

超新星残骸 1E0102.2-7219 の観測による「すざく」搭載XISの性能評価

武井 大、辻本 匡弘、関口 晶子、北本 俊二 (立教大学)、中嶋 大、山口 弘悦 (京都大学)、Eric Miller (MIT)、他XISチーム

Abstract

超新星残骸1E0102.2-7219(以下E0102)は軟X線帯域にて輝線が豊富で時間変動の無い天体である。この天体を定期的に観測してX線天文衛星Suzakuに搭載されたXIS検出器のキャリブレーションを行っている。以下はキャリブレーションの結果と、蓄積された沢山のXISデータより導かれるE0102周辺のX線放射について報告する。

1. Introduction & Observations

E0102(Fig.1, 2, 3)は小マゼラン雲(SMC)で2番目に明るいX線源であり、Einstein衛星による同銀河の探索により発見された超新星残骸である^[1]。年齢は約 10^3 年^[2]と若く、形状は半径 $14''$ 程度^[3]のリング状で、X線放射起源はX線天文衛星ASCAより非平衡イオン化プラズマ(NEI)と予想された^[4]。

Dec.が -72 度なのでいつでも観測が可能であり、スペクトルは輝線が豊富で時間変動が無いので良いキャリブレーション天体とされ、Suzakuでもこれまでに11回(359.3+* ks)の観測を行った(Table1)。

Table1. SuzakuによるE0102の観測

Obs.ID	Date	Exp. [ks]
1 *	2005/08/11	70.4
2	2005/08/13	4.0
3	2005/08/31	24.5
4	2005/12/16	111.4
5	2005/01/17	43.5
6	2005/02/02	21.6
7	2006/04/16	22.1
8	2006/05/21	19.4
9	2006/06/26	21.8
10	2006/07/17	20.6
11 *	2006/08/25	*

* データ使用不能 * データプロセス中

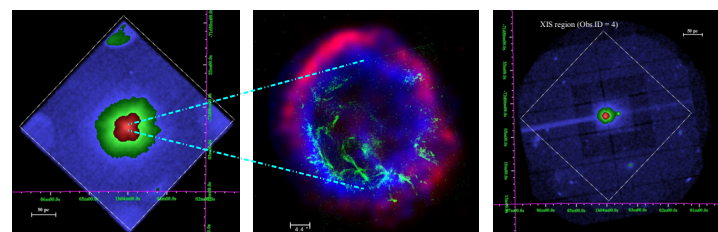


Fig.1 Suzaku XIS Image

Fig.2 Chandra他3色合成図^[1]

Fig.3 XMM-Newton Image

2. Calibration

ゲインのズレとエネルギー分解能の時間変化、さらに可視光遮断フィルターに吸着した物質によるX線吸収量という3項目について、E0102のスペクトル(Fig.4)を用いて解析した結果を示す。

XIS低エネルギー帯域のゲインを酸素とネオンの輝線4本に対してスペクトルと理論値を比較する事で較正した。結果はRev 0.6の状態ですべて的に6eV程度のズレが見られた(Fig.5)。エネルギー分解能もE0102とXISの較正線源を使用して較正した。結果は既にまとめられてXISの最新レスポンス関数に反映されているが、現在も多少の残差が見られる。これらの結果として較正前と後のE0102スペクトルをFig.6とFig.7に示す。

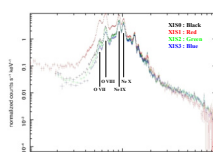


Fig.4 E0102 spectrum (Obs.ID = 4)

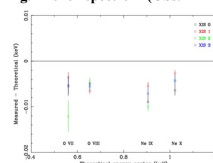


Fig.5 Calibration result (Obs.ID = 3)

3. Analysis

XISでE0102を観測したデータから4つのX線源 (E0102, A, B, C) を確認した。まず3keV以上の帯域でイメージを作成する事でX線望遠鏡のPSFによって広がるE0102に埋もれた別のSource Aが存在する事を明らかにした(Fig.9)。さらに、全観測分を重ね合わせて出来た深いイメージからE0102をマスクしてSource B,Cを発見した(Fig.10)。その後Source C(Fig.11)は全観測で1度だけCCDの隅に存在している事がわかった。以下にはSource A~Cそれぞれの解析結果(Fig.9~17)と全Sourceの情報(Table3)を載せる。Source Aのスペクトルの低エネルギー帯域はE0102の影響が大きいため考慮せず、Fig.12は3keV以上のデータをpowerlawでfitした図を載せる。また、Table3に記載した候補天体を決定するにあたり、SIMBADによるE0102の座標とXISによるE0102のピーク座標を比較してズレを定めた。Source A~Cに対してズレを補正したピーク座標を決定し、SIMBADより最も近いX線源を候補とした。

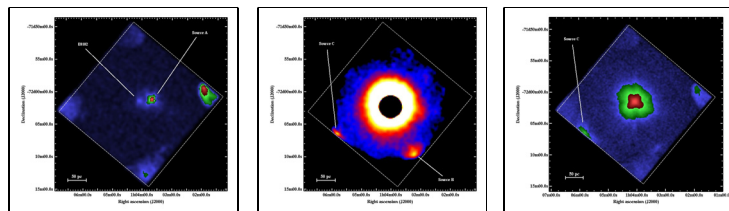


Fig.9 Source A image

Fig.10 Source B,C image

Fig.11 Source C image

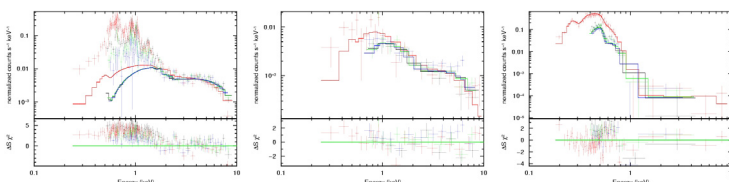


Fig.12 E0102 & Source A spectrum

Fig.13 Source B spectrum

Fig.14 Source C spectrum

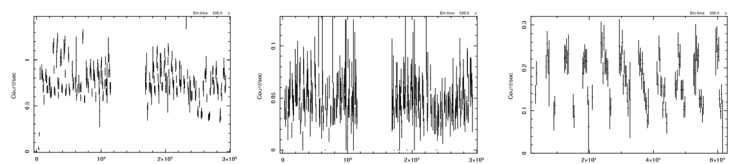


Fig.15 Source A lightcurve

Fig.16 Source B lightcurve

Fig.17 Source C lightcurve

Table3. Information of 4 sources

Source	RA (J2000)	Dec (J2000)	Candidate counterpart	Type	Period	Model (without absorption)	Remarks
E0102	01 04 06.3	-72 01 32.1	1E0102.2-7219	SNR ^[1]		vgnei + vgnei ^[5]	main target
A	01 03 39.9	-72 01 16.3	RXJ0103.6-7201	HMXBs ^[6]	1323 s ^[7]	? + power (f=-0.7)	associated with E0102
B	01 03 16.6	-72 08 43.8	2E0101.5-7225	HMXBs ^[8]	345 s ^[8]	bbody (-0.2 keV) + power (f=-4)	
C	01 05 50.2	-72 06 29.9	RXJ0105.7-7207?	SSS?		bbody (-0.06 keV) + power (f=-1)	transient source

Source Aの候補天体はSMC内で最も長い周期(1323s)のパーサーである^[7]。Fig.4やFig.12より、残念ながらXISではE0102とSource Aのスペクトルを分離することは難しいが、Fig.4のHard成分がこのパーサーの影響である事がわかる。さらにSource BもSMC内に存在するパーサーであり、強度は345sの周期性を持つ^[8]。

また、Source Cのスペクトル(Fig.14)は非常に興味深い形でありその低いピークより Super Soft Source と考えられる。

< takei@stu.rikyuo.ne.jp >

References

- [1] Seward & Mitchell 1981, ApJ, 243, 736
- [2] Tuohy & Dopita 1983, IAUS, 101, 165T
- [3] Amy et al. 1993, ApJ, 411, 761
- [4] Hayashi et al. 1994, PASJ, 46, L121
- [5] Sasaki et al. 2001, A&A, 382, 522
- [6] Haberl & Pietsch 2004, A&A, 414, 667
- [7] Haberl & Pietsch 2005, A&A, 438, 211
- [8] Israel et al. 2000, ApJ, 531, L131

[9] http://chandra.harvard.edu/photo/2000/0015mult/E0102Comp_scale.jpg

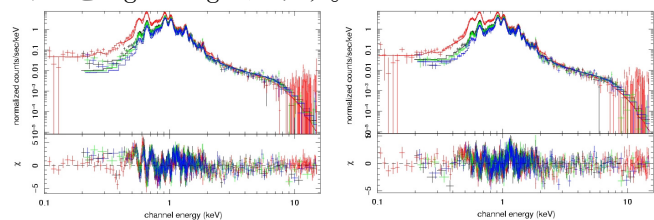


Fig.6 E0102 spectrum (Obs.ID = 7, rev06)

Fig.7 E0102 spectrum (Obs.ID = 7, rev07)

XISの可視光遮断フィルターには炭素と酸素の化合物が付着しており、Eric Miller氏がE0102とRXJ1856.5-3754のスペクトルを使用して打ち上げから現在に至るまでの付着物のX線吸収量を調べた。Fig.8にはそれらの結果と付着物の時間変化に対応する近似曲線を示し、近似曲線関数をTable2に示す。

Table2. XIS Contamination function

Function				
$N_c = A[1 - \exp(-\text{day}/B)]$				
Parameter				
	A	Error	B	Error
XIS0	3.45	0.72	208	70
XIS1	7.04	0.54	329	30
XIS2	4.14	0.22	107	12
XIS3	5.92	0.22	93.8	11

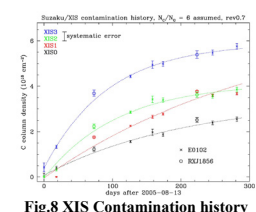


Fig.8 XIS Contamination history