

すざく衛星で観測した遠方銀河団 RXJ1347.5-1145 の研究

X-ray study of distant clusters RXJ1347.5-1145 with Suzaku

宇宙情報解析研究室 P09030 勝村 康平

指導教員：久保田 あや 准教授

1 背景と目的

1.1 銀河団と暗黒物質

銀河は星が数千個集まった天体で、銀河団はその銀河が数十個から数千個集まった宇宙で最も巨大な天体である。可視光では銀河しか観測することができないが、X線では観測すると直径約1千万光年にもわたり数千万度に達する高温ガスの存在がわかる。

銀河団全体からX線が放出されていて、X線を放出しているのは数千万度もの高温ガスである。X線で観測された高温ガスを銀河団の中に閉じ込めておくには、X線や可視光で観測される物質よりもさらに10倍もの質量が必要であると考えられており、直接観測することができない暗黒物質の存在の証拠とされる。暗黒物質は光も電波も発することがないため、現在私たちの観測手法では直接検出することができないが、X線観測によって暗黒物質の存在は確実と考えられるようになった [1]。

2 すざく衛星による RXJ1347.5-1145 の観測

すざくは、日本で5番目のX線天文衛星 [2] として、2005年7月に打ち上げられた。X線 CCD カメラ (XIS[3]:0.2-12keV)4 台と硬 X 線検出器 (HXD[4]:10-600keV)1 台を搭載しており広いエネルギー領域にわたり、より高いエネルギー分解能かつ高感度での観測ができる。今回は XIS の検出器を使用し、解析を行った。すざくによって 2006 年 6 月 30 日から 19 時間にわたって観測された RXJ1347.5-1145 のスペクトル解析を行った。この天体はすざくで観測された銀河団のうち、赤方偏移が $z=0.451$ (距離 41 億光年) と、もっとも遠方に位置する銀河団であり、宇宙のより初期の状態にある銀河団と言える。

3 データリダクション

図 1 は、すざく衛星の XIS によって得られた RXJ1347.5-1145 の画像である。この図のソース領域から抽出した X 線スペクトルを図 2 に示す。このスペクトルには天体自体からの X 線の他に宇宙全体に広がった X 線背景放射と検出器自体の雑音によるバックグラウンド (BGD) が含まれており、スペクトル解析ではこれらを差し引かなくてはならない。ソース領域

から BGD を差し引いたスペクトルが図 3 である。図 4 は天体のライトカーブであり、検出器の異常やその他観測に影響を与える事象が発生していないか確認することができる。また、スペクトルを抽出する前に arf ファイルと rmf ファイルを作成した。rmf ファイルを作成することによって、XIS の channel 波高値とエネルギーの対応付けを行い、arf ファイルを作成することによって有効面積を表し、観測したい点源の位置や取り出す領域のサイズによる対応を補正することで本来のスペクトルを得ることができる [5]。図 5 は作成した arf を表している。

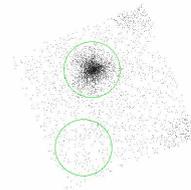


図 1: xis0 のイメージ

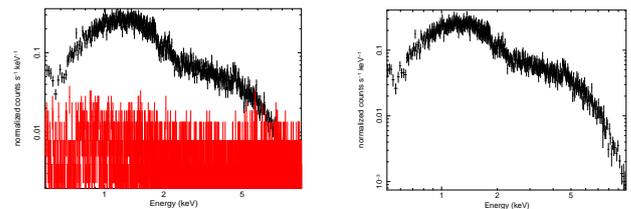


図 2: スペクトル (黒:ソース 赤:BGD)

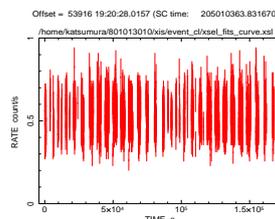


図 4: ライトカーブ

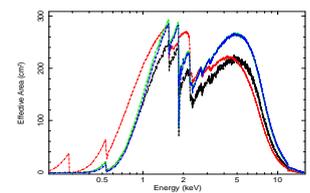


図 5: 有効面積を表すグラフ
黒:XIS0 赤:XIS1 緑:XIS2 青:XIS3

4 スペクトル解析

作成したスペクトルを xspec という X 線スペクトル解析ソフトを用いてどのような放射モデルで再現できるか解析を行った。モデルの妥当性は χ^2 検定で評価する。今回は熱制動放射モデルと鉄の特性 X 線を表す

鉄輝線モデルを合わせたモデルに星間吸収をかけたモデル、熱的放射モデルに星間吸収をかけたモデルを使用して評価を行った。星間吸収 (wabs) モデルは天体から放出される X 線が天体と地球の間に存在する水素原子などによって吸収されるモデルである。

4.1 熱制動放射 (bremss)+鉄輝線 (gaussian) モデルでの解析

高温の電離ガス内で自由電子の軌道がイオンによって変えられた際に発生する X 線放射を表すモデルである。パラメータはプラズマの温度 (kT)、normalization である。このモデルでフィットした結果、図 6 のようなスペクトルと表 1 のパラメータを得ることができた。

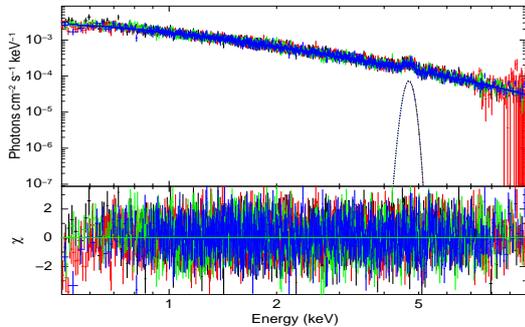


図 6: xis0,1,2,3 の brems+gauss モデルでの同時フィット: 黒:XIS0、赤:XIS1、緑:XIS2、青:XIS3

表 1: 同時フィット時の brems+gauss のパラメータ

モデル	パラメータ	単位	値
wabs	nH	$10^{22}/\text{cm}^2$	0.0485(固定)[6]
bremss	kT	keV	9.2 ± 0.2
	norm	cm^{-5}	0.00258 ± 0.00002
gaussian	LineE	keV	4.70 ± 0.02
	Sigma	keV	0.12 ± 0.02
	norm	$\text{photons}/\text{cm}^2/\text{s}$	0.0000023 ± 0.000003
	χ^2/dof		1.03(dof=3000)
	Lx	J/s	8.2×10^{38}

4.2 熱的放射 (apec) モデルでの解析

光学的に薄い高温プラズマからの放射モデルである。パラメータはプラズマの温度 (kT)、重元素アバundance比 (A_{Fe})、normalization である。このモデルでフィットした結果、図 7 のようなスペクトルと表 2 のパラメータを得ることができた。

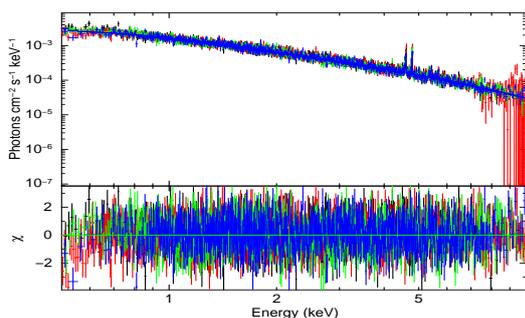


図 7: xis0,1,2,3 の apec モデルでの同時フィット: 黒:XIS0、赤:XIS1、緑:XIS2、青:XIS3

表 2: 同時フィット時の apec のパラメータ

モデル	パラメータ	単位	値
wabs	nH	$10^{22}/\text{cm}^2$	0.0485(固定)[6]
apec	kT	keV	12.5 ± 0.3
	abundanc		0.33 ± 0.03
	redshift		0.451(固定)
	norm	cm^{-5}	$0.0138^{+0.0002}_{-0.0001}$
	χ^2/dof		1.01(dof=3002)
	Lx(0.5-10.0 keV)	J/s	8.0×10^{38}
	Lx(0.01-100 keV)	J/s	12.6×10^{38}

5 まとめ

解析を行った結果、熱制動放射 (bremss) モデルと鉄輝線 (gaussian) モデルを合わせたでフィットを行った結果 χ^2 の値が 1.03、熱的放射 (apec) モデルでフィットを行った結果、 χ^2 の値が 1.01 となったことから、RXJ1347.5-145 は熱的放射 (apec) モデルに近づいたことがわかった。

また、スペクトル解析から得られた温度と全帯域の光度を使って温度と光度の関係を過去の論文 [7] と比較したところ、図 8 のようになった。今回解析を行って得られた結果を赤点で表した。この図から RXJ1347.5-1145 は銀河団の中で最も光度が明るく温度が高い天体だということをすざくデータ確認することができた。

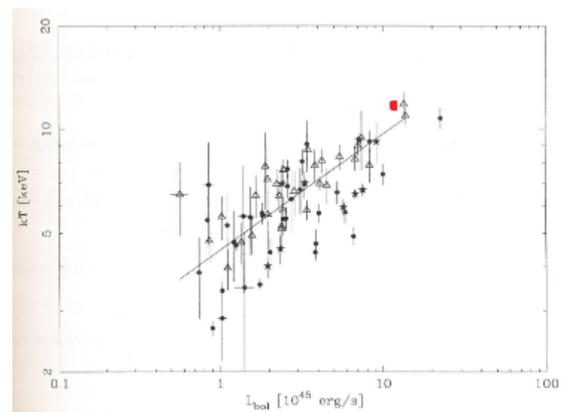


図 8: 他の銀河団との比較結果

参考文献

- [1] 小山勝二 X 線で探る宇宙 培風館
- [2] Mitsuda, K. et al. 2007, PASJ, 59, 1
- [3] Koyama, K. et al. 2007, PASJ, 59, 23
- [4] Takahashi, T. et al. 2007, PASJ, 59, 35
- [5] すざくヘルプ編「『すざく』ファーストステップガイド」
http://cosmic.riken.jp/suzaku/help/guide/fstep_web/fstep.html
- [6] Dickey, J. M., & Lockman, F. J. 1990, ARA&A, 28, 215
- [7] 太田 博士論文 (2001) 東京大学