

WISHによる超新星サーベイ

諸隈 智貴 (東京大学)

Contents

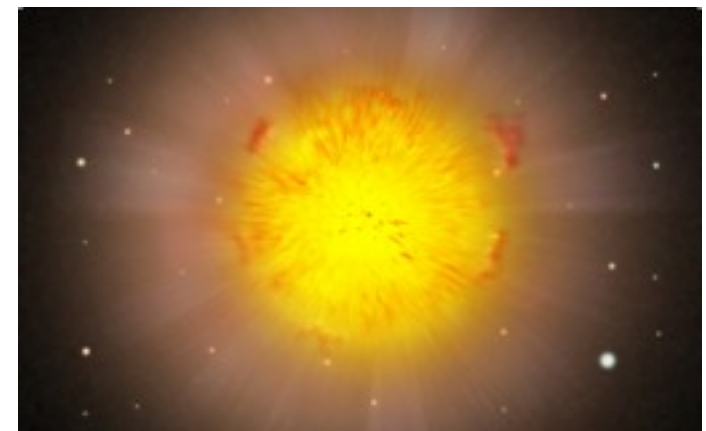
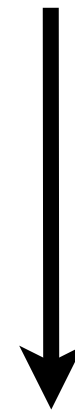
1. Ia型超新星cosmology
2. Ia型/重力崩壊型超新星rate
3. まとめ

supernova

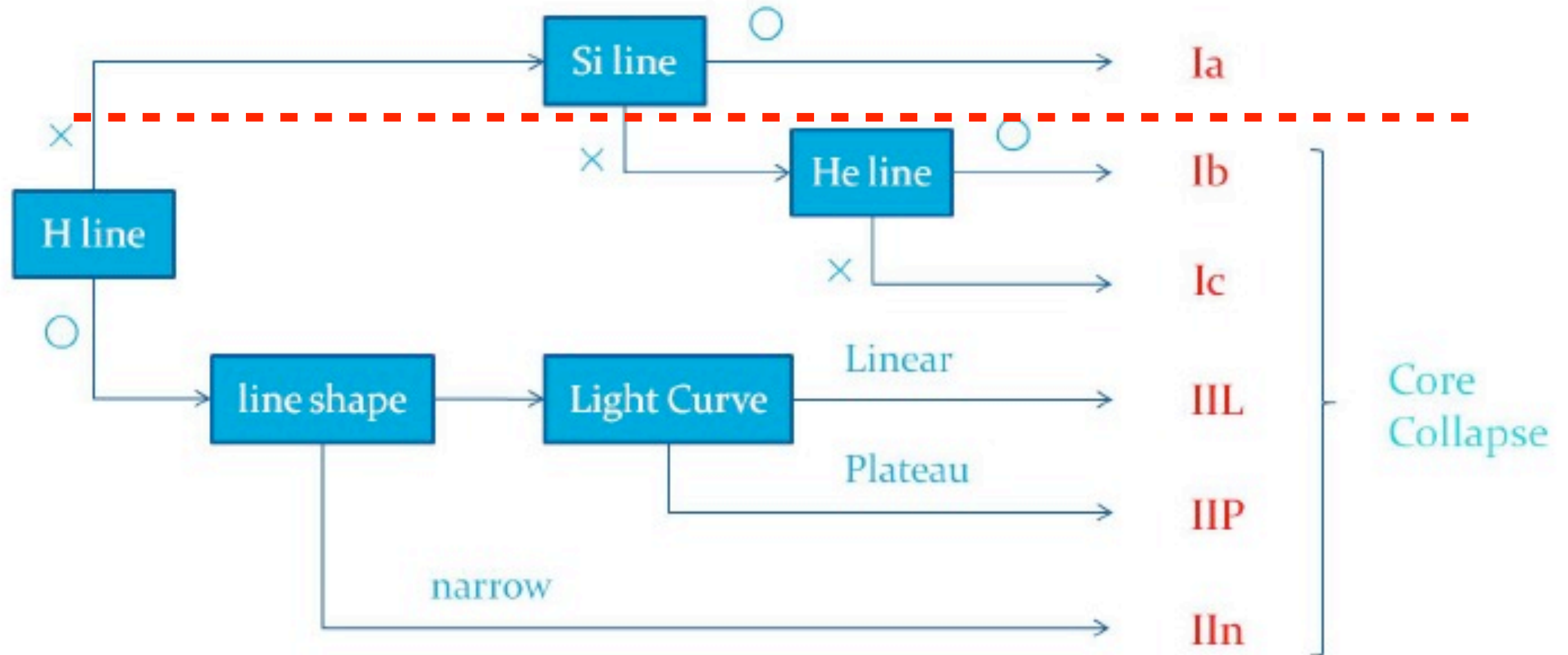
Ia型超新星 (SN Ia)



重力崩壊型超新星 (CC SN)

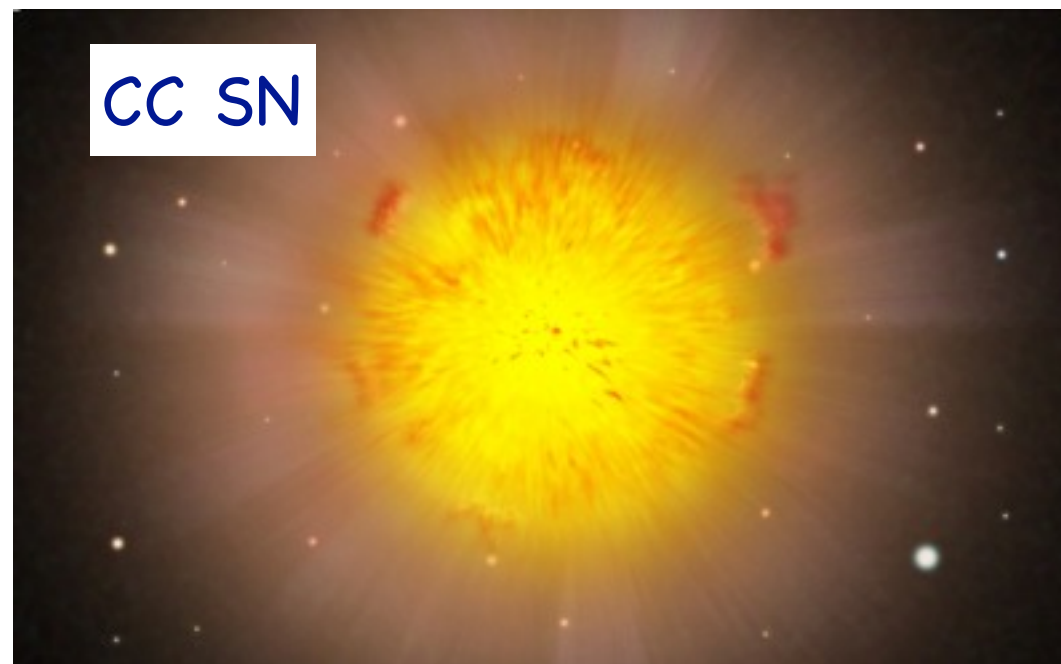


supernova classification



supernova

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

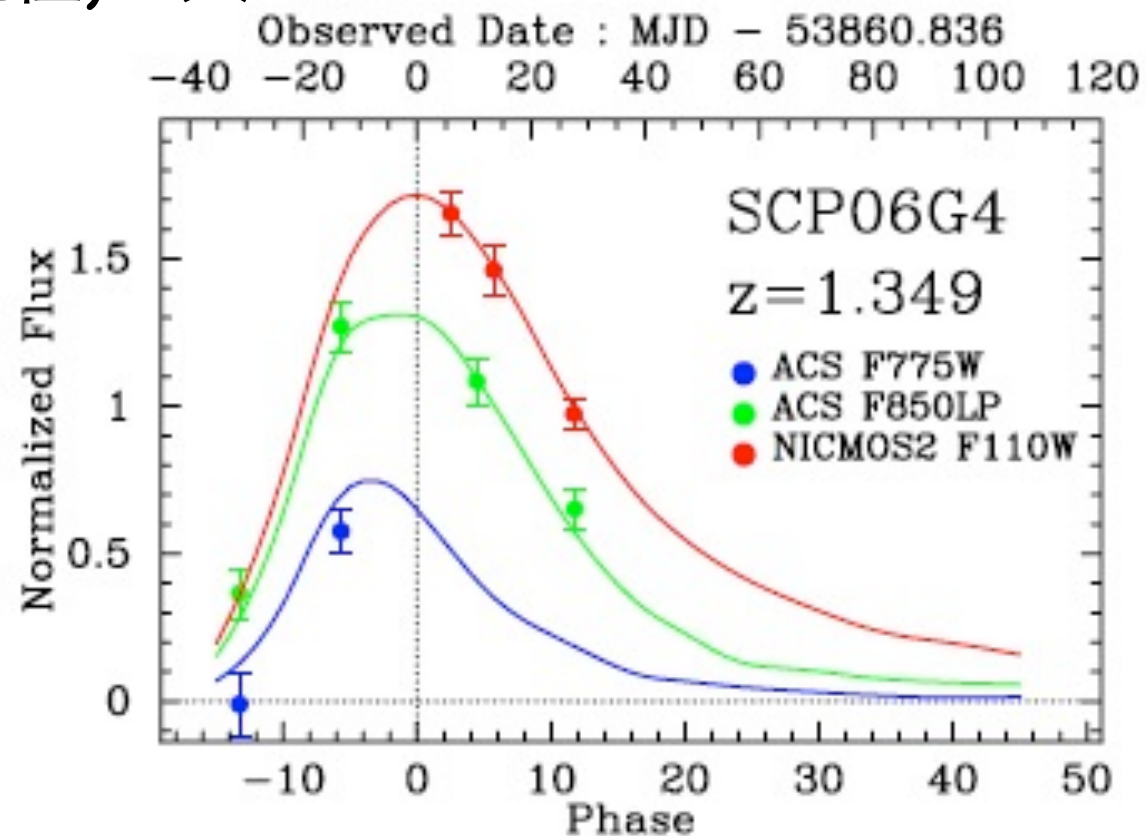


supernova observations w/ space telescopes

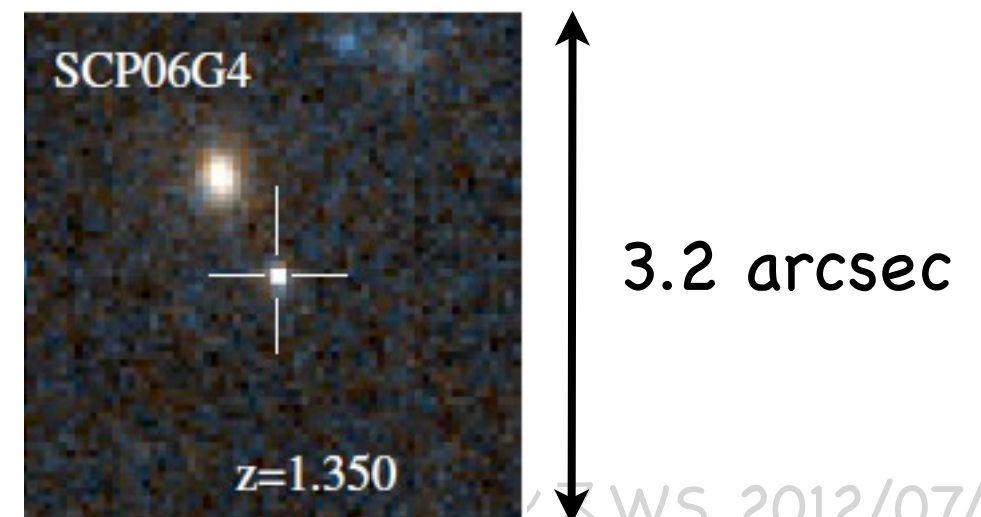
- 天気に影響されない安定した観測
 - スケジュール通りのlight curve
- 高い空間分解能
 - 母銀河との分離
- 高感度赤外線観測
 - SNIaのrest-frame UVは、intrinsic scatter大 & dust extinction(とその補正不定性)が大

supernova observations w/ space telescopes

- 天気に影響されない安定した観測
 - スケジュール通りのlight curve
- 高い空間分解能
 - 母銀河との分離
- 高感度赤外線観測
 - SNIaのrest-frame UVは、intrinsic scatter大 & dust extinction(とその補正不定性)が大

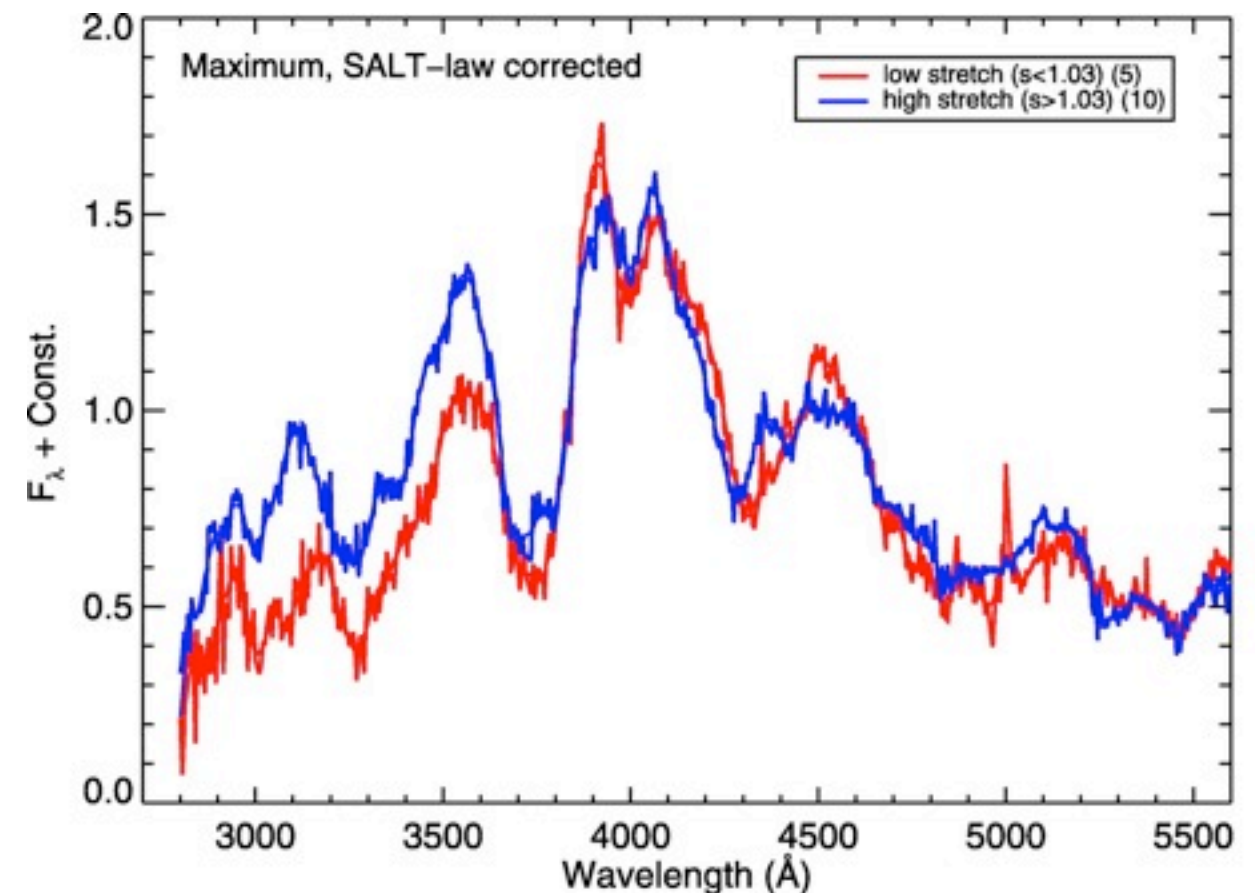


Suzuki+2012
HST Cluster Supernova Survey



supernova observations w/ space telescopes

- 天気に影響されない安定した観測
 - スケジュール通りのlight curve
- 高い空間分解能
 - 母銀河との分離
- 高感度赤外線観測
 - SNIaのrest-frame UVは、intrinsic scatter大 & dust extinction(とその補正不定性)が大



Ellis+2008

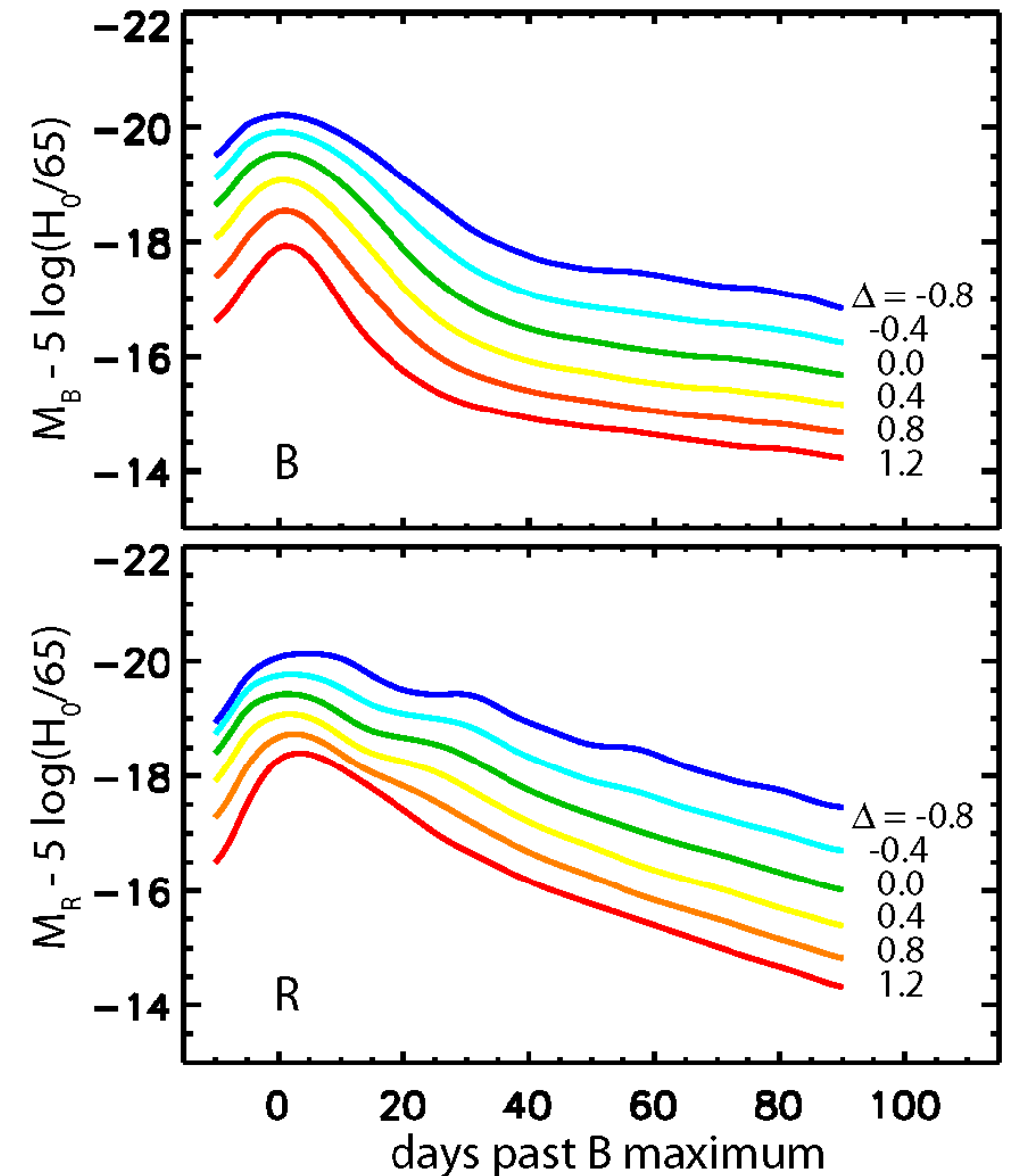
Type Ia Supernova

- + 白色矮星の連星系。
- + 伴星は主系列星? 赤色巨星? (single degenerate) 白色矮星? (double degenerate)
- + 伴星からの質量降着? 白色矮星同士の衝突・合体?
- + チャンドラセカル質量に達すると、熱核反応が暴走、爆発する。
- + standard(izable) candle



Type Ia Supernova

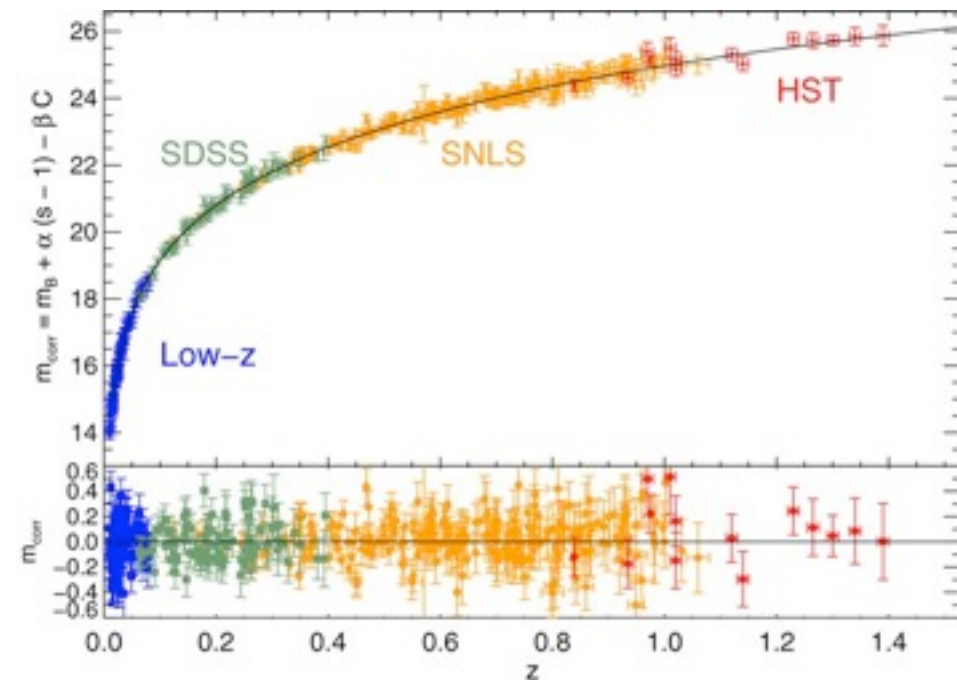
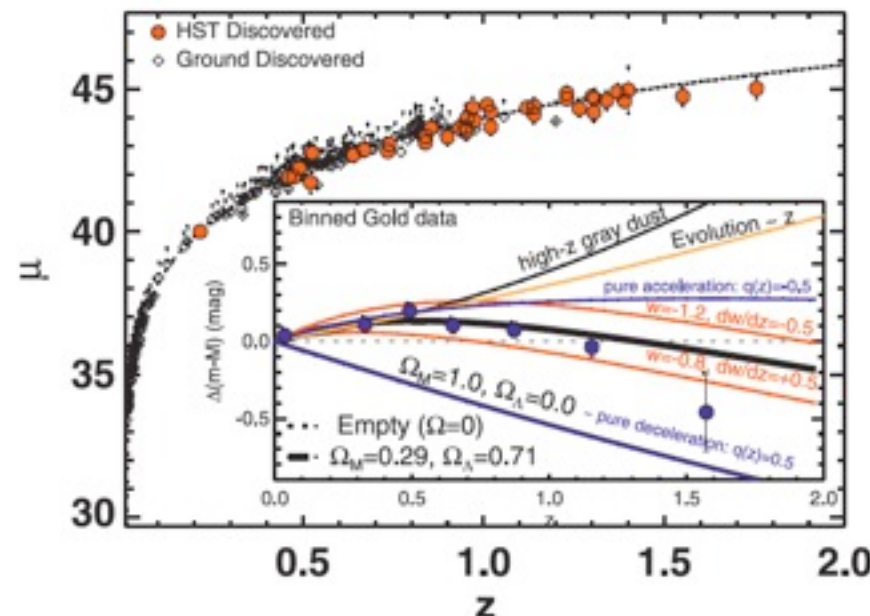
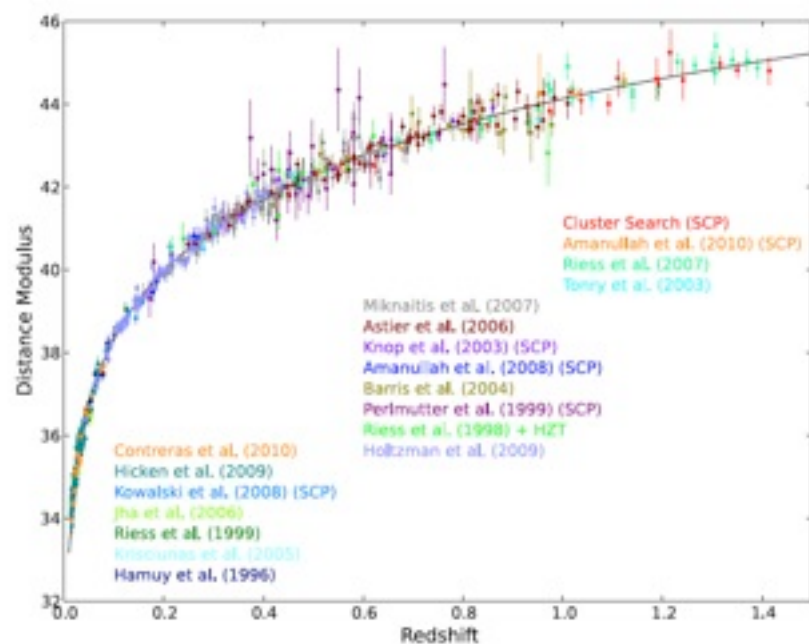
- + 非常に明るい。 $M_B = -19.3$ mag
 - 遠方($z > 1$)でも観測可能
- + 光度曲線の形が似ている
 - Δm_{15} , stretch, Δ などの光度曲線を表すパラメータと最大光度に良い相関
 - 明るい超新星ほどゆっくり暗くなる。
- + すべての銀河タイプで発生
 - 重力崩壊型超新星は星形成銀河のみ
- + 宇宙膨張測定



Jha et al. 2002

Hubble Diagrams

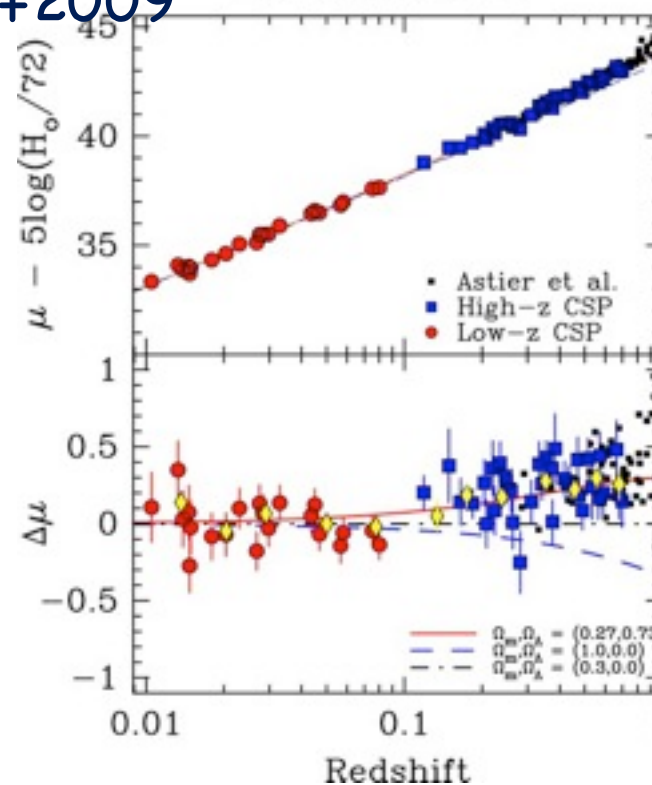
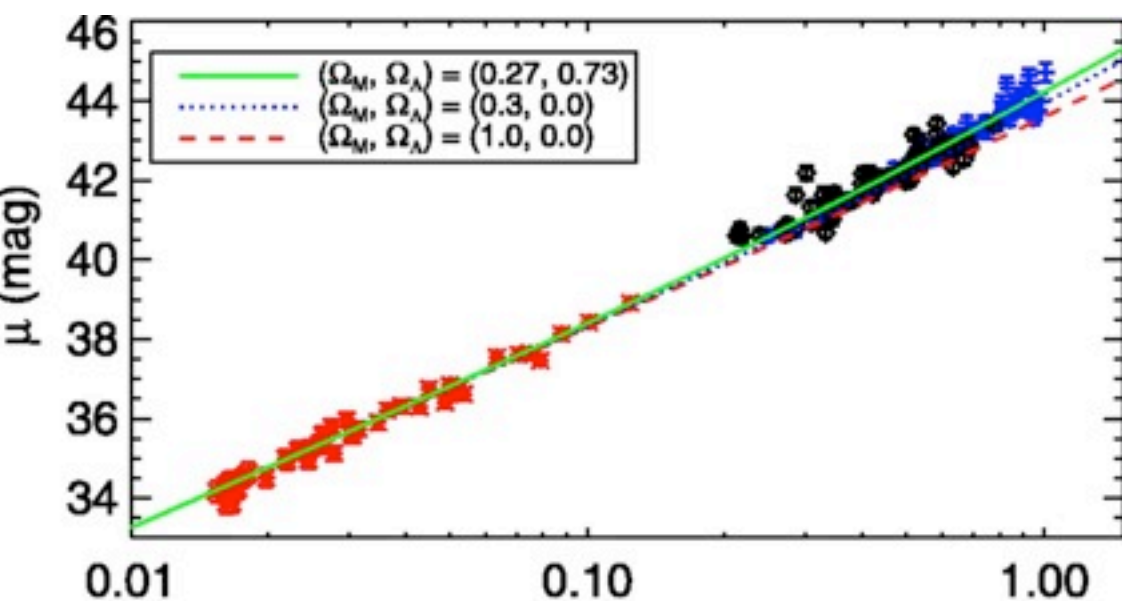
Supernova Cosmology Project (SCP)
Suzuki+2012



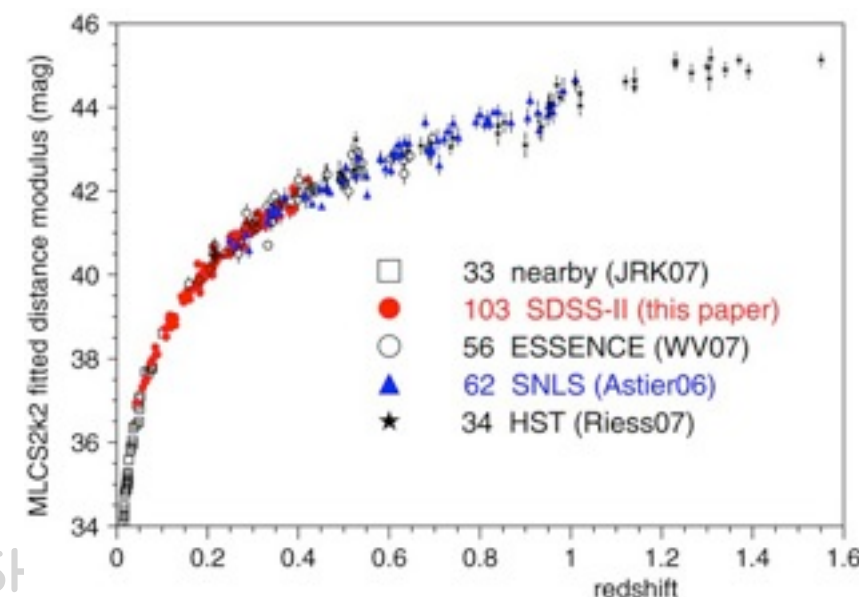
High-Z Team Riess+2007
Carnegie Supernova Project (CSP)
Freedman+2009

Supernova Legacy Survey (SNLS),
Conley+2011

ESSENCE Wood-Vasey+2007



SDSS-II Supernova Survey
Kessler+2009



Type Ia Supernova Cosmology

■ advantage

- 最大光度(=luminosity distance)の分散が小さい
- luminosity distance - redshift relation
- 宇宙の幾何学だけに基づく宇宙(加速)膨張の直接測定
- 銀河や銀河団と比べて単一種類の天体なので単純
- $0 < z < 1.5$ の広いredshift範囲で観測可能

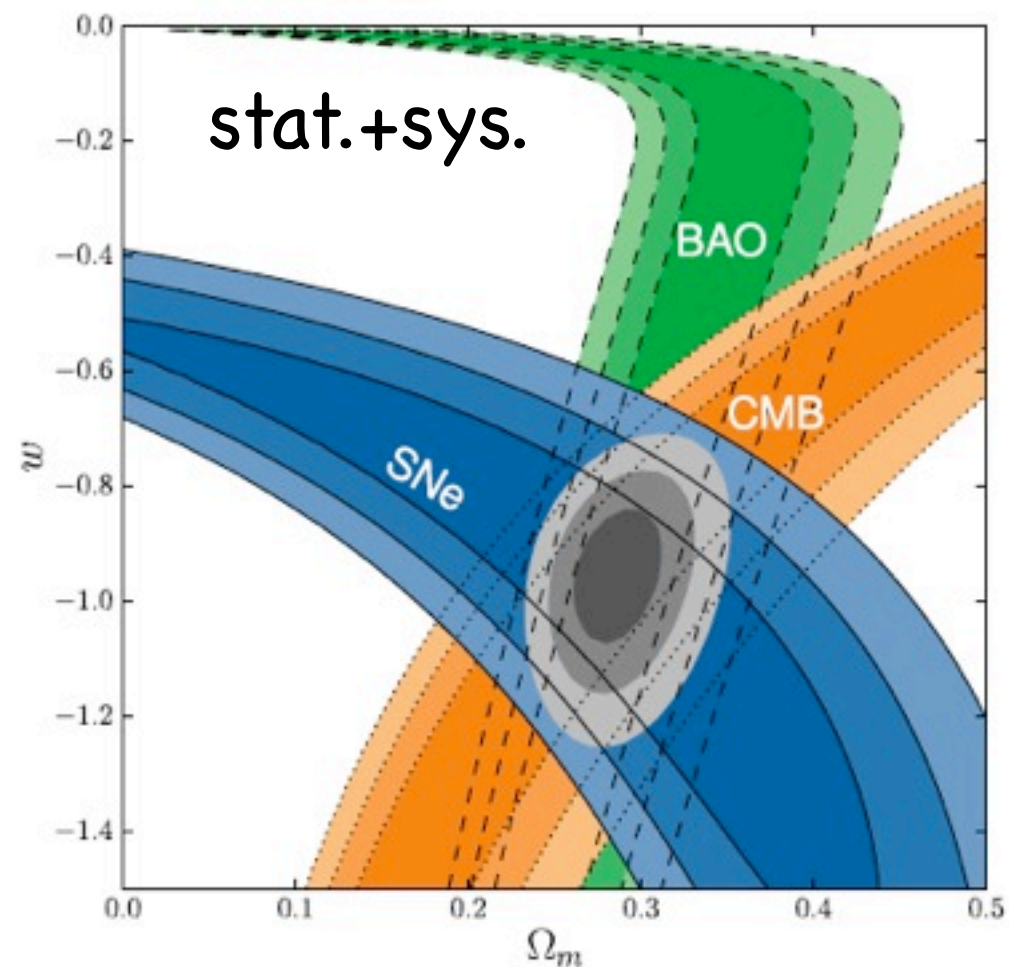
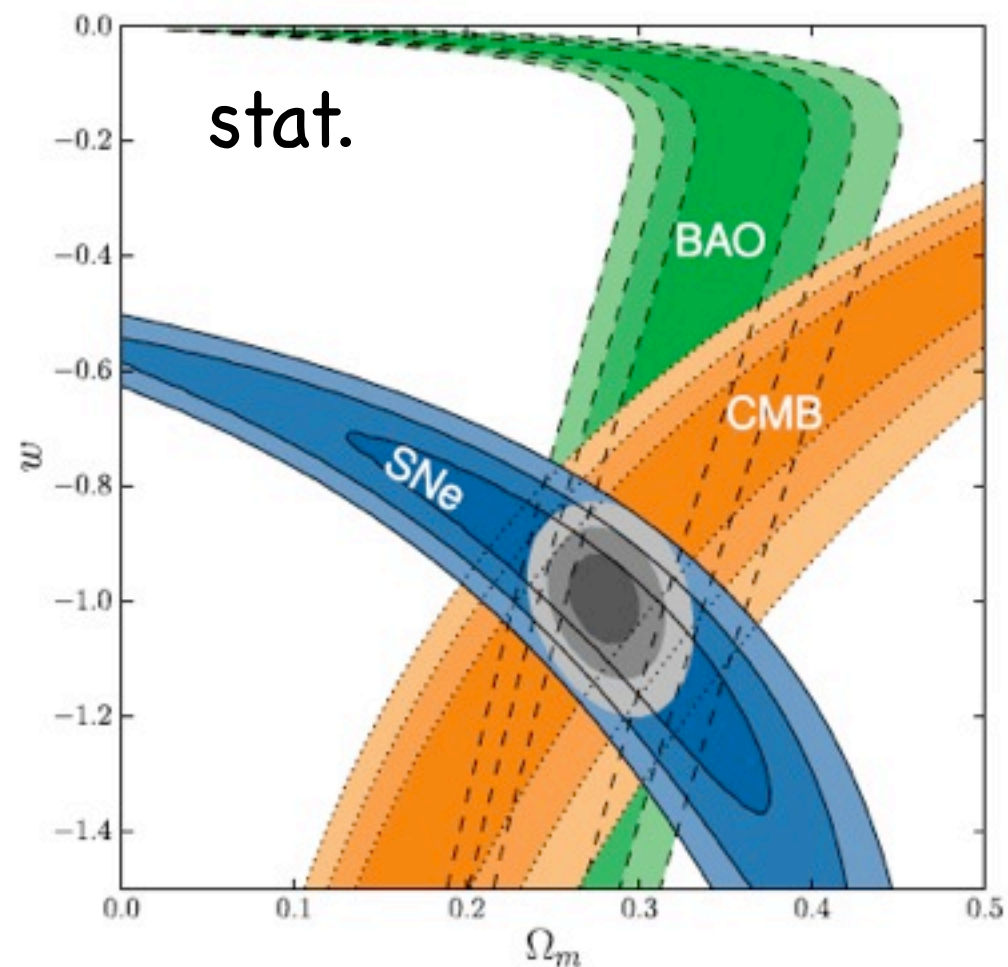
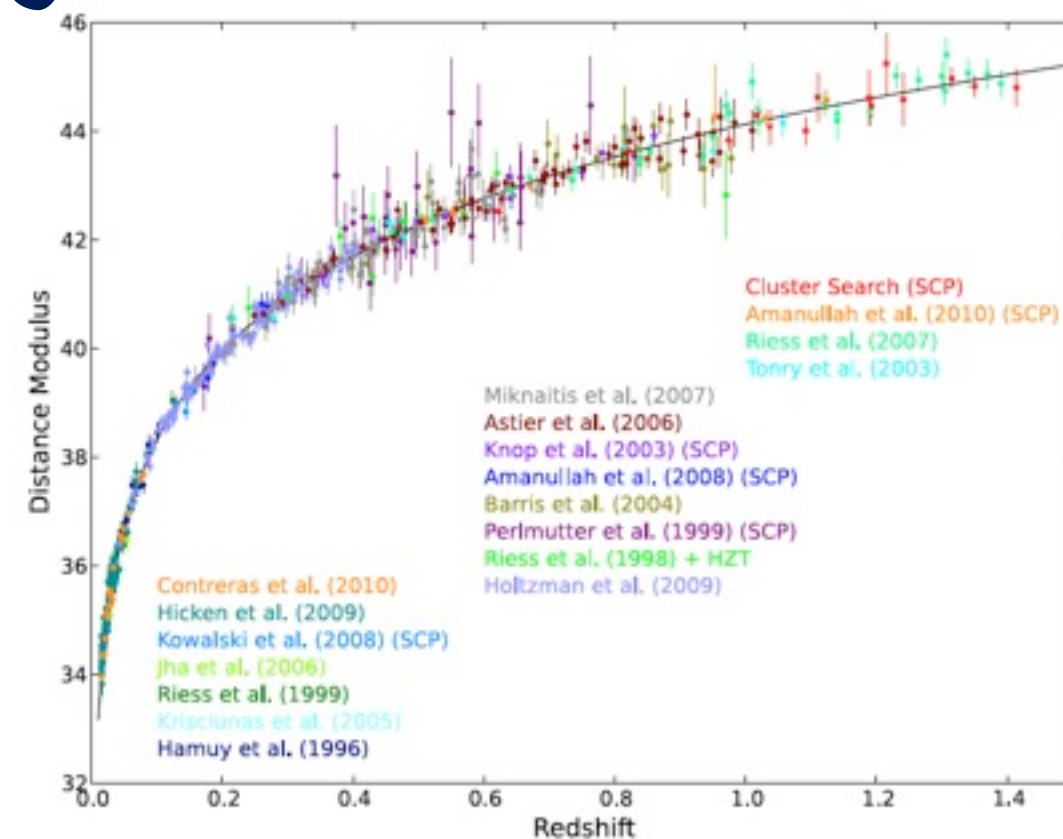
■ disadvantage

- 本当に単一progenitor? SD and/or DD?
- dust extinction
- evolution, metallicity依存性
- 高精度な測光が必要
- Malmquistバイアス
- K-correction
- 重力レンズ効果による増光

statistical/systematic errors

- Union 2.1: <http://supernova.lbl.gov/Union/>
- 580 SNe Ia from 19 datasets

Supernova Cosmology Project (SCP)
Suzuki+2012



Type Ia Supernova Cosmology

■ advantage

- 最大光度(=luminosity distance)の分散が小さい
- luminosity distance - redshift relation
- 宇宙の幾何学だけに基づく宇宙(加速)膨張の直接測定
- 銀河や銀河団と比べて単一種類の天体なので単純
- $0 < z < 1.5$ の広いredshift範囲で観測可能

■ disadvantage

- 本当に単一progenitor? SD and/or DD?
- dust extinction
- evolution, metallicity依存性
- 高精度な測光が必要
- Malmquistバイアス
- K-correction
- 重力レンズ効果による増光

systematic error sources

universal SN Ia color?

dust extinction

$$A_V = R_V \times E(B-V)$$

universal extinction law?

SN Ia Survey w/ less systematics

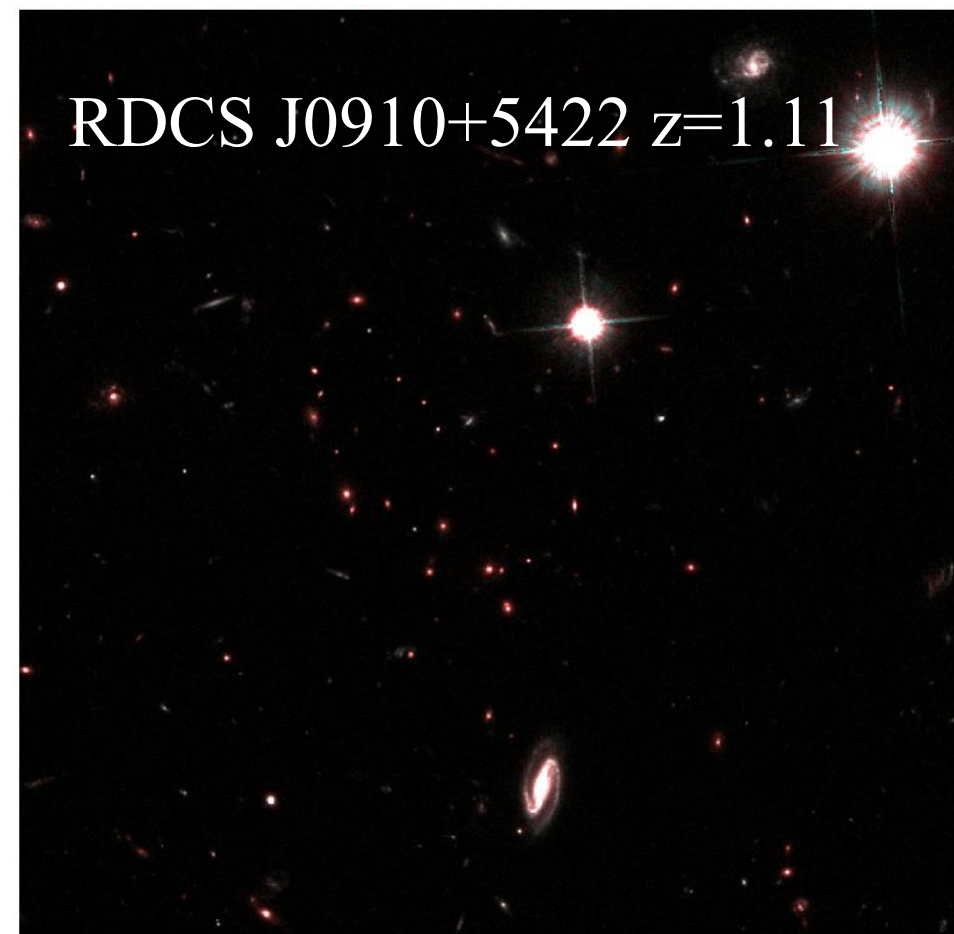
1. dustの影響が小さい静止系でなるべく長い波長で観測したい

NIRでのSNIaサーベイ (Freedman+2009, Krisciunas+2004)

2. dustの影響が小さい環境の超新星を観測したい

楕円銀河でのSNIa

HST/ACSでの $z > 1$ 銀河団サーベイ (Dawson+2009, Suzuki+2012)



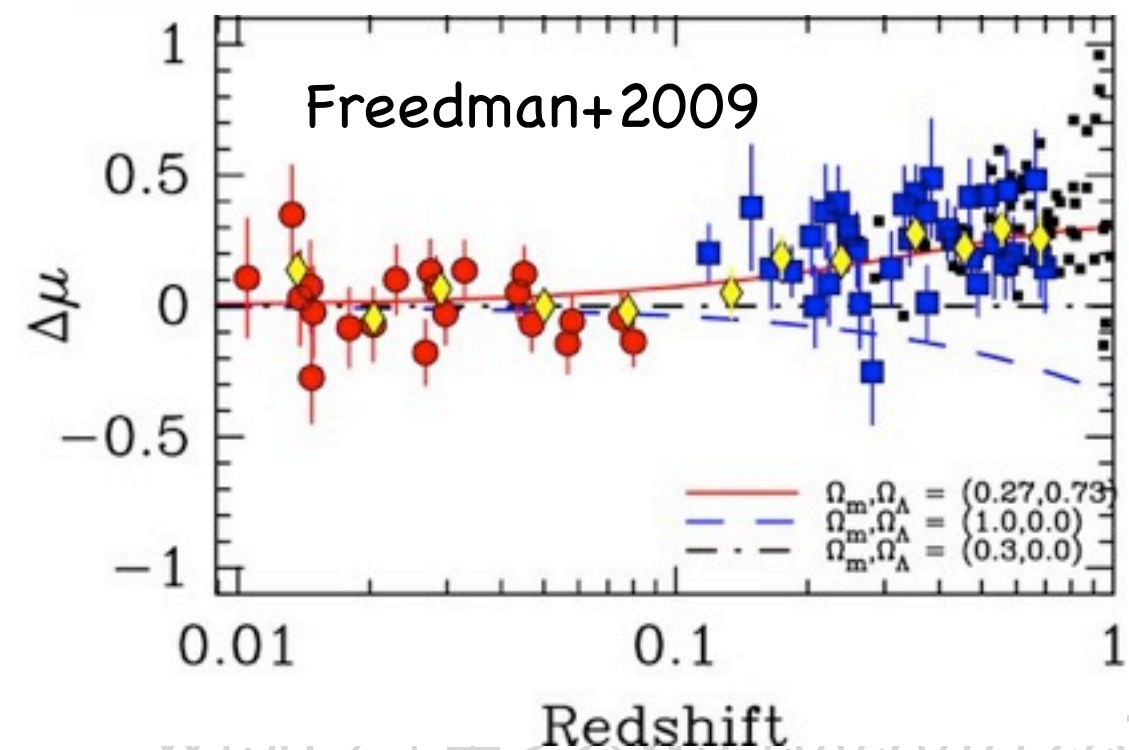
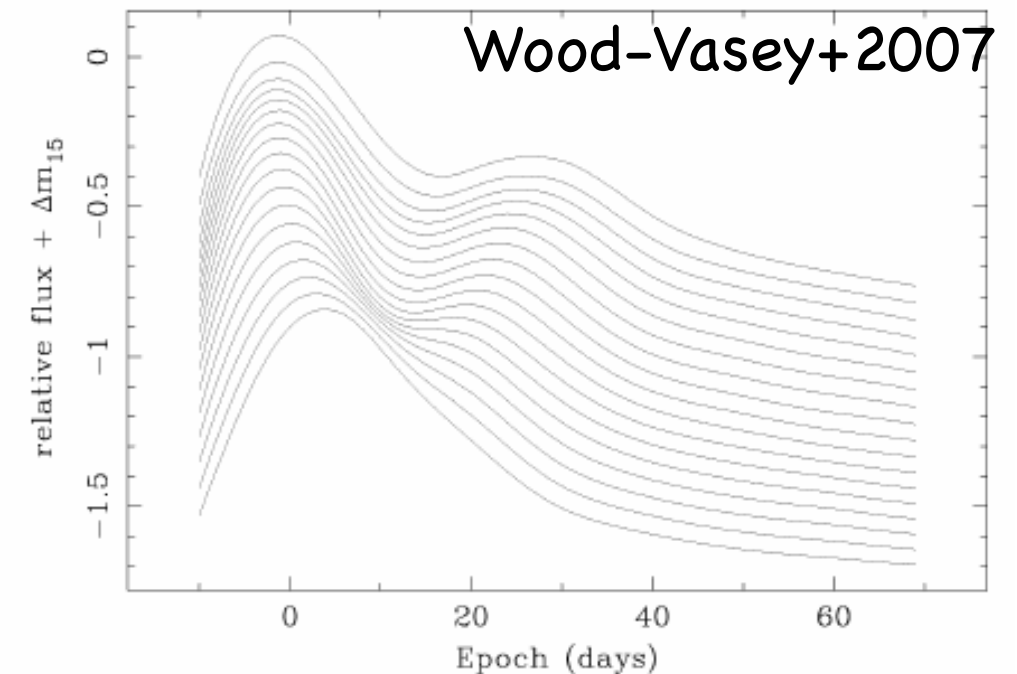
Carnegie Supernova Project (CSP)

- low- z ($z < 0.1$)
 - 100個のIa型, 100個のII型
 - Swope 1-m: 可視近赤外の多色測光
 - Dupont 2.5-m: 分光
- high- z ($0.2 < z < 0.7$)
 - 75個のIa型
 - Magellan 6.5-m: 近赤外の測光
 - 可視は他のプロジェクトから:
SDSS, SNLS, ESSENCE

I-band Hubble diagram

- これまではrest-frame UVB
- systematic errorの解消へ:
dust extinction, intrinsically small scatter, K-correction

I-band lightcurve template
GLOEs i templates



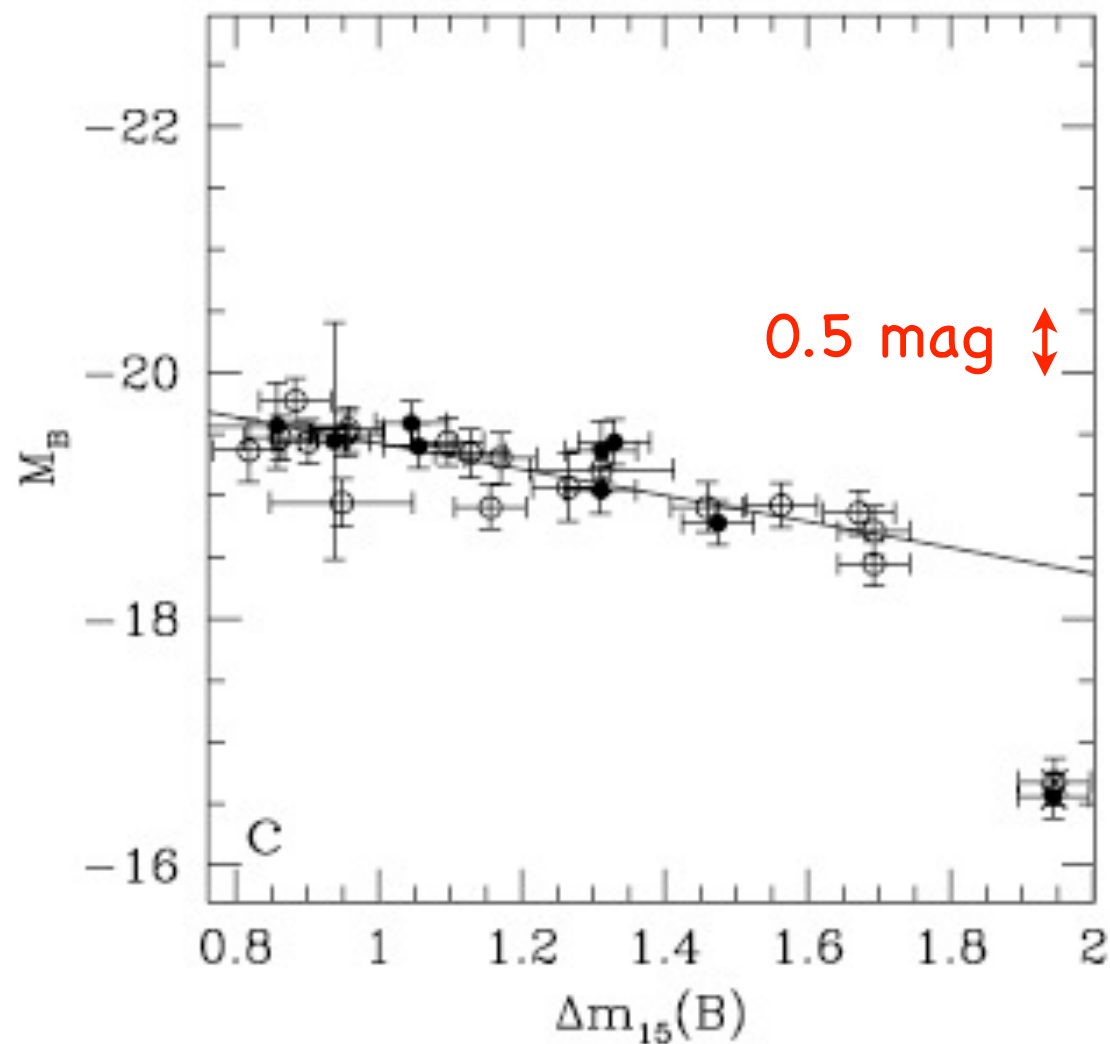
Rest-frame NIR observation

光度曲線の形に対する最大光度の依存性がなくなる。

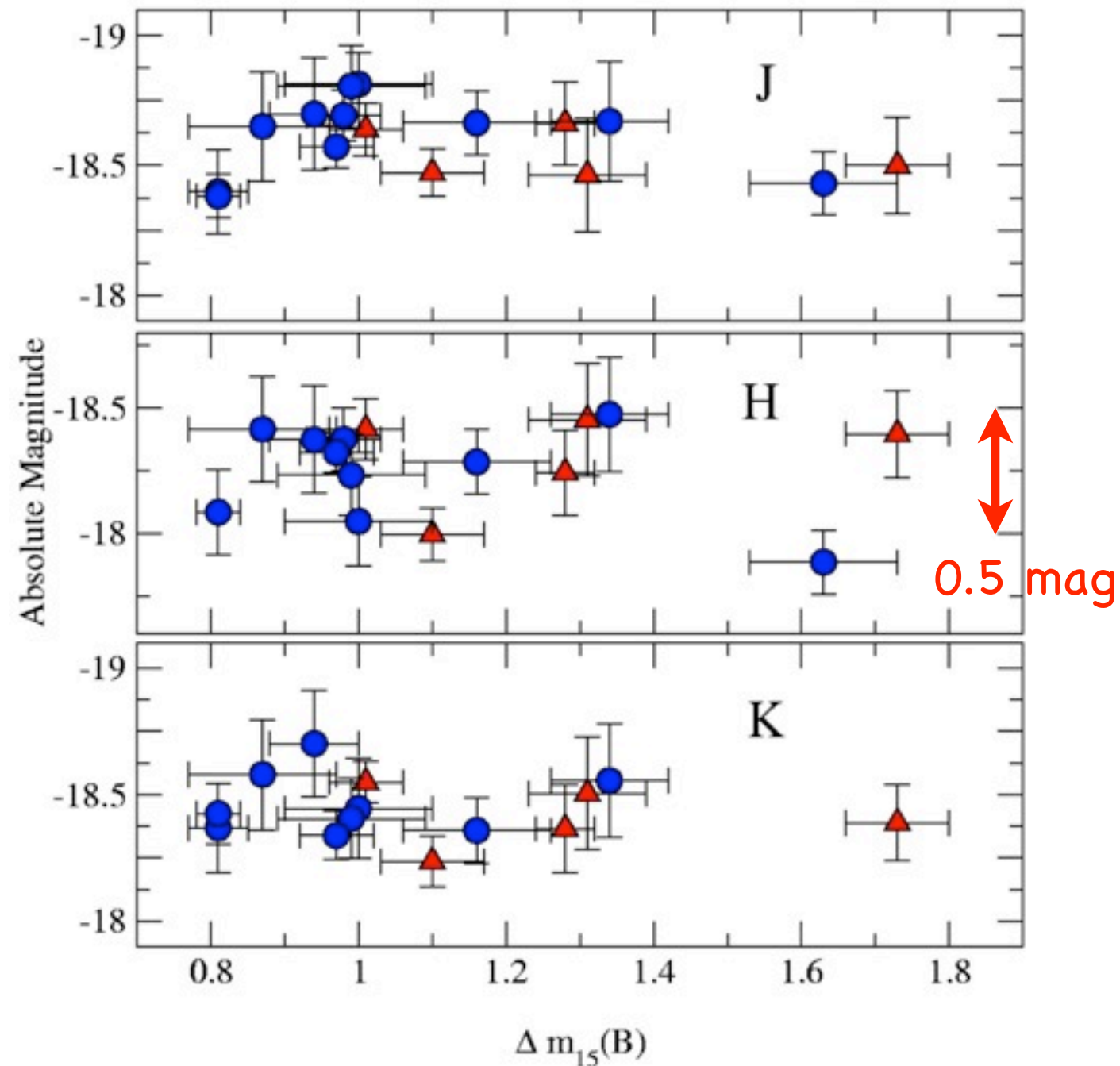
--> 補正の必要なし

rest-frame 近赤外

rest-frame 可視

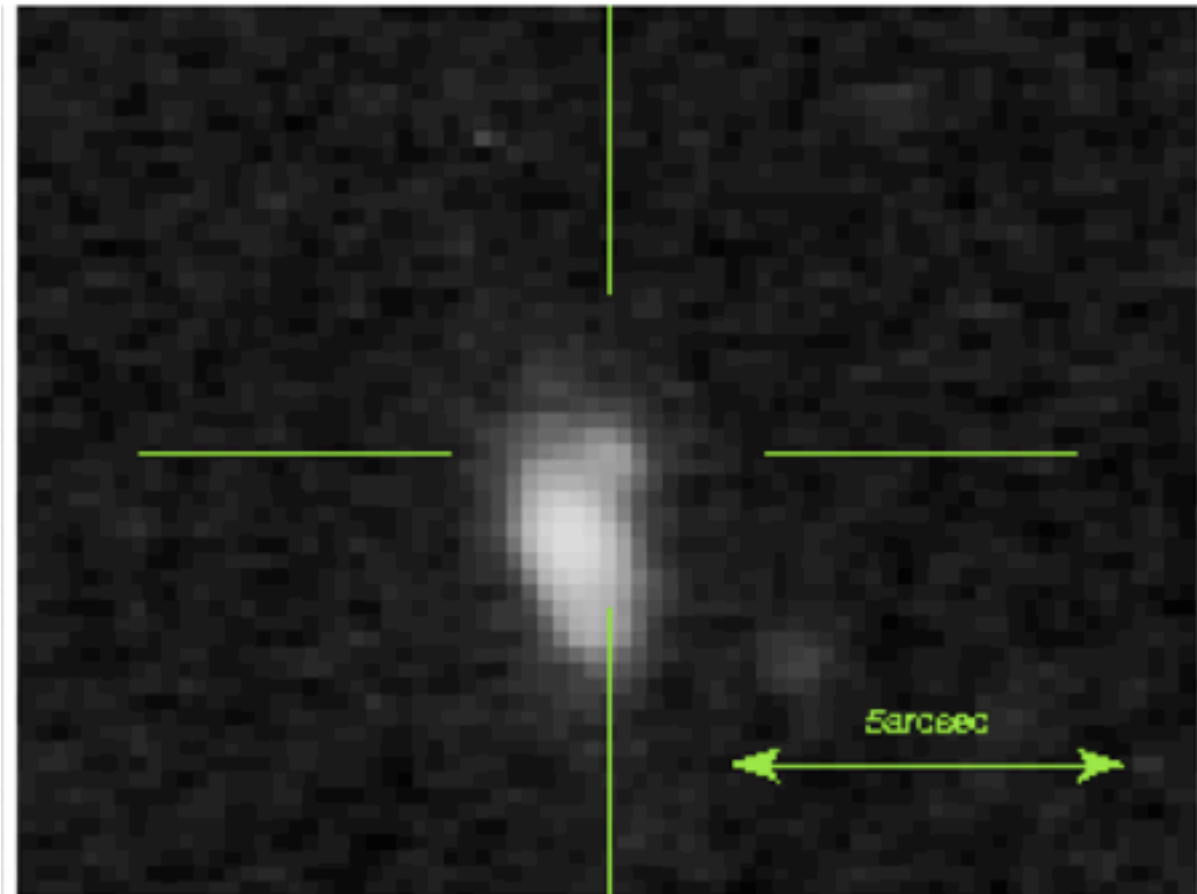


Altavilla+2004

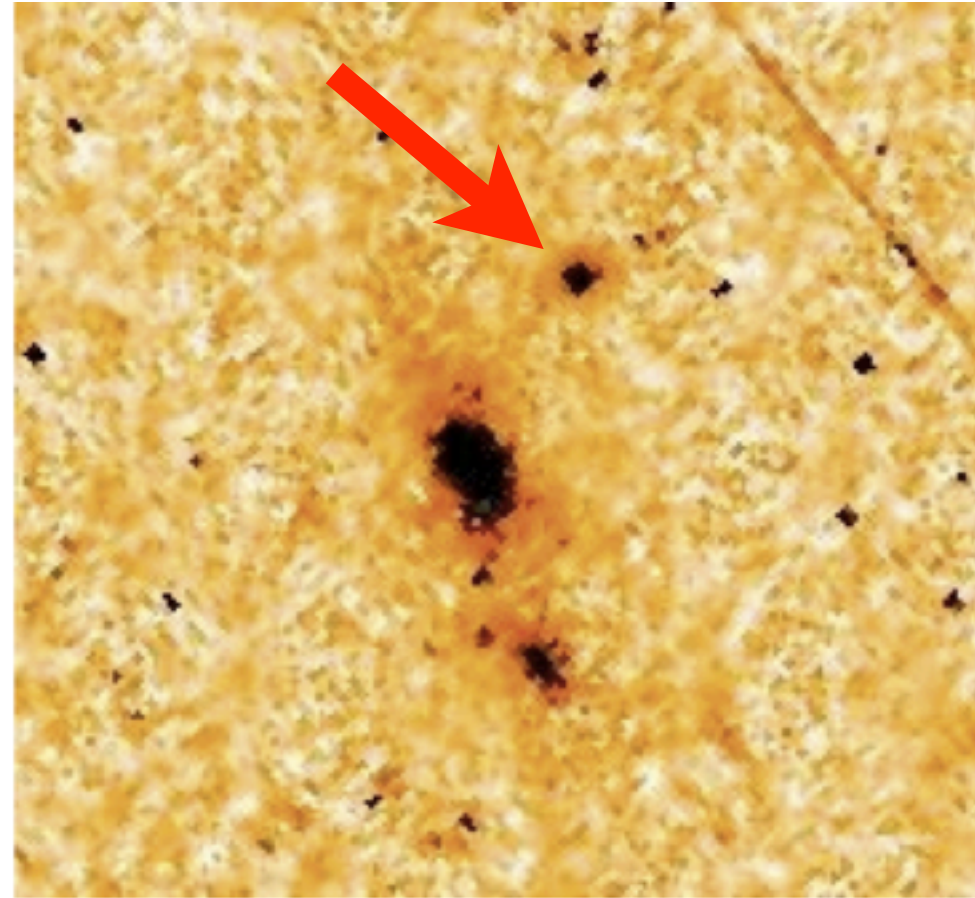


Krisciunas+2004 2012/07/19,20

Space-based observations for SNe



すばる1時間弱の積分



HST約15分の積分

宇宙望遠鏡

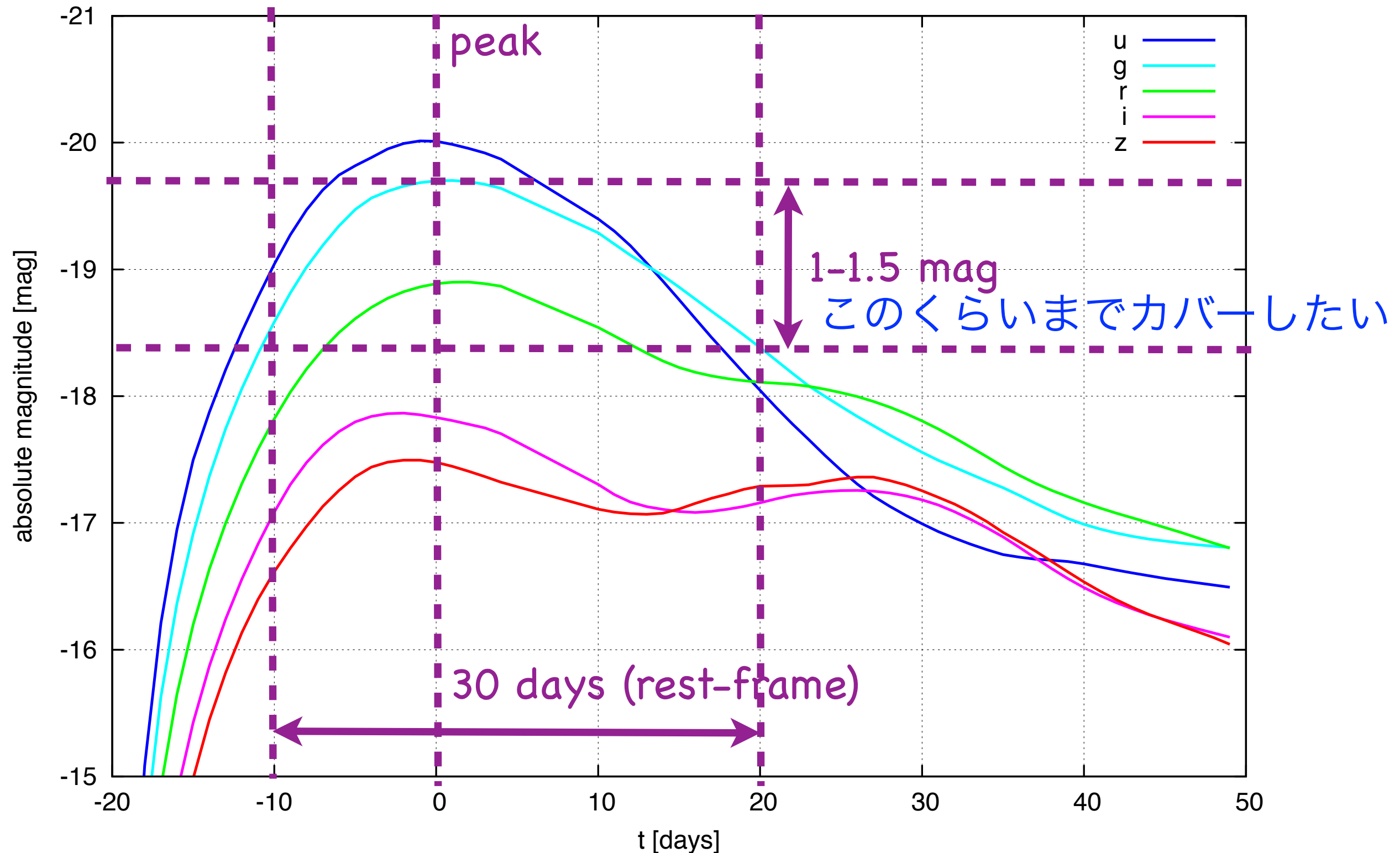
- 超新星のような点源の観測に向く
- 天気のファクターを考慮する必要がなく、超新星のようなタイミングが重要な観測に向く

Problems...

- flux calibration
 - bandpass(WD?)のモニターが必要
 - <0.01 mag 精度
- light curve & time-series spectrum templates
 - Carnegie Supernova Project他
- redshift determination / type classification
 - Subaru/PFSでの母銀河分光
 - WISH NIR grism分光 (for low- z)
 - focusing on early-type hosts (e.g., Dawson+2009, Suzuki+2012)
 - SN photo- z , photometric typing

SN Ia light curves

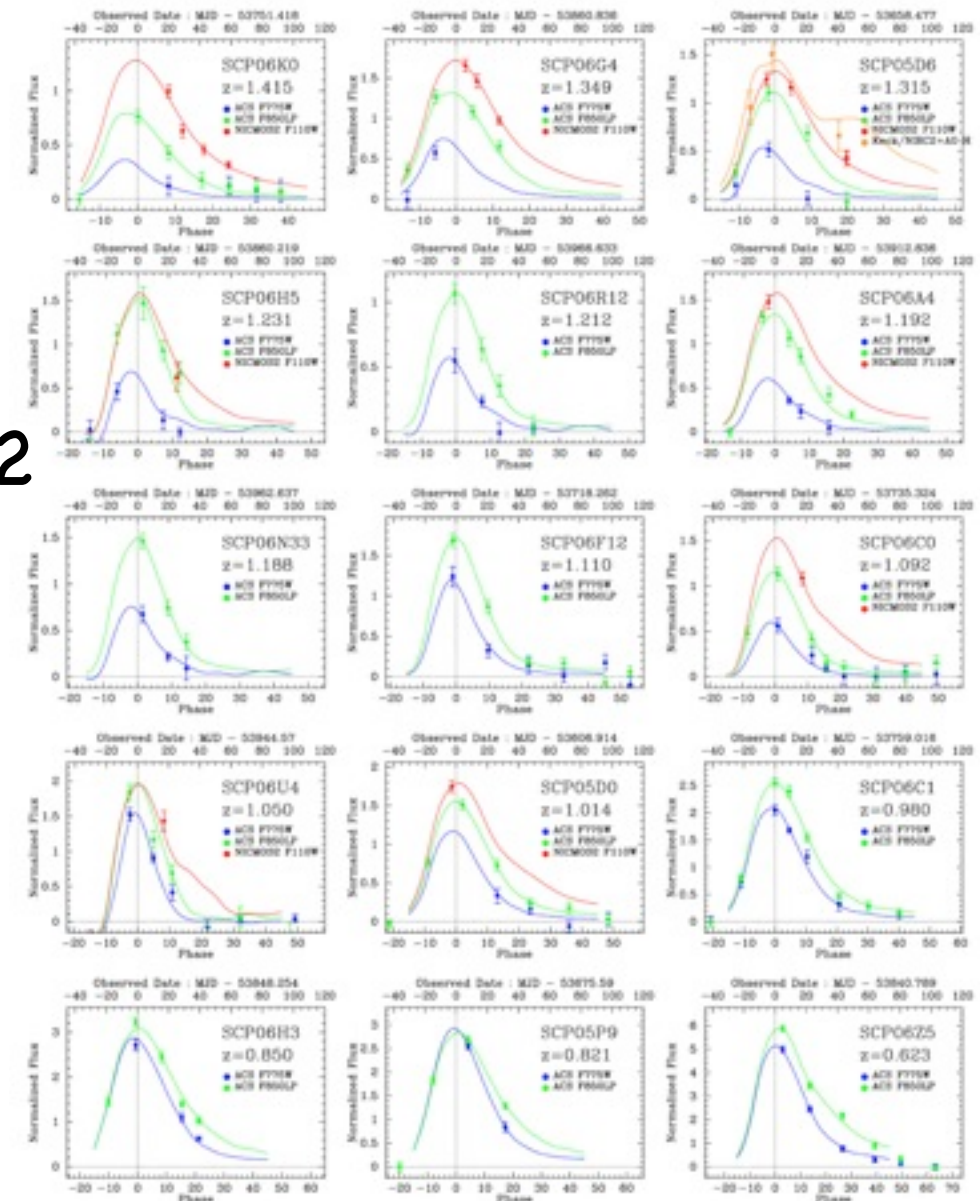
SN Ia light curves (Hsiao template)



WISH SN Survey Strategy

- Ultra-Deep Survey (UDS)
 - 3-4バンドで28 mag AB
 - 何回に分けてとるか?
 - 最低N=5回
 - 間隔は5-10days@rest x (1+z)
 - ~10-20days@z~1程度
 - できればrolling searchでN~20回
 - N↑だと浅くなる
 - visibilityとも深く関係。
 - multi-band (最低3バンド)

Suzuki+2012



N	限界等級	1 mag margin
1	28.0	27.0
2	27.6	26.6
5	27.1	26.1
10	26.8	25.8
20	26.4	25.4

WISH SN Survey Strategy

■ rest-frame I-band

- 分光ID: $z \sim < 1.4$ は可視分光でOK, highest- z はNIR AO分光
- N=5回で $0.2 < z < 2.2$ (filter 0,1,2,3)
 - ~ 2.5 SNe Ia [$\text{day}^{-1} \text{deg}^{-2}$]
--> peakをおさえようと思うと実質10 days分 40 deg^2 で1000 SNe Ia
- N=10回で $0.2 < z < 1.6$ (filter 0,1,2,3)
 - ~ 1.5 SNe Ia [$\text{day}^{-1} \text{deg}^{-2}$]
--> peakをおさえようと思うと実質10 days間隔 $\times$ 6回分。 11 deg^2 で1000 SNe Ia

■ rest-frame H-band

- 分光ID: $z \sim < 1.4$ は可視分光でOK, highest- z はNIR AO分光
- N=5回で $0 < z < 1.4$ (filter 2,3,4,5)
 - ~ 1.2 SNe Ia [$\text{day}^{-1} \text{deg}^{-2}$]
--> peakをおさえようと思うと実質10 days分。 84 deg^2 で1000 SNe Ia
- N=10回で $0 < z < 1.0$ (filter 2,3,4,5)
 - ~ 0.5 SNe Ia [$\text{day}^{-1} \text{deg}^{-2}$]
--> peakをおさえようと思うと実質10 days間隔 $\times$ 6回分。 34 deg^2 で1000 SNe Ia

WISH SN Survey Strategy

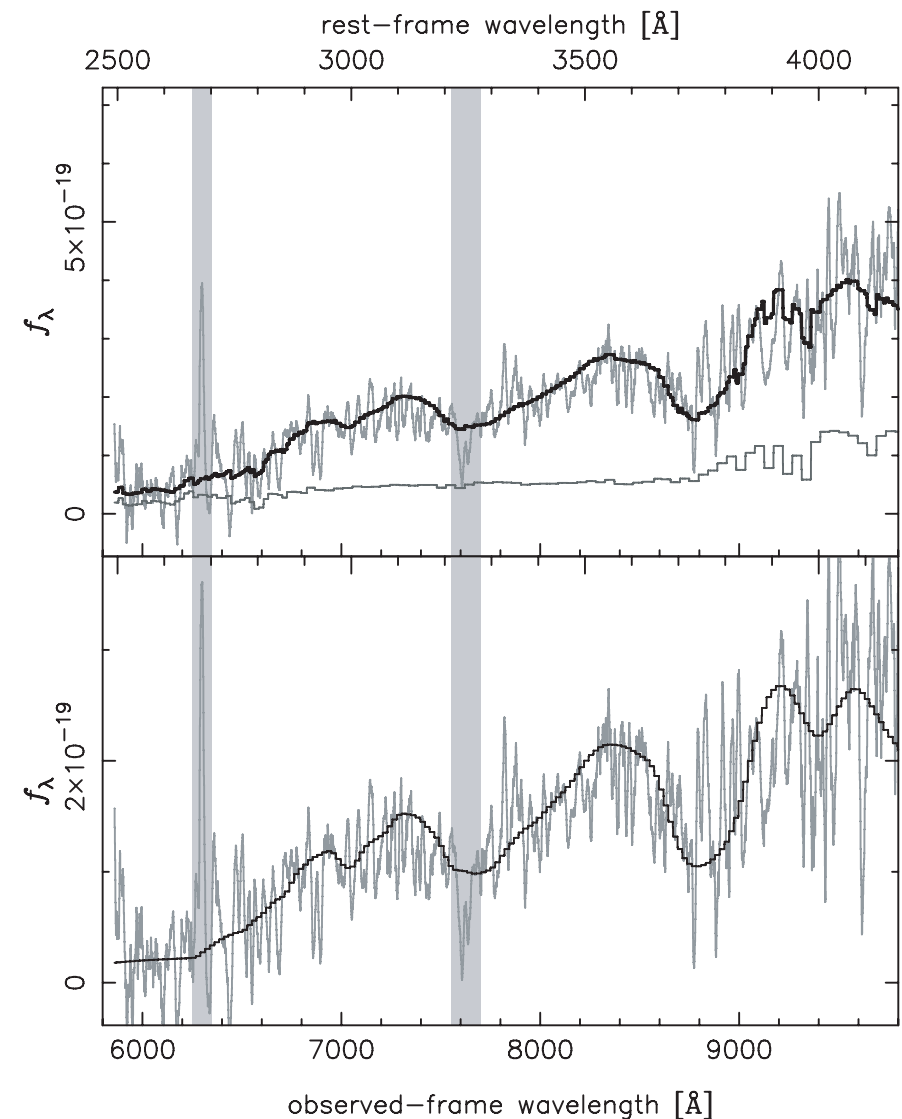
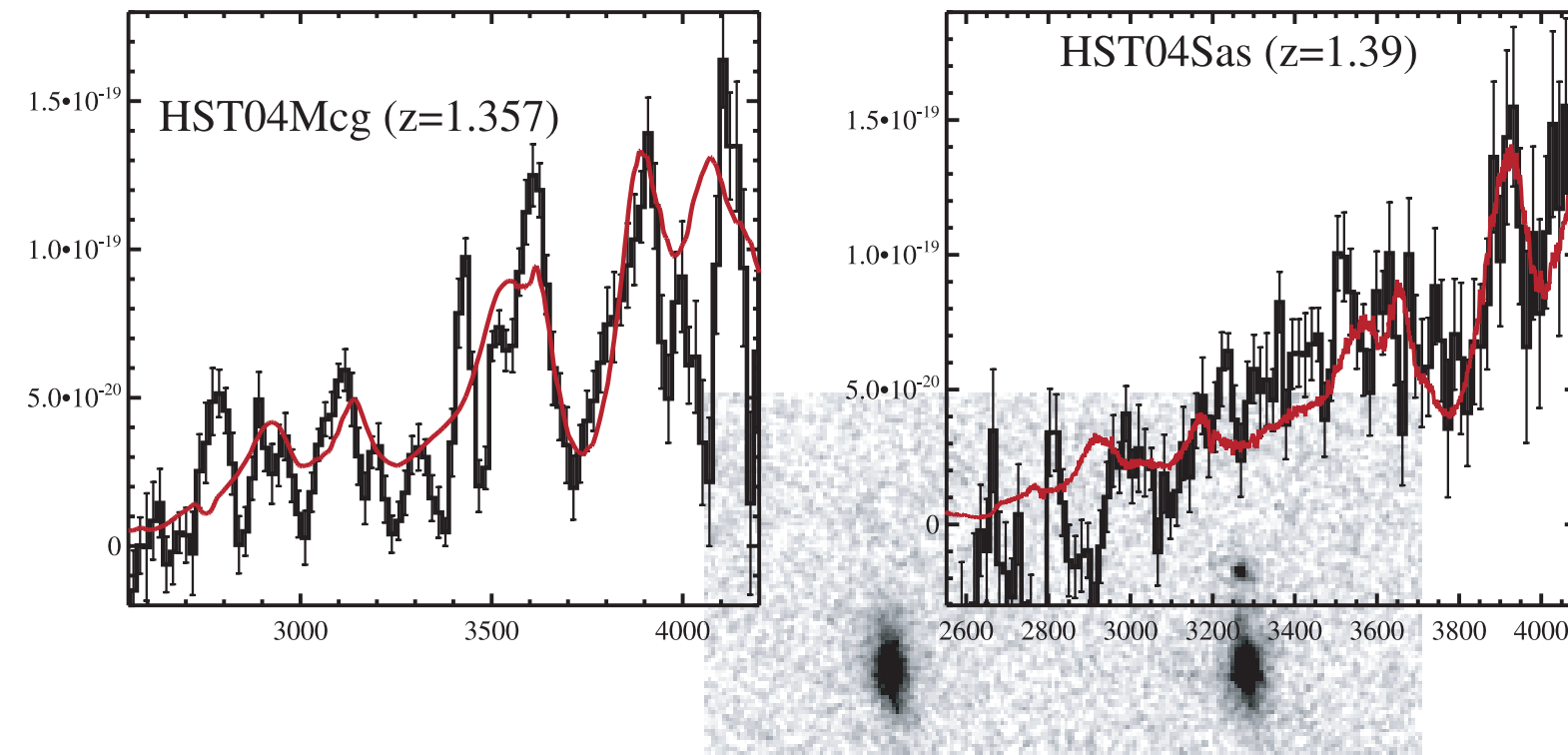
- rest-frame B-band ("as high-z as possible"): $\text{color}(B-R)$ のためにさらに長波長での測光が必要
 - 分光ID: WISH/地上AO(8m, TMT)
 - N=5回で $1.0 < z < 3.0$ (filter 0,1,2,3)
 - ~ 3 SNe Ia [$\text{day}^{-1} \text{deg}^{-2}$] ($z > 1.5$ は2個) <-- 不定性大
--> peakをおさえようと思うと実質15 days分。
- 22 deg^2 で1000 SNe Ia (~ 600 SNe Ia @ $1.5 < z < 3.0$)

highest-z SN Ia spectra

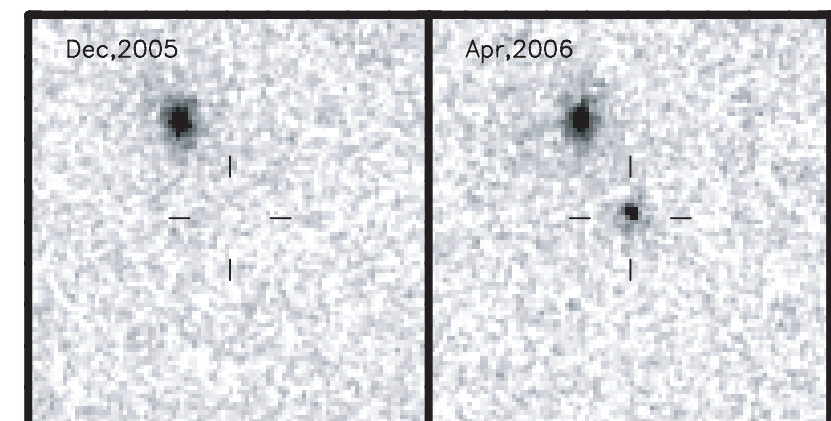
Riess+2007

HST/ACS grism, $\sim 15000?$ sec

$z=1.36, 1.39$

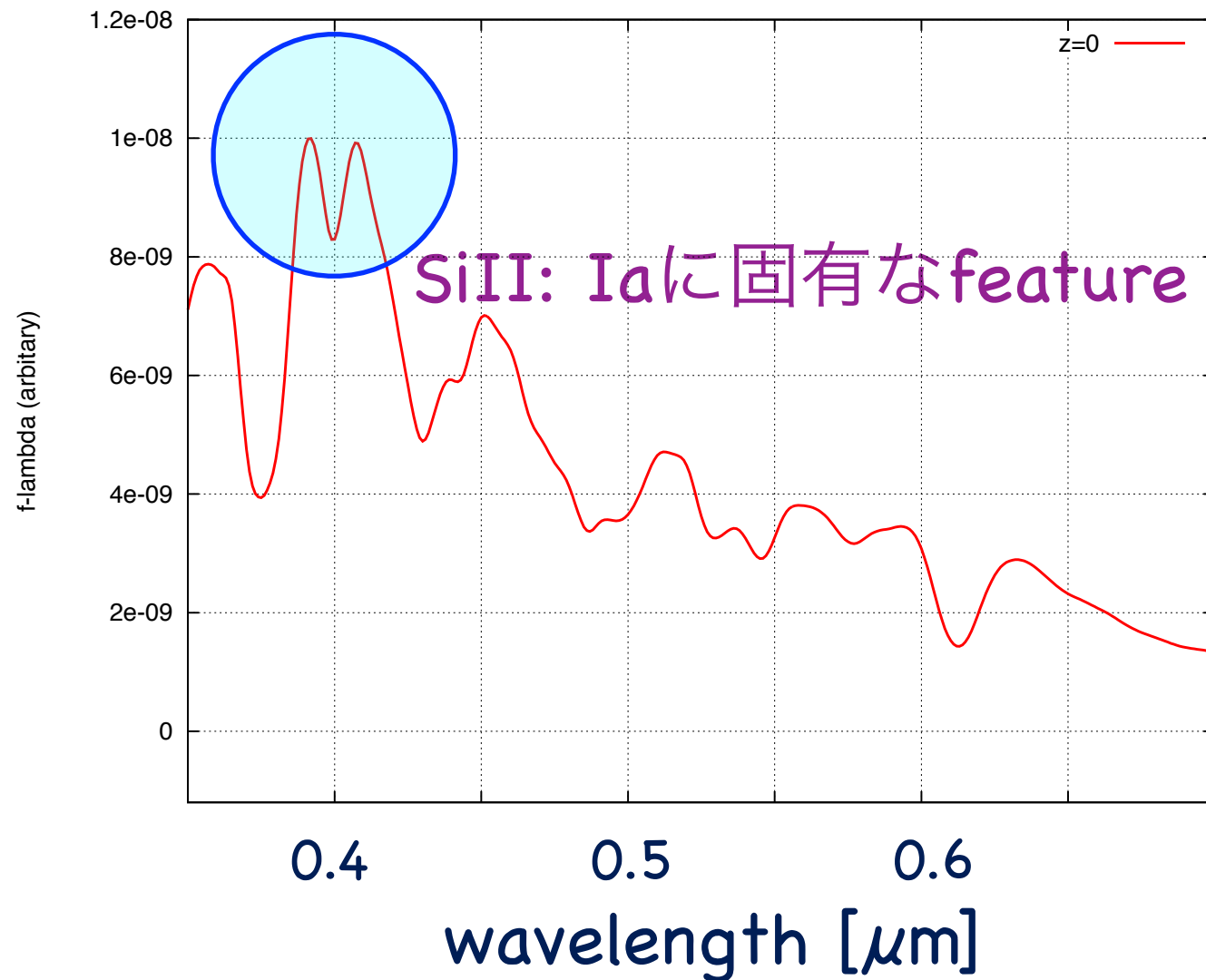


Morokuma+2010
Subaru/FOCAS, 22800 sec
 $z=1.35$



HST/ACS images

WISH grism spectroscopy for SNe



- 0.8-2 μm くらいをカバーしたい
- $z < 1$ は地上可視でOK
- $1 < z < 1.5$ も地上可視で観測可能(Riess+2004, Morokuma+2010)だが夜光が強くギリギリ。
- 天気のこととも考えると、 $z > 1$ はスペース(+地上からAO分光)がよい

+ $R \sim 50-100$ 程度でOK

+ 限界等級: 23-24 magAB $\rightarrow z \sim < 1$

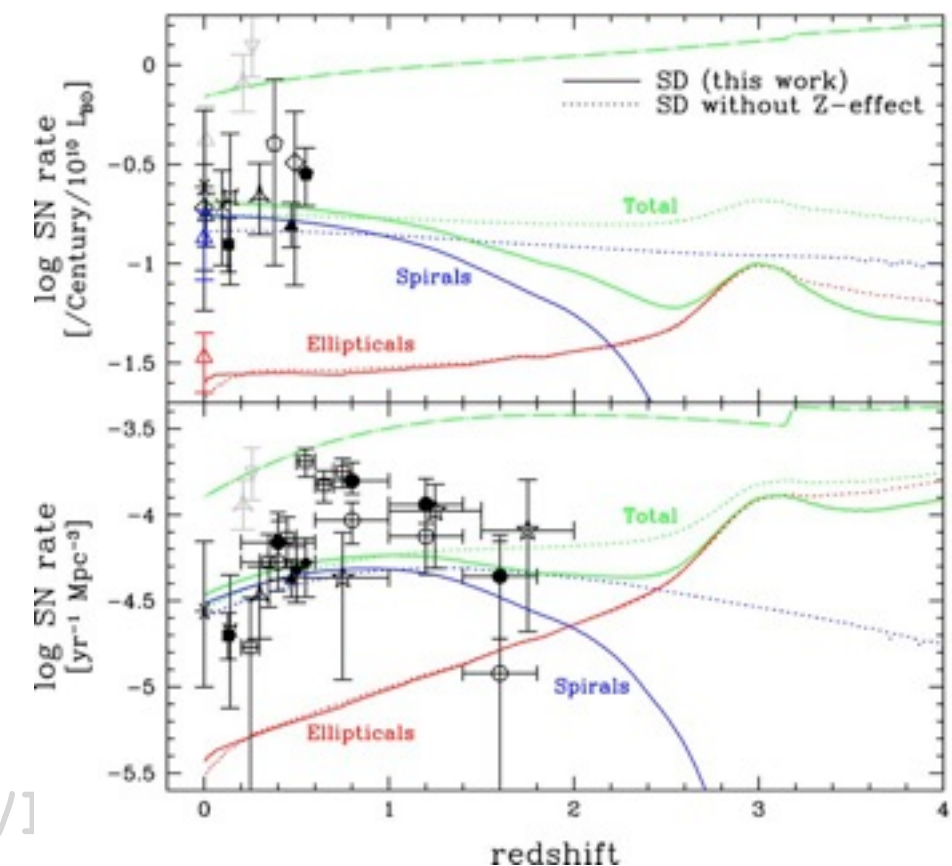
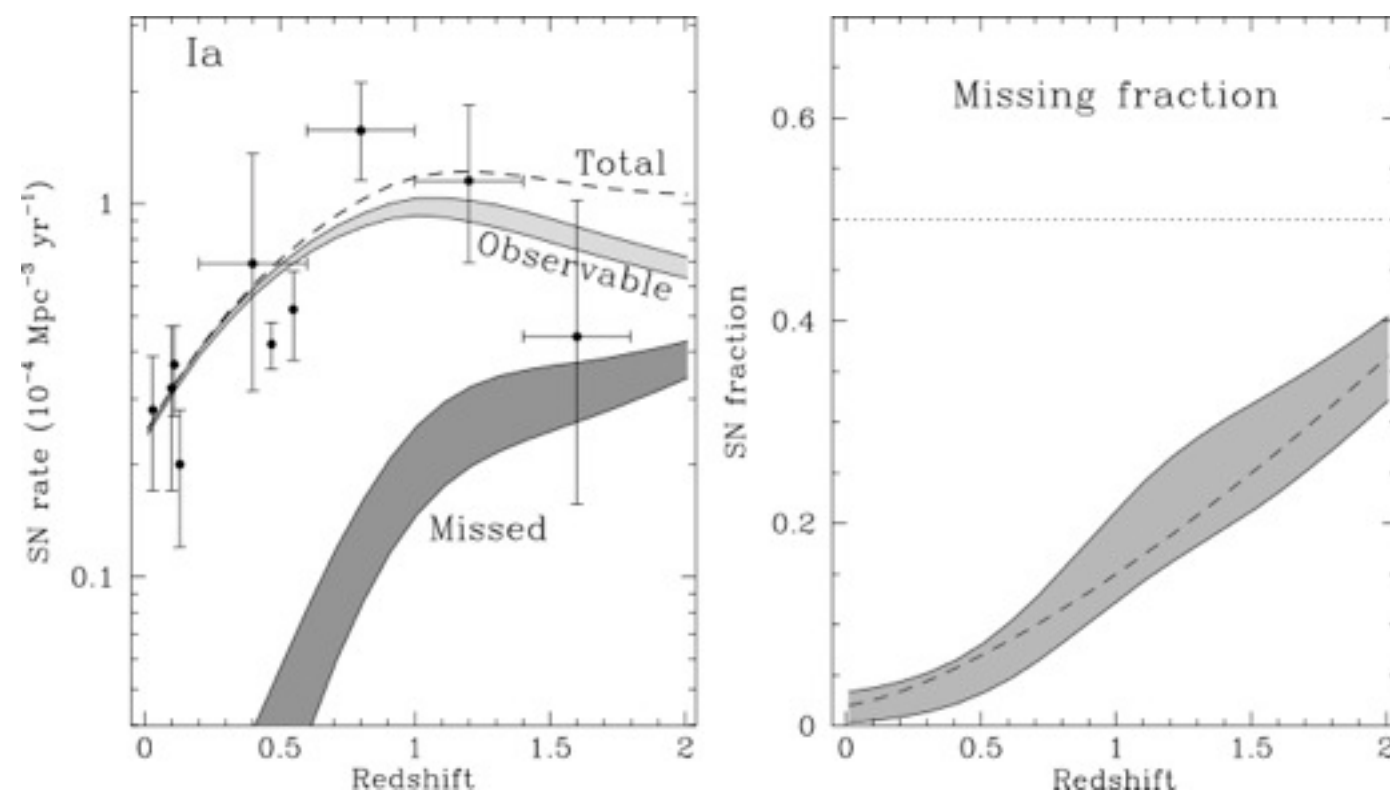
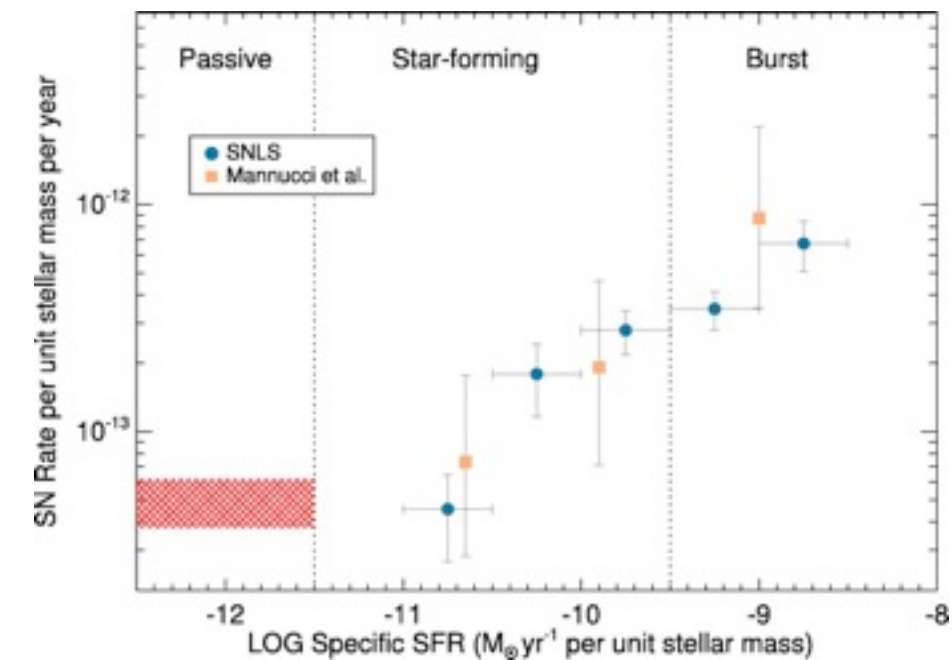
cf. WFIRSTはIFUに???

Contents

1. Ia型超新星cosmology
2. Ia型/重力崩壊型超新星rate
3. まとめ

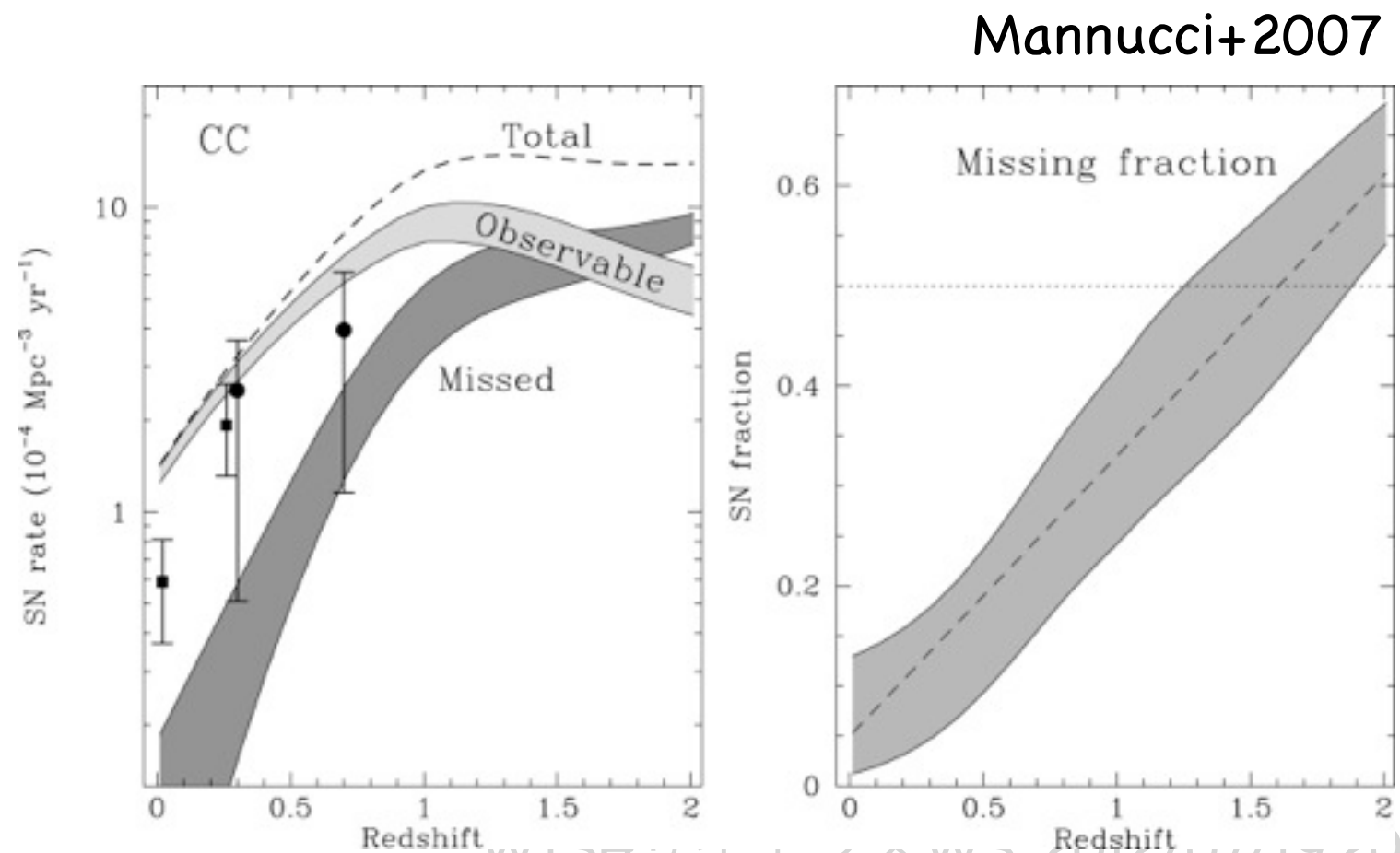
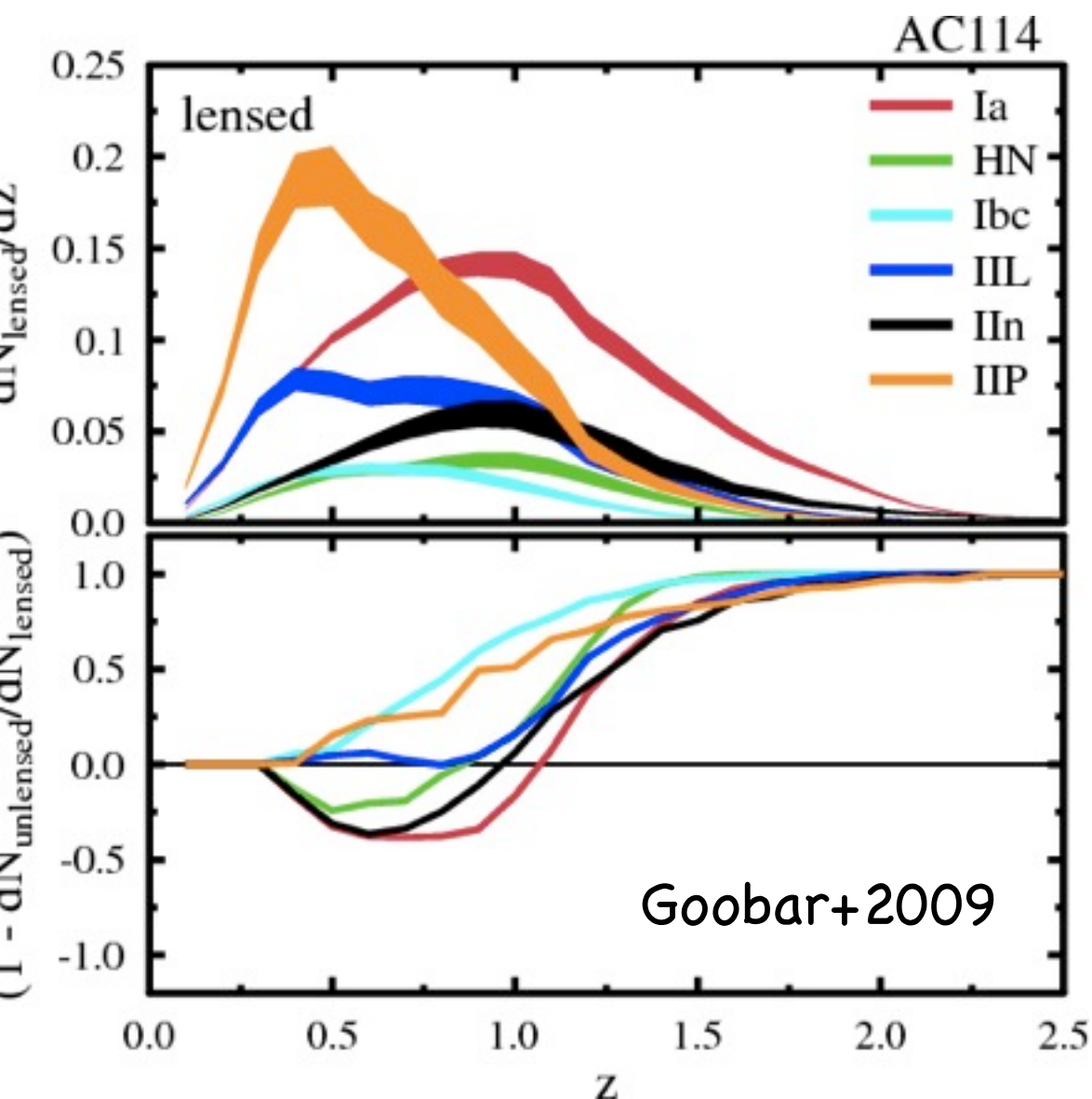
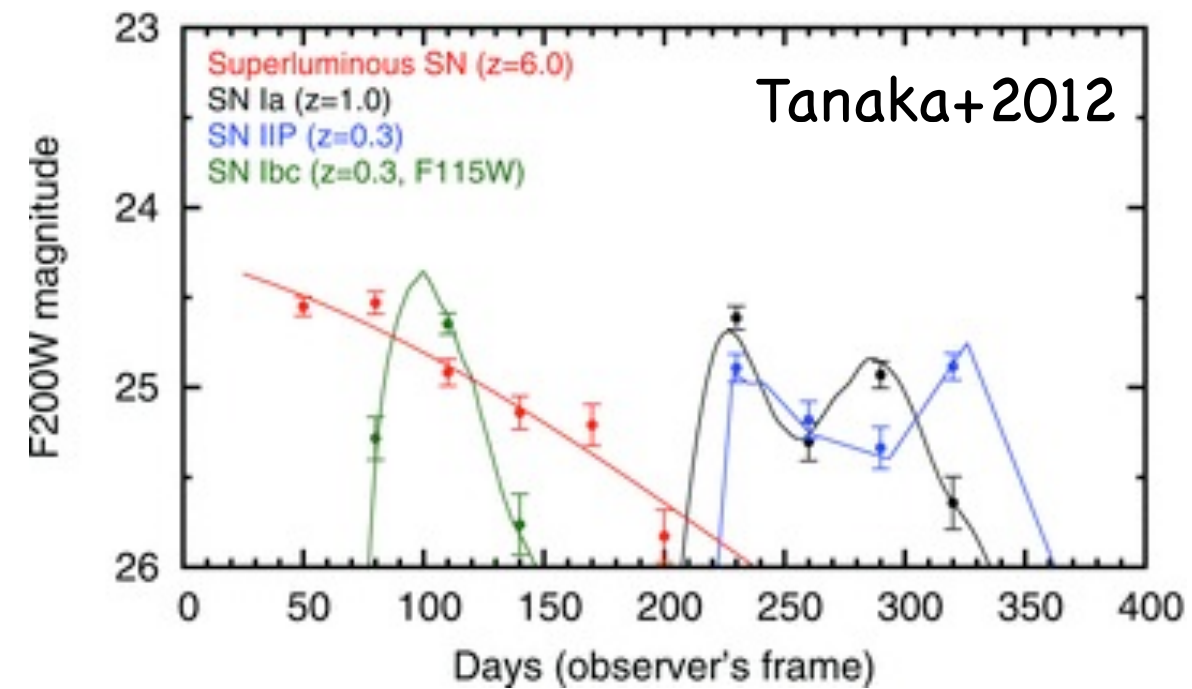
SN Ia rate --> progenitor

- 親星(progenitor system)さえわかっていない。
 - cosmologyにおけるsystematicsにも重要
- single degenerate and/or double degenerate
- [SN Ia rate] = [母銀河星質量に比例する成分] + [母銀河星形成率に比例する成分]
- SN Ia母銀河の詳細な性質: metallicity, 星質量、星形成率 (Sullivan+2006, ↑)
- delay time distribution: 星形成からIa型超新星爆発までの遅延時間 (Totani+2008など)
- 連星系の伴星の直接探査 (Ihara+2007), 白色矮星連星系探査(SPY; Napiwotzki+2001)
- metallicity effect: high-z Ia型超新星rate (Kobayashi & Nomoto 2009, →), $z > 1.5$ で増?減?
- dusty (missing) fraction (Mannucci+2007, ↓)



CCSN rate

- luminous SNe at $z > 2$ (Cooke+2009, Tanaka+2012)
- dusty SN search (Mannucci+2007)
- Gravitationally-Lensed SNe ($z > 2$; Goobar+2009, Stanishhev+2009)



まとめ

- Ia型超新星を用いたcosmologyはsystematic error ~ statistical errorの時代
- dust extinction/intrinsic scatterを避けた観測が必要。その一つがNIRでのサーベイ。
- 超新星観測には宇宙望遠鏡が適している。
- WISH UDSはうまくスケジュールをすれば~>1000天体のIa型超新星を発見。
- 考えうるstrategyは3つ
 - rest-frame B-band: 今と同程度のsystematic errorを許せば、 $1.0 < z < 3.0$
 - rest-frame I-band: systematic errorを有意に減らせる。 $0.2 < z < 2.2$
 - rest-frame H-band: 同上。 $z < 1.4$
- flux calibrationをどうするかがkey。
- $0.8\text{--}2\mu\text{m}$ でgrism分光をしたいが感度が足りないか。 $z < 1$ は地上可視でOK。
- 同じデータからSN rate($z > 1.5$ SN Ia rate, luminous SN rate, dusty fraction)もできそう
- Subaru/HSCなどの可視望遠鏡とスケジュールをうまく調整できると、photo-z精度(タイプ分類も含めて)向上により分光観測時間を減らせる。