

すざく衛星の観測データを用いた超光度赤外線銀河 Mrk273 の解析

X-ray study of UltraLuminous InfraRed Galaxy Mrk273 with Suzaku

宇宙情報解析研究室：BP12079 千葉 敬太

指導教員：久保田 あや 准教授

1 背景と目的

超光度赤外線銀河 (UltraLuminous InfraRed Galaxy ; ULIRG) とは、赤外線光度 $L(8-1000 \mu m) \geq 10^{12} L_{\odot}$ と定義される銀河である ($L_{\odot}$ は太陽光度であり、 $3.85 \times 10^{26} [J/s]$ 。通常の銀河は $L(8-1000 \mu m) < 10^{11} L_{\odot}$ と定義される)。この光度は銀河の可視光帯での光度の 10 倍以上に及び、宇宙で最も明るい天体クエーサーの光度に匹敵する [1]。この莫大な量の赤外線放射の熱源は、スターバースト銀河または活動銀河核により数 10K 程度に温められた塵だと考えられる [2]。

本研究では、すざく衛星による ULIRG Mrk273 の X 線データを解析し、ULIRG の構造・状態を分析する。ULIRG は大量のガスに包まれており、観測が困難だが、高いエネルギーを持つ X 線ならばガスの層を超えて観測が可能となる。天体の選定については、赤外線天文衛星 IRAS により観測された天体のリスト (約 600 個) [9] からすざく衛星でも観測されたもの (32 個) を抜き出した。その中から ULIRG を抜き出した (7 個)。このうち 6 天体は文献 [10] で解析されており、X 線で最も明るい Mrk273 を選び研究を行った。

2 すざく衛星

X 線天文衛星「すざく」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日本で 5 番目の衛星である [4]。エネルギー領域 0.5-10keV に感度を持ち、エネルギー分解能が 130eV の軟 X 線 CCD カメラ XIS を 4 台と [5]、10-600keV の領域に感度を持ちエネルギー分解能が 4keV の硬 X 線検出器 HXD を 1 台搭載し [6]、幅広いエネルギー帯の X 線観測を高感度で行える [7]。また、XIS は角分解能が 2 分の X 線望遠鏡 XRT [2] と組み合わせられており、優れた撮像能力を持つ [3]。本研究では XIS と HXD の観測データ解析を行った。

3 観測の概要とデータリダクション

3.1 観測の概要

本研究対象の天体 Mrk273 は、赤経 $206^{\circ}.1319$ 、赤緯 $55^{\circ}.8192$ 、赤方偏移 $z=0.03734$ 。地球から約 5.09 億光年の位置に存在する ULIRG である [9][10]。図 1 は ds9 による Mrk273 の可視光画像である。すざく衛星による観測データ (観測日時 2006.7.7 7:27 から 2006.7.9 8:3) を JAXA のデータアーカイブ DARTS から取得し解析する。取得したデータは ds9 という画像表示ソフトを用いて表示、領域ファイルの作成を行う。

3.2 XIS のデータリダクション

衛星から得られた解析の観測データには観測対象の天体シグナル以外にも、他の天体からの光や観測機器の雑音などが含まれている。正確な解析を行うためには、余分な雑音を除き、目的の天体のデータのみを取り出す必要がある。

この作業をデータリダクションという。

本研究でのデータリダクションは、NASA/Heasarc で提供されている xselect というソフトを用いる。図 2 は Mrk273 の XIS から得られた X 線画像である。図 2 の緑の領域は観測する天体からの情報を得る範囲を指定するもので、ここでは [8] と同様に半径 1 分角の円領域とした。図 3 は領域指定前のスペクトル (赤) と指定した円領域内のスペクトル (黒) の比較である。

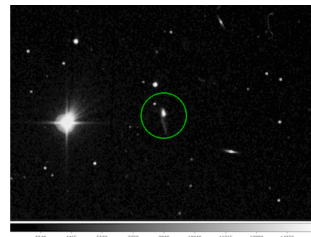


図 1: ds9 による Mrk273 の可視光画像

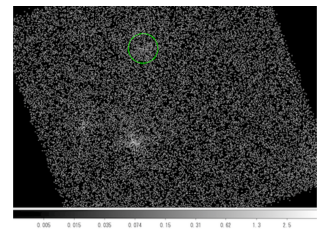


図 2: XIS1 による Mrk273 の X 線画像

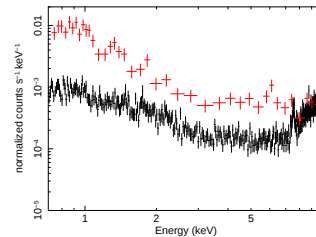


図 3: XIS1 のソース (赤) と BGD (黒)

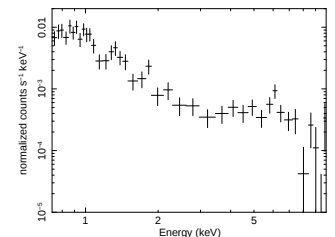


図 4: XIS1 のソースから BGD を引いたもの

3.3 HXD のデータリダクション

HXD のデータリダクションにおける BGD は、HXD チームが観測ごとにデータをモデル化、公開している。本研究ではそのデータを元に、aepipeline というツールを使用し再プロセスを行い、天体のスペクトルは hxdpinxbpi を用いて作成した。

4 スペクトル解析

4.1 バックグラウンドのスペクトル抽出

暗い点源からの X 線イベントを除去するために、空間分解能 0.5 秒角 [11] を誇る Chandra 衛星の X 線画像を用いた。図 4 に、図 1 と同じ領域の Chandra 衛星による X 線画像 (0.08-10keV) を示す。すざく/XIS では分離できていなかった微弱な点源が多数存在することがわかる。図 4 にもとづいて、点源の位置を同定し、データリダクションを行った。

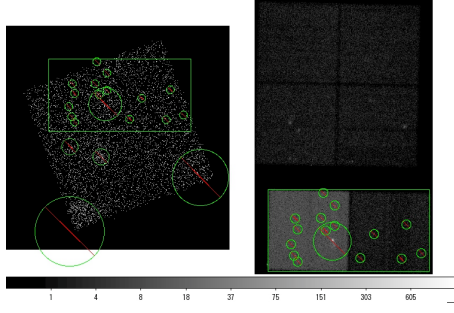


図 5: chanra 衛星の画像（右）を参照し作成した領域

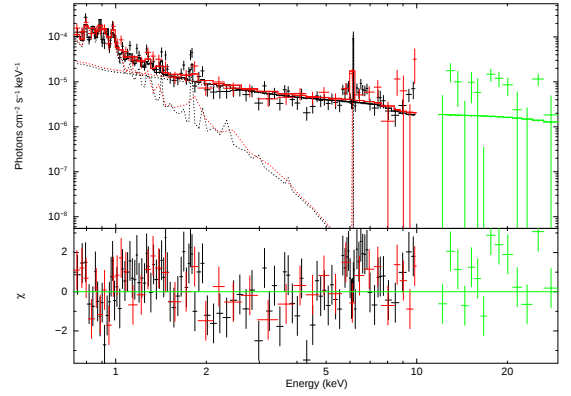


図 7: モデルフィット後反射考慮 (黒:XIS0+2+3 赤:XIS1 緑:HXD)

4.2 使用したスペクトルモデル

wabs[13] は X 線が星間物質によって受ける光電吸収のモデルである。MEKAL[12] は高温ガスによる熱放射モデル、powerlaw は高温プラズマからの逆コンプトン散乱による X 線放射を表すべき関数であり、zgauss は正規分布を表し他のモデルに足すことで輝線を再現することができる。ireflect はイオン化した物質の反射を表すモデルで、rdblur[14] はスペクトルが受ける相対論効果を表す。

4.3 モデルフィッティング

天体の特徴を調べるためにモデルフィッティングを行う。モデルフィッティングとは、観測されたスペクトルとモデルスペクトルを比較することで物理パラメータを求めることである。 χ^2 検定によりデータに適合するモデルのパラメータを決定し、 $\chi^2/\text{自由度}$ (dof)=1 に近いほど最適なモデルと言える。図 5 は $\text{wabs}*(\text{MEKAL}+\text{wabs}*\text{powerlaw})+\text{zgauss}$ 、図 6 は $\text{wabs}*(\text{MEKAL}+\text{wabs}*\text{rdblur}*\text{ireflect}*\text{powerlaw})+\text{zgauss}$ のフィット結果である。表 1 にそれぞれのパラメータをまとめた。

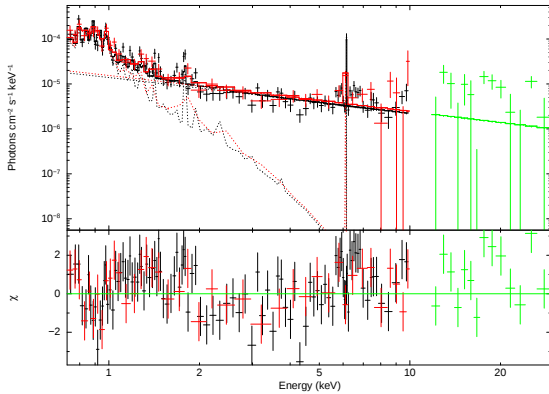


図 6: モデルフィット後 (黒:XIS0+2+3 赤:XIS1 緑:HXD)

Table 1: モデルフィットの結果 wabs は $N_H=1.0 \times 10^{20} / \text{cm}^2$ に固定 [15][16]

モデル	パラメータ	値	反射考慮版
mekal	kT[keV]	0.77 ± 0.04	$0.77 \pm_{-0.13}^{+0.04}$
	水素の数密度 [cm^{-3}]	1.00	1.00
	元素の組成比	1.00	1.00
wabs	normalization	$3.37 \times 10^{-5} \pm_{3.46 \times 10^{-6}}^{+3.42 \times 10^{-6}}$	$3.16 \times 10^{-5} \pm_{3.72 \times 10^{-6}}^{+3.62 \times 10^{-6}}$
	水素柱密度	$0 + 0.04$	$0.00 + 0.04$
rdblur	Betor10		-2.00
	Rin(M)		10.00
	Rout(M)		1000.00
	Incl[deg]		60.00
	rel refl		2.00 -0.38
	abund		1.00
powerlaw	Fe abund		1.00
	cosIncl		0.45
	T disk[K]		3000.00
	xi[J cm/s]		3.0×10^{-4}
	光子指数	0.79 ± 1.6	1.06 ± 0.15
	normalization	$1.40 \times 10^{-5} \pm_{2.82 \times 10^{-6}}^{+3.23 \times 10^{-6}}$	$1.55 \times 10^{-5} \pm_{2.78 \times 10^{-6}}^{+3.05 \times 10^{-6}}$
	zgauss 輝線エネルギー [keV]	6.38 ± 0.02	6.38 ± 0.02
	標準偏差 [keV]	0	0
	normalization	$3.15 \times 10^{-6} \pm_{6.46 \times 10^{-7}}^{+6.37 \times 10^{-7}}$	$3.06 \times 10^{-6} \pm_{6.43 \times 10^{-7}}^{+6.45 \times 10^{-7}}$
	(χ^2/dof)	1.79 (dof=156)	1.67 (dof=148)
flux	XIS[J/cm ² /s]	6.09×10^{-20}	5.49×10^{-20}
	HXD[J/cm ² /s]	9.81×10^{-19}	9.90×10^{-20}
lumin	XIS[J/s]	1.98×10^{35}	1.79×10^{35}
	HXD[J/s]	3.06×10^{35}	3.07×10^{35}

References

- [1] Bradley M.Peterson 2011 『ピーターソン 活動銀河核』和田桂一ほか訳
- [2] 谷口義明ほか. 2007 『銀河 I 銀河と宇宙の階層構造』
- [3] Serlemitsos P. J., et al., 2007, PASJ, 59, 9
- [4] Mitsuda et al. 2007,PASJ,59,1
- [5] Koyama et al. 2007,PASJ,59,23
- [6] Takahashi et al. 2007,PASJ,59,35
- [7] すざくヘルプ編 『『すざく』ファーストステップガイド』
- [8] Serlemitsos P. J., et al., 2007, PASJ, 59, 9
- [9] Sandars et al. 2003,AJ,126,1607
- [10] Teng et al. 2009,Apj,691,261
- [11] CHANDRA X-RAY OBSERVATORY 「About Chandra」
- [12] Mewe, R., Gronenschild, E.H.B.M., van den Oord, G.H.J1985,A&AS,62,197
- [13] Morrison and McCammon; ApJ 270, 119
- [14] Fabian et al., MNRAS 238, 729
- [15] Leiden/Argentine/Bonn (LAB) Survey of Galactic HI
- [16] Dickey, Lockman (DL) HI in the Galaxy

5 まとめと考察

反射を考慮したモデルフィットにより、観測された光の成分の多くが降着円盤に反射したものであることがわかった。また、MEKALにより、mrk273の温度は約890万Kであることがわかった。さらに、X線光度は典型的な活動銀河核と同程度なので、mrk273の光源は活動銀河核であり、その周りを濃いガスが覆っていると考察できる。