



# 大規模観測: KIso Supernova Survey (KISS)

諸隈 智貴

(東京大学・天文学教育研究センター)

# KISSメンバー

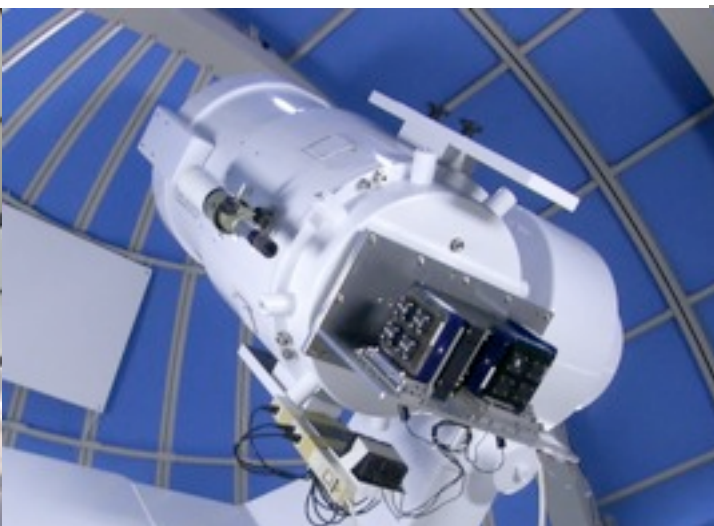


## ○ MLメンバー

諸隈 智貴, 越田 進太郎, 田中 培生, 中田 好一, 松永 典之, 峰崎 岳夫, KWFC装置開発メンバー (東大天文センター), 富永 望, 森 健彰 (甲南大学), 田中 雅臣, 浮田 信治 (NAOJ), 浦田 裕次 (NCU), Michael W. Richmond (Rochester Institute of Technology), 中西 裕之 (鹿児島大学), 山中 雅之, 野上 大作 (京都大学), 板 由房 (東北大学), 岡村 定矩 (法政大学), 坂本 強 (日本スペースガード協会), 富田 晃彦 (和歌山大学)

## ○ 観測・その他協力

川端 弘治, 秋田谷 洋, 森谷 友由希, 伊藤 亮介, 高木 勝俊, 上野 一誠 (広島大学), 黒田 大介 (国立天文台), 寺居 剛 (国立天文台), 高橋 亘, 梅田秀之 (東京大学), Emma Walker (SNS, Pisa), Elena Pian (INAF), Paolo Mazzali (MPA)





# 甲南大学実習@2012/03

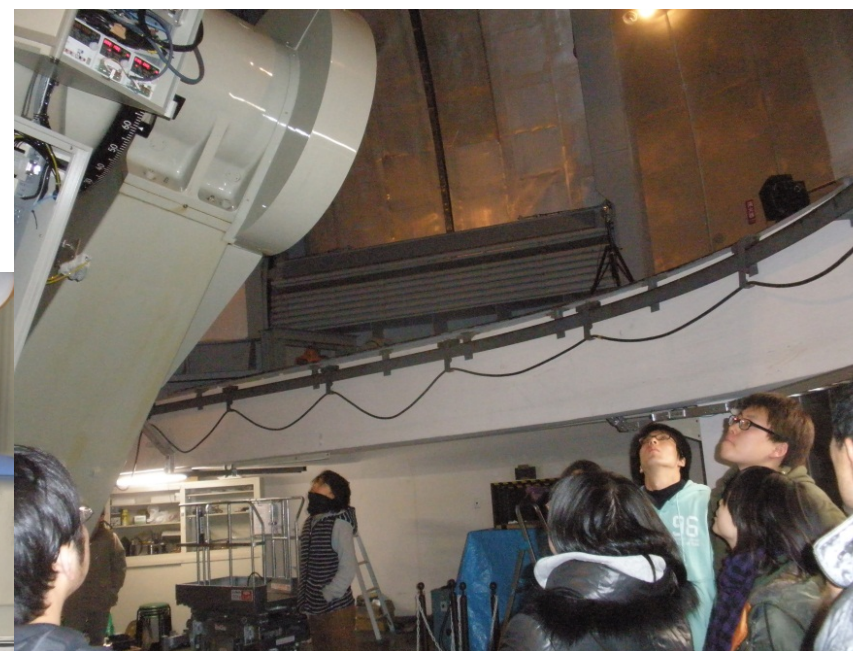
## KISSへの学部生の参加

-甲南大学観測実習-

2012年3月8-12日

望遠鏡見学  
データ解析演習  
観測

→KISS(卒研)



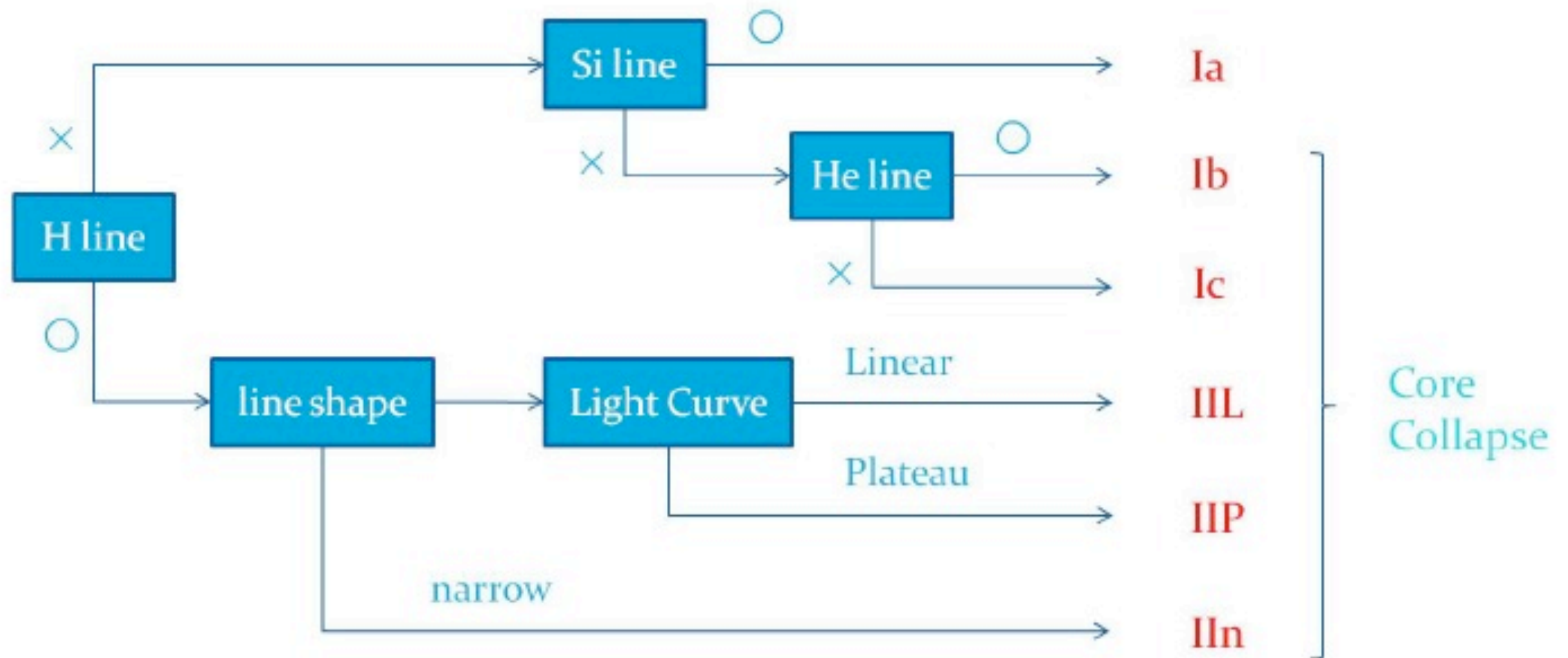
甲南大学  
学部4年生  
森君

# today's menu

---

- 超新星shock breakout
- Kiso Supernova Survey (KISS)
  - 目的
  - サーベイ戦略
  - 初期成果 & 展望

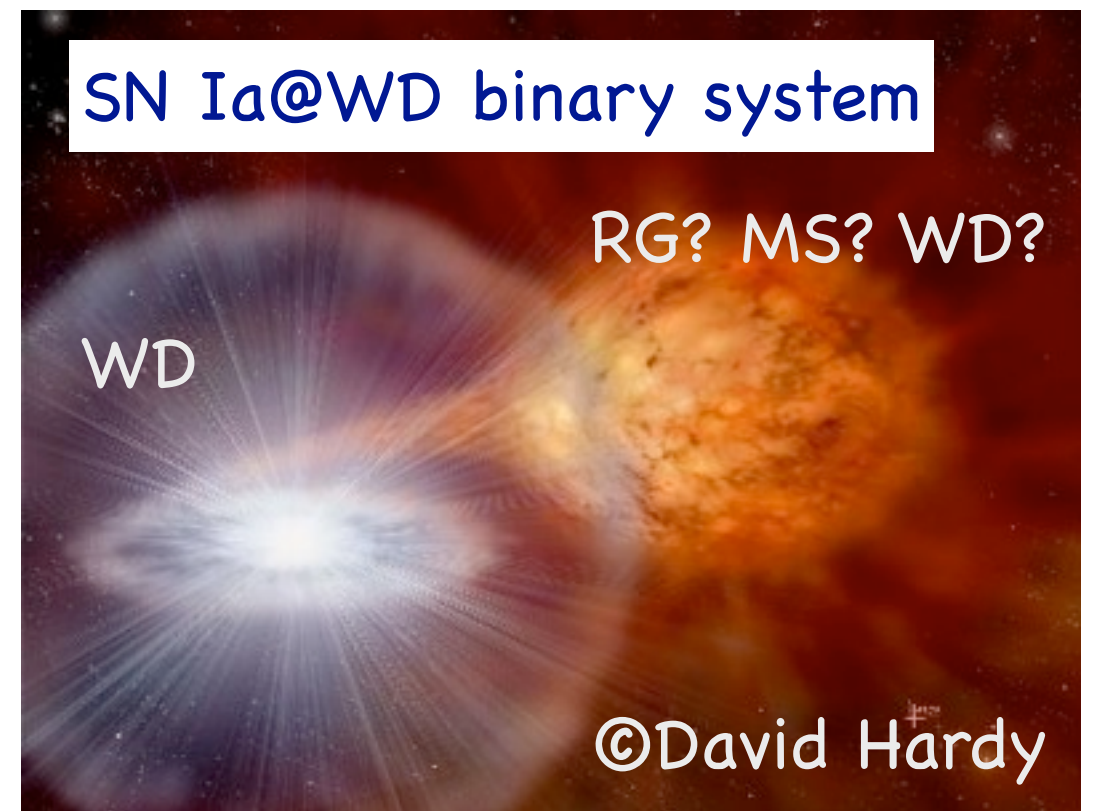
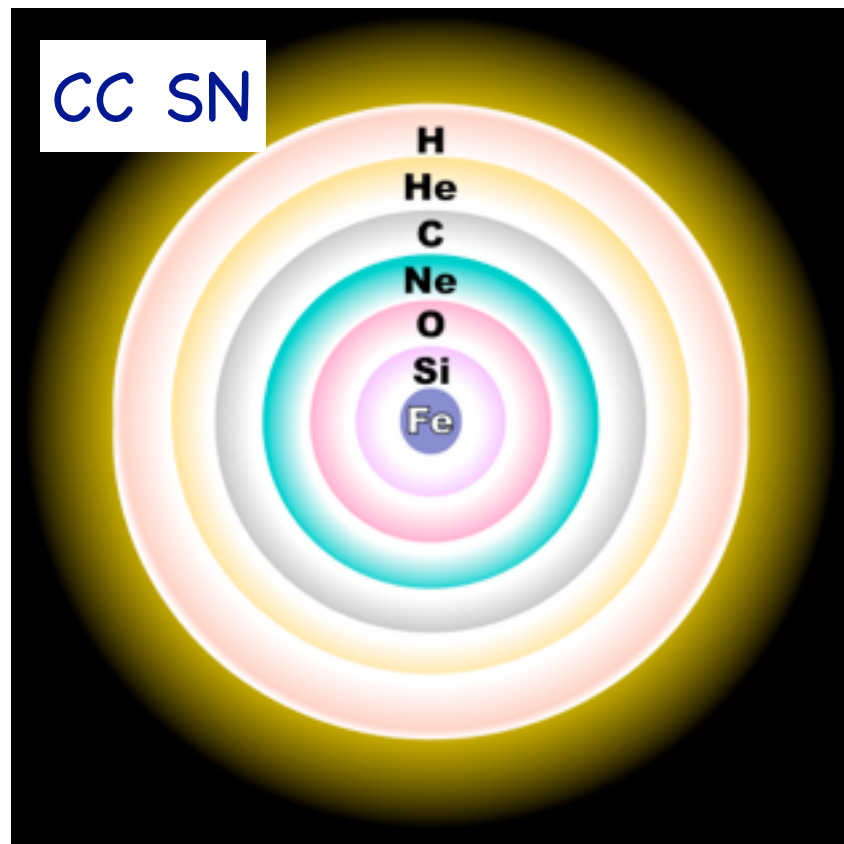
# supernova classification





# supernova

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



超新星爆発の「瞬間」

をとらえる！！！！

# 超新星爆発の瞬間

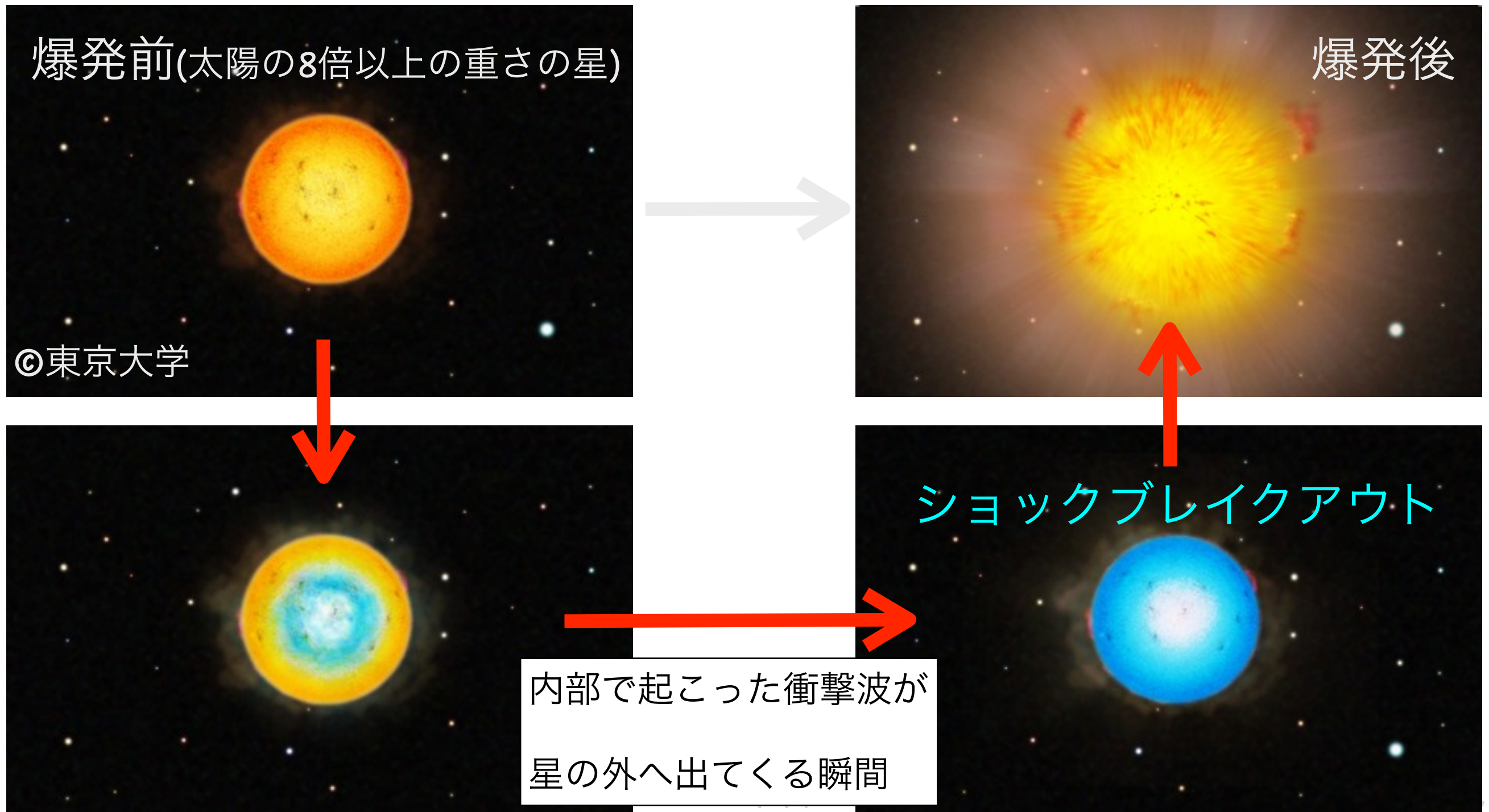
- 超新星の爆発の「瞬間」をとらえる!!!





# 超新星爆発の瞬間

- 超新星の爆発の「瞬間」をとらえる！！！！

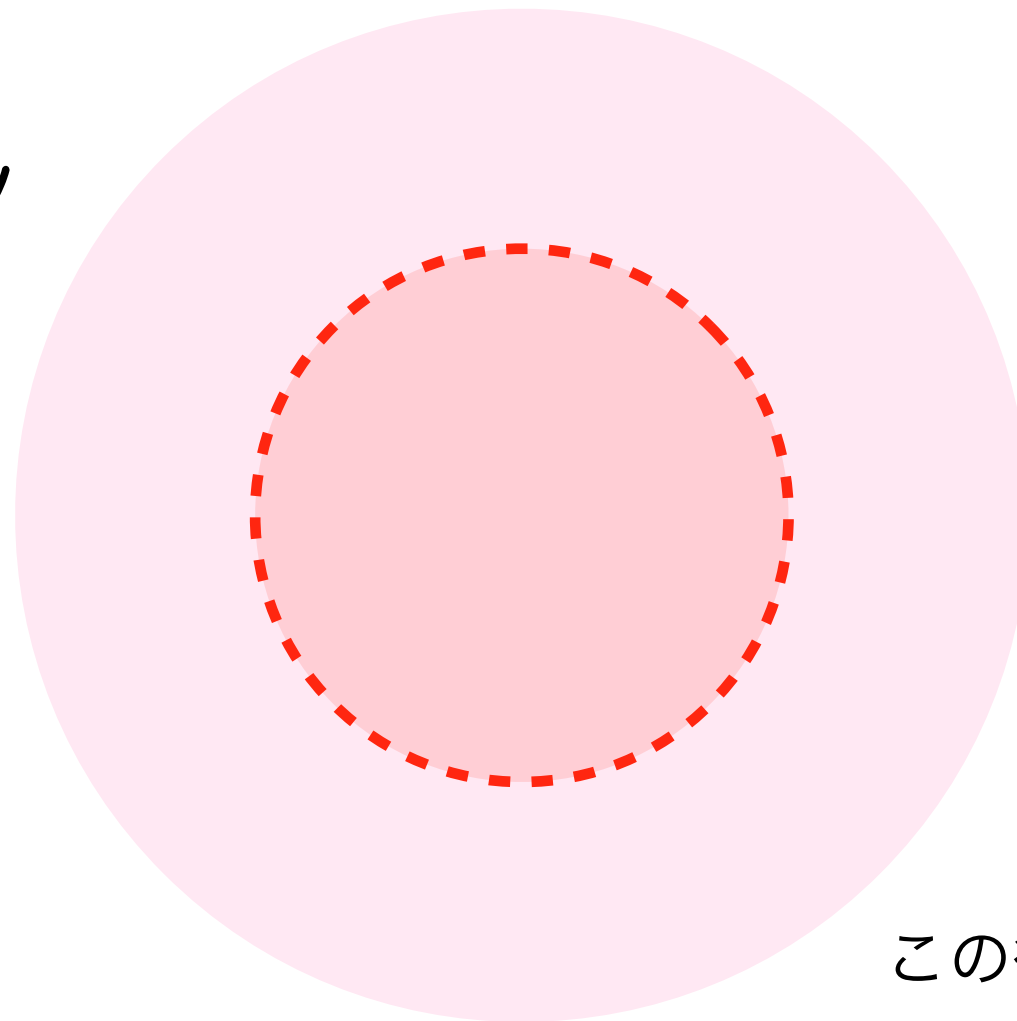


# Supernova Shock Breakout

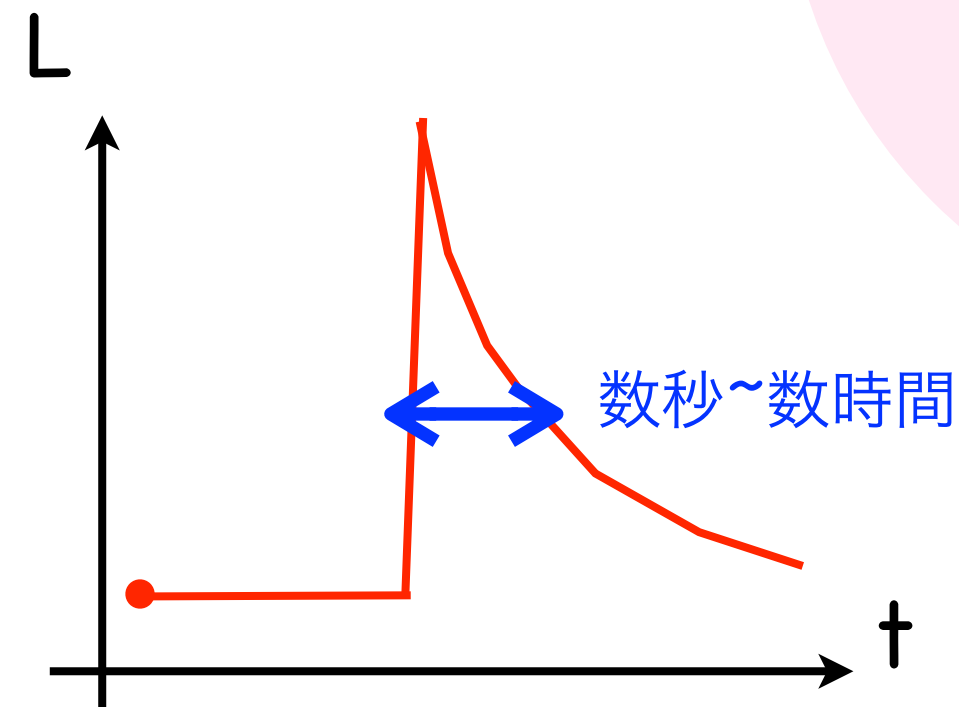
重力崩壊後、中心部で衝撃波

--> 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”



# 超新星爆発の瞬間

---

- これまで可視光で爆発の「瞬間」である

ショックブレイクアウト現象 を捉えた観測例はない。

※ X線、紫外線での偶然の観測はこれまで3例

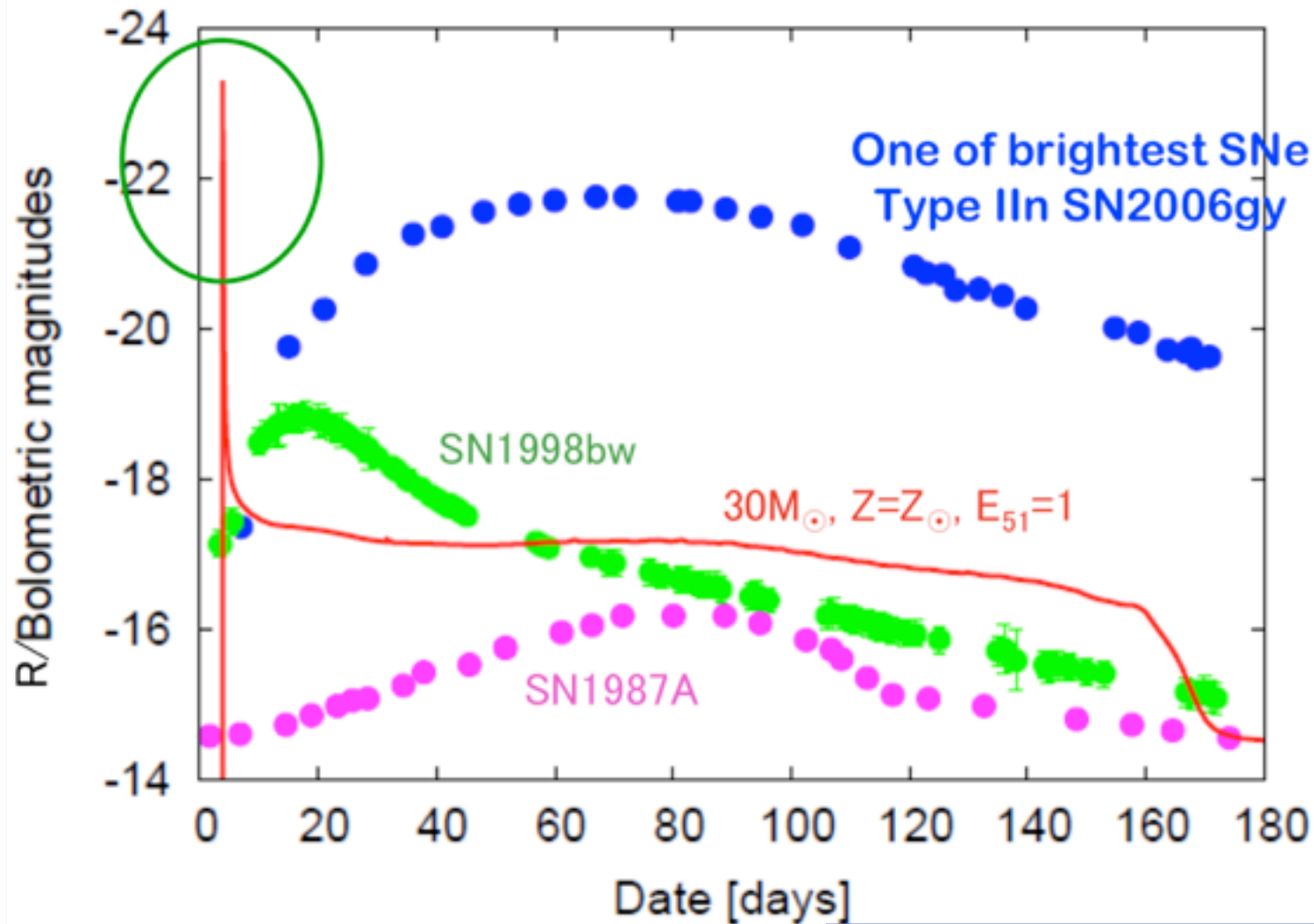
- ショックブレイクアウト現象の観測により理解が飛躍的に進む。
  - 爆発前の星の大きさの測定 --> 星の一生の正確な理解
  - Ia型超新星の爆発前の連星の正体



# ショックブレイクアウトは非常に**明るい**

## SN 2006gy (z=0.02: Smith+2008, Kawabata+2009)

-  $M_R \sim -22$  ( $M(^{56}\text{Ni}) \sim 15M_{\odot}$  or CSM interaction)



※ X線 ~ UVにピーク

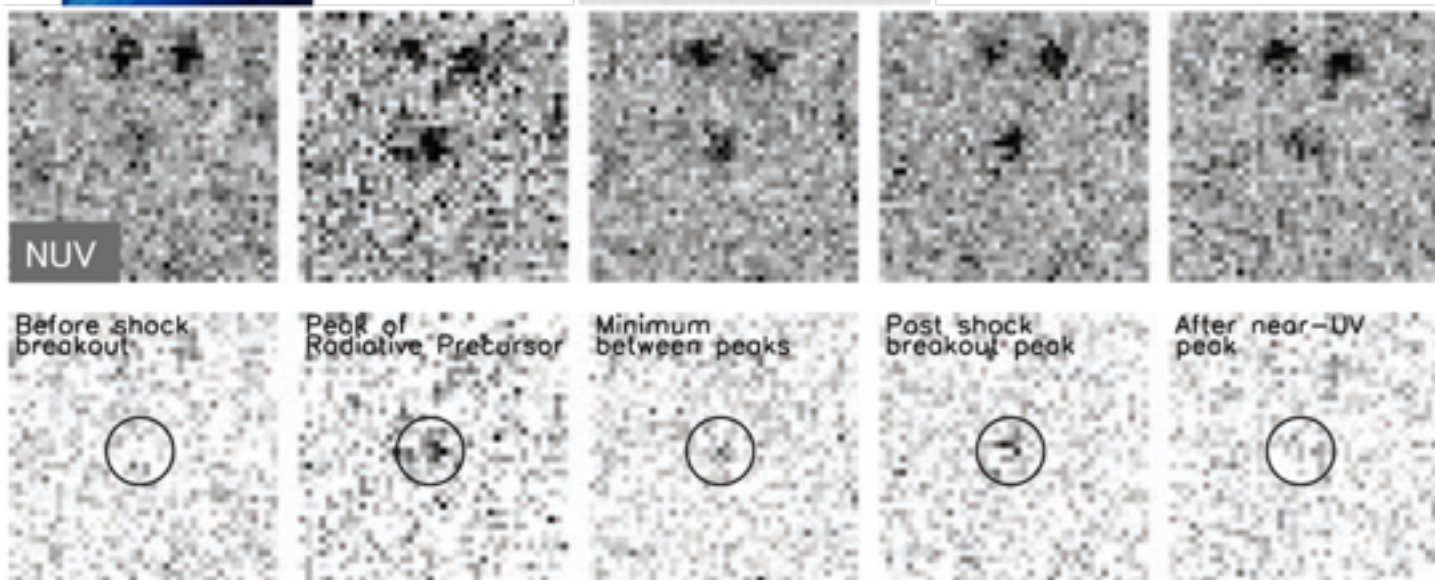
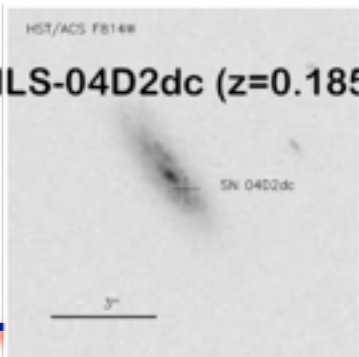
- これまで観測例はわずか

- negative K-correctionで  
high-z (~1-2)でもそんなに暗く  
ならない

z>1でも検出可能 w/ 8m-class telescope  
Subaru/Hyper Suprime-Camでのサーベイ

IIn型やガンマ線バーストは特殊な天体  
水素外層があればshock breakoutは起こる  
--> “普通”の重力崩壊型超新星

GALEX

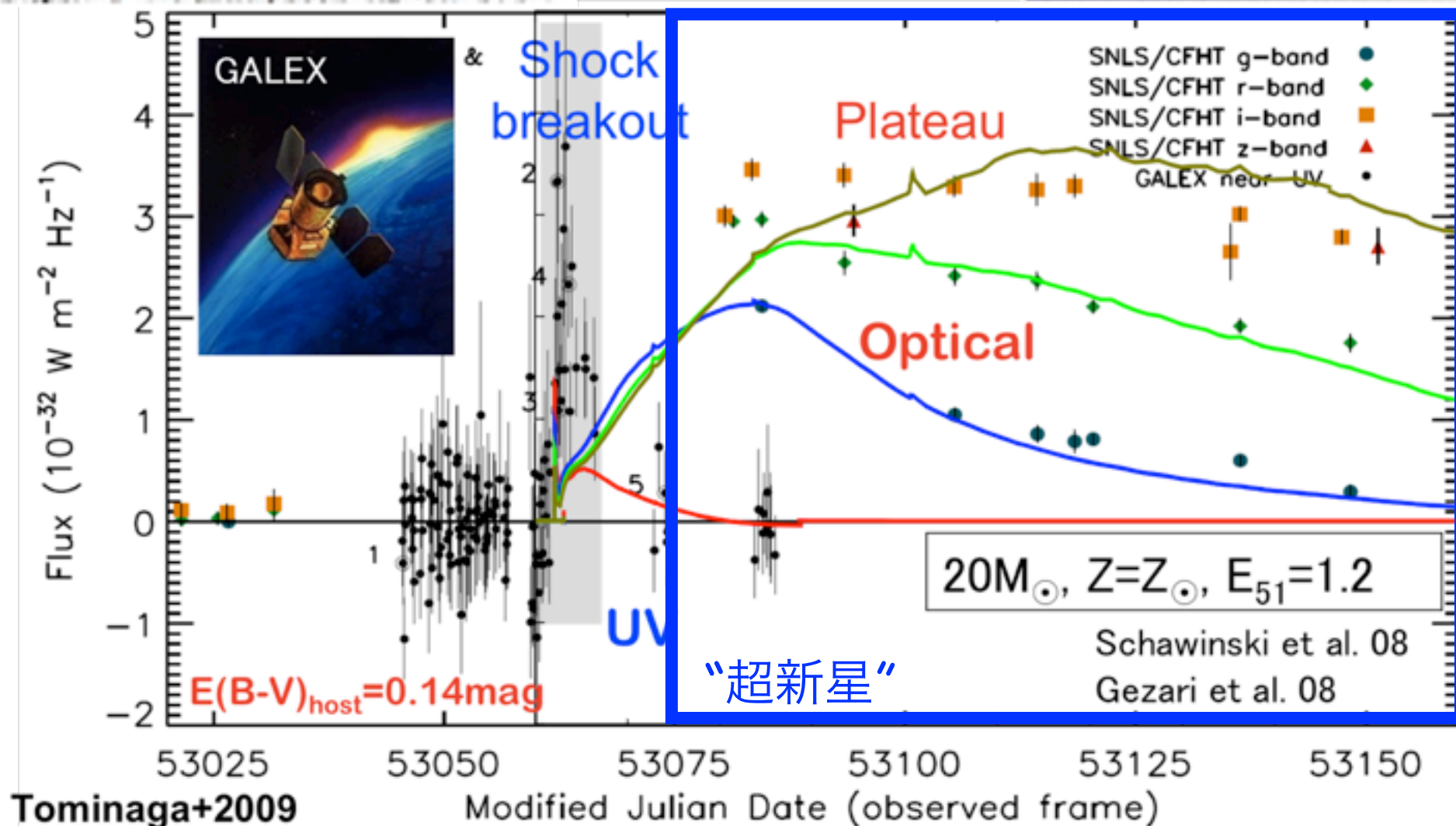


Multigroup radiation hydrodynamics code  
**STELLA** (Blinnikov + 98)  
でLCを再現

# 検出例@UV

SNLS-04D2dc@z=0.19

GALEXによる偶然の観測



# ショックブレイクアウトまとめ

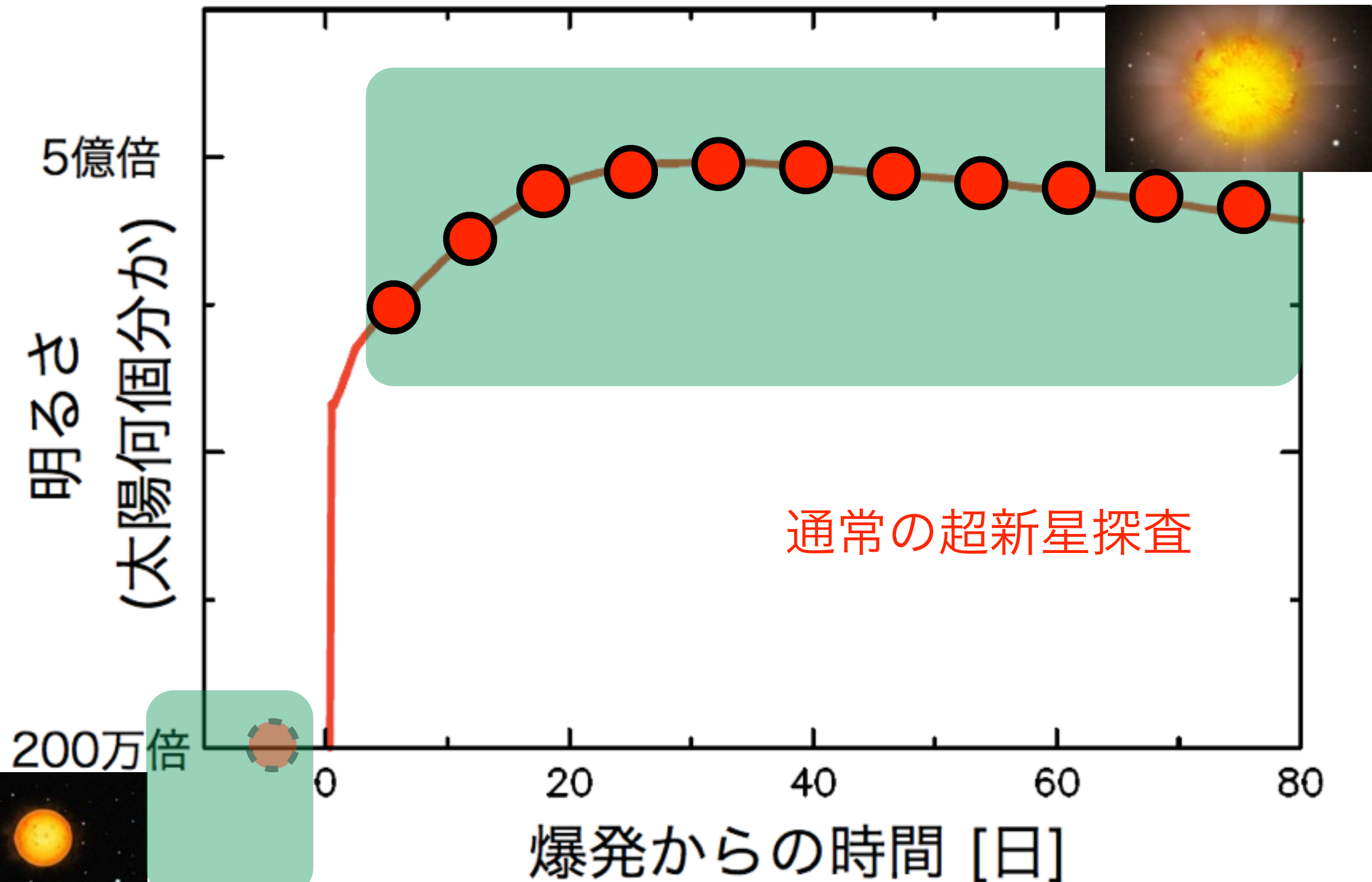
- + 超新星爆発において最も明るい現象
  - 最遠方の重力崩壊型超新星の観測手段となりうる
  - 近傍で理論を検証することが重要
    - 光度曲線と色がIDおよびSNの性質の制限に重要
    - plateau部分が撮像/分光観測できる <-- KISSの強み
    - quasi-blackbody SED. 星の半径等の物理量の導出.
- + スペクトル: 非常に青い (peak ~100Å)
- + 観測されたのは3例のみ@UV&X線 (SN 2008D, SNLS2天体) + tail 数例
  - 可視光の観測 or S/N のよい観測は(今のところ)存在しない
- +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

KWFC観測(KISS)でshock breakoutの物理を検証・確立



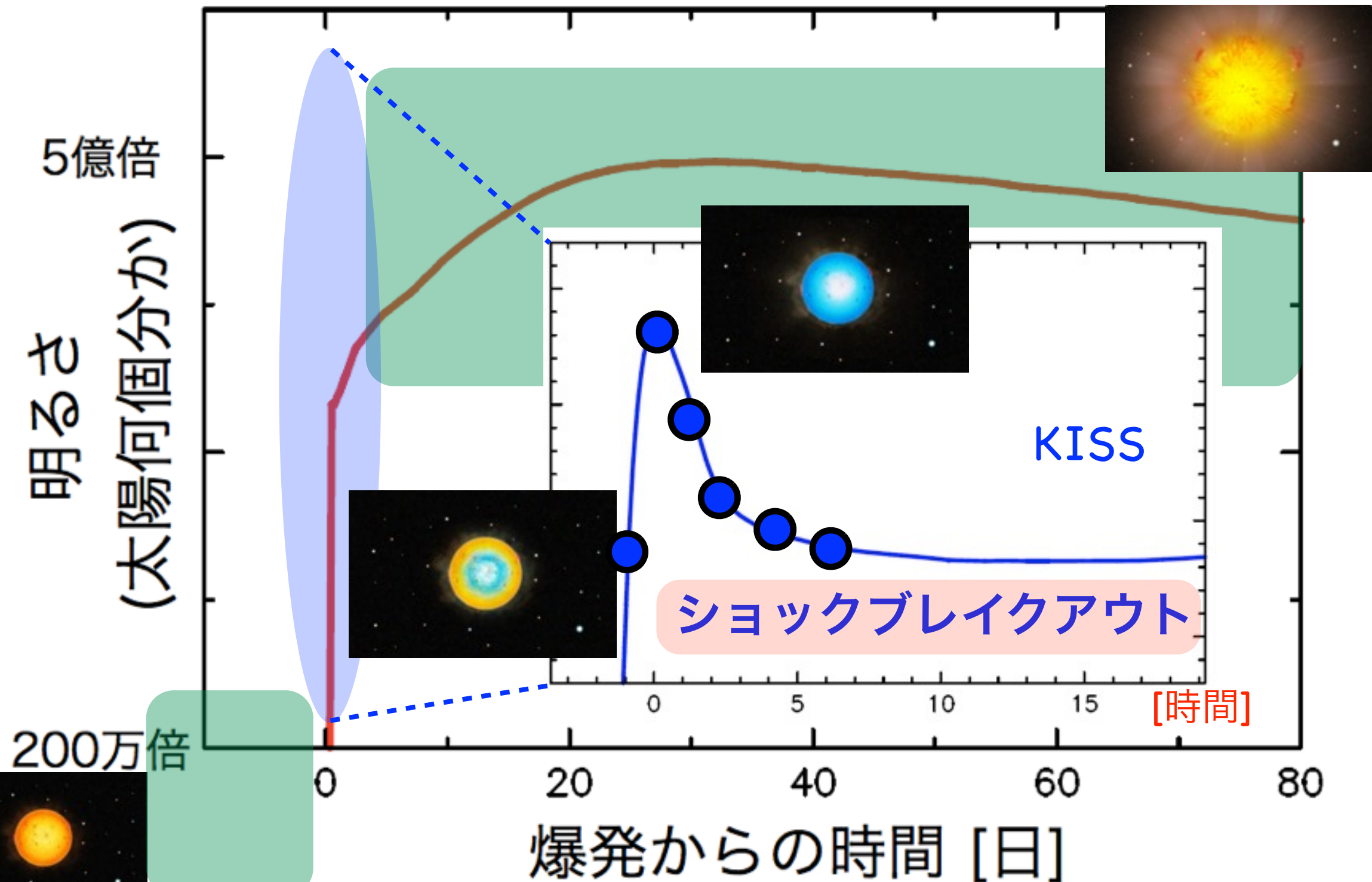
# 超新星探査KISS(KIso Supernova Survey)プロジェクト

- 超新星の爆発の「瞬間」をとらえる!!!



# 超新星探査KISS(KIso Supernova Survey)プロジェクト

- 超新星の爆発の「瞬間」をとらえる!!!





# KWFCでの観測 ~ KISS ~



- SDSS-gバンドでサーベイ --> 暗夜に観測
  - 適宜u, rバンドを
  - 3分積分:  $g \sim 20-21$  mag
  - 「1時間おきに同じ領域を5回」: 3分積分, 15視野=60deg<sup>2</sup>
  - 5-10日間連続の観測@2-5, 8-10月: 同じ視野を見続ける
  - SDSSでカバーされている領域 (haloの方向):  $z < 0.05$ . 母銀河の分光データ --> すぐにLに換算可能
    - 総star formation rateが高い領域
    - $\sim 30$  SNe Ia,  $\sim 10$  SNe II/Ibc / yr
      - 基本的に発見後すぐ公開
      - shock breakout検出期待値:  $\sim 100$ 晩で1天体
  - 他のサイエンスとのデータ共有
    - 短時間タイムスケールの変光星 (RR Lyrae) @ halo, nova?
    - quasars





# KWFCでの観測 ~

- SDSS-gバンドでサーベイ --> 暗夜に観測
- 適宜u, rバンドを
- 3分積分:  $g \sim 20-21$  mag
- 「1時間おきに同じ領域を5回」: 3分積分, 15視野=60deg<sup>2</sup>
- 5-10日間連続の観測@2-5, 8-10月: 同じ視野を見続ける
- SDSSでカバーされている領域 (haloの方向):  $z < 0.05$ . 母銀河
- 総star formation rateが高い領域
- ~30 SNe Ia, ~10 SNe II/Ibc / yr
- 基本的に発見後すぐ公開
- shock breakout検出期待値: ~100晩で1天体
- 他のサイエンスとのデータ共有
- 短時間タイムスケールの変光星 (RR Lyrae) @ halo, nova
- quasars

1->2->3->...->14->15

20h



1->2->3->...->14->15

21h



1->2->3->...->14->15

22h



1->2->3->...->14->15

23h



1->2->3->...->14->15

24h

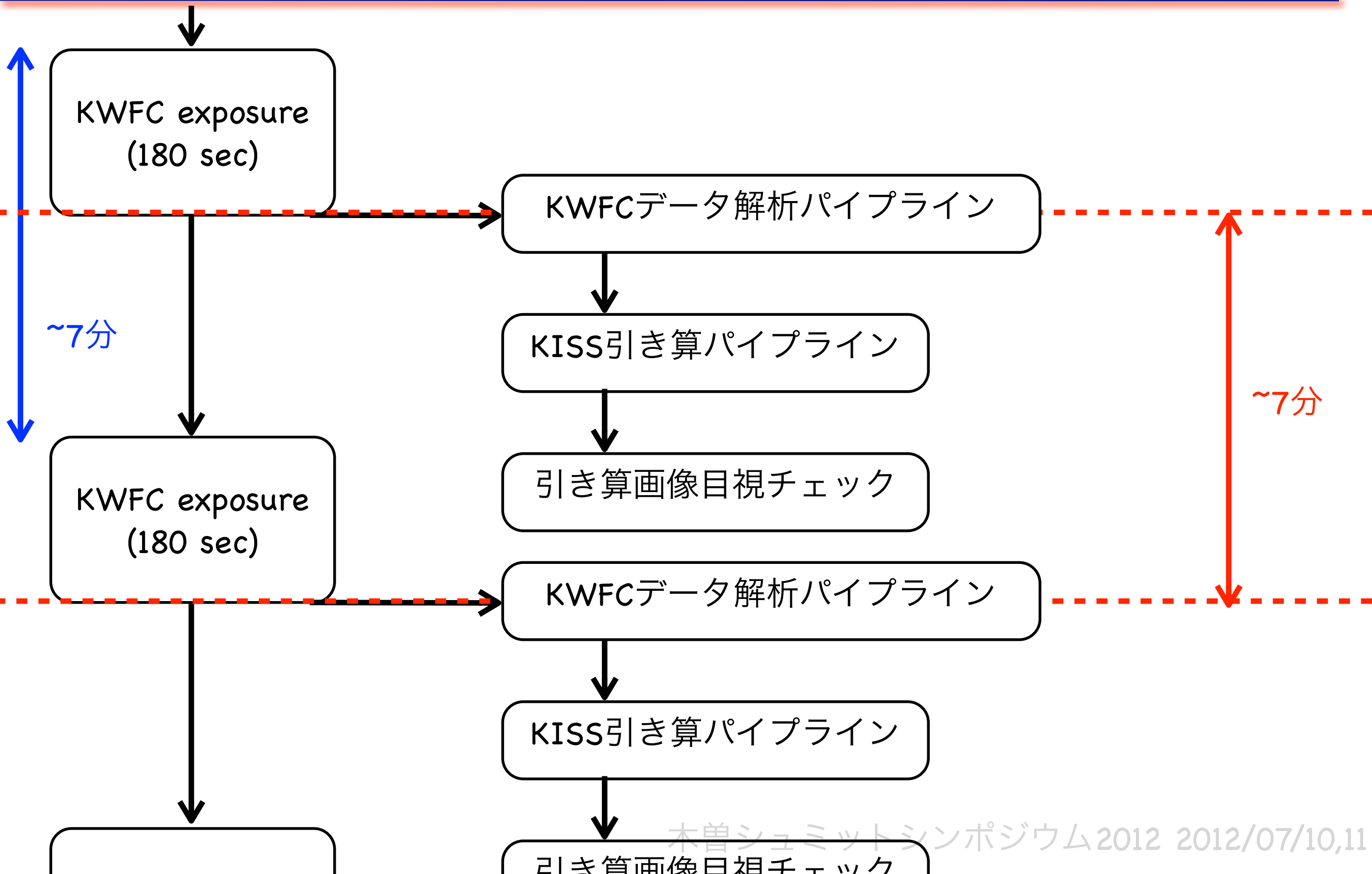


これを3ヶ月繰り返す

&

2年目以降も同じ領域

# KISSデータ解析パイプライン



# KISSプロジェクト：初期成果

- 2012年4月KISSプロジェクト観測開始

- 東京大学、甲南大学、国立天文台、ロチェスター工科大学、広島大学、台湾国立中央大学らとの共同研究プロジェクト

- 2012年5月13日、最初の超新星発見。

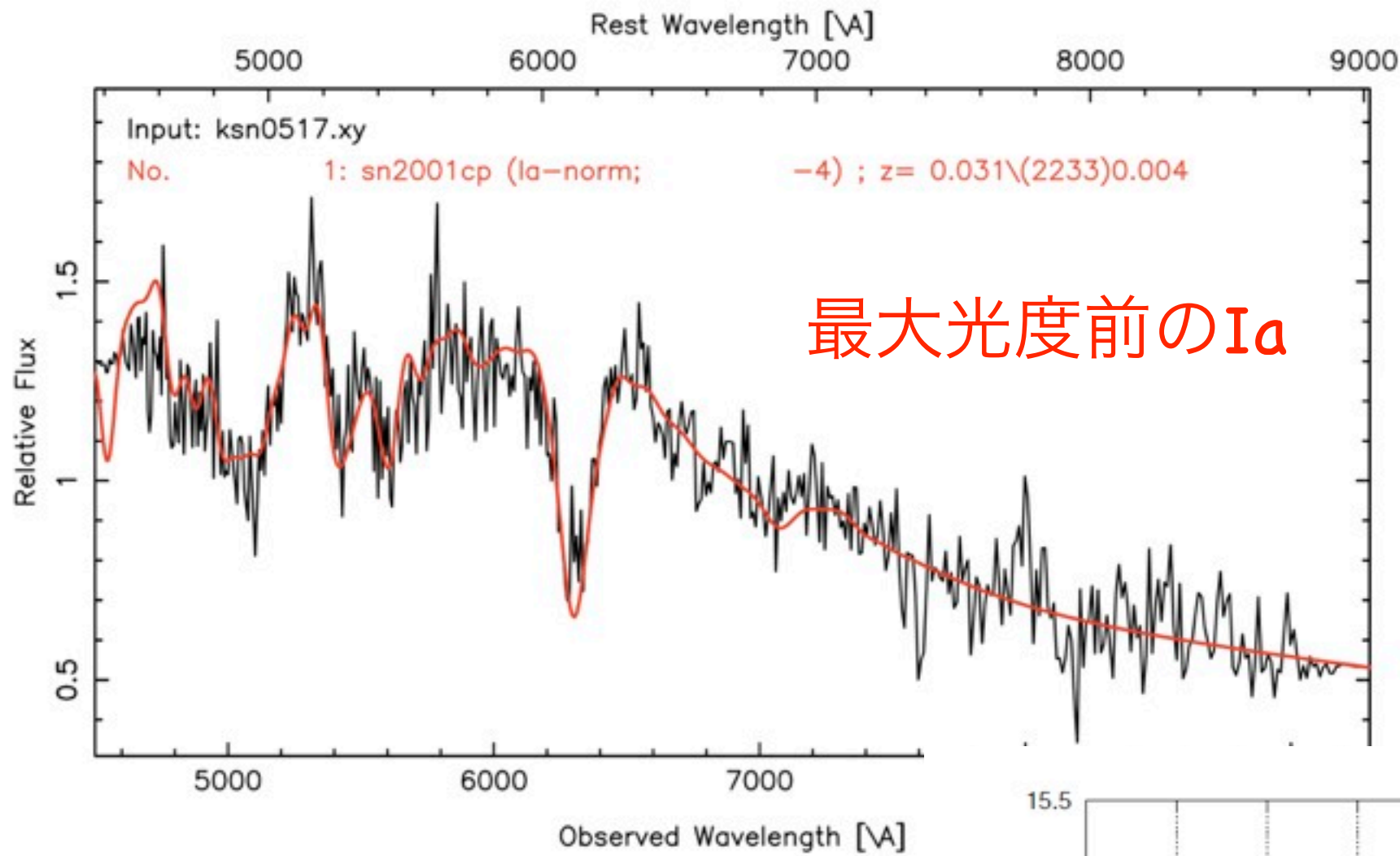
- KWFCおよび広島大学東広島天文台かなた望遠鏡での追加観測。

- SN 2012cm ( $z=0.0282$ )

諸隈 智貴 (東京大学)、富永 望、森 健彰 (甲南大学)、田中 雅臣 (国立天文台)他



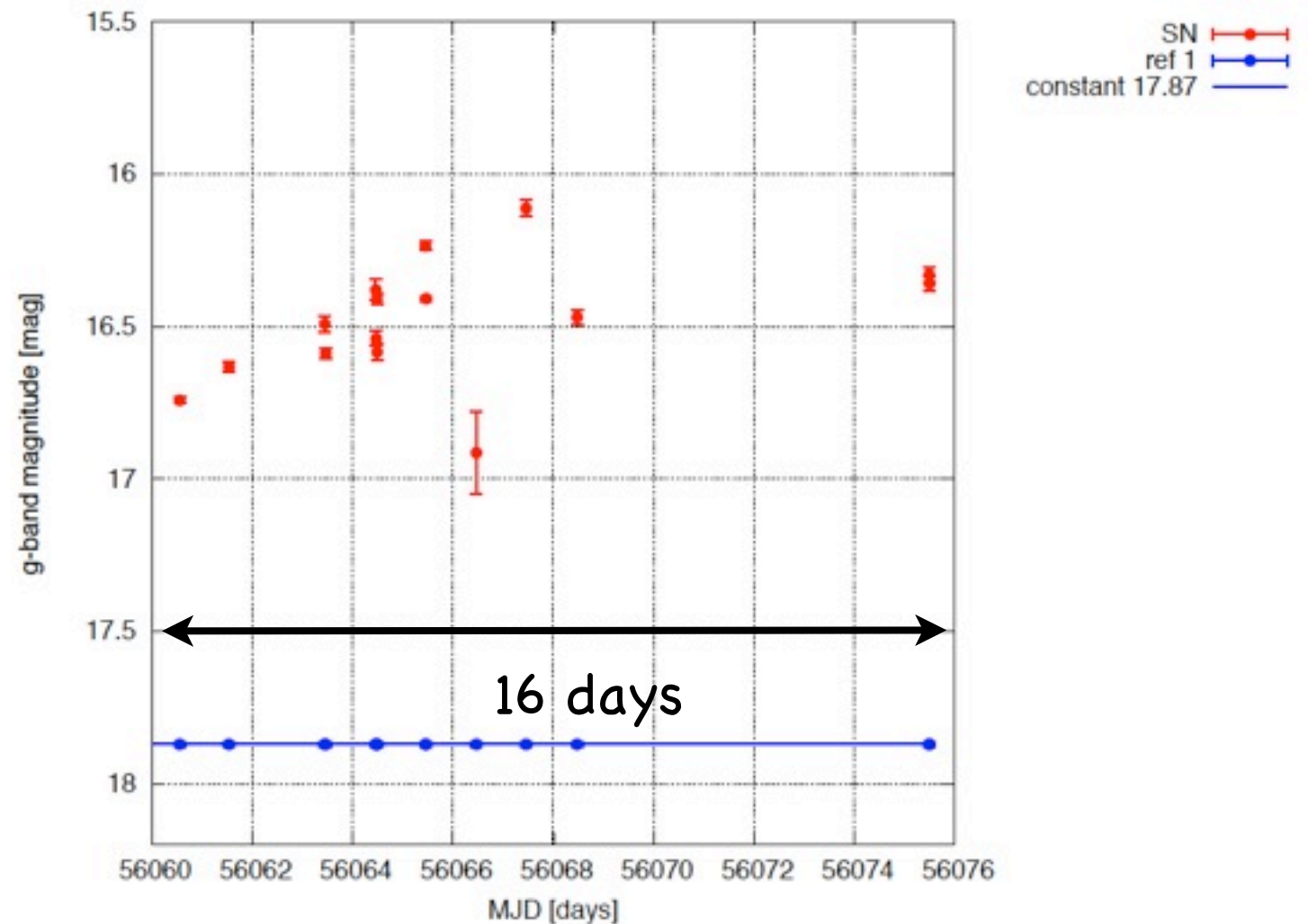
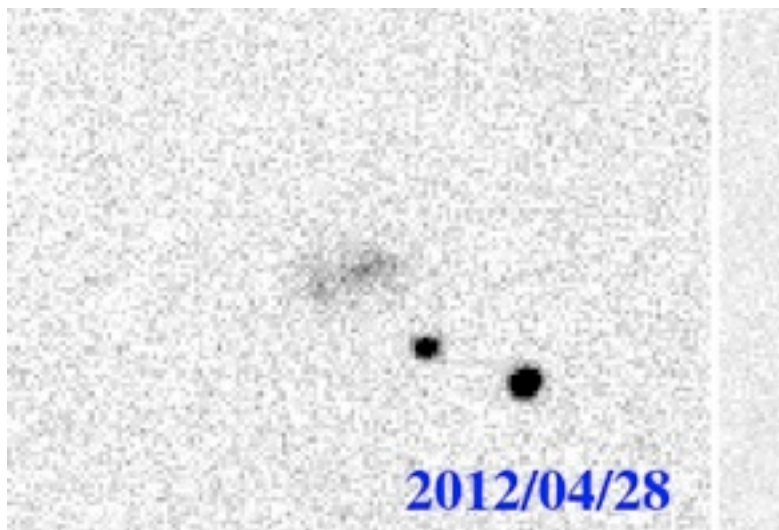




中央大学らとの共同研究プロジェクト

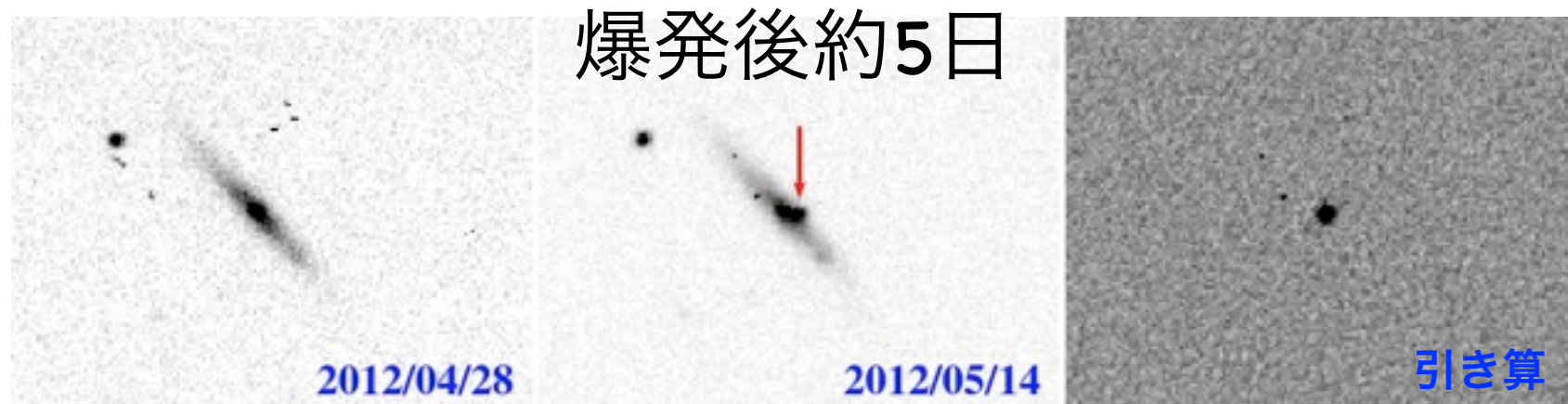
- SN 2012cm (z=0.0282)

諸隈 智貴 (東京大学)、 冨永 望、 森

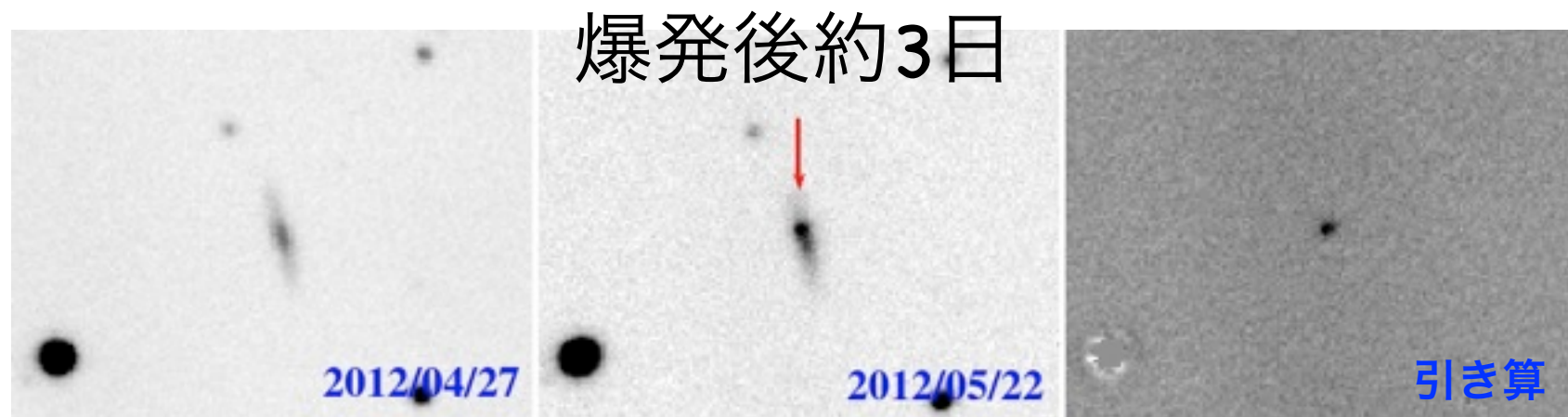


# KISSプロジェクト：初期成果

- SN 2012cq、SN 2012ctを含め、**計3個の超新星の発見**に成功。



SN 2012cq  
( $z=0.0256$ )



SN 2012ct  
( $z=0.039$ )

@A2199 supercluster

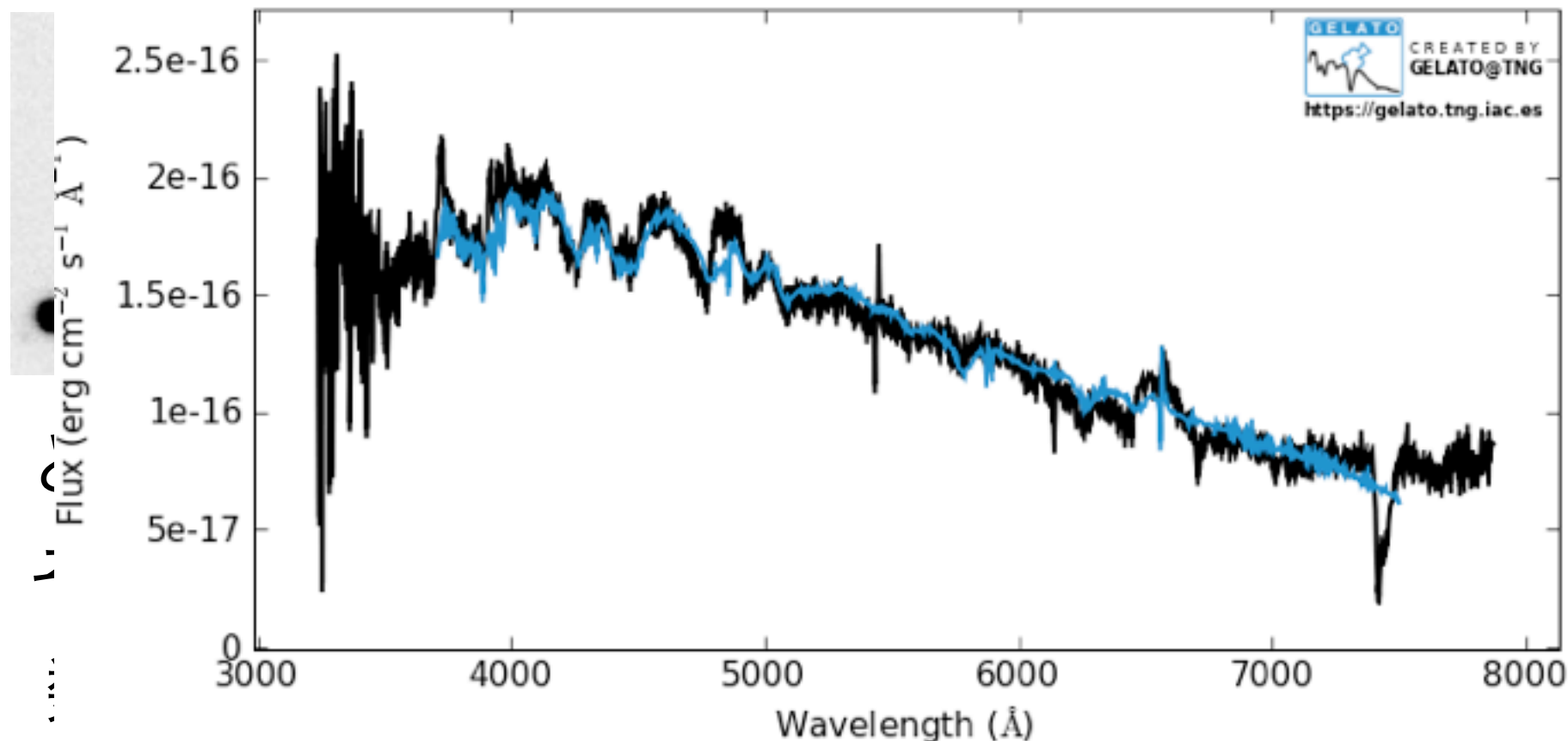
- どちらもTNG(3.6m)/DOLORESで分光
- その他超新星(PTF12ewk(Ia)@ $z=0.034$ など)、AGN、変光星  
数個ずつ

# KISSプロジェクト: 初期成果

- SN 2012cq、SN 2012ctを含め、**計3個の超新星の発見に成功。**



SN 2012cq  
( $z=0.0256$ )



SN 2012ct  
( $z=0.039$ )

A2199 supercluster

N、変光星



# 記者発表@2012/06/27@木曾

- KISSの初期成果、今後の展望を記者発表
  - 主に長野県内の新聞、テレビで報道された。

東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター  
木曾観測所  
Kiso Observatory  
Institute of Astronomy, School of Science, The University of Tokyo

トップページ 研究者向け HP 学生院生向け HP 一般の方向け HP 高校生向け HP 報道機関向け HP

## 木曾KWFC超新星探査プロジェクトKISS プレスリリース 2012/06/27

最終更新日 2012/06/26

### 「木曾シュミット望遠鏡超広視野CCDカメラKWFCでの 超新星発見」

✳ 会見日時: 2012年6月27日(水) 11:00 - 12:00  
✳ 会見場所: 長野県木曾合同庁舎内  
長野県木曾郡木曾町福島2757-1  
<http://www.pref.nagano.lg.jp/xtihou/kiso/index.htm>  
✳ 出席者:  
諸隈 智貴 (東京大学大学院理学系研究科天文学専攻 助教)  
酒向 重行 (東京大学大学院理学系研究科天文学専攻 助教)  
三戸 洋之 (東京大学大学院理学系研究科天文学専攻 特任研究員)

発表概要

非常に重い星の、連星の一部は、その一生の最期に超新星爆発と呼ばれる大爆発を起こします。宇宙に存在する星の多く

△ 2012 2012/07/10,11



# KISS Statistics 1

- 計37晩(うち33晩は三澤 et al.、家中 et al.とのシェア)
- まともに観測データがとれたのはうち9+6+?晩
- 超新星は計9-12天体(うち分光同定3+1天体)

| 2012/04 |    |    |    |    |    |    |
|---------|----|----|----|----|----|----|
| 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| 8       | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 15      | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 22      | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 29      | 30 |    |    |    |    |    |

| 2012/05 |    |    |    |    |    |    |
|---------|----|----|----|----|----|----|
|         |    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| 6       | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 13      | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 20      | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 27      | 28 | 29 | 30 | 31 |    |    |

| 2012/06 |    |    |    |    |    |    |
|---------|----|----|----|----|----|----|
|         |    |    |    |    | 1  | 2  |
| 3       | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 10      | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17      | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 24      | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |

# KISS Statistics 2

| SN name             | IAU name  | type   | tel/inst          | redshift<br>(DM) | g <sub>SN</sub> | Mg <sub>SN</sub> | g <sub>host</sub> | Mg <sub>host</sub> | note                    |
|---------------------|-----------|--------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| J091005.45+201245.1 | SN 2012cm | Ia     | Kanata/<br>HOWPol | 0.0282<br>(35.3) | 16.8            | -18.5            | 17.62             | -17.7              | 爆発10日後                  |
| J090805.46+203012.5 | SN 2012cq | II(n?) | TNG/<br>DOLORES   | 0.0256<br>(35.1) | 18.2            | -16.9            | 15.34             | -19.8              | 爆発5日後                   |
| J163213.92+383925.1 | SN 2012ct | II     | TNG/<br>DOLORES   | 0.0393<br>(36.1) | 18.0            | -18.1            | 17.38             | -18.7              | 爆発3日後                   |
| J162857.87+391911.0 | -         | Ia     | ?                 | 0.034<br>(35.8)  | 未               | -                | 15.42             | -20.4              | PTF12ewk.<br>ATel 4134. |
| xxx                 | -         | ?      | -                 | ?                | 未               | ?                | 19.05             | ?                  | SDSS ref.               |
| xxx                 | -         | ?      | -                 | 0.067<br>(37.4)  | 未               | -                | 17.05             | -20.4              | SDSS ref.               |
| xxx                 | -         | ?      | -                 | 0.0415<br>(36.3) | 未               | -                | 16.01             | -20.3              | SDSS ref.               |
| xxx                 | -         | ?      | -                 | 0.0362<br>(36.0) | 未               | -                | 16.2              | -19.8              | SDSS ref.               |
| xxx                 | -         | ?      | -                 | 0.0304<br>(35.6) | 未               | -                | 15.4              | -20.2              | SDSS ref.               |

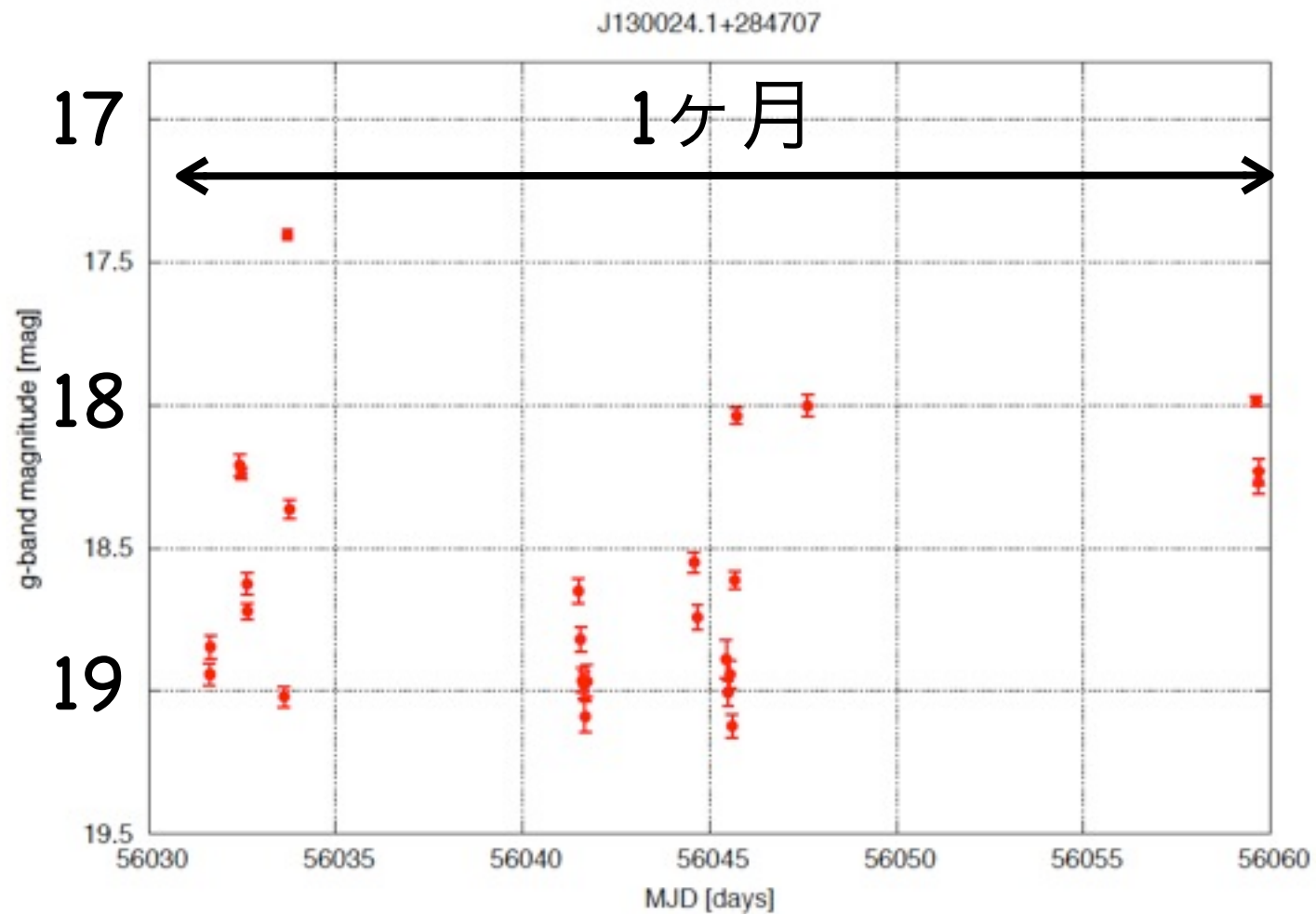
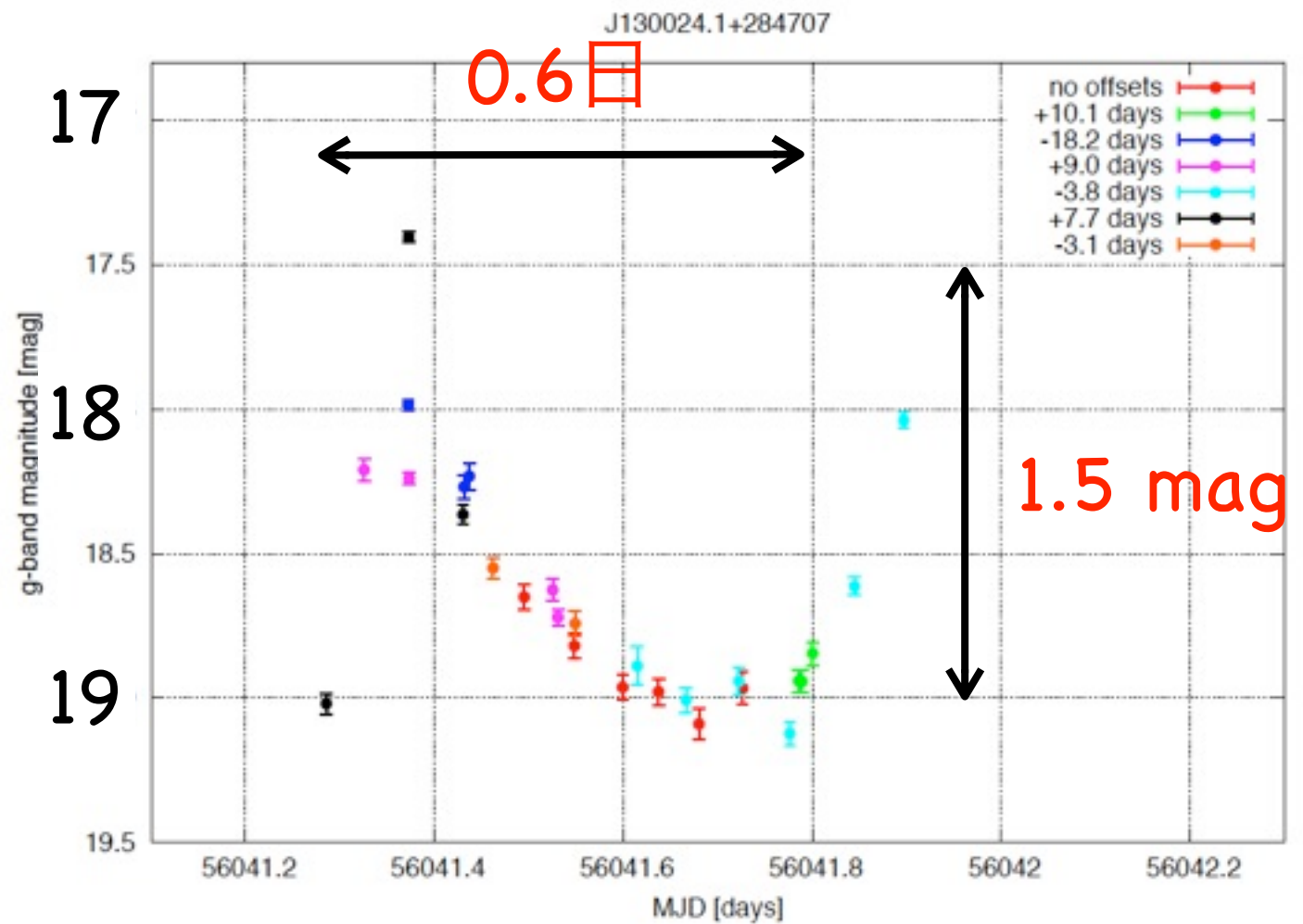
# KISS Statistics 2

---

- 超新星: 4+5+3?天体
- AGN (type-1): 2+3?天体
- 変光星: 2+?天体
- 既知の小惑星: たくさん
  - J0905+2024領域(黄度+3.5deg):  
1 exposureで10 known asteroids

# RR Lyrae?

- SDSS Jrrrrrrr.rr+ddddd.d

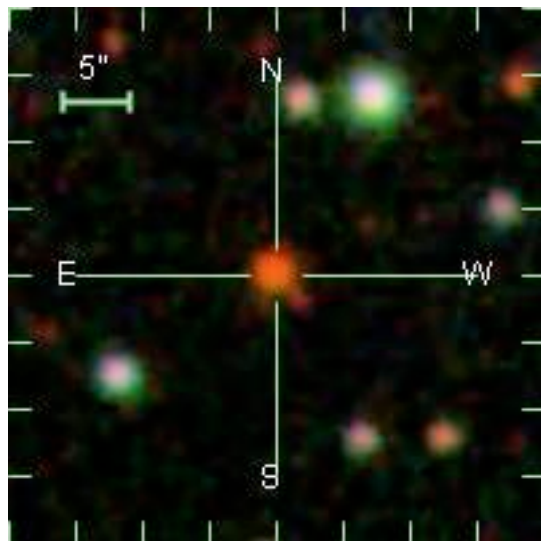




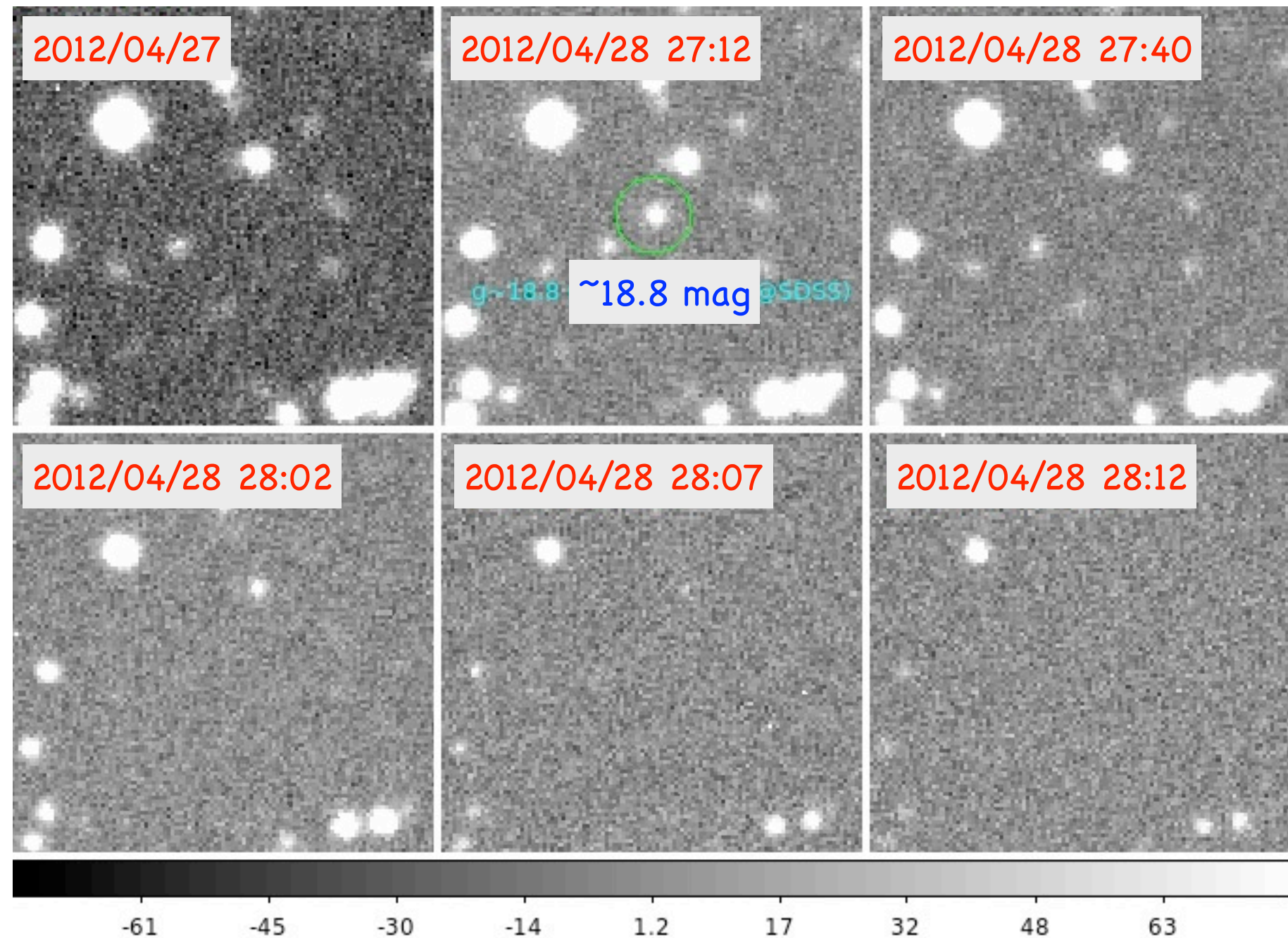
# Flare of a M dwarf star

## ■ SDSS Jrrrrrrr.rr+ddddd.d

u: 22.86  
g: 21.23  
r: 19.63  
i: 17.88  
z: 16.86



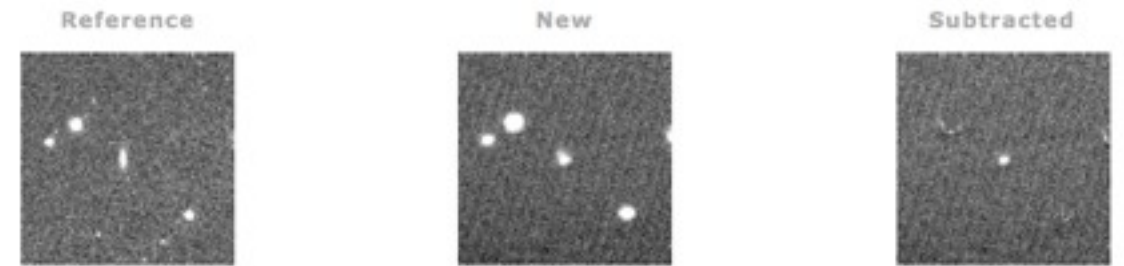
@next talk by M. Tanaka



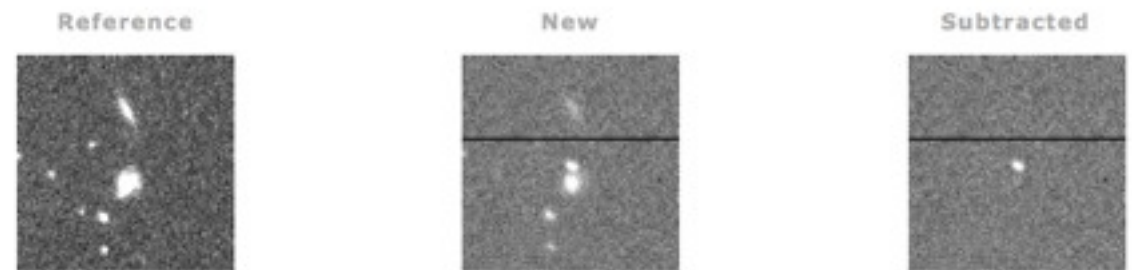
# unidentified SNe?

- referenceテンプレートをSDSSに変更して再解析して発見(5天体)

Jrrrrrrr.rr+ddddd.d



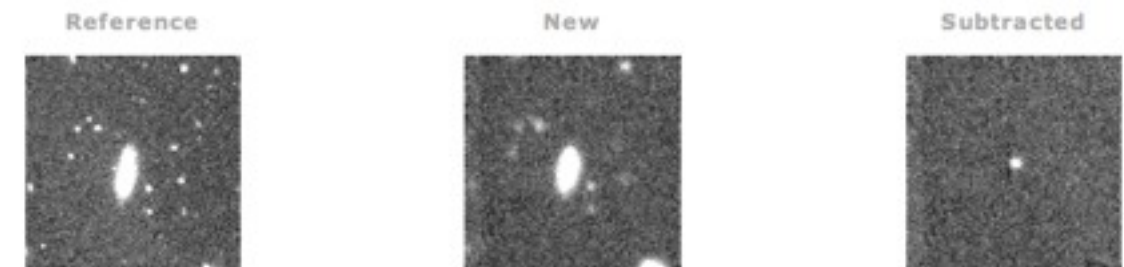
Jrrrrrrr.rr+ddddd.d



Jrrrrrrr.rr+ddddd.d



Jrrrrrrr.rr+ddddd.d



Jrrrrrrr.rr+ddddd.d



# AGN? SN?

---

- referenceテンプレートをSDSSに変更して再解析して発見

## 5天体

- 2 variable AGN
  - $z=0.111$  (Jrrrrrrr.rr+ddddd.d,  $g=16.83$ )
  - $z=0.112$  (Jrrrrrrr.rr+ddddd.d,  $g=17.50$ )
- 3 variable AGN or SN (銀河中心付近の変光)
  - $z=0.030$  (Jrrrrrrr.rr+ddddd.d,  $g=16.86$ ): 赤い銀河, broad lineなし?
  - $z=0.032$  (Jrrrrrrr.rr+ddddd.d): 赤い銀河, broad lineなし
  - $z=0.031$  (Jrrrrrrr.rr+ddddd.d): 青い銀河, broad lineなし

# KISSプロジェクト: アマチュアチーム編成

- アマチュア天文家約10名との協力体制、共同で研究を
- 世界的にも珍しい試み

KISSプロジェクト

アマチュアチーム

インターネットによる  
超新星候補の識別・報告

天文学者チーム

自動引き算ソフトの開発  
観測遂行、論文執筆・出版

KWFC装置チーム

望遠鏡・カメラの開発・メン  
テナンス  
データ自動解析ソフトの開発



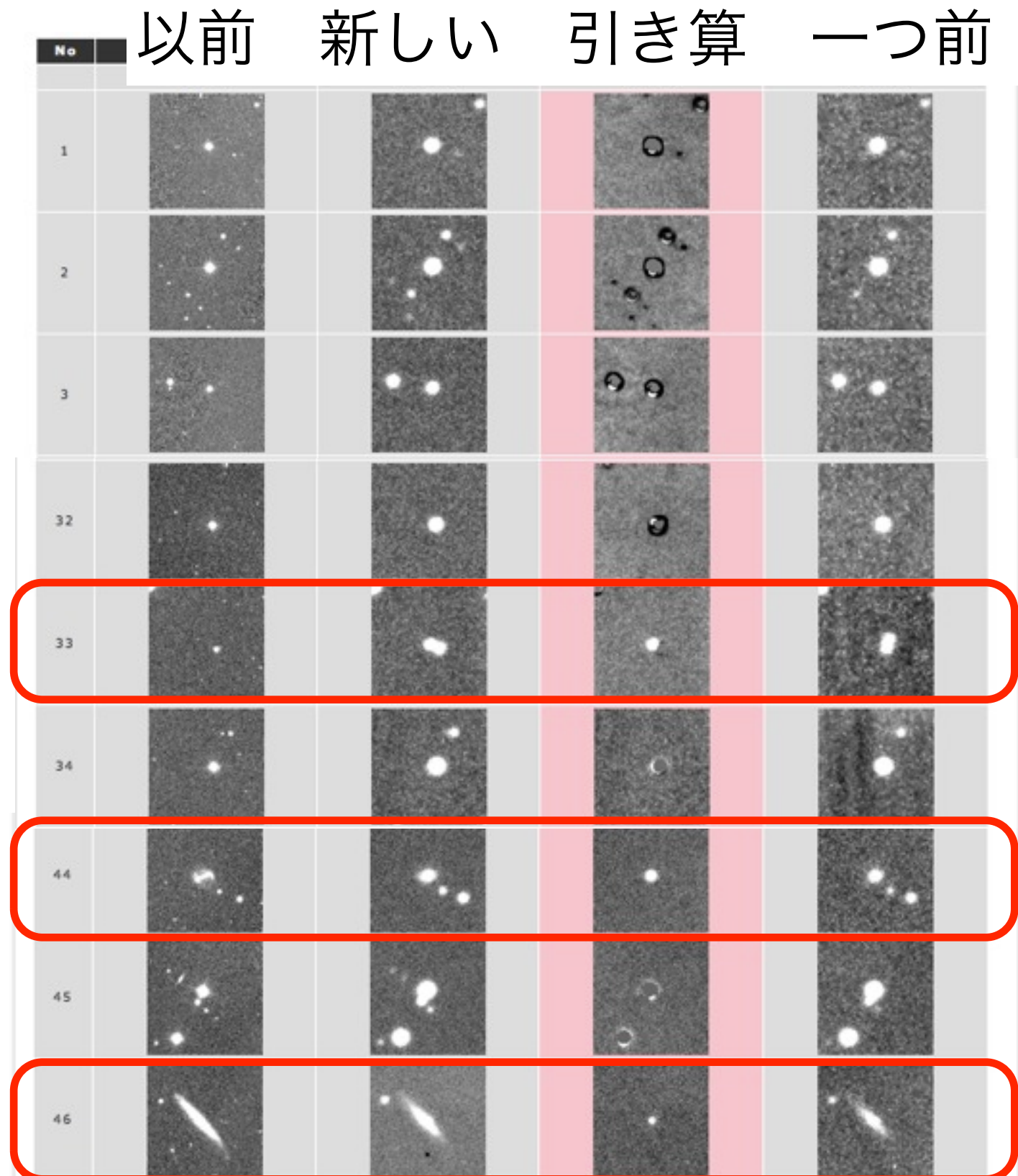
# KISSプロジェクト: アマチュアチーム編成

- 宇宙線や引き算のミス等の偽物を選び分ける
- 他の種類の天体(変光星、小惑星)と区別する

既知の小惑星

SN 2012cm

SN 2012cq



# KISSプロジェクト：今後の展望

- 2012年秋の探査本格開始
- 予定している3年間の観測で
  - 合計100個以上の超新星を発見
  - その中の数個の超新星に対して爆発の瞬間をとらえる
    - > 爆発直前の星の姿を明らかに
- フォローアップ体制の確立へ
- 超新星以外のサイエンスも
- アマチュアチーム(現在約10名)との連携

