

中小口径望遠鏡による超新星観測

富永望(甲南大学/IPMU) tominaga@konan-u.ac.jp

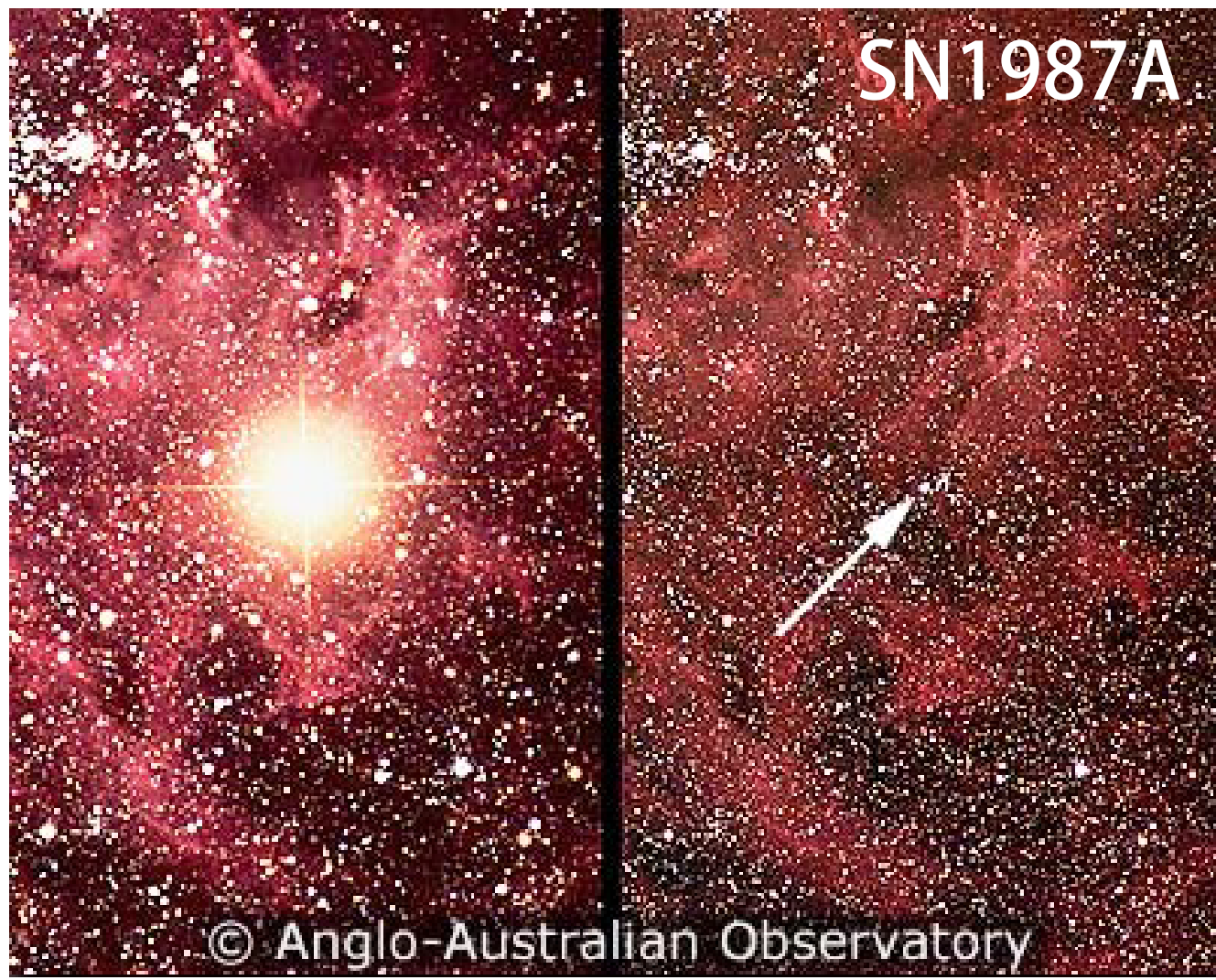
Sergei Blinnikov (ITEP/IPMU)

Abstract & Conclusion

超新星爆発は、爆発後20日程度かけて徐々に明るくなり、ピーク時には銀河に匹敵する明るさで輝き、さらに、その後半年から1年程度かけて徐々に暗くなっていく天体である。超新星爆発のような突発天体においては、発見の報告を受けての即時 follow-up 観測および継続的な観測が重要であり、機動性の高い運用が可能な中小口径望遠鏡が活躍している。

これまで、超新星爆発の光度曲線・スペクトル観測から、親星の質量や金属量、爆発エネルギーなどの性質に制限がつけられてきた。本ポスターでは、まず主にI型超新星に対して用いられてきた手法を紹介する。さらに、これまであまり制限の付けられてこなかったIIP型超新星に注目し、多色輻射流体計算コードSTELLAを用いて様々な親星、爆発エネルギーに対して多色光度曲線を求め、IIP型超新星の多色光度曲線観測から親星の金属量に対する情報が得られることを示す。

超新星爆発とは?



10⁵¹erg以上のエネルギーで爆発する宇宙最大の爆発

非常に明るい

L~10⁴²erg/s~10⁹L_⊙

エネルギー源

衝撃波加熱

⁵⁶Ni-⁵⁶Co放射性崩壊

膨大なエネルギー

E_K~10⁵¹erg

重力束縛エネルギー

GM²_⊙/R_{NS}~10⁵³erg

核エネルギー

Δ(¹²C→⁵⁶Ni)M_⊙~10⁵¹erg

超新星爆発の観測・分類

超新星爆発の発見



アマチュアの方々

天体発見賞

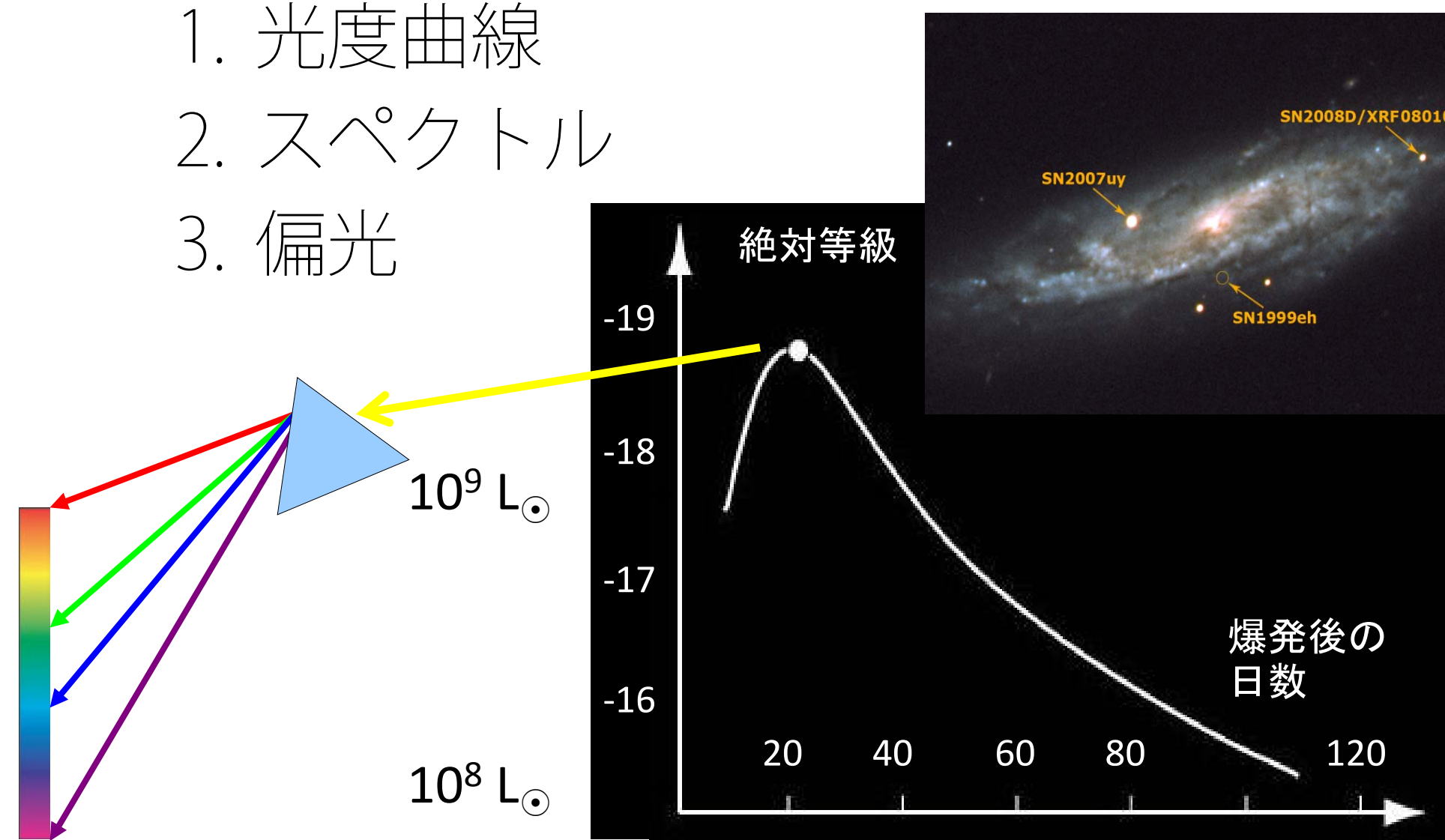
天体発見功労賞

→(主に)近傍の詳細観測可能な天体

超新星爆発のfollow-up観測

広島大学・かなた望遠鏡などを用いた観測が行われている (cf. 山中さんポスター)

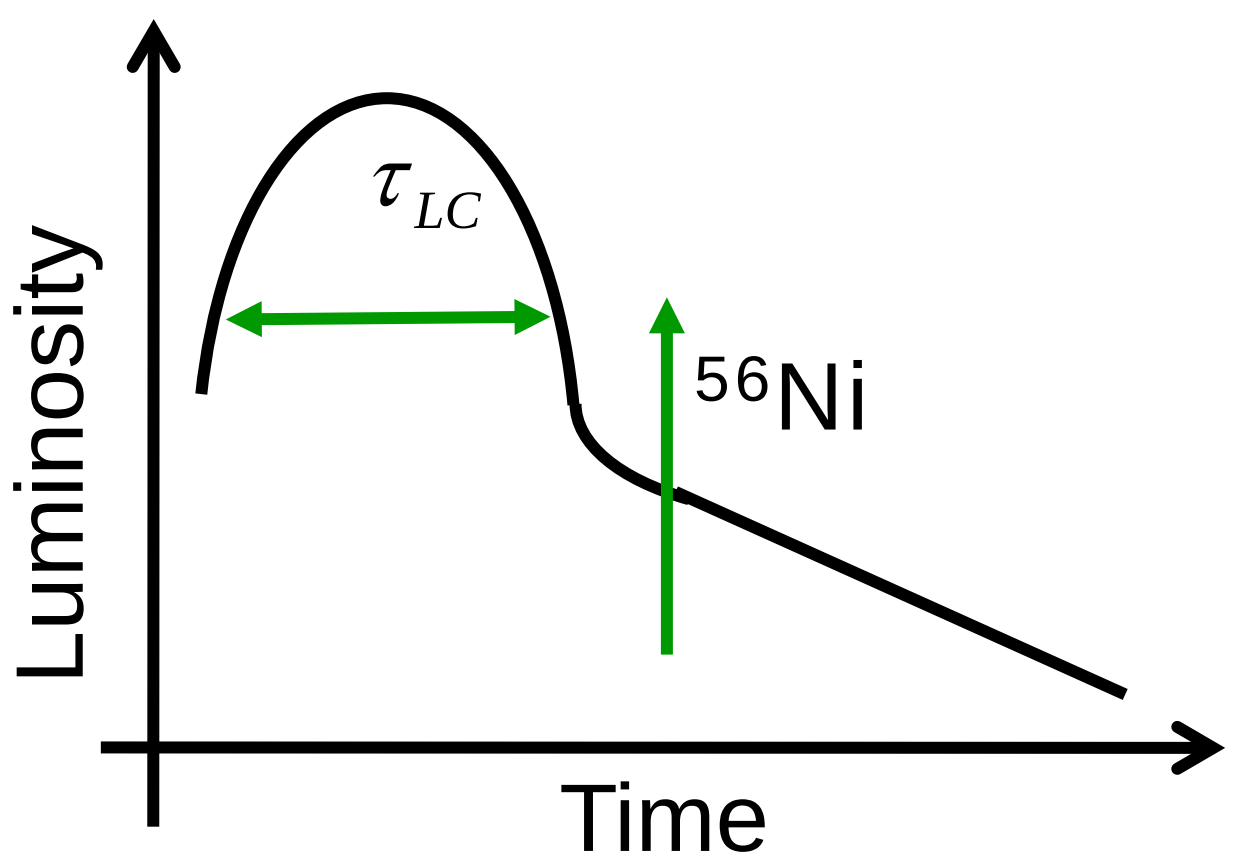
1. 光度曲線
2. スペクトル
3. 偏光



超新星爆発の性質

光度曲線

I型超新星 (⁵⁶Ni-⁵⁶Co decay)



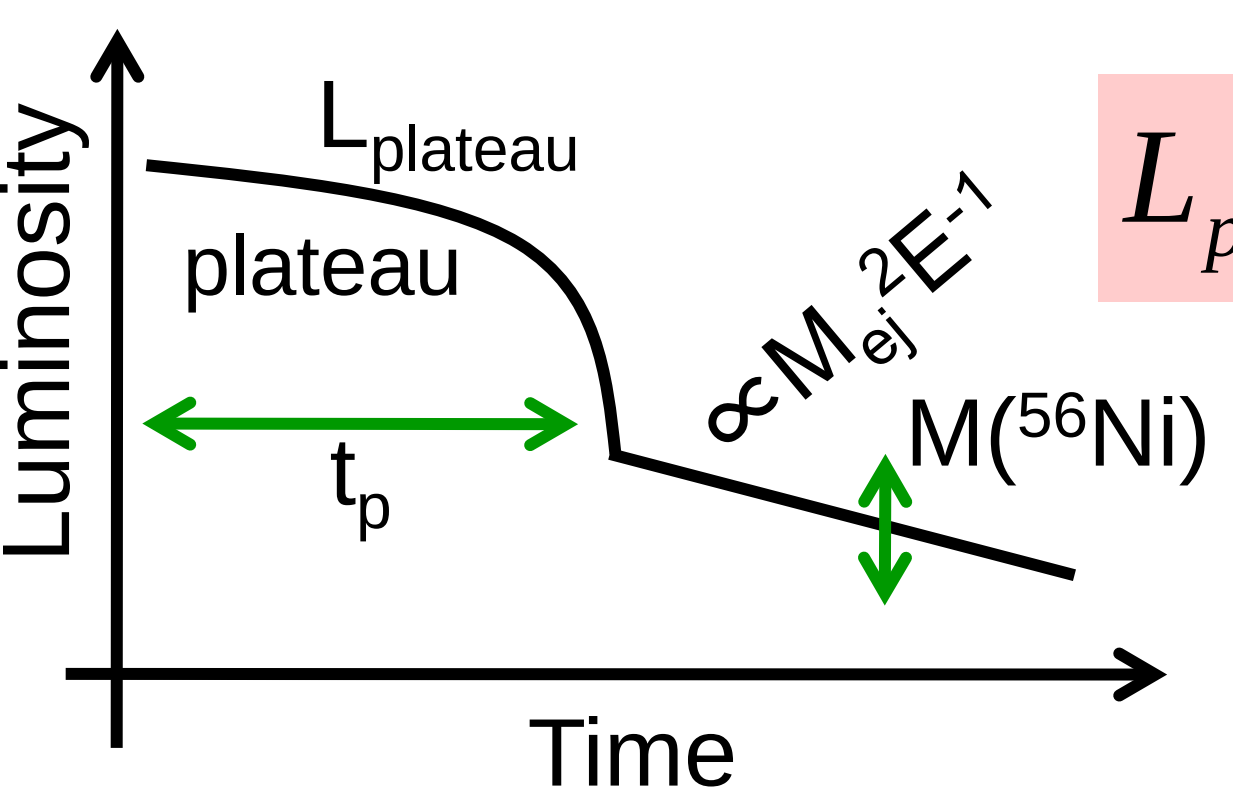
$$\tau_{LC} \approx (\tau_{dyn} \cdot \tau_{diff})^{1/2}$$

$$\approx \left(\frac{R}{V} \cdot \frac{\kappa M_{ej}}{Rc} \right)^{1/2}$$

Arnett 82

$$\tau_{LC} \propto \frac{\kappa^{1/2} M_{ej}^{3/4}}{E^{1/4}}$$

II型超新星 (Shock heating + ⁵⁶Ni-⁵⁶Co decay)

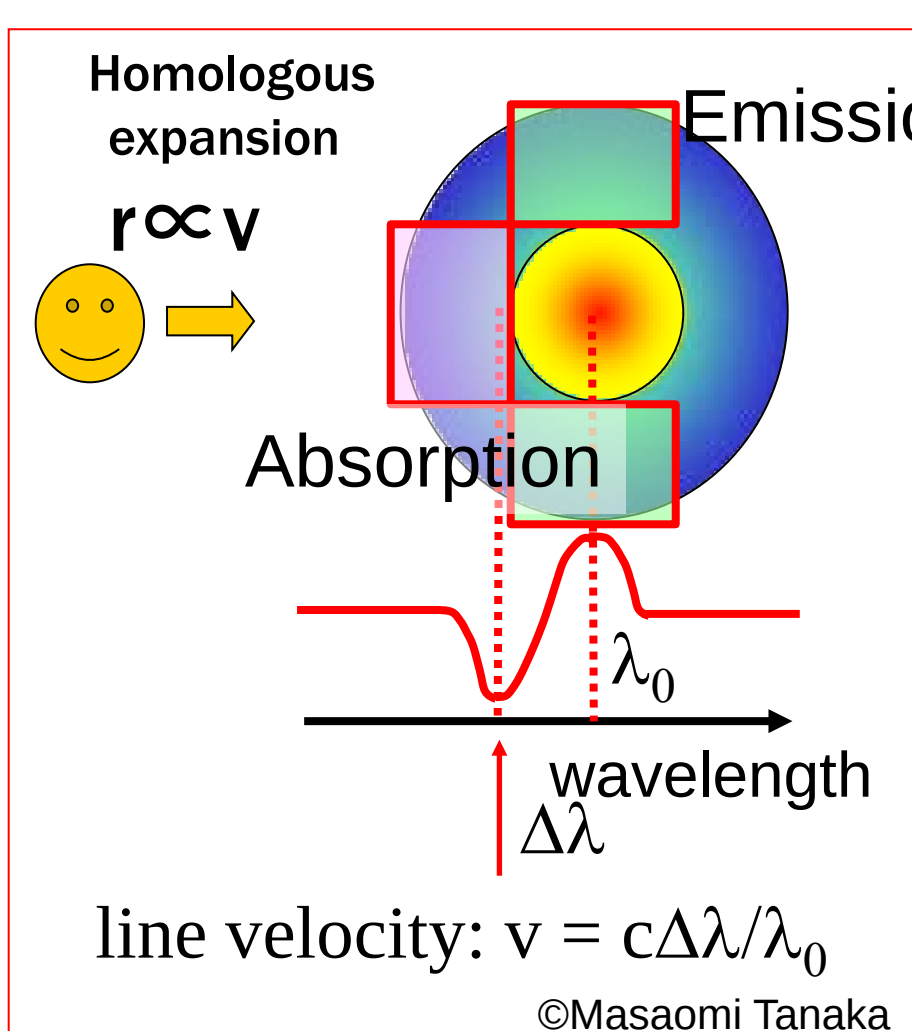


$$L_{plateau} \propto R_{preSN}^{2/3} E^{5/6} M_{env}^{-1/2}$$

$$t_p \propto R_{preSN}^{1/6} E^{-1/6} M_{env}^{1/2}$$

Eastman + 94

スペクトル



光球の速度

$$v_{ph} \propto (E / M_{ej})^{1/2}$$

I型超新星

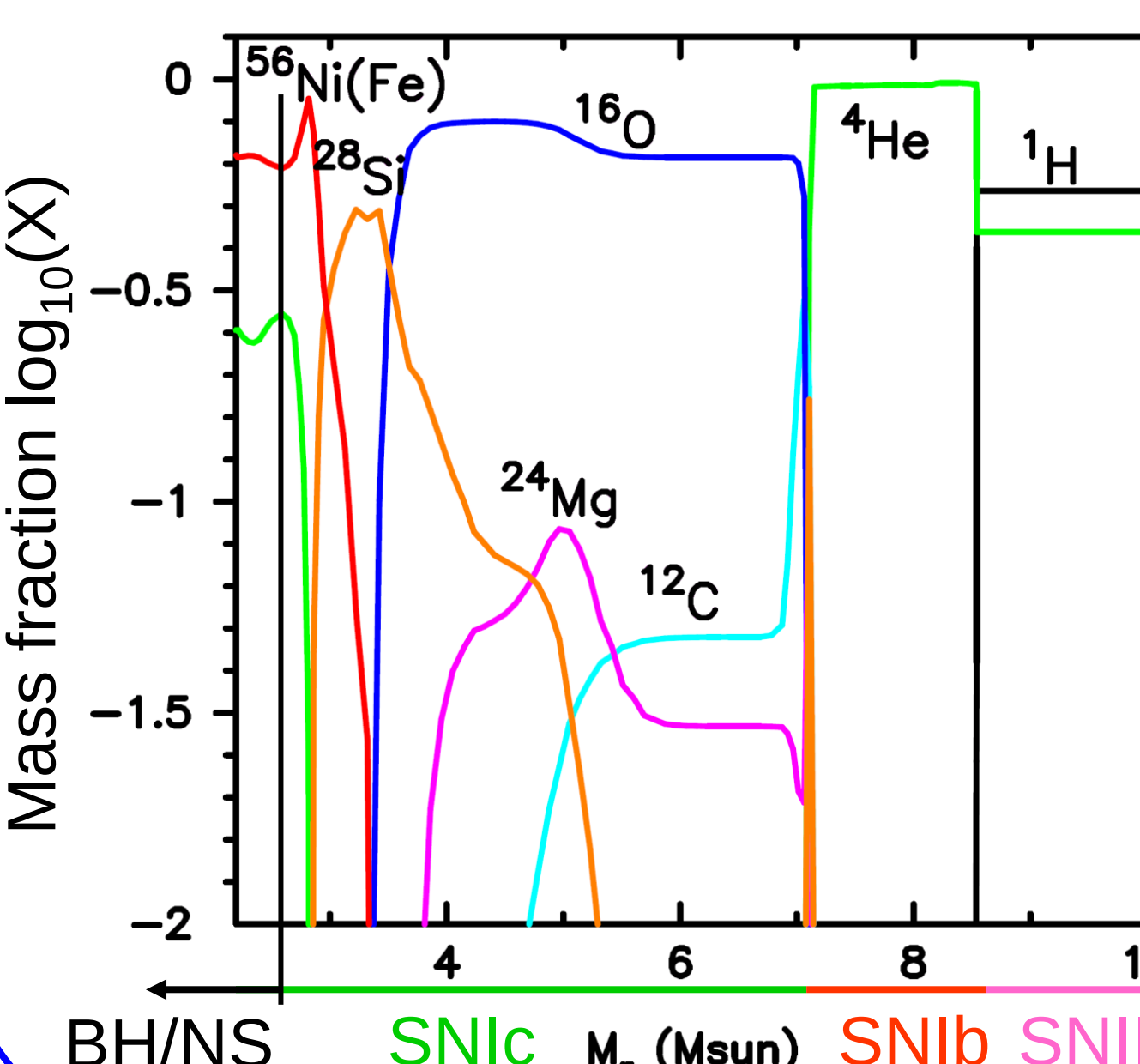
M_{ej}, M(⁵⁶Ni), E

II型超新星

+M_{env}, R_{preSN}

親星への制限(重力崩壊型超新星)

爆発後の放出物質の内部構造



M_{ej}, E, M(⁵⁶Ni), M_{env}
(光度曲線 & スペクトル)

↓ 超新星元素合成計算

M_{rem}

(E & M(⁵⁶Ni))

↓

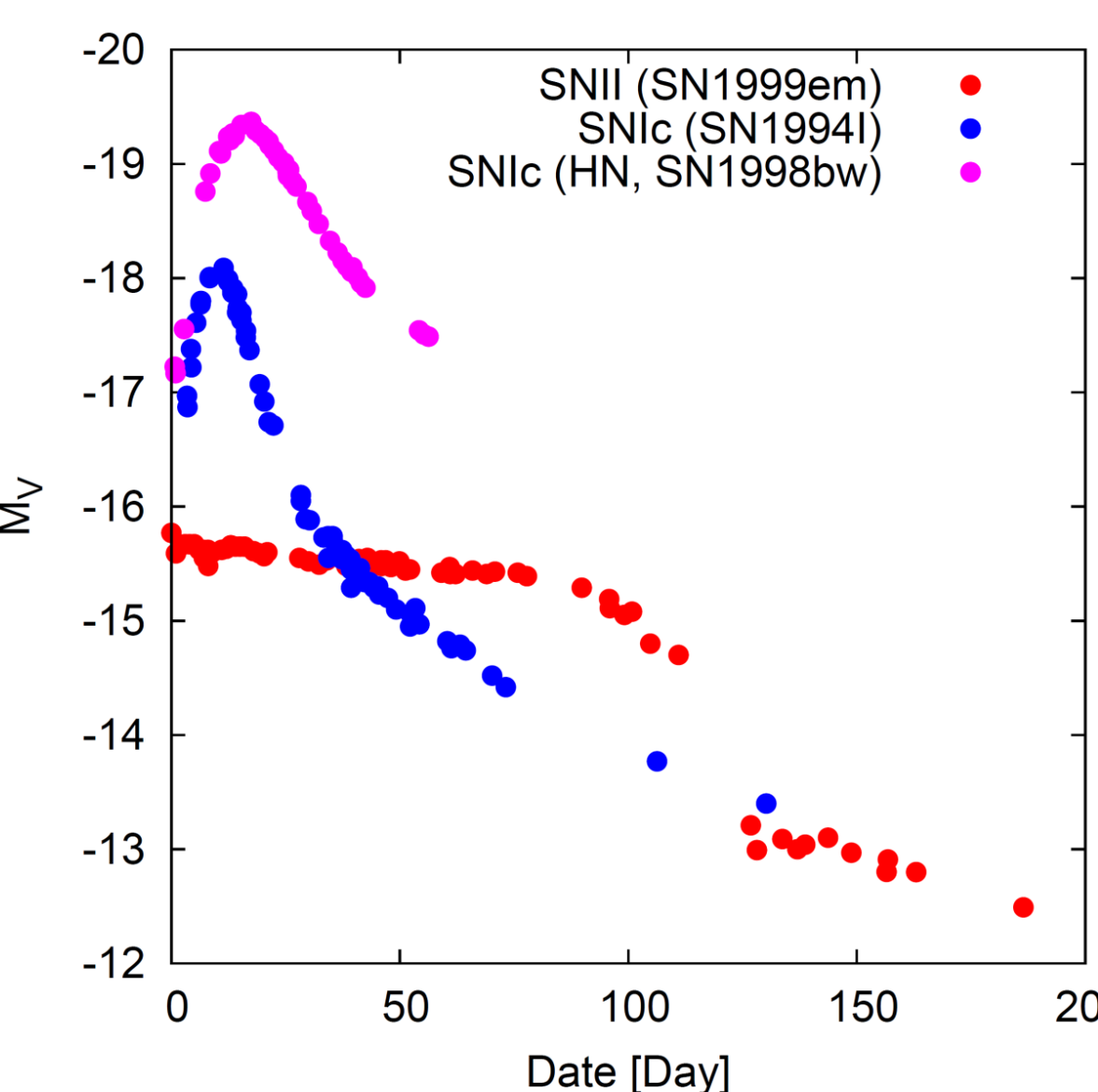
M_{core}, (R_{preSN})

(= M_{ej} + M_{rem} (-M_{env}))

↓ 星の進化計算

M_{ms}

光度曲線



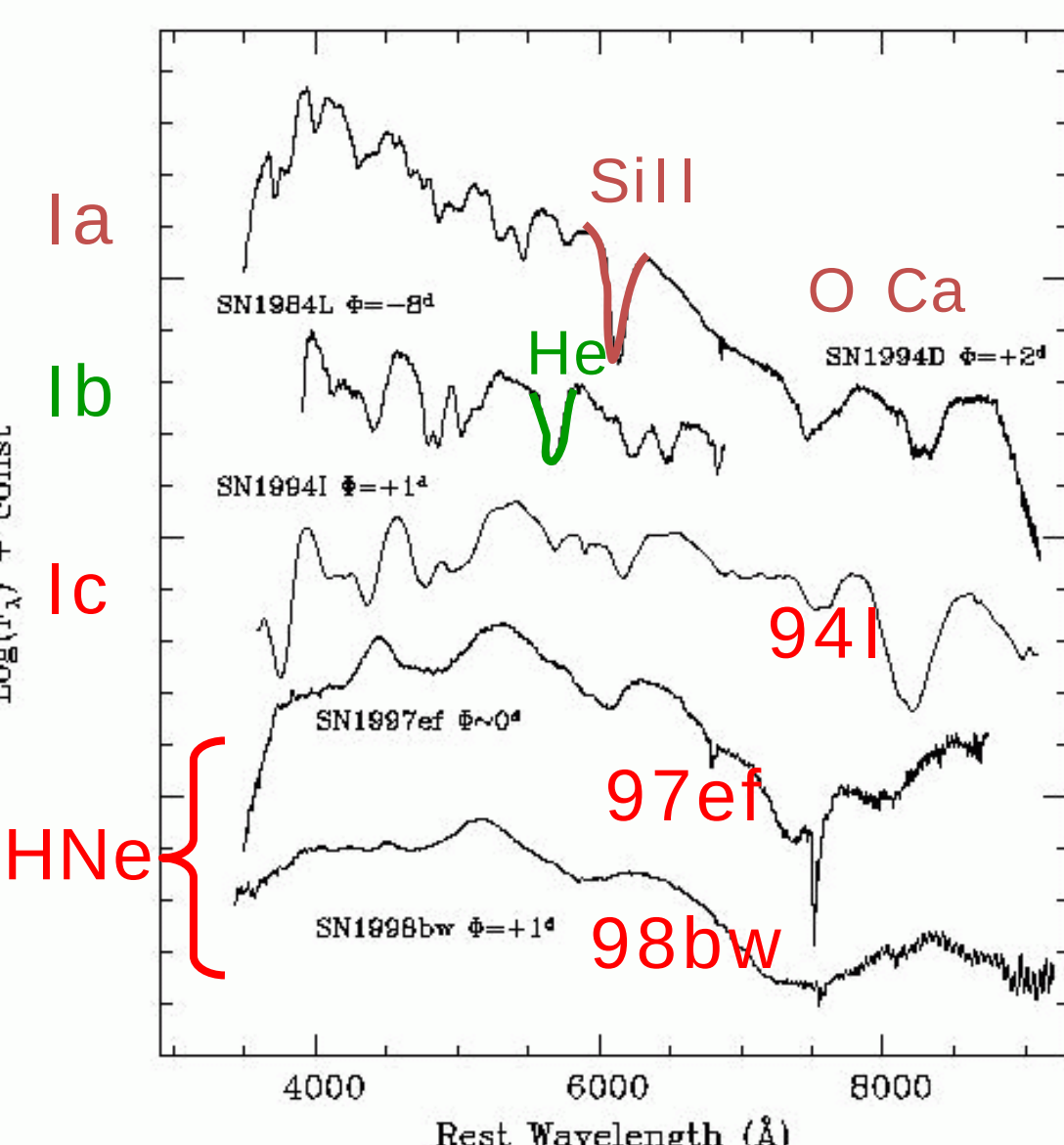
超新星のtime scale

数十日~数百日

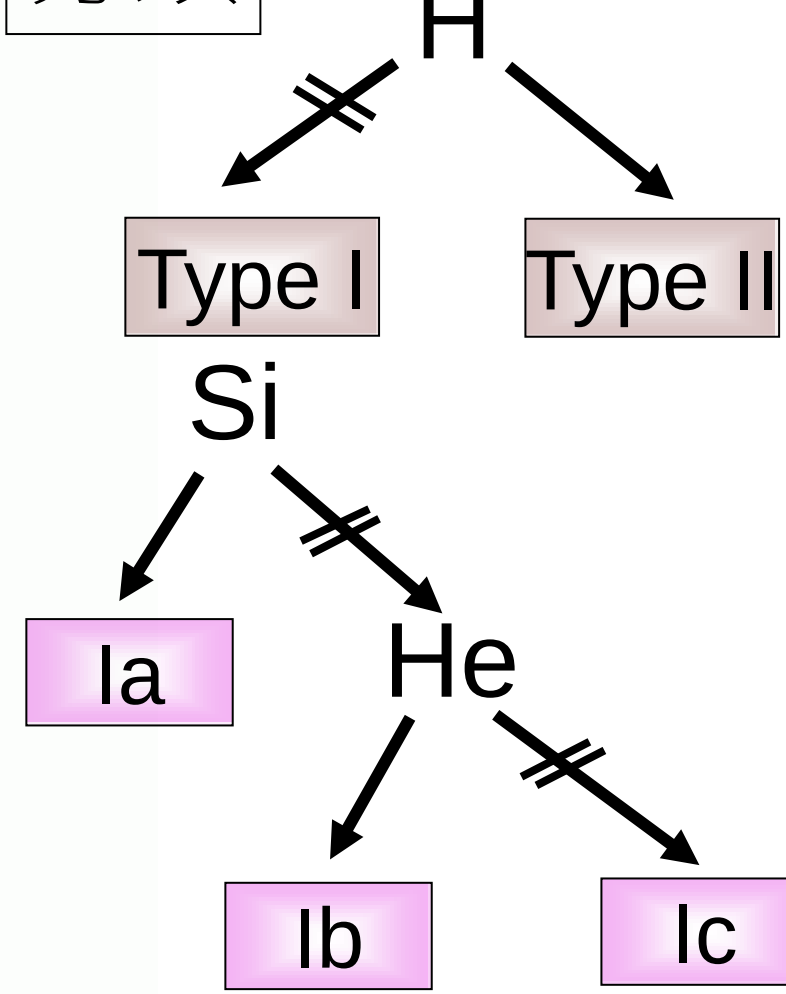
即時観測かつ継続観測が重要

↓
中小望遠鏡での明るい(近傍の)超新星の継続観測

スペクトル



分類



核爆燃型超新星 (Ia型超新星)

白色矮星(M_{ZAMS}<8M_⊙)がChandrasekhar質量へ

・伴星からの質量降着 (Single Degenerate)

・白色矮星合体 (Double Degenerate)

非常に明るく、その明るさがほぼ等しい

宇宙項の発見 (Riess + 98, Perlmutter + 99)

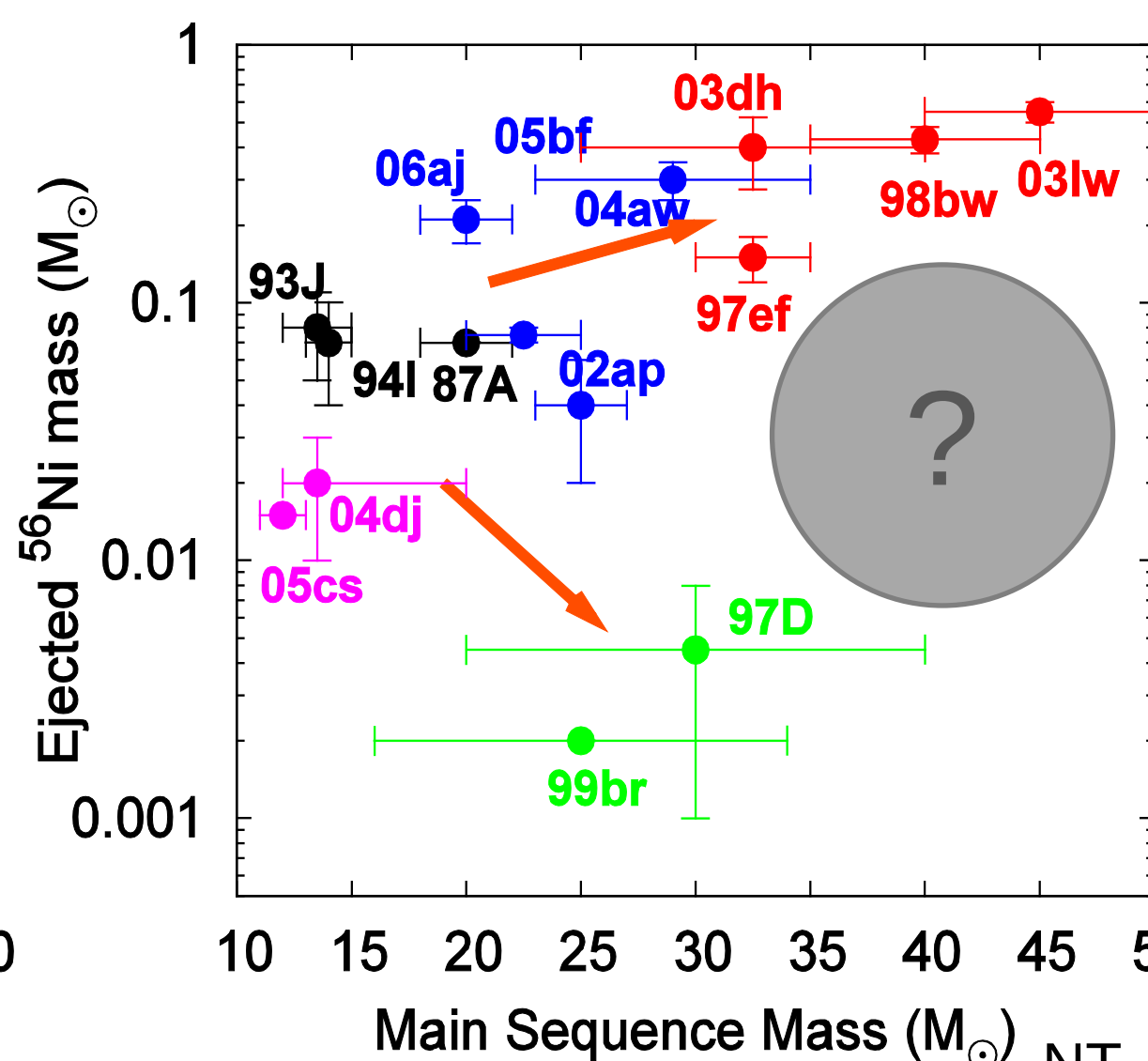
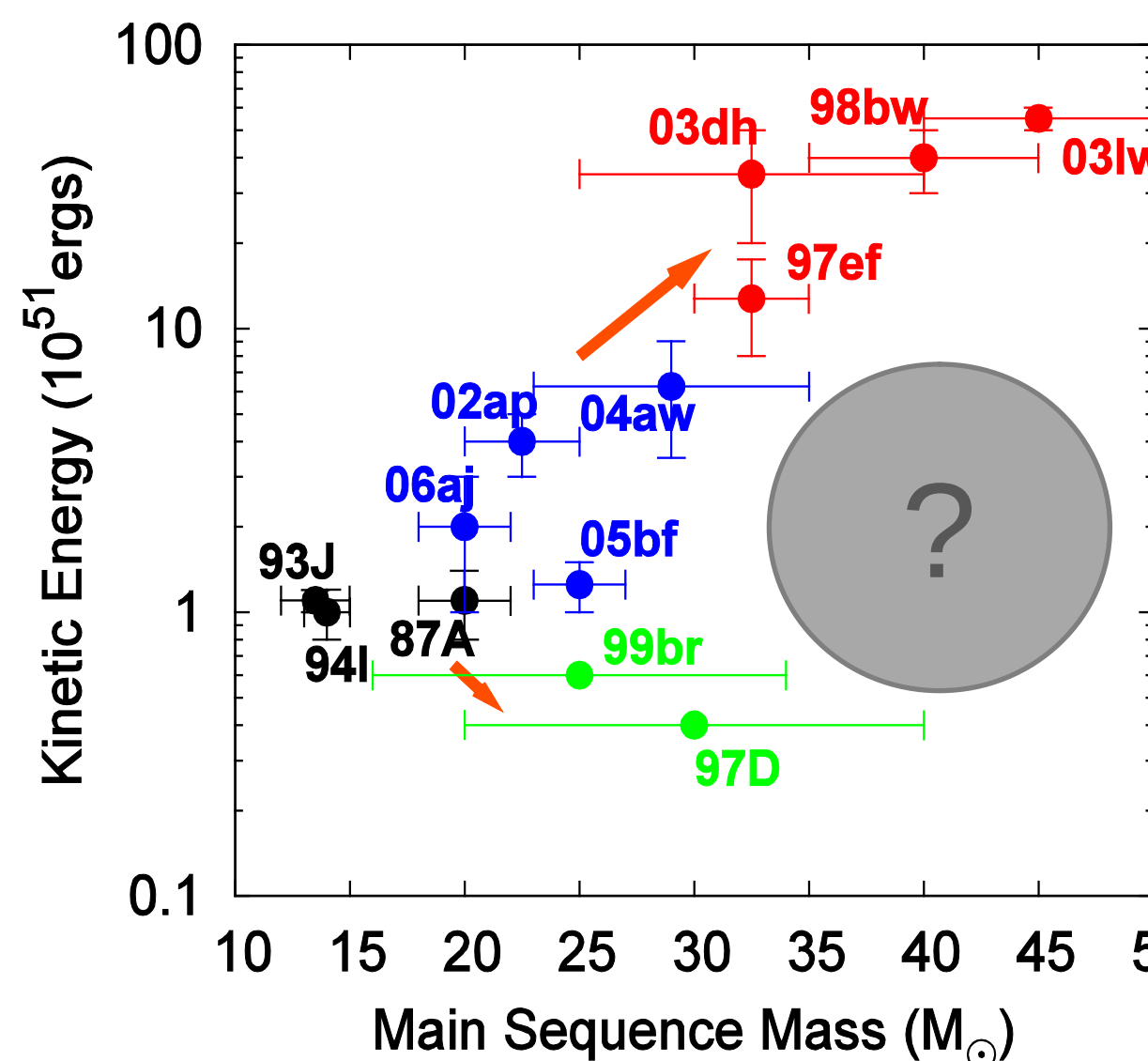
重力崩壊型超新星 (II, Ib, Ic型超新星)

M_{ZAMS}>8M_⊙の大質量星

・M_{ZAMS}=8-10M_⊙: 電子捕獲による重力崩壊

Crab Nebular など

・M_{ZAMS}>10M_⊙: 鉄の光分解・ニュートリノ放出による重力崩壊



4つのクラスの超新星が同定されている

Hypernovae

M_{ZAMS}>25M_⊙, E>10⁵²ergs, M(⁵⁶Ni)~0.3M_⊙

Normal SNe

M_{ZAMS}<25M_⊙, E~10⁵¹ergs, M(⁵⁶Ni)~0.07M_⊙

Faint massive SNe

M_{ZAMS}>20M_⊙, E<10⁵¹ergs, M(⁵⁶Ni)~0.005M_⊙

Faint low-mass SNe

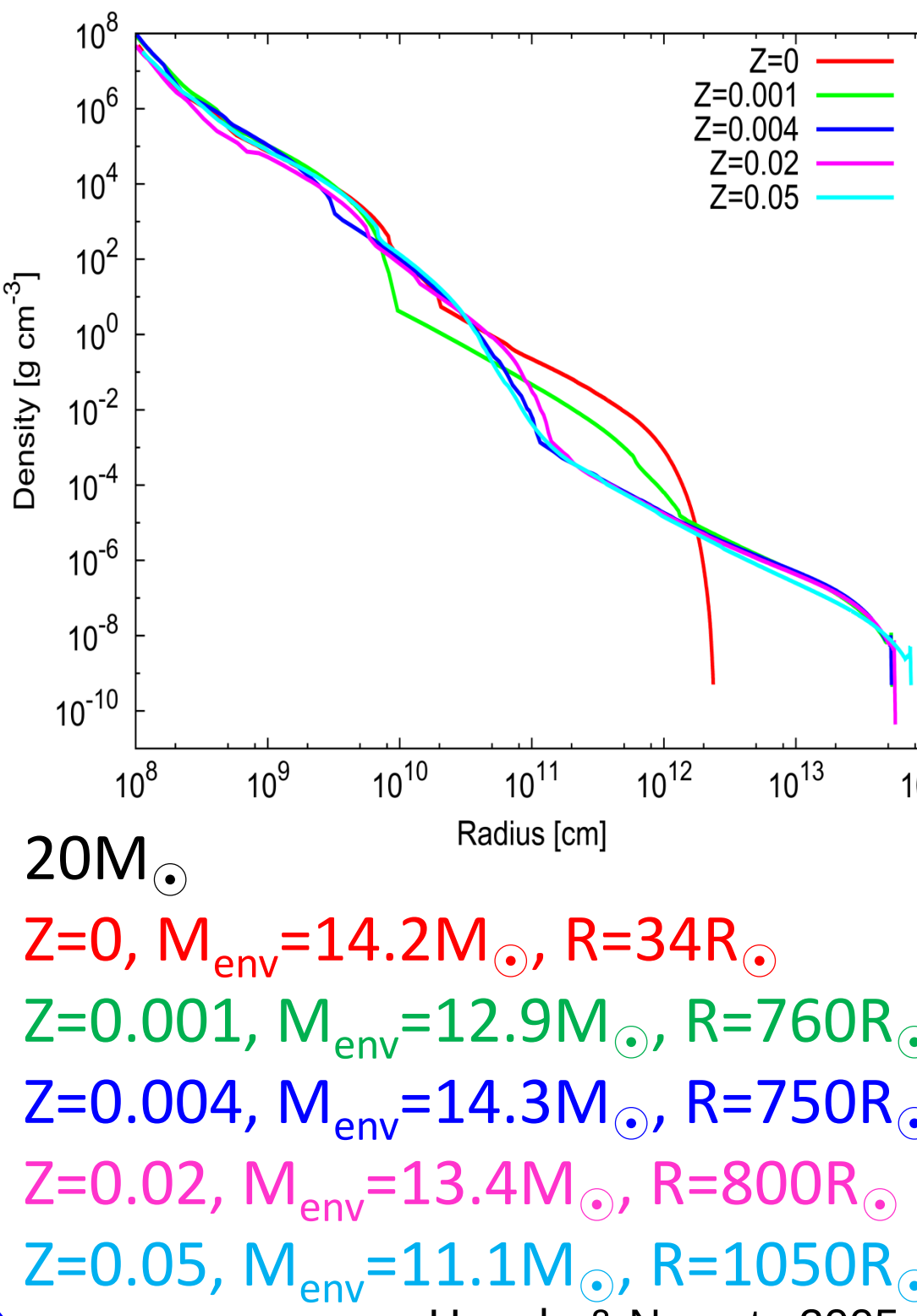
M_{ZAMS}<15M_⊙, E<10⁵¹erg, M(⁵⁶Ni)~0.02M_⊙

Massive SNe with 10⁵¹erg の存在?

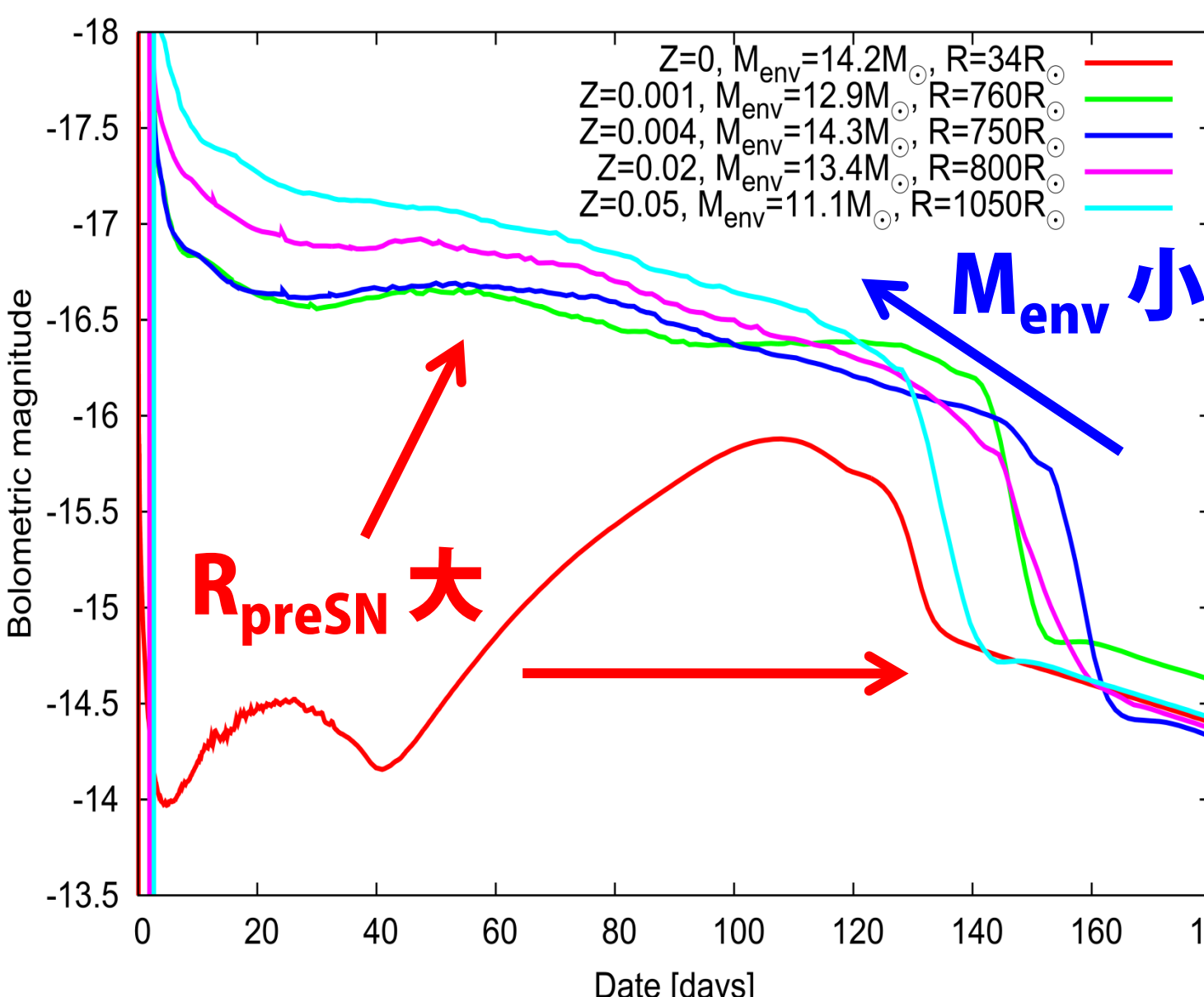
NT + 07; Tanaka, NT, + 08

IIP型超新星: 多色光度曲線→金属量依存性

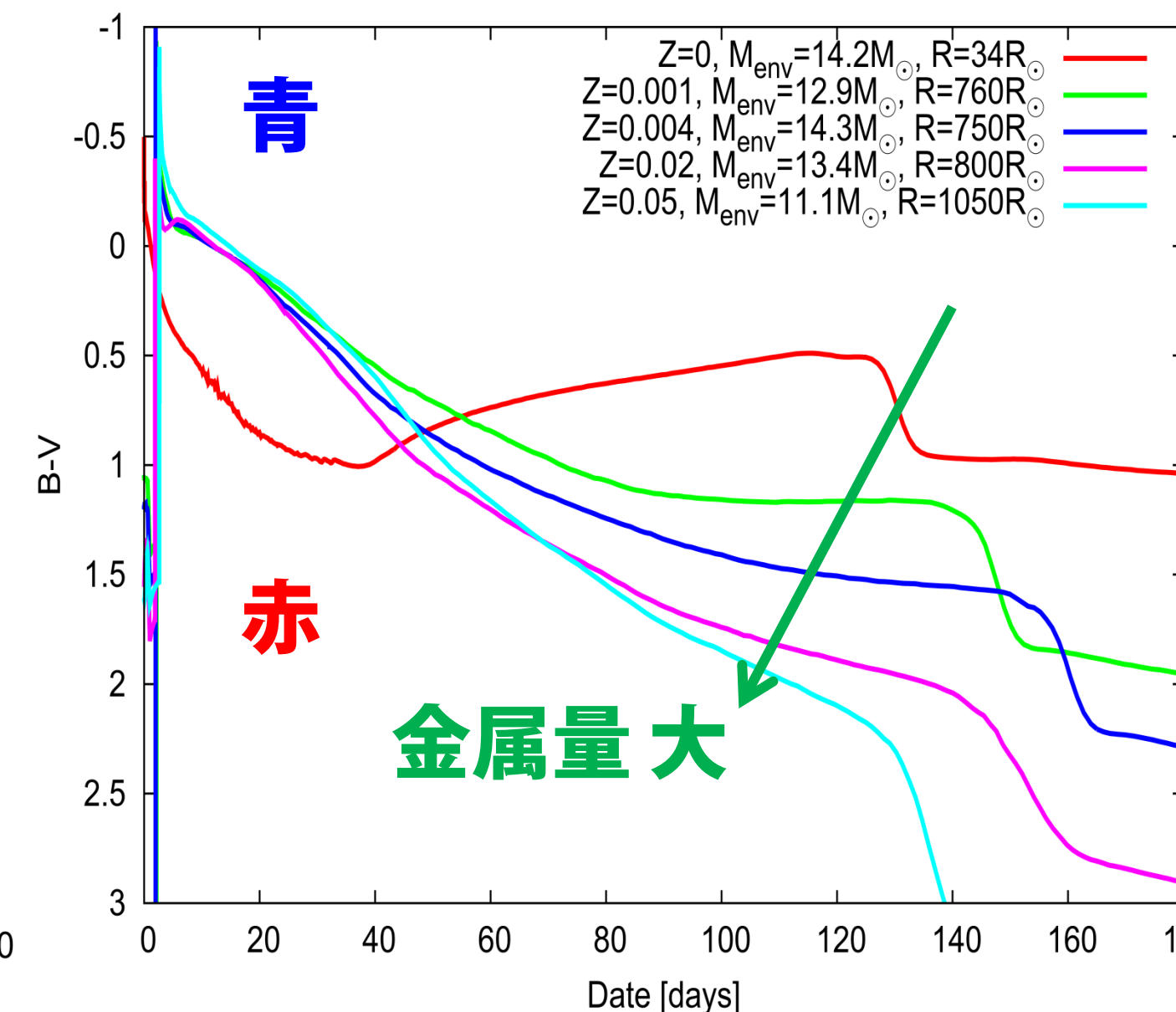
親星モデル



Bolometric LC



Color evolution



Z=0を除きBolometric LCはあまり変わらないが、
金属量が高いSNではOpacityが大きく光球がより外層へ。
→光球の温度が下がり超新星はより赤く進化する。