

特異なIa型超新星SN 2014dt の可視・近赤外における中期・後期観測

川端美穂、川端弘治、高木勝俊、中岡竜也 (広島大)、山中雅之 (甲南大)、
前田啓一 (京都大)、松本桂、福嶋大樹 (大阪教育大) 他

概要

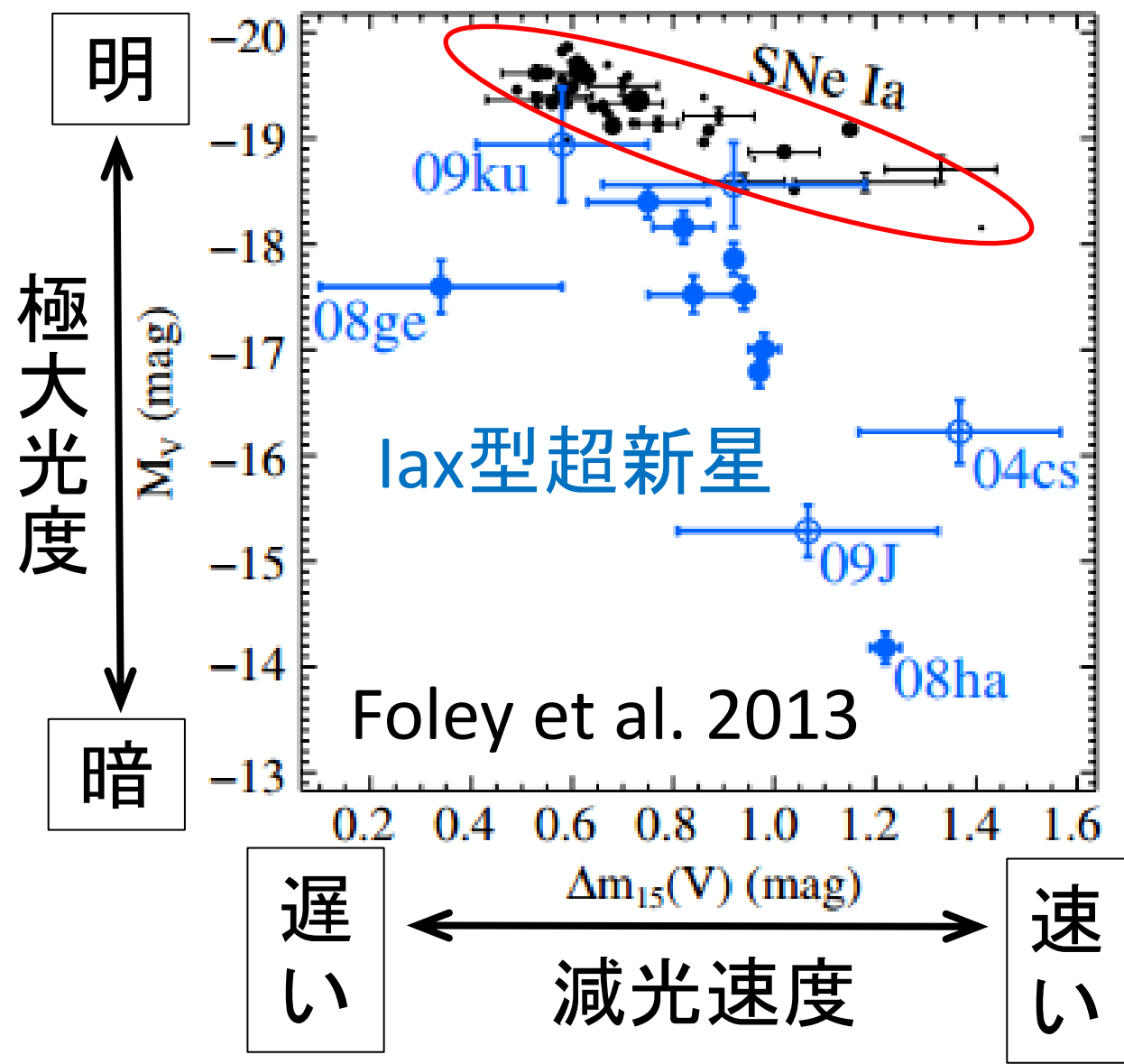
近傍銀河に発見された特異なIa型(Iax型)新星SN 2014dtの可視近赤外における観測を報告する。我々は極大15日後から約430日に亘って観測することができ、Iax型超新星の可視近赤外における長期観測は今回が初となる。初期のSN 2014dtのスペクトルは、過去に良く観測されているIax型超新星SN 2005hkとよく似ているものの、SN 2014dtの方が吸収線の幅は細く、青方偏移量は小さいことから、爆発エネルギーは小さいことが示唆される。極大から約60日以降の光度変化は緩やかであることから、内側には高密度のコア、つまり残骸があると考えられる。さらに、解析的な光度曲線モデルから爆発パラメータ(^{56}Ni 質量、エジェクタ質量、運動エネルギー)を求めた。これらのパラメータとIax型超新星で提唱されてる爆発モデルと比較を行い、SN 2014dtは残骸を残す弱い爆燃波モデルでよく説明できることがわかった。

特異なIa型超新星 (Iax型超新星)

近接連星系を成す白色矮星がチャンドラセカル限界質量に到達し、熱核暴走反応
→ Ia型超新星
極大光度と減光速度に強い相関、宇宙の標準光源

最近になり、極大光度-減光速度の相関関係に乗らないIa型超新星が見つかった
→ Iax型超新星
(Li et al. 2003, Foley et al. 2013)

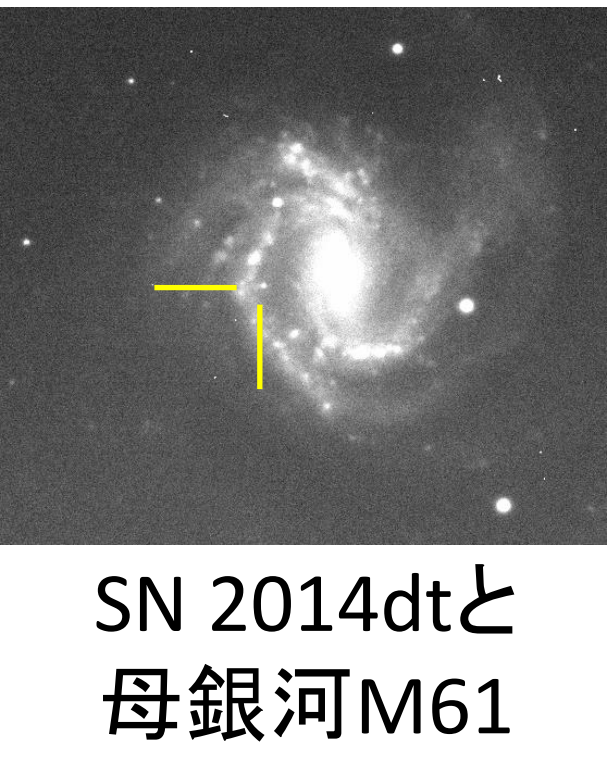
その他のIax型超新星の特徴...
・膨張速度が遅い
(2,000 ~ 8,000 km/s @ 極大)
・初期には高温のスペクトル



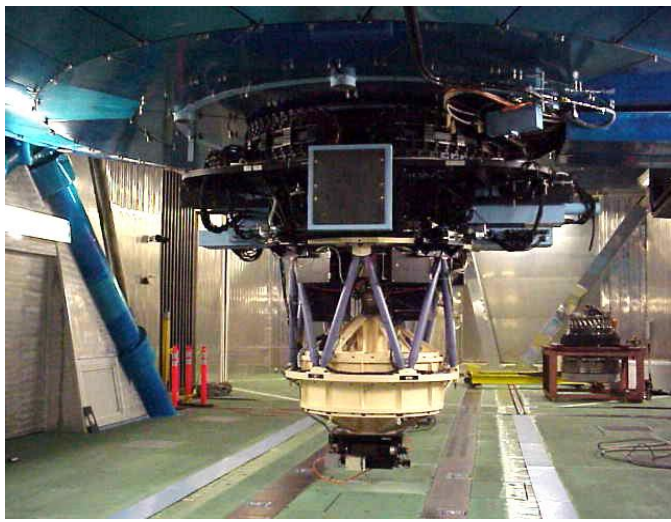
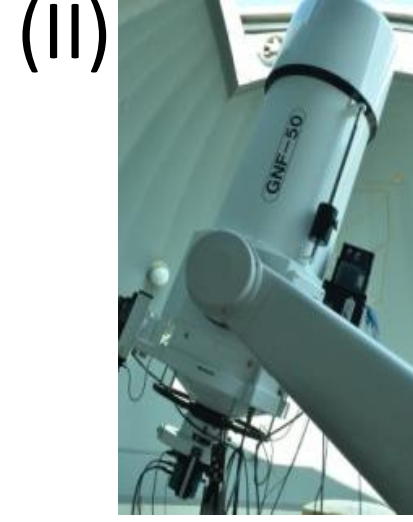
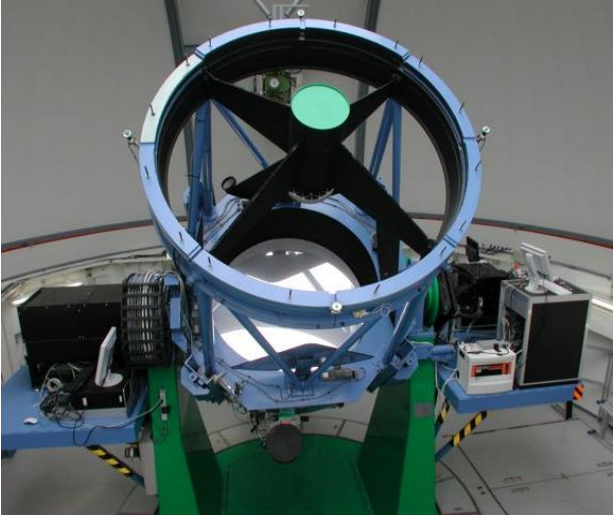
観測例は少なく(60日以上に亘る測光観測では10数例程度)、爆発モデルは未解決

観測

発見 : 2014年 10月 29日
母銀河 : M61 (12.3Mpc, Bose & Kumar et al. 2014)
→ 11月 3日より観測開始
(I) 1.5m かなた望遠鏡 (広島大)
HOWPol : 可視測光 (B V Rc Ic バンド)、
可視分光 (4500 ~ 9000 Å, R = 400 @ 6000 Å)
HONIR : 可視・近赤外測光 (B V Rc Ic J H Ks バンド)
(II) 51cm 反射望遠鏡 (大阪教育大)
可視測光 (B V Rc Ic バンド)
(III) 8.2m すばる望遠鏡 (国立天文台)
FOCAS: 可視測光 (V Rc バンド)
可視分光 (4600 ~ 10000 Å, R = 650 @ 6000 Å)

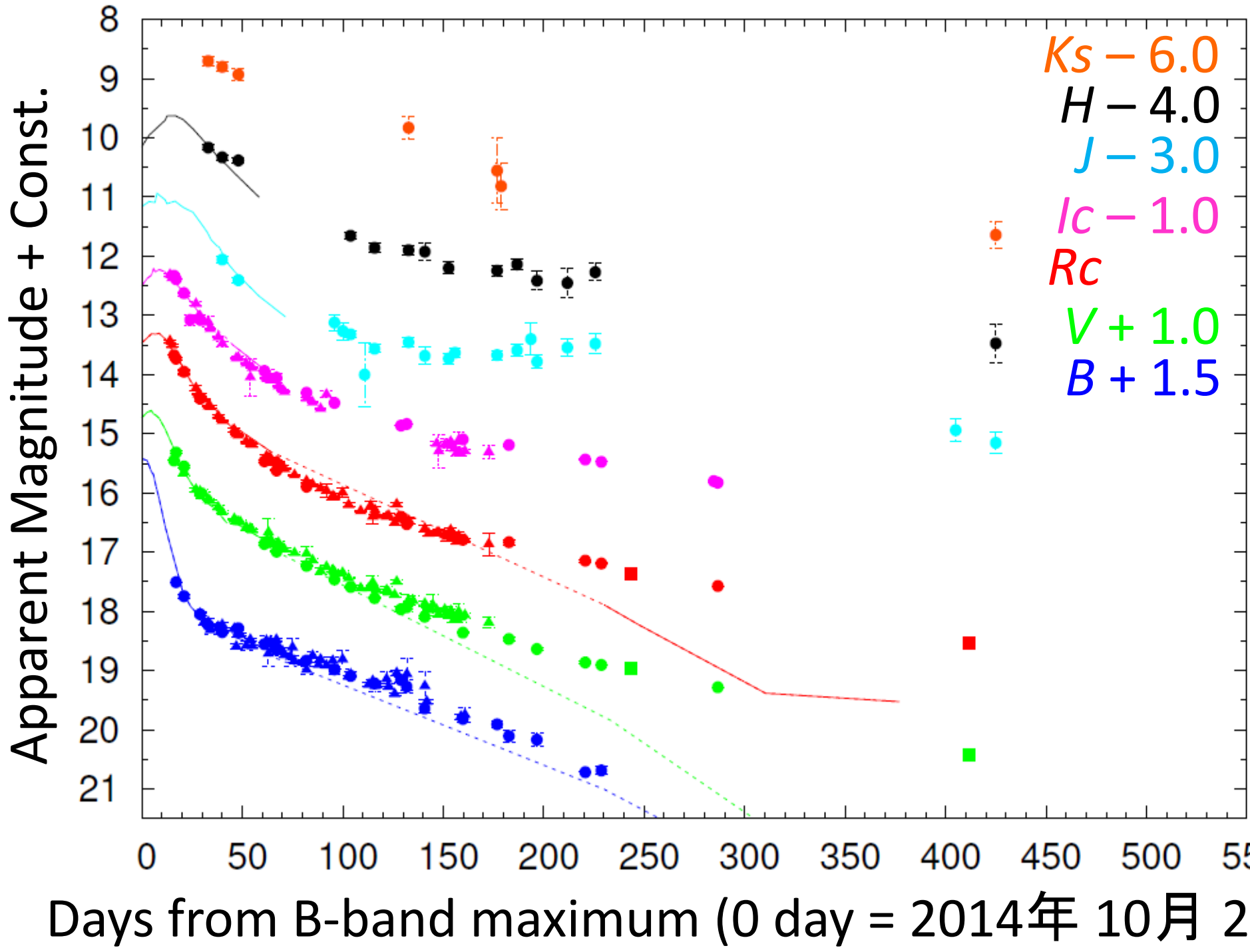


SN 2014dtと母銀河M61



結果

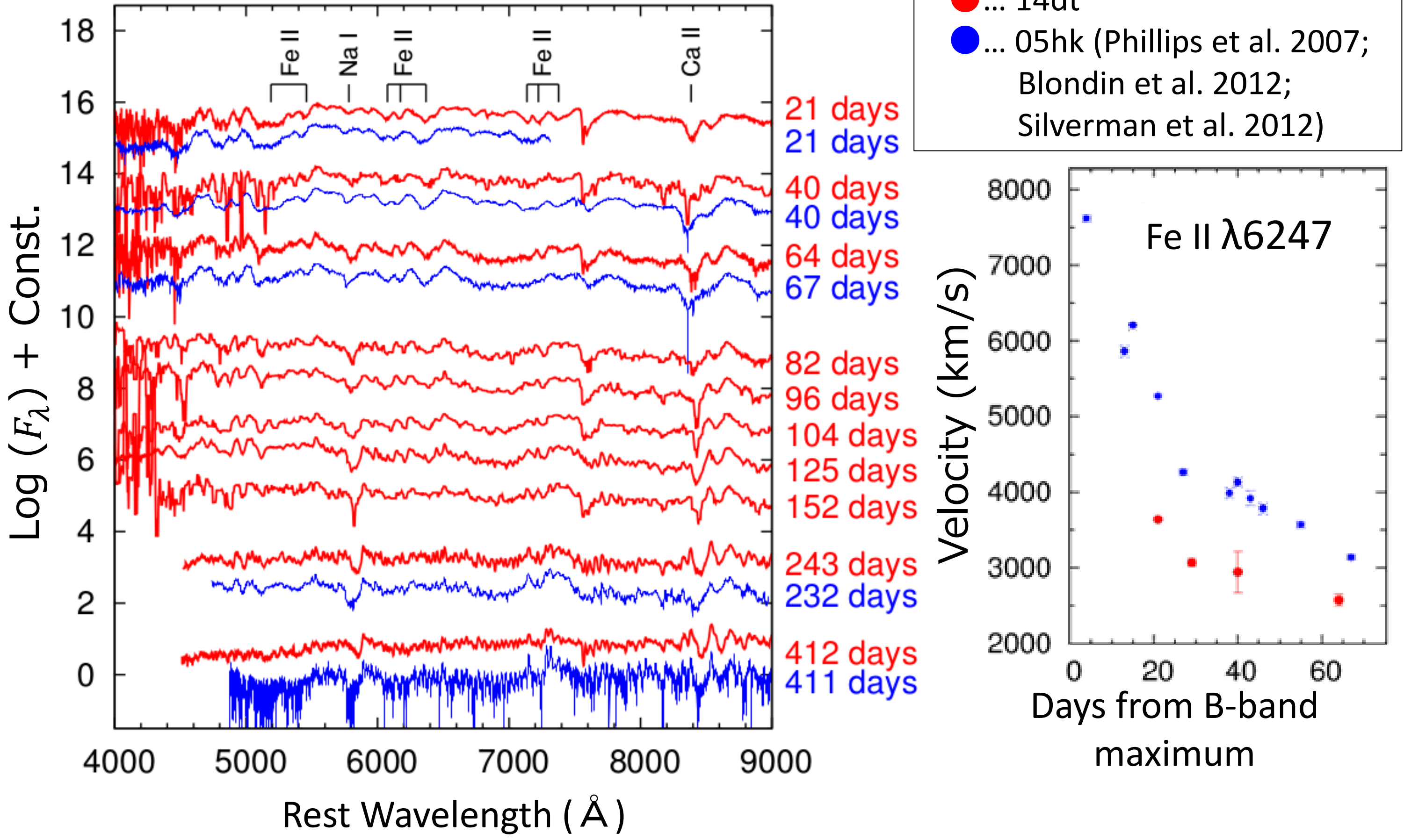
多バンド光度曲線



実線及び破線は過去に良く研究されているIax型超新星SN 2005hk (Phillips et al. 2007, Sahu et al. 2008)

発見が遅めであったが、多バンドで約430日に亘る密な観測
→ Iax型超新星では初
60日を過ぎたころから、SN 2014dtの光度変化が緩やか

スペクトル進化

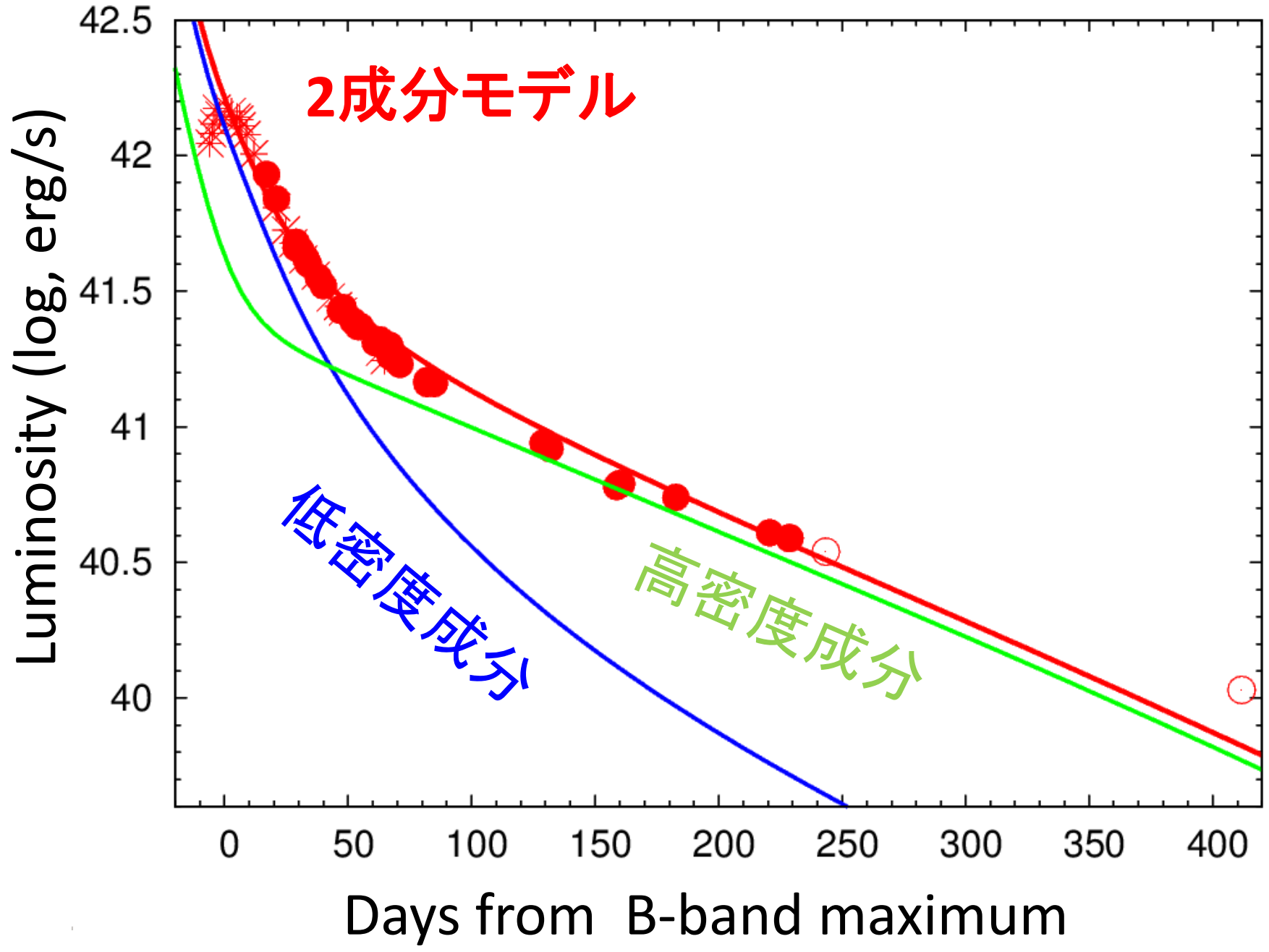


SN 2014dtのスペクトルはSN 2005hkと類似
SN 2014dtの方がライン幅が細く、青方偏移量は小さい
→ SN 2014dtの膨張速度は遅い

議論

爆発モデル推定

解析的な光度曲線モデル(Maeda et al. 2003)から、
爆発パラメータを求める
→ ~60日以降、光度変化は緩やかで合わない
光度Lを2つの項の和(2成分モデル)とすると、
後期までよく合う



$$L_{\text{bol}} = M(^{56}\text{Ni}) \left[e^{(-t/8.8 \text{ d})} \epsilon_{\gamma, \text{Ni}} (1 - e^{-\tau}) + e^{(-t/113 \text{ d})} \left\{ \epsilon_{\gamma, \text{Co}} (1 - e^{-\tau}) + \epsilon_{e+} \right\} \right],$$
$$\tau \simeq 1000 \times \left[\frac{(M_{\text{ej}}/M_{\odot})^2}{E_{51}} \right] (t/1 \text{ day})^{-2},$$

高密度成分 ($\tau > 250$)
→ 残骸
低密度成分 ($\tau \sim 1.3$)
→ エジェクタ

- ・極大光度 → ^{56}Ni 質量
- ・ γ 線の光学的厚さ: $\tau \approx \frac{(M_{\text{ej}}/M_{\odot})^2}{E_{51}}$ } エジェクタ質量
運動エネルギー
- ・膨張速度: 3,600 ~ 4,200 km/s

求めた爆発パラメータとIax型超新星の爆発モデルと比較

- A) 爆発エネルギーが小さく、残骸が残される (~1.0 $M_{\odot}$)
- B) 大質量星が重力崩壊、爆発エネルギーが小さく、ほとんど残骸に物質が落ち込む

	運動エネルギー (10^{51} erg)	エジェクタ質量 ($M_{\odot}$)	^{56}Ni 質量 ($M_{\odot}$)	参考
SN 2014dt	0.01 - 0.04	0.08 - 0.28	0.08 ± 0.02	
A) 弱い爆燃波モデル	0.01 - 0.04	0.08 - 0.2	0.04 - 0.07	Fink+ 2014
B) 特殊な重力崩壊型 モデル (40 $M_{\odot}$ He star)	0.01 - 0.03	0.10 - 0.19	-	Moriya+ 2010

いくつかの爆発モデルと比較したが、この2つのモデルで説明可能
爆発前にHSTの画像で明るい星は見つかっていない(Foley et al. 2015)ことから、SN 2014dtにおいて残骸を残す弱い爆燃波モデルで説明できると考えられる