



# Kiso Supernova Survey (KISS)

諸隈 智貴 (東京大学)

# KISSプロジェクト

---

KISSプロジェクト

```
graph TD; KISS[KISSプロジェクト] --- Amateurs[アマチュアチーム]; KISS --- Astronomers[天文学者チーム]; KISS --- KWFC[KWFC装置チーム];
```

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メンバー(敬称略)

---

## ○ サーベイメンバー (survey\_kiss@ioa ML: KWFC装置チーム+31名)

東京大学: 諸隈 智貴

国立天文台: 田中 雅臣

甲南大学: 冨永 望、松本 恵未子

広島大学: 森 健彰

## ○ フォローアップ観測

広島大学Kanata/HOWPol、東京工業大学・明野50cm/MITSuME(自動)、

光赤外大学間連携(OISTER)、台湾中央大学Lulin 1m

海外@次ページ

## ○ アマチュアチーム(計21名/団体)

福田 学、辰巳 直人、豆田 勝彦、一宮高校地学部(高村 祐三朗)、

清水 醇、飯田 浩規、川崎 忠昭、高橋 浩一、田中 雄斗、田中 慎吾.....

# 甲南大学実習@2012/03,2013/02

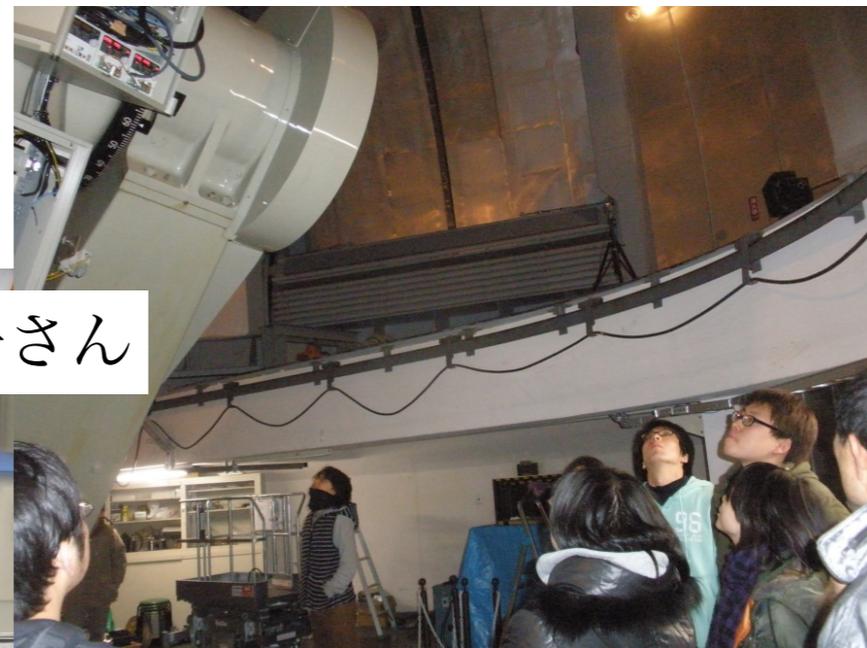
## KISSへの学部生の参加

-甲南大学観測実習-

望遠鏡見学  
データ解析演習  
観測  
→KISS(卒研)



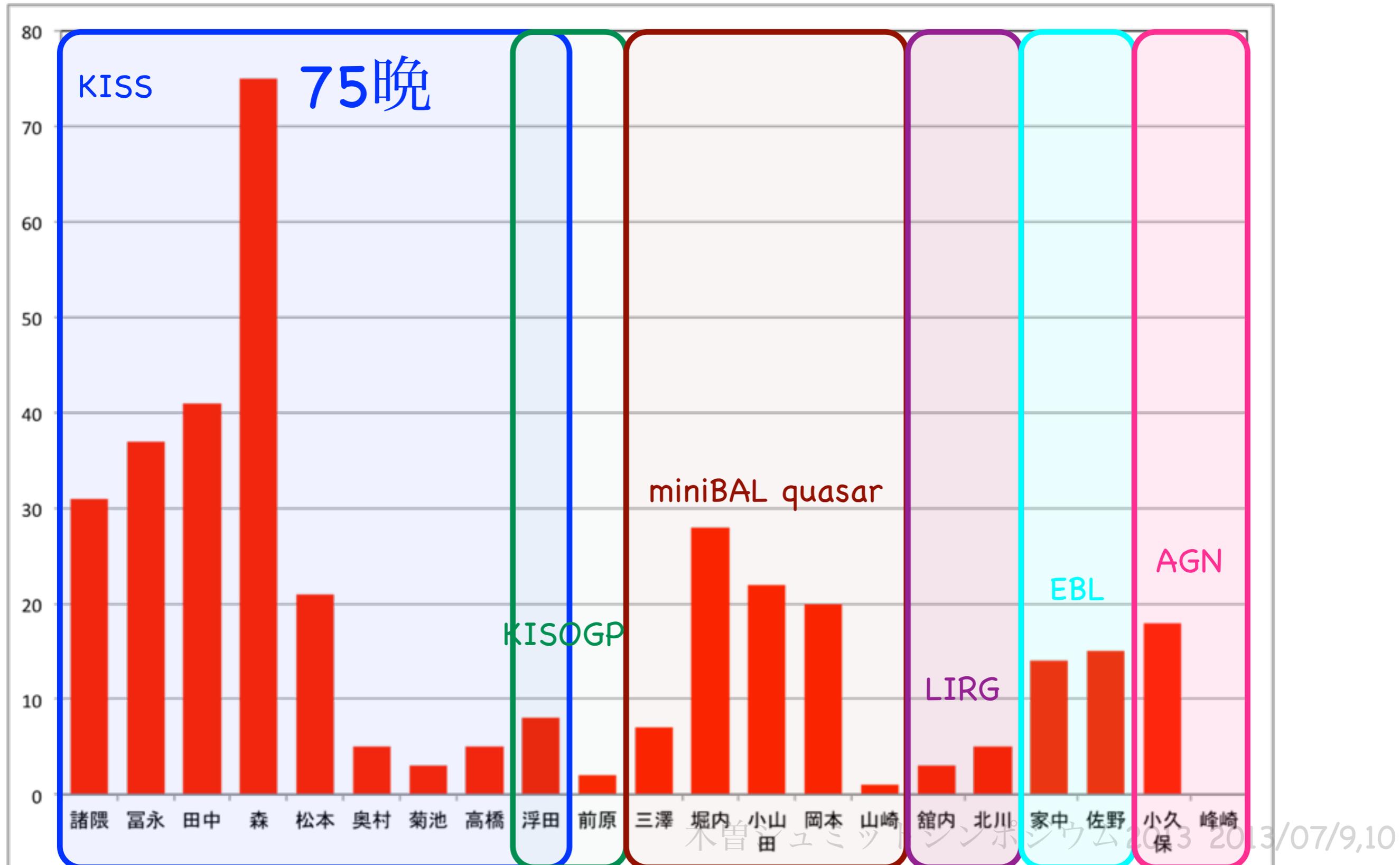
松本恵未子さん



甲南大学  
学部4年生  
森君

広島大学へ

# KISS観測者(2012/4-2013/5: 全147晩)



# KISS international collaboration

- Rochester Institute of Technology (KPNO 0.9-m)

Michael W. Richmond



- Indian Institute of Astrophysics (HCT)

Devendra Sahu



- Carnegie Supernova Project (CSP; NOT)

Eric Hsiao, Maximilian Stritzinger, Mark Phillips, Nidia Morrell, Carlos Contreras, Francesco Taddia



- Telescopio Nazionale Galileo (TNG/DOLORES; 3.5m)

Paolo Mazzali, Emma Walker, Elena Pian



- SNFactory (UH88/SNIIFT)

Greg Aldering

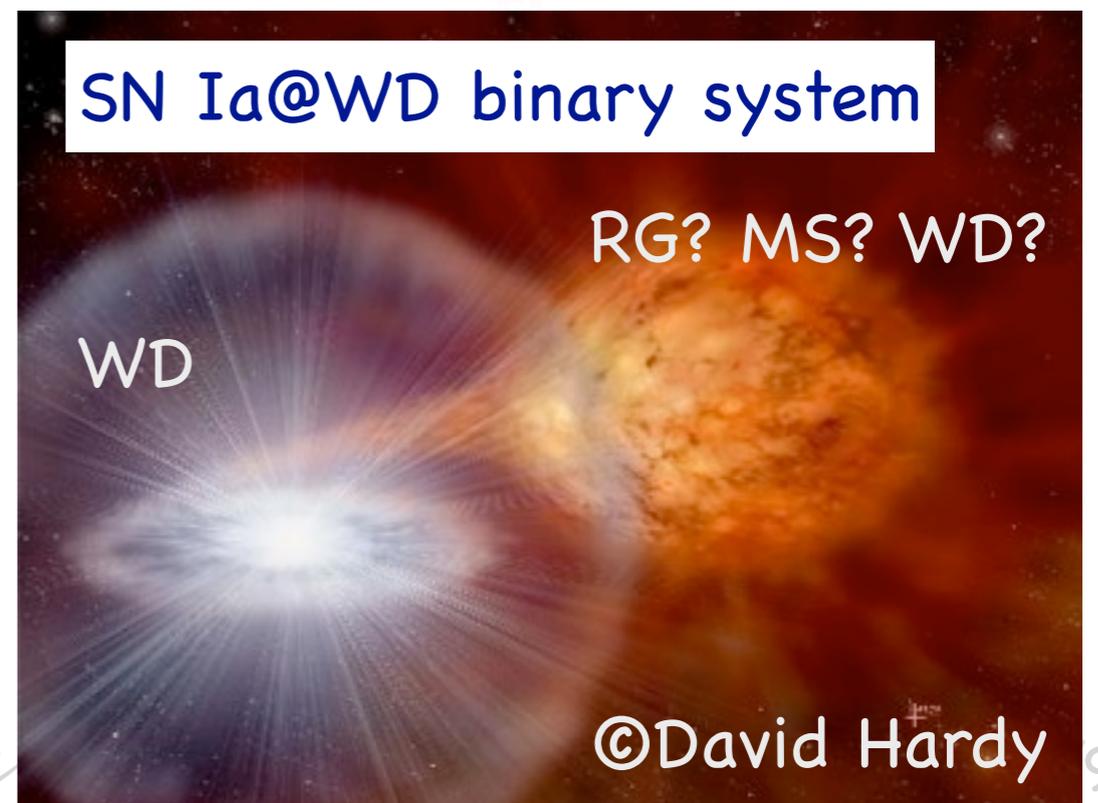
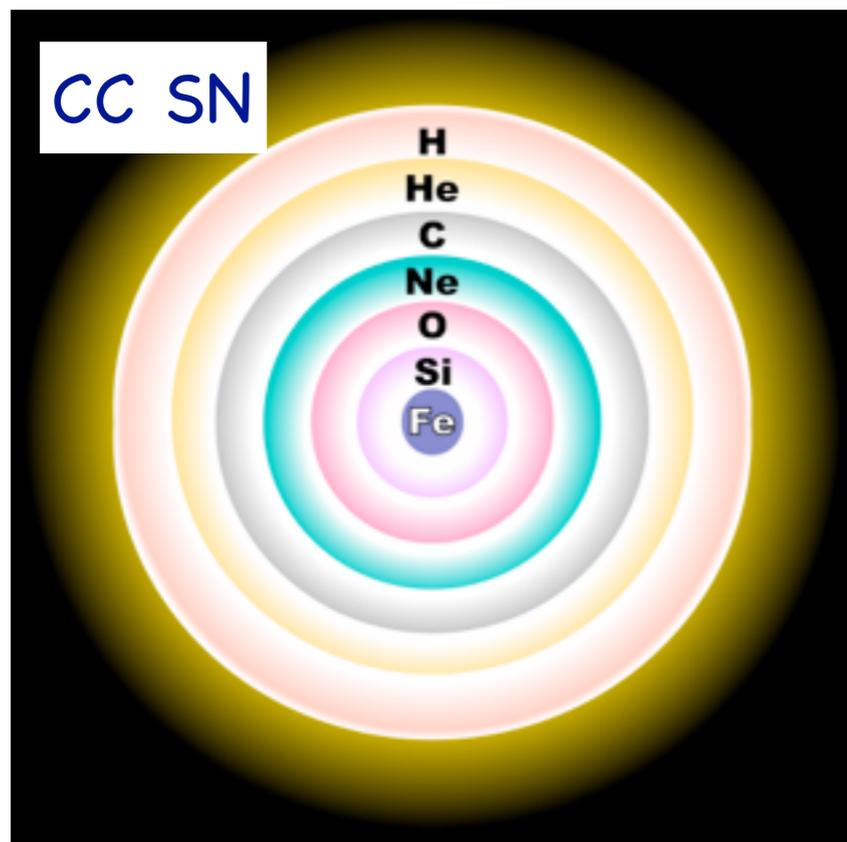
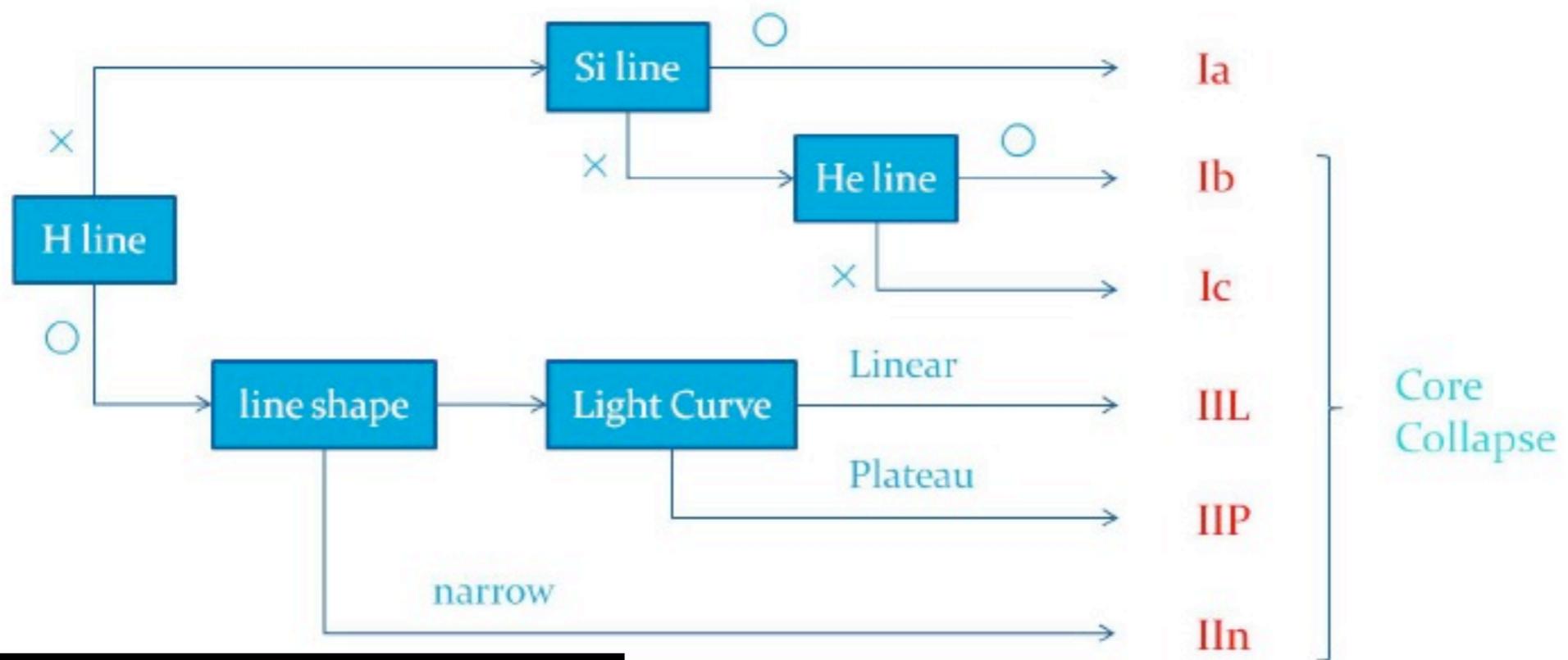


- Russian Institutes (0.5m@Clemea)

Dmitry Tsvetkov, Nikolay Pavlyuk

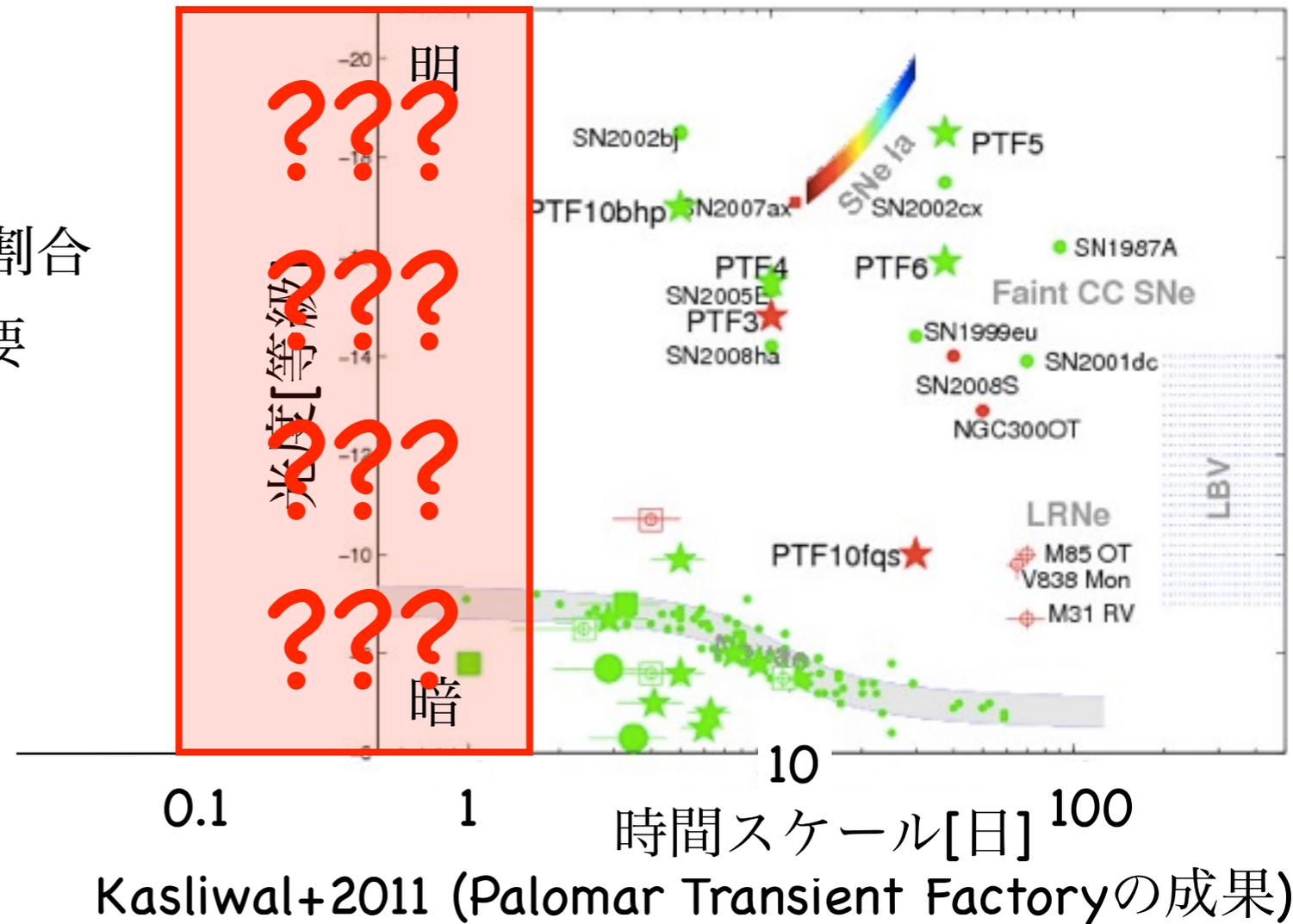


# supernova classification



# 木曾超新星サーベイ

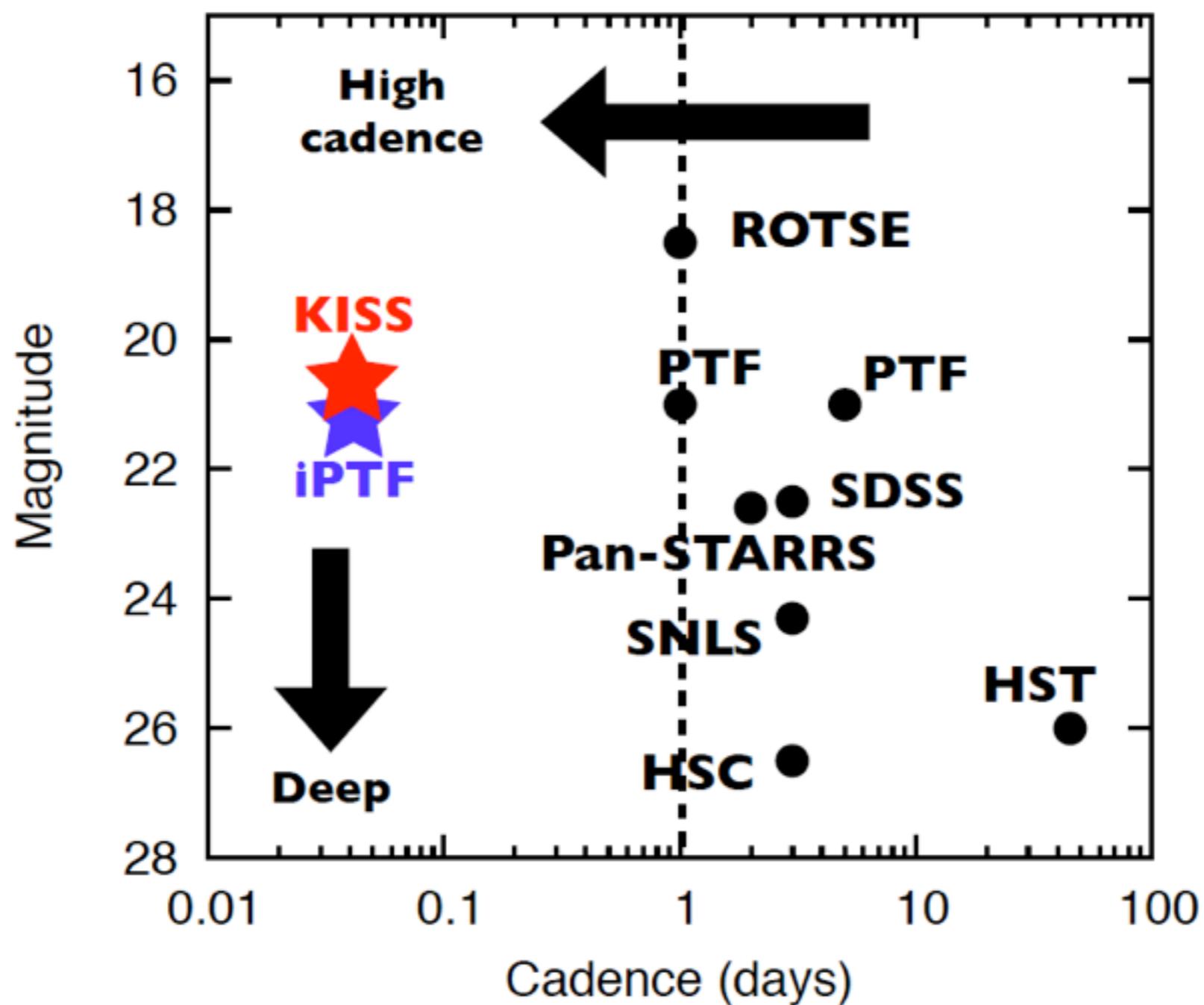
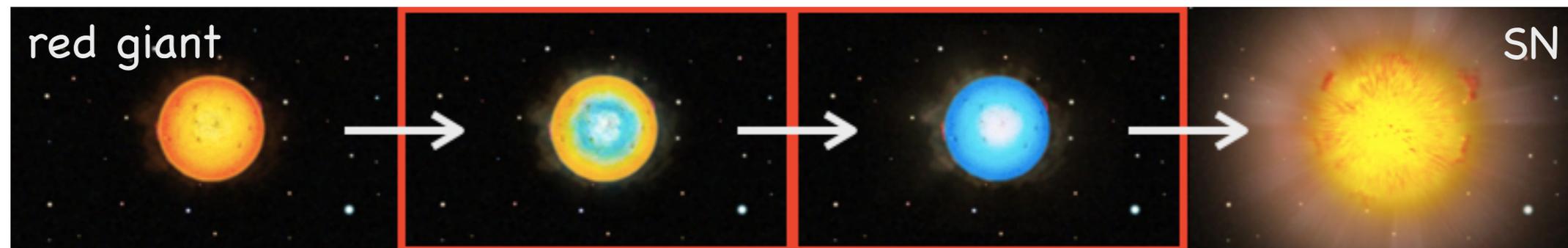
- 超新星爆発: 1銀河あたり数100年に1度の割合
- > 一度にたくさんの銀河を観測する必要
- > 広い視野の望遠鏡+カメラが必要



## 超新星ショックブレイクアウト(Shock Breakout)



# KIso Supernova Survey (KISS)

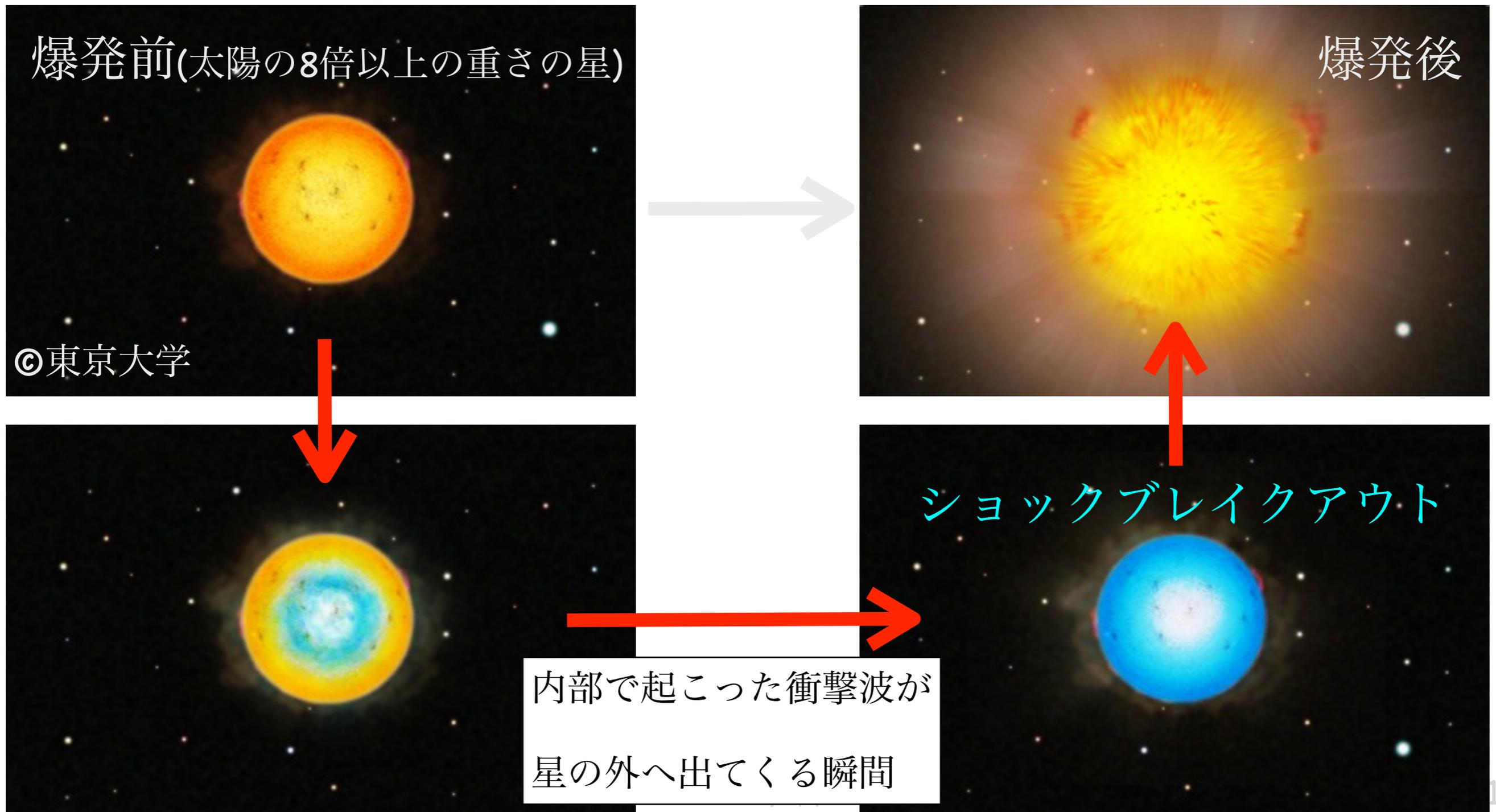


超新星爆発の「瞬間」

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!!!



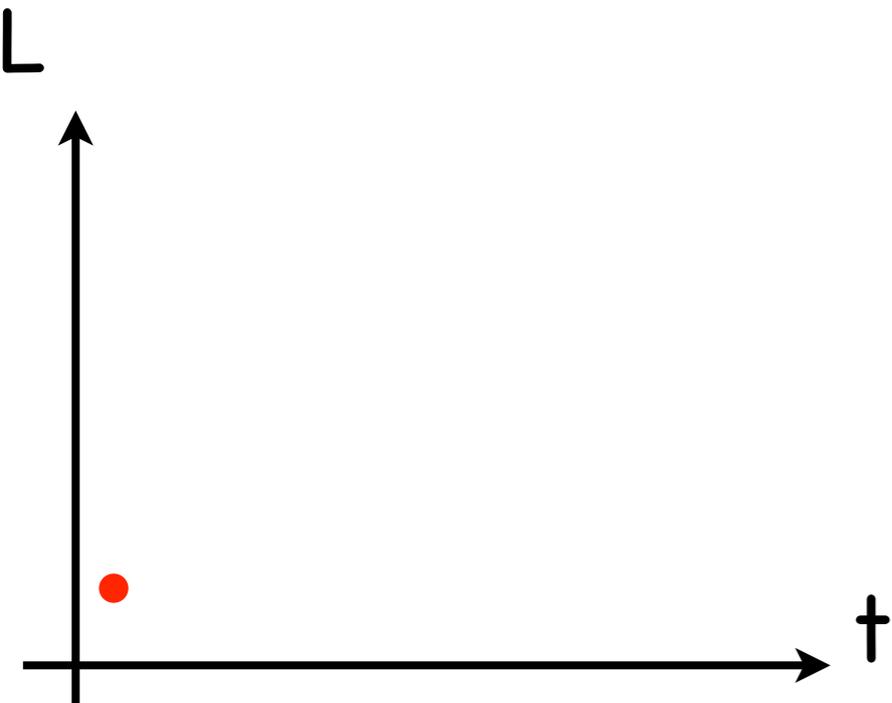
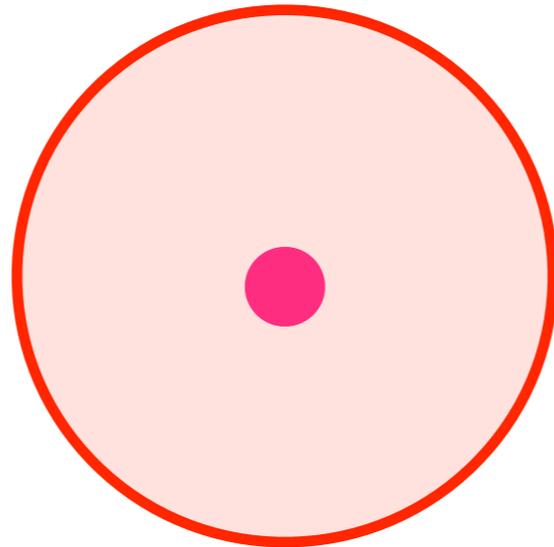
# Supernova Shock Breakout

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

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



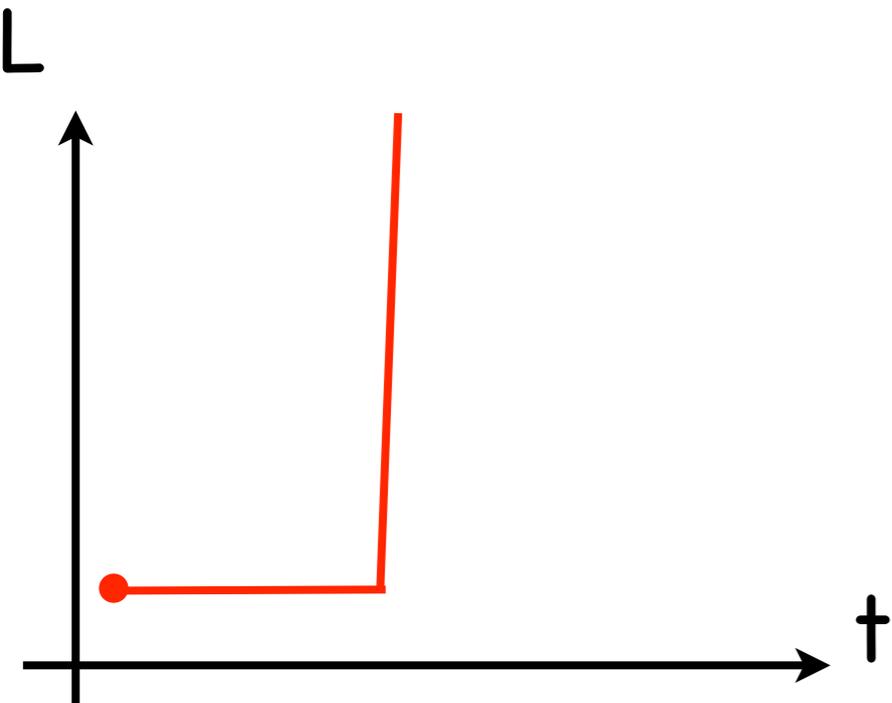
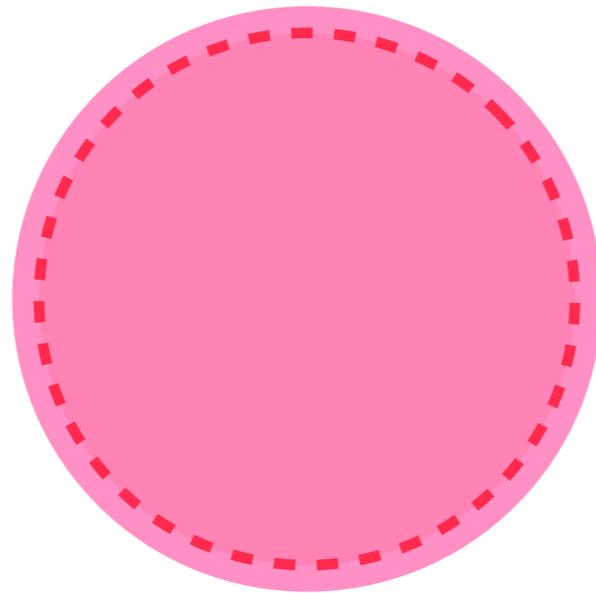
# Supernova Shock Breakout

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

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



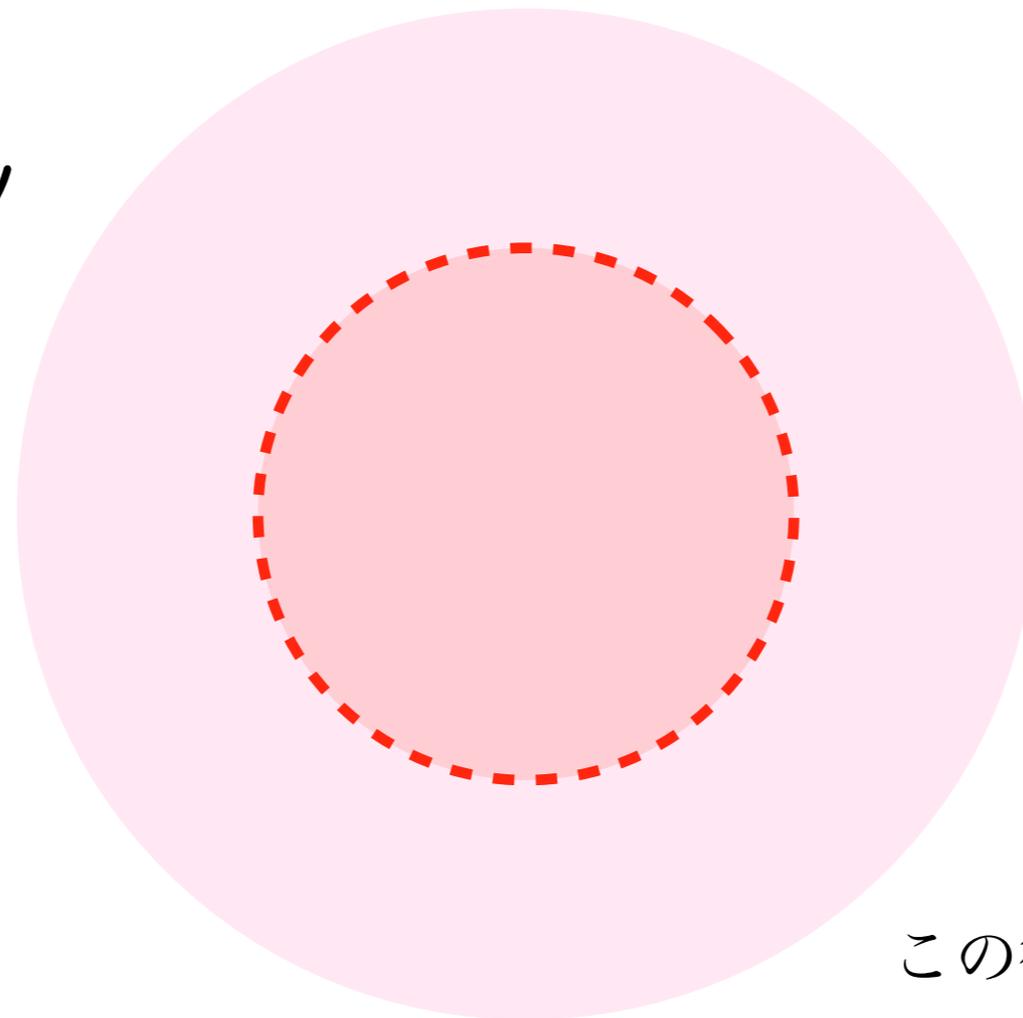
# Supernova Shock Breakout

重力崩壊後、中心部で衝撃波

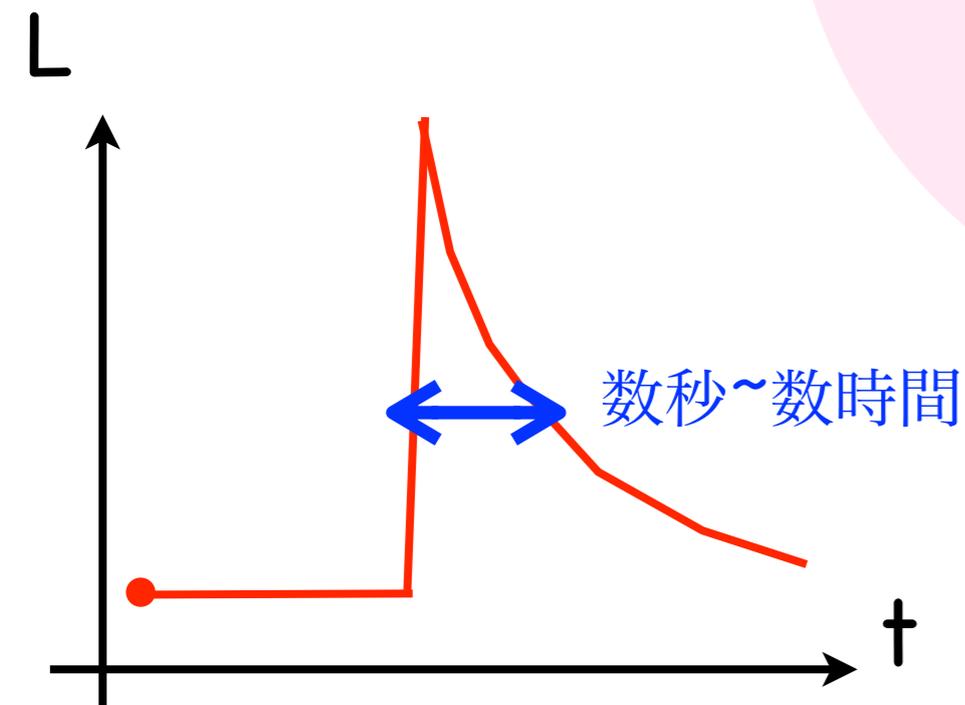
--> 衝撃波が星表面を通過する際に、非常に明るく輝く

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”



# 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

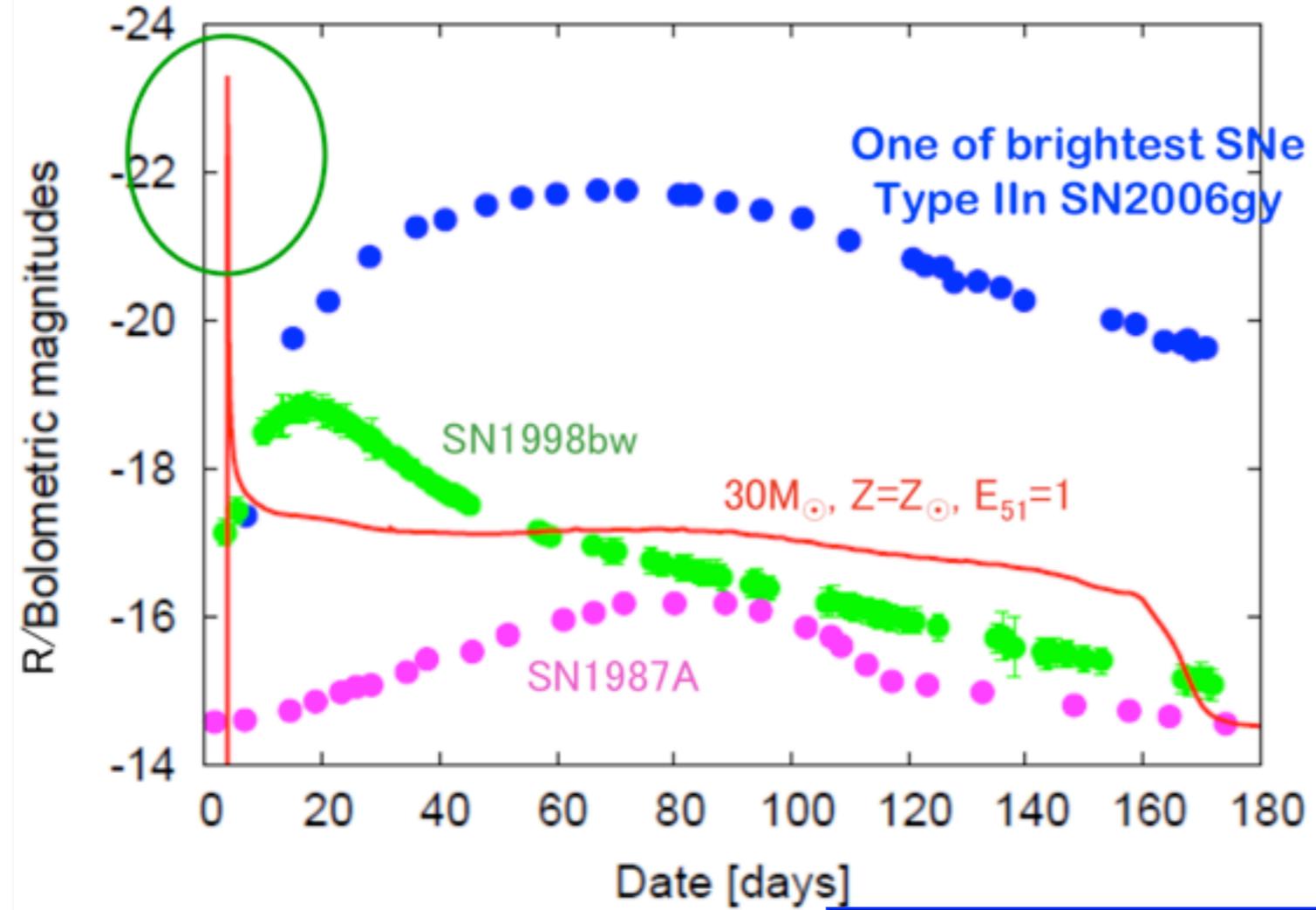
■ ショックブレイクアウト現象の観測により理解が飛躍的に進む。

- 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)

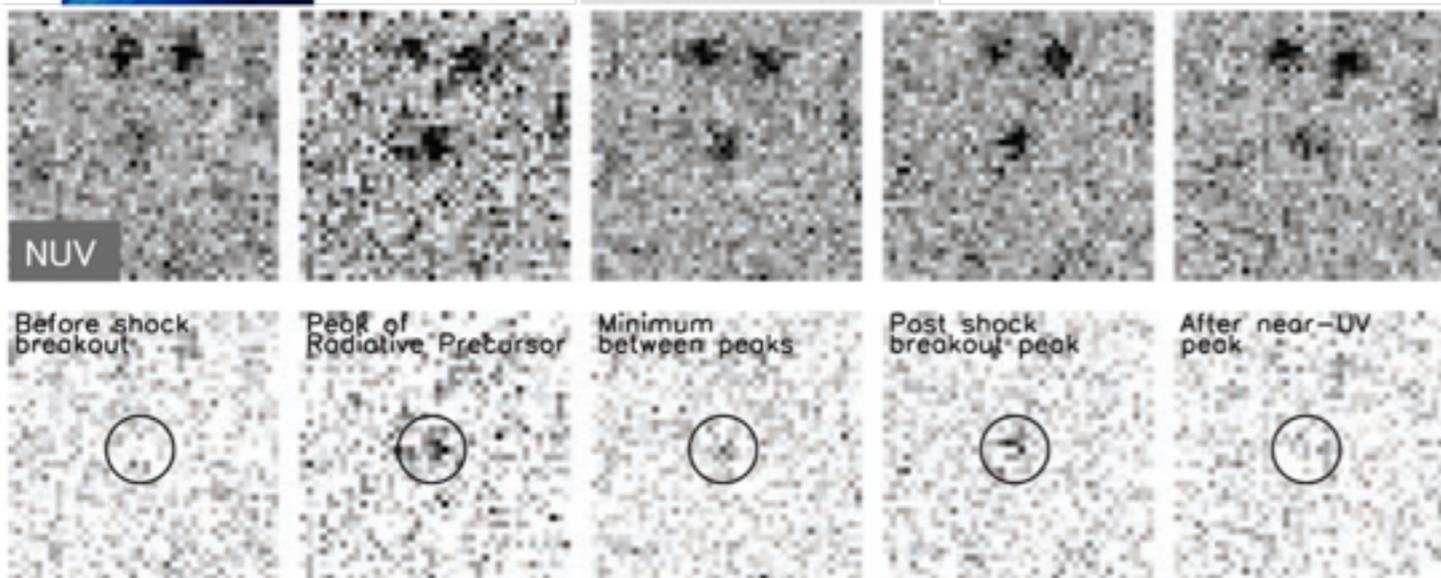
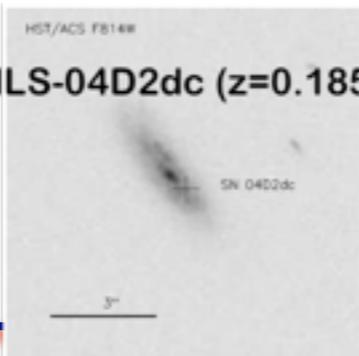


- ※ X線 ~ UVにピーク
- これまで観測例はわずか
- negative K-correctionで high-z (~1-2)でもそんなに暗くならない

$z > 1$ 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

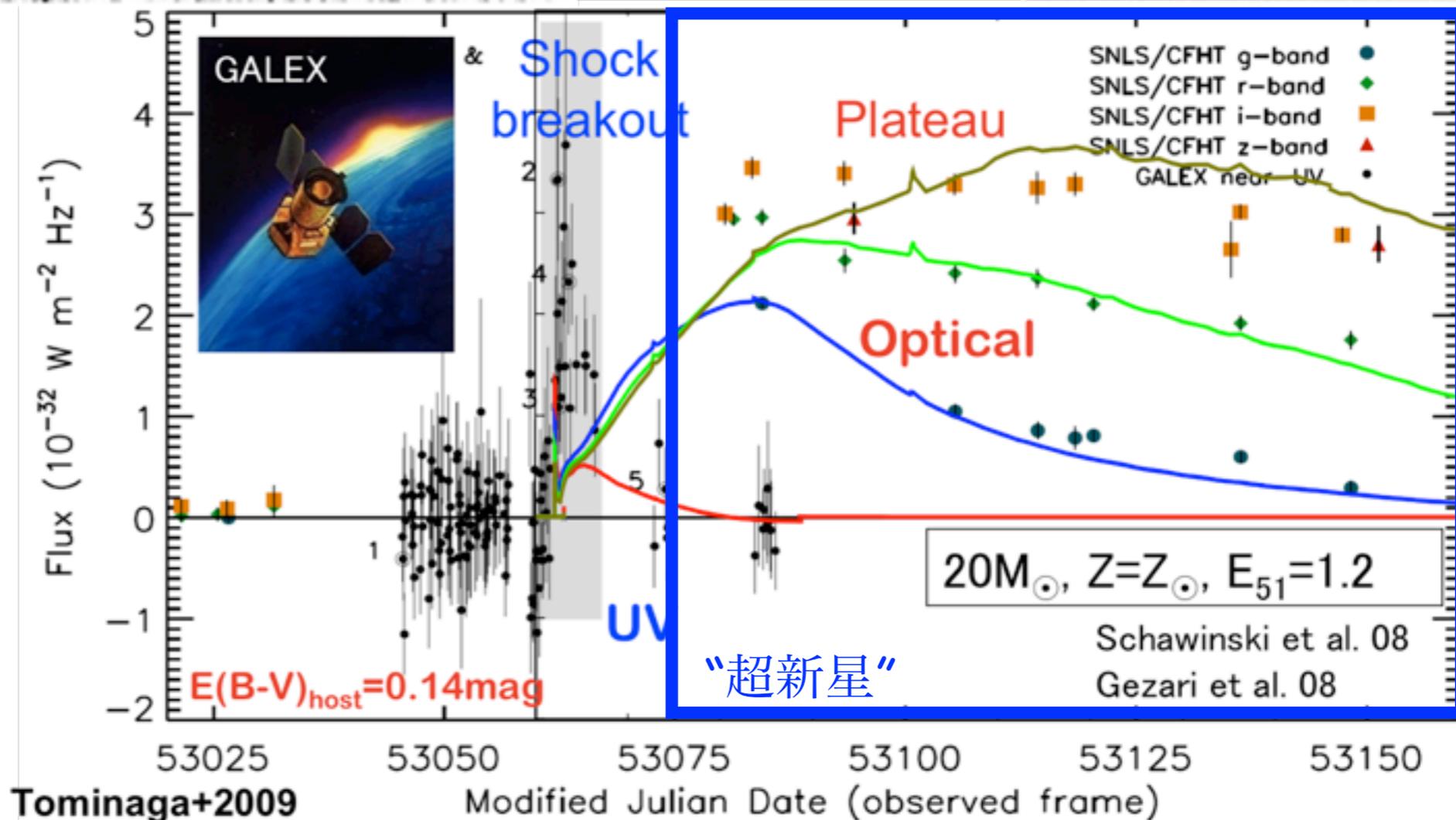


Multigroup radiation hydrodynamics code  
**STELLA** (Blinnikov + 98)  
でLCを再現

# 検出例@UV

SNLS-04D2dc@z=0.19

GALEXによる偶然の観測



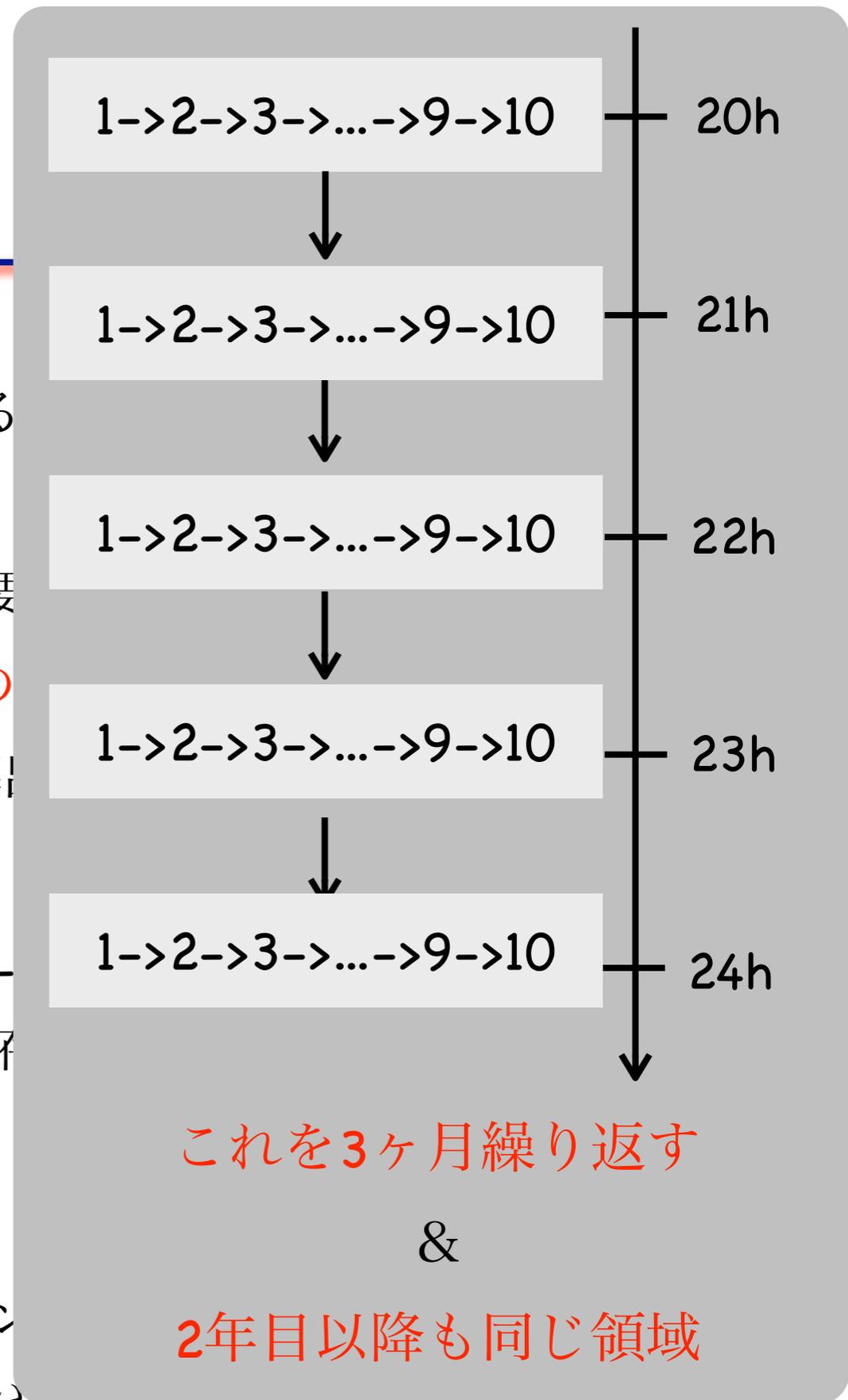
# shock breakout

- + 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  $\sim 100\text{\AA}$ )
- + 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  $\sim$  1日
  - 観測間隔の短い多色観測が必須
  - 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, 50-100 deg<sup>2</sup>/night, 天気の悪いときは近傍銀河団を観測

KWFC観測(KISS)でshock breakoutの物理を検証・確立

# shock breakout

- + 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
    - 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@UV&X線 (SN 2008D, SNL 2010, SN 2011fe)
  - 可視光の観測 or S/N のよい観測は(今のところ)稀
- + タイムスケール: 数時間  $\sim$  1日
  - 観測間隔の短い多色観測が必須
  - SDSS-gバンドでサーベイ --> 暗夜に観測, 適宜u, rバンド
  - 3分積分: g $\sim$ 20-21 mag, 50-100 deg<sup>2</sup>/night, 天気の悪いときは観測不可



KWFC観測(KISS)でshock breakoutの物理を検証・確立

# S quick-look results on 20130508

12.34	astrometry & limit mag OK
-	astrometry OK
-	astrometry NG

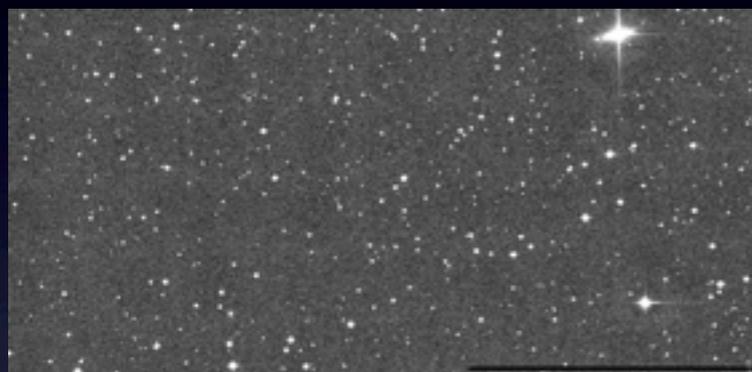
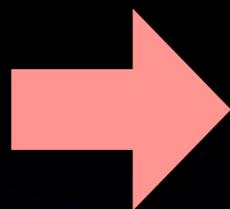
EXP-ID	DATA-TYP	OBJECT	exptime	filter	time(UT)	last update (JST)	BG[ADU]	BG rms	seeing[arcsec]	0	1	2	3	4
KWFC0042651	BIAS	BIAS	0		28:13:03									
KWFC0042650	BIAS	BIAS	0		28:10:56									
KWFC0042649	BIAS	BIAS	0		28:08:46									
KWFC0042648	BIAS	BIAS	0		28:06:39									
KWFC0042647	BIAS	BIAS	0		28:04:32									
KWFC0042646	OBJECT	KSFJ1526+1300	180	g	27:55:55	2013-05-09 14:17:52	9837.0	159.4	5.46	-	19.59	17.91	17.99	18.00
KWFC0042645	OBJECT	KSFJ1451+0945	180	g	27:50:27	2013-05-09 14:11:51	4494.0	48.4	6.61	17.85	18.00	18.05	17.85	18.00
KWFC0042644	OBJECT	KSFJ1304+5300	180	g	27:44:31	2013-05-09 14:05:39	1918.0	30.9	6.52	-	18.60	18.38	18.63	18.60
KWFC0042643	OBJECT	KSFJ1526+1300	180	g	27:38:46	2013-05-09 13:58:28	853.0	16.9	5.67	-	19.24	19.17	19.29	19.24
KWFC0042642	OBJECT	KSFJ1504+4200	180	g	27:33:03	2013-05-09 13:50:48	421.0	11.3	5.08	-	19.89	19.68	19.81	19.89
KWFC0042641	OBJECT	KSFJ1459+4845	180	g	27:27:43	2013-05-09 13:44:06	293.0	9.3	5.62	-	-	-	-	-
KWFC0042640	OBJECT	KSFJ1451+0945	180	g	27:22:09	2013-05-09 13:36:44	284.0	9.1	6.35	-	19.65	19.46	19.56	19.65
KWFC0042639	OBJECT	KSFJ1333+3345	180	g	27:16:38	2013-05-09 13:29:34	243.0	8.3	6.27	19.01	-	19.38	19.44	19.01
KWFC0042638	OBJECT	KSFJ1504+4200	180	g	27:08:23	2013-05-09 13:21:39	203.0	7.8	4.47	20.56	20.40	20.48	20.30	20.56
KWFC0042637	OBJECT	KSFJ1459+4845	180	g	27:03:03	2013-05-09 13:13:47	203.0	7.3	4.45	-	-	-	-	-
KWFC0042636	OBJECT	KSFJ1526+1300	180	g	26:57:36	2013-05-09 13:05:35	229.0	7.7	4.66	20.12	20.25	20.15	20.11	20.12
KWFC0042635	OBJECT	KSFJ1451+0945	180	g	26:52:17	2013-05-09 12:56:58	243.0	8.3	4.63	19.91	19.85	-	19.99	19.91
KWFC0042634	OBJECT	KSFJ1304+5300	180	g	26:46:32	2013-05-09 12:33:36	223.0	7.5	4.75	20.06	20.39	19.92	19.96	20.06
KWFC0042633	OBJECT	KSFJ1526+1300	180	g	26:40:58	2013-05-09 12:07:34	228.0	7.6	4.22	20.38	20.34	20.25	20.37	20.38
KWFC0042632	OBJECT	KSFJ1504+4200	180	g	26:35:19	2013-05-09 11:57:51	201.0	7.6	3.89	-	20.51	20.42	20.53	20.51
KWFC0042631	OBJECT	KSFJ1459+4845	180	g	26:30:00	2013-05-09 11:51:37	198.0	7.3	4.06	-	-	-	-	-
KWFC0042630	OBJECT	KSFJ1451+0945	180	g	26:24:28	2013-05-09 11:42:48	239.0	8.2	5.07	20.07	20.03	19.92	20.06	20.07
KWFC0042629	OBJECT	KSFJ1333+3345	180	g	26:18:59	2013-05-09 04:15:51	220.0	7.5	4.52	19.90	20.19	20.05	20.15	19.90
KWFC0042628	OBJECT	KSFJ1304+5300	180	g	26:13:27	2013-05-09 04:05:37	212.0	7.4	4.23	-	20.20	20.20	20.31	20.20
KWFC0042627	OBJECT	KSFJ1436+0315	180	g	26:07:37	2013-05-09 03:56:08	252.0	8.4	4.68	-	19.99	19.90	19.96	19.99
KWFC0042626	OBJECT	KSFJ1312+2930	180	g	26:01:58	2013-05-09 03:44:27	225.0	7.8	4.39	19.96	20.35	19.91	19.92	19.96
KWFC0042625	OBJECT	KSFJ1355+2100	180	g	25:56:34	2013-05-09 03:27:55	225.0	8.0	4.02	20.58	20.39	20.22	20.14	20.58

完了

# Kiso observatory



## KISS pipeline



standard reduction

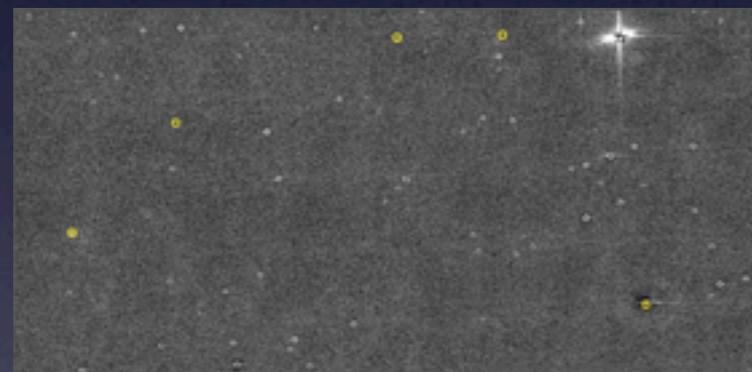


image subtraction

source detection

**< 10 min**  
**~ 50GB/day**

## cut-out images

Ref

New

Sub

## KISS database

source  
info

# Tokyo

## cut-out images

Ref

New

Sub

## KISS

source  
info

## KISS interface



facebook

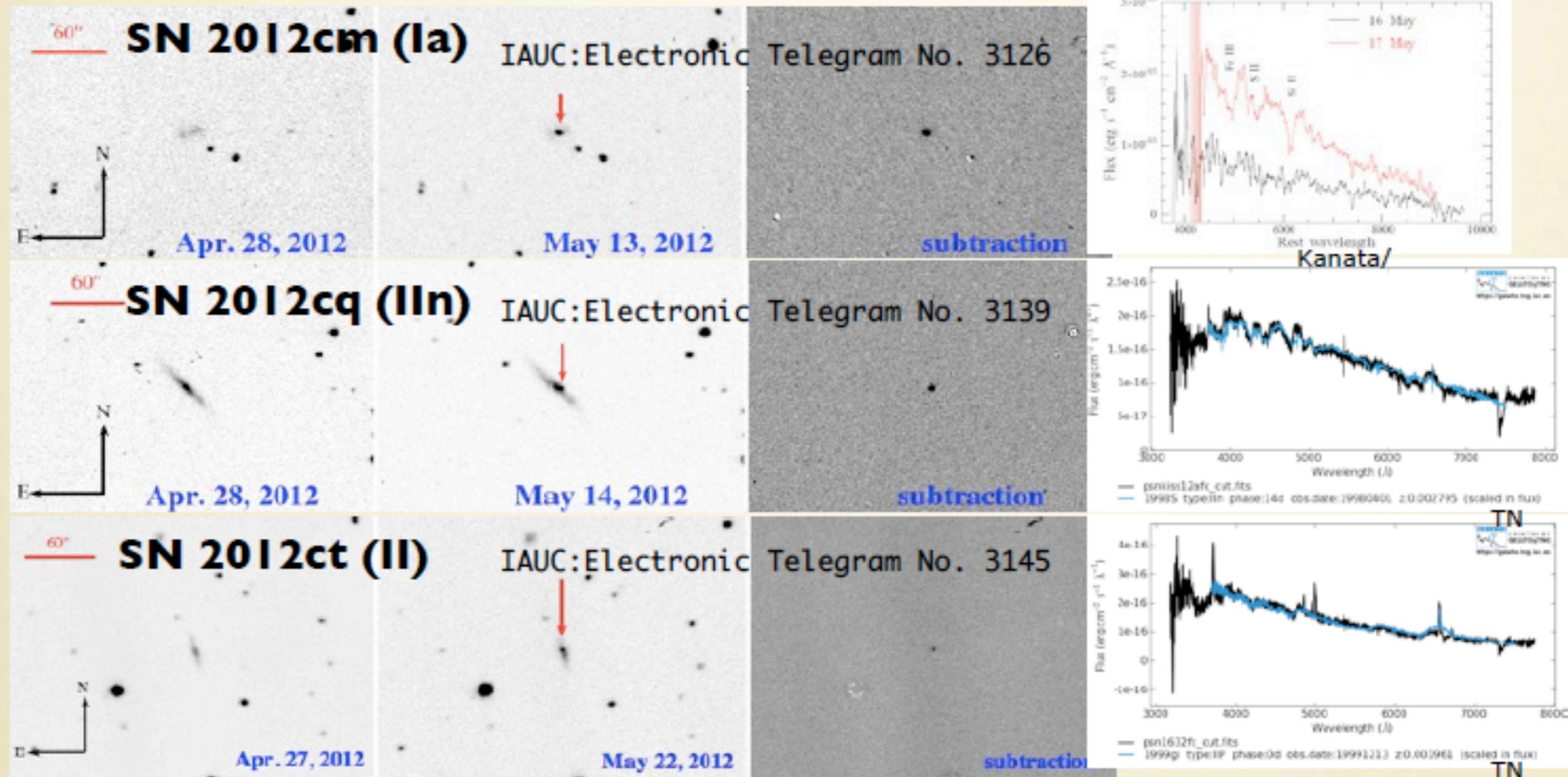
Realtime check

Amateur astronomers@amywhere

©Masaomi Tanaka

# 初期成果

## Reference New Subtracted Spectrum



# KISS sky coverage (2012/04--2013/05)

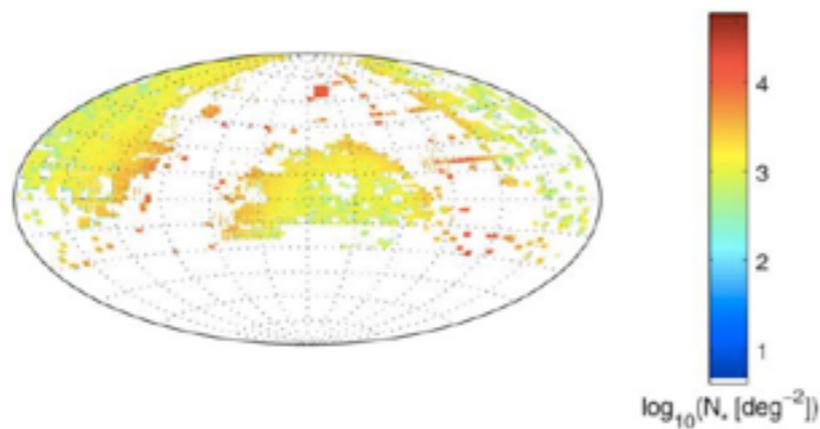
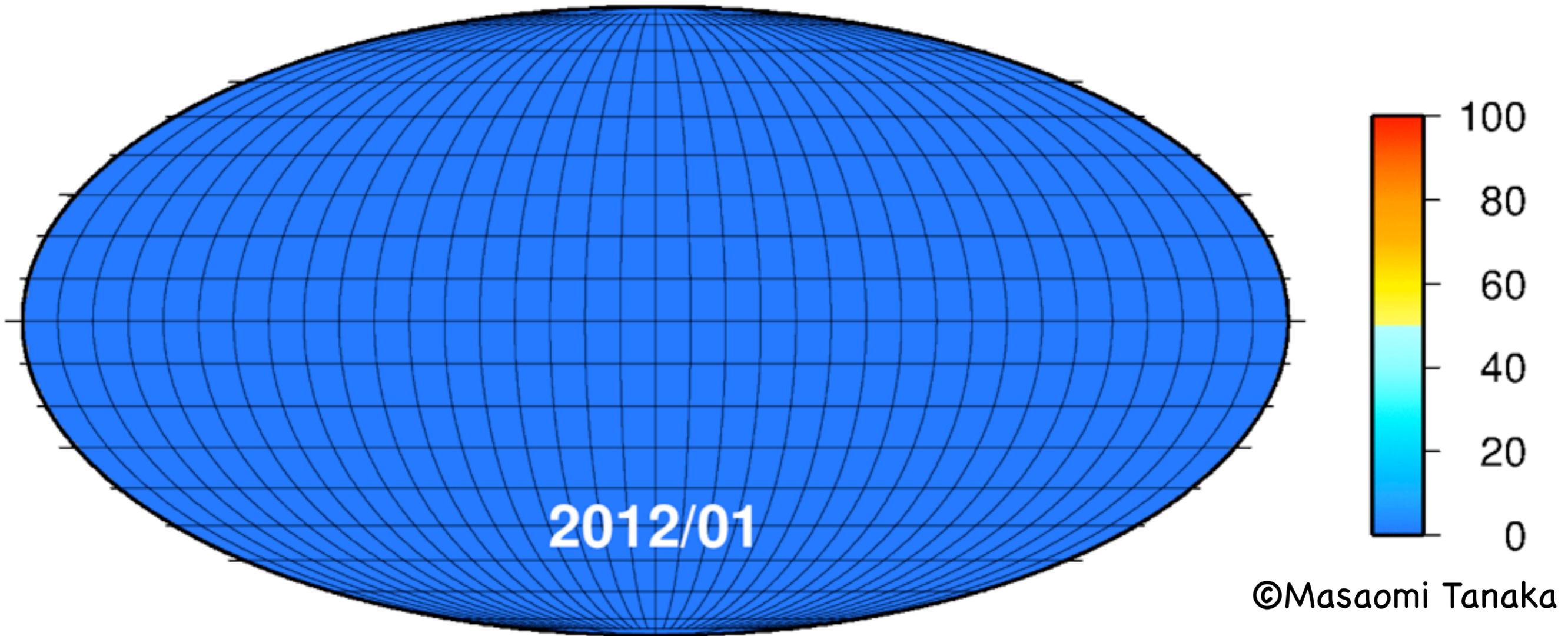


FIG. 3.—Coverage of the PTF photometric catalog 1.0 shown in an equal-area Aitoff projection in equatorial coordinates. RA = 0°, Dec = 0° is in the center of the map. The coding shows the number of stars per  $\text{deg}^2$  as calculated in a grid of  $0.5 \times 0.5 \text{ deg}^2$  cells on the sky. See the electronic edition of the *PASP* for a color version of this figure.

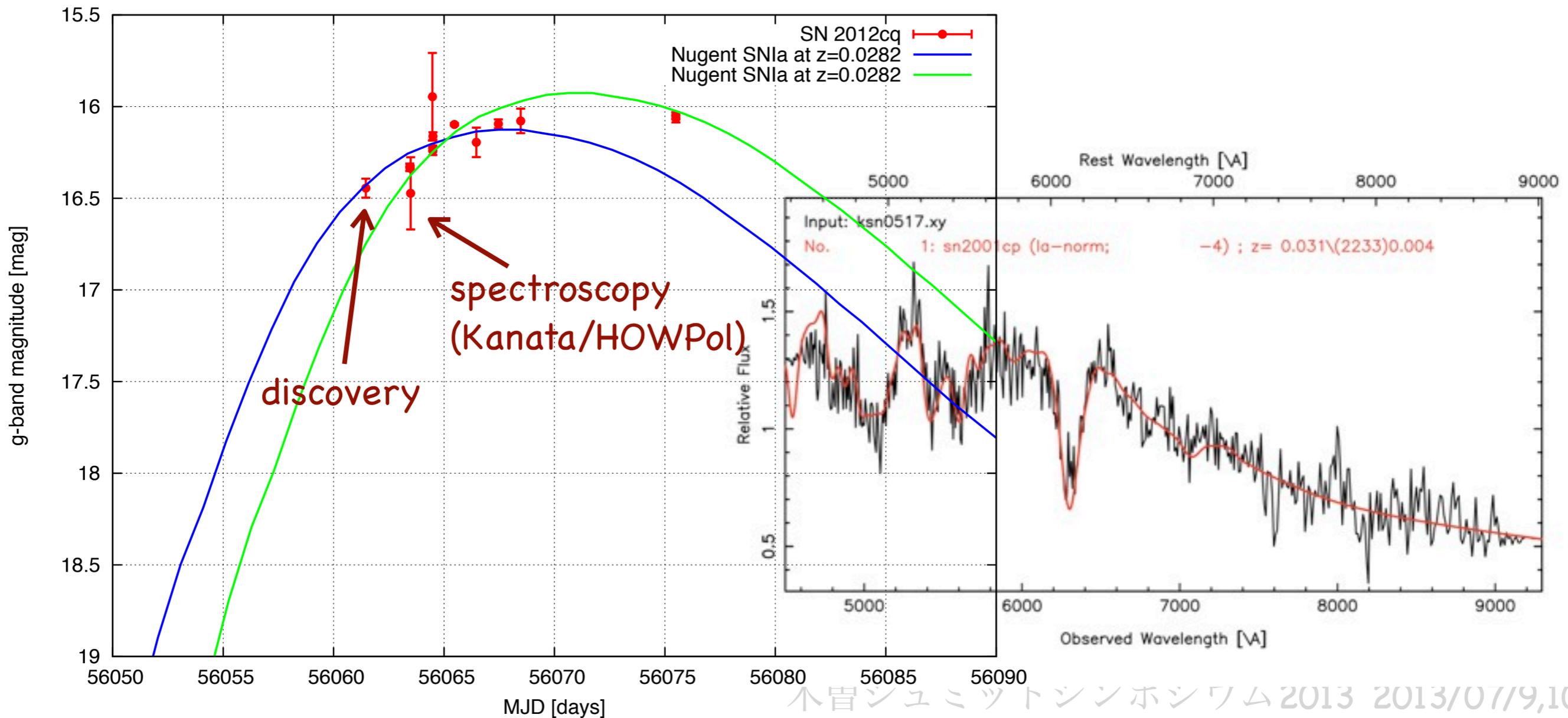
PTF sky coverage (Ofek+2012)

# 2012 (18 candidates)

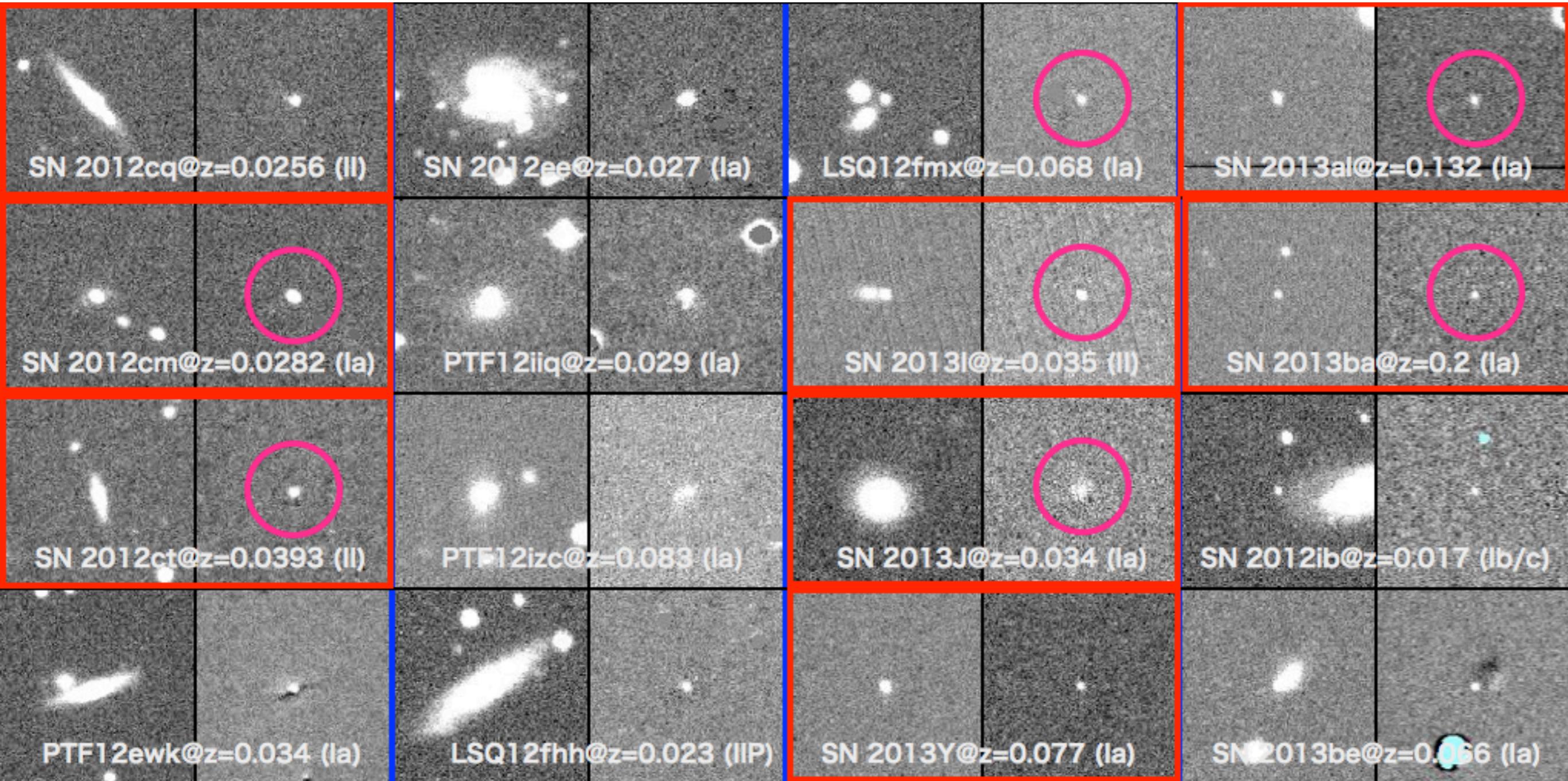
KISS	other	type	KWFC	$m_{disc}$	$m_{lim}$	$z$	DM [mag]	$M(g)$	MJD <sub>disc</sub>	MJD <sub>spec</sub>	$t_{spec}$	$t_{disc}$
KISS12a	SN2012cp	II	11998/3	17.9	20.66/20.70/20.56	0.026	35.26/35.22	-17.4/-14.54	56060.51882	56071.9(May24.9)	14	2.6
KISS12b	SN2012cm	Ia	12054/3	16.5	19.70/19.68/19.46	0.028	35.42/35.43	-18.9/-15.73	56061.54023	56064.5(May17.5)	-4	-7.0
KISS12c	SN2012ct	II	12779/3	19.3	-/-/20.93	0.039	36.17/36.17	-16.9/-36.17	56070.65594	56071.9(May24.9)	0	-1.2
KISS12d	PTF12ewk	Ia	13143/3	19.1	20.78/20.89/20.77	0.034	35.85/35.85	-16.7/-15.07	56075.63688	56072(May25)		3.6
KISS12e			09092/4	18.9	20.65/20.61/20.41		/	/	56033.50847			-99
KISS12f			12004/5	18.2	20.04/20.10/19.78	0.067	37.37/37.37	-19.2/-17.33	56060.55161			-99
KISS12g			09612/3	18.5	20.64/20.63/20.41		/	/	56041.60954			-99
KISS12h			11913/2	19.0	20.57/20.48/20.18	0.036	35.97/35.97	-17 /-15.4	56059.66025			-99
KISS12i	SN2012ee	Ia	14566/3	16.3	20.65/20.71/20.40	0.027	/	/	56159.50572	56157(Aug17.96)	0	2.5
KISS12j	PTF12iiq	Ia	15829/2	16.5	-/-/-	0.029	35.50/35.50	-19 /-35.50	56178.74333	56168(Aug29.36)	-8	2.7
KISS12k	CSS121004204336-055316	CV	17794/3	17.7	20.57/20.60/20.14	0	/	/	56207.46932	56208(Oct8)		-0.5
KISS12l			17801/7	19.0	20.71/20.61/20.12	0.078	37.71/37.71	-18.7/-17	56207.50117			-99
KISS12m	PTF12izc	Ia	17800/4	18.5	-/-/-	0.083	37.86/37.86	-19.4/-37.86	56207.49653	56194(Sep24)	-7	6.5
KISS12	LSQ12fhh	IIP	18288/3	19.0	-/-/-	0.023	34.99/34.99	-16 /-34.99	56211.77873	56206(20121006)	11	16.8
KISS12o			18343/3	18.6	-/-/-	0.071	37.50/37.50	-18.9/-37.50	56212.51192			-99
KISS12p			18473/7	19.3	-/-/-		/	/	56213.58988			-99
KISS12q	LSQ12fmx	Ia	19408/2	19.0	-/-/-	0.068	37.38/37.38	-18.4/-37.38	56221.78672	56221(20121021)	-6	-5.2
KISS12r			22381/0	17.8	-/-/-		/	/	56249.6124			-99
KISS13a	LSQ12hot	LBV?	29229/7	19.1	20.83/20.83/20.53	0.024	35.08/35.08	-16 /-14.25	56303.4766	56278(20121217)		25.5
KISS13b	SN2013I	II	29218/6	18.6	20.97/20.90/20.75	0.035	35.91/35.91	-17.3/-14.94	56303.41147	56307.9(Ja 15.9)	0	-4.5
KISS13c			29673/0	17.5	19.66/-/-	0.067	/	/	56307.85001			-99
KISS13d	SN2013J	Ic	29953/0	18.8	20.53/20.53/19.87	0.034	35.87/35.87	-17.1/-15.34	56311.7723	56313.2(Ja 21.2)	0	-1.4
KISS13e			30078/1	19.2	20.46/20.63/20.10	0.061	37.15/37.15	-18 /-16.69	56312.79857			-99
KISS13g			31631/1	20.0	20.97/21.09/20.87	0.045	36.47/36.47	-16.5/-15.5	56325.57449			-99
KISS13j	SN2013Y	Ia	31993/1	18.8	20.43/20.46/20.11	0.077	37.68/37.68	-18.9/-17.25	56329.6641	56334.2(Feb11.2)	5	0.5
KISS13k			31998/7	18.9	-/-/20.82		/	/	56329.68785			-99
KISS13l	SN2013al	Ia	34754/7	19.7	-/-/20.78	0.132	38.94/38.94	-19.7/-37.94	56354.6106	56358.1(Mar7.1)	0	-3.5
KISS13m			34705/7	19.7	-/-/20.77	0.028	35.42/35.42	-15.7/-34.42	56354.41996			-99
KISS13			35027/3	18.9	21.22/21.13/20.91	0.081	37.80/37.80	-18.9/-16.58	56356.65583			-99
KISS13o			35173/5	19.1	20.20/20.24/19.92	0.022	34.89/34.89	-15.8/-14.69	56357.68599			-99
KISS13p			35359/7	18.3	20.15/19.90/19.42		/	/	56359.81877			-99
KISS13q			35412/7	20.1	21.04/20.85/20.82	0.066	37.33/37.33	-17.2/-16.29	56360.55731			-99
KISS13r			35420/6	19.4	20.86/20.69/20.53	0.066	37.33/37.33	-17.9/-16.47	56360.58858			-99
KISS13s			35432/7	19.1	21.17/20.72/20.74	0.172	39.56/39.56	-20.5/-18.39	56360.64756			-99
KISS13u			38481/4	19.7	21.19/20.52/20.74	0.087	37.96/37.96	-18.3/-16.77	56385.59229			-99
KISS13v	SN2013ba	Ia	38661/6	19.9	-/-/20.70	0.2	39.93/39.93	-20 /-38.93	56386.65157	56389.2(Apr7.2)	0	-2.5
KISS13w	SN2012ib	Ib/c	39740/2	19.9	21.19/-/-	0.017	34.33/	-14.4/	56395.76394	56284(Dec23.1)	5(several)	116.8
KISS13x			39682/2	20.6	21.11/-/-	0.035	35.91/	-15.3/	56395.53203			-99
KISS13y			39677/0	20.1	20.81/-/-	0.023	34.99/	-14.9/	56395.47292			-99
KISS13z			39677/1	19.8	20.81/-/-	0.024	35.08/	-15.3/	56395.47292			-99
KISS13aa	SN2013be	Ia	39990/1	18.9	-/-/-	0.066	37.33/	-18.4/	56398.58219	56390(Apr8.19)	-5(several)	3.6
KISS13ab			40154/0	19.3	-/-/-	0.024	35.08/	-15.8/	56399.63201			-99
KISS13ac			40154/3	19.8	-/-/-	0.077	37.68/	-17.9/	56399.63201			-99
KISS13ad			40162/3	19.1	-/-/-	0.026	35.26/	-16.2/	56399.69709			-99
KISS13ae			42459/0	19.0	-/-/-		/	/	56419.64563			-99
KISS13af			42712/7	18.7	21.23/-/-		/	/	56421.59846			-99
KISS13ag			43400/0	18.7	20.33/-/-		/	/	56428.57449			-99

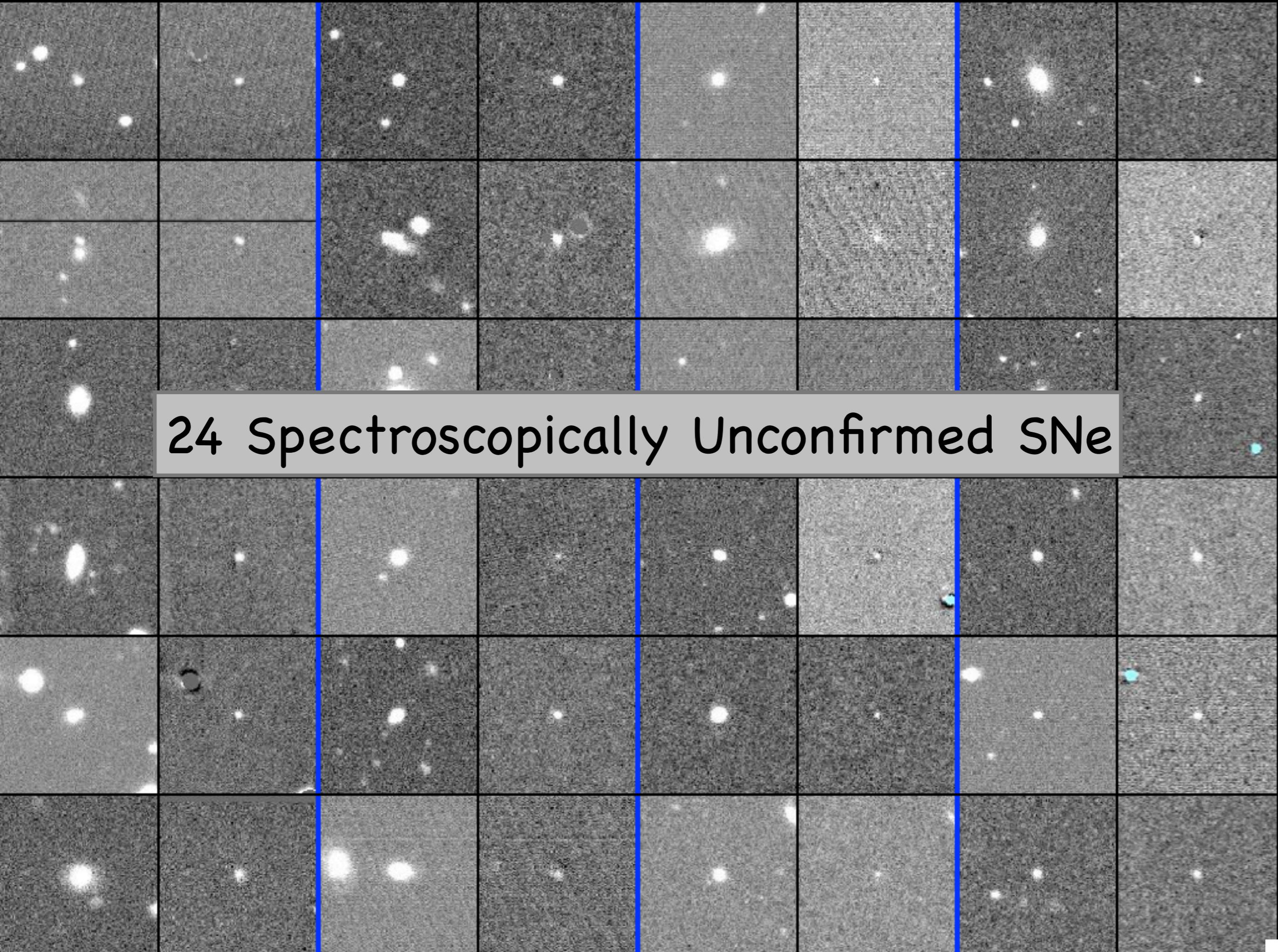
# 2013 (33 candidates)

# SN 2012cq@z=0.0282



# 12 Spectroscopically Confirmed SNe (8 KISS SNe)

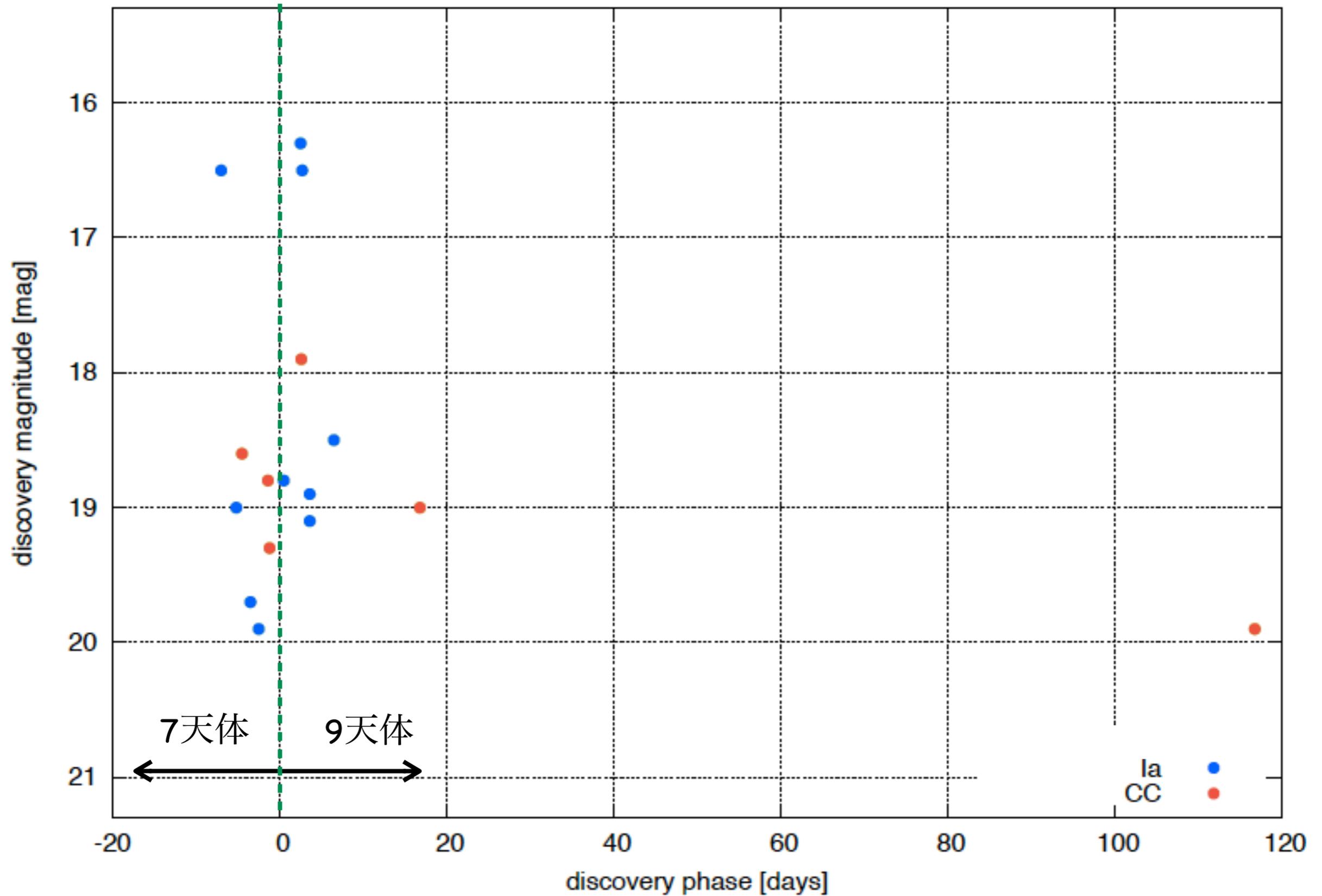


The image consists of a 4x6 grid of 24 grayscale astronomical images. Each panel shows a different field of stars or galaxies. The images are arranged in a regular grid, with thin black lines separating the panels. Three vertical blue lines are drawn across the grid, separating the columns into groups of two, two, and two. A semi-transparent gray horizontal bar is overlaid across the middle of the grid, containing the text "24 Spectroscopically Unconfirmed SNe" in a black, sans-serif font. The text is centered within the bar and spans across all four rows of the grid. The background images show various star patterns, some with bright, prominent stars and others with more diffuse or faint features. The overall appearance is that of a survey or a collection of astronomical data points.

24 Spectroscopically Unconfirmed SNe



# discovery phase vs discovery magnitude



最初の超新星(SN 2012cm)発見

2012/05

初期成果記者発表

2012/06

KWFC共同利用開始  
KISS開始  
2012/04

甲南大学実習  
2012/03

2012/01

2011/07

KISS議論開始 第2回星なかまの集い



テンプレートをSDSSに  
2012/05

半自動LC作成ソフト

2013/02

森くん卒業、広島大学へ

2013/03

現在

2013/07

shock  
breakout  
発見!?!?!?

2013/11

海外でのフォローアップ観測開始

2013/01

アマチュア参加開始

2012/09

iPTF開始

2013/01

松本さん参加

2013/04

甲南大学実習  
2013/02

「知るしん。」撮影  
2013/03

第3回星なかまの集い  
2013/03



木曾シュミットシ

07/9,10

# 超新星以外にも...

---

- 低光度AGNの変動-->松本さんポスター  
岡山188cm/KOOLSでの分光観測(2013/11)
- NEO (Near-Earth Object)の軌道決定  
高速移動天体, a few NEOs/month?

# まとめ

- Kiso Supernova Survey (KISS): 2012/04より開始
- わずか1時間の時間間隔での超高頻度広視野超新星探査
- 見かけ等級  $g \sim 16-20\text{mag}$ , 距離  $d \sim < 200\text{Mpc}$ , 期待値 50 SNe/yr  
~1 shock breakout/yr  
まだshock breakoutは見つけられていない
- これまで約50個の超新星候補(30-40個は本物だろう)  
8つの同定+報告、計12分光同定超新星
- データ即時解析、国際follow-up collaboration体制の整備
- 他機関・グループによるフォローアップ観測  
+岡山188cm/KOOLSでの独自の分光時間