

KWFC大規模プロジェクトの提案

～ 超新星探査 ～

諸隈 智貴 (東京大学)

KIso KWFC Supernova Survey (KISS)

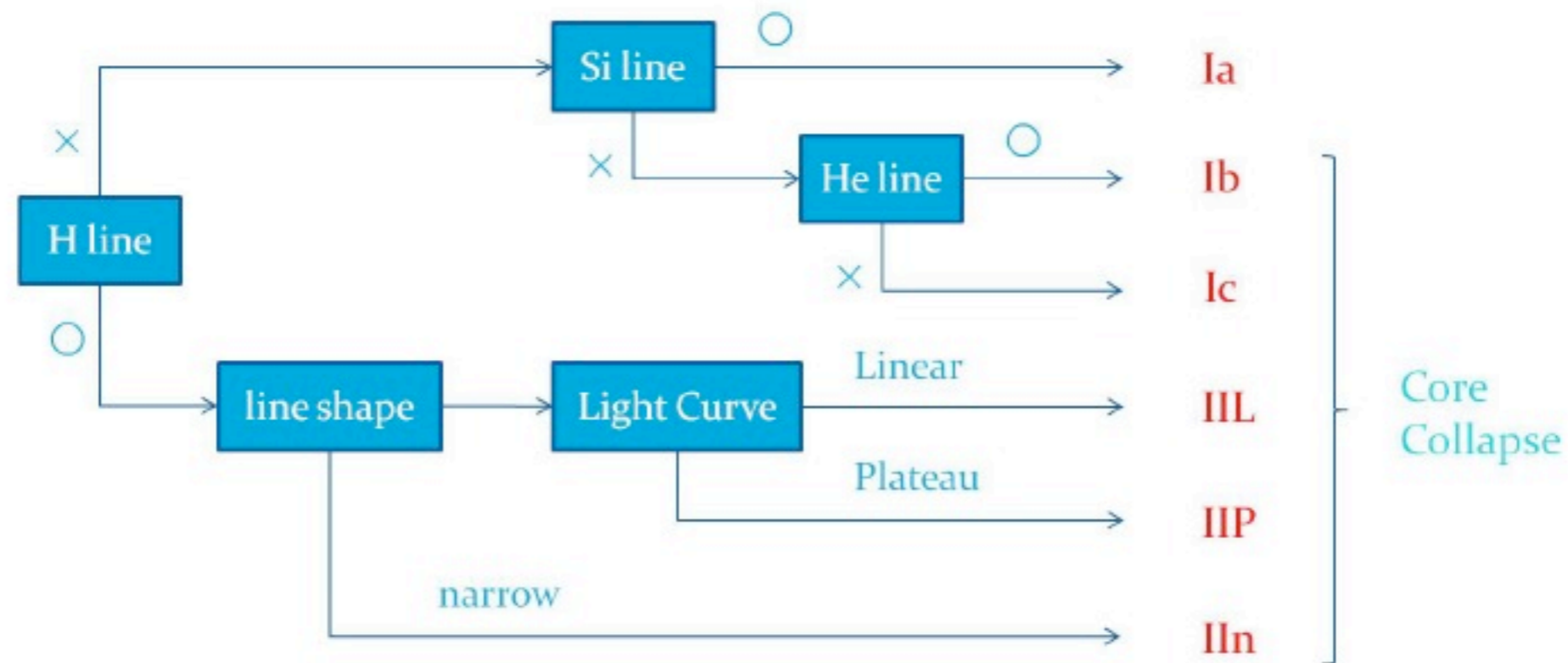


- + 近年、多くの超新星サーベイが行われている
 - PTF, LOSS, SDSS-II, CRTS, Pan-STARRS, ... (田中くん講演参照)
 - 可視、近赤外、電波
 - 1mから8m級、HSTまで
 - 広視野撮像が必須: $\sim 1 \text{ SN Ia} / \text{day} / 100 \text{deg}^2 @ < 1 \text{Gpc} (-> B \sim 21.5 \text{mag})$

KIso KWFC Supernova Survey (KISS)



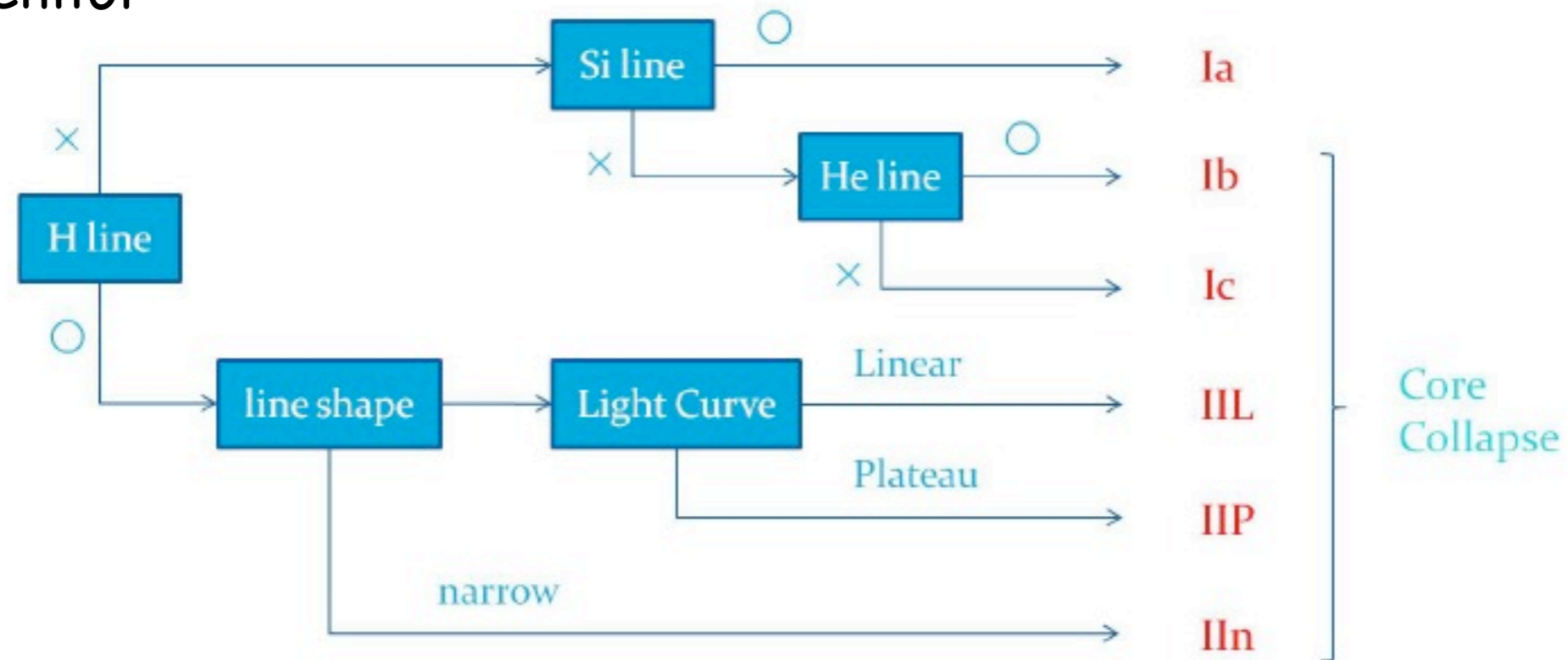
- + 近年、多くの超新星サーベイが行われている
 - PTF, LOSS, SDSS-II, CRTS, Pan-STARRS, ... (田中くん講演参照)
 - 可視、近赤外、電波
 - 1mから8m級、HSTまで
 - 広視野撮像が必須: $\sim 1 \text{ SN Ia} / \text{day} / 100 \text{deg}^2 @ < 1 \text{Gpc} (-> B \sim 21.5 \text{mag})$



KIso KWFC Supernova Survey (KISS)



- Ia型超新星
 - 宇宙論: redshift $z \sim 1.5$ まで
 - progenitor system: Single Degenerate? Double Degenerate?
- 重力崩壊型超新星
 - 星形成史
 - progenitor



KIso KWFC Supernova Survey (KISS)



- Ia型超新星
 - 宇宙論: redshift $z \sim 1.5$ まで
 - progenitor system: Single Degenerate? Double Degenerate?
- 重力崩壊型超新星
 - 星形成史
 - progenitor

[area] × [積分時間]

「広く浅く」 <--> 「狭く深く」

KIso KWFC Supernova Survey (KISS)



- Ia型超新星
 - 宇宙論: redshift $z \sim 1.5$ まで
 - progenitor system: Single Degenerate? Double Degenerate?
- 重力崩壊型超新星
 - 星形成史
 - progenitor

[area] × [積分時間]

「広く浅く」 <--> 「狭く深く」

[area] × [積分時間] × [何日に1回とるか]

KIso KWFC Supernova Survey (KISS)



- Ia型超新星

宇宙論: redshift $z \sim 1.5$ まで

high cadence観測(1日に複数回)で
世界最前線のサイエンスを
(超新星の検出総数は犠牲に...)

[area] × [積分時間]

「広く浅く」 <--> 「狭く深く」

[area] × [積分時間] × [何日に1回とるか]

Supernova Shock Breakout

木曾シュミット望遠鏡を用いた 超新星shock breakout探査



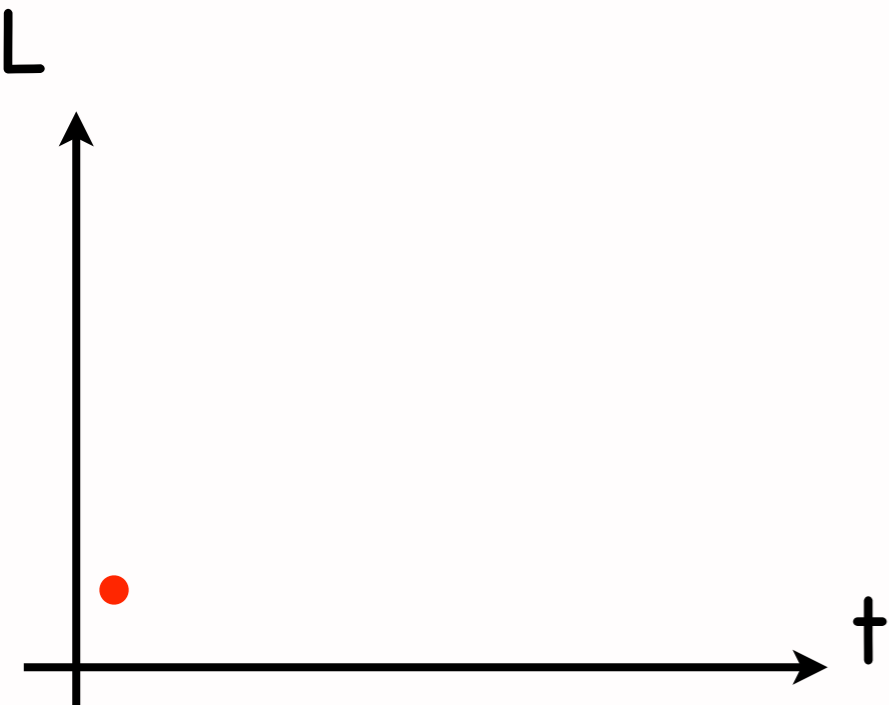
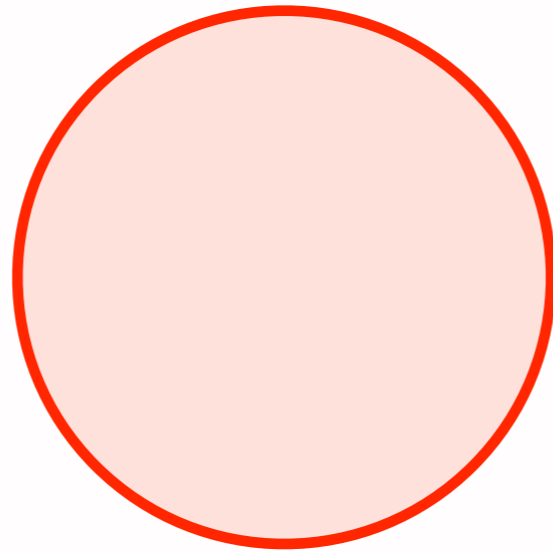
Supernova Shock Breakout

重力崩壊後、中心部で衝撃波

--> 衝撃波が星表面を通過する際に、非常に明るく輝く

quasi-blackbody

$$T \sim R^{-3/4} E^{1/4}$$



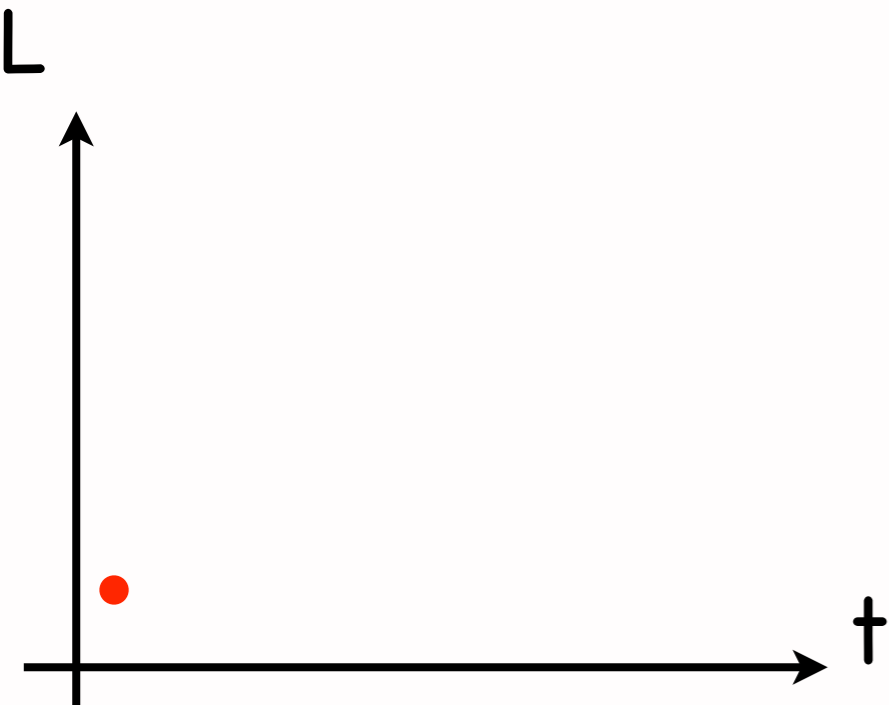
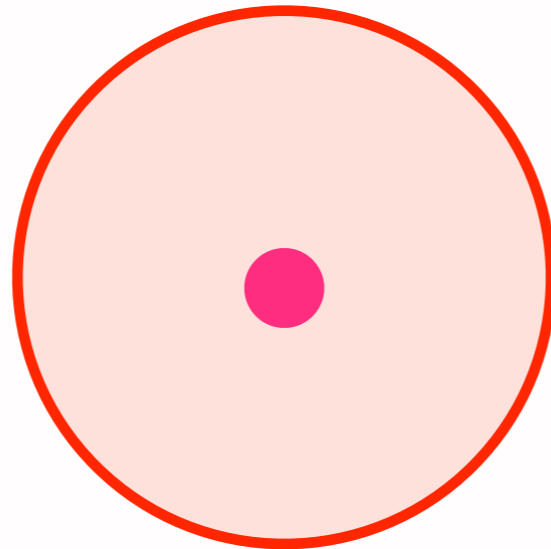
Supernova Shock Breakout

重力崩壊後、中心部で衝撃波

--> 衝撃波が星表面を通過する際に、非常に明るく輝く

quasi-blackbody

$$T \sim R^{-3/4} E^{1/4}$$



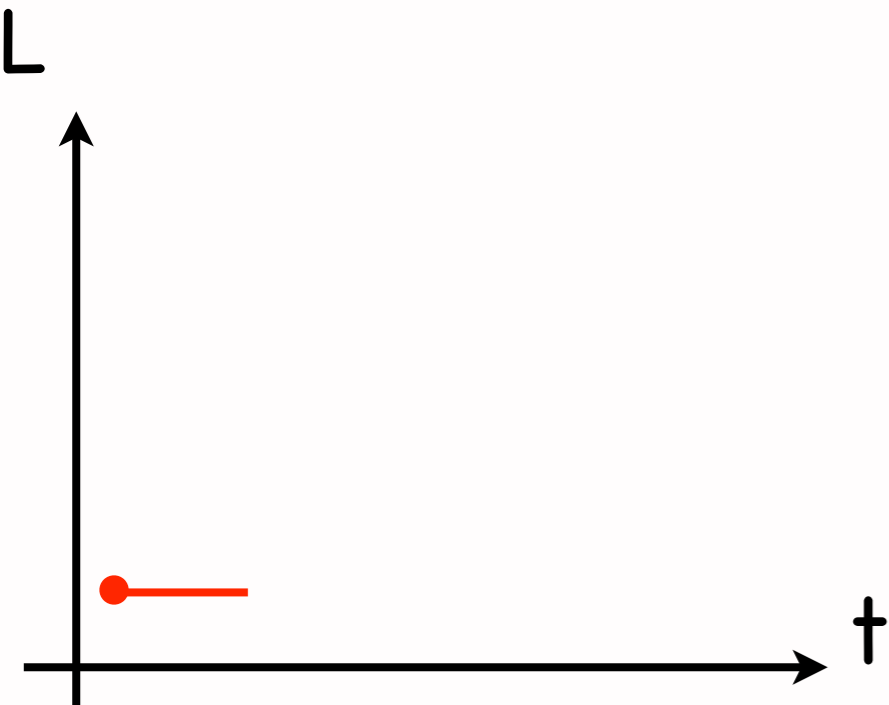
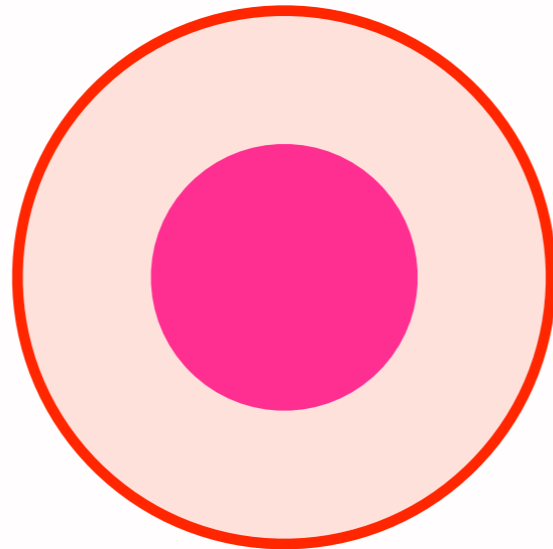
Supernova Shock Breakout

重力崩壊後、中心部で衝撃波

--> 衝撃波が星表面を通過する際に、非常に明るく輝く

quasi-blackbody

$$T \sim R^{-3/4} E^{1/4}$$



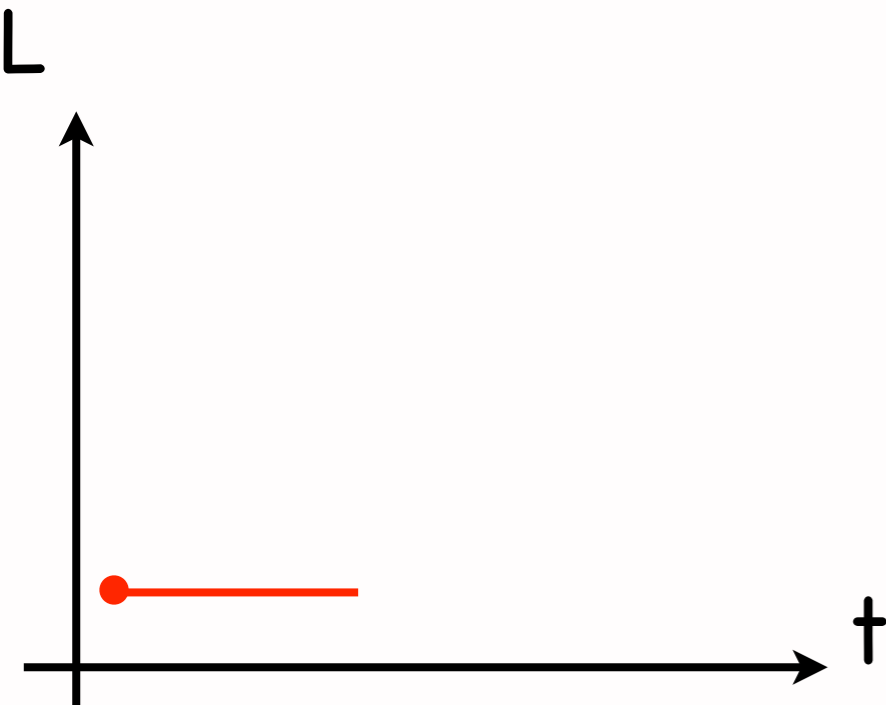
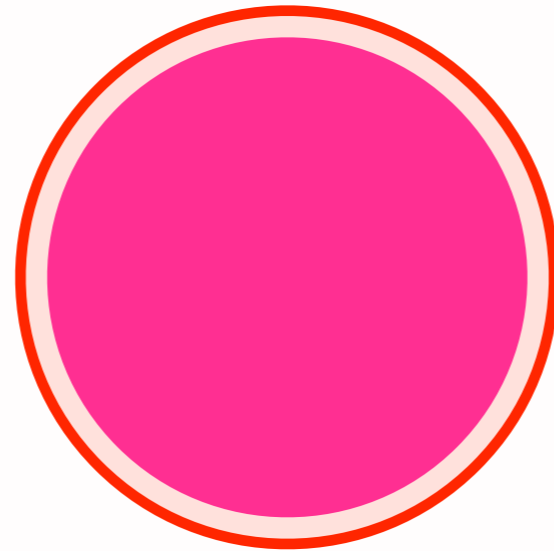
Supernova Shock Breakout

重力崩壊後、中心部で衝撃波

--> 衝撃波が星表面を通過する際に、非常に明るく輝く

quasi-blackbody

$$T \sim R^{-3/4} E^{1/4}$$



Supernova Shock

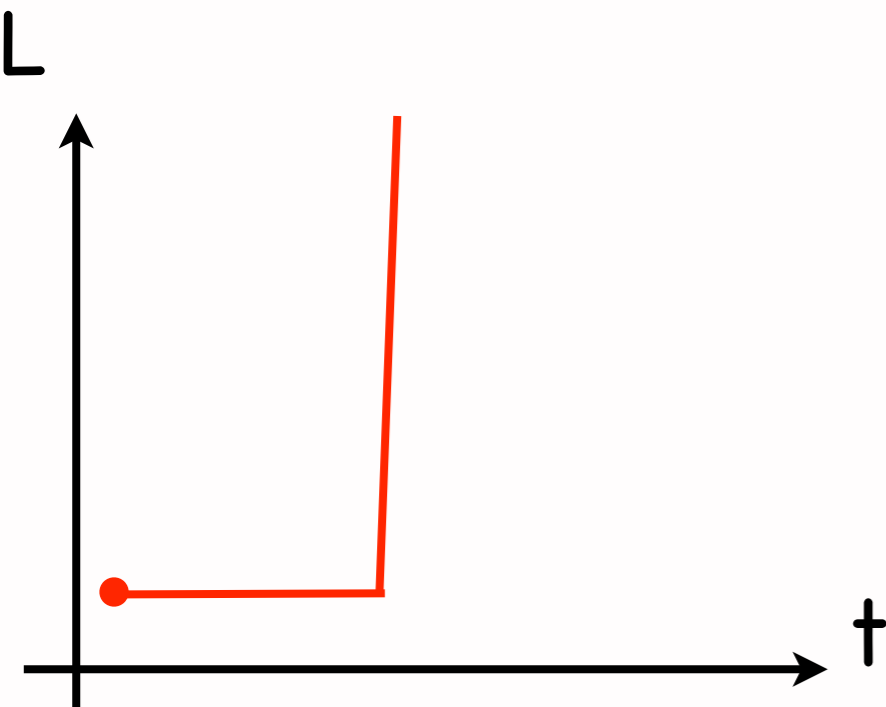
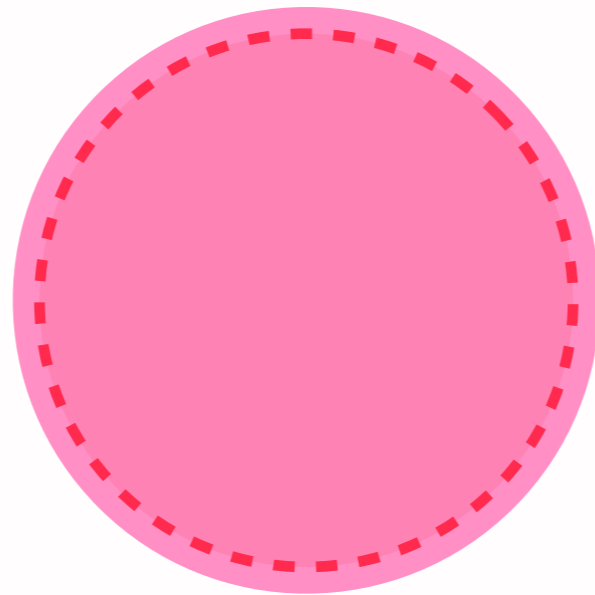


重力崩壊後、中心部で衝撃波

--> 衝撃波が星表面を通過する際に、非常に明るく輝く

quasi-blackbody

$$T \sim R^{-3/4} E^{1/4}$$



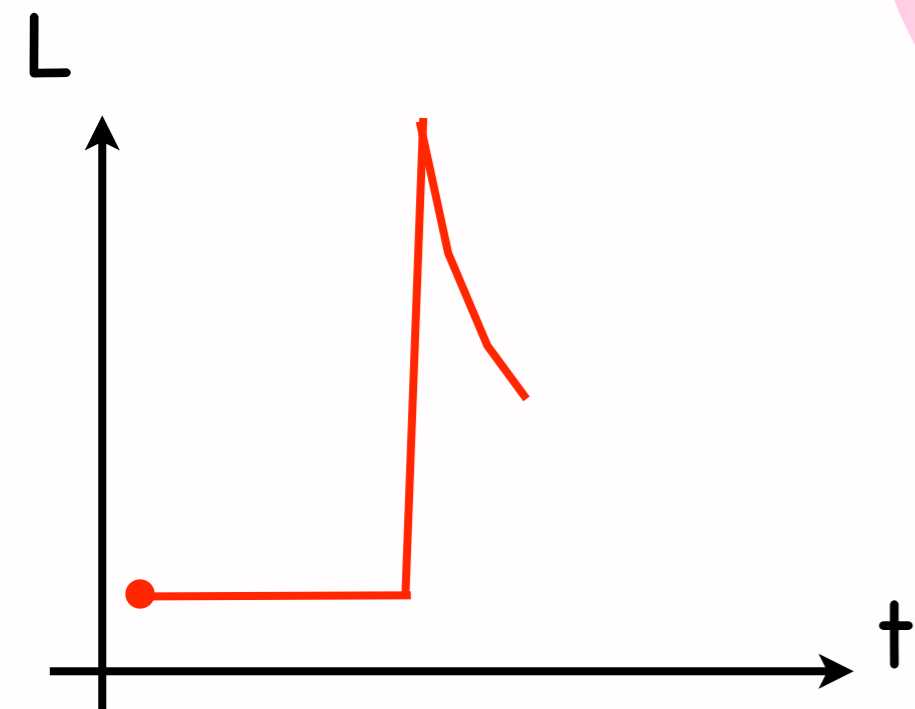
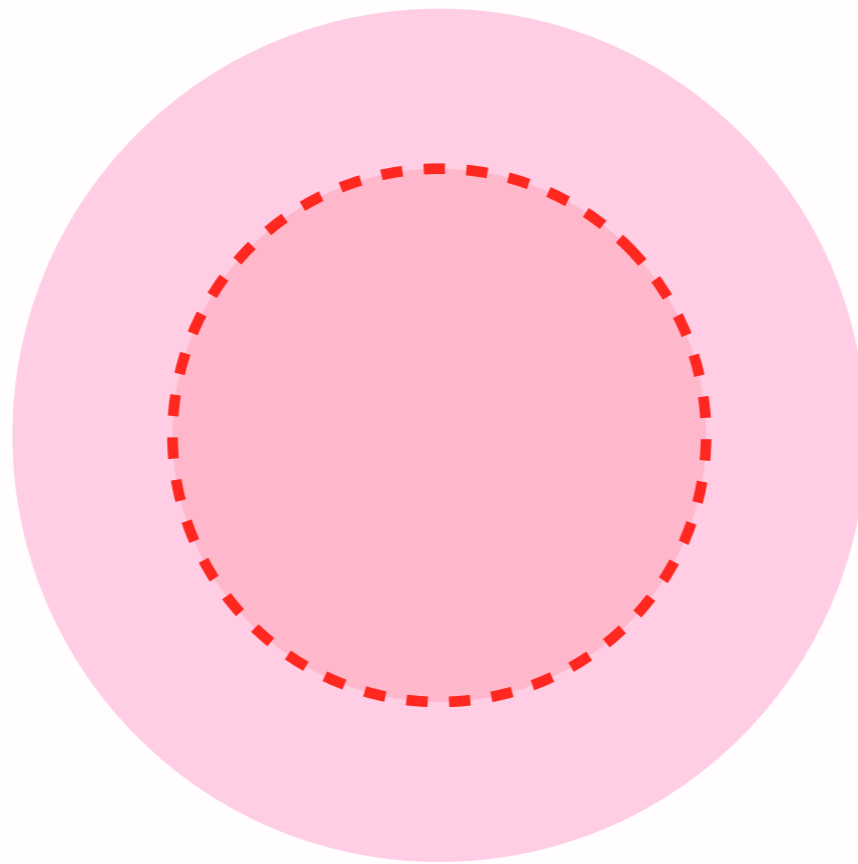
Supernova Shock Breakout

重力崩壊後、中心部で衝撃波

--> 衝撃波が星表面を通過する際に、非常に明るく輝く

quasi-blackbody

$$T \sim R^{-3/4} E^{1/4}$$

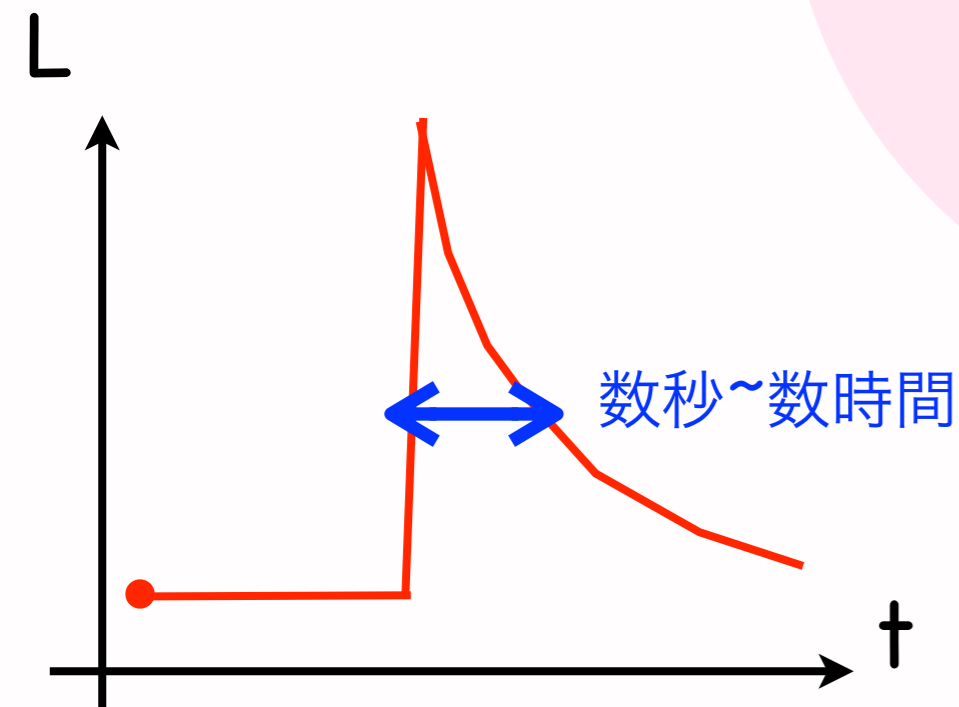
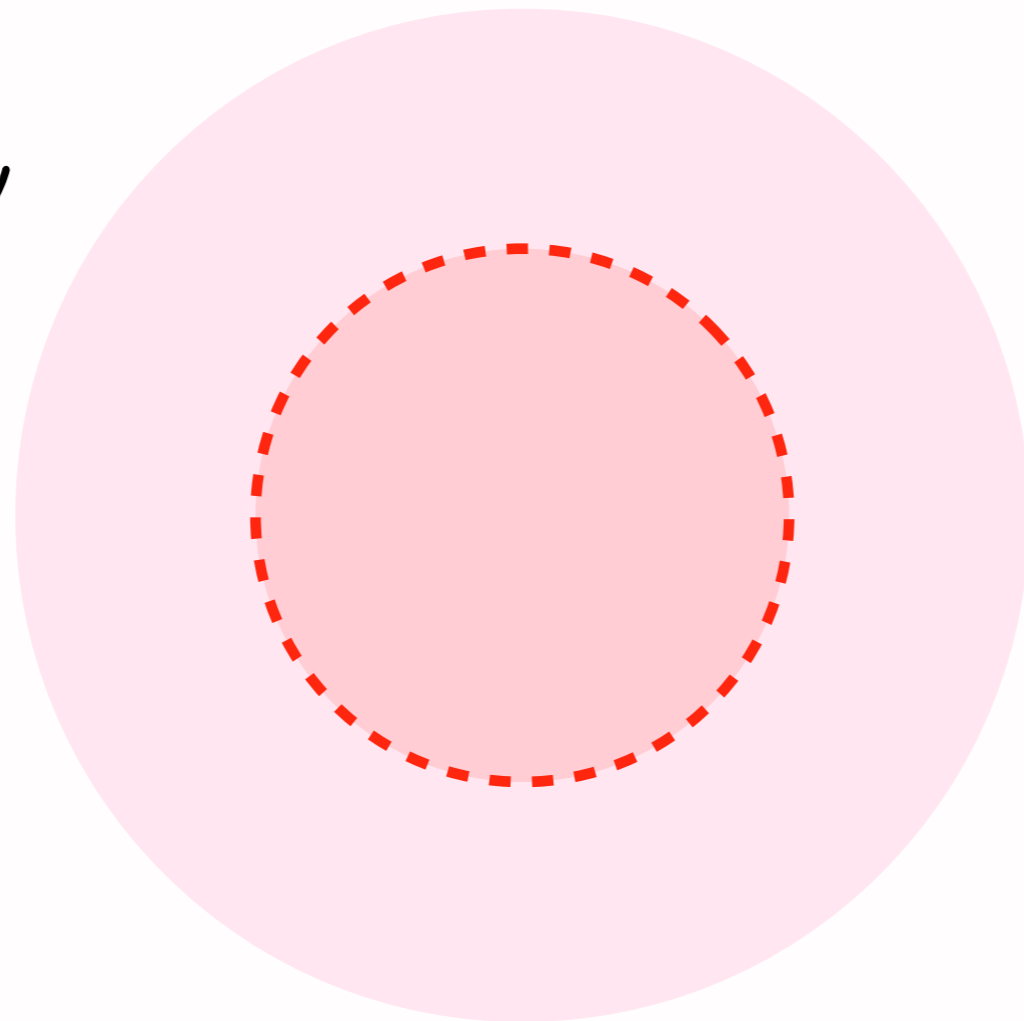


Supernova Shock Breakout

重力崩壊後、中心部で衝撃波

--> 衝撃波が星表面を通過する際に、非常に明るく輝く

quasi-blackbody
 $T \sim R^{-3/4} E^{1/4}$

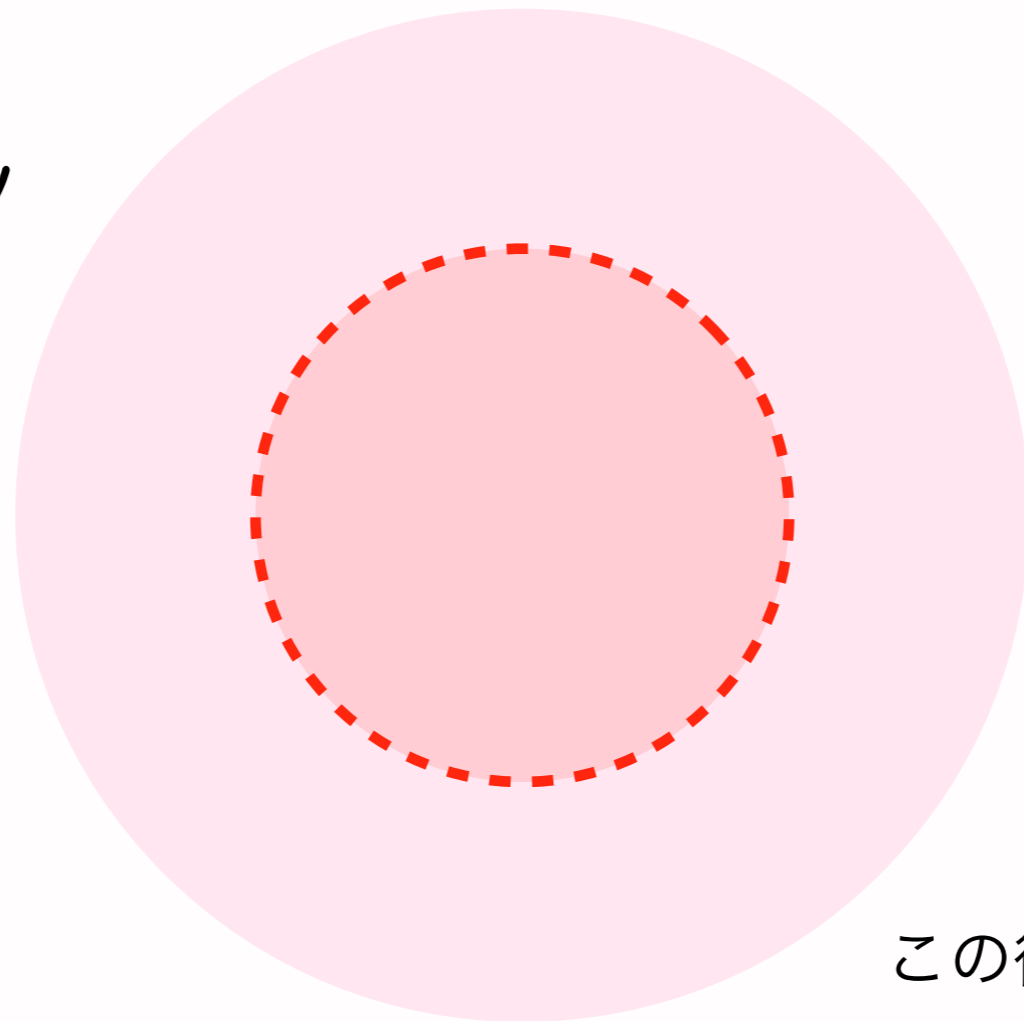


Supernova Shock Breakout

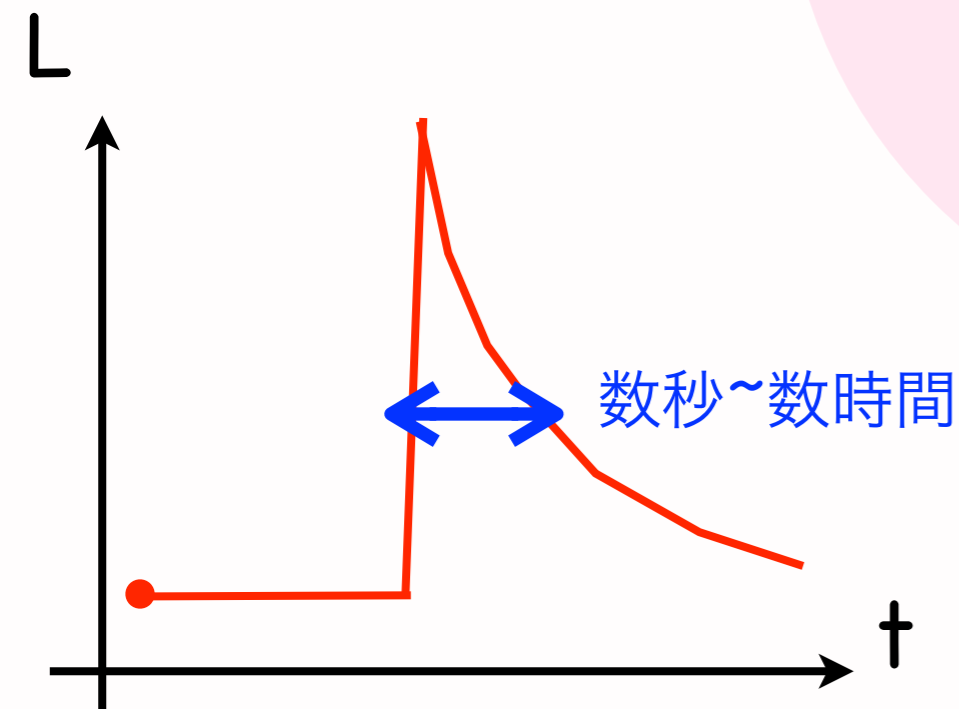
重力崩壊後、中心部で衝撃波

--> 衝撃波が星表面を通過する際に、非常に明るく輝く

quasi-blackbody
 $T \sim R^{-3/4} E^{1/4}$

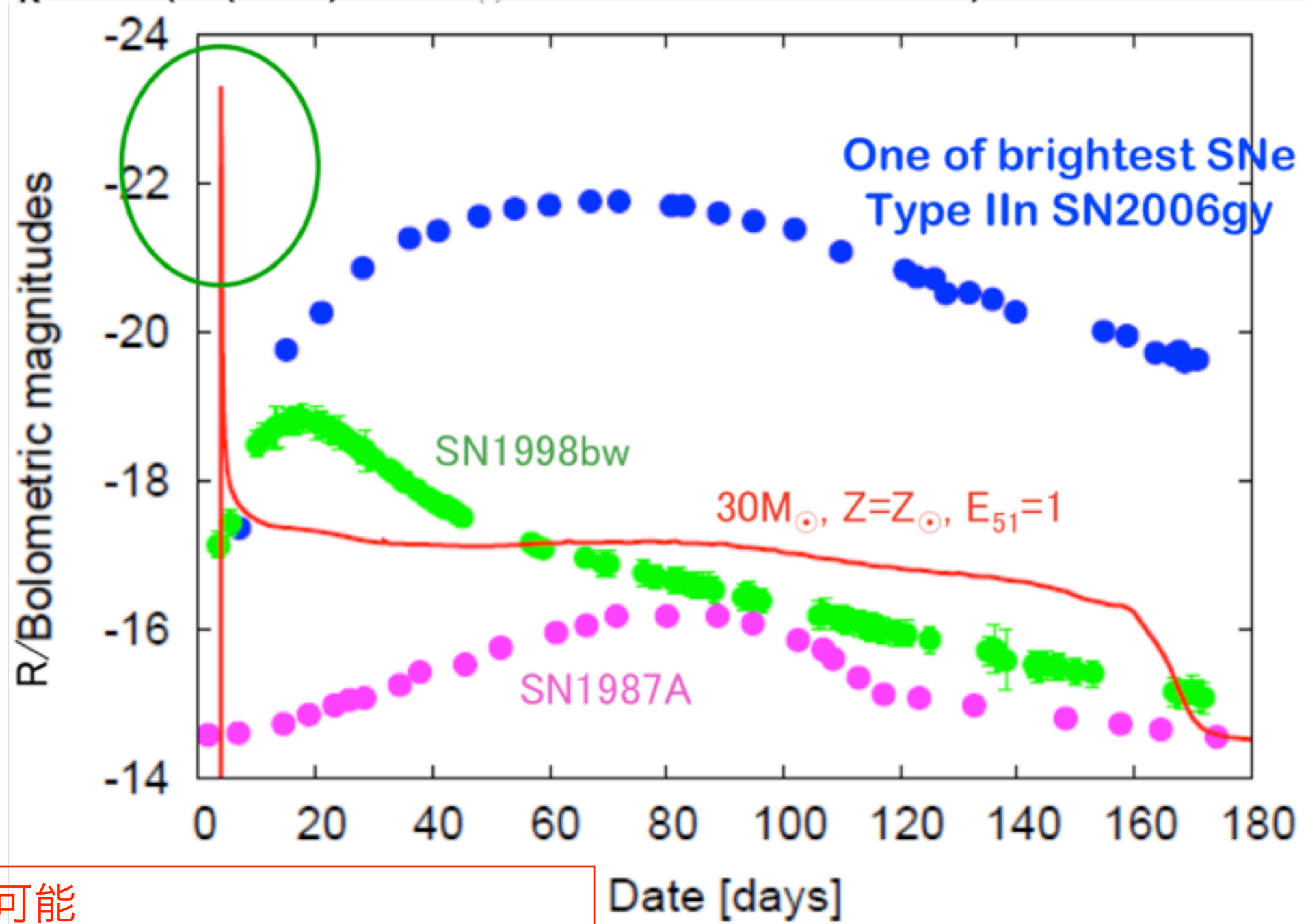


この後のplateau phase (~>週)が
これまで見えている“超新星”



Shock Breakout is very **BRIGHT**

- **SN 2006gy** ($z=0.02$: Smith+2008, Kawabata+2009)
 - $M_R \sim -22$ ($M(^{56}\text{Ni}) \sim 15M_{\odot}$ or CSM interaction)

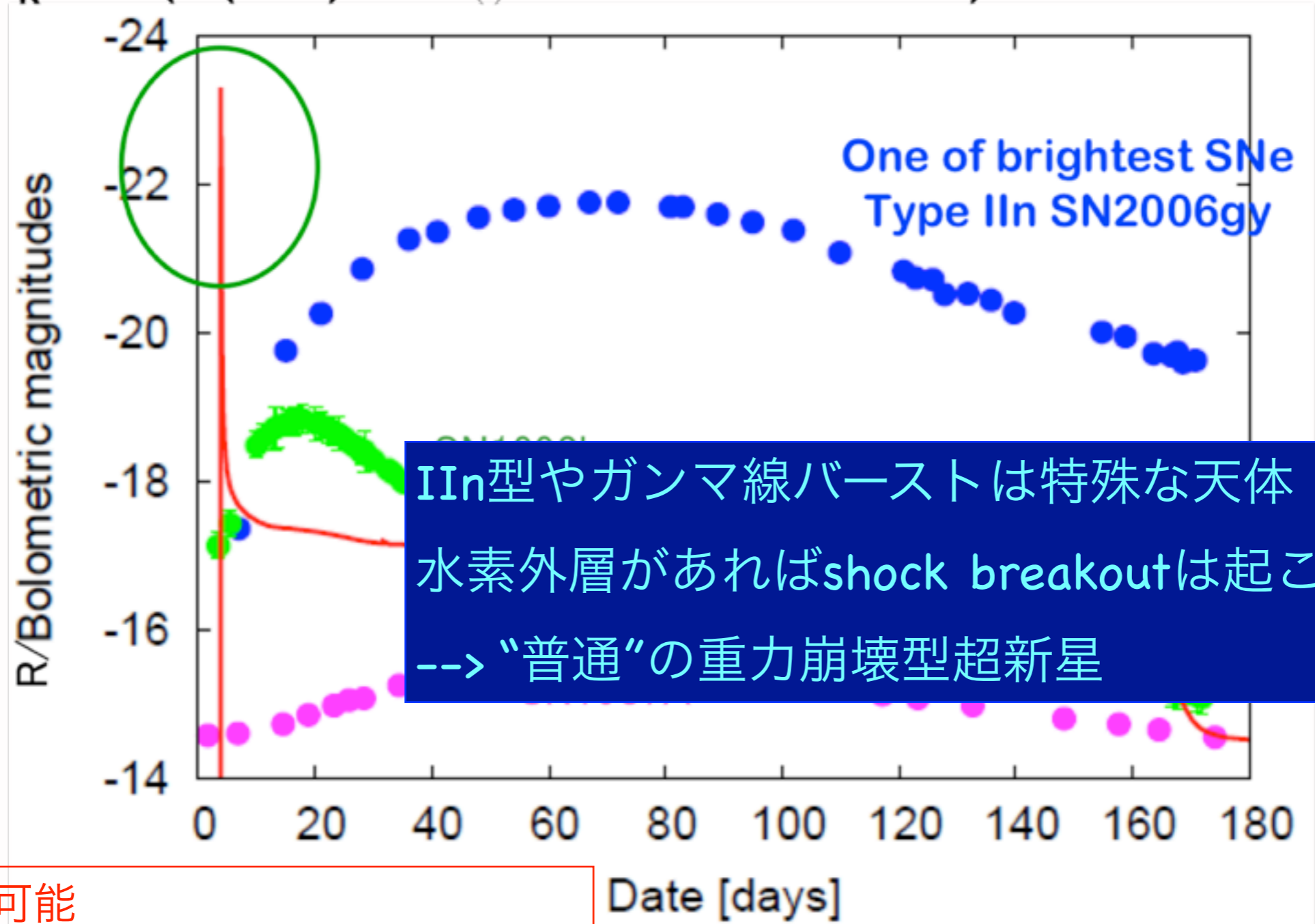


$z > 1$ でも検出可能

Subaru/Hyper Suprime-Camでのサーベイ

Shock Breakout is very **BRIGHT**

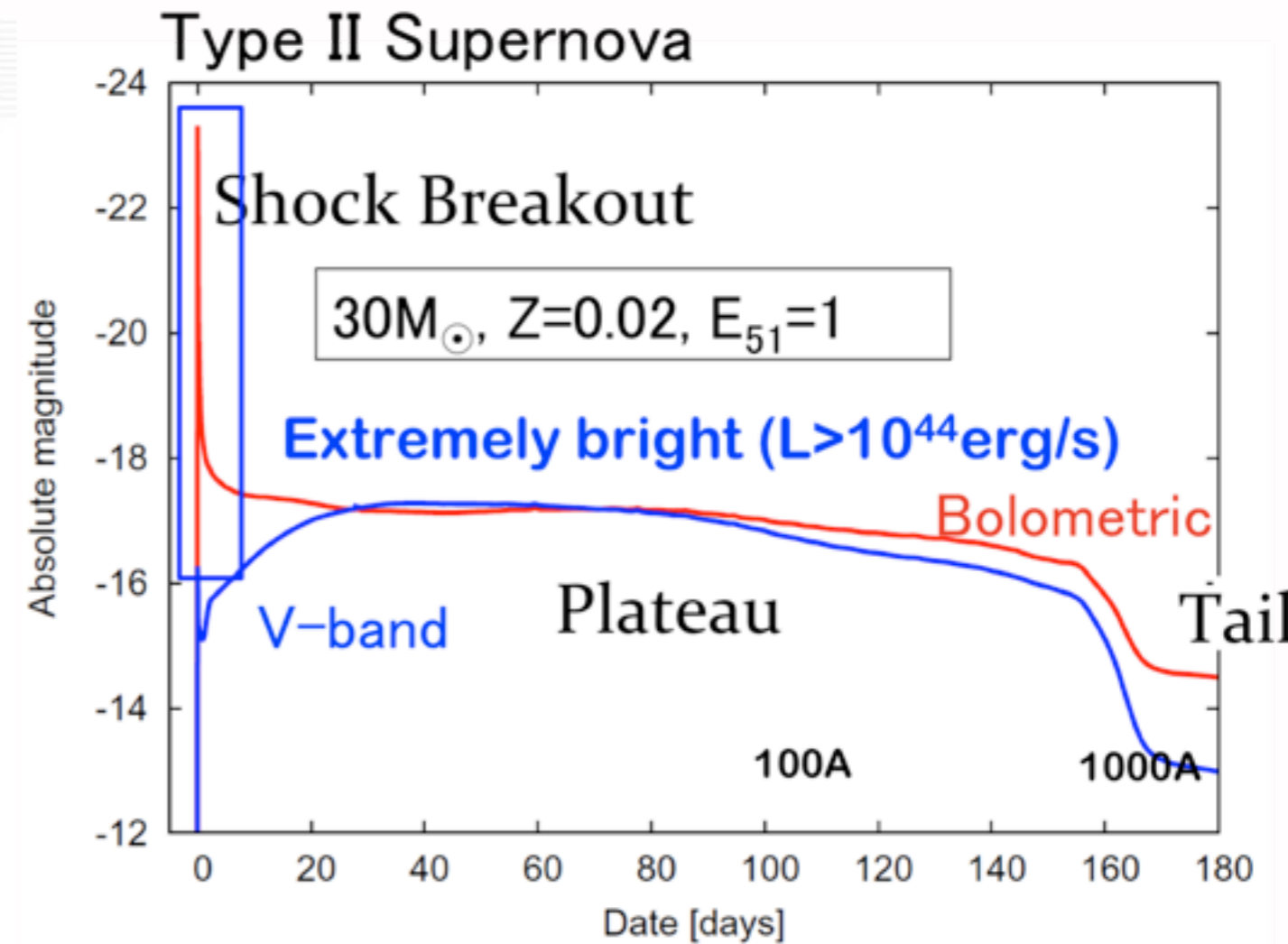
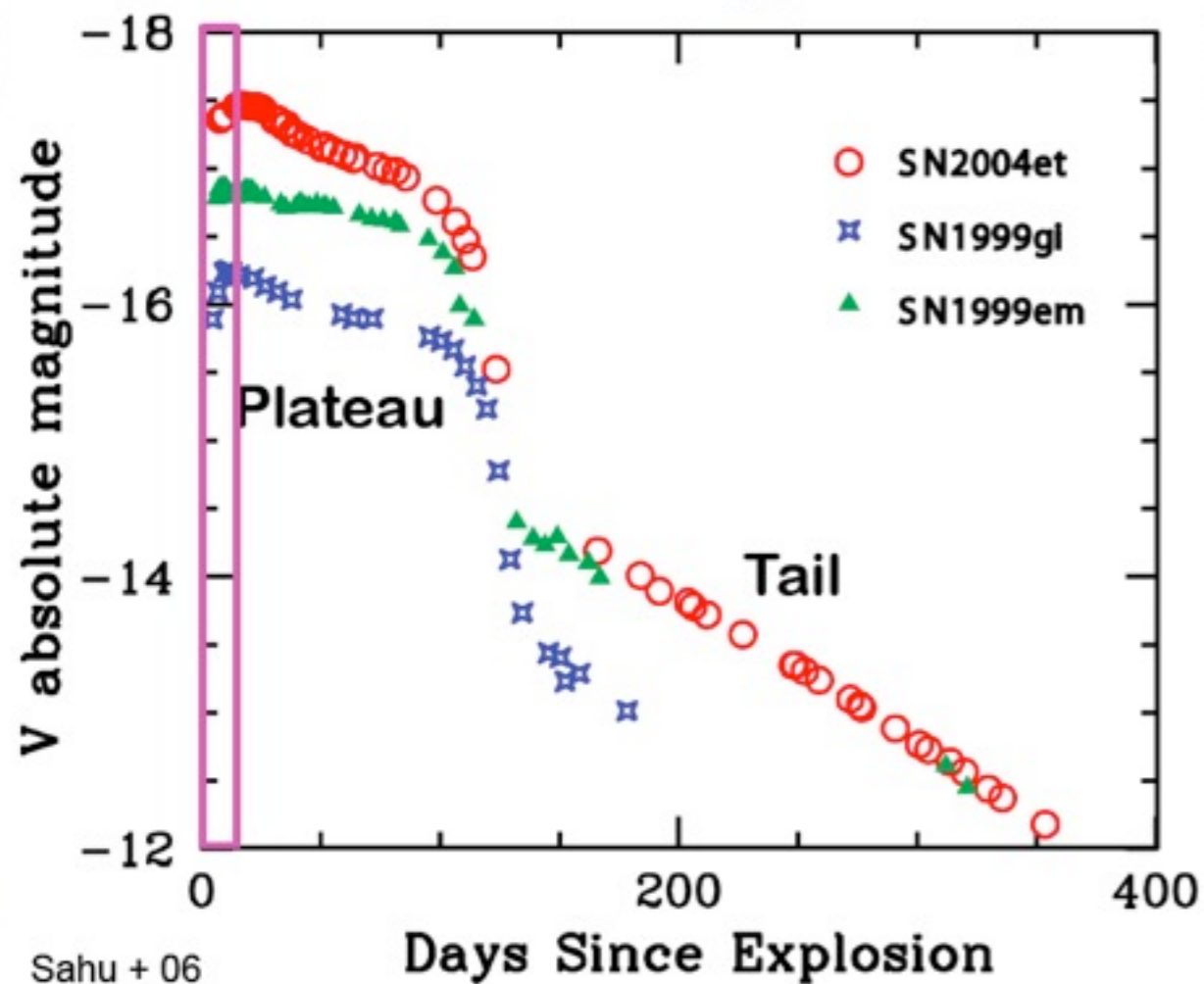
- **SN 2006gy** ($z=0.02$: Smith+2008, Kawabata+2009)
 - $M_R \sim -22$ ($M(^{56}\text{Ni}) \sim 15M_{\odot}$ or CSM interaction)



$z > 1$ でも検出可能

Subaru/Hyper Suprime-Camでのサーベイ

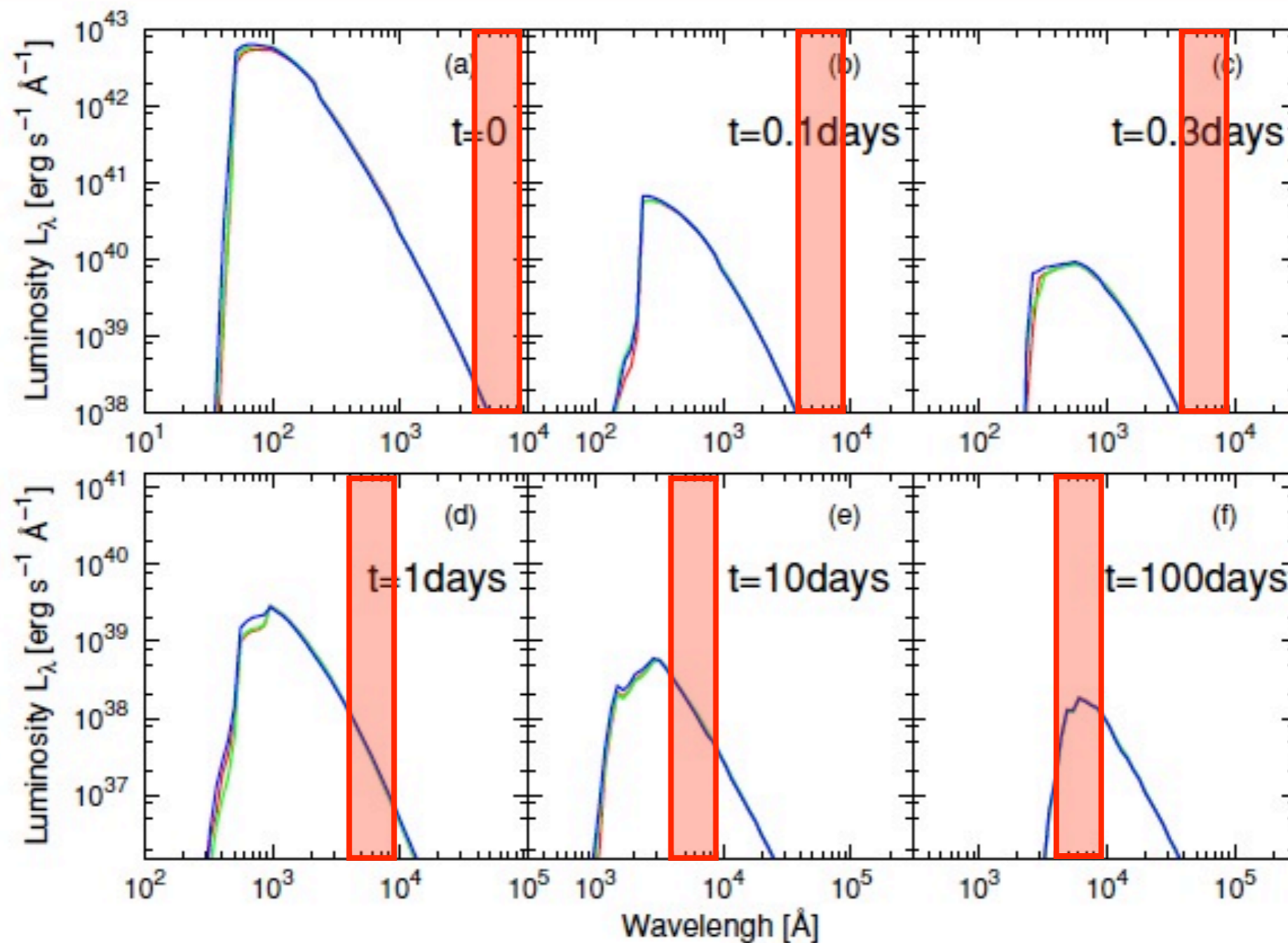
typical light curves of Type IIP SNe



継続時間が短く (数秒-1日)

ピーク波長が軟X線-紫外線

Hard SED of Shock Breakout



X線 ~ UVにピーク

--> negative K-correction

--> high-z (~1-2)でもそんなに暗くならない

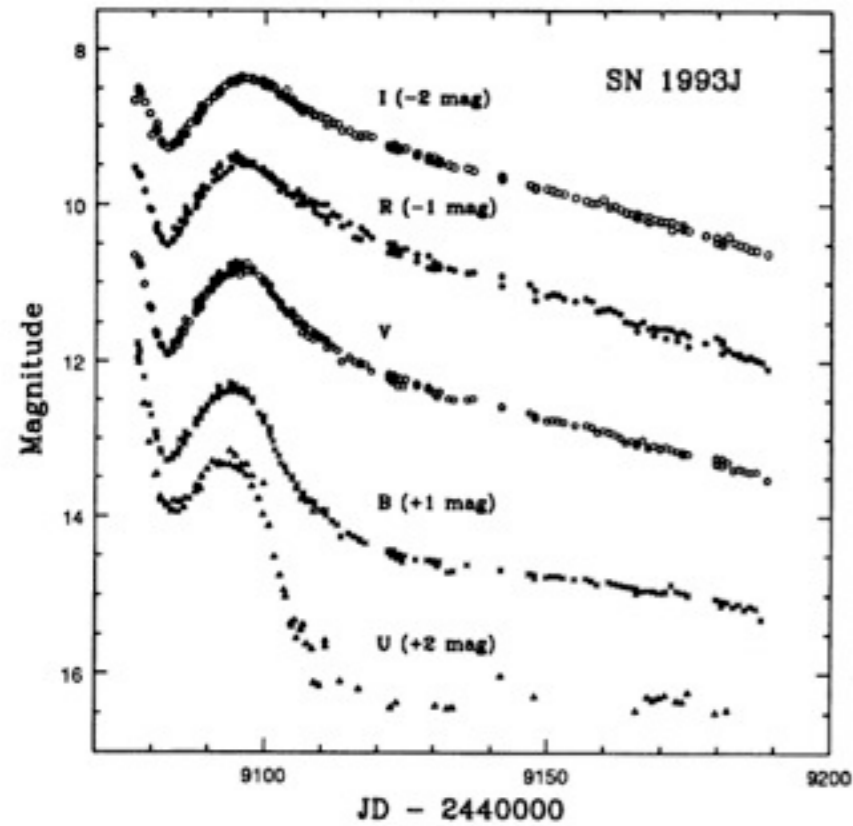
Subaru/Hyper Suprime-Camで

大規模サーベイ

これまでのShock Breakout(のtail)検出例

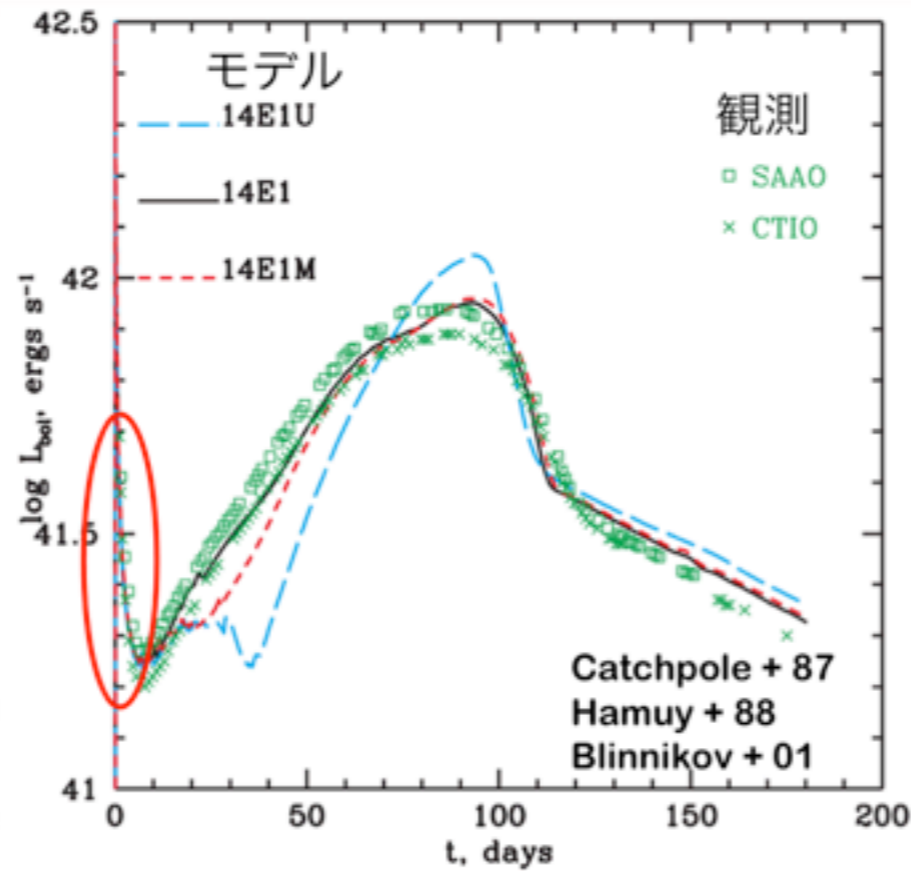
これまでの検出例はほんのわずか

SN 1993J (I Ib)

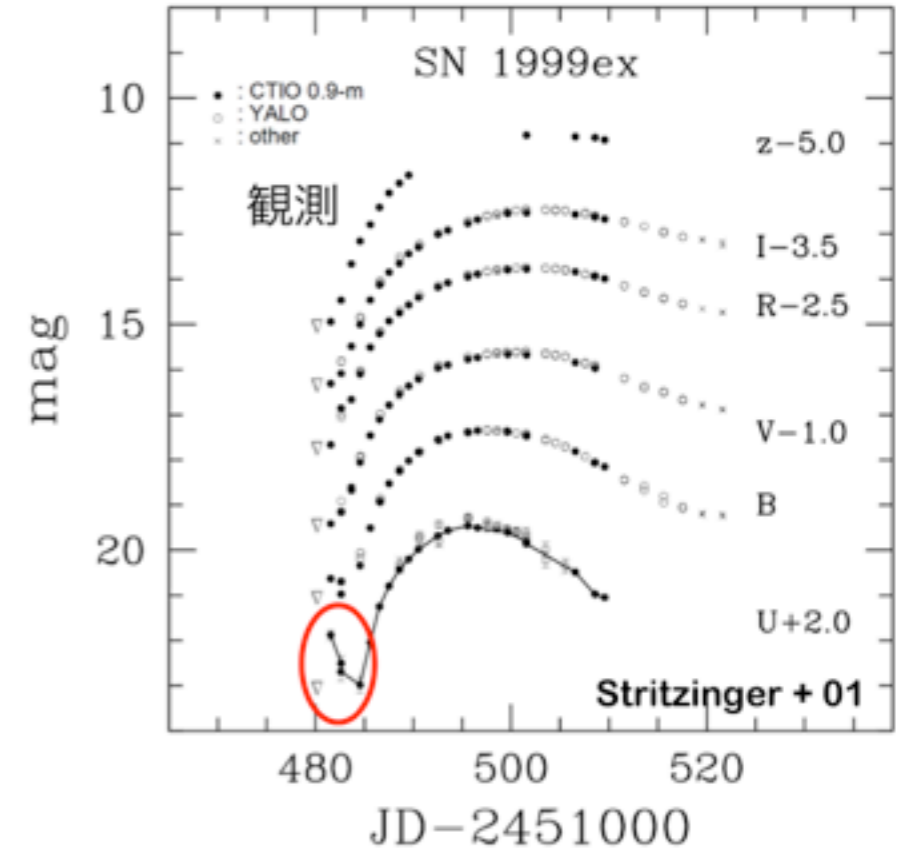


Richmond+1994

Type II-peculiar SN1987A



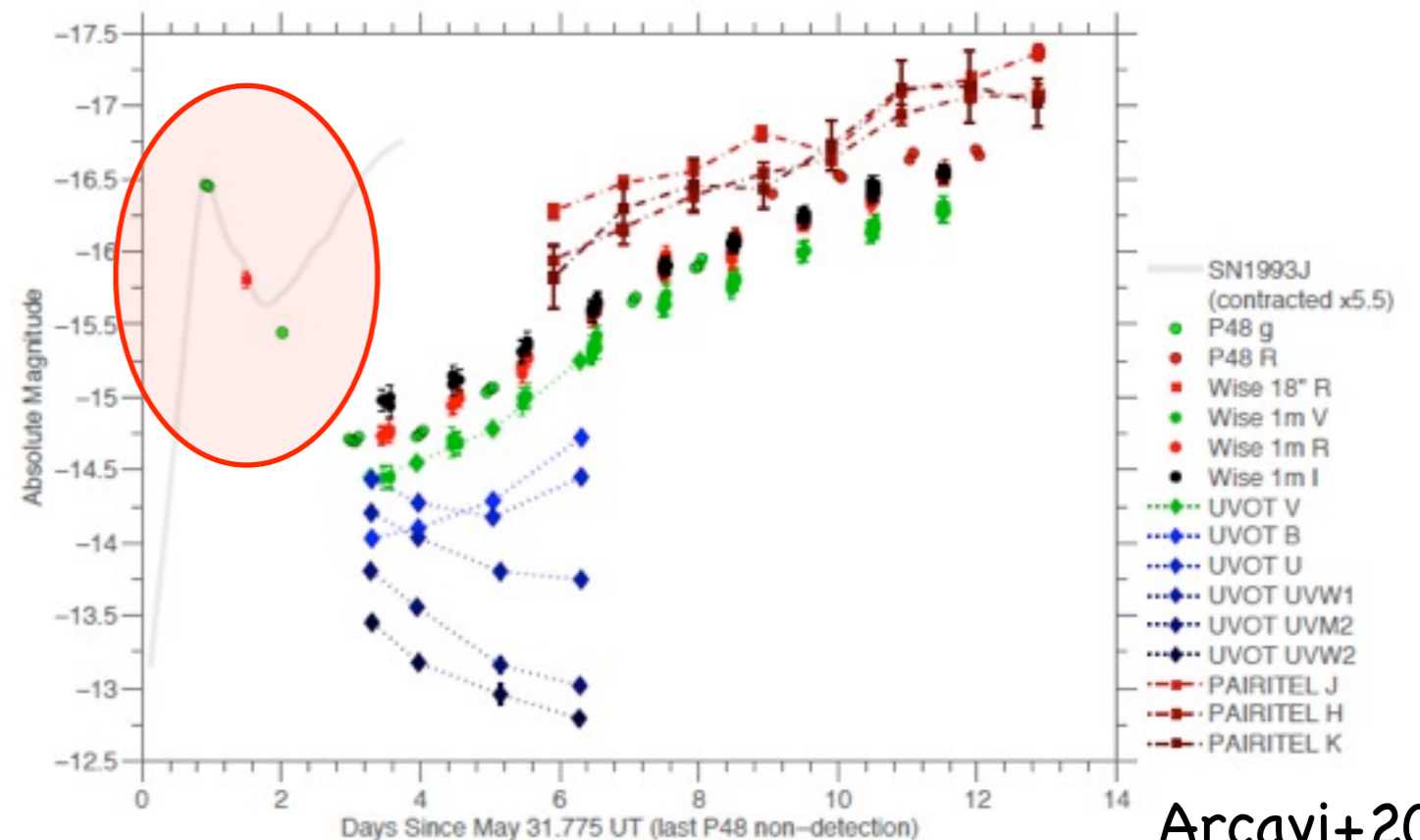
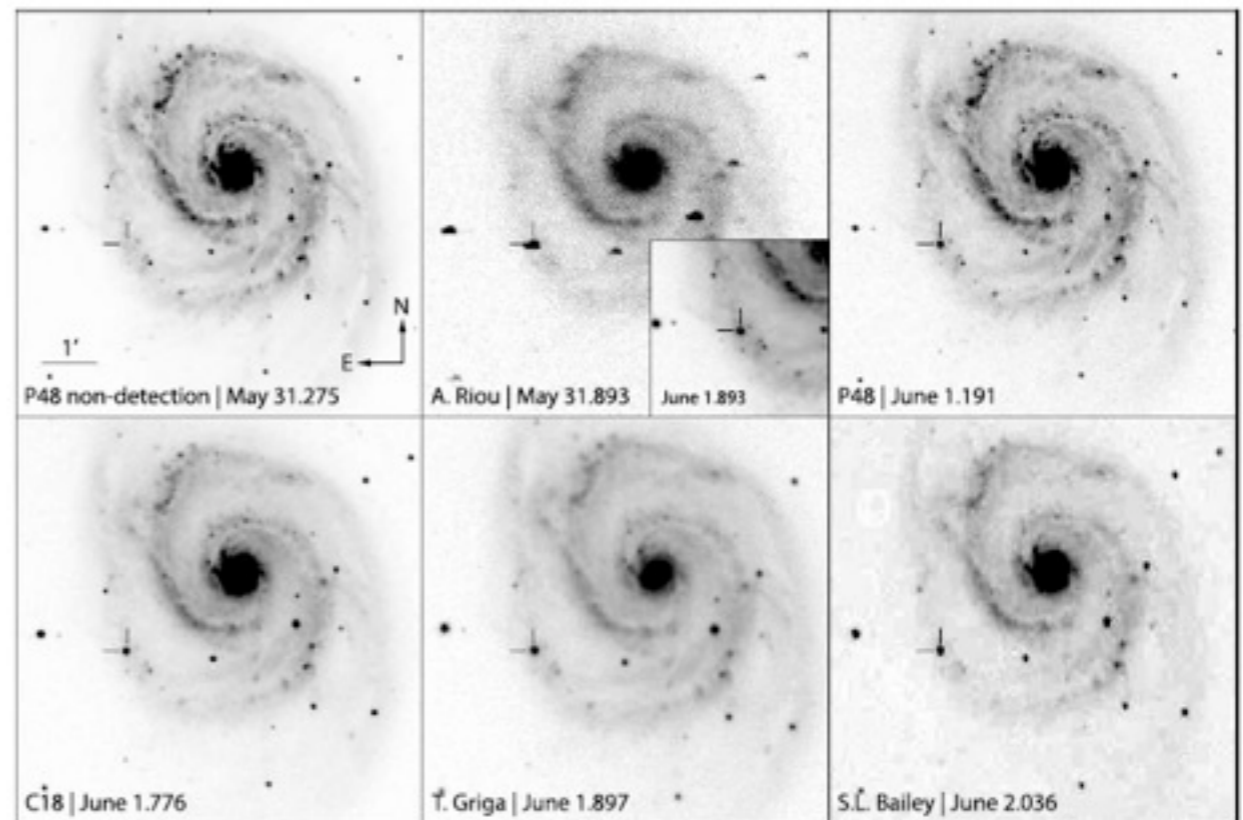
Type Ib SN1999ex



SN2011dh in M51

M51 (NGC 5194) @ 7.1 Mpc

SNI Ib

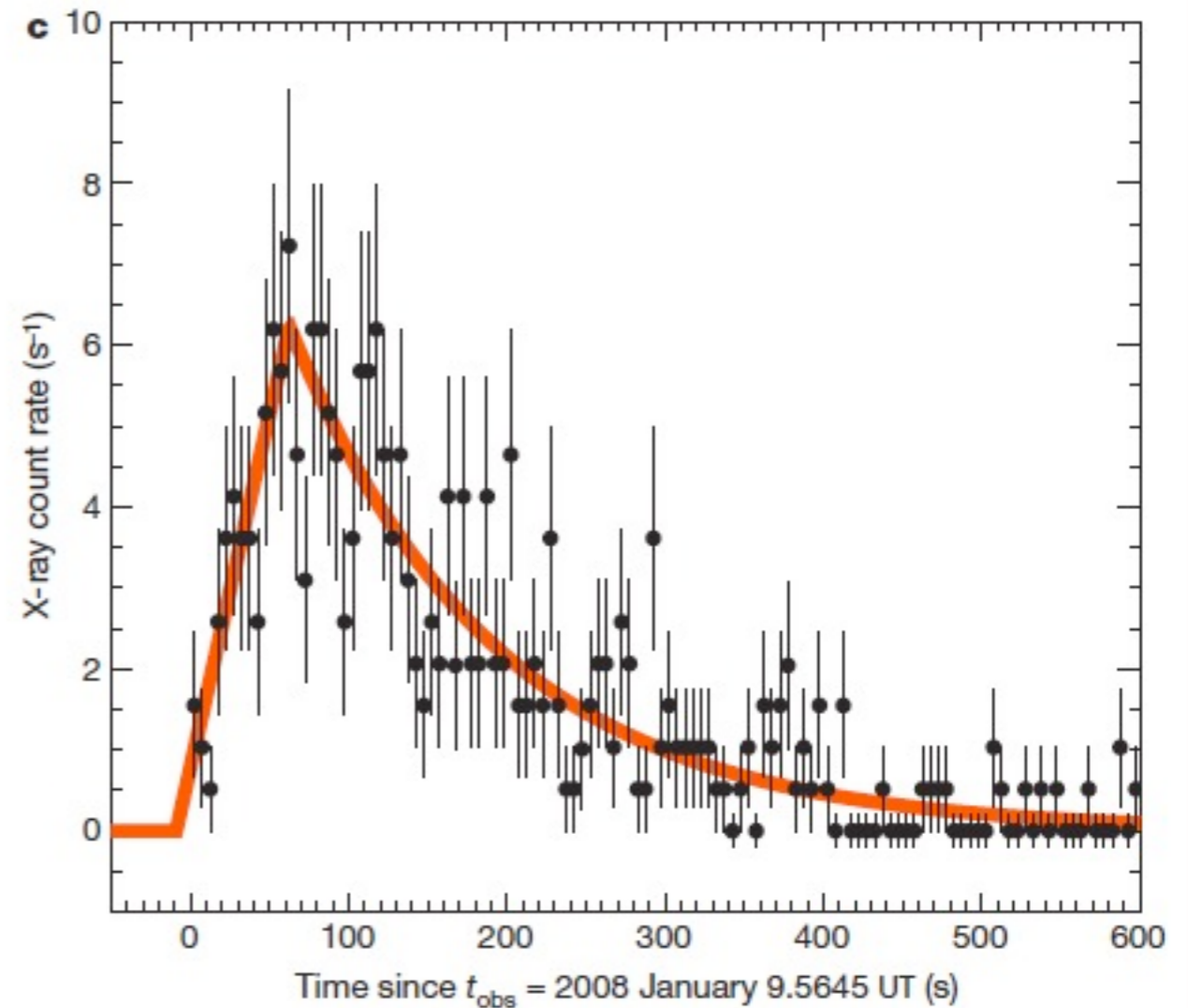
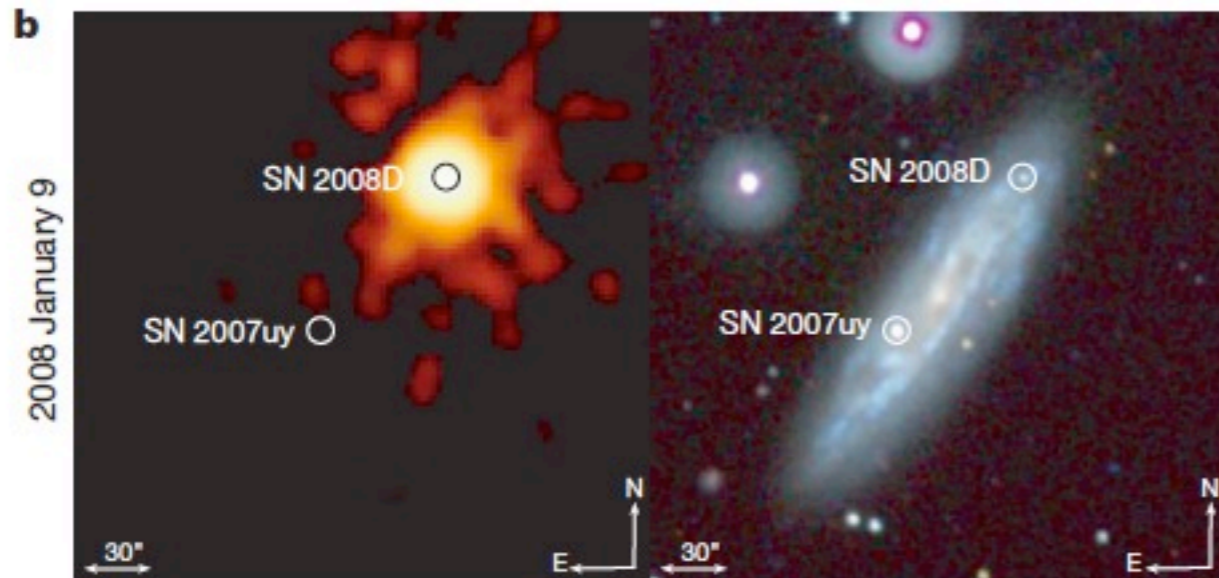
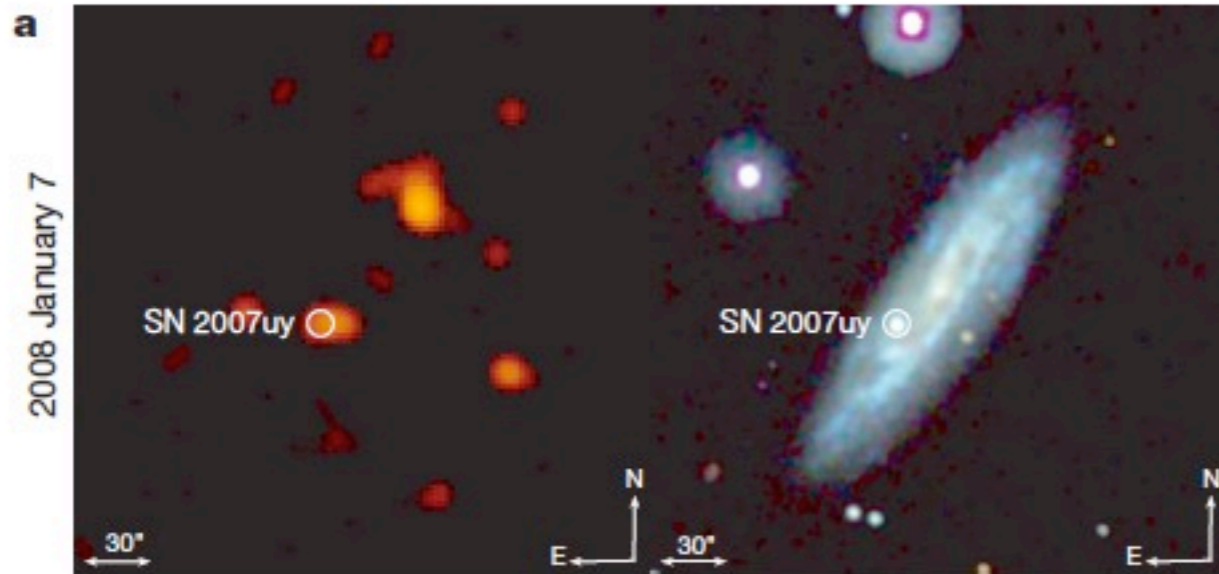


爆発直後はやはり観測が難しい
(まだpublishされていないだけか...?)

Arcavi+2011

Luminous X-ray transient 080109

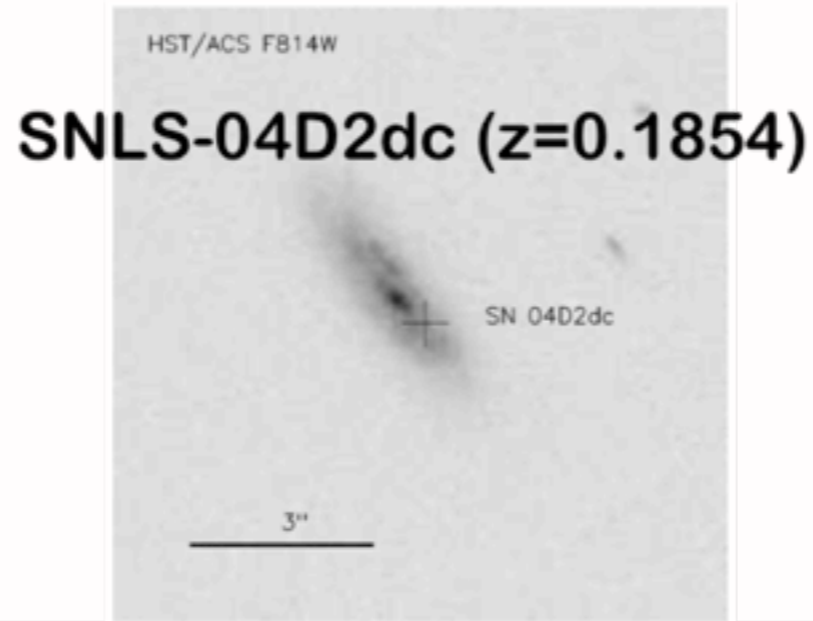
XRO 080109 / SN 2008D



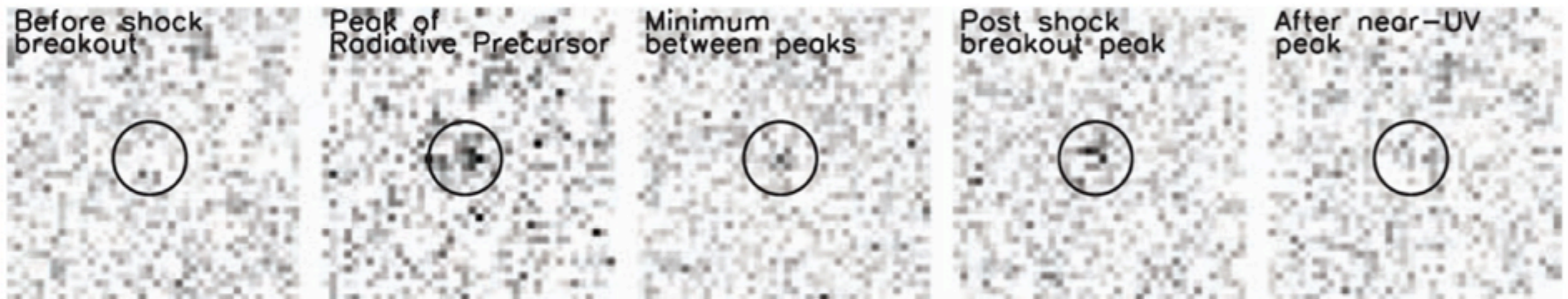
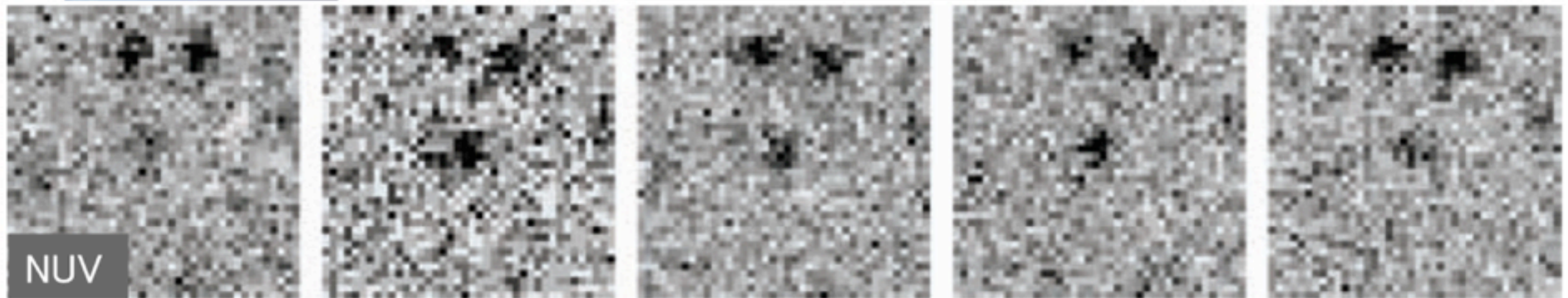
NGC 2770 @ 27 Mpc

これまでのShock Breakout検出例

SNLS SuperNova Legacy Survey



Schawinski et al. 08
Gezari et al. 08

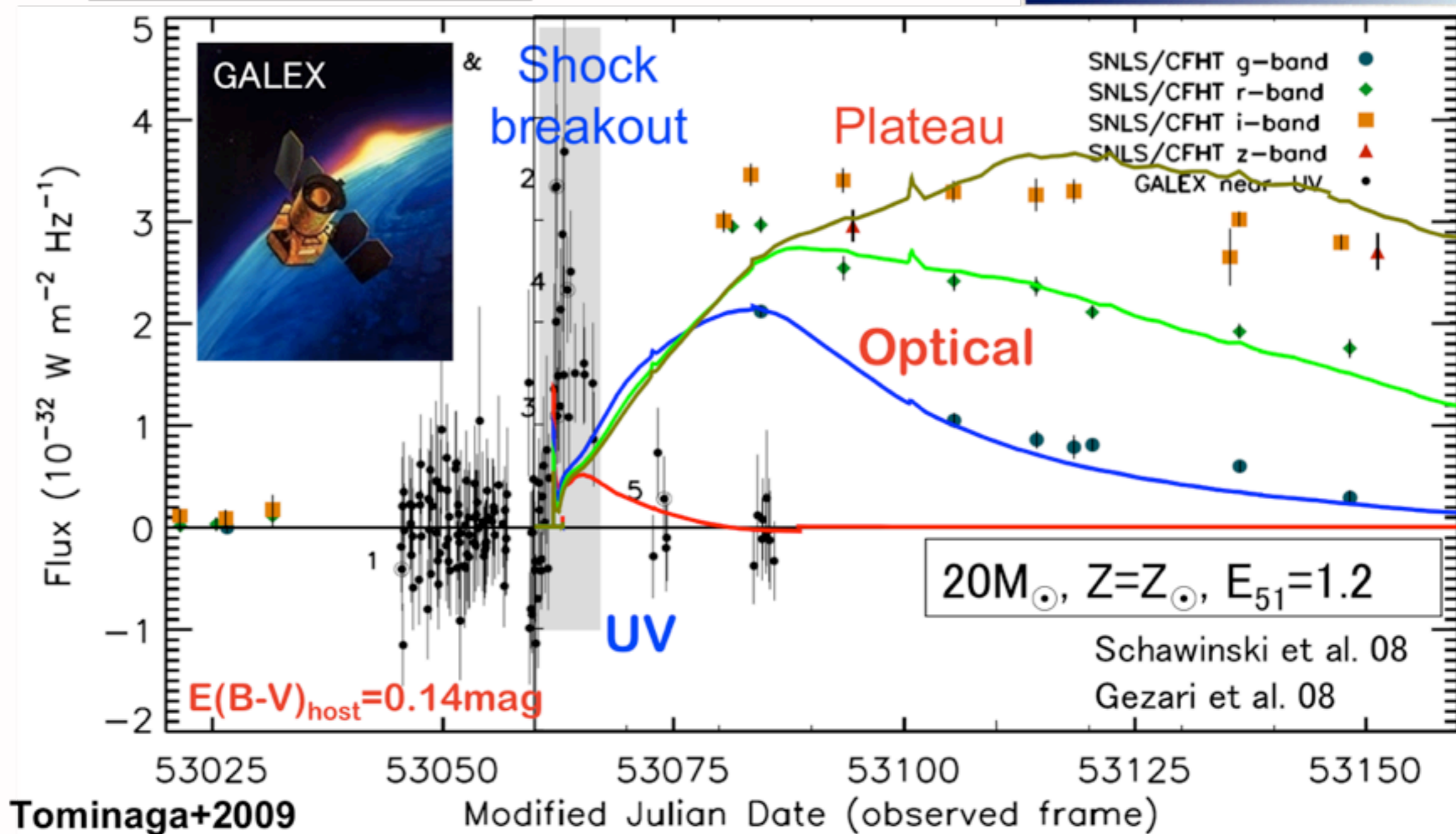


これまでの観測の一例

Multigroup radiation hydrodynamics code
STELLA (Blinnikov + 98)
 でLCを再現

SNLS-04D2dc

SNLS SuperNova Legacy Survey



Shock Breakout まとめ

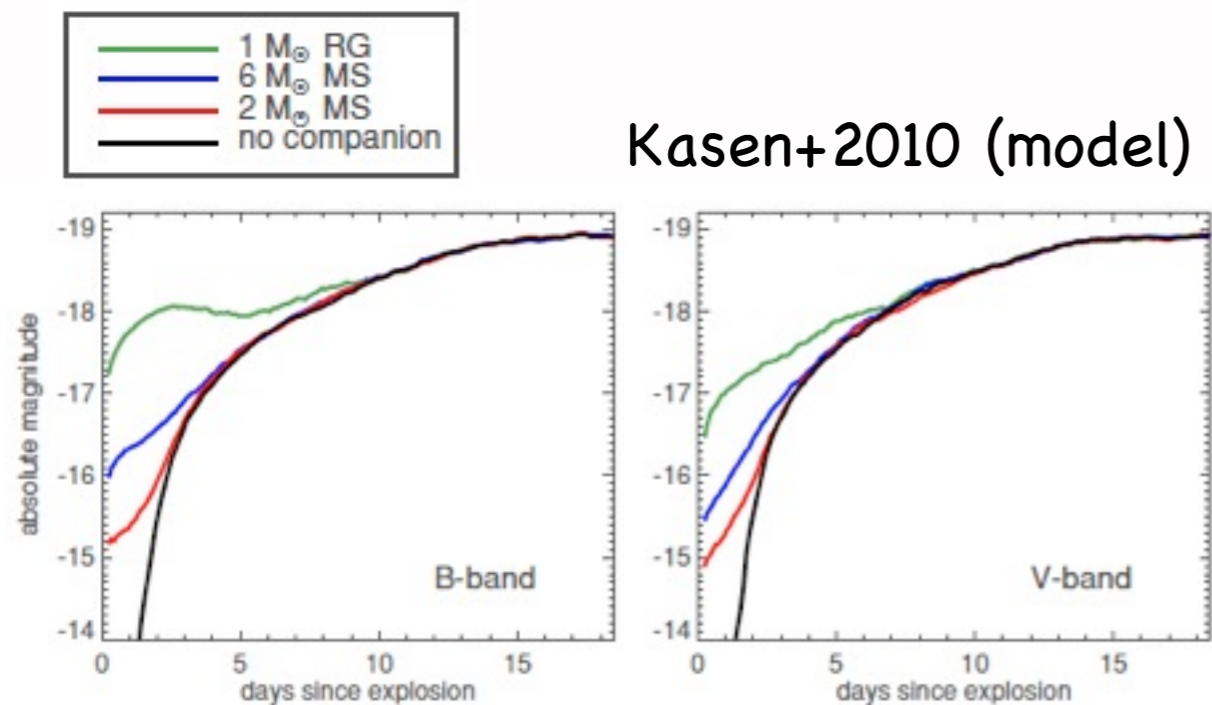
- + 超新星爆発において最も明るい現象
 - 最遠方の重力崩壊型超新星の観測手段となりうる
 - 近傍で理論を検証することが重要
 - 光度曲線と色がIDおよびSNの性質の制限に重要
 - plateau部分が撮像/分光観測できる
 - quasi-blackbody SED. 星の半径等の物理量の導出.
- + スペクトル: 非常に青い (peak $\sim 100\text{\AA}$)
- + 観測されたのは3例のみ (SN 2008D, SNLS2天体) + shock breakout tail 数例
 - 可視光の観測 or S/N のよい観測は(今のところ)存在しない
- + タイムスケール: 数時間 \sim 1日
 - 観測間隔の短い($\sim 3\text{hrs}$)多色観測が必須

KWFC観測でshock breakoutの物理を検証・確立

SN Ia in Binary

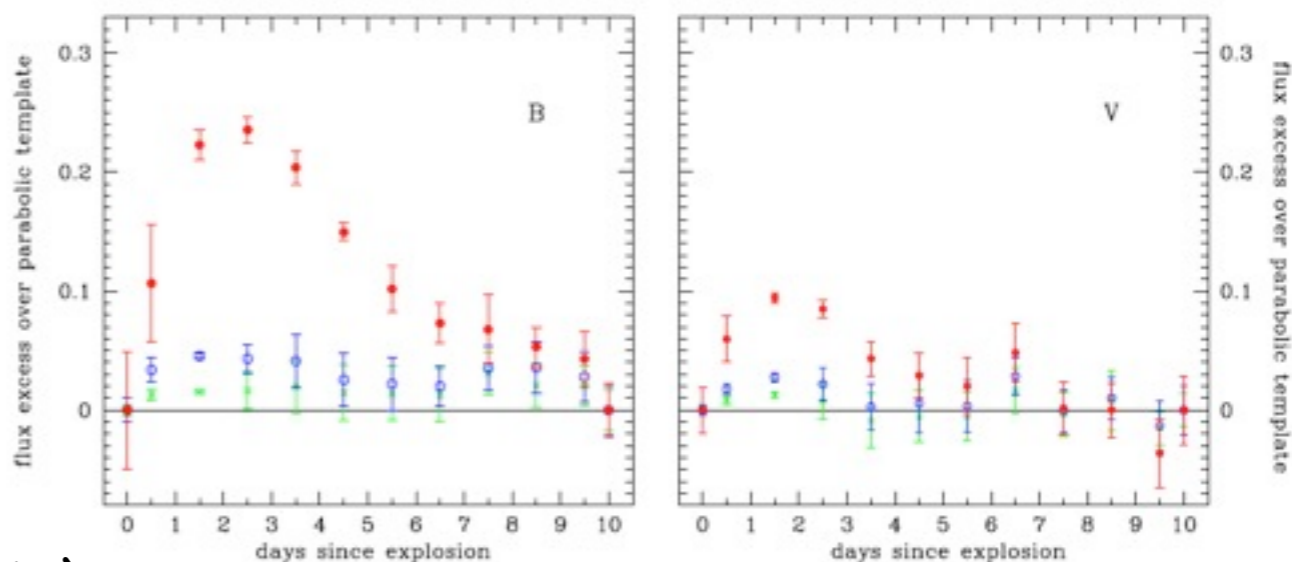
複数の超新星の重ねあわせで議論

--> 個々の超新星で議論したい

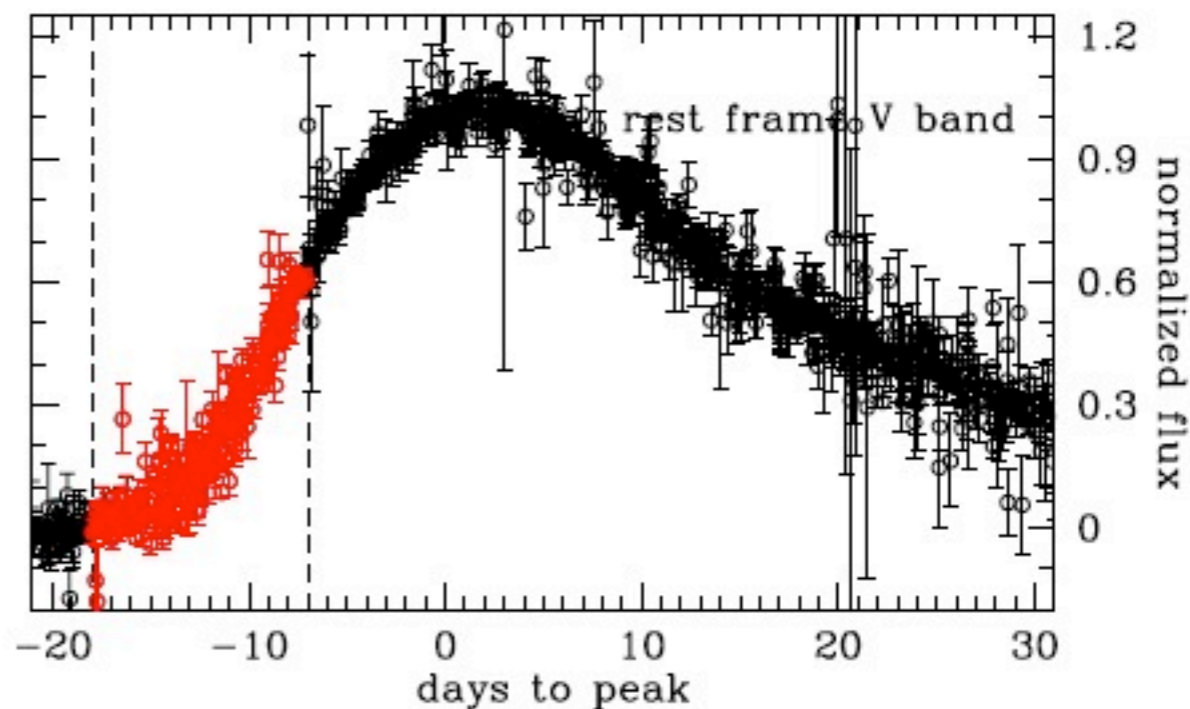
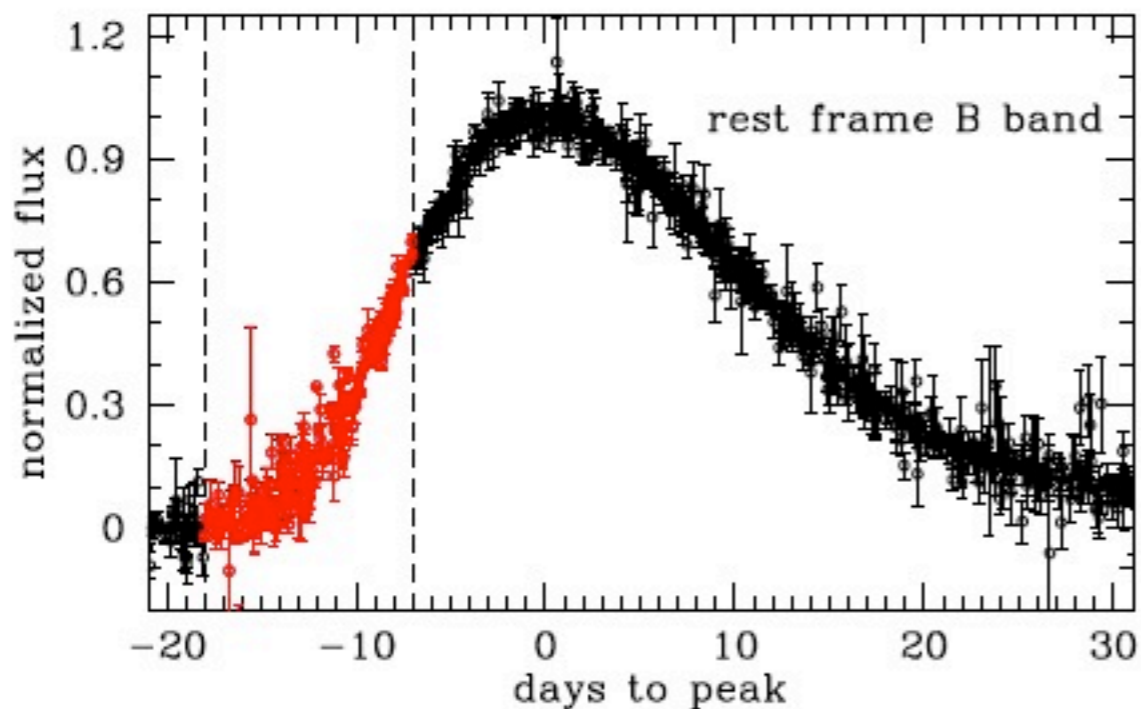


Hayden+2011 (SDSS-II, data)

single degenerateならRGチャンネルは少ない



Bianco+2011 (SNLS, data)



KWFCでの観測提案

個数見積もり

+ **gバンド**でサーベイ、適宜u, rバンドをとる --> 暗夜に観測したい

+ 300sec積分: g~21.5mag

+ SDSSでカバーされている領域: 母銀河の分光データ --> すぐにluminosityに換算可能

+ **1日3回同じ領域を観測(3時間おき)**

+ 5日間**連続**の観測

$$\# = 2.6 \times 10^{-4} [\#/deg^2/5 \text{ days}] \times 4 [deg^2/FoV] \times 30 [FoVs/5 \text{ days}] = 3.1 \times 10^{-2}$$

--> 5日間 x 30回 = **150日間観測で1天体検出**

(1ヶ月あたり: ~数10個のSN Ia, ~数個のSN Ibc, ~数個のSN II)

shock breakoutのタイムスケールは< 1-2 days。その後は数日おきにとれば問題なし。

--> 晴天率の低さは、個数を減らす方向に働く

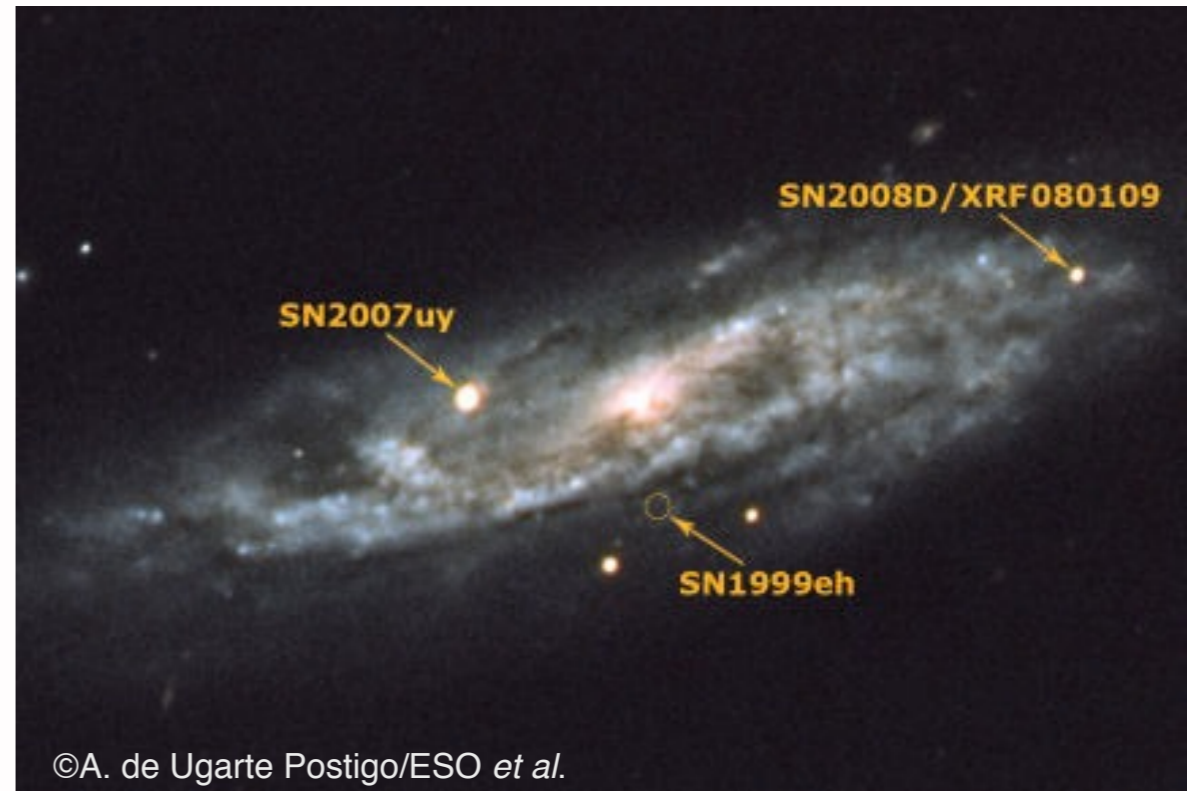
他のサイエンスとのデータ共有

+ high velocity star? @ halo

+ short time-scale variable stars? (RR Lyrae?) @ halo

Quick Data Reduction for Quick Follow-ups

- + データ取得後の素早い解析、ターゲット発見が重要
 - KWFCデータ解析パイプラインが重要
- + どうやって探す?
 - image subtraction
 - カタログベース
- + どうやってfollow-up観測を行う?
 - 超初期phaseはKWFCで
 - KWFCで見つかるのは超近傍
 - > 中小口径望遠鏡でplateauまで測光観測
 - 可視分光も
 - ゆくゆくは大学間連携観測に...



まとめ

- + 爆発直後の超新星検出は未開拓分野。
自分たちで見つけないと間に合わない。
- + KWFCのような広視野カメラで初めて実現可能。
- + shock breakoutの物理の検証、progenitorの(特に)半径、
Ia型超新星のprogenitorなど。
- + 1日に複数回の観測で超新星爆発直後の初期phaseを
- + データ解析パイプライン、その後の候補天体検出をほぼ自動化したい。
- + follow-up観測も重要。
他の望遠鏡(大学間連携)での可視近赤外多色測光、分光
- + 他の変光天体サイエンスにも使えればハッピー