

特異なライトカーブを持つII型超新星SN 2017czdの爆発モデル

中岡竜也, 川端弘治, 山中雅之, 川端美穂, 植村誠(広島大), 守屋堯(国立天文台), 田中雅臣(東北大学), 前田啓一, 大内竜馬(京都大), 富永望(甲南大), かなた観測チーム

古典的な超新星爆発は、その光度進化のタイムスケールは知られつつあるが、近年の超新星サーベイの結果では、その数分の一という短いタイムスケールを示すものが見つかっている (Richmond et al. 1996, Drout et al. 2014, Tanaka et al. 2016, Whitesides et al. 2017, Pursiainen et al. 2018, Rest et al. 2018)。それらの天体はこれまで見つかった超新星とは全く違う素性を示し、爆発メカニズムは重力崩壊型か熱核暴走型か、あるいはそれ以外のものなのか不明である。我々は2017年4月12.7日(UT)に発見された超新星SN 2017czd (32.0 Mpc)について、広島大学が所有するかなた望遠鏡を用いてモニター観測を行った。当初、この天体は爆発3日後から可視光でプラトーとなったことから典型的なSN IIPであると思われていたが、爆発18日後に急減光を開始し、上記の例に挙げたような、特異なライトカーブを示す天体となった (2018年春季年会: K07a)。その後の解析の結果、爆発約50日後の光度は極大時の50倍以上暗く、放出された ^{56}Ni は最大でも $0.005M_{\odot}$ と非常に少ないことが分かった。このことから、極大時の光度は ^{56}Ni では説明できず、IIP型超新星のようにショックで光るか、星周物質との相互作用が考えられる。またライトカーブは、IIb型超新星SN 1993Jと同じ親星モデル (初期質量 $16M_{\odot}$ の星を $15M_{\odot}$ の伴星が周回)の星が、弱い爆発 (約 5×10^{50} erg) を起こすとよく説明できることが分かった。

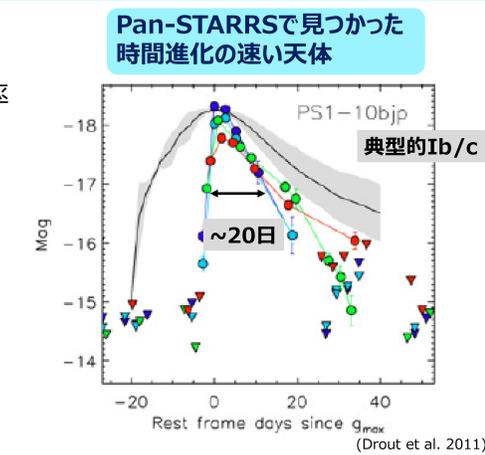
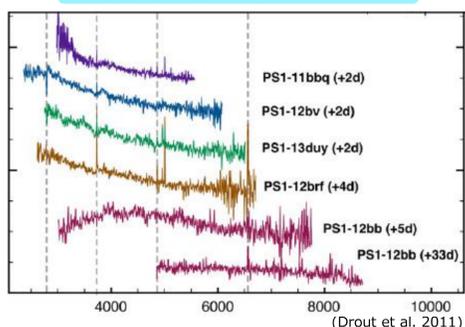
1. Introduction

時間進化の速い天体

典型的Ib/cと比較して2倍以上の増減光率

熱源
爆発メカニズム → **不明**

時間進化の速い天体のスペクトル

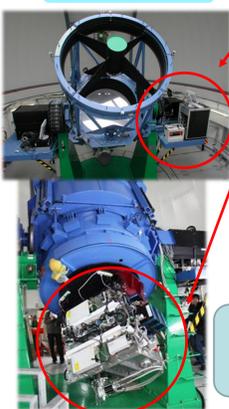


ほぼすべての天体でスペクトルの精度が足りない → **元素組成が不明**

時間進化の速い天体の理解に
精度の高いスペクトルは必須

2. Observation and Object: SN2017czd

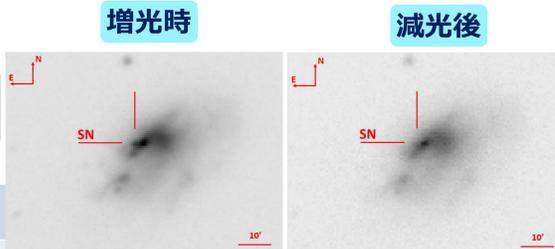
かなた望遠鏡



HOWPol (Hiroshima One-shot Wide-field Polarimeter)
・可視 撮像、偏光、分光
・GRB自動観測

HONIR (Hiroshima Optical and Near-InfraRed camera)
様々な撮像モード + 可視・近赤外同時取得
・撮像 ・分光
・偏光 ・偏光分光

時間進化の速い
天体の中で最も近い



photometry 30 night
spectroscopy 9 night

Host galaxy	UGC 9567
Distance	32.0 Mpc
Discovery	2017 Apr. 12.7 (UT)
Explosion	2017 Apr. 11.5 ± 1.2 (UT)

3. Light Curve

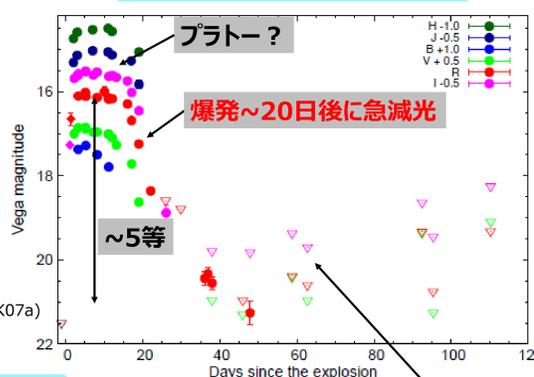
SN 2017czdの増減光率

filter	増光率 (mag day ⁻¹)	減光率 (mag day ⁻¹)
I	1.6	0.2
R	0.3	0.3
V	---	0.5

時間進化の速い天体に匹敵

(18年春季天文学会: K07a)

SN 2017czdのライトカーブ

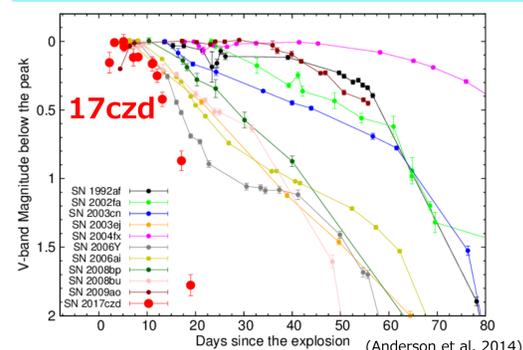


~15日まではSNe 2006Y,
2008buと同様の進化

その後SN2017czdのみ急減光

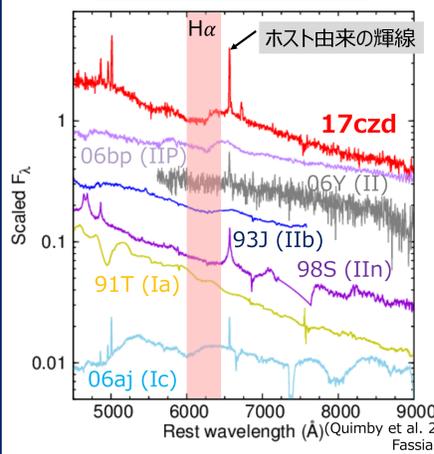
最もプラトーの短いII型超新星

プラトーの短いII型超新星と比較(V-band)



4. Spectral Evolution

様々な型の超新星と比較



SN 2017czdにはH α 吸収線あり

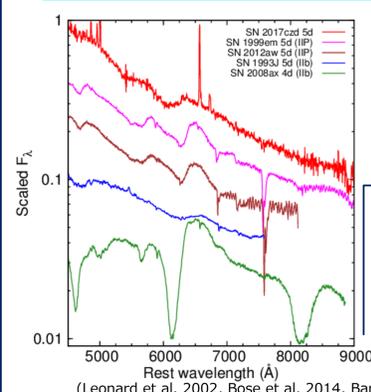
→ **II型超新星**

H α 輝線の形状

SN 2017czd → 鋭い輝線
SN 1998S (IIn) → 裾の広がった輝線

→ **星周物質との相互作用は低そう**

爆発~5日後のスペクトル比較



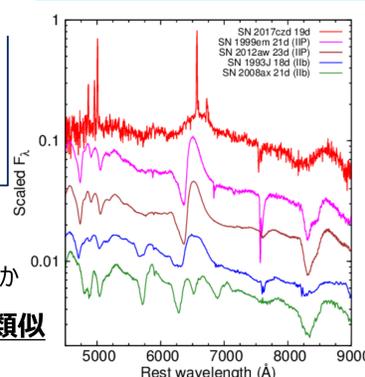
5500Å, 6000Å付近に
ゆるやかな吸収線

→ **IIP型超新星に類似**

H α のP Cygプロファイルが
輝線・吸収線共にみられる

→ **IIb型超新星(93J)に類似**

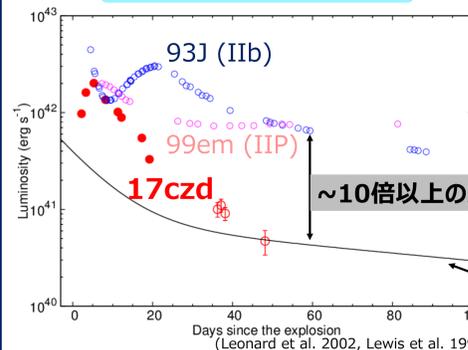
爆発~20日後のスペクトル比較



時間進化の速い天体で初の精度の高いスペクトルを取得

5. Power Source

Bolometricライトカーブ



$0.005M_{\odot}$ の熱量ではSN 2017czdの
初期ライトカーブを説明できない

→ **・IIP型のようにショックで光る
・星周物質との相互作用で光る**

弱い爆発を起こしたII型超新星

^{56}Ni ($0.005M_{\odot}$)が全て吸収されたと
仮定した際の光度曲線 (Nadyozhin 1994)

6. Progenitor Model

SN 2017czdのライトカーブと モデルカーブ

IIb型超新星の親星モデルを用いてモデルカーブ作成
(Ouchi & Maeda 2017)

→ **SN 2017czdのライトカーブを説明可能**

SN 2017czdのパラメータ

initial progenitor mass	$16M_{\odot}$ & $15M_{\odot}$ (binary)
final progenitor mass	$5.4M_{\odot}$
progenitor radius	$767R_{\odot}$
explosion energy	5×10^{50} erg
^{56}Ni mass	$0.003M_{\odot}$

SN 2017czdはIIb型超新星の親星が弱い爆発を起こした

Summary

- ・ II型超新星の中で最も短いプラトーを持つ超新星
- ・ 時間進化の速い天体で、初めて精度の高いスペクトルを取得
- ・ IIb型超新星の親星モデルでライトカーブを説明可能