

## すざく衛星を用いた超新星残骸 G337.2-0.7 の観測

高田 明寛 (京都大学大学院 理学研究科)

### Abstract

G337.2-0.7 は天の川銀河内に存在するシェル型超新星残骸である。過去にあすか衛星と Chandra 衛星、XMM-Newton 衛星で観測され、元素量から爆発噴出物 (エジェクタ) が豊富な超新星残骸 (SNR) であることが発見された。また Ca の元素量が太陽組成の 12 倍であることや Fe 輝線の欠乏が報告されており、Ia 型超新星起源の SNR であることが示唆されている。今回我々はすざく衛星を用いて G337.2-0.7 の長時間観測を行った。その結果、この SNR に対して初めて Fe-K 輝線を確認した。今後は新たに得た Fe-K を中心に、SNR プラズマの詳細解析を行う予定である。

## 1 Introduction

### 1.1 これまでの結果の概要

G337.2-0.7 は直径  $\sim 6'$  のシェル型超新星残骸である。この天体は初め、その非熱的な電波放射から SNR の候補として見つけられた (Green 1974)。その後 Molonglo Observatory Synthesis Telescope (MOST) による電波観測で SNR であることが確かめられた (Whiteoak & Green 1996)。1997 年、ASCA 衛星による X 線観測が行われ、元素量からエジェクタが支配的な SNR であることが示された (Rakowski et al. 2001)。さらに ATCA の電波観測、Chandra、XMM-Newton による X 線観測からこの天体は Ia 型超新星が起源の若い SNR であることが報告された (Rakowski et al. 2006)

### 1.2 X 線と電波イメージ

ATCA の 1.45GHz での観測からはどちらもほとんど同じイメージが得られた (図 2)。どちらも直径  $4.5' \times 5.5'$  の SNR からのかすかな拡散放射が見つかった。もっとも際立った特徴は SNR 南の  $2.3' \times 3.2'$  に広がった楕円状のリングであり、このリング上で電子密度または磁場の増大があるはずである。またリングは不完全であり北側は欠けている。XMM-Newton と Chandra の X 線によるイメージからは電波と同じ領域でわずかな拡散放射が観測された。X 線では電

波と対応するリングは見られないが、その付近で X 線放射の明るい塊が確認された。電波のリングの外側を見ると、電波では弱いリングの北東で X 線の広いバンドの放射が見られ帯状に広がっている。さらにこの帯の X 線で最も明るい部分を電波の放射が線上にトレースしている。その他の場所では、SNR の最西とリングの南の狭い領域の例外はあるが、X 線放射のいくらかの量は電波放射に伴っている。リングそのものに関しては、電波放射がちょうど落ち始める北東で、X 線で短い円弧が存在する。リングの南にも X 線の円弧が存在し、電波のリングはより南に伸びている。一方、リングの北西では X 線に対応する放射はない。

### 1.3 X 線スペクトルにおける重元素過剰

G337.2-0.7 の X 線による観測はまず、広いエネルギー範囲に感度を持つ ASCA 衛星によって行われた。電離非平衡 (NEI) モデルを適用することにより Si, S, Ar, Ca の元素量は太陽組成の 3-5 倍と求められた。星間物質の組成は太陽組成に近いと、元素量の結果からこの SNR がエジェクタを豊富に含むことが明らかになった。その後、角度分解能に優れた XMM-Newton 衛星、Chandra 衛星によってさらに深い観測がされた。SNR 全体のスペクトルは図 2 のように得られ、NEI モデルでフィットすることにより Si, S の元素量が太陽組成のそれぞれ 3.50, 5.04 倍とより正確

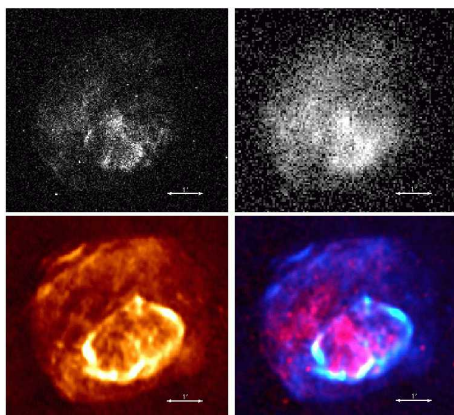


図 1: G337.2-0.7 の X 線と電波イメージ。Chandra、XMM-Newton による 1-5keV の X 線イメージ (左上、右上) と ATCA による 1.4GHz 電波イメージ (左下)。右下は Chandra(赤) と ATCA(青) イメージの重ね合わせ。(Rakowski et al. 2006)

に求められた。新しい結果としては強い Ca の K 殻輝線と、鉄の K 殻輝線の欠如である。Ca の元素量は太陽組成の 12 倍であり、これは Ca に富んだエジェクタが存在することを示唆している。また鉄を除く全ての元素量のパターンは、Ia 型の delayed-detonation model で説明でき、鉄の欠乏は reverse shock が鉄属エジェクタのバルクに達して間もないとすれば説明できる。これより SN エジェクタの外層には殆ど鉄が存在しないことが示唆されている。

#### 1.4 距離の制限

$H_I$  吸収から SNR G337.2-0.7 への距離を見積もるため、ATCA の観測データが用いられた。スペクトルは -22km/s と -116km/s に特徴的な吸収線を見せた。銀河中心への距離を 8.5kpc、各  $H_I$  吸収線の不定性は  $\pm 7$ km/s と仮定し、Fich ら (1989) の銀河回転曲線を用いると G337.2-0.7 の距離に対して  $2.0 \pm 0.5 - 9.3 \pm 0.3$ kpc の制限がつけられた。

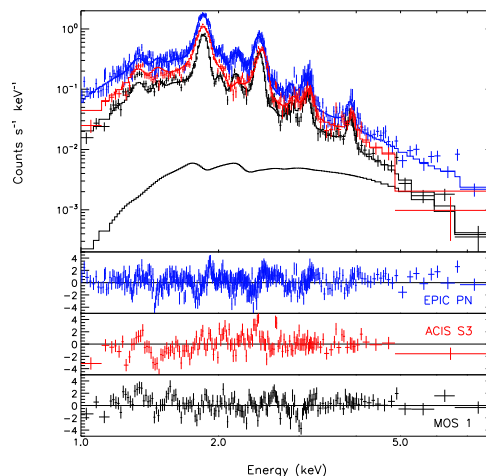


図 2: Chandra(ACIS-S3)、XMM-Newton(EPIC PN, MOS1) の SNR 全体に対するスペクトルと NEI モデル。(Rakowski et al. 2006)

## 2 すざく衛星による観測

### 2.1 観測目的

Rakowski et al. (2006) は Chandra、XMM-Newton の観測から、熱的成分に加えて  $\Gamma = 2.2$  で表される power-law 成分 (図 2 の黒色モデル) が存在することを報告している。シンクロトロン放射の可能性もあるが、より高温の熱的成分である可能性は否定できない。熱的成分の場合は、Fe-K 輝線を伴うだろう。そこで、我々はこの power-law 成分の正体を解明するため、すざく衛星による観測を行った。Fe-K 輝線の検出のために、観測は 2012 年 9 月 2-11 日に渡って非常に長い有効観測時間 300 ks をかけて行った。

### 2.2 観測結果

#### 2.2.1 G337.2-0.7 からのハード成分の検出と東領域のソフト成分の発見

図 3 はすざくで得た X 線イメージであり、0.5-1、1-6、6-10 keV の 3 つのエネルギーバンド毎に示している。1-6 keV と同様に、6-10 keV の高いエネルギーバンドでも有意に放射が存在していることがわかる。

これは過去の Chandra, XMM-Newton での power-law 成分の検出 (Rakowski et al. 2006) と矛盾しない。さらに、0.5-1 keV バンドではこの天体の他に、点状天体 HD149901 と広がった放射が存在していることがわかる。後者はこれまで報告されていない新天体である。1 keV 以上で放射が見えていないことから、低温の熱的成分である可能性が高い。

また、6-10keV で SNR の西に見えている構造は視野外の明るいブラックホール連星系 4U1630-47 からの迷光であると考えられる。実際、4U1630-47 のスペクトル (Tomsick J.A. 2005) を仮定し、迷光をシミュレートしたところ、本観測で見られた構造と矛盾しない結果が得られた。

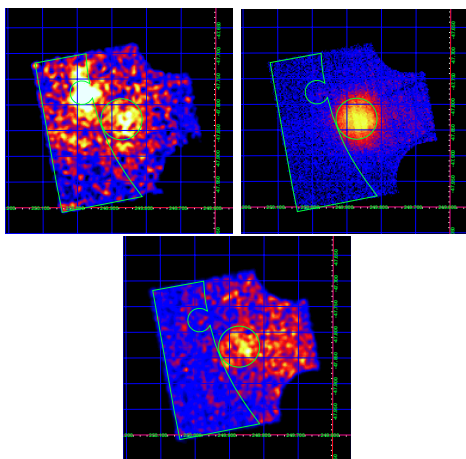


図 3: すざく衛星 (XIS3) による 0.5-1keV(左上), 1-6keV(右上), 6-10keV(下) でのイメージ。視野は 18'×18'、校正用線源の領域は抜いてある。中央の円をソース領域、SNR 北東の点状天体を抜いた領域をバックグラウンド領域とした。

### 2.2.2 G337.2-0.7 からの低電離鉄輝線の発見

図 4 は G337.2-0.7 のソース領域 (図 3、実線で囲んだ中心の領域) から取得したスペクトルである。非 X 線バックグラウンド (NXB) は差し引いている。6-7 keV に連続成分からの超過が存在することがわかる。定量的に調べるために、5-8 keV バンドで Gaussian と power-law でモデルフィットを行ったところ、power-law のベキ  $\Gamma = 3.58 \pm 0.24$ 、Gaus-

sian のエネルギー中心値  $E = 6.55 \pm 0.22$  keV、幅  $\sigma = 0.14 \pm 0.03$  keV と求められた。幅の広い輝線は異なる電離状態の Fe 輝線の混合であると考えられる。

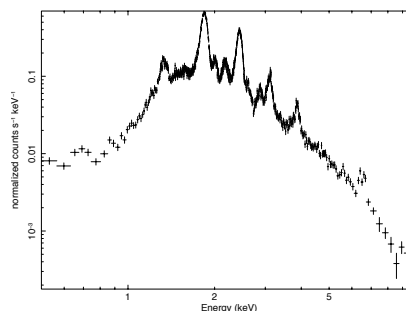


図 4: すざく衛星で取得したスペクトル。XIS0 と XIS3 を足し、NXB は引いている。

そこで、6.4 keV(中性～低電離)、6.7 keV(He 状) の 2 つの輝線をエネルギーを固定して加えたところスペクトルを再現することができた (図 5)。図 3 に示すバックグラウンド領域のスペクトルを調べたところ、同様に 6-7 keV バンドに輝線構造が存在することがわかった。しかし、表 1 に示すようにスペクトル中の 6.4 keV 輝線は非常に弱く、6.7 keV 輝線のみであった。すなわち、上記で検出した 6.4 keV 輝線は G337.2-0.7 からの低電離 Fe-K 輝線であると考えられる。

表 1: それぞれの輝線の normalization

	6.4keV	6.7keV
ソース	$4.7^{+1.3}_{-1.3} \times 10^{-5}$	$5.5^{+1.3}_{-1.3} \times 10^{-5}$
バックグラウンド	$1.08^{+0.63}_{-0.63} \times 10^{-5}$	$2.7^{+0.70}_{-0.70} \times 10^{-5}$

### 2.3 今後の課題

今後は Fe-K を定量的に調査し、この SNR に対して初めて Fe の組成量を測定する。さらに全体のプラズマ状態をより正確に決定する。またソフト成分のスペクトル構造を明らかにし、吸収量などから G337.2-0.7 と関連しているか否かを調べる。

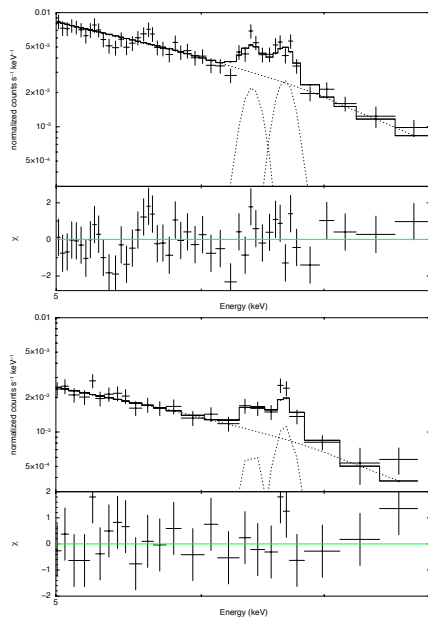


図 5: すざく衛星で取得したスペクトル。上は G337.2-0.7 のもの。下はバックグラウンド領域からのもの。いずれも NXB は引いている。モデルは power-law に Gaussian を加えたもの。

## Reference

Cara E. Rakowski et al. 2006. ApJ,646:982-1000

Cara E. Rakowski et al. 2001. ApJ,548:258-268

Tomsick J.A.,2005,Apj,630,413

Whiteoak,J.B.Z, & Green,A.J.1996,A&AS,118,329

Green,A.J.1974,A&AS,18,267