

XMM-Newton衛星のデータを用いた天の川銀河系中心のX線マップ作成

2022/03/07 P6最終発表会

松永、小野尾、矢矧

目次

1. 研究目的
2. XMM-Newton衛星
3. マップ作成
4. 発見した天体構造
5. スペクトル解析
6. まとめ, 今後の課題
7. 参考文献

1. 研究目的

研究目的

- Newton衛星のデータを用い、これまでに作られていない銀河系中心付近の広範なX線マップを作成し、未知の天体構造を発見する。

2. XMM-Newton衛星

XMM-Newton衛星

1999年12月に

ESAが打ち上げたX線観測衛星。

現在も運用されている。



Newtonの性能

Newtonを他の衛星と比較すると、視野と有効面積が広く、空間分解能も並程度にある。

→ 広い天体構造の観測に適している。

衛星名	<i>XMM-Newton</i>	<i>Chandra</i>	「すぎく」
検出器名	EPIC-MOS	ACIS	XIS
エネルギー帯域	0.15–12 keV	0.1–10 keV	0.2–12 keV
視野	30′	8′	18′
軌道半径 近地点	13000 km	10000 km	550 km
遠地点	120000 km	14000 km	580 km
有効面積 @ 1.5 keV	4650 cm ²	600 cm ²	1460 cm ²
空間分解能	8″	0.5″	2′
エネルギー分解能 @ 6 keV	130 eV	150 eV	130 eV
通常観測での露光時間	2.6 sec	3.2 sec	8 sec

X線カメラの性能比較
2015 宮岡さん（広島大）の修士？論文
「Subaru/HSC サーベイ領域にある重量級銀河団の X 線観測による質量推定」より

NewtonのX線望遠鏡

Wolter I 式望遠鏡

X線は入射角が大きいほど吸収されにくく、反射しやすい。

→Wolter式望遠鏡

視野の外側ほど入射角が小さくなり、
より多くのX線が吸収される。(Vignetting)

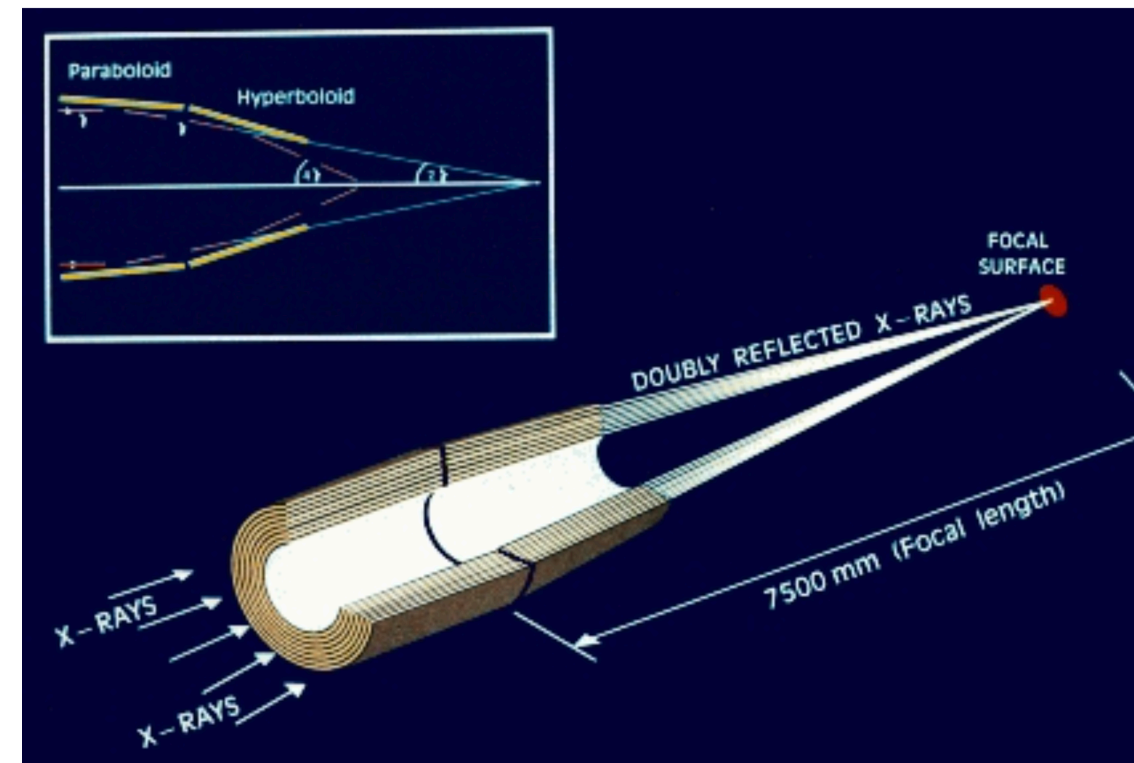
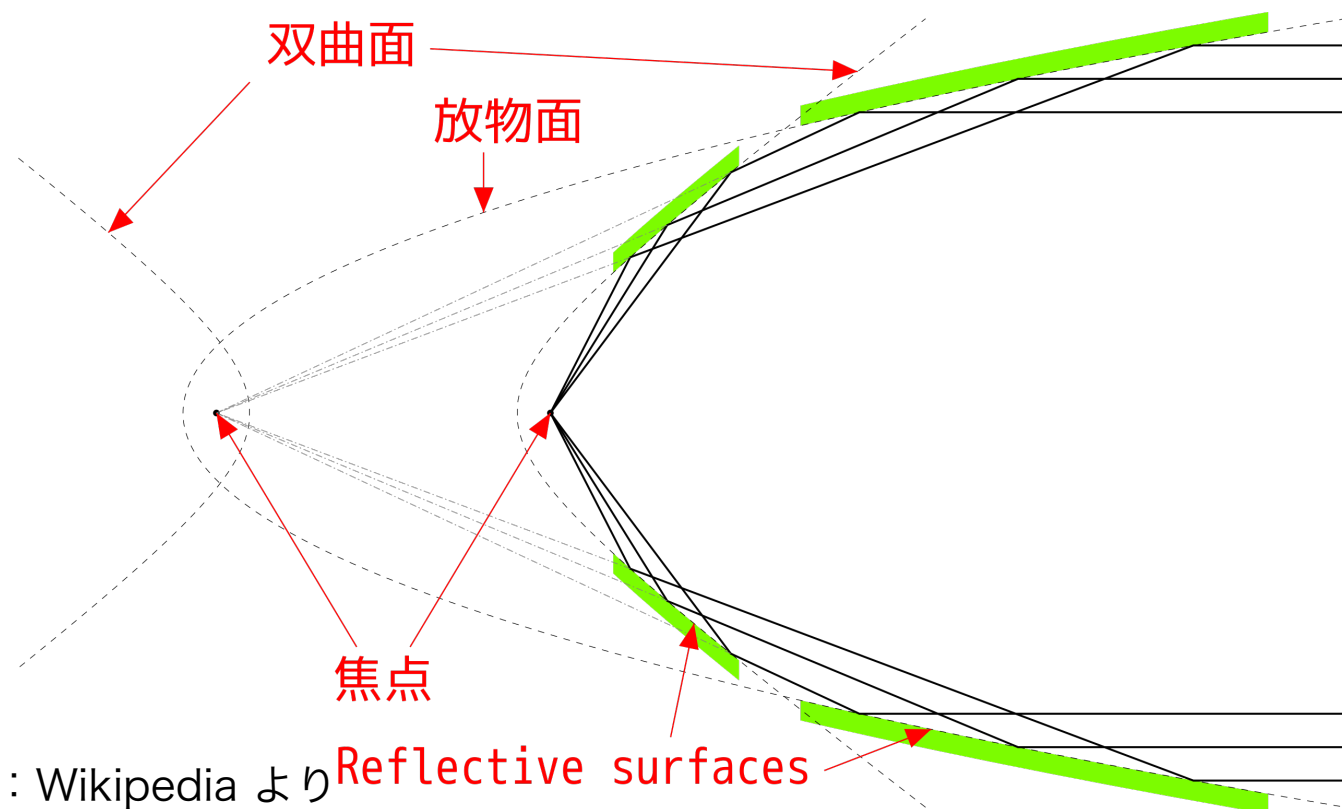


図 : <https://www.cosmos.esa.int/web/xmm-newton/technical-details-mirrors>
より

図 : Wikipedia より

Newtonの検出器

- EPIC X線CCDカメラ (European Photon Imaging Camera)
 - MOS 表面照射型検出器 2台 (Metal Oxide Semi-conductor)
 - pn 裏面照射型検出器 1台
- RGS (Reflection Grating Spectrometer)

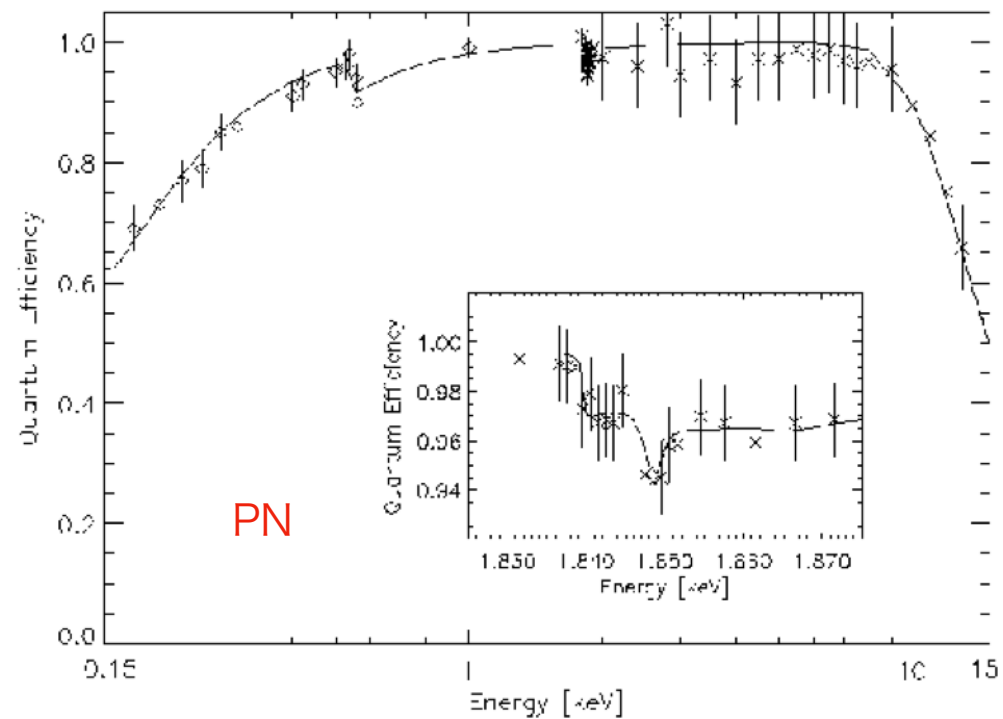
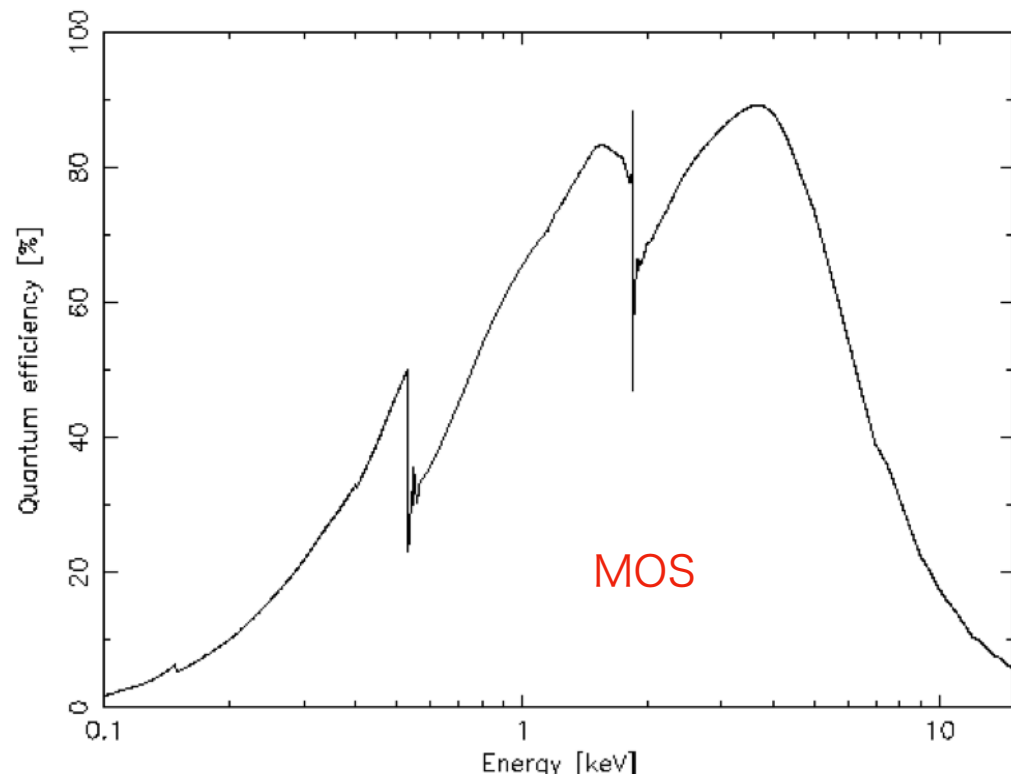
MOSと望遠鏡の間の分光器によって反射されたX線を、EPICとは別のCCDカメラで測定する

- OM (Optical Mirror)

可視光・紫外線望遠鏡

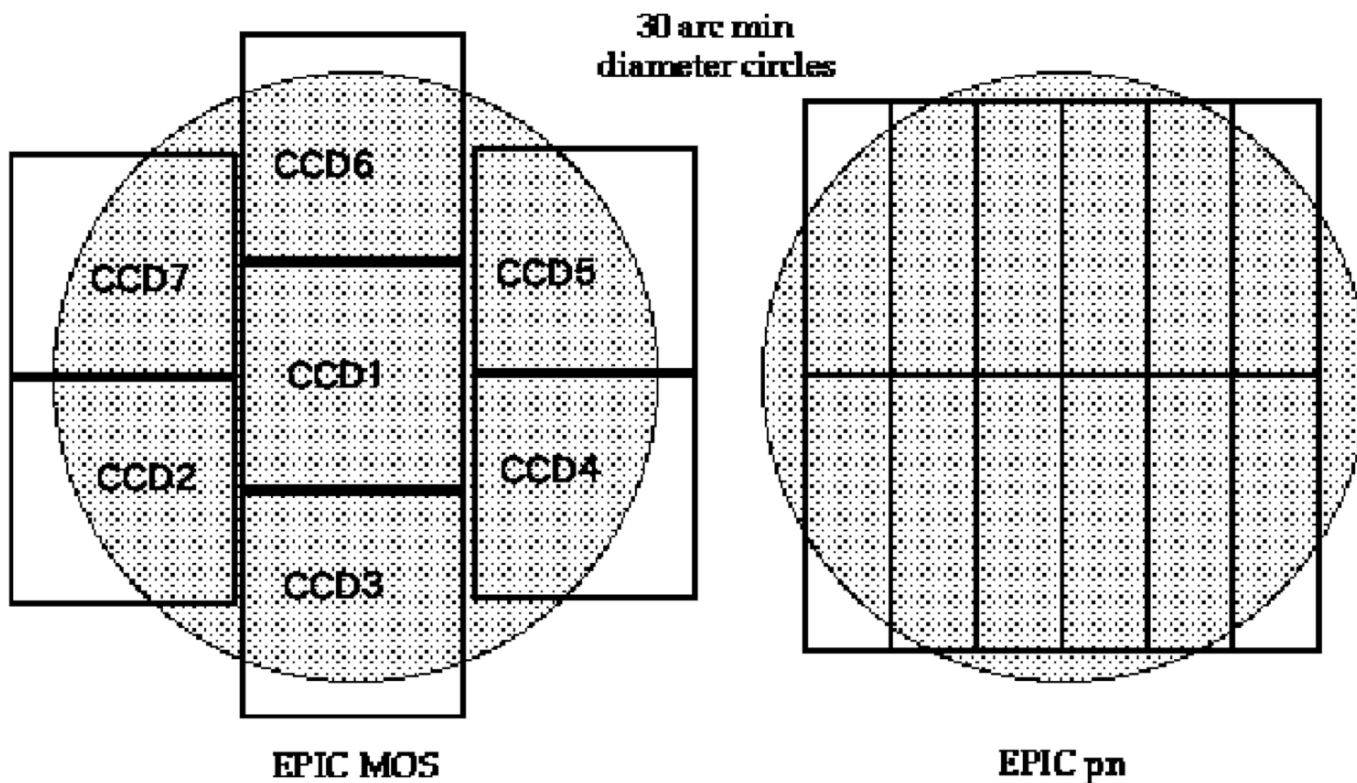
NewtonのX線検出器

MOS2台とpn1台 計3台のCCDカメラ(半導体検出器)



検出効率

MOS < PN



	MOS	pn
CCDの大きさ	2.5cm× 2.5cm	3.0×1.0cm
CCDのピクセル 数	600×60 0	200×64
1ピクセルの大 きさ	40μm	150μm

Background (X線以外)

- ・ 観測対象以外からの宇宙X線によるもの
- ・ X線以外の宇宙放射線によるもの
 - ・ Soft Proton Flare (SPF)

100keV以下の低エネルギー粒子が、望遠鏡を通じて

CCDに侵入。カウントレートが爆発的に増加する。動的。

- ・ Quiescent Particle Background (QPB)

数100MeVの高エネルギー粒子が、CCDや周辺機器と

相互作用を起こして発生した制動X線や輝線など。静的。

他に、装置に起因するノイズなどもある。

3. マップ作成

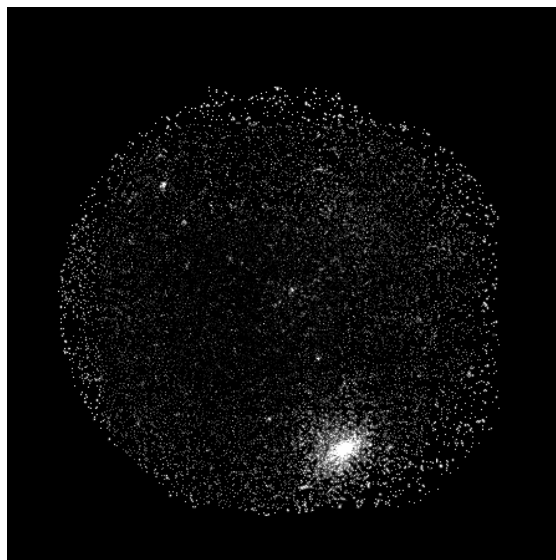
解析の流れ

- 目的：特定のエネルギーバンドを取り出した画像を作る
- 使用したツールなど
 - ESASky (<https://sites.google.com/cfa.harvard.edu/saoimageds9>) ; 観測データを検索できるWebサイト
 - SAS ; XMM-Newton専用の解析ソフト
 - SAOImageDS9 ; 画像の可視化
 - SASのCookbook (<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/xmm/esas/cookbook/xmm-esas.html>) ; 解析の例などが豊富に載っている

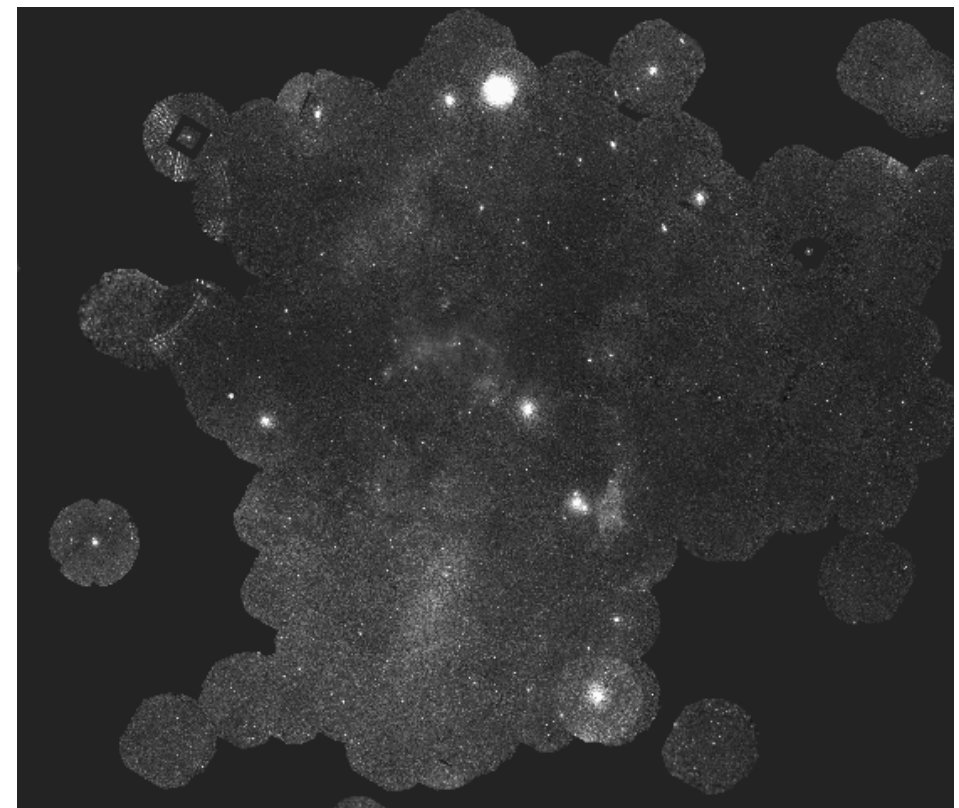
解析の流れ

1. 観測データの検索とダウンロード（観測データ約400個）
2. 各観測データについて、見たいエネルギーバンドで画像を作成する。Vignetting補正、SPFの除去もこの過程で行う
3. 作成した一つ一つの画像を結合して大きな画像を作る

これらを、各エネルギーバンドについて行う



一つの観測データから作成した画像の例



全部の観測データを結合してできた画像の例

エネルギーバンド

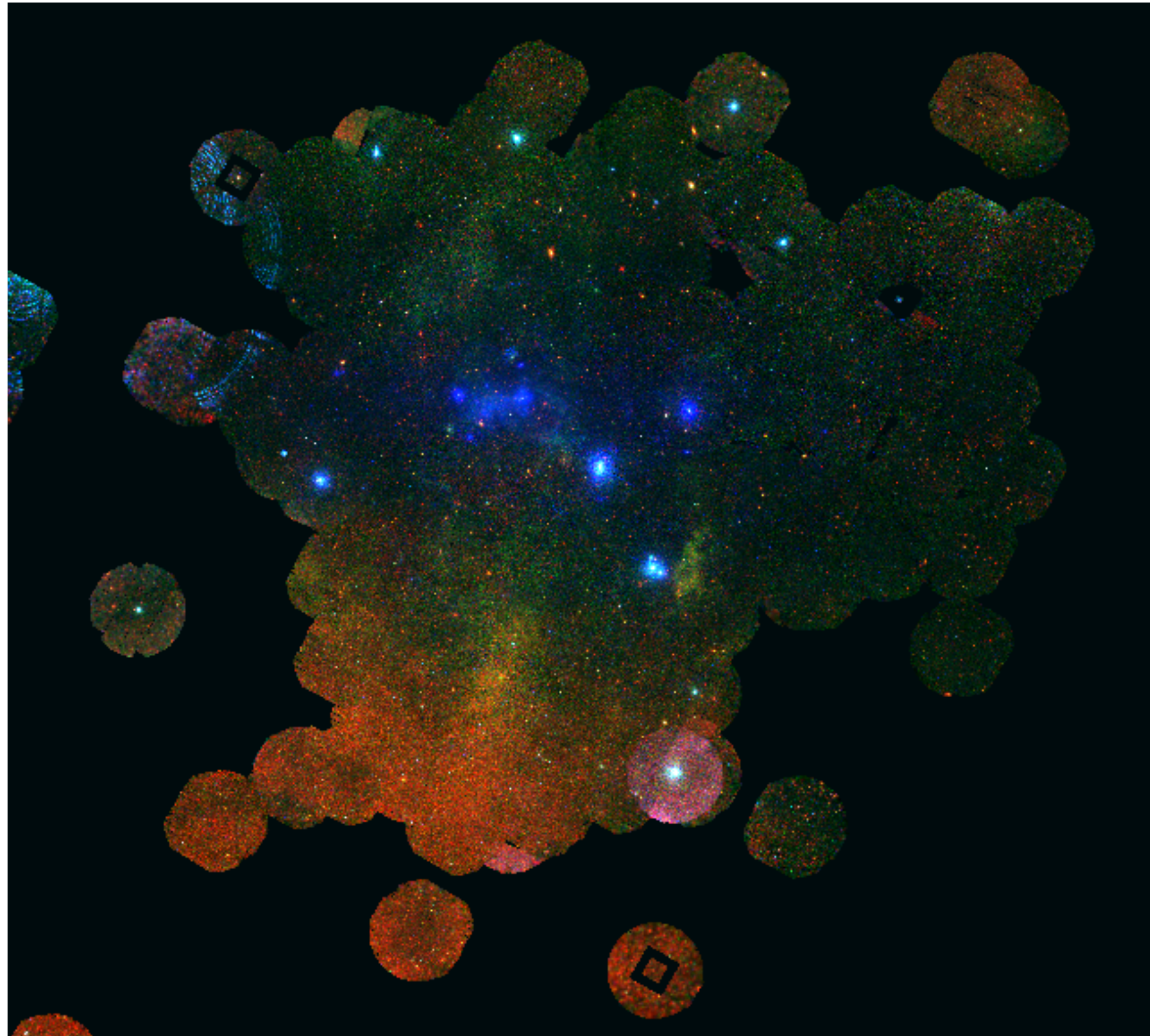
エネルギー(keV)	見たいもの
0.5-1.0 1.0-2.0 2.0-7.0	全体の概要を 掴むために作成
6.3-6.5 6.62-6.8 5.0-6.1	Fe K α Fe XXV CFe K (Fe近くの連続成分)
2.35-2.56	S XV
1.3-1.4	Mg XXI
1.7-1.9	Si

作ったマップ①

赤 0.50~1.00 keV

緑 1.00~2.00 keV

青 2.00~7.00 keV



作ったマップ②

赤 6.3~6.5 keV

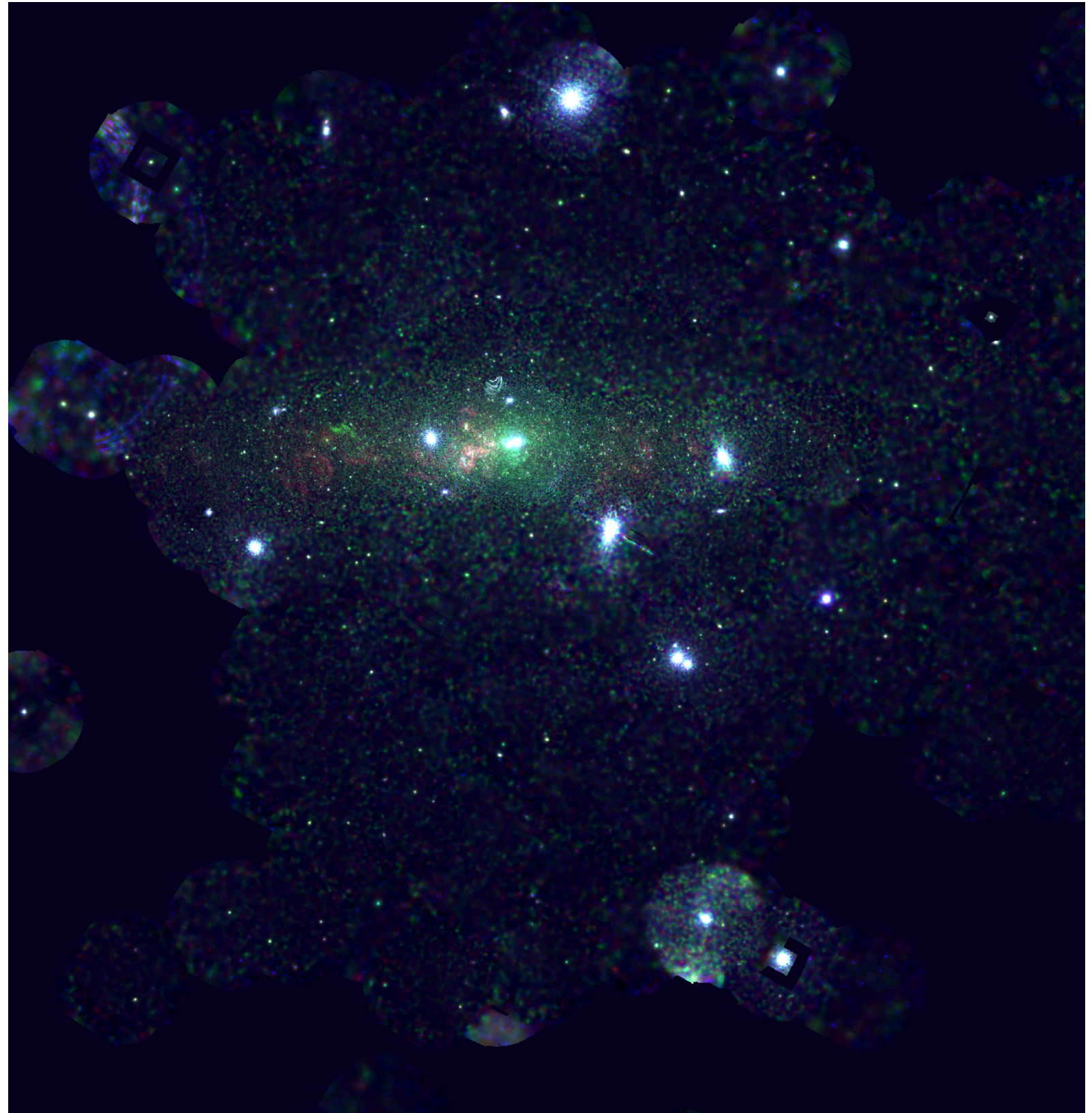
(FeK α , 中性鉄)

緑 6.62-6.8 keV

(Fe xxv)

青 5.0~6.1 keV

(Feの下の連続成分)



作ったマップ②

赤 6.3~6.5 keV

(FeK α , 中性鉄)

緑 6.62-6.8 keV

(Fe xxv)

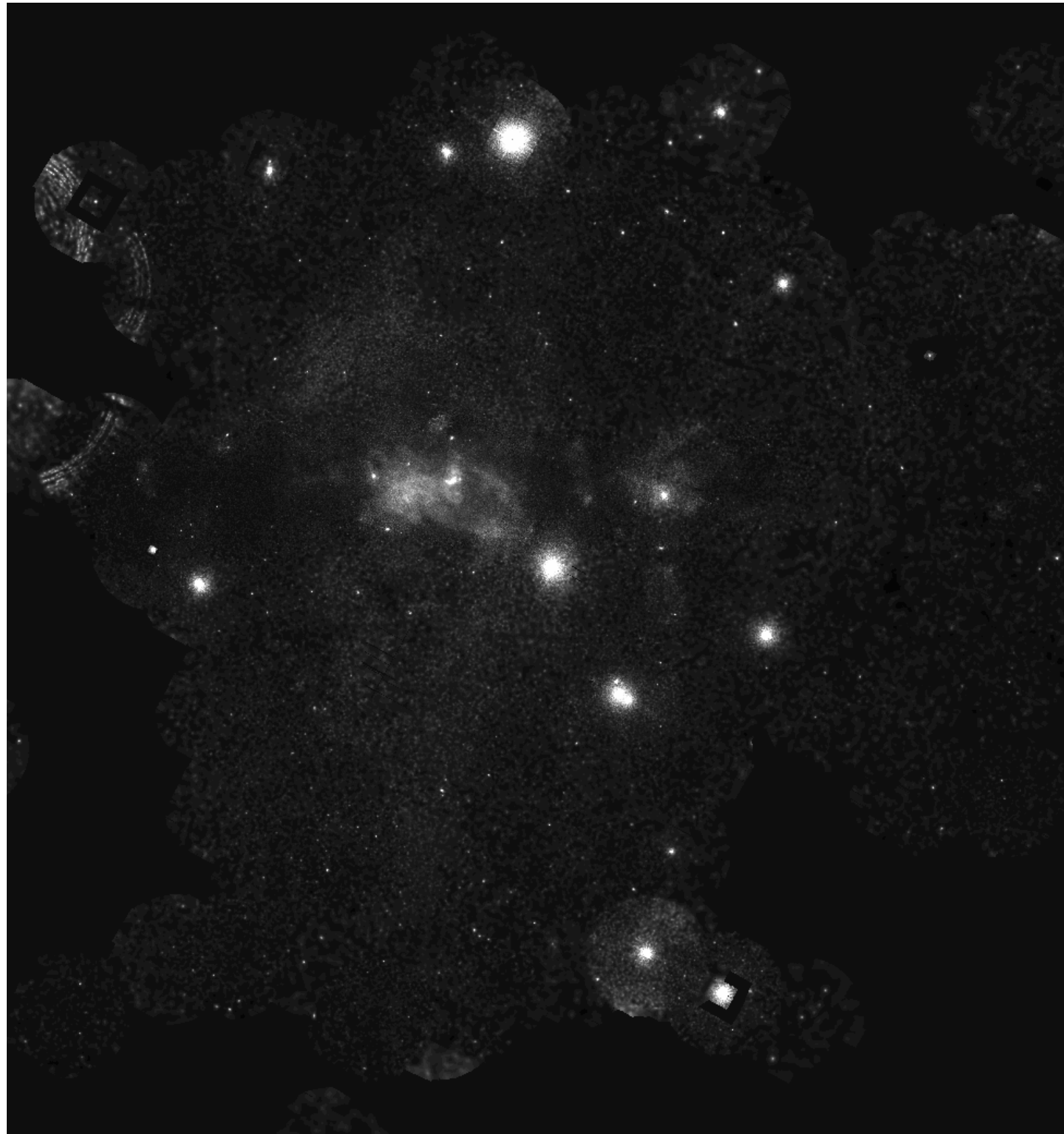
青 5.0~6.1 keV

(Feの下の連続成分)



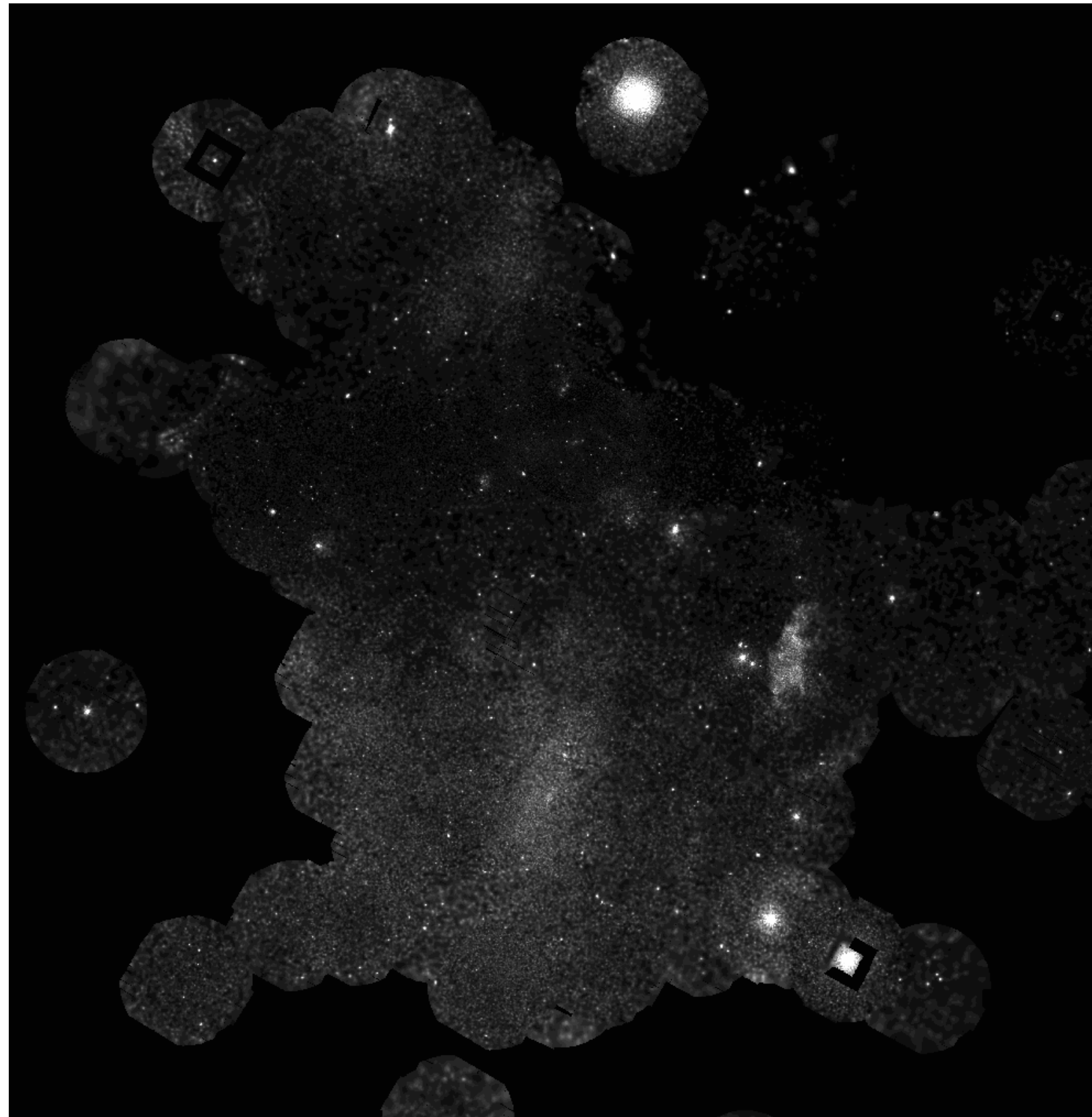
作ったマップ③

S xv 2.35~2.56 keV



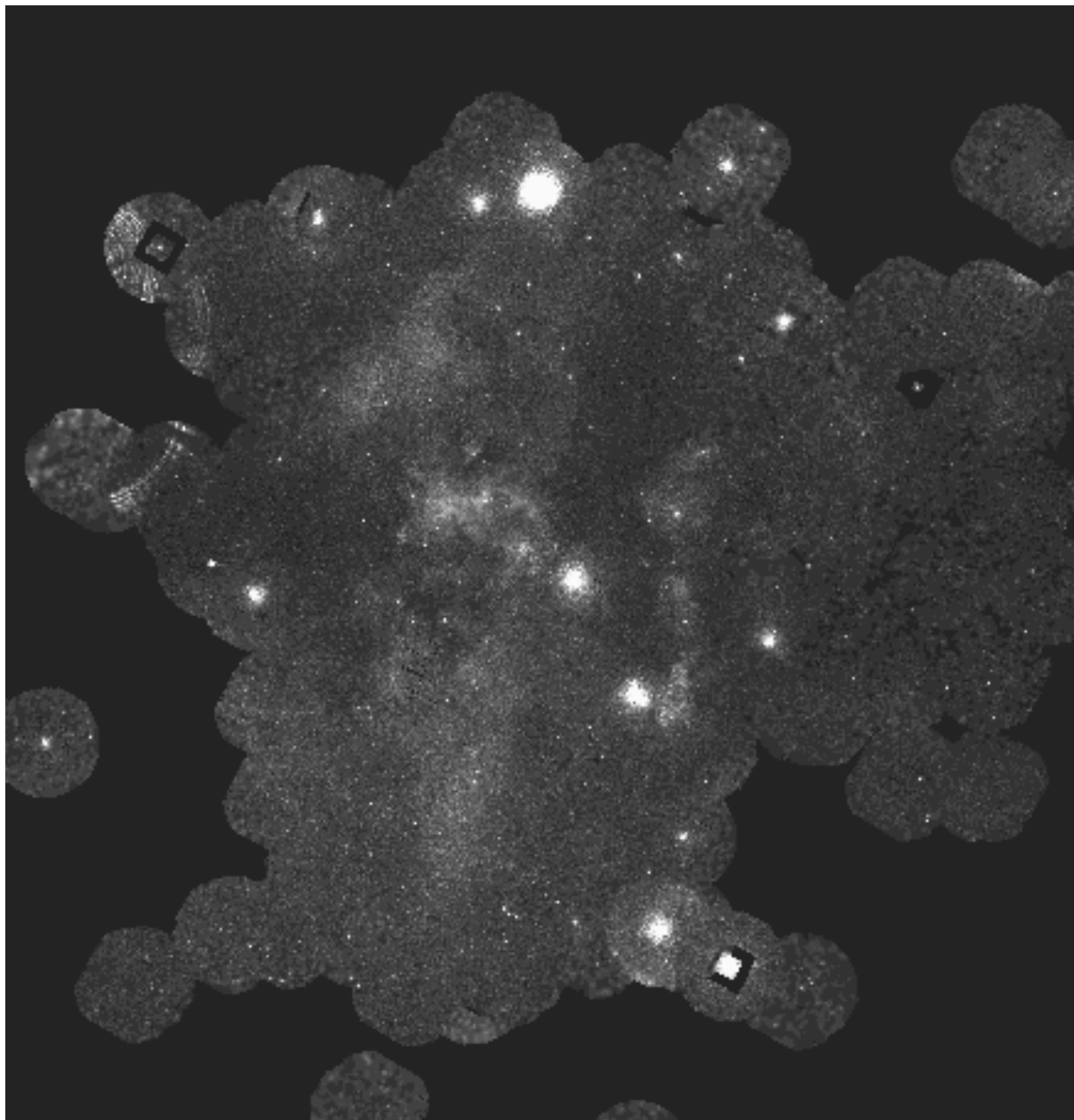
作ったマップ④

Mg xxi 1.30~1.40 keV



作ったマップ⑤

Si 1.7-1.9 keV

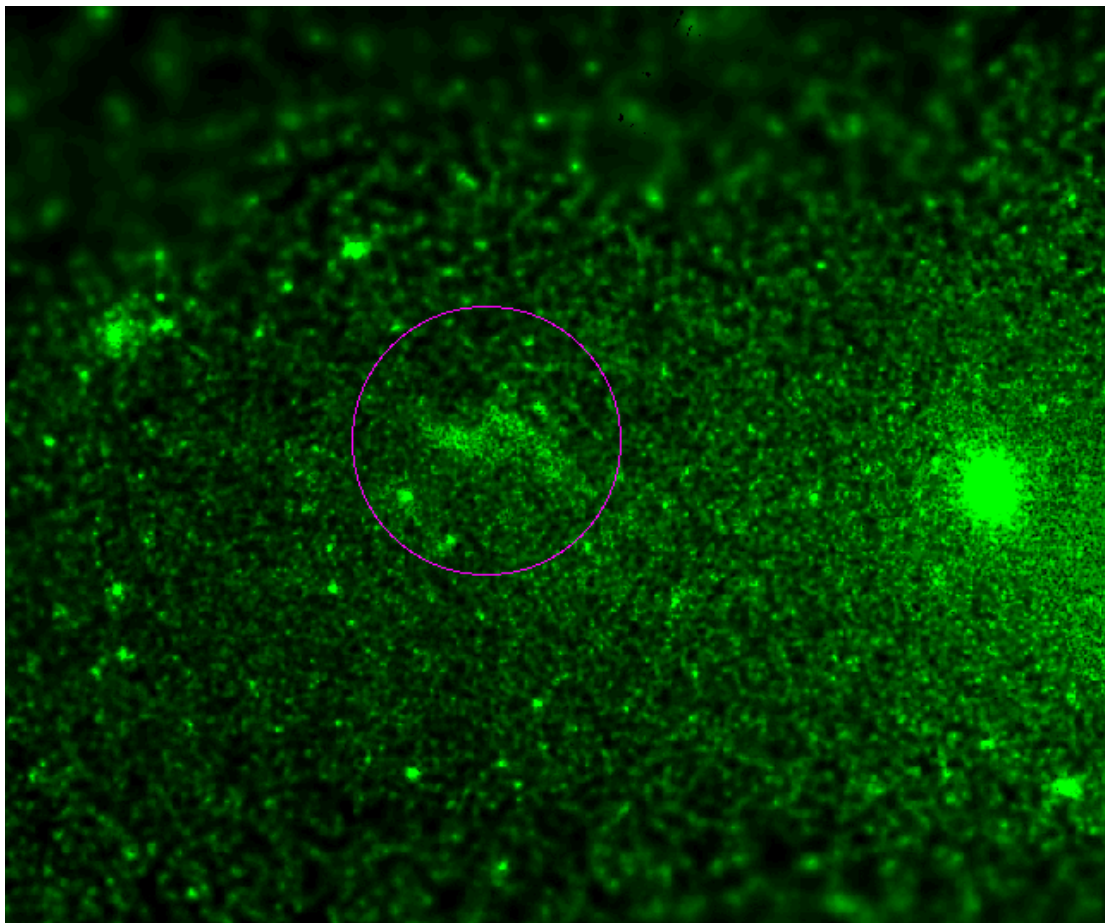


4. 発見した天体構造

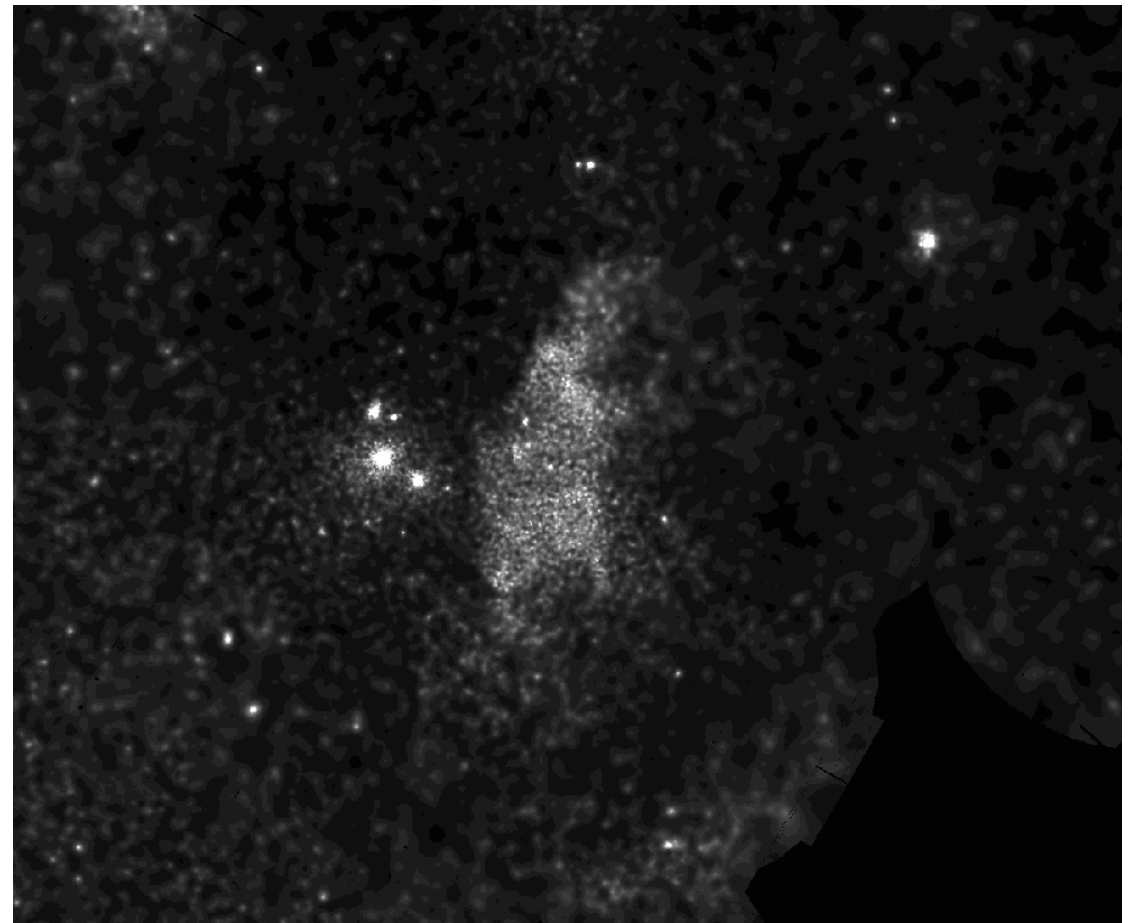
見つけた構造

見つけた構造の概要

- ・ いくつかの新しい（？）構造らしきものを見つけることができた
 - ・ Feのエネルギーバンドで見られるS字型
 - ・ 1.0-2.0 keV周辺で見られる「カニの手」



S字型の構造. 6.62-6.8 keV

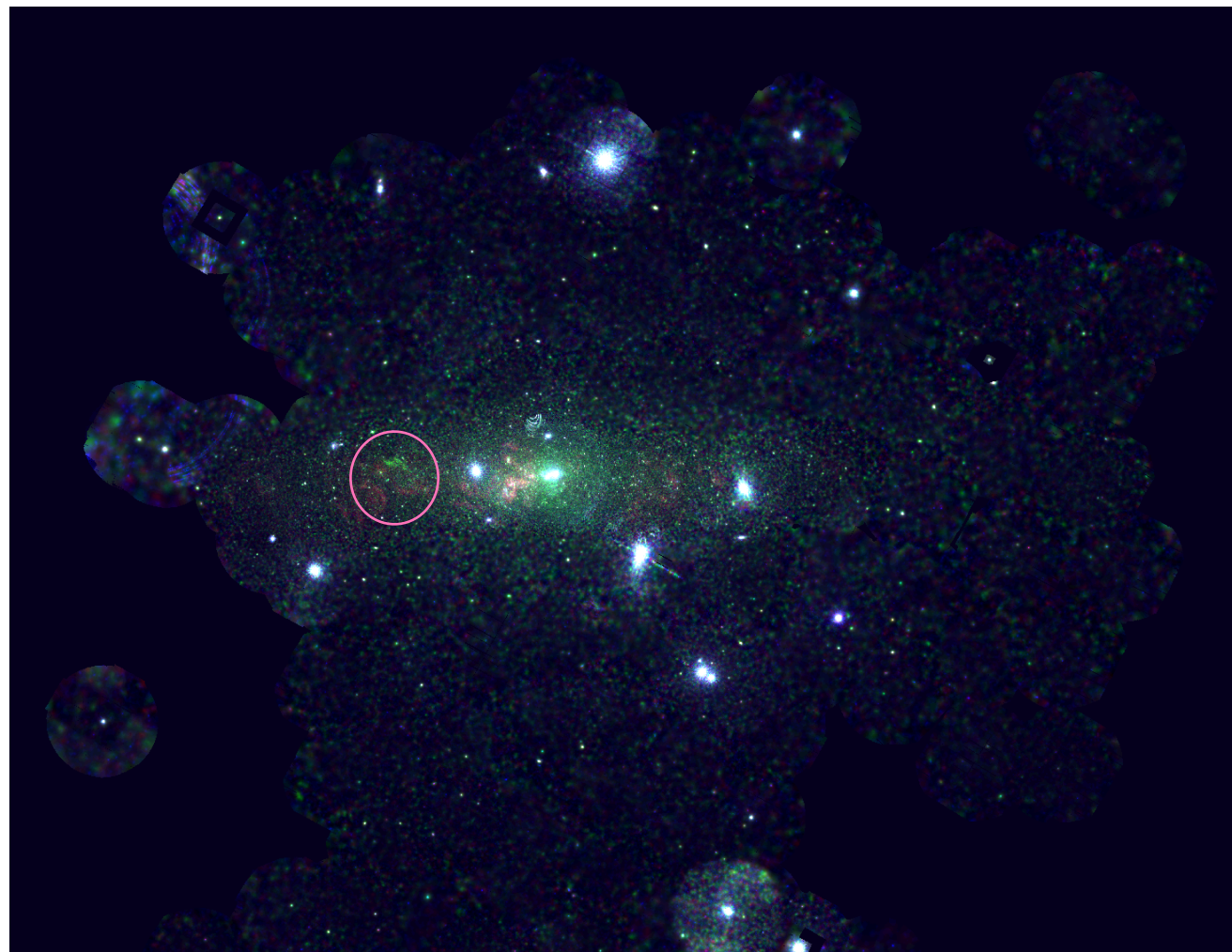


カニの手. 1.3-1.4 keV

見つけた構造

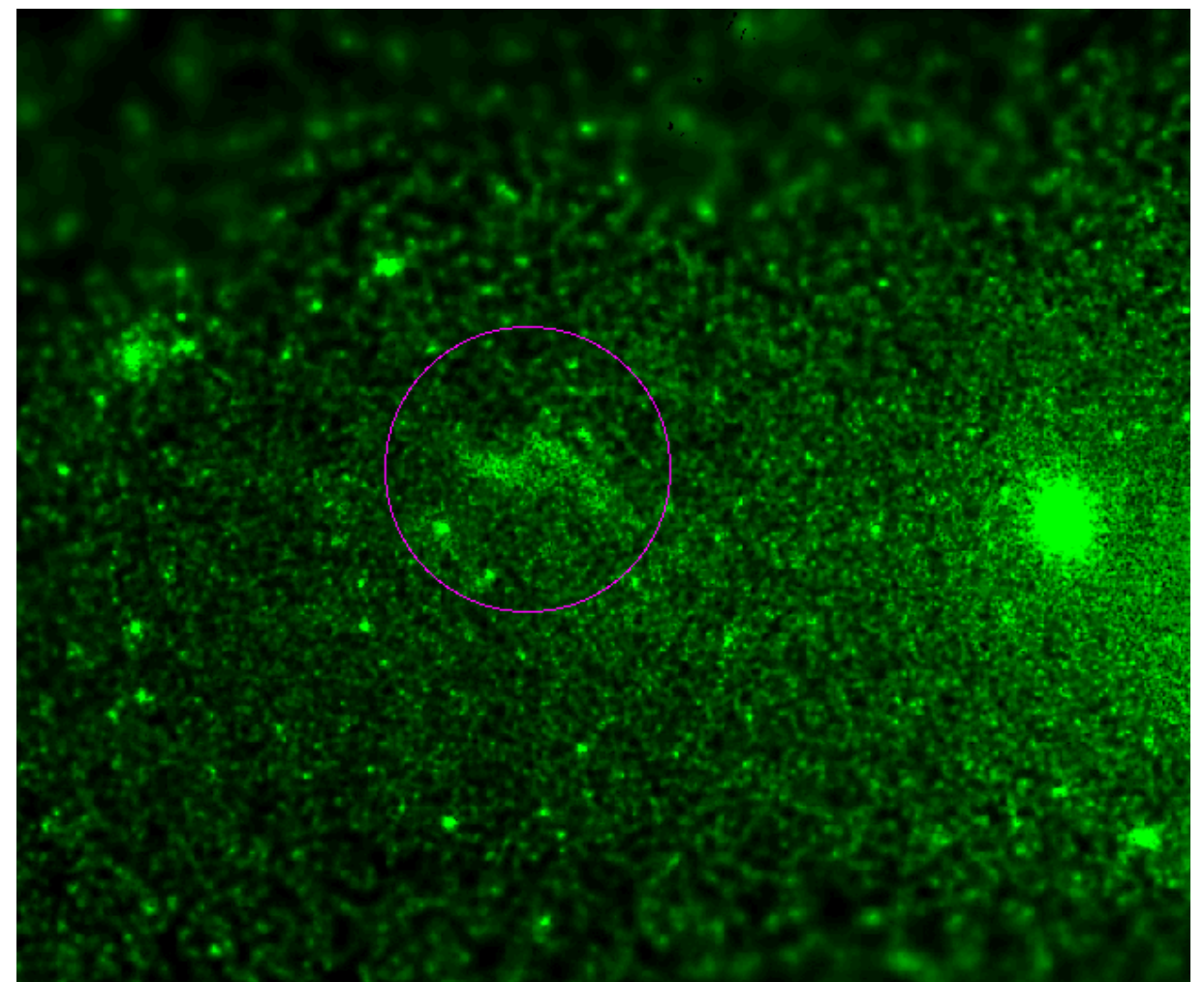
①FeのS字型

- Fe xxv: 6.7keVだけで確認できる、S字型の構造
- 場所は銀河面、Sgr a*から少しずれたところ



全体マップ上の位置

赤：6.3-6.5, 緑6.62-6.8, 青5.0-6.1

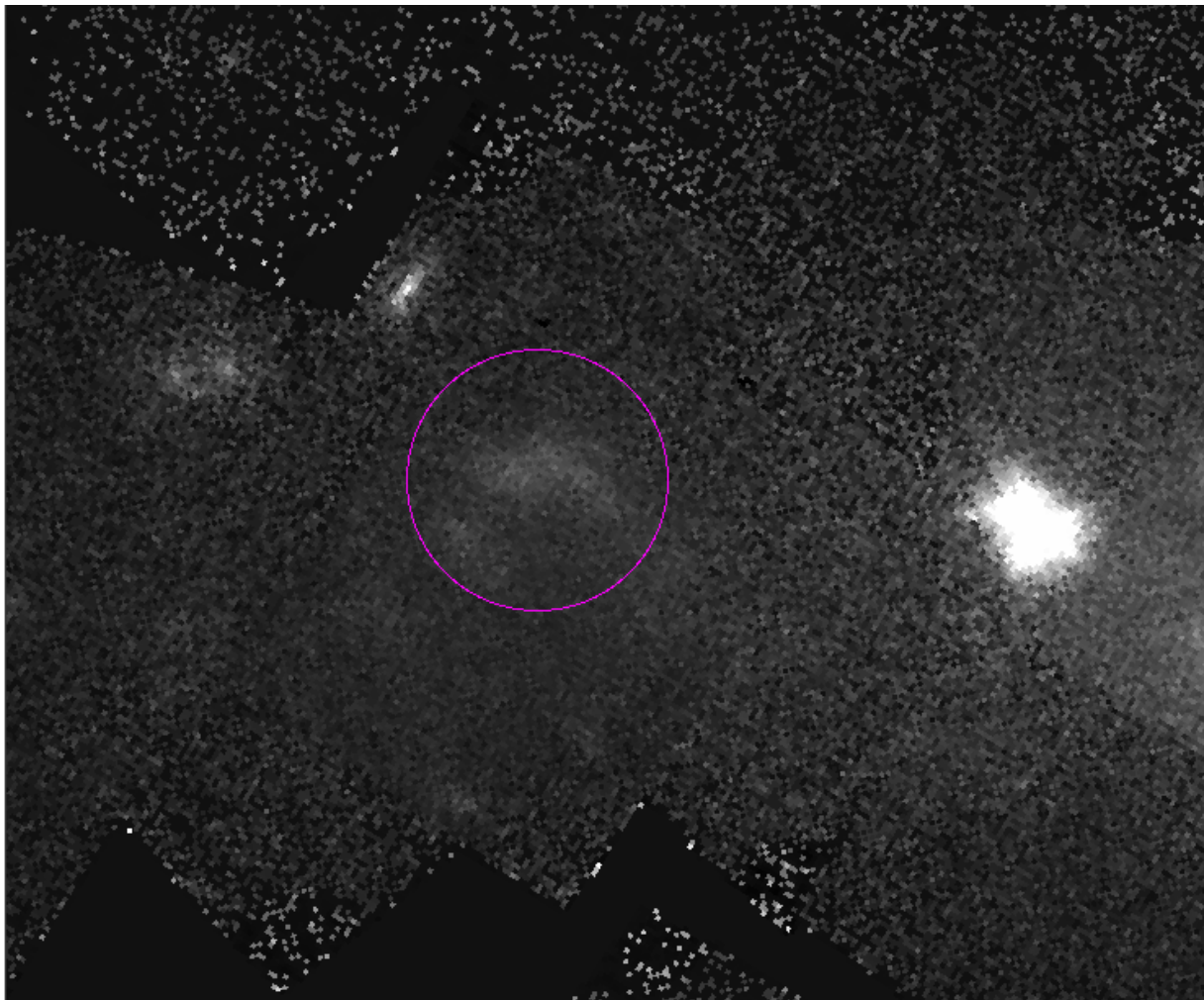


拡大図. 6.62-6.8 keV

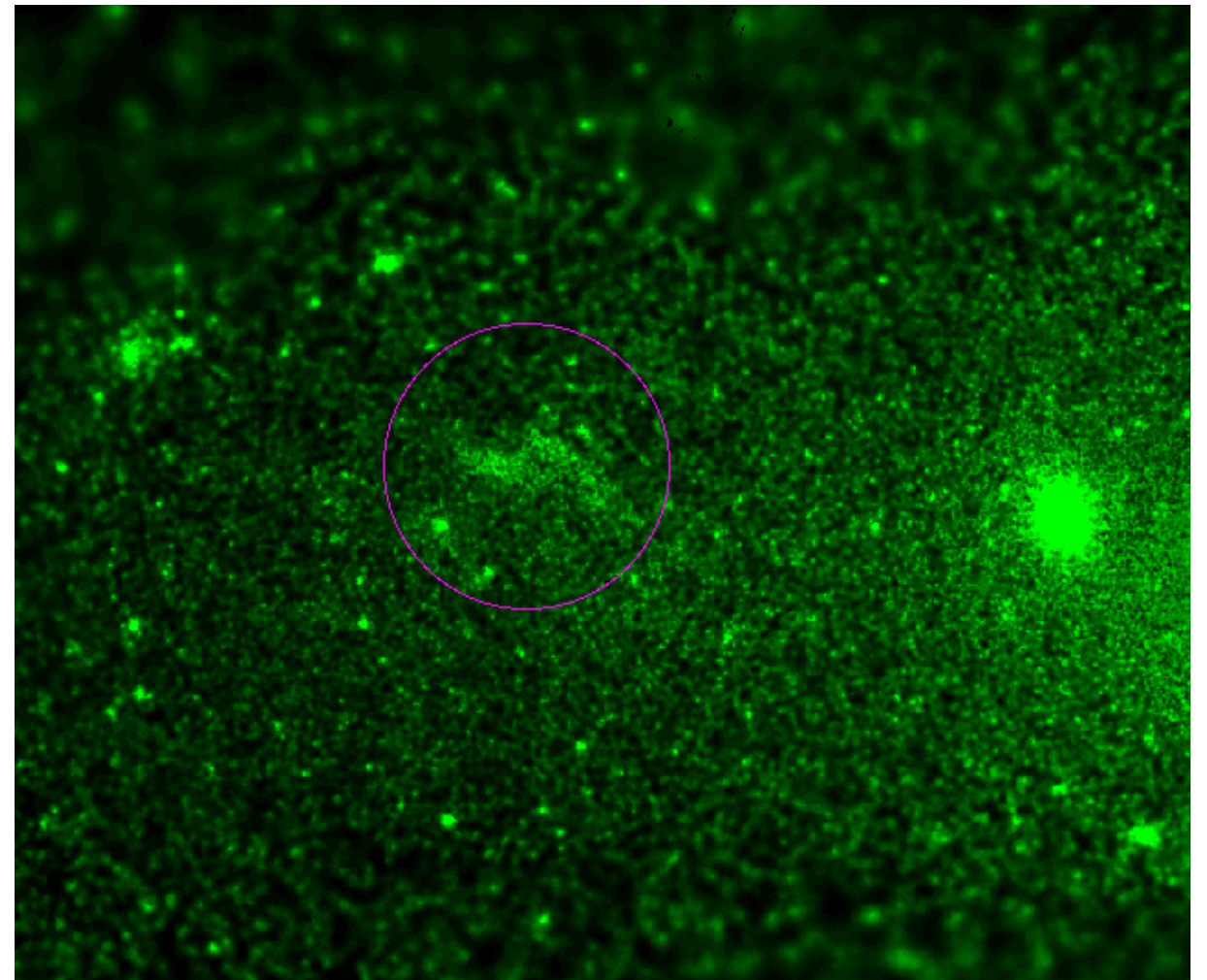
見つけた構造

①FeのS字型

- Suzakuの観測データでもぼんやりと確認できる



SuzakuデータでS字型の範囲を見たもの
6.55-6.8 keV

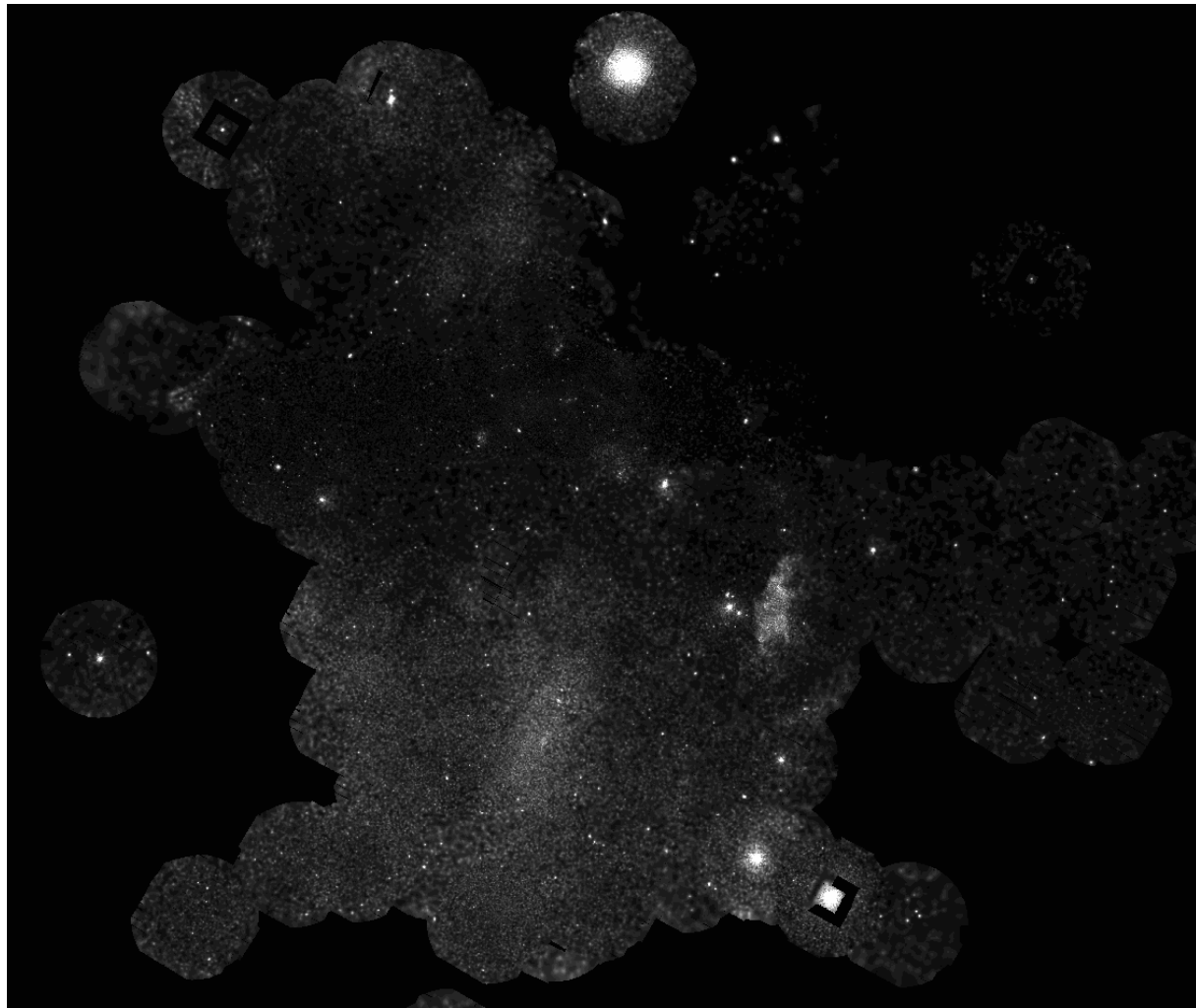


拡大図. 6.62-6.8 keV

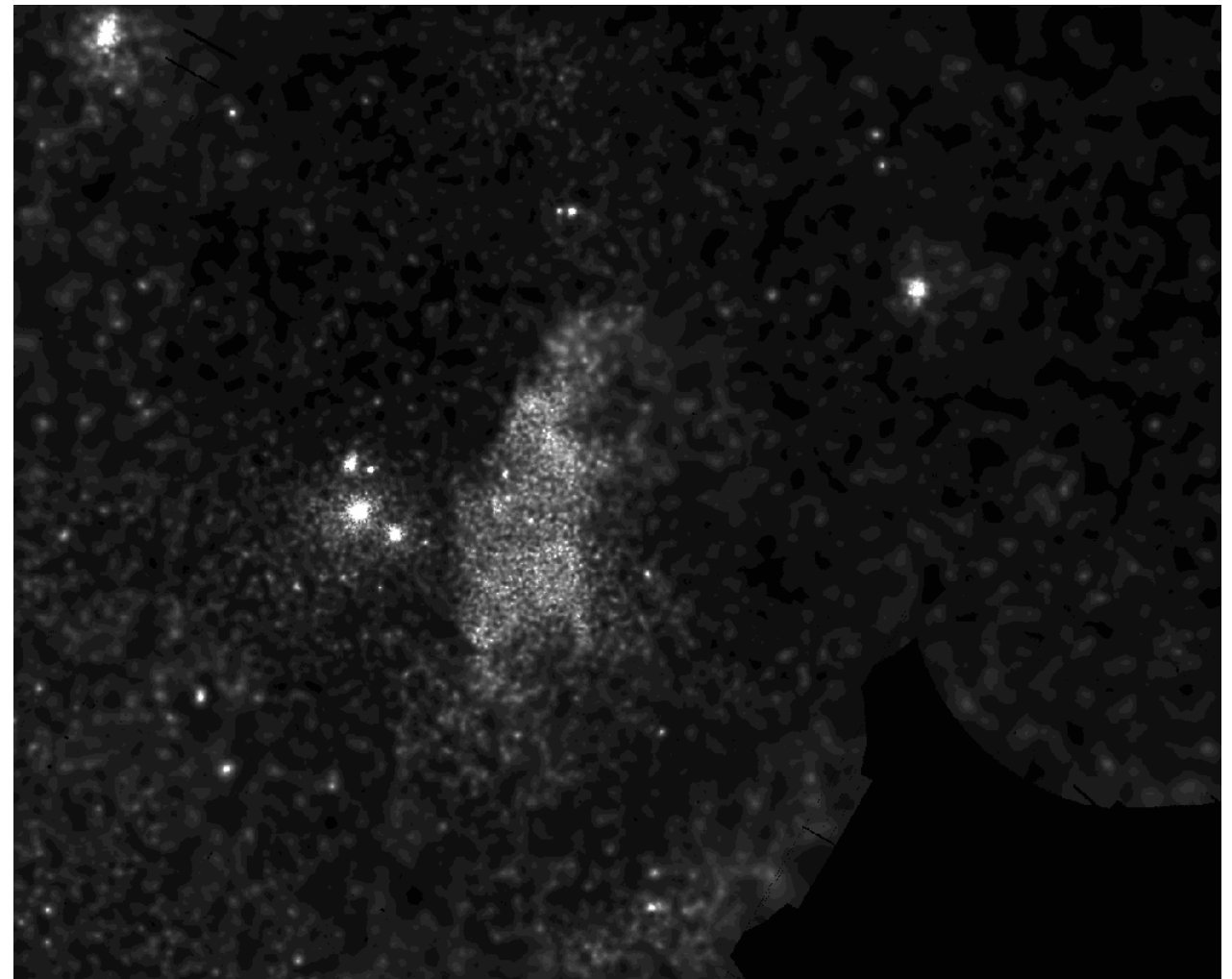
見つけた構造

②カニの手

- ・ 1.0-2.0 keVあたりで見えるかなり大きい構造
- ・ 形がカニの手みたいなので、「カニの手」と命名



全体マップ上の位置
Mg xxi 1.3-1.4 keV

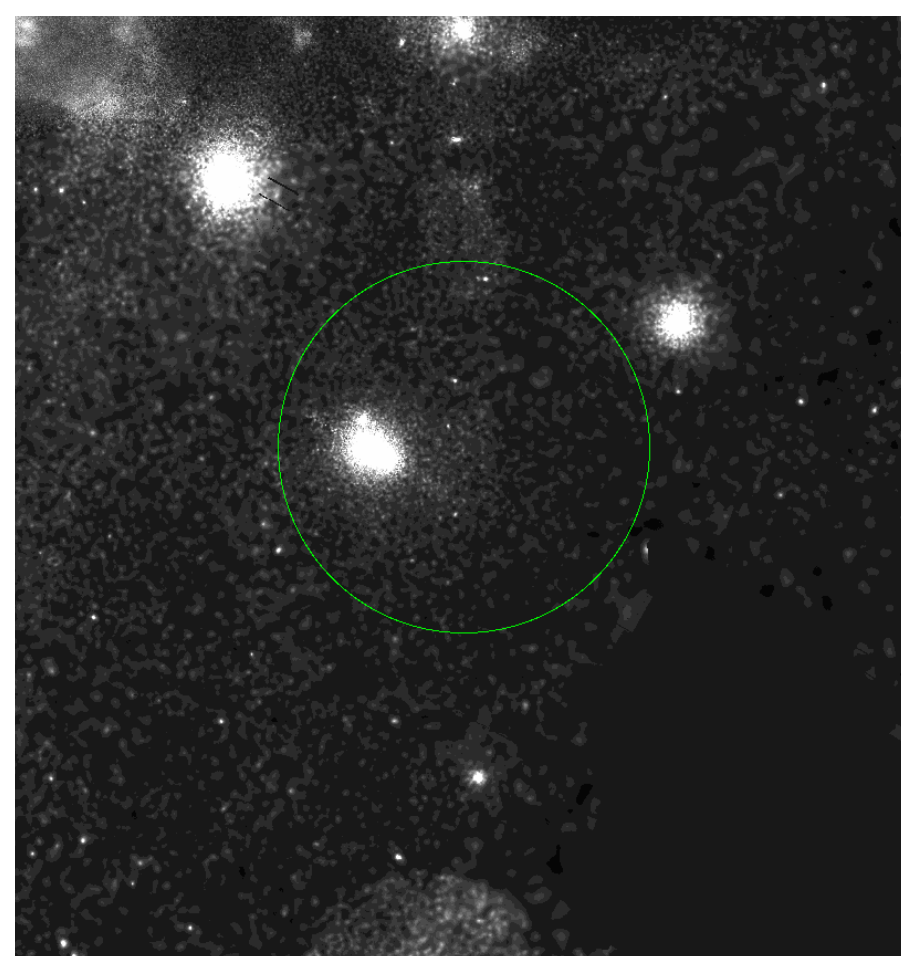


拡大図
Mg xxi 1.3-1.4 keV

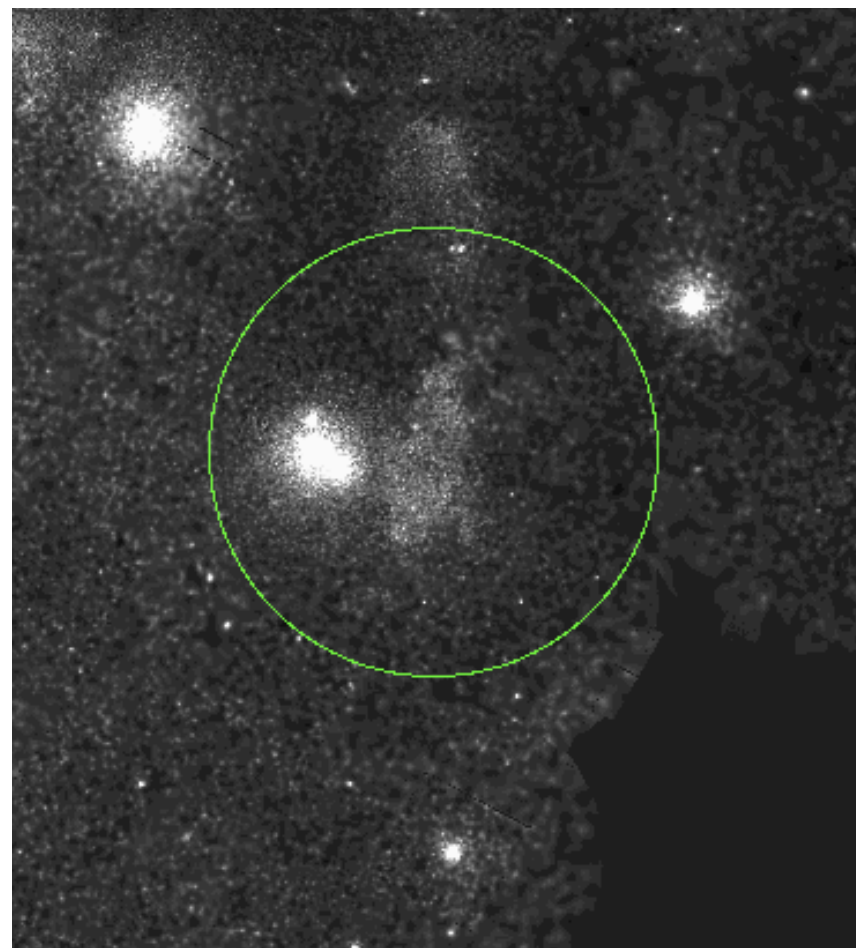
見つけた構造

②カニの手

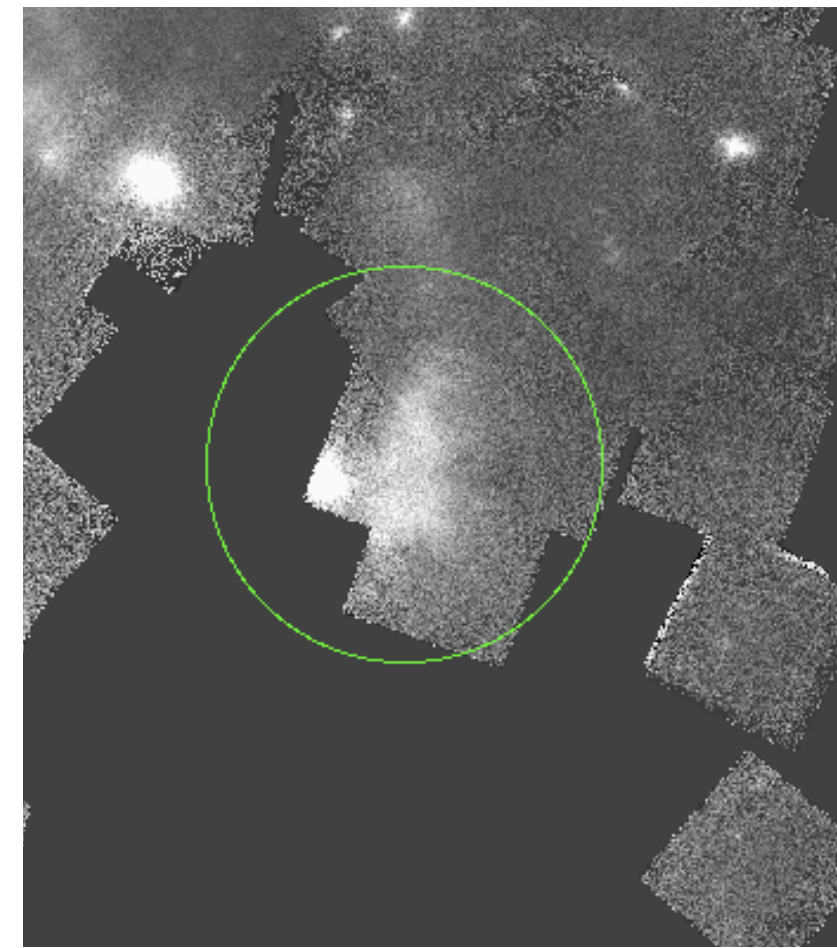
- Mg 1.3-1.4 keV以外にも、Si 1.7-1.9 keVや Suzakuの1.0-2.0 keVデータでも見える
- S xv 2.35-2.56 keVでは見えない



S xv 2.35-2.56 : 見えない



Si 1.7-1.9 : 見える

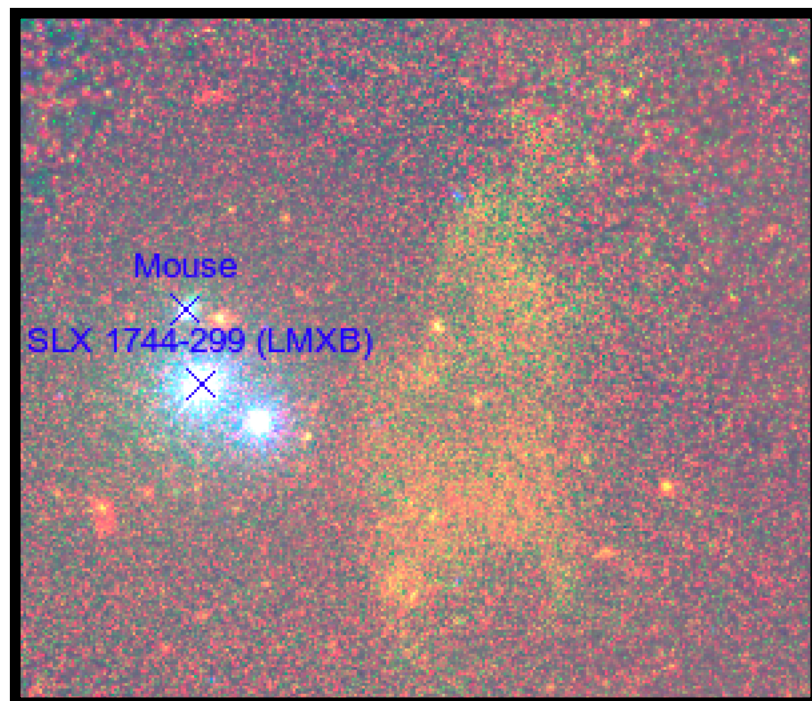
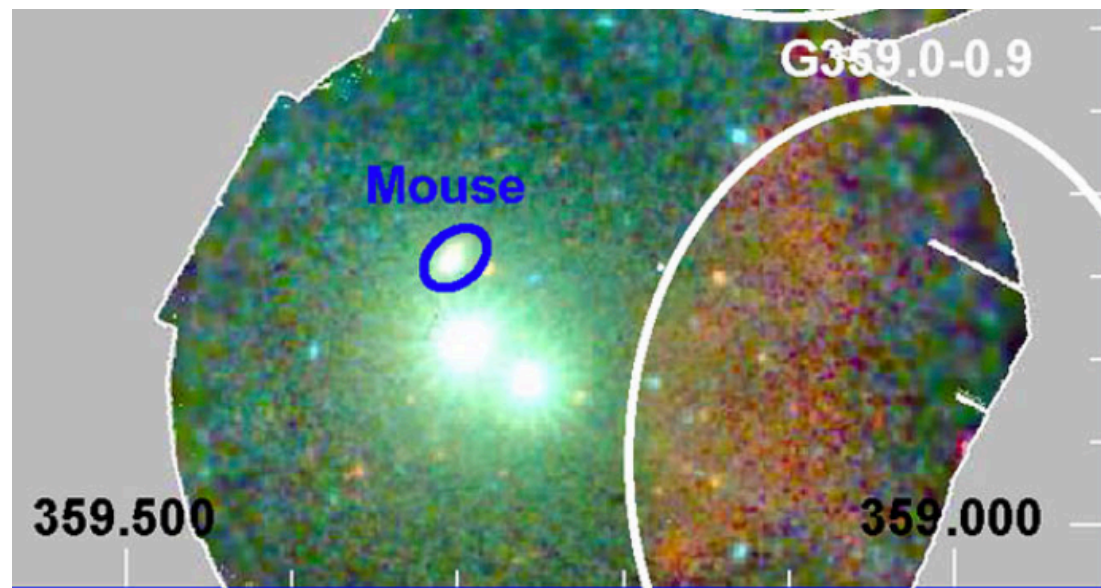


Suzakuデータ
1.0-2.0 keV : 見える

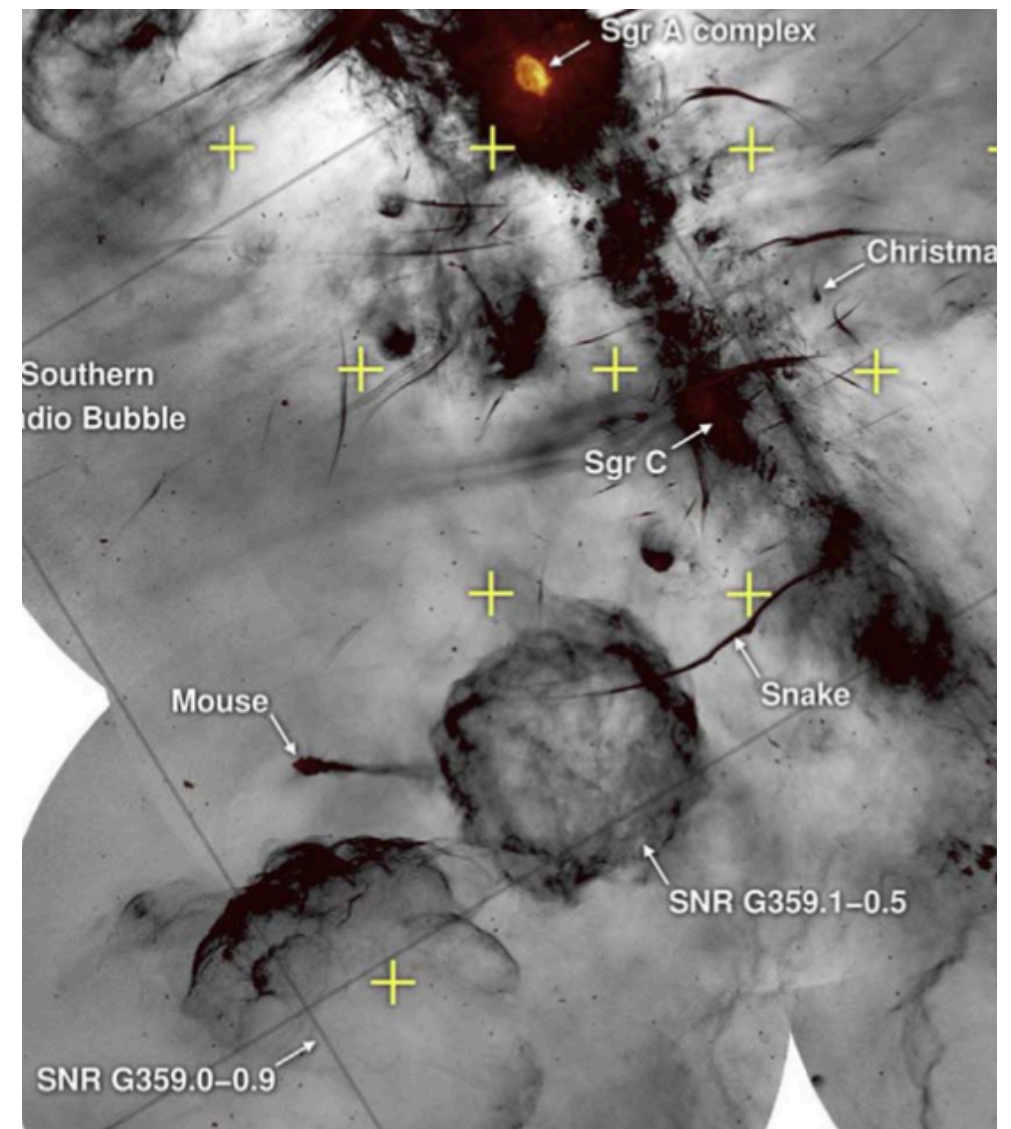
5. スペクトル解析

カニの手の正体

超新星残骸 G359.0-0.9 の一部



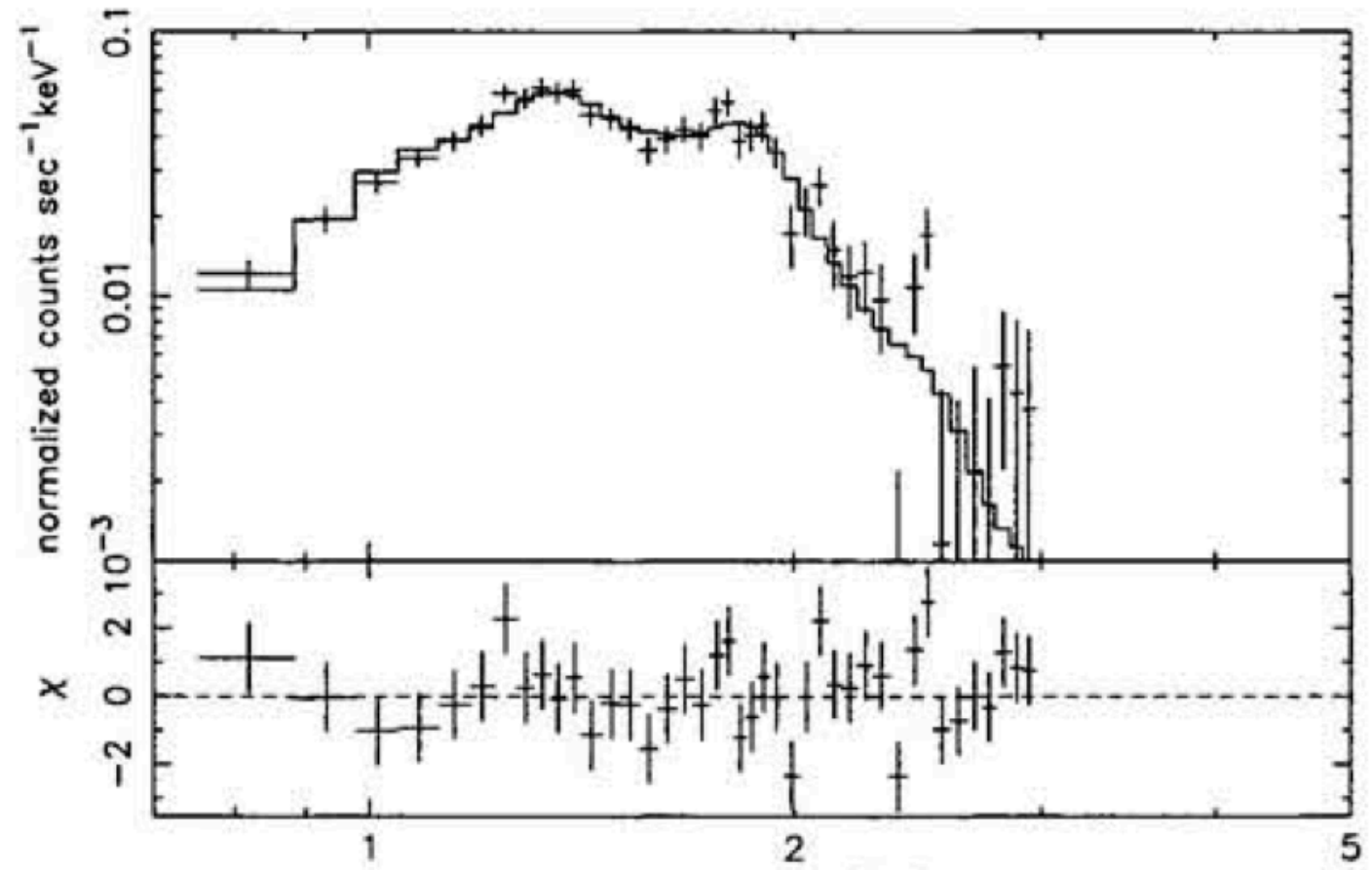
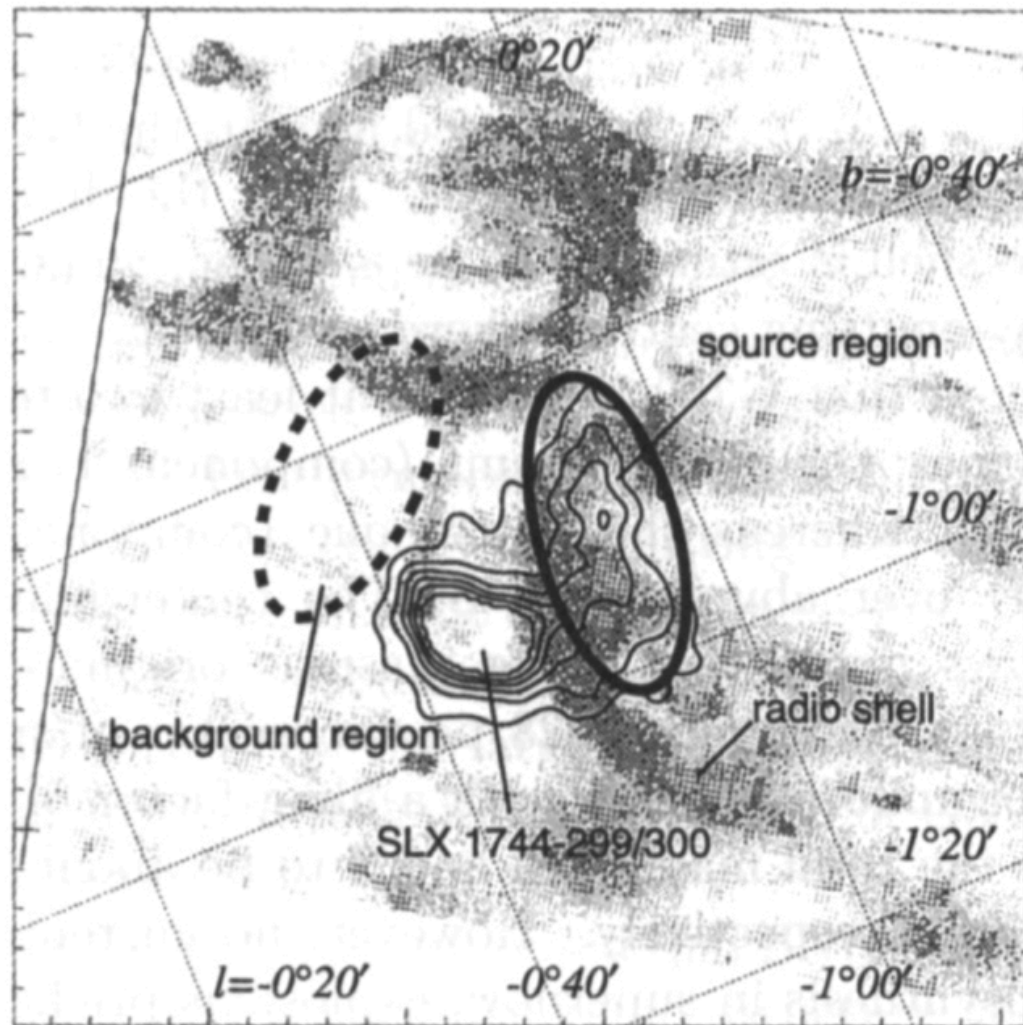
今回作った画像



過去の論文から引いてきた図

カニの手のスペクトル

ASCAのデータ



“Mg at 1.35 keV, Si at 1.86 keV”

1999 “Deep X-Ray Observations of Supernova Remnants G359.1-0.5 and G359.0-0.9 with ASCA”

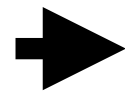
Newtonでのスペクトルを出す

領域指定

赤 0.50~1.00 keV

緑 1.00~2.00 keV

青 2.00~7.00 keV

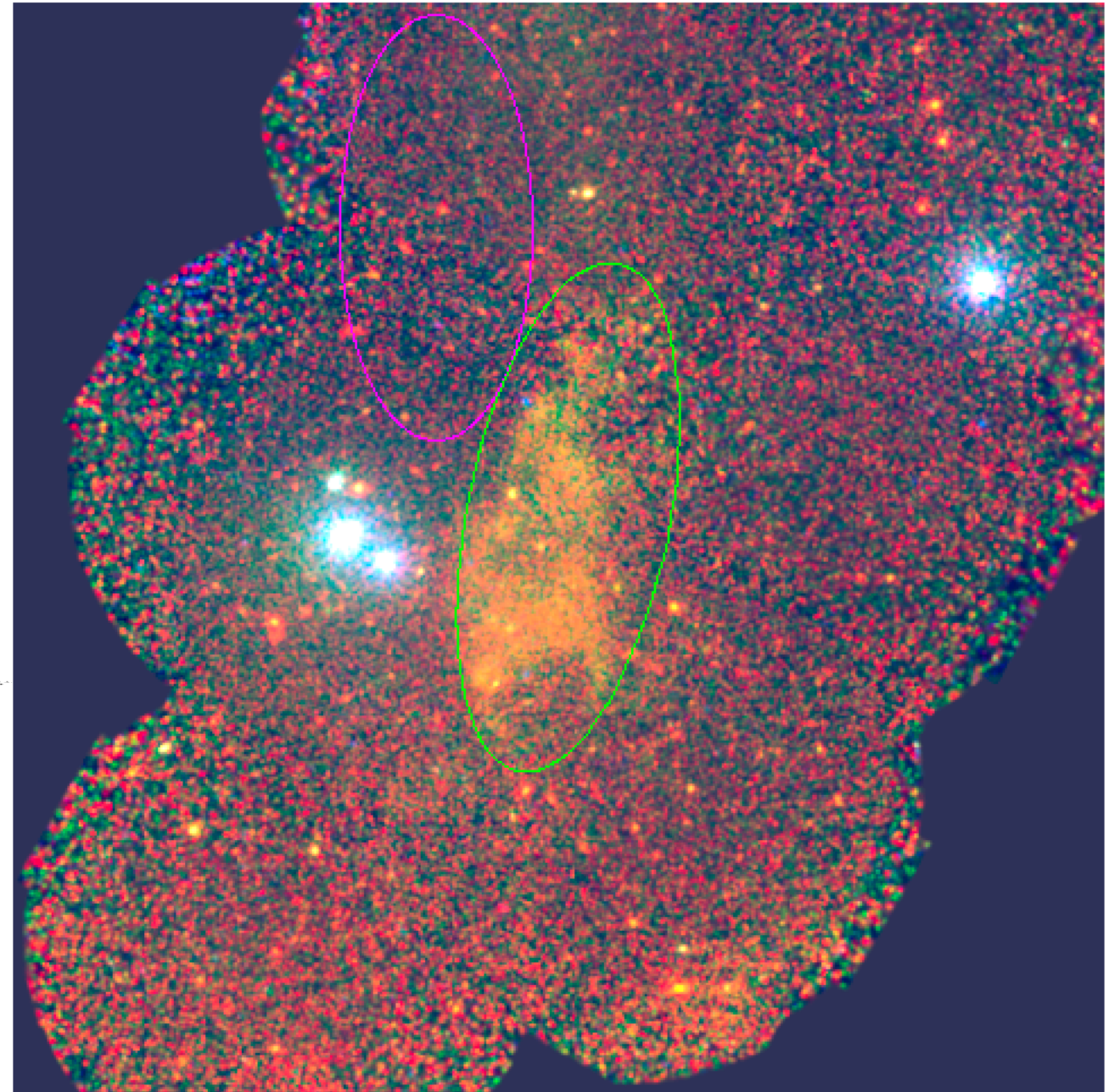


使用したObsID

0152920101

0801680501

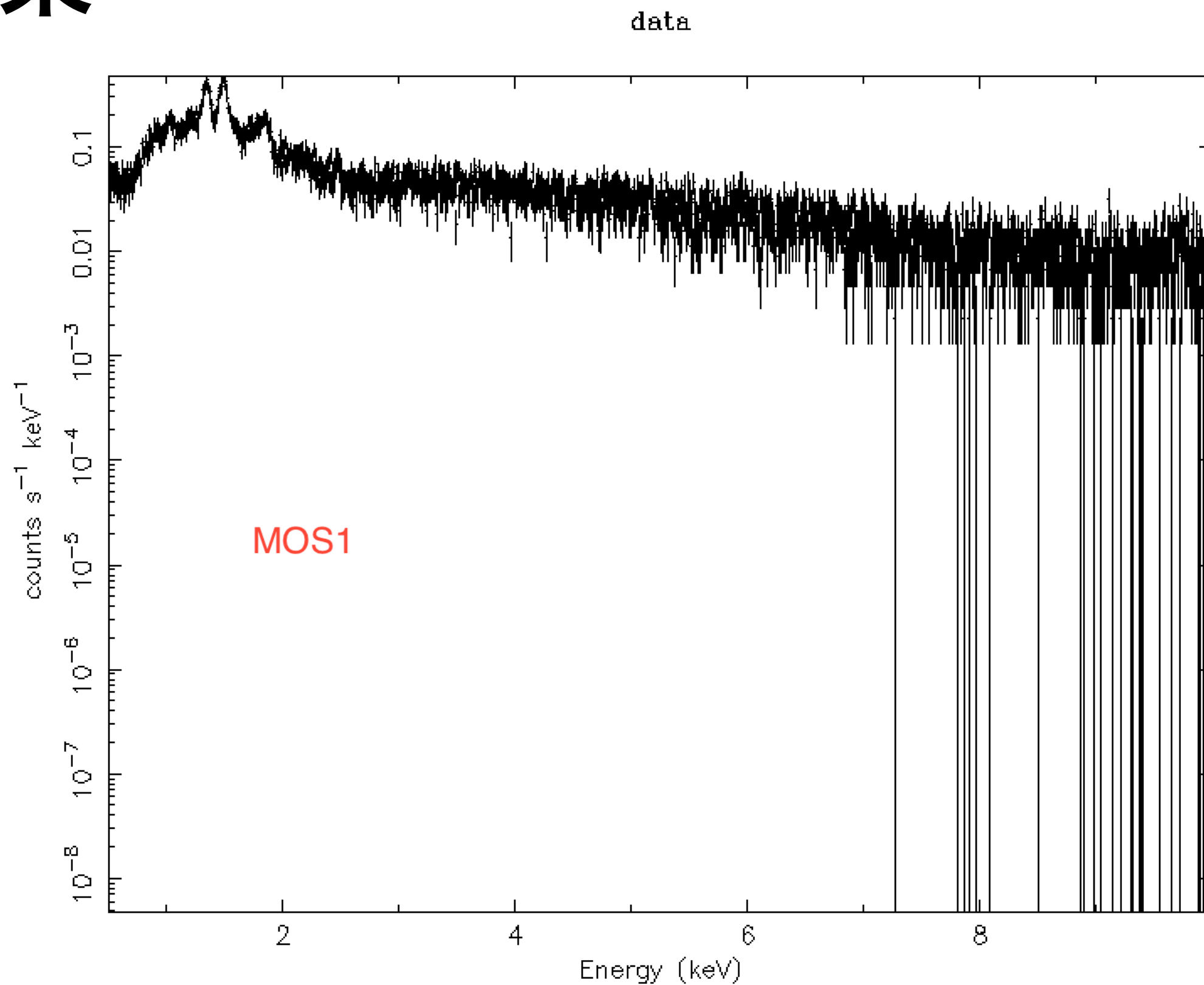
0804250301 (pnなし)



緑：カニの手領域

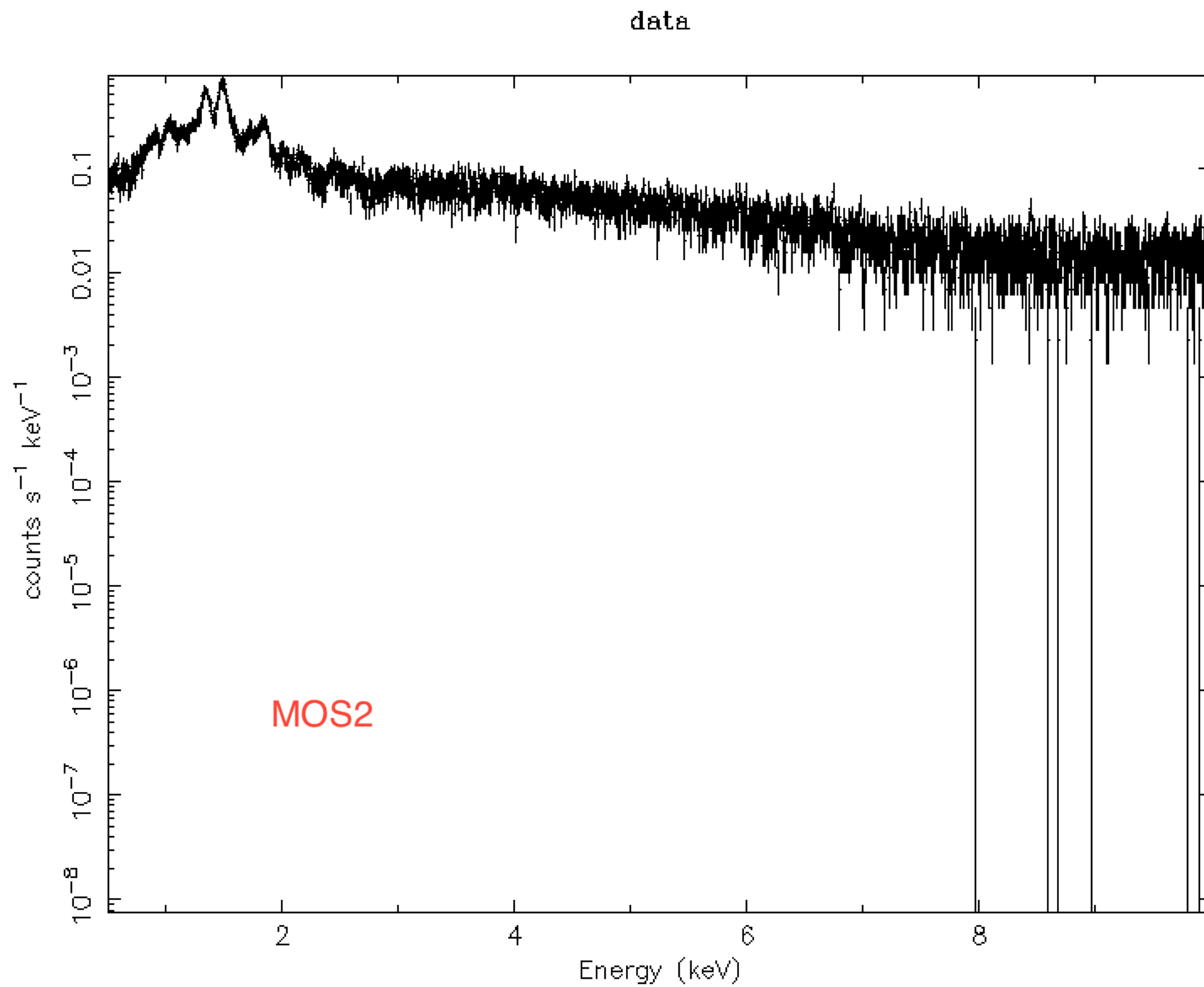
桃：バックグラウンド

結果



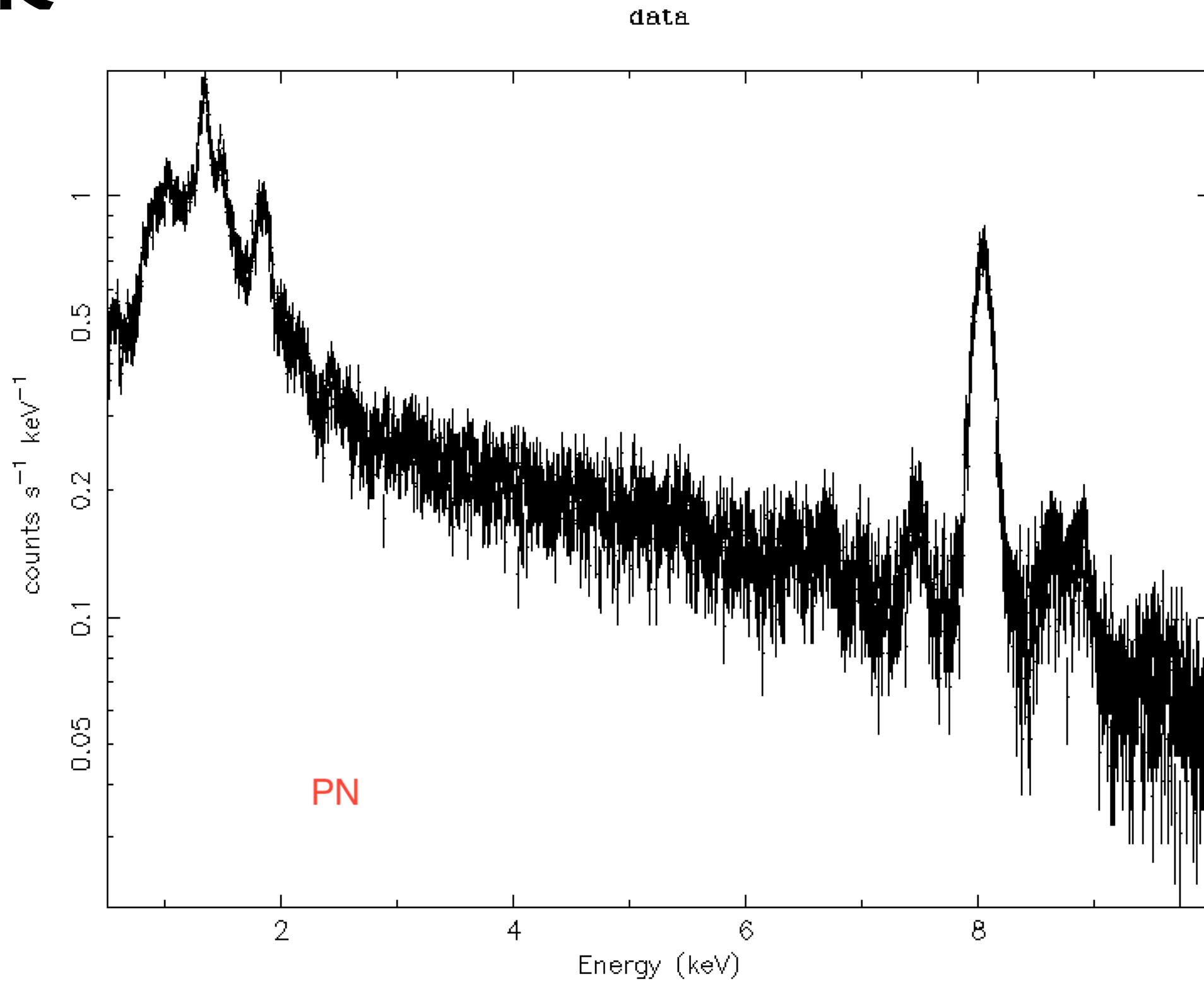
縦軸のみ logscale

結果



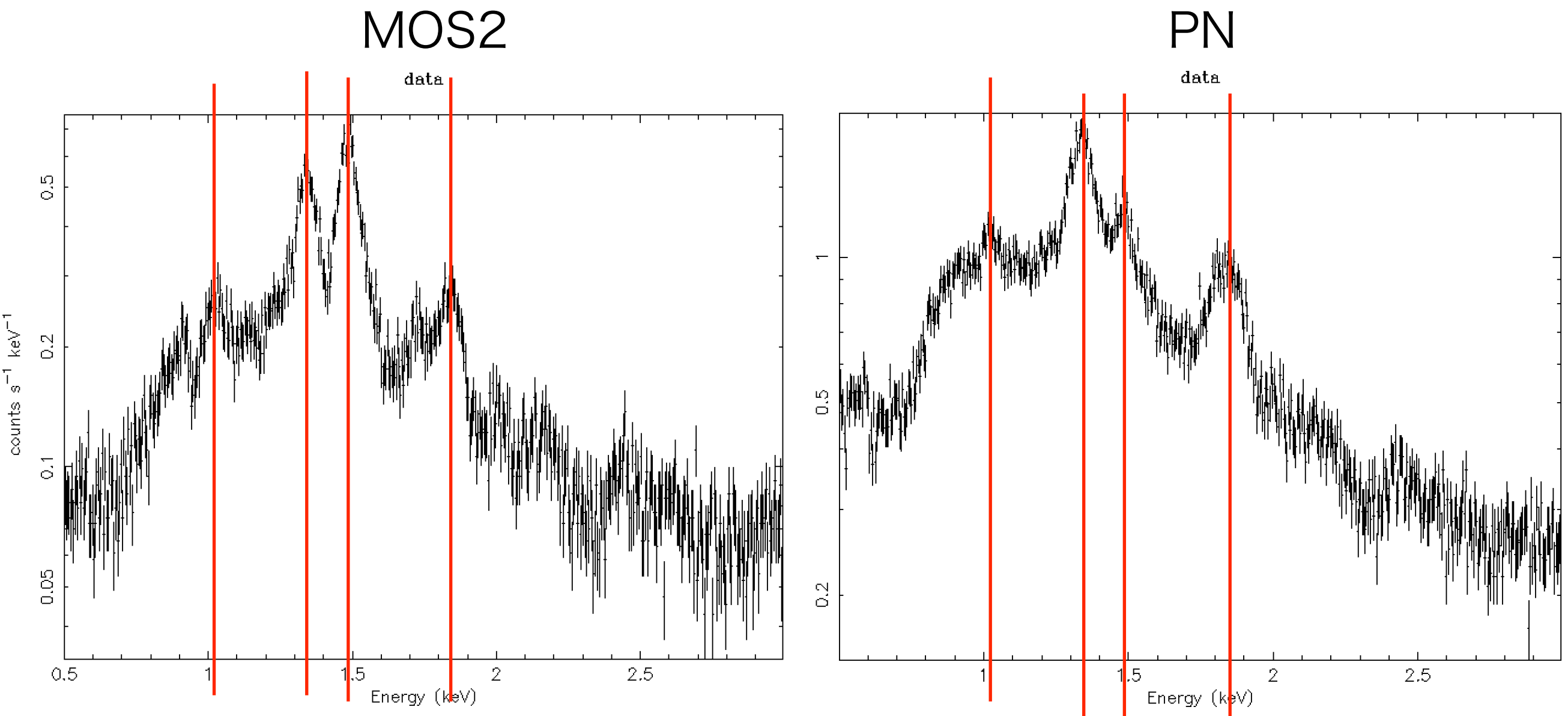
縦軸のみ logscale

結果



縦軸のみ logscale

結果



Mg ~ 1.35 keV, Si ~ 1.86 keV. に加え

Na(?) ~ 1.1 keV, Al(?) ~ 1.5 keV が見えている

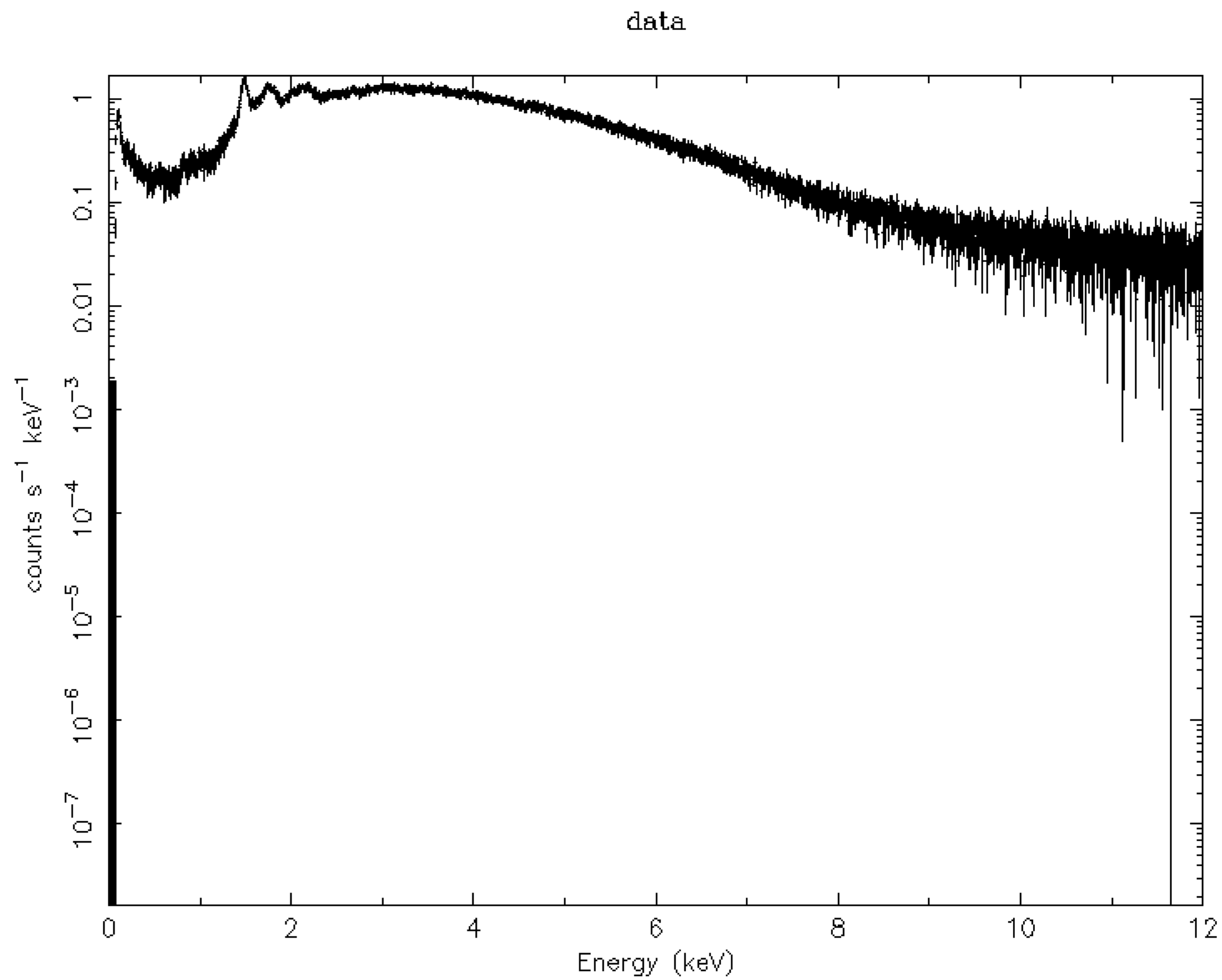
6. まとめ, 今後の課題

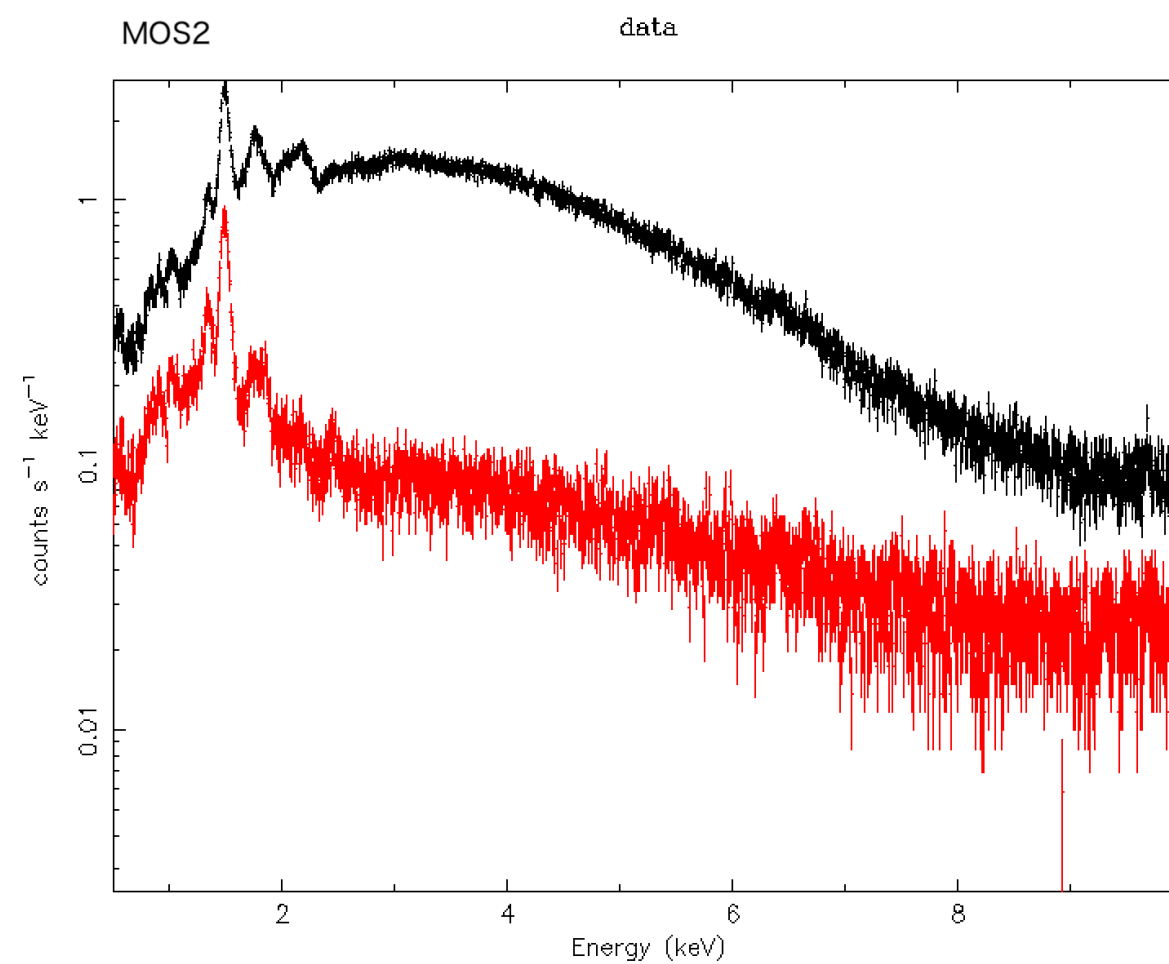
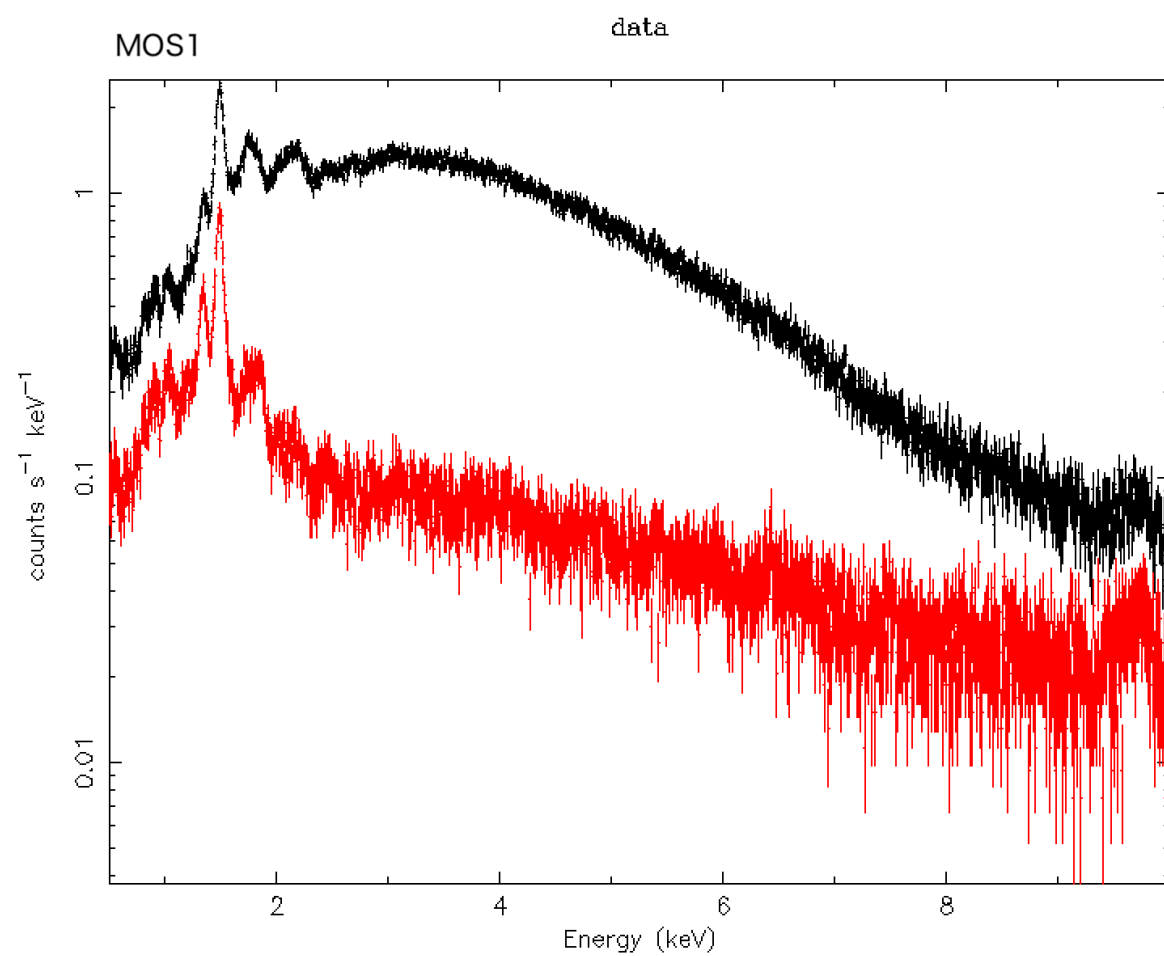
まとめ, 今後の課題

- Newtonのデータを使い、広大な範囲のX線マップを作った。
- 面白い天体構造を発見し、スペクトルを出した。
- QPBの除去、他のエネルギーバンドでの解析などの余地がある。
- スペクトルのフィッティングを行えば、詳しい解析が可能。
- まだまだ面白い構造があるはず。

参考文献

- <https://www.cosmos.esa.int/web/xmm-newton>
- <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/xmm/esas/cookbook/xmm-esas.html>
- <http://www-heaf.astro.hiroshima-u.ac.jp/thesis/miyaoka2015.pdf>
- Deep X-Ray Observations of Supernova Remnants G359.1-0.5 and G359.0-0.9 with ASCA
- The 1.28GHz MeerKAT Galactic Center Mosaic
- The XMM–Newton view of the central degrees of the Milky Way





黒：カニの手

赤：バックグラウンド

Y軸のみ対数

