

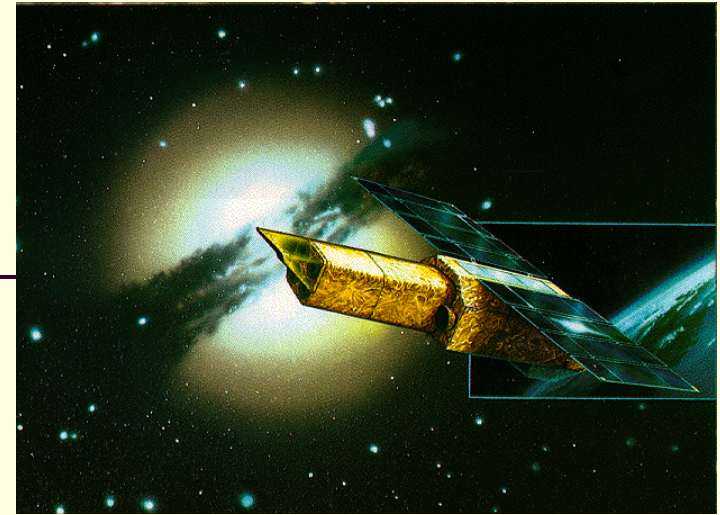
2006年度 課題研究P6  
すざくSWG phaseの  
XIS観測データの解析  
及びデータベースの作成

2007年3月19日

小川恵美子 佐野武

# もくじ

---



- 1 目的
- 2 すざく衛星と検出器
- 3 解析(スペクトル, ライトカーブ, イメージ)
- 4 データベース作成
- 5 作成したデータベースから得られた成果

# 我々の課題研究の目的

---

- すぎくのSWG phase (約1年間)のXIS観測データを全て解析し、**イメージ・スペクトル・ライトカーブ**のデータベースを作成する。
- 立教大学がすでに作成しているデータベースよりも詳しく、使いやすいものを目指す。
- 作成したデータベースの膨大なデータの中から、今まで知られていなかった、天体のエネルギーごとの構造やライトカーブの変化など、**興味深い現象**を探し出す。

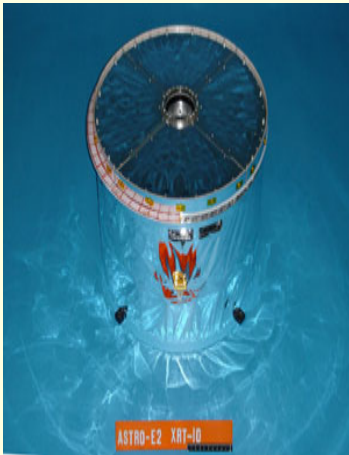
# すざく衛星(Astro-E2)



- 2005年7月10日打ち上げ
- 「はくちょう(1979年)」「てんま(1983年)」「ぎんが(1987年)」「あすか(1993年)」に続く我が国5番目のX線天文衛星
- 広いエネルギー領域(0.3-600keV)にわたる高感度での観測が特徴
- 高解像度のチャンドラ、集光面積の大きいXMMに対し、エネルギー帯域が広く高感度のすざくは相補的な役割

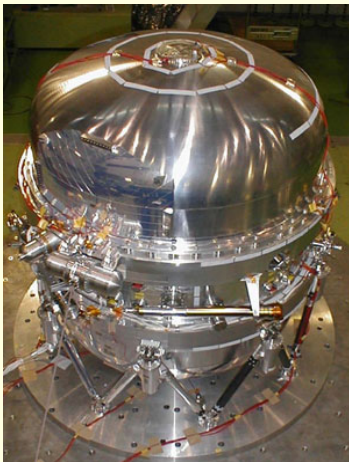
# すざく搭載機器

X線望遠鏡 (XRT)



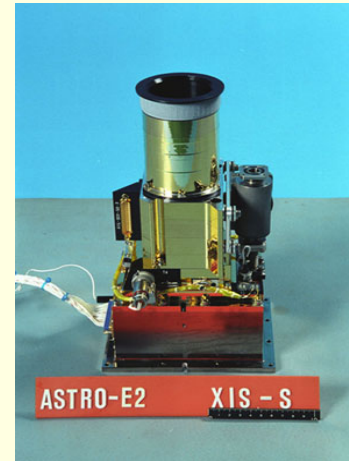
- \* 5台搭載

X線マイクロカロリメータ (XRS)



- \* 高分解能X線検出器
- \* 事故により観測不可能

X線CCDカメラ (XIS)



- \* 軟X線検出器
- \* 0.2-12keVのエネルギー帯域をカバー

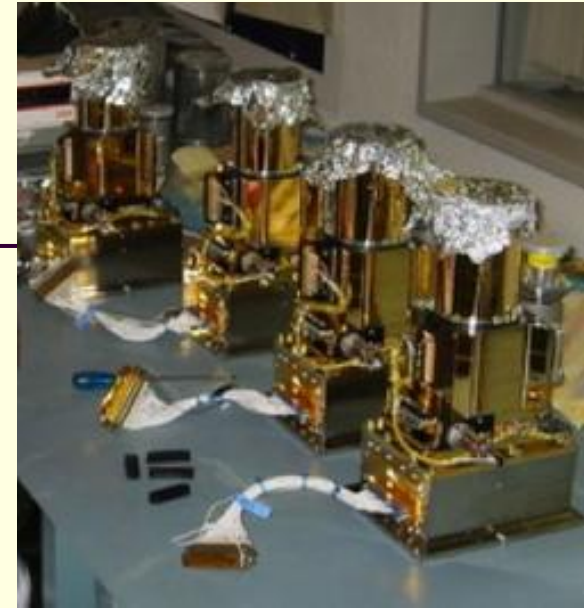
硬X線検出器 (HXD)



- \* 10-700keVの高エネルギーのX線を観測

# XIS (X-ray Imaging Spectrometer)

- すでに搭載されているX線CCDカメラ
- 4台(xis0,xis1,xis2,xis3)搭載
- 宇宙線によるbackgroundが低い

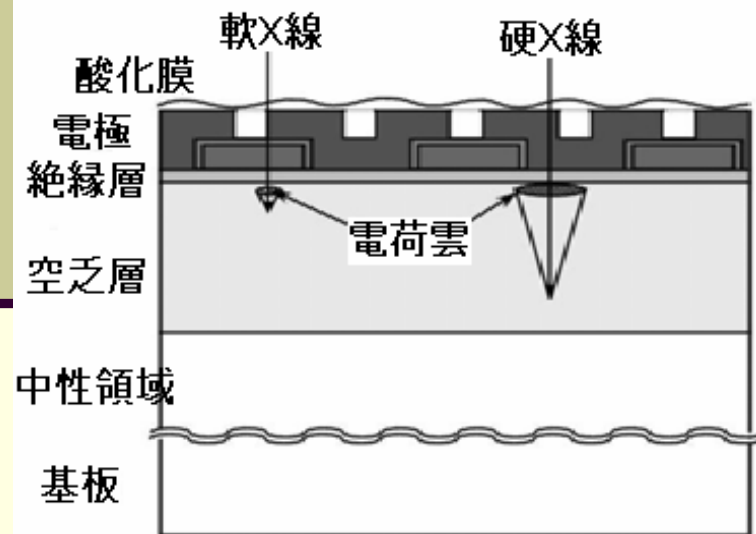


## 性能

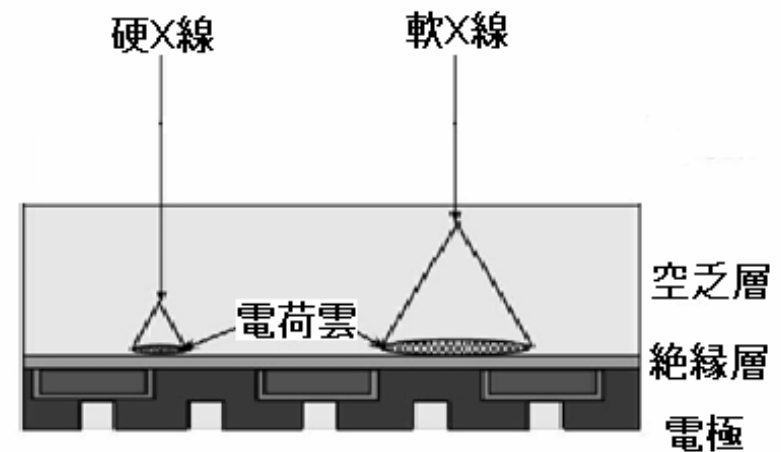
- 視野 17.8' × 17.8'
- エネルギー帯域 0.2–12 keV
- 有効画素数 1024 × 1024
- エネルギー分解能 ~130 eV @ 6keV
- 有効面積(XRT-I 込み) 340 cm<sup>2</sup>(FI), 390 cm<sup>2</sup>(BI) @ 1.5 keV  
350 cm<sup>2</sup>(FI), 100 cm<sup>2</sup>(BI) @ 8 keV
- 時間分解能 8 s (Normal mode)

# FIカメラとBIカメラ

- **xis0,2,3** ⇒ 表面照射型 (FI) カメラ。  
高エネルギーX線の検出効率◎
- **xis1** ⇒ 裏面照射型 (BI) カメラ。  
低エネルギーX線の検出効率◎

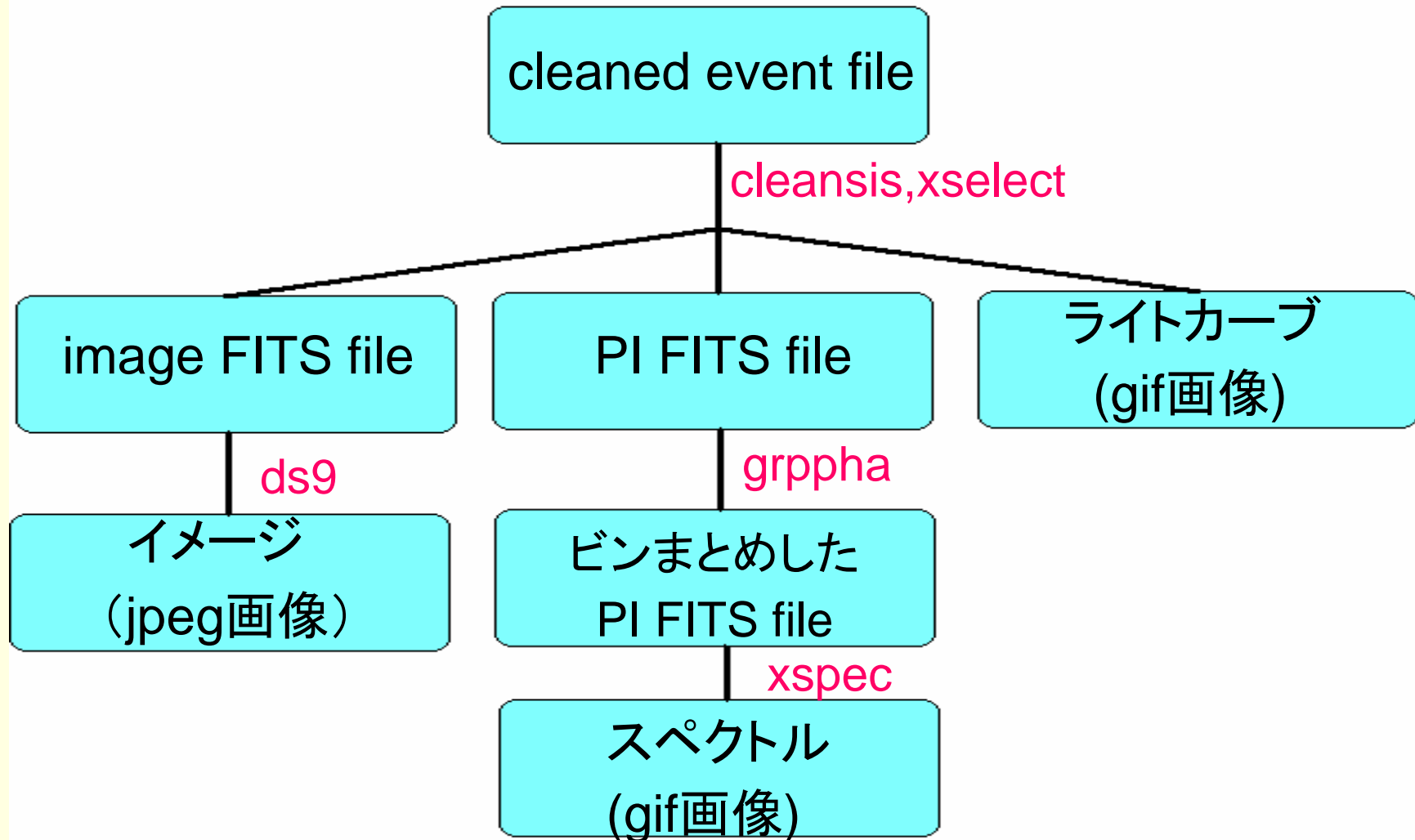


表面照射型=FI CCD  
(Frontside Illuminated)



裏面照射型=BI CCD  
(Backside Illuminated)

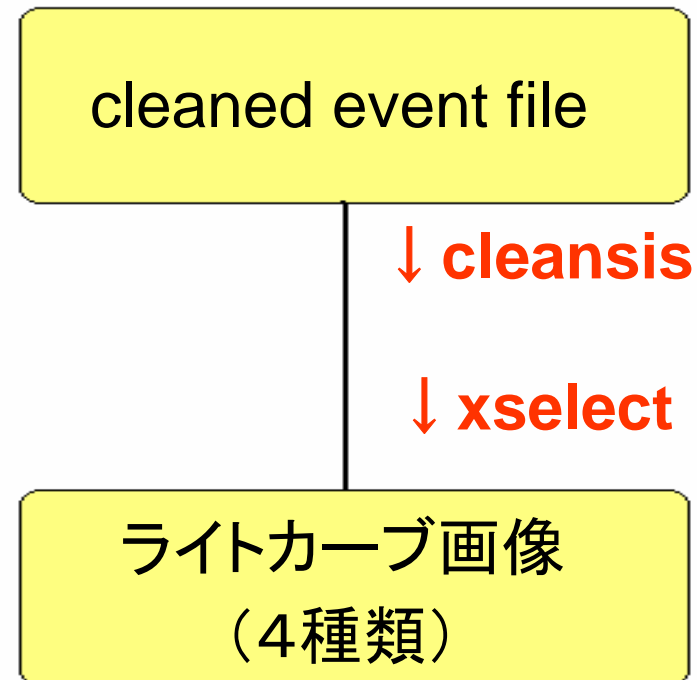
# 解析の流れ





# ライトカーブ解析の方針

- エネルギー2バンドに  
(0.3~2keV、2~10keV)
- カメラはBIとFIの2種。  
⇒合計4枚のグラフ
- binまとめは一律160sで  
解析。
- 特にデータの少ない天体  
に関しては**ライトカーブと  
して役に立つように個別  
に修正。**



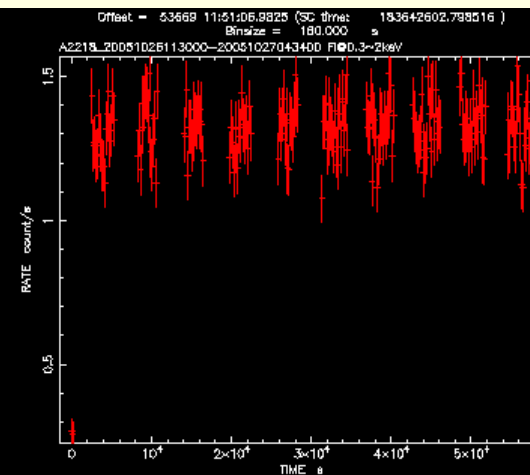
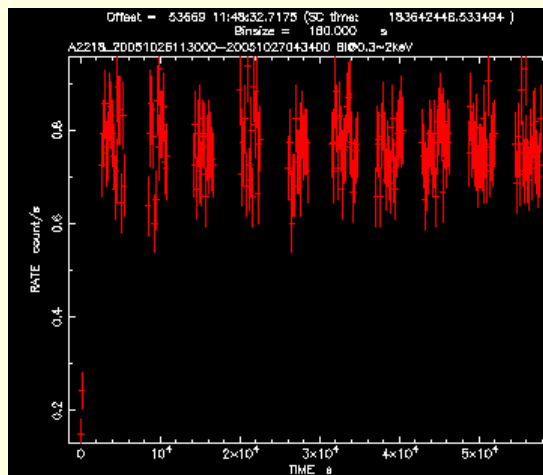
# ライトカーブの一例

銀河団 A2218

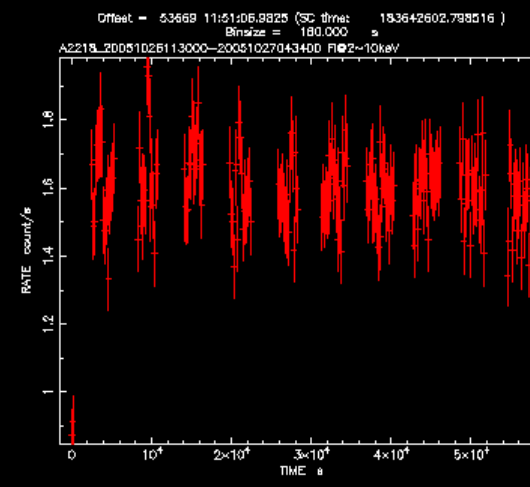
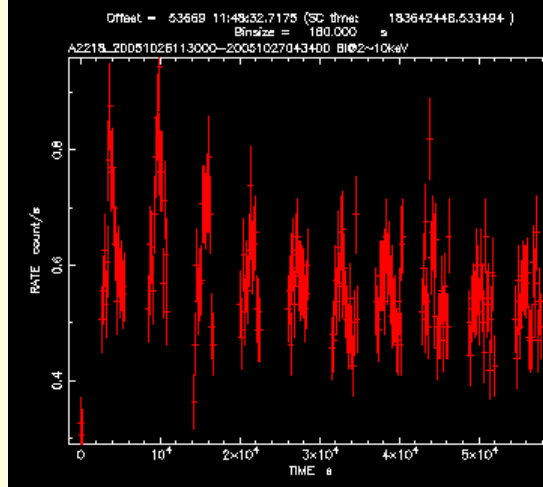
BI

FI

0.3-2keV



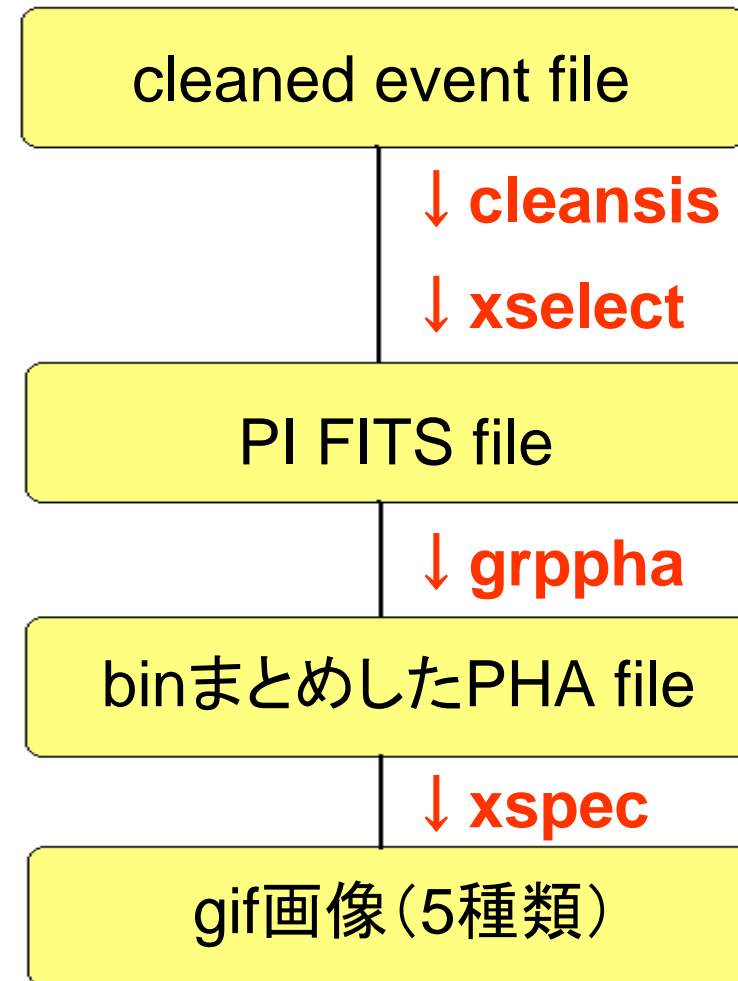
2-10keV



× 240

# スペクトル解析の方針

- BIとFIの比較ができるよう、一枚の画像にまとめ。
- fittingは  
wabs\*powerlawモデル  
wabs\*mekalモデルの2種。
- 残差も表示。
- ①3種のエネルギーバンド  
(0.4~12keV, 0.4~2keV,  
2~10keV)でのflux  
②Fittingのパラメータ  
をデータベースに表示



# fitting (wabsモデル)

- ✚ X線が星間物質によって受ける光電吸収のモデル
- ✚ 光電吸収を受ける確率は、

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

- ✚ パラメーターは $N_H$ のみ。
- ✚ 元素組成比は太陽と同じと仮定。
- ✚ 銀河系の中にある低温ガスによって、観測されるX線スペクトルはO, Ne, Mgなどによって吸収を受けて低エネルギー側で下がる。

# fitting (powerlawモデル)

---

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

✚ パラメーターは

① K:normalization 単位時間, 単位エネルギー,  
単位面積あたりの放射光子数 @1keV

②  $\alpha$ :photon index 無次元量

の2つ。

✚ log-logスケールでは傾き- $\alpha$ の直線

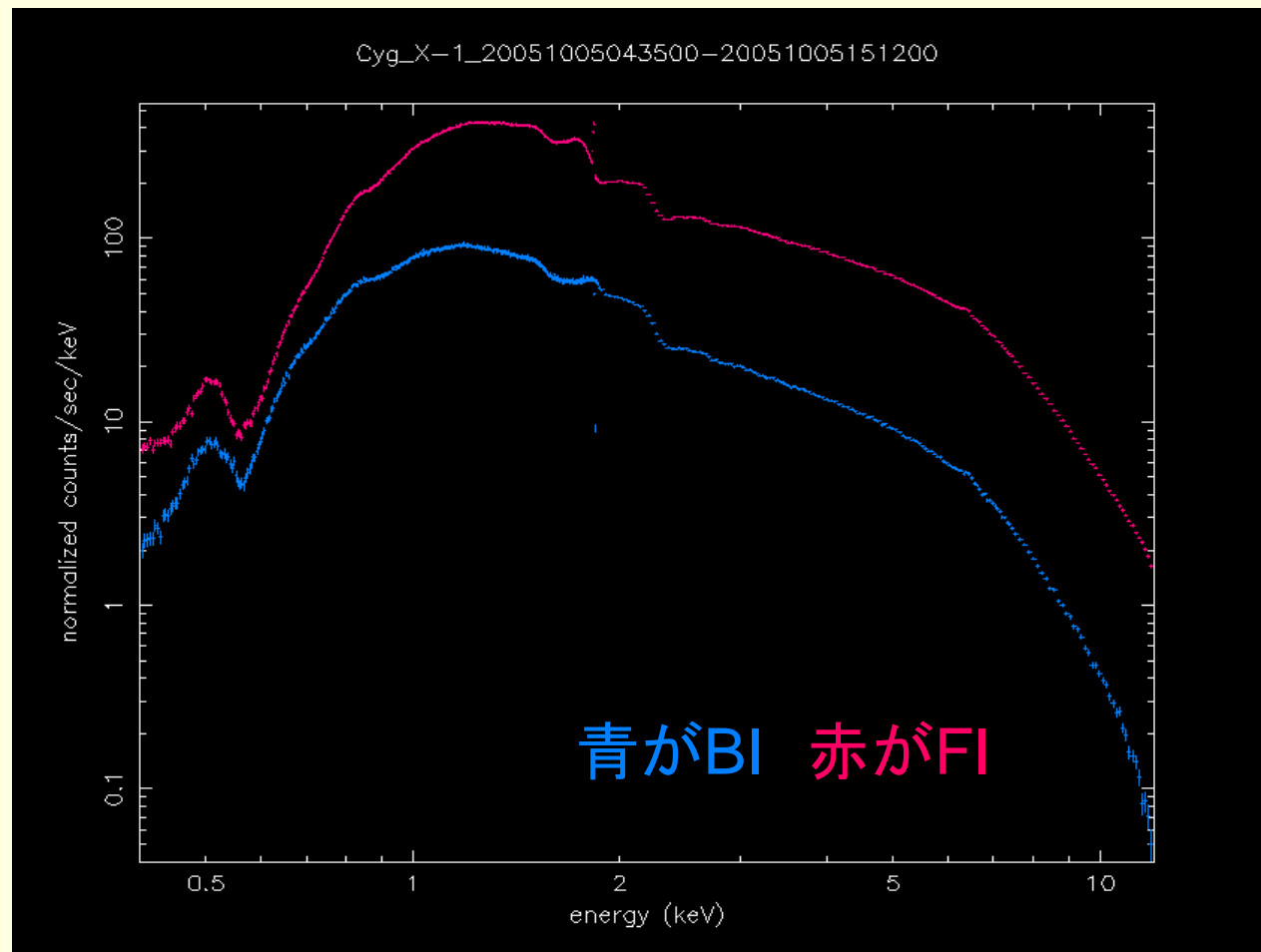
# fitting (mekalモデル)

---

- 光学的に薄い高温プラズマからの放射
- 元素放射ラインのある熱制動放射を表すモデル
- パラメータ
  - ①  $kT(\text{keV})$  (プラズマ温度)
  - ② normalization
  - ③ abundance (金属元素の比が太陽の何倍か)としてfittingを行った。

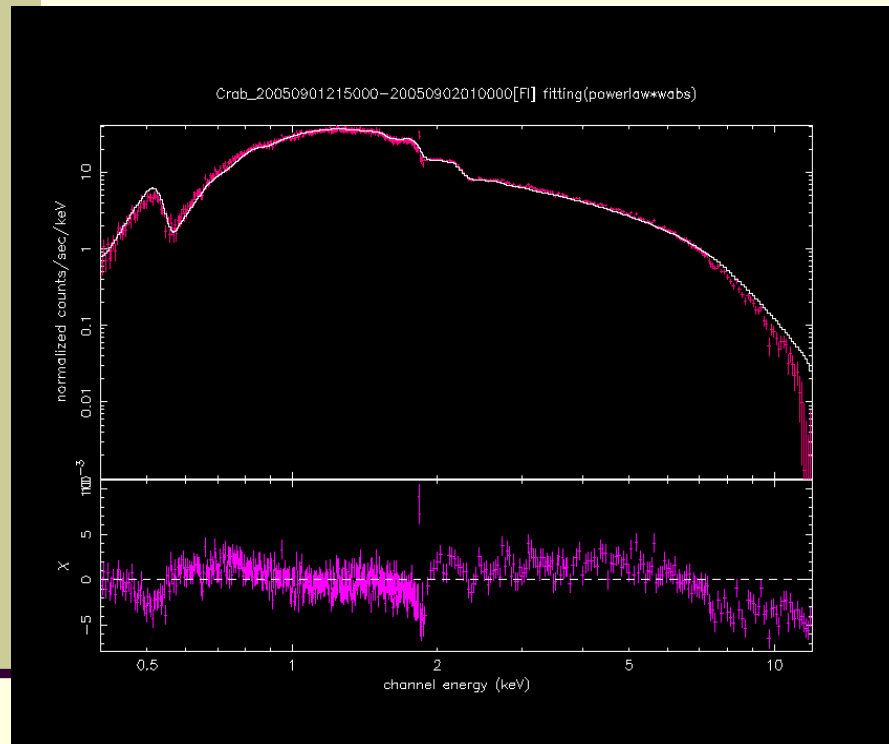
# スペクトルの一例

## Cyg X-1 のスペクトル

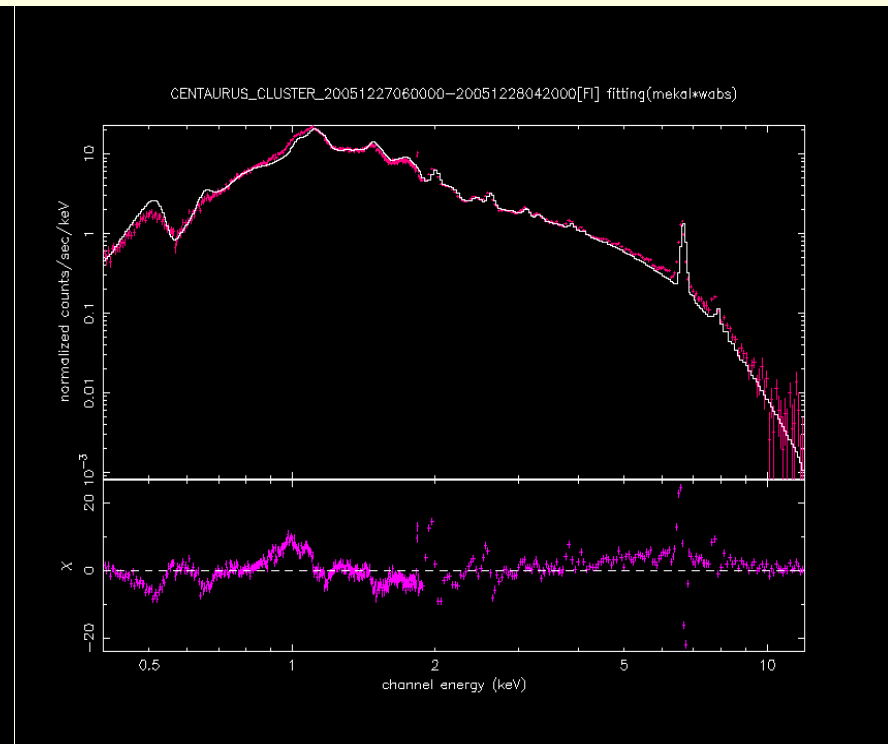


× 240枚

# Fittingの一例



wabs\*powerlawによるfitting例  
(かに星雲)



wabs\*mekalによるfitting例  
(ケンタウルス座銀河団)



# イメージ解析の方針

- エネルギーバンドは3つに(0.3~2keV、2~10keV、6~7keV)
- カメラは2種に(BIとFI)  
⇒合計6枚のイメージ
- 暗い天体も見つけやすく。  
⇒scaleはlog。max,minはデータごとに定義。

cleaned event file

↓ xselect

FITS file

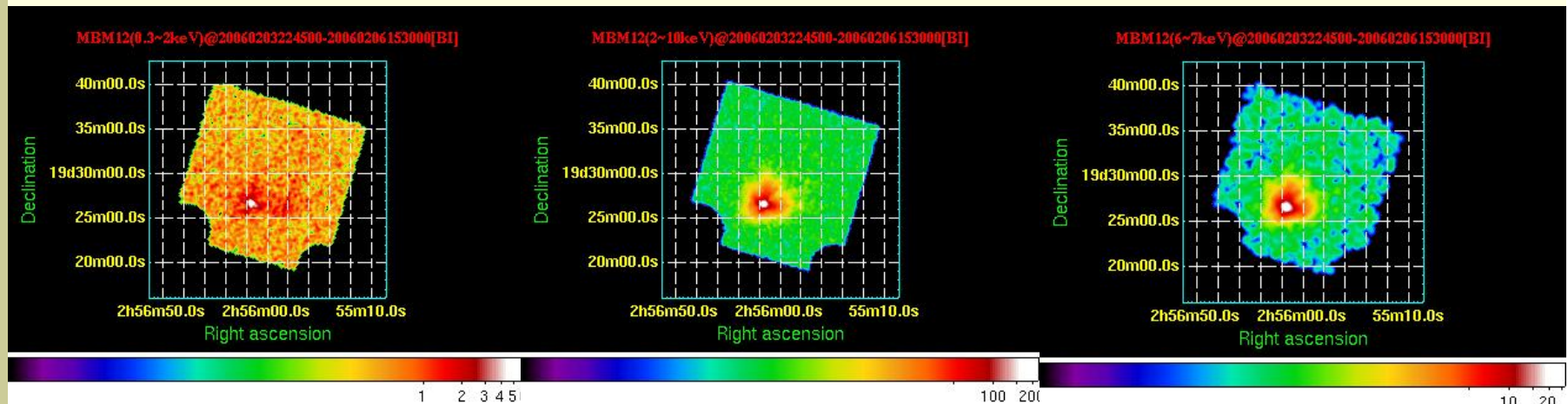
↓ ds9

jpeg画像

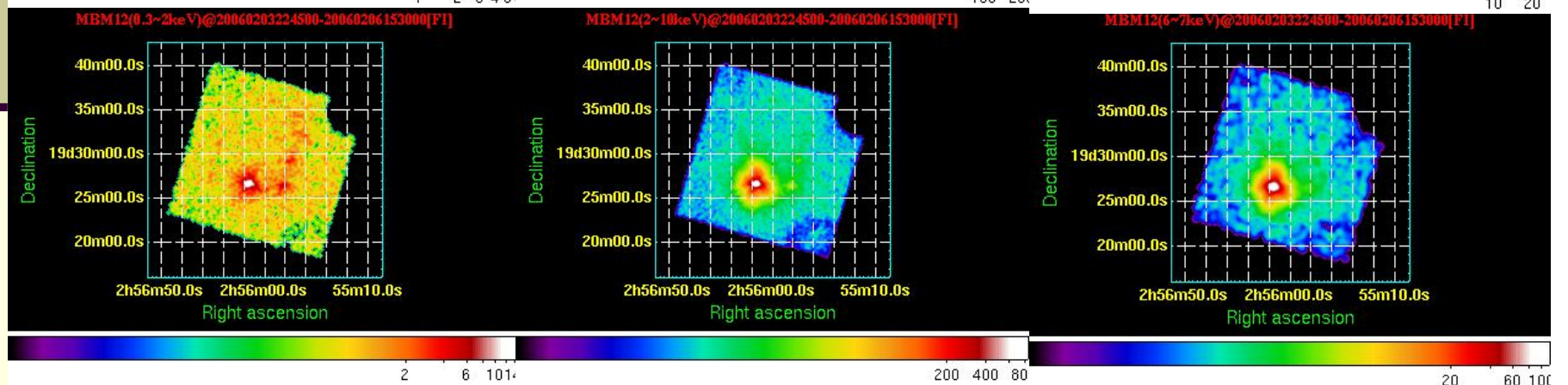
# できたイメージ例

MBM12(暗黒星雲) 20060203224500-20060206153000

BI



FI



0.3-2keV

2-10keV

6-7keV

# ギャラリーサイト作成方針

## 動機

- ①(立教のギャラリーを見て)ただ並べただけでは見づらい
- ②多量のデータから統計的情報を得たい
- ③同イベントでバンド別、カメラ別の違いを見て新発見したい

## 方針

- ⇒①データの羅列を整理し、検索機能を強化
- ⇒②解析結果を利用した統計的サイエンスを可能に
- ⇒③同イベントデータの見比べやすさも重視

## 工夫

- ①天体のカテゴリ分けし、リストからの頭出しシステムを構築
- ②fitting parameterを表示&リスト化&ダウンロード
- ③バンド毎の解析結果が一画面に収まる画像サイズを採用

# サイトマップ

トップ  
ページ

一覧  
もくじ

イメージ

スペクトル

ライト  
カーブ

天体別  
もくじ

AGN

銀河

銀河団

彗星

コンパクト  
天体

SNR

GC

その他

日付順  
もくじ

2005.8

2005.9

2005.10

2005.11

2005.12

2006.1-2

2006.3-4

2006.5-6

ダウン  
ロード

完成品

---

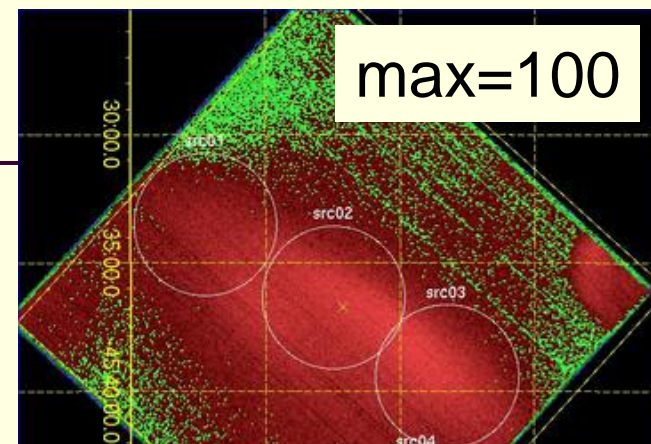
百聞は一見に

如かず

# 成果1

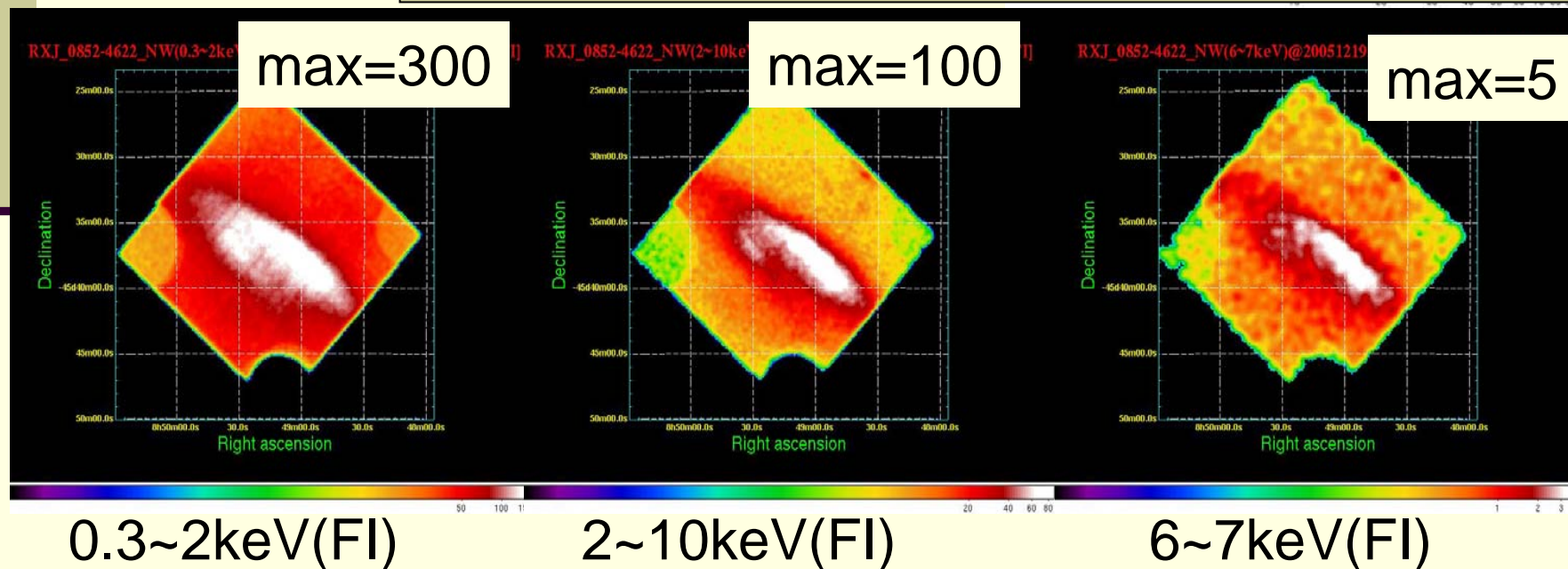
RXJ\_0852-4622\_NW(SNR)  
20051219103000-20051223071400

立教のデータリストより



明るすぎる天体、暗すぎる天体が見やすくなった  
(∵ maxの個別定義)

P6の解析

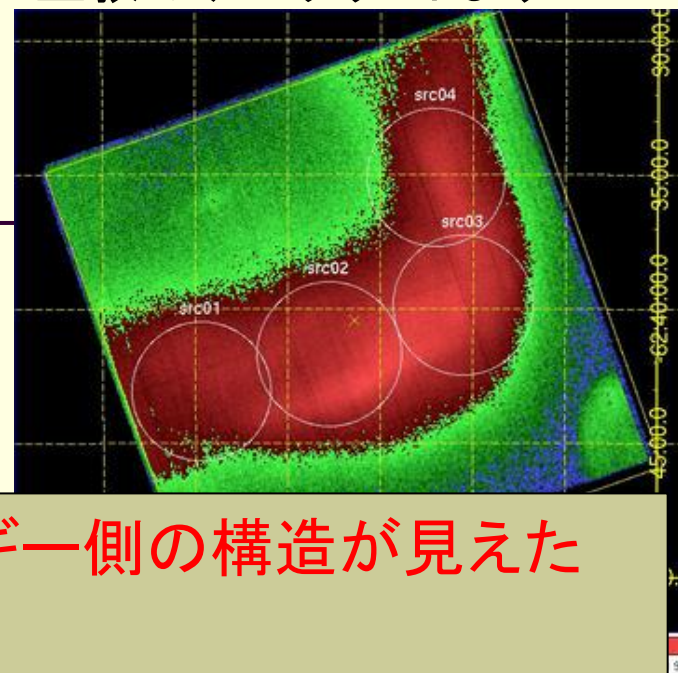


# 成果2

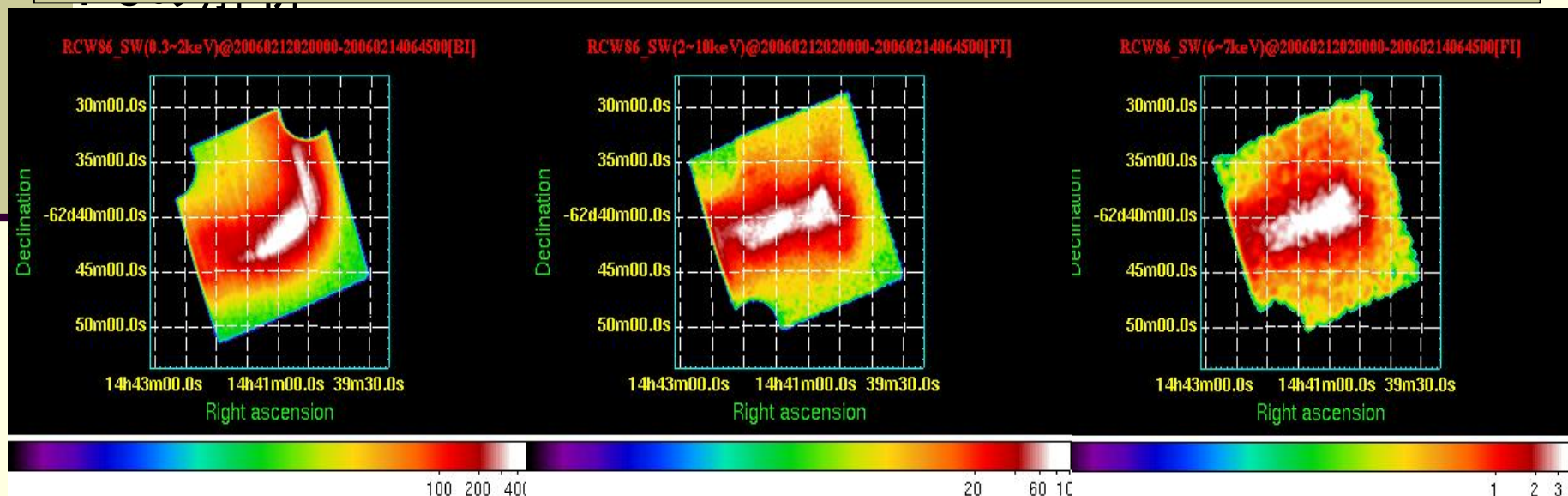
RCW86\_SW(SNR)

20060212020000-20060214064500

立教のデータリストより



低エネルギーに隠されていた高エネルギー側の構造が見えた  
(∴エネルギーバンド別の解析)



0.3~2keV(BI)

2~10keV(FI)

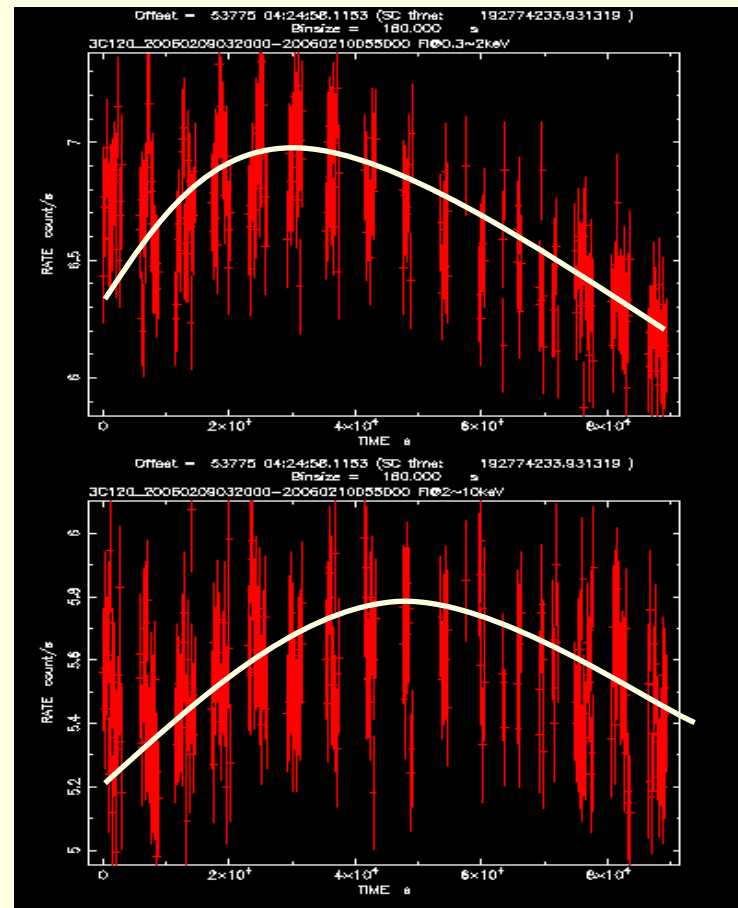
6~7keV(FI)

# 成果3 ライトカーブ

3C-120 (AGN) 20060209032000-20060210055000

低エネルギー

高エネルギー



バンドによって異なる  
時間変化構造

FI



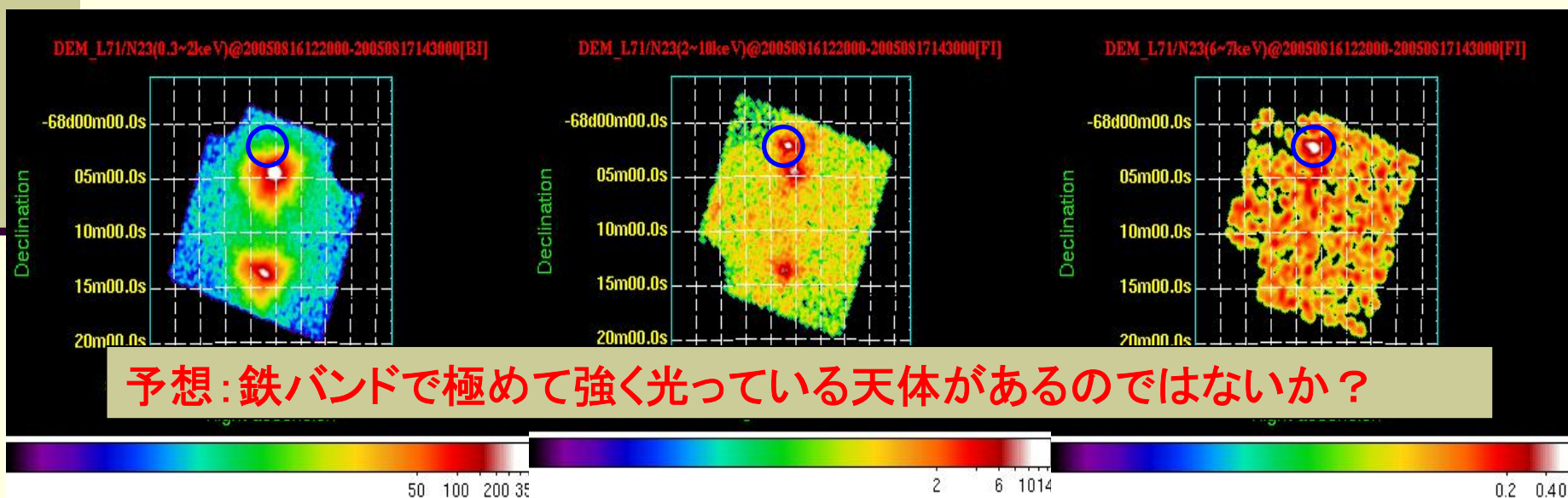
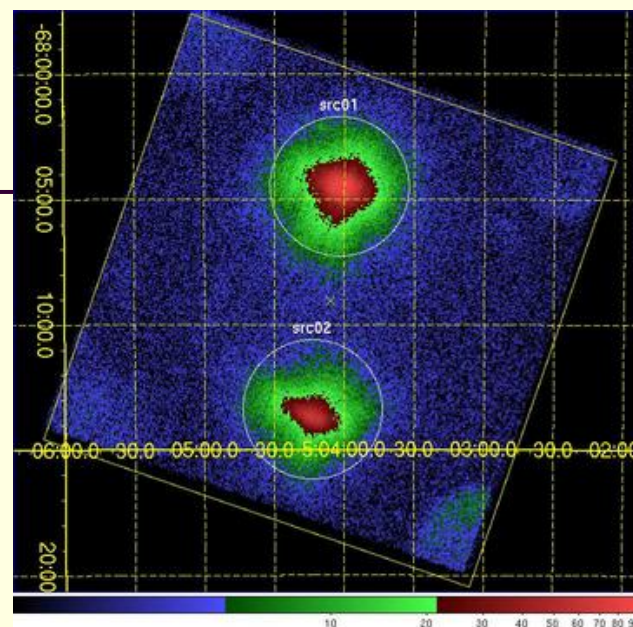
# 成果4(今回の目玉)

DEM\_L71/N23 (SNR)

20050816122000-20050817143000

P6の解析

立教のデータリストより



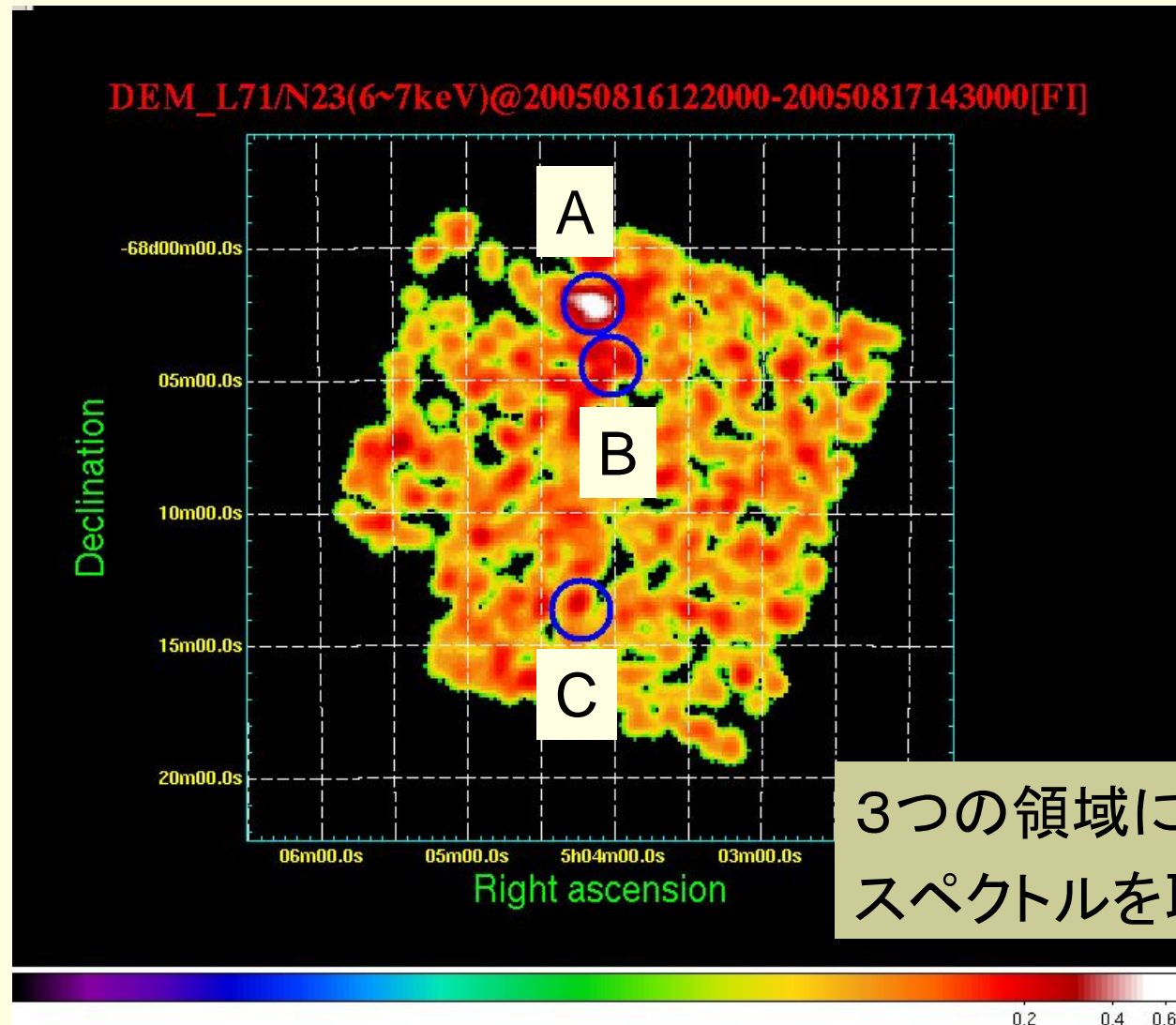
予想: 鉄バンドで極めて強く光っている天体があるのではないかと?

0.3~2keV(FI)

2~10keV(FI)

6~7keV(FI)

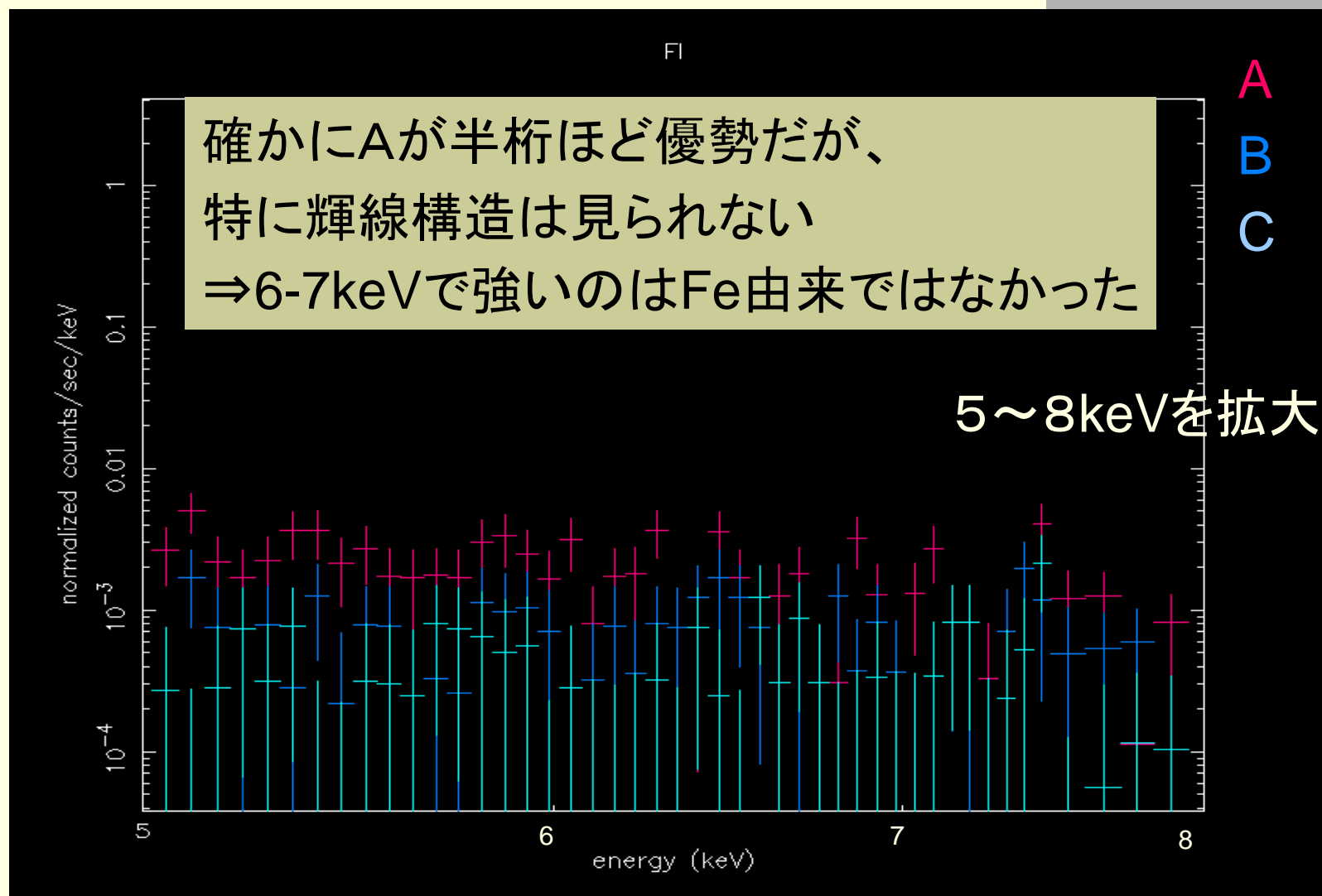
# interestingなのでさらに詳しく解析



0.3~2keV  
2~10keV  
6~7keV

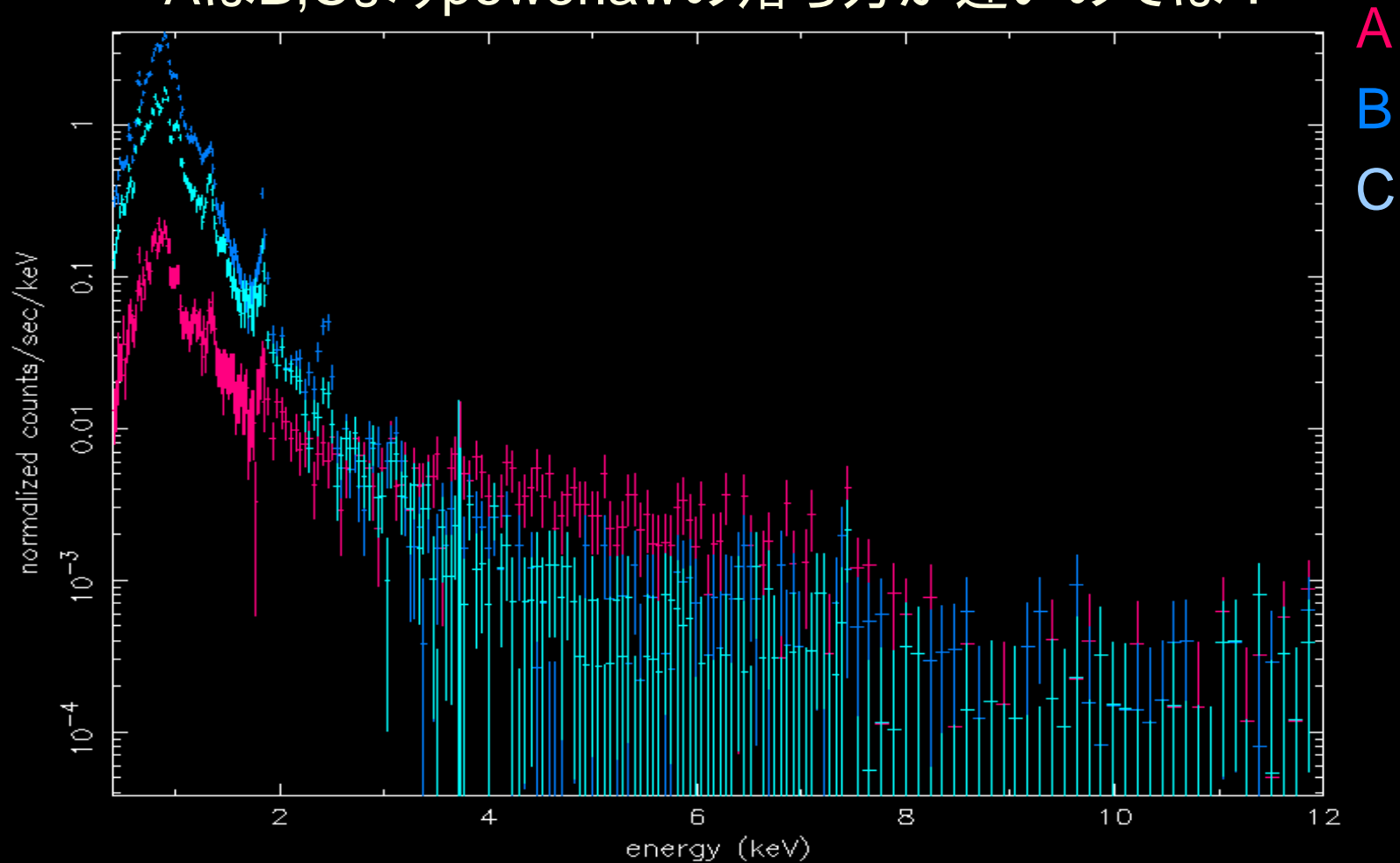
3つの領域に区切って  
スペクトルを取った

# A, B, Cのスペクトル



# powerlawのベキ (photon index) に注目

AはB,Cよりpowerlawの落ち方が遅いのでは？



# 詳しいfitting

---

A,B,Cをwabs\*(powerlaw+vmekal)のモデルでfitしてみた

注:makalモデル...変数abundance=金属比が太陽組成のx倍

vmekalモデル...各元素ごとに比を決めることができる

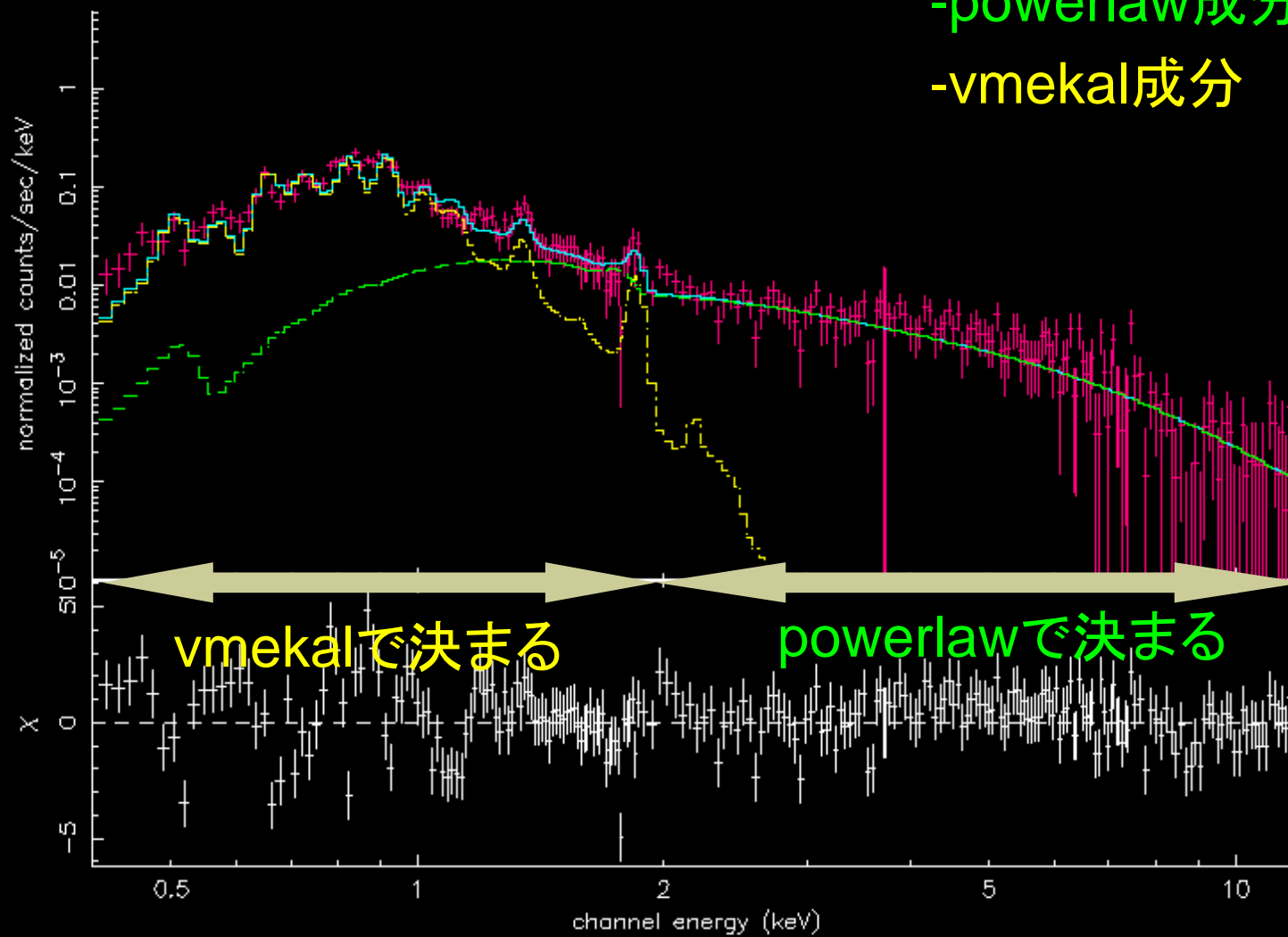
# Aのfit

-データ点

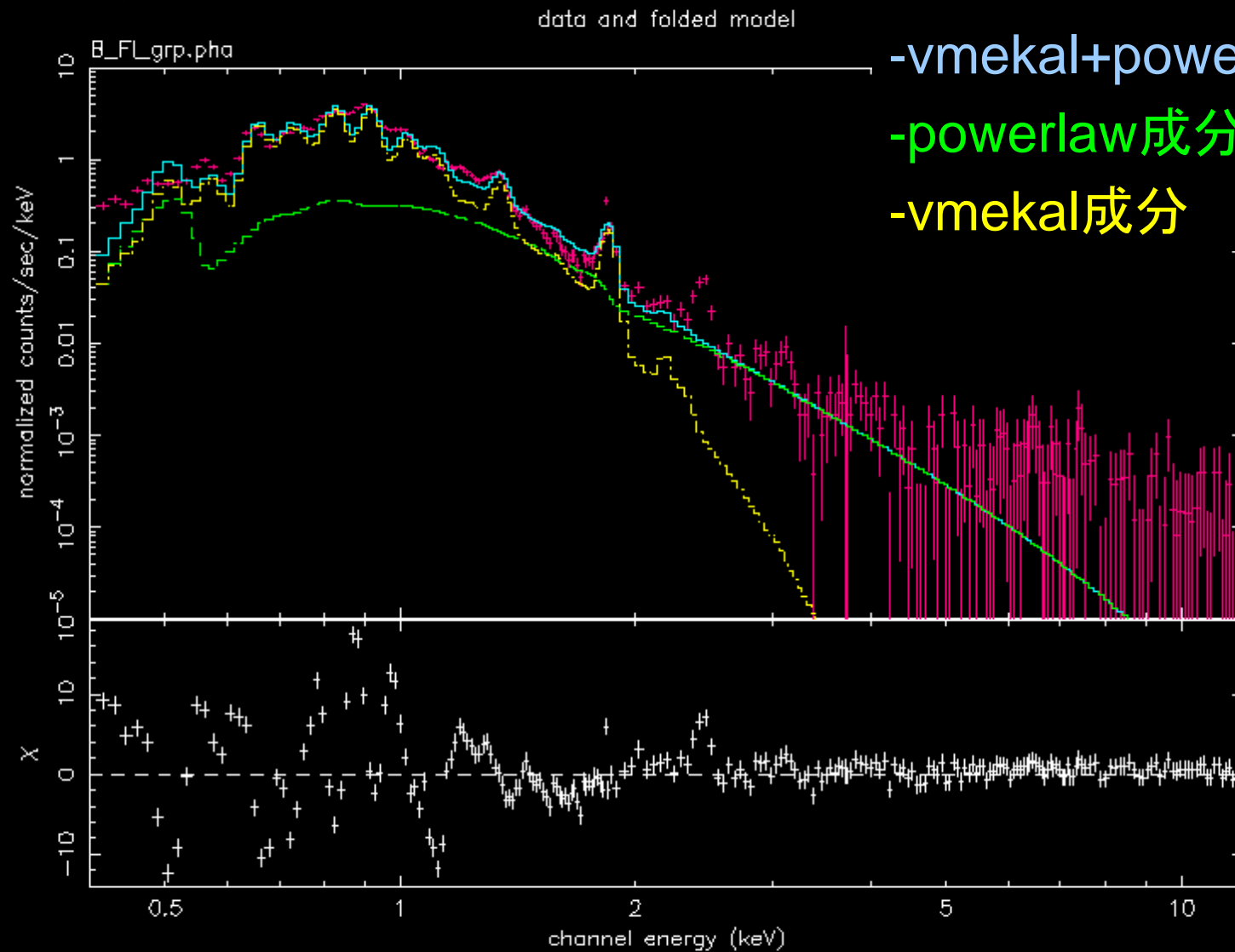
-vmekal+powerlaw

-powerlaw成分

-vmekal成分



# Bのfit



-データ点

-vmekal+powerlaw

-powerlaw成分

-vmekal成分

# Cのfit

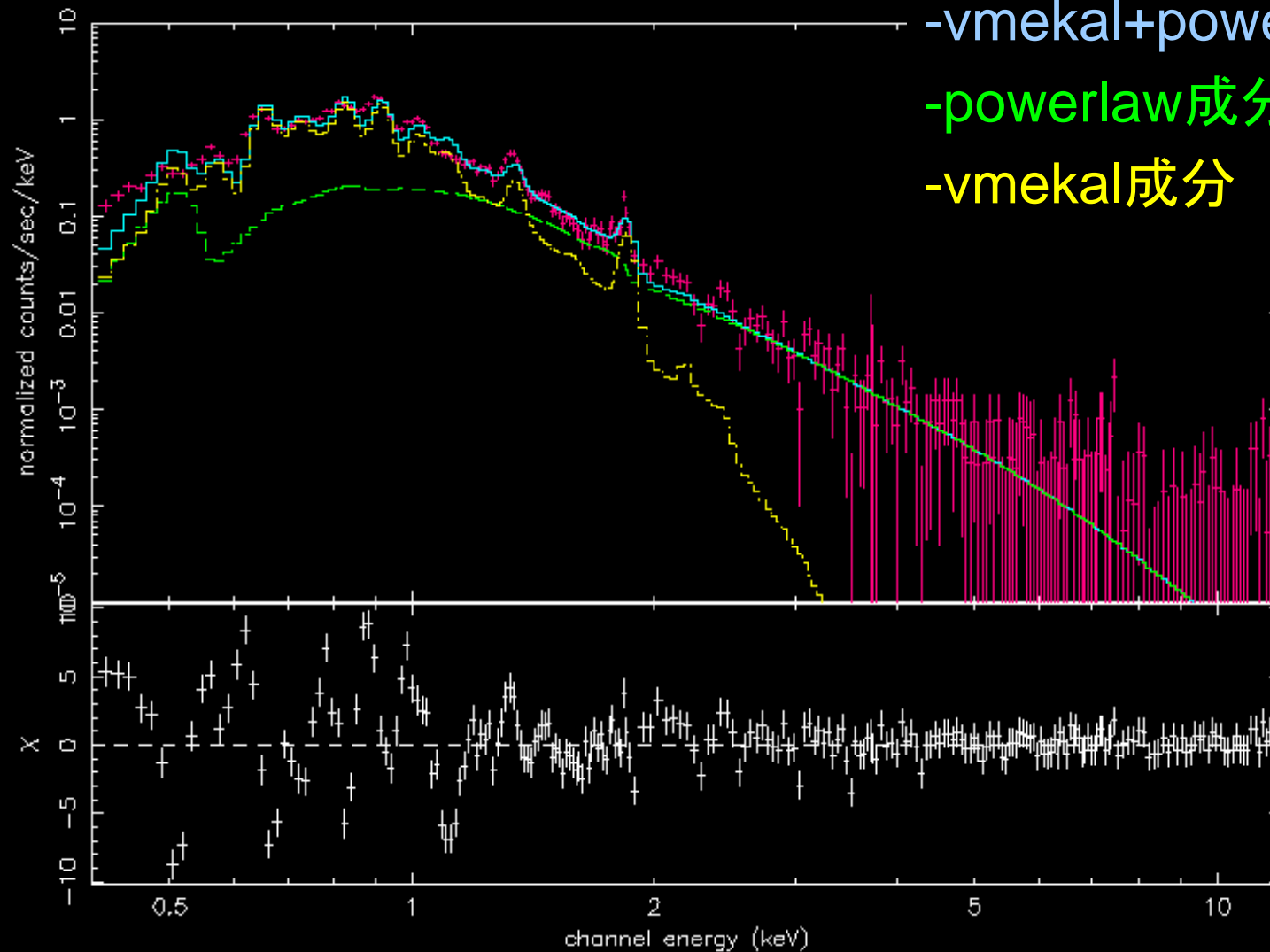
DEM\_L71\_N23\_C[F1] fitting(wabs\*(vmekal+powerlaw)

-データ点

-vmekal+powerlaw

-powerlaw成分

-vmekal成分





# 各成分のfluxを比較

	flux(0.4-2keV)cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> (mekal成分優勢)	flux(2-12kev) cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> (powerlaw成分優勢)	photon index	$\chi^2/\text{dof}$
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

結論: このモデルでは、AはB,Cに比べ、  
低エネルギーで1桁弱いにも関わらず、  
高エネルギーでは強く、powerlawのベキも小さい。  
ただしまだ $\chi^2$ がかなり悪く、より厳密な解析が必要である。

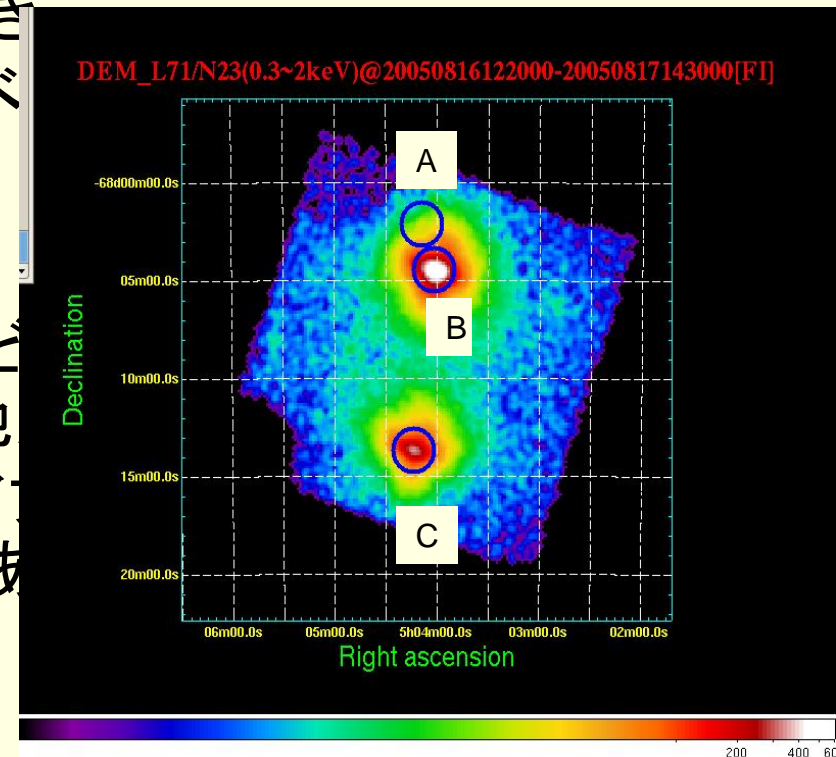
# 今後の課題

## DEM\_L71/N23について

- 精密なarfファイルの作成(シュミレーションによる)
- AとBが近接しているため、すざくの分解能を考えると、Bからの漏れこみを考慮すべき
- 他のfitモデルも検討されるべ

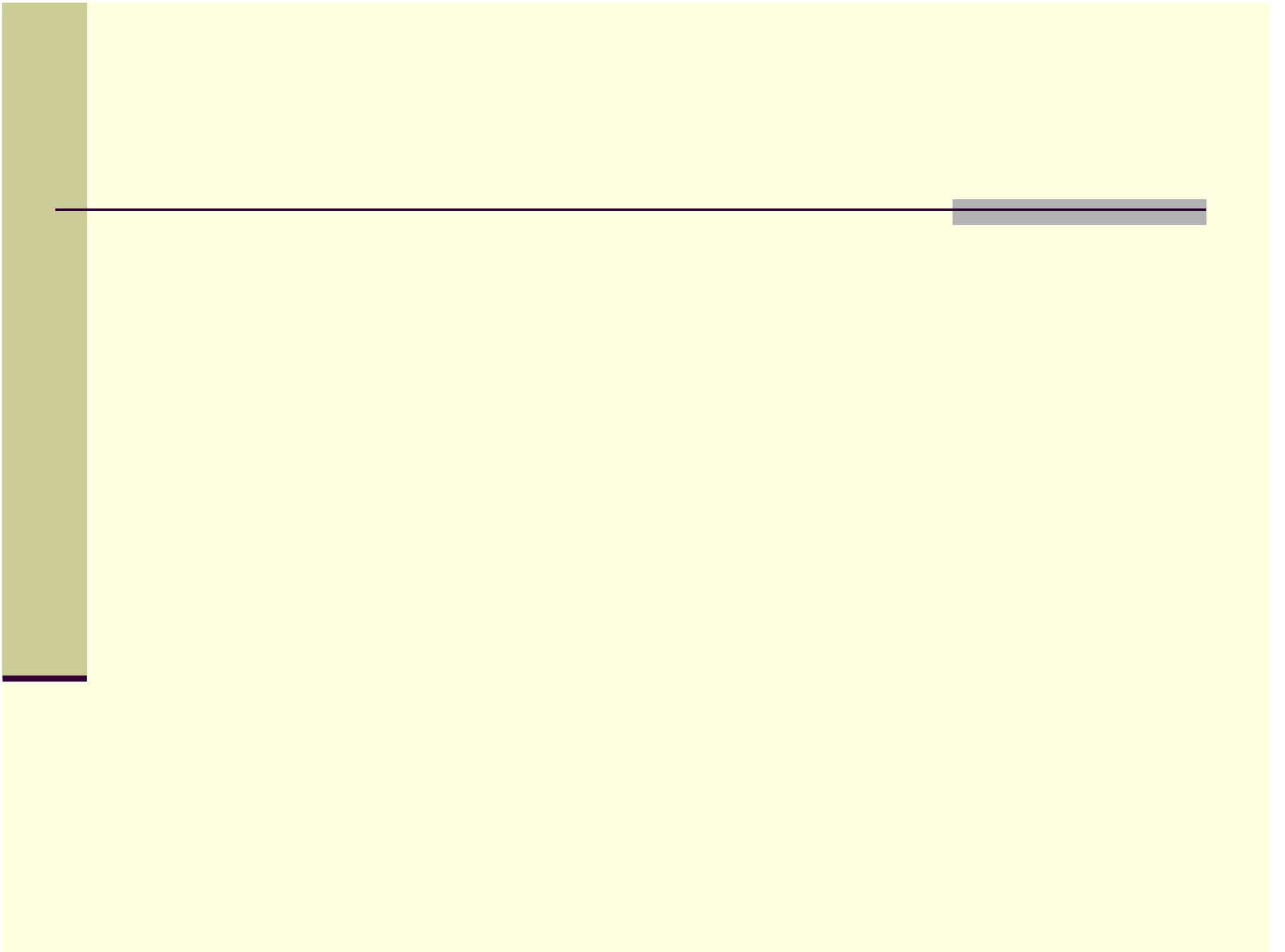
## データベースサイトについて

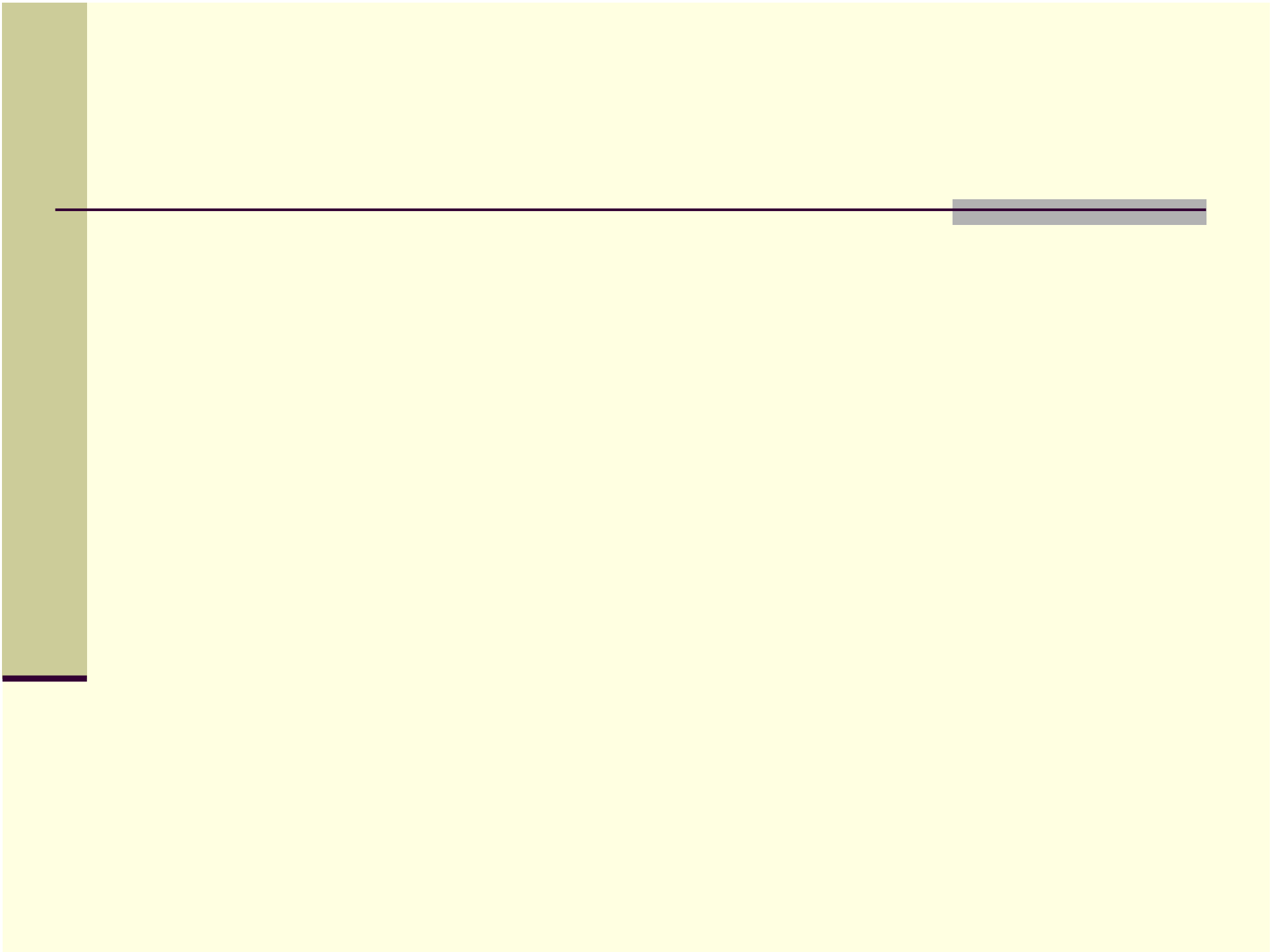
- binまとめやfitting初期値などを行っているため、改善の余地
- SWG期間に続いてアーカイブが)アップすればより価値があ

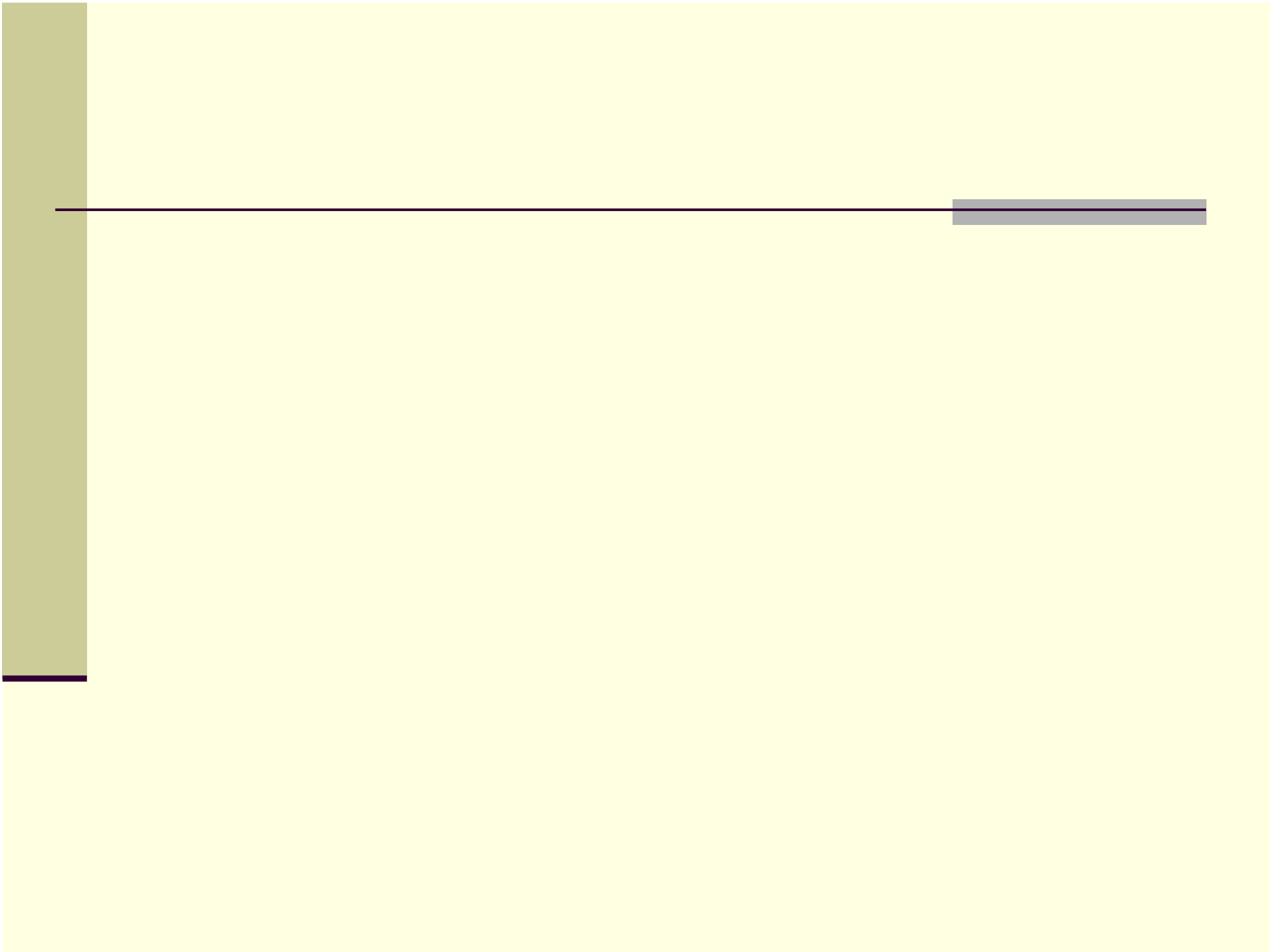


終

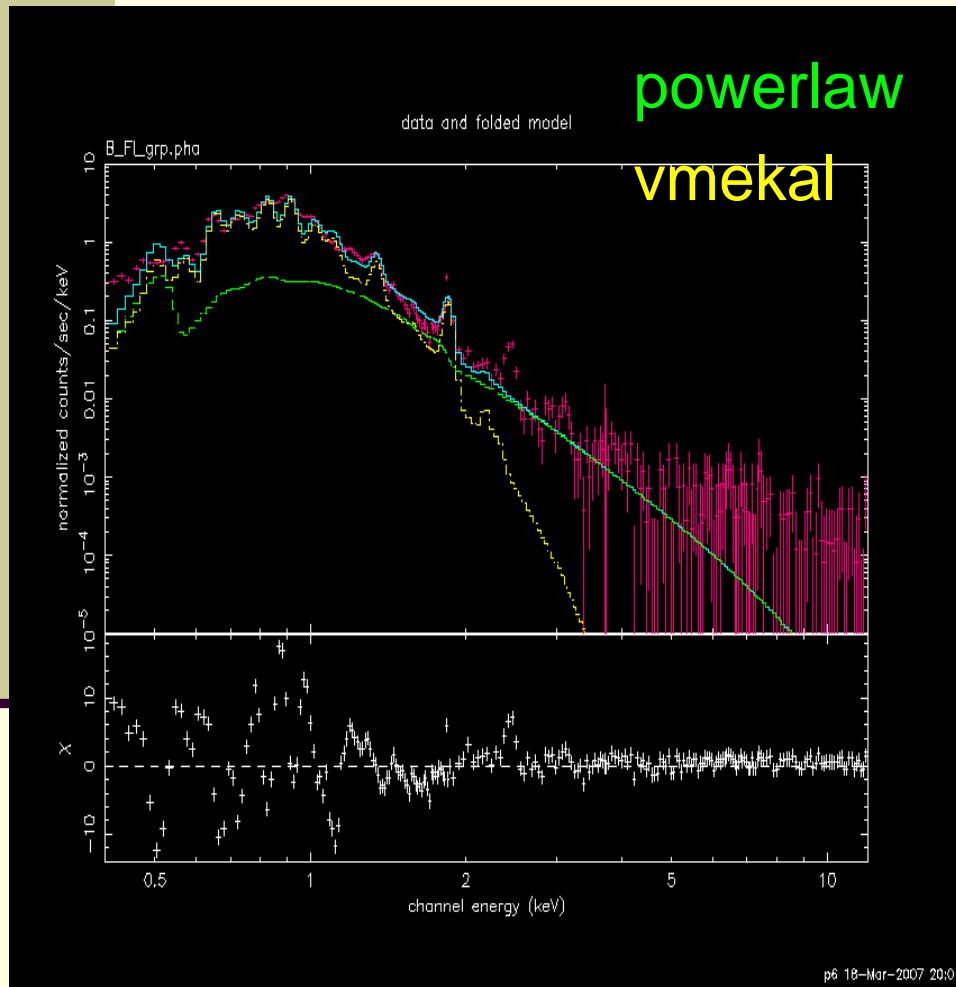
1年間ありがとうございました。。。。



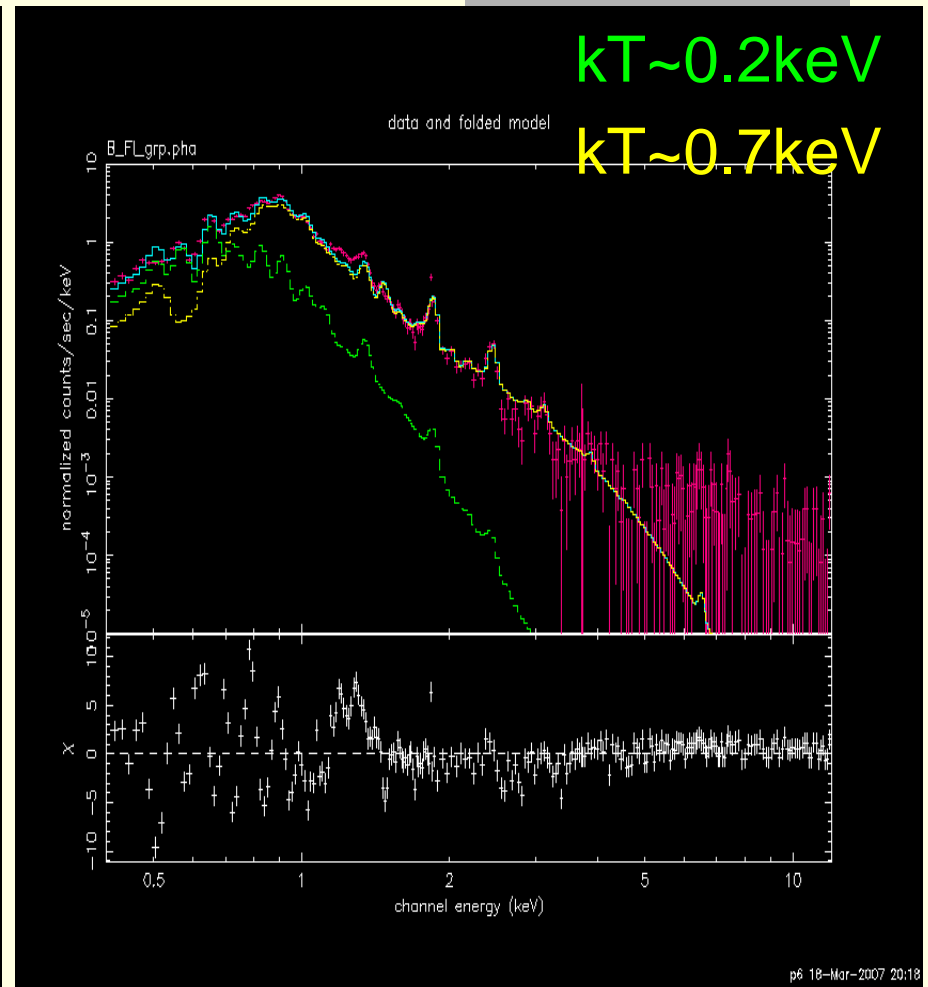




# B $\mathcal{O}$ mekal+mekal



wabs\*(vmekal+powerlaw)



wabs\*(mekal+mekal)

# Bのfit

	flux(0.4-2keV) cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	flux(2-12kev) cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	$\chi^2/\text{dof}$
powerlaw +vmekal	4.6 photons (5.8E-09 ergs)	2.1E-03 photons (8.5E-11 ergs)	14.9
mekal +mekal	4.922 photons 6.1263E-09 ergs	3.7E-02 photons 1.5E-10 ergs	7.21



# Fittingに用いたファイル

---

- web上 (CALDBなど)にあるファイルを使用

- レスポンスファイル

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

- バックグラウンドファイル

FI→NEP\_xisnom6mm\_det\_fi\_rev.pi

BI→NEP\_xisnom6mm\_det\_bi.pi

# background

---

- NEP (North Ecliptic Pole: 黄道北極方向) のデータ
- このデータを引くことによって
  - \* Cosmic X-ray background
  - \* Non X-ray backgroundなど, 観測している天体由来ではないX線を除去できる。

# レスポンスファイル

---

- rmf (Redistribution Matrix File)

検出器のレスポンスを与える

- arf (Auxiliary Response File)

望遠鏡のレスポンスを与える

今回の解析では、点源のarfを使用した。

詳しい解析を行うときには、観測した天体それぞれに対応するarfを、シミュレーションにより作らなければならない。

# 立教大との違い(改善点)

## まとめ

---

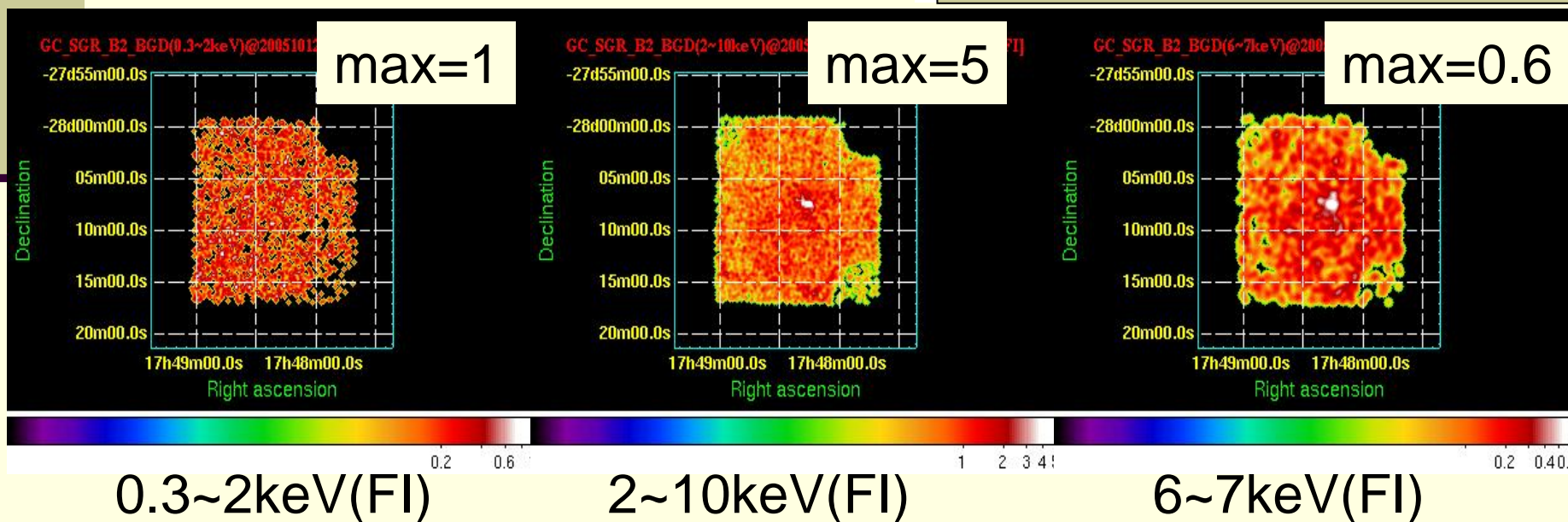
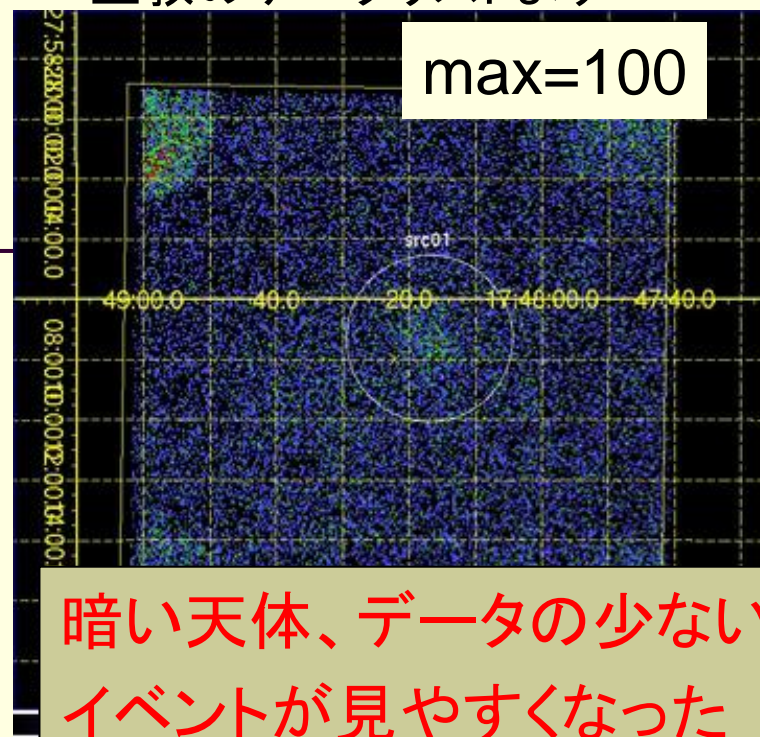
- エネルギーバンド毎の解析
  - イメージ(0.3~2keV、2~10keV、6~7keV)
  - ライトカーブ(0.3~2keV、2~10keV)
- カメラ別の解析
  - BI(xis1)とFI(xis0,xis2,xis3)の2種
- calibration source, backgroundの除去
- 特にデータ点の少ない天体についてはビンまとめを個別に調節
- スペクトルを2つのモデルでfitting
- fitting parameterやfluxを表示
- データの並べ方を工夫し、使いやすいデータベースに

# 成果1

GC\_SGR\_B2\_BGD(銀河中心)  
20051012070500-20051012110500

P6の解析

立教のデータリストより



# 謝辞

---

助手の松本さん、TAの内山さんには初心者の私達に懇切丁寧に指導していただき、大変感謝しています。

また、P6年間を通じて宇宙線研究室の先生方や院生の先輩方には大変お世話になりました。ありがとうございました。

# calibration source

- 軌道上でのエネルギーの絶対精度の測定のために、XISのカメラごとに取り付けられている較正線源。
- $^{55}\text{Fe}$  (半減期2.7年)
- $\text{Mn K}\alpha$  (5.9keV),  $\text{Mn K}\beta$  (6.5keV) の特性X線を出す。

