

# 国内連携における超新星爆発の 観測状況報告2014

山中雅之  
(甲南大学 平生太郎基金研究員)

# 研究グループと観測戦略

## 新天体探索

サーベイ  
観測

KISS

アマチュア  
天文家

## 発見

全SNe:  $N \sim 1500 \text{ yr}^{-1}$ ,  
近くて明るくて爆発  
から間もないSNe  
( $m < 16 \text{ mag}$ ,  $D < 50 \text{ Mpc}$ ):  
 $N \sim 10 - 20 \text{ yr}^{-1}$

## 同定

分光(CBET, ATEL)  
1, 2 day delay

## 早期( $\sim < 120 \text{ d}$ )フォローアップ観測

広島大学かなた  
HOWPo1, HONIR  
即日観測解析

大阪教育大51cm  
兵庫県立大なゆた

田中さん  
講演

より暗い時期での分光

中後期  
(120-170d)  
follow up

光赤外線大学間連携事業(OISTER)  
フォローアップ観測

光度色スペクトル進化  
-> 詳細診断  
-> 極めて特異な  
(興味深い、稀な)天体  
1-5 day delay



1.88m+KOOLES



# コア研究グループ：解釈と議論

広島大  
かなた望遠鏡による観測  
データ解析  
および研究遂行  
高木勝俊さん(D1)  
森 健彰さん(M2)  
川端 美穂さん  
(M1, 大教より異動)  
中岡 竜也さん(M1)

指導  
川端弘治さん(准教授)

2013年9月より  
前田啓一さん京都に異動  
-> 全体の研究活動に対する  
推進力の向上  
-> 今後に期待

京都大  
総合アドバイス  
すばる後期観測  
前田啓一さん(准教授)

甲南大  
データ解析、議論、論文化  
山中雅之  
(PD, 5月に京都より異動)

大阪教育大  
51cm望遠鏡による観測  
および研究遂行  
増本一成さん(M2)

~隔週  
京都にて議論

国立天文台  
アドバイス  
岡山中期観測  
田中雅臣さん  
(助教)

隔週  
TV会議

- ① 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 : K.S.川端(広島大), 上野(広島大修士卒)) : in prep
- 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 : 山中(甲南大PD)) : core member ドラフト回覧中**
- ③ 光赤外線大学間連携によるsuper-Chandrasekhar SN 2012dnの可視近赤外線観測 (PI: 山中(甲南大PD)) : 議論中
- ④ **中間光度Ia型超新星の超早期観測による爆発日推定 (PI : 山中(甲南大PD), 前田(京都大), M川端(広島大M1)) : published**
- ⑤ 暗いIIP型超新星SN2013amの可視近赤外線観測(PI : 森(広島大M2)):解析中
- ⑥ 短いプラトーフーズを示したIIP型超新星SN 2013buの可視測光分光観測 (PI : 増本(大教大M2)) : core member ドラフト回覧中
- ⑦ **明るいショックブレイクアウトが見られたIIb型超新星SN 2013dfの可視測光分光観測 (PI : M川端(広島大M1)) : core member ドラフト回覧中 (川端さん講演)**
- ⑧ 親星が初めて同定されたIb型超新星iPTF13bvnの可視測光分光観測 (PI : 高木(広島大D1)) : core member ドラフト回覧後 pending
- ⑨ 近傍銀河M82に出現した非常に明るいSN 2014Jの可視近赤外線偏光分光観測 (PI : K.S.川端) : submitted (秋田谷さん講演)

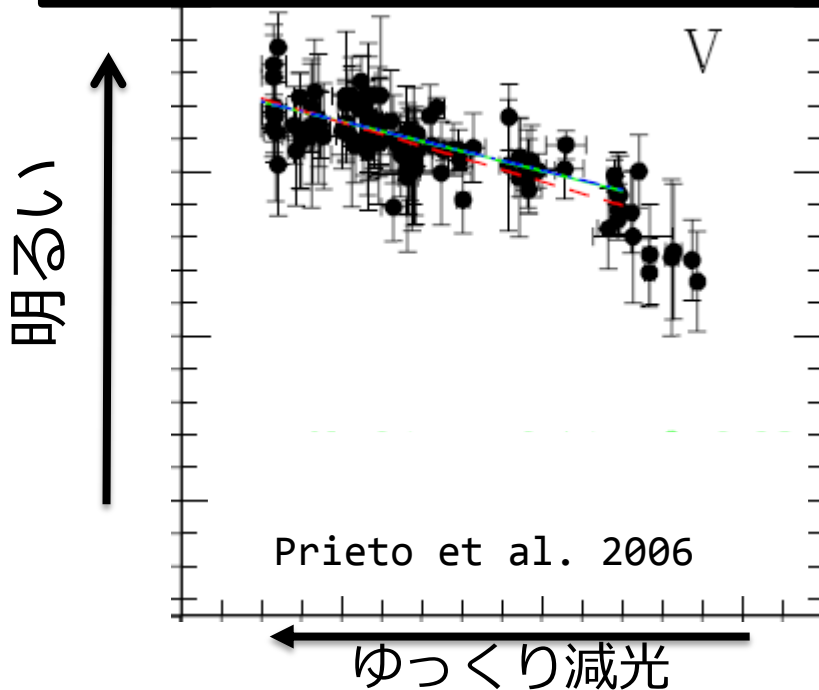
# 中間光度Ia型超新星の 超早期観測による爆発日推定

MY, K. Maeda, M. Kawabata, M. Tanaka et al. 2014, ApJ, 782L, 35

# Ia型超新星の起源：親星の正体は？

観測的特徴の類似性、スペクトルに見られる鉄系元素の卓越  
-> 白色矮星の熱核暴走反応

明るさと  $\Delta m_{15}(B)$  の相関関係

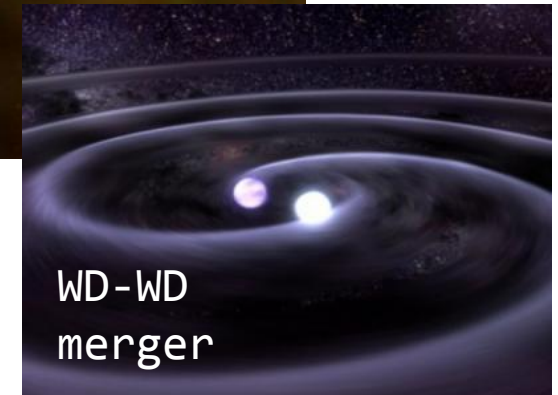


明るさと減光速度：極めて良い相関

⇒宇宙論的な距離の決定

⇒ダークエネルギーの存在を示唆。

どのような系の白色矮星が熱核暴走に至るか、未解決



Single degenerate v.s.  
Double degenerate  
-> 30年来の未解決問題



## 発見の経緯が凄い

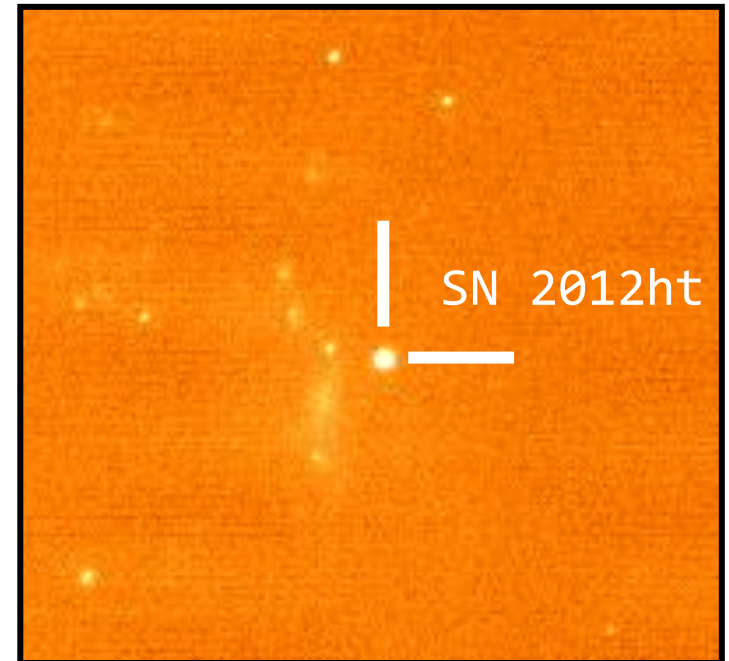
2012年12月16日 限界等級 (18.8)  
by 板垣さん (CBET 3349)

2012年12月18日 18.3等で発見

2012年12月19日 16等に！

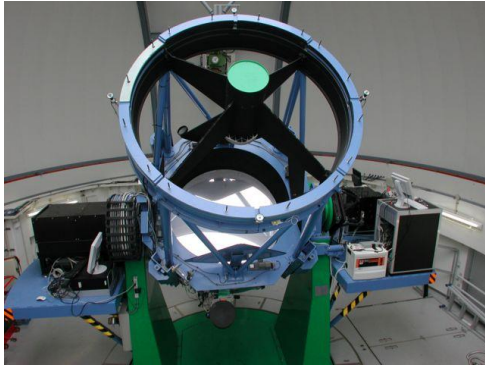
Nishiyama & Kabashima (2012)

2012年12月20日 Kanataで観測開始

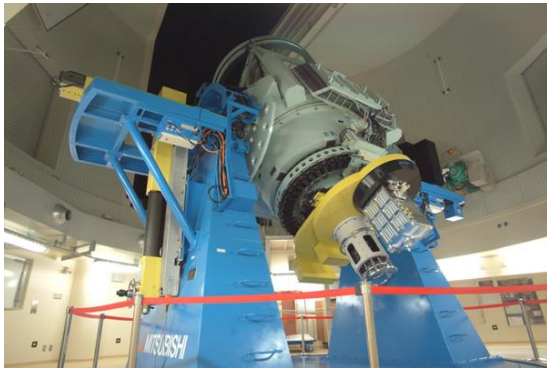


増光率から、爆発間もない可能性が極めて高い。  
国内望遠鏡による可視測光分光の即日ToO観測を実施。

# 観測：かなた、なゆた、大教51cm



広島大1.5m  
Kanata/HOWPo1  
BVRI測光：33夜  
分光( $R=400$ )：12夜



西はりま天文台  
2.0m Nayuta/MALLS  
分光( $R=600/1200$ )  
：4夜

HOWPo1：初期 aperture、51cm：PSF測光  
系統誤差の一因となるColor termは補正済み



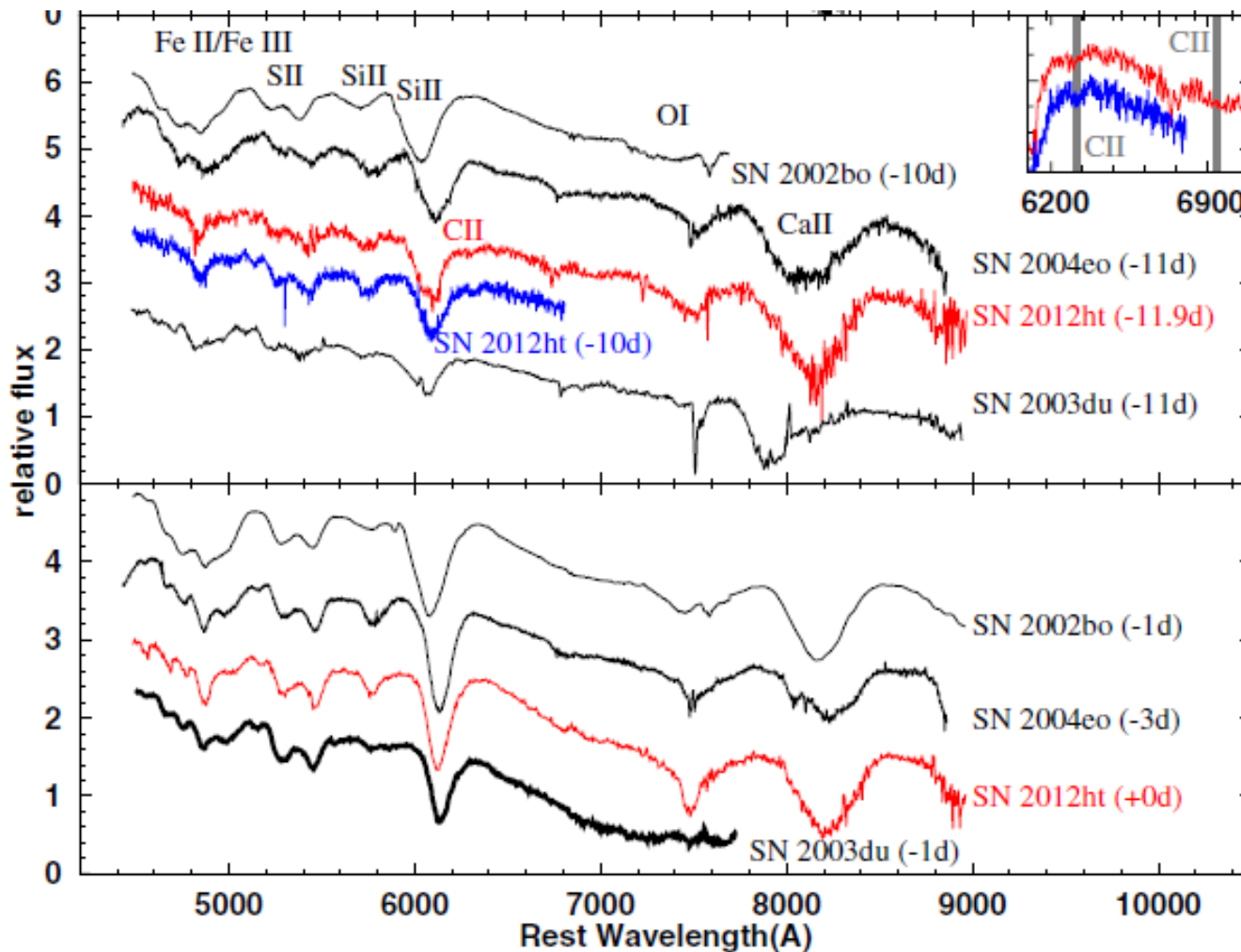
大阪教育大  
51cm/Andor, ST10  
BVRI測光：40夜

さらに、西山さん・花島さんデータ(2夜)をPSF測光で再解析



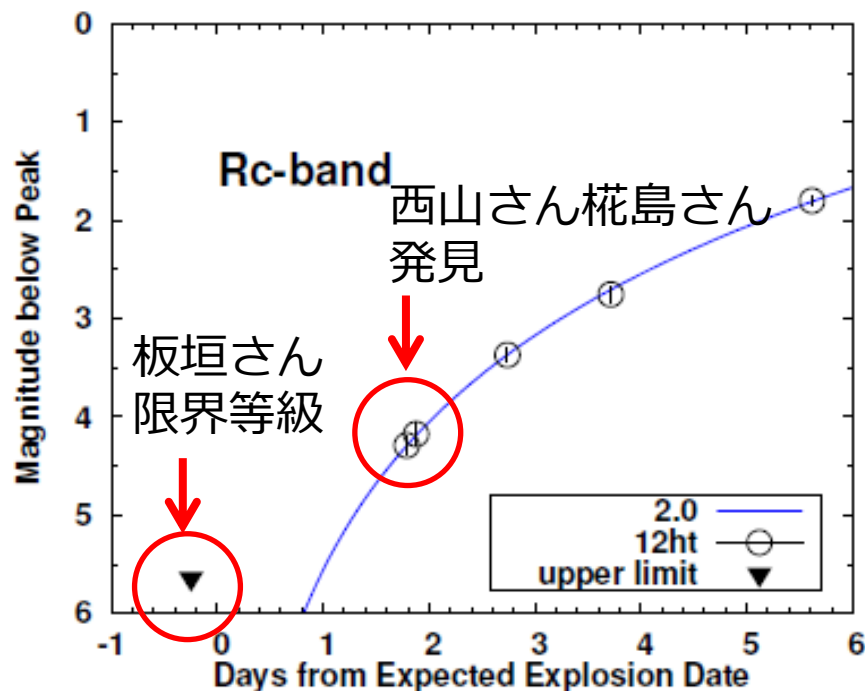
# Spectra

Kanata  
HOWPo1  
Nayuta  
MALLS

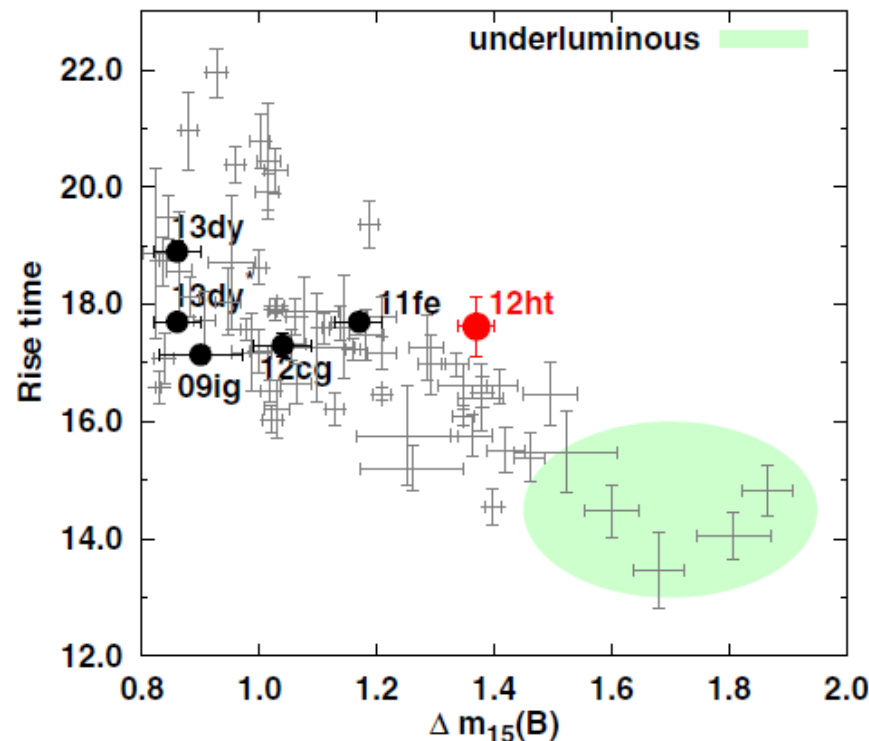


SN 2012htは測光分光的に中間光度 SN 2004eoによく似ている  
親星直接成分と見られる炭素の吸収線も検出

# 直接観測によるRise Timeの決定：中間光度では初



爆発後2.0d以内から連続的な  
測光観測 -> 史上5例目、中間光度  
では初めて



減光速度に関わらず、  
Rise time ~ 17d と似ている  
-> 一方で、subluminous  
(91bg-like) な天体は有意に短い?  
-> 今後の観測研究に期待

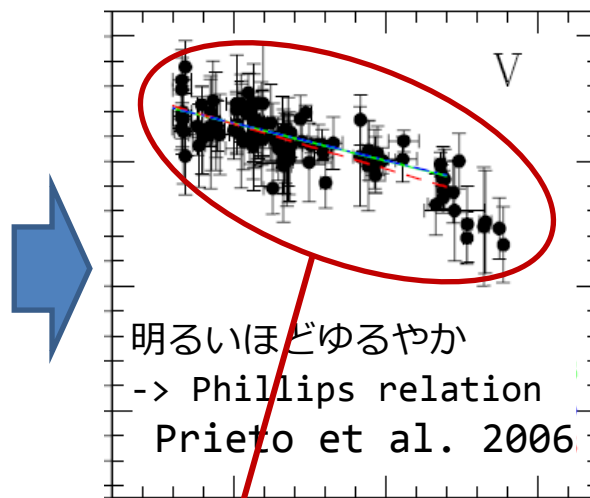
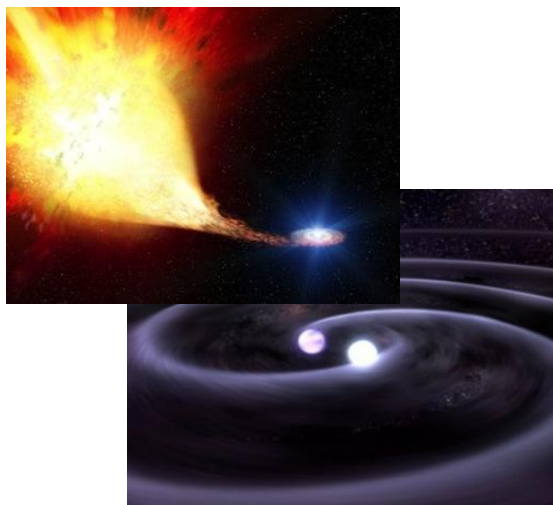
謝辞  
光赤外線大学間  
連携事業

We would like to thank Mohan Ganeshalingam for data of rise time versus decline rate of light curves. This research has been supported in part in part by Optical & Near-infrared Astronomy Inter-University Cooperation Program (OISTER) and by the Grant-in-Aid for Scientific Research from JSPS (23340048, 24740117, 23244030) and MEXT (25103515, 24103003). Y.M. and R.I. have been supported by the JSPS Research Fellowship for Young Scientists.

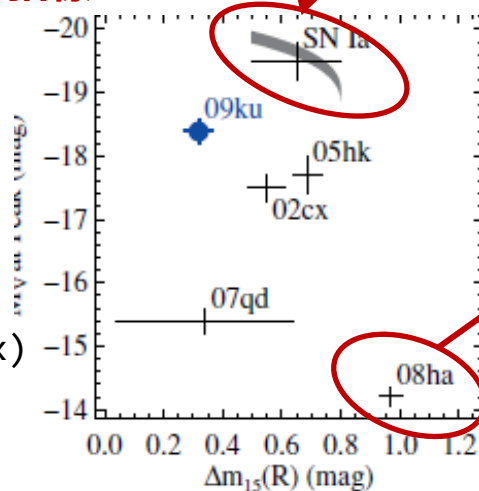
# 光赤外線大学間連携による特異な Ia型超新星SN 2012Zの可視近外線観測

MY et al. in prep

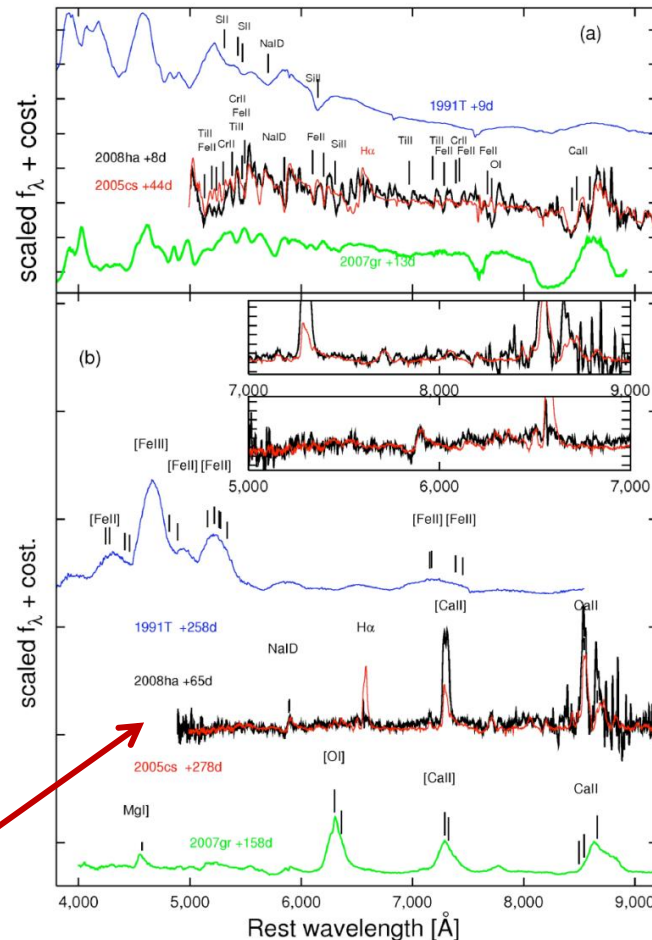
# 特異なIa型超新星：正体不明



親星：白色矮星を含む連星系  
-> 限界質量一定からの核暴走  
-> 似通った性質：**距離指標**



ところが、WLRに乗らない  
**特異なIa型**の発見 (Type Iax)



最も暗い Type Iax SN 2008ha  
ある時期で重力崩壊型に非常に類似  
-> もはや**核暴走**ですらない？



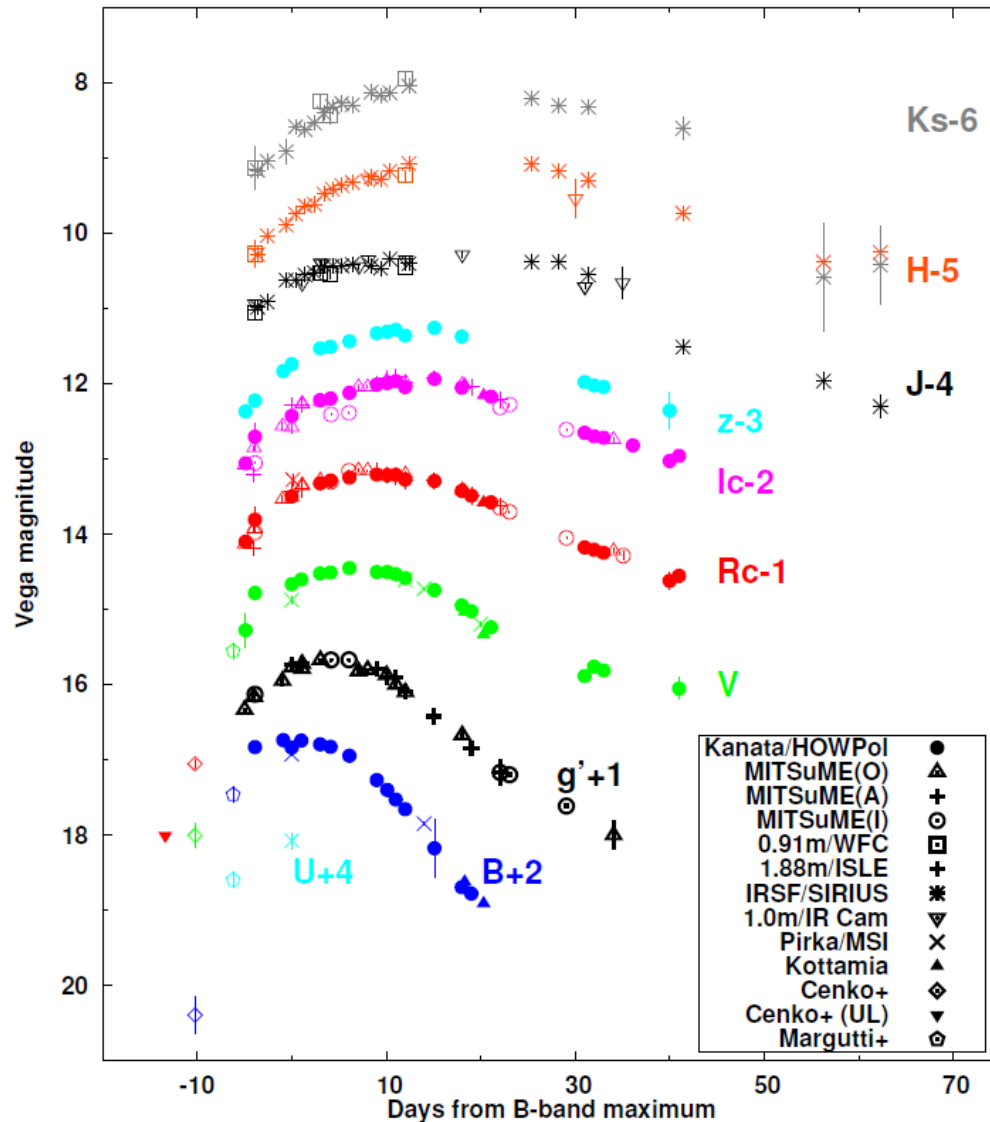
# 光赤外線大学間連携関連望遠鏡群



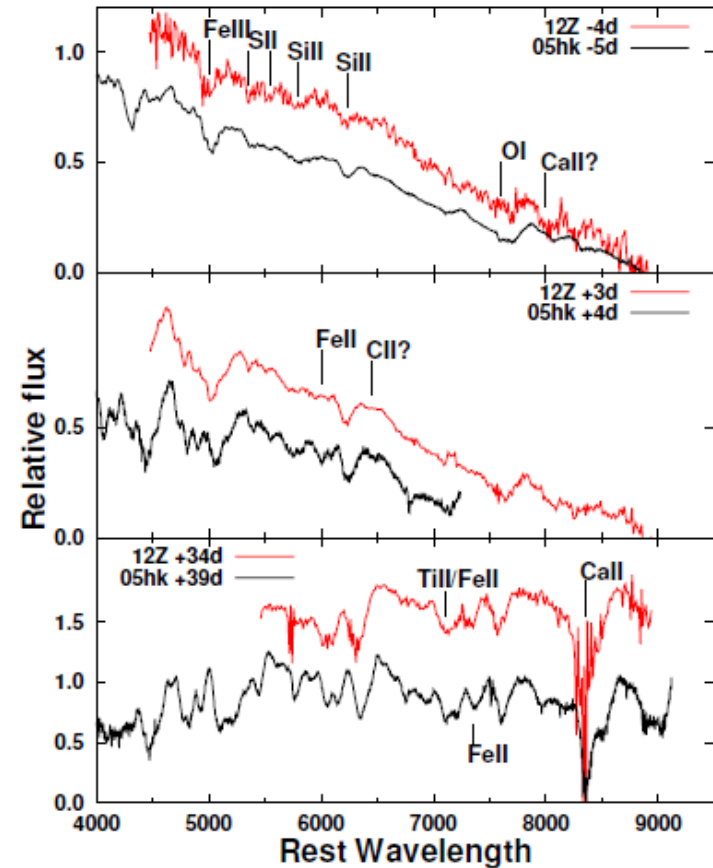


# SN 2012Z in NGC 1309

UBg'VRIZJKs light curves

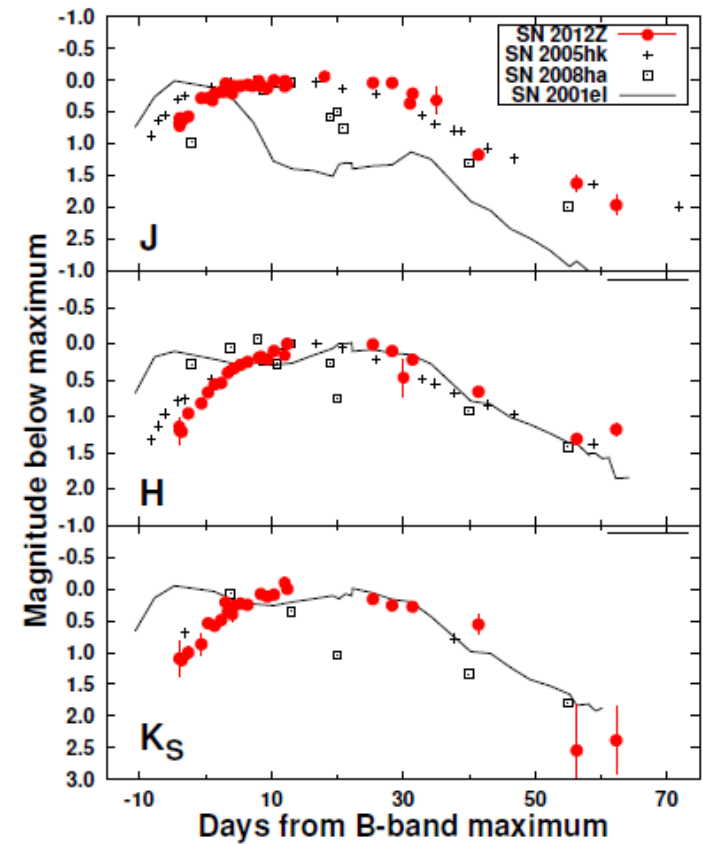
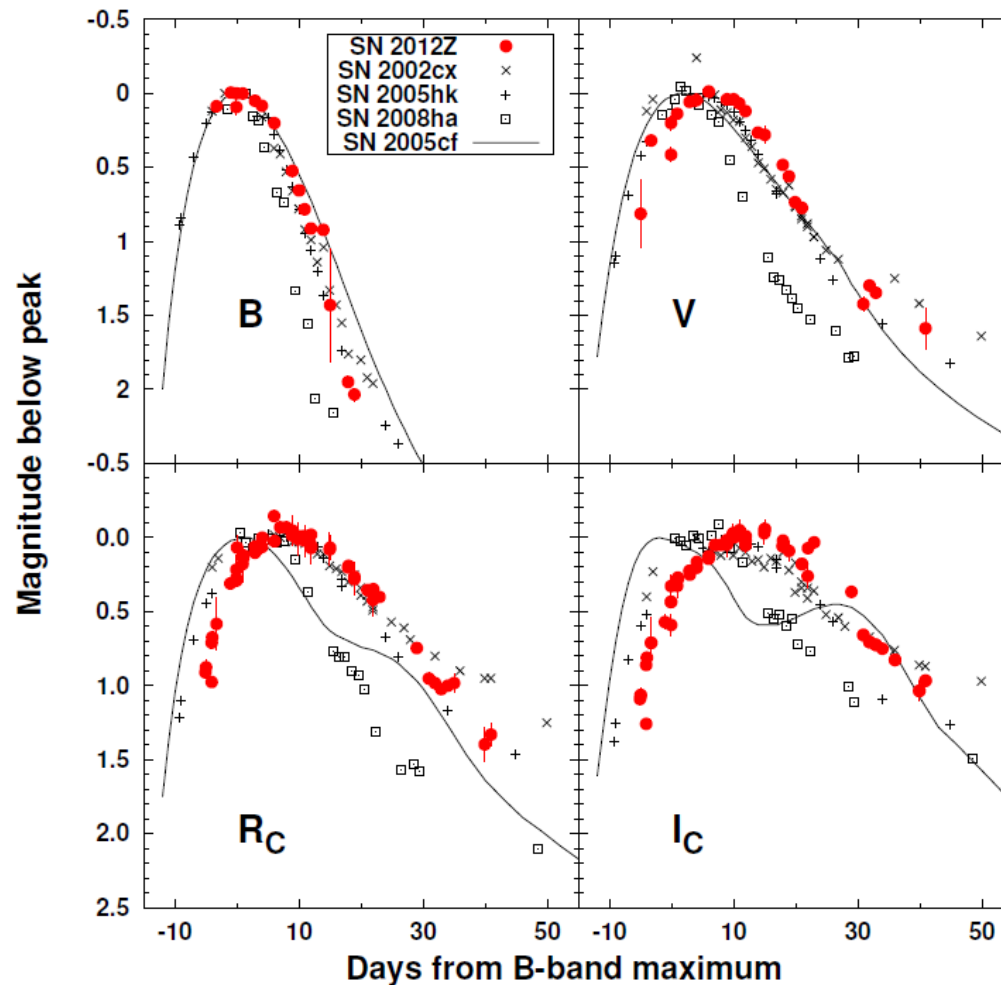


スペクトル(05hkとの比較)



SN 2012ZはType IaxのプロトタイプであるSN 2005hkによく似ている  
 -> 波長方向に密に観測成功

# SN 2012Z in NGC 1309



SN 2012ZはType Iaのプロ  
 トタイプであるSN 2005hkに  
 よく似ている  
 -> 波長方向に密に観測成功

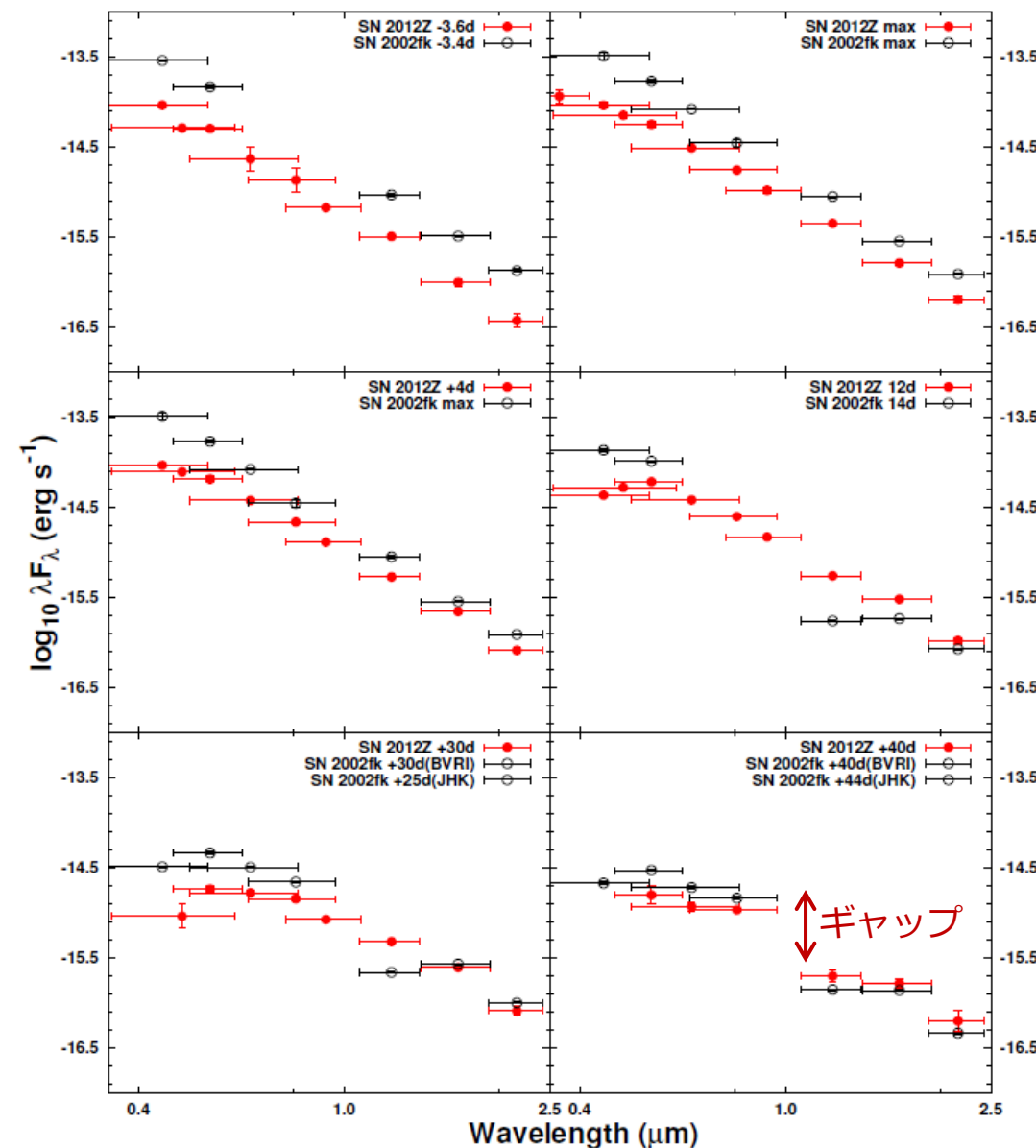
# 新規性 1 : Spectral Energy Distribution

可視近赤外線で波長方向に**最も密な SED**を作成することができた

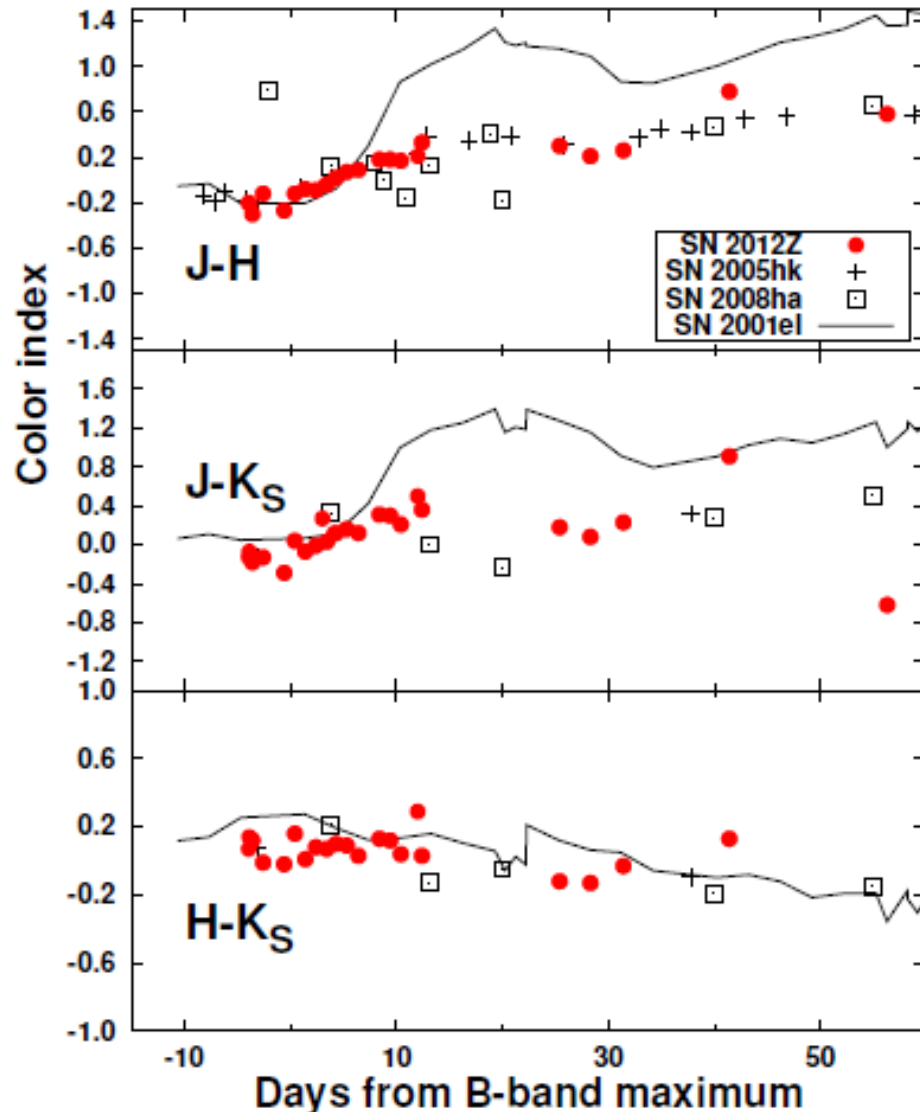
同じhost NGC 1309に出現した典型的なSN 2002fkと比較  
(**距離の不定性小さい**)

典型的なIa型では、**t=30d**(第二極大光度付近)において、**1.2 $\mu$ m**(Jバンド)付近に**gap**が見られるが、SN 2012Zは**比較的のっぺり**している。  
-> おおむね1成分

しかしながら、**t=40d**あたりで、SN 2012Zにも、**1.2 $\mu$ m**で**gap**が見られるようになる。  
-> 1成分ではない。



# 新規性2 : J-H, J-Ks and H-Ks Color Evolutions

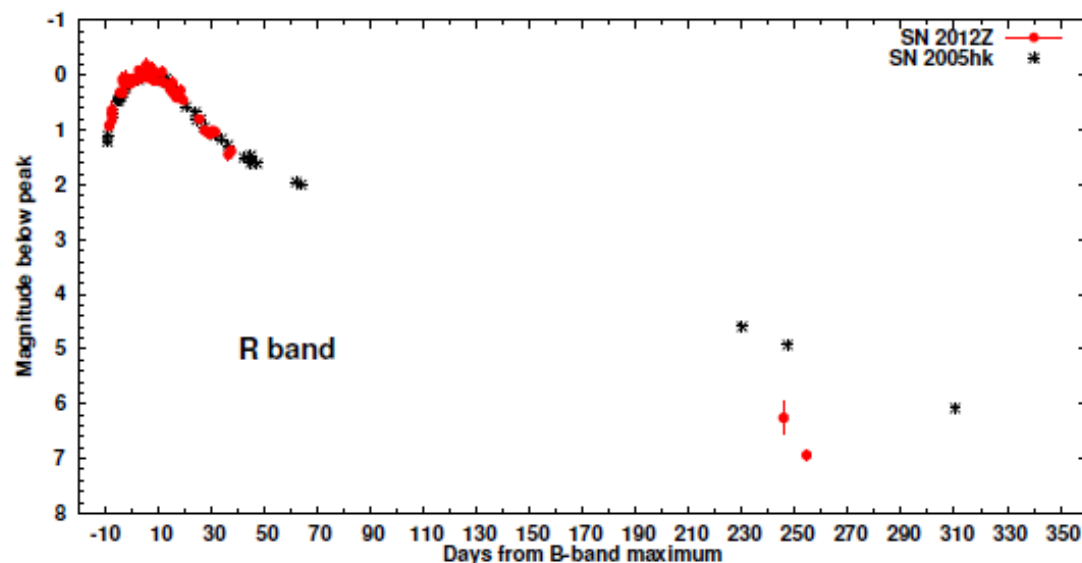


J-H, J-K<sub>s</sub>については、典型的なIa型(SN 2001el)とは(当然)振る舞いが異なる。

Iaxである05hkと08haはJ, H, Kのデータが少ないものの、非常によくトレースする。

一方で、H-K<sub>s</sub>では、05hk, 08haも少ない点であるものの一致しており、さらに、典型的なIa型ともよく似ている。

-> 将来の宇宙論的パラメータ制限のための遠方Ia型のrest frame Hバンド観測では注意が必要かもしれない。

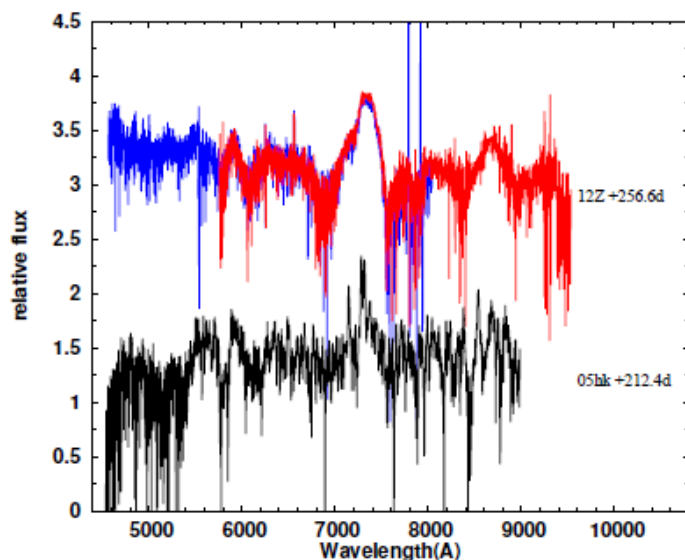


初期において、SN 2005hkと非常によく似ているにも関わらず、後期に予期しない減光を示した。

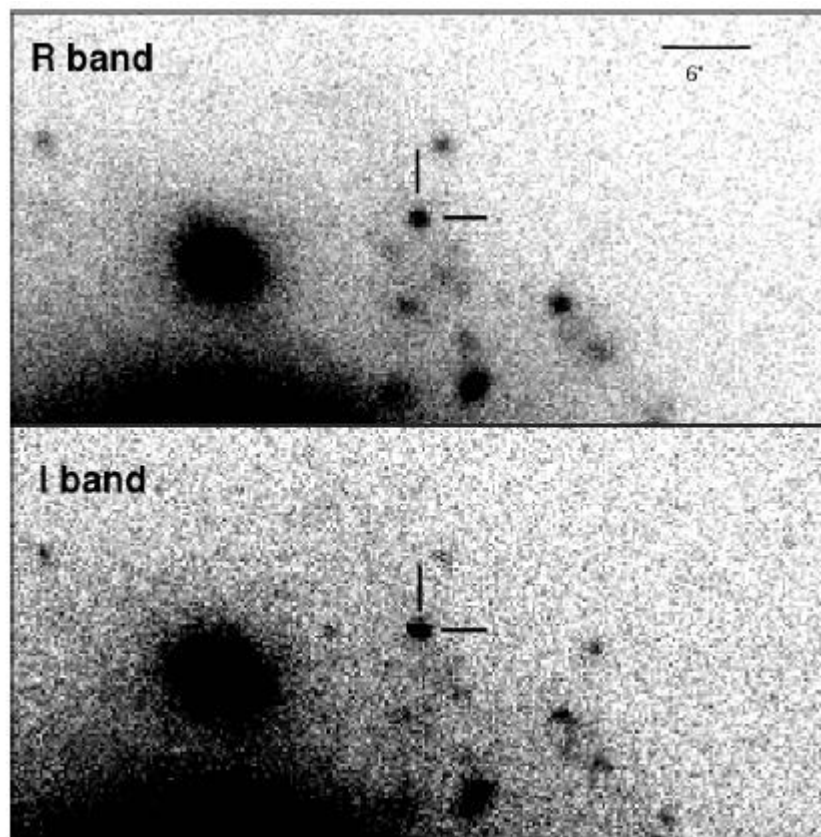
またスペクトルに見られるCa II IR triplet, Ca II], NaIDなどFWHMが05hkのものの6-7倍程度広い。

-> inner ejectaの膨張速度が速い。

端的に言って、E/Mが大きいと解釈される。先行研究の理論が予測するMej, EKとの比較をする(今後の課題)



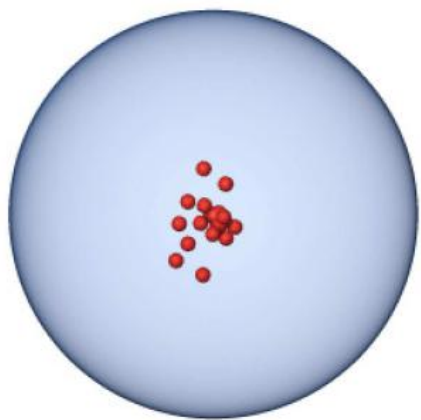




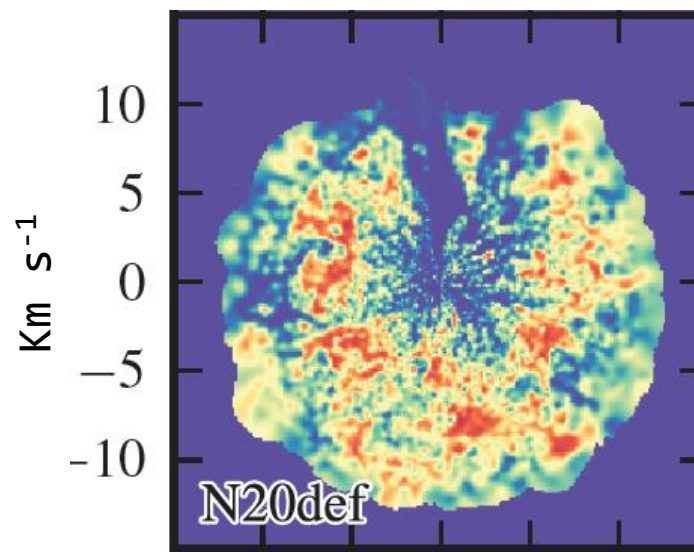
FOCASの撮像データにH II regionが見られる。(100pc程度の近傍の領域)  
-> H $\alpha$ 光度から類推される星生成  
先行研究においては、Type IIPのhost環境との類似性指摘(Lyman et al. 2013)  
-> 最近の連星進化(WS+MS; いわゆるSD)から予測される速いdelay timeとも一致するセンス

スペクトルの[O III]/H $\beta$ と  
[N II]/H $\alpha$ の比から金属量を推定  
 $12+\log(\text{H}/\text{O})=8.5\pm 0.3$   
(Galaxy~ 8.8)  
過去の08ha、10ae(両者とも12Zに比べて極めて暗い。)と同じようにやや低金属環境か

最近、Iaxを再現する(だろう)と提唱されている爆発モデルの一つ  
(大前提：Iaを再現する爆発モデルは依然として未決着)



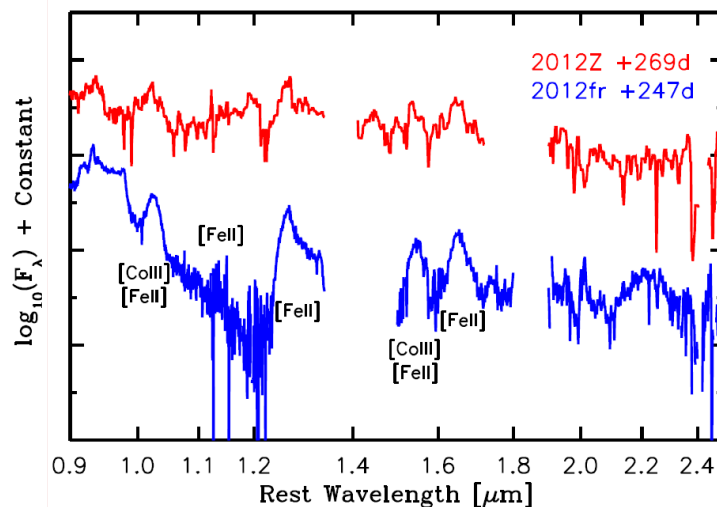
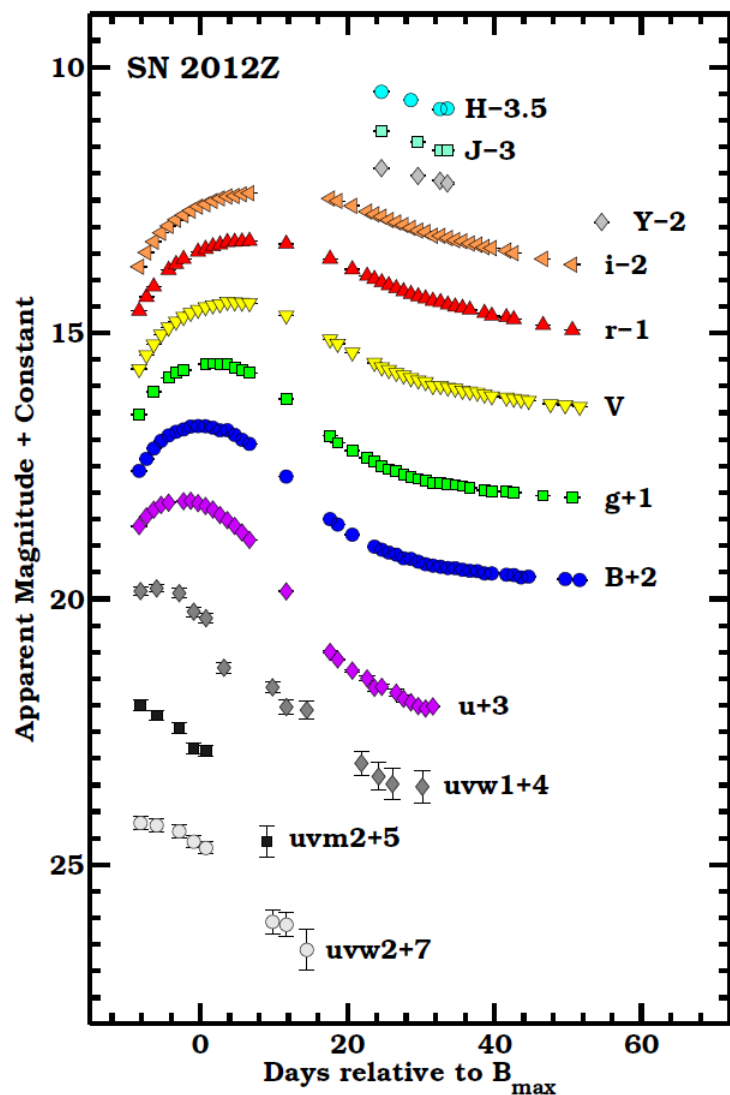
N20def



56Ni distribution  
(mixing)

# 先週Natureを含む3編の論文がastro-phに

Stritzinger et al. 2014, submitted



可視紫外域での測光  
初期-200dの  
可視近赤外線分光

ただし、近赤外線測  
光データは非常に  
sparse  
-> 可視近赤外線、  
あるいは近赤外線測  
光での議論は我々の  
データが優勢

McCully et al. 2014, accepted to *Nature*

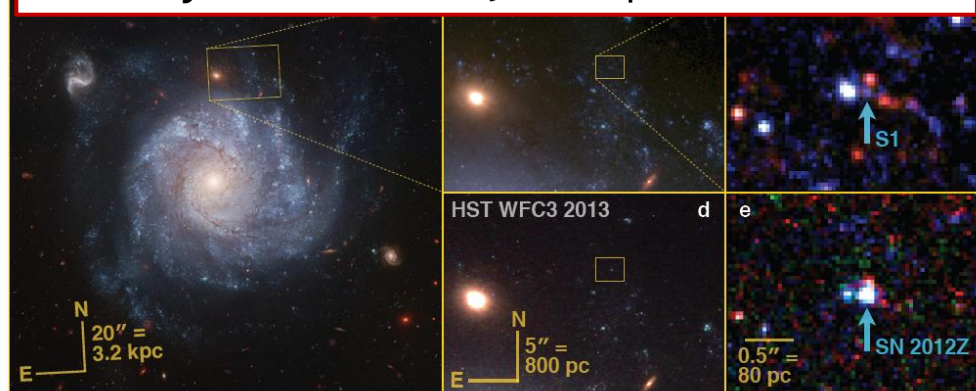


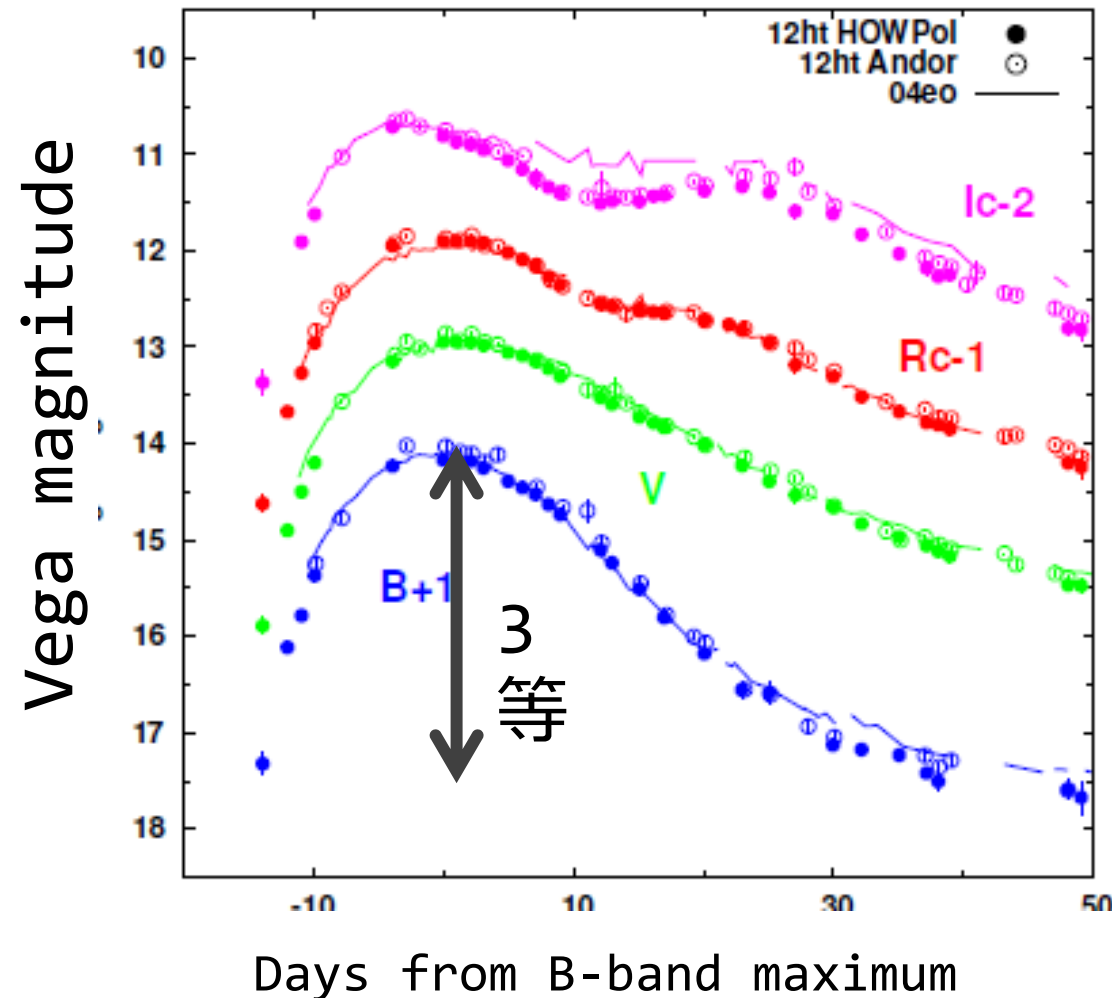
Figure 1 | *Hubble Space Telescope* colour images before and after supernova 2012Z. Panel a shows the Hubble Heritage image of NGC 1309 (<http://heritage.stsci.edu/2006/07/>), with panels b and c zooming in on the progenitor system S1 in the deep, pre-explosion data. Lower panels d and e show the shallower post-explosion images of SN 2012Z on the same scale as the panels above.

- 広島大を中心に近傍超新星の爆発間もない時期からの観測を実施している。
- 年間3-5天体程度について興味深いデータが取得できつつあり、それぞれ解析/議論/論文執筆中である。
- 2013/8-2014/7までに1編が出版、1編が投稿中，4編ドラフト回覧中である





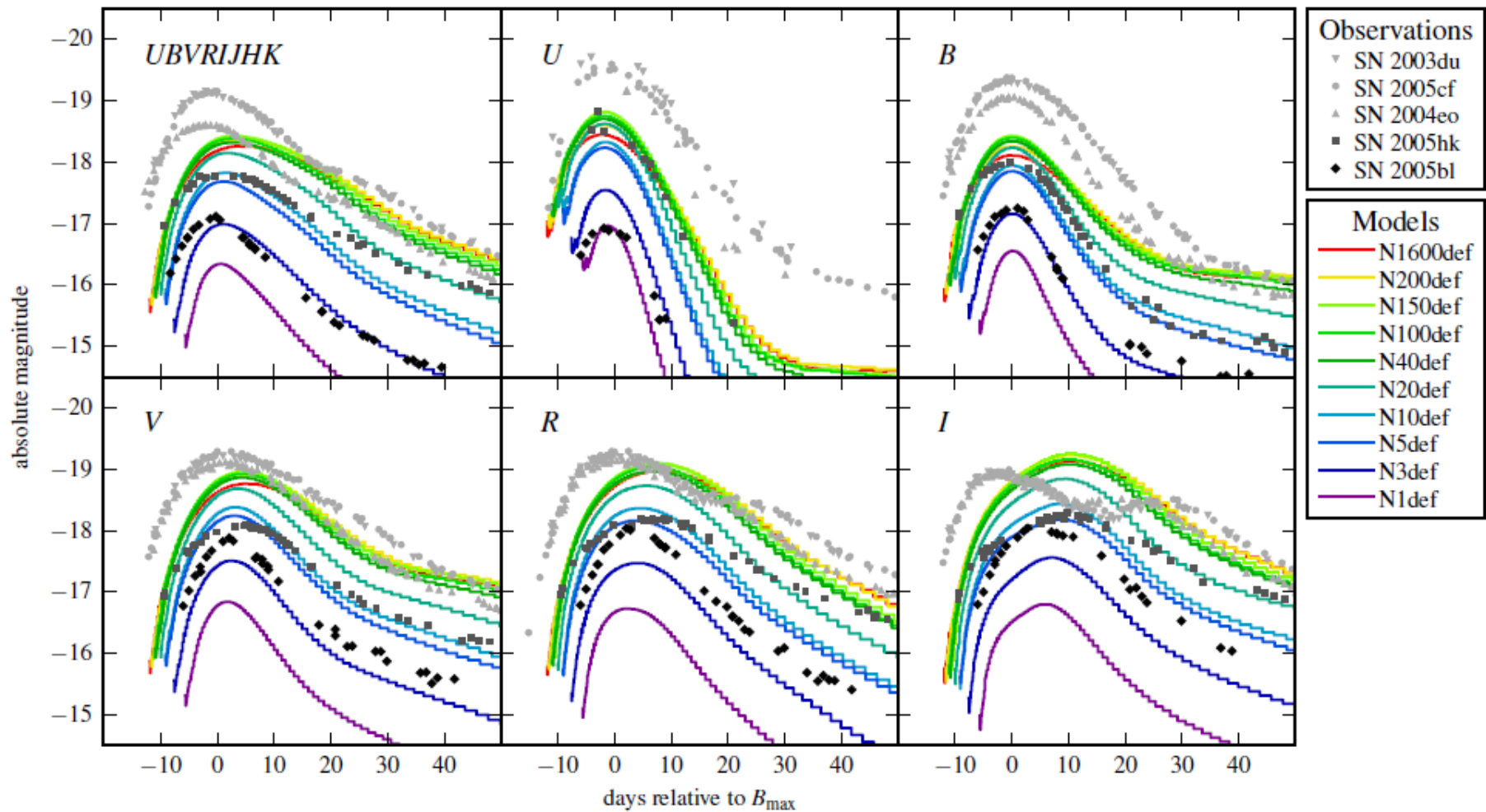
# Light Curves



BVRIでおおよそ3等の増光  
-> **大增光**！(過去5例未満)

$\Delta m_{15}(B) = 1.39 \pm 0.04$  :  
c.f., 中間光度SN2004eo  
( $\Delta m_{15}(B) = 1.46$ )  
Iバンド第二極大到達日  
~22日 : 04eo-likeを支持

# 爆発モデル：multi-spot deflagration



# 爆発モデル：multi-spot deflagration

