

# IIb/Ib遷移超新星SN 2016bauの 可視近赤外観測

博士課程前期1年 河原 直貴

広島大学大学院理学研究科  
物理学専攻

川端弘治、高木勝俊、中岡竜也、川端美穂(広島大)、山中雅之(甲南大)、  
他かなた望遠鏡チーム

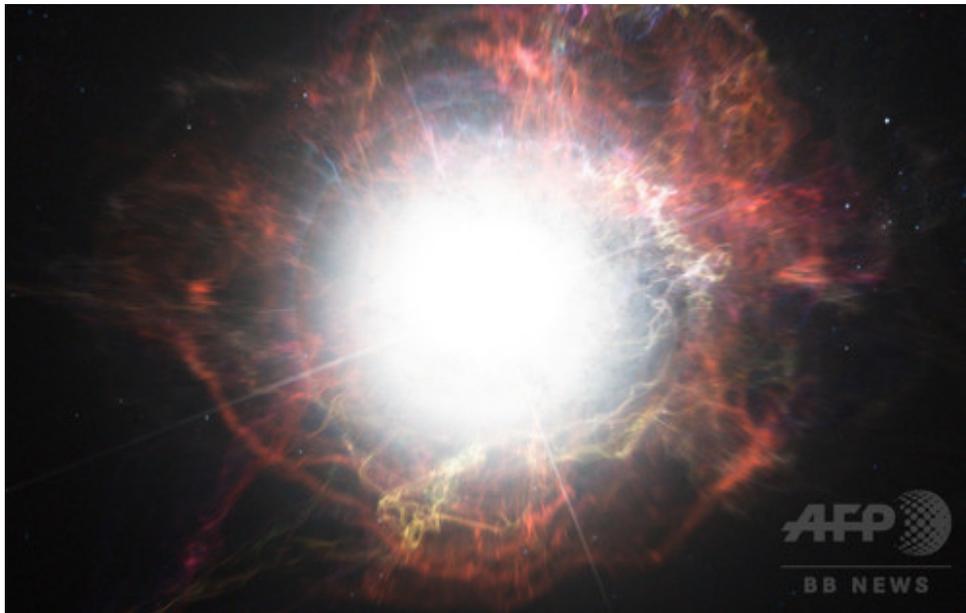
# Index

- ◆ Introduction
- ◆ Telescope/Instrument
- ◆ SN 2016bau
  - Light-Curve
  - Spectra
  - Parameters of Supernova
- ◆ Summary

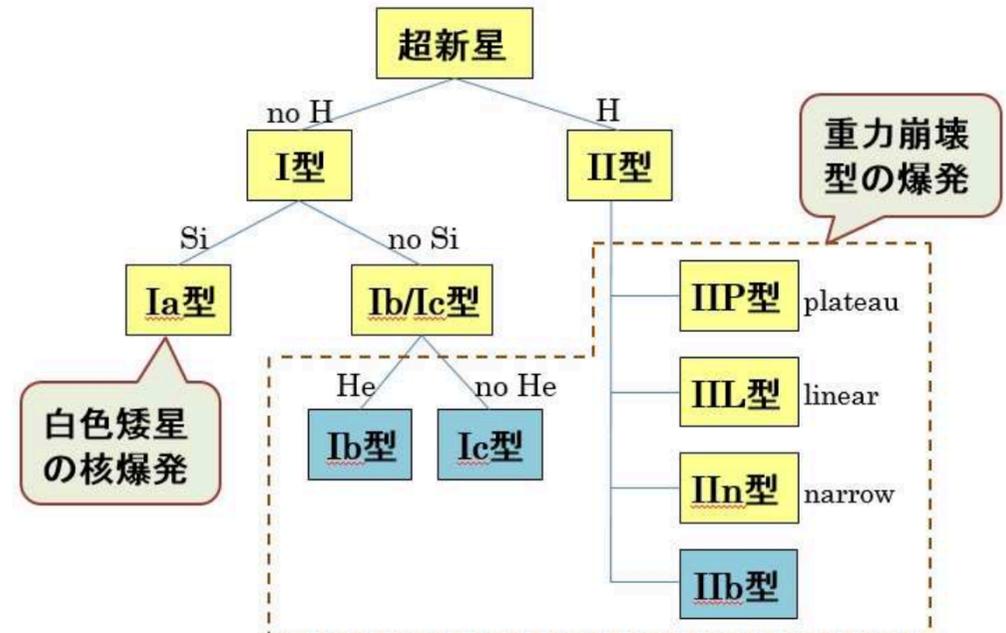
# Introduction

## 超新星

重い星 ( $> 8-10M_{\odot}$ ) が一生の最期に起こす爆発  
種類はスペクトル(+光度曲線)により分類される

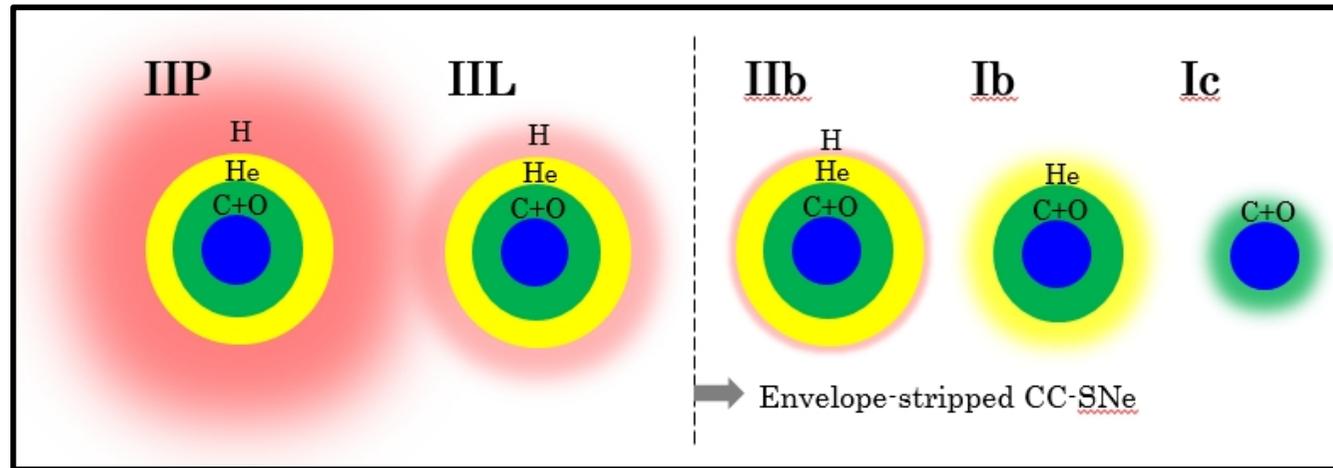


(c)AFP/EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY/M.Kornmesser



# Introduction

## 重力崩壊型超新星の親星



- Ib型超新星：親星のH外層がない、  
Ic型超新星：親星のH外層、He外層がない  
⇒ 親星はウォルフ-ライエ星と予想される
- Ib型超新星には質量が軽いものも見ついている  
⇒ 軽い親星では恒星風が弱くウォルフ-ライエ星とはなり得ない  
親星のH外層がない原因は、連星系による外層剥ぎ取りかもしれない

# Introduction

## 本研究の背景/目的

◆重力崩壊型超新星では鉄より重い元素を作り  
宇宙の化学進化や我々の起源を探る上で重要である

### ◆Type Ib SNe

- 爆発の詳細なメカニズム
- 親星
- IbとIIb、とIbとIcの境界

は現在も議論中である

⇒ 密な観測サンプルを増やすことは有用である

本研究では、  
近傍銀河に現れたIb型超新星SN 2016bauの素性を探る

# Telescope/Instruments

<望遠鏡>

かなた望遠鏡 (1.5m)

場所：東広島天文台 (広島県)

<検出器>

**HOWPoI**

可視 - 測光、分光、偏光

**HONIR**

可視 & 近赤外 - 測光、分光、偏光、偏光分光



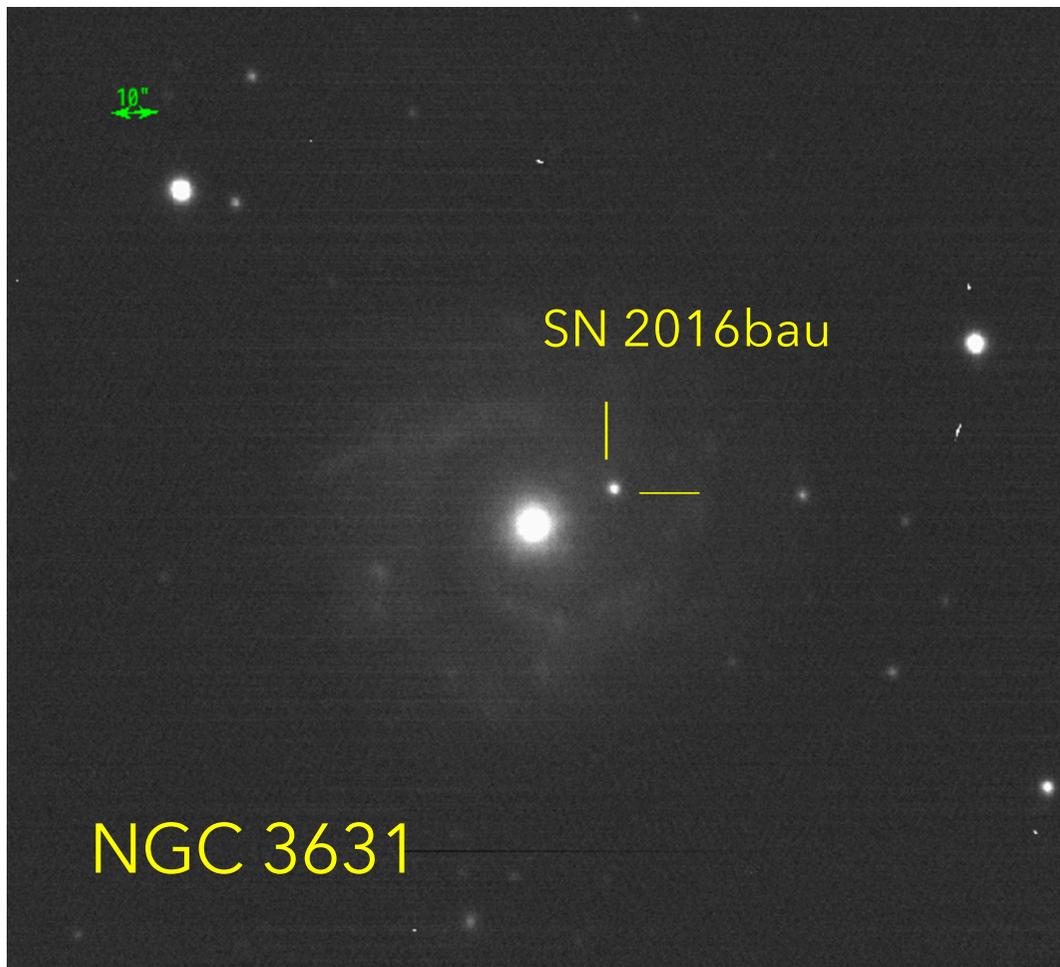
# SN 2016bau (type Ib)

発見日:2016年3月13日 (Ron Arbour)

Type:Ib型超新星

母銀河: NGC 3631(d~16.7Mpc).

$\alpha = 11\text{h } 20\text{m } 59\text{s} .02$  and  $\delta = +53^\circ 10' 25'' .6$

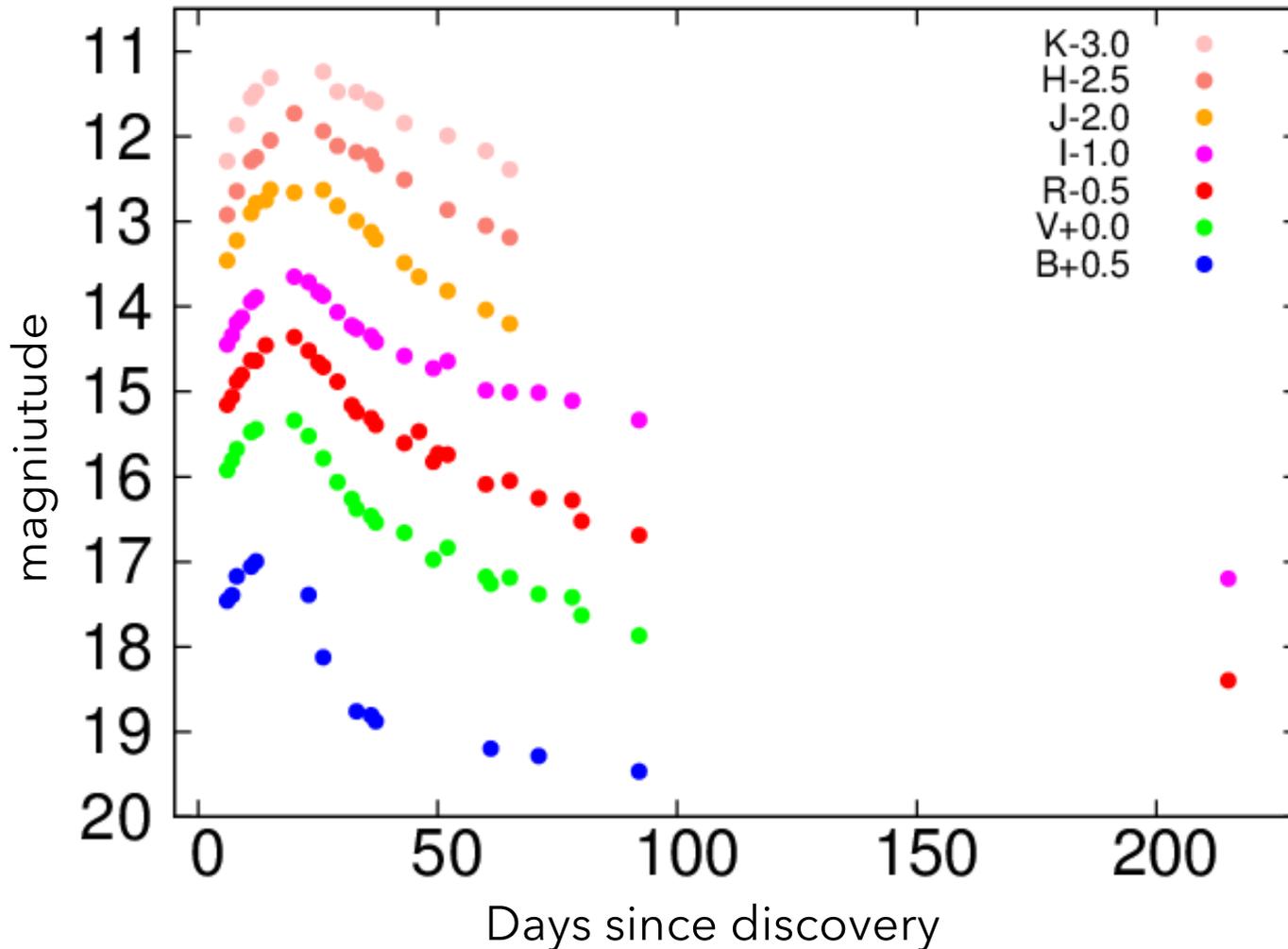


2016年3月19日より  
かなた望遠鏡で観測開始

- 測光 (28晩)
- 分光 (17晩)

# Light-Curves

銀河吸収を補正した光度曲線



極大等級

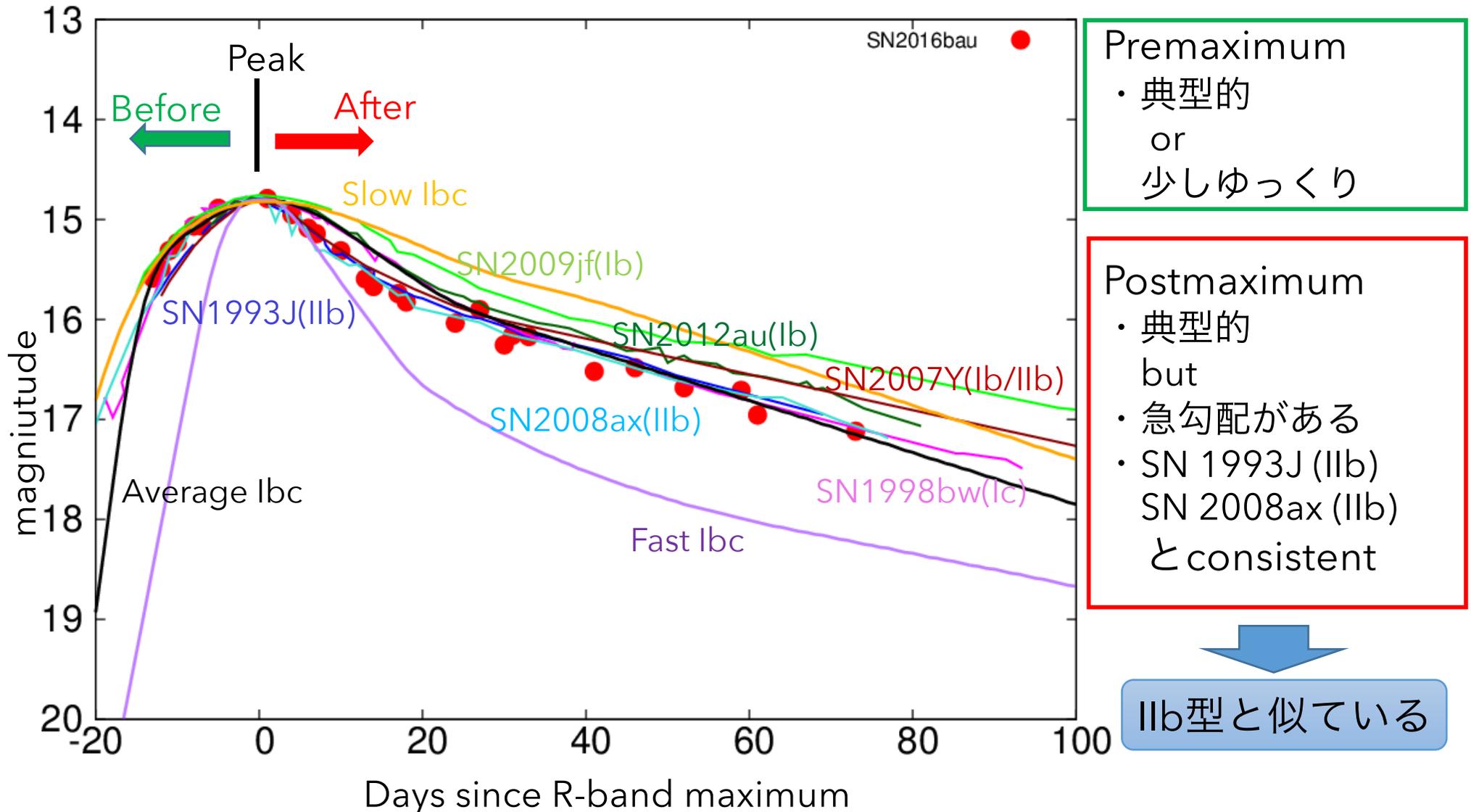
Ks ~ 14.2 [mag]  
 H ~ 14.3 [mag]  
 J ~ 14.6 [mag]  
 I ~ 14.6 [mag]  
 R ~ 14.8 [mag]  
 V ~ 15.3 [mag]  
 B ~ 16.5 [mag]

極大絶対等級

Ks ~ -16.9 [mag]  
 H ~ -16.8 [mag]  
 J ~ -16.5 [mag]  
 I ~ -16.5 [mag]  
 R ~ -16.3 [mag]  
 V ~ -15.8 [mag]  
 B ~ -14.6 [mag]

# Comparison of LC

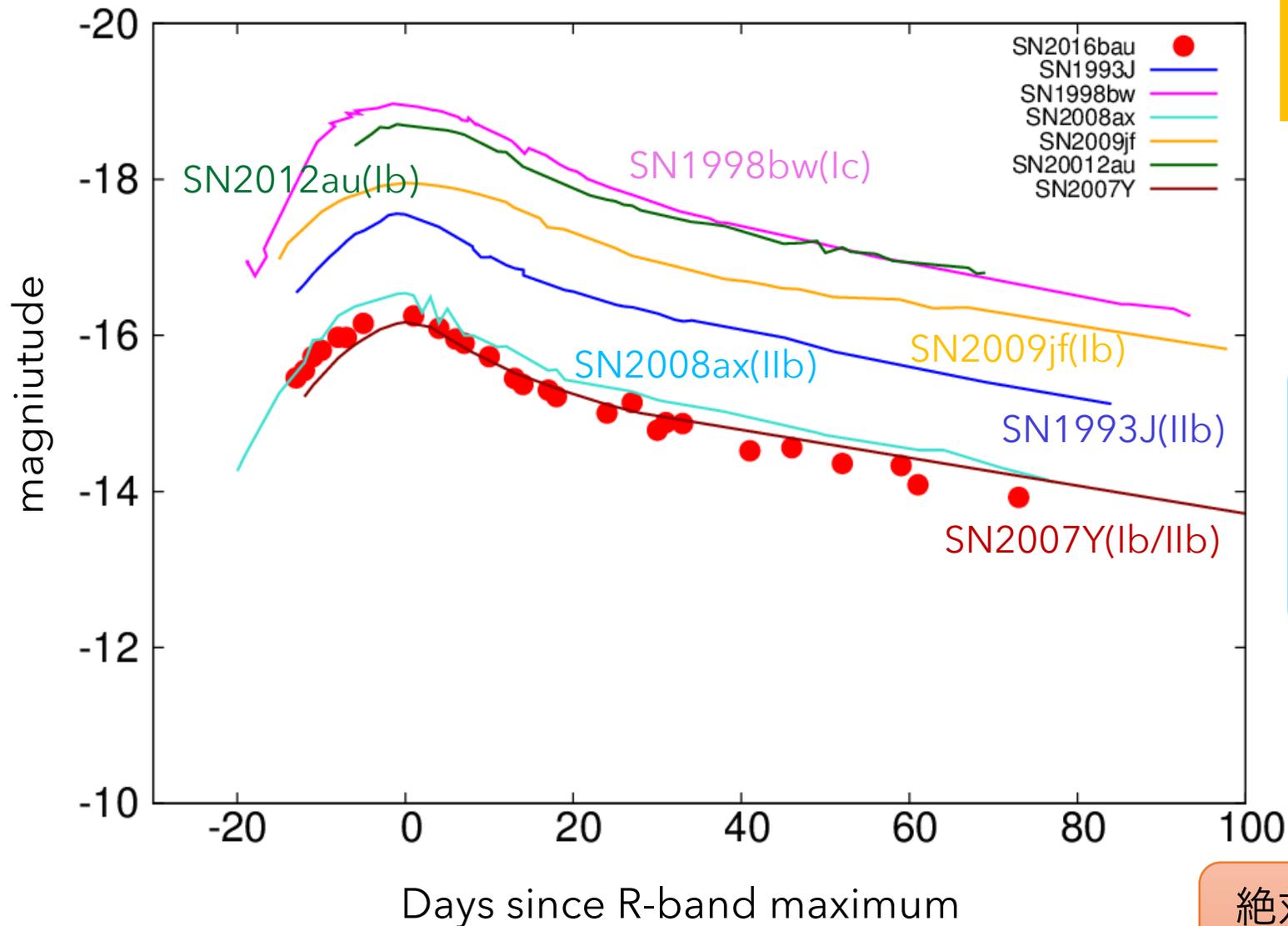
他のIbc型、IIb型とのRバンドでの比較



Slow, Average, Fast の光度曲線はLick Observatory Supernova Search(LOSS) より  
(Li et al. 2011)

# Comparison of LC in absolute magnitude

他のIbc型、IIb型とのRバンドでの比較



絶対等級

$R_{\max} \sim -16.3$  [mag]

→ 暗め

平均 (type Ib)

$-17.9 \pm 0.9$  [mag]

(Drout et al. 2011)

絶対等級のLC

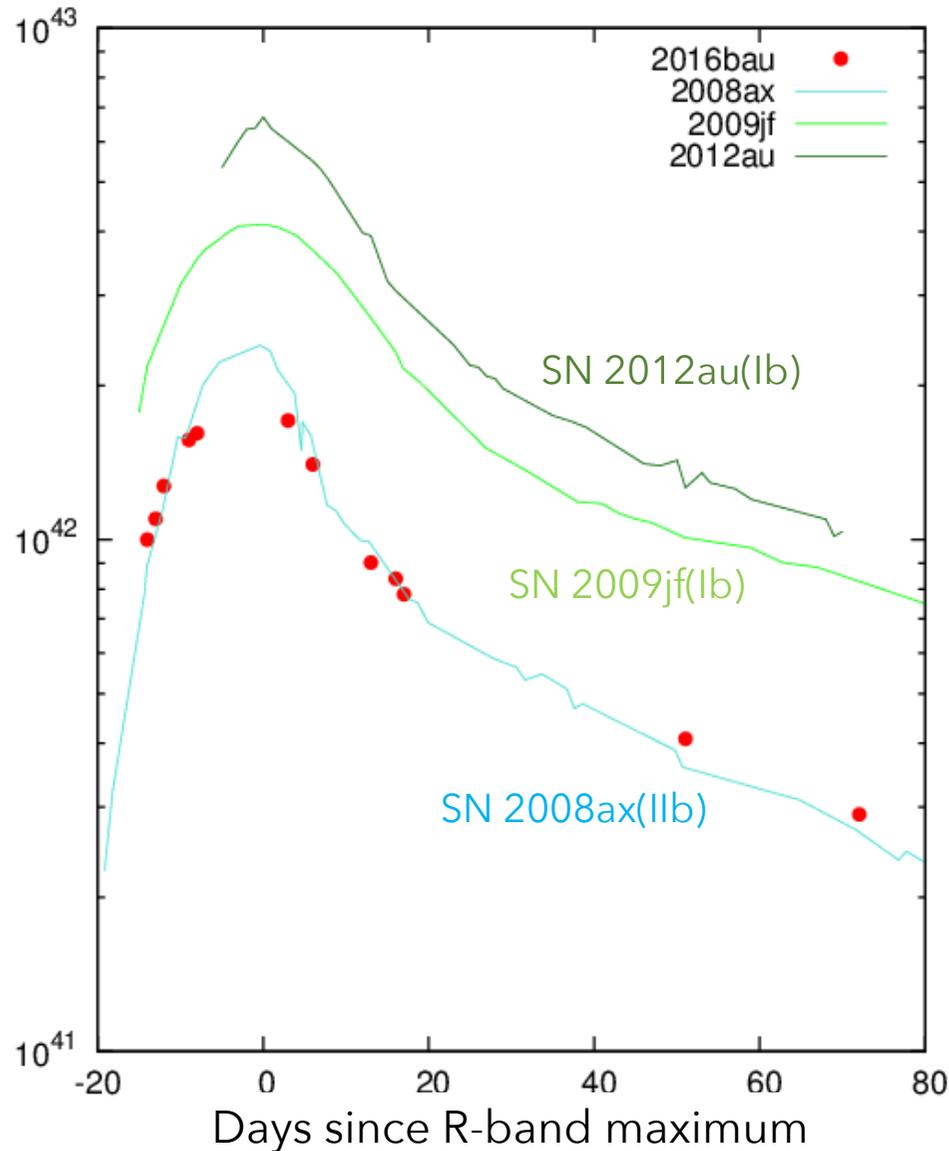
- SN2008ax (IIb)
  - SN2007Y (Ib/IIb)
- と近い



絶対等級のLCはIIb型  
と似ている

# Bolometric luminosity/Ni(56) mass

BVRIバンドで得られたルミノシティが全ルミノシティの6割であると仮定して計算する(Tomita et al. 06).



総輻射光度のピーク付近のデータは得られなかった

SN 2008axと総輻射光度曲線、絶対光度曲線が概ね一致していることから極大光度を見積もると

極大光度

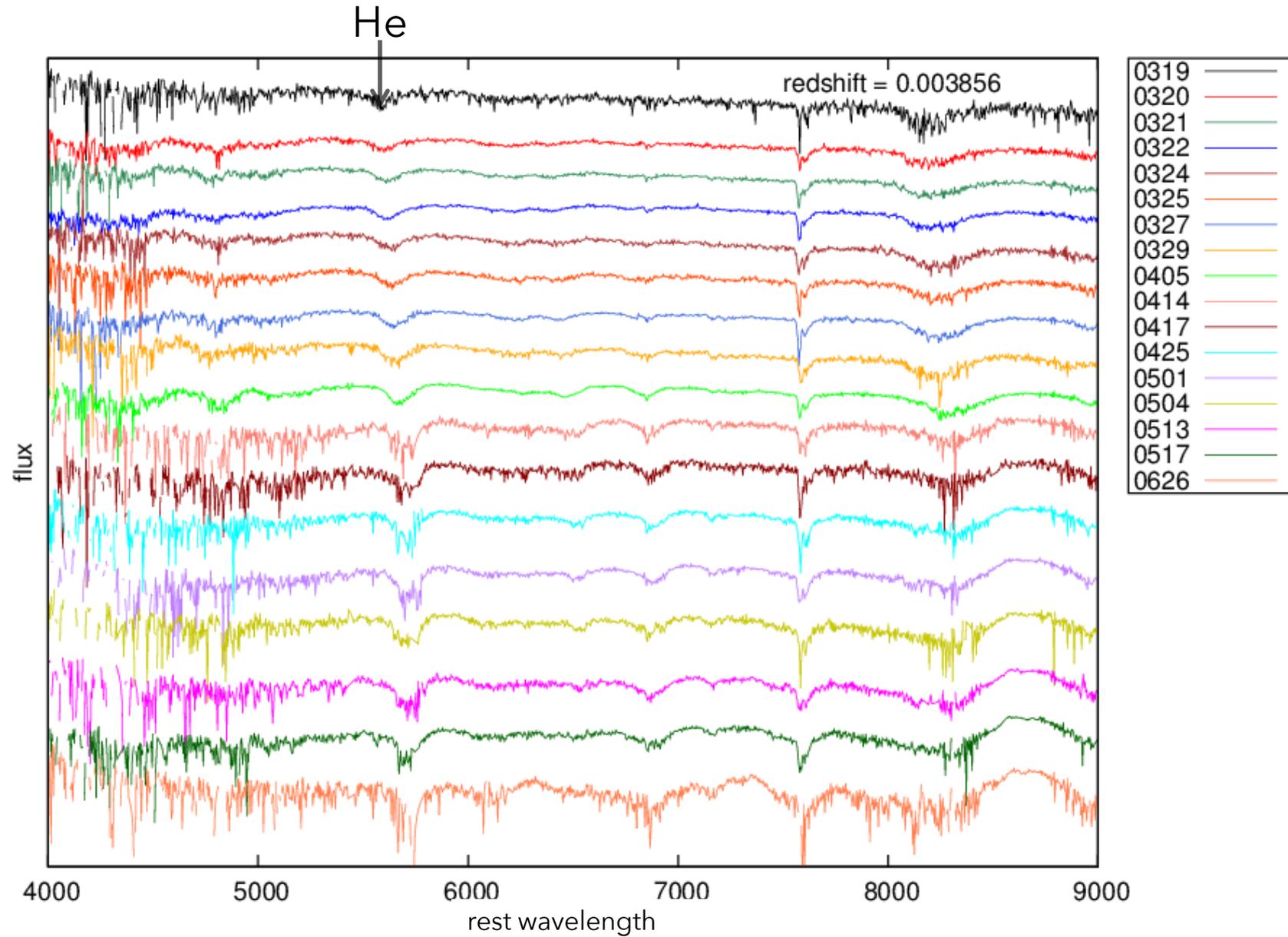
$$L_{\max} \sim 2 \times 10^{42} \text{ [erg/s]}$$

Ni(56) mass

$$M_{Ni} \sim 0.1 M_{\odot}$$

# Spectra

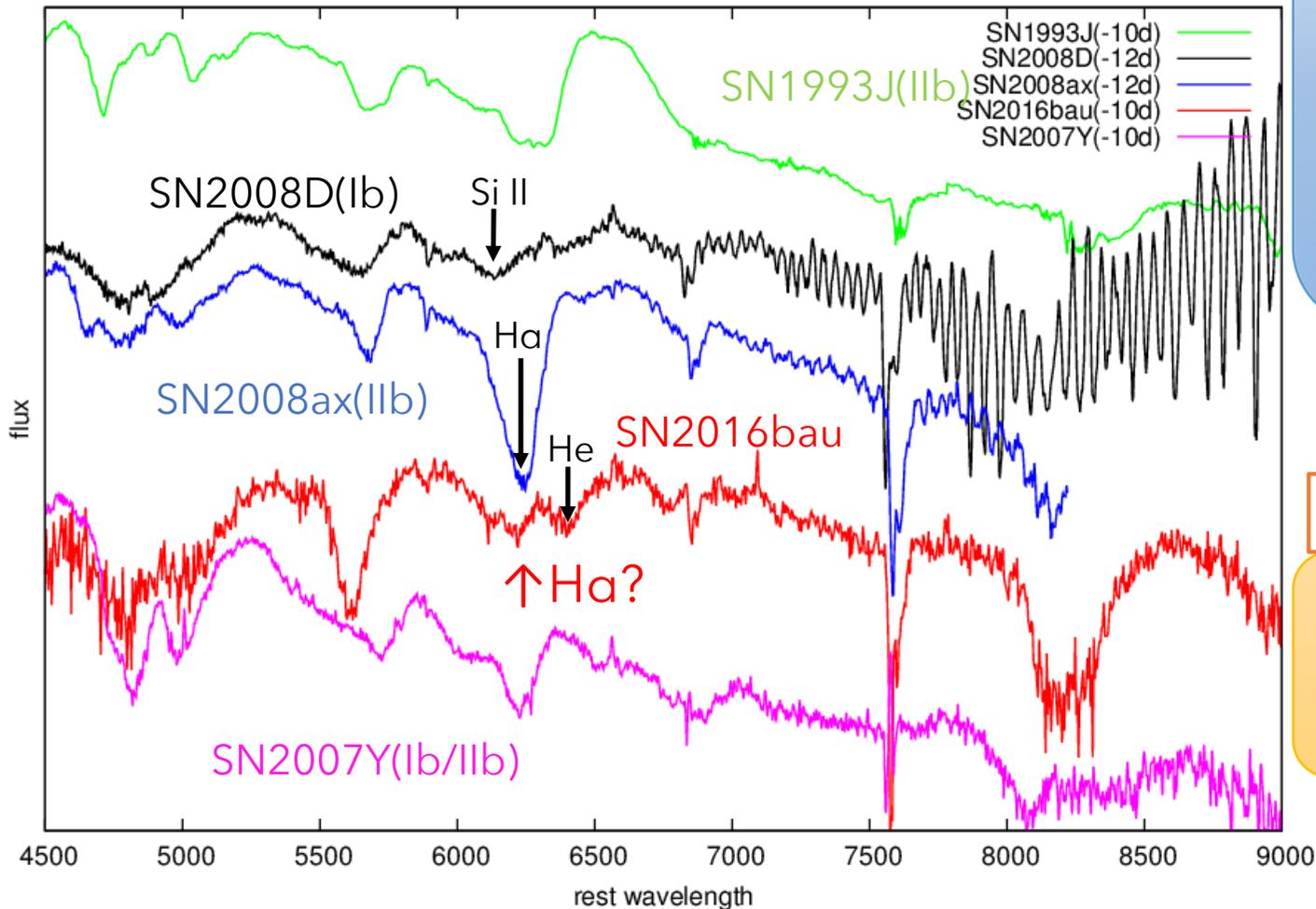
観測開始より3ヶ月間のスペクトルの時間進化



# Comparison of spectrum (~-10day)

## 他の超新星とのスペクトル比較

Days since R-band maximum



I Ib型

6200Å付近に吸収線  
 → 水素

I b型

6200Å付近に吸収線  
 は見られない

↓ However

SN 2016bau

SN 2008axのH $\alpha$ と  
 同じくらいの位置に  
 吸収線が見える

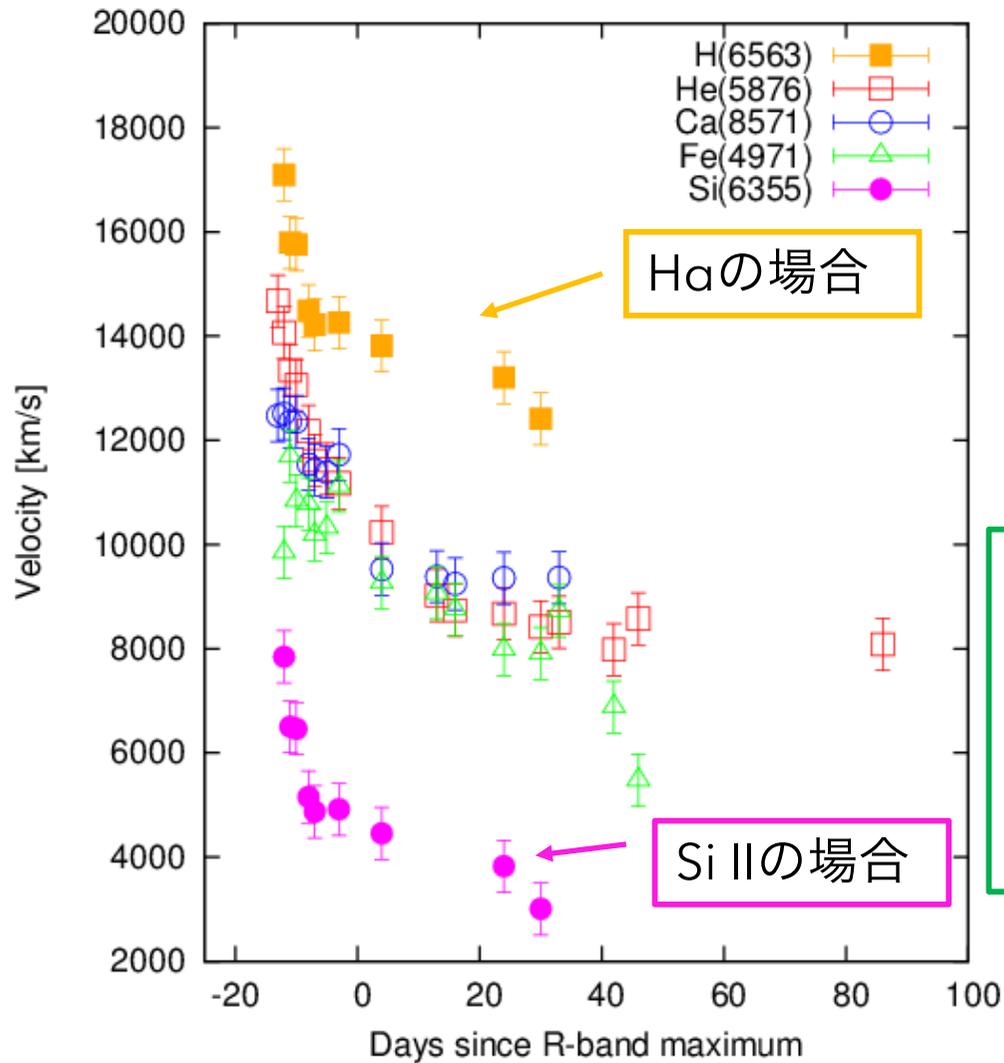
↓  
 H $\alpha$ ?



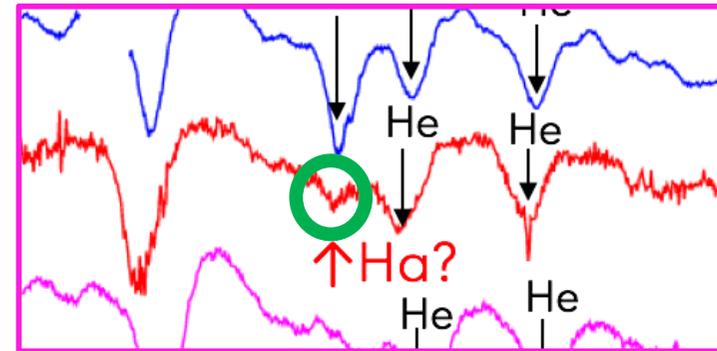


# Line velocity

## 線速度の時間進化



## ■ 6200Å 付近の吸収線は何か？



- Haだと仮定  
→黄色でplot
- Si IIだと仮定  
→紫色でplot

- H: 他の元素よりも速い  
→ 問題はない  
なぜなら 水素は最も外側に存在
- Si: 他の元素より有意に遅い  
→ Siが最も内側に存在したとは考えづらい  
→ 不自然

6200 Å付近の吸収線はHaが  
支配的であると考えer方が  
reasonableである

# Parameters of Supernova

爆発パラメータの導出 (Arnett 1982)

SN 2008axのパラメータを用いてスケーリング

$$t_r \propto \kappa^{1/2} M_{ej}^{3/4} E_k^{-1/4}$$

$$v \propto E_k^{1/2} M_{ej}^{-1/2}$$

$t_r$ はSN 2008axと同じと仮定

$$M_{ej} = 3.9 \pm 1.7 M_{\odot}$$

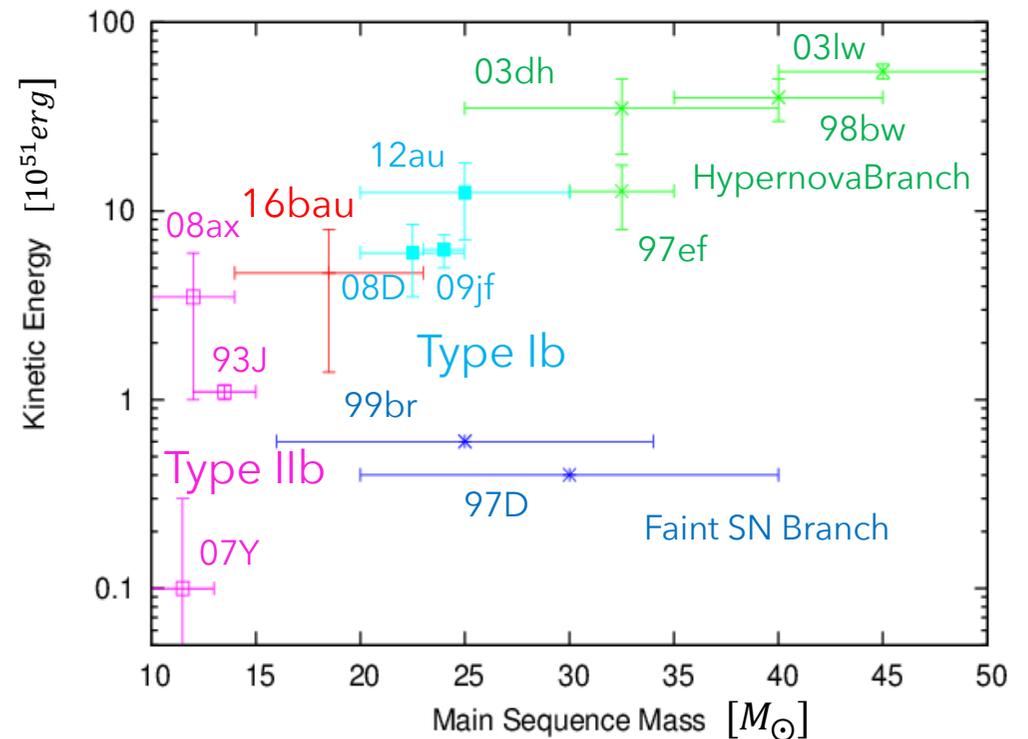
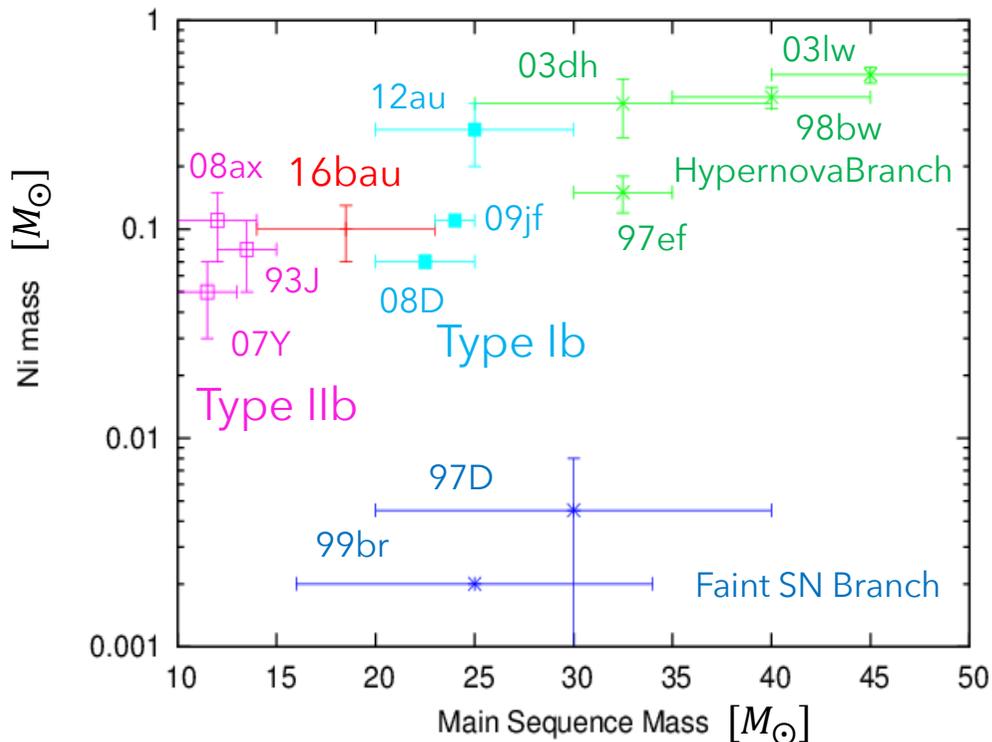
$$E_K = 4.7 \pm 3.3 \times 10^{51} \text{ erg}$$

$$M_{core} = 5.6 \pm 1.7 M_{\odot}$$

親星の初期質量の導出 (Sugimoto, D., & Nomoto, K. 1980)

$$M_{core} \cong 0.24 \log \left( \frac{M_{MS}}{M_{\odot}} \right) M_{MS}$$

$$M_{MS} = 14 \sim 23 M_{\odot}$$



# Summary

- SN 2016bauはIb型超新星として報告された

- LC

premaximum : 比較的ゆっくり  
postmaximum : IIb型超新星に類似



LCはIIb型超新星  
と類似

- Bolometric luminosity:  
SN 2008ax (IIb)とコンシステント

- Spectra

最初の15日間は薄い水素外層が見えていた可能性がある



SN 2016bauではIIb型と同じ特徴が見られた  
特にSN 2008axとは非常に似ている

爆発パラメータの比較では  
IIb型とIb型の中間に位置することがわかった

SN 2016bauはIIb型とIb型の遷移天体であるかもしれない