+1 OBJECT | awk ' $1=="OBJECT"{print $3}' | sed "s/'//g"'

sed 's/object/'${object}'(0.3~2keV)@'${when}'[FI]/g' ori.grd > L_FI.grd
sed 's/object/'${object}'(2~10keV)@'${when}'[FI]/g' ori.grd > H_FI.grd
sed 's/object/'${object}'(6~7keV)@'${when}'[FI]/g' ori.grd > Fe_FI.grd
sed 's/object/'${object}'(0.3~2keV)@'${when}'[BI]/g' ori.grd > L_BI.grd
sed 's/object/'${object}'(2~10keV)@'${when}'[BI]/g' ori.grd > H_BI.grd
sed 's/object/'${object}'(6~7keV)@'${when}'[BI]/g' ori.grd > Fe_BI.grd

ds9 ${object}_${when}_L_FI.fits -height 650 -width 800 -scale log -cmap sls -zoom 2.5
-smooth yes -smooth radius 2 -grid -grid load L_FI.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_L_FI.jpeg -exit &
usleep 1000000

ds9 ${object}_${when}_H_FI.fits -height 650 -width 800 -scale log -cmap sls -zoom 2.5
-smooth yes -smooth radius 2 -grid -grid load H_FI.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_H_FI.jpeg -exit &
usleep 1000000

ds9 ${object}_${when}_Fe_FI.fits -height 650 -width 800 -scale log -cmap sls -zoom 2.5
-smooth yes -smooth radius 4 -grid -grid load Fe_FI.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_Fe_FI.jpeg -exit &
usleep 1000000

ds9 ${object}_${when}_L_BI.fits -height 650 -width 800 -scale log -cmap sls -zoom 2.5
-smooth yes -smooth radius 2 -grid -grid load L_BI.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_L_BI.jpeg -exit &
usleep 1000000

ds9 ${object}_${when}_H_BI.fits -height 650 -width 800 -scale log -cmap sls -zoom 2.5
-smooth yes -smooth radius 2 -grid -grid load H_BI.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_H_BI.jpeg -exit &
usleep 1000000

ds9 ${object}_${when}_Fe_BI.fits -height 650 -width 800 -scale log -cmap sls -zoom 2.5
-smooth yes -smooth radius 4 -grid -grid load Fe_BI.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_Fe_BI.jpeg -exit &
```

```
usleep 1000000
```

```
cd  
cd suzaku-data  
done
```

ds9 上で作成した、小さなイメージ画像のための grd ファイル ( oriS.grd )

```
global grid  
set grid(system) wcs  
set grid(sky) fk5  
set grid(skyformat) hms  
set grid(type) publication  
set grid(type,numlab) exterior  
set grid(grid) 1  
set grid(grid,color) 1  
set grid(grid,width) 0  
set grid(grid,style) 1  
set grid(gap1) {}  
set grid(gapunit1) degrees  
set grid(gap2) {}  
set grid(gapunit2) degrees  
set grid(axes) 1  
set grid(axes,color) 2  
set grid(axes,width) 3  
set grid(axes,style) 0  
set grid(tick) 1  
set grid(tick,color) 5  
set grid(tick,width) 0  
set grid(tick,style) 0  
set grid(border) 1  
set grid(border,color) 5  
set grid(border,width) 0  
set grid(border,style) 0  
set grid(labelling) exterior  
set grid(labelup) 1  
set grid(numlab) 1  
set grid(numlab,font) helvetica  
set grid(numlab,style) bold  
set grid(numlab,size) 9  
set grid(numlab,color) 7  
set grid(numlab,gap1) {8}  
set grid(numlab,gap2) {}  
set grid(textlab) 1  
set grid(textlab,def1) 1  
set grid(label1) { }  
set grid(textlab,gap1) {10}  
set grid(textlab,def2) 1  
set grid(label2) {}  
set grid(textlab,gap2) {}  
set grid(textlab,font) helvetica
```

```

set grid(textlab,style) plain
set grid(textlab,size) 12
set grid(textlab,color) 3
set grid(title) 1
set grid(title,def) 0
set grid(title,text) {object}
set grid(title,gap) {15}
set grid(title,font) times
set grid(title,style) bold
set grid(title,size) 9
set grid(title,color) 2

```

ds9 で小さなイメージ画像を作成。

```

for((num=1;num<240;num++))
do

when='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' suzaku-data.list'

cp oriS.grd ./${when}/xis/cleandata

cd ./${when}/xis/cleandata

sample='head -1 data.list'
object='fkeyprint ${sample}+1 OBJECT | awk '$1=="OBJECT"{print $3}' | sed "s/'//g"'

sed 's/object/'${object}'(0.3~2keV)@'${when}'[FI]/g' oriS.grd > L_FIS.grd
sed 's/object/'${object}'(2~10keV)@'${when}'[FI]/g' oriS.grd > H_FIS.grd
sed 's/object/'${object}'(6~7keV)@'${when}'[FI]/g' oriS.grd > Fe_FIS.grd
sed 's/object/'${object}'(0.3~2keV)@'${when}'[BI]/g' oriS.grd > L_BIS.grd
sed 's/object/'${object}'(2~10keV)@'${when}'[BI]/g' oriS.grd > H_BIS.grd
sed 's/object/'${object}'(6~7keV)@'${when}'[BI]/g' oriS.grd > Fe_BIS.grd

ds9 ${object}_${when}_L_FI.fits -height 280 -width 420 -scale log -cmap sls
-smooth yes -smooth radius 2 -grid -grid load L_FIS.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_L_FIS.jpeg -exit &
usleep 1000000

ds9 ${object}_${when}_H_FI.fits -height 280 -width 420 -scale log -cmap sls
-smooth yes -smooth radius 2 -grid -grid load H_FIS.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_H_FIS.jpeg -exit &
usleep 1000000

ds9 ${object}_${when}_Fe_FI.fits -height 280 -width 420 -scale log -cmap sls
-smooth yes -smooth radius 4 -grid -grid load Fe_FIS.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_Fe_FIS.jpeg -exit &
usleep 1000000

ds9 ${object}_${when}_L_BI.fits -height 280 -width 420 -scale log -cmap sls
-smooth yes -smooth radius 2 -grid -grid load L_BIS.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_L_BIS.jpeg -exit &

```

```

usleep 1000000

ds9 ${object}_${when}_H_BI.fits -height 280 -width 420 -scale log -cmap sls
-smooth yes -smooth radius 2 -grid -grid load H_BIS.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_H_BIS.jpeg -exit &
usleep 1000000

ds9 ${object}_${when}_Fe_BI.fits -height 280 -width 420 -scale log -cmap sls
-smooth yes -smooth radius 4 -grid -grid load Fe_BIS.grd
-saveimage jpeg ${object}_${when}_Fe_BIS.jpeg -exit &
usleep 1000000

cd
cd suzaku-data
done

```

## 6.4 スペクトル

xselect で event file から PHA ファイルを作成する。

```

ls -1 > suzaku-data.list

for((num=1;num<243;num++))
do

when='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' suzaku-data.list'

cd ${when}
cd xis
cd cleandata

sample='head -1 data.list'
object='fkeyprint ${sample}+1 OBJECT | awk '$1=="OBJECT"{print $3}' | sed "s/'//g"'

xselect<<EOF

no
read event FI.list
./
filter column "STATUS=0:65535"
extract spec
save spec ${object}_${when}_FI.pha
no
yes

read event BI.list
yes
./

```

```

filter column "STATUS=0:65535"
extract spec
save spec ${object}_${when}_BI.pha
no
yes

q
no
EOF

```

GRPPHA でピンまとめを行う。

```

for((num=1;num<241;num++))
do

when='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' object-day.list'
object='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' object-name.list'

cd ${when}
cd xis
cd cleandata

grppha ${object}_${when}_FI.pha ${object}_${when}_FI_grp3.pha <<EOF
group 0 511 1 512 1023 8 1024 2047 16 2048 4095 32
exit
EOF

grppha ${object}_${when}_BI.pha ${object}_${when}_BI_grp3.pha <<EOF
group 0 511 1 512 1023 8 1024 2047 16 2048 4095 32
exit
EOF

cd
cd suzaku-data
done

```

xspec で、ピンまとめしたデータからスペクトルの表示と fitting を行う。また、BI カメラと FI カメラのスペクトルデータを同時に表示した画像 ( 大小 ) wabs\*powerlaw、wabs\*mekal で fitting した結果と残差の画像 ( 大小 ) を作成。

```

for((num=1;num<241;num++))
do

when='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' object-day.list'

```

```
object='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' object-name.list'  
filename=${object}_${when}
```

```
cd ${when}  
cd xis  
cd cleandata
```

```
xspec11<<EOF  
data 1:1 ${filename}_FI_grp3.pha  
data 2:2 ${filename}_BI_grp3.pha  
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_fi_rev.pi  
response 1 ae_xi0_20060213.rmf  
arf 1 ae_xi0_xisnom6_20060615.arf  
backgrnd 2 NEP_xisnom6mm_det_bi.pi  
response 2 ae_xi1_20060213.rmf  
arf 2 ae_xi1_xisnom6_20060615.arf  
setplot energy  
ignore **-0.4 12.0-**  
show  
iplot ldata  
rescale x 0.4 12  
color 13 on 1  
color 11 on 2  
time off  
label x "energy (keV)"  
label f  
label t "${filename}"  
cpd ${filename}_sp_all_0310.gif/gif  
pl  
exit  
exit  
y  
EOF
```

```
xspec11<<EOF  
data 1:1 ${filename}_FI_grp3.pha  
data 2:2 ${filename}_BI_grp3.pha  
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_fi_rev.pi  
response 1 ae_xi0_20060213.rmf  
arf 1 ae_xi0_xisnom6_20060615.arf  
backgrnd 2 NEP_xisnom6mm_det_bi.pi  
response 2 ae_xi1_20060213.rmf  
arf 2 ae_xi1_xisnom6_20060615.arf  
setplot energy  
ignore **-0.4 12.0-**  
iplot ldata  
rescale x 0.4 12  
color 13 on 1  
color 11 on 2  
time off  
label x "energy (keV)"  
label f
```

```
label t "${filename}"
paper 12 0.8
cpd ${filename}_sp_all_0310S.gif/gif
pl
exit
exit
y
EOF
```

```
xspec11<<EOF
data 1:1 ${filename}_BI_grp3.pha
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_bi.pi
response 1 ae_xi1_20060213.rmf
arf 1 ae_xi1_xisnom6_20060615.arf
setplot energy
ignore **-0.4 12.0-**
model wabs*power
0.1
2
```

```
renorm
query yes
fit
renorm
fit
renorm
fit
iplot ldata delchi
rescale x 0.4 12
Csize 0.8
color 11 on 1
color 1 on 2
color 5 on 3
time off
label x "energy (keV)"
label f
label t "${filename}[BI] fitting(powerlaw*wabs)"
cpd ${filename}_sp_BI_fit1_0310.gif/gif
pl
exit
exit
y
EOF
```

```
xspec11<<EOF
data 1:1 ${filename}_BI_grp3.pha
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_bi.pi
response 1 ae_xi1_20060213.rmf
arf 1 ae_xi1_xisnom6_20060615.arf
setplot energy
ignore **-0.4 12.0-**
```

```

model wabs*power
0.1
2

renorm
query yes
fit
renorm
fit
renorm
fit
iplot ldata delchi
rescale x 0.4 12
color 11 on 1
color 1 on 2
color 5 on 3
time off
label x "energy (keV)"
label f
label t "${filename}[BI] fitting(powerlaw*wabs)"
paper 12 0.8
cpd ${filename}_sp_BI_fit1_0310S.gif/gif
pl
exit
exit
y
EOF

```

```

xspec11<<EOF
data 1:1 ${filename}_FI_grp3.pha
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_fi_rev.pi
response 1 ae_xi0_20060213.rmf
arf 1 ae_xi0_xisnom6_20060615.arf
setplot energy
ignore **-0.4 12.0-**
model wabs*power
0.1
2

```

```

renorm
query yes
fit
renorm
fit
renorm
fit
iplot ldata delchi
rescale x 0.4 12
Csize 0.8
color 13 on 1

```



```

color 1 on 2
color 6 on 3
time off
label x "energy (keV)"
label f
label t "${filename}[FI] fitting(powerlaw*wabs)"
cpd ${filename}_sp_FI_fit1_0310.gif/gif
pl
exit
exit
y
EOF

```

```

xspec11<<EOF
data 1:1 ${filename}_FI_grp3.pha
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_fi_rev.pi
response 1 ae_xi0_20060213.rmf
arf 1 ae_xi0_xisnom6_20060615.arf
setplot energy
ignore **-0.4 12.0-**
model wabs*power
0.1
2

```

```

renorm
query yes
fit
renorm
fit
renorm
fit
iplot ldata delchi
rescale x 0.4 12
color 13 on 1
color 1 on 2
color 6 on 3
time off
label x "energy (keV)"
label f
label t "${filename}[FI] fitting(powerlaw*wabs)"
paper 12 0.8
cpd ${filename}_sp_FI_fit1_0310S.gif/gif
pl
exit
exit
y
EOF

```

```

xspec11<<EOF
data 1:1 ${filename}_BI_grp3.pha

```

```
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_bi.pi
response 1 ae_xi1_20060213.rmf
arf 1 ae_xi1_xisnom6_20060615.arf
setplot energy
ignore **-0.4 12.0-**
model wabs*mekal
0.1
```

```
1 0.01
```

```
renorm
query yes
fit
renorm
fit
renorm
fit
iplot ldata delchi
rescale x 0.4 12
Csize 0.8
color 11 on 1
color 1 on 2
color 5 on 3
time off
label x "energy (keV)"
label f
label t "${filename}[BI] fitting(mekal*wabs)"
cpd ${filename}_sp_BI_fit2_0310.gif/gif
pl
exit
exit
y
EOF
```

```
xspec11<<EOF
data 1:1 ${filename}_BI_grp3.pha
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_bi.pi
response 1 ae_xi1_20060213.rmf
arf 1 ae_xi1_xisnom6_20060615.arf
setplot energy
ignore **-0.4 12.0-**
model wabs*mekal
0.1
```

```
1 0.01
```

```

renorm
query yes
fit
renorm
fit
renorm
fit
iplot ldata delchi
rescale x 0.4 12
color 11 on 1
color 1 on 2
color 5 on 3
time off
label x "energy (keV)"
label f
label t "${filename}[BI] fitting(mekal*wabs)"
paper 12 0.8
cpd ${filename}_sp_BI_fit2_0310S.gif/gif
pl
exit
exit
y
EOF

```

```

xspec11<<EOF
data 1:1 ${filename}_FI_grp3.pha
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_fi_rev.pi
response 1 ae_xi0_20060213.rmf
arf 1 ae_xi0_xisnom6_20060615.arf
setplot energy
ignore **-0.4 12.0-**
model wabs*mekal
0.1

```

```
1 0.01
```

```

renorm
query yes
fit
renorm
fit
renorm
fit
iplot ldata delchi
rescale x 0.4 12

```

```

Csize 0.8
color 13 on 1
color 1 on 2
color 6 on 3
time off
label x "energy (keV)"
label f
label t "${filename}[FI] fitting(mekal*wabs)"
cpd ${filename}_sp_FI_fit2_0310.gif/gif
pl
exit
exit
y
EOF

```

```

xspec11<<EOF
data 1:1 ${filename}_FI_grp3.pha
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_fi_rev.pi
response 1 ae_xi0_20060213.rmf
arf 1 ae_xi0_xisnom6_20060615.arf
setplot energy
ignore **-0.4 12.0-**
model wabs*mekal
0.1

```

```
1 0.01
```

```

renorm
query yes
fit
renorm
fit
renorm
fit
iplot ldata delchi
rescale x 0.4 12
color 13 on 1
color 1 on 2
color 6 on 3
time off
label x "energy (keV)"
label f
label t "${filename}[FI] fitting(mekal*wabs)"
paper 12 0.8
cpd ${filename}_sp_FI_fit2_0310S.gif/gif
pl
exit
exit
y

```

```
EOF
```

```
cd  
cd suzaku-data  
done
```

wabs\*powerlaw で fitting を行い、0.4-12keV、0.4-2keV、2-10keV それぞれのエネルギーでのフラックスを求める。

```
for((num=1;num<241;num++))  
do  
  
when='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' object-day.list'  
object='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' object-name.list'  
filename=${object}_${when}  
  
cd ${when}  
cd xis  
cd cleandata  
  
xspec11<<EOF  
data 1:1 ${filename}_BI_grp3.pha  
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_bi.pi  
response 1 ae_xi1_20060213.rmf  
arf 1 ae_xi1_xisnom6_20060615.arf  
setplot energy  
ignore **-0.4 12.0-**  
model wabs*power  
0.1  
2  
  
renorm  
query yes  
fit  
renorm  
fit  
renorm  
fit  
flux 0.4 12  
flux 0.4 2  
flux 2 10  
exit  
y  
EOF
```

```

xspec11<<EOF
data 1:1 ${filename}_FI_grp3.pha
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_fi_rev.pi
response 1 ae_xi0_20060213.rmf
arf 1 ae_xi0_xisnom6_20060615.arf
setplot energy
ignore **-0.4 12.0-**
model wabs*power
0.1
2

renorm
query yes
fit
renorm
fit
renorm
fit
flux 0.4 12
flux 0.4 2
flux 2 10
exit
y
EOF

cd
cd suzaku-data
done

```

wabs\*mekal で fitting を行い、0.4-12keV、0.4-2keV、2-10keV それぞれのエネルギーでのフラックスを求める。

```

for((num=1;num<241;num++))
do

when='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' object-day.list'
object='awk -v count=${num} 'NR==count{print $1}' object-name.list'
filename=${object}_${when}

cd ${when}
cd xis
cd cleandata

xspec11<<EOF
data 1:1 ${filename}_BI_grp3.pha
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_bi.pi

```

```
response 1 ae_xi1_20060213.rmf
arf 1 ae_xi1_xisnom6_20060615.arf
setplot energy
ignore **-0.4 12.0-**
model wabs*mekal
0.1
```

```
1 0.01
```

```
renorm
query yes
fit
renorm
fit
renorm
fit
flux 0.4 12
flux 0.4 2
flux 2 10
exit
y
EOF
```

```
xspec11<<EOF
data 1:1 ${filename}_FI_grp3.pha
backgrnd 1 NEP_xisnom6mm_det_fi_rev.pi
response 1 ae_xi0_20060213.rmf
arf 1 ae_xi0_xisnom6_20060615.arf
setplot energy
ignore **-0.4 12.0-**
model wabs*mekal
0.1
```

```
1 0.01
```

```
renorm
query yes
fit
renorm
fit
renorm
fit
```

```
flux 0.4 12
flux 0.4 2
flux 2 10
exit
y
EOF
```

```
cd
cd suzaku-data
done
```

## 7 参考文献

- ・「すざく」ヘルプデスク ; 「すざく」ファーストステップガイド 第 2.04 版
- ・ASCA Team ; はじめての表街道



## 8 謝辞

大学生生活の最後に、X線衛星すざくのデータという科学の最先端に触れられてとても嬉しかったです。データ解析やスクリプトなどについて全くの初心者だった私に、お忙しい中初歩から丁寧に指導して下さった助手の松本さん、TAの内山さんには本当に感謝しています。

またこの1年間、宇宙線研究室の先生方や院生のみなさまにはいろいろな場面で大変お世話になりました。ありがとうございました。このデータベースがみなさまのお役に立つことを願っています。(小川)

僕は解析どころかパソコンについてほとんど素人でした。入学以来プログラミングを食わず嫌いして3年半避け続けてきたツケがこの半年間で少しは取り返せたと思います。

プログラムは実際勉強し始めてみると楽しいもので今ではむしろ好きになりましたし、今後の研究に大きく生かされると思います。これもひとえに松本さん、内山さんのご指導の賜物です。また、P6の仲間とはいい意味で刺激し合えて一年間切磋琢磨できたと思います。本当にありがとうございました。(佐野)