



# 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

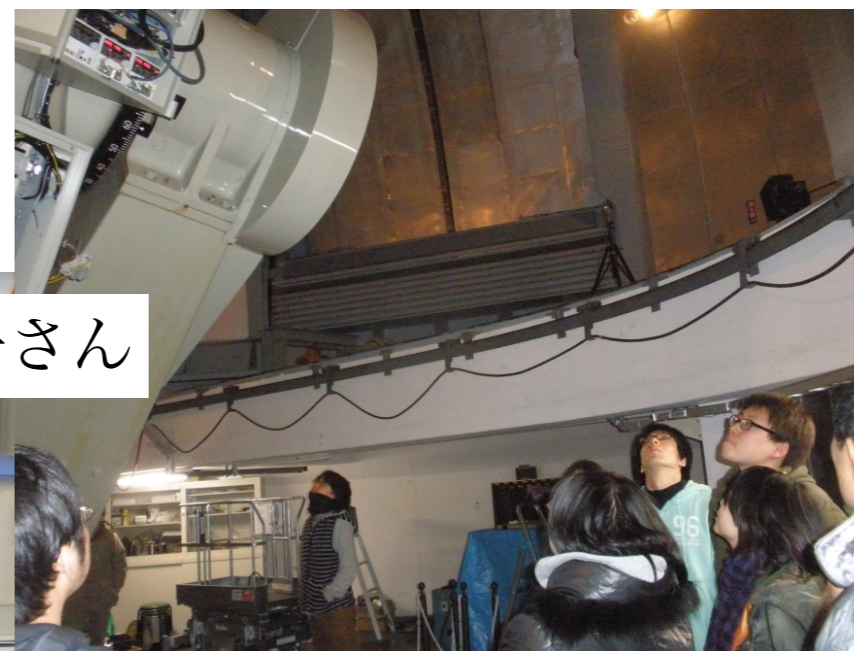
## KISSへの学部生の参加

-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)



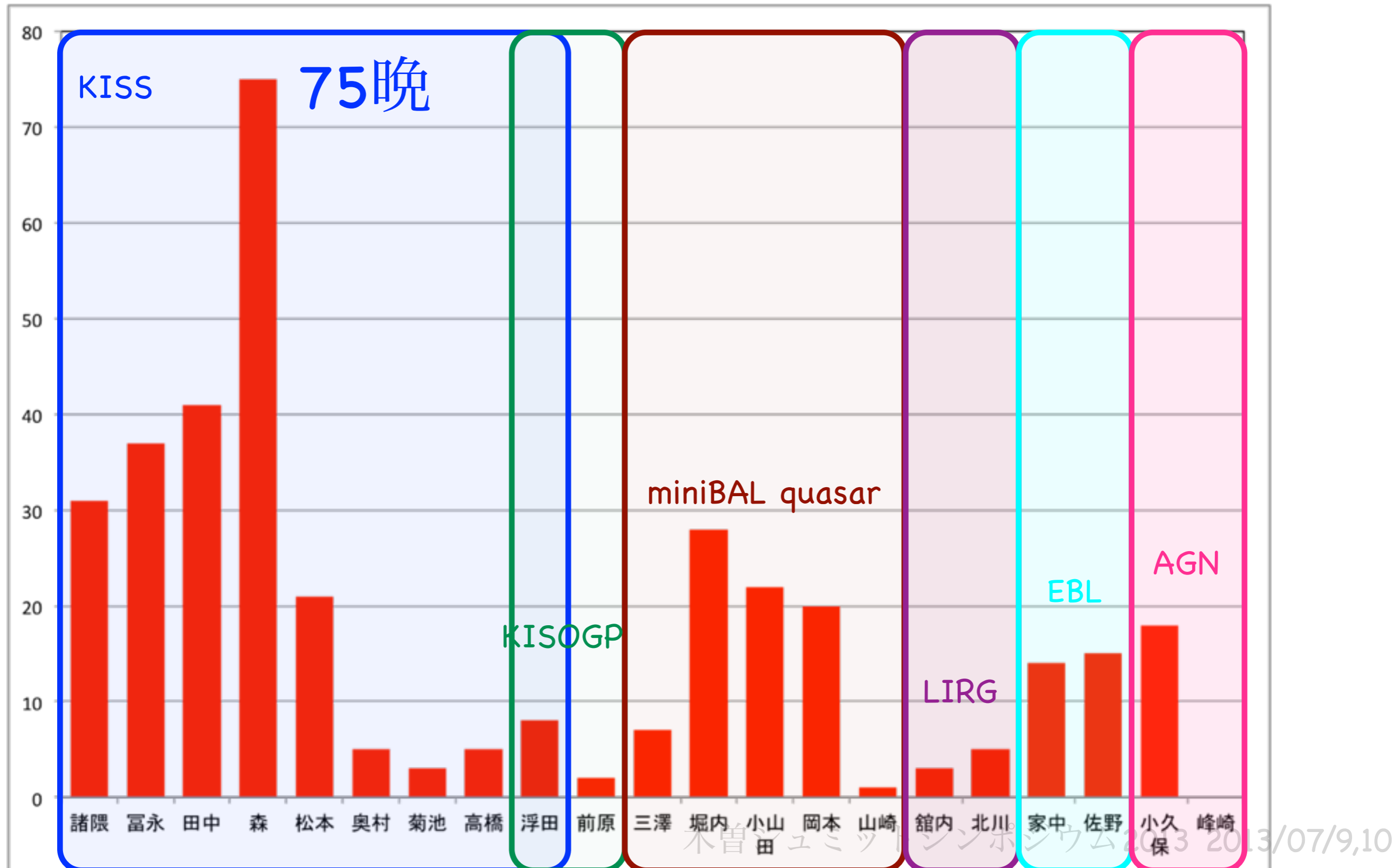
松本恵未子さん



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

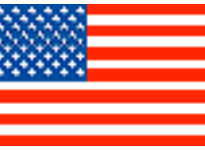
- Rochester Institute of Technology (KPNO 0.9-m)

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

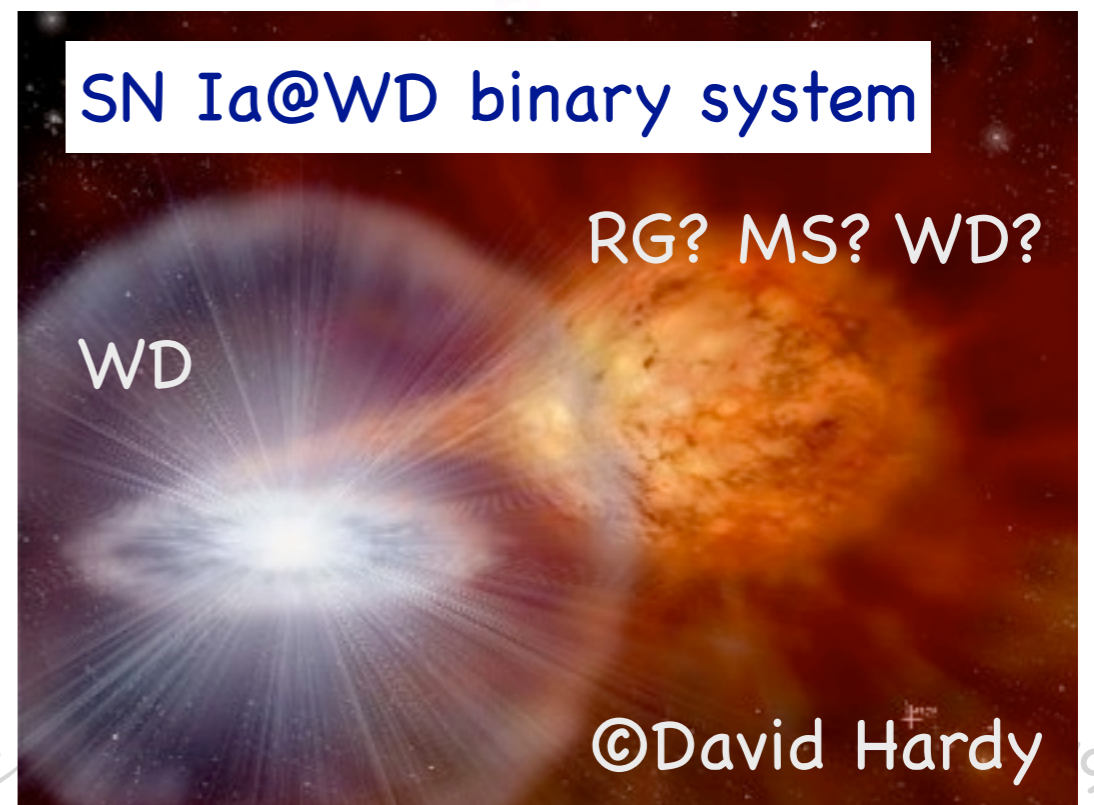
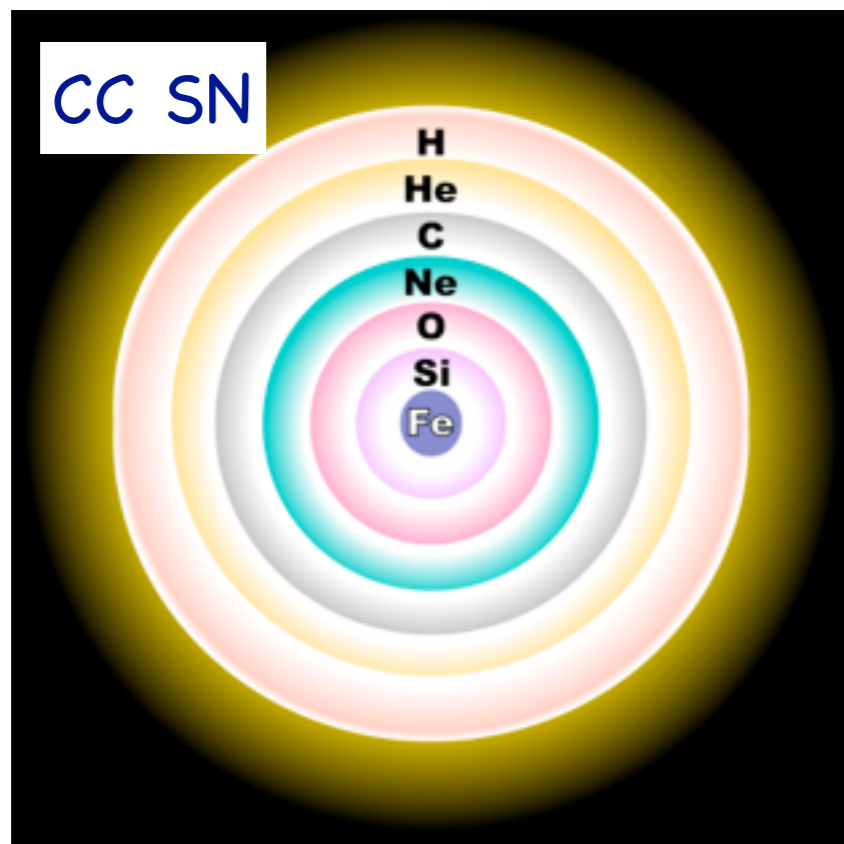
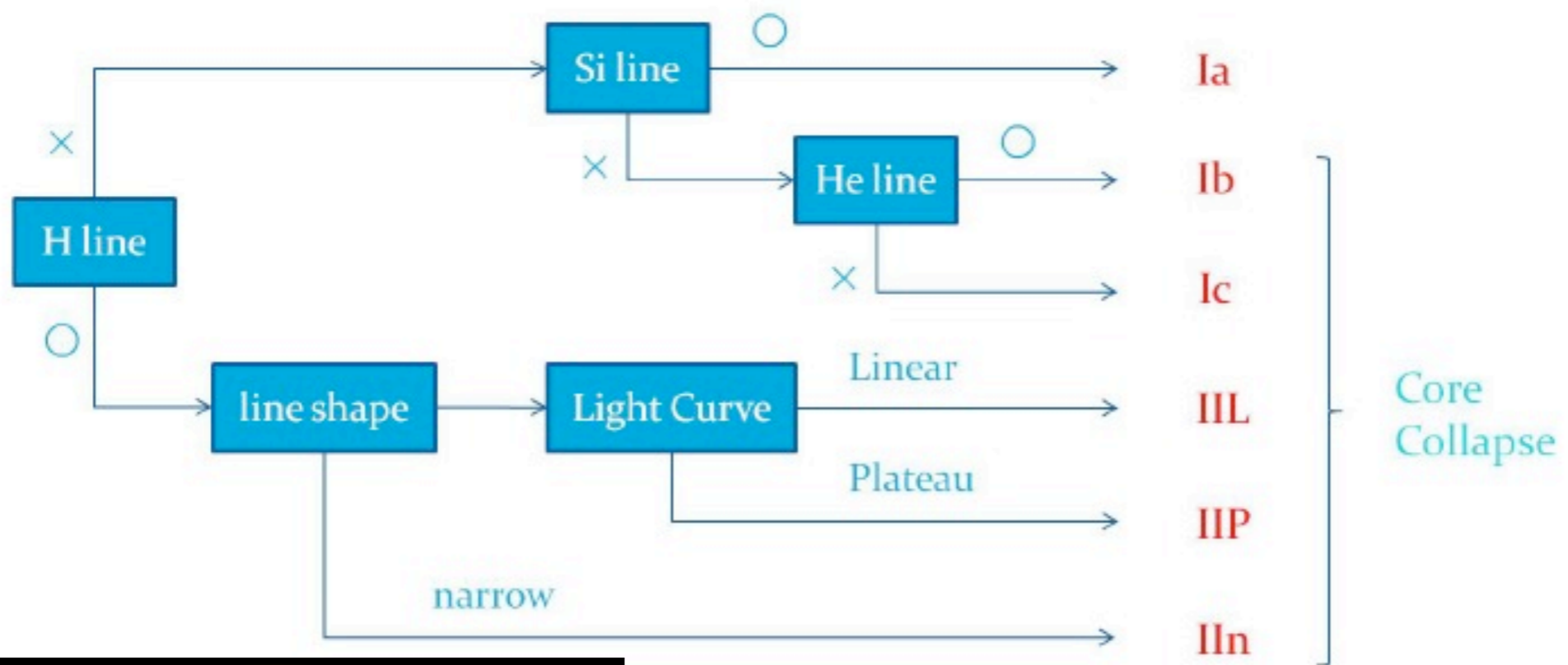


- Russian Institutes (0.5m@Clemea)

Dmitry Tsvetkov, Nikolay Pavlyuk

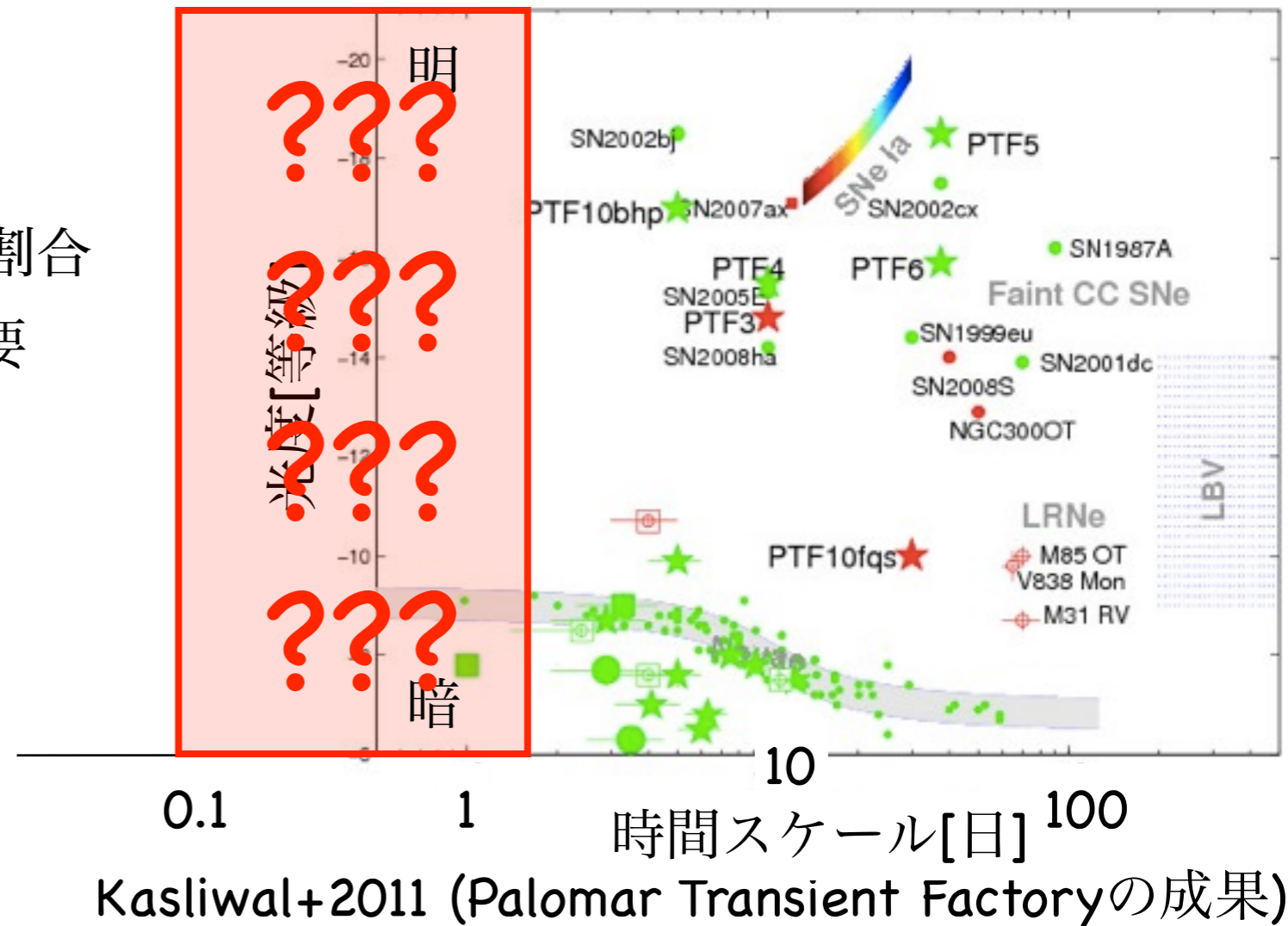


# supernova classification



# 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

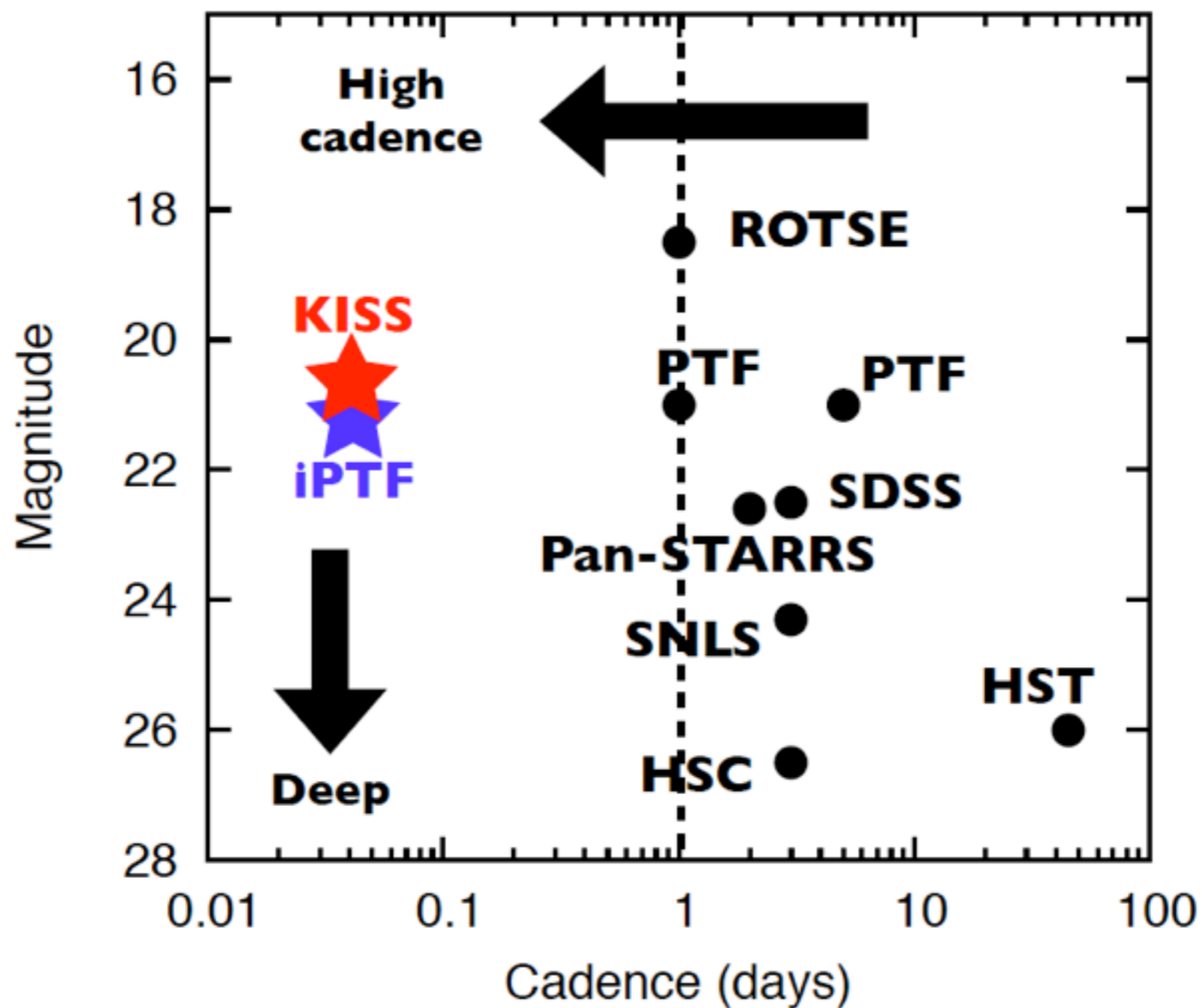


## 超新星ショックブレイクアウト(Shock Breakout)





# KIso Supernova Survey (KISS)

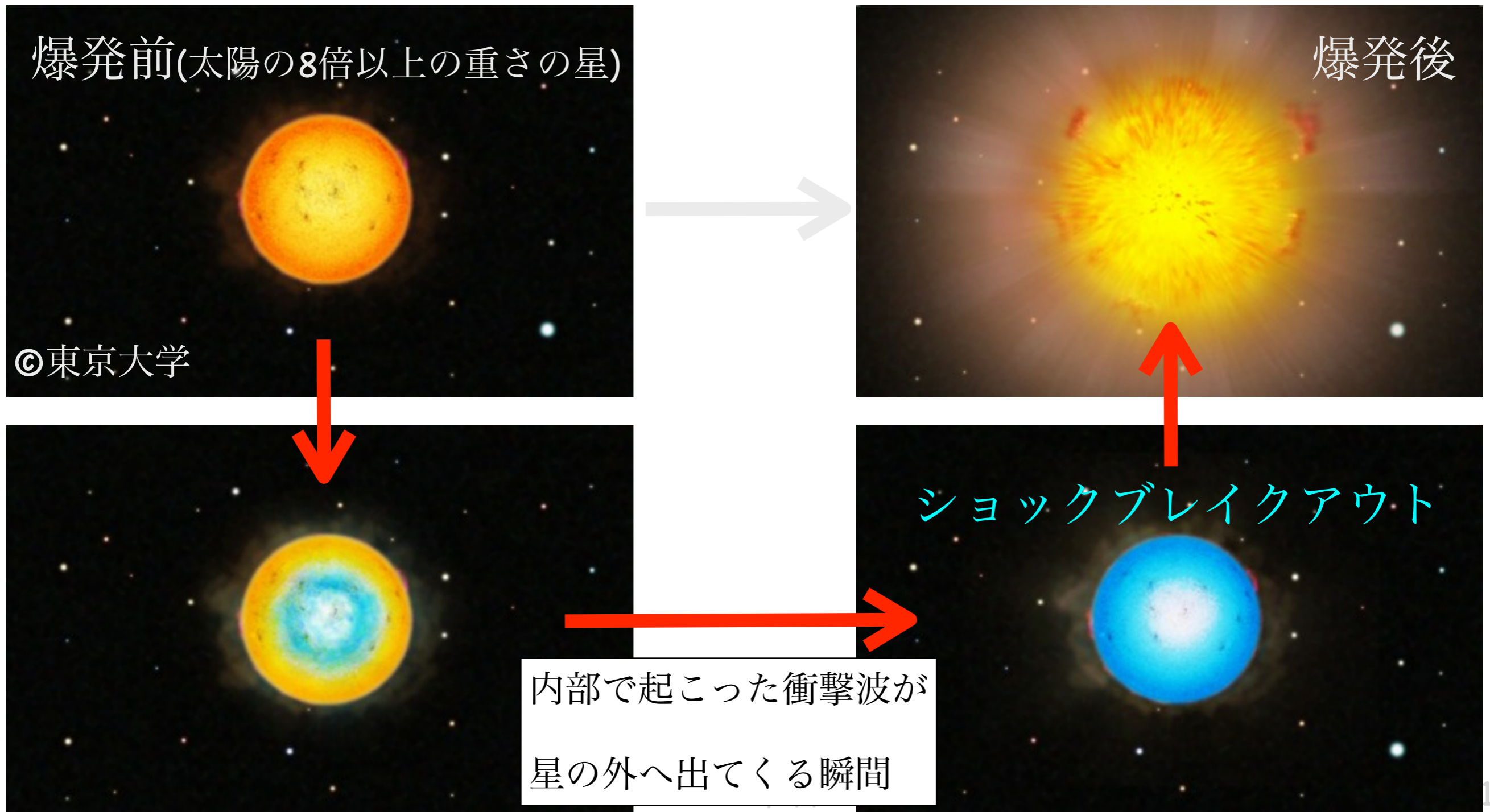


超新星爆発の「瞬間」

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！！！！



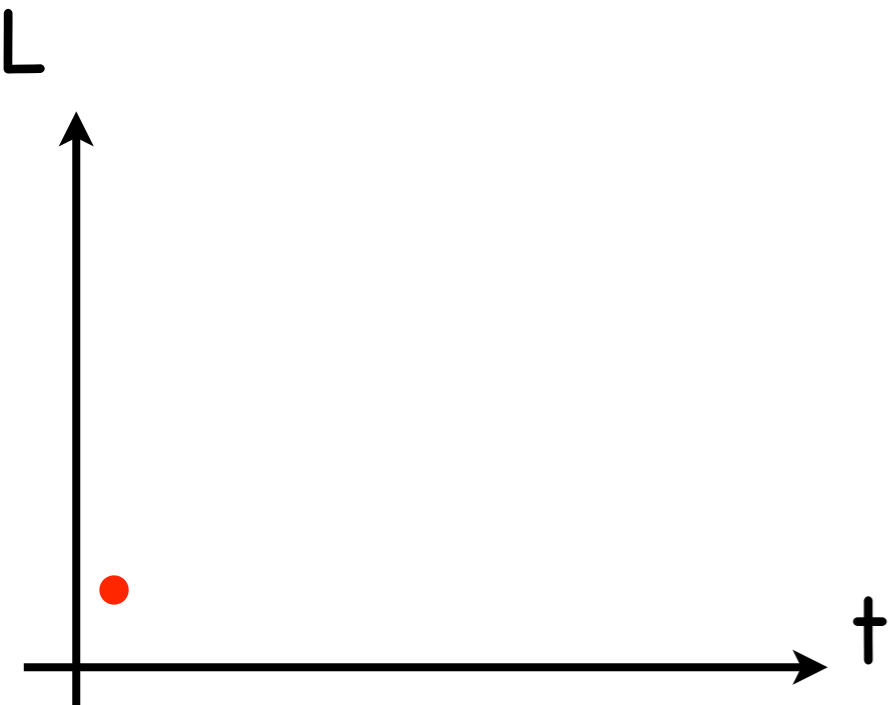
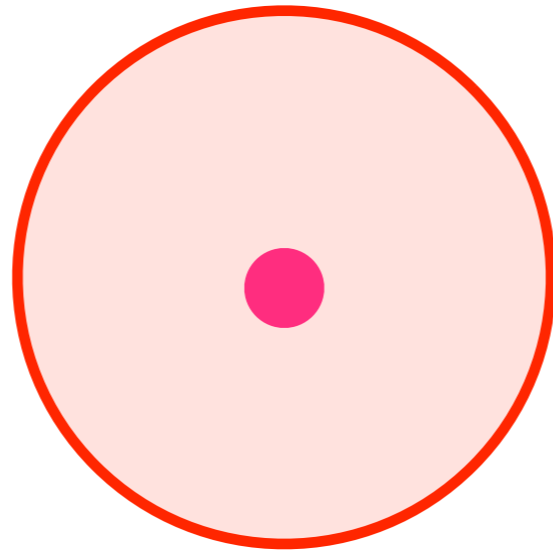
# Supernova Shock Breakout

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

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



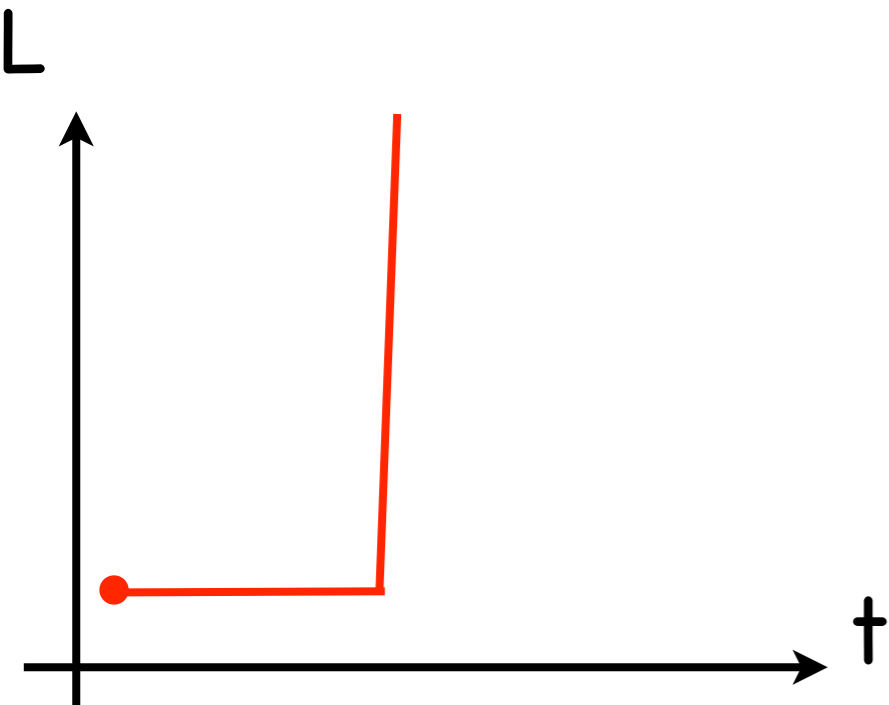
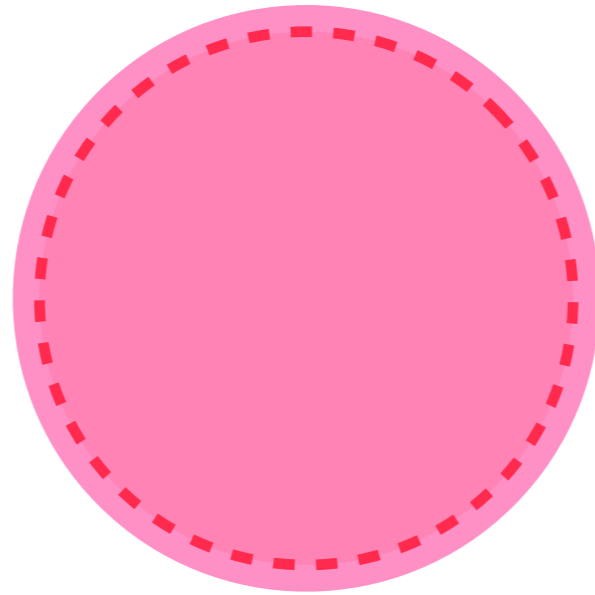
# Supernova Shock Breakout

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

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



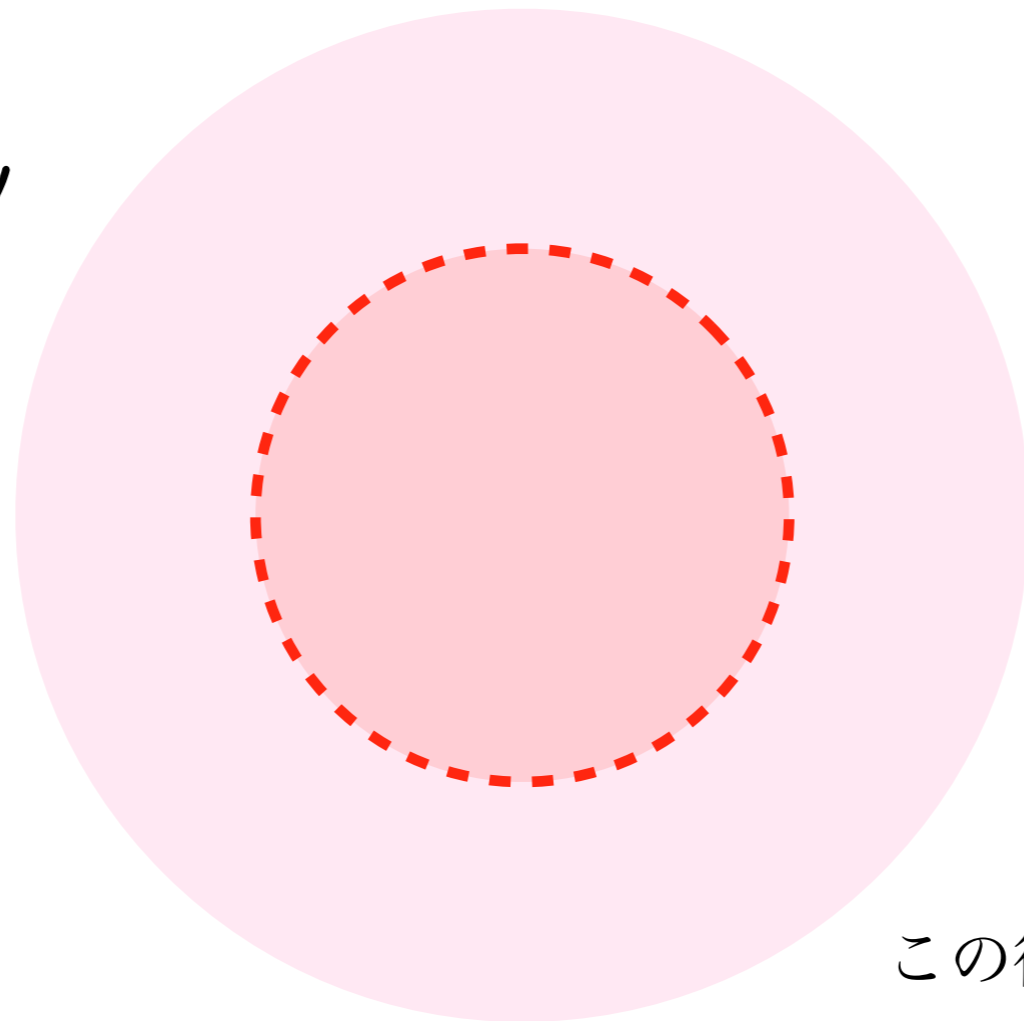
# Supernova Shock Breakout

重力崩壊後、中心部で衝撃波

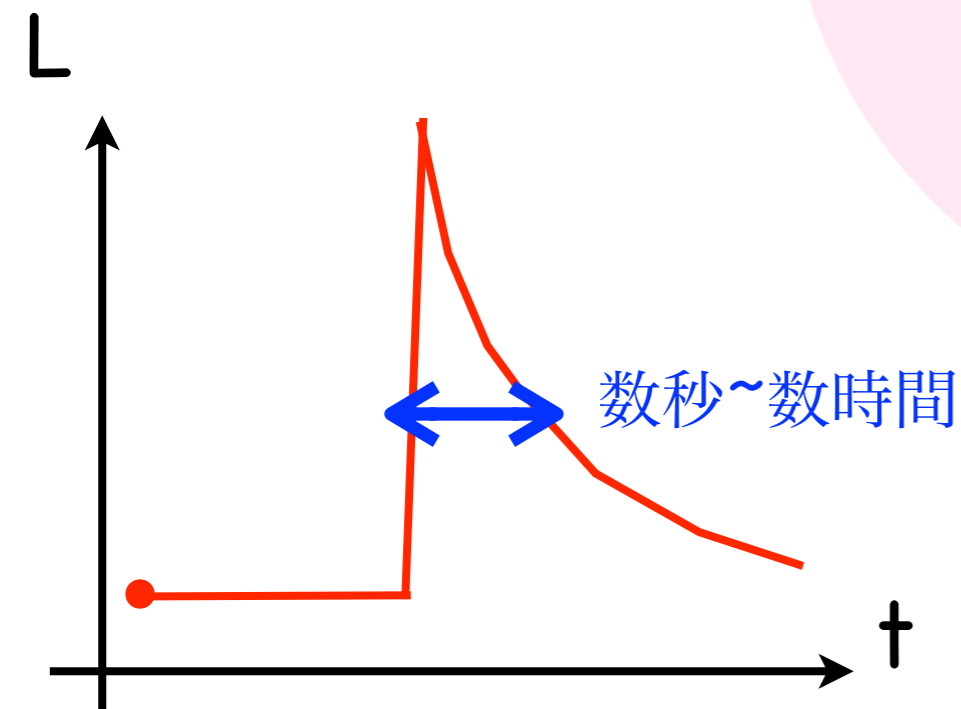
--> 衝撃波が星表面を通過する際に、非常に明るく輝く

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

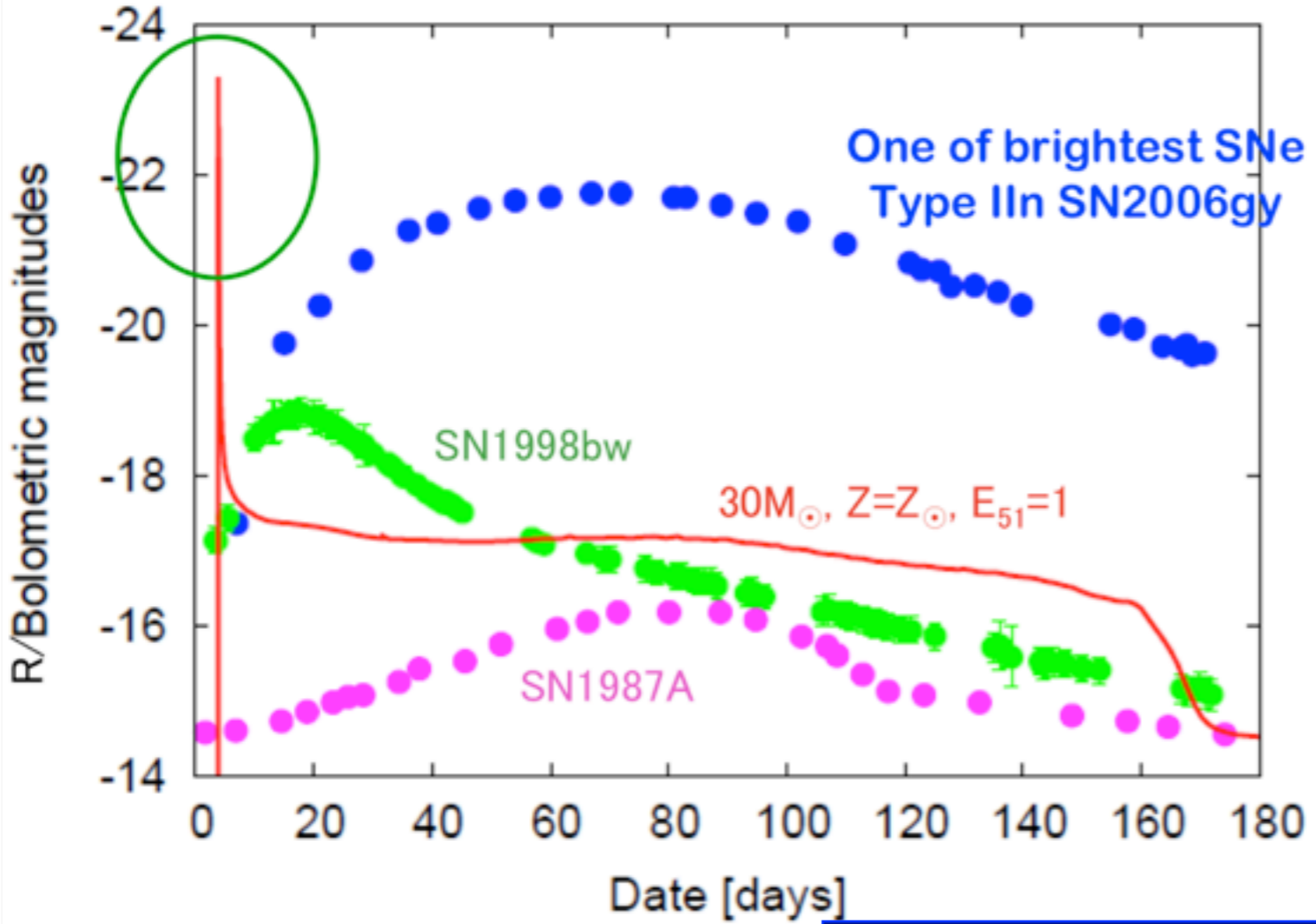
■ ショックブレイクアウト現象の観測により理解が飛躍的に進む。

- 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)

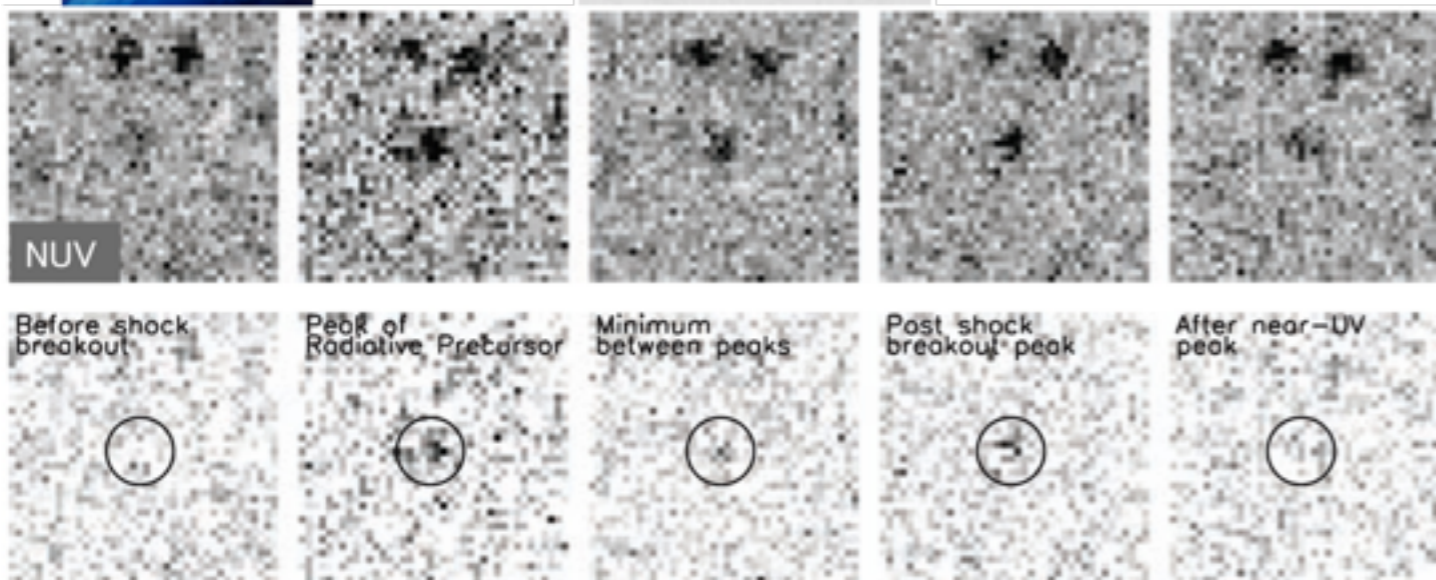
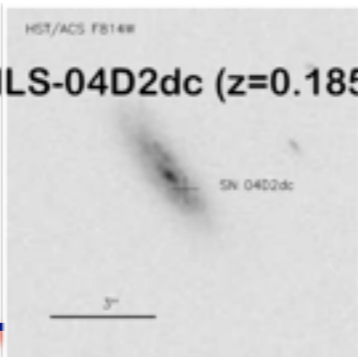


- ※ X線 ~ UVにピーク
- これまで観測例はわずか
- negative K-correctionで high-z (~1-2)でもそんなに暗くならない

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





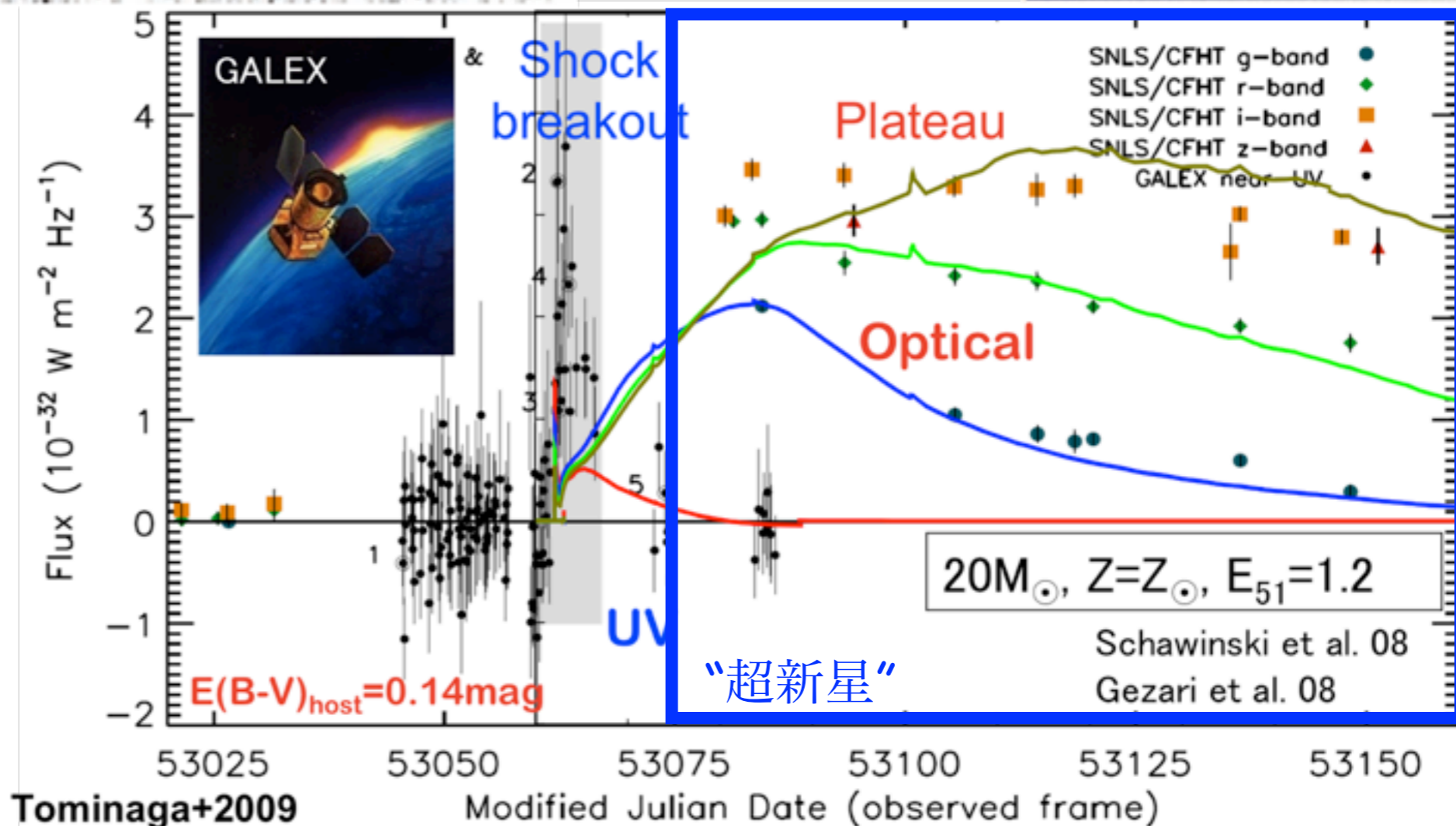
Multigroup radiation hydrodynamics code  
**STELLA** (Blinnikov + 98)  
でLCを再現

25日

# 検出例@UV

SNLS-04D2dc@z=0.19

GALEXによる偶然の観測



“超新星”

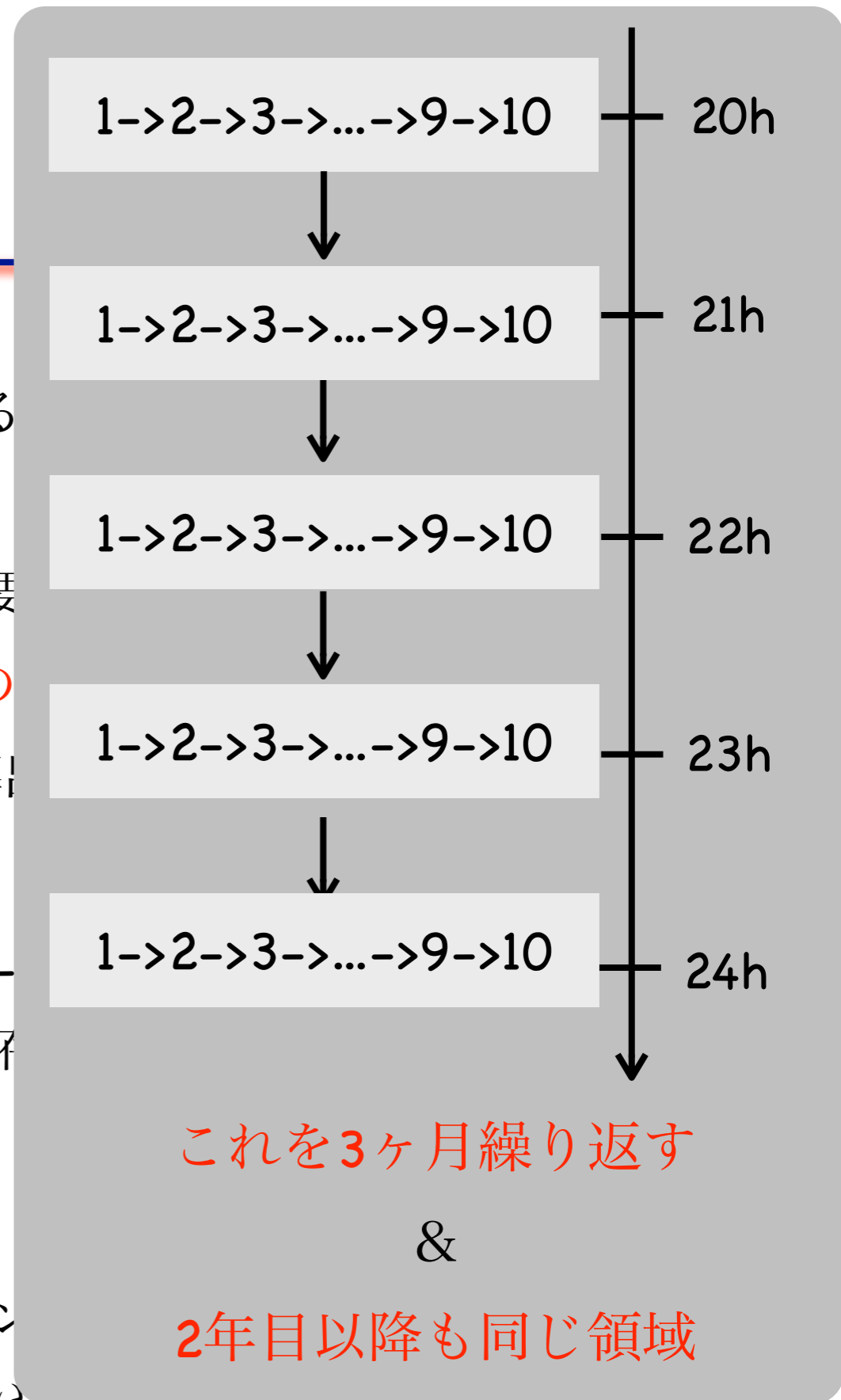
# shock breakout

- + 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 ~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
  - 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~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 ~100Å)
- + 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 ~ 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~20-21 mag, 50-100 deg<sup>2</sup>/night, 天気の悪いときは観測できない



KWFC観測(KISS)でshock breakoutの物理を検証・確立

# S quick-look results on 20130508

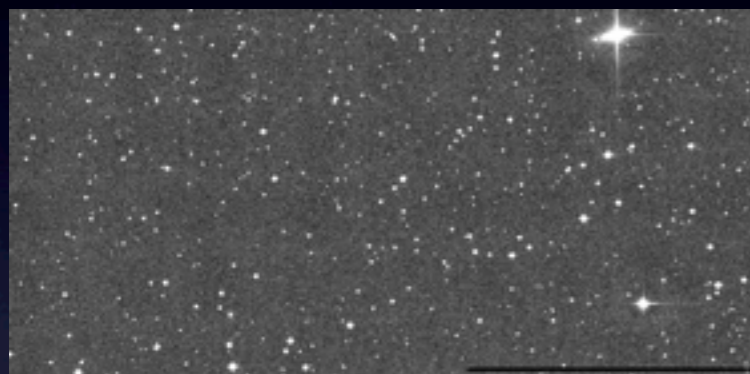
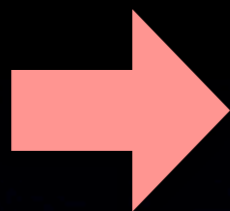
12.34	astrometry & limit mag OK
-	astrometry OK
-	astrometry NG

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

# Kiso observatory



## KISS pipeline



standard reduction

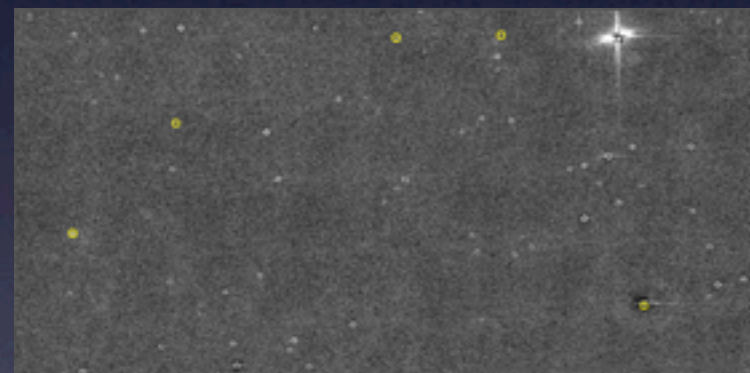


image subtraction

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

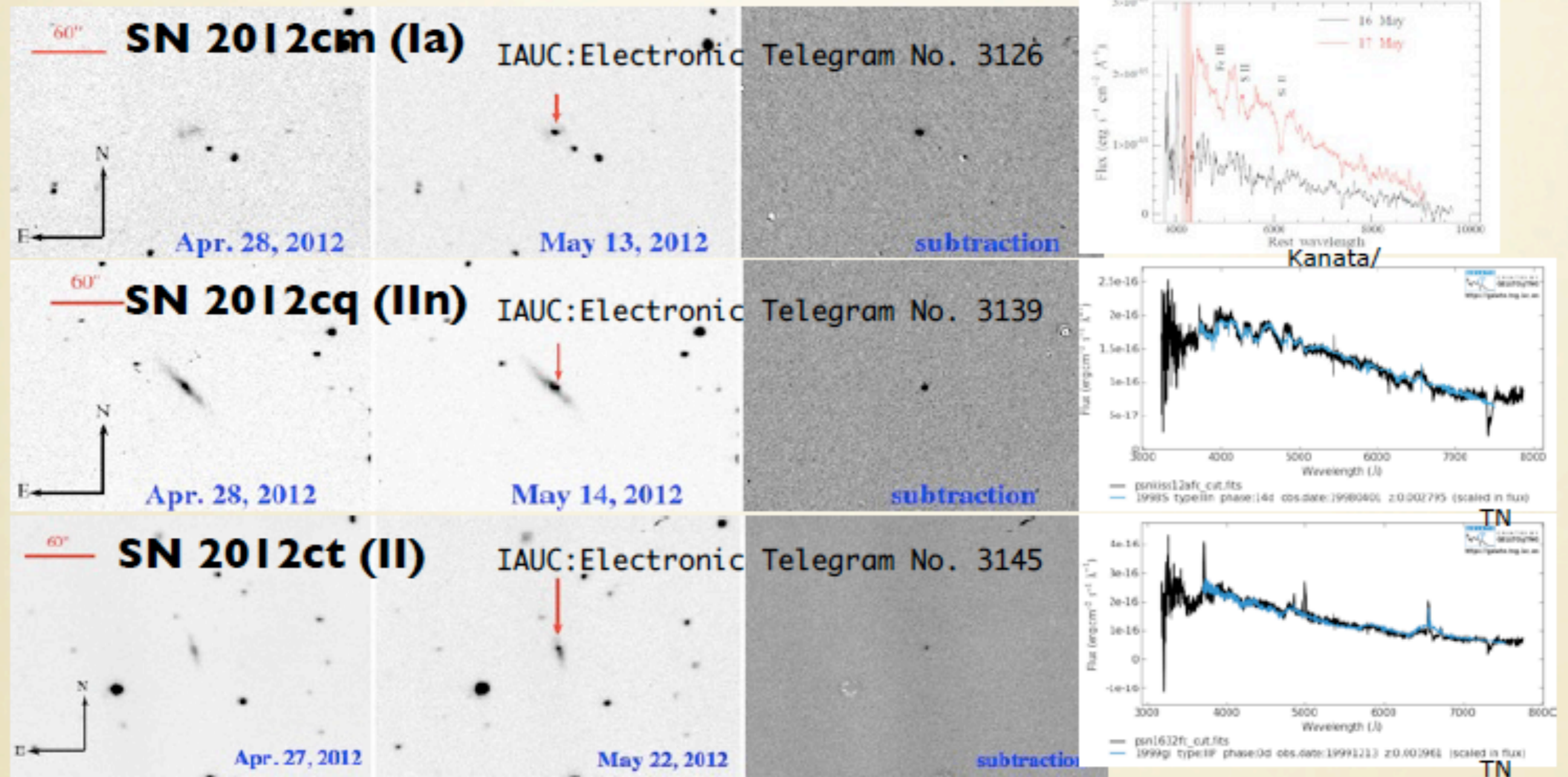
Realtime check

Amateur astronomers@amywhere

©Masaomi Tanaka

# 初期成果

## Reference New Subtracted Spectrum



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

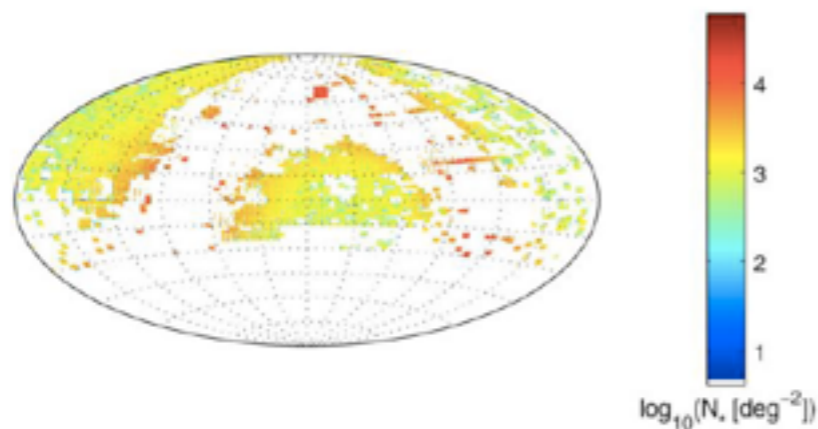
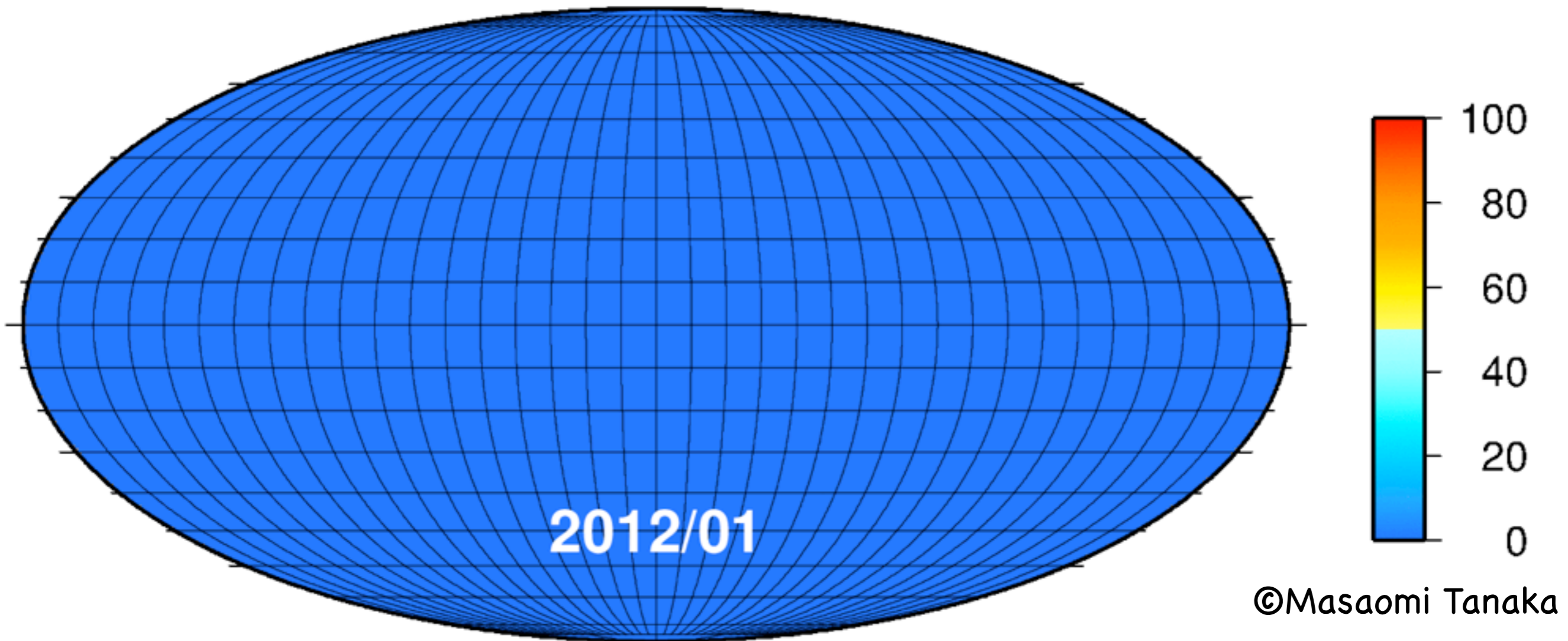


FIG. 3.—Coverage of the PTF photometric catalog 1.0 shown in an equal-area Aitoff projection in equatorial coordinates. RA = 0°, Dec = 0° is in the center of the map. The coding shows the number of stars per  $\text{deg}^2$  as calculated in a grid of  $0.5 \times 0.5 \text{ deg}^2$  cells on the sky.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

PTF sky coverage (Ofek+2012)

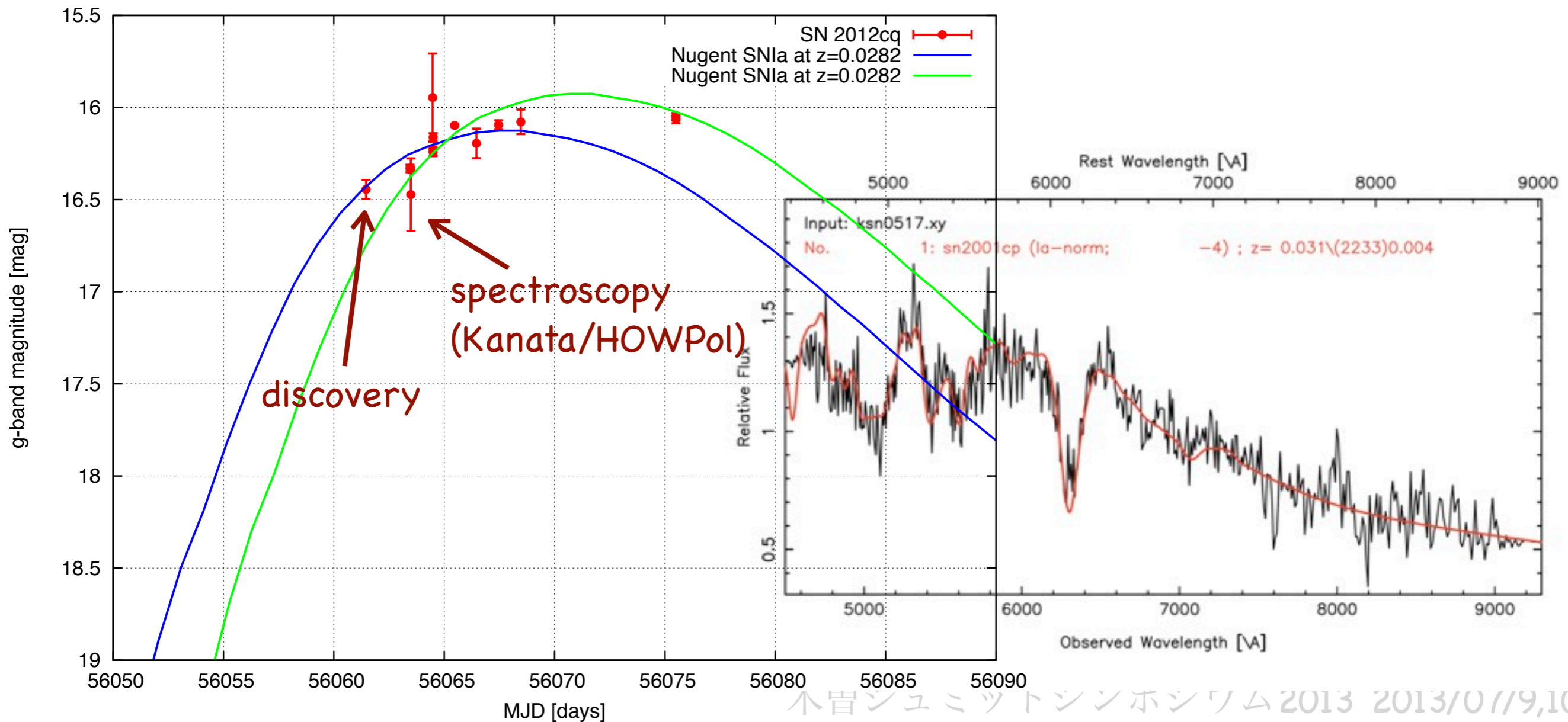
# 2012 (18 candidates)

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

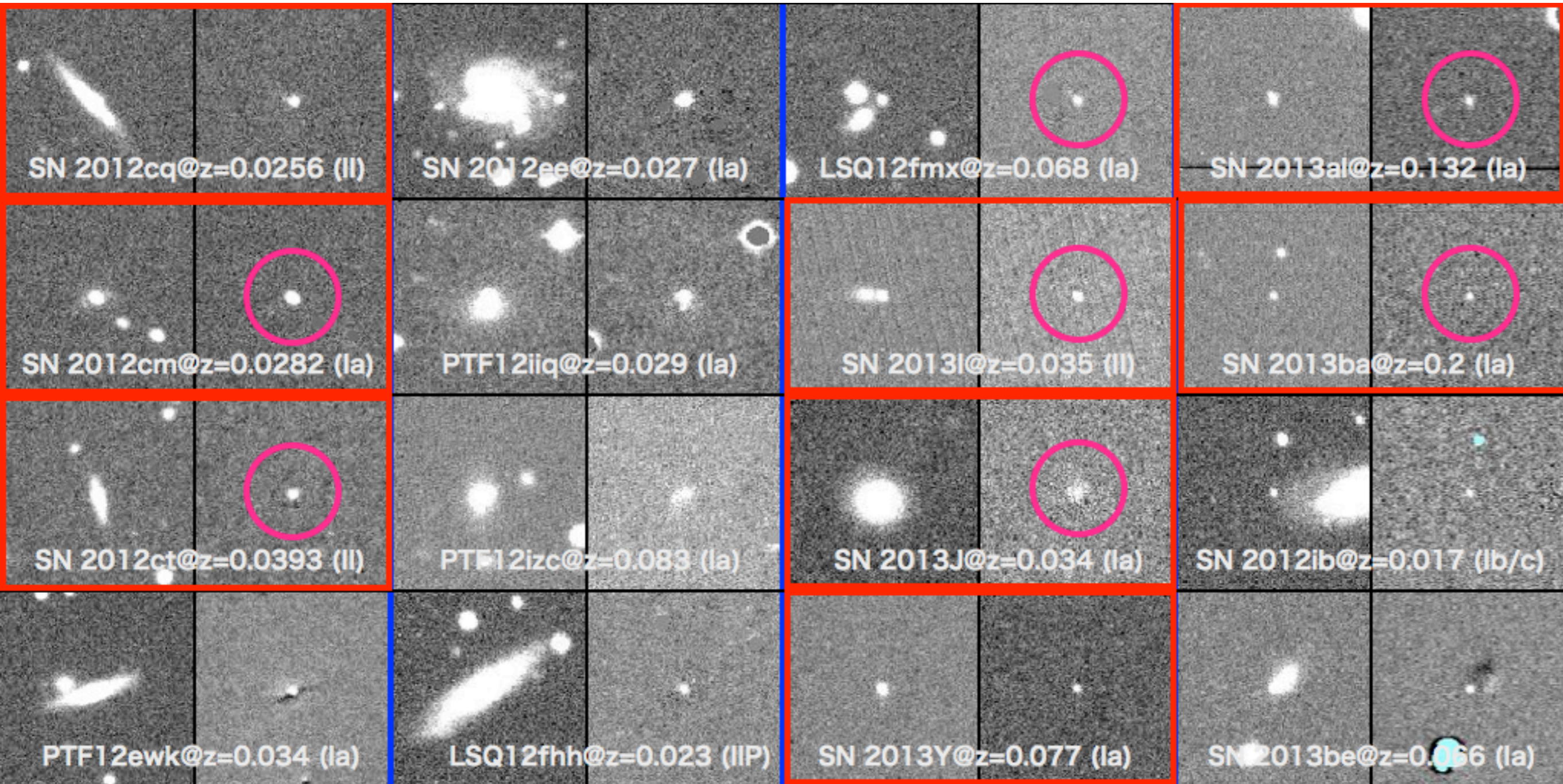
# 2013 (33 candidates)



# SN 2012cq@z=0.0282



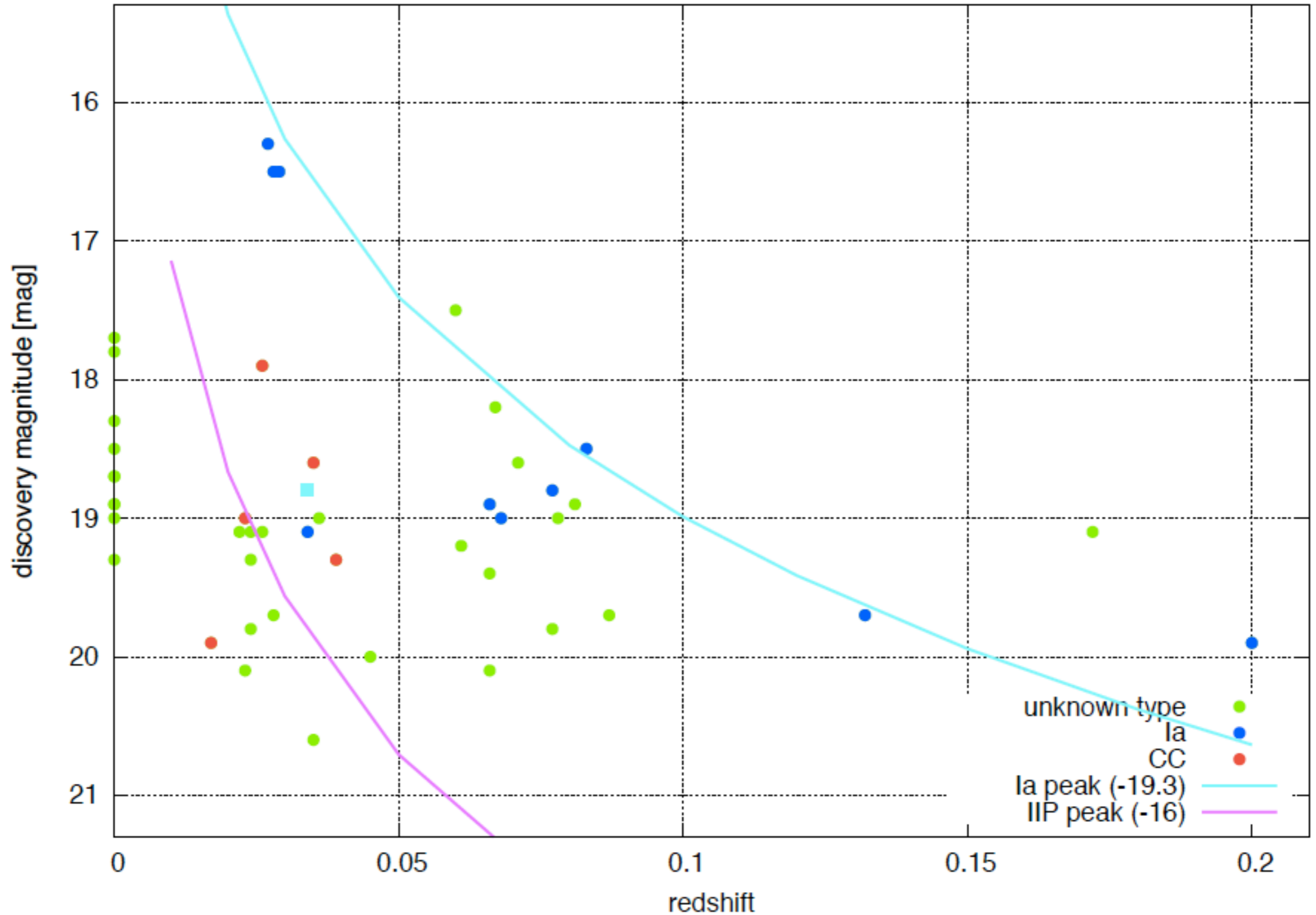
# 12 Spectroscopically Confirmed SNe (8 KISS SNe)



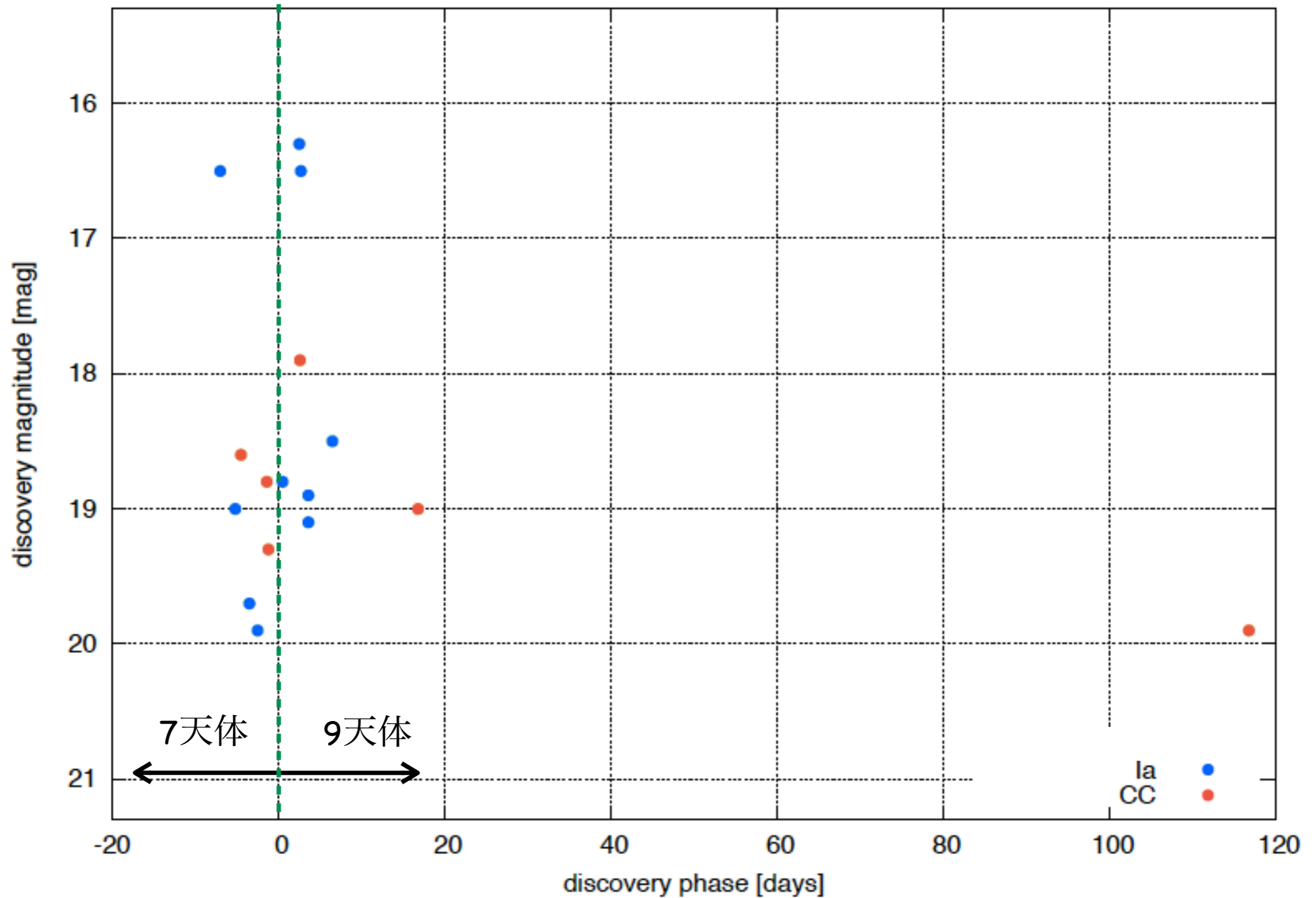


24 Spectroscopically Unconfirmed SNe

# redshift vs discovery magnitude



# 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