GRB-SNと関連があるIb型超新星 SN 2012au

"A Luminous and Fast-Expanding Type Ib Supernova SN 2012au"
Takaki et al. ApJ, 772L, 17T

高木勝俊（広島大学）

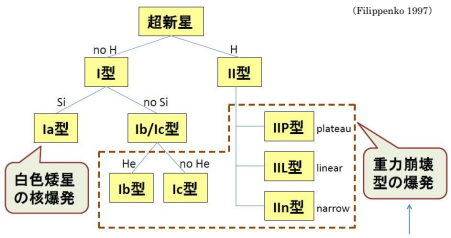
川端弘治（広島大学）、山中雅之（京都大学）、
前田啓一（東京大学）、田中雅臣（国立天文台）、 ほか13名

2013年 8月 1–3日 2013年度岡山ユーザーズミーティング＠倉敷市立美術館

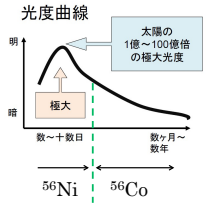
Introduction

What is Supernova

星が一生の最期に起こす大爆発
スペクトルの特徴で分類する
(Filippenko 1997)



光度曲線



これらがガンマ線を出し、
内部の物質と相互作用して、
可視域にピークが来る

重い星が、進化の最後に重力崩壊を起こし、周りの
ガスが硬い中心コアにぶつかって跳ね返って吹き飛ぶ

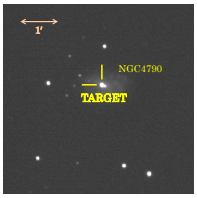
SNe Ibc の特徴

- 重力崩壊型の爆発である
- H (or/and He)の外層がすでに剥ぎ取られている
- 親星の恒星風？連星系の効果？
- Ic型の一部にGRBに付随して現れるもの ＝ hypernova (GRB-SN)
  これまでSNe Ibでの関連は確認されていない

これらの解明に迫るためには、
発見直後からの可視光での
モニターが最有力である！

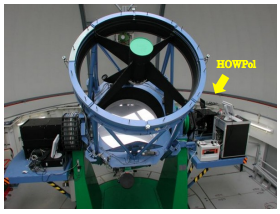
Observation

Type Ib SN 2012au



2012年3月14日発見
RA ： 12:54:52.2, Dec ： −10:14:50.2
母銀河 ： NGC 4790
(23.6Mpc, m−M=31.87, z=0.00551)
(Theureau 2007)

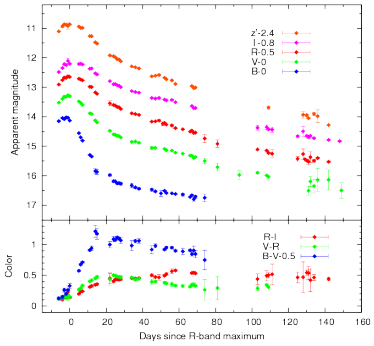
1.5m かなた望遠鏡 ＋ HOWPol



3月15日～8月19日まで測光分光観測
HOWPol (Kawabata 2008)
測光 ： B, V, R_c, I_c, z'
分光 ： R~400

Results

Light Curves

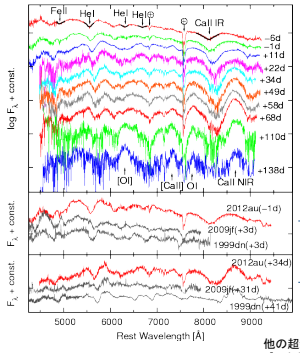


極大 等級　R_{max} ＝ 13.1 mag
絶対等級 M_R_{max} ＝−18.7 ± 0.2 mag

Li 2011; SNe Ib/c average −16.1 ± 1.2 mag
Drout 2011; SNe Ib average −17.9 ± 0.9 mag

Ib型としてはとても明るい！

Spectra



He, Ca, Feが
特徴的

P-Cygni Profile

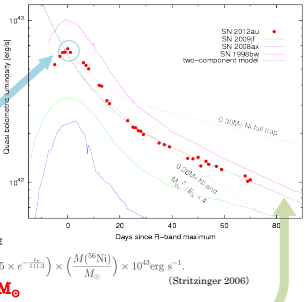
O, Caなどの輝線

他の超新星よりもHeの吸収
ピークが青い側に寄っている

外層膨張速度が大きい！

56Ni Mass

Bolometric Luminosity



BVRIバンドが全エネルギーの60%であると仮定
(Tomita 2006)

極大光度：
6.7×10^{42} [erg/s]

08ax, 09jf などの他の
SNe Ibよりも大きい！
98bwにも近い値！

輻射光度は^{56}Niの量に依存

$$L_{max} = \left(6.45 \times e^{-\frac{t_R}{8.8}} + 1.45 \times e^{-\frac{t_R}{111.3}}\right) \times \left(\frac{M(^{56}\mathrm{Ni})}{M_\odot}\right) \times 10^{43} \mathrm{erg\ s^{-1}},$$

(Stritzinger 2006)

→ $M(^{56}Ni) = 0.30 M_\odot$

Model Fitting

2成分モデル
(Maeda 2003)

外側と内側で密度が異なることを
仮定してモデルフィッティングする

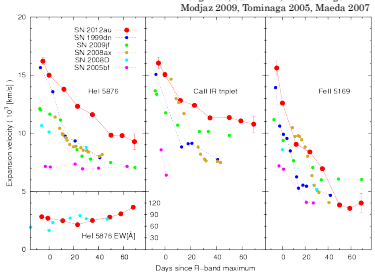
		12au	98bw
外側	M(^{56}Ni)	0.12	0.44
	tau	2	1
内側	M(^{56}Ni)	0.14	0.11
	tau	20	26

SN 1998bwと同じような
密度構造。中心部の密度
がとても高い！

Other Explosion Parameters

Line Velocities

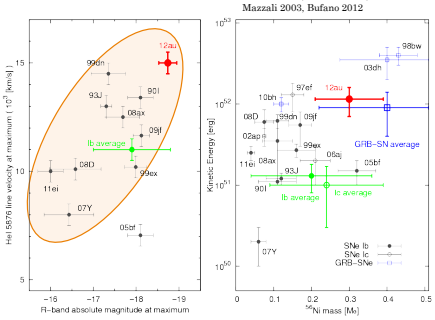
Deng 2000, Sahu 2011, Taubenberger 2011
Modjaz 2009, Tominaga 2005, Maeda 2007



HeとCaは他のSNe Ibより速そう

Comparison

Elmhamdi 2004, Young 1995, Benetti 2011, Stritzinger 2002, Tominaga 2005, Maeda 2007, Stritzinger 2009, Tanaka 2009, Taubenberger 2011, Sahu 2011, Milisavljevic 2013, Branch 2002, Drout 2011, Mazzali 2000, Mazzali 2002, Mazzali 2006, Nakamura 2001, Mazzali 2003, Bufano 2012



極大での絶対等級
vs. 極大でのHe速度

正の相関がありそう！

^{56}Ni生成量
vs. 爆発エネルギー

Ib/Ic の average よりも
むしろ GRB-SN の average に近い！

Parameters

$$t_r \propto \kappa^{1/2} \cdot M_{ej}^{3/4} \cdot E_k^{-1/4}$$
$$v \propto E_k^{1/2} \cdot M_{ej}^{-1/2}$$

t_r ： 爆発から極大までの日数
κ ： 吸収係数(温度や元素に依存)
M_{ej} ： 総ejecta質量
E_k ： 爆発エネルギー
v ： 外層の膨張速度
(Arnett 1982)

SN 2008Dを用いてスケーリング
(Tanaka 2009)

$M_{ej} = 5\sim7 M_\odot$
$E_k = (7\sim18)\times10^{51}$[erg]

SN 2012auはIb型だが、hypernovaに
似た観測的特徴をもつ天体である！

Summary

分かったこと

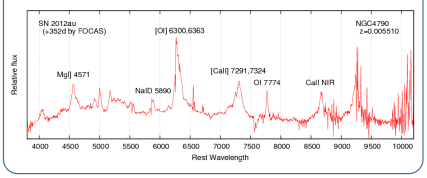
光度曲線から → すごく明るい

スペクトルから → すごく速い

hypernovaとの類似点が多い
- 総輻射光度が98bwに近い
- 98bwに似た密度構造
- 爆発パラメータがhypernovaに近い

Ib型における、normal-SNとGRB-SNとの
リンクになり得る天体ではないだろうか！？

※主に後期データから導いた同様の結論がMilisavljevic 2013で報告されている

Bonus

+352d すばるで撮ったスペクトル