

超新星追観測でせまる親星・爆発の 統一的理解とTAOに期待される役割

前田啓一(京大宇宙)

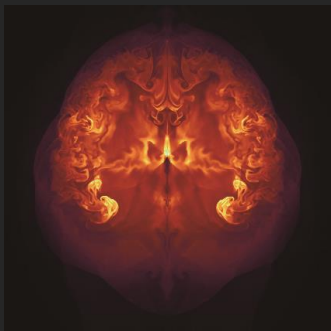


Supernova 2014J in Galaxy M82
Hubble Space Telescope ■ WFC3/UVIS ■ ACS/WFC

Type Ia Supernovae (SNe Ia)

- Thermonuclear explosions of a (near Chandrasekhar) white dwarf (WD).
- **But we do not yet know what make them.**

Sato+, ..., KM+ 2015, 2016
Tanikawa, ..., KM+ 2015

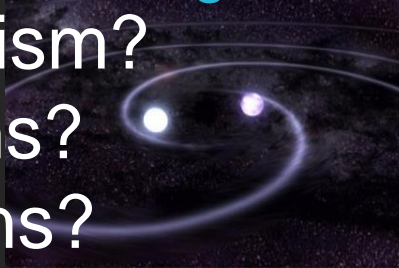


KM+ 2010

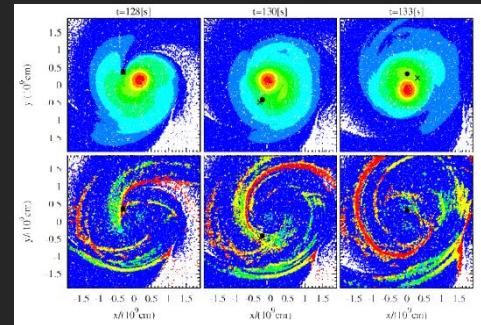
← ?
Accreting WD?
(Single Degenerate)



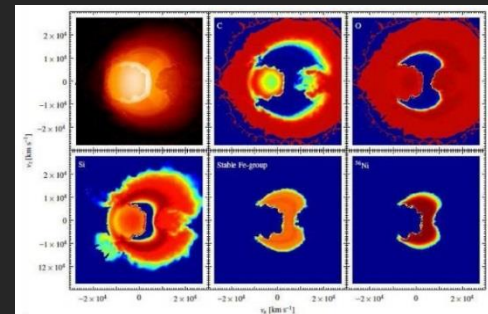
? →
Merging WDs?
(Double Degenerate)



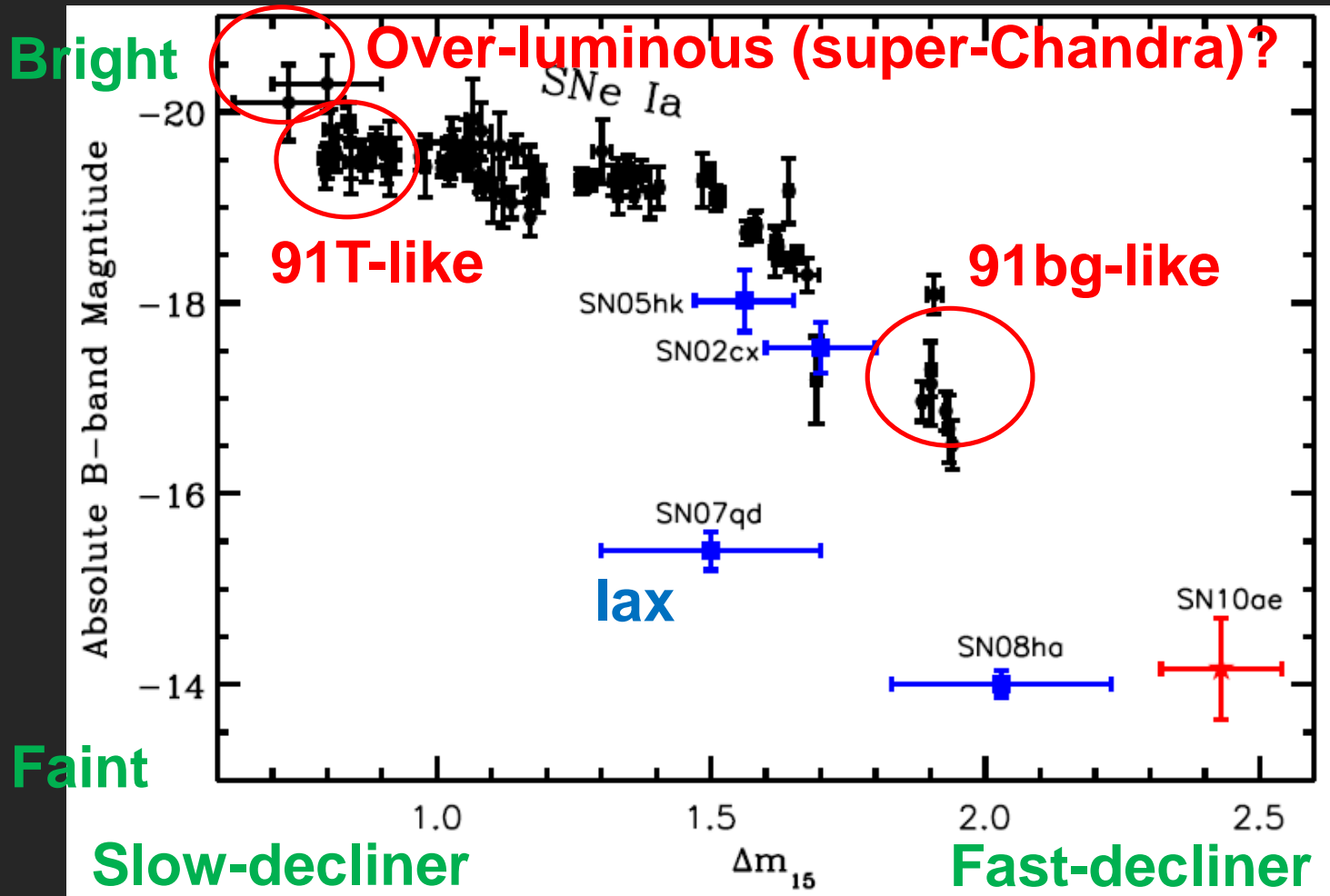
- Progenitor?
- Explosion Mechanism?
- Multiple populations?
- Diversity and origins?



Roepke+ 2012



Normal vs. peculiar SNe Ia

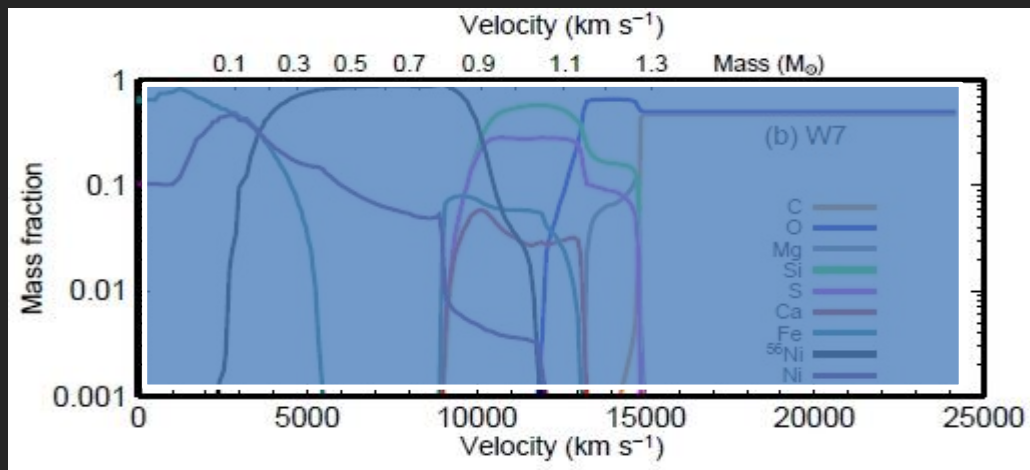


Different for normal vs. outliers?

Multiple Populations even in normal's?

Stritzinger, ..., KM+ 2014

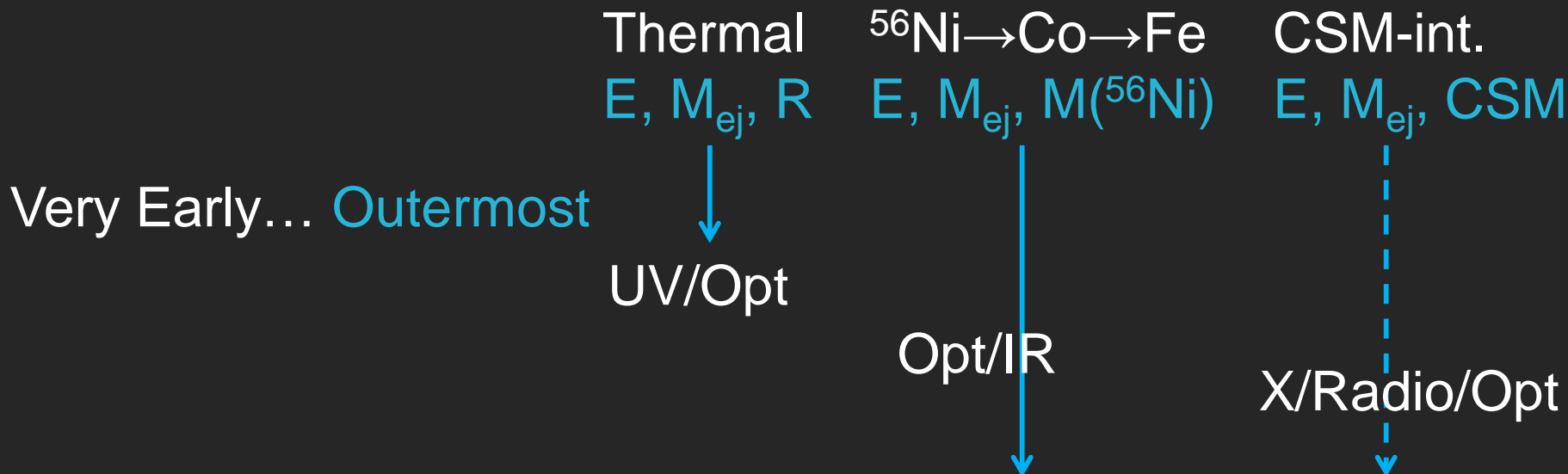
超新星からの放射: 最初期 (数日)



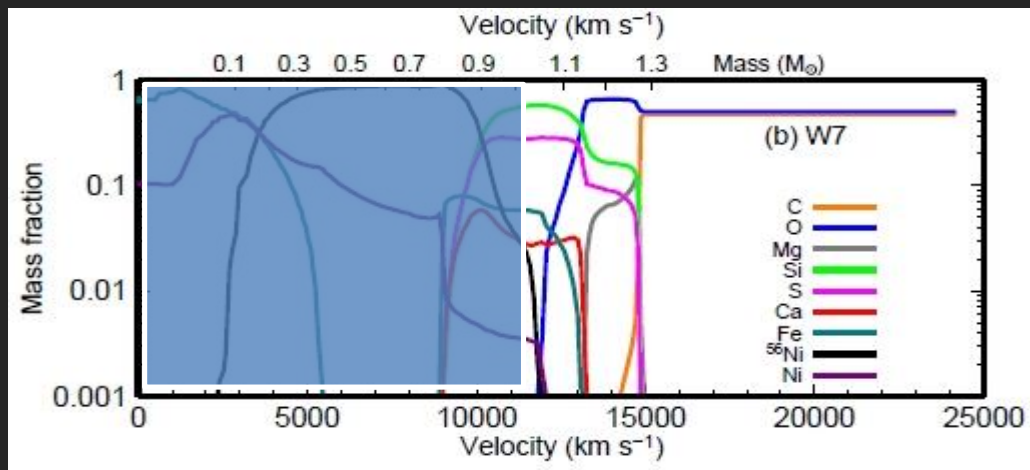
親星・伴星

$$R \sim Vt$$

$$\rho \propto t^{-3}$$



超新星からの放射: 最大光度 (週一月)



放出物質の 全体的性質

$$R \sim Vt$$

$$\rho \propto t^{-3}$$

Thermal
E, M_{ej} , R

$^{56}\text{Ni} \rightarrow \text{Co} \rightarrow \text{Fe}$
E, M_{ej} , $M(^{56}\text{Ni})$

CSM-int.
E, M_{ej} , CSM

Very Early... Outermost

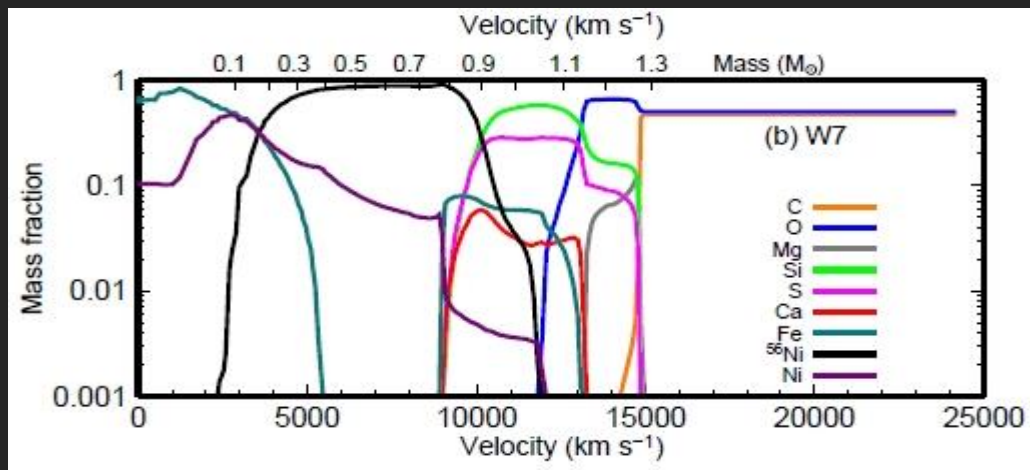
UV/Opt

Opt/IR

X/Radio/Opt

@Max... Outer

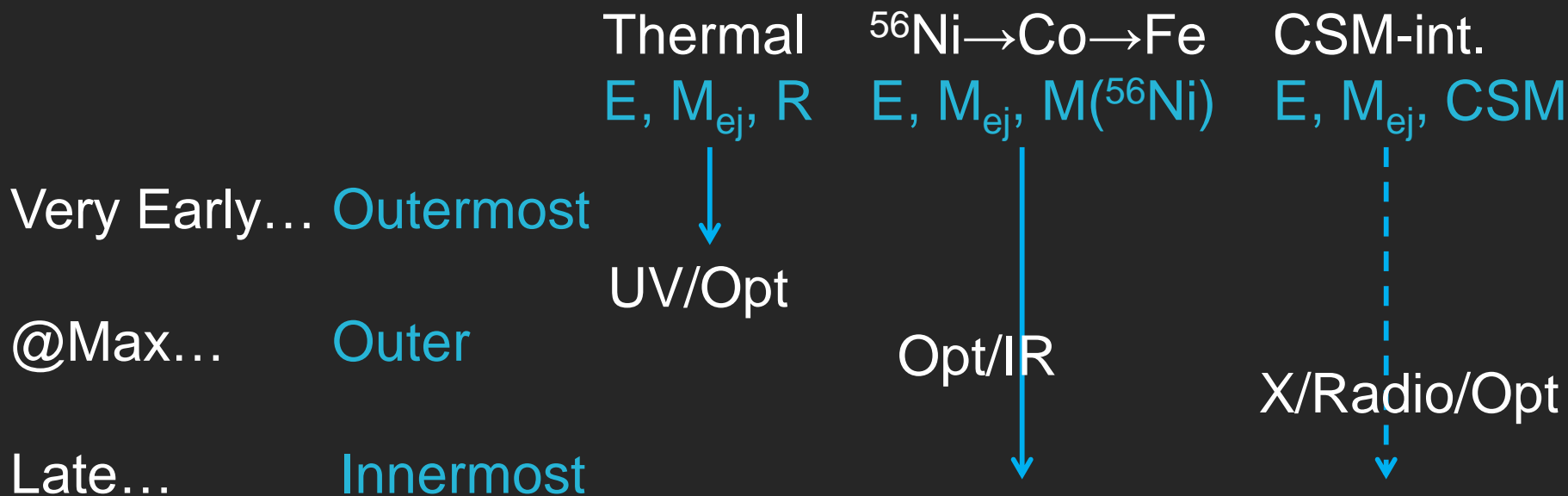
超新星からの放射：後期（年）



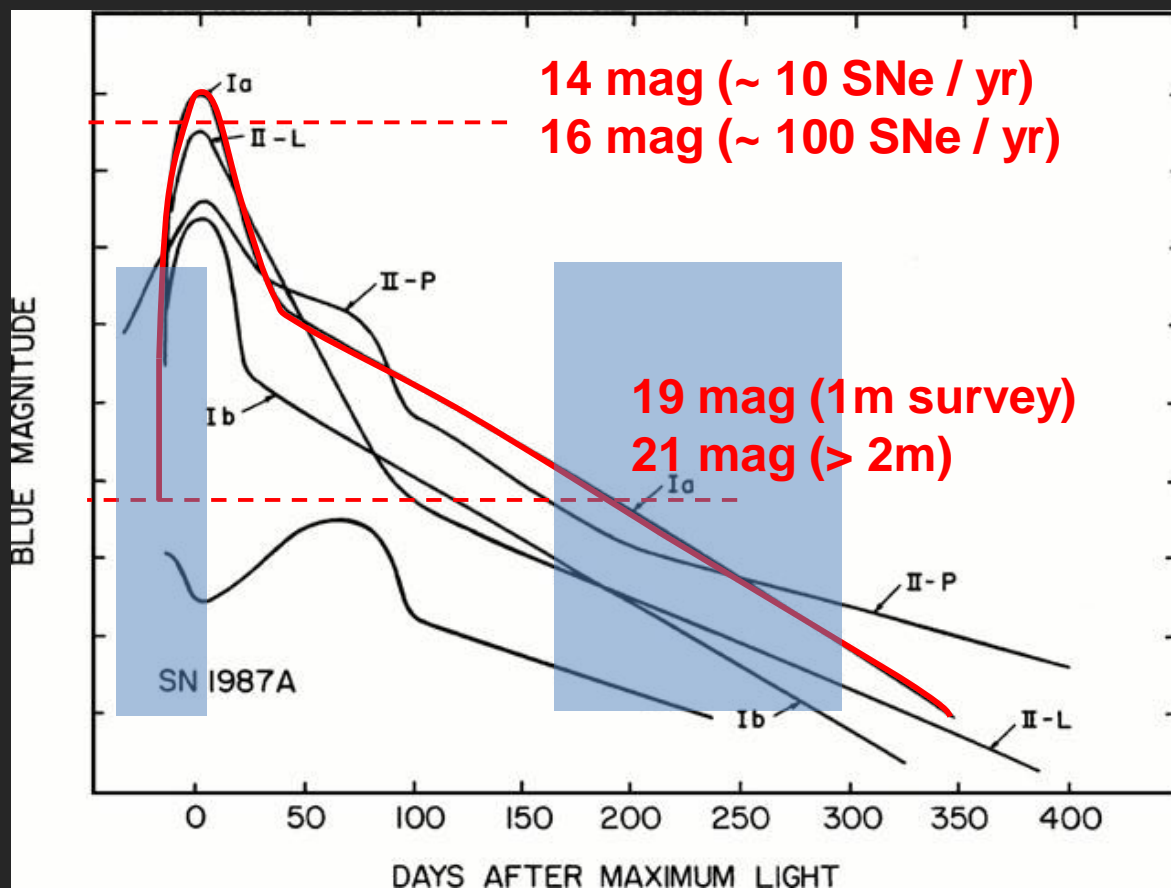
爆発機構・
伴星・CSM

$$R \sim Vt$$

$$\rho \propto t^{-3}$$



Ia型超新星の光度曲線と観測戦略



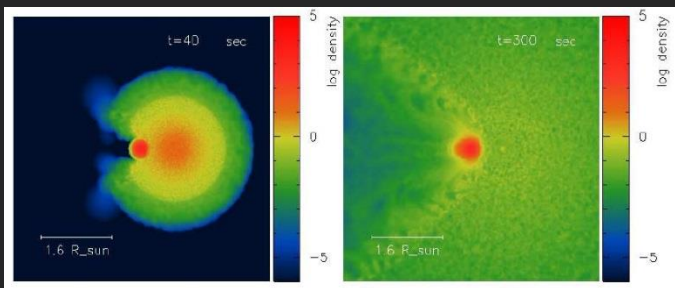
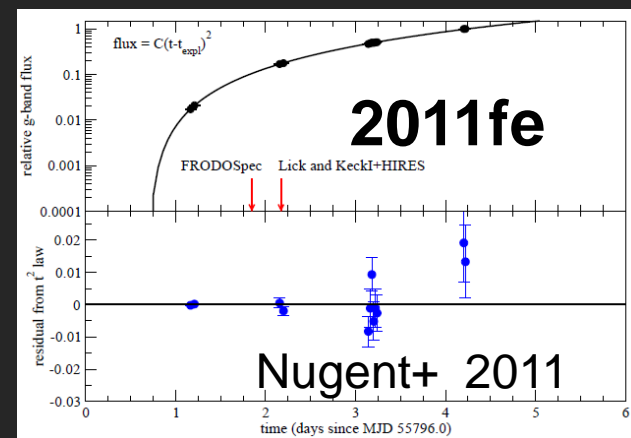
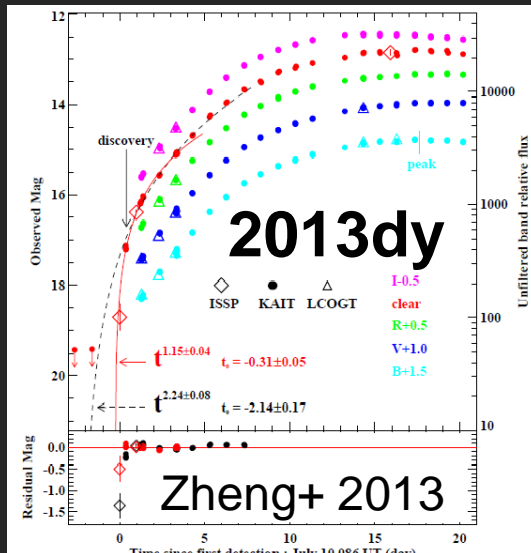
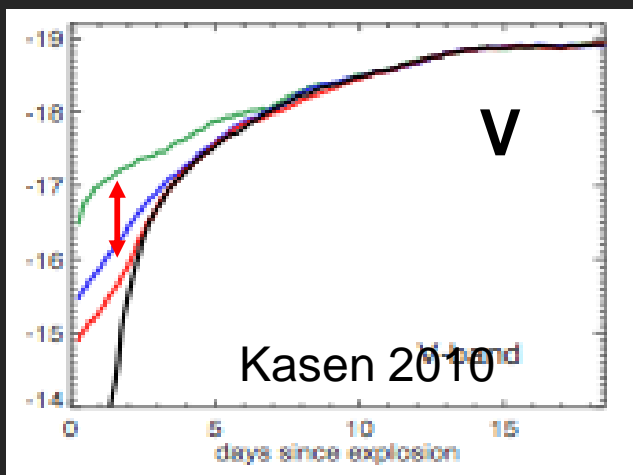
Amateurs
ASASSN
Kiso (CMOS?)

PTF
Pan-Starrs
DeCam
HSC

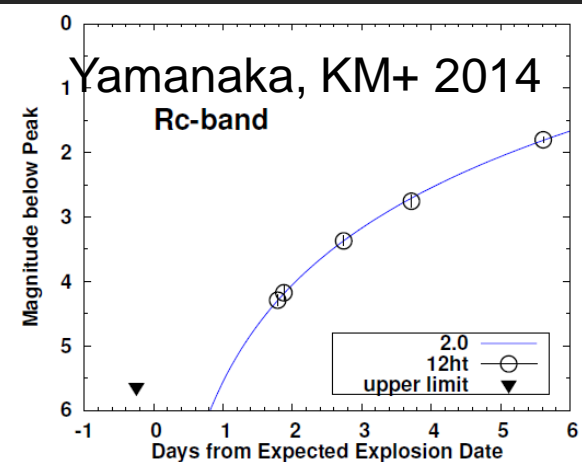
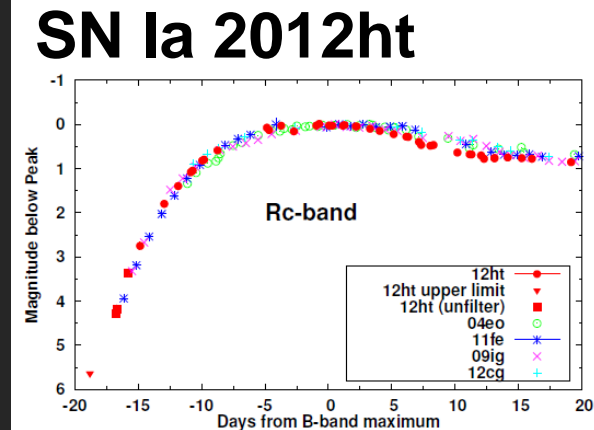
Even Subaru \Rightarrow TAO
makes sense.

24 mag @ discovery
 \Rightarrow 19 mag @ peak
 \Rightarrow TAO spec. follow-up
(Jiang+, HSC proposal)

(主系列・巨星) 伴星との衝突の痕跡

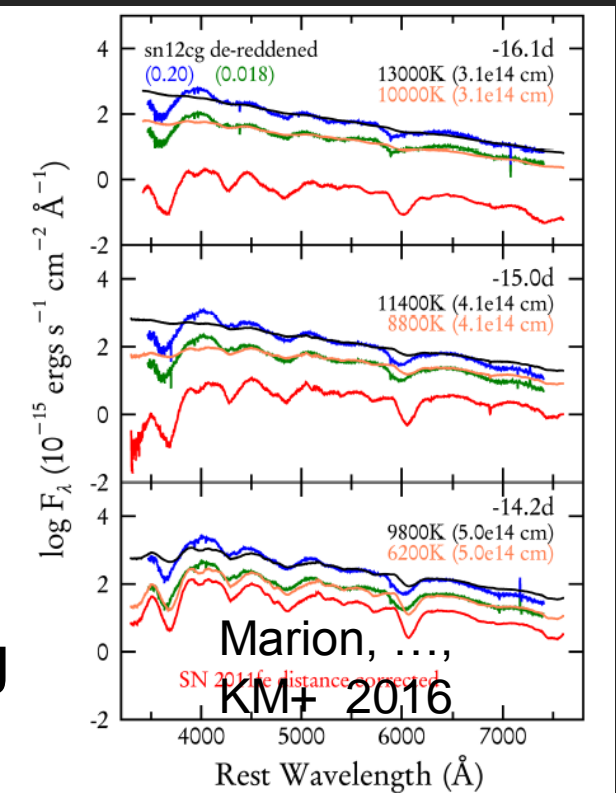
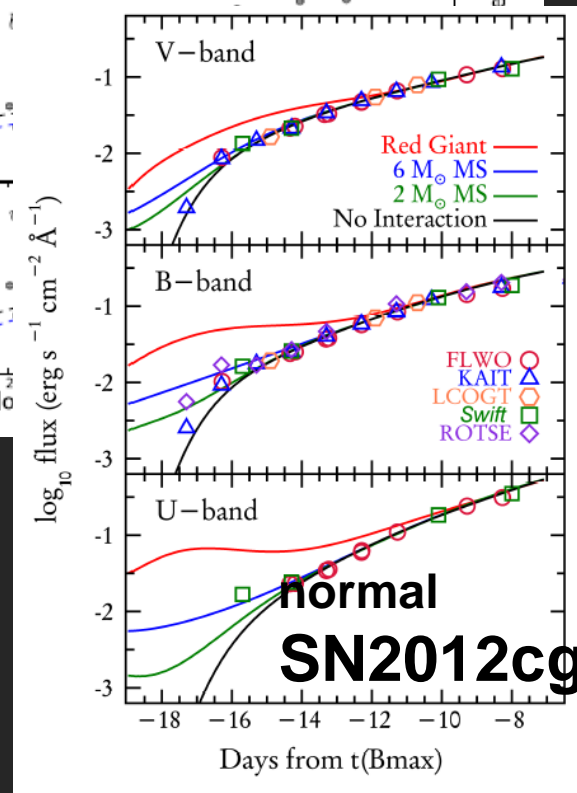
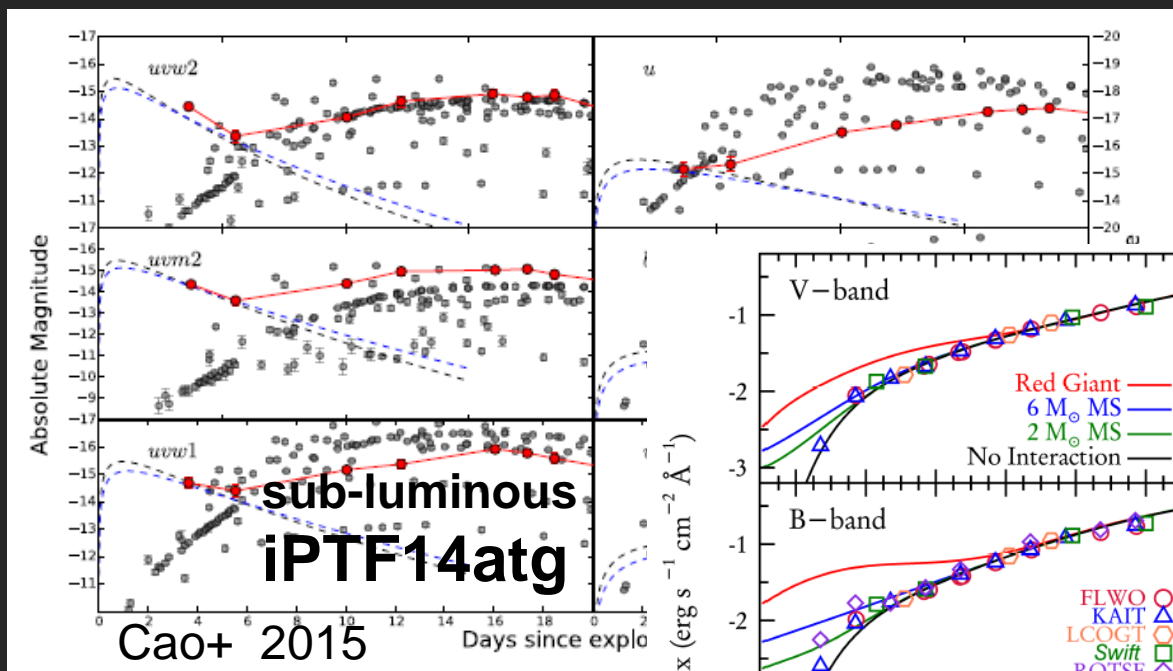


Liu, ..., KM+, 2013



Examples with no signatures

(主系列・巨星) 伴星との衝突の痕跡



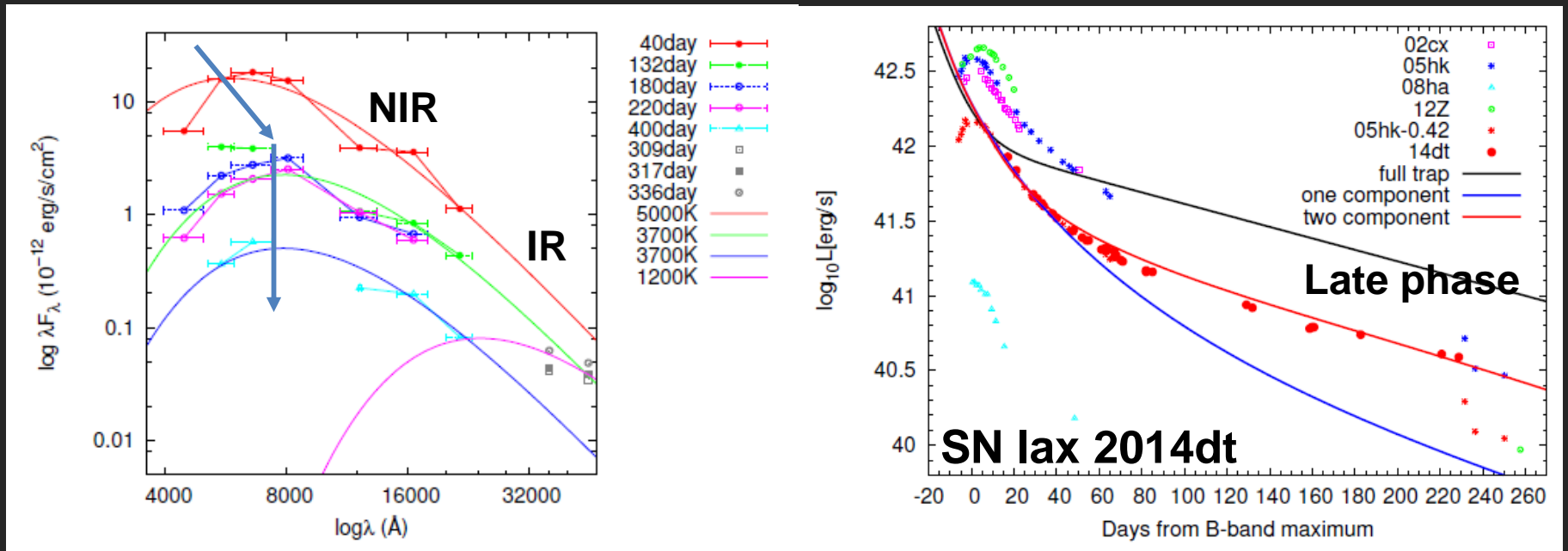
Key:
U-band spec.

Examples with possible signatures

中期-後期: 爆発放出物質の性質⇒爆発

例: 謎の”Iax型”超新星の正体に迫る。

川端美穂さん、本年会超新星セッション(論文執筆中)



60日程度でもBB、以降は可視-NIR SEDの温度進化がなくなった。

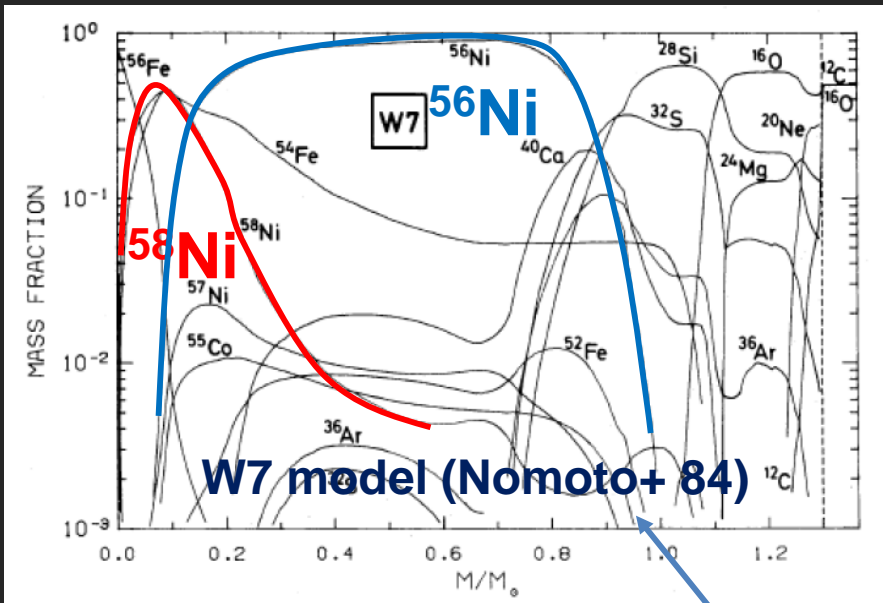
60日程度から光度曲線の進化が ^{56}Co 崩壊に完全にのった。

60日前後から、「膨張していない成分」が見えている

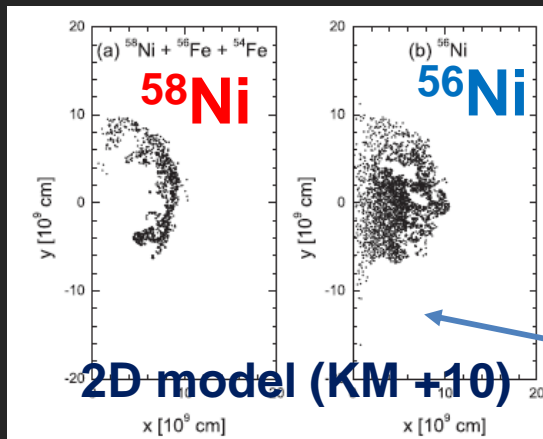
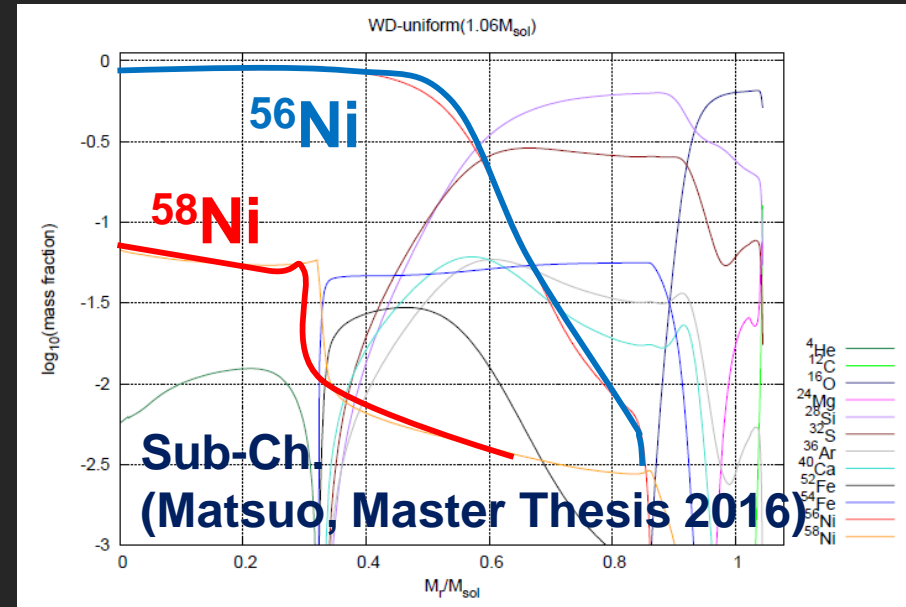
⇒不完全な核爆発で残されたWD remnant? (= leading model)

後期：親星と爆発機構

Chandrasekhar WD



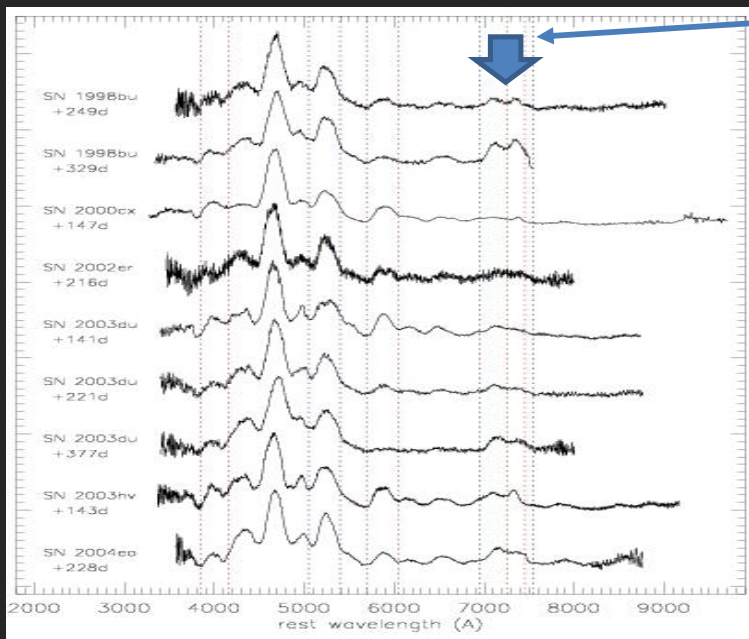
Sub-Chandrasekhar WD



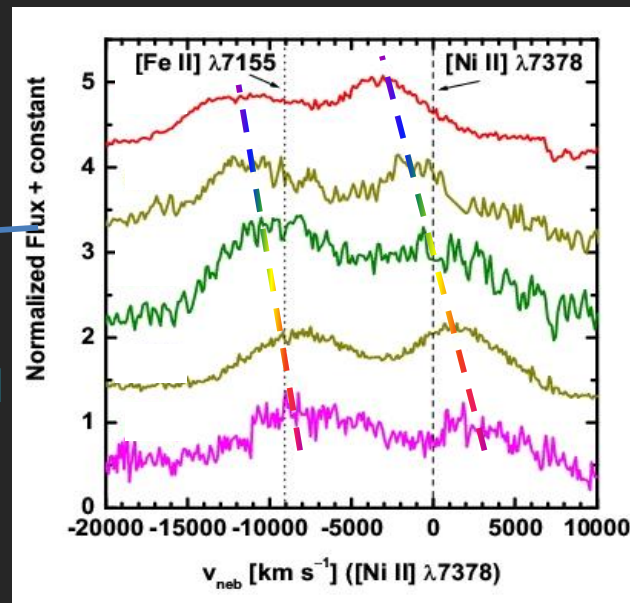
Cf. Shigeyama+92, Sim+ 10, Woosley+ 11

チャンドラセカール質量のWDの爆発では安定鉄族 (^{58}Ni など) が ^{56}Ni (\Rightarrow 鉄) とは異なる分布で存在するはず。サブ・チャンドラセカール質量WDの爆発では安定鉄族をあまり作らない。

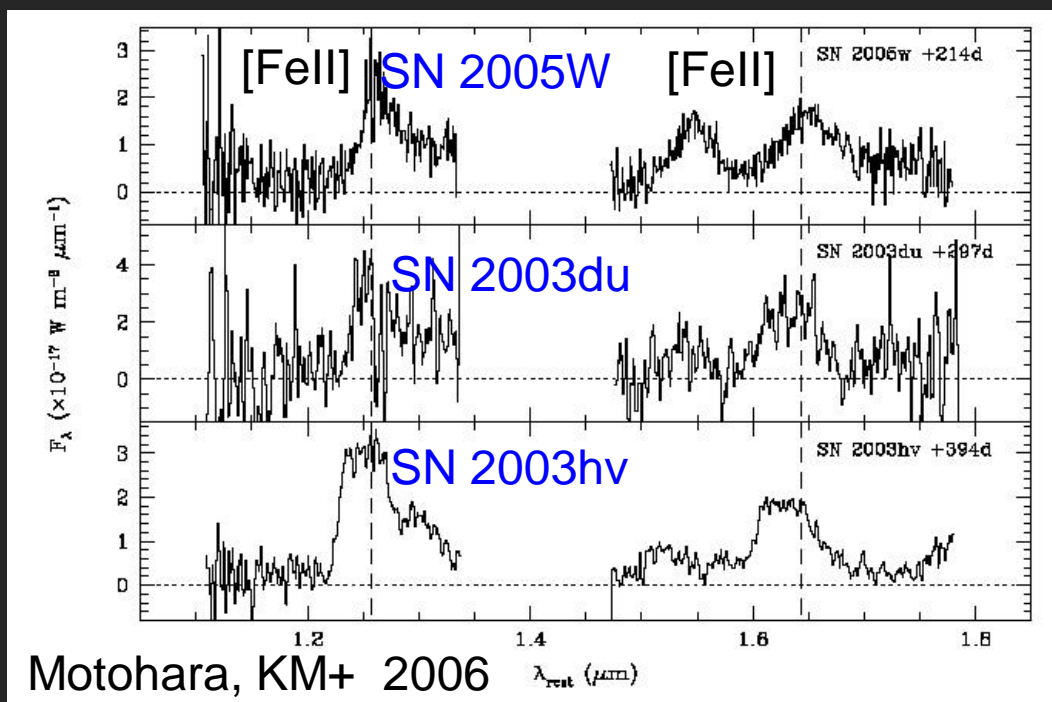
後期：親星と爆発機構



KM+ 2010, 2011



安定鉄族は存在する。
 ^{56}Ni (鉄) と異なる運動学的分布。
 NIR分光でも確認。
 FOCAS、IRCSでもさらにデータ取得、解析中。



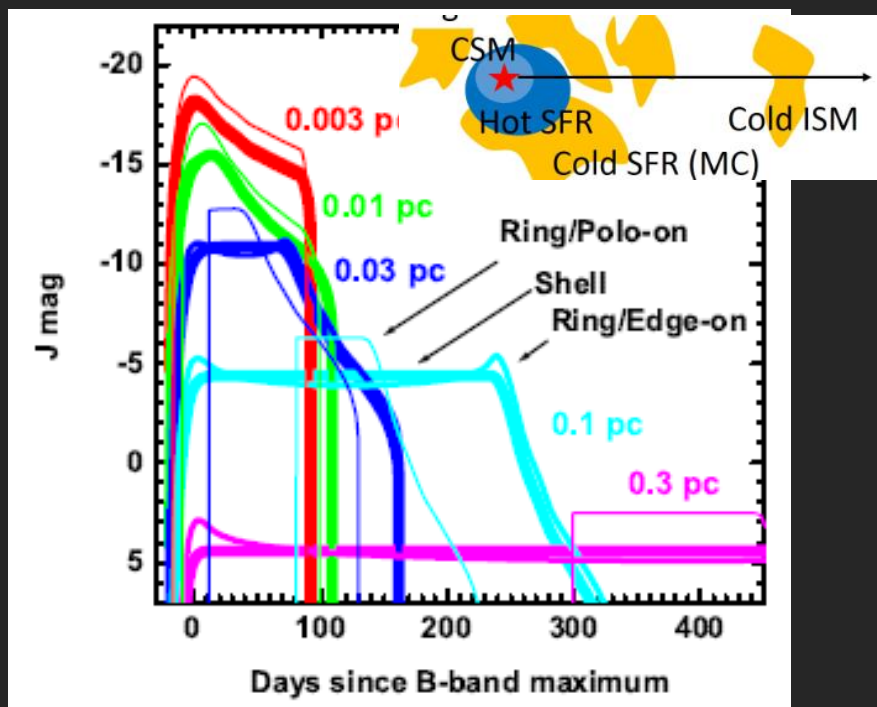
Motohara, KM+ 2006

Back in the history of $\sim 100 \text{ day} \times (C/V_{\text{mass-loss}}) \sim 300 \text{ yrs}$

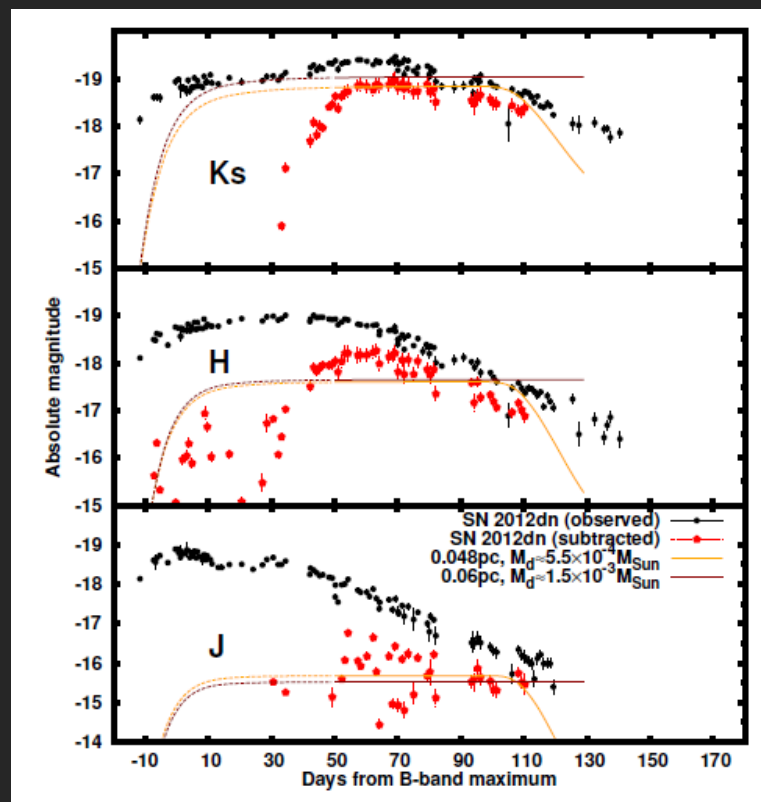
後期: CSMと親星質量放出

($\sim 0.1 \text{ pc}$)

KM+ 2015, Nagao+ submitted



Yamanaka, KM+ (大学間連携) submitted



Key: NIR (phot. & spec.)

No CS-dust echo seen in (normal) SNe Ia (little CSM at $< 0.5 \text{ pc}$).
A strong echo in “super-Chandrasekhar” SN Ia 2012dn?
(mass loss rate $10^{-5} M_{\odot}/\text{yr}$, dense CSM at $\sim 0.05 \text{ pc}$)

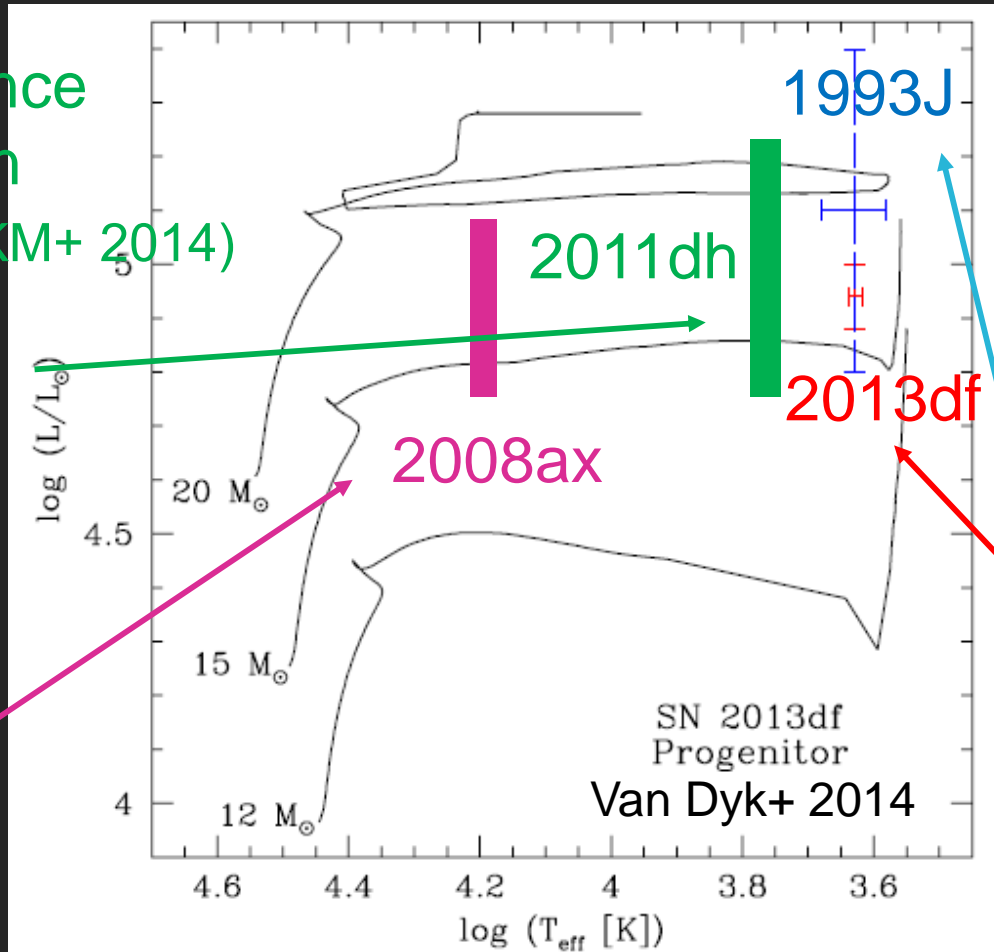
重力崩壊型 (例としてI Ib型)

Disappearance
+Companion
(Folatelli, ..., KM+ 2014)

YSG
~ 200R_☉

BSG
~ 50R_☉

Disappearance
(Folatelli, ..., KM+ 2015)



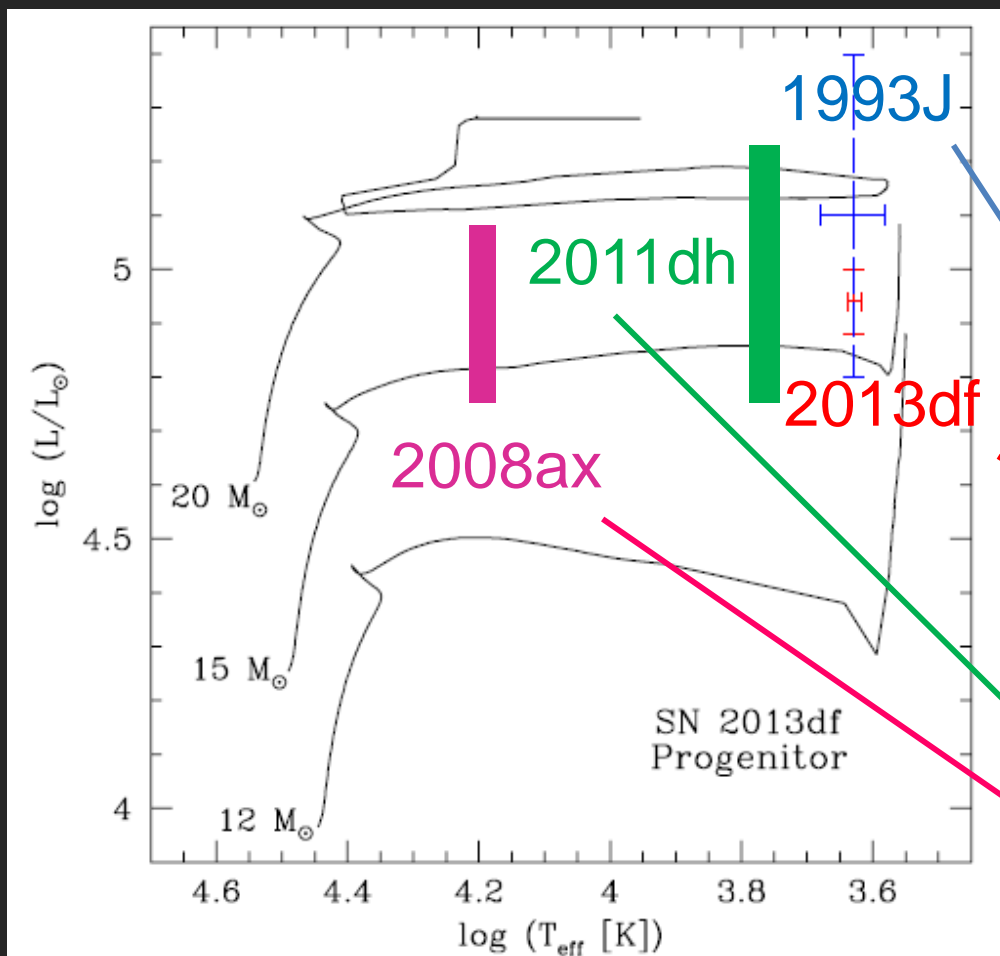
Disappearance
+Companion

Pre-SN only

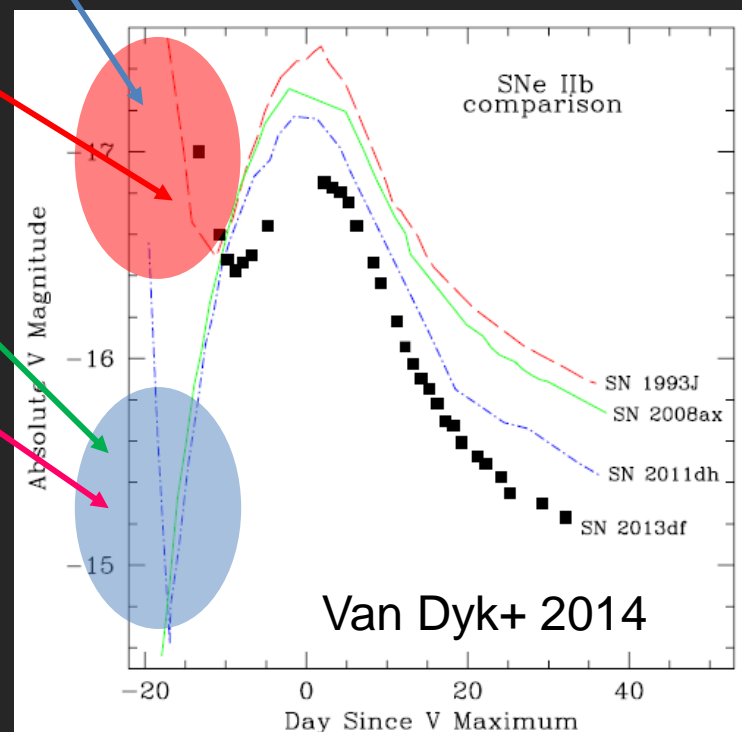
YSG
~ 600R_☉

BSG=Blue Supergiant
YSG=Yellow Supergiant

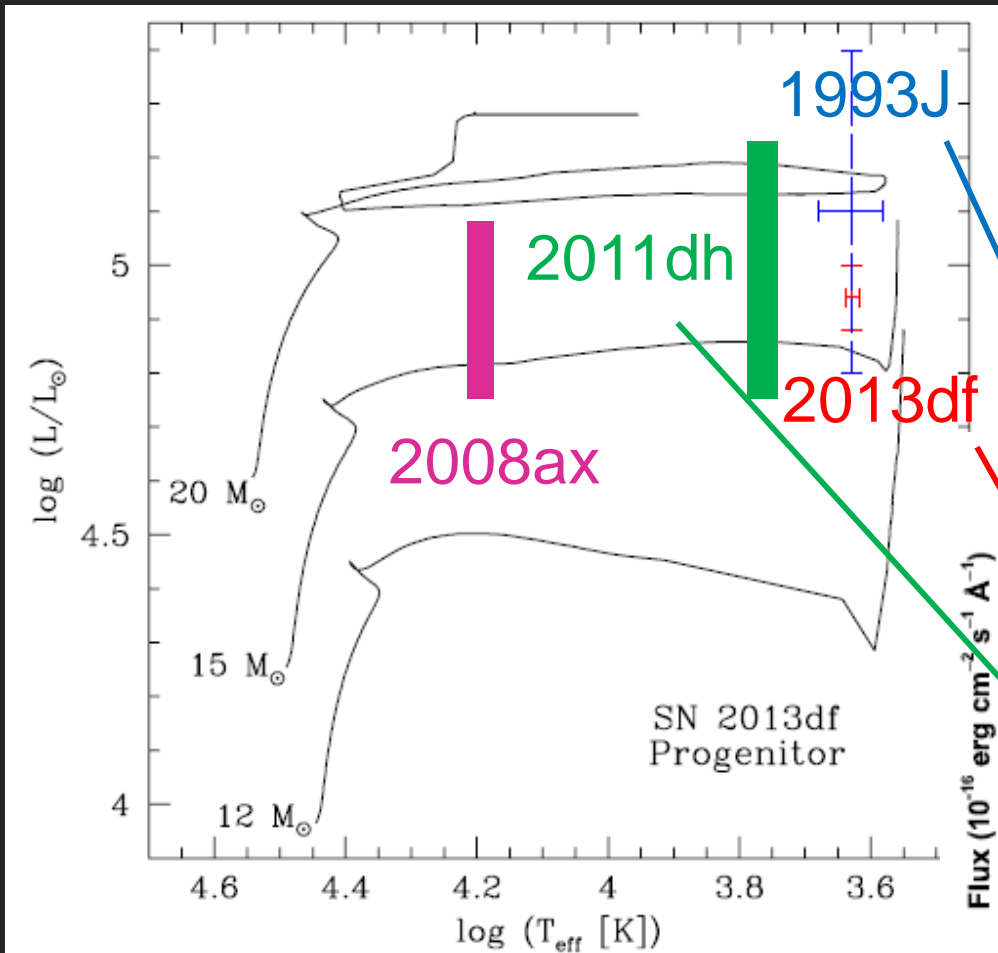
重力崩壊型 (例としてI Ib型)



Strong early emission
= extended progenitor

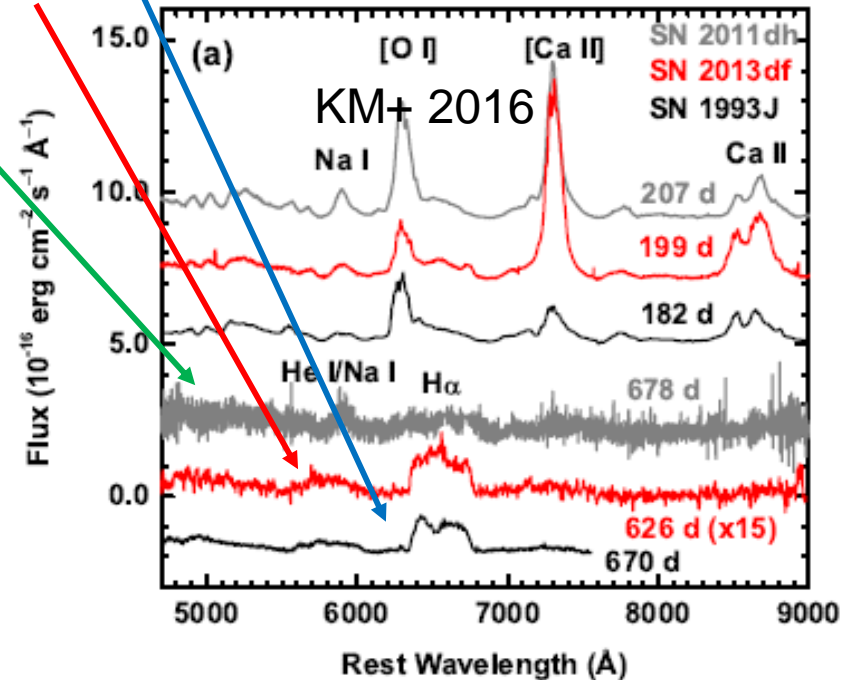


重力崩壊型 (例としてI Ib型)



H α from SN-CSM interaction

Extended progenitor
= massive CSM
(mass loss)



What about explosion properties? Relations?

まとめ：超新星とTAO

- 親星、爆発機構などに対する個々の知見は積み重なりつつある。
- 今後はこれらを結び付けることが大事（＋統計）。
 - 最初期：
 - 今後はさらにサーベイの進展が期待される（KISO-CMOS他）。
 - 測光分光追観測が鍵（機動性＋柔軟なtime allocation）。
 - 後期：
 - Expensiveな観測なので、やはりまだサンプルは少ない。
 - Uniqueなサイエンスを提案できる。
 - NIRはあまりない。単体でも面白いサイエンス。
- 他の望遠鏡（サーベイ、測光追観測）との連携。