国内連携における超新星爆発の観測状況報告2013

山中雅之
(京都大学 花山天文台 PD)

OAO/光赤外UM@倉敷美術館 2013 Aug 1 - 3

我々は何をしているか

近傍銀河(<30-100Mpc)に出現する
明るい、あるいは（かつ）特異な超新星爆発の
早期(爆発後数日程度から100日程度まで)における
可視近赤外線測光分光フォローアップ観測

↓

キーワード：
多様性、親星、爆発モデル、環境

2012/2013シーズンにおいて「ある程度まとまった」現在進行中を含む観測研究テーマ

① 光赤外線大学間連携によるスーパーチャンドラ候補(?)SN 2012dnの可視近赤外線観測 (PI: M. Yamanaka)

② 光赤外線大学間連携による特異なIa型超新星SN 2012Zの可視近外線観測 (PI : M. Yamanaka)

③ 中間光度Ia型超新星の超早期観測による爆発日推定 (PI : M. Yamanaka, M. Kawabata)

④ GRB-SNと関連があるIb型超新星 SN 2012au (PI : K. Takaki; ポスター P15) : 論文化済

⑤ 極めて明るいIIn型超新星 SN 2010jl の可視と近赤外による後期観測 (PI : I. Ueno; ポスターP16)

⑥ 暗いIIP型超新星SN2013amの可視近赤外線観測 (PI : K. Mori; ポスターP17)

⑦ 暗いIIP型超新星SN 2009jsの可視光及び中間赤外線観測 (PI: P. Gandhi) : 論文化済

共同研究者@超新星観測

- 川端弘治(広島大宇宙科学センター准教授)＊
- **高木勝俊(広島大M2)＊**
- **上野一誠(広島大M2)＊**
- **森健彰(甲南大B4 -> 広島大M1)＊**
- **川端美穂(大教大B4)＊**
- 増本一成(大教大M1)＊
- Gandhi Poshak (ISAS->ダーラム大)
- 田中雅臣(国立天文台助教)＊
- 前田啓一(東京大/IPMU特任助教)＊
- 奥嶋貴子(元広島大M2 -> 就職)＊
- 小野里佳子(大教大B4 -> 阪大芝井研M1)＊
- 新井彰(兵庫県立大PD)
- 伊藤亮介(広島大D3->PD)
- 秋田谷洋(広島大宇宙科学センター特任助教)
- 松本桂(大教大准教授)
- その他**各観測所の方々**など多数

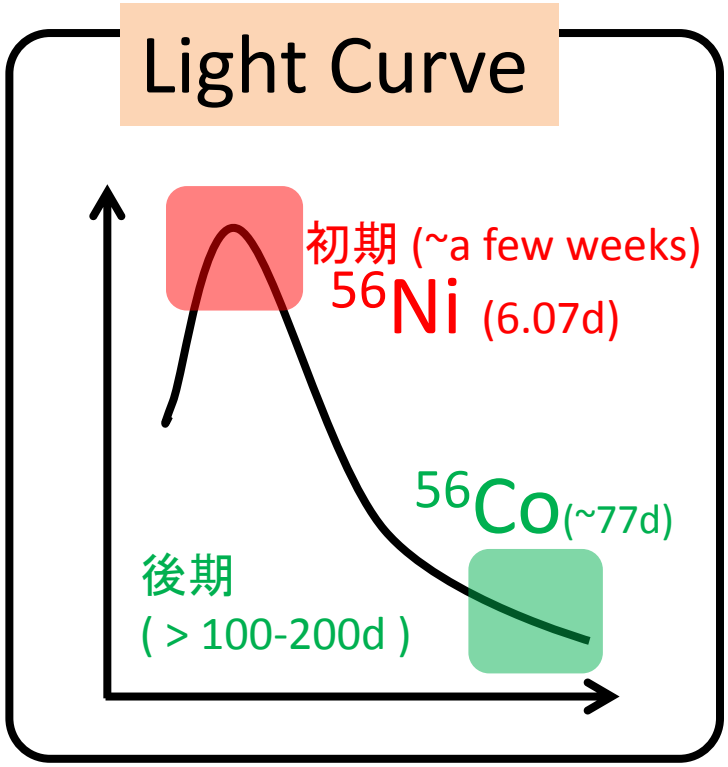
広島大/大阪教育大/東京大/国立天文台がメイン

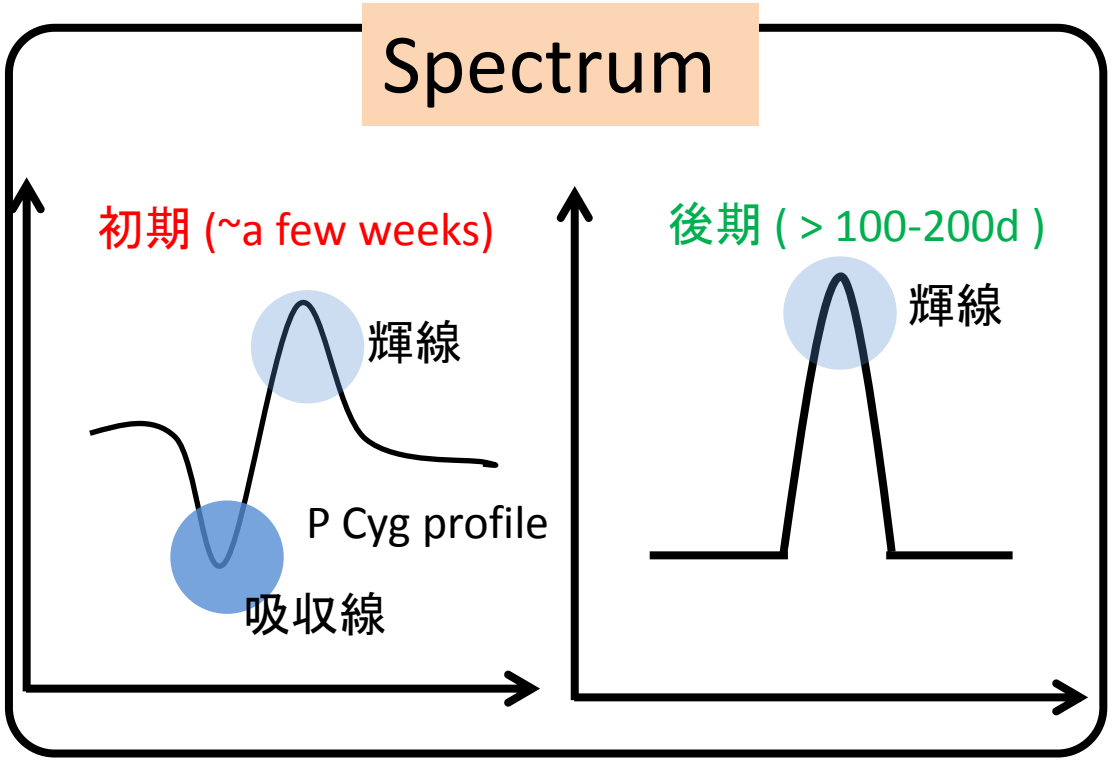
若い！

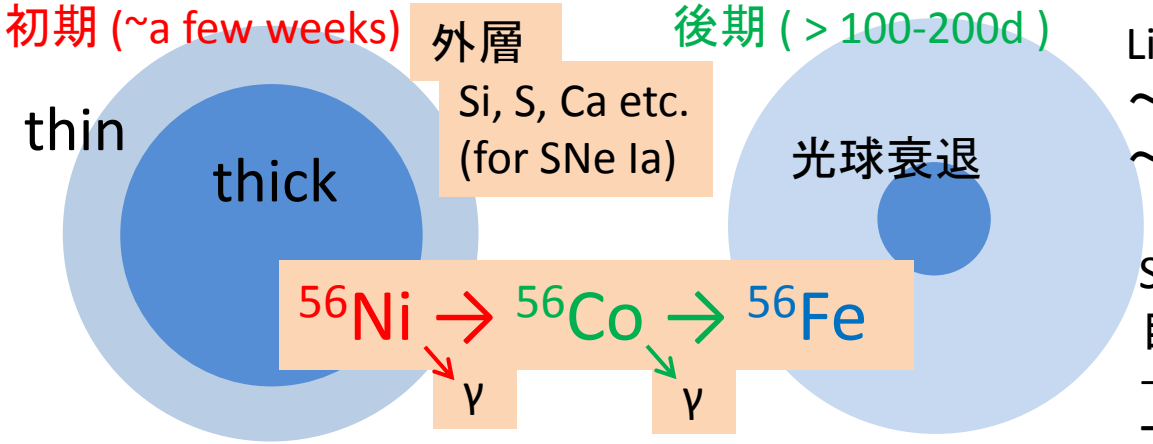
青:中小口径望遠鏡現場観測者

＊:超新星専門

観測から得られる超新星の物理







Light Curve (放射起源)
～ ^{56}Ni or ^{56}Co 崩壊
～ ^{56}Ni 質量 (親星質量への制限)

Spectra → Line velocity
自由膨張のため v ∝ r
→ 速度構造は膨張大気構造を示唆
→ 爆発モデルへの制限

どの望遠鏡・装置を使っているか

1.5m Kanata telescope
@HAO, HU
観測者:
森谷、伊藤、高木、上野、森、浦野、河口、秋田谷

HOWPol

Kawabata et al. 2008, SPIE, 7014, 151

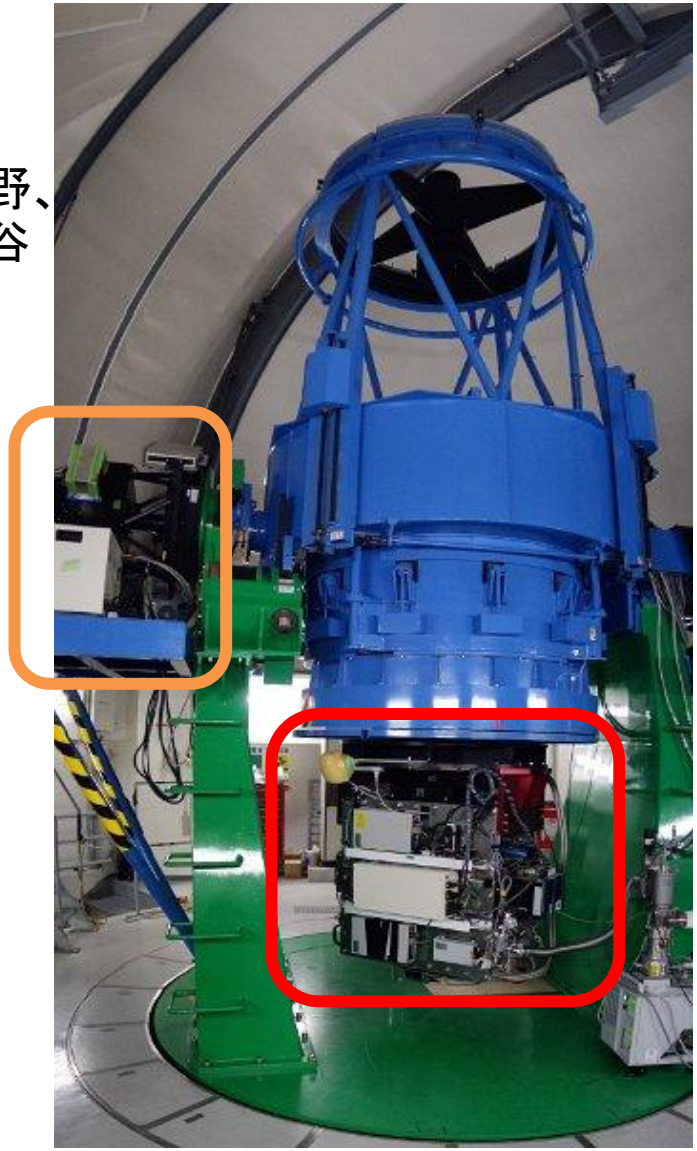
BVRI, low-res. Sp (R~400)

HONIR

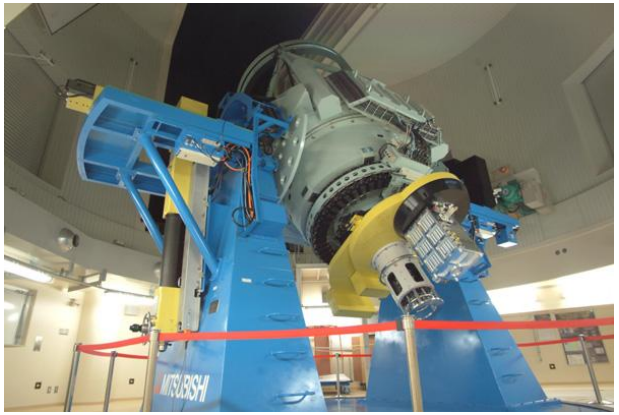
Sakimoto, Akitaya et al. 2012, SPIE, 8446, 73

JHKs

(敬称略)



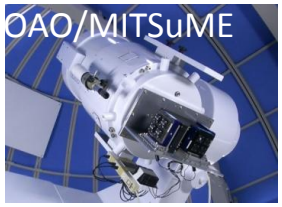
51cm/Andor社製
Camera@OKU
観測者:
川端、増本、その他院生

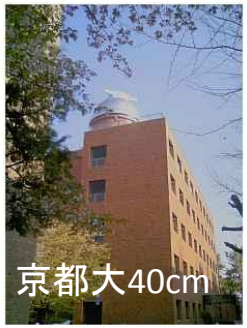


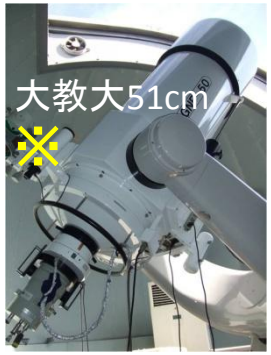
Nayuta/MALLS R~1200
@NHAO 観測協力者: 新井

その他、各大学公共天文台観測協力者

光赤外線大学間連携関連望遠鏡群

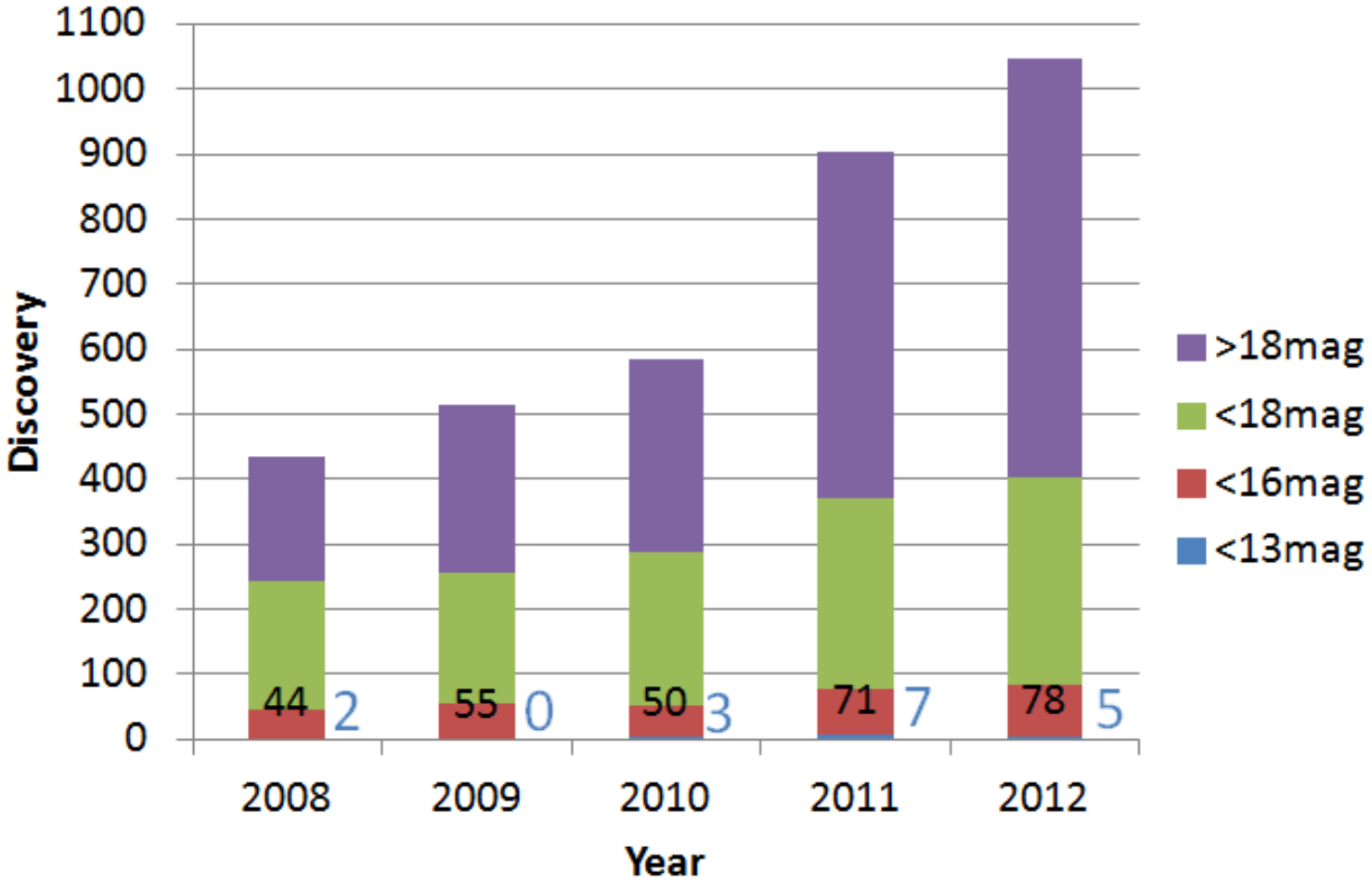






※ 非連携機関
☆ 協力機関

“明るい”超新星はどの程度出現しているか

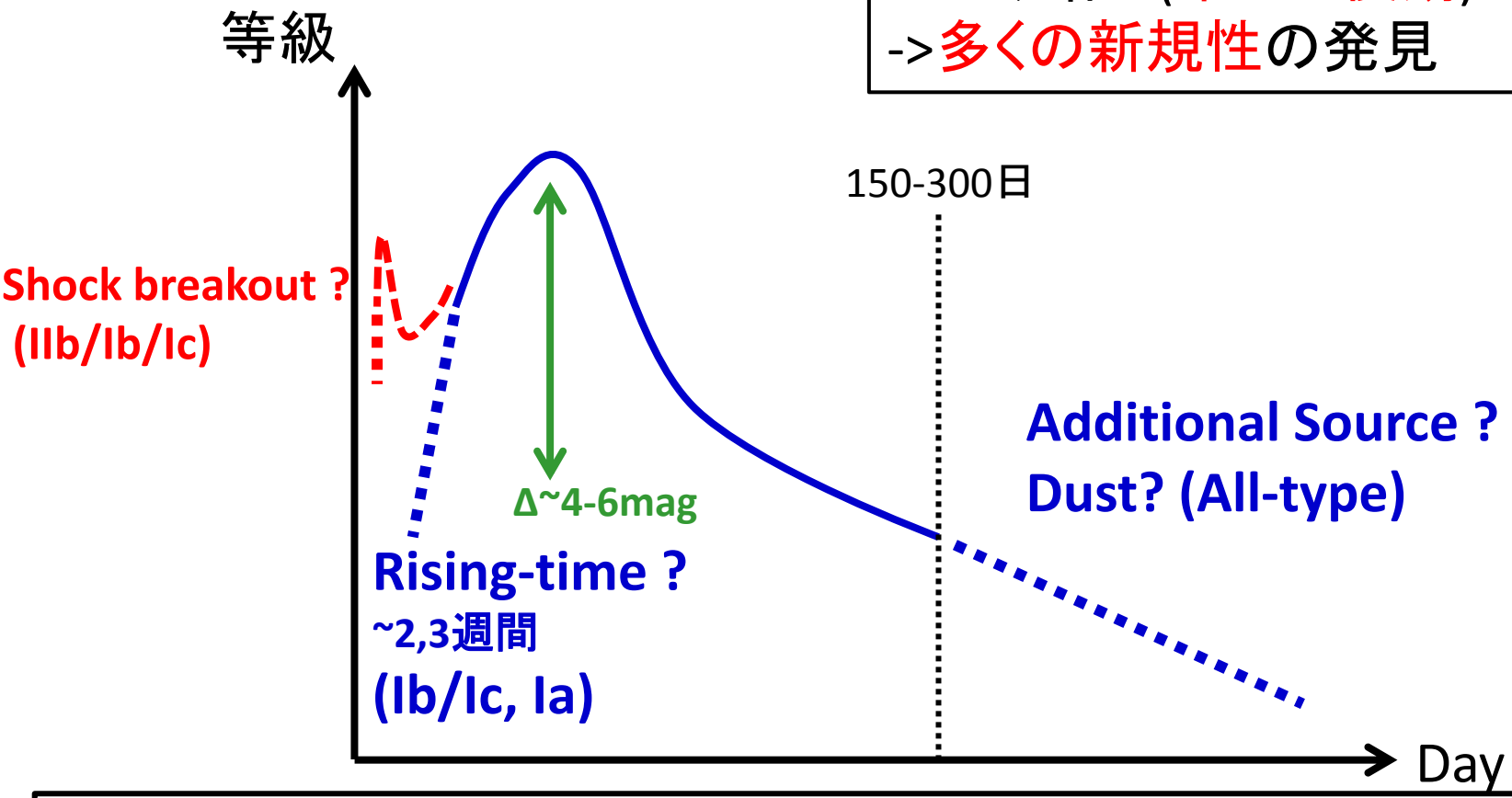


“Bright supernovae“ http://www.rochesterastronomy.org/snimages/

“明るい”超新星で何がわかるか

---- :未だ依然として未解明な点が多く残っている。

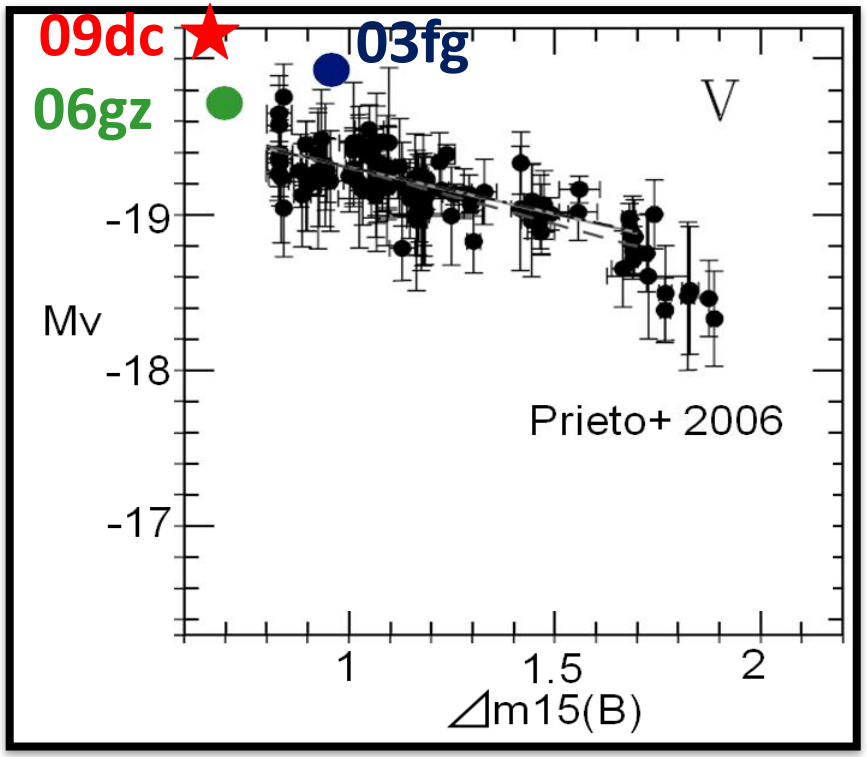
極大等級<12mag
-> より暗い(早いor後期)時期
->多くの新規性の発見

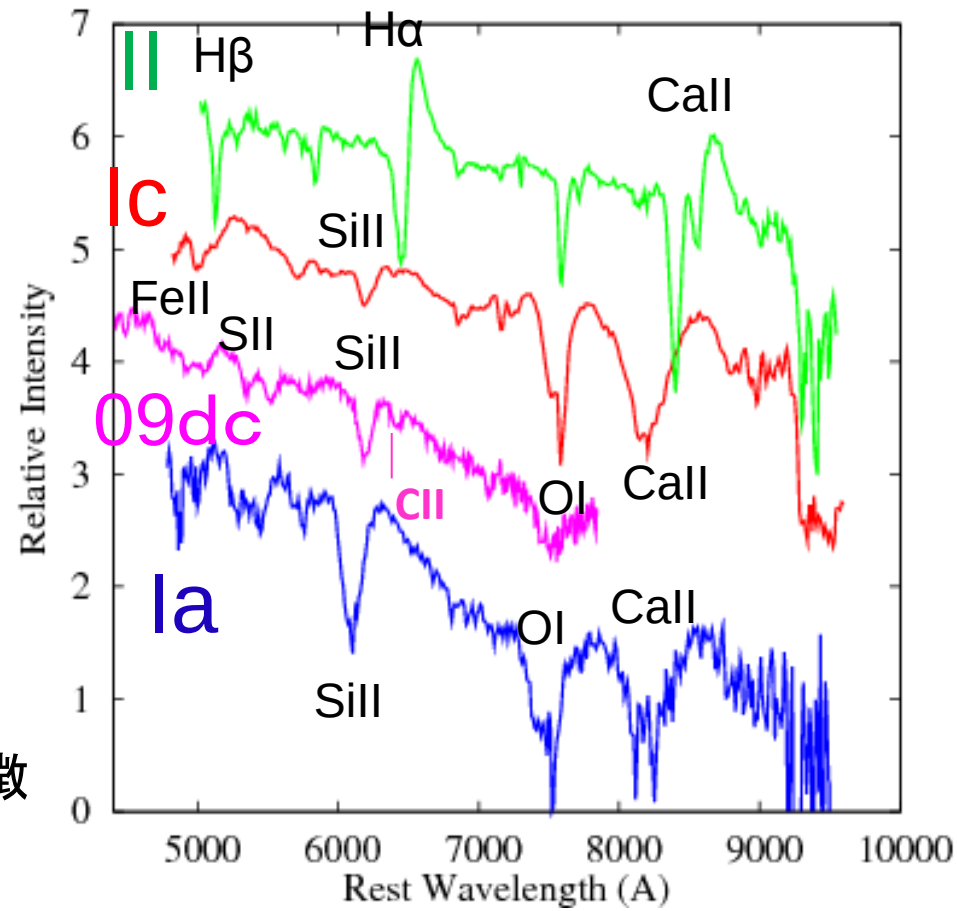


18等より暗い時期の可視分光/近外線測光 -> 3.8mに期待 (明日講演予定)

①光赤外線大学間連携によるスーパーチャンドラ候補(?)SN 2012dnの可視近赤外線観測 (PI: M. Yamanaka)

Super-Chandrasekhar SN Ia





スーパーチャンドラセカール超新星の特徴

1.極めて明るい (Mv<-19.8 mag)

2.極めて緩やかな減光 (Δm15(B)<1.0)

3.強い炭素の吸収線

4.遅い線速度(例外: 06gz)

これまで5例

山中D論 (2010)

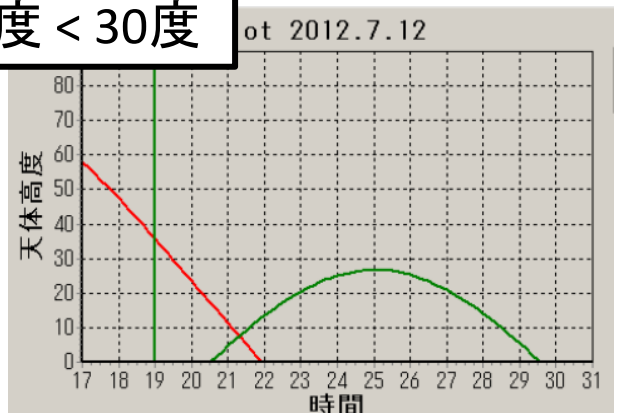
親星が無回転の白色矮星のChandrasekhar限界質量では説明不可

SN 2012dn in ESO 462-G016

Position

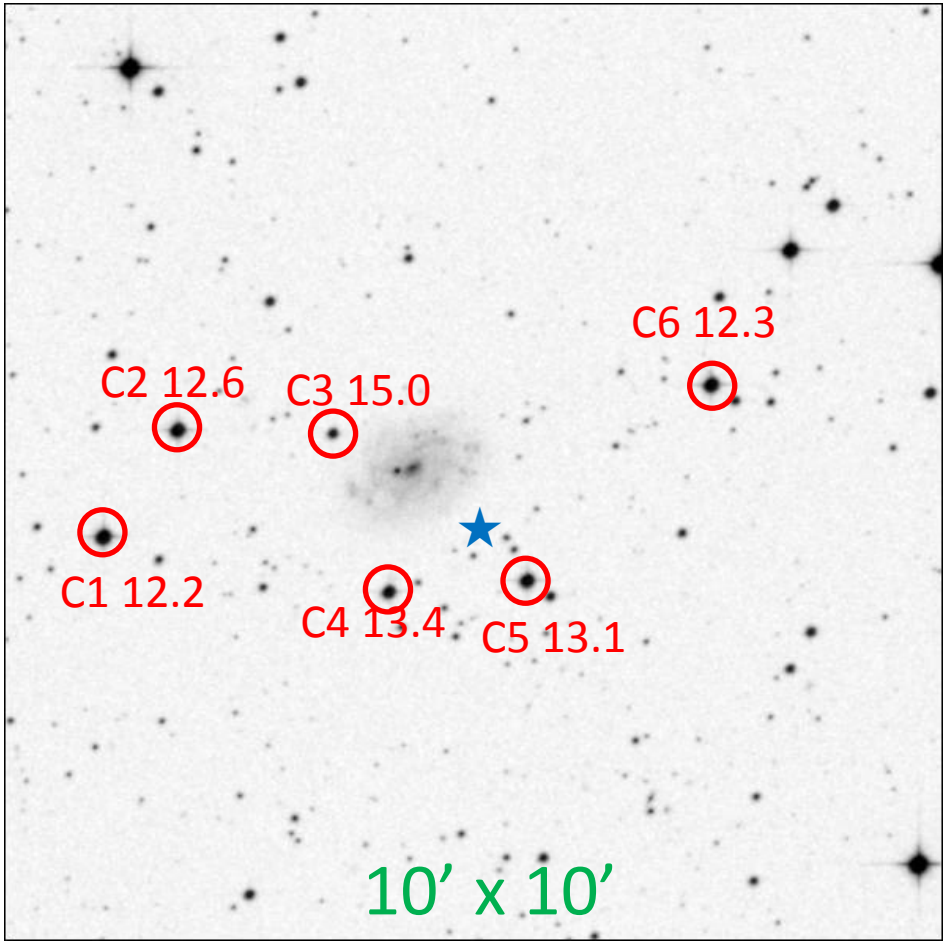
R.A. 20:23:36.26
Decl. -28:16:43.4

高度 < 30度



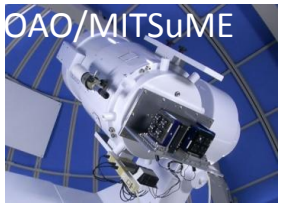
http://www.bao.go.jp/soft/elplot/index.html

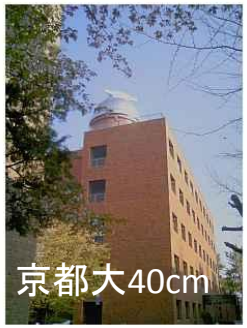
✔ 7/8(梅雨) 発見
✔ **最も近い**super-Chandrasekhar SN (=distance ~ 30 Mpc)
✔ **早期に**identify (a week before max)

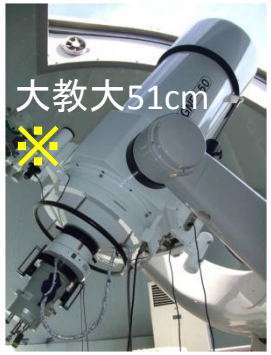


史上最も多くの情報を提供しうるsuper-Chandraeskhar SN
徹底した**可視近赤外線観測**によりその描像を明らかにする。

光赤外線大学間連携関連望遠鏡群







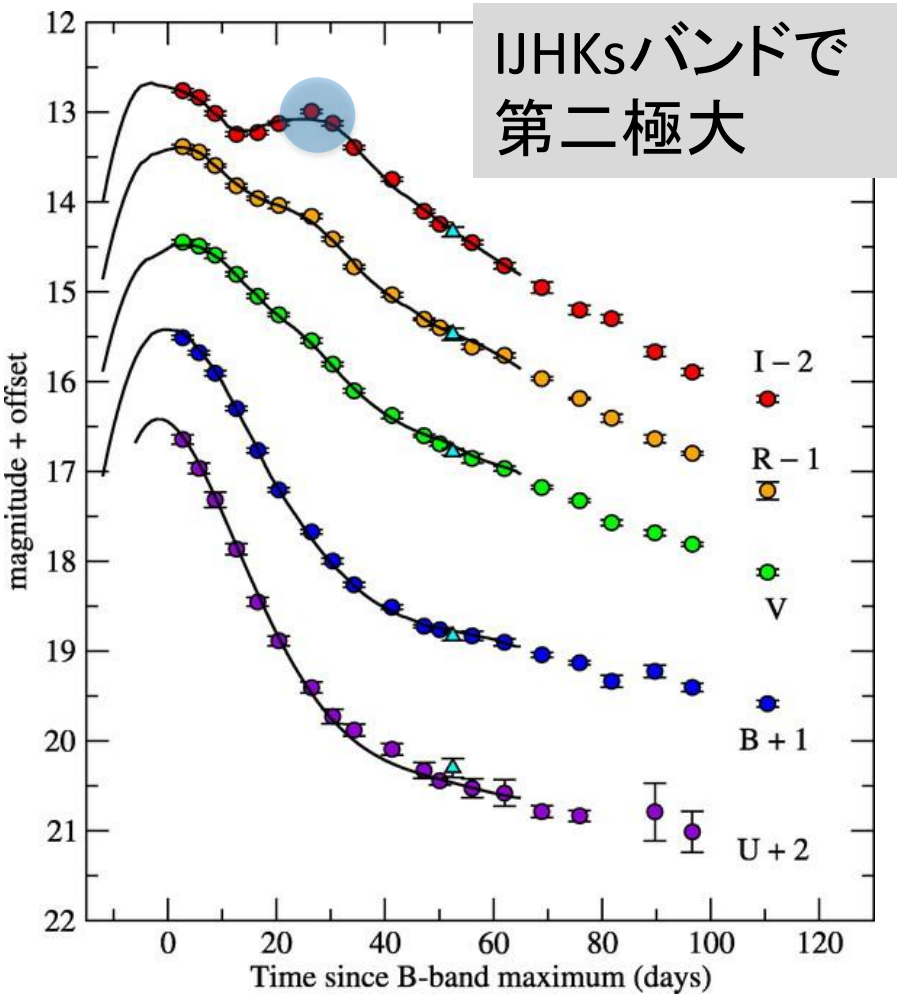
※ 非連携機関
☆ 協力機関

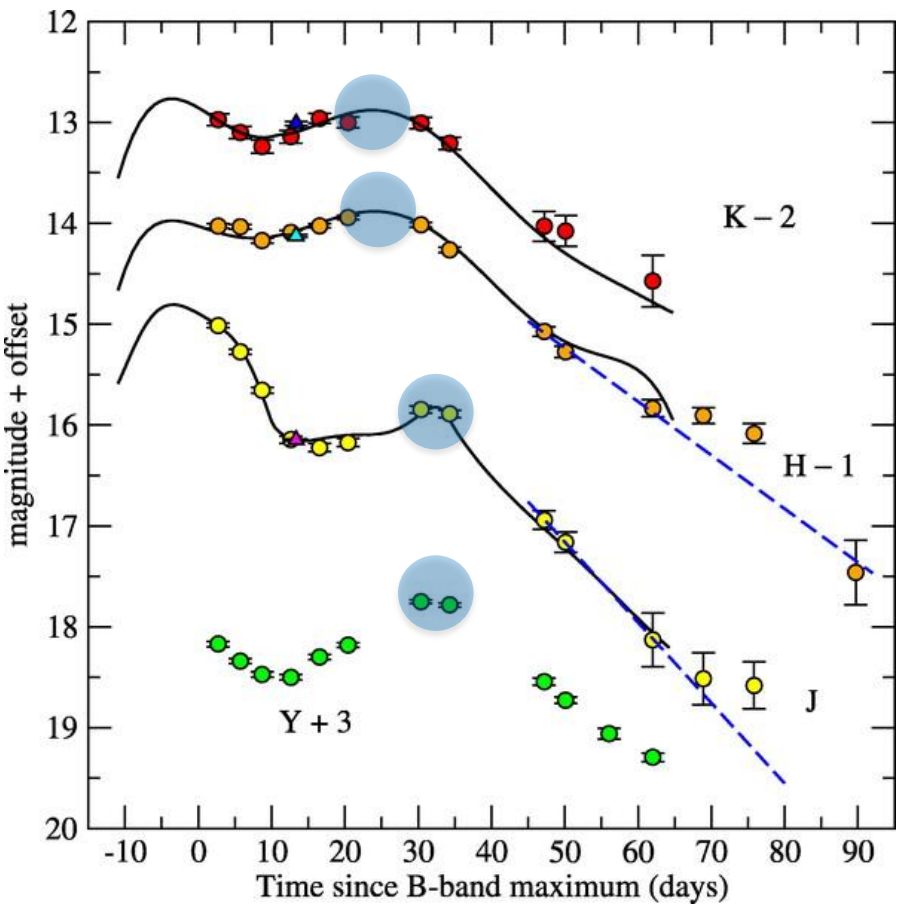
SN 2012dn 観測望遠鏡及び装置一覧

Observatory	Telescope	Instrument	Mode	Filter/Res.	Night(s)	Obs St	Reduc ST
Nayoro	1.6m Pirka	MSI	Imaging	UBVRI	45	End	PSF 済
Nayoro	1.6m Pirka	MSI	imagingspec	150	--	End	--
Akeno	0.5m	CCD (MITSuME)	Imaging	g'RI	--	End	--
サザーランド	1.4m IRSF	Sirius	Imaging/impol	JHKs	47(76)	End	済
Koyama	1.3m Araki	Adler	imaging	gizBVIc	26	End	済
OKU	0.5m MITSuME	Andor/ST10	imaging	BVRcIc	12/14	End	Ongoing
Nishiharima	2.0m Nayuta	NIC	imaging	JHKs	22	End	Ongoing
OAO	1.88m 74	KOOLS	Spectroscopy	300	2	End	PSF 済
OAO	0.5m MITSuME	CCD (MITSuME)	Imaging	g'RI	34	End	PSF 済
Hiroshima	1.5m Kanata	HOWPol	Imaging	BVRI(z'+Y)	51	End	PSF 済
Hiroshima	1.5m Kanata	HOWPol	Spectroscopy	400	30	End	済
Kagoshima	1.0m	NIC(?)	Imaging	JHKs	11	End	PSF 済
Ishigaki-jima	1.0m MITSuME	CCD (MITSuME)	Imaging	g'RI	28	End	PSF 済

過去に例を見ない程密な可視近赤外線の測光観測を実現

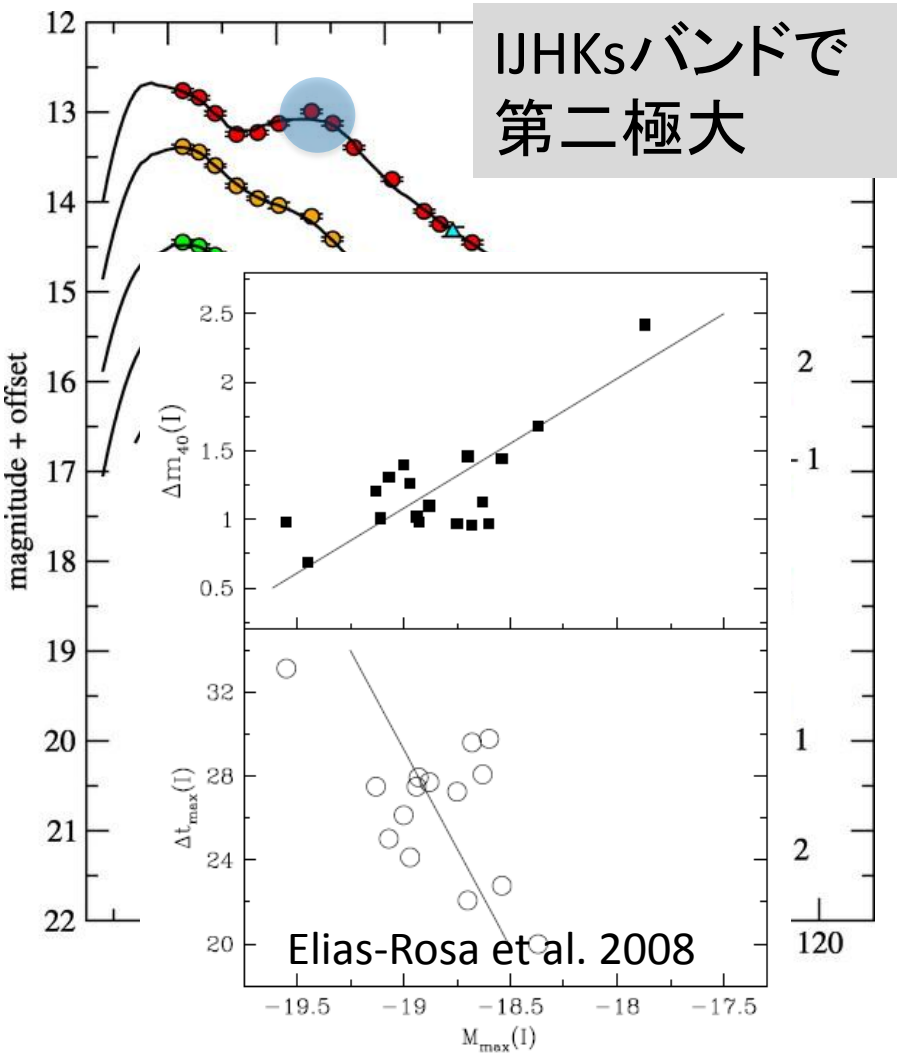
典型的な(templateとよべる)Ia型超新星のUBVRIYJHKsバンド光度曲線

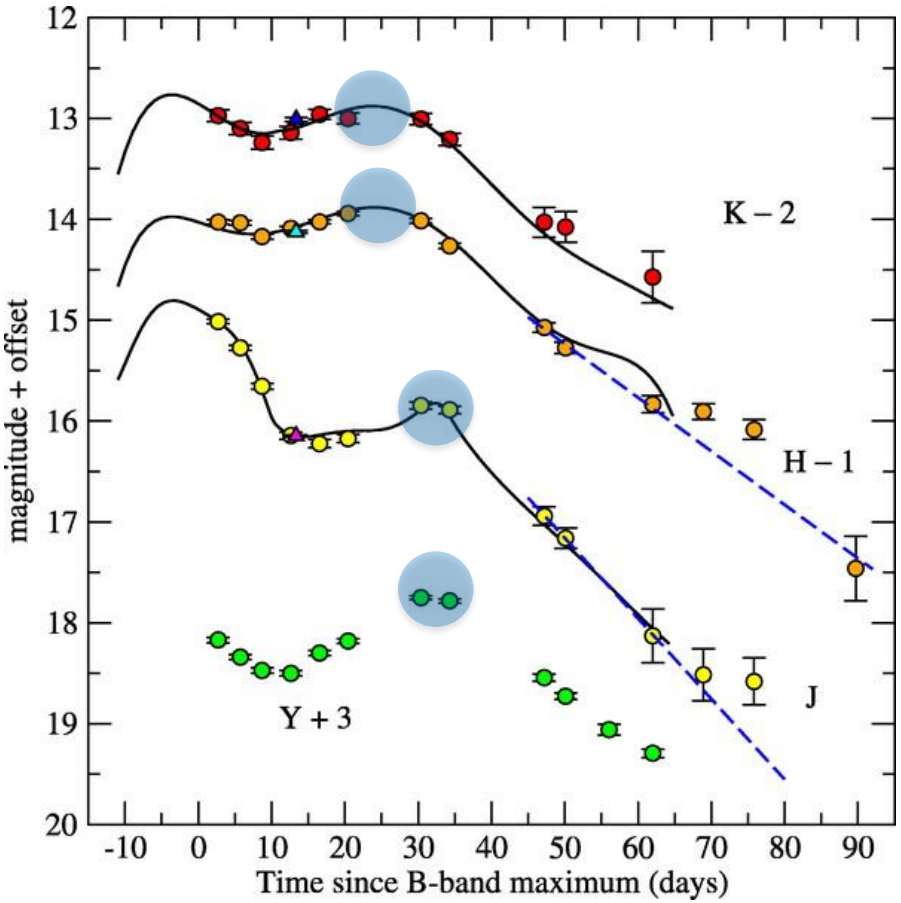




KRISCIUNAS et al. 2007

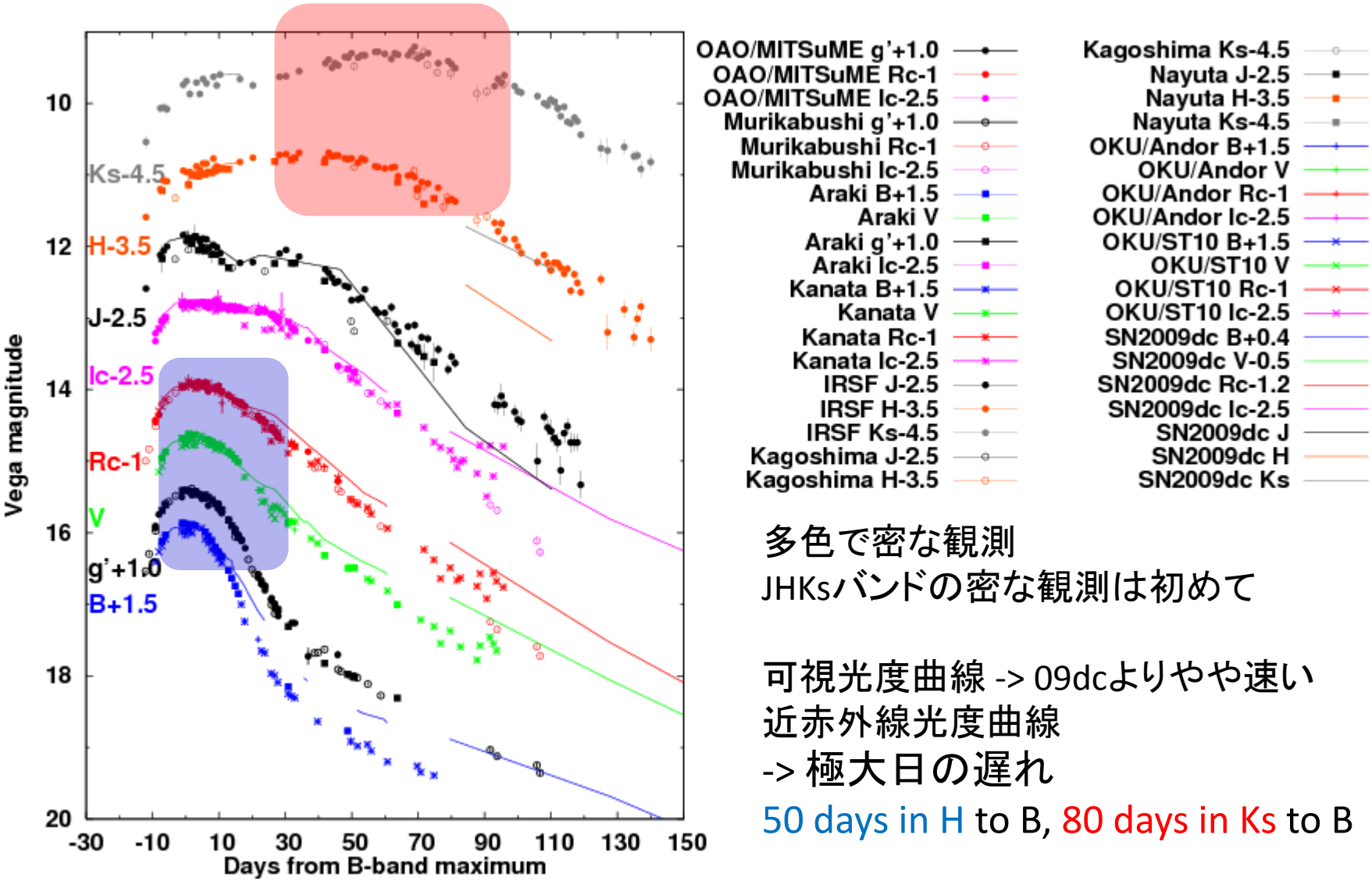
典型的な(templateとよべる)Ia型超新星のUBVRIYJHKsバンド光度曲線





KRISCIUNAS et al. 2007

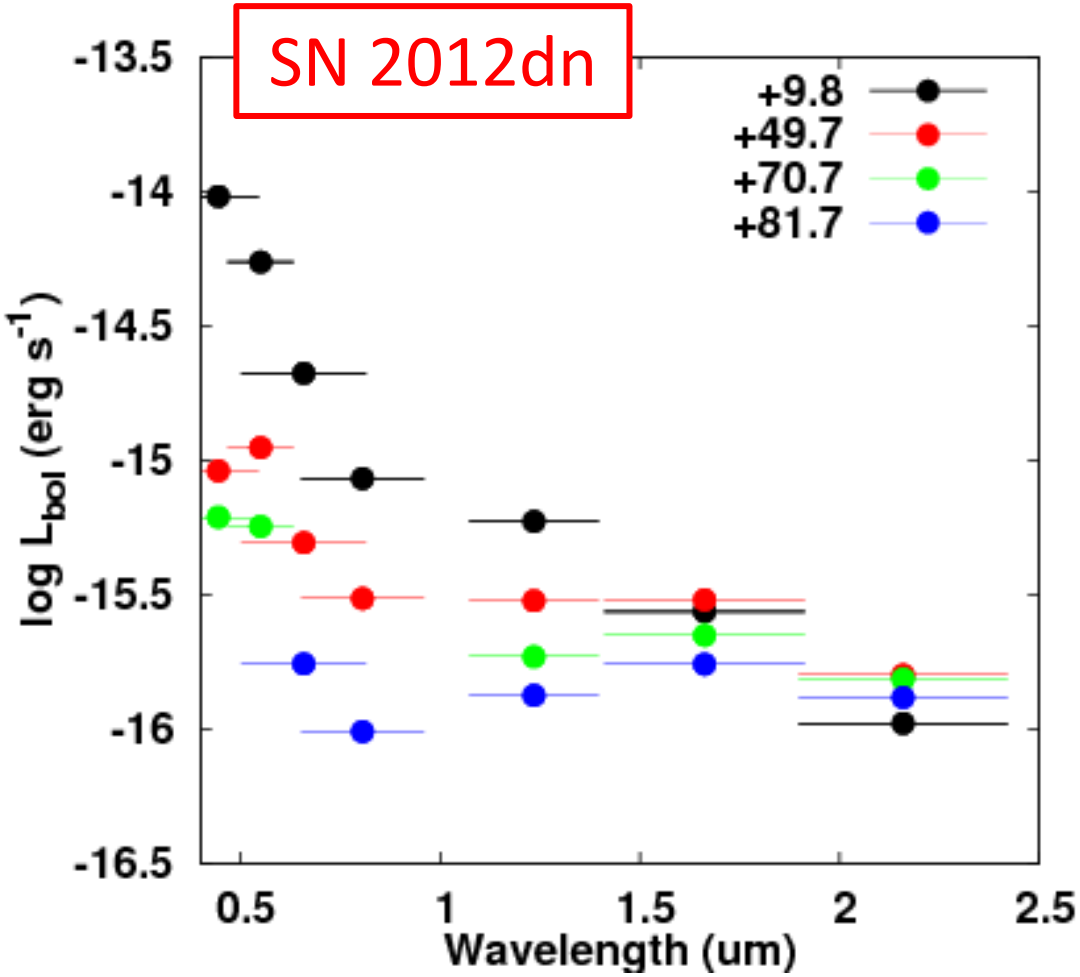
光度曲線(SN 2009dcと比較)



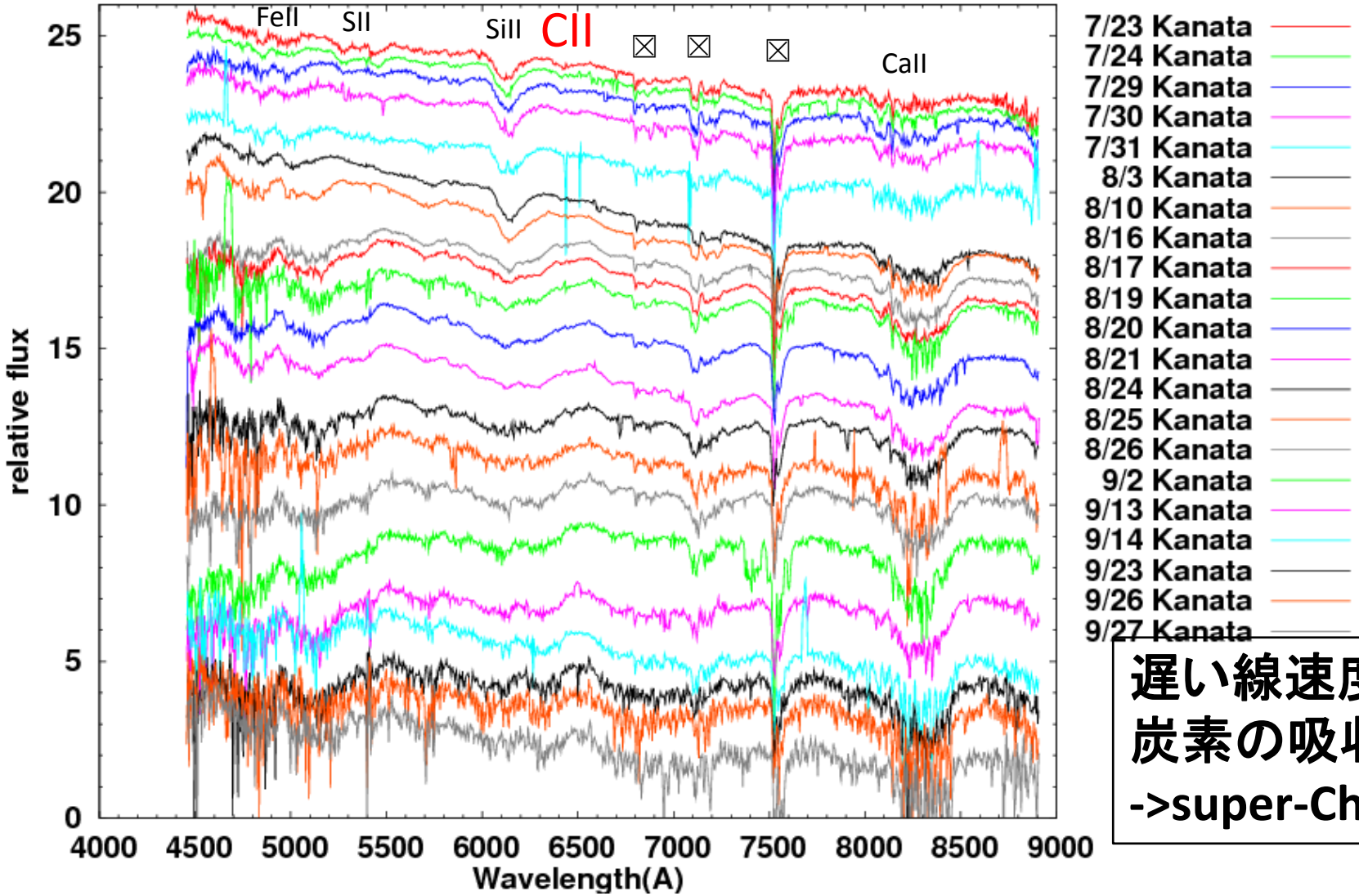
多色で密な観測
JHKsバンドの密な観測は初めて

可視光度曲線 -> 09dcよりやや速い
近赤外線光度曲線
-> 極大日の遅れ
50 days in H to B, 80 days in Ks to B

SED

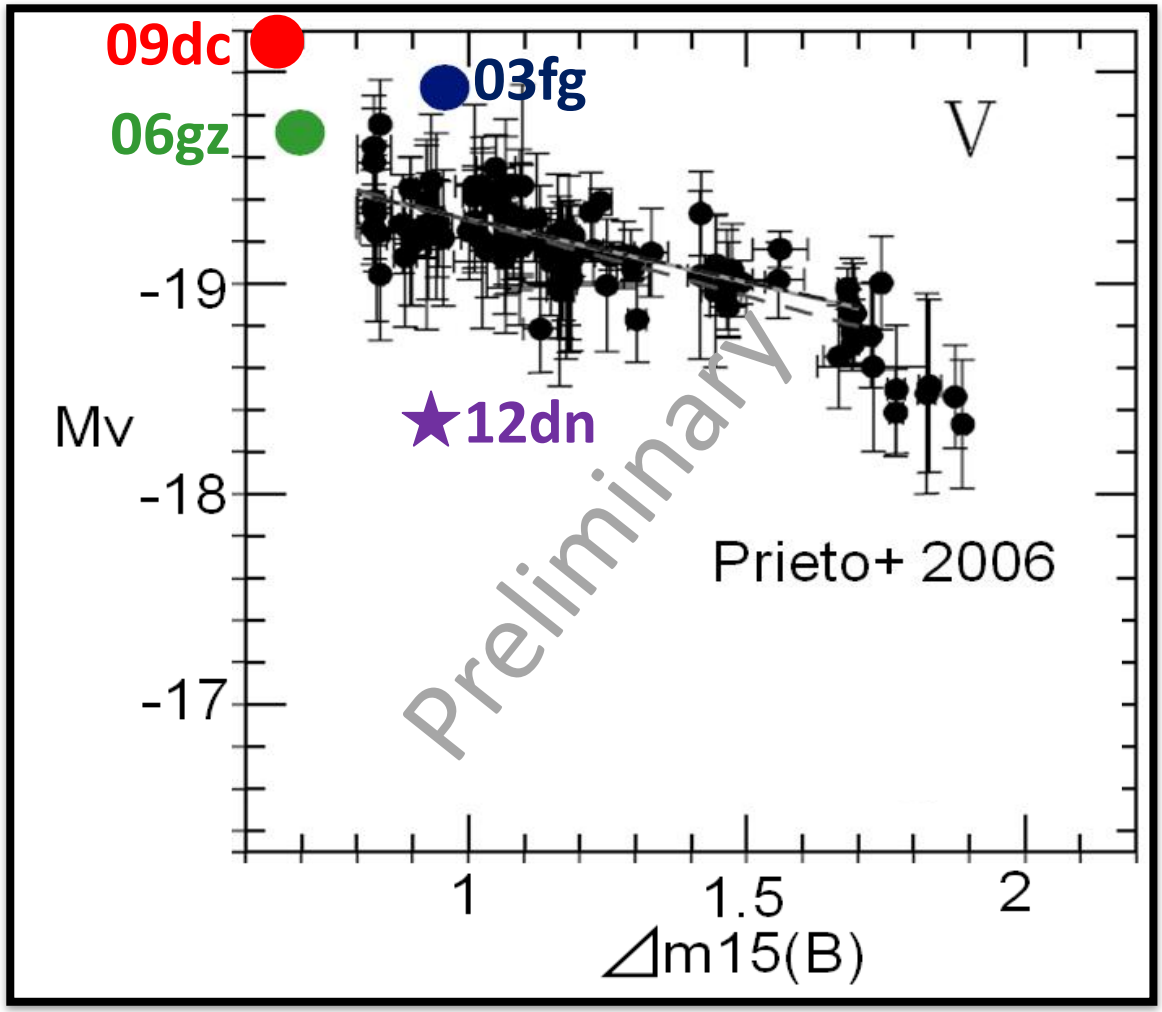

SN 2012dn
+9.8
+49.7
+70.7
+81.7
-13.5
-14
-14.5
-15
-15.5
-16
-16.5
log L_bol (erg s^-1)
0.5
1
1.5
2
2.5
Wavelength (um)

スペクトル



遅い線速度
炭素の吸収線
->super-Ch-like

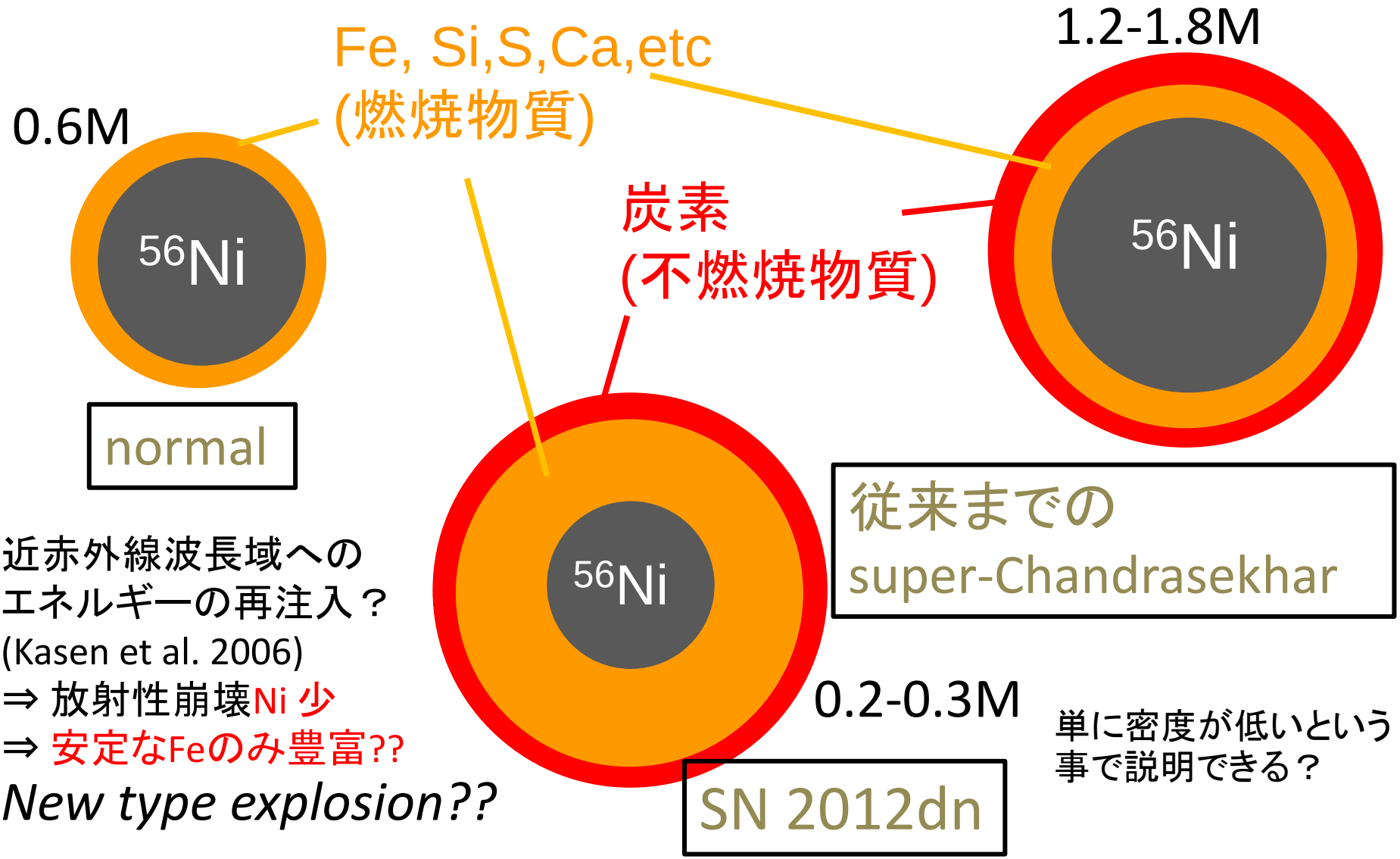
絶対等級 対 減光速度



同じdecline rateを持つ
Super-Chandrasekhar SN
より有意に暗い光度

何を意味するのか?

描像: 大量のejecta、少量の^{56}Ni mass



近赤外線波長域への
エネルギーの再注入？
(Kasen et al. 2006)
⇒ 放射性崩壊Ni 少
⇒ 安定なFeのみ豊富??
New type explosion??

単に密度が低いという
事で説明できる？

今後の展望

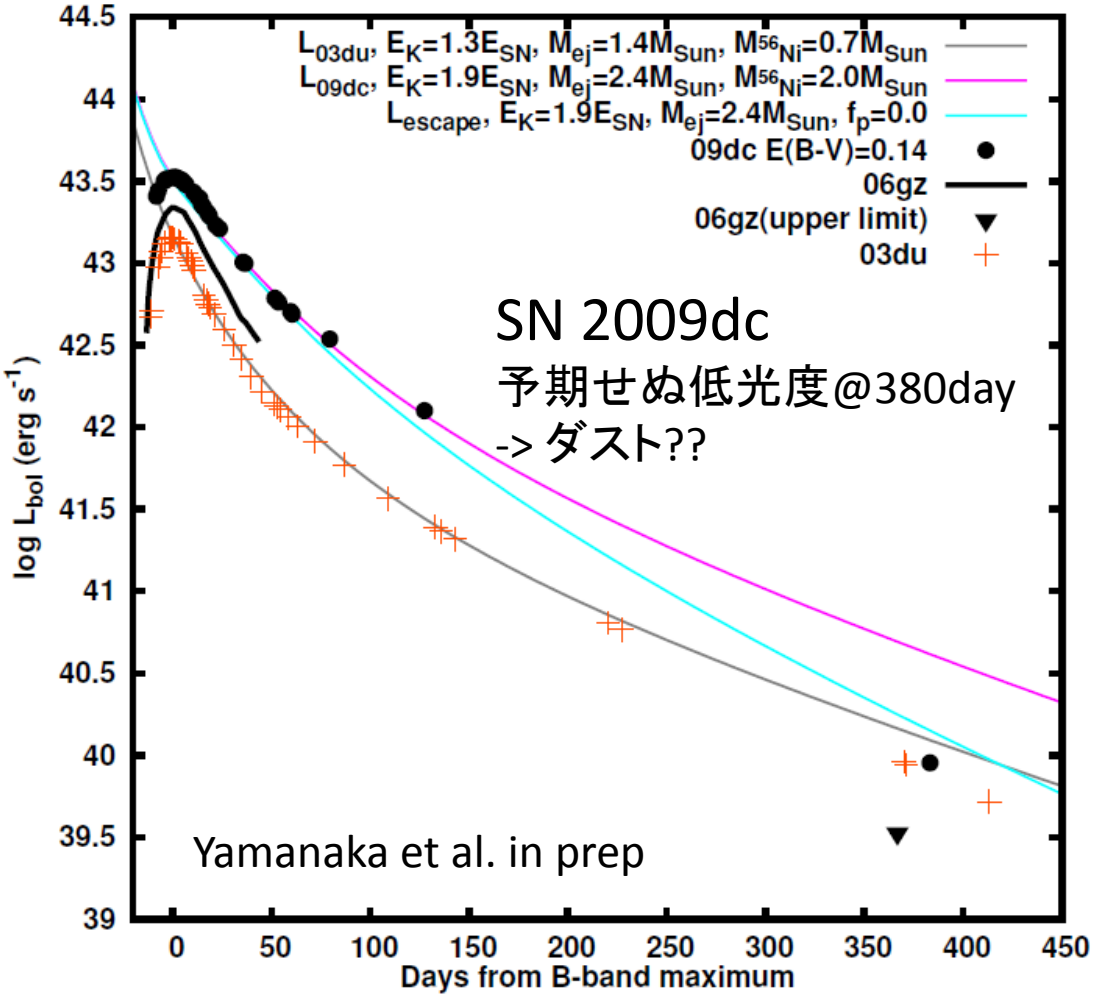


FIG. 4.— Same plot in figure 3 extended to 450 days B-band maximum. The analytic model is plotted for the case of 2.4$M_{\odot}$ ejected mass and 1.9×10^{51} erg ignoring positron interaction, in aqua line. This model is exceptional situations for the physical condition in inner-part ejecta. This line cannot even explain the luminosity.

現在、SN 2012dnは
極大後240日後を経過中

近赤外線波長域への再放射?

1年後のSubaru/FOCAS
での観測を提案予定

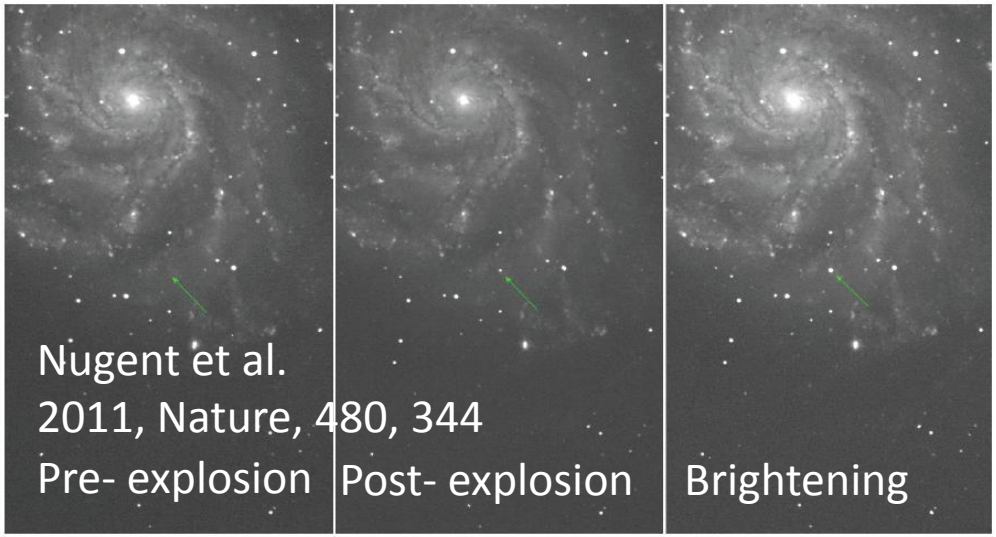
SN 2012dn まとめ

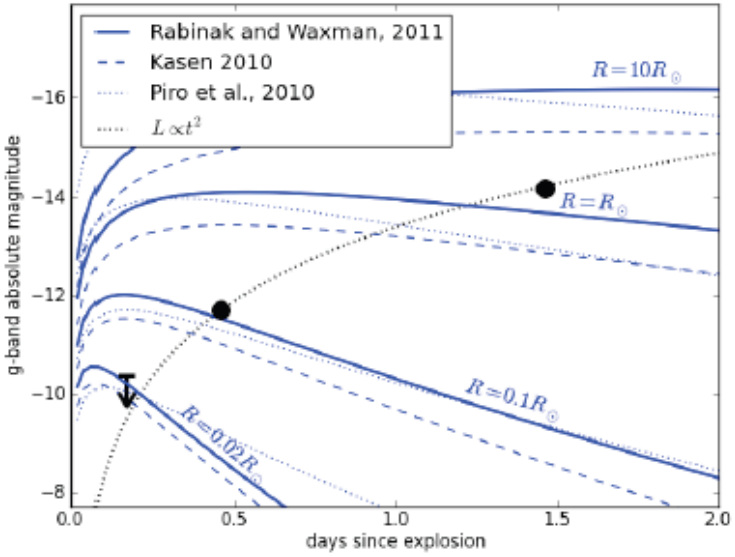
- スーパーチャンドラセカール候補天体SN 2012dnの徹底的な可視近外線観測を実施
- 低高度で梅雨時期にも関らず、OISTERによる史上稀に見るほどの密な可視近赤外線観測を実現
- 緩やかな減光、遅い膨張速度、強い炭素の吸収線を検出 → 豊富なエジェクタを示唆
- しかしながら、絶対光度は暗く、少量のみの56Ni massを生成か
- 正体不明の爆発か？

③ 中間光度SN 2012htの増光期観測

(PI M. Yamanaka, M. Kawabata)

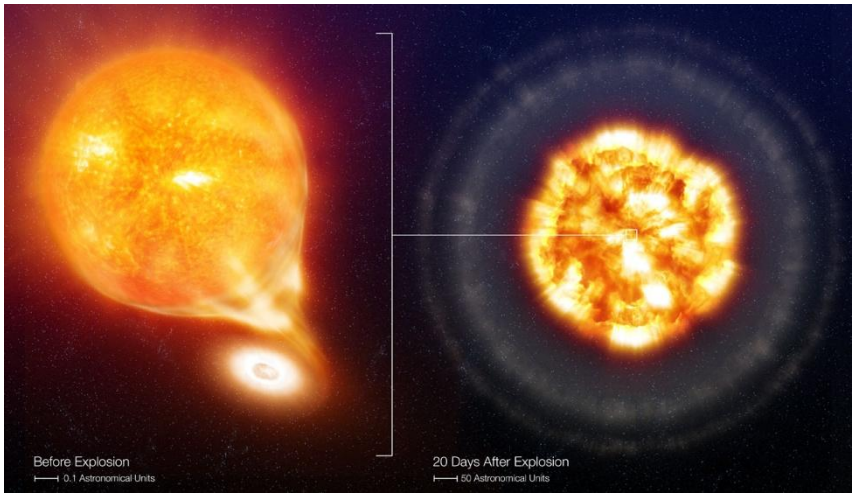
爆発直後からの観測による制限





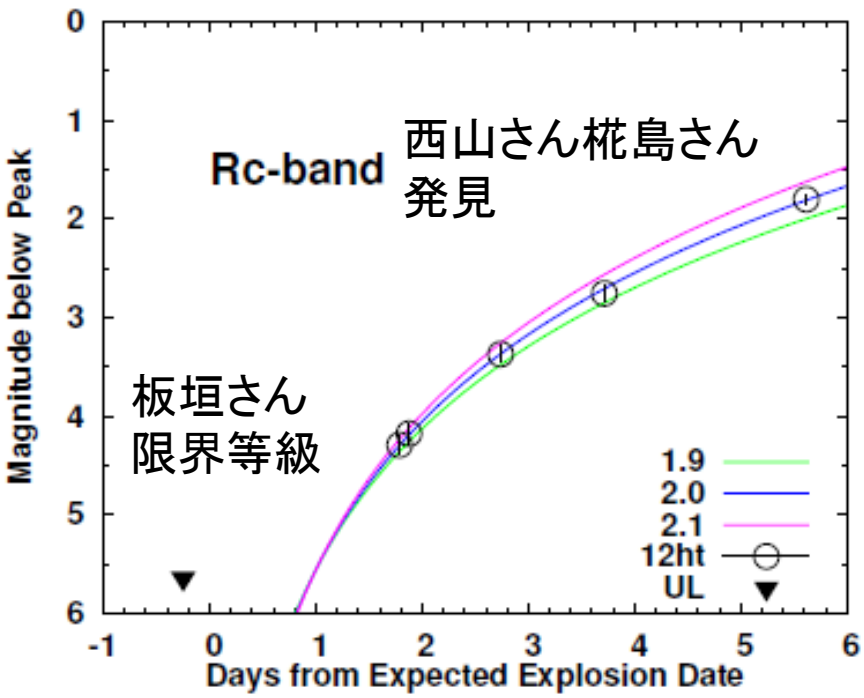
Bloom et al. 2012

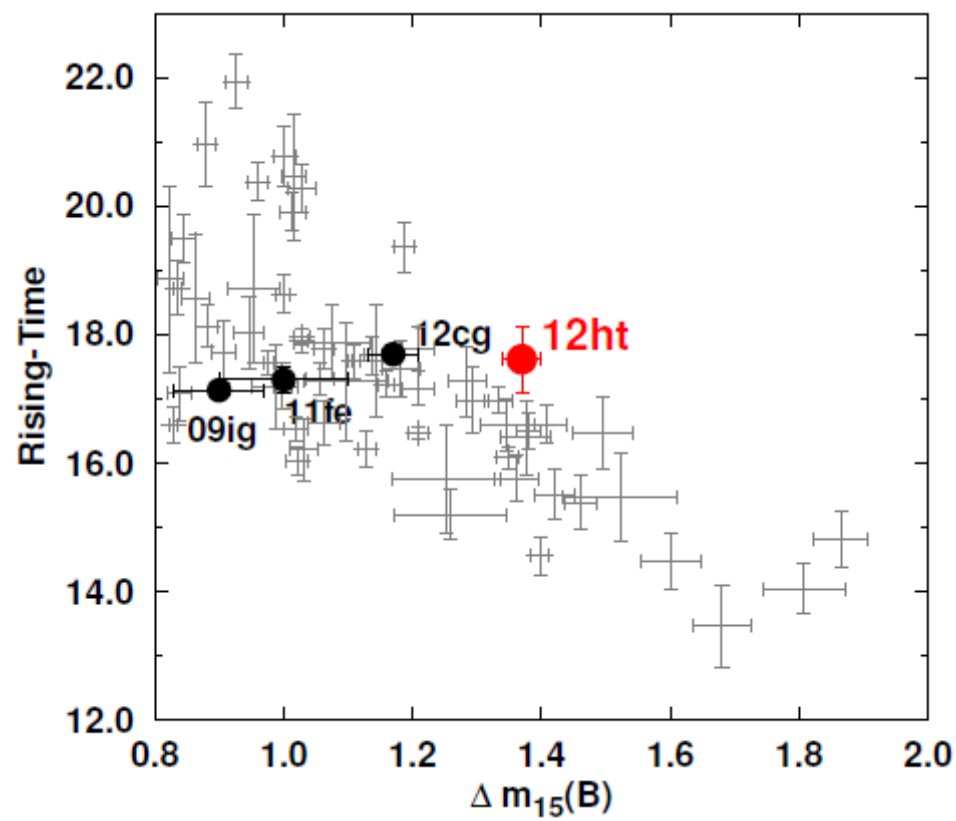
赤色巨星は
除外？



増光極初期における
0.2dで-10magでの
upper-limit
-> <0.02R◎のコンパ
クト天体を示唆
-> WDでOK

史上4例目の直接的なrising-timeの導出

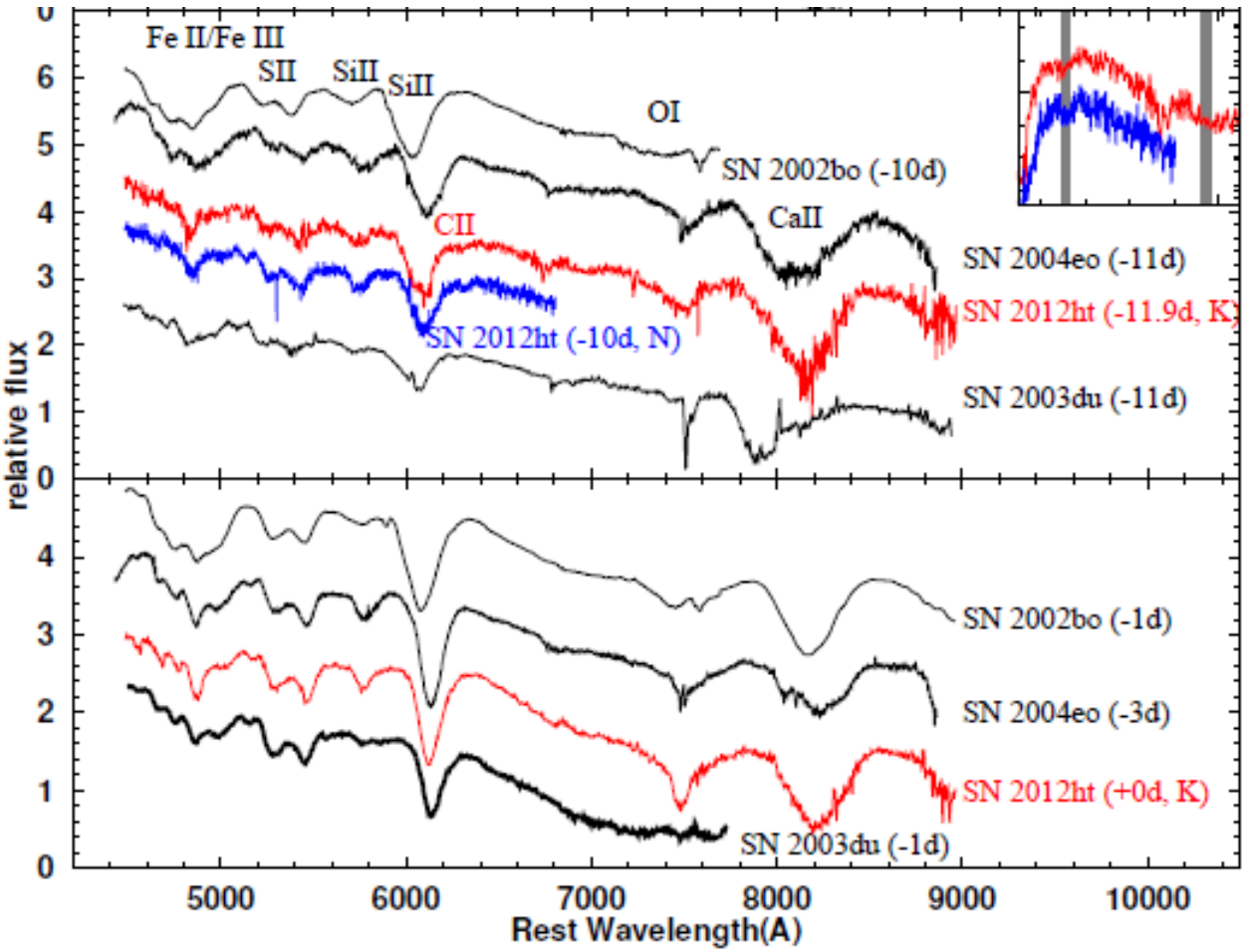




SN ID	$\Delta m_{15}(B)$ (mag)	Rising-time[a] (day)
SN 2012ht	1.37 ± 0.03	17.62 ± 0.52
SN 2009ig	0.90 ± 0.07	17.14 ± 0.15
SN 2011fe	1.17 ± 0.04	17.70 ± 0.14
SN 2012cg	$0.9 - 1.1$??	17.3 ± 0.2

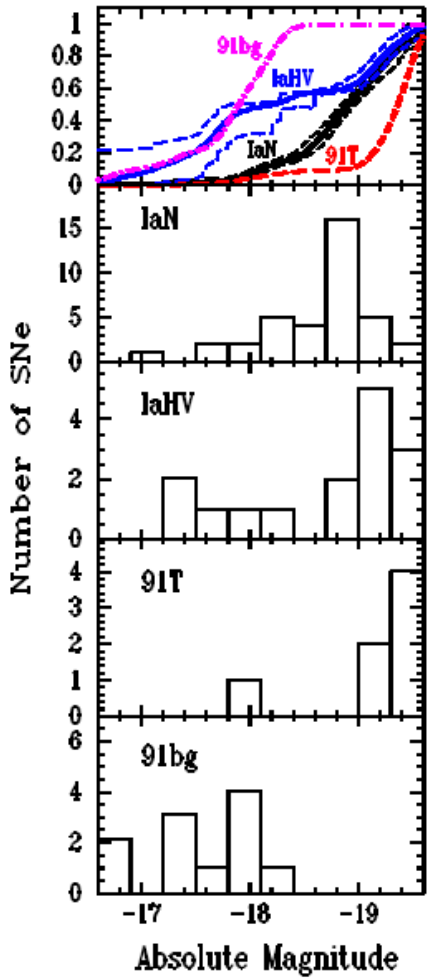
爆発後2.0d以内から連続的な
測光観測 -> 史上4例目
中間光度では初めて

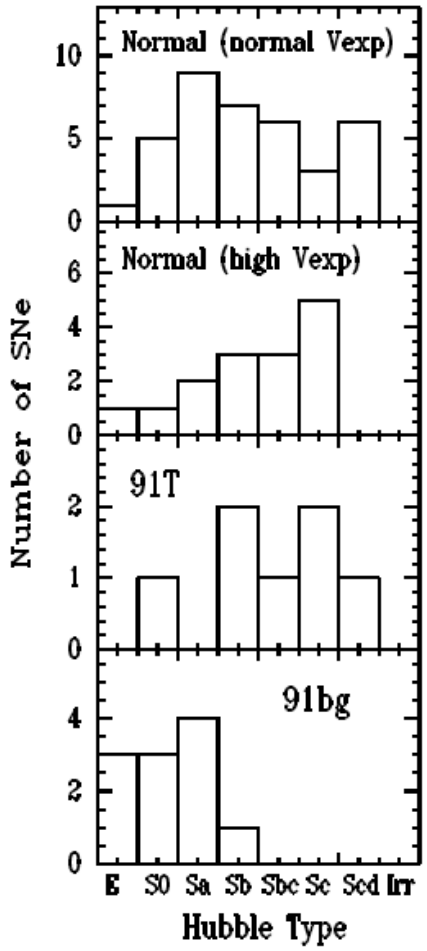
SN 2012htは中間的な分類

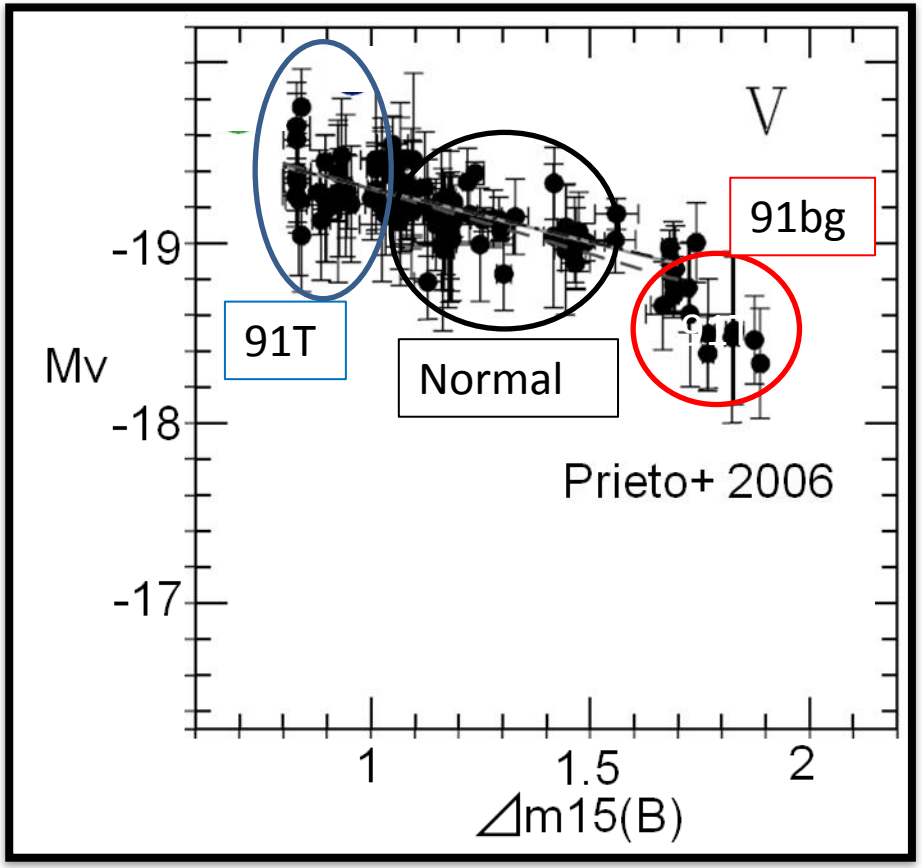


SN 2012htは測光分光的に中間光度 SN 2004eoによく似ている
親星直接成分と見られる炭素の吸収線も検出

Ia型の多様性は連続的か?

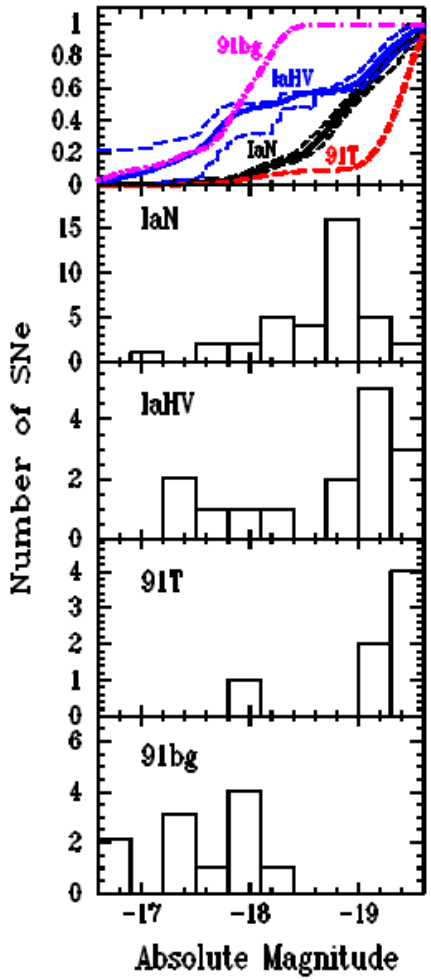




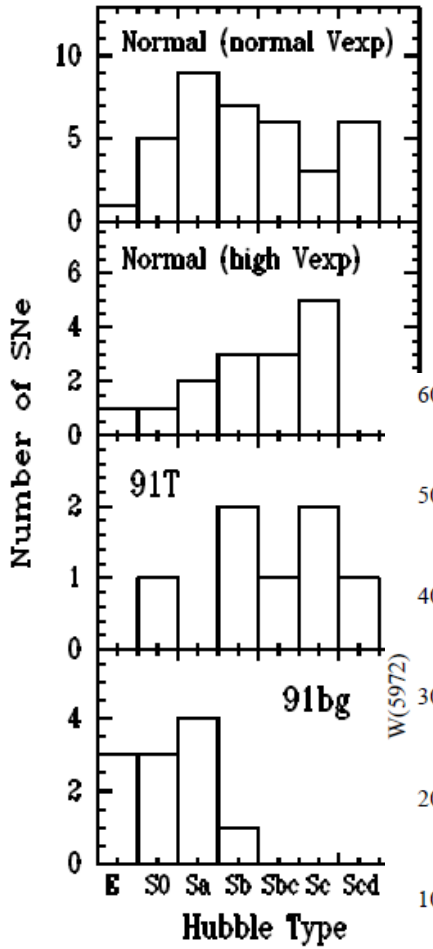


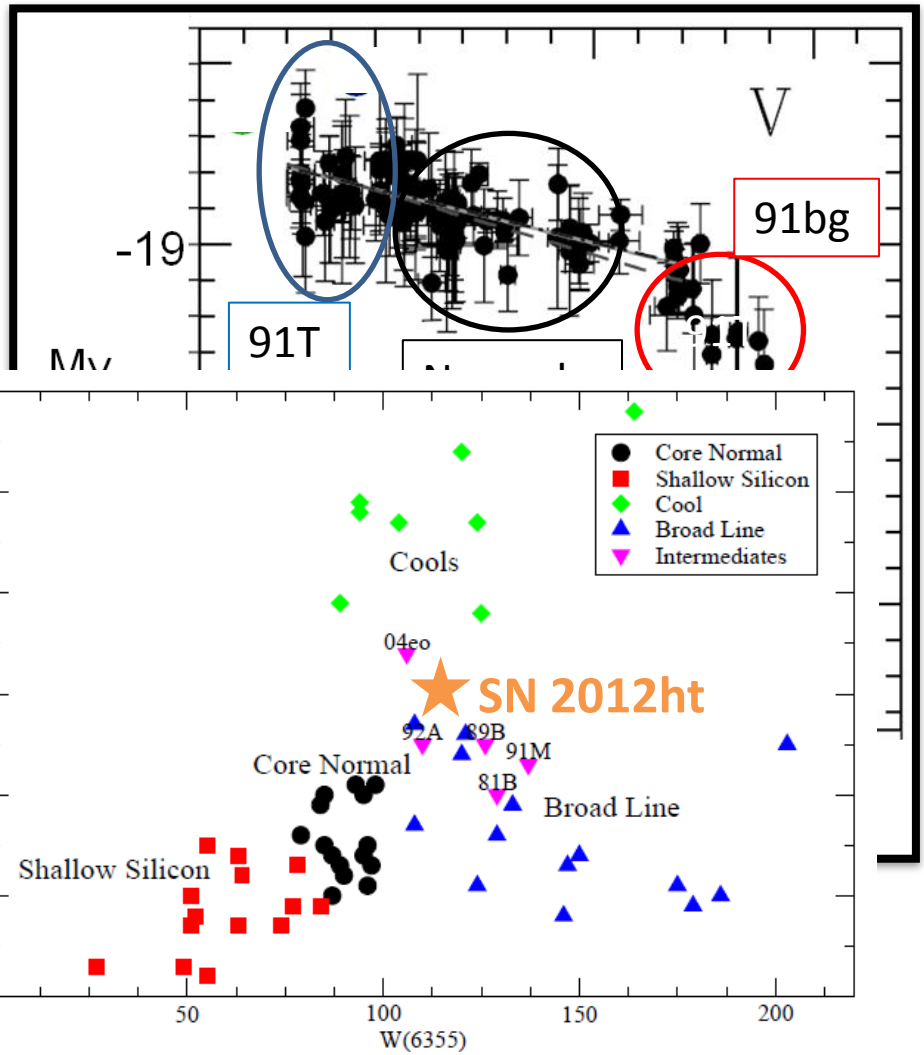
Li et al. 2011

Ia型の多様性は連続的か?



Li et al. 2011





12ht まとめ

- 爆発日を推定し、2日後から連続的に観測を実施できた天体としては4例目

- 中間光度Ia型としては初めてrising-timeを求めた。: 他の典型的なIa型と同程度

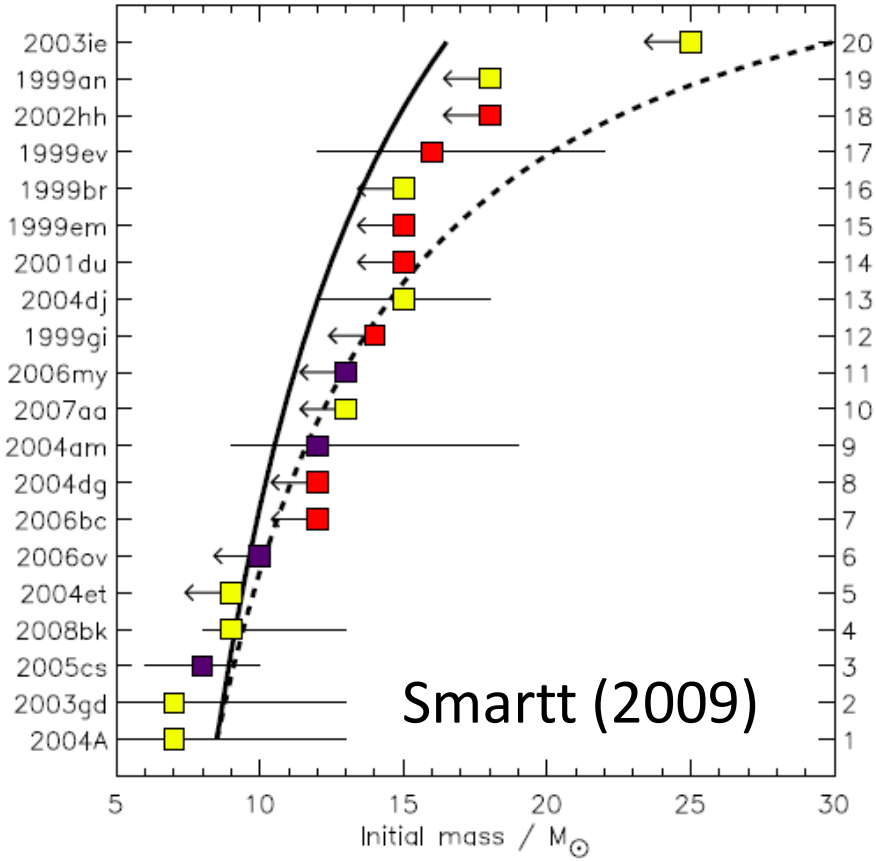
  -> 少なくとも典型的なIa型と同じ種族を起源を示唆している

⑦ 暗いIIP型超新星SN 2009jsの可視光及び中間赤外線観測

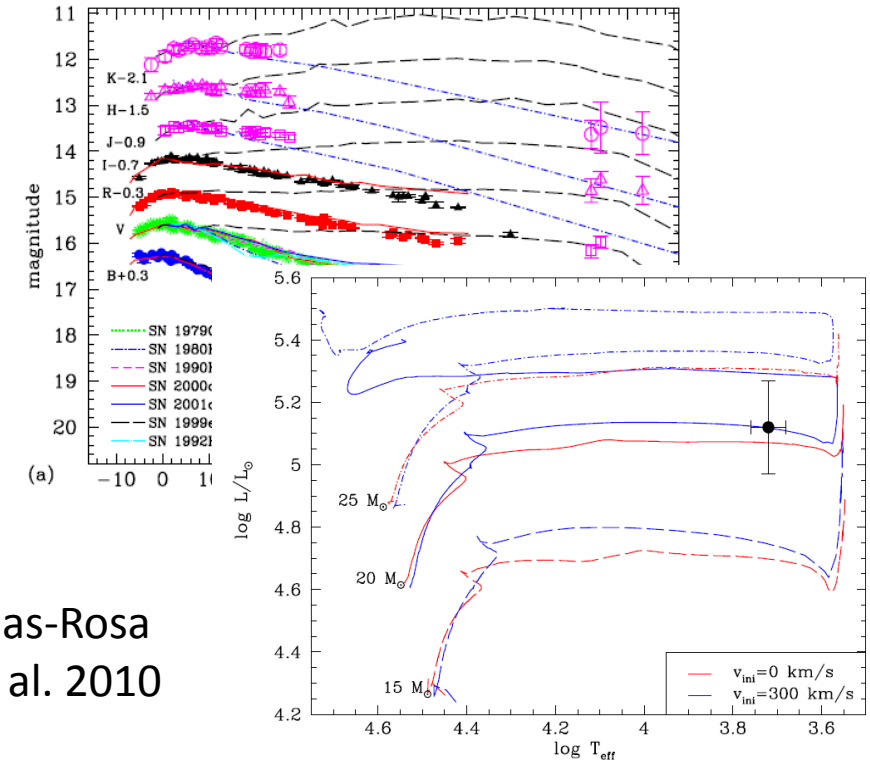
“SN 2009JS AT THE CROSSROADS BETWEEN NORMAL AND SUBLUMINOUS TYPE IIP SUPERNOVAE: OPTICAL AND MID-INFRARED EVOLUTION “

(P. GANDHI, MY, M. TANAKA et al. 2013, ApJ, 767, 166)

赤色巨星問題



IIP型超新星の親星初期質量は
17太陽質量程度？

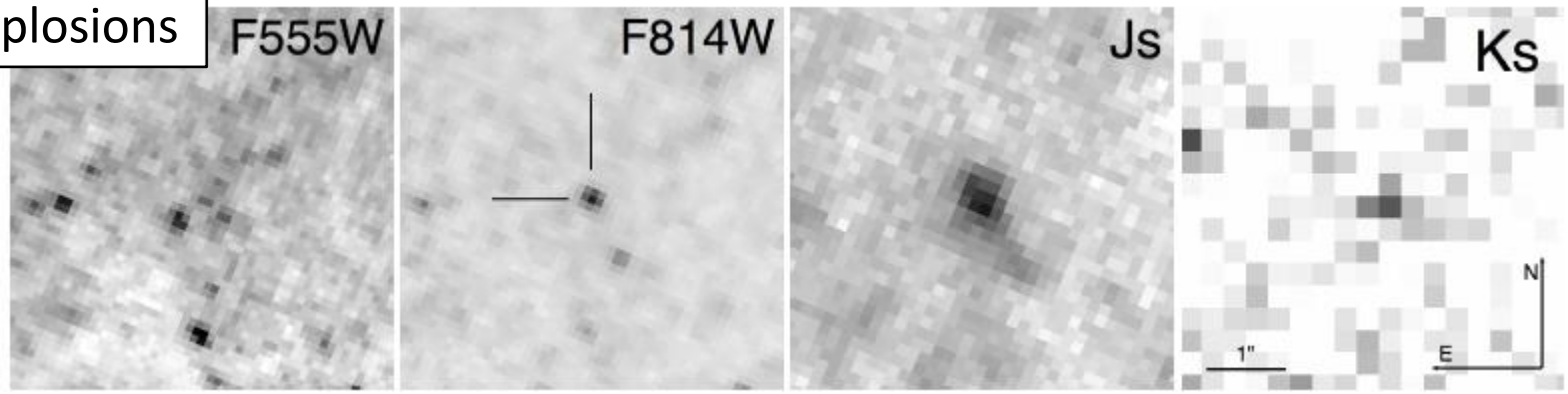


Elias-Rosa
et al. 2010

IIL型超新星 SN 2009krの親星：
初期質量20M◎ 程度の黄色超巨星？

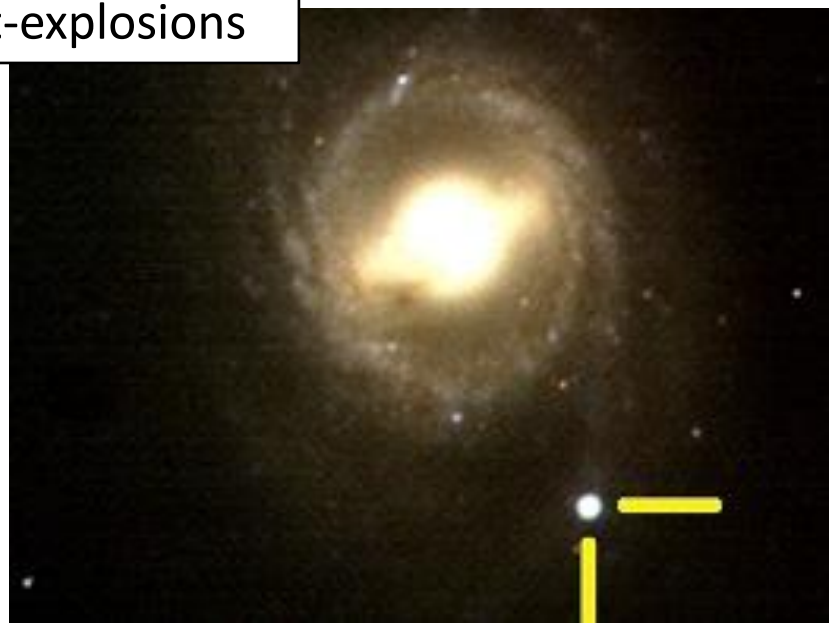
II型超新星には星周ダストが取り巻いている？

Pre-explosions



Fraser et al. 2012

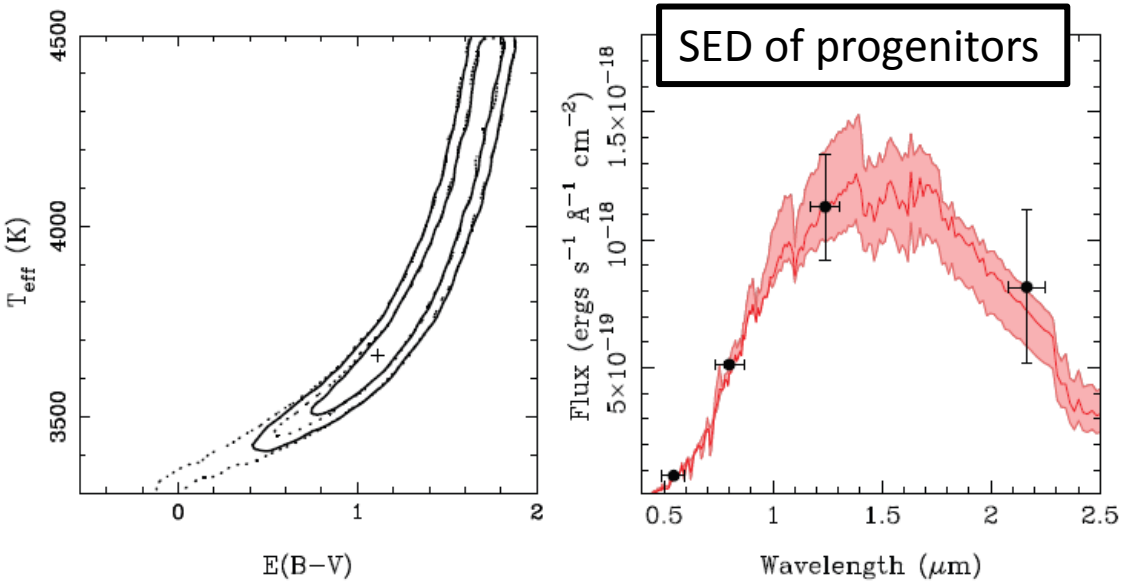
Post-explosions



M95に出現した
SN 2012aw

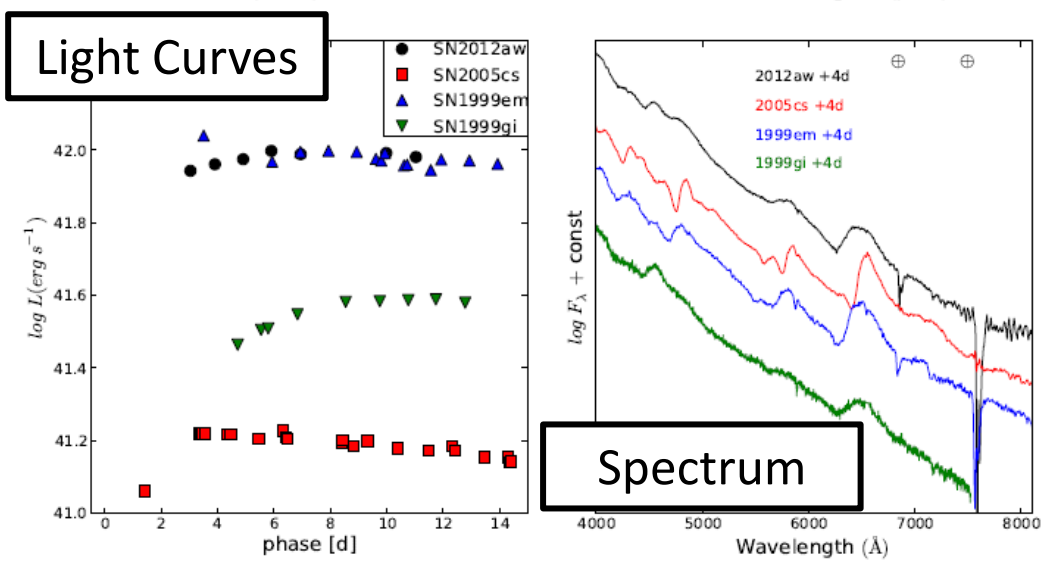
Kanata images
(B, V, Rc-bands)

II型超新星には星周ダストが取り巻いている？



爆発前

E(B-V) ~ 1.0



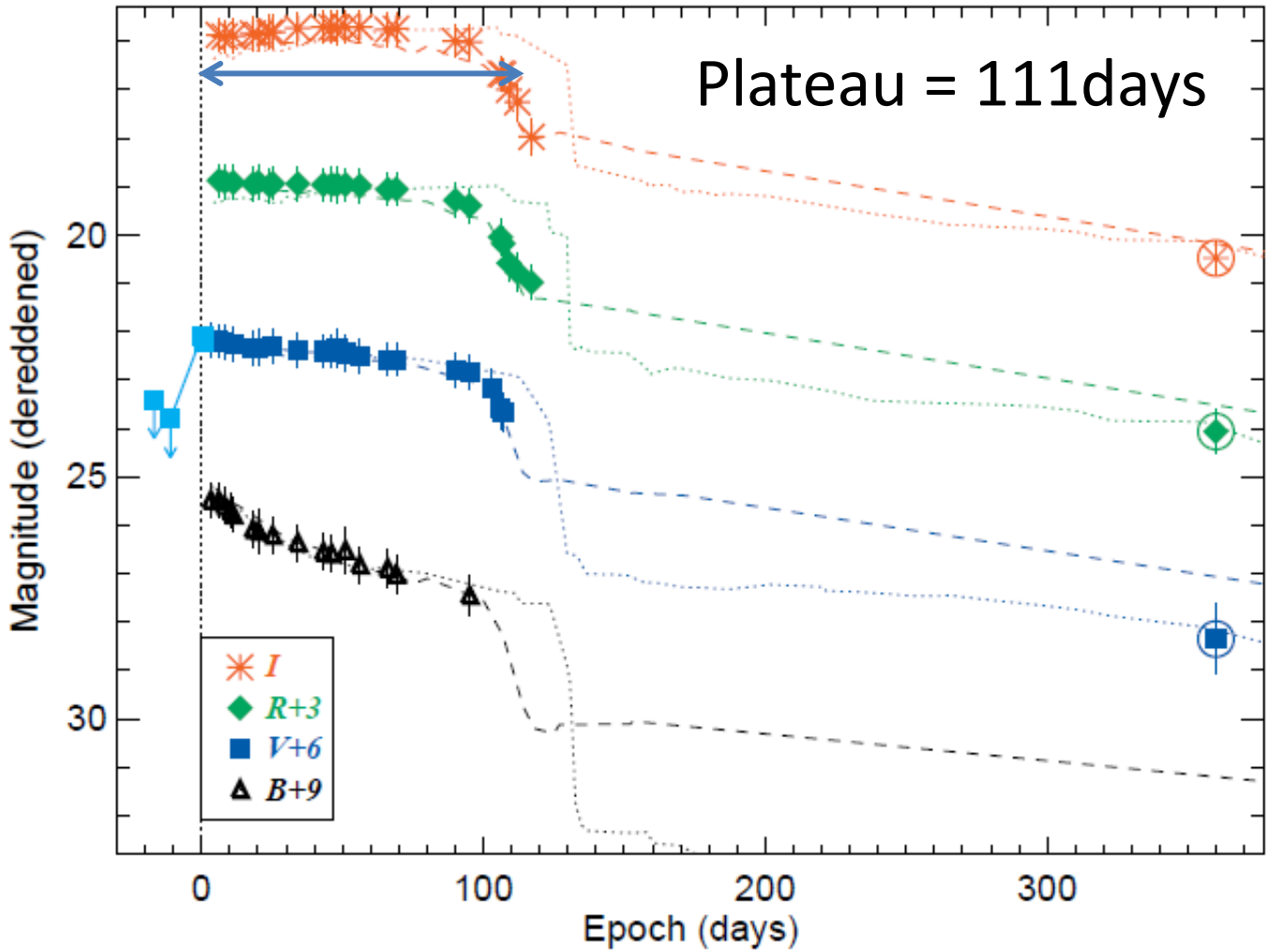
爆発後

E(B-V) ~ 0.1

星周ダストがエジェクタにより破壊されたのか？

Fraser et al. 2012

Kanata 光度曲線 + NTT 1点

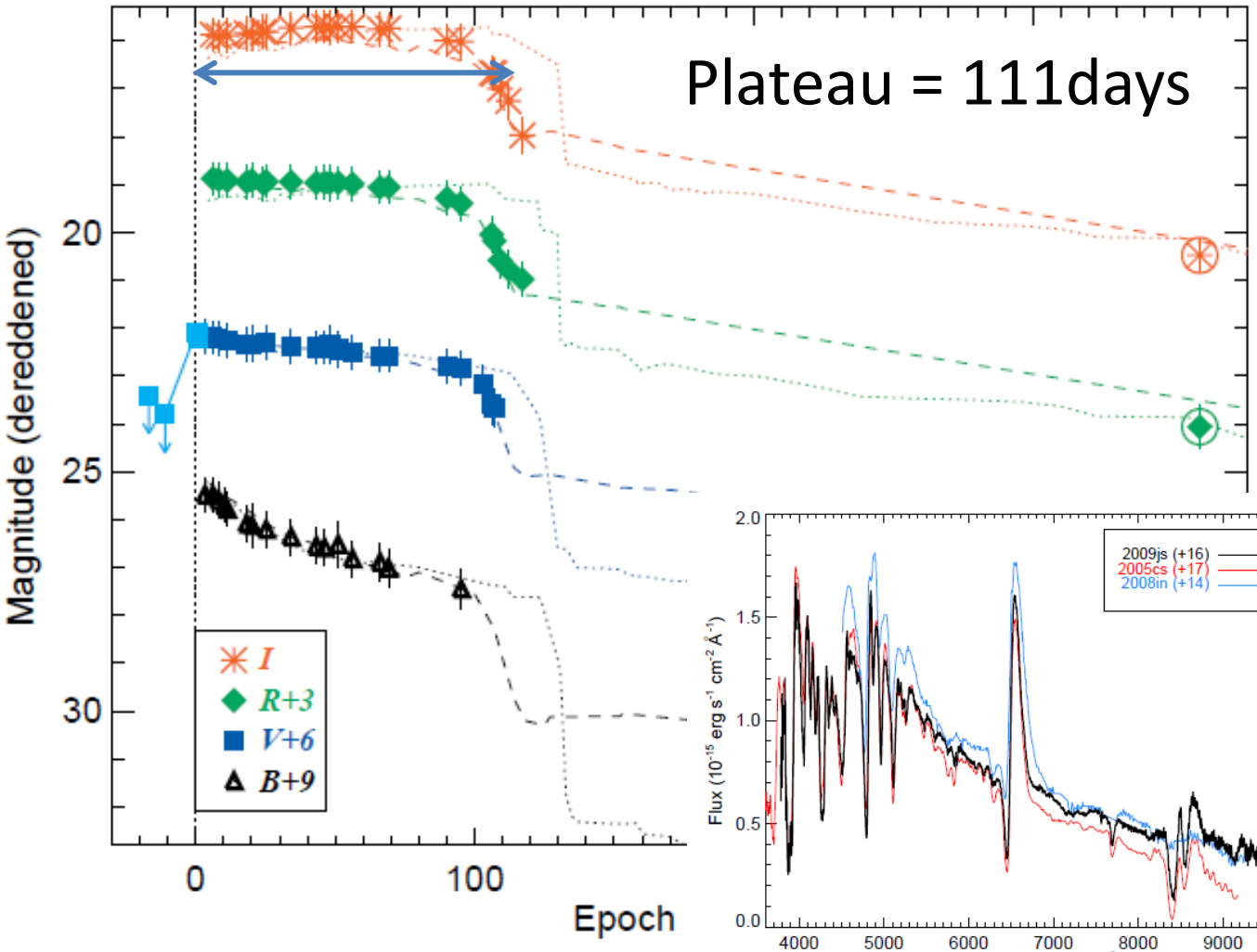


プラトー光度は
05csより2倍明るい

プラトーフェーズは
05csより20日短い

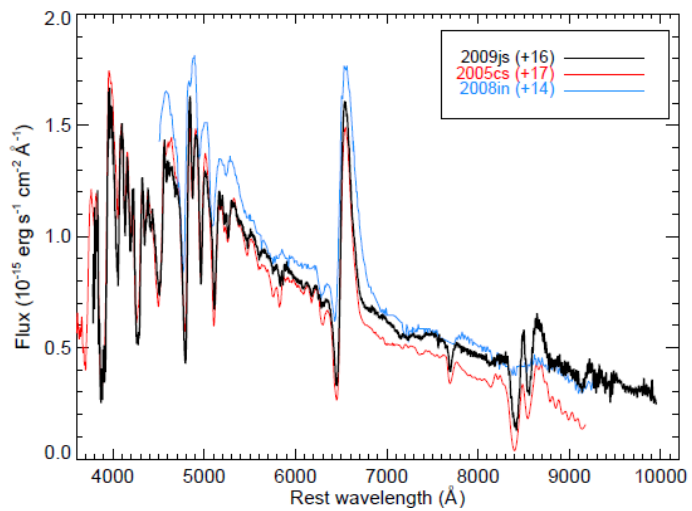
^{56}Ni mass : 0.004-0.011,
典型的なIIP型より小さい

Kanata 光度曲線 + NTT 1点



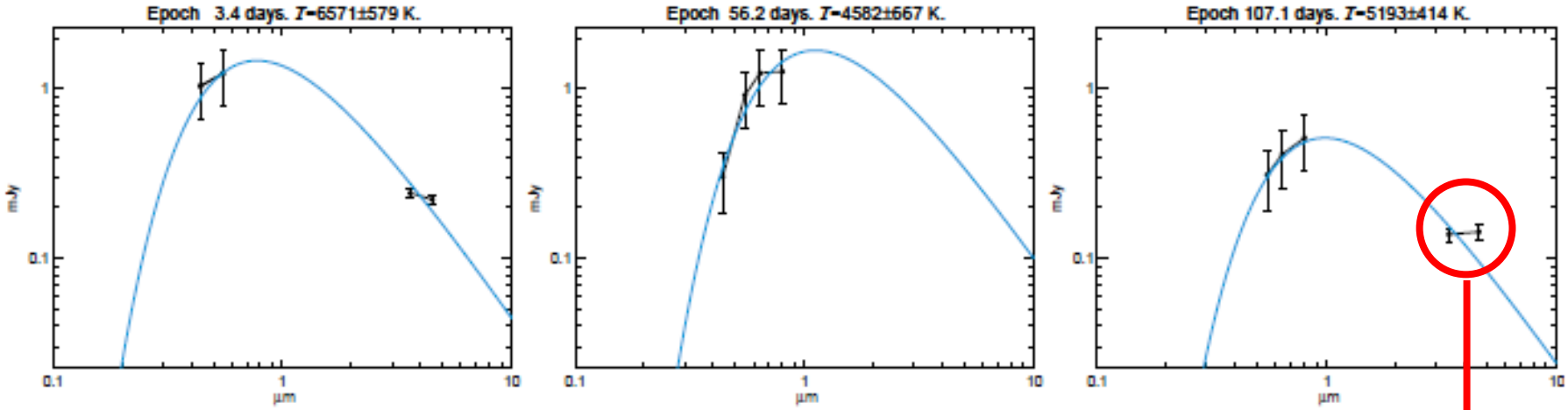
プラトー光度は
05csより2倍明るい

プラトーフェーズは
05csより20日短い



Ni mass : 0.004-0.011,
型的なIIP型より小さ

SED (BVRI+中間赤外)



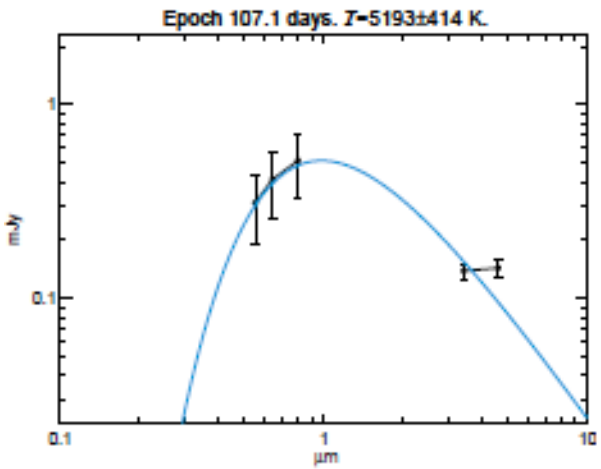
3.4 days　　56.2 days　　107.1 days

Excess?

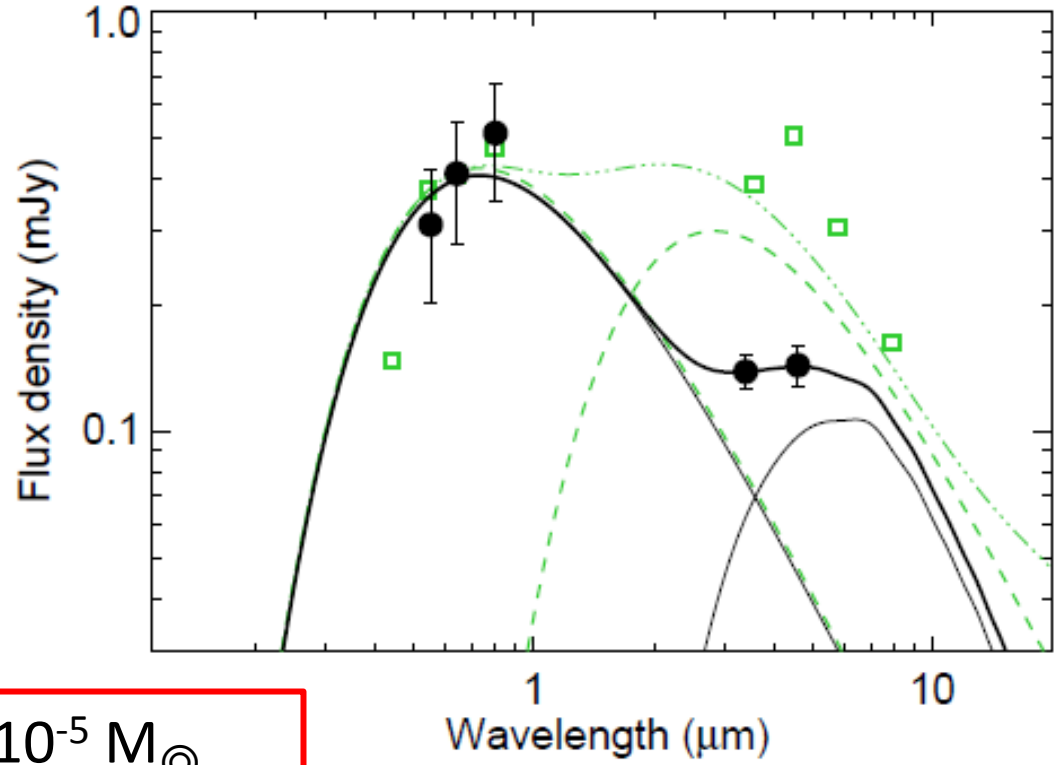
Single blackbody (~5600K)
= エジェクタ光球起源

(107日を除いて)明瞭にダストの証拠といえる兆候無し

SED of Optical & MID -IR



107.1 days



中間赤外線超過は3.0×10^{-5} $M_{\odot}$
amorphus Carbonで説明できそう。
-> 例えば04etより十分小さい。

09js まとめ

- IIP型における中間赤外線-可視光での爆発直後からの初めての時間発展観測
- 早期SEDは超新星光球成分からの単一黒体放射で説明できそう

全体のまとめ

- かなた望遠鏡を中心として、超新星爆発を複数天体、発見直後から限界等級まで追観測を実施している
- これまで見られなかったような特異なタイプも天体も発見されつつある(=12dn)。
- よく理解されているような天体に対して、時間的・波長的により広い観点での理解も得られるようになった(=09js, 12ht)。