

Iax型超新星SN 2014dtの中期・後期における 可視近赤外測光分光観測

2015/11/11

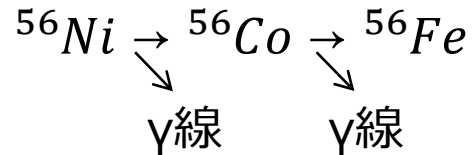
第6回 光赤外線天文学大学間連携ワークショップ

広島大学 M2 川端美穂

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

超新星の観測

- ▶ 超新星爆発により放射性元素 ^{56}Ni が生成

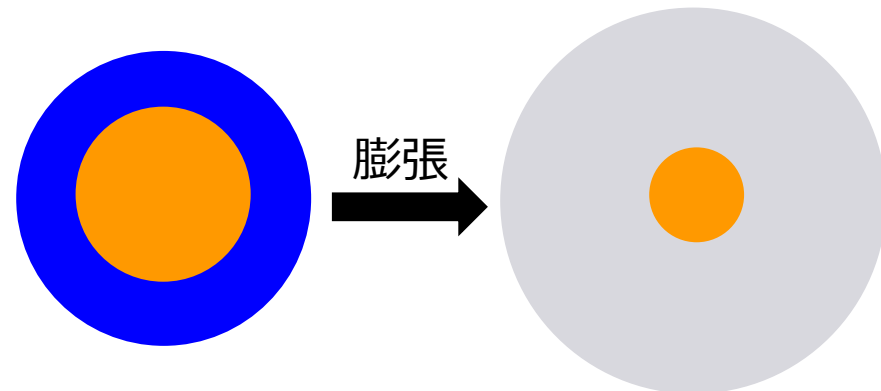
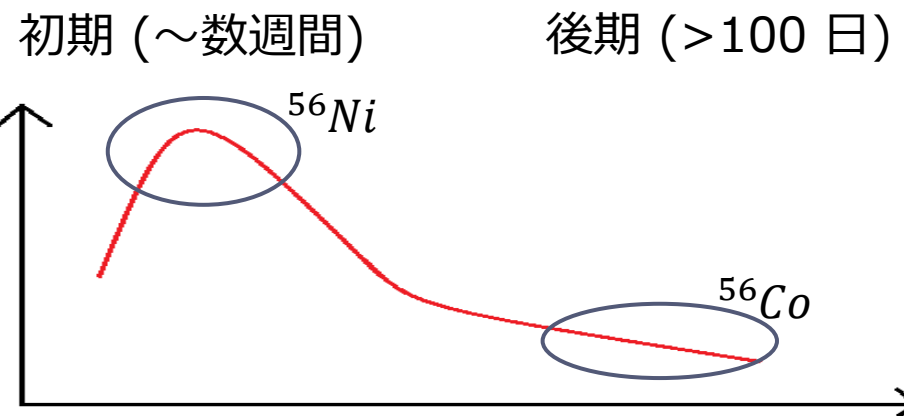


初期観測

- ▶ 光学的に厚い
→外層が見える、吸収線が卓越
- ▶ 爆発パラメータの推定
Ex. ^{56}Ni 質量、爆発エネルギー……

後期観測

- ▶ 光学的に薄い
→内側が見える、輝線が卓越
- ▶ 爆発機構などの推定
Ex. 密度構造、燃え残り物質



Ia型超新星

- ▶ 連星系を成す白色矮星

→チャンドラセカル限界質量($\sim 1.4M_{\odot}$)に達し、
核暴走



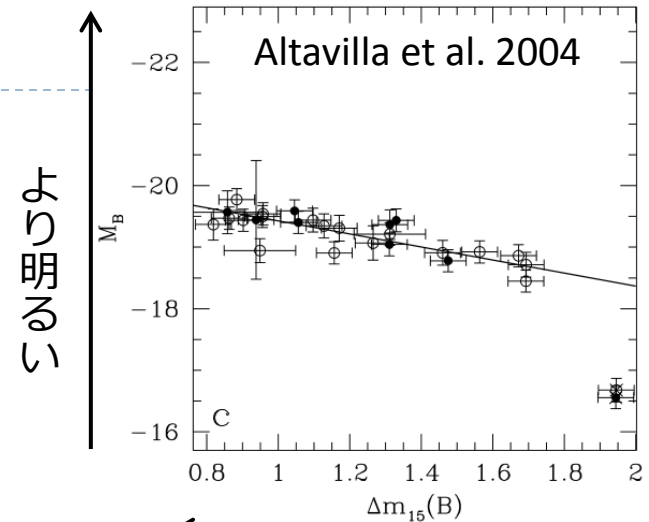
- ▶ 明るさ-減光速度の相関関係に乗らない

Ia型超新星が見つかった

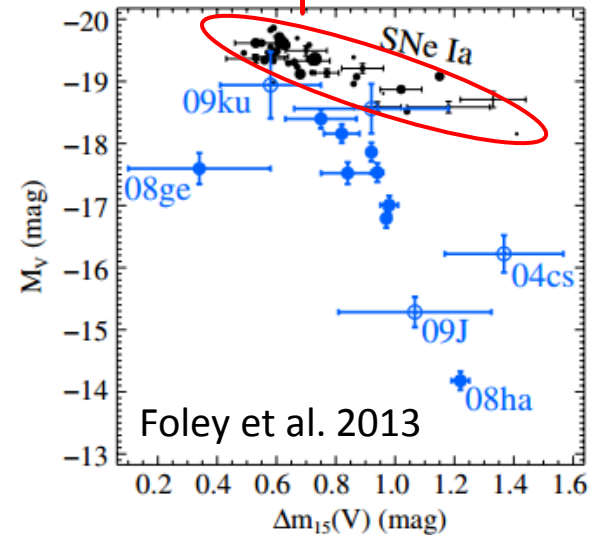
→OISTER ToO

“近傍銀河に出現する特異なIa型超新星の

可視近赤外線観測”

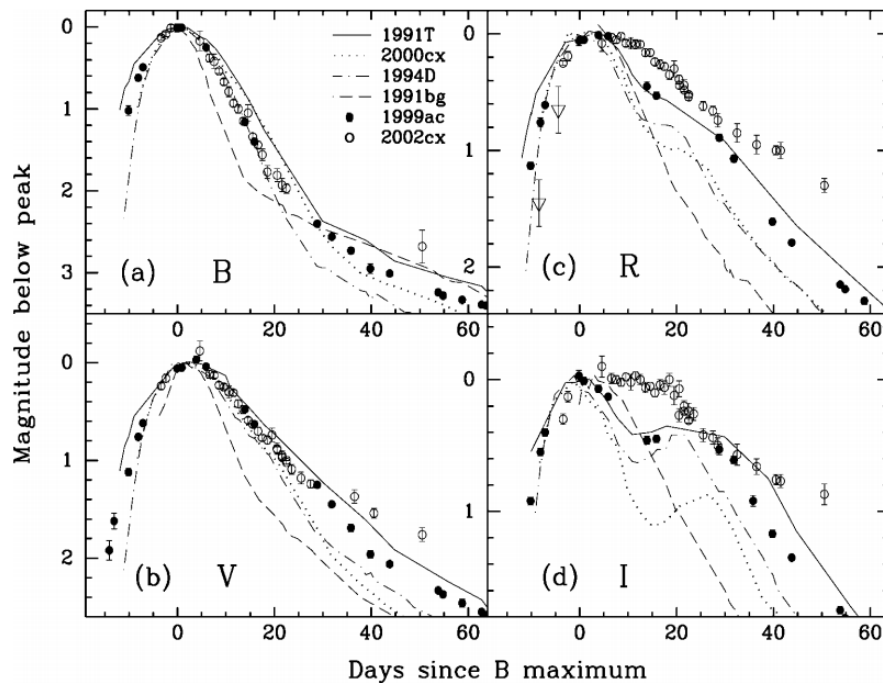
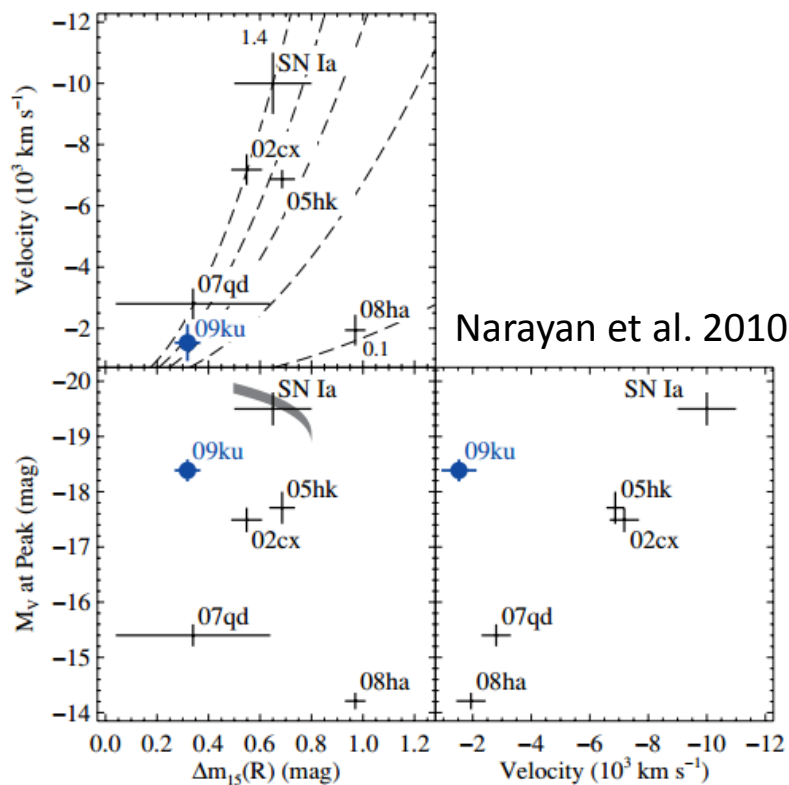


ゆっくり減光



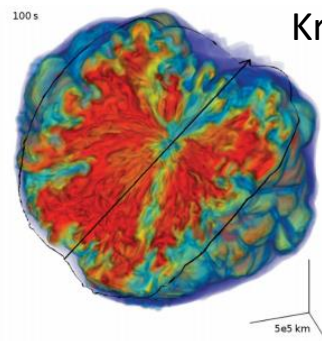
Iax型超新星

- ▶ 放出物質の速度が遅い
ただし初期のスペクトルは明るいIa型超新星と似ている
→高温のスペクトル
- ▶ 近赤外の光度曲線で見られる第二ピークが見られない



Iax型超新星 ~未解決問題~

- ▶ 爆発メカニズムは？
不完全なIa型超新星か



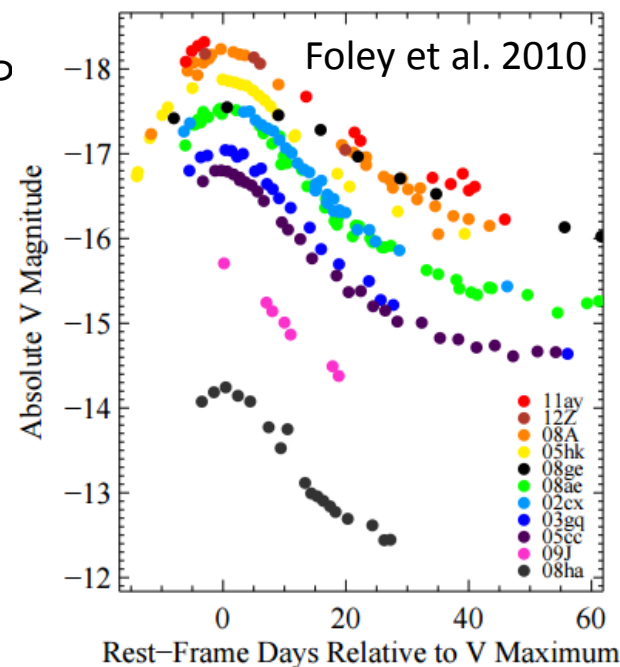
Kromer et al. 2013

- ▶ 弱い爆燃波？
- ▶ 特殊な重力崩壊型超新星？

- ▶ Iax型超新星の中でも ^{56}Ni 質量($\sim 0.003 - 0.3 M_{\odot}$)や爆発エネルギー($\sim 10^{49} - 10^{51} \text{ erg}$)とばらつきがある

- ▶ SN 2012Z(Yamanaka et al. 2015)で議論されている

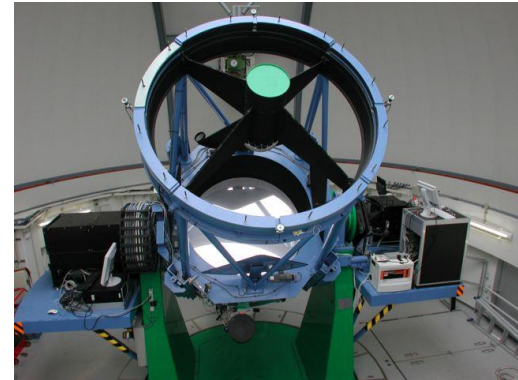
- ▶ 観測例自体、数は少なく自明でない



SN 2014dt 観測

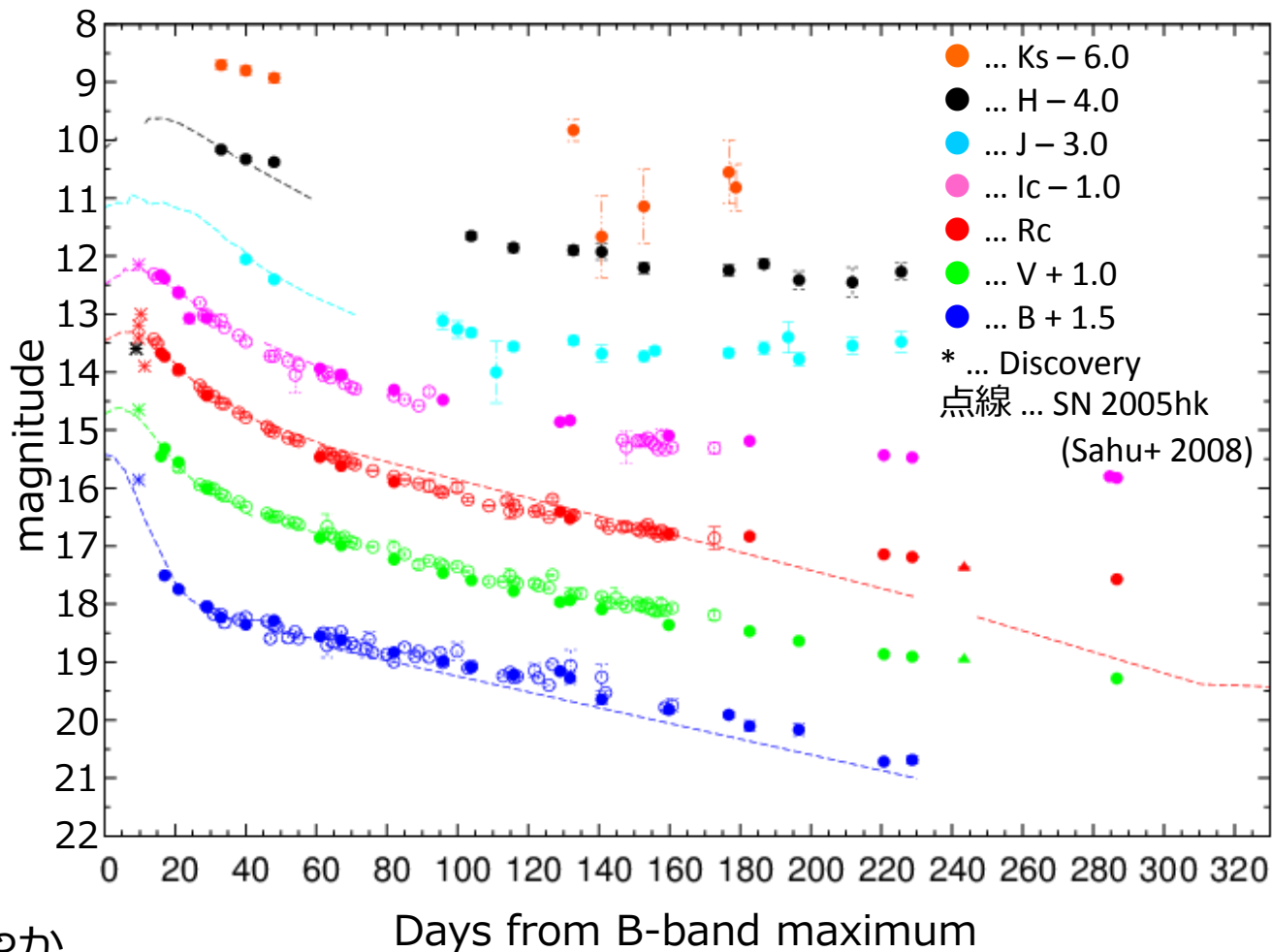
- ▶ 2014年10月29日 板垣氏が発見
母銀河M61(距離12.3Mpc)
- ▶ 10月31日 Iax型超新星と同定(Ochner et al. 2014)
最も近傍のIax型超新星
→長期に渡って観測できる貴重な例
- ▶ 11月3日よりfollow up観測開始

- ▶ 広島大学かなた望遠鏡
HOWPol : BVRI測光 (27夜)、分光 (13夜)
HONIR : VRIJKs測光 (19夜)
- ▶ 大阪教育大学51cm反射望遠鏡
BVRI測光 (71夜)
- ▶ すばる望遠鏡
FOCAS : VR測光、分光 (2夜)



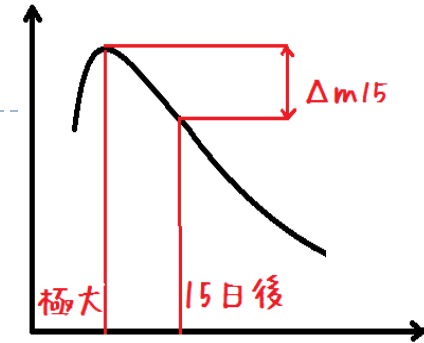
光度曲線

- ▶ Iax型で後期まで多バンドで密にデータが得られた
- ▶ SN 2005hkの光度曲線をもとに極大を決める
- ▶ Bバンド極大は10月20日ごろ
- ▶ 後期は減光がゆるやか

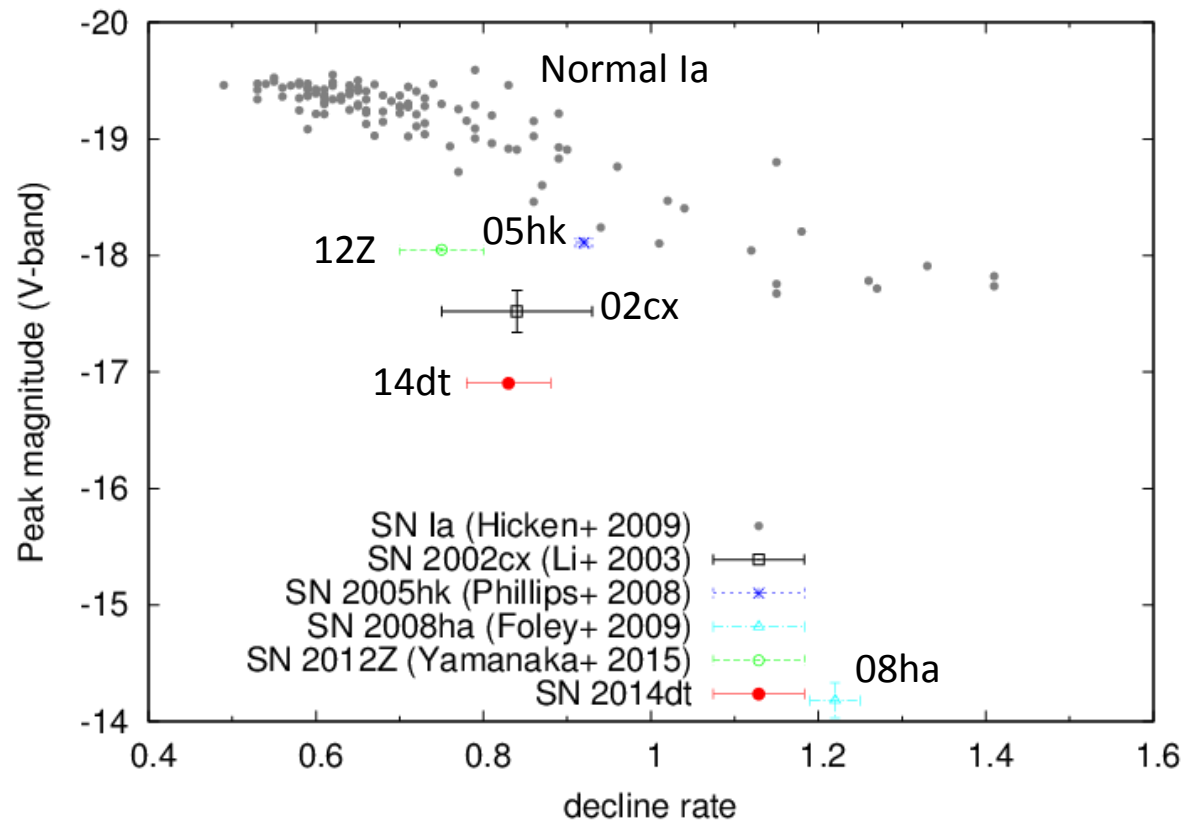


極大等級 vs. 減光率

- ▶ 極大と、極大15日後の等級差 Δm_{15}
SN 2014dt : 0.89 ± 0.17 mag (Vバンド)

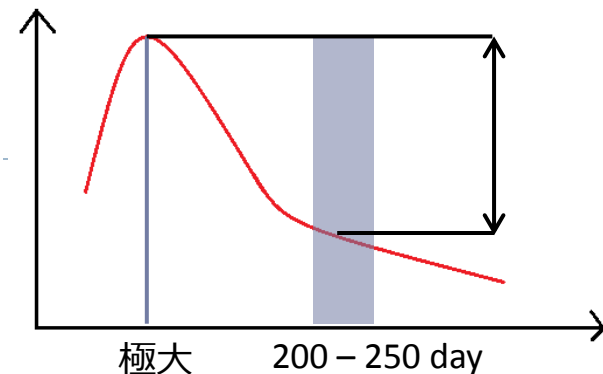


- ▶ Iax型超新星の中で、
極大と減光率の相関が
ありそう(Foley+ 2013)
→SN 2014dtも矛盾せず

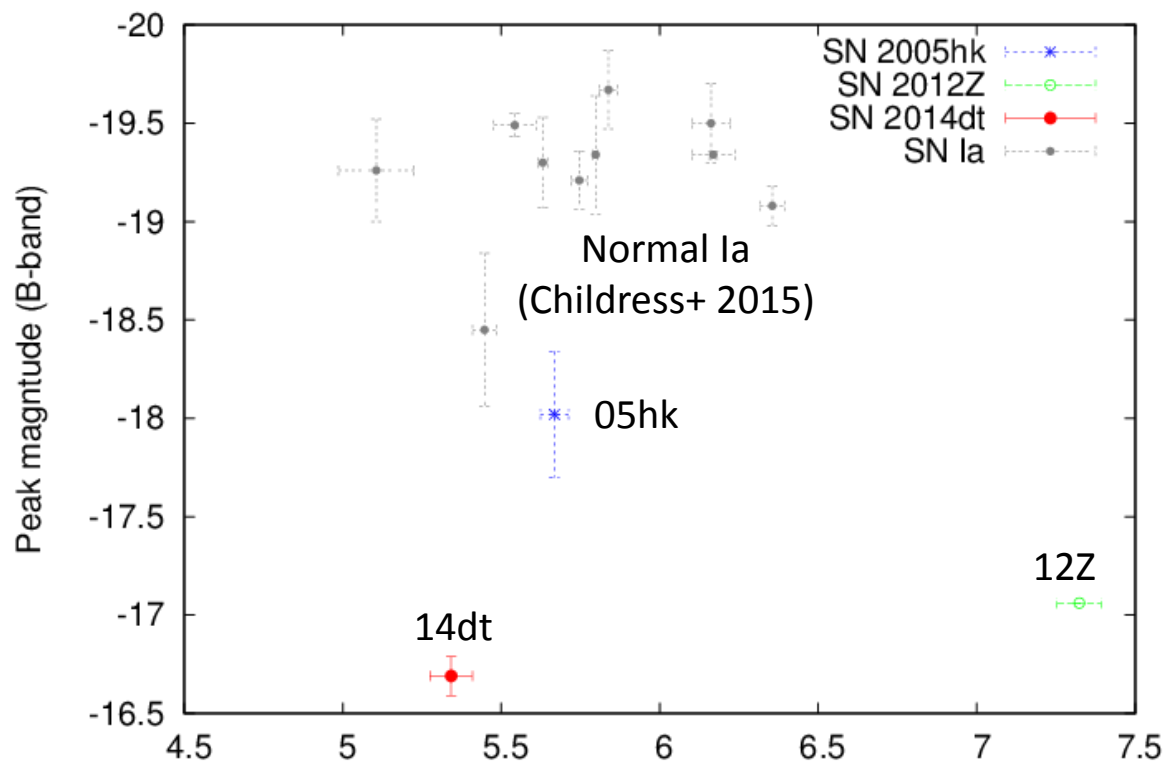


極大等級 vs. 減光率

- ▶ 極大と、極大200～250日後の等級差
SN 2014dt ~ 5.3 mag (Bバンド)

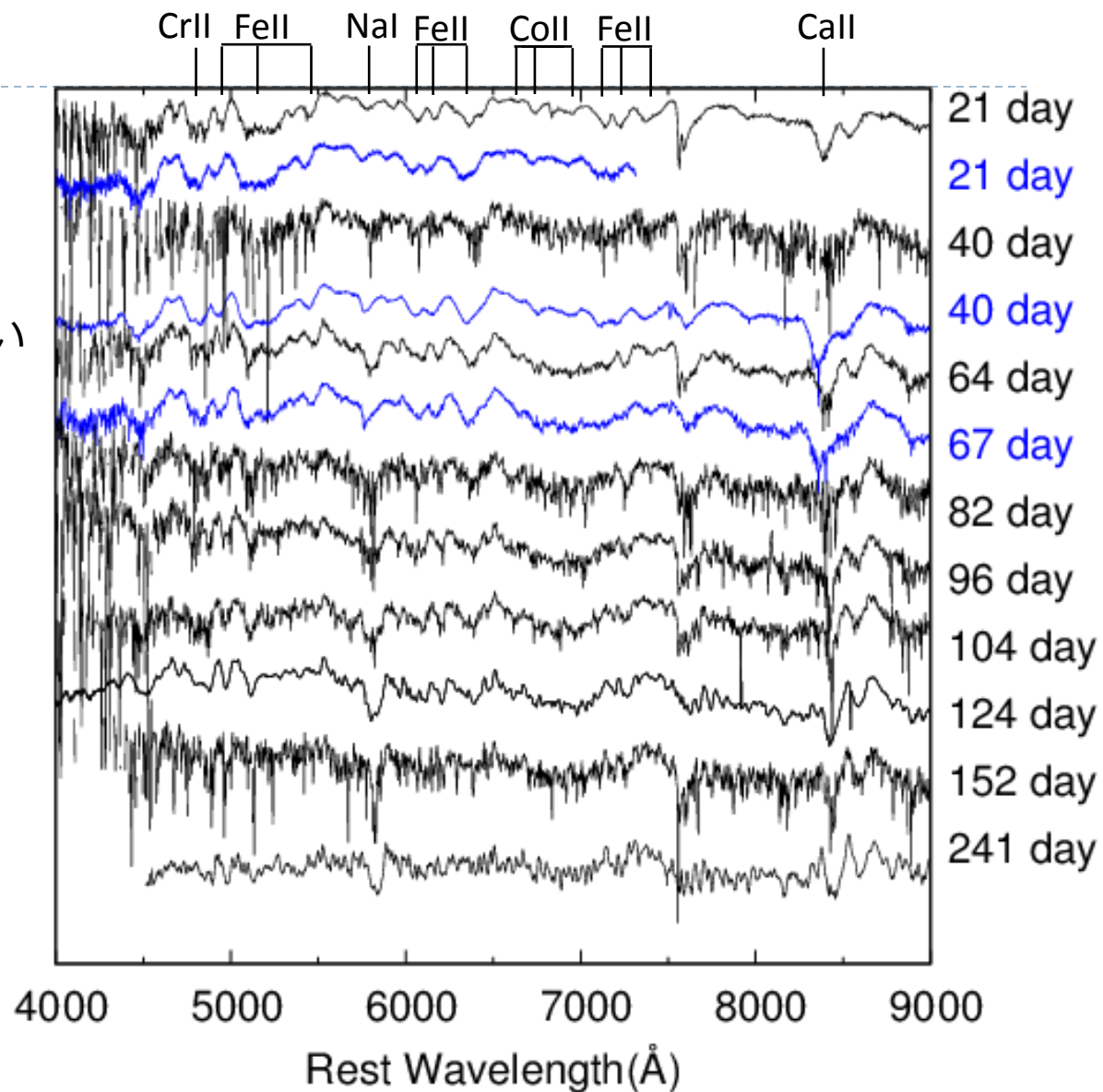
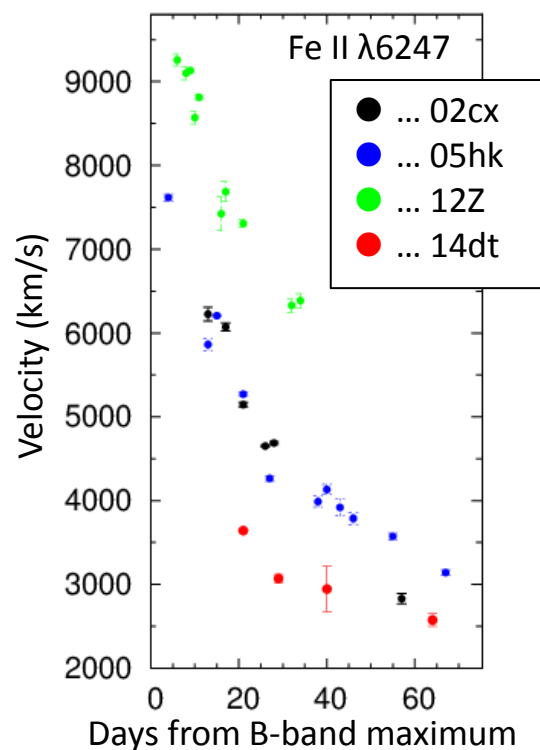


- ▶ Iax型の中では最もゆっくり減光

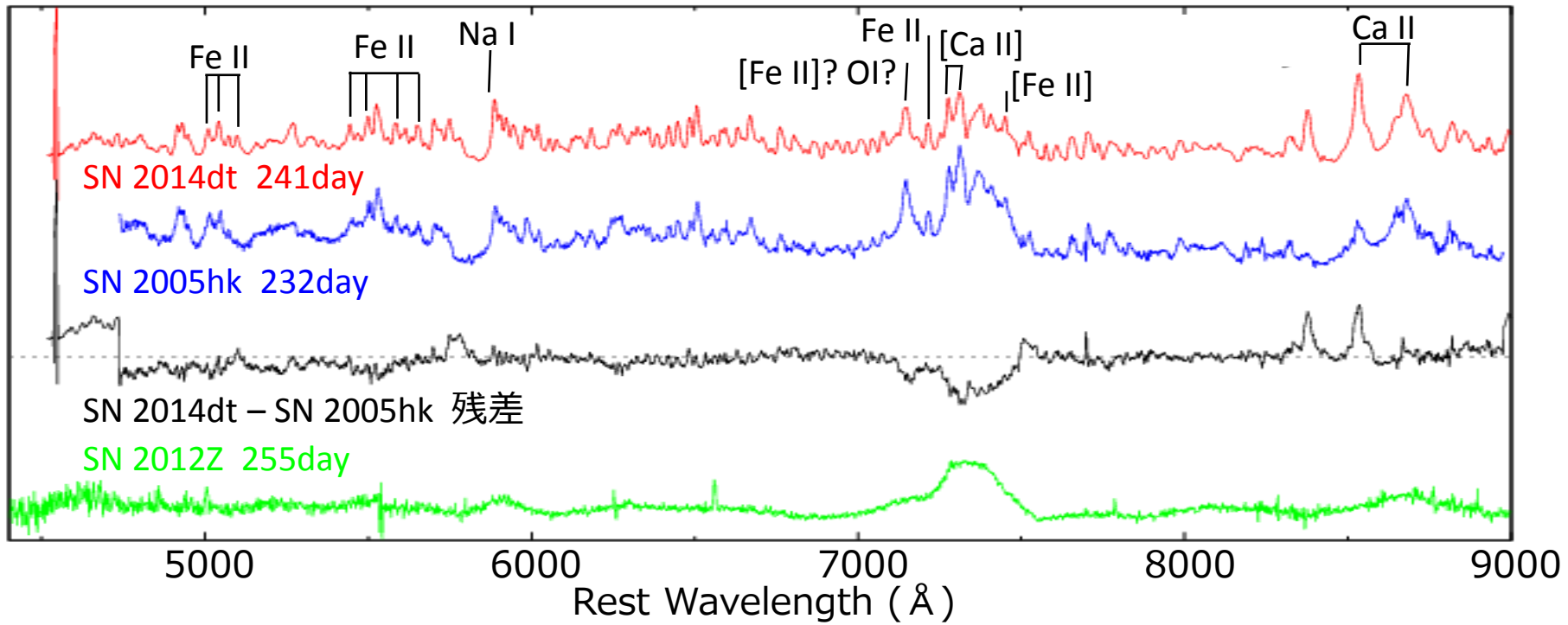


スペクトル

- ▶ SN 2005hkと類似
- ▶ SN 2014dtの方が細く、
blue shift量が小さい
→爆発エネルギーが小さい



後期スペクトル



- ▶ 狭い輝線を持つSN 2005hkと似たスペクトル
- ▶ SN 2014dtの方が許容線が強く、より密度が高いことを示す

総輻射光度

- ▶ 極大の明るさは ^{56}Ni 質量による
SN 2014dt : $0.08 \pm 0.02 M_{\odot}$

- ▶ モデル曲線と合わせ、
放出物質の質量と
爆発エネルギーの比を調べる

$$L = M(^{56}\text{Ni})e^{(-t_d/113\text{d})}[\epsilon_{\gamma}(1 - e^{-\tau}) + \epsilon_{e+}]$$

$$\tau = 1000 \times \frac{(M_{ej}/M_{\odot})^2}{E_{51}} t_d^{-2}$$

- ▶ $\frac{(M_{ej}/M_{\odot})^2}{E_{51}} \sim 1.3$

M_{ej} : 放出物質の質量

E_{51} : 爆発エネルギー E_k (10^{51}erg で規格化)

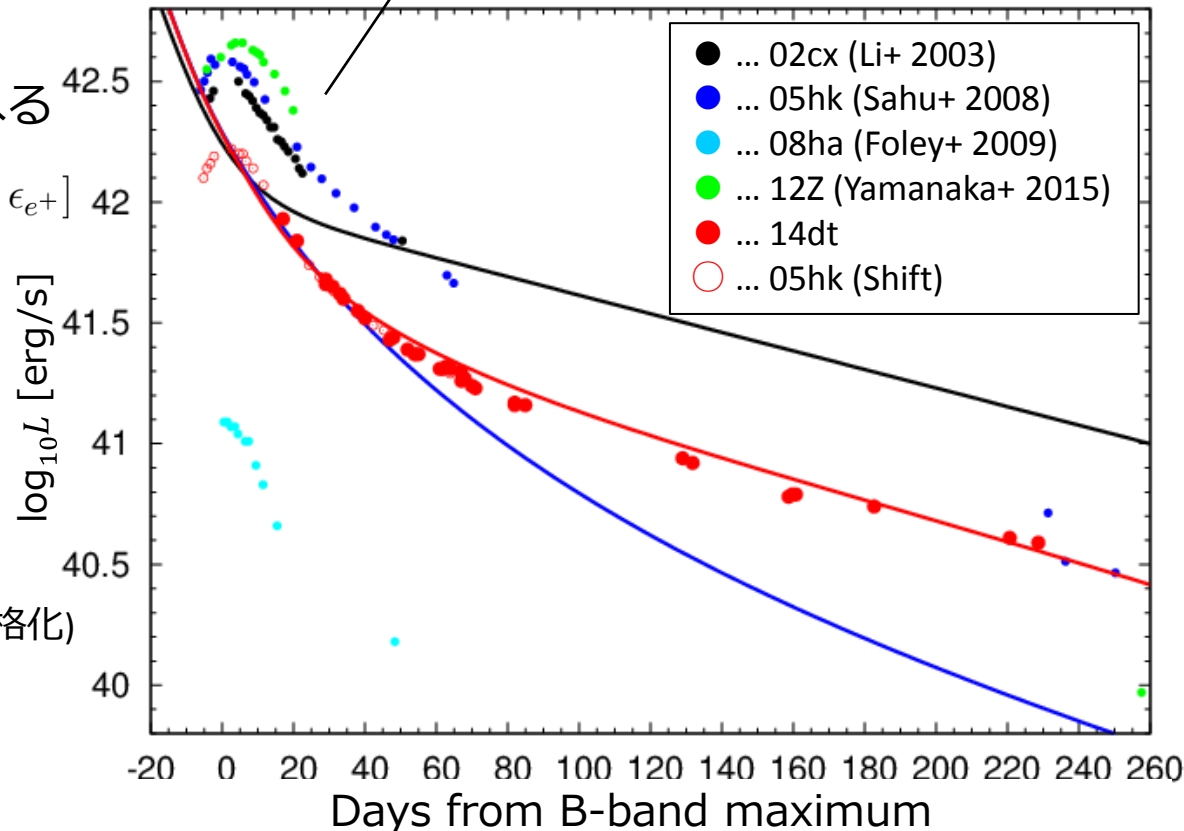
ϵ_{γ} : γ 線のエネルギー流入

ϵ_{e+} : 陽電子からのエネルギー流入

t_d : 爆発からの日数

BVRIバンドでの全放射の60%を
担うと仮定(Tomita+ 2006)

— full trap
— one component model
— two component model
(Maeda et al. 2003)



爆発エネルギー & 放出物質の質量

- ▶ 爆発エネルギー E_k と放出物質の質量 M_{ej} を求める

$$\frac{(M_{ej}/M_{\odot})^2}{E_{51}} \sim 1.3$$

$$E_k = \frac{1}{2} M_{ej} v^2$$

- ▶ v : 光球の膨張速度

極大時のSi 6355の速度が使われる

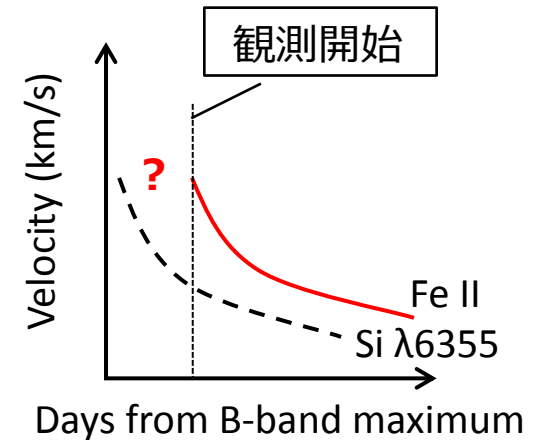
- ▶ Feの速度とSi 6355の速度の比を調べる

SN 2014dtの極大時のSi 6355の速度を推定

→ $3000 \lesssim v \lesssim 4000 \text{ km/s}$

- $E_k : 0.01 - 0.03 \times 10^{51} \text{ erg}$

- $M_{ej} : 0.1 - 0.2 M_{\odot}$



	爆発エネルギー (10^{51} erg)	放出物質の質量 (M_{\odot})
SN 2005hk	~0.19	~0.75
SN 2012Z	~0.5	~1.15
SN 2014dt	0.01 - 0.03	0.1 - 0.2

まとめ

- ▶ Iax型超新星SN 2014dtの可視・近赤外において測光分光観測を行った
→SN 2005hkとよく似た光度変化、スペクトルを示す
- ▶ 爆発エネルギー、 ^{56}Ni 質量、放出物質の質量が小さく、
SN 2014dtはやや暗めのIax型超新星

- ▶ 初期のスペクトルが似ているのも拘わらず、後期に違いが見られる
- ▶ 今回得られた爆発パラメータでは、弱い爆燃波モデルと、
特殊な重力崩壊モデルでも説明可能
→より後期の観測によって、 ^{56}Ni 質量や星周物質などに制限を付けられる
可能性があり、親星について信頼性の高い情報が得ることができる

- ▶ 今後、Iax型超新星のより初期からの観測によって制限がつけられる
→特異なIa型超新星が出れば、OISTERでの観測を実施したい



Explosion mechanism

弱い爆燃波

- ▶ 爆燃波で伝わっていく。一部、残骸が残される($M_{bound} \sim 1.0 M_{\odot}$)
- ▶ SN 2014dtの ^{56}Ni 質量、放出物質の質量など、Fink+ 2014のモデルと合う

重力崩壊

- ▶ 親星をすべて吹き飛ばすには爆発エネルギーが小さく、残骸に物質が落ち込む
- ▶ $25, 40M_{\odot}$ のCO星もしくは $40M_{\odot}$ のHe星のモデルと合う(Moriya+ 2010)

	爆発エネルギー (10^{51}erg)	放出物質の質量 (M_{\odot})	^{56}Ni 質量(M_{\odot})	
SN 2005hk	~ 0.19	~ 0.75	~ 0.18	
SN 2012Z	~ 0.5	~ 1.15	~ 0.18	Yamanaka+ 2015
SN 2014dt	0.01 - 0.03	0.1 - 0.2	0.08 ± 0.02	
弱い爆燃波	0.0149 - 0.0439	0.08 - 0.2	0.035 - 0.073	Fink+ 2014
重力崩壊(40He)	0.012 - 0.026	0.10 - 0.19	-	Moriya+ 2010
(25CO)	0.0073 - 0.033	0.056 - 0.24	-	Moriya+ 2010
(40CO)	0.0072 - 0.027	0.053 - 0.18	-	Moriya+ 2010