

Ca-richトランジェント iPTF15eqvの可視近赤外測光分光観測

河原直貴、山中雅之、川端弘治、中岡竜也、川端美穂、長木舞子(広島大)、他

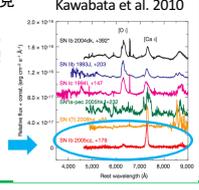
近年発見された中で、早期から可視スペクトルに強いカルシウムの輝線を示す特異な超新星が報告されている。そのような超新星はCa-richトランジェントと呼ばれる。Ca-richトランジェントは極大期のスペクトルに水素の吸収線が見られず、ヘリウムの吸収線が見えることからlb型として報告される。しかし、後期スペクトルにおいてはlb/c型に見られる酸素の輝線が非常に弱く、卓越したカルシウム輝線を持つスペクトルを示す。母銀河は楕円銀河が多く、母銀河から数十kpc離れたものも見つかっている。大きな固有運動で脱出したとしても、大質量星の寿命の間では到達できないような距離で、その親星は低質量である白色矮星が有力とされている。爆発シナリオとして白色矮星起源熱核暴走反応シナリオと8-10M_☉程度の大質量星の重力崩壊シナリオが考えられているが、不明な点は多い。爆発シナリオに言及できるほど明確なデータはまだ得られていない。本研究対象であるiPTF15eqvは先行研究(Milisavljevic et al. 2017)で後期観測が行われており、スペクトルには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lb/c型超新星とCa-richト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2015年9月27日に発見されたCa-richトランジェント iPTF15eqvについて、広島大学かなた望遠鏡を用いて可視近赤外線測光分光観測を行った。この超新星はCa-richトランジェントとしては珍しい渦巻き銀河で発見された。発見当初から非常に強いカルシウムの禁制線が見えた。これはCa-richトランジェントとの類似性を示す。一方で、極大日から30日後の絶対等級は平均的なCa-richトランジェントよりも2等級明るくlb/c型と似た値を示す。⁵⁶Ni生成量も、lb/c型の分布に合致する。さらに、ヘリウムの吸収線速度はlb型、Ca-richトランジェントのどちらとも似ていることがわかった。これらの結果から、この超新星は多くの観測的特徴が平均的なCa-richトランジェントと良く似ていることがわかった。一方で、絶対光度はそれらに比べると非常に明るく、むしろ重力崩壊型であるlb/c型超新星に近い。まとめると、これらはCa-richトランジェントの多様性として解釈でき、さらなる多様性の存在を示唆する。

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トランジェント



I - II Ca-richトランジェント

- 観測的特徴**
- 可視スペクトルに卓越したカルシウムの輝線
 - 初期にヘリウムの吸収線が見える (lb型に見られる特徴)
 - 暗い → Rバンドで -16[mag]
 - (平均的なlb型の明るさ: -17.9 ± 0.9 [mag] (Izumi et al. 2011))
 - 楕円銀河で多く見つかっている (la型に見られる特徴)
 - 母銀河から離れて見つかるものもある
 - 低質量である白色矮星が親星?

爆発シナリオ ⇒ 全くわかってない!

- 白色矮星起源の熱核暴走反応?
- 8-10M_☉の重力崩壊?

I - III 各超新星の特徴

爆発シナリオ	観測モデル	母銀河
la型 爆発	WD	どこでも(楕円銀河も)
lb/lc型 重力崩壊	WR星	渦巻き銀河
II型 重力崩壊	RS?	渦巻き銀河
Ca-rich ?	?	楕円銀河(外縁部)

Ca-richトランジェント
環境 → 白色矮星起源?
観測 → 核爆発型? 重力崩壊?
その正体は全く不明である

I - IV 本研究の背景/目的

Ca-richトランジェントは観測例が10天体程度(良いデータセットはない)と非常に少なく、質の良い観測サンプルを取得することは重要である。

光度曲線、スペクトル進化(速度)からエンジェクタの観測的性質を類推する
→ モデルとの比較でシナリオを議論する

本研究では近傍銀河に現れたCa-richトランジェントiPTF15eqvの観測を行った

II 観測

iPTF15eqv

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~30.4Mpc)
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)

かなた望遠鏡

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

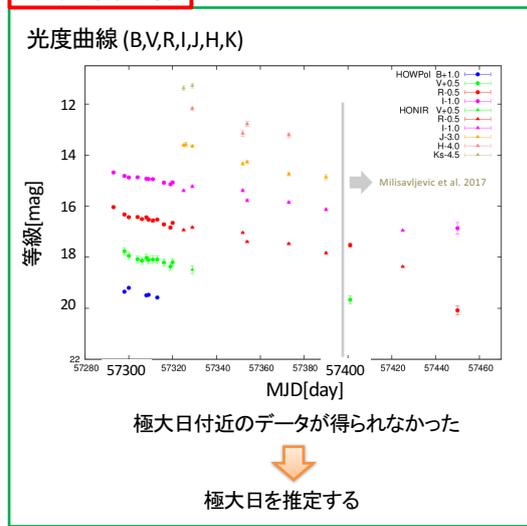
取得データ
撮像: 2015/9/27~2015/12/18 (unfiltered)
2016/02/06~2016/06/08 (g,r,i)
スペクトル: 2015/12/31~

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

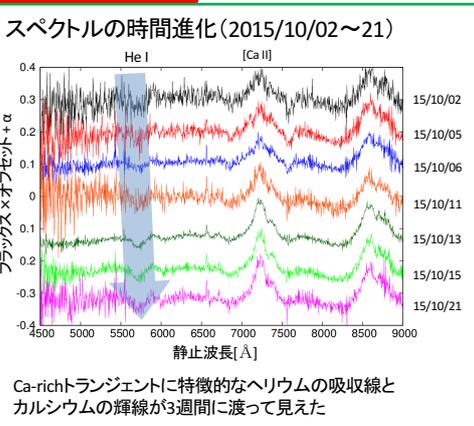
他のCa-richトランジェント(7天体)と比較

Ca-richトランジェントと示唆

IV 光度曲線



V スペクトル



VI 極大日推定

<光度曲線フィッティング>

発見日 = 極大日 + 20d と仮定

Ca-richト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

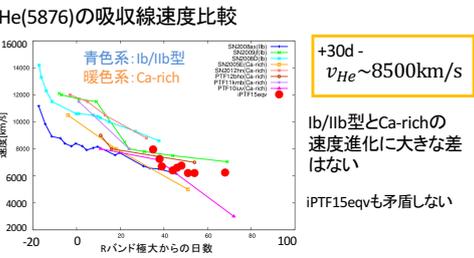
下限値 発見日 = 極大日 + 20d

<スペクトル比較>

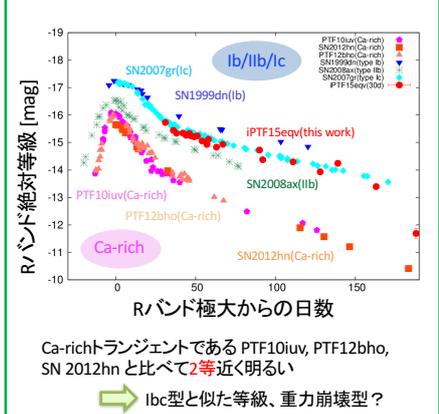
Ca-richトランジェントとスペクトル比較することにより極大日を推定

光度曲線フィッティングとスペクトル比較より 発見日 = 極大日 + 30d とする

VII 吸収線速度



IX 絶対光度比較



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

観測結果	Ca-rich	lb/c型
光度曲線進化(IV, IX)	△	○
絶対光度(IX)	× (→議論)	○
v_{He} (VII)	○	△
early spectra(VIII)	○	×
[Ca II]/[O I] (III)	○	×

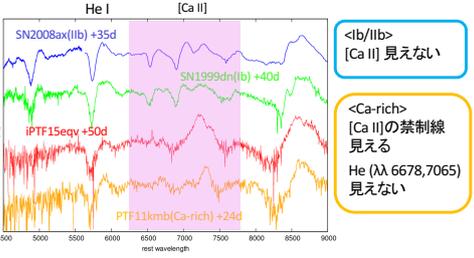
◆ 議論

iPTF15eqvの極大時の絶対光度は -17.0 ± 0.5 等級と推定され、今まで発見されてきたもののCa-richトランジェントよりも明るい。しかし、爆発シナリオの1つ白色矮星起源の熱核暴走反応シナリオ(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、これと矛盾する。

◆ 結論

iPTF15eqvはlb/c型で見られるような特徴との一致も見られたが、他のCa-richトランジェントとの共通点は多く、Ca-richトランジェントの多様性として解釈して矛盾は無い。Ca-richトランジェントのさらなる多様性の存在を示唆する。

VIII スペクトルの比較



XI OISTERへの提案

全くの正体不明天体であるので、多波長観測で可視や近赤外の性質を知ることが重要である。bolometric correctionを得てejecta properties (E_k , M_{ej})をより正確に求めることが非常に重要である。

→ Ca-richトランジェントが現れた際には、早期から多波長での密な長期観測を行いたいと考えている。