

# 非対称 SNR 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 an irregular 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、中心部で鉄が生成されると、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。近年のシミュレーションでは、爆発前の星の形状の非対称性や星内部の乱流状態による爆発の非球対称性が噴出物の分布に反映されると考えられている。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な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、鉄より大きな質量の Ni 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。また、本天体は Fig1 左図のように極端に非対称な形状をとっていることから、超新星爆発における非対称性を噴出物の分布を引き起こすメカニズムに迫るための重要な天体の 1 つだと考えられる。

### 3 Chandra X 線観測衛星

Chandra X 線観測衛星は 1999 年に NASA が打ち上げた衛星である。Chandra には 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(High Energy Transition Grating) と低エネルギー透過型回折格子 LETG(Low Energy Transition Grating) という 4 つの観測機器が搭載されている。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。ACIS の特徴は空間分解能が視野中心で約 0.5 秒角であることと、観測できるエネルギー範囲が ~ 10keV 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 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(version 4.9)、Xspec(version 12.9) を使用し、解析を行った。

はじめに、超新星残骸を Fig1 のように放射が強い 3 つの領域を East1・East2・North1・North2・South1・South2・South3 に分割し、スペクトル解析を行った。スペクトルモデルは星間吸収モデルとして tbabs、連続成分として制動放射、輝線には複数のガウシアンを考慮した tbabs × (bremss + 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 wabs × (bremss + zgaussian) である。解析結果より、Si、S、Ar のそれぞれの領域での視線方向の速度を求めた。

それぞれの輝線のエネルギー中心値を  $E$  とすると、ドップラーシフトがない場合に期待されるエネルギーを  $E_0 = 1.856(\text{for Si}), 2.38(\text{for S}), 3.11(\text{for Ar})$  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。

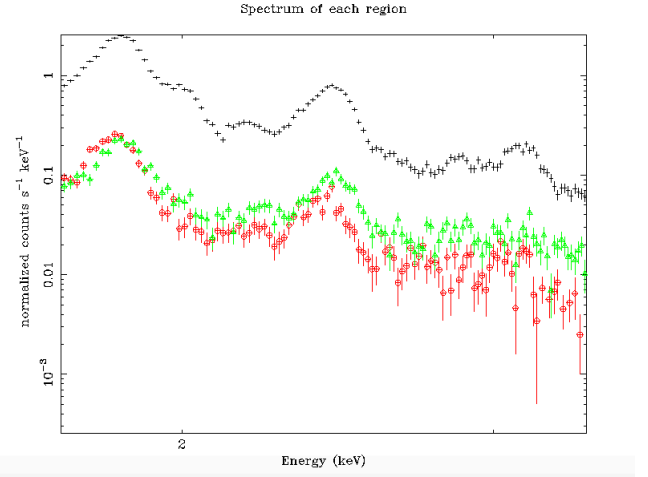
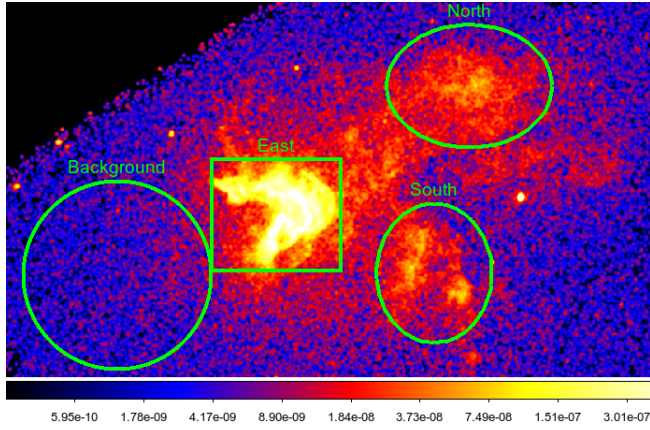


Fig. 1: 左図：Chandra による G350.1-0.3 のフラックスイメージ (0.5 – 8.0 keV)、右図：Chandra による SNR の各領域のスペクトル (1.7 – 3.4 keV) 黒線（マーカー: +）: 東側のスペクトル、赤線（○）: 南側のスペクトル、緑線（△）: 北側のスペクトル

## 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、 $v_{\text{South}} \sim 1640^{+150}_{-130}$  km/s、 $v_{\text{North}} \sim 1570^{+330}_{-240}$  km/s であるとわかる。さらに、天体までの距離  $d$  を  $d \sim 4.5$  kpc[4] 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、 $R_{\text{South}} \sim 0.95$  pc、 $R_{\text{North}} \sim 1.14$  pc となる。このことから、巨大なプラズマ塊が光速の  $\sim \pm 0.5\%$  程度で運動していることがわかる。この結果から、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。

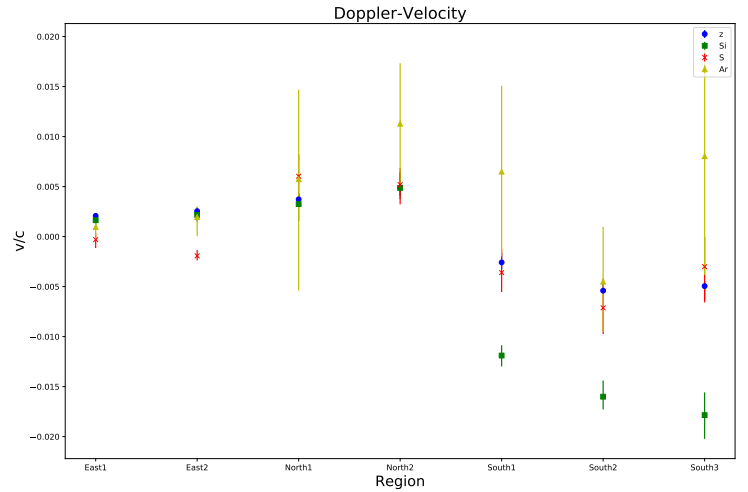
今後は ESA の XMM-Newton を用いた同様の解析によって、今回の Chandra のデータを用いた解析による結果を確認することを予定している。この他、ドップラー効果の面から非対称性爆発が示唆されたことから、Chandra の空間分解能を活かし、より細かな領域に分割し、それぞれの領域でスペクトル解析することで、どのような超新星爆発モデルによってこの超新星爆発が再現できるのか既存の理論と照らし合わせて確かめていきたい。

## 参考文献

[1] Toshiaki Sato 博士論文 2018

[2] Yasumi, M. et al. 2014, Pasj, 66, 68

Fig. 2: 輝線のドップラーシフトから求めた東側の放射領域に対する各元素の速度



[3] Hayato, A. et al. 2010, Apj, 725, 894

[4] Gaensler, B. M. et al. 2008, ApjL, 680, L37