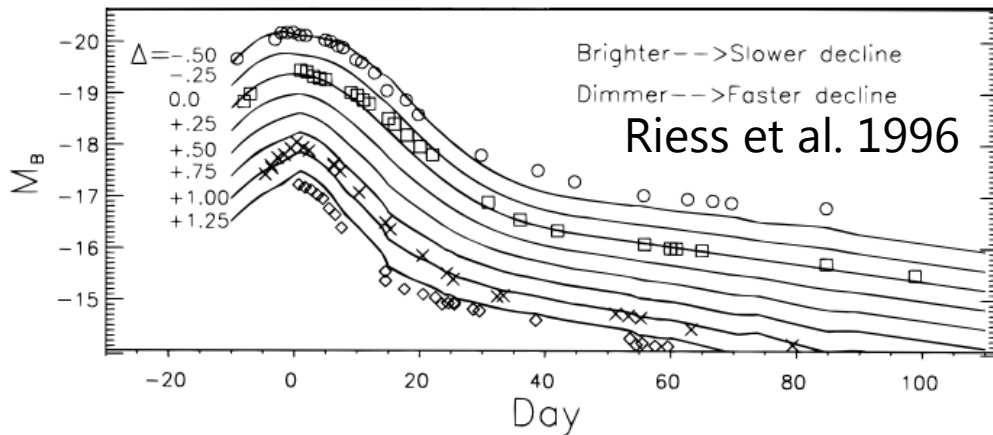
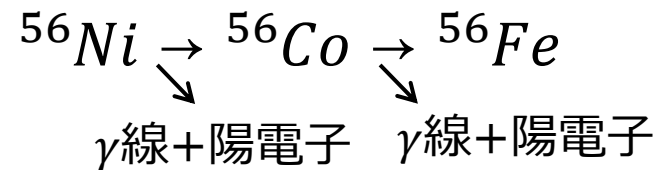


近傍銀河に出現するIa型超新星の フォローアップ観測について

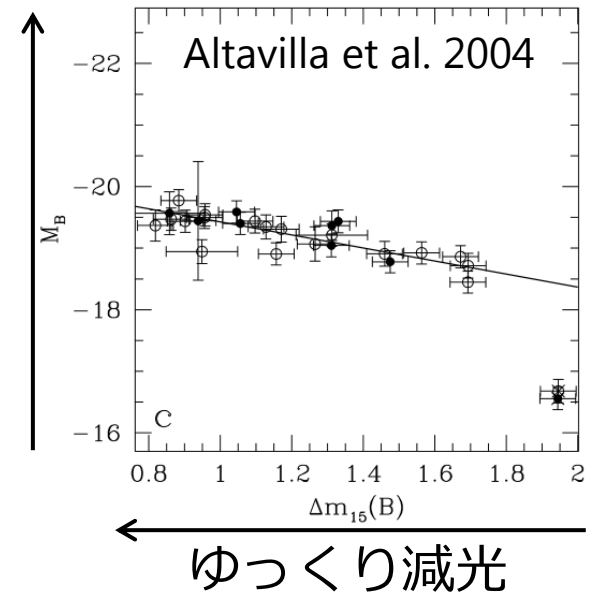
広島大学 川端美穂

Ia型超新星

- 連星系を成す白色矮星
→チャンドラセカル限界質量
($\sim 1.4M_{\odot}$)に達し、核暴走



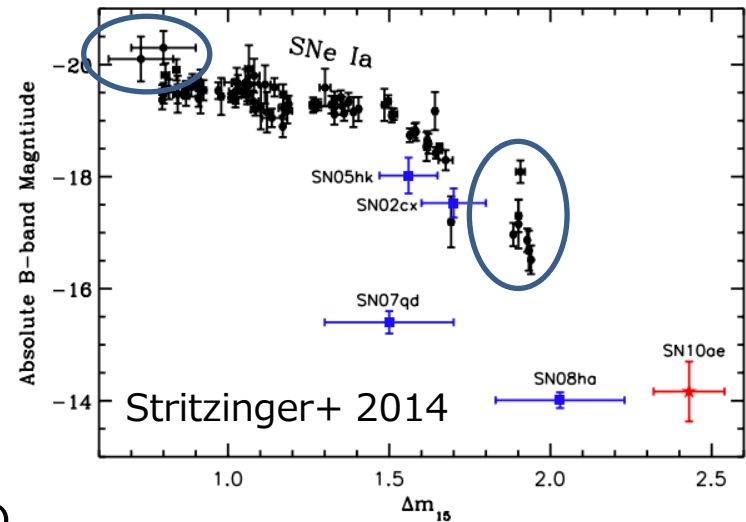
より明るい



- 明るさと減光速度に強い相関関係
→宇宙の標準光源、宇宙の加速膨張の発見

Ia型超新星の未解決問題

- 親星
- 爆発モデル
- 多様性
- 可視-近赤外線域における長期観測は数少ない
- 多バンド、時間的に密な観測によって今までサンプルが少ないために議論ができなかった未解決問題に迫りたい
- Ia型の中でも特異なものや、爆発直後の親星の情報を持っている段階を調べる



フォローアップ観測

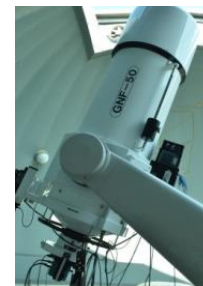
- 広島大学かなた望遠鏡
HOWPol : BVRI測光、分光
HONIR : BVRIJHKs測光
- 大阪教育大学51cm反射望遠鏡
Andor : BVRI測光

初期
進化が早い
密な観測点
→ 機動力が高い望遠鏡

- OISTER ToO
“近傍銀河に出現する特異なIa型超新星の
可視近赤外線観測”

- すばる望遠鏡
FOCAS : 測光、分光

後期
進化が遅い
極大から1年経つと7等程度の減光
→ 大口径望遠鏡

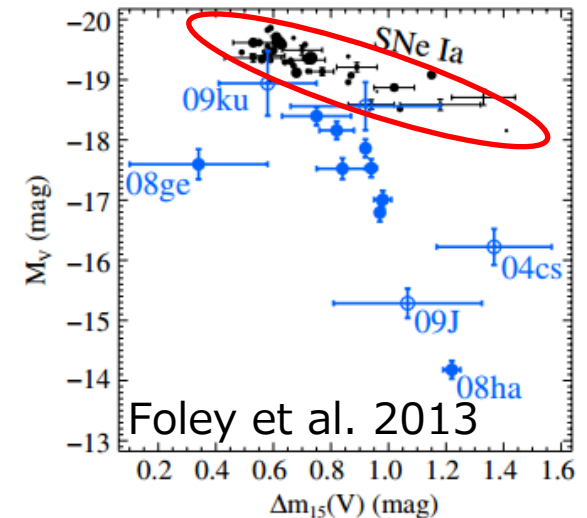
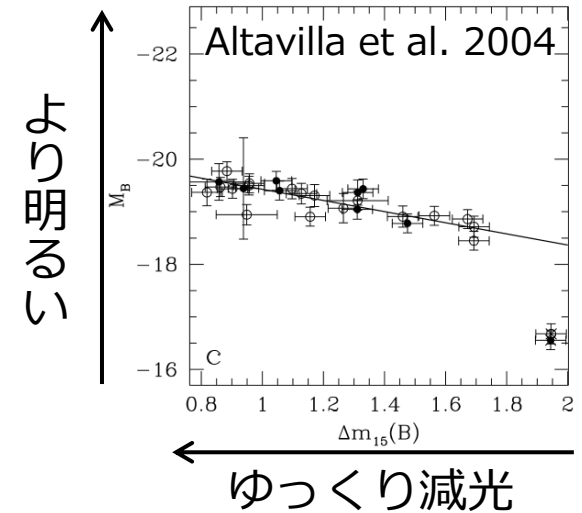


特異なIa型超新星

- 明るさ-減光速度の相関関係に乗らない
Ia型超新星が見つかった
→ Iax型超新星

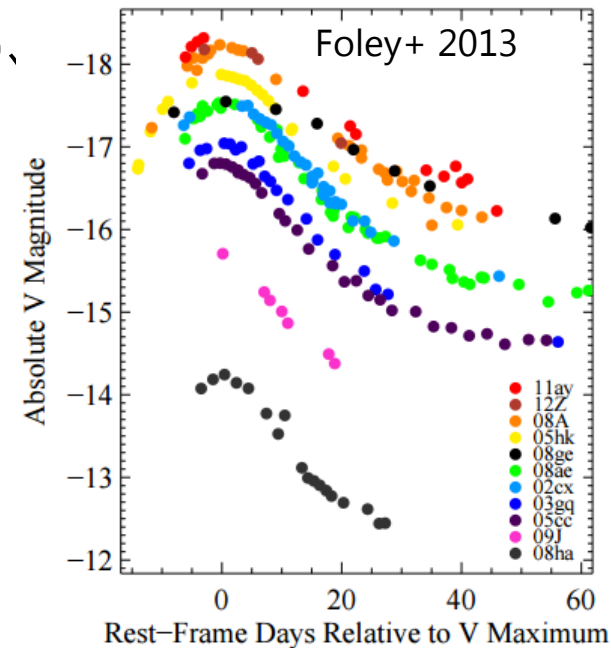
その他の特徴として…

- 放出物質の速度が遅い
- 初期スペクトルはIa型超新星と類似



特異なIa型超新星

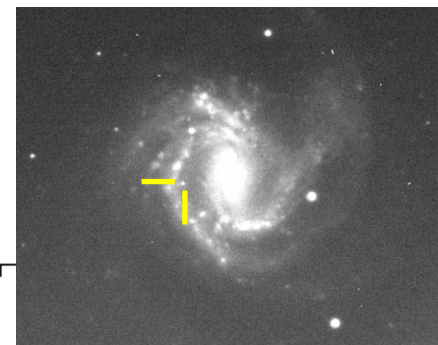
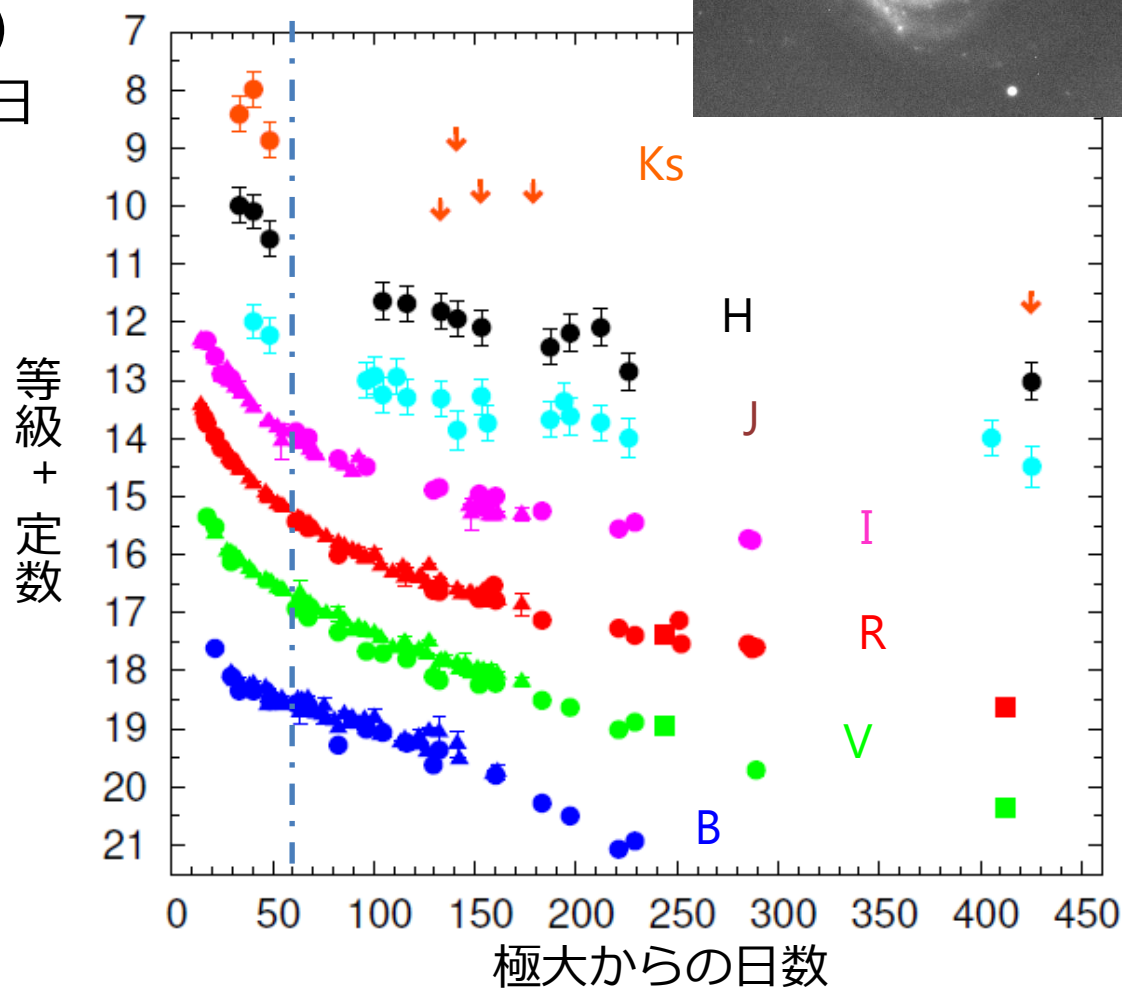
- 爆発メカニズムは？不完全なIa型超新星か？
- いくつかの爆発モデルが提唱され、
理論的研究が行われている
- Iax型超新星の中で ^{56}Ni 質量($\sim 0.003\text{--}0.3 M_{\odot}$)、
爆発エネルギー($\sim 10^{49}\text{--}10^{51}\text{erg}$)と
ばらつきがある
- 観測例が依然稀少、理解は滞ったまま



特異なIa型超新星

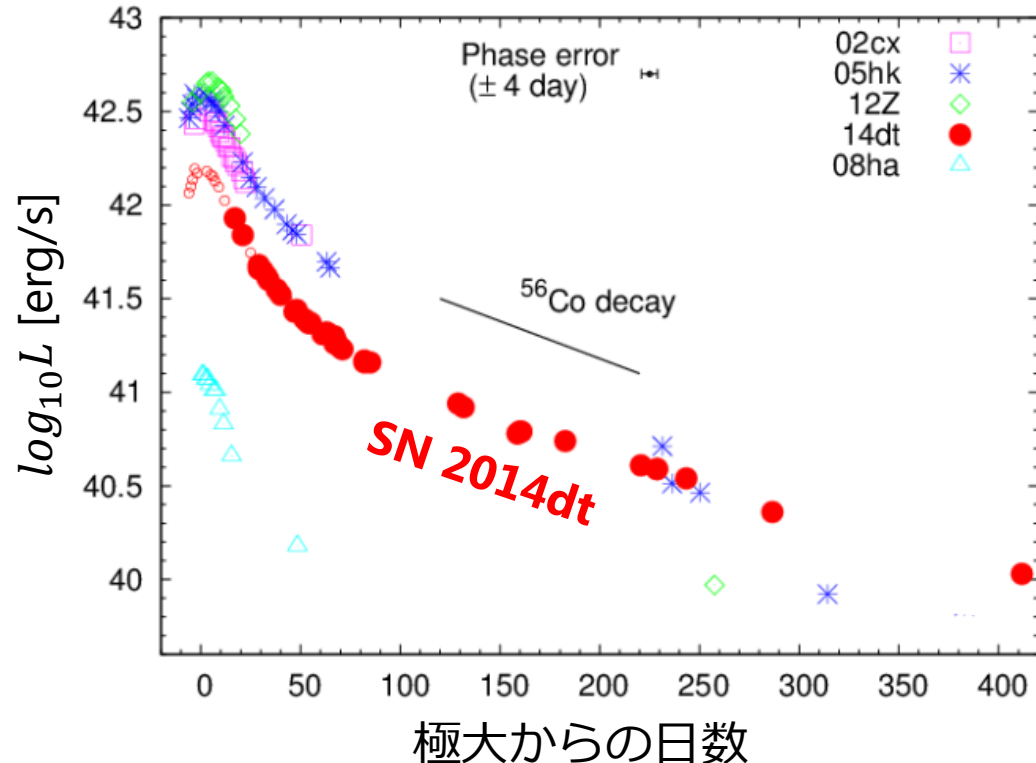
- SN 2014dt
- 母銀河: M61 (12.3Mpc)
- 発見日: 2014年10月31日
→ 11月3日より観測開始

- 発見が遅れたため、
極大は逃したものの、
極大後～430日に亘る
多バンド観測は初めて
- 60日を過ぎたころから、
光度曲線が緩やかに



特異なIa型超新星

- 可視域での放射を、全放射の60%と仮定
→ 長期の多バンド観測によって
総輻射光度を得ることができた
- 後期になると近赤外域での放射の寄与が大きくなる
→ より正確に求めるために
後期まで近赤外観測が
重要になってくる
- やや暗め、
光度変化が緩やか



特異なIa型超新星

- 総輻射光度曲線とモデル曲線
(Maeda et al. 2010)と合わせる

$$L = M(^{56}\text{Ni}) e^{(-t_d/113\text{d})} [\epsilon_\gamma (1 - e^{-\tau}) + \epsilon_{e+}]$$

$$\tau = 1000 \times \frac{(M_{ej}/M_\odot)^2}{E_{51}} t_d^{-2}$$

ϵ_γ : γ 線のエネルギー流入

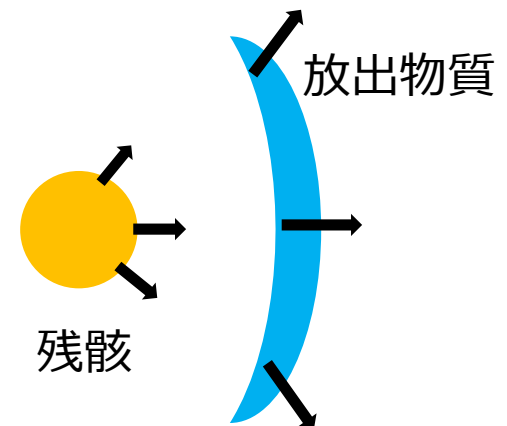
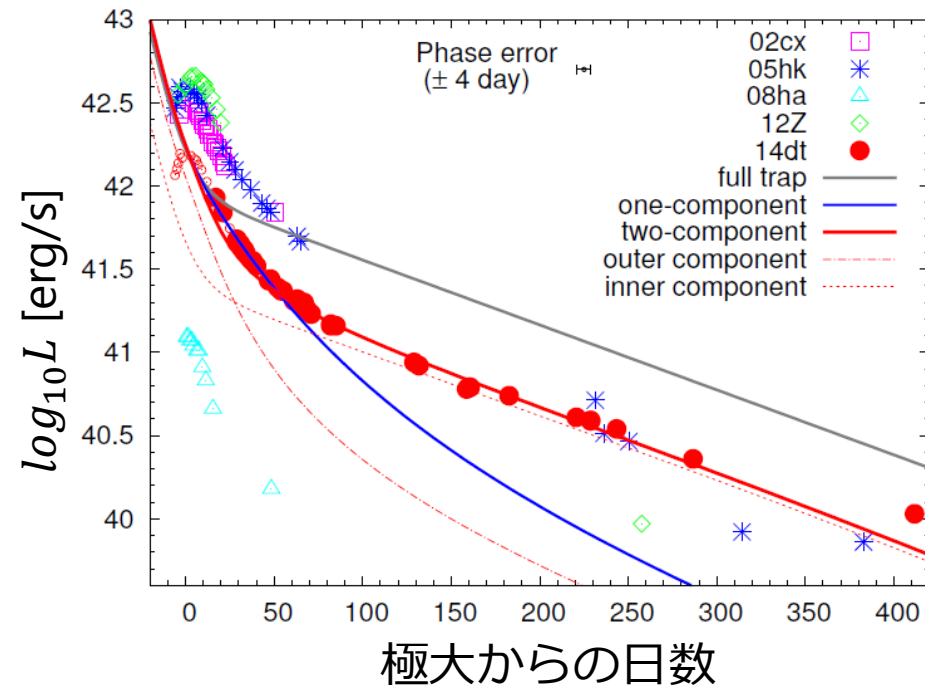
ϵ_{e+} : 陽電子のエネルギー流入

t_d : 爆発からの日数

M_{ej} : 放出物質の質量

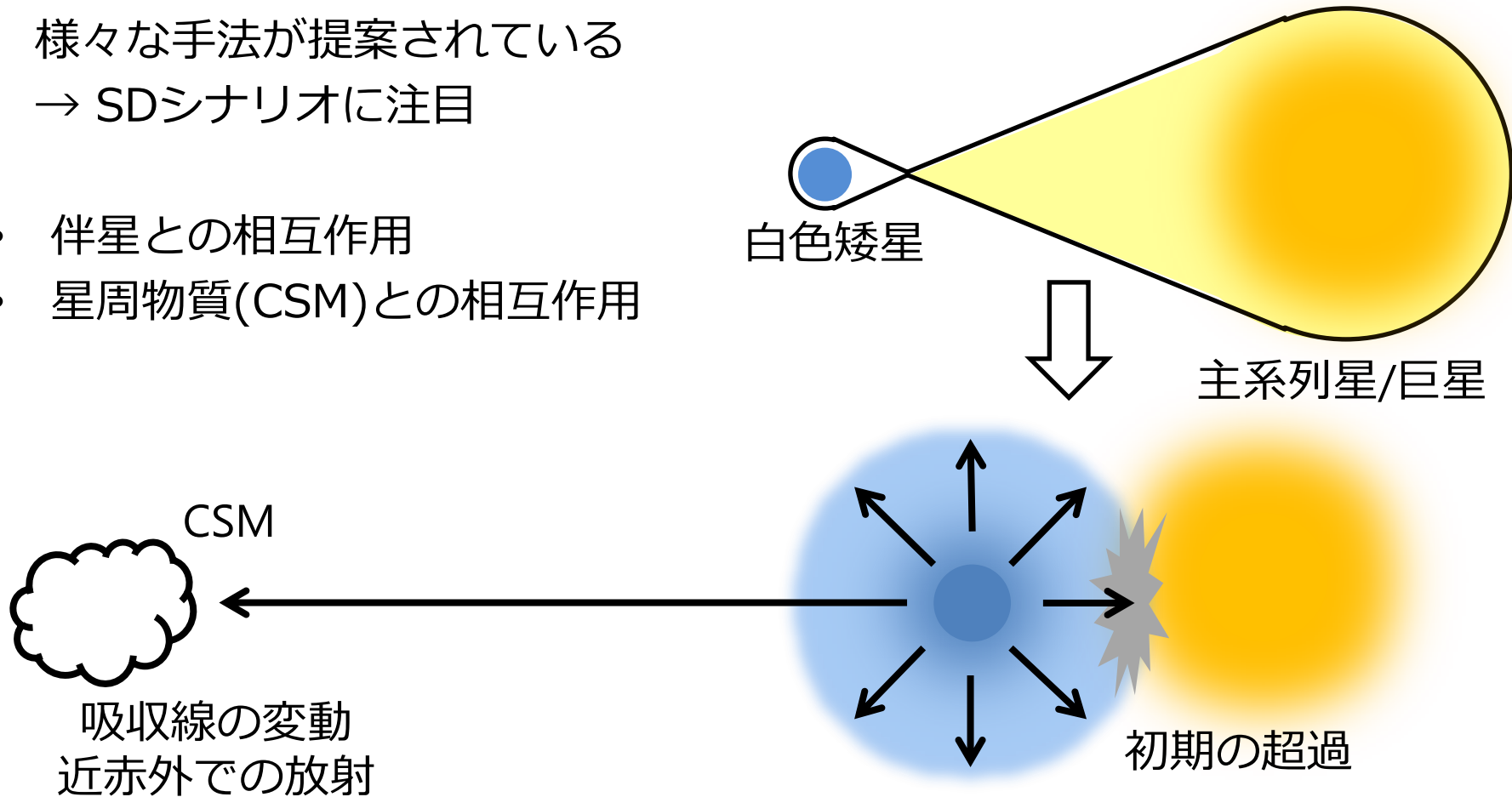
E_{51} : 爆発エネルギー E_k
(10^{51}erg で規格化)

- 2成分モデル(光度 L を2つの項の和)で
後期までよく合う
→ 密度が高く、膨張していない成分
“残骸が残る弱い爆燃波モデル”で
説明できる



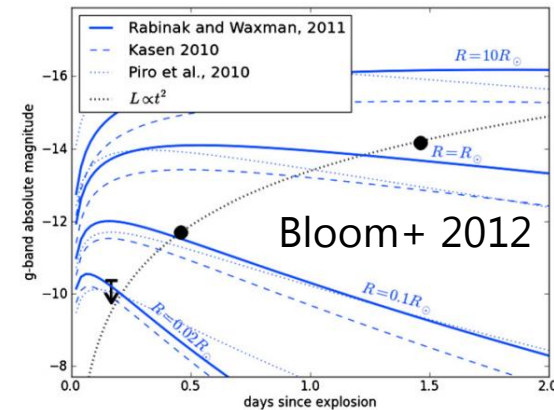
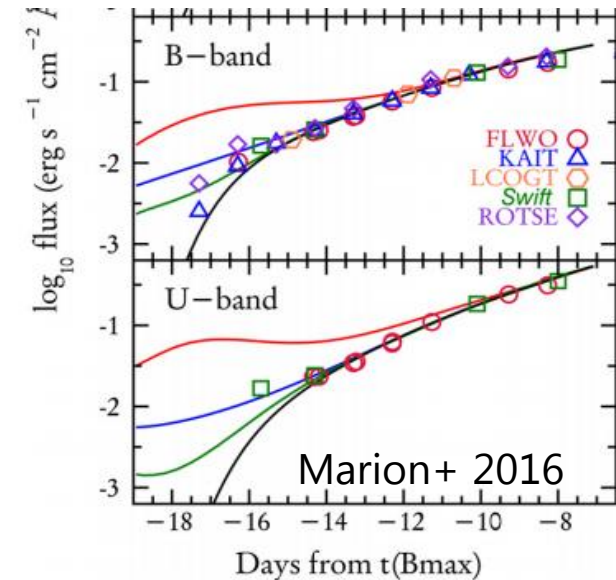
Ia型超新星：親星は？

- 親星の制限のために
様々な手法が提案されている
→ SDシナリオに注目
- 伴星との相互作用
- 星周物質(CSM)との相互作用



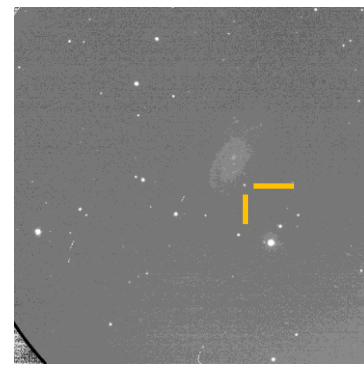
Ia型超新星：これまで

- 初期の超過
→ 爆発後、数日程度
同時期の多バンド観測から
colorを調べることで、
モデルに制限を与えることが可能
- 伴星については、爆発直後の観測から
制限された例が増えつつある
- 初期のcolorや光度変化で多様性
(Jiang et al. 2018, Stritzinger et al. 2018)
- 発見直後からのToO観測でも
重要な制限を与えられる

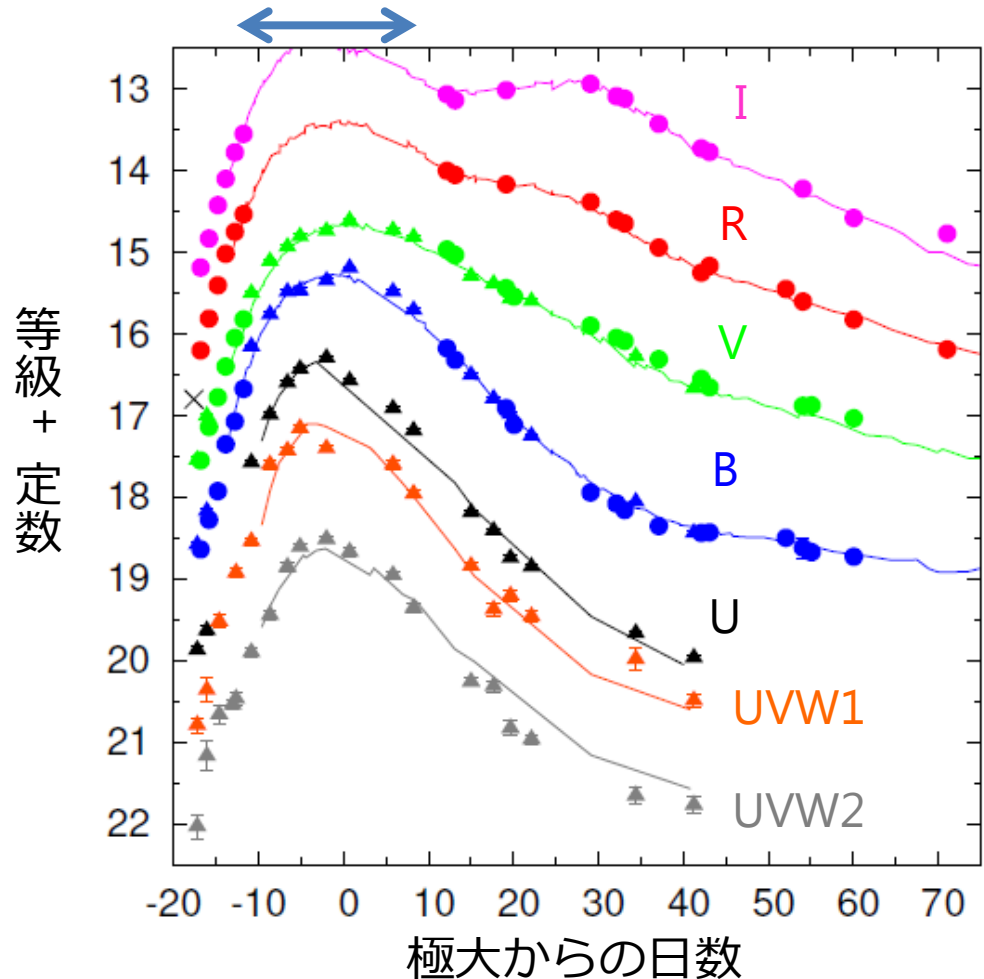


Ia型超新星

- SN 2017erp
- 母銀河: NGC 5861 (26Mpc)
- 発見日: 2017年6月13.6日
→ 6月14日より観測開始
- 非常に初期のIa型と報告あり
(ATel10490)
→ 伴星との相互作用が
見られる?
迅速に密な観測が必要
- 典型的なIa型超新星

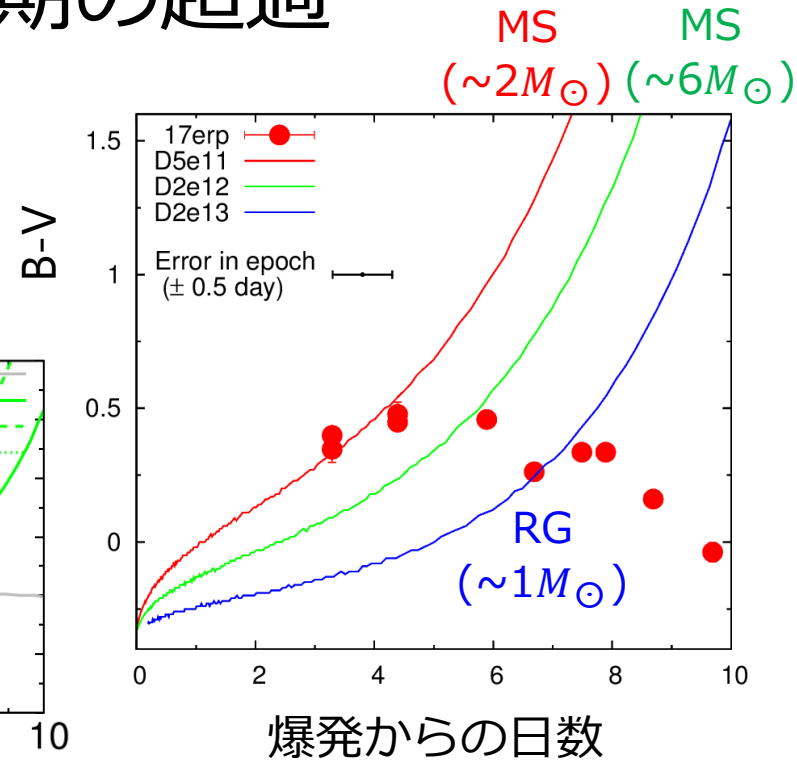
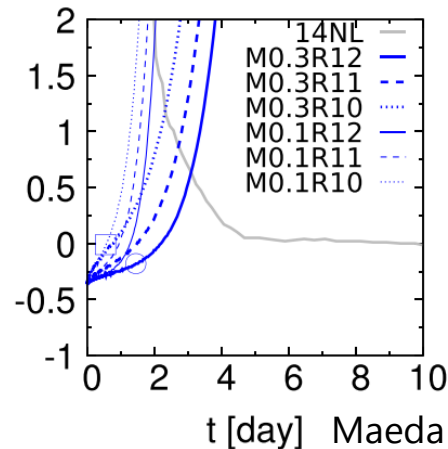
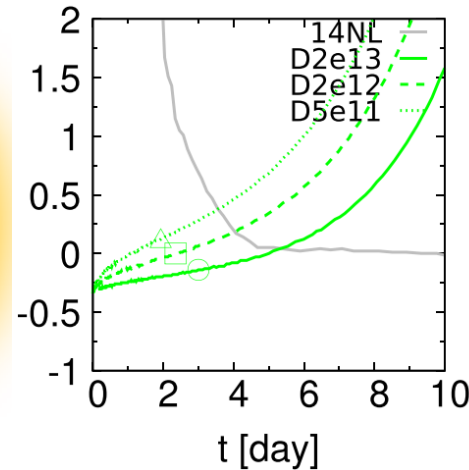
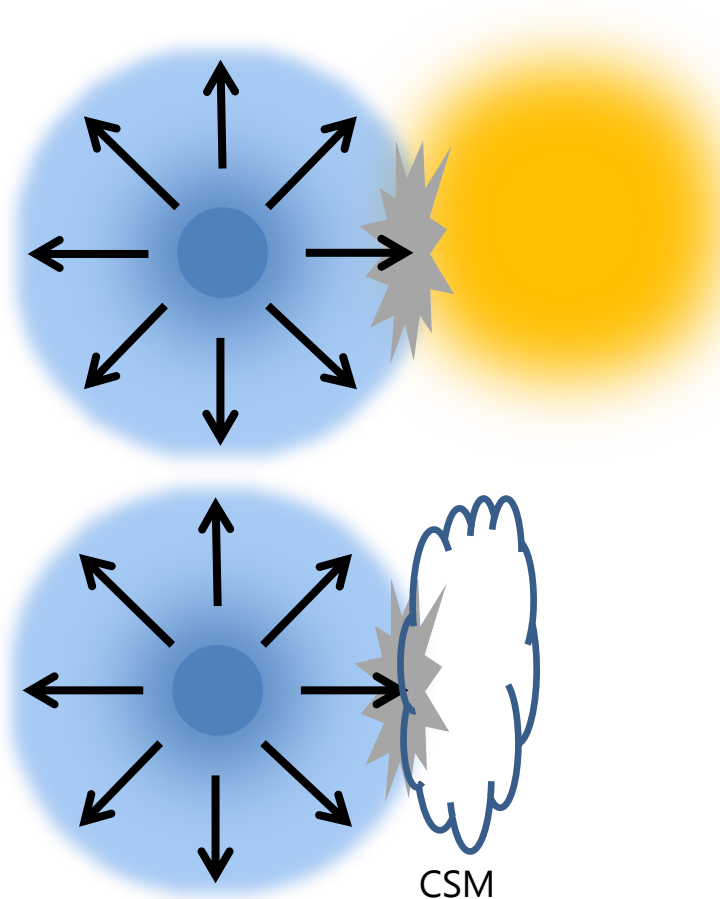


天候が悪く、
観測できていない...



Ia型超新星：初期の超過

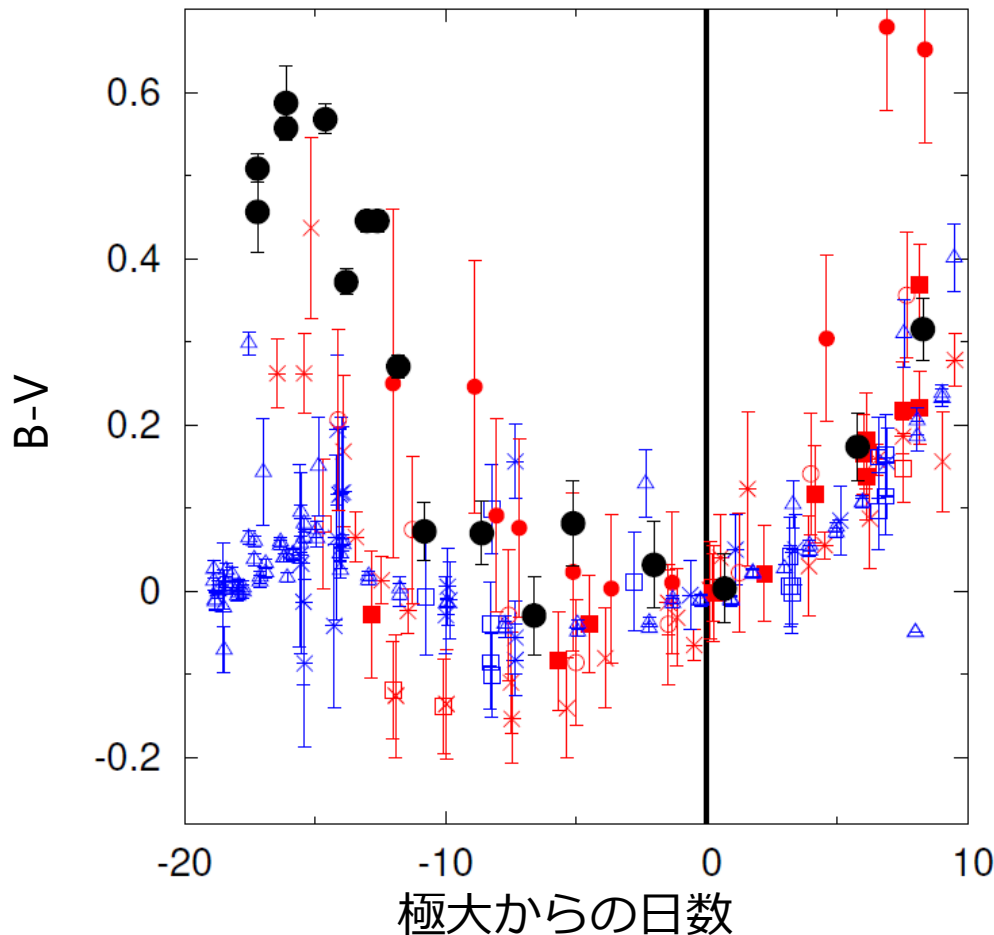
- 超新星と伴星の相互作用
- 超新星とCSMの相互作用
- ^{56}Ni (より外側に分布)



伴星もしくはCSMでの
相互作用で説明できそう

Ia型超新星：初期の超過

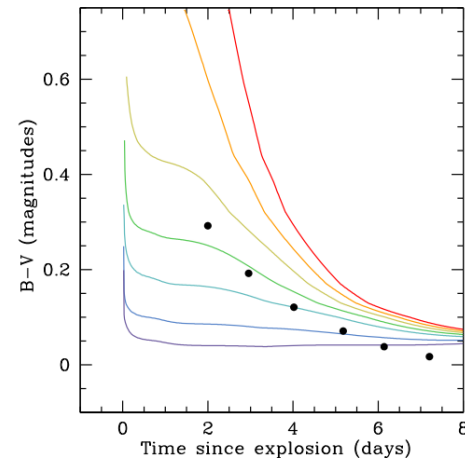
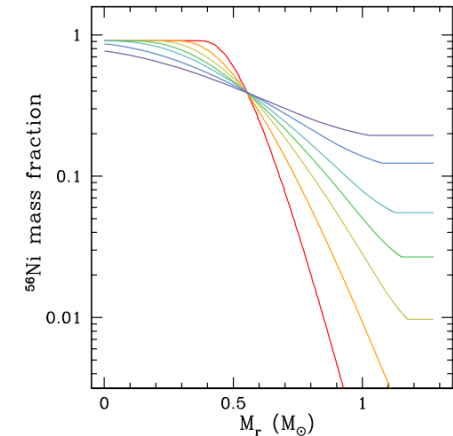
- 超新星と伴星の相互作用
- 超新星とCSMの相互作用
- ^{56}Ni (より外側に分布)



SN2009ig $\times$
SN2011fe $*$
SN2012cg $*$
SN2012fr $\square$
SN2012ht $\blacksquare$
SN2013dy $\square$
SN2013gy $\circ$
iPTF13ebh $\bullet$
SN2017cbv $\triangle$
SN2017erp $\bullet$

SN 2011fe;
Piro & Morozova 2016

全体的に赤く、
 ^{56}Ni 分布では厳しい？



まとめ

- 特異なIa型超新星：SN 2014dt
 - 長期に亘る可視-近赤外線観測
 - 後期に緩やかな光度変化
 - 密度が高く、膨張していない成分
 - “残骸が残る弱い爆燃波モデルで予言されるような特徴を捉えることができた
- 初期から観測できたIa型超新星：SN 2017erp
 - 非常に初期(爆発から数日)からの紫外-可視観測
 - 典型的なIa型超新星
 - 初期の色変化は ^{56}Ni によるものと異なる
 - 超新星と伴星もしくはCSMの相互作用か

今後

- 近傍銀河で発見された超新星について
→ 迅速な多バンド測光、分光観測
- データ欠損をできるだけ少なく
→ 特に極大付近では爆発パラメータの決定に重要
- より広帯域で
→ 紫外 – 近赤外域
- 長期に亘る継続的な観測
→ 極大付近：毎夜、～中期：数日に一回 の観測
- 多モードでの観測
→ 極大頃での高分散分光観測など

Tomo-e Gozenでの高頻度サーベイや京大3.8m望遠鏡によって
できることは増える
→ OISTERでぜひ観測を！