



P3-9: すざくによる超新星残骸G292.0+1.8の観測



上司文善¹, 小山勝二^{1,2}, 常深博¹, 林田清¹, 中嶋大¹, 高橋宏明¹, 上田周太郎¹, 森浩二³, 勝田哲⁴, 内田裕之²

¹大阪大学, ²京都大学, ³宮崎大学, ⁴理化学研究所

E-mail: kamitsukasa@ess.sci.osaka-u.ac.jp

概要

すざく衛星による超新星残骸G292.0+1.8の観測結果について報告する。G292.0+1.8はOxygen-richと呼ばれる大質量星の重力崩壊型超新星残骸の中でも年齢が若く、これらの星の噴出物を測定できる貴重な天体である。すざくのスペクトルを解析した結果、0.7 keVと2.0 keVの2温度の衝突電離非平衡プラズマで再現できた。低温成分は太陽組成より重元素の割合が小さく、爆発の衝撃波で加熱された星周物質起源であると考えられる。一方、高温成分は重元素の割合が大きく、さらにその組成パターンから30-35 太陽質量の恒星が爆発した際の噴出物起源であると考えられる。今回、この爆発噴出物から中心エネルギー6.6 keVの高階電離した鉄の輝線を初めて検出した。G292.0+1.8内で領域別に重元素の分布を調べた結果、多くの重元素は超新星残骸全体に一樣に分布するが、爆発噴出物内の鉄は超新星残骸の外側の領域に多く分布することが分かった。これらの結果に基づき、G292.0+1.8の性質について議論する。

背景

G292.0+1.8

- 銀河系内に3例しか発見されていないOxygen-richな超新星残骸の1つ [4]
- 内部に Pulsar と Pulsar wind nebula を持つ [1,2,5,6]
 - ⇒ 重力崩壊型超新星残骸
- 角直径 D = 9', 距離 d = 6 kpc, 年齢 2990+/-60 yrs [2,11,13]

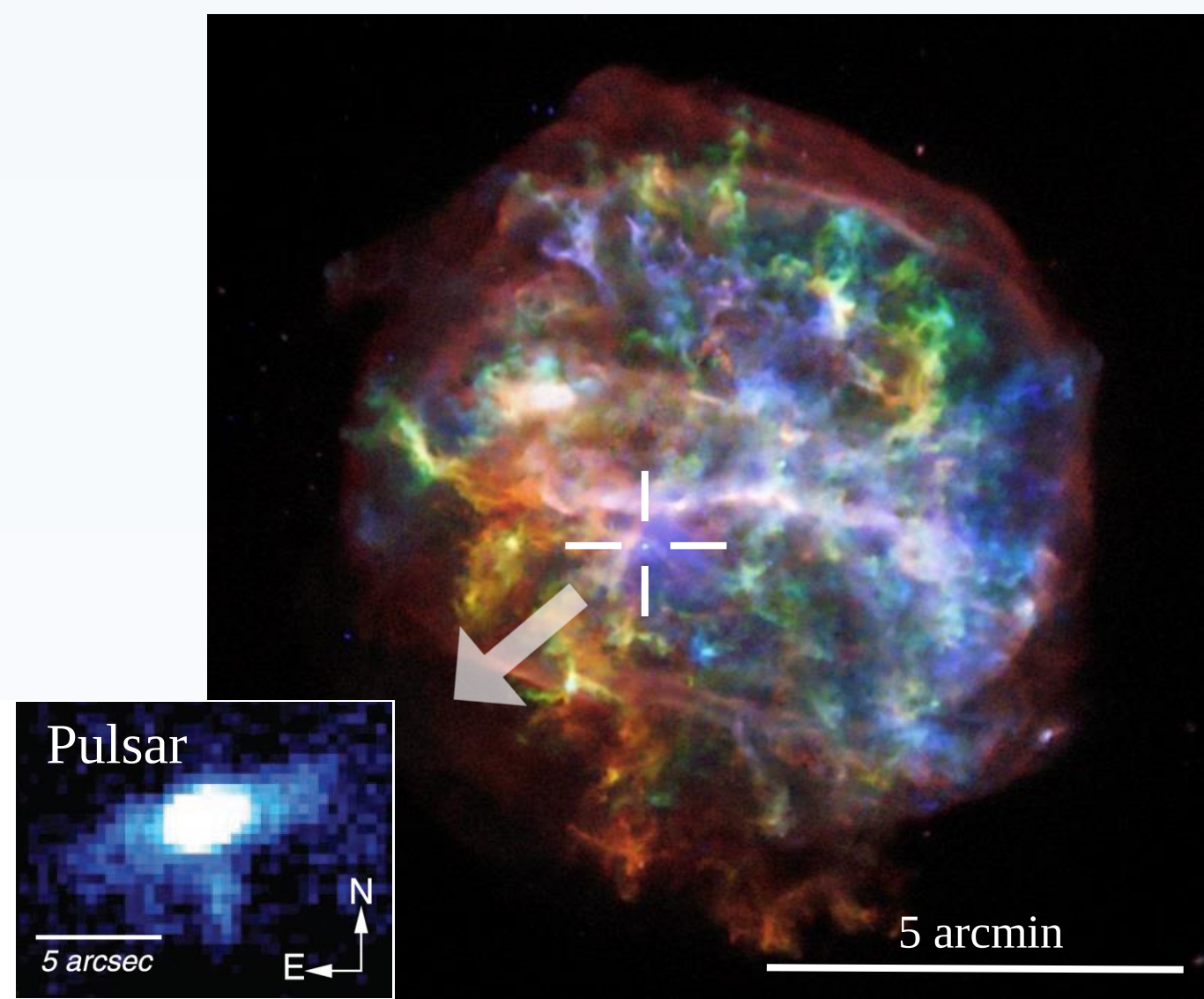


図 1. ChandraによるG292.0+1.8のイメージ[11]。

以上の詳細な観測に関わらず、この天体から検出された輝線はSのK輝線まででFeなどさらに重い元素からのK輝線は未検出である。

⇒ 高エネルギー帯 (2-10 keV) で優れた分光能力を持つすざくにより観測

すざくによる観測

すざく/XIS によるG292.0+1.8の観測データ(PI: K. Koyama, 2011, 44 ks)を解析した [7]

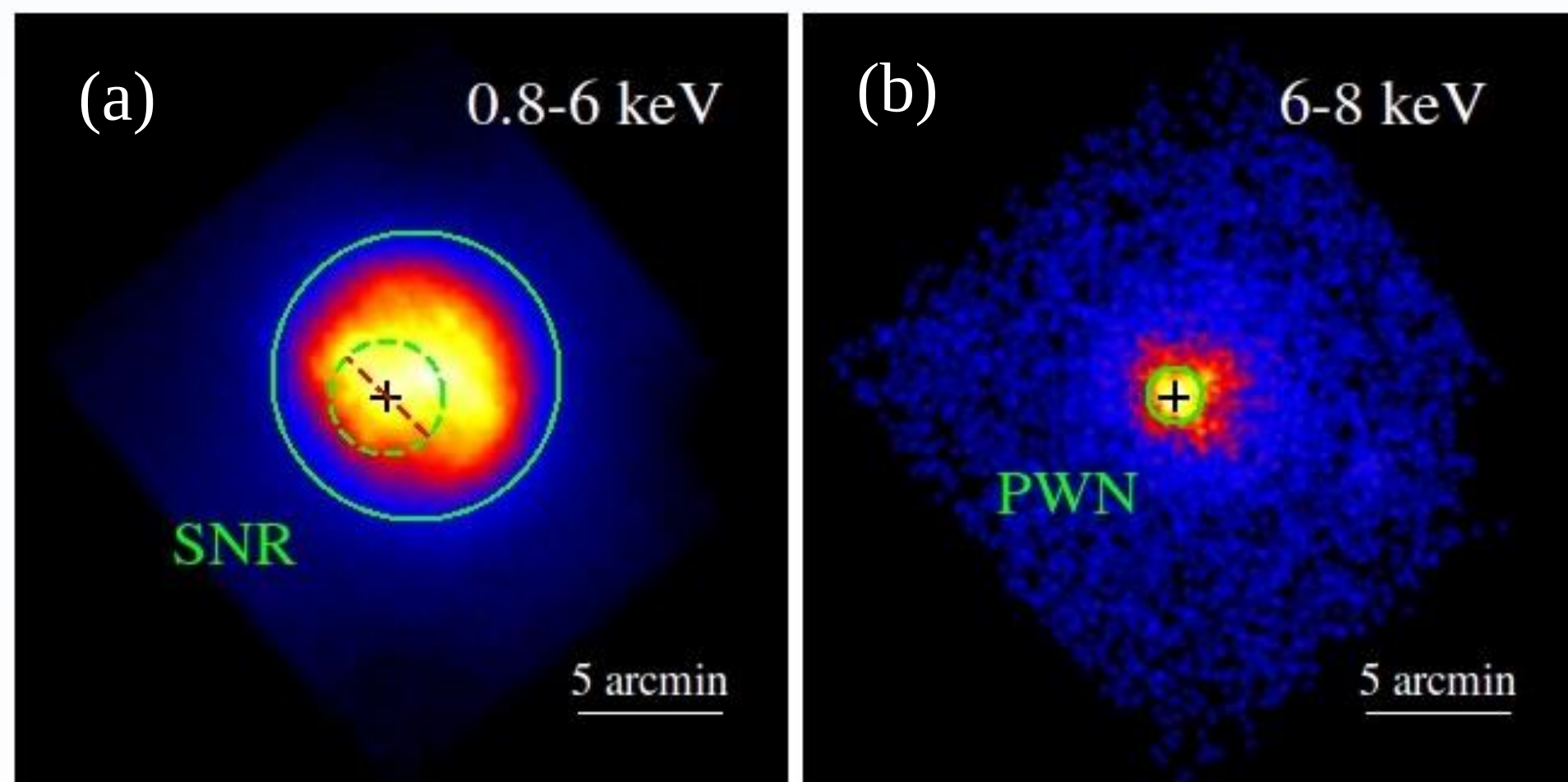


図 2. すざく/XIS による G292.0+1.8 のイメージ。
(a) 0.8-6 keV, (b) 6-8 keV band.
黒十字はPulsarの位置を表す。

図 2(b)ではPWNからのemissionが明瞭に見える。よって、このPWNのemissionを避けるために、図2(a)のようにスペクトル抽出領域を定義した(SNR regionと呼ぶ)。

SNR region (図2(a)) から抽出したスペクトルからは

B-likeに電離したFe のK輝線 ($E = 6.59 \pm 0.03$ keV) が検出された。

このFe輝線の起源を探るため、スペクトルを物理モデルにより解析した(図3)。

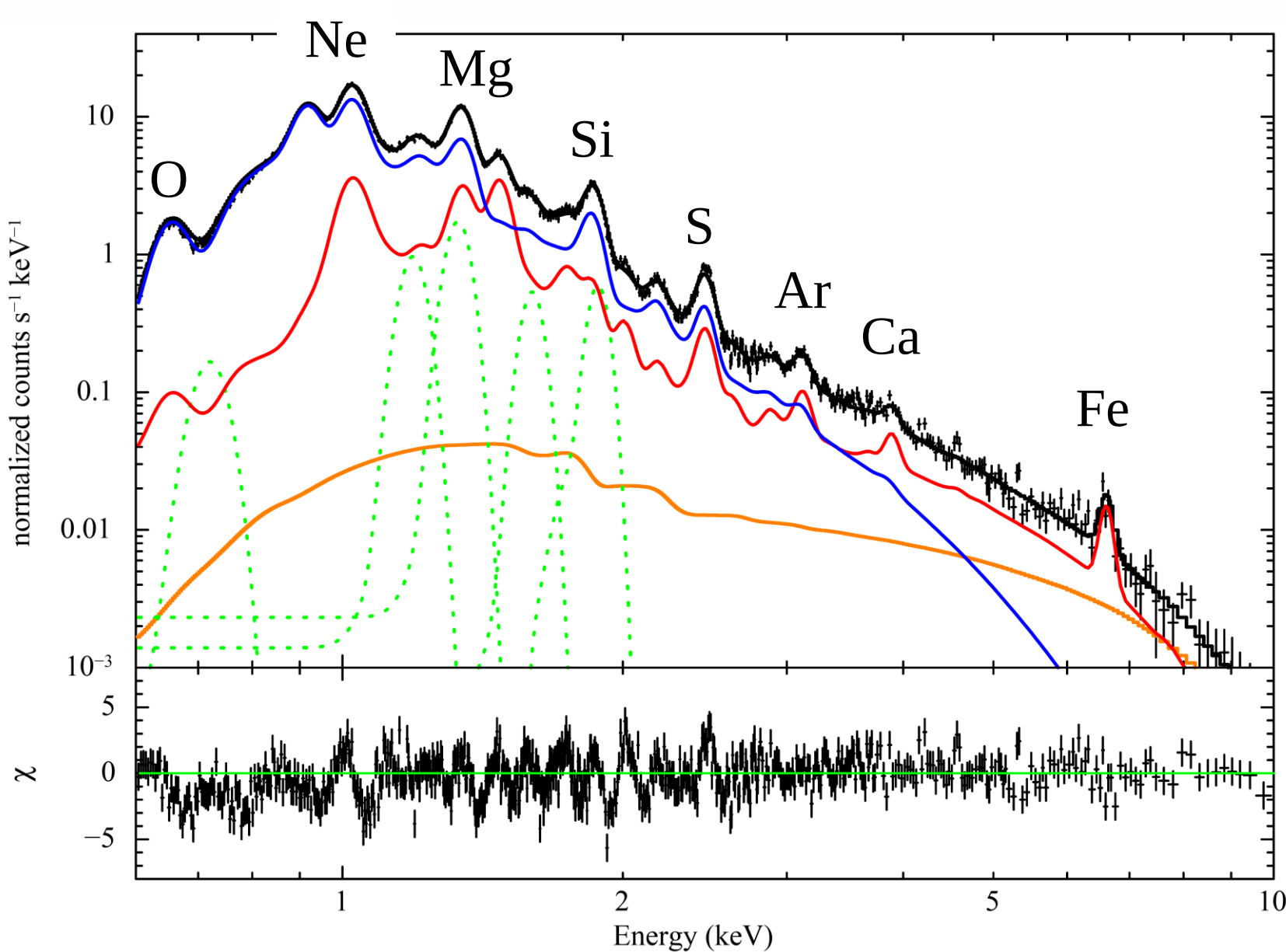


図 3. SNR region から抽出したG292.0+1.8 のスペクトル

G292.0+1.8 のスペクトルは以下の3成分から構成される:

Power-law ($\Gamma \sim 1.9$)

0.7 keV plasma (sub-solar abundances)

2 keV plasma (super-solar abundances)

PWN

CSM (+ISM)

Ejecta

熱的成分は電子温度0.7 keVと2 keVの衝突電離非平衡プラズマから成り、元素組成からそれぞれCSM、Ejecta由来と考えられる。低温(~ 1 keV)のCSMと高温(> 1 keV)のEjectaはChandraにより一部の領域で観測されており[3,8,9,10]、すざくによる残骸全域の解析でも矛盾ない結果を与えることが分かった。新たに検出したFeのK輝線はこの2 keVのEjecta由来である。

重力崩壊型モデルとの比較

- 図 3 にEjecta中のMgからFeまでの重元素量 (Mgに対する比)を黒の実線でプロットした。重力崩壊型の元素合成理論[14]によるモデル(破線)と比較している。結果として、G292.0+1.8の重元素量は30-35 $M_{\odot}$ 程度の重力崩壊型モデルとよく一致することが分かった。Sより重い元素の検出により、従来の見積もり30-40 $M_{\odot}$ [3]より正確に元の恒星質量を制限できた。
- 残骸内でプラズマの密度を一樣と仮定すると、CSMとイジェクタの質量は以下のように計算される。

$$\text{CSM (+ISM)} \sim 40 \times (f/0.5)^{0.5} M_{\odot}$$

$$\text{Ejecta} \sim 8 \times (f/0.5)^{0.5} M_{\odot}$$

重元素の分布

残骸内の重元素の分布を調べるために、図5のように領域を定義した。すざくの空間分解能を考慮し、**Center, North, South**の3つの領域に分割した。それぞれの領域のスペクトルを図3と同様に解析して得られる重元素の分布を図6と7に示す。

⇒ **CSM, Ejecta両方ではほぼすべての重元素は一樣に分布する。しかし、Ejecta内の鉄は残骸中心部で有意に少ない。**

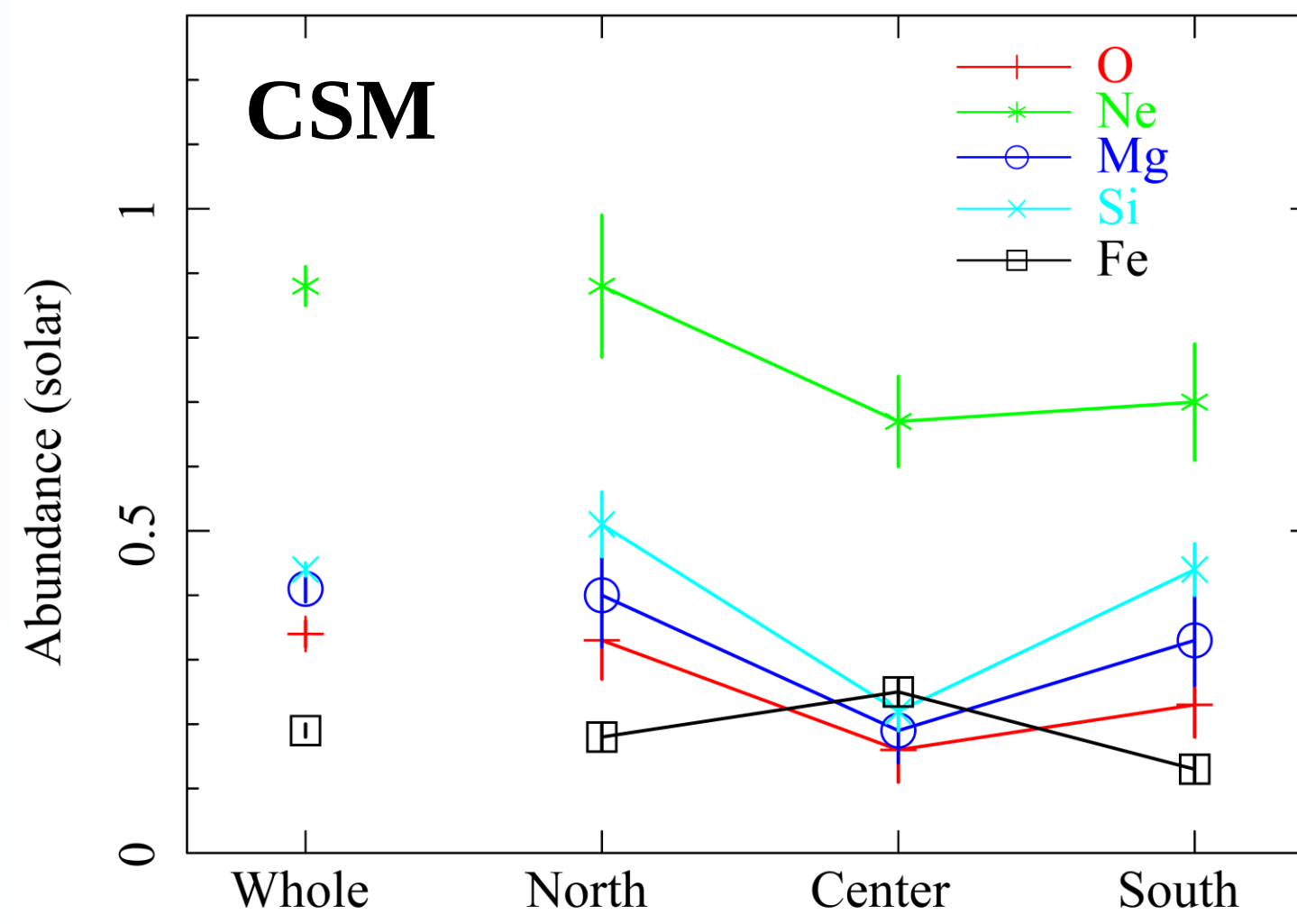


図 6. CSM内の重元素の分布

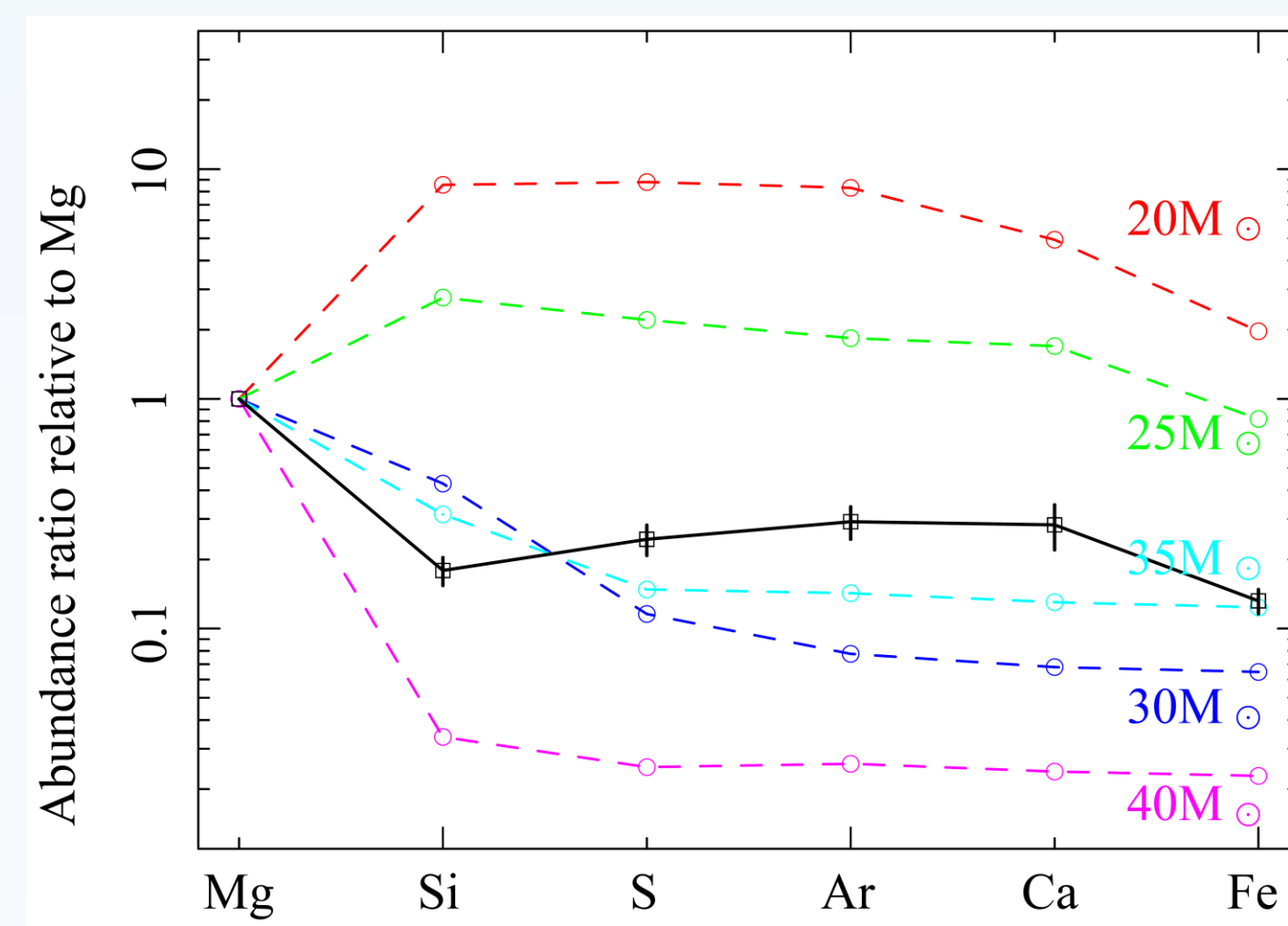


図 4. Ejecta中の重元素量(Mgに対する比)。点線は20-40 $M_{\odot}$ の恒星質量に対する重力崩壊型モデルを表す[14]。

f はfilling factorを示す。
CSM, Ejectaともに $f = 0.5$ を仮定した。

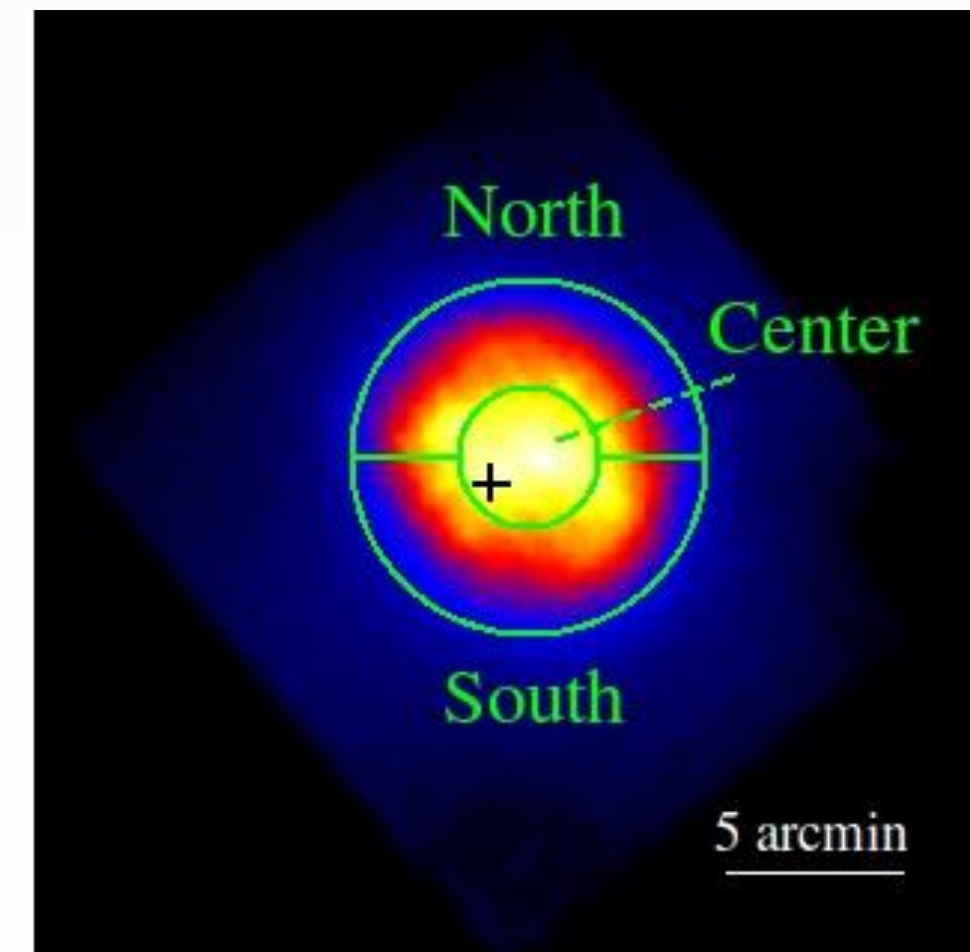


図 5. 領域の定義。

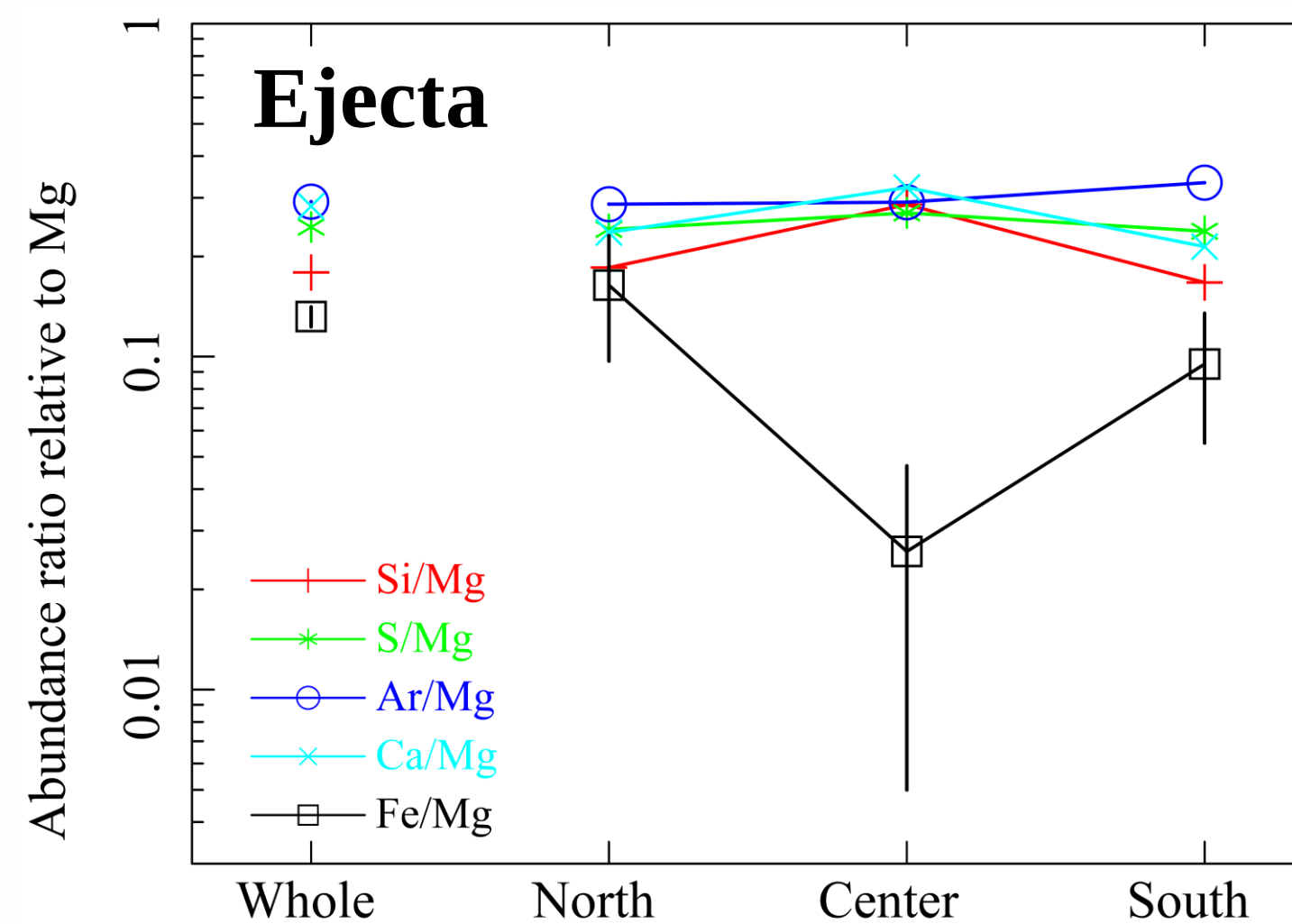


図 7. Ejecta内の重元素の分布

重力崩壊型超新星爆発のシミュレーション[14]では大部分の鉄は残骸中心部に残り残されると予想されるが、上の結果はこの予想に反する。同じく重力崩壊型のCas Aにおいても鉄がシリコン豊富な層より外側に多く分布することが観測されている[12]。これらの結果は、重力崩壊型超新星残骸において対流あるいは混合が起きていることを示唆する(?)。

まとめ

- G292.0+1.8は2温度の衝突電離非平衡プラズマから構成する。
- 高温成分はB-likeに電離した鉄のK輝線を含み、太陽組成より豊富な重元素を持つ。したがって、高温成分は重力崩壊型超新星残骸のEjecta起源であると考えられる。
- 低温成分は太陽組成より重元素の割合が小さく、爆発の衝撃波で加熱されたCSM起源であると考えられる。
- Ejecta中の鉄は残骸外縁部に多く分布する。これは残骸内で対流あるいは混合が起きていることを示唆する(?)。

参考文献

- [1] Camilo, F., et al. 2002, APJ, 579, L25
- [2] Gaensler, B., & Wallace, B., 2003, APJ, 594, 326
- [3] Gonzalez, M., & Safi-Harb, S., 2003, APJ, 583, L91
- [4] Goss, W., et al. 1979, MNRAS, 188, 357
- [5] Hughes, J. P., et al. 2001, APJ, 559, L153
- [6] Hughes, J. P., et al. 2003, APJ, 591, L139
- [7] Kamitsukasa, F., et al. 2013, PASJ, submitted
- [8] Lee, J. -J., et al. 2010, APJ, 711, 861
- [9] Park, S., et al. 2002, APJ, 564, L39
- [10] Park, S., et al. 2004, APJ, 602, L33
- [11] Park, S., et al. 2007, APJ, 670, L121
- [12] Willingale, R., et al. 2002, A&A, 381, 1039
- [13] Winkler, P., et al. 2009, APJ, 692, 1489
- [14] Woosley, P. & Weaver, T., 1995, APJ, 101, 181