

大学間連携における超新星爆発の 光赤外線キャンペーン観測

山中雅之

広島大学 宇宙科学センター

日本学術振興会特別研究員(PD)

myamanakaあつとhiroshima-u.ac.jp

-大学間連携における光赤外ネットワーク- “OISTER”



⇒中口径望遠鏡の突発天体への特化！

国内望遠鏡での観測体制



入来観測所
(鹿児島大)
1.0 m **近赤外線**



石垣島天文台(NAOJ)
1.0 m **可視光撮像**



名寄天文台
(北海道大学)
1.6m
可視光撮像



木曾観測所
(東京大学)
1m **可視光撮像**



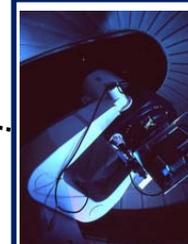
東広島天文台
(広島大学)
1.5m **可視光撮像**
分光観測
近赤外線観測



ぐんま天文台
1.5m JHKsバンド
可視分光
高分散分光



岡山天体物理観測所
0.5m **可視撮像**



明野観測所
(東京工業大学)
0.5m **可視光撮像**



岡山天体物理
観測所
1.88 m
近赤外線撮像



西はりま天文台.
2.0 m
近赤外線撮像
可視光分光??



神山天文台
(京都産業大学)
1.3m 望遠鏡
可視光分光

大学間連携“OISTER”における 超新星観測のメリット

1. 湿潤な気候における悪天候を物量でキャンセル

⇒ 相補的な観測で連続的な光度変化、スペクトルの時間発展を追う事できる。

2. 時間の迫られる西方向低高度天体においても各観測所がそれぞれのモードで観測できる。⇒

より広い波長より多モードでデータが取得可

(各観測所望遠鏡装置の特性の理解が必要)

ようやく海外の”強豪グループ”と対等に戦える

共同研究者の皆さま、ありがとうございます！

OISTERにおける超新星の観測状況

SN 2011by (normal Type Ia)
2011. 4. 29 – 観測中

SN 2011dh in M51 (transient Type IIb)
2011. 6. 2 – 観測中

SN 2011fe in M101 (normal Ia; bright)
2011. 8. 24 – 観測中

SN 2012Z (Ia-pec, O2cx-like)
2012. 2. 2 – 観測中

4天体の共通点

✓ 母銀河が近い (< 30Mpc)
⇒ 明るくなることが期待される

✓ 爆発直後数日 (< 5-7 day)
11byを除いて

発見から3等近い増光

⇒ 最外層構造

⇒ 親星、爆発モデル

今日話す内容

➡ 可視近赤外線において時間的に密に観測できた

データ解析について

1. データ解析を各観測所に依頼

⇒ 一次解析は全て観測所P.I.に依頼

⇒ 簡易測光マニュアル(IRAF/DAOPHOTを用いたPSF測光)の作成

http://home.hiroshima-u.ac.jp/myamanaka/data/daophot_manual.pdf

2. データ解析・測光の半自動化

⇒ IRAF/DAOPHOTのPSF解析をbashに取り込んだシェルスクリプト
ディザリングには未対応。

とにかくデータ量は膨大！(いわゆる嬉しい悲鳴)

突発天体の論文化タイムスケールは
weeks – months なので解決すべき問題

簡易測光マニュアルの作成

IRAF/DAOPHOT を用いた PSF 測光 簡易マニュアル ver 0.3b¹

山中 雅之

広島大学 宇宙科学センター 日本学術振興会特別研究員 (PD)²

2011 年 11 月 30 日

SN 2011fe 観測依頼時にあまりに大量のデータ解析に追われての対策案

M1・M2レベル向け(一度はIRAFで解析経験があると読める)

初学者向けの日本語で書かれたテキストは無かった。(全32ページ)
⇒高田氏著のDAOPHOTの簡易マニュアルも参照してください。

目次

第 1 章 はじめに	2
1.1 本マニュアルについて	2
1.2 PSF 測光とは	2
第 2 章 PSF 測光の全体のフローチャート	4
第 3 章 PSF 測光解析	5
3.1 DAOPHOT の立ち上げ	5
3.2 アパーチャー測光	6
3.2.1 imexamine による星の重心位置の決定	6
3.2.2 phot コマンドによるアパーチャー測光	8
3.3 PSF モデルの作成とチェック方法	12
3.3.1 PSF コマンドによる星の選定とモデル作成	12
3.3.2 作成した PSF モデルのチェック	17
3.4 PSF フィッティング測光	18
3.4.1 allstar コマンド	18
3.4.2 group コマンド	20
3.4.3 nstar コマンド	21
3.4.4 substar コマンド	22
3.4.5 PSF モデルで差し引いた後の画像をチェックする	23
3.5 測光結果の出力	24
3.5.1 pdump コマンドによる情報の出力	24
3.5.2 時刻情報などのヘッダ情報の出力	24
3.5.3 awk コマンドなどを用いた測光結果の整形	25
第 4 章 参照すべきリファレンス	26
第 5 章 Appendix	27
5.1 PSF 星の自動選出	27
5.1.1 pstselect コマンド	27
5.2 IRAF コマンドのシェルスクリプトへの組み込み	31

どうぞご自由にダウンロードしてください

http://home.hiroshima-u.ac.jp/myamanaka/data/daophot_manual.pdf

SN 2011fe/PTF11kly in M101

SN 2011fe/PTF11kly in M101

2011年8月24.0日(UT)
Palomar Transient Factory
によってM101 (6.4Mpc) にて
発見、17.2等 (ATEL 3581)
⇒ 極大まで7等以上の増光！

他波長観測：X線、電波観測で深い上限値

先行論文 (**Nature 2件**、投稿中含む) **6本**

✓ Weidong Li et al. 2011, Nature, 480, 348
(9/7 arXiv:1109.1592v1)

HSTの過去イメージによるいくつかの
親星伴星モデルの棄却、制限

✓ Peter E. Nugent et al. 2011, Nature, 480, 344
(10/27 arXiv:1110.6201v1)

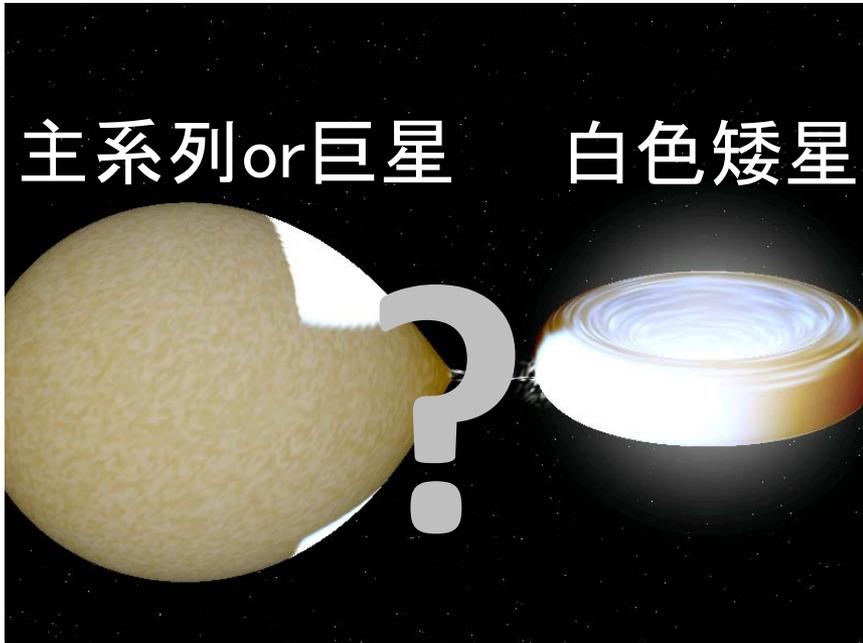
最初期スペクトル進化から親星主星モデルに
制限

87A以来の明るさになることが予測される。
⇒ 大学間連携における観測の呼びかけ

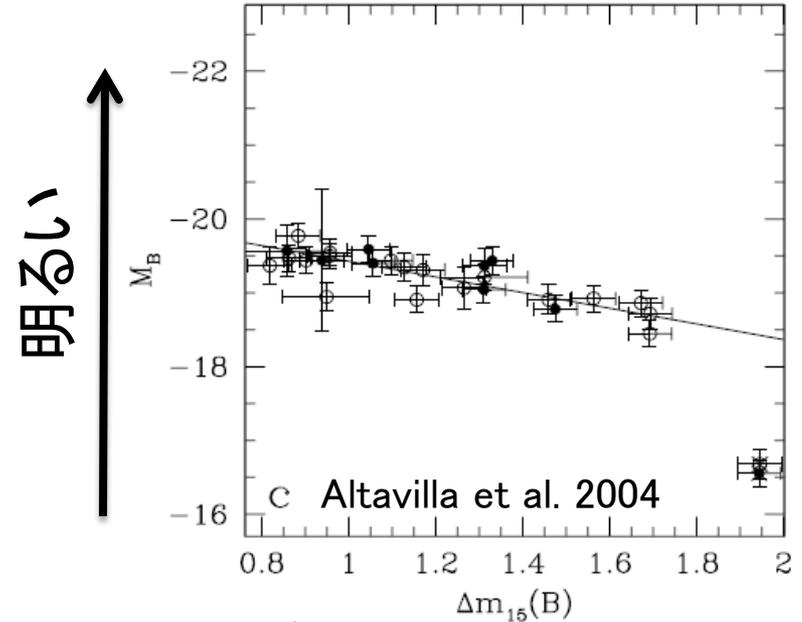


Kanata/HOWPol V,Rc, Ic
Composited by R. Itoh

Ia型超新星の未解決問題



白色矮星のチャンドラセ
カル限界質量(回転なし)
約 $1.4M_{\odot}$

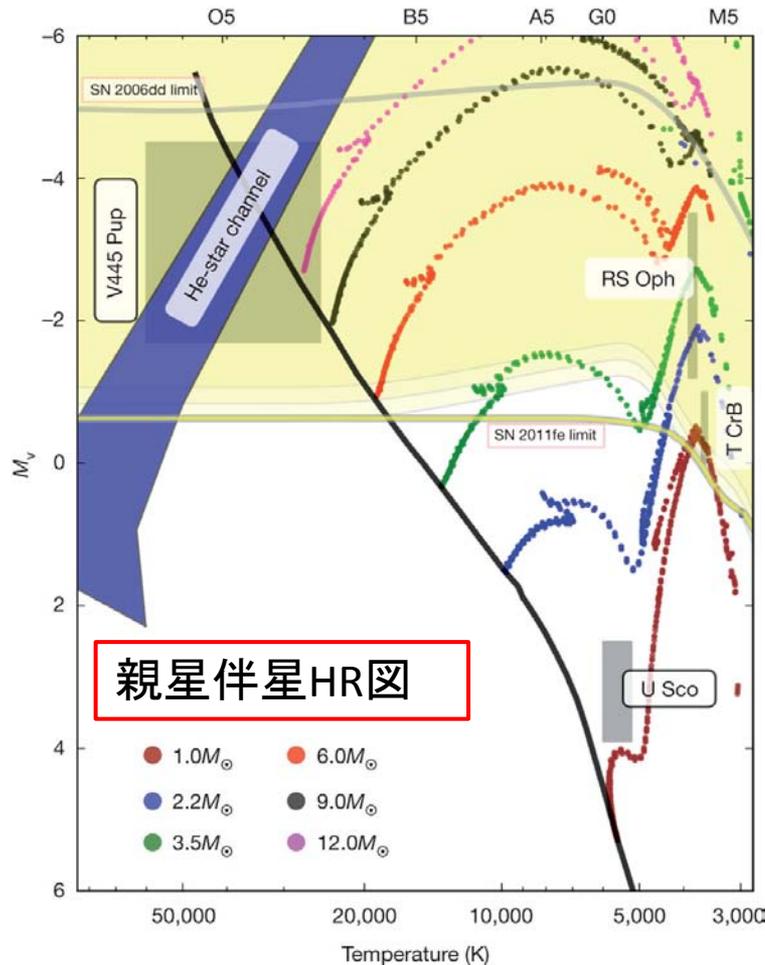


光度曲線から距離の推定が可能
⇒宇宙論的な距離の決定

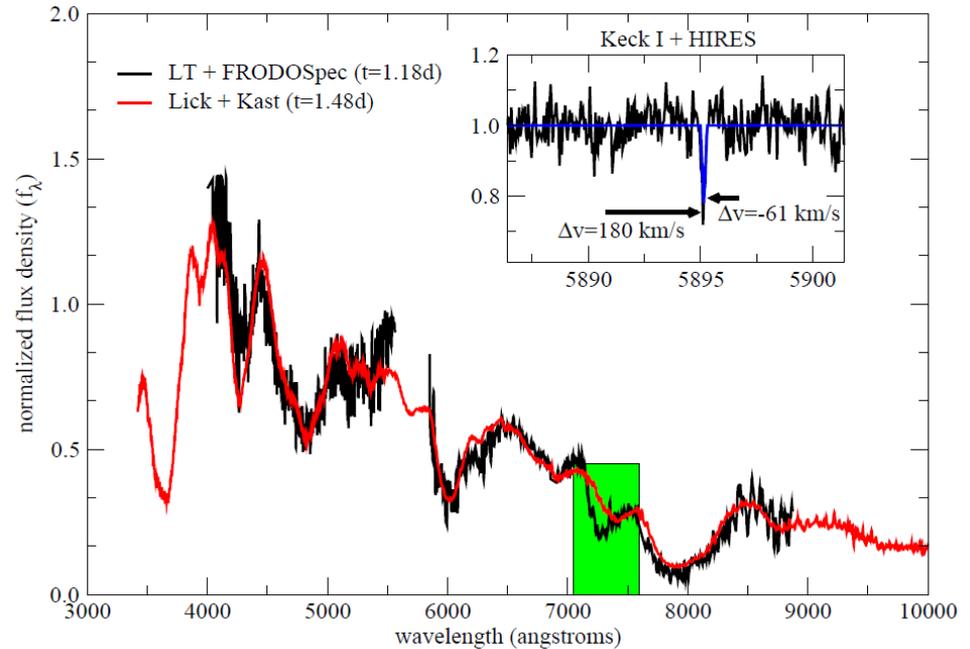
爆発メカニズム、親星は未解決：30年来の問題

⇒早期からの測光分光がプローブとなる。

Nature 2件：親星の正体に極めて強い制限



Li et al. : HSTでいくつかのIa親星モデルに制限
 V445 Pup、RS Oph、T CrBは爆発直前天体
 としては棄却された。



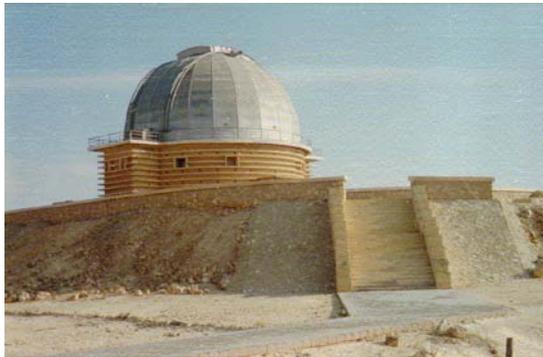
Nugent et al. :

Keck, Liverpool TelescopeでHV CaII, C II, OI
 ⇒ CO-WD modelに一致

U Sco の伴星の正体、未同定のハズ

FOCAS 10月より復活！
 すばるにプロポーザル投げる？

海外からのcontribution



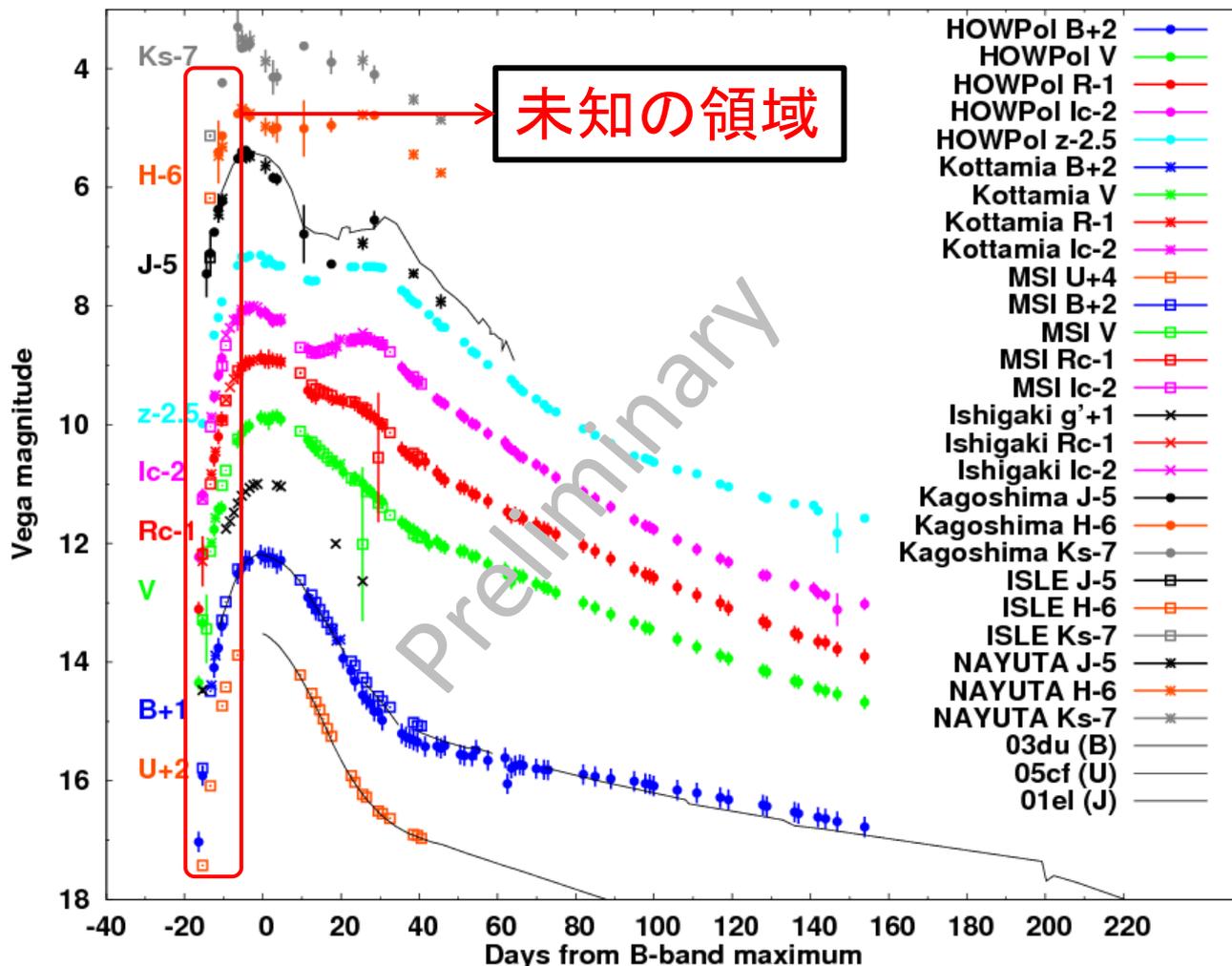
★ コッタミア観測所
1.88m BVRI 5夜

Thanks for
collaborations!



★ インド天体物理観測所
2.0m HCT UBVRi 15夜 &
分光 7夜

Light Curves of SN 2011fe

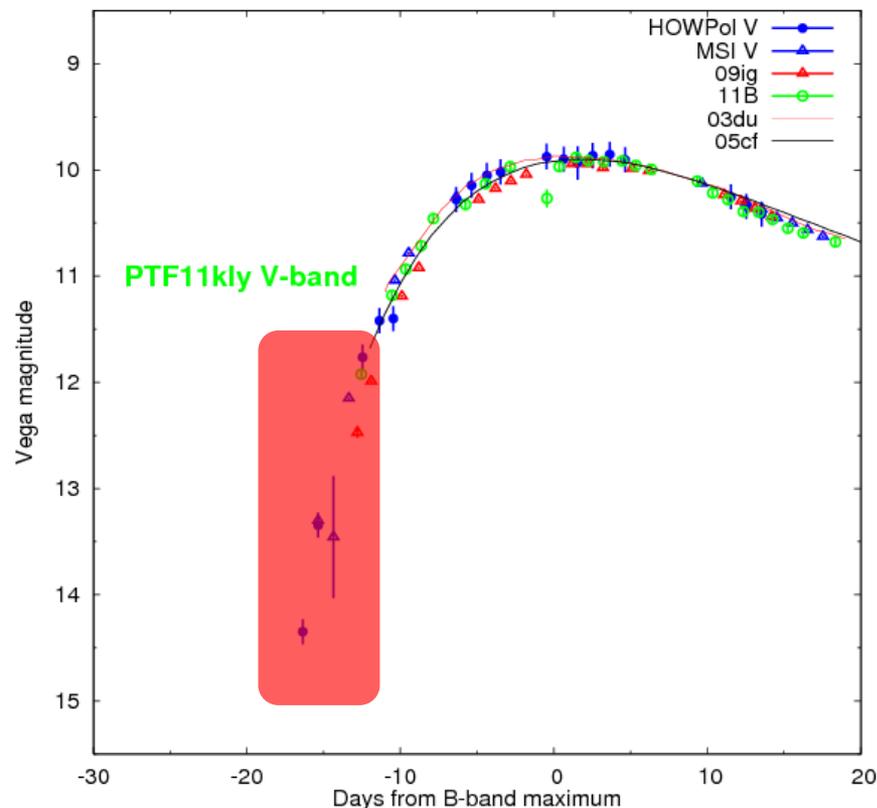
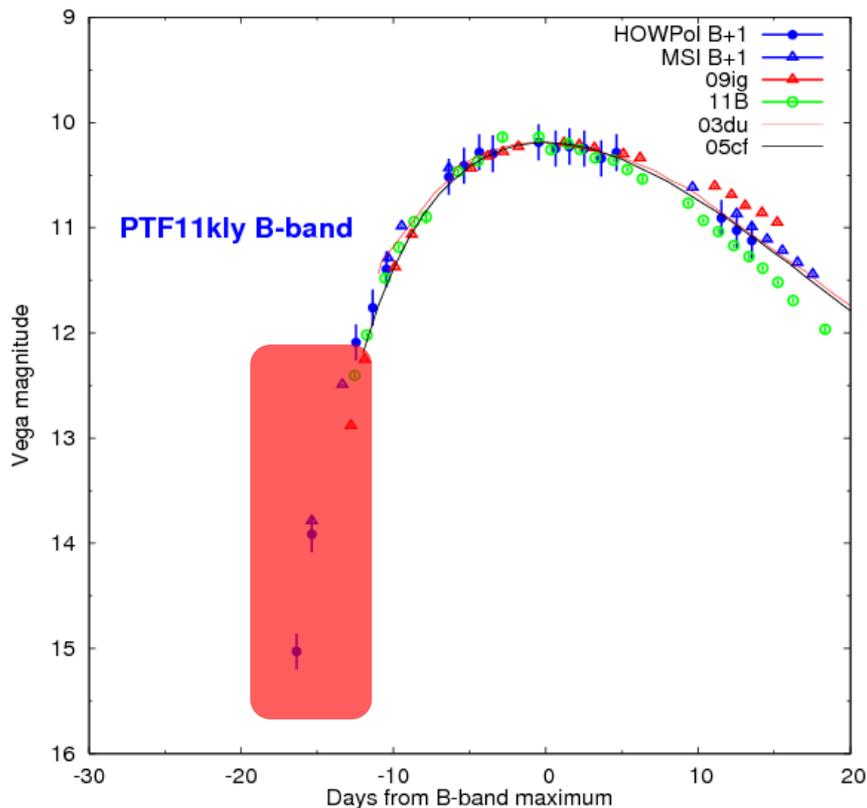


初期の立ち上がりについて、UBVRIJHKsバンドで非常に密な観測ができた。

$\Delta m_{15}(B) \sim 1.2 \pm 0.1$
 ~ SN 2003duと類似 (とても典型的)

2/17現在: 14等台
 3か月で1等減光
1-2mクラスで400日まで測光を追える!

Early-phase Light Curves

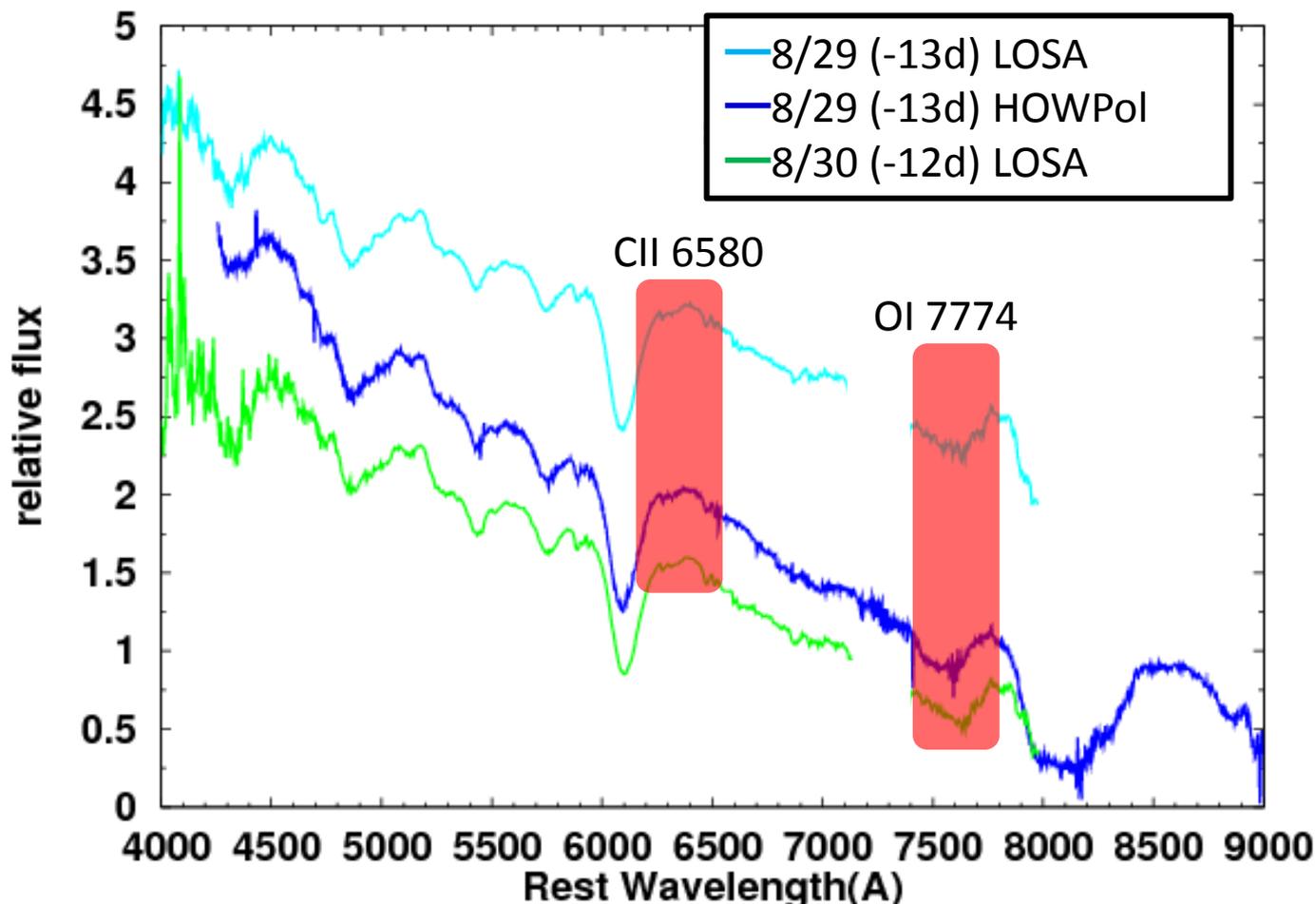


Ia型超新星 **観測史上初めて**、極大-17 - -14日の間の**UBVRIJKs**でrising partを捉えた！

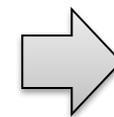
再外層の物理構造が直接見えている：親星・爆発メカニズムへの強い制限

未知の領域を史上初めて可視近赤外線観測できた！

スペクトル：炭素を検出

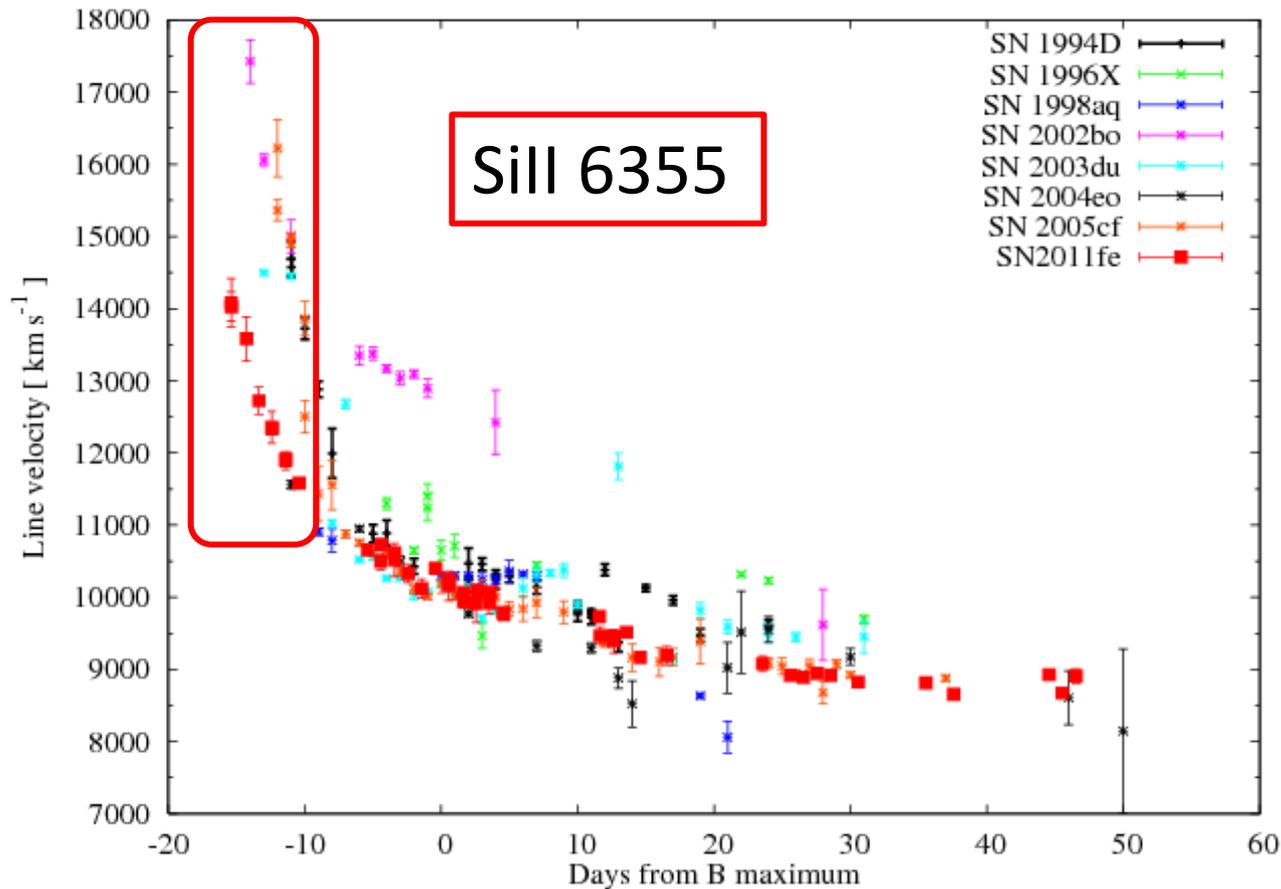


CII 6580 極大12日前までは確認できた。
⇒ 親星組成をダイレクトに検出した証拠！



炭素酸素白色矮星
の名残か

Line velocity evolution



(Ca II)を除いて、
SII 6355 -14,000 km/s
SII 5640 -12,000 km/s
SII 4560 -12,000 km/s

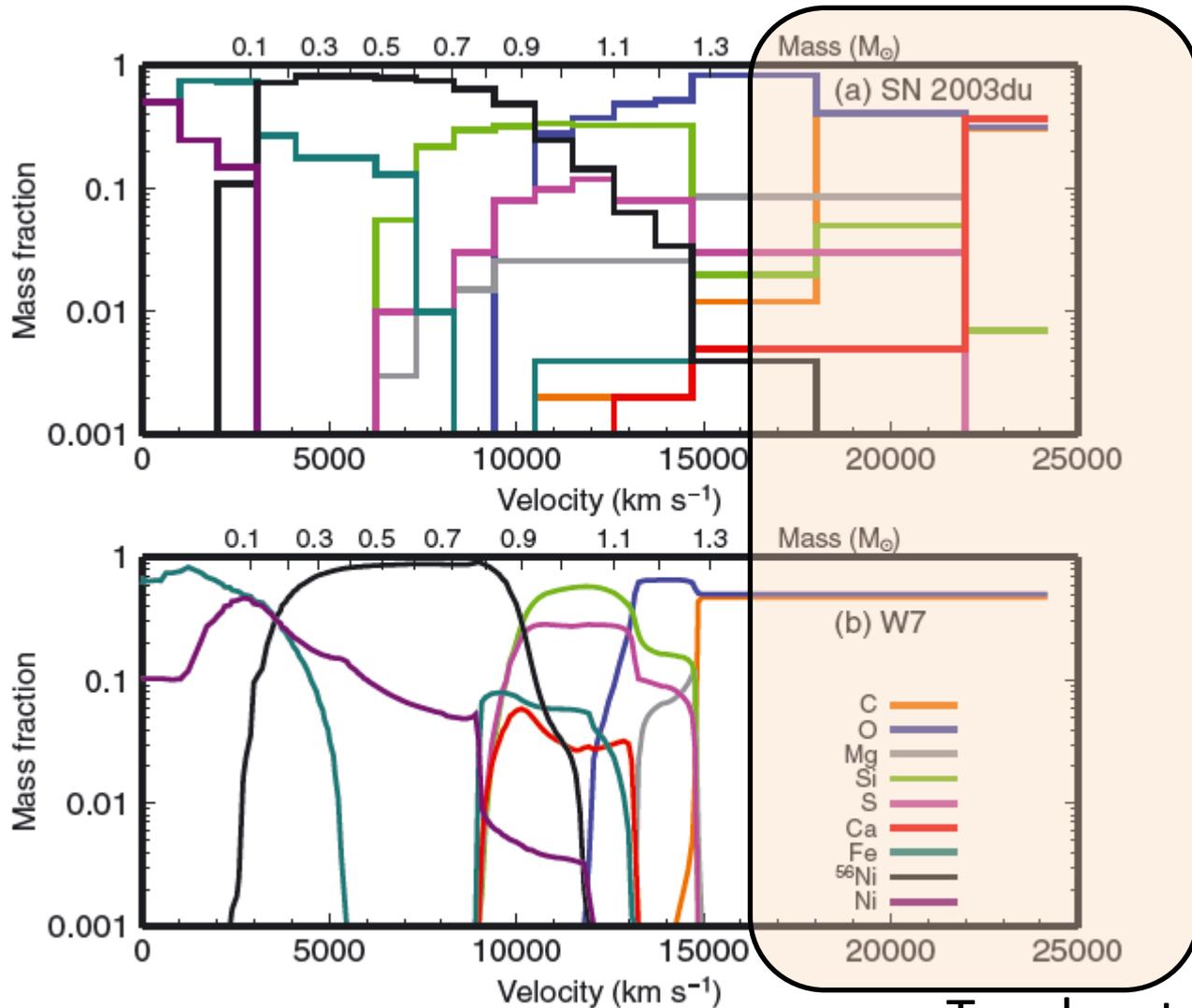
} @-16 days

早期ほど多様性に富む。

SN 2011feの最外層構造

Standard model (Nomoto et al. 1984)で
説明できる膨張速度

親星の大気構造：炭素からの制限



観測 ⇒ 親星:白色矮星
C,Oで構成

とても典型的とされる
SN 2003duより
標準モデルに近い

* 膨張するほど内側が透ける。
⇒より早期に観測すれば外層
物質が見える。
PTF11klyならではの成果

⇒より後期観測で新たに内部
構造が明らかになるかもしれない！
⇒Subaru/FOCASで

Tanaka et al. 2011

Figure 8. Same as Fig. 7 but in the velocity coordinate.

SN 2012Z in NGC1309

SN 2012Z in NGC 1309

(Peculiar Type Ia SN ; 02cx-like event)

Coordinates (ATEL 3900)

R.A. 03:22:05.35,

Decl. -15:23:15.6

LOSS(バークレーの観測チーム)によってV~18.0等で近傍銀河NGC 1309 (20Mpc) にて1/29に発見 (ATEL 3900)

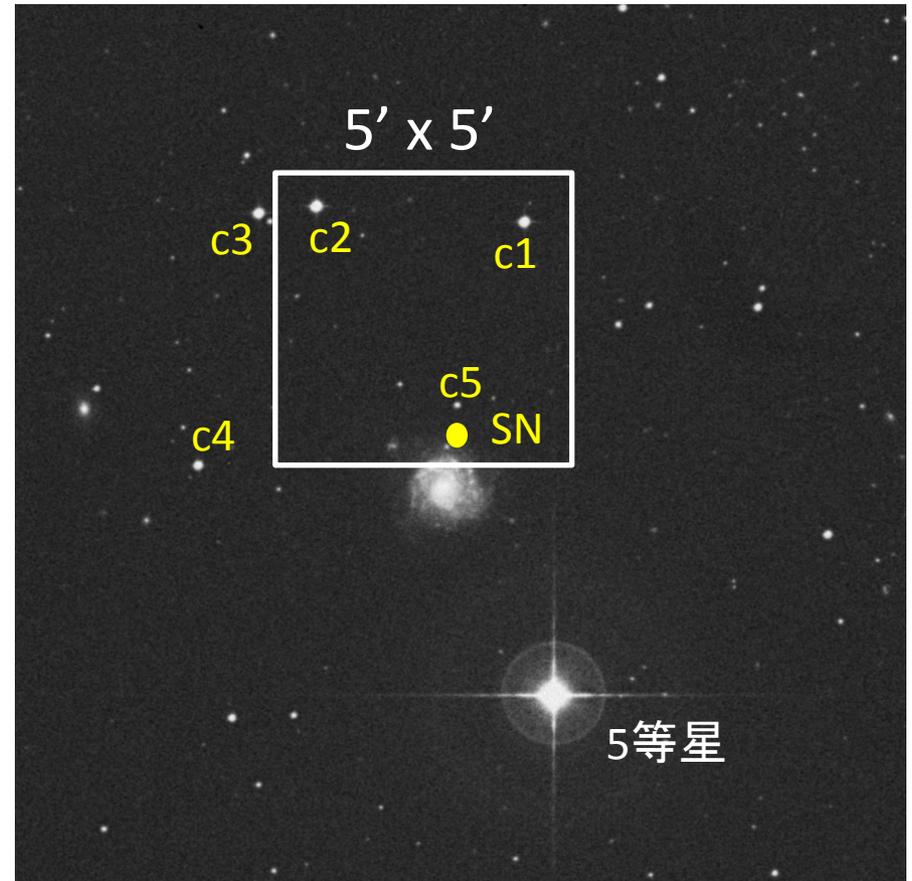
02cx-like 05hkの極大1週間前のプロファイルによく似ている (ATEL 3901)

2/2 Swift/UVOTによるToO観測
V~15.5等

わずか3日で2.5等の増光

⇒爆発直後！ (ATEL 3909)

極めて面白い天体！



FOV 15' x 15' (Red in DSS)

02cx-like objects

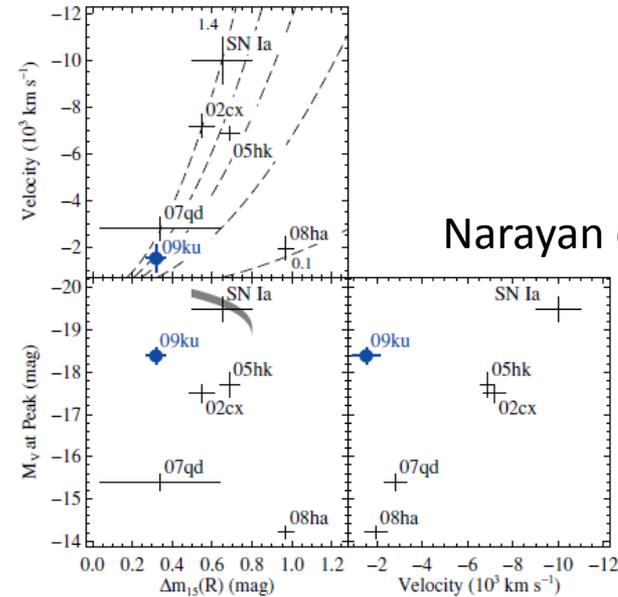
光度減少率-極大光度の
相関関係に従わない

⇒ 距離指標に使えない！

SII 6355 線速度 < 8000 km/s
小さい運動エネルギー？
(典型的なIa 10000km/s)

最も暗い超新星SN 2008ha
⇒ 重力崩壊型の可能性も？

Valenti et al. 2009, Nature, 459, 677



Narayan et al. 2011

nature

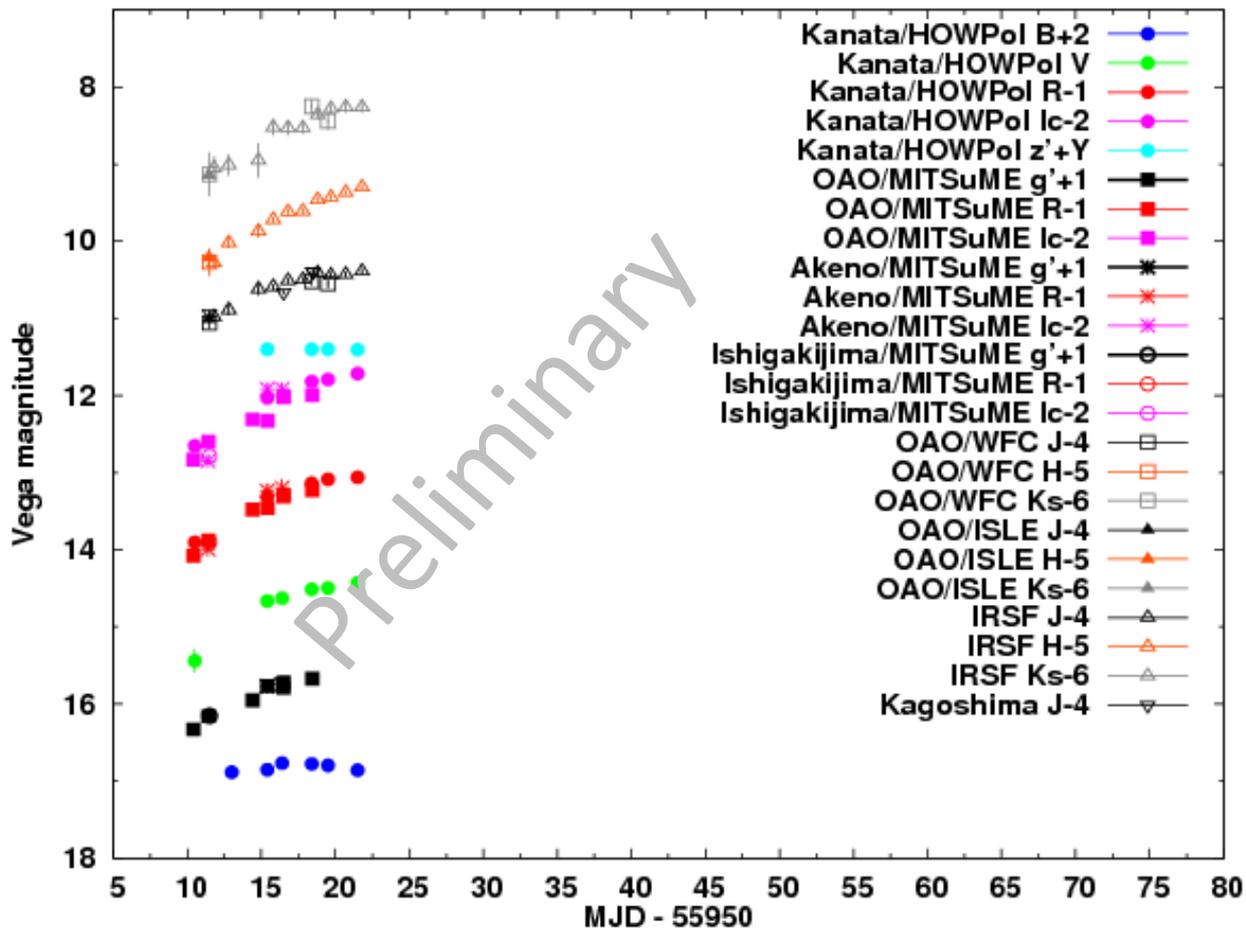
Vol 459/4 June 2009 | doi:10.1038/nature08023

LETTERS

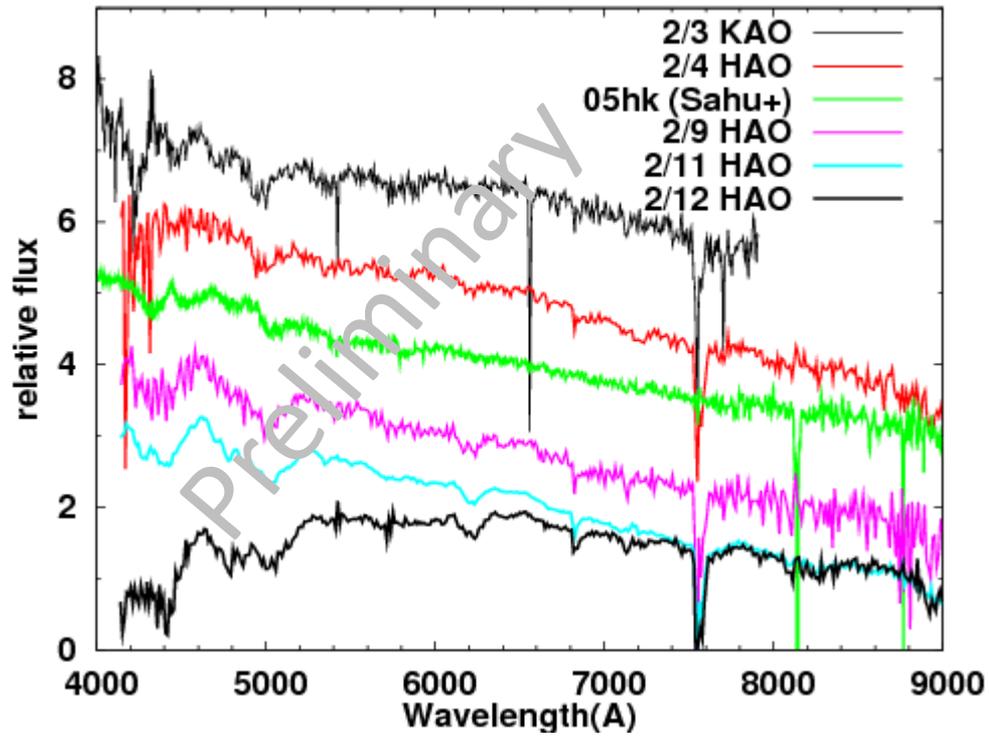
A low-energy core-collapse supernova without a hydrogen envelope

S. Valenti¹, A. Pastorello¹, E. Cappellaro², S. Benetti², P. A. Mazzali^{2,3}, J. Manteca⁴, S. Taubenberger³, N. Elias-Rosa³, R. Ferrando⁵, A. Harutyunyan^{2,7}, V. P. Hentunen^{8,9}, M. Nissinen⁸, E. Pian¹⁰, M. Turatto¹¹, L. Zampieri² & S. J. Smartt¹

光度曲線



スペクトル



SUMMARY

大学間連携・光赤外ネットワークを通して中小口径望遠鏡を総動員して超新星爆発の爆発直後からの連続観測に成功した。

1987年以降87Aに次いで明るい超新星SN 2011feの可視近赤外線観測を非常に密に行うことができた。

Ia型の標準モデルを示唆する観測的な証拠をいくつか得た。

特異なIa型超新星SN 2012Zを可視近赤外線ですべて密に観測中

大学間連携による早期からの観測で未知の領域が明らかになりつつある。⇒ 中小口径望遠鏡のポテンシャル大

To Do List

- ✓ ぐんま・MITSuMEデータ(?)のPSF測光解析
- ✓ 1.88m/HIDESの高分散分光データの解析
- ✓ 近赤外線データ(J,H,Ks)バンドでの比較星キャリブレーション
- ✓ 広大、北大以外の撮像装置フィルターのcolor term 導出
- ✓ HOWPol、LOSAで取られたスペクトルの再解析
- ✓ colorを他天体と比較(特に超初期(-17- -14d)について)
- ✓ line depth ratio (Sill5972/Sill6355) の測定
- ✓ 炭素検出に再検討、DIBの除去は可能か？
- ✓ decline rateを用いたM101までの距離の導出について議論

- ✓ 論文を書く。

Logs of PTF11kly/SN 2011fe

Observatory	Telescope	Instrument	Mode	Filter/Res.	Night(s)	Status
Nayoro	1.6m	MSI	Imaging	UBVRI	21	PSF 済
Gunma	1.5m	GIRCS	Imaging	JHKs	12	Aper 済
Kiso	1.0m	2kCCD	Imaging	BVRI	1	PSF 済
Akeno	0.5m	CCD (MITSuME)	Imaging	g'RI	1	Aper 済
Koyama	1.3m	LOSA	Spectroscopy	600	19	済
Nishiharima	2.0m	NIC	Imaging	JHKs	10	PSF 済
Okayama	1.88m	ISLE	Imaging	JHKs	2	PSF 済
Okayama	1.88m	HIDES	Spectroscopy	30000	3	未
Okayama	0.5m	CCD (MITSuME)	Imaging	g'RI	12	?
Hiroshima	1.5m	HOWPol	Imaging	BVRI(z'+Y)	33	PSF 済
Hiroshima	1.5m	HOWPol	Spectroscopy	400	25	済
Hiroshima	1.5m	HONIR	Imaging	JHKs	1	一部未
Kagoshima	1.0m	NIC(?)	Imaging	JHKs	13	PSF 済
Ishigaki-jima	1.0m	CCD (MITSuME)	Imaging	g'RI	11	PSF 済
IAO	2.0m	SH	Imaging	UBVRI	15	PSF 済
IAO	2.0m	CCD (?)	Spectroscopy	?	7	済
KO	1.0m	CCD (?)	Imaging	BVRI	5	PSF 済

視野と比較星等級

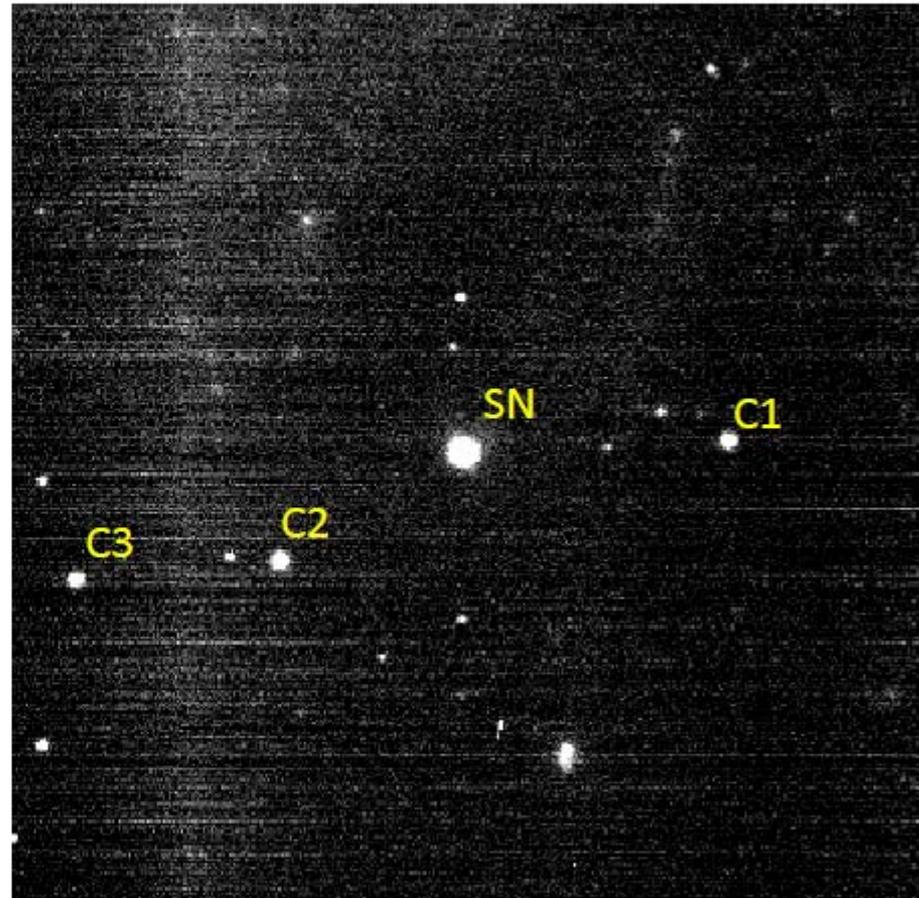
PTF11kly (SN 2011fe)

R.A. 14:03:05.80, Decl. +54:16:25.3

	B	V	R	I
C1	14.580	13.864	13.448	13.125
C2	14.680	13.645	13.083	12.578
C3	15.968	14.568	13.745	13.068

standard star (Landolt 1992)で
calibration済み

	J	H	Ks
C1	12.832	12.491	12.414
C2	12.022	11.482	11.392
C3	12.417	11.724	11.554

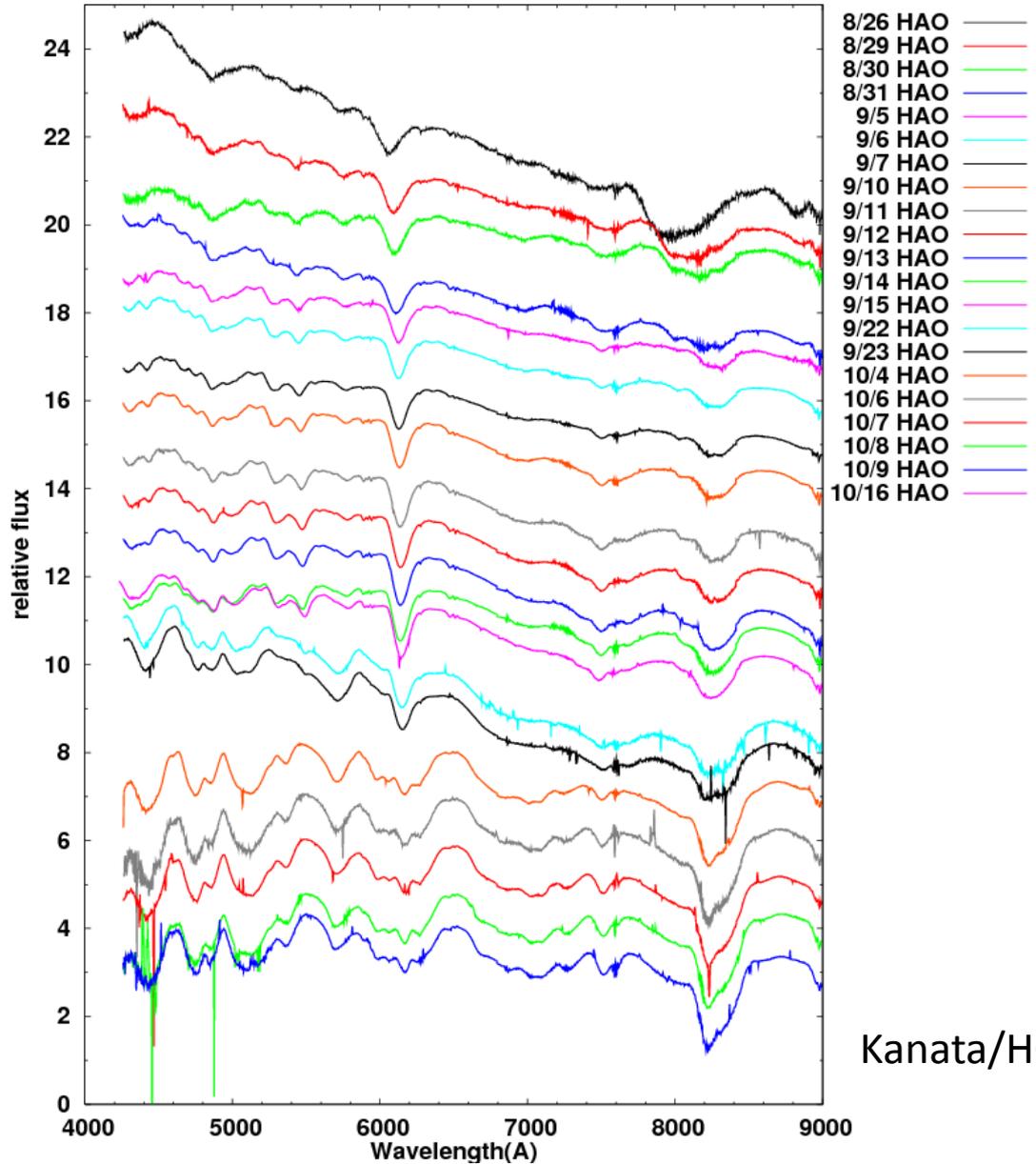


2MASS catalog

近赤外線等級は未校正

⇒ Kanata/HONIRで取得したが、精度が悪そう。

Spectral evolution



Kanata/HOWPolで取得したスペクトル