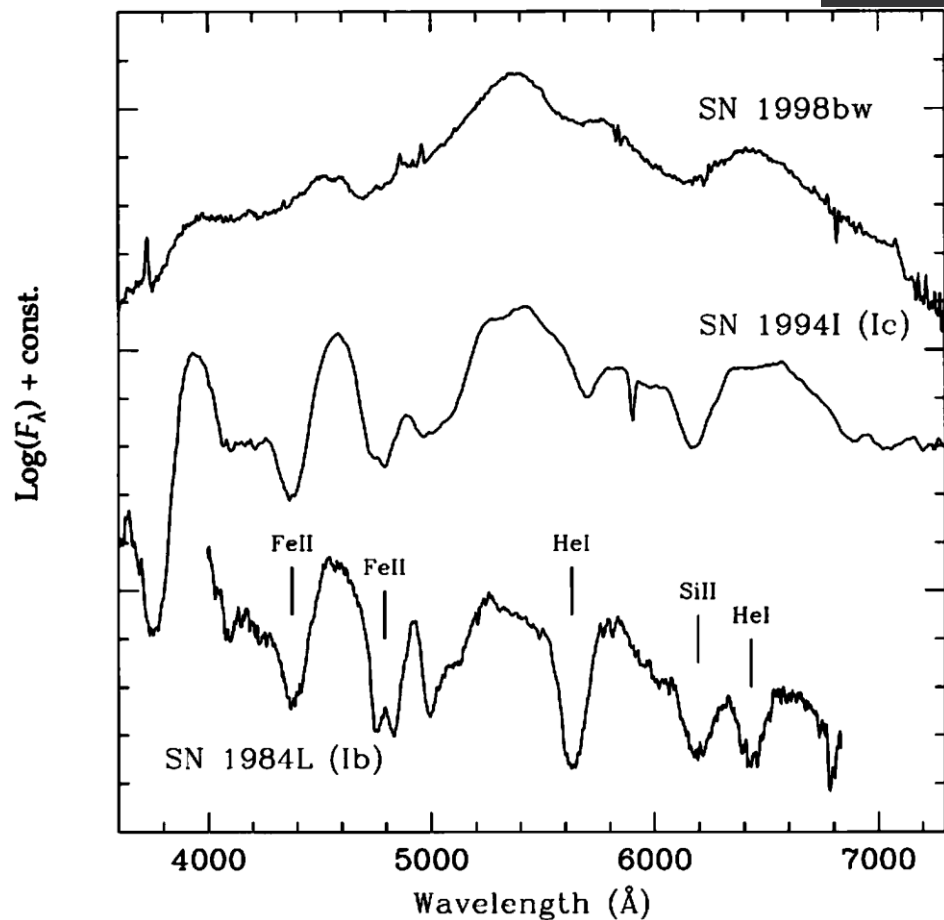
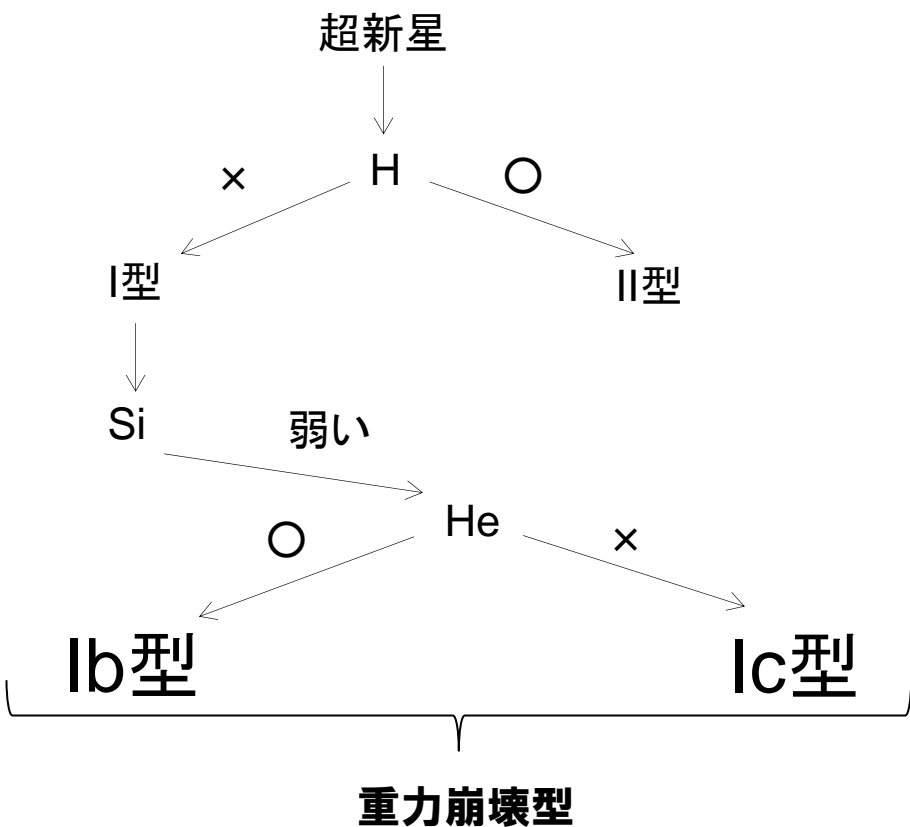


速い減光を示した 極超新星SN 2014asの観測

広島大学 大坪一輝（山中雅之、川端弘治、高木勝俊、
中岡竜也、川端美穂、河原直貴）

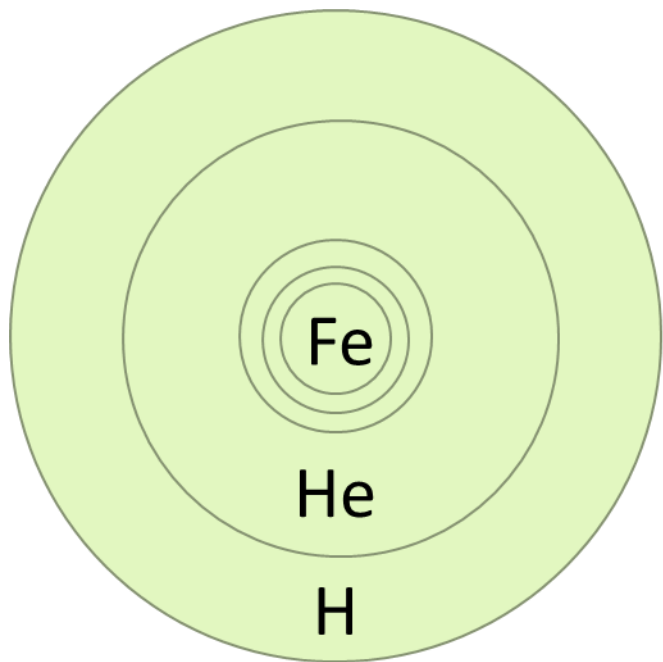
Ib/c型超新星



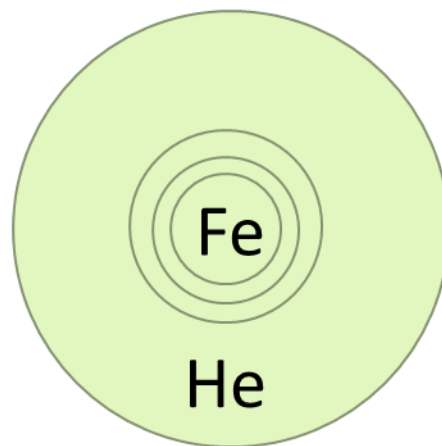
Galama et al. 1998

極超新星は、ガンマ線バーストに付随して発見される事もあり、
起源が大質量星であると示された重要な天体。

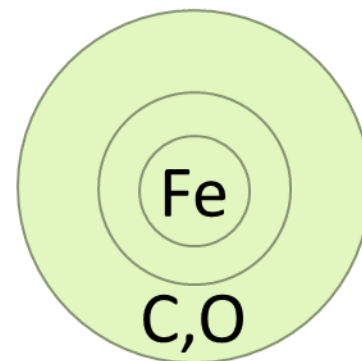
剥ぎ取られた超新星の外層



II型超新星



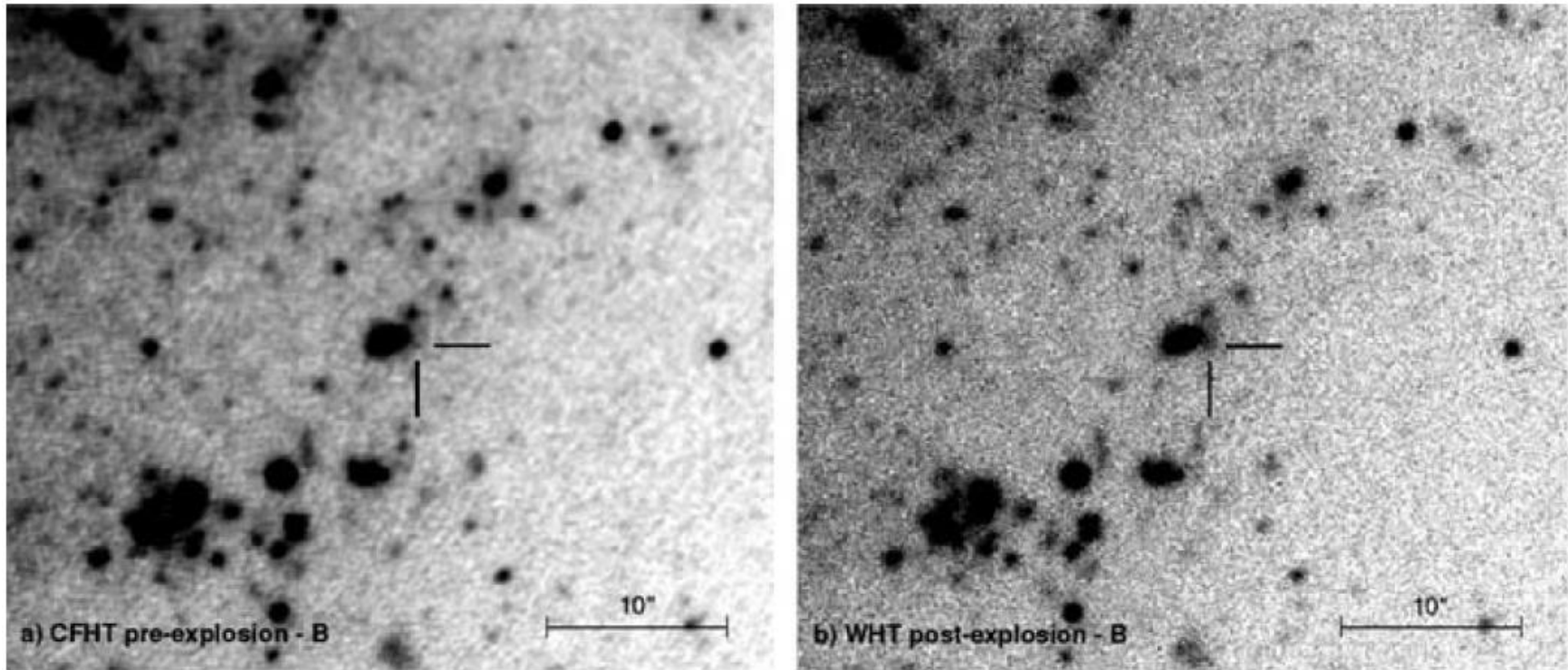
Ib型超新星



Ic型超新星

初期質量重い？

極超新星の親星：過去画像の解析



Crockett et al. 2007

Type Ic SN 2002apの爆発前（左図）と爆発後（右図）の画像

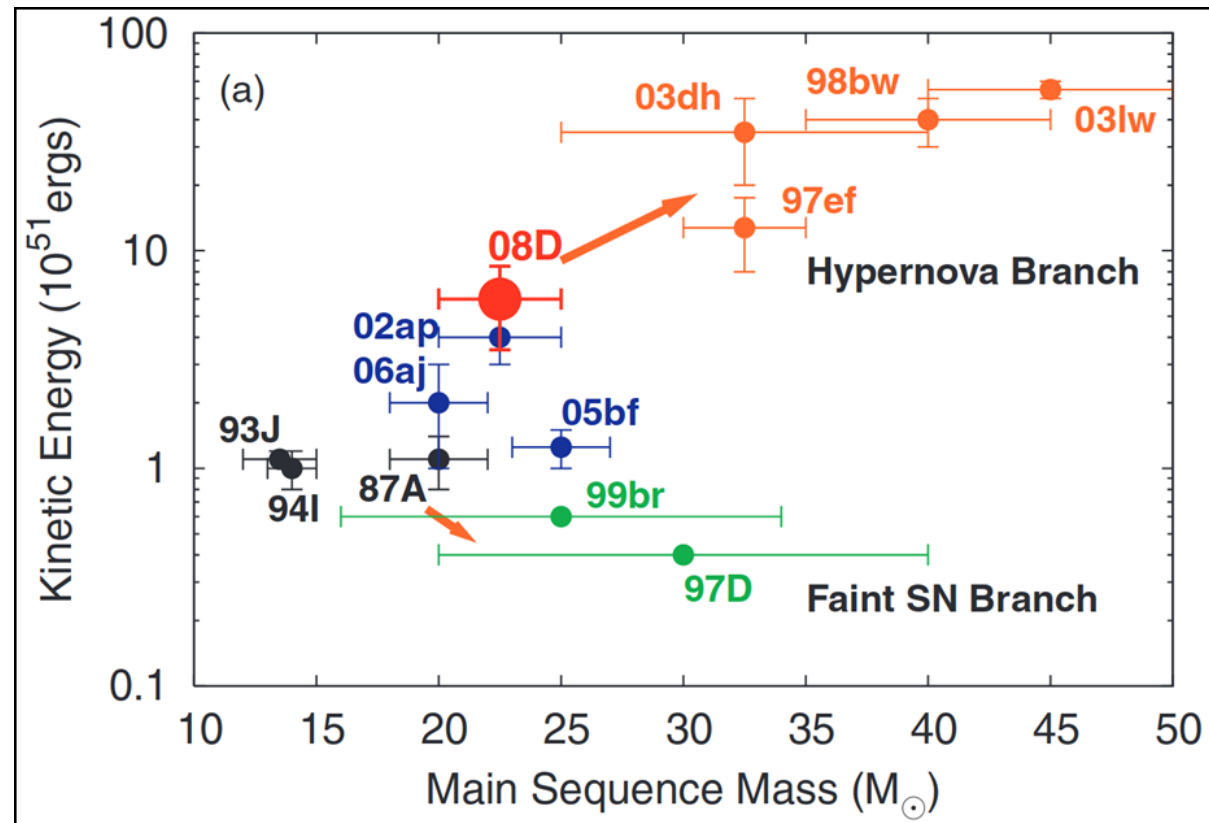
Ib/c型の親星の検出例はほぼ無い。
外層が剥ぎ取られコンパクトである事に一致。
→親星の正体不明

親星質量を観測データから類推する

我々に有利な点

ライトカーブとスペクトル

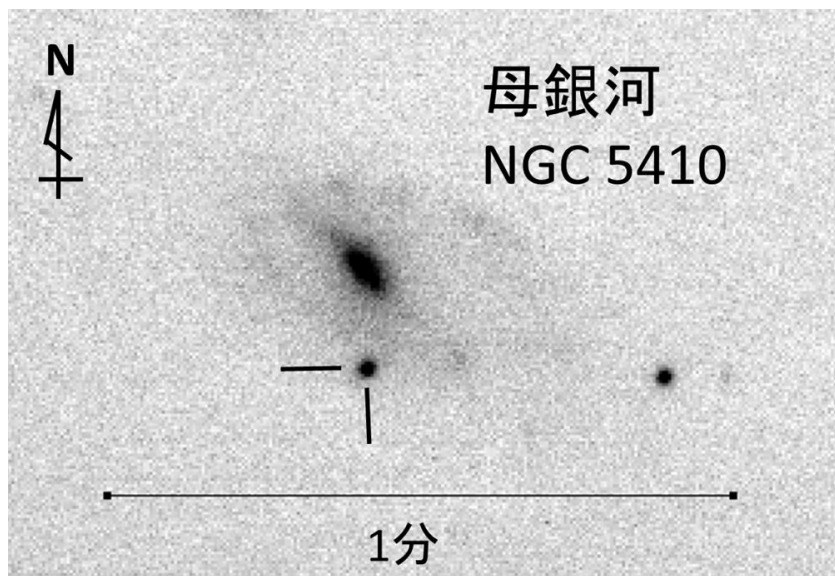
→運動エネルギー及び噴出物質質量(E_k, M_{ej})



モデル計算に基づく超新星の親星初期質量と爆発エネルギー (Tanaka et al. 2009)

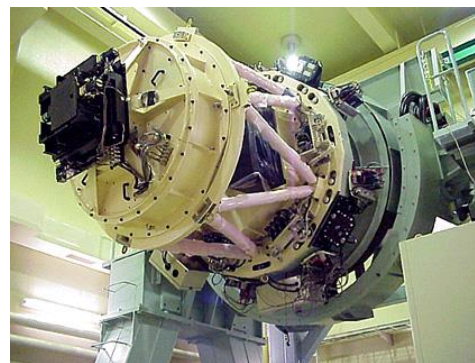
SN 2014as

- 2014年4月18日に発見。初期の極超新星と似ていると報告された。
- かなた望遠鏡（1.5m鏡）を用いて、4月21日から7月1日までの16夜BVRIバンド測光及び分光観測を実施。
- 極大光度からおおよそ100日後に、すばる望遠鏡でも観測を実施。
- 比較的近傍の極超新星。この距離での発見、2,3年に1つ程度。

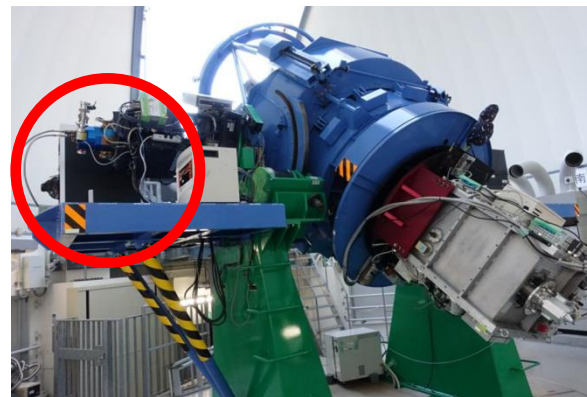


HOWPolで取得された
SN 2014asの視野（Rバンド）

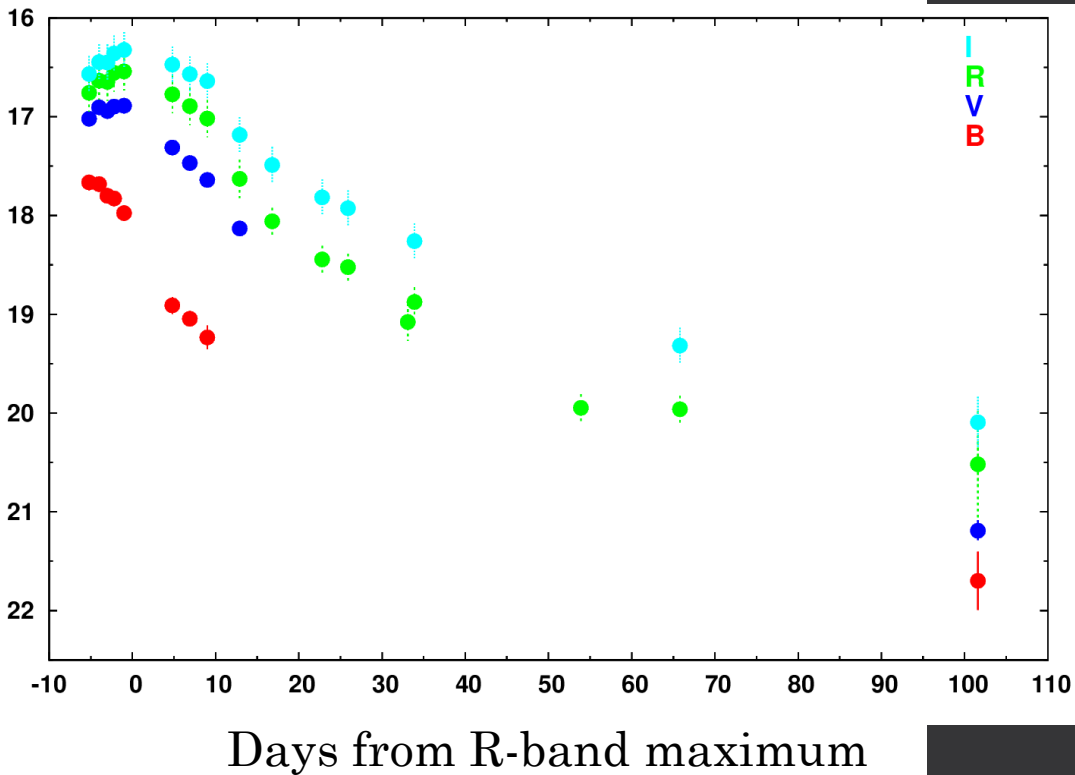
FOCAS
波長分解能
R=1000



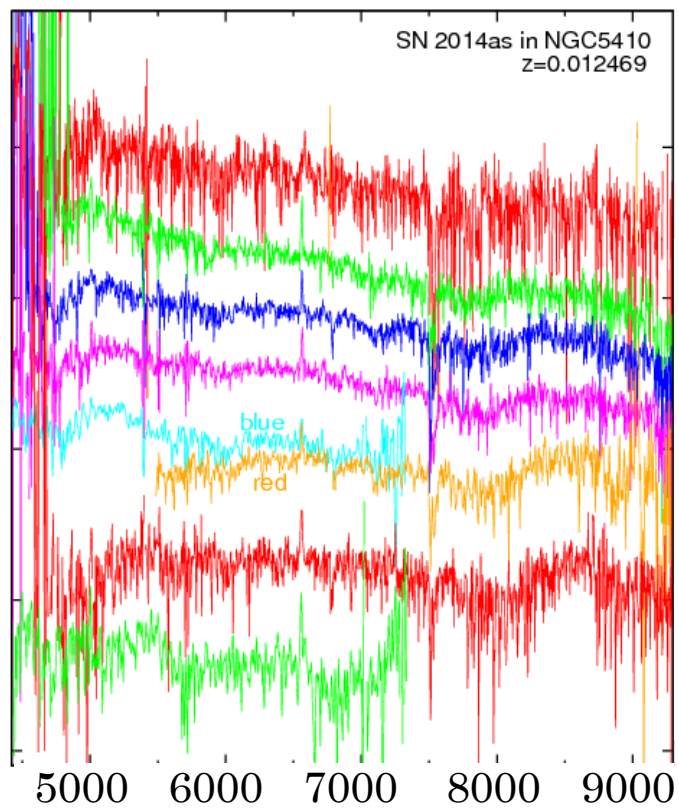
HOWPol
波長分解能
R=400



ライトカーブ及びスペクトル進化概観

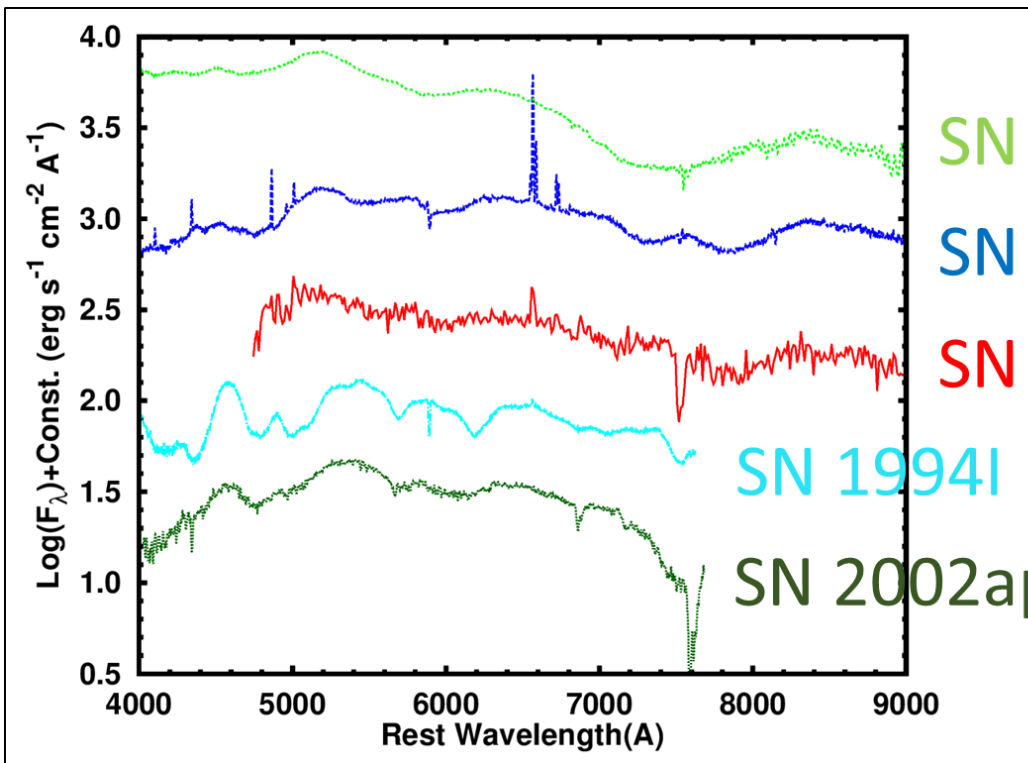


SN 2014asの各バンドのライトカーブ



SN 2014asの
スペクトルの時間変化

他の極超新星及びIc型との比較



SN 1998bw (Asiago SN Group)

SN 2009bb (Pignata et al. 2011)

SN 2014as

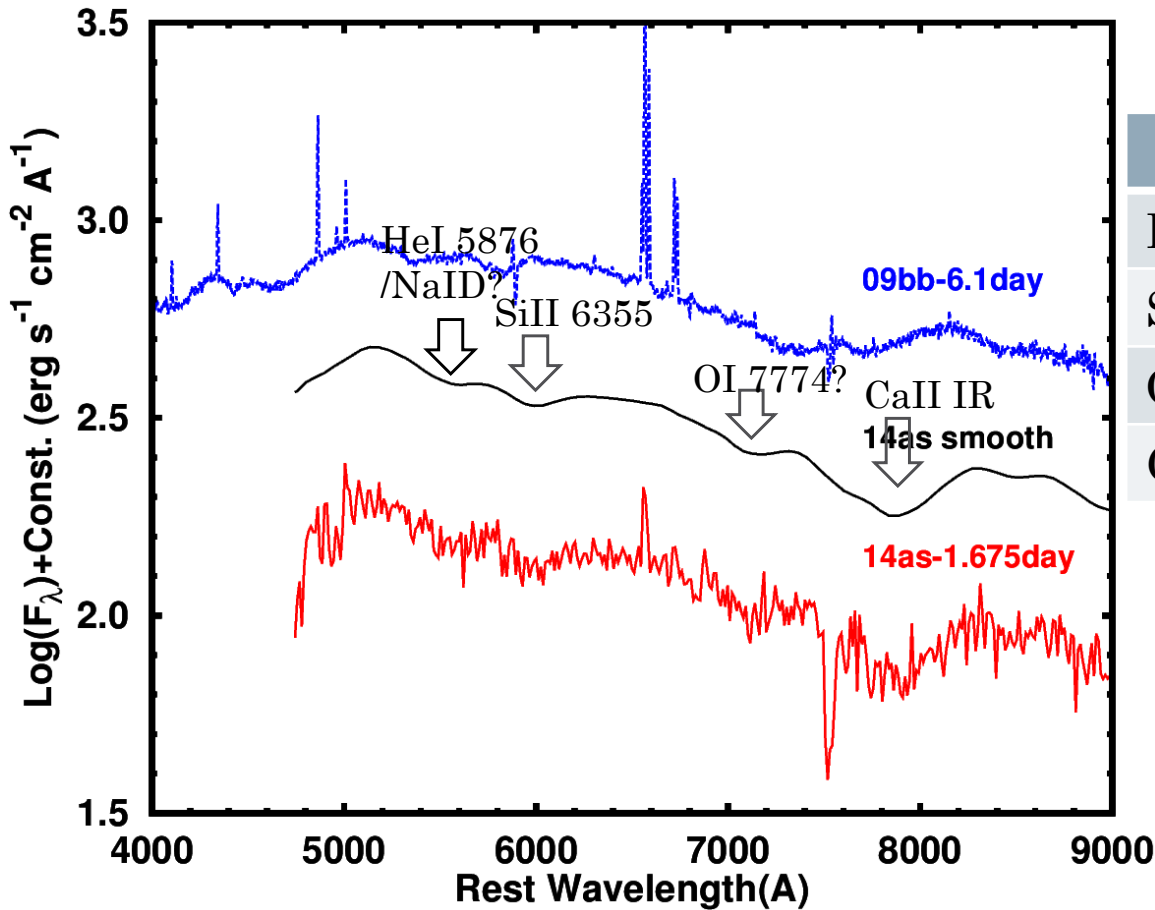
SN 1994I (Modjaz et al. 2014)

SN 2002ap (Gal-Yam et al. 2002)

他の極超新星と同様に吸収線の幅が広い。
よく知られたIcであるSN 1994Iに比べ広い。

より詳細なスペクトルの検討

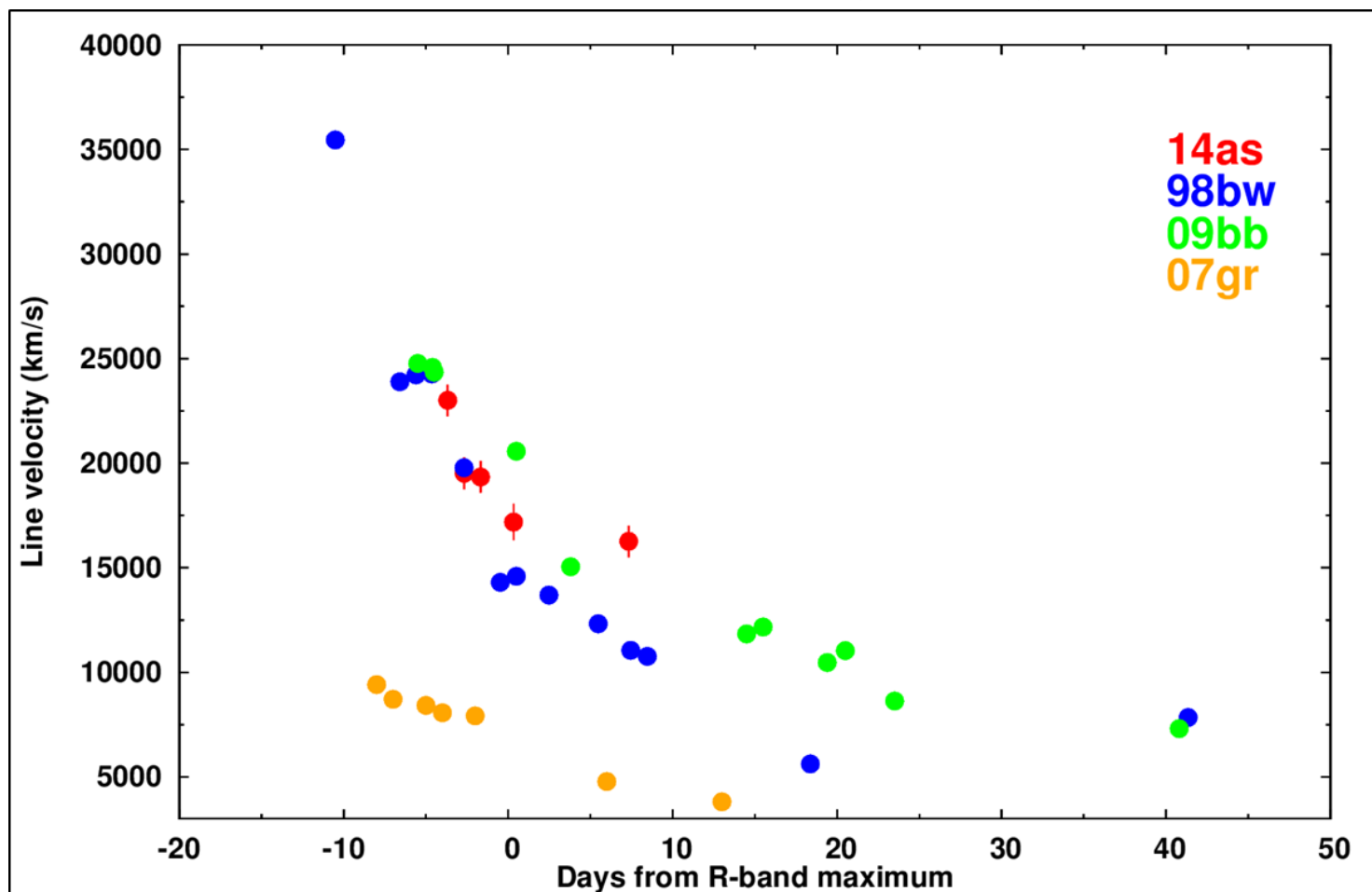
14asのスペクトルを平滑化し極超新星と比較



	線速度(km/s)
HeI/NaID	14000
SiII	17000
OI	23000
CaII IR	26000

スペクトルの形状に極超新星であるSN 2009bbとの類似性。
線速度は極超新星と似ている。

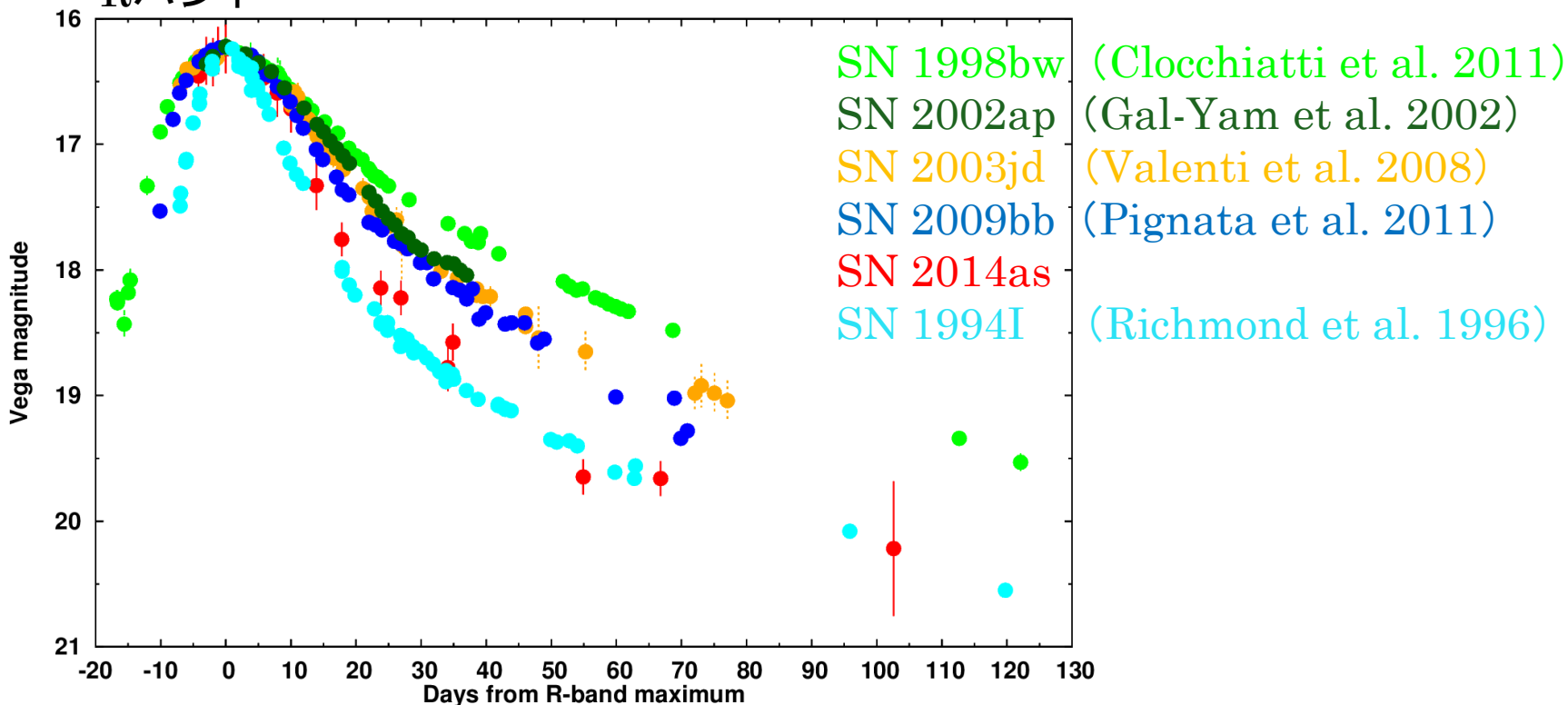
膨張速度進化(SiII)



典型的なIcであるSN 2007grに比べ非常に大きい。
極超新星の特徴にconsistent。

ライトカーブの比較

Rバンド

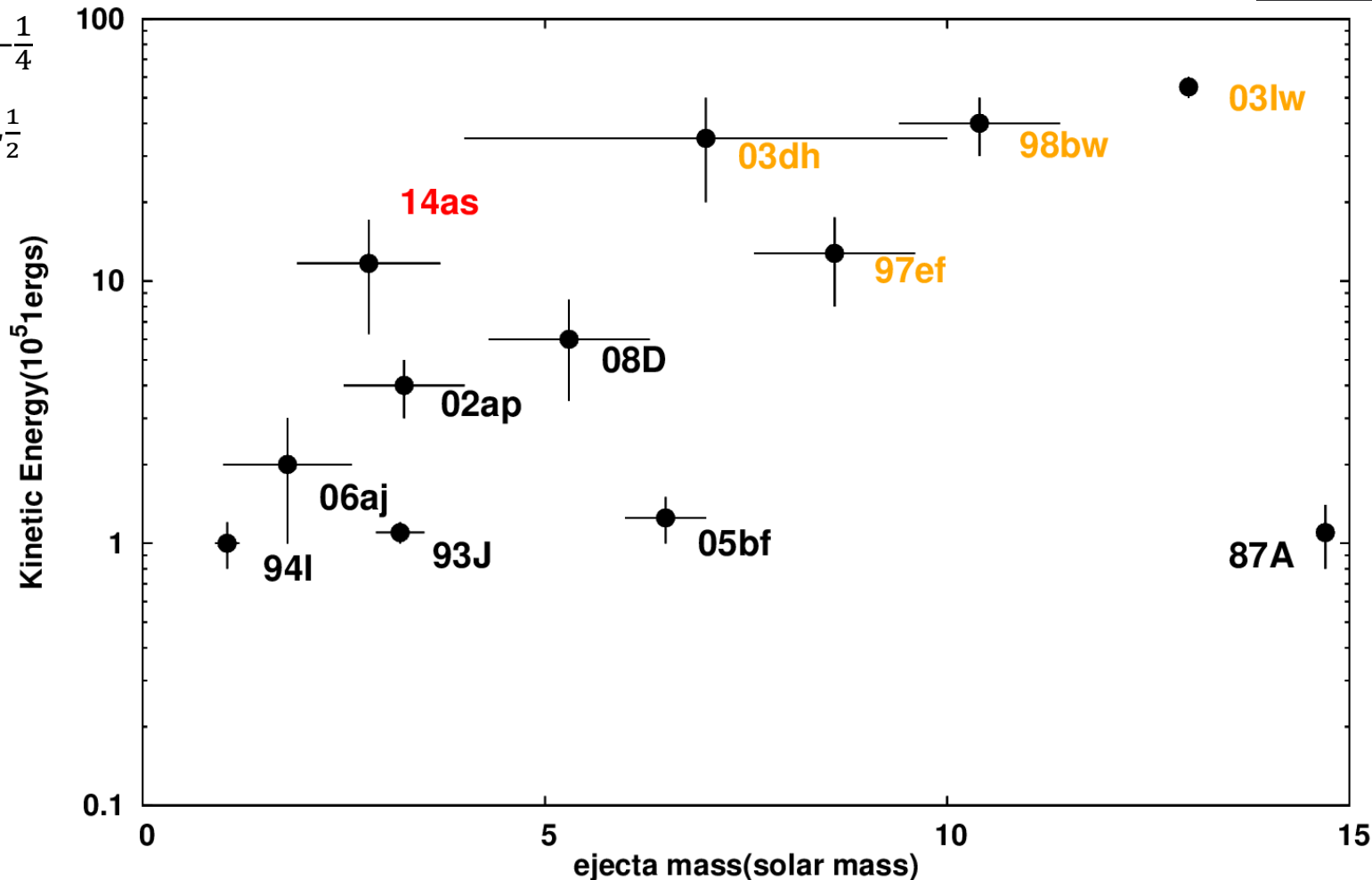


他の極超新星に見られない**急な減光を示し**
SN 1994Iと同程度の減光速度。

単純な物理に基づく ejecta mass と 運動エネルギーの見積もり

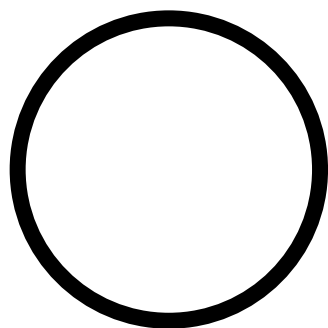
$$t \propto M^{\frac{3}{4}} \times E^{-\frac{1}{4}}$$

$$v \propto M^{-\frac{1}{2}} \times E^{\frac{1}{2}}$$

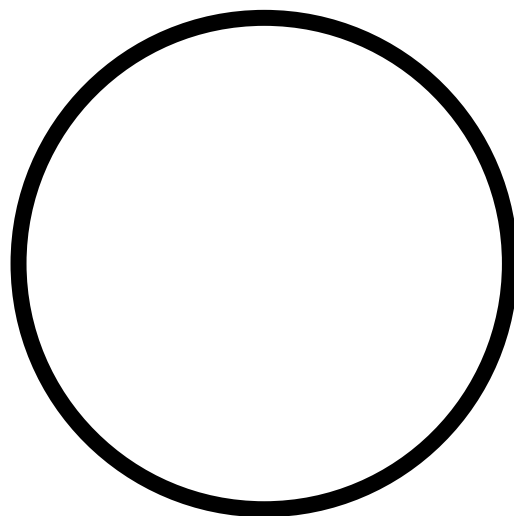


他天体はTanaka et al. 2009から引用

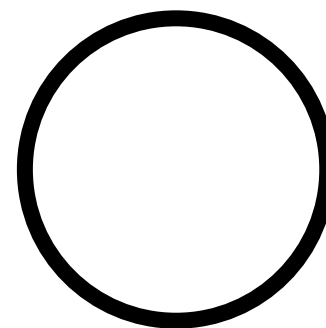
SN 2014asの描像



SN 1994I
 10^{51}erg



極超新星
 10^{52}erg



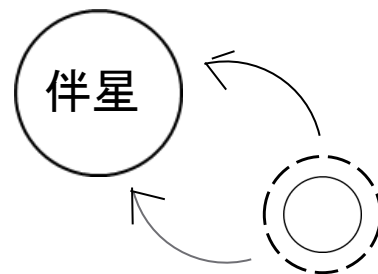
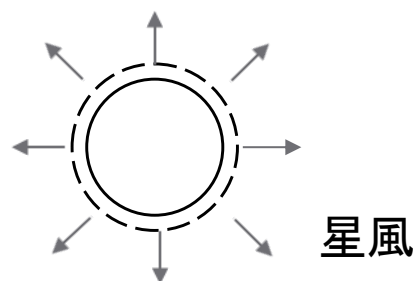
SN 2014as
 10^{52}erg

まとめ

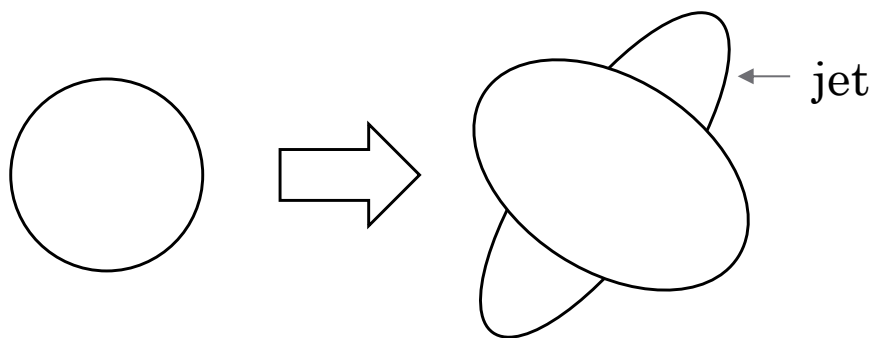
- 比較的近傍の極超新星SN 2014asの測光分光観測を行った。
- 他の極超新星と同程度の膨張速度を持つにも関わらず速い減光を示した。
- 典型的なIb/c型と同程度のejecta質量ながらも、おおよそ 10^{52} erg と大きな運動エネルギーを持っている事が分かった。
- 極超新星はその起源に多様性を持つ可能性が示唆された。

Ib/c型超新星や極超新星の親星は、外層が剥ぎ取られてコンパクトなために、観測が困難で正体がよく分かっていない。

外層が剥ぎ取られる原因については、星風によるものとする説や、連星系で伴星により剥ぎ取られた説がある。

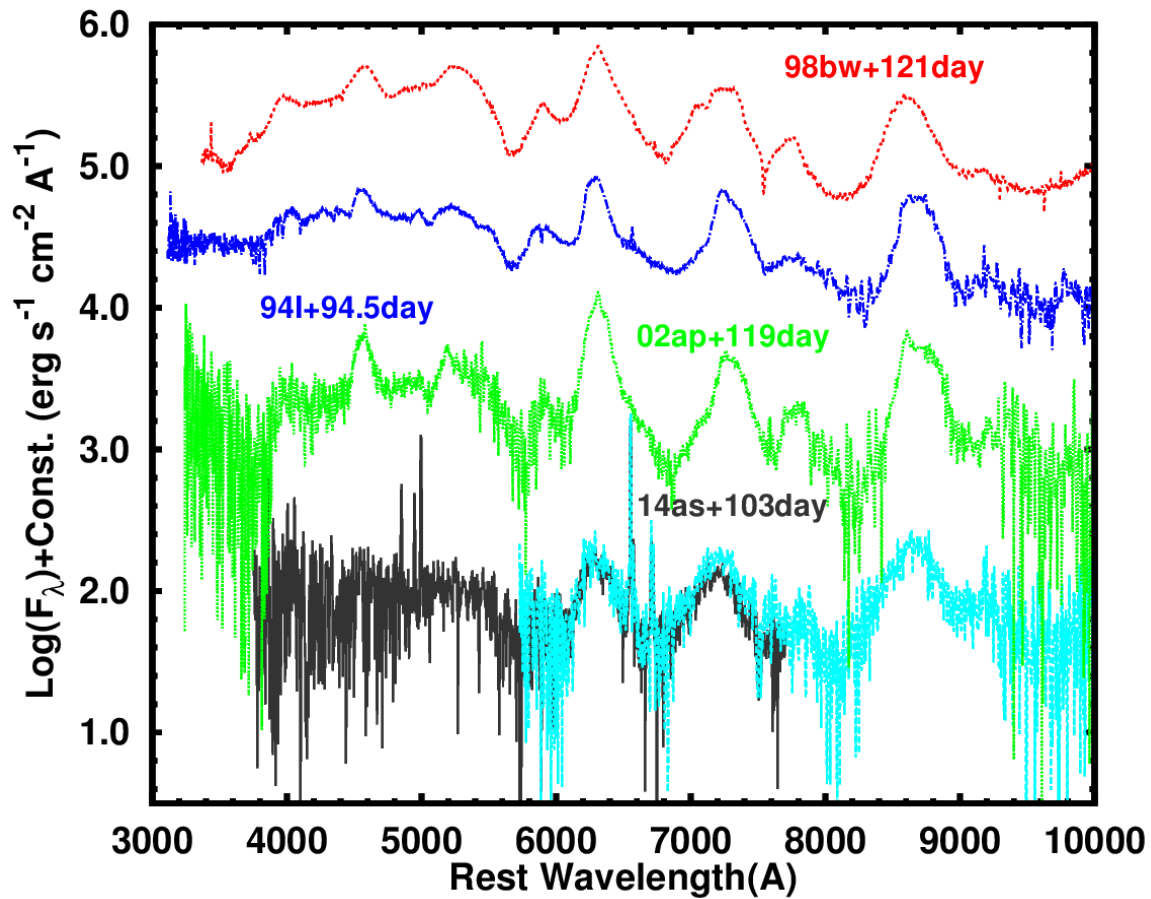


また、爆発構造も不明である。シミュレーションから、球対称ではなく扁平な形である可能性が示唆されている。



球対称ではなくて

扁平な形？



R-band maximumから100日後付近の各SNとのスペクトルの比較

		Mej(solar mass)	Ek(10^{51} erg)
t_break	1994I	2.23	11.23
	1998bw	4.66	14.13
	2002ap	2.51	5.81
t_tail	1994I	3.07	22.08
	1998bw	2.28	9.93
	2002ap	2.08	6.92

		timescale
t_break	1994I	1.081
	1998bw	1.466
	2002ap	1.388
t_tail	1994I	0.97
	1998bw	2
	2002ap	1.6

14asのM,Eの表(new:02/01,t_98bw:2.2=>2 02/08,FOCAS値変更=>break値変更)

		Mej(M_solar)	平均值 (Mej)		標準偏差		Ek(10 ⁵¹ erg)	平均值 (Ek)		標準偏差	
t_tail	94l	3.07	2.48		0.427		22.08	12.98		6.55	
	98bw	2.28					9.93				
	02ap	2.08					6.92				
				2.81		0.888			11.69		5.39
t_break	94l	2.23	3.13		1.09		11.23	10.39		3.45	
	98bw	4.66					14.13				
	02ap	2.51					5.81				
	94l	1.05 ± 0.15					1.0 ± 0.2				
	98bw	10.4 ± 1					40 ± 10				
	02ap	3.25 ± 0.75					4 ± 1				

考察

SN 2014asの観測を通して得られた観測量と爆発パラメータから、以下の2つのシナリオを考察する。

- ① 極超新星と典型的なIb/c型超新星間の爆発エネルギー及びejecta質量の連続性を示唆。
 - 親星の初期質量の連続的分布を示唆？
 - Ib/c型超新星・極超新星の起源は同一であり、単に初期質量の分布で説明できる？
- ② SN 2014asが本質的に極超新星であり、その爆発エネルギーやejecta質量が小さく特異な天体。
 - 極超新星の多様性を示唆。
 - 質量の違いだけでは説明しづらいかも？
他の物理が必要？
 - e.g., 回転?? 金属量??

		Mej(solar mass)	Ek(10^{51} erg)
t_break	1994I	2.23	11.23
	1998bw	4.66	14.13
	2002ap	2.51	5.81
t_tail	1994I	3.07	22.08
	1998bw	2.28	9.93
	2002ap	2.08	6.92

$$M_{14as} = \left(\frac{v_{14as}}{v_X} \right) \times \left(\frac{t_{14as}}{t_X} \right)^2 \times M_X$$

$$E_{14as} = \left(\frac{v_{14as}}{v_X} \right)^3 \times \left(\frac{t_{14as}}{t_X} \right)^2 \times E_X$$