

G350.1-0.3 におけるイジェクタ噴出速度の測定

Measurement of ejecta velocity in Galactic Supernova Remnant G350.1-0.3

湯澤 洋治
指導教員 内山 泰伸

1 はじめに

太陽の8倍以上の質量を持つ星は、内部での核融合反応による熱エネルギーにより自身の重力を支えている。反応が進み、中心部で鉄の生成されると、鉄は安定であるためそれ以上核融合が進まなくなるため、急激に内部圧力が下がる。これにより、外層の圧力を支えきれなくなり、重力崩壊を起こす。さらに内部が高密度となると、中心部に中性子の核が残り、落ちこんでくる外層が中心核表面で跳ね返されることで外側に向かう強い衝撃波が形成される。この衝撃波が、ついには外層を吹き飛ばし、超新星爆発を起こす。本研究では、X線で観測される形状が非球対称な超新星残骸 G350.1-0.3 において、超新星爆発の非対称性によって生じた噴出物の速度を輝線のドップラーシフトから求めることで非球対称超新星爆発メカニズムに迫る事を目的としている。

2 超新星残骸 G350.1-0.3

G350.1-0.3 は (RA,Dec)=(17h21m05s,-37.27°) に位置する年齢 1000-2000 歳の若いシェル型超新星残骸である。これまで赤外、電波及び X 線で観測されており、それぞれの波長でその特異な形状が異なることが確認されている。日本の X 線観測衛星すざくによる観測 [2] では、鉄より多くの $\text{Ti}-\text{K}\alpha$ が検出されており、非対称な爆発がスペクトル解析から示唆されている。

3 Chandra X 線観測衛星

Chandra X 線観測衛星は 1999 年に NASA が打ち上げた X 線観測衛星である。Chandra には以下の 3 つの観測機器が搭載されている。

- 10 枚の CCD で構成される ACIS(Advanced CCD Imaging Spectrometer)
- マイクロチャンネルプレートからなる HRC(High Resolution Camera)
- 高エネルギー透過型回折格子 HETG と低エネルギー透過型回折格子 LETG

ACIS には 2×2 の CCD からなる ACIS-I と 1×6 の CCD からなる ACIS-S がある。Chandra の特徴としては視野中心での空間分解能が約 0.5 秒角であることと、観測できるエネルギー範囲が $\sim 10\text{keV}$ までであることである。今回、解析に用いたのはこれらのうち撮像と分光が可能な ACIS を用いて観測されたデータのみである。

4 Chandra による X 線解析

今回、Chandra でによって、2009 年 5 月 21 日に ACIS-S を用いて 82.97 ks 観測されたデータと NASA が提供する CIAO(version4.9)、Xspec(version12.9) を使用し、解析を行った。

はじめに、超新星残骸を Fig1 のように放射が明るい 3 つの領域（東側・北側・南側）に分割し、2 つのモデルを使用し、スペクトル解析を行った。その際、用いたスペクトルモデルは連続成分として制動放射、輝線にはガウシアンを考慮した $\text{wabs} \times (\text{brem} + \text{gaussian})$ と赤方偏移 $z \sim v/c$ を考慮したガウシアンを Si、S、Ar に適用した $\text{wabs} \times (\text{brem} + \text{zgaussian})$ である。解析結果より、Si、S、Ar のそれぞれの領域での東側に対する視線方向の速度を求めた。

$E_0 = E_{\text{East}}$ として、視線方向の速度は

$$\frac{v}{c} = \frac{|E - E_0|}{E_0} \quad (1)$$

として求められる。解析の結果を Fig2 に示す。

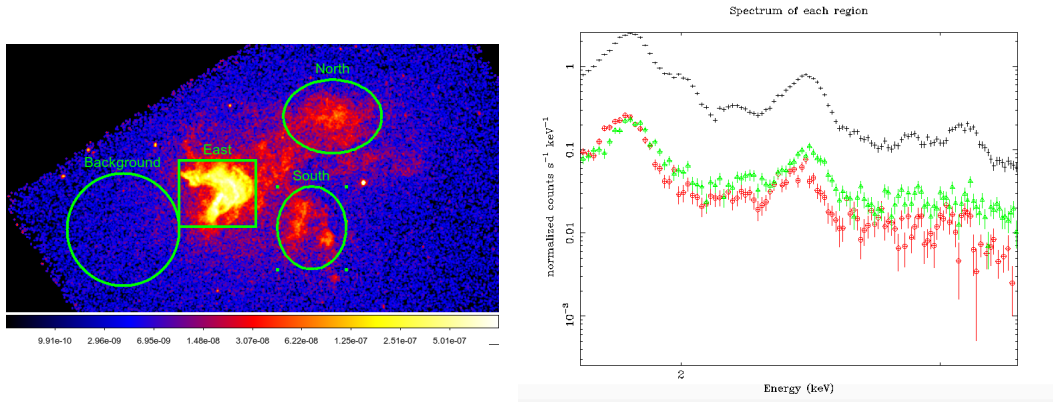


Fig. 1: 左図：Chandra による G350.1-0.3 のフラックスイメージ (0.5 – 8.0 keV)、右図：Chandra による SNR の各領域のスペクトル (1.7 – 3.4 keV) 黒線（マーカー: +）: 東側、赤線（○）: 南側のスペクトル、緑線（△）: 北側のスペクトル

5 議論

今回の Chandra の観測データの解析によって、超新星残骸 G350.1-0.3 において、南側と北側の領域がそれぞれ視線方向に対して、遠ざかる向きと近づく向きに運動していることがわかった。この結果から、赤方偏移 z を用いて視線方向の速度を求めると、南と北はそれぞれ、 $v_{\text{South}} \sim -1640^{+150}_{-130} [\text{km/s}]$ 、 $v_{\text{North}} \sim 1570^{+330}_{-240} [\text{km/s}]$ であるとわかる。さらに、天体までの距離 d を $d \sim 4.5 \text{ kpc}$ [5] と仮定すると、天体までの距離と楕円の長軸の大きさを用いて、南と北の領域の大きさはそれぞれ、 $R_{\text{South}} \sim 0.95 \text{ pc}$ 、 $R_{\text{North}} \sim 1.14 \text{ pc}$ となる。これはカシオペア座にある超新星残骸 Cassiopeia A の直径 $R \sim 3.0 - 4.0 \text{ pc}$ の約 1/4 ほどの大きさとなり、非常に広い範囲が光速の $\pm 5\%$ 程度で塊状に移動していることがわかる。この結果は、この超新星残骸が極端に非対称な超新星爆発によって誕生したことが強く示唆される結果である。

以上の結果から、今後は ESA によって 1999 年に打ち上げられた XMM-Newton を用いた同様の解析によって、今回の Chandra のデータを用いた解析による結果と整合性が取れるか否か確かめることを予定している。この他、ドップラー効果の面から非対称性爆発が示唆されたことから、Chandra の空間分解能を活かし、より細かな領域に分割し、それぞれの領域でスペクトル解析することで、どのような超新星爆発モデルによってこの超新星爆発が再現できるのか既存の理論と照らし合わせて確かめていきたい。

参考文献

- [1] Toshiki Sato 博士論文 2018
- [2] Yasumi, M., Nobukawa, M., Nakashima, S., et al. Apj, 725, 894 2014, Pasj, 66, 68
- [3] Reed, J. E., Hester, J. J., Fabian, A. C., & Winkler, P. F. 1995, Apj, 440, 706
- [4] Hayato, A., Yamaguchi, H., Tamagawa, T., et al. 2010,
- [5] Gaensler, B. M., Tanna, A., Slane, P. O., et al. 2008, ApJL, 680, L37

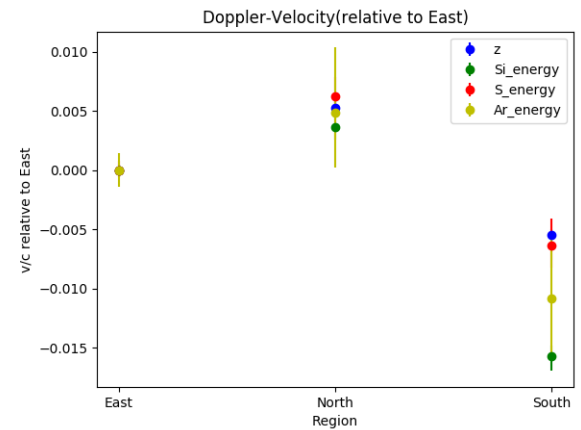


Fig. 2: ドップラー効果から求めた東側の放射領域に対する各元素の速度