

せいめい望遠鏡における 超新星爆発の フォローアップ観測

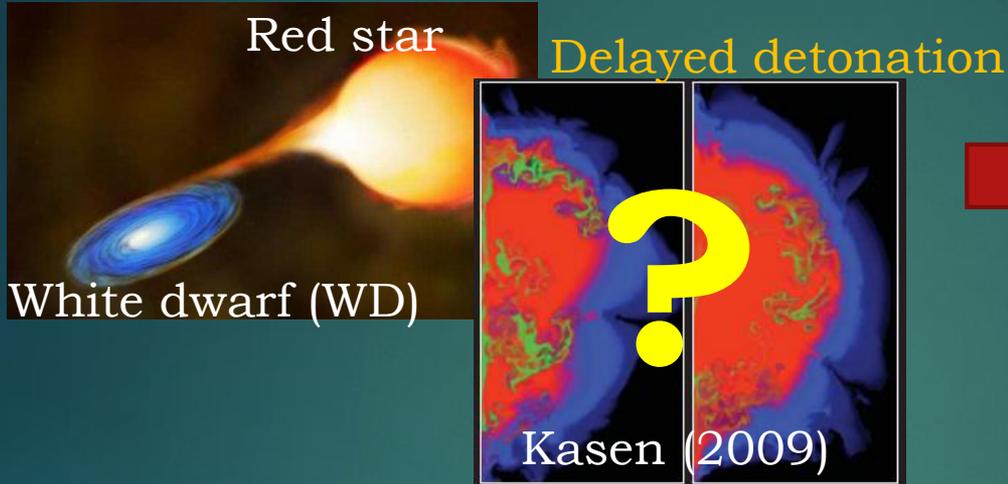
山中雅之、川端美穂、前田啓一（京都大学）、
中岡竜也、川端弘治（広島大学）、

A. Singh, B. Kumar, D. K. Sahu, G.C. Anupama
(Indian Institute of Astrophysics)

せいめい観測チーム、かなた観測チーム、Tomo-e Gozen チーム
光赤外線大学間連携、

Classification and progenitors

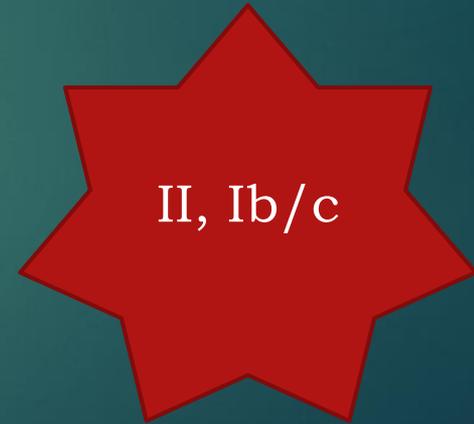
Single degenerate?



-> SN 2019ein
(Kawabata+)

Thermonuclear explosion from WD with $1.4M_{\odot}$

-> **Explosion model??**



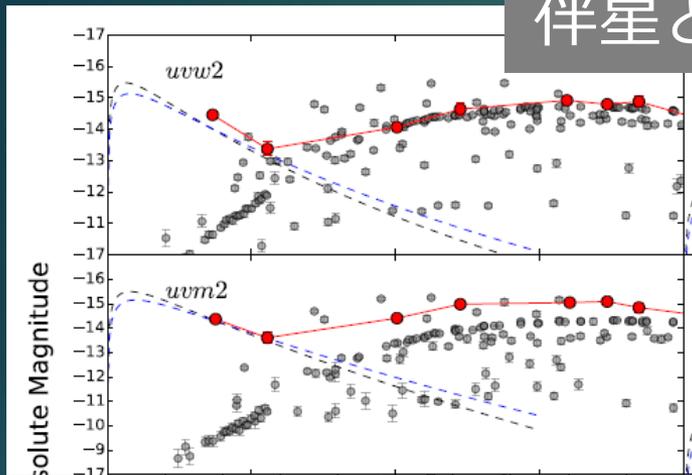
-> SN 2018hna
(Singh+)

Core collapse from massive star with $>8-10M_{\odot}$

-> **Fate of a more massive progenitor?**

最近の広視野・高頻度サーベイの発達に伴う早期観測からの星周物質の兆候の発見

伴星との相互作用

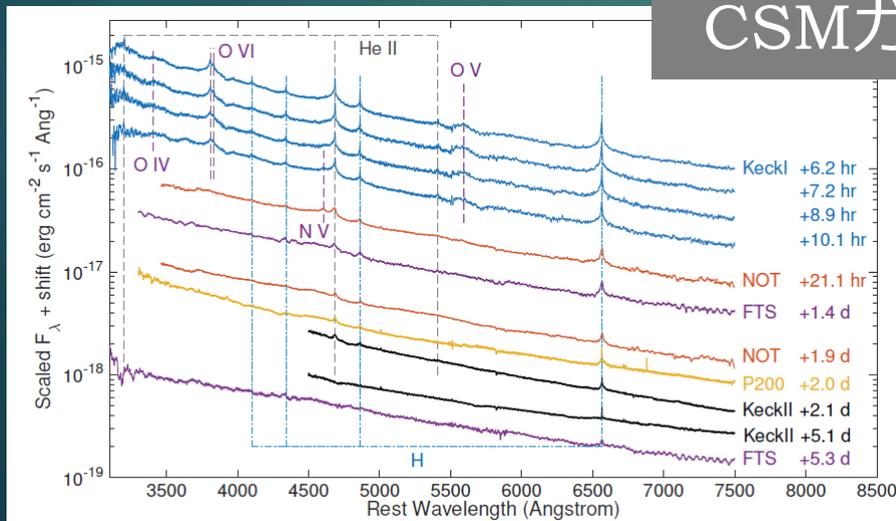


Cao et al. 2015, Nature

Shock
Breakout?
-> radius?



CSMガスの励起



早期放射を捉えること
-> CSM/伴星/親星半径に制限
-> 親星システムに制限

Yaron et al. 2017, Nature

近傍超新星に焦点

爆発後1週間程度で観測可能な超新星 (70Mpc以内)

スタンダードターゲット 100天体/yr

-> 特異な現象であれば価値がある

爆発直後から観測可能と期待

ゴールデンターゲット 10天体/yr

-> 多くのサブクラスで未解決問題にアプローチできる

Type Ia : -19 mag -> $m-M=32$ 、50Mpc程度まで

Type II, Ib/c -15 - -18 mag -> $m-M=28-31$ 、20Mpc程度まで

20-50Mp程度の近傍銀河に17-18mag の超新星が発見

+ (さらに深い限界等級が数日前に決まっている)

→ **せいめい**で分光、**かなた**で測光を開始

→ 重要天体とみなされれば、目的に応じて**OISTER**にTOO

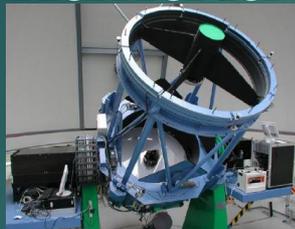
→ さらに後期が重要であれば、**せいめい**で暗い時期に分光

→ さらに後期が重要であれば、**すばる**で暗い時期に分光

Observation strategy

c.f.)
中岡講演

Kanata



+

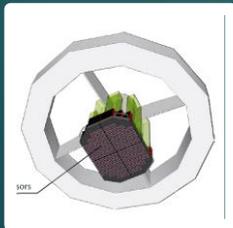
OISTER



c.f.)
山中講演、明日

c.f.)
田中(諸隈)講演

Tomo-e



?

Light curve



This talk

Seimei

This talk

Seimei

Proposals related to SNe (2019A)

▶ 共同利用 :

- Classical Maeda+ 5.0 nights,
- ToO Morokuma+ 4.0 nights + Maeda+ 1.0 night

▶ 京大時間

- Classical Maeda+ 2.0 nights,
- ToO Maeda+ 4.0 nights

▶ 関係するproposals

- Classical: Nagao+ 1 night (京大)
- Classical: Jiang+ 0.5x 5 nights (共同)

Spectroscopy with Seimei

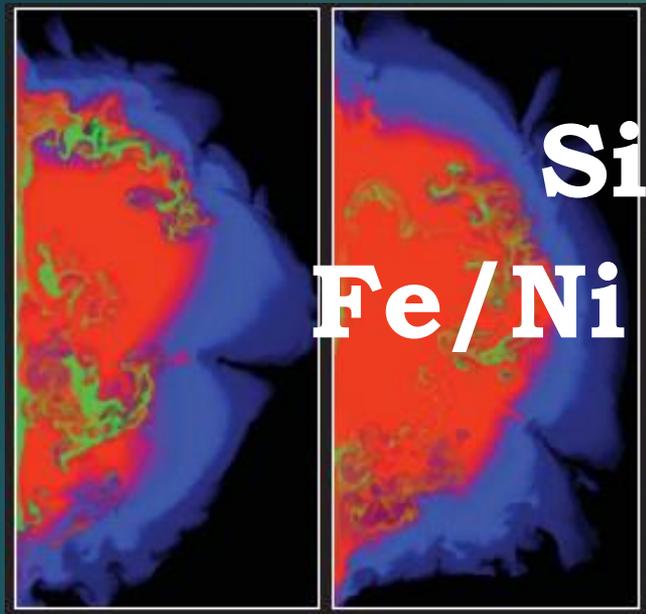
- ▶ 3.8m : 国内最大口径
- ▶ VPH-blue (+VPH-red) : 4000-7500 Å をカバー
- ▶ 共同利用 + 京都時間で5日おきのクラシカルとTOOを確保
- ▶ 爆発直後数日分光 + 数日おきの追観測を実現
- ▶ 一方、かなた望遠鏡では新しく発見される超新星の即時フォローを随時行う(c.f., 中岡講演)

まとめつつある観測・研究結果

- ▶ 速度進化から迫るIa型の爆発モデル
(SN 2019ein); Kawabata, M. et al. submitted
- ▶ 青色超巨星からの超新星 (87Aのふたご星?)
(SN 2018hna); Singh, A. et al. submitted
- ▶ 極めて特異な突発現象に強い早期放射の検出
(SN 2019ehk); Nakaoka, T. et al. in prep
(論文執筆中)->明日、中岡講演
- ▶ Ia型の増光曲線の波長依存性
(SN 2019np); Kawabata, M. et al. in prep
(論文執筆中)

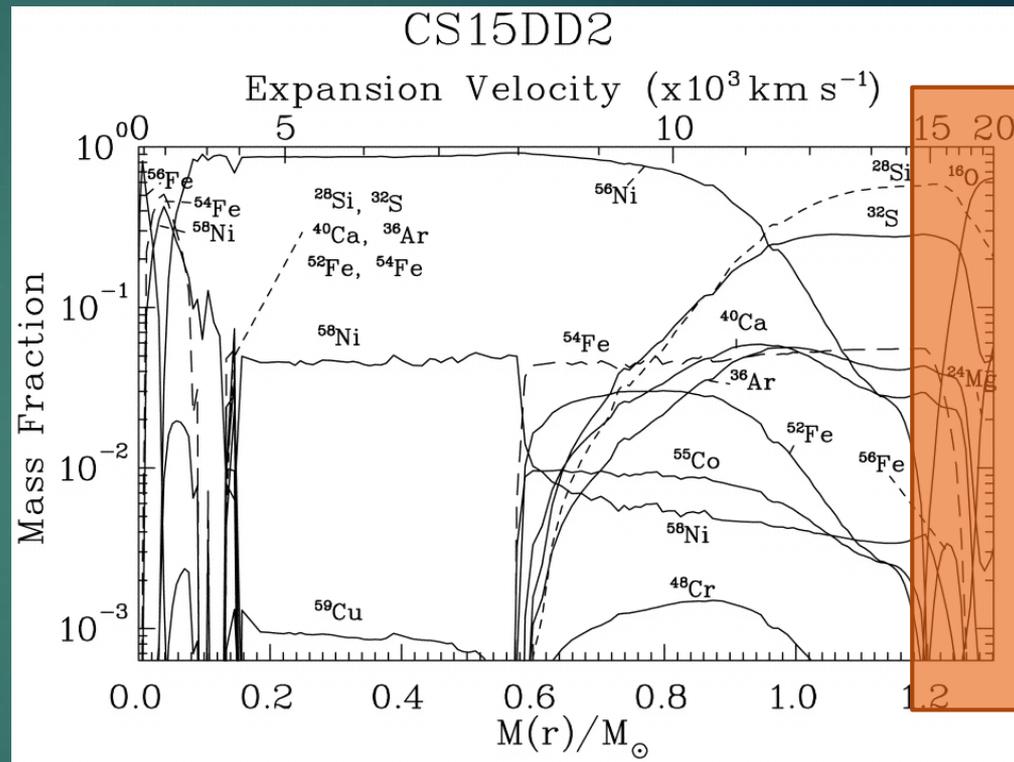
Case 1 : Ia型の爆発モデル

流体計算に基づく合成された
元素の分布



Kasen 2009, Nature

より詳細な元素合成計算



Iwamoto et al. (1999)

より外側

爆発モデルへの制限 :

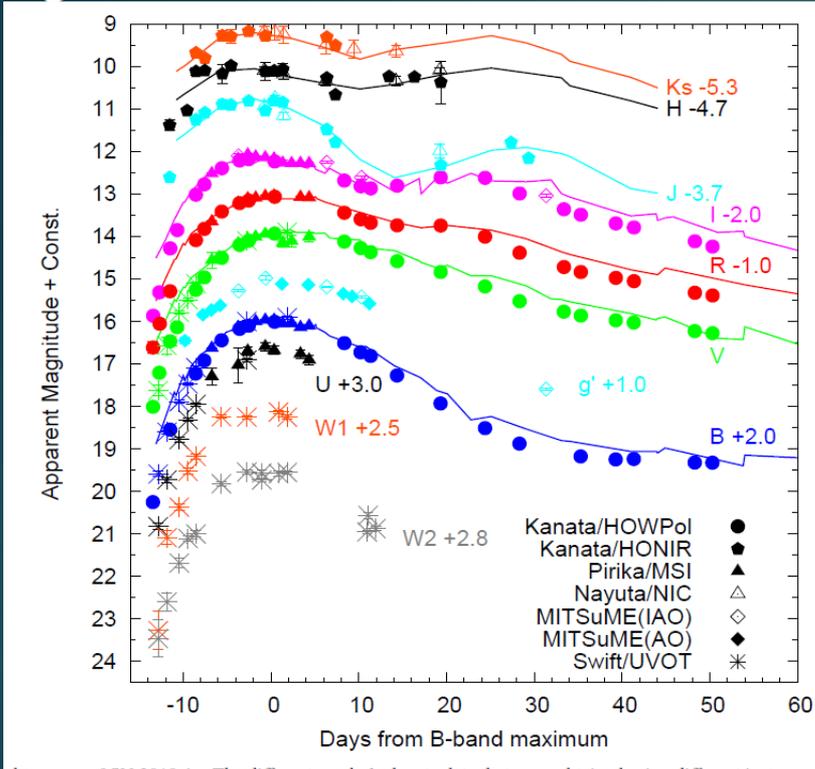
高速領域 (=より外側) でどのような元素合成がなされるかが鍵

->より早期の分光により、エジェクタ組成の速度を測定することが肝要

Case 1 : Ia型の爆発モデル

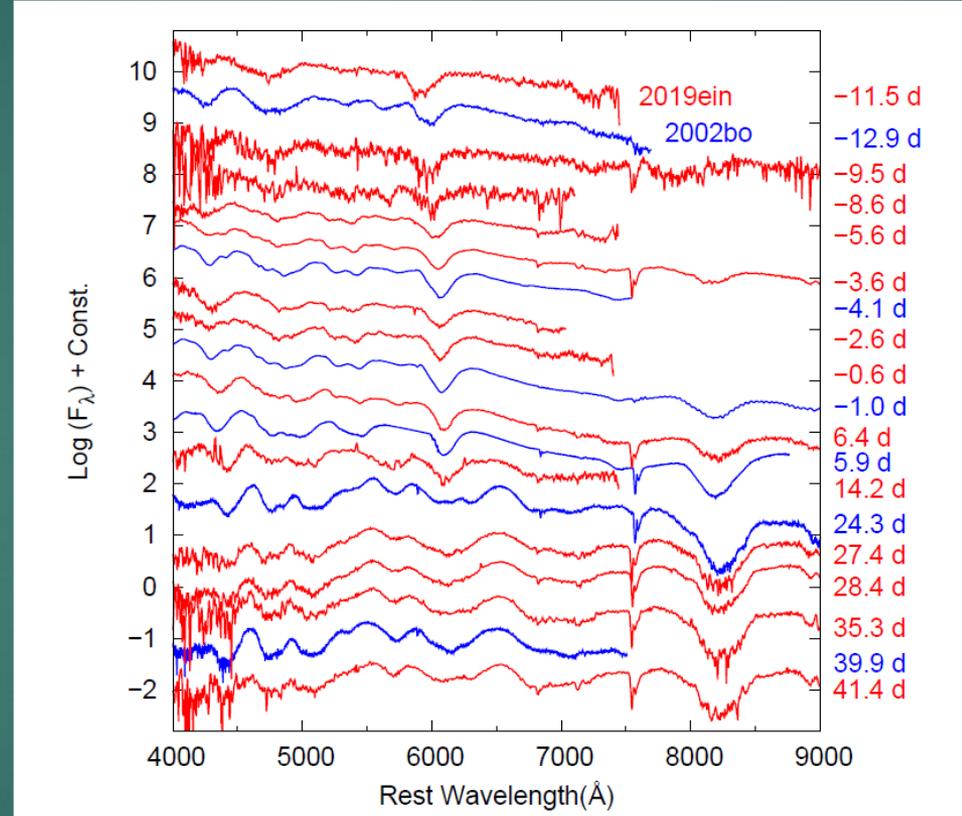
せいめい+かなた+OISTERでのフォローアップ

Light curves



Kawabata et al. 2019, submitted

Spectral evolution



HV SN Iaで初めての超早期観測を実現

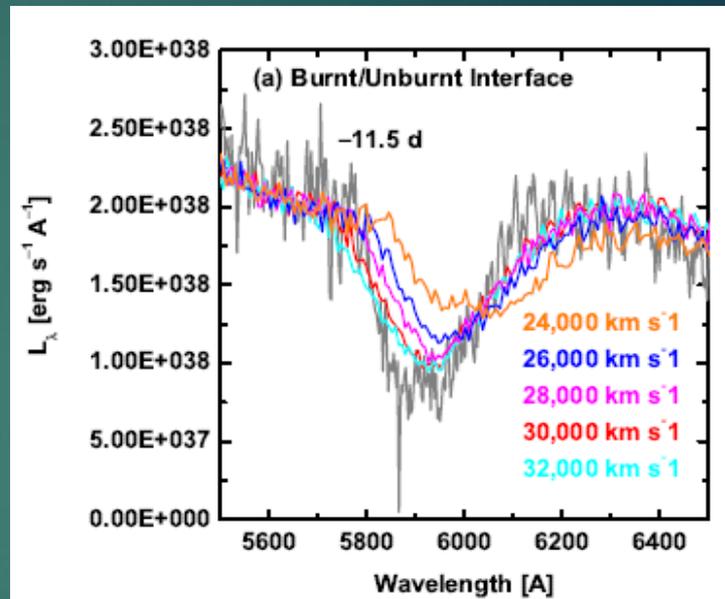
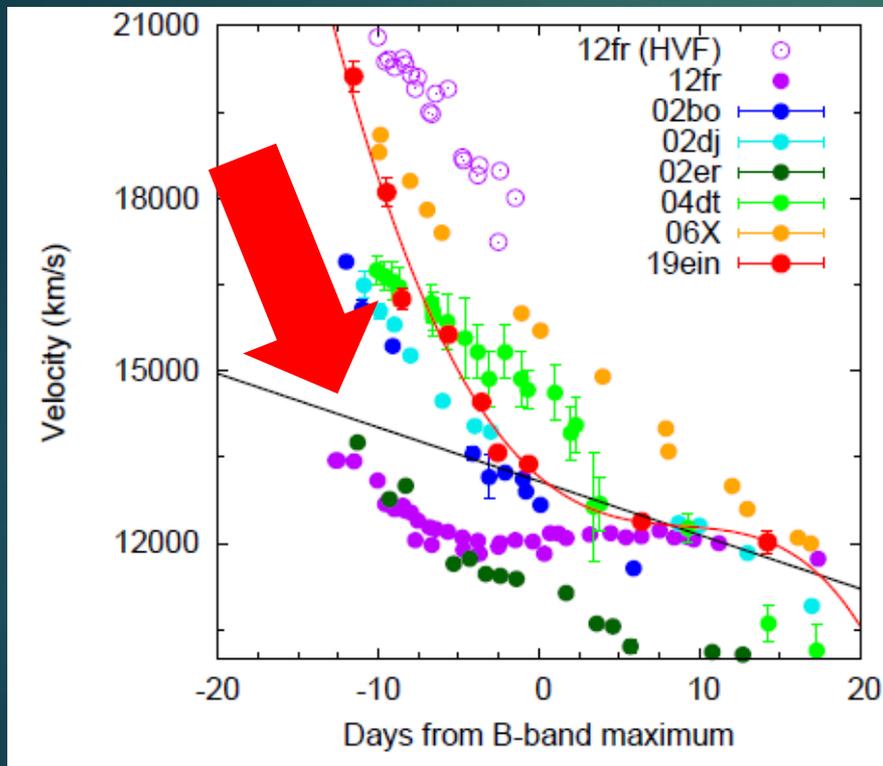
初期放射に有意な超過無し -> **赤色超巨星を棄却**

わずか爆発3.7日後にせいめいでスペクトルを取得。この時SiII 20000km/sもの速度

Case 1 : Ia型の爆発モデル

せいめい+かなた+OISTERでのフォローアップ

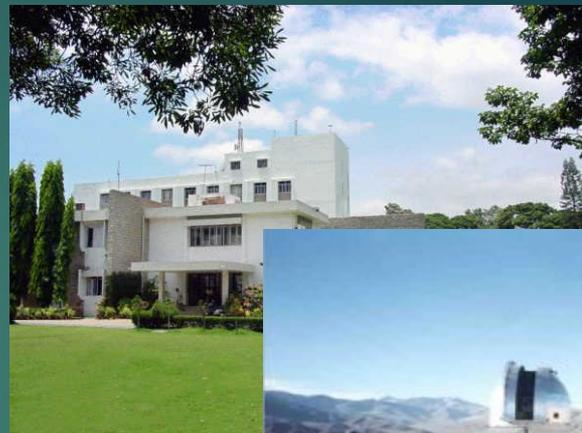
Kawabata et al. 2019, submitted



輻射計算モデルとの比較
-> 高速領域にDelayed
detonation modelで
期待される爆発構造を示唆

-11.5d 20,000km/s -> 0d 13000km/s
HV SN Iaの中でも大きな速度減衰率

インドIIAとの共同研究



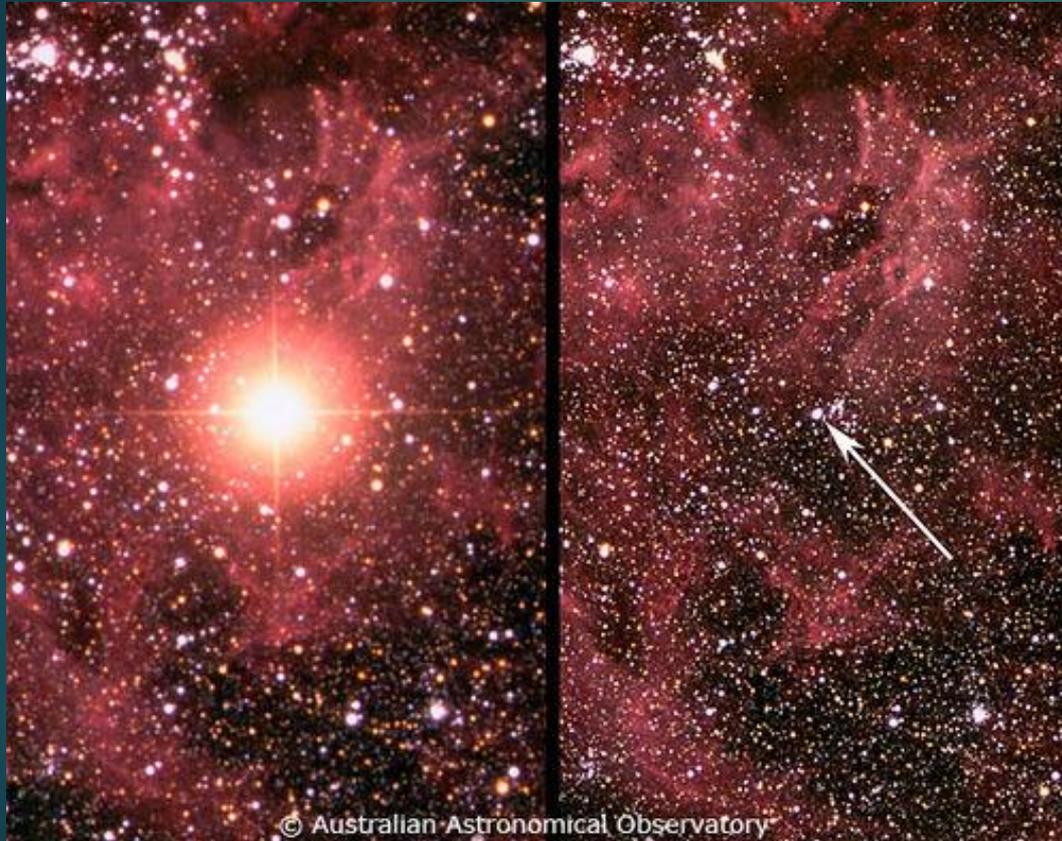
Himalayan Chandra Telescope (HCT); 2.0-m

インドIIAとの共同研究(二国間交流事業共同研究)

今年3月に山中(当時広島)、田中(東北大)、Leung(IPMU)がIIAに研究滞在
-> すでにかなたでフォローしていたSNについて共同研究に発展(すでに3編が受理)

-> 昨年10月に発見された**SN 2018hna**についても共同研究に発展(後述)

Case 2 : 青色超巨星からの超新星？



史上最も明るかった

SN 1987A

- SMCに出現
- ニュートリノ
- 親星:
blue supergiant

SN 1987A-like SNe -> 極めて希少 これまで4例
どのように進化???

観測で素性を示すことが重要

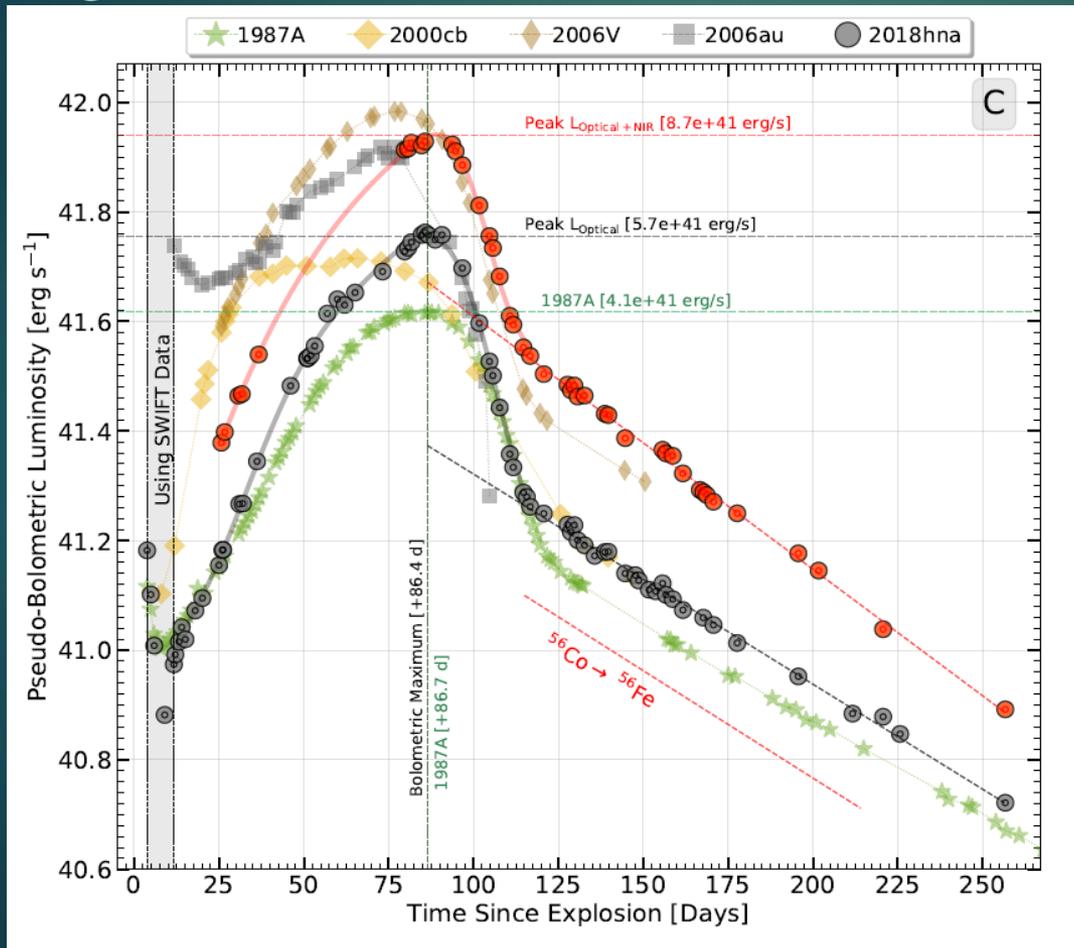
Case 2 : 青色超巨星からの超新星？

87Aに非常によく似た立ち上がりを示す

Sudden drop後にtail期に移行；SN 1987Aに類似

京都大学せいめい望遠鏡による観測：テール期における3夜の分光データ

Singh et al. 2019, submitted



Light curve
SN 1987Aに類似

テールでの絶対光度
87Aの2倍程度

-> ⁵⁶Ni massも2倍程度

Parameters

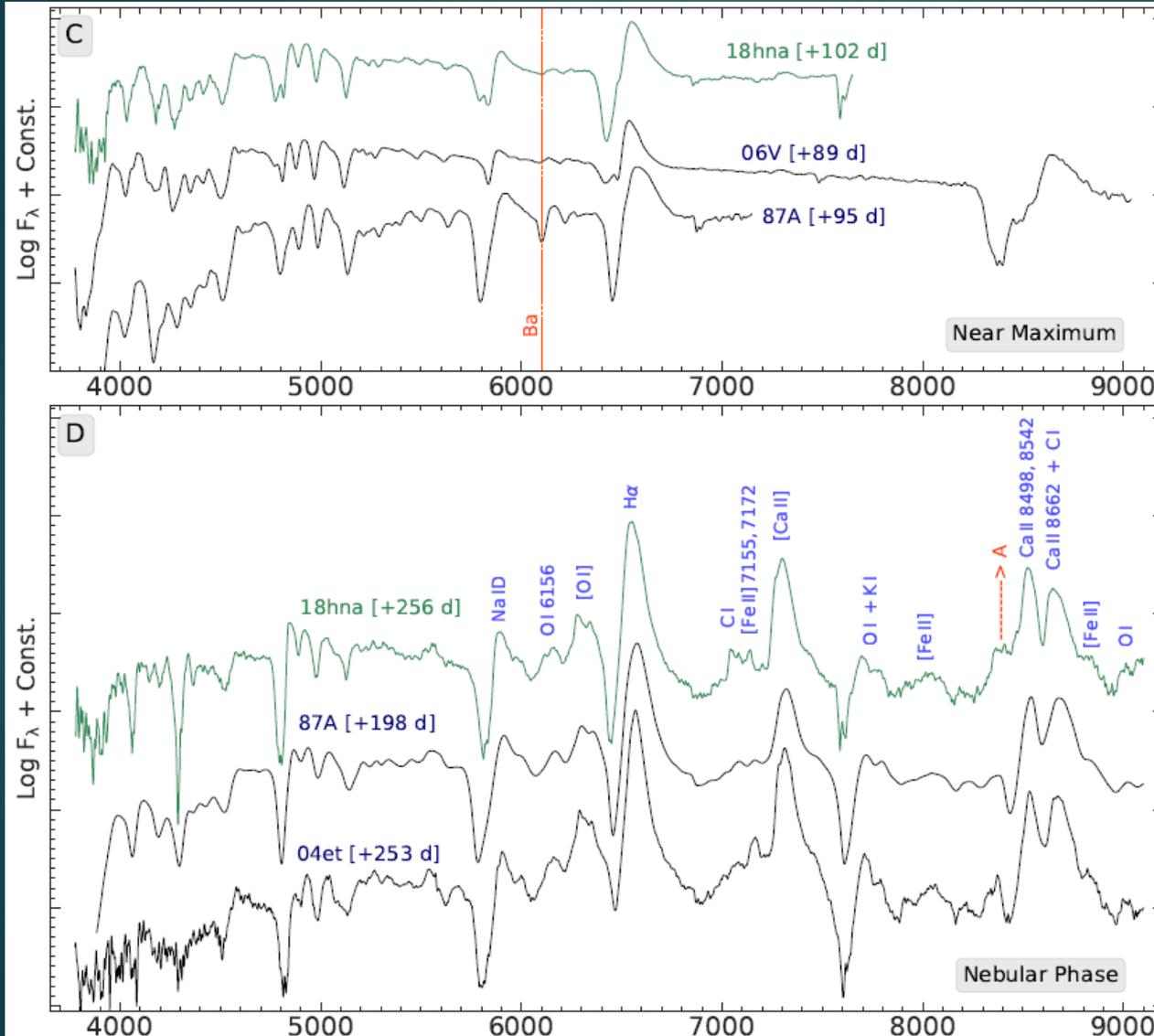
親星 50 R_☉ M_{pro}~14-20

M_☉ E_{exp}~1.7-2.9x10⁵¹
erg

-> BSGにconsistent

Case 2 : 青色超巨星からの超新星？

Singh et al. 2019, submitted



87A、Type IIPとほぼ見分けられない

18hnaもこれに一致87A-likeを支持

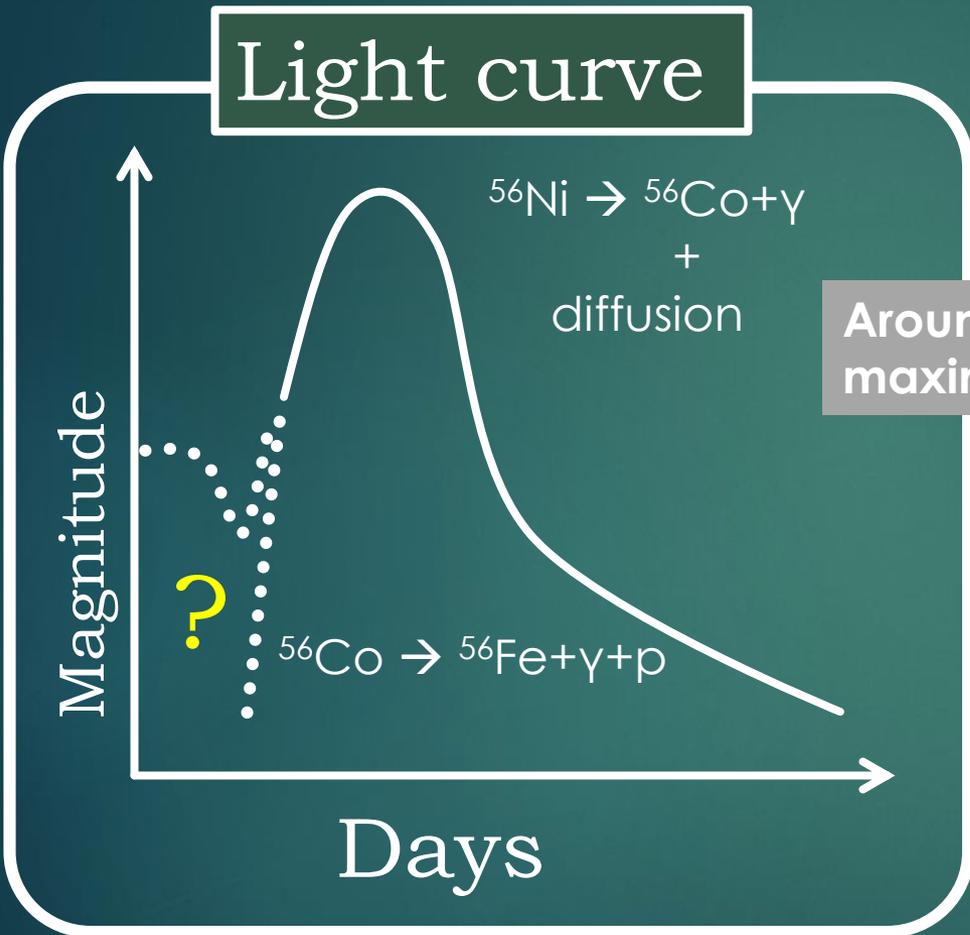
87A-like
高い類似性を意味？

->
(進化過程は不明だが)
同じような親星??

Summary

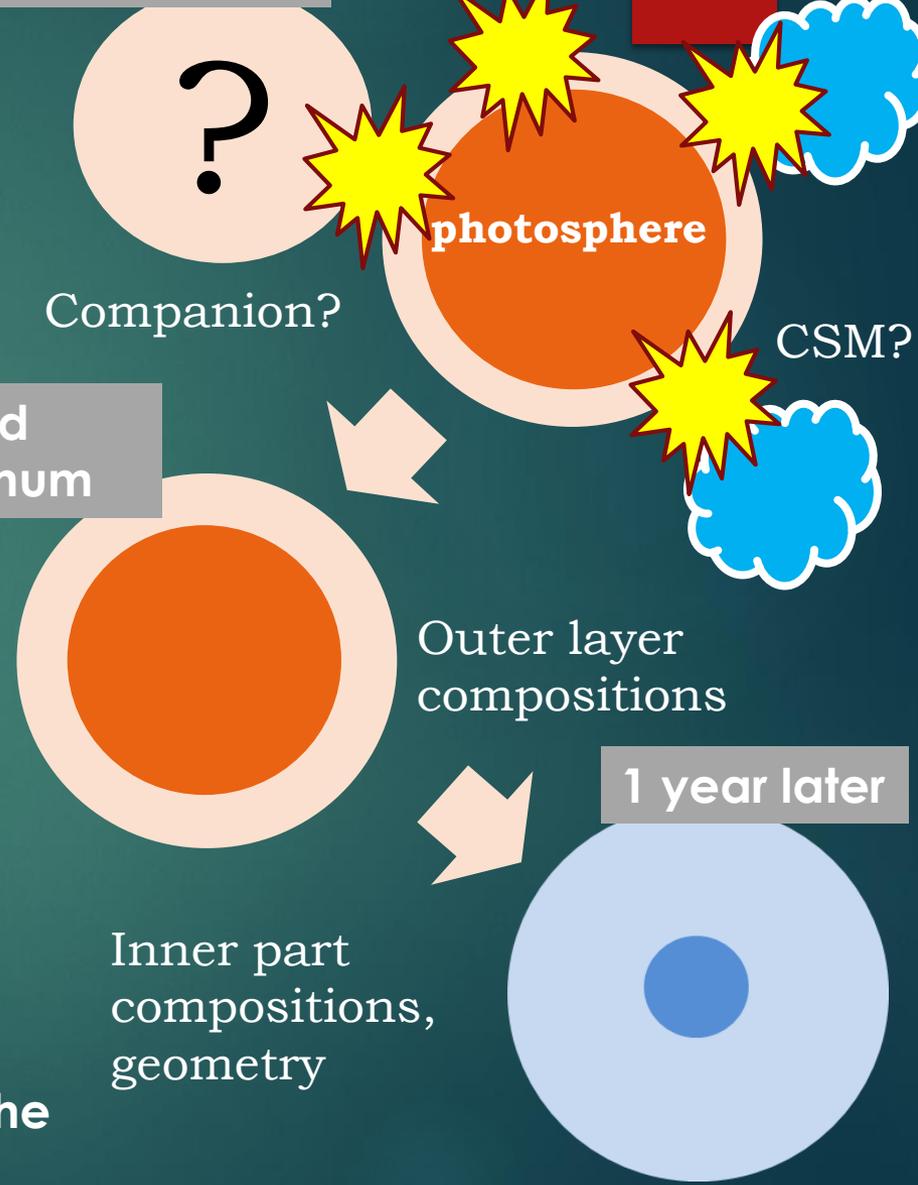
- ▶ 我々は、せいめい望遠鏡を用いて爆発直後から近傍の超新星爆発を即応的分光を実施
- ▶ かなた望遠鏡、OISTERとの共同観測によって、4天体（18hna, 19np, 19ein, 19ehk）についてまとまりのある観測結果を得た。
- ▶ 特に、19einについては最初期のせいめい望遠鏡のスペクトルがクリティカルな結果を導いた。
- ▶ 現段階で2編の論文を投稿
（Singh et al., Kawabata et al.）
- ▶ 2019Bは、Tomo-e Gozen による発見、せいめいで即応分光、かなたで追観測という体制を強化したい。

Schematic pictures of recent SN observations



a few days after explosion

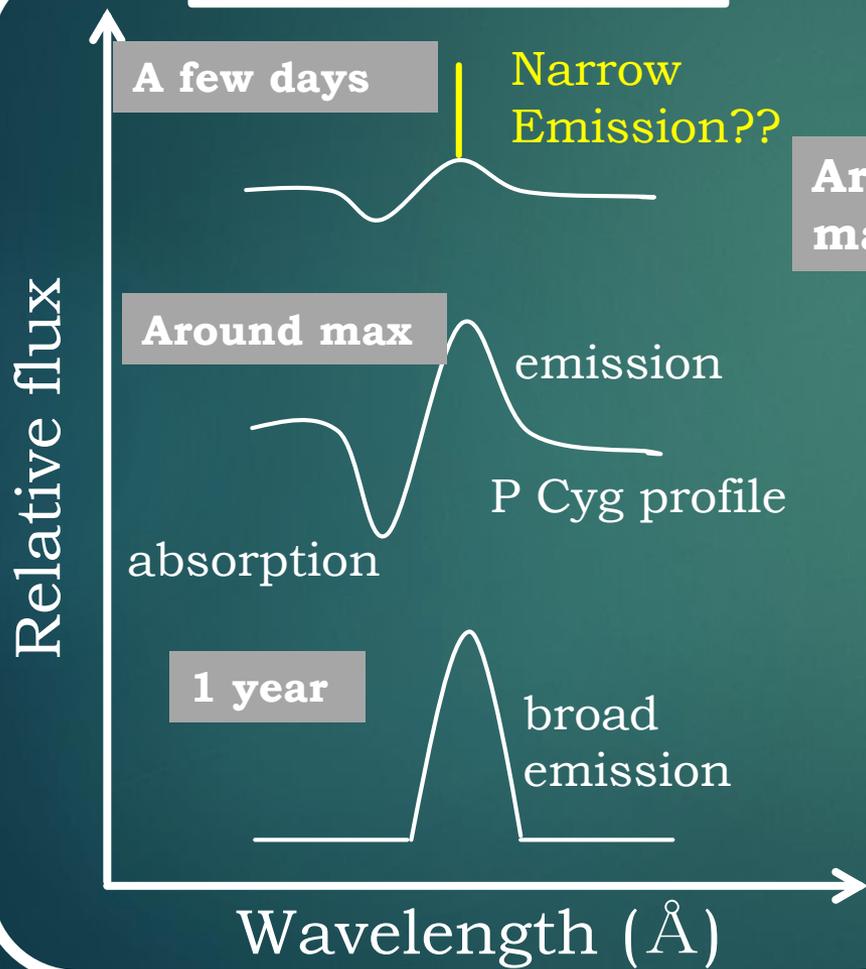
Shock Breakout?
Companion?



Early emission could be probe to unveil the nature of the progenitor/explosion.

How do we observe the signature?

Spectra



a few days after explosion

Shock Breakout?

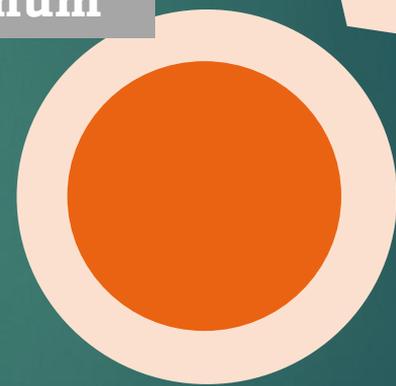


photosphere

Companion?

CSM??

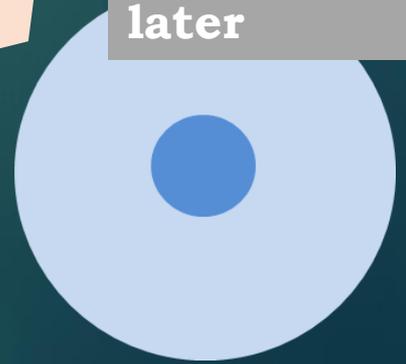
Around maximum



Outer layer compositions

1 year later

Inner part compositions, geometry



Classification and progenitor

Singl

