



KWFCによる  
爆発初期の超新星探査

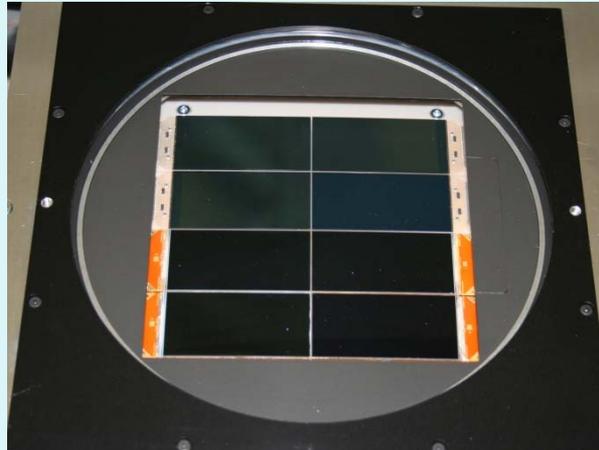
Kiso Wide Field Camera

東京大学 修士2年

加藤 拓也

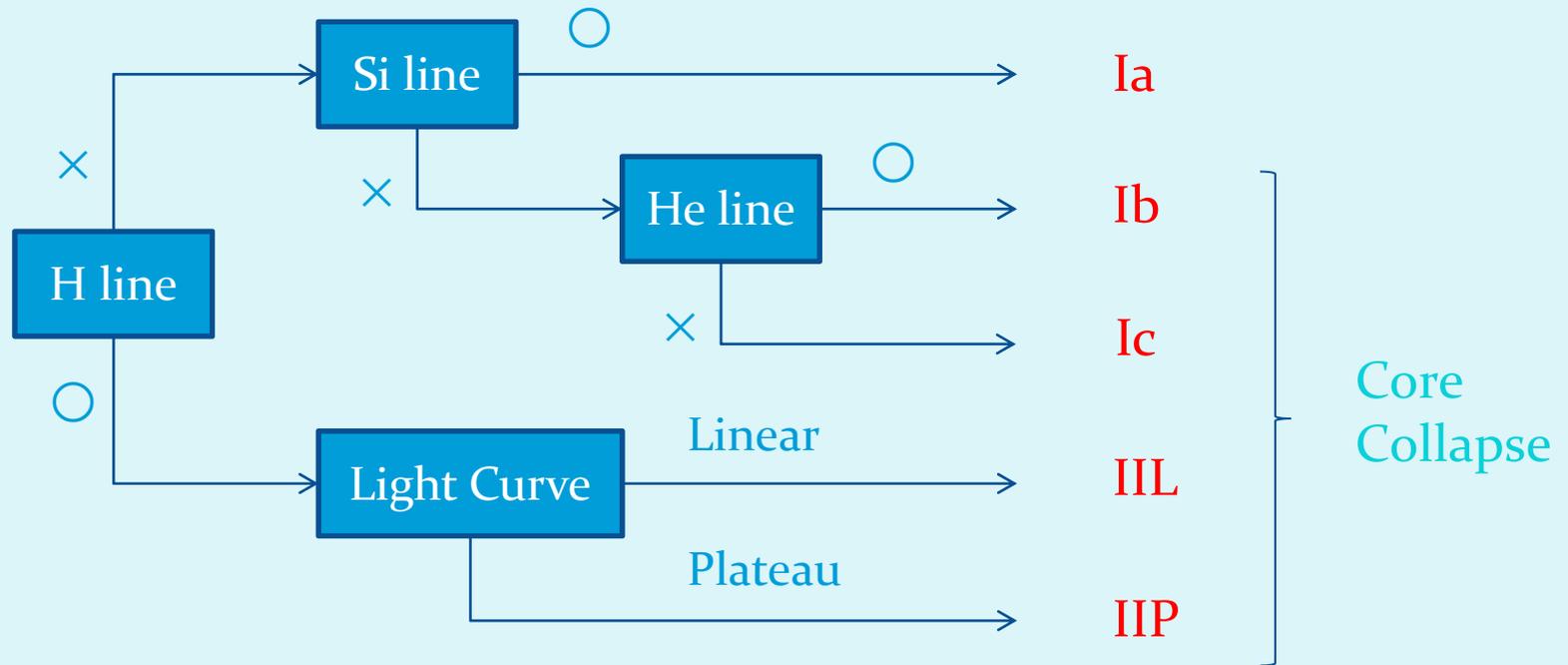
# KWFC

2k×4k CCD を 8枚搭載 ⇒  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$  の超広視野を実現



KWFC による広視野モニターは希少な天体の探査に有用

# 超新星の分類



Ia型超新星 : 白色矮星の連星系

重力崩壊型超新星 : 大質量星の最期の重力崩壊

# Ia型超新星

- **非常に明るい** ( $M_B \sim -19\text{mag}$ 、銀河よりわずかに暗い程度)  
→ 高赤方偏移の超新星 ( $z \sim 1$ ) も観測できる
- **性質がほぼ一様**  
→ 最大光度、Light Curve、スペクトルがほぼ一様

## Ia型超新星の起源

### ① SD model

白色矮星(主星)とMS or RG(伴星)の連星系で、伴星から主星に質量が降着し、主星の質量がチャンドラセカール限界質量に近づき爆発

### ② DD model

2つの白色矮星の連星系が合体し、チャンドラセカール限界質量に近づき爆発

# 爆発初期のLight Curve

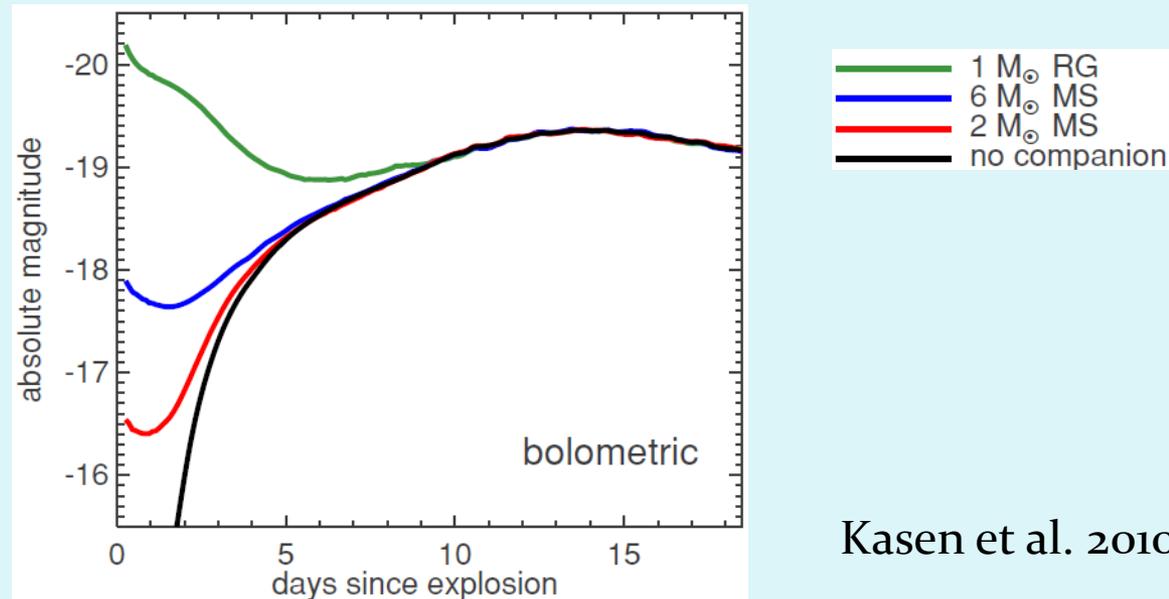
緑線

青線

赤線

Ia型超新星の起源が SD model (伴星が  $1M_{\odot}$  RG、 $6M_{\odot}$  MS、 $2M_{\odot}$  MS)、  
DD model の場合の Light Curve

黒線

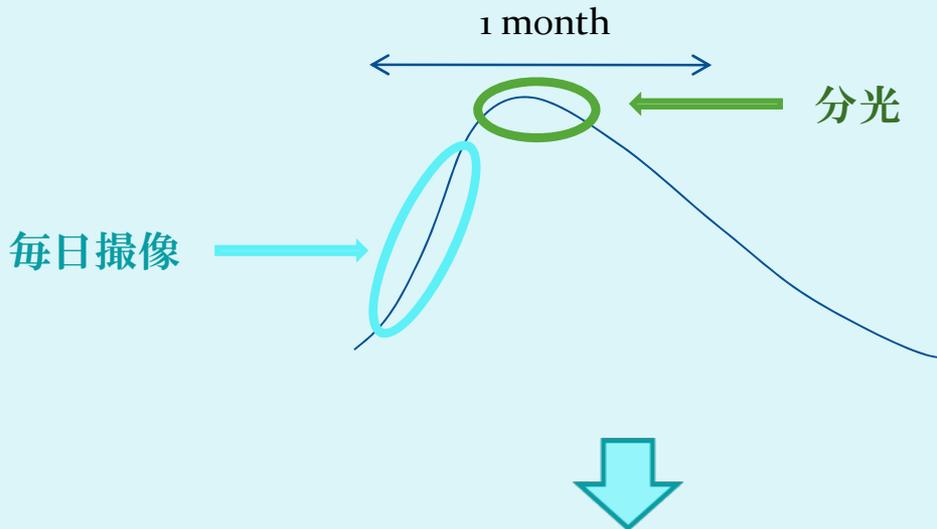


Ia型超新星の爆発初期のLight Curveは起源modelにより異なることが示唆される

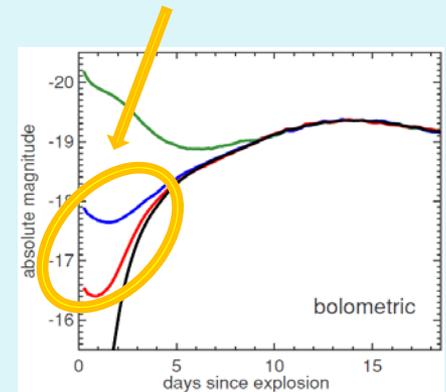
⇒ 爆発初期のLight Curveは Ia型超新星の起源解明のカギとなる

# KWFC による超新星探査

- ① 爆発初期の暗いフェーズの超新星を捉えるため、浅く広い領域をモニター観測（観測初期は毎日モニター）
- ② 最大光度付近で分光し、Ia型超新星をID



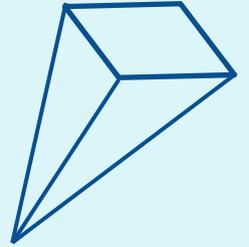
超新星を発見後、重要な初期のフェーズを遡れる



← 2 weeks →

KWFC の広視野を最大限に発揮し、希少な近傍超新星を捉え、初期のLight Curveにより、Ia型超新星の起源を探る

# KWFCの限界等級



15分露出、 $S/N = 10$ 、seeing = 3''

	U	B	V	R	I
SITe	20.9	22.2	21.2	20.9	20.1
MIT	20.2	21.9	21.3	20.9	20.2

1分露出、 $S/N = 10$ 、seeing = 3''

	U	B	V	R	I
SITe	19.2	20.6	19.7	19.4	18.7
MIT	18.1	20.3	19.7	19.4	18.7

# 超新星の期待値の計算

## 超新星の絶対等級

Richardson et al. 2002

	Ia	Ibc	IIIL	IIP
$M_B$	-19.46	-18.04	-18.03	-17.00
$\sigma$	0.2	1.0	1.0	1.0

## 超新星の発生頻度

Botticella et al. 2008

$$r_{Ia}(z=0.30) = 0.34 \times 10^{-4} h_{70}^3 \text{ yr}^{-1} \text{ Mpc}^{-3}$$

$$\text{※ } h_{70} = H_0/70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$$

$$r_{Ia} \propto (1+z)^2$$

Bazin et al. 2009

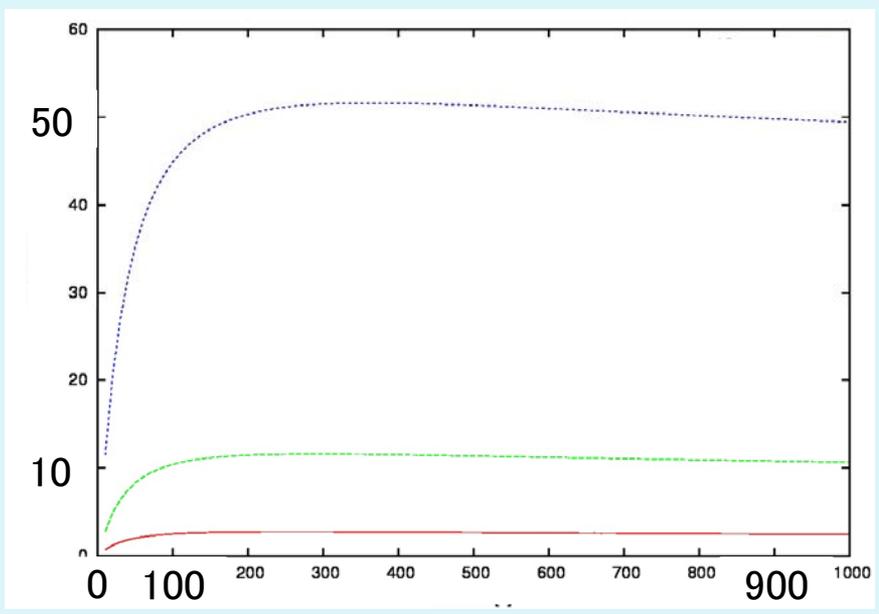
(  $z=0.30$  での超新星のType別の割合

Ia : 19%、 Ibc : 16%、 IIIL : 23%、 IIP : 42% )

# Ia型超新星の期待値

B bandで一晩に掃ける領域を一カ月間モニター観測した際、 $S/N = 10$  以上で -16、-17、-18 mag 以上の明るさのフェーズが捉えられる超新星の期待値

Ia型超新星の期待値



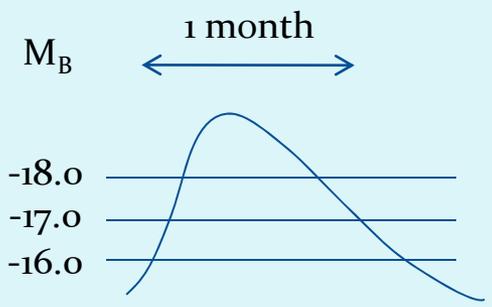
↑ 900 [deg<sup>2</sup>] 21.0 mag (SITE)

↑ 150 [deg<sup>2</sup>] 22.2 mag (SITE)

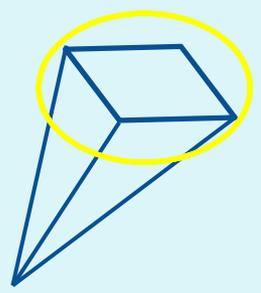
-18 mag

-17 mag

-16 mag



超新星の Light Curve



遠くのvolumeが大半を占める

# 爆発初期のIa型超新星の観測

B bandで 900 deg<sup>2</sup> の領域 (100 sec 露出で一晩で掃ける領域) を  
 一カ月間モニター観測 ( 限界等級 … S1Te : 21.0 mag, MIT : 20.7 mag )

⇒ **Ia型超新星** (絶対等級 :  $\mu = -19.46$ ,  $\sigma = 0.2$ ) の期待値 **~450個**

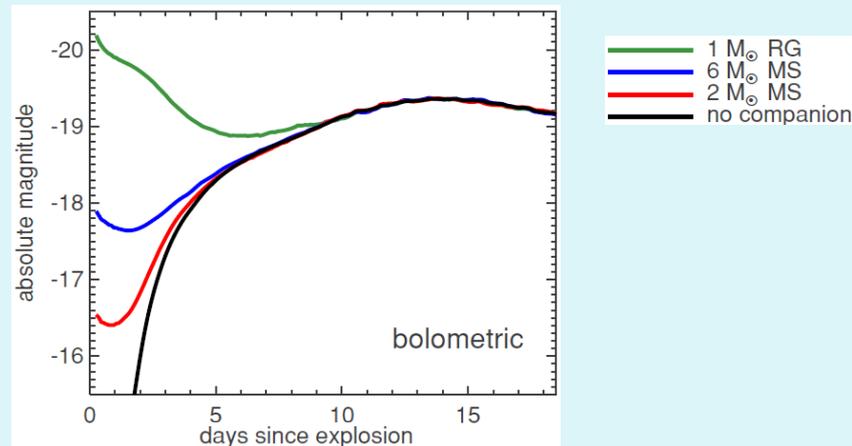
うち **~3個** はLight Curveの初期に **-16 mag** 程度まで暗くても観測可能

~11

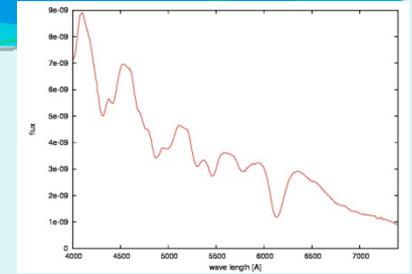
-17

~45

-18



# スペクトルによるIa型超新星のID



Ia型超新星の  
スペクトルテンプレート

スペクトルによりIa型超新星をIDする

Ia型超新星のスペクトルテンプレートをbinningしS/Nでばらつかせ、  
全ての型の超新星と比較し、 $\chi^2$ 検定によりmiss IDの度合いを調べた  
(1000 simulation)

⇒ S/N = 10、4000~7400 Å の波長域を 50 Å 毎に分ける  
binning時の miss ID : 0% (0/1000)

B band、100 sec 露出時の限界等級 … 21.0 mag (SITE)

⇒ 最大光度時の分光観測に必要な限界等級

18.5mag (-17 magの暗さのフェーズも観測できる近さの超新星)

40 min 露出 ←

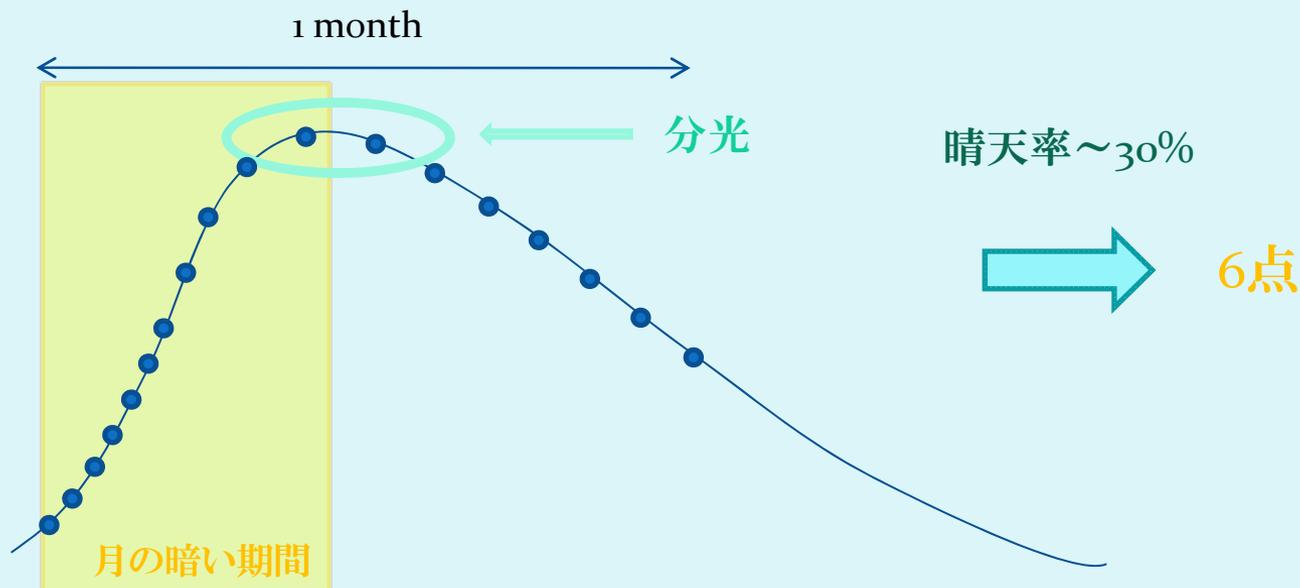
17.5mag (-16 mag

10 min 露出 ←

青の条件で岡山の望遠鏡で分光観測

## 観測計画

- B bandで  $900 \text{ deg}^2$  の領域 (100 sec 露出) を一カ月間モニター観測を行う
- 月が暗くなってきた頃観測を始め、最初の1週間は毎日観測を行う (以降は2~3日おきに観測を行う)
- 最大光度付近に2日に分けて分光観測を行い、Ia型超新星をIDする

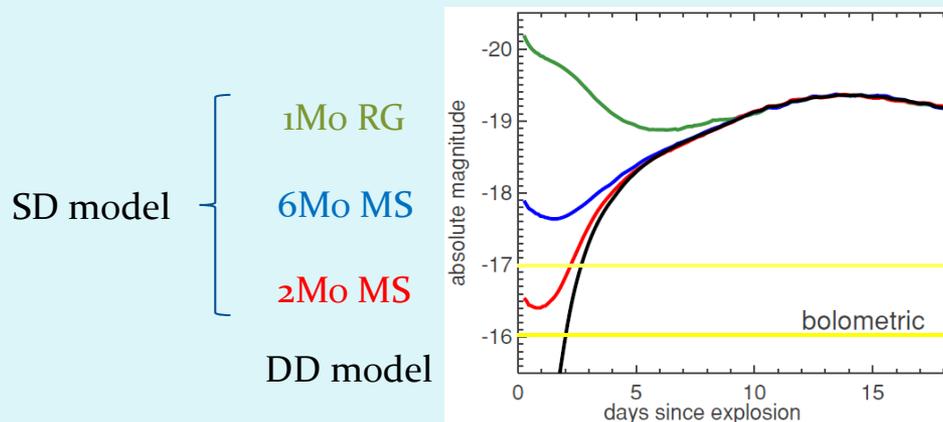


## まとめ

KWFC で浅く広い領域 (900 deg<sup>2</sup>) をモニター観測する

⇒ 超新星を発見後、重要な初期のフェーズを遡って見れる

- ~3個は -16 mag 以上の明るさの Light Curve を持つ
  - ⇒ SD model (2Mo MS から WD に質量降着し爆発)を議論できる
- ~11個は -17 mag 以上の明るさの Light Curve を持つ
  - ⇒ SD model (6Mo MS から WD に質量降着し爆発)を議論できる



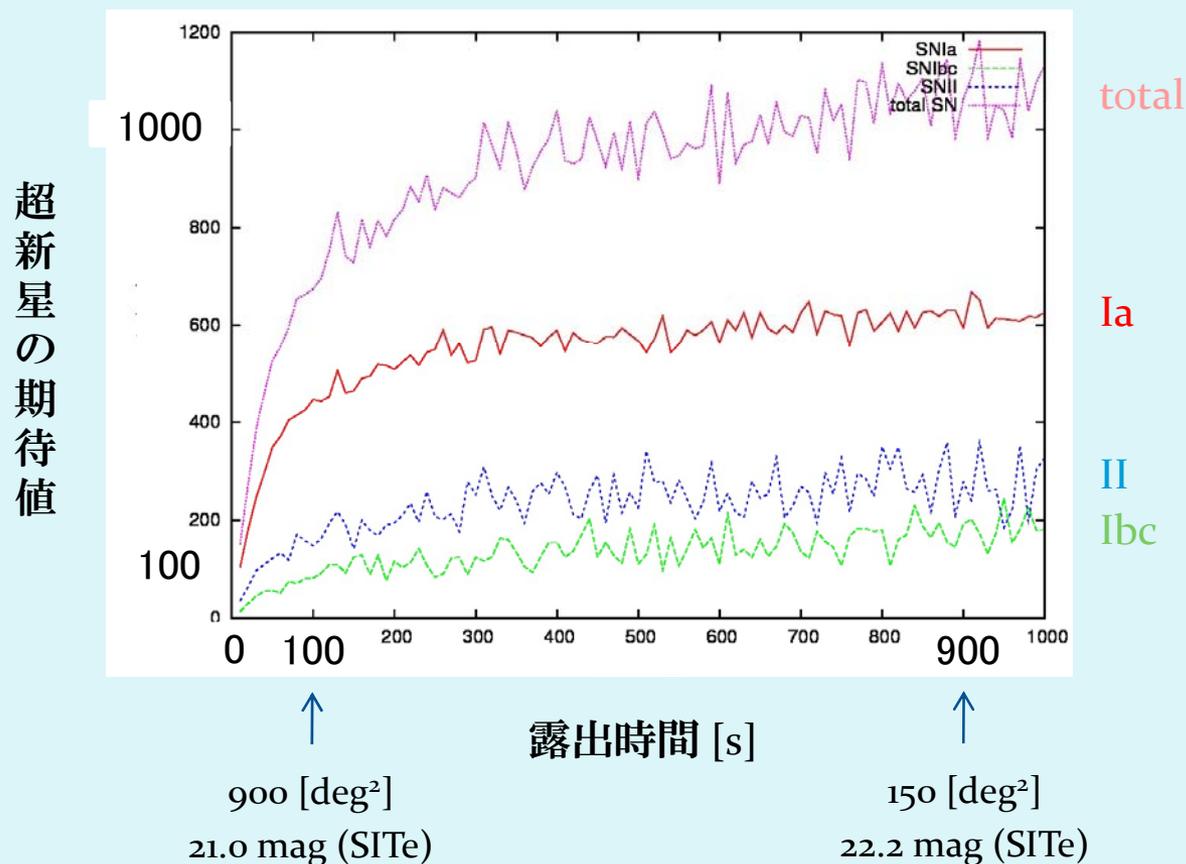
*end*

Nikon



# 超新星の期待値

B bandで一晩に掃ける領域を一カ月間モニター観測した際、  
 $S/N = 10$  以上で観測が期待される超新星の数



# 近傍超新星探査のライバル

$z < 0.1$

sky mapper

1.35m、5.7deg<sup>2</sup>、2010～、南天

pan starrs

1.8m × 4台、7deg<sup>2</sup>、2008～(PS1)