
非球対称超新星の話題

茂山俊和



1. Shock breakout直後の明るさの変化(鈴木昭宏)

- ・最も明るいphase

- ・SN 2008DのX-ray flash

2. GRBと矮小銀河(中村航、辻本拓司、守屋堯)

- ・矮小銀河の星の元素組成

- ・銀河系ハローの星の元素組成と異なる

- ・GRBは暗い銀河に出る

SHOCK BREAKOUT

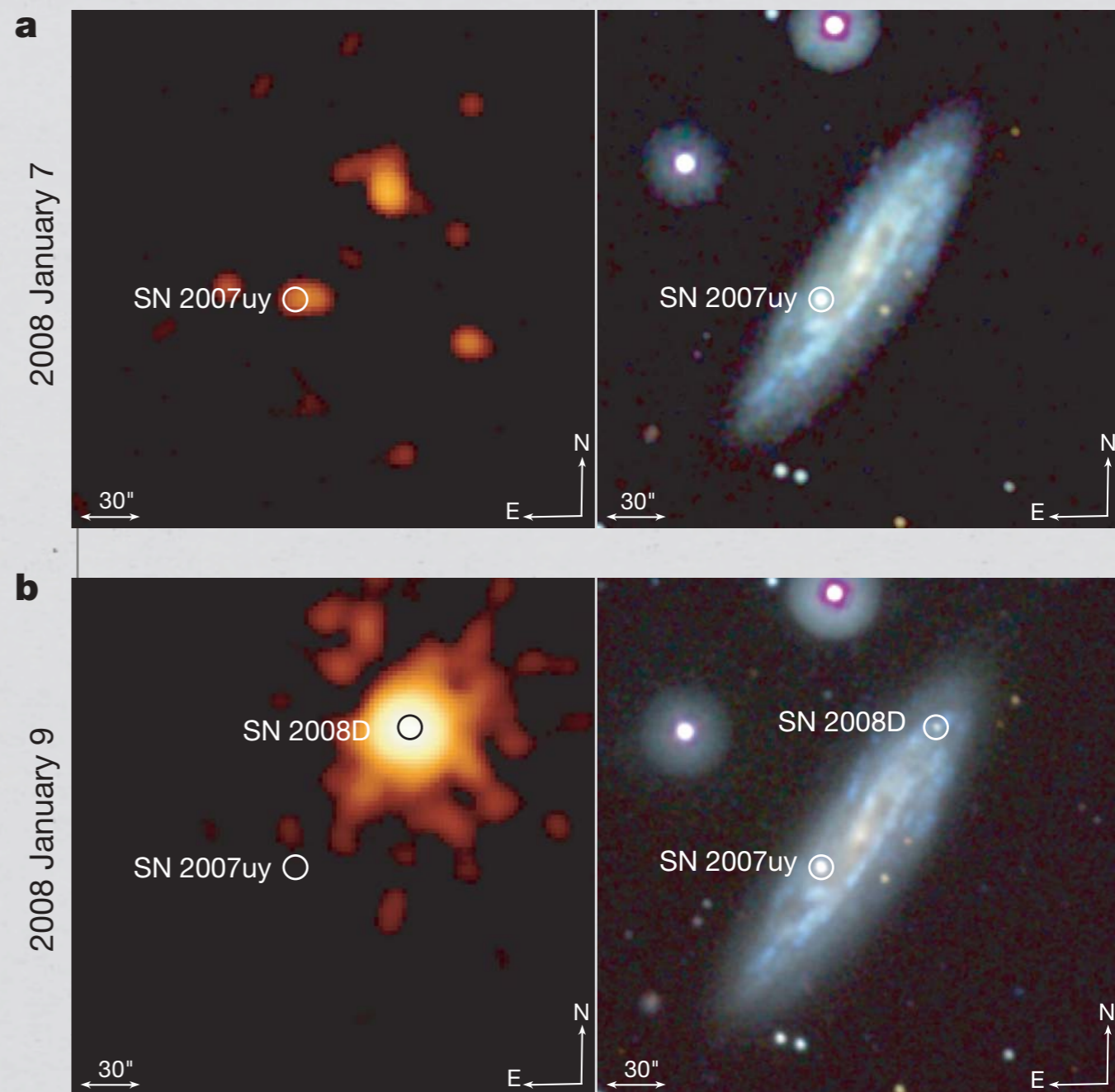
SN 2008D / XR0080109

* Soderberg+ 2008

* X線(左)とUV (右) での画像(NGC 2770)

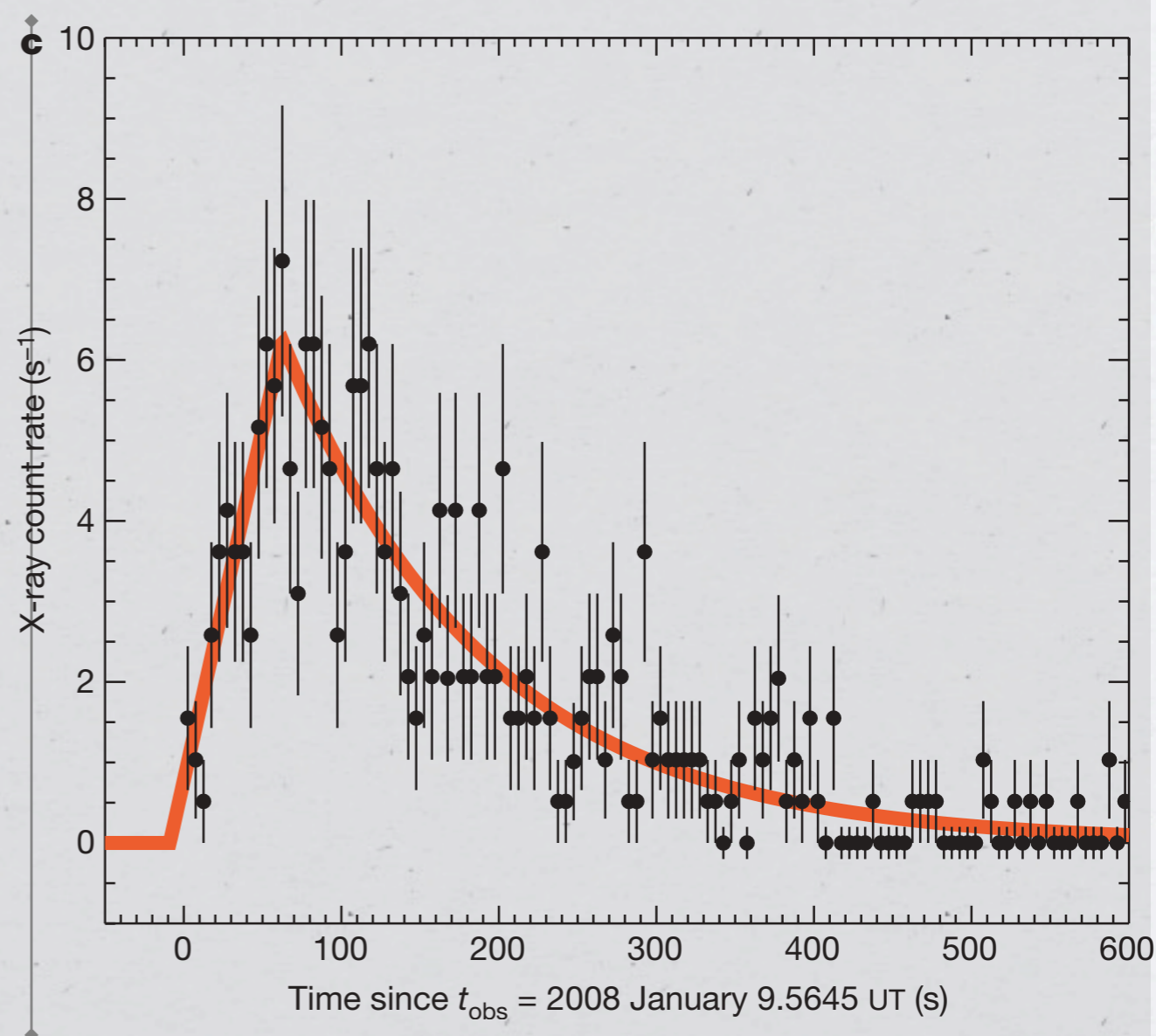
* SN 2007uyの観測中に偶然発見

* 距離 ~ 27 Mpc



X-ray Light Curve

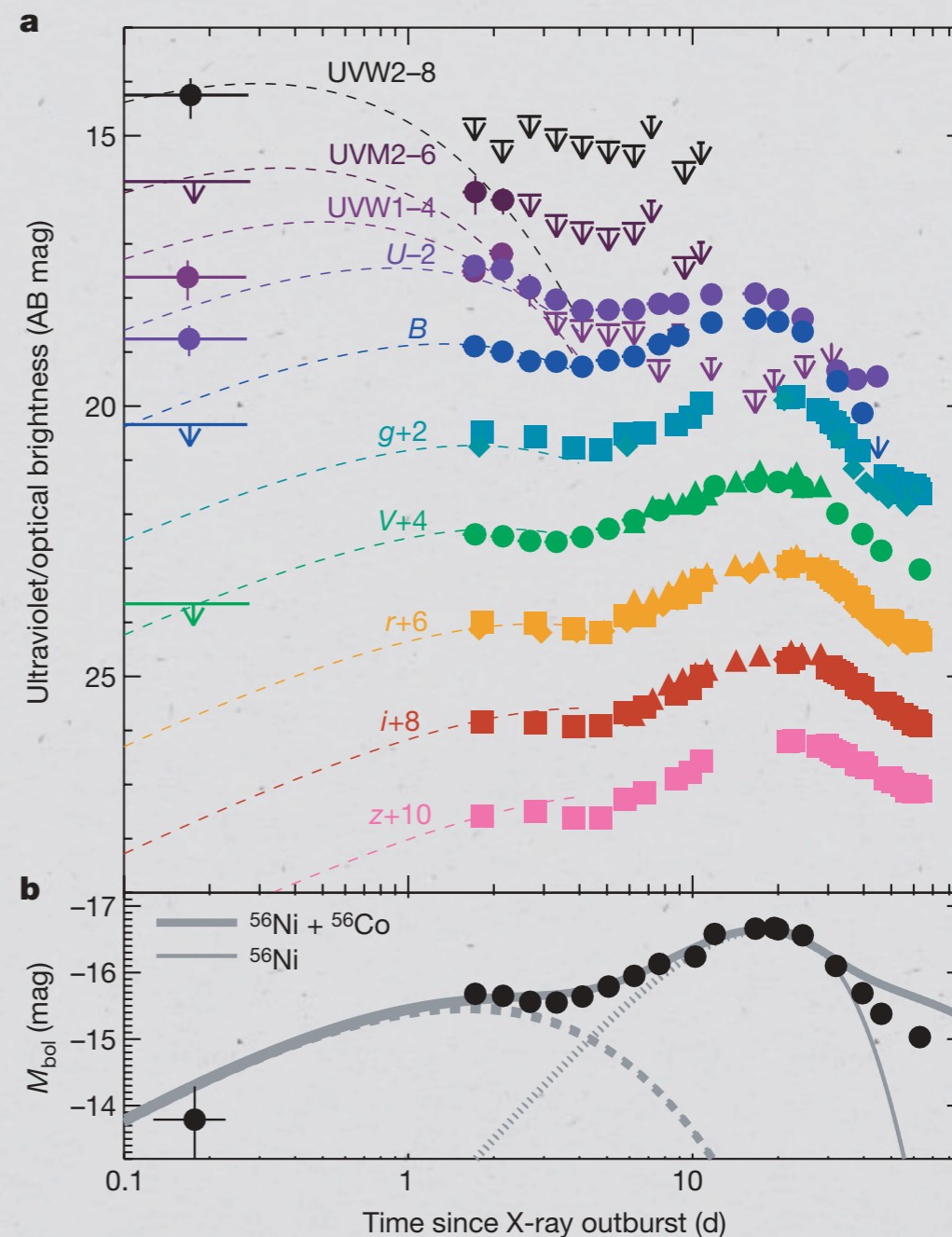
- * 継続時間 ~ 200秒
- * $200 \times c \sim 6 \times 10^{12}$ cm
- * 衝撃波が星の表面を通過した時の放射
- * ^{56}Co の崩壊熱による増光が続く



UV-optical Light Curves

* 数十日におたる増光

* $E \sim 2 \times 10^{51}$ erg, $M_{ej} \sim 5 M_{\odot}$,
 $R_* \sim 10^{11}$ cm

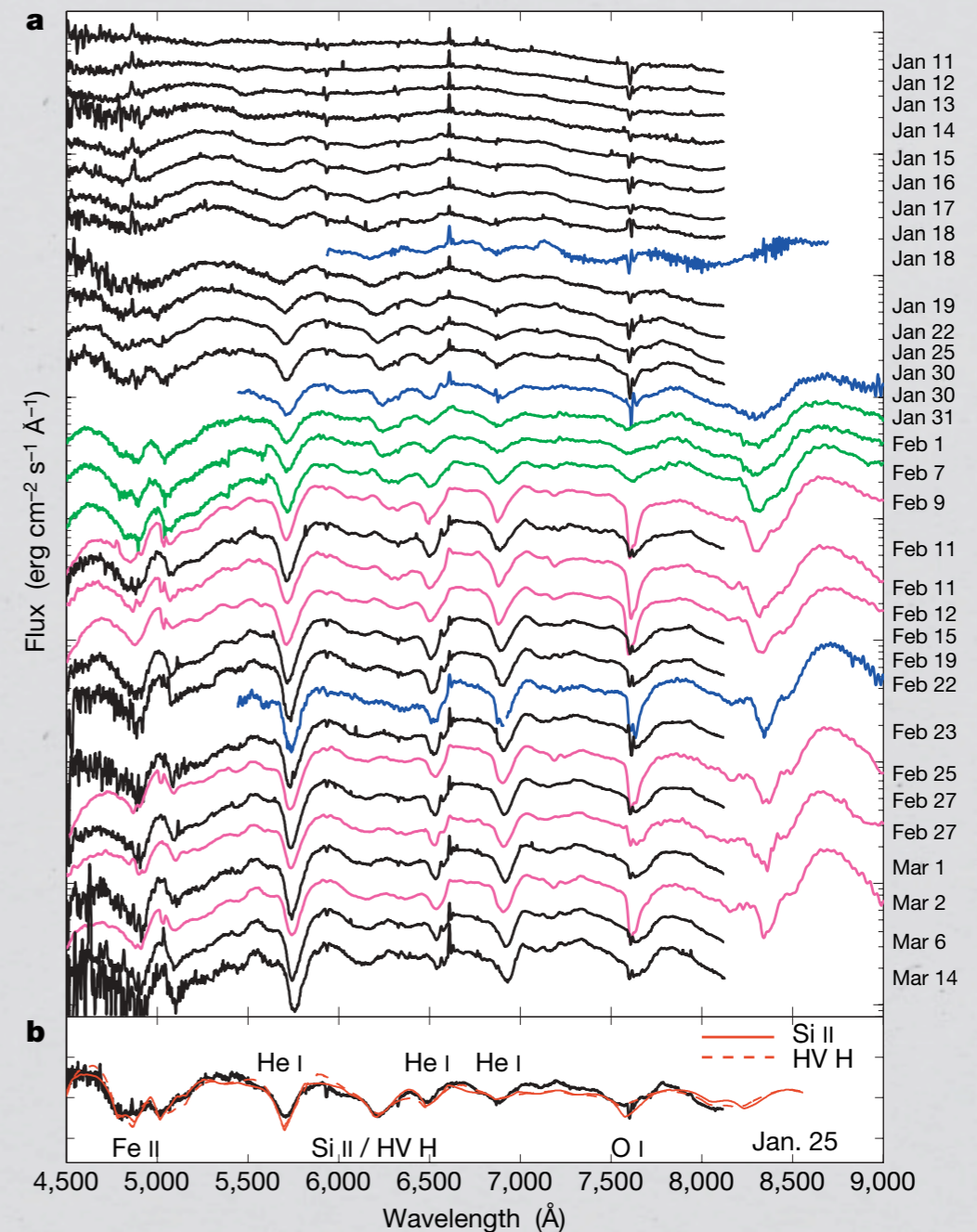


Optical Spectra

* He I, O I, Fe II, Si II/H I features

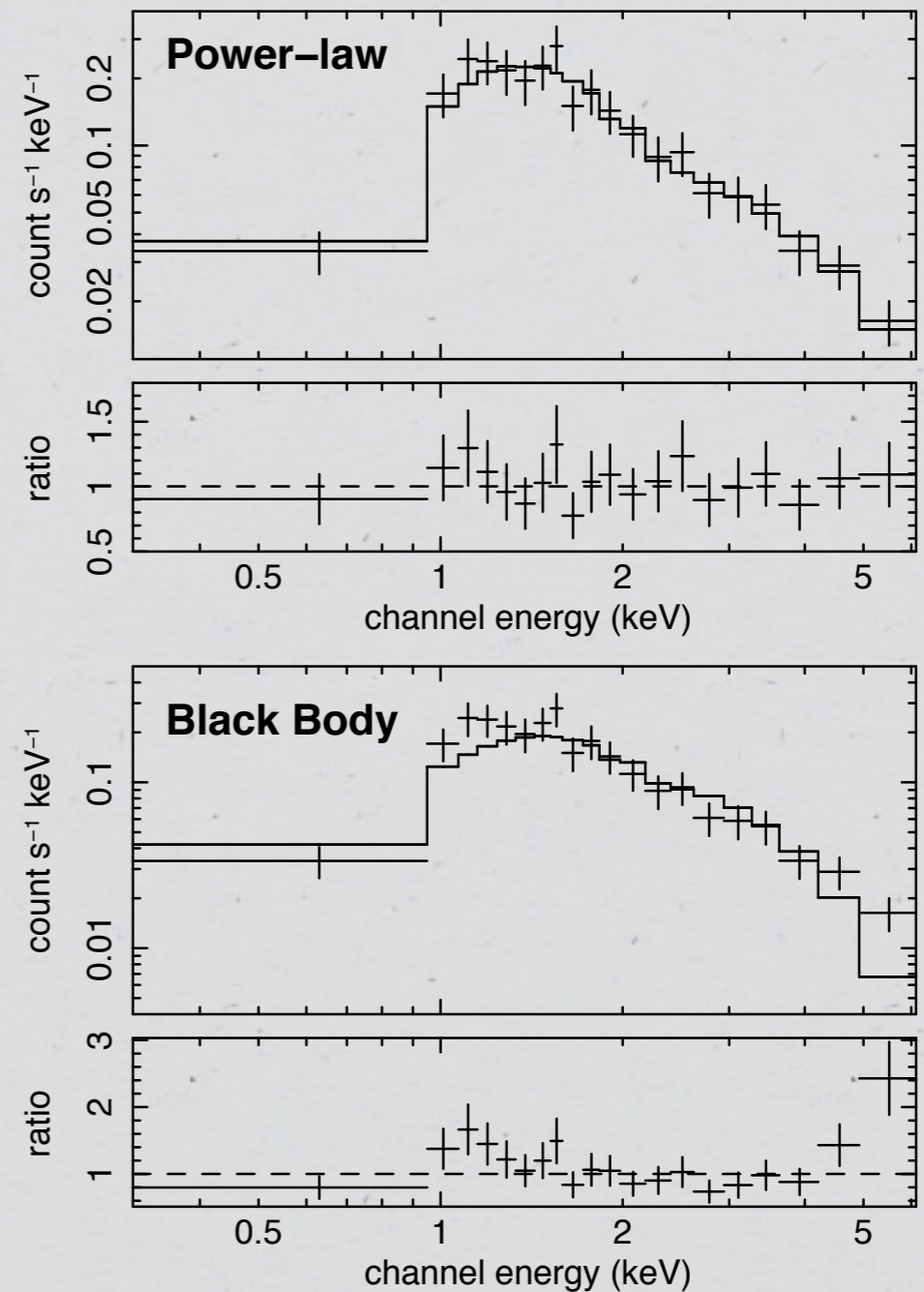
* type Ib or Ic or IIb

* 非球对称爆発?



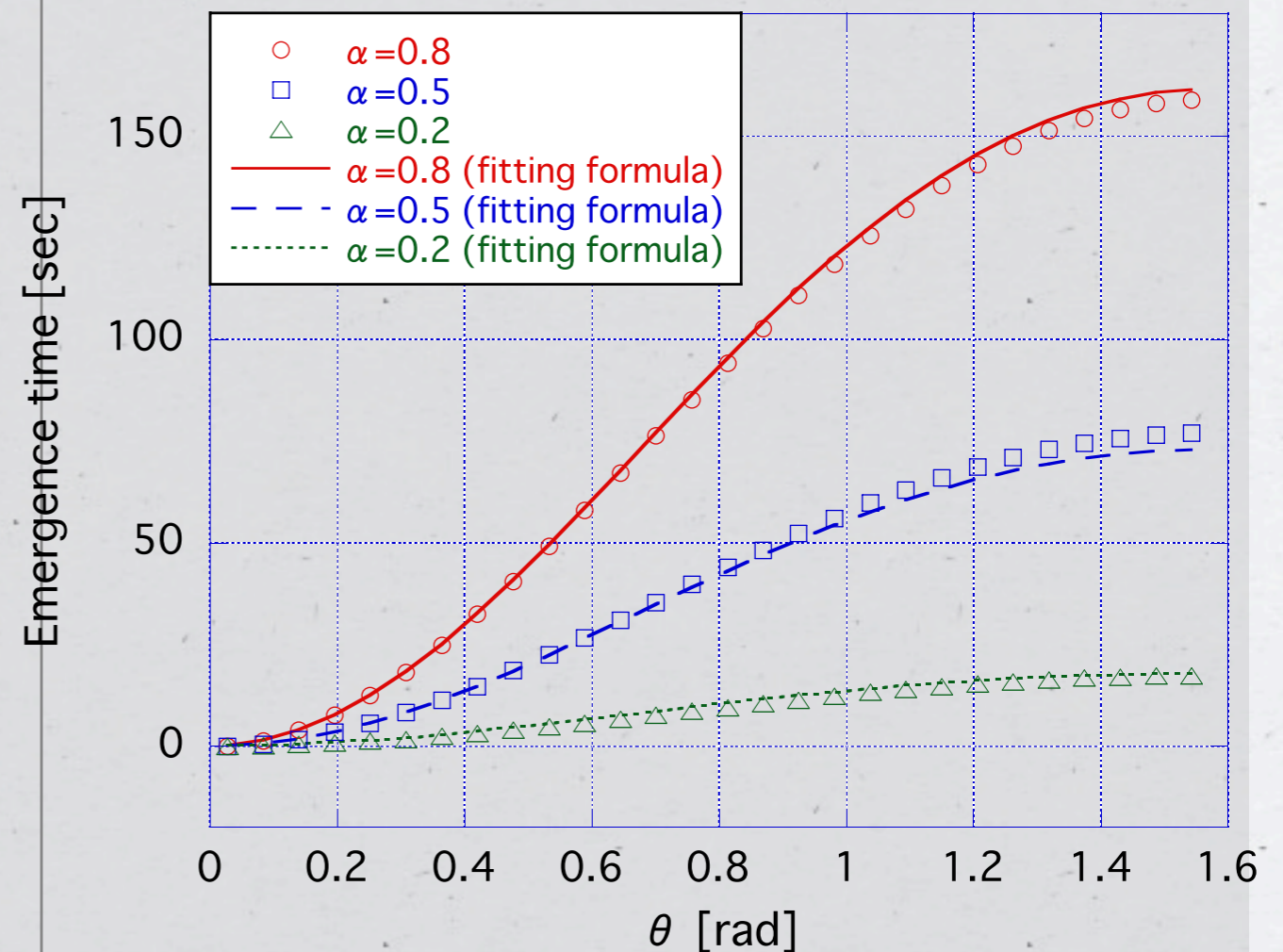
X-ray Spectrum

- * High energy excess
- * Bulk Compton?
- * Suzuki & T.S. 2010



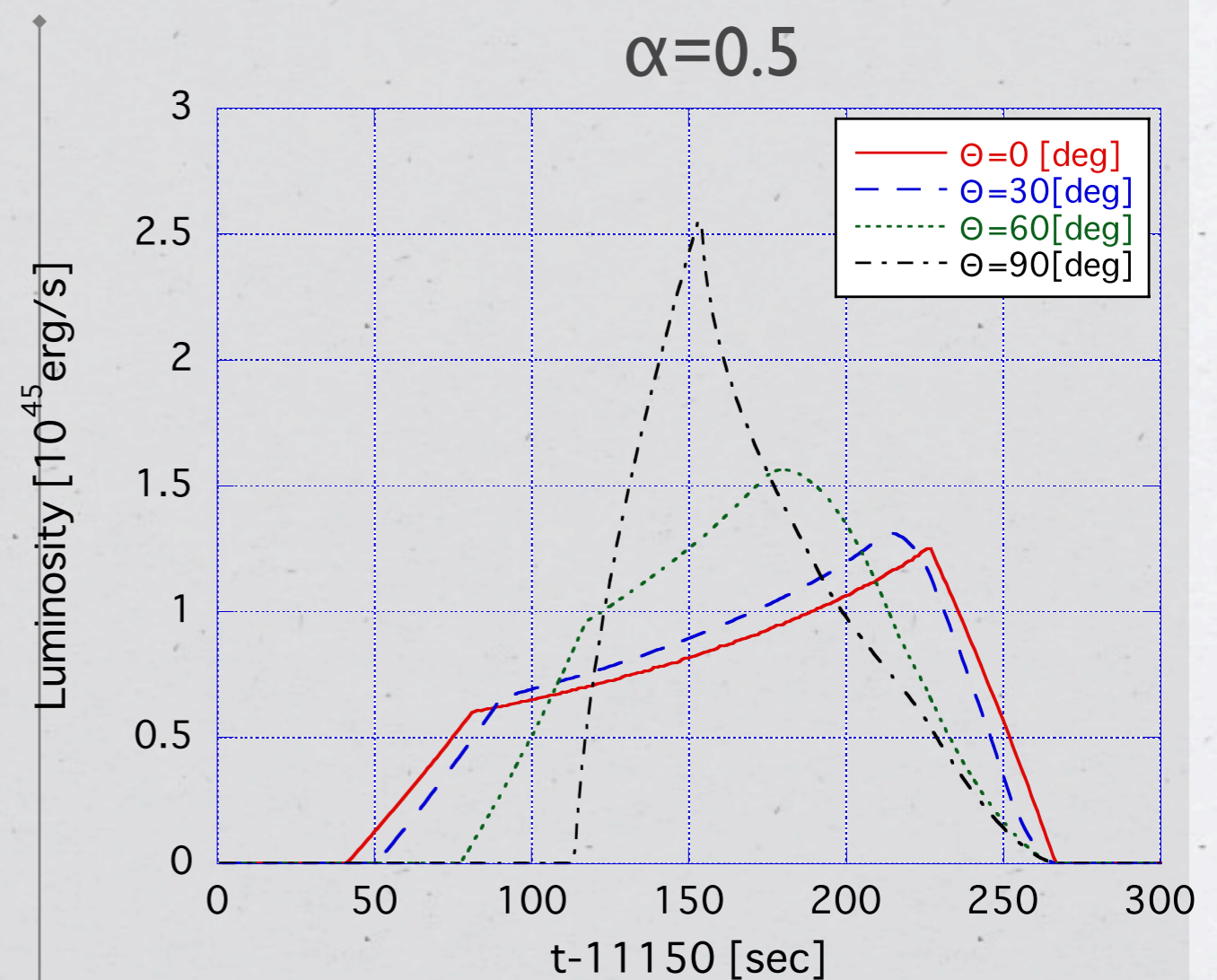
軸対称超新星爆発

- * 衝撃波が星表面を通過する頃の光度曲線の視線方向依存性を調べる
- * 衝撃波が表面に到達するまでの時間の角度依存性
- * SN 1987A progenitor model
 - * $M=14 M_{\odot}, R_{*}=3 \times 10^{12}$ cm



視線方向と光度曲線

- * θ : 視線方向と対称軸のなす角度
- * 対称軸に近い方向
- * 極からの放射 \Rightarrow 赤道からの放射
- * 対称軸垂直方向
- * 赤道からの放射 \Rightarrow 極からの放射

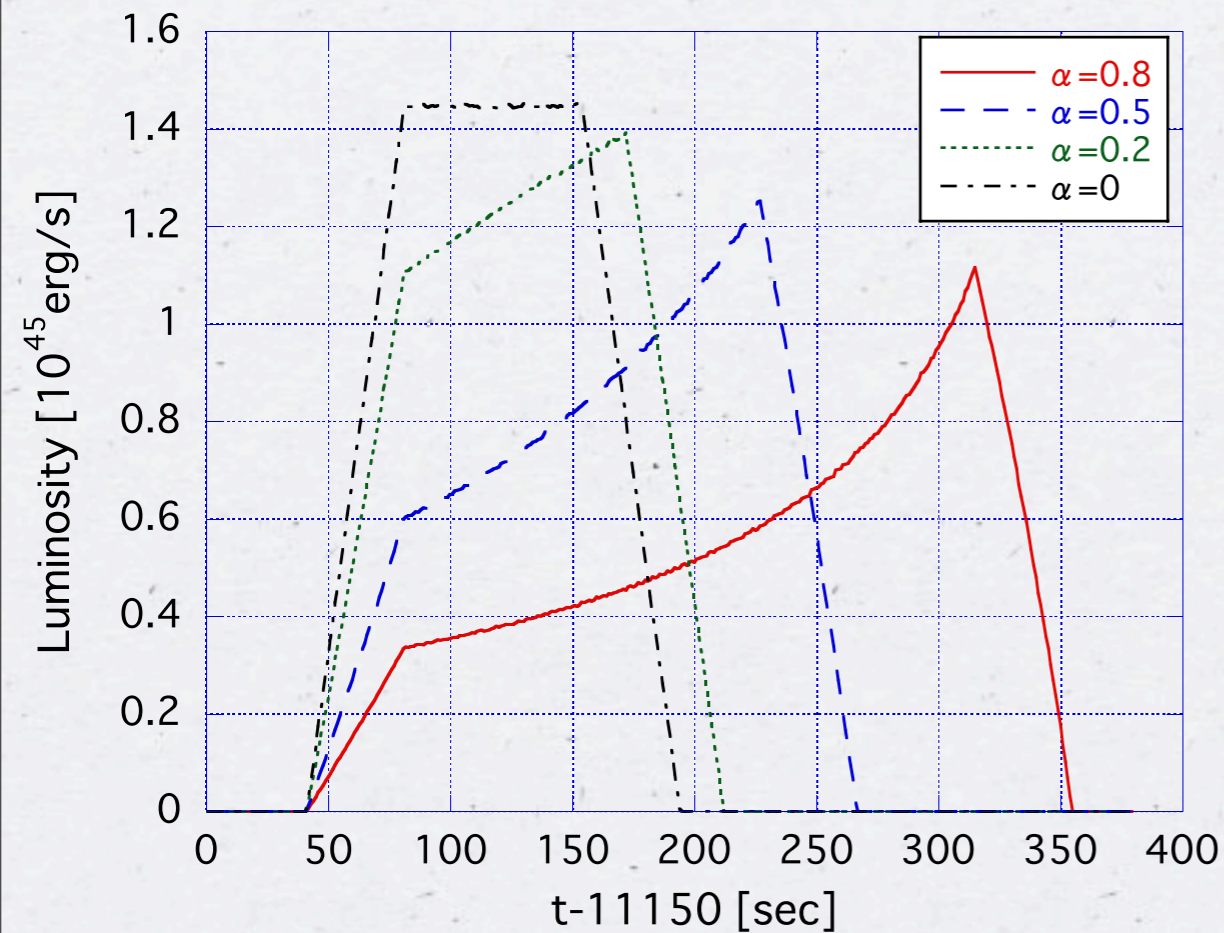


$$v_r \propto r(1 + \alpha \cos 2\theta) / (1 + \alpha)$$

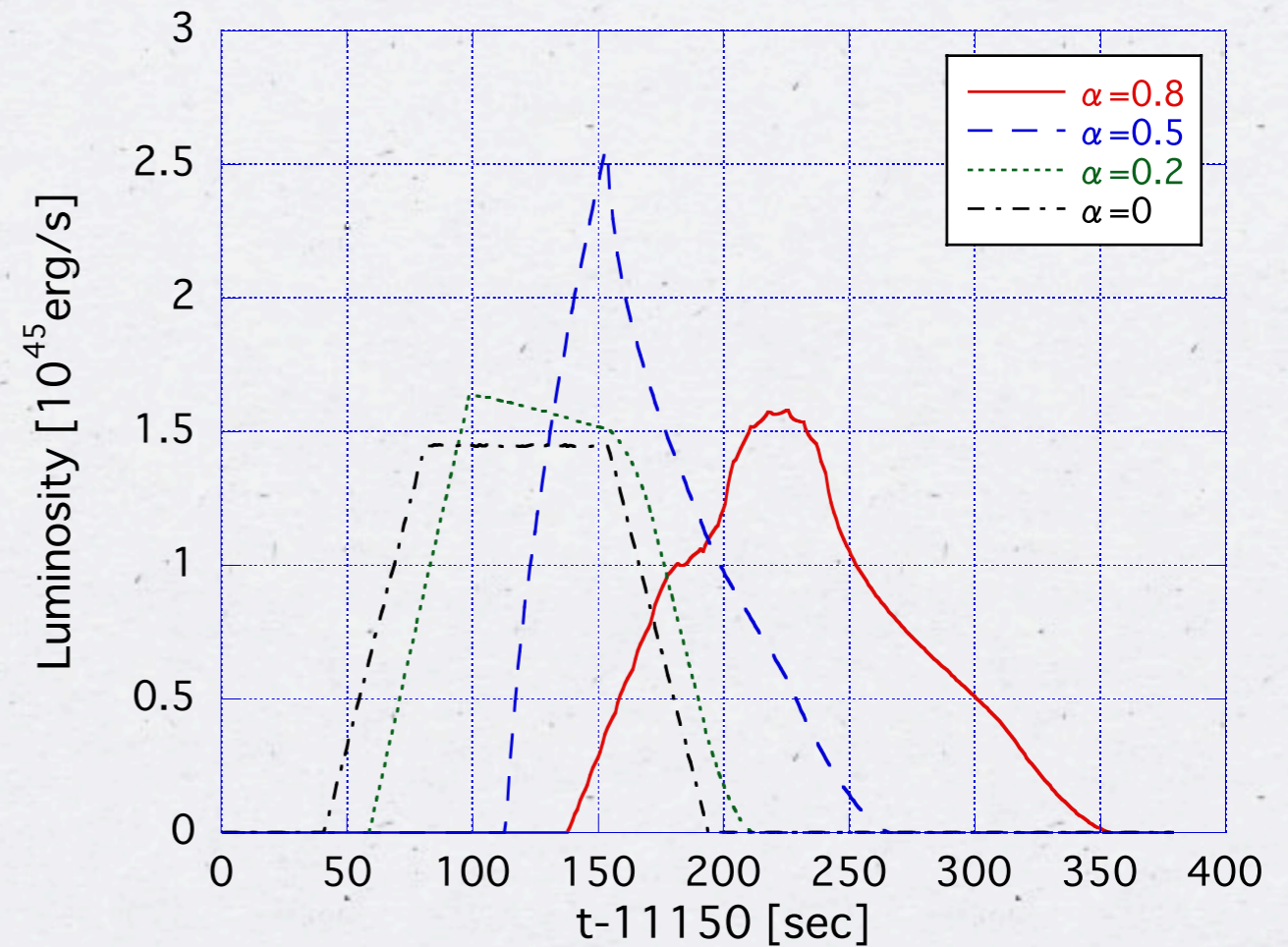
非球対称性の違い



$\theta=0$

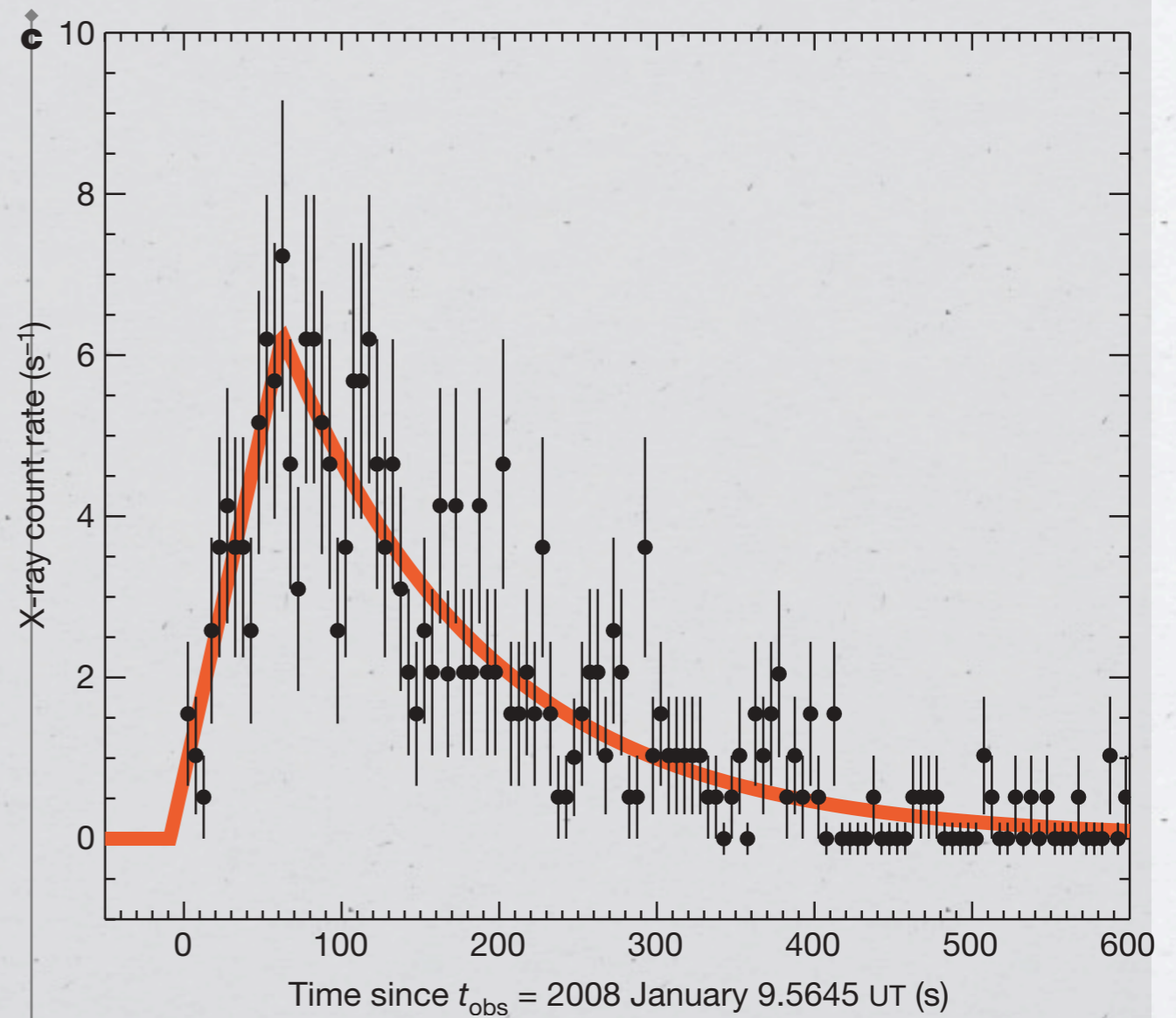


$\theta=\pi/2$

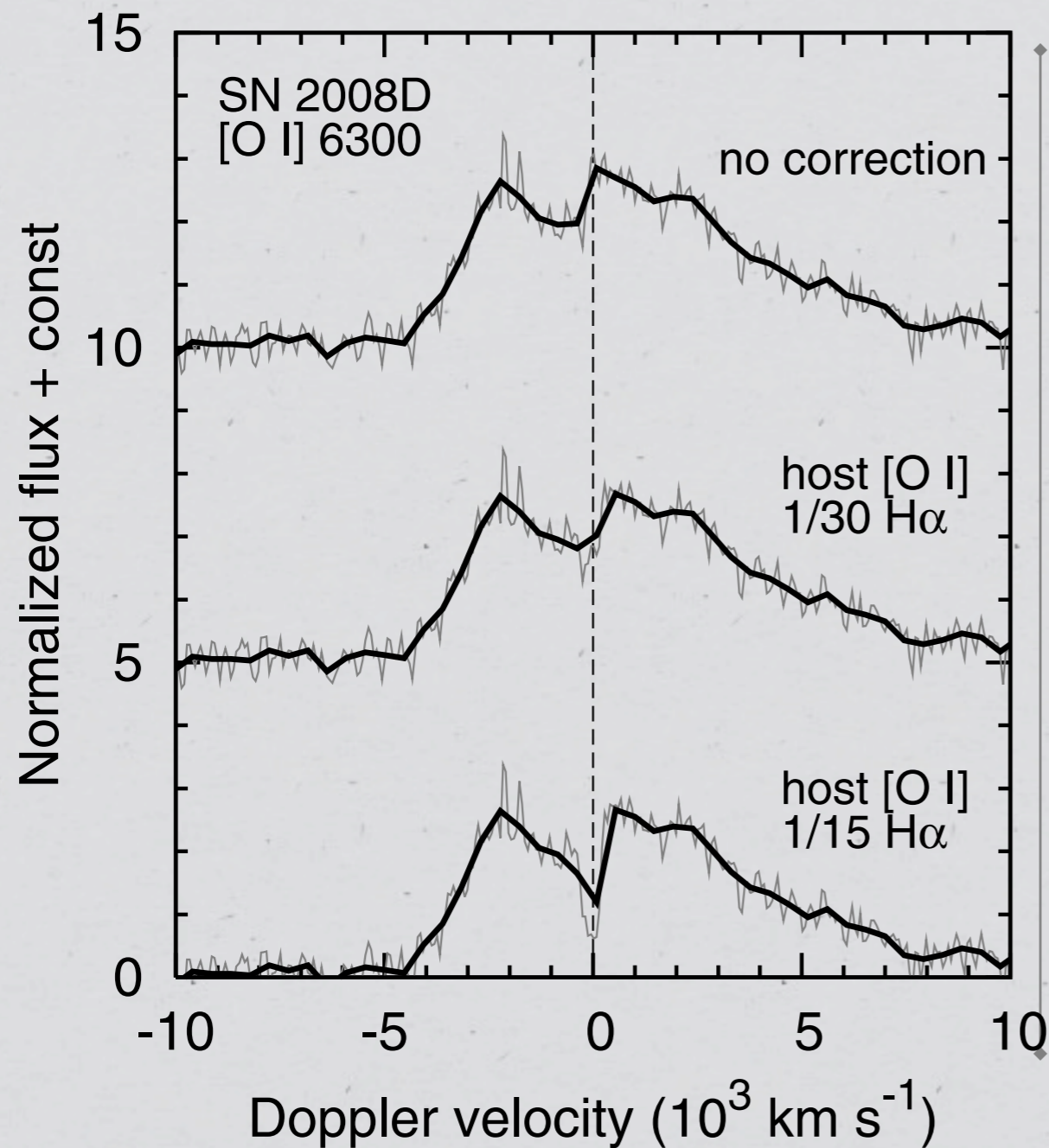


SN 2008D

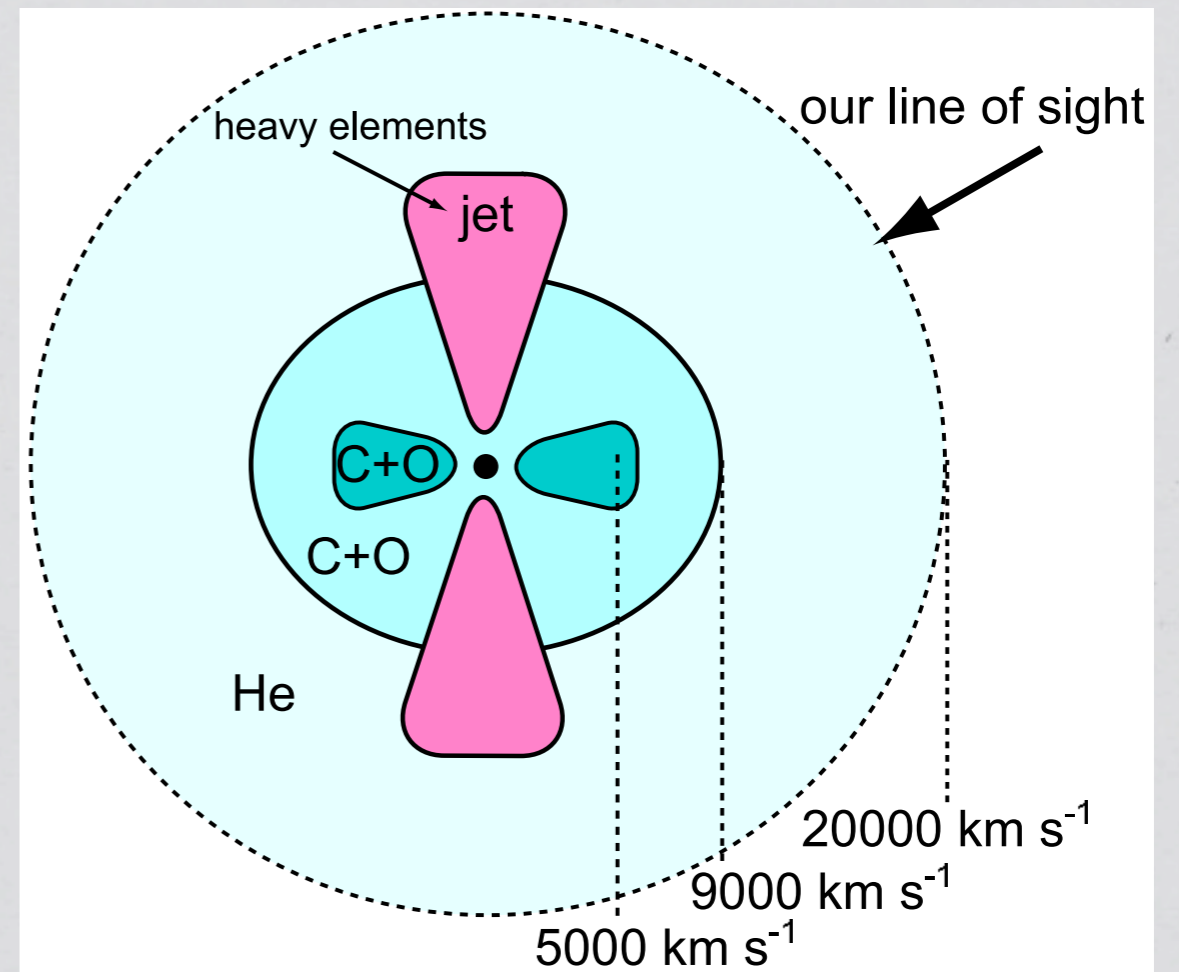
- * 形から判断すると
- * 対称軸と垂直方向から観測
- * $\alpha=0.5, \theta=\pi/2$
- * Nebular phase spectrum
- * double peak OI line
- * Tanaka+ 2009
- * 対称軸と垂直方向から観測



Nebular phase spectrum



Tanaka+ 2009

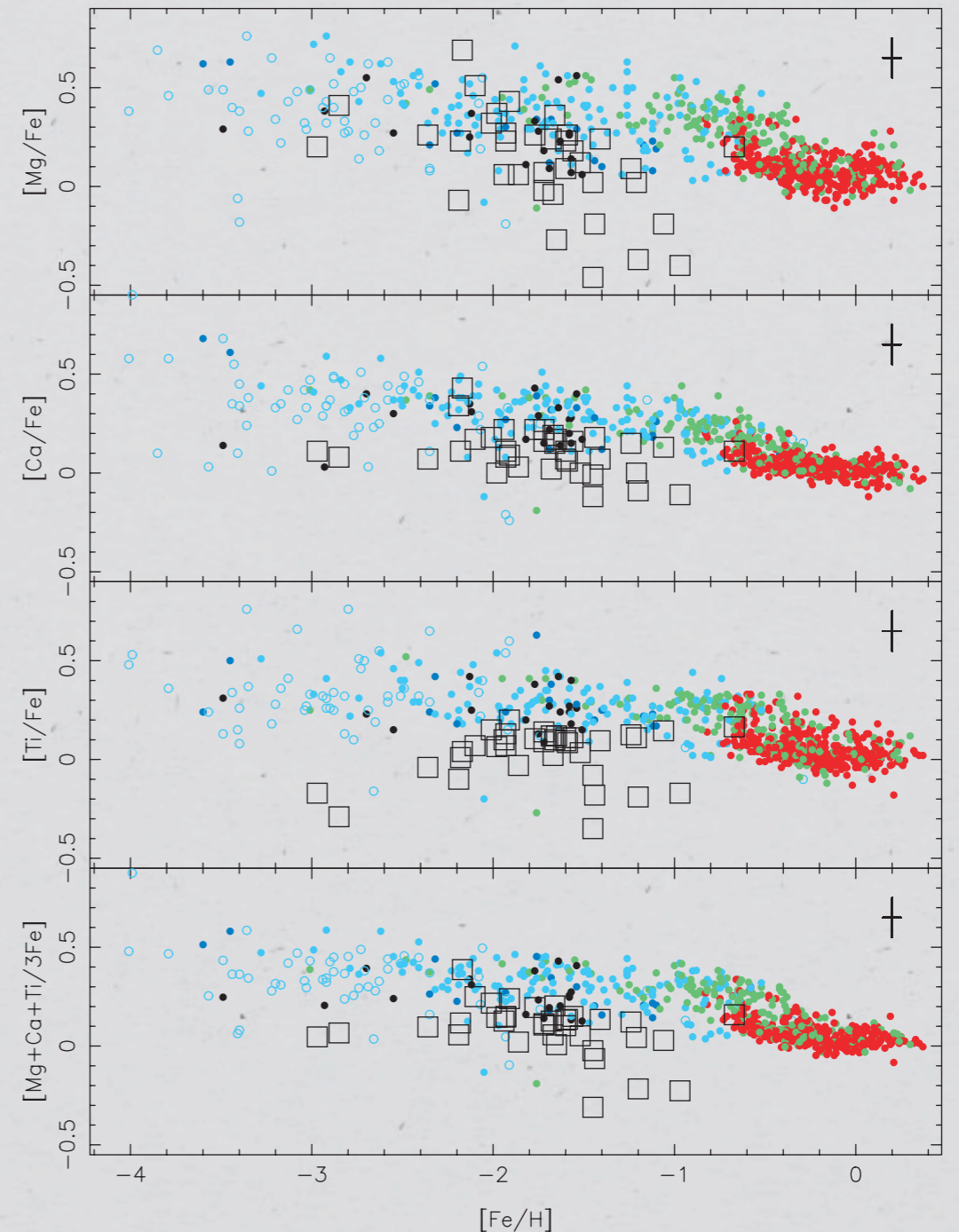


1. GRB と矮小銀河

矮小銀河の星の元素組成

Venn+ 2004

- * □が矮小銀河の星
- * 他の点は銀河系の星
- * 矮小銀河の星は鉄が多い
- * SNe Iaの寄与?



酸素とマグネシウムの比

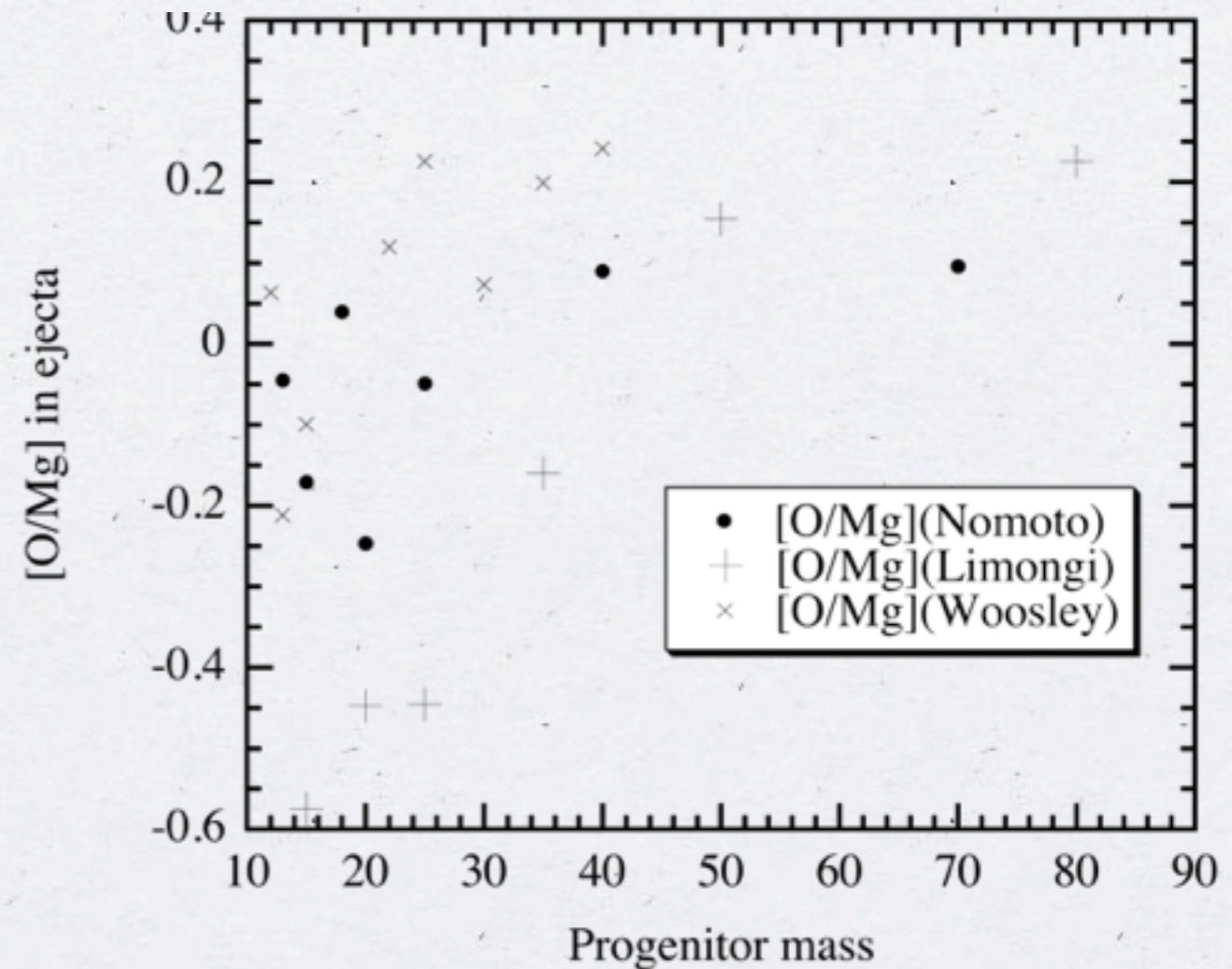
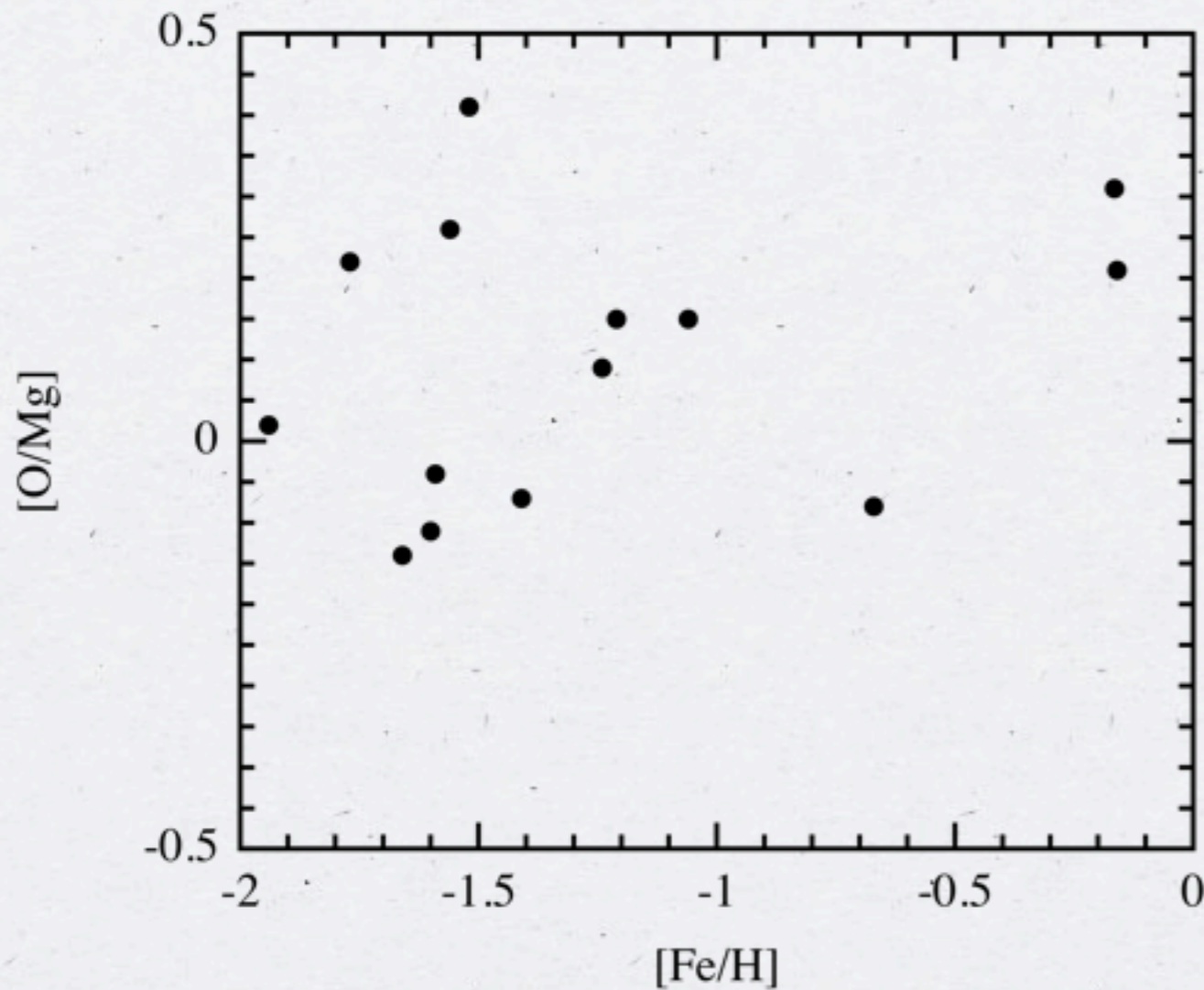
観測とモデルの比較



$[O/Mg] \sim 0$ in SNe Ia

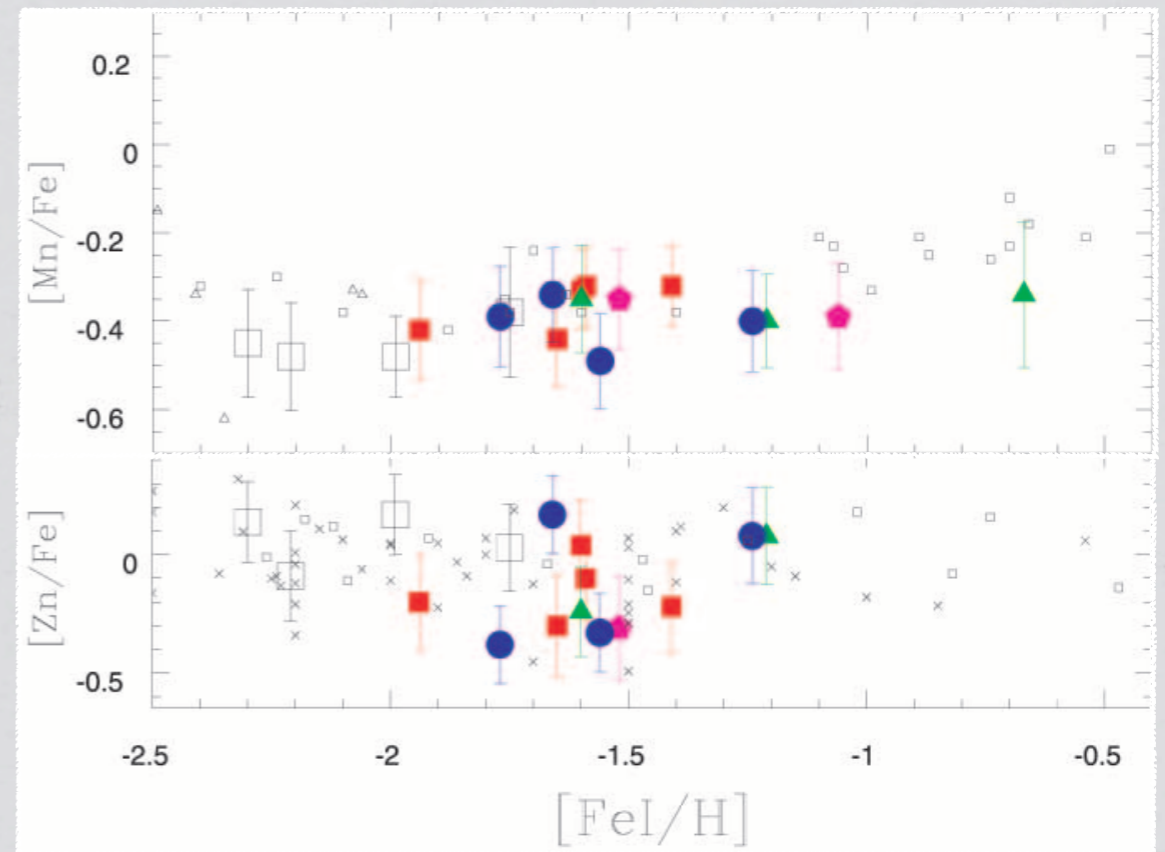
Iwamoto+ 1999

Shetrone+ 2003



SNe Iaの元素合成?

- * 観測 $[\text{Mn}/\text{Fe}] < 0$
- * $[\text{Mn}/\text{Fe}] \sim 0$ in SNe Ia



Shetrone+ 2003

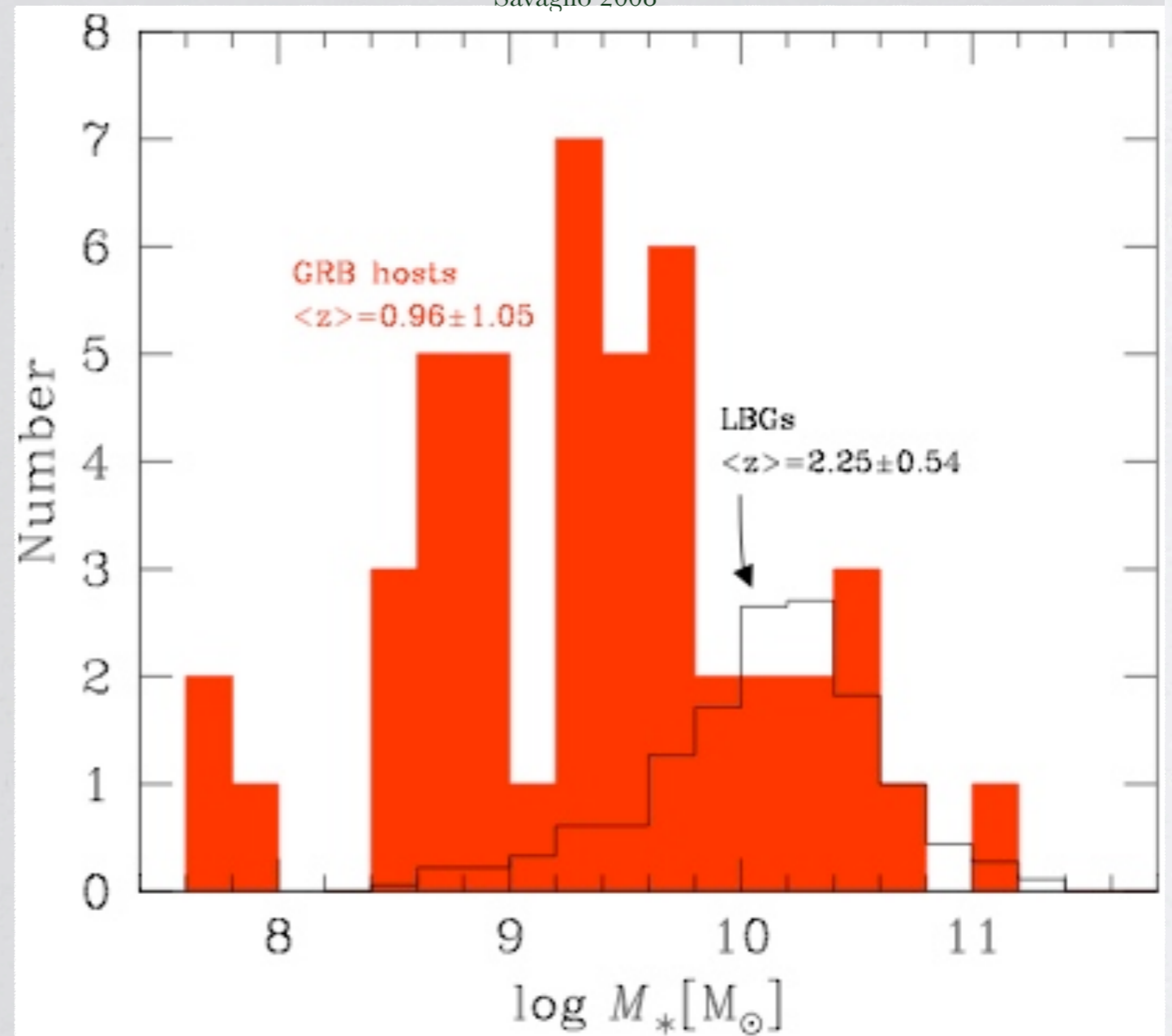
GRB host galaxies

* GRB host galaxies

* 暗い銀河

* metal-poor

Savaglio 2008



dSph銀河でのGRB 元素合成

- * 近傍dSph銀河の星の元素組成の起源はGRBか?
- * GRBは非球対称性の強い超新星(SNe Ic)が起源
- * 非球対称超新星での元素合成
 - * 軸対称爆発 $v_r \propto r(1 + \alpha \cos 2\theta) / (1 + \alpha)$
 - * Nagataki+ 1997
 - * $E=10^{52}$ erg, $M_0=40 M_\odot$, $M_{ej}=14 M_\odot$, $M_{rem}=2.4 M_\odot$
 - * No H-rich envelope, No He envelope

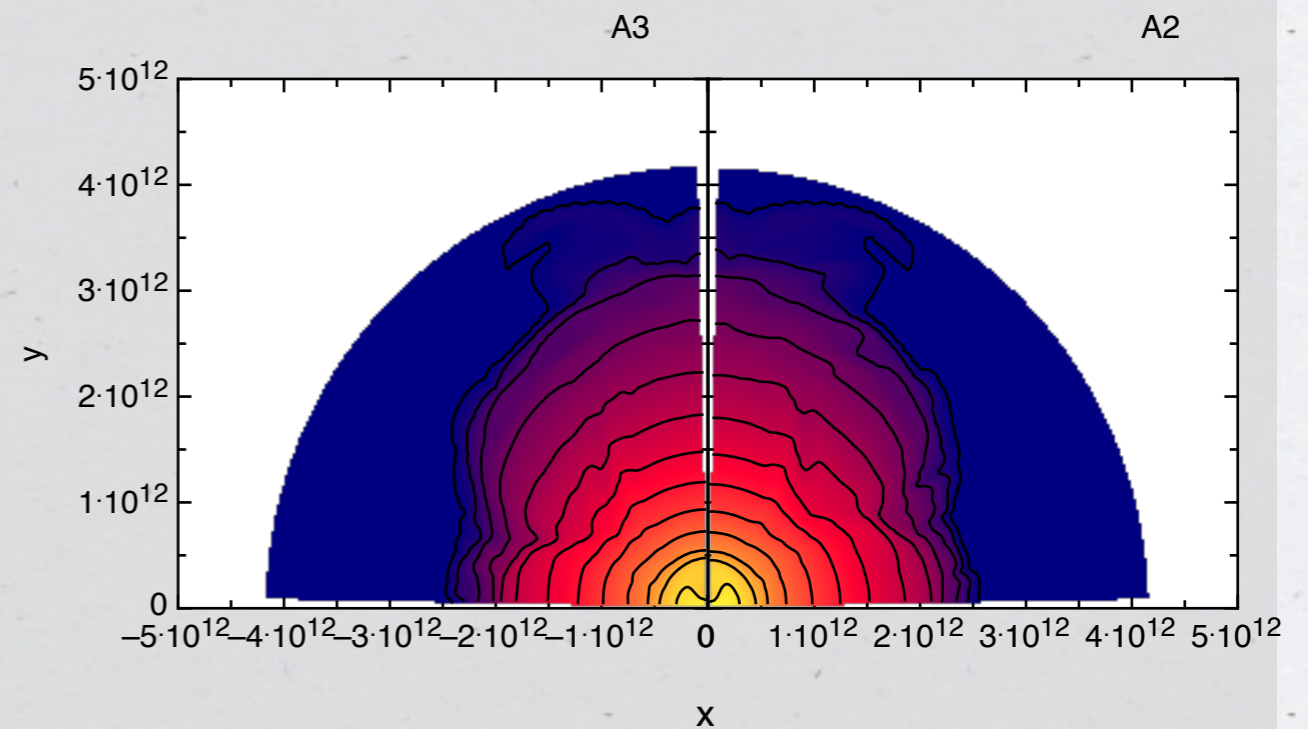
結果

* A3 $\alpha=7/9$

* $v(\theta=0): v(\theta=90^\circ): 16:9$

* A2 $\alpha=3/5$

* $v(\theta=0): v(\theta=90^\circ): 8:5$



原子核反応

- * 1266核種の反応
- * 反応率
 - * Angulo+ 1999
 - * Rauscher + 2008
- * 反応式はfully implicitに積分
 - * テスト粒子(200x20)の $Q(t)$, $T(t)$ を記憶
 - * post processとして計算
 - * $Y_e = \text{constant parameter}(=0.499)$

Z	A	Z	A
n	1	K	29-70
H	1-3	Ca	30-73
He	3,4,6	Sc	32-76
Li	6-9	Ti	34-80
Be	7-12	V	36-83
B	8,10-14	Cr	38-86
C	9-18	Mn	40-89
N	11-21	Fe	42-92
O	13-22	Co	44-96
F	14,16-26	Ni	46-99
Ne	15-41	Cu	48-102
Na	17-44	Zn	51-105
Mg	19-47	Ga	53-108
Al	21-51	Ge	55-112
Si	22-54	As	57-115
P	23-57	Se	59-118
S	24-60	Br	61-121
Cl	26-63	Kr	63-124
Ar	27-67		

Table. I: Nuclei included in the reaction network.

元素組成の方向依存性

* 組成は放出方向によって異なる

* $\theta \sim 0$

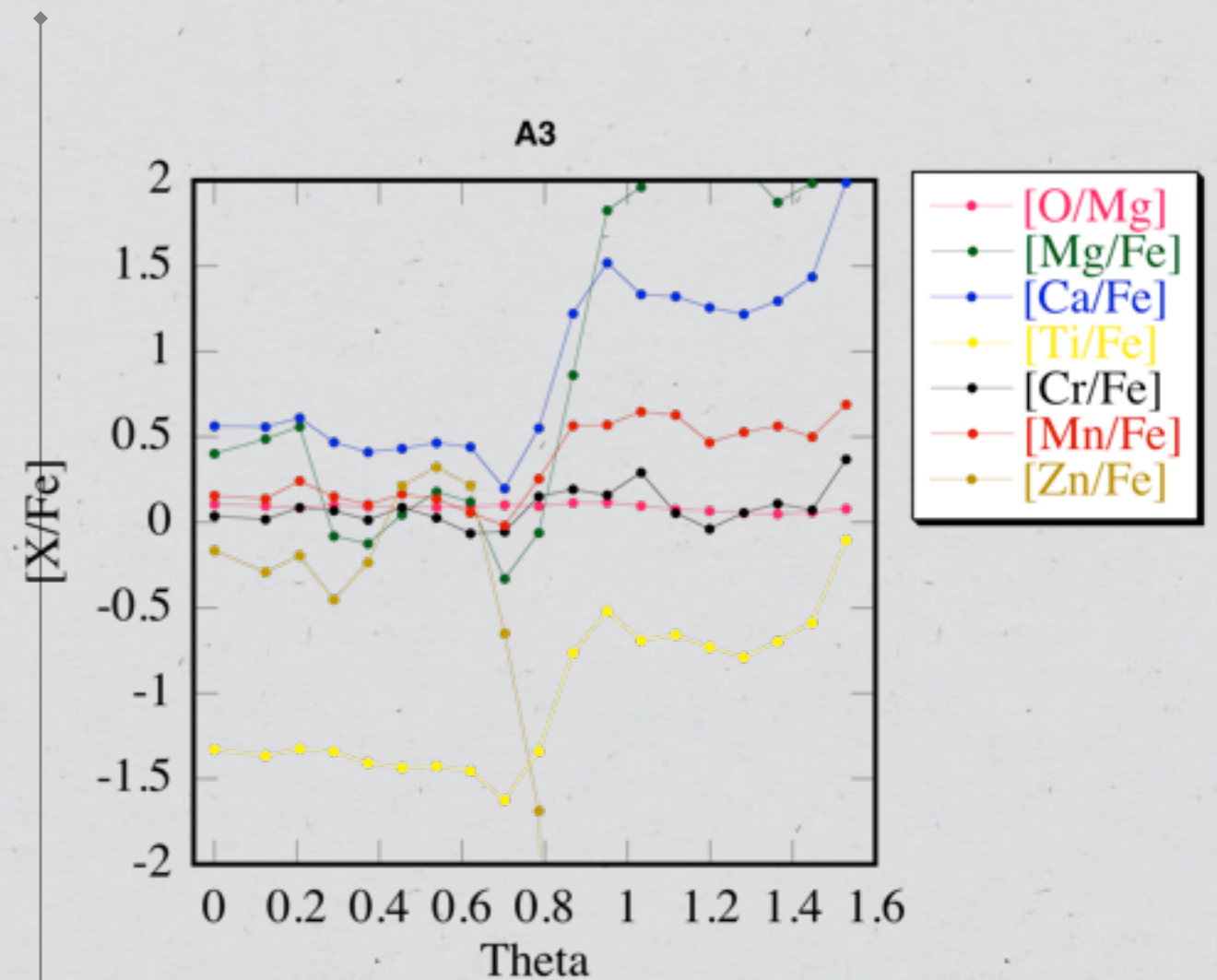
* 鉄族が多い

* T_{peak} が高い

* $\theta \sim 90$

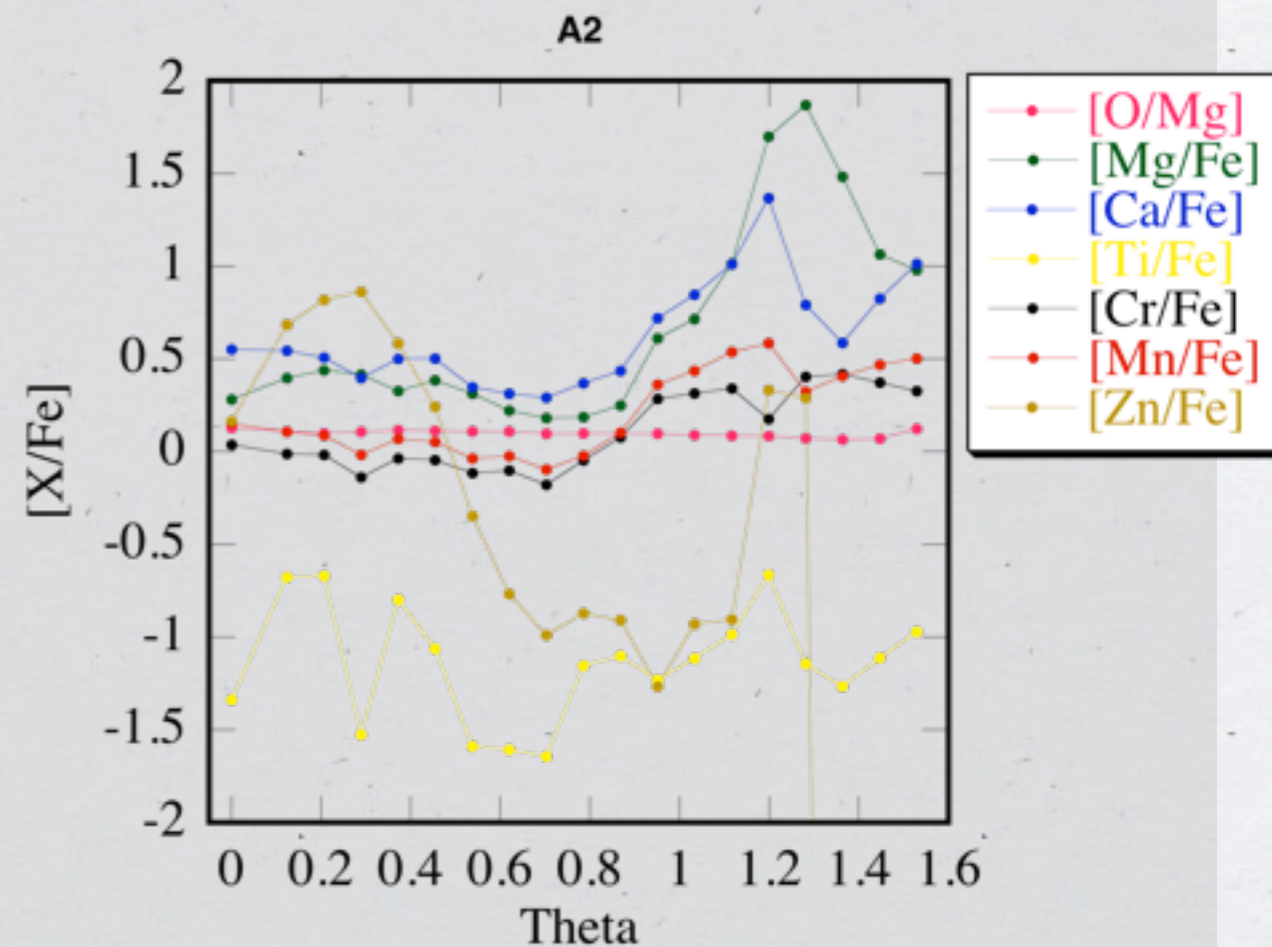
* 鉄族元素が少ない

* T_{peak} が低い



元素組成の方向依存性

- * O/Mg
 - * 方向に依存しない
 - * 爆発前の元素合成
 - * 爆発した星の質量の指標
- * Zn/Fe
 - * $\theta \sim 0-0.6$ 観測値に近い
- * Mn/Fe
 - * 高すぎる ($Y_e=0.499$)
 - * $Y_e=0.5 \Rightarrow [\text{Mn}/\text{Fe}] \sim -1.2$ 。低すぎる



次世代の星に

* 星間物質との混合過程

* 放出方向による違いがどう変化するか

* 掃き集めるガスの量は?

* [Fe/H]?

* 球対称爆発: $M_{\text{H}} \sim 5 \times 10^4 M_{\odot} (E/10^{51} \text{ erg})^{0.97}$

爆発のさせ方

- * 中心に残る残骸(中性子星またはブラックホール)の質量を仮定
- * 爆発機構の情報を引き出せるか