

2012/09/19

天文学会 超新星爆発 K12a

かなた望遠鏡による近傍Ib型超新星 SN 2012auの多色測光分光観測

高木勝俊(広島大学)

共同研究者

川端弘治(広島大学)、山中雅之(京都大学)、
伊藤亮介、浦野剛志、上野一誠、宇井崇紘、
森谷友由希、吉田道利(広島大学)、
笹田真人(京都大学)、ほかかなた望遠鏡チーム

もくじ

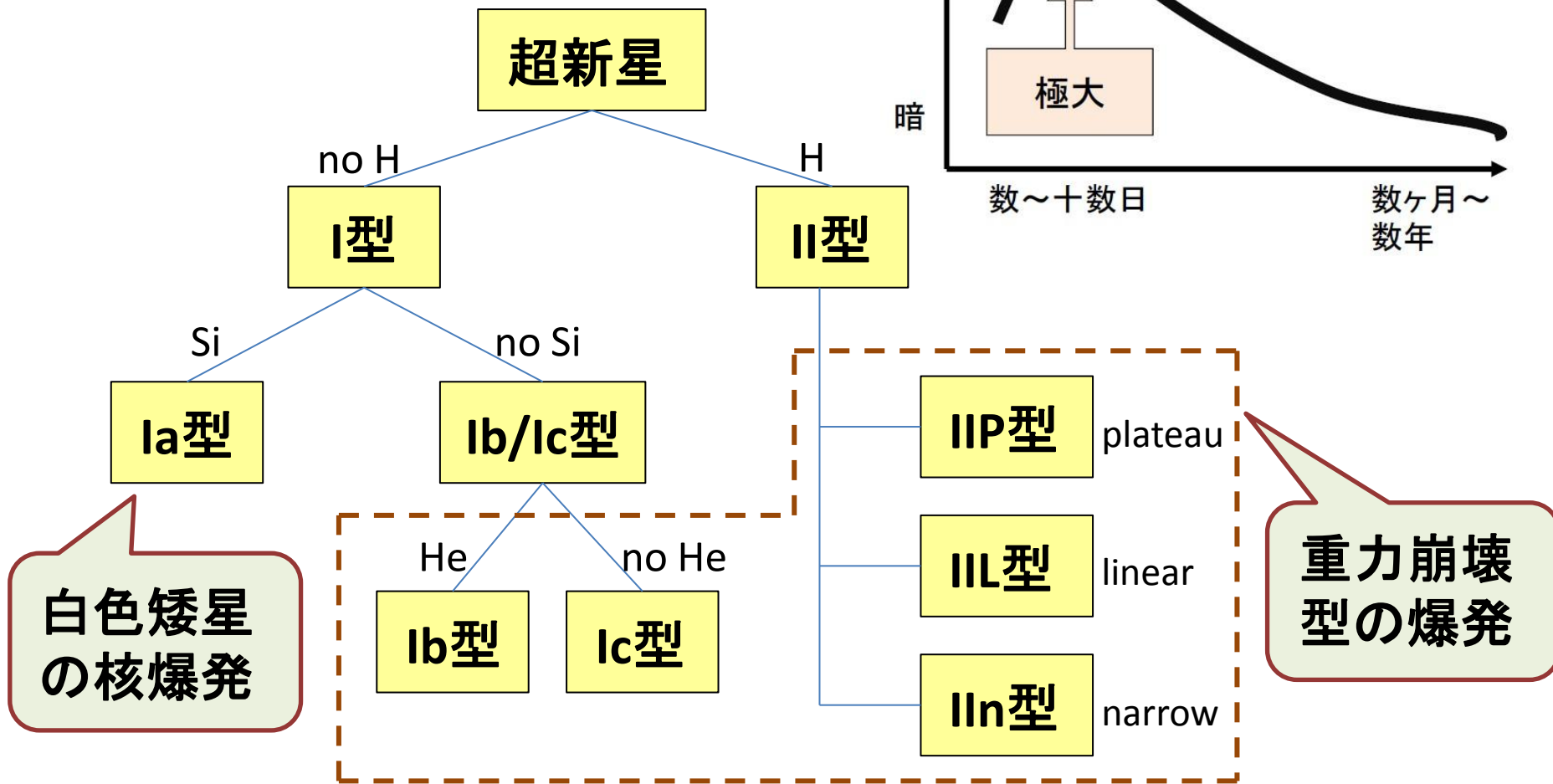
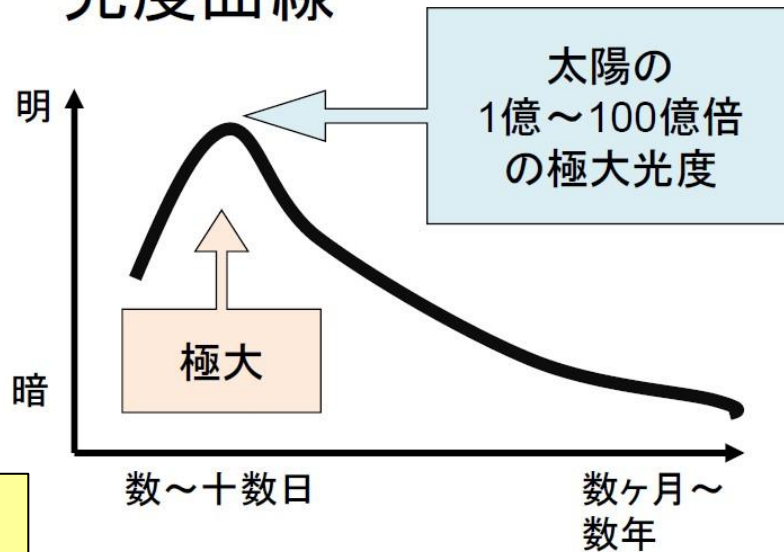
- 1、Ib型超新星とは
 - ・超新星の分類
 - ・Ib/Ic型超新星の特徴・研究動機
- 2、観測天体・観測機器
- 3、観測結果
 - ・銀河吸収量
 - ・光度曲線、カラー
 - ・スペクトル
- 4、議論
 - ・総輻射光度
 - ・ ^{56}Ni の生成量と爆発エネルギー

Ib型超新星(supernova)とは

重い星が最期に起こす爆発現象

スペクトルの特徴によって分類

光度曲線



Ib/Ic型超新星の特徴と、本研究の観測目的

特徴

- ・重力崩壊型の爆発である(親星の初期質量 $8-10M_{\odot}$ 以上?)
 - ・水素(およびヘリウム)の外層がすでに剥ぎ取られている
 - ・親星の恒星風か、連星系の効果のどちらが支配的か決着がついていない
 - ・Ic型には $E_k=10^{52}$ [erg]を超える大きな爆発エネルギーを持つhypernovaeも
 - ・ガンマ線バースト(GRB)に付随して現れるIc型はhypernovae
- 未だに統一された爆発の描像は得られていない

光度曲線から

- ・光度変化や色変化
- ・ ^{56}Ni 質量の見積もり

スペクトルから

- ・成分分布、速度
- ・金属量の見積もり

両者から

- ・総運動エネルギー
- ・各種より詳細な値

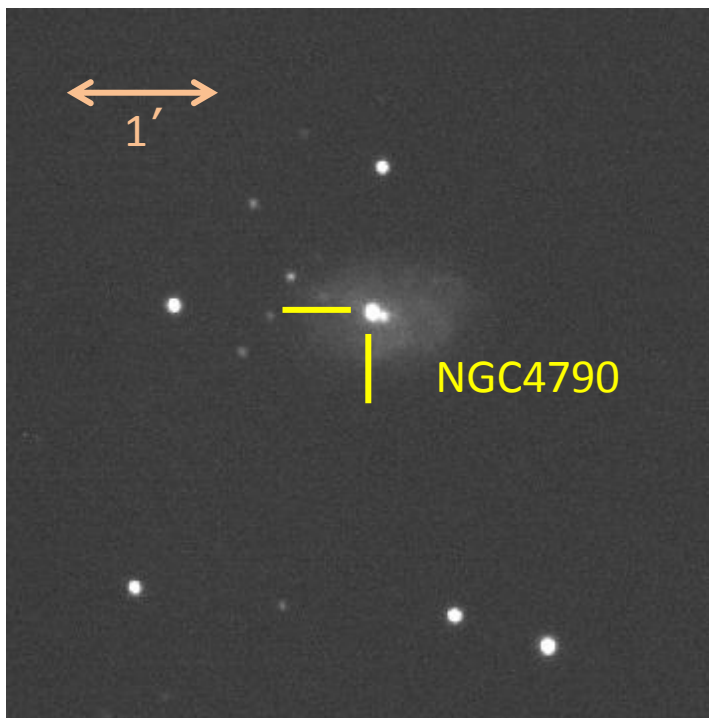
これまでIb型の密な観測例は多くない



爆発の素性を探る

観測天体・観測機器

SN 2012au



3月14日発見

近傍銀河(23.6Mpc)に現れたIb型

RA : 12:54:52.2

Dec : -10:14:50.2

かなた望遠鏡(1.5m)-HOWPol



3月15日～8月19日まで測光・分光観測

測光 : B,V,Rc,lc,z'

分光 : 低分散(R~400)

銀河吸収量の補正

我々の銀河での吸収

Schlegel +98 のダストマップから
 $E(B-V)=0.048[\text{mag}]$

母銀河での吸収

スペクトルのNaD線から
 $EW \leq 0.34[\text{\AA}]$ (upper limit)

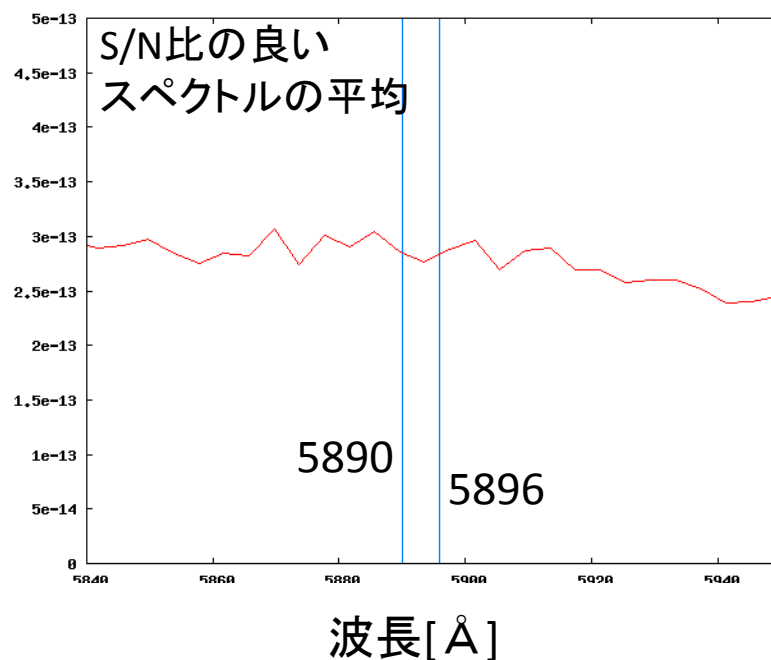
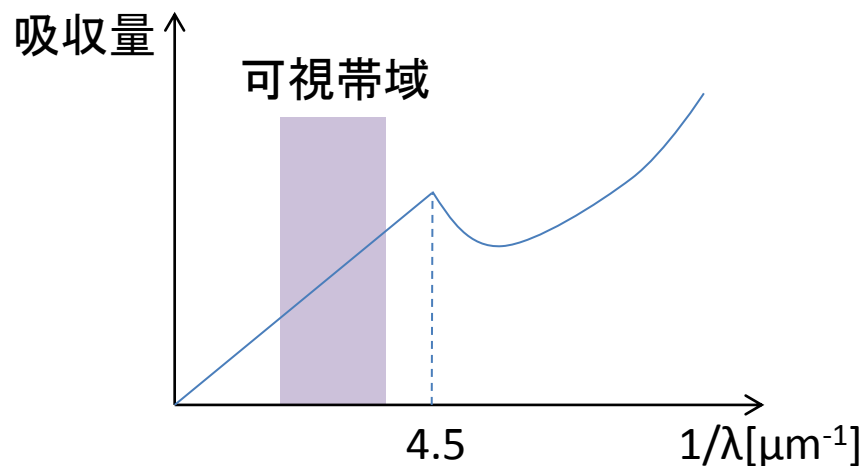
EWと $E(B-V)$ の関係 (Poznanski +12)

$$\log_{10}(E_{B-V}) = 1.17 \times EW - 1.85 \pm 0.08 \\ + \log_{10}(3.1/R_V)$$

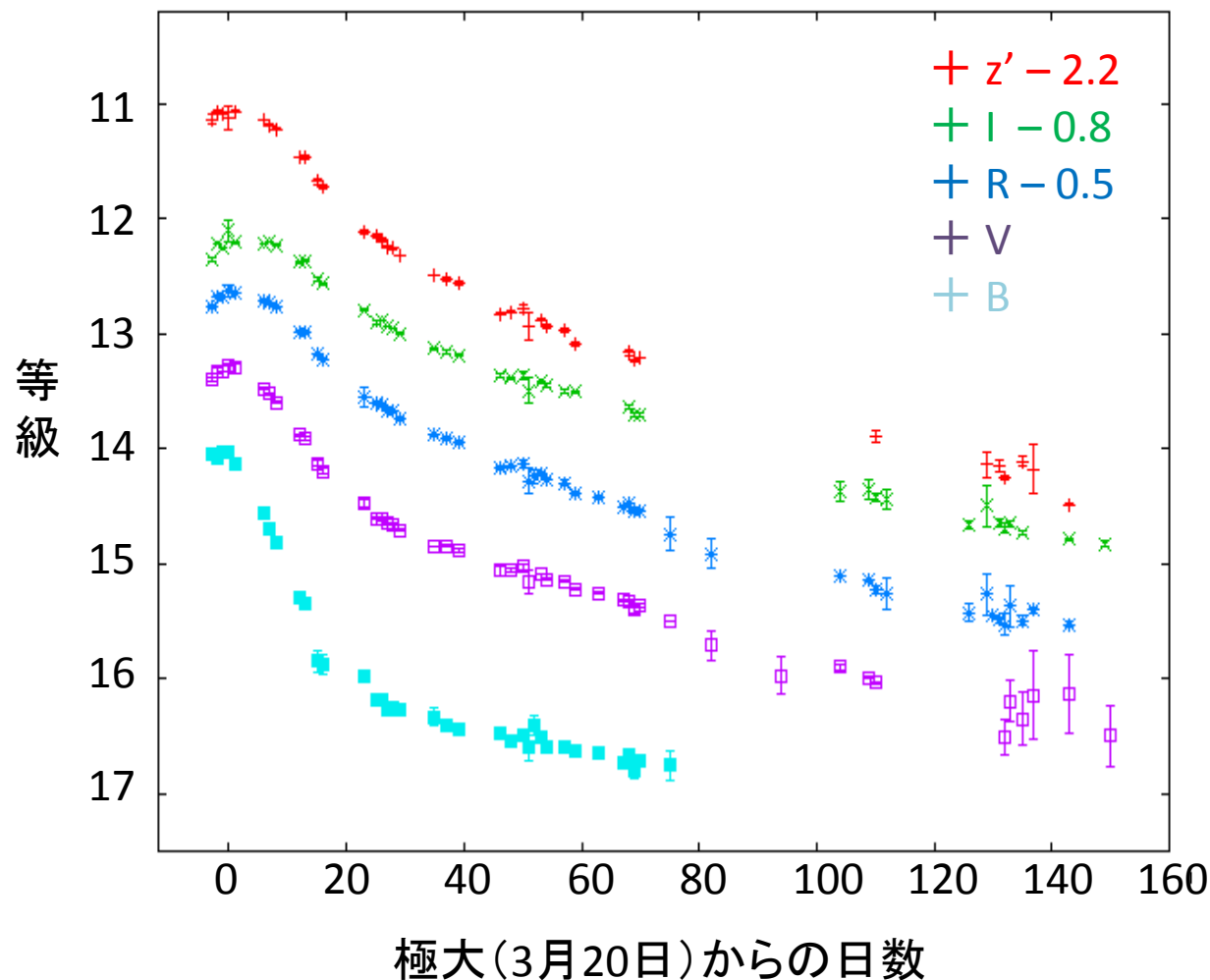
R_V を我々の銀河と同じ値(3.1)と仮定

$E(B-V) \leq 0.035[\text{mag}]$ 影響は限定的

→ 0magとして扱った



光度曲線 (銀河吸収量を補正したもの)

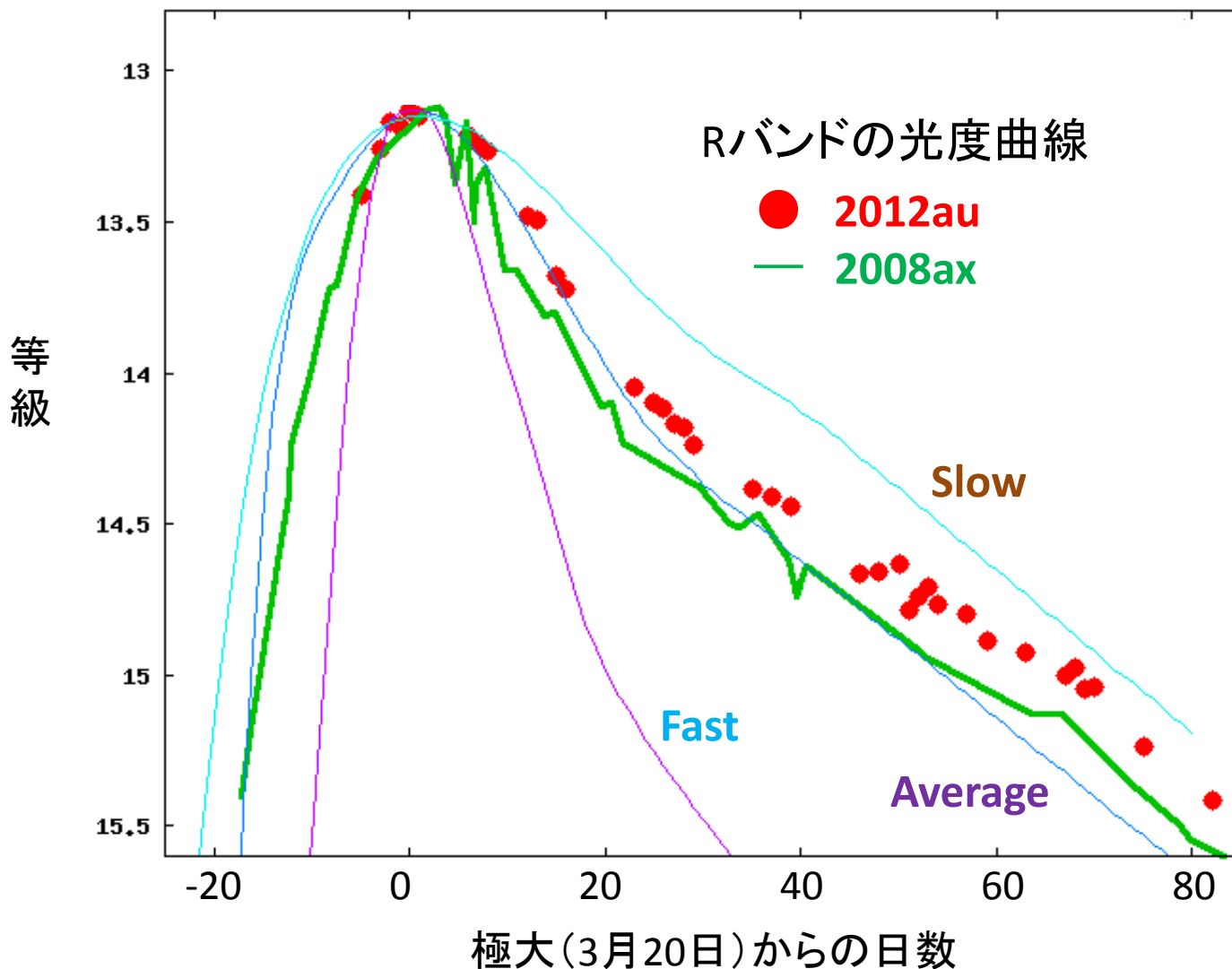


- 極大を抑えることに成功
- 極大後150日まで
- 極大等級
R \sim 13.13mag
- 絶対等級
R \sim -18.74mag

非常に明るい!

※Ibc型の平均: -16.09 ± 1.24

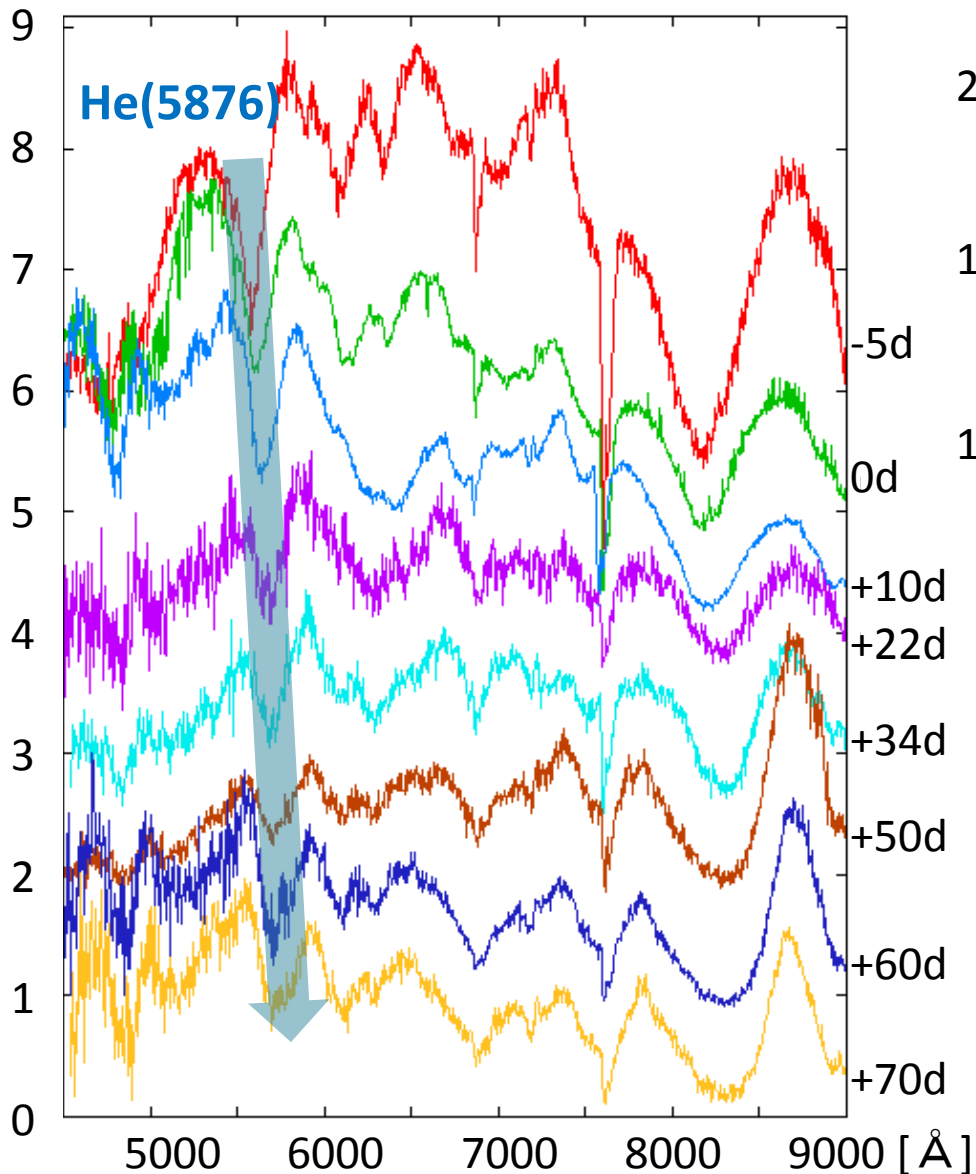
典型的な光度曲線との比較



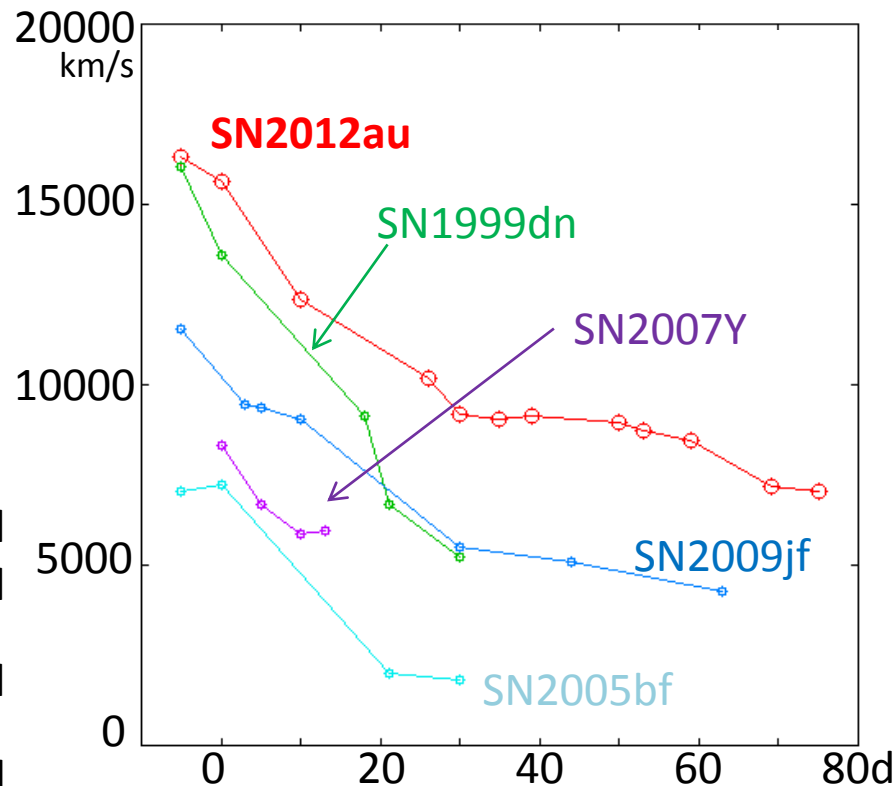
光度曲線の進化
は典型的なものよ
りもやや遅め。

LOSS; Li +11

スペクトル



He(5876)のLine Velocityの比較



他のIb型超新星よりもHe
外層の膨張速度が速い！

総輻射光度

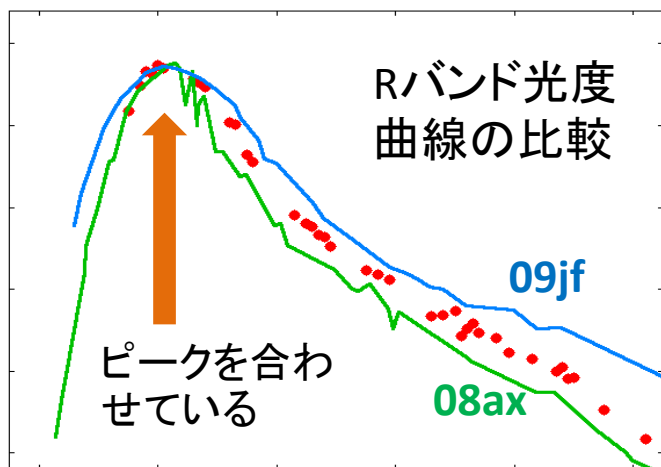
B,V,R,Iバンドで取得したフラックスが
全体の6割であると仮定する

(Tomita +03)

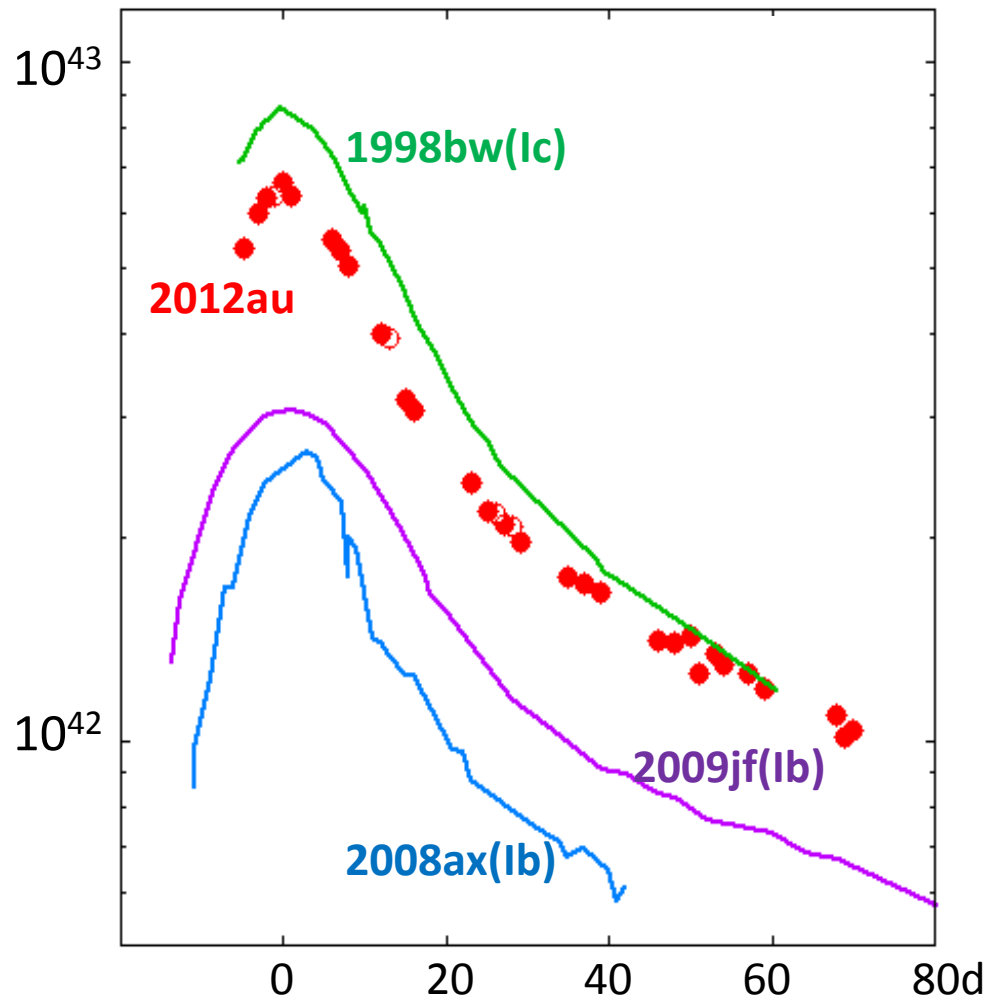
極大光度

$$L_{\text{max}} = 6.7 \times 10^{42} \text{ [erg/s]}$$

GRBが付随したSN1998bw(Ic)に
迫るくらいエネルギー



12auは08axと09jfの中間の進化



^{56}Ni 生成量と総ejecta質量・爆発エネルギー

^{56}Ni 生成量

$$L_{max} = \left(6.45e^{\frac{t_r}{8.8d}} + 1.45e^{\frac{t_r}{111.3d}} \right) \times \left(\frac{M_{Ni}}{M_{\odot}} \right) \times 10^{43} [\text{erg/s}] \quad (\text{Stritzinger +05})$$

$$L_{max} = 6.7 \times 10^{42} [\text{erg/s}], t_r = 20d \text{を代入}$$

$$M_{^{56}\text{Ni}} = 0.4M_{\odot}$$

c.f) 08ax: $0.1M_{\odot}$

98bw: $0.4M_{\odot}$

総ejecta質量と爆発エネルギー

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

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



08axの $M_{ej} = 2 \sim 5M_{\odot}$ 、 $E_k = (1 \sim 6) \times 10^{51} [\text{erg}]$
(Taubenberger +11)を用いてスケーリング

t_r : 爆発から極大までの日数
 κ : 吸収係数(温度や元素に依存)
 M_{ej} : 総ejecta質量
 E_k : 爆発エネルギー
 v : 外層の膨張速度



$$M_{ej} = 2 \sim 5M_{\odot}$$

$$E_k = (1 \sim 7) \times 10^{51} [\text{erg}]$$

c.f) 08ax $M_{ej} = 1 \sim 6M_{\odot}$

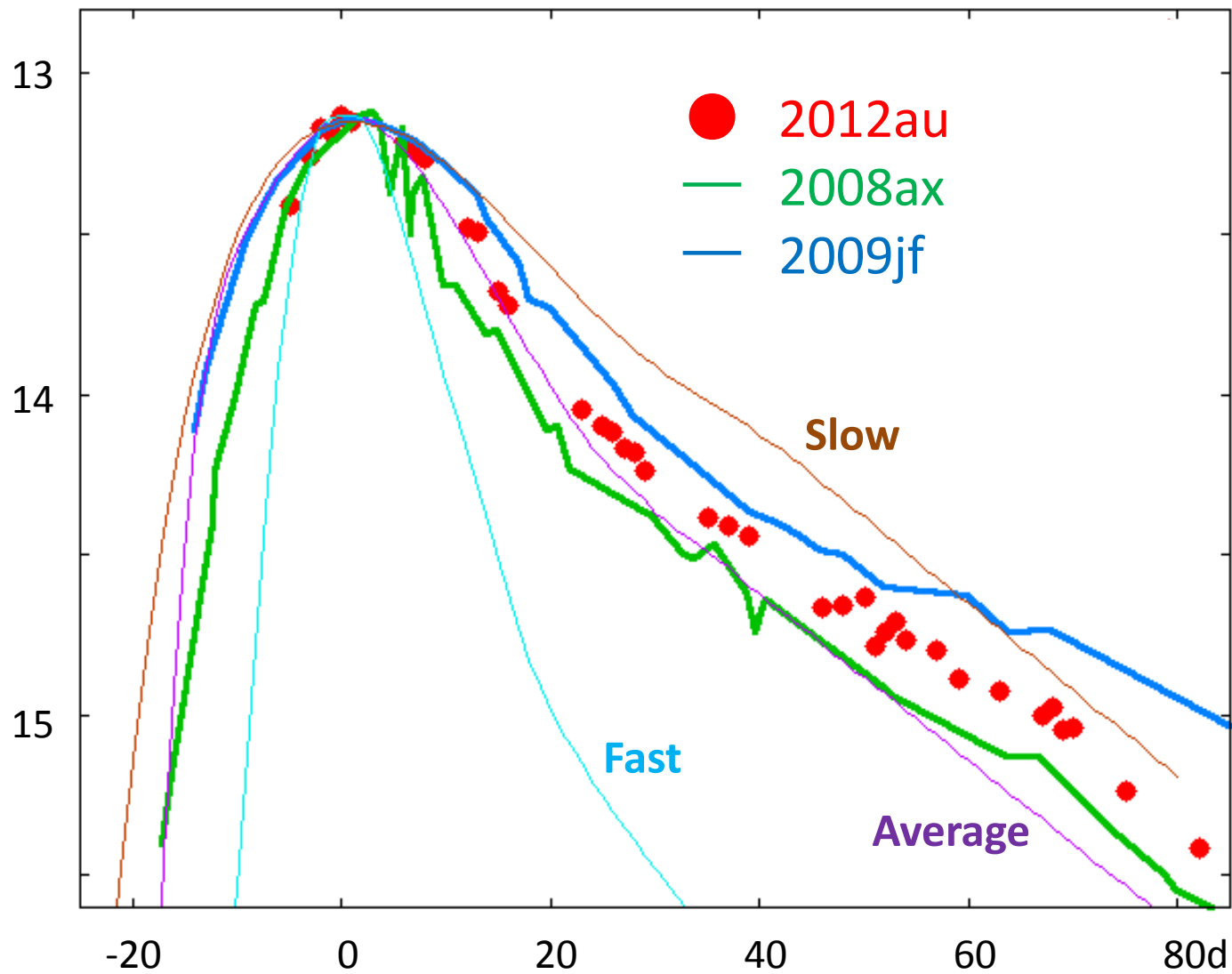
$E_k = (1 \sim 6) \times 10^{51} \text{erg}$

まとめ

- ・親星の素性がはっきりしていないIb型超新星の良いサンプルを得た
- ・観測結果
 - 光度曲線の進化は、典型的なものよりもやや遅め
 - スペクトルから、He外層の膨張速度は他のIb型よりも速い
- ・議論
 - 総輻射光度はhypernovaクラス(e.g., SN 1998bw)に近い
 - 56Niの生成量もSN 1998bwに迫るもの
 - 総ejecta質量・爆発エネルギーは、hypernovaほどではないが、典型的なIb/c型としては大きい
- ・ただし距離の不定性あり
 - 母銀河NGC4790の距離として $m-M=31.87$ (23.6Mpc; Tully-Fisher)を採用
 - ただしredshift ($z=0.00448; v=1344\text{km/s}$)から求められた距離は $m-M=31.1$ 程度(NED)
 - (3K CMBでは $m-M=31.81$)
 - 総輻射光度の議論にはこの点について留意

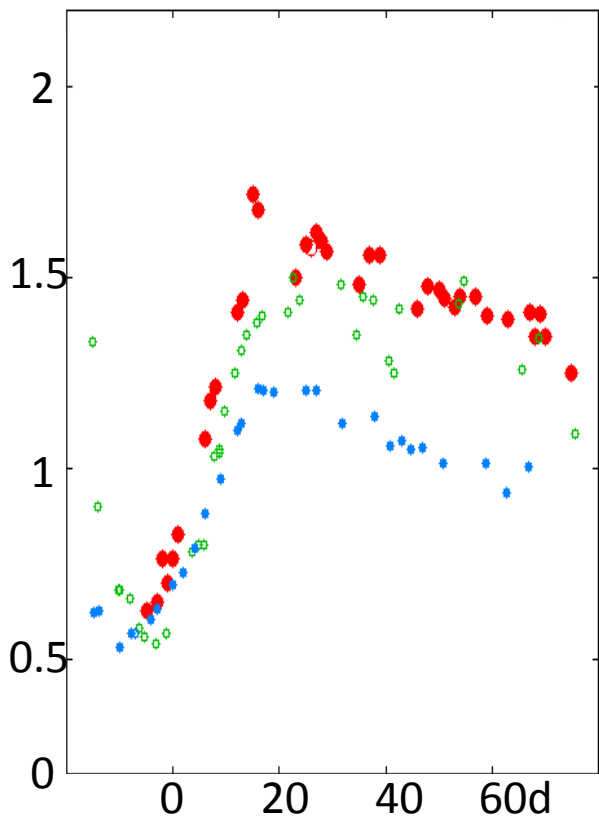


08ax・09jfのLC&LOSSのLCとの比較

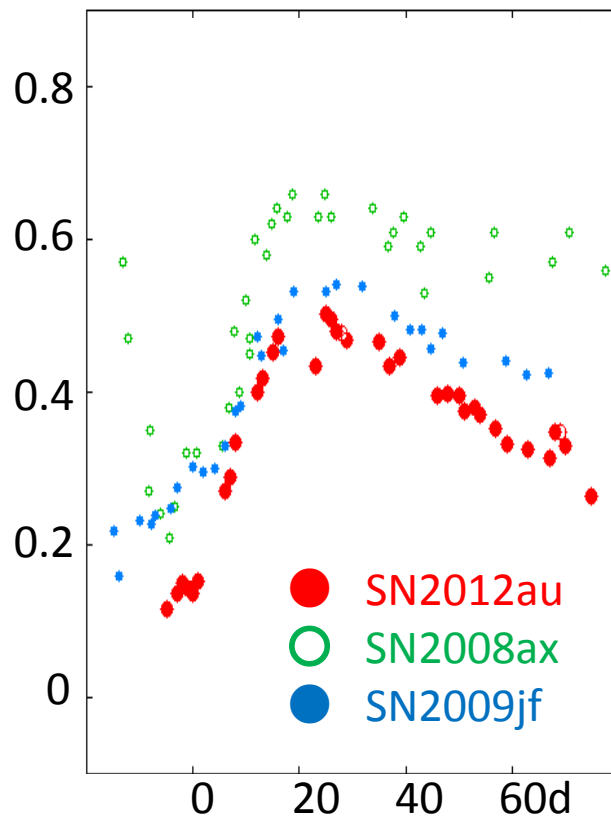


カラーの比較

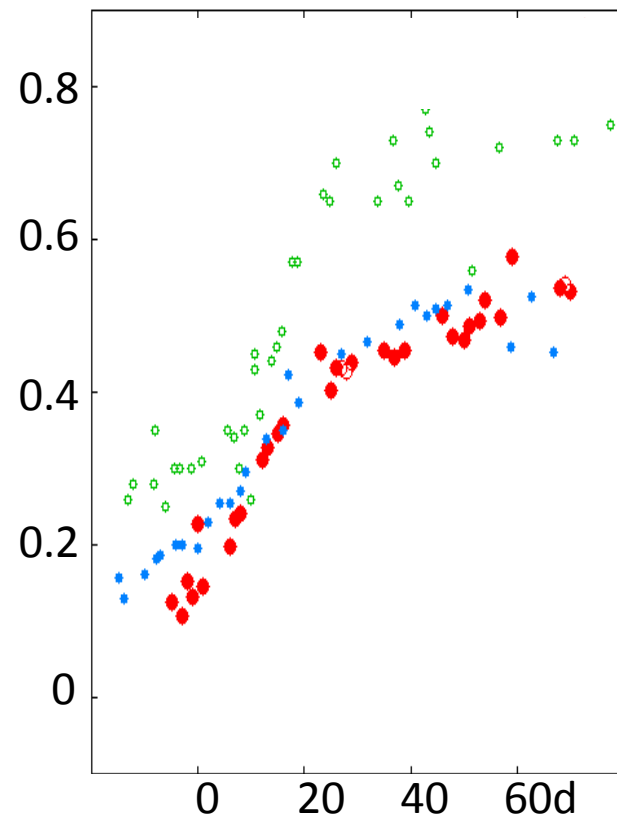
B-V



V-R



R-I



SN2008axに似ている



SN2009jfに似ている

M_{Ni} 、 M_{ej} 、 E_k 等の比較

	2008ax	2009jf	2012au
$M_{\text{Ni}} [M_{\odot}]$	0.10	0.17	0.36
$t_r [\text{d}]$	20.1	19 ± 1	20
$v [\text{km/s}]$	8500	7000	9000
$M_{\text{ej}} [M_{\odot}]$	1 ~ 6	4 ~ 9	2 ~ 5
$E_k [\text{erg}]$	$(1 \sim 6) \times 10^{51}$	$(3 \sim 8) \times 10^{51}$	$(1 \sim 7) \times 10^{51}$

参考: SN1998bwの ^{56}Ni 量 $=0.4M_{\odot}$

エネルギー $= (7 \sim 50) \times 10^{51} [\text{erg}]$
(Nakamura +00)

スケーリングに09jfを使った場合のエネルギー

↓今回の議論はこっち

	2008axを用いた場合	2009jfを用いた場合
$M_{ej} [M_{\odot}]$	2 ~ 5	6 ~ 13
$E_k [erg]$	$(1\sim7) \times 10^{51}$	$(7\sim18) \times 10^{51}$



Ib型の典型的なエネルギー
(もしくは少し大きめ)



hypernova級のエネルギー

光度曲線の進化が08axと09jfの
中間だったことから、両方から求
めた数字を結論とすべきか？

距離の不定性

銀河までの距離23.6Mpcを用いたが、16.9Mpcとして計算するとどうか？

	23.6Mpc の場合	16.9Mpc の場合
m-M	31.87	31.14
Rの絶対等級	-18.74	-18.01
極大での総放射光度[erg/s]	6.7×10^{42}	3.4×10^{42}
$M_{\text{Ni}}[M_{\odot}]$	0.36	0.18



0.73等の差。

総放射光度は他2つよりもやや大きめ。

^{56}Ni の生成量は「典型的なものよりも多め」という結論に。