

Ca-richランジェント iPTF15eqvの可視近赤外データ解析

河原直貴、川端弘治、山中雅之、中岡竜也、川端美穂、長木舞子(広島大)、他かなた望遠鏡チーム

近年の大規模な新天体サーベイによって、これまでは見つかって来なかったような特異な突発現象が発見されつつある。後期スペクトルにおいてカルシウムのみが強い輝線として見られるCa richランジェントはその一つである。この爆発現象の多くは楕円銀河で見つかり、非常に古い種族であることが指摘されており、白色矮星同士の合体による熱核暴走爆発のシナリオが提唱されている一方で、重力崩壊型の可能性も議論されており、その正体は全く不明である。光度曲線やスペクトル進化から爆発パラメータを推定することはシナリオを決定付ける鍵となる。本研究対象であるiPTF15eqvは先行研究(Milisavljevic et al. 2017)で2015年12月31日以降の後期スペクトルデータがとられており、カルシウムの非常に強い輝線が確認された。また、重力崩壊型であるIb/c型超新星とCa richランジェントの中間的な超新星であることが示唆されている。我々は、広島大学がかなた望遠鏡を用いて2015年9月27日に発見されたCa richランジェントiPTF15eqvの可視近赤外線観測を2015年9月28日より行った。この超新星は極大日付近のデータを取る事が出来なかったため他のCa richランジェントとの光度曲線フィッティングとスペクトルプロファイルの比較から、発見日を極大日+40dと推定した。光度曲線の進化はCa richランジェントであるSN 2012hn, PTF 10iuv(SN 2010et), PTF 12bhoと似た進化を示した。一方で、絶対光度での光度曲線の比較から、発見日より2等近く明るい結果となった。スペクトルにおいてはCa richランジェントに特徴的なヘリウムの吸収線とカルシウムの輝線が見えた。ヘリウムの吸収線速度はCa richランジェントやIb/Ibc型超新星と似た値を示す。これらの結果から、iPTF15eqvはCa richランジェントの特徴をほとんど満たすが、唯一絶対光度での光度曲線は今までCa richランジェントから逸脱する。しかし、Ca richランジェントの爆発シナリオ候補の1つにあるHeシエル白色矮星のデトネーションでは極大日の絶対光度は -16.5 ± 1.5 等と推定されるため、iPTF15eqvもその範囲内に収まる。したがって、iPTF15eqvは明るさの多様性を示したCa richランジェントである事が示唆される。

I 序論

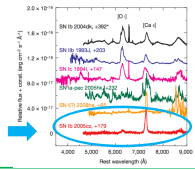
I - I 特異な突発現象の発見

近年:大規模な新天体サーベイ
→特異な突発現象の発見

後期のCa輝線が非常に強い
超新星が見つかってきて!
→Ca richランジェント

[Ca II] が非常に強い
[Ca II]>>[O I]

Kawabata et al. 2010



I - II Ca-richランジェント

観測的特徴

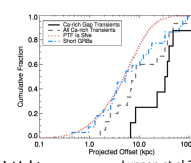
- Caの輝線が強い
- 初期にヘリウムの吸収線が見える
- 暗い→ -16 [mag]
- 光度曲線の進化はIb/c型よりは早い
- 楕円銀河で多く見つかる
- 母銀河から離れて見つかるものもある
- 非常に古い星?

爆発シナリオ

- Heシエル白色矮星のデトネーション (Iaシナリオ)
- $> 8 M_{\odot}$ の重力崩壊

Ib型の平均的明るさ

-17.9 ± 0.9 [mag] (Droett et al. 2011)



I - III 本研究の背景/目的

◆Ca richランジェント

- 環境→白色矮星起源?
- 観測→白色矮星同士の合体? 重力崩壊?

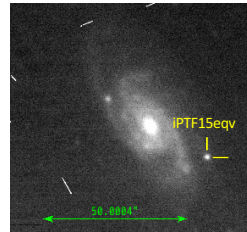
光度曲線、スペクトル進化から
エジェクタ質量・運動エネルギーを推定
→ 親星シナリオに制限を与える!

本研究では、近傍銀河に現れたiPTF15eqvの素性を探る

II 観測

iPTF15eqv

かなた望遠鏡



2015年9月27日発見
近傍銀河NGC3430 (渦巻き銀河)に
現れた超新星
(距離 ~ 30.4 Mpc)
RA : 10:52:11.4 Dec : +32:57:02
9月28日 観測開始 測光(21晩) 分光(11晩)

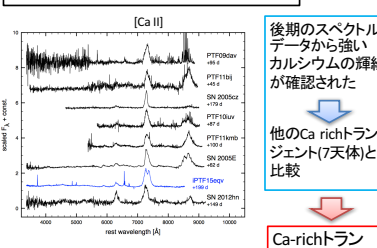


HOWPOL
測光: B,V,R,I
分光: 低分散, R=400
HONIR
可視近赤外同時観測
測光: B,V,R,I,J,H,Ks

III 先行研究

先行研究: Milisavljevic et al. 2017

取得データ
撮像: 2015/9/27~2015/12/18 (unfiltered)
2016/02/06~2016/06/08 (others)
スペクトル: 2015/12/31~

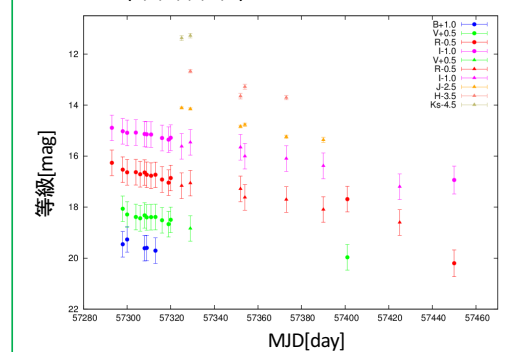


後期のスペクトル
データから強い
カルシウムの輝線
が確認された
↓
他のCa richラン
ジェント(7天体)と
比較
↓
Ca-richラン
ジェントと示唆

- 先行研究iPTF15eqv
- 爆発日は2015/07/24~2015/09/12
 - Ca-richランジェントとIb/cの中間
 - 重力崩壊型シナリオを示唆
 - $M_{ej} = 2 - 4 M_{\odot}$, $M_{H/He} \sim 0.04 - 0.07 M_{\odot}$
 - $E_K = 6.4 \pm 4.6 \times 10^{51}$ [erg]

IV 光度曲線

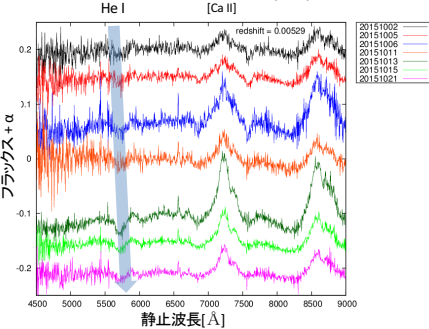
光度曲線 (B,V,R,I,J,H,K)



極大日付近のデータが得られなかった
↓
極大日を推定する

V スペクトル

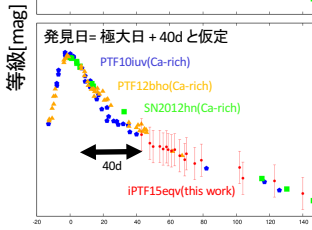
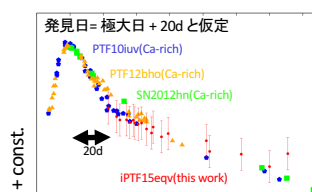
スペクトルの時間進化 (2015/10/02~21)



Ca-richランジェントに特徴的なヘリウムの吸収線と
カルシウムの輝線が3週間に渡って見えた

VI 極大日推定

<光度曲線フィッティング>



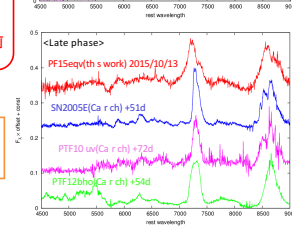
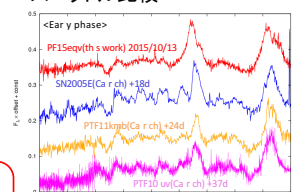
Ca-richランジェントと
光度曲線をフィッテ
ィングすることにより極大
日を推定

下限値
発見日 = 極大日 + 20d

極大日は2015/09/07以前

光度曲線フィッティングから
発見日 = 極大日 + 40d
がよく合った

<スペクトル比較>



Ca-richランジェントとスペクトル比較
することにより極大
日を推定

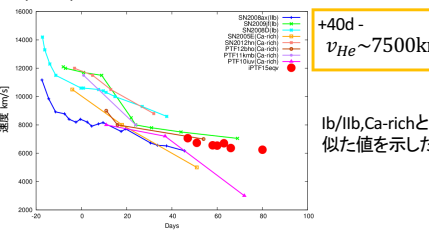
~40d
似ている

50d~
スペクトルの
強度比が異なる

光度曲線フィッティング
スペクトル比較より
発見日 = 極大日 + 40d
とする

VII 吸収線速度

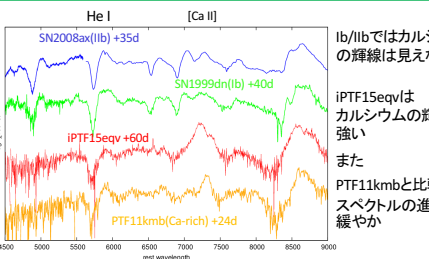
He(5876)の吸収線速度比較



+40d -
 $v_{He} \sim 7500$ km/s

Ib/Ibc,Ca-richと
似た値を示した

VIII スペクトルの比較

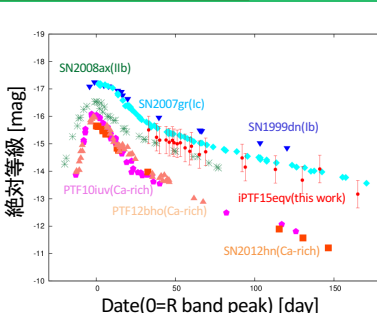


Ib/Ibcではカルシウムの
輝線は見えない

iPTF15eqvは
カルシウムの輝線は
強い

また
PTF11kmbと比較して
スペクトルの進化が
緩やか

IX 絶対光度比較



Ca-richランジェントであるPTF10iuv, PTF12bho,
SN 2012hnと比べて2等近く明るい

→Ibc型と似た等級、重力崩壊型?

X 結論

◆ iPTF15eqvの近赤外光度曲線、より早期の可視光度曲線および
スペクトルのサンプルの取得に成功した

◆ 観測結果

	Ca-rich	Ibc型
光度曲線進化(IV,IX)	○	○
絶対光度(IX)	×	○
v_{He} (VII)	○	△
early spectra(VIII)	○	×
[Ca II]/[O II](III)	○	×

◆ 議論

iPTF15eqvの極大時の絶対光度は -17.0 ± 0.5 等程度と推定され、
今まで発見されてきたどのCa-richランジェントよりも明るい。
しかし、爆発シナリオの1つ Heシエル白色矮星のデトネーション
(Shen et al. 2010)では絶対光度は -16.5 ± 1.5 等になると示唆さ
れており、これと無矛盾である。

◆ 結論

多くの観測結果がCa-richランジェントの特徴と一致した
一方で、Ibcの特徴とは一致しない点もあった。iPTF15eqvは
明るさの多様性を示したCa-richランジェントであると考えら
れる。