Ca-richトランジェント iPTF15eqvの 可視近赤外測光分光観測

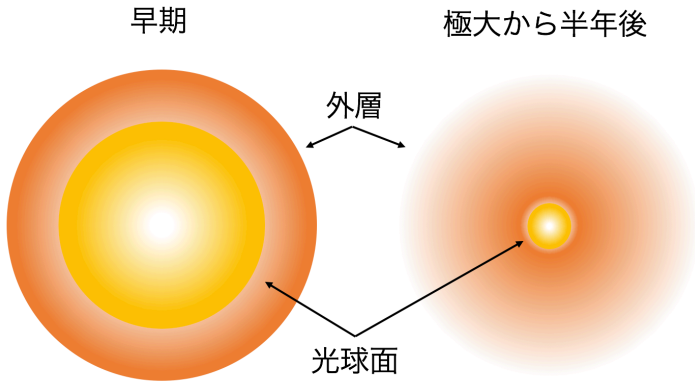
河原直貴、山中雅之、川端弘治、中岡竜也、
川端美穂 (広島大)、前田啓一 (京都大)、
かなた望遠鏡チーム

日本天文学会2018年春季年会

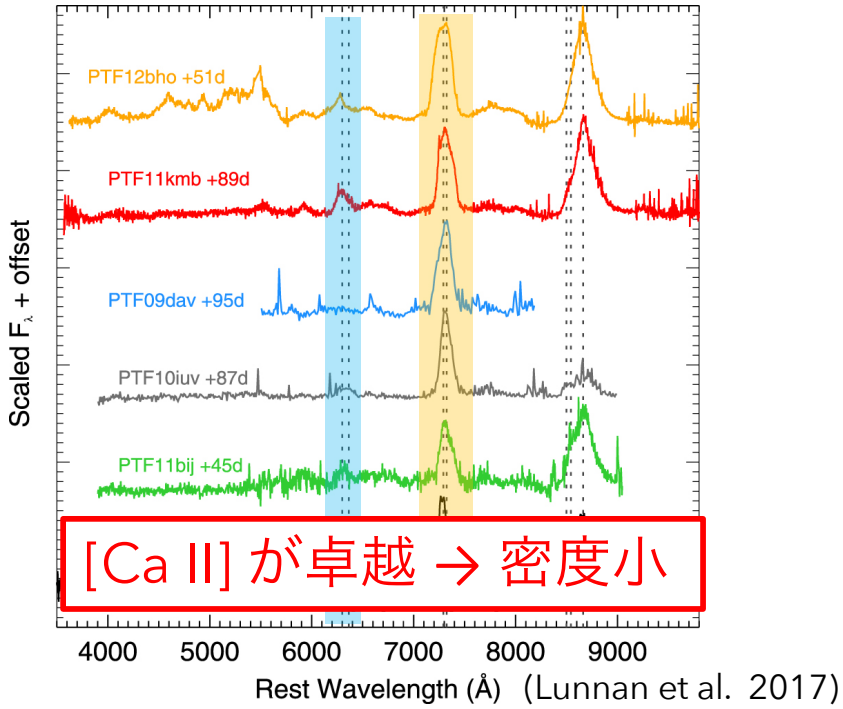
Ca-richトランジェント

爆発して大量の物質を撒き散らしている
　早期：外層の元素による吸収線
　後期(爆発後半年)：内部の元素由来の輝線

初期スペクトル：ヘリウムの吸収線
爆発後たった数十日で輝線が見られる超新星



爆発後60日-　[O I] [Ca II]



(Lunnan et al. 2017)

理論：
8-12$M_\odot$以上の星が超新星となる

観測：
12$M_\odot$以上の超新星しか見つかっていない

問題点：この間の質量の星は？

12$M_\odot$以下の超新星ではカルシウム輝線が卓越することが予言されている

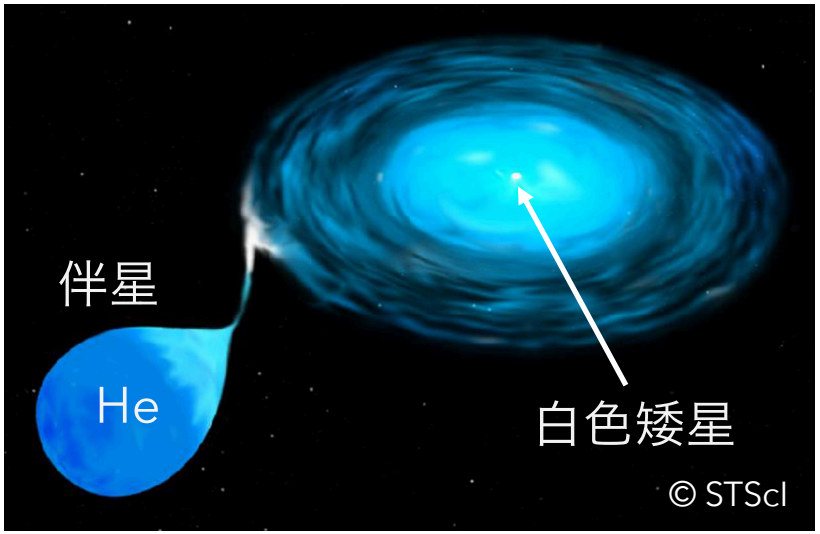
→ Ca-richはこの問題を解くピース

ヘリウムの吸収線が見られ、これまで楕円銀河で発見されてきた

爆発シナリオの候補

今まで楕円銀河で発見
ヘリウムの吸収線が見られる

白色矮星起源の核爆発型 (.Ia型)



寿命が長い星

VS

8-12$M_{\odot}$の重力崩壊型(Ib型)

寿命が短い星

放射源
^{44}Ti、 ^{48}Cr、 ^{52}Fe、 ^{56}Ni

放射源
^{56}Ni

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

◆Ca-richトランジェント

- 母銀河 → 白色矮星?
- 爆発の特徴 →核爆発型?重力崩壊型?

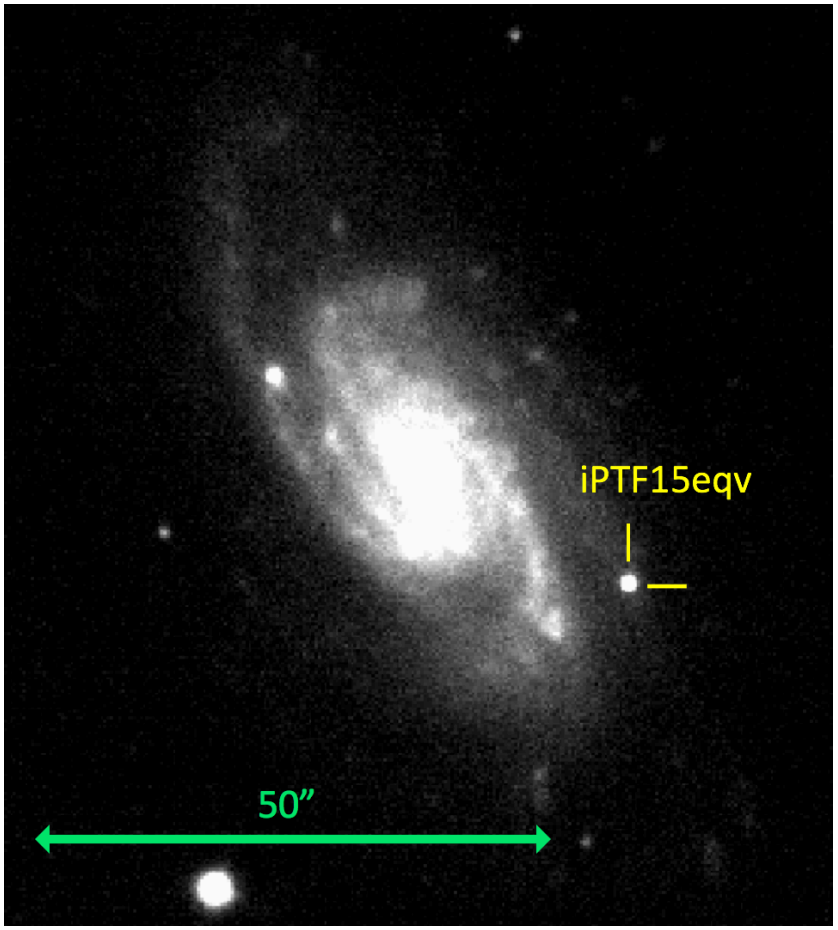
光度曲線、スペクトル進化（速度）から
エジェクタ (噴出物質) の性質を類推する

→ 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の長期に亘る観測を行なった

観測 (iPTF15eqv)

(2015/10/13 *R*バンド)



かなた望遠鏡

発見日:2015年9月27日

発見者:板垣 公一

母銀河: NGC 3430 (d~30.4Mpc)

RA:10h52m11.4s

DEC:+32d57m02s

初めて渦巻銀河の腕に出現

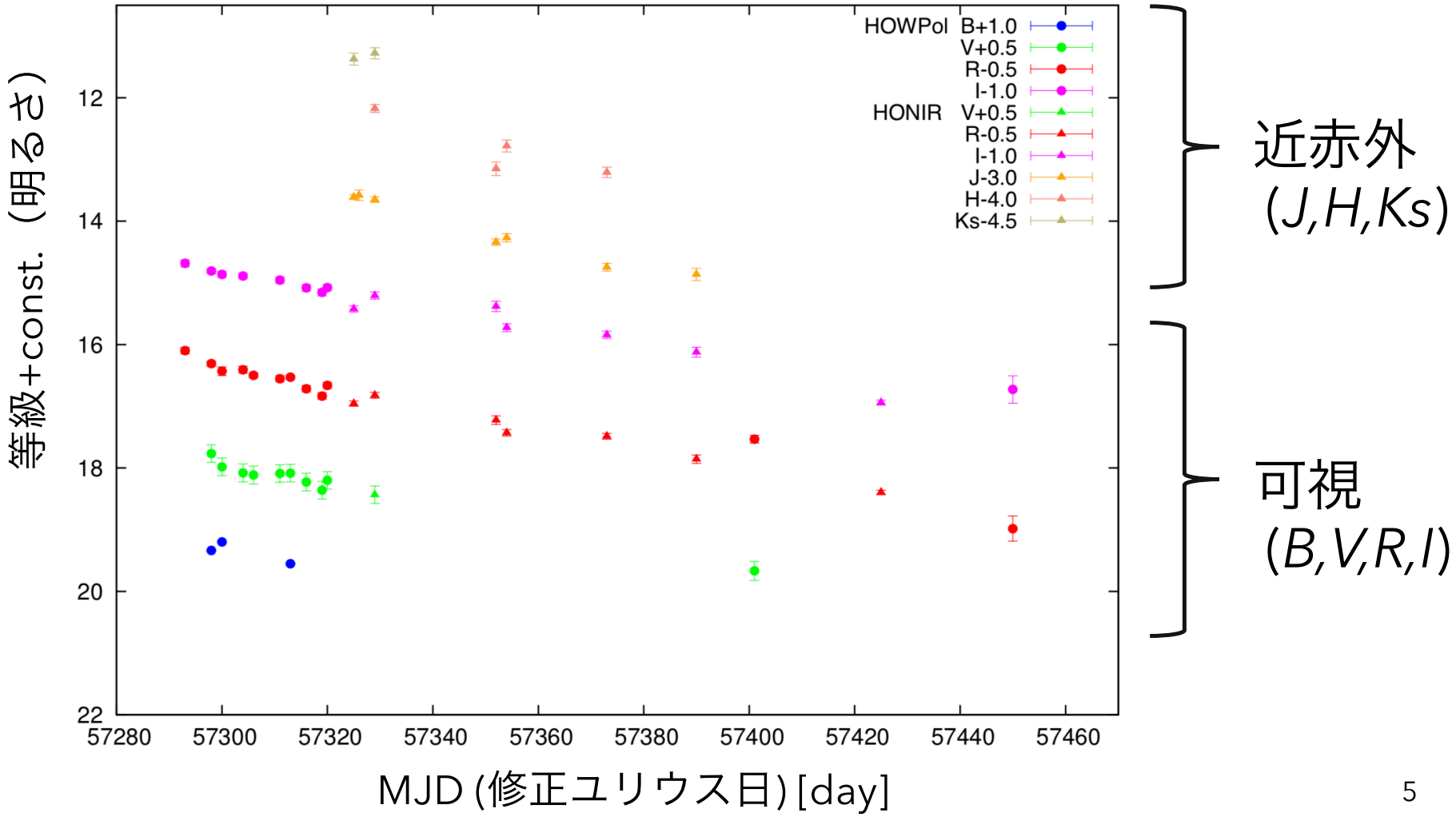
➡ 重力崩壊型?

2015年9月28日より
かなた望遠鏡で観測開始
測光観測19晩（150日間）
分光観測12晩（40日間）

可視4バンド
赤外3バンド
（波長域 450-2500nm）

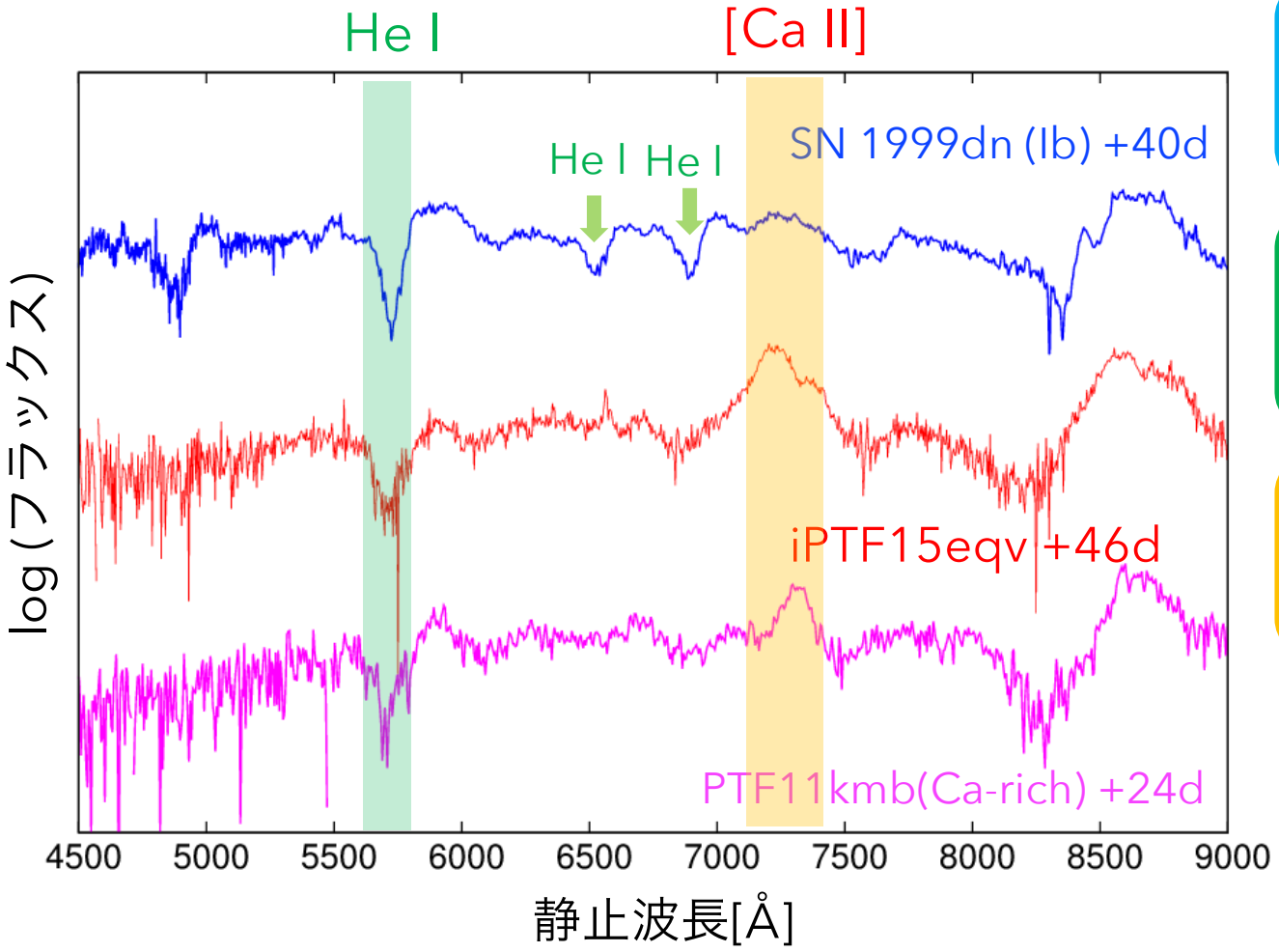
結果1 光度曲線（*BVRIJHKs*）

2015年9月28日（MJD:57293）以降の光度曲線
一定の減光率を示している → テール期



結果2 早期スペクトル

Ca-richの特徴である He Iの吸収線と[Ca II]の輝線が見られる



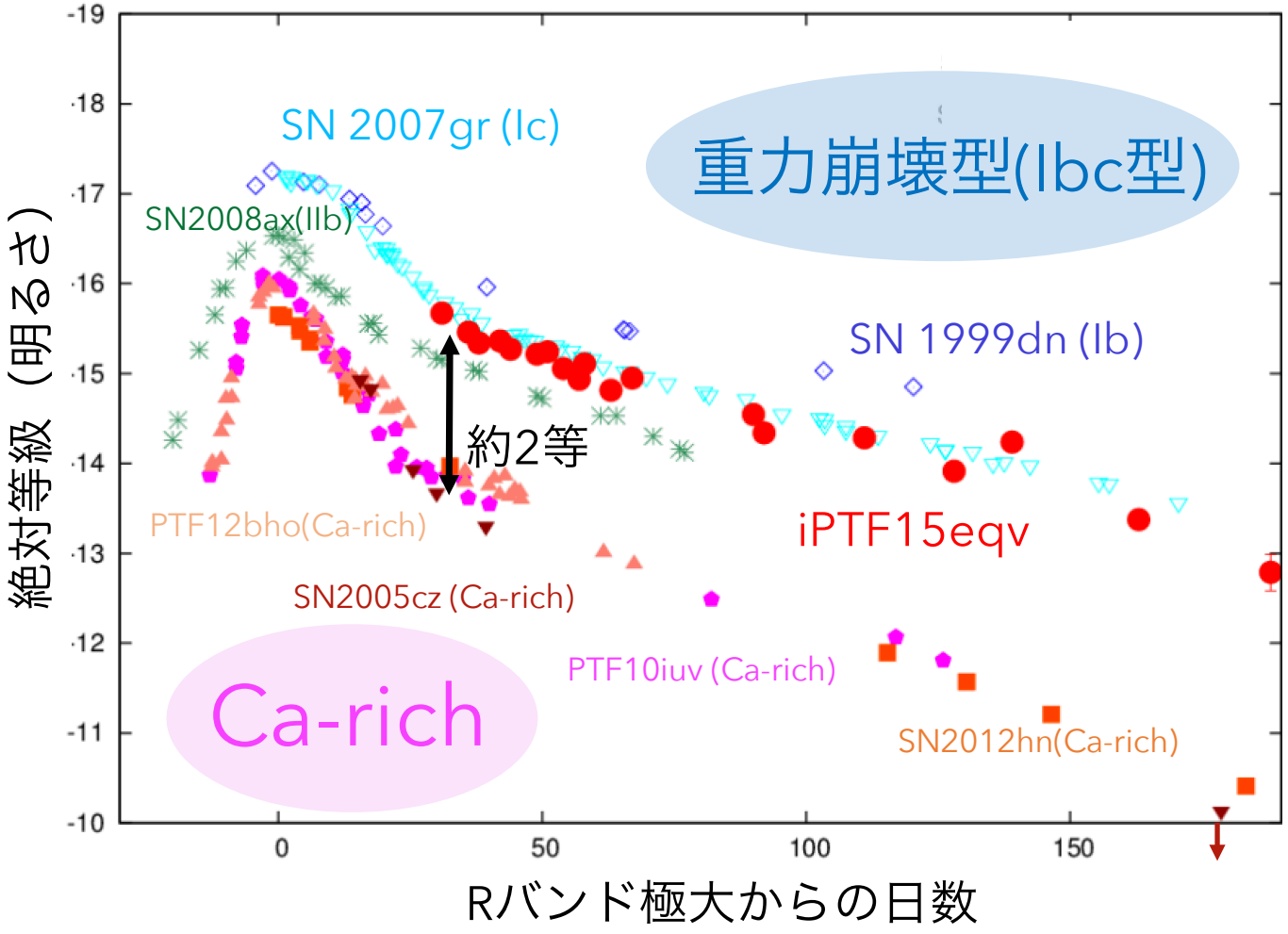
重力崩壊型(Ib型)
[Ca II] 弱い

両者に共通
He I (λ5876) 見られる

Ca-rich
[Ca II] 強い

iPTF15eqvは
Ca-richトランジェント

結果3 光度曲線の比較



+30d付近の明るさ

$M_R \sim -14$等 (Ca-rich)
$M_R \sim -16$等 (Ibc)
$M_R \sim -16$等 (iPTF15eqv)

→ 他Ca-richと比べて
2等近く明るい
重力崩壊型と同等

テールの傾き

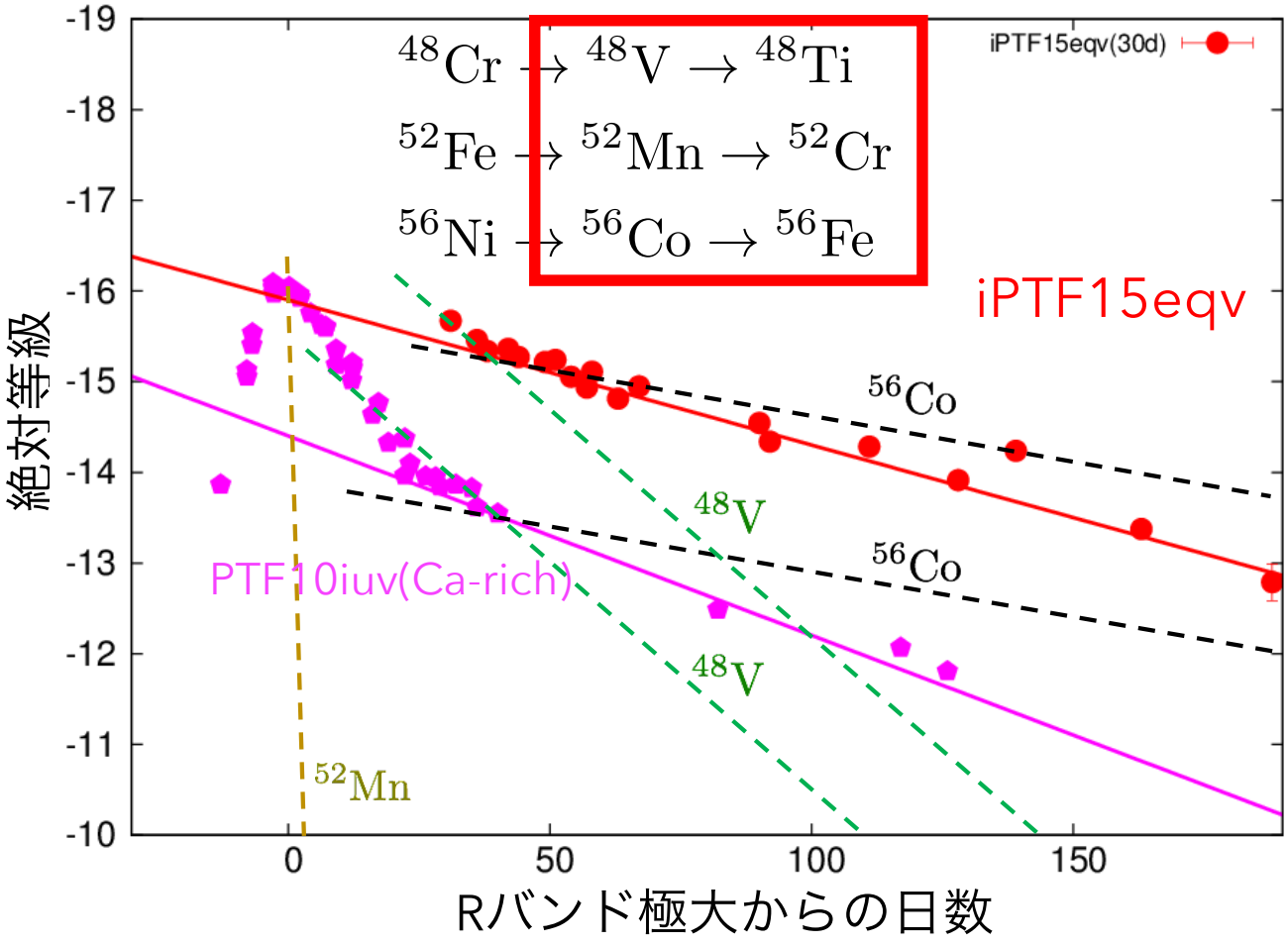
他Ca-richより緩やか
重力崩壊型と似た値

重力崩壊型(Ibc型)超新星と似た特徴を示した

議論1 放射源の推定

光度曲線のテールからどの元素が放射源か推定

各元素の減光率：(理想)全てのガンマ線が可視光までエネルギーを落とす
膨張拡散効果により、傾きを大きくなることも考えられる



^{56}Coで光っており
膨張拡散を受け傾き
が大きくなっている

↓

^{56}Niが支配的

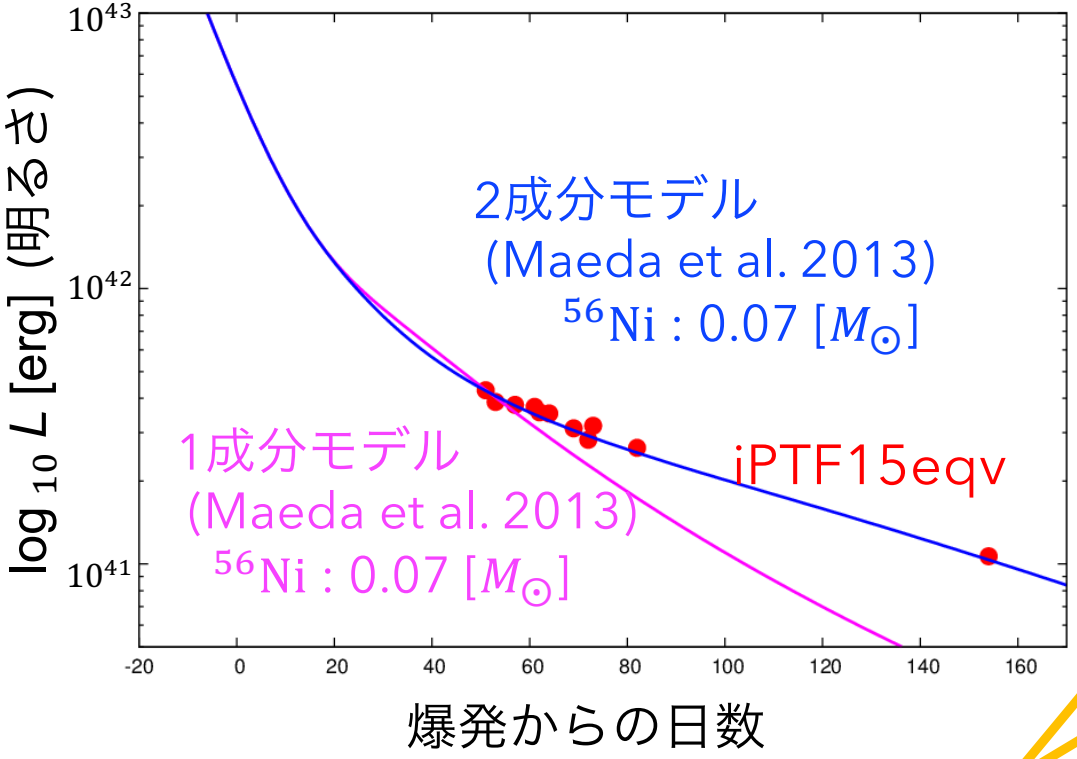
↓

核爆発型で予言
される固有の元素はない

議論2 エジェクタの性質

観測から得られたフラックスより総輻射光度を求め、 ^{56}Ni質量を推定する

モデルとのフィッティングから求めた ^{56}Niの質量は 0.07 $[M_\odot]$



エジェクタが2成分以上

重力崩壊型と
矛盾はない

〈爆発パラメータ〉

$t_r \propto \kappa^{1/2} M_{ej}^{3/4} E_k^{-1/4}$

$v \propto E_k^{1/2} M_{ej}^{-1/2}$ (Arnet et al. 1982)

爆発パラメータ	^{56}Ni $[M_\odot]$	M_{ej} $[M_\odot]$	E_k $[10^{51}$erg$]$
iPTF15eqv	0.07	2.3-4.0	1.1-4.6
Ca-rich (ave)	0.01	1.5-2.9	0.8-3.2
Ib (ave) Li et al. 2011	0.04-0.36	1.2-3.1	0.7-1.9

07gr (Ic)で
スケーリング

まとめ

かなた望遠鏡を用いてiPTF15eqvの

- 長期に亘る可視近赤外測光観測
- 早期の可視分光観測

を行なった。

渦巻き銀河に現れたiPTF15eqvは、スペクトルからCa-richトランジェントの特徴を示した。一方で明るさ、テールでの減光率は重力崩壊型(Ibc型)超新星と類似した特徴を示した。

放射源は ^{56}Niであることがわかり、核爆発型で予言される ^{56}Ni以外の元素では説明できないことが明らかになった。

爆発パラメータは重力崩壊型(Ib型)と矛盾しない値であることがわかった。

iPTF15eqvは重力崩壊型(Ibc型)の観測的特徴を併せ持つCa-richトランジェントであり、爆発メカニズムが重力崩壊型である可能性が示唆する。