

# NIR Variability Survey for AGN and SNe

諸隈 智貴  
(国立天文台)

# TAO/NIRCAM

Supernovae  
AGN

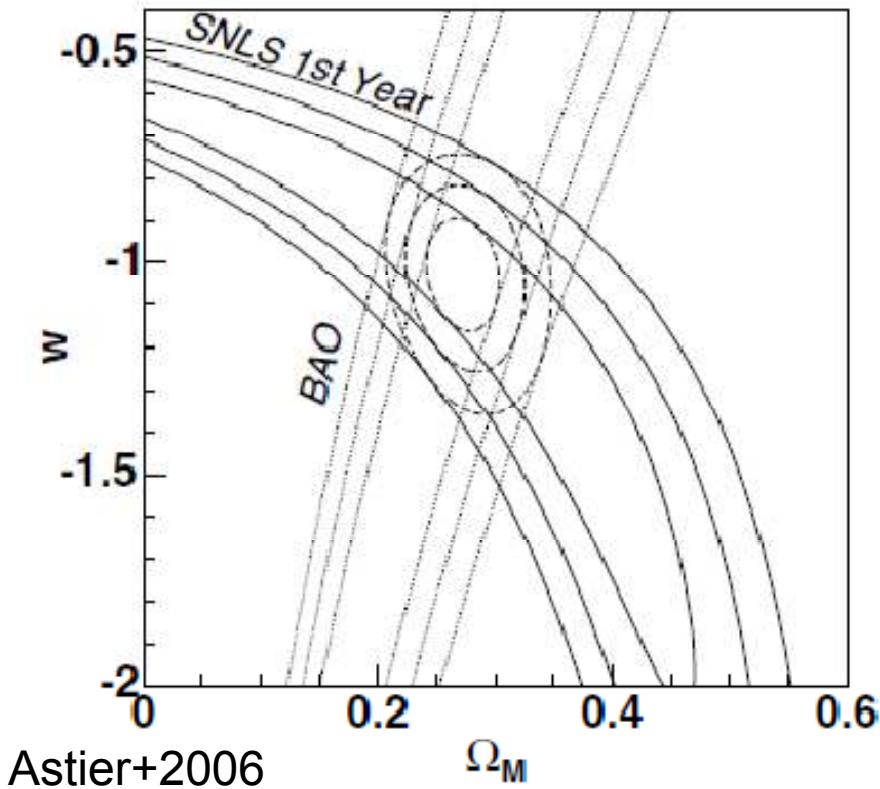
## TAO/NIRCAMの特長

1. 広視野: 9.6'φ
2. 2バンド同時撮像
  - 効率up
  - 短時間変動天体のSED
3. 多天体スリット分光
4. **柔軟性の高い観測**
  - モニタリング
  - 悪天候のcompensation
  - ToO

# (high-z)超新星サーベイ

cosmology

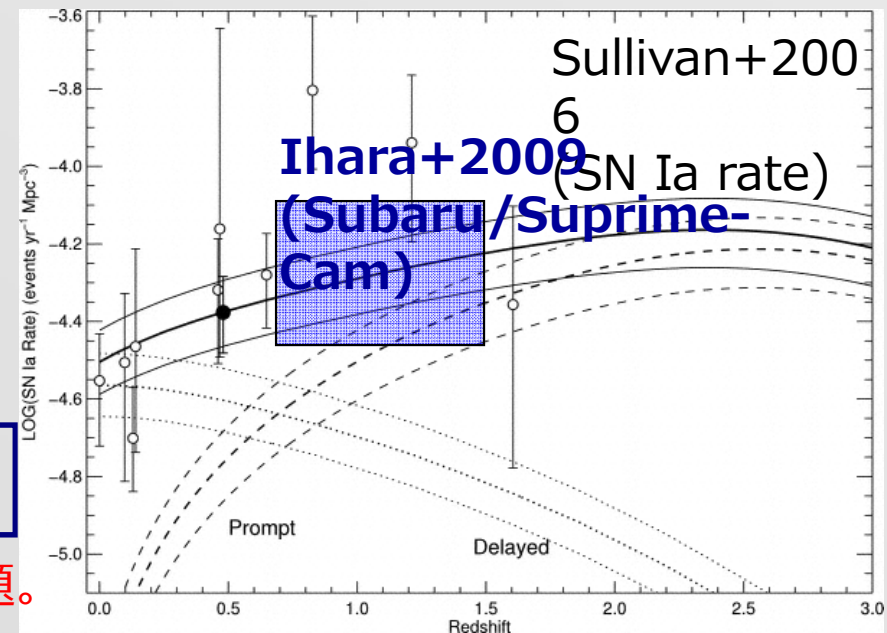
Systematicsが問題。



→ 重力崩壊型(CC)  
→ 炭素爆燃型(Ia)

SN Ia/CC rate

Statistics/Systematics(/depth)が問題。



# 超新星サーベイのこれまでの常識(?)

- SN Iaは $z \sim 1.5$ くらいまでは観測可能。
- core-collapse (CC) SNは、一般的には、SN Iaより暗い。
- CC SN rateは $z \sim 1$ に到達するのがギリギリ。

# 超新星サーベイのこれまでの常識(?)

- SN Iaは $z \sim 1.5$ くらいまでは観測可能。
- core-collapse (CC) SNは、一般的には、SN Iaより暗い。
- CC SN rateは $z \sim 1$ に到達するのがギリギリ。

# 超新星サーベイの最近の常識(?)

- SN Iaは $z \sim 1.5$ くらいまでは観測可能。
- core-collapse (CC) SNは、一般的には、SN Iaより暗い。
- が、**SN IIn**は明るいのでhigh- $z$ でも観測可能。
- **重力レンズ効果による増光**を有効利用。
- CC SNは $z > 2$ でも観測可能。CC SN rateから星形成史、IMFへ。
- hostless (or diffuse host) SNは変なのが多い?

# High- $z$ SN Ia cosmology/rate

Totani, TM+2008

Type Ia Supernova (較正可能な標準光源)

- 2つのpopulation???
  - tardy (delayed): 星形成後、しばらく時間がたった後(>1 Gyr)、爆発。
  - prompt: 星形成後、すぐに爆発(<1 Gyr)
- 2種類のprogenitor system???
  - single degenerate (SD)
  - double degenerate (DD)
- dust減光の不定性 + intrinsic color  
← 縮退。補正が難しい。  
(intrinsic scatterはrest-frame U-bandで顕著)

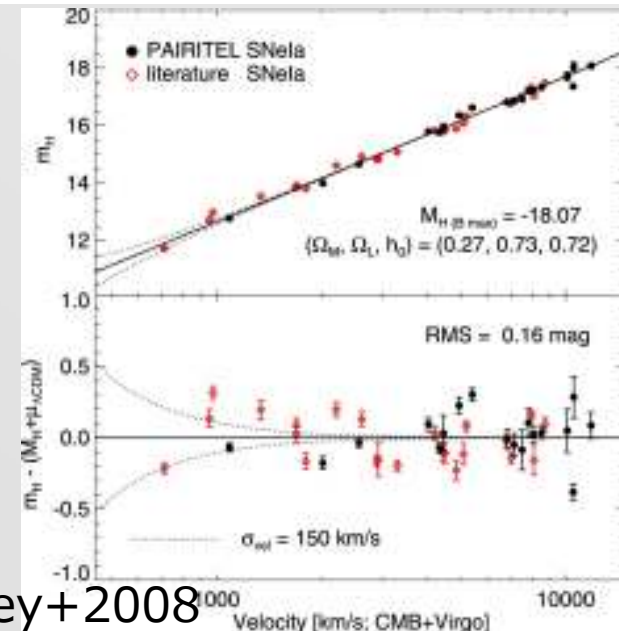
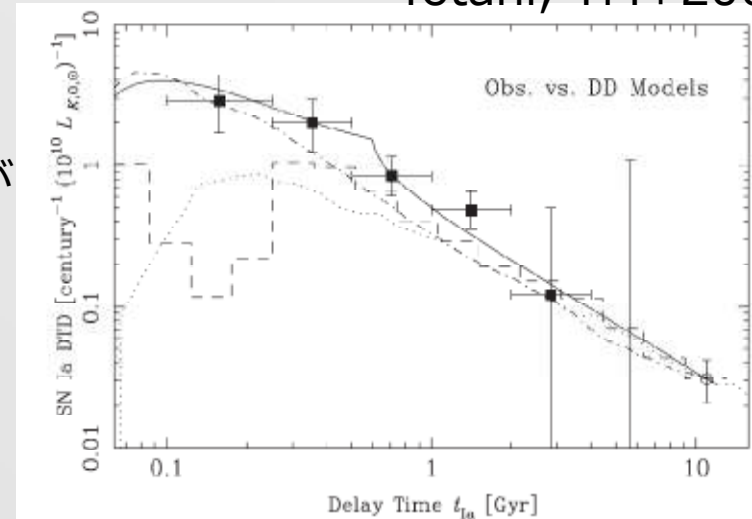
**Statisticsは十分。Systematicsが問題。**

**Rest-frame red-optical/NIR $\wedge$ :** prompt populationも見つけやすい?

rest-frame I-band: Freedman+2009 ( $z < 0.7$ )

rest-frame H-band: Wood-Vasey+2009 (nearby)

**Dust-free環境:** 楕円銀河に特化してサーベイ

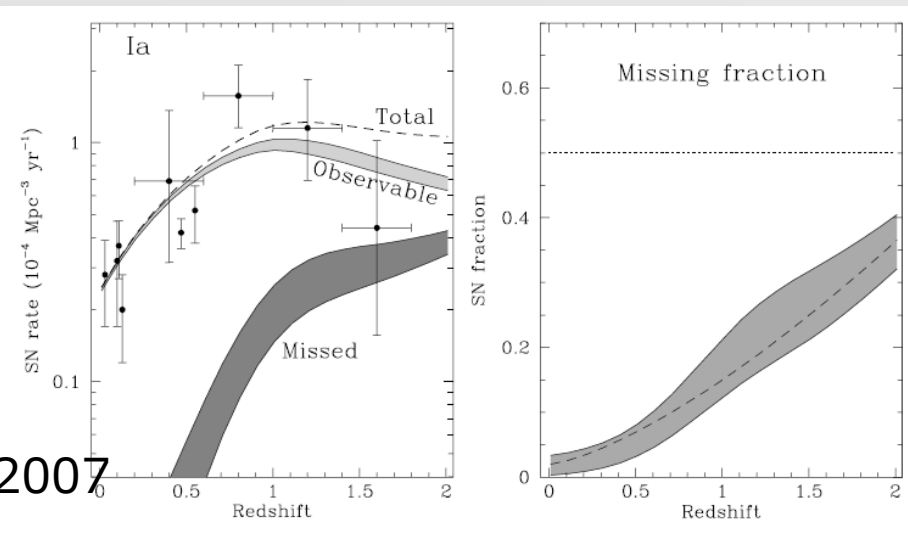


Wood-Vasey+2008

# High- $z$ SN Ia cosmology/rate

- dust-free cosmology
  - optical (Suprime-Cam/HSC)のNIR follow-up (J-band)
    - $z > 1$
    - $z \sim 0.5$ : opticalでのextinction calibration rest-frame B,V
- dust-free SN rate
  - uncertain missing fractions in optical
  - Ia/CC SN survey in nearby/low- $z$  galaxies?

Mannucci+2007



# Ground-Based Spectroscopy for *SNe Ia* at $z > 1$

Subaru/FOCAS

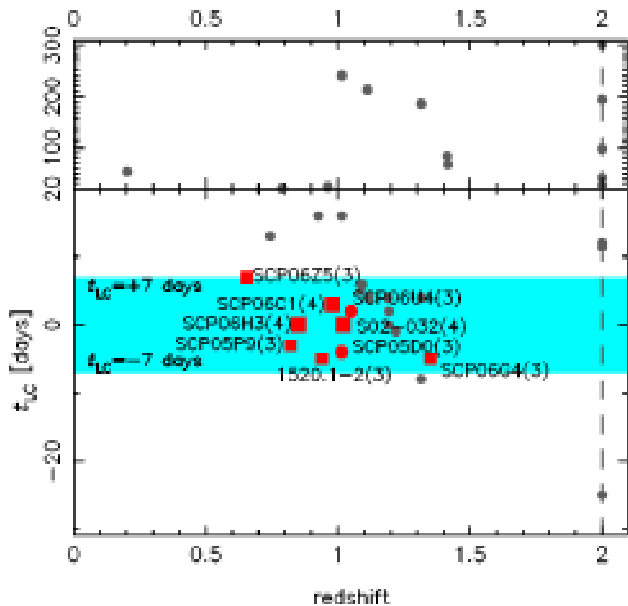
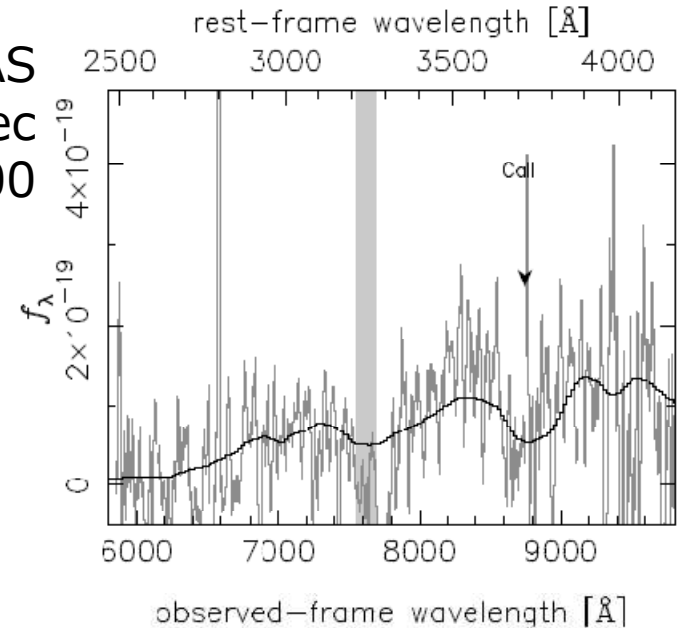
22800sec

波長分解能  $R \sim 500$

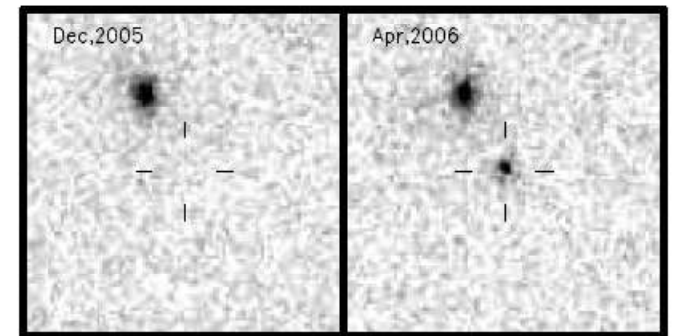
タイプ分類: Ia or CC

地上望遠鏡でのSN Ia分光同定  
最遠記録。  $z=1.35$ 。(TM+2009, submitted)  
cf. HST/ACS grismで  $z=1.39$  (Riess+2007)

SN Iaに特有なfeature:  $\sim 4000\text{\AA}$  (rest-frame)



最大光度付近での  
分光の重要性



- 機動性の高いallocation (ToO?)
- $\sim 8000\text{\AA}$ までの分光能力  
NIR (J-band) w/ AO



# *(high-z) SN rate*

銀河観測とは独立なSFHの研究

- 銀河の明るさに依存しない。
- Iaでも $z \sim 1.5$ 。CCはがんばっても $z \sim 1$ 。もどかしい。

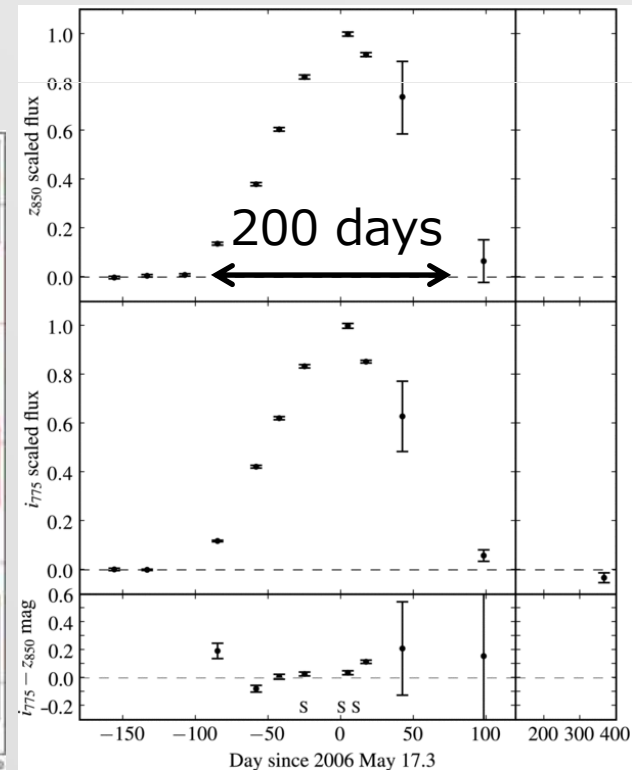
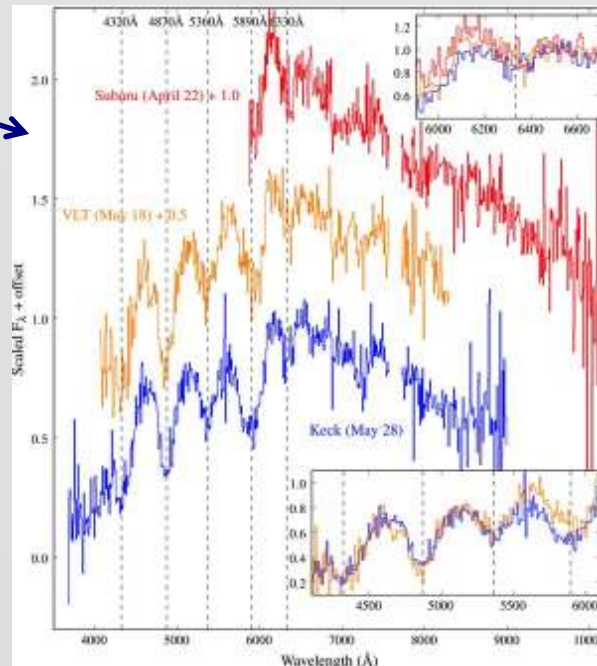
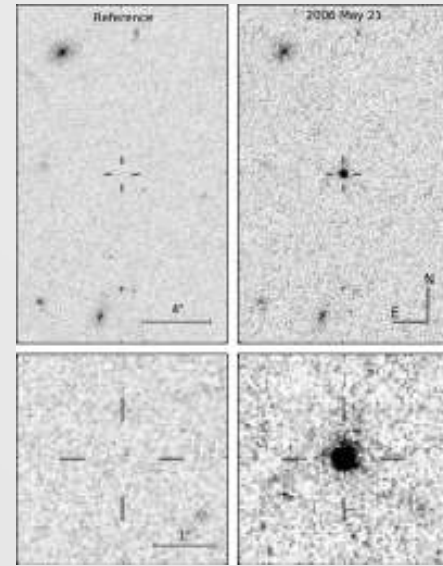
“変な”超新星が結構見つかってきている。

- SN 2006gy (NGC1260)

- **SCP06F6**

- SN 2001gl

母銀河がないor  
暗いものが多い。  
Intergalactic???



# Gravitational Telescope

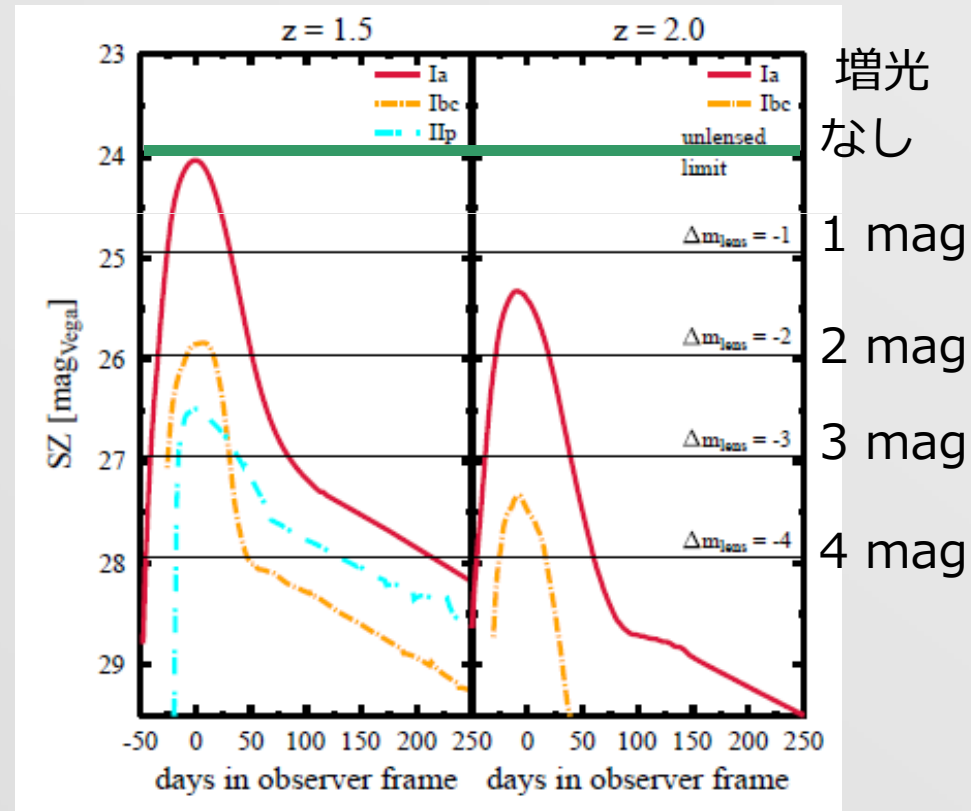
「銀河団により重力レンズされた超新星を探す!!!」

Stanishev et al. 2009, A&A, in press  
(arXiv:0908.4176)

“Near-IR search for lensed  
supernovae behind galaxy clusters: I.  
Observations and transient detection  
efficiency”

Goobar et al. 2008, A&A, in press  
(arXiv:0810.4932)

“Near-IR Search for Lensed  
Supernovae Behind Galaxy Clusters -  
II. First Detection and Future  
Prospects”

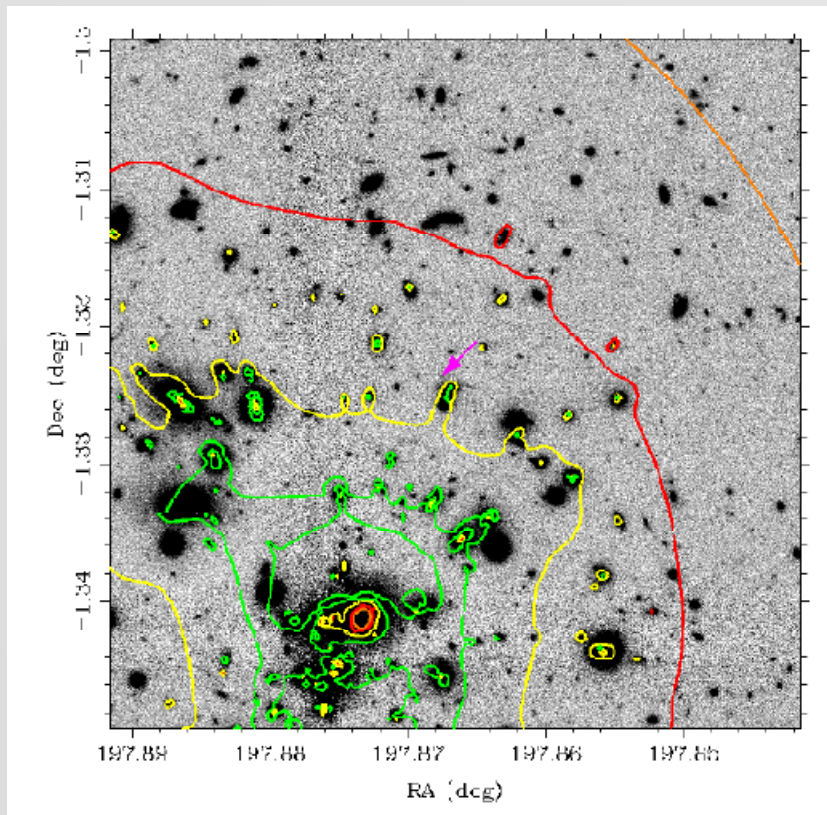


# Gravitational Telescope

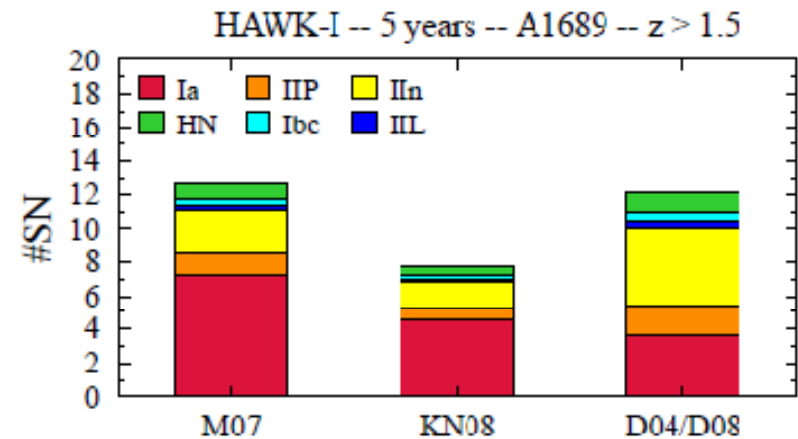
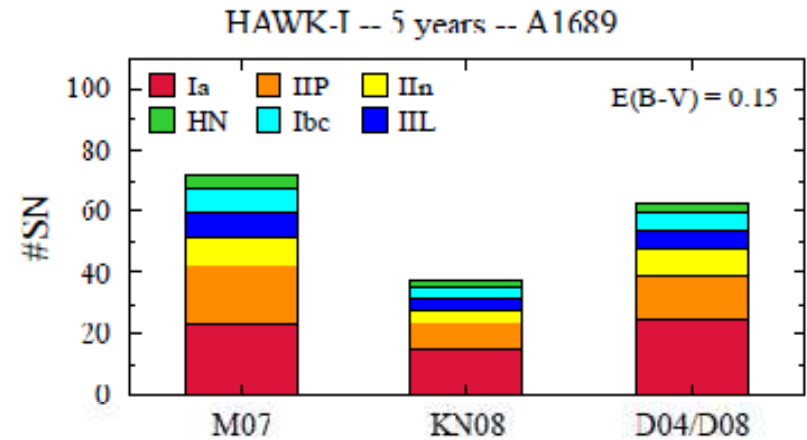
~ NIR survey for  $z > 2$  SNe ~

SN IIP at  $z=0.59$ を発見 (1つ)  
w/ VLT/ISSAC (2.5'x2.5')

A1689 ( $z=0.183$ ) magnification map



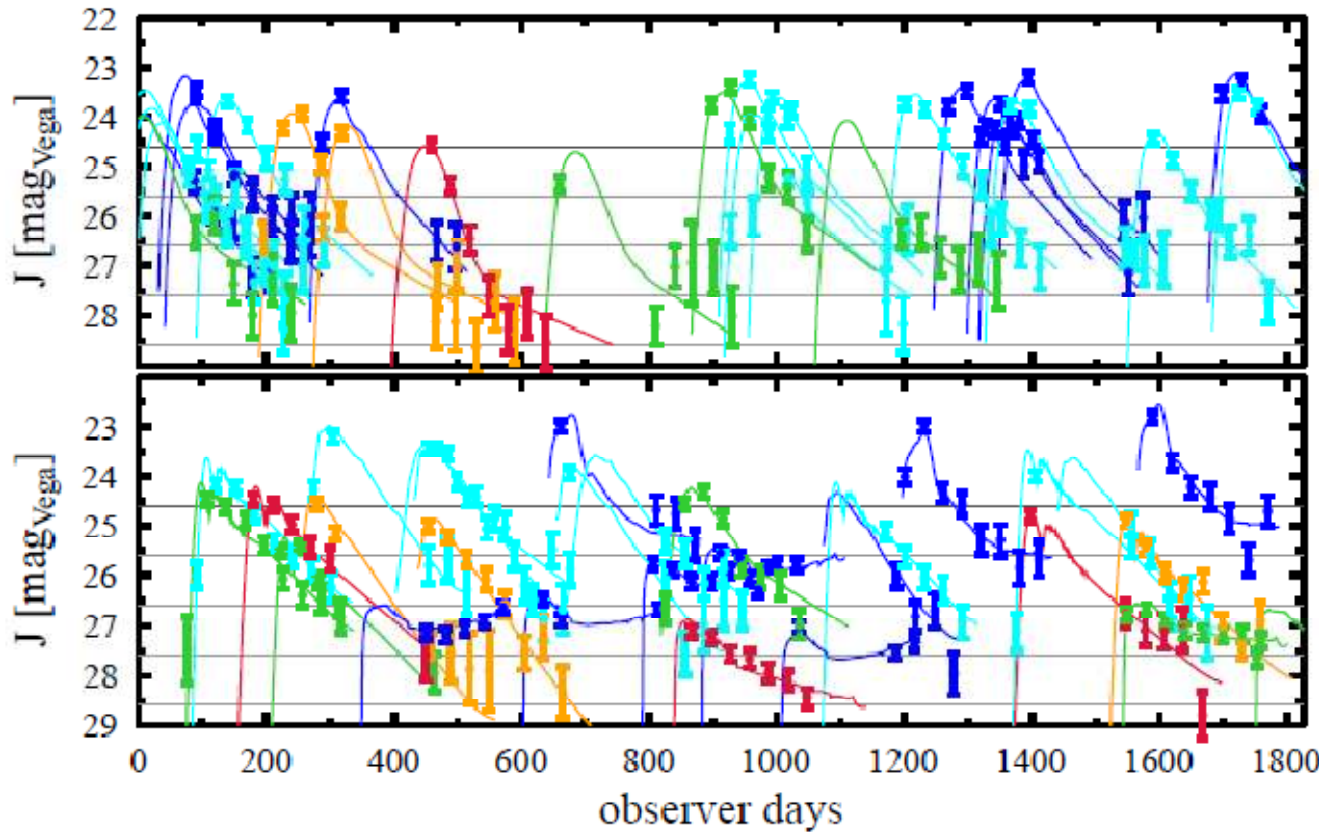
w/ VLT/HAWK-I (7.5'x7.5')



# Gravitational Telescope

~ NIR survey for  $z > 2$  SNe ~

Ia



5 years  
VLT/HAWK-I

CC

# SN IIn at $z > 2$

SN IInは

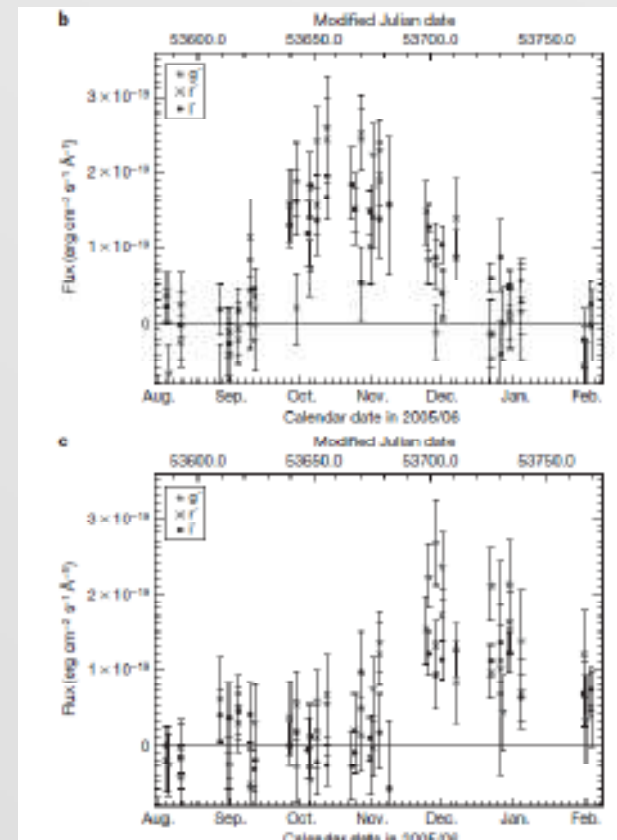
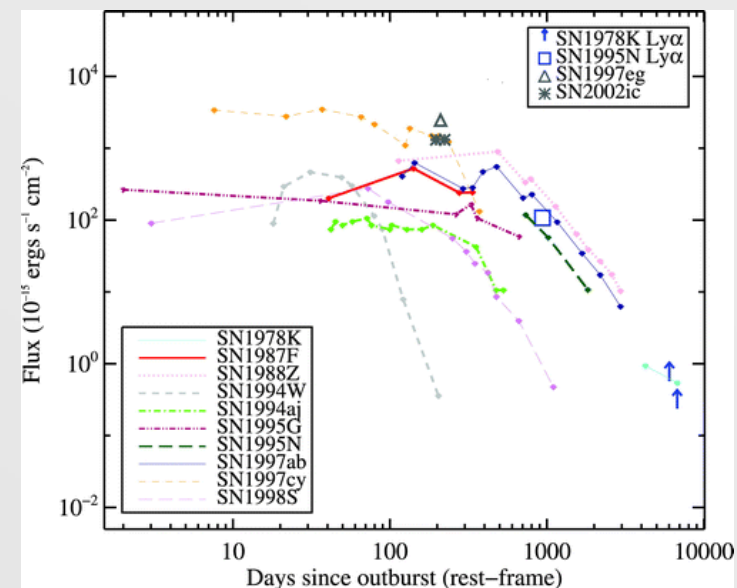
- 非常に明るい(MB $\sim$ -19mag)

- blue spectrum

なので $z > 2$ でも受かる。(Cooke 2008)

Supernova Legacy Survey (SNLS)のデータ(CFHT/MegaCam)を使って $z > 2$ のSN IInを2つ見つけた。(Cooke+2009)

$z \sim 2$ だとJバンドはrest-frame U,B視野の観点からはopticalの方がベター?



# High- $z$ Supernovae Survey

地上からの観測の限界。  
どうしても天候に左右される。

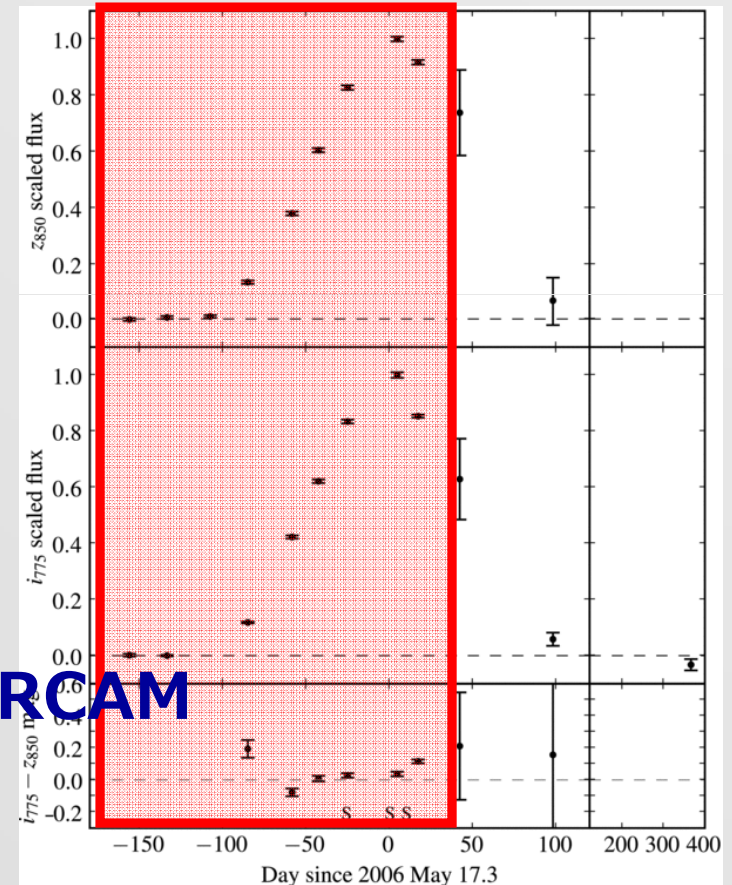
**安定した天候**

and/or

**悪天候の場合のcompensation**

が非常に重要。

**Subaru/MOIRCS << TAO/NIRCAM**



# *AGN monitoring*

- NIR variability survey for AGN
- Supermassive black hole (SMBH) binary
- quasar 母銀河

# NIR variability survey for AGN

低光度ほど変光大 in UV/optical (Vanden Berk+2004など)  
→ 低光度ほど変光大 in NIR???

type-2 AGNのdustトーラスの変光。

タイムスケールはopticalと比べて長い: 数年、redshiftするともっと長い。  
母銀河のコンタミのせいで、変光大のものしか受からない。

Subaru/Suprime-Camでの~3yrs optical survey:  
~500 AGN/deg<sup>2</sup> (TM+2008)

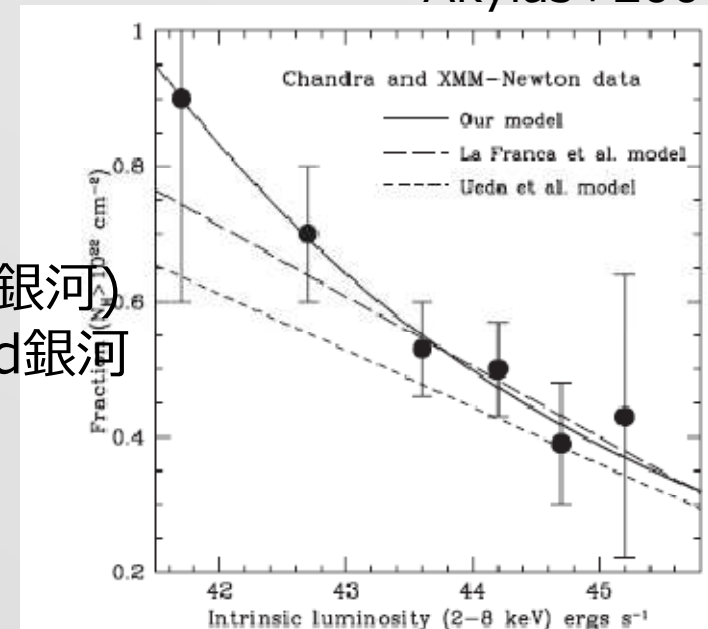
TAO/NIRCAMだと ~10 AGN/FoV

ただしopticalで受かるのは全部type-1

数10はX線検出×の低光度AGN( $z \sim 0.5$ 楕円銀河)  
← 色等級図でのred sequenceとblue cloud銀河との関係

低光度のものはtype-2の方が多い。  
低光度AGNの進化?

Akylas+2006

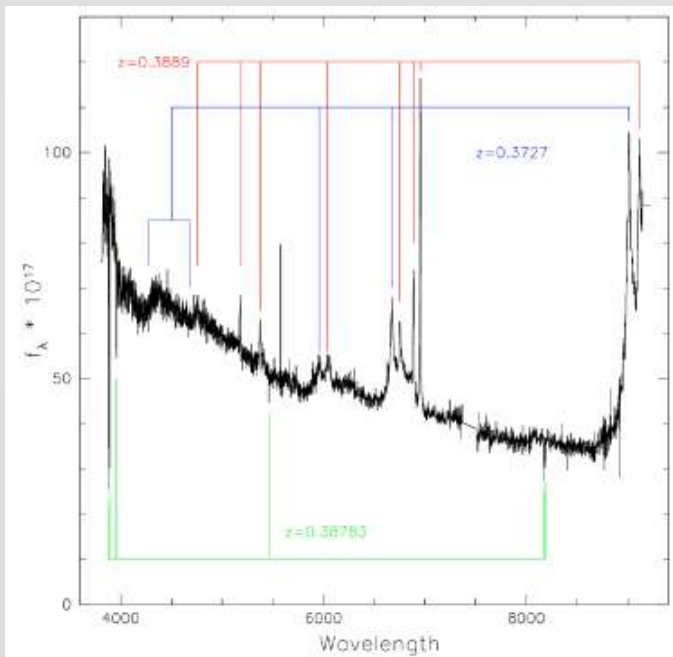




# *SMBH binary merging*

銀河はmerging。ブラックホールもmerging。  
タイムスケールは? 頻度は?

最近、SDSS J1536+0441 (あくまでまだ候補)など、  
SMBH binaryは結構ホットなトピック?



electromagnetic counterparts of gravitational waves detected by *LISA* (2018-2020打ち上げ, angular resolution  $\sim 0.1$  deg)

- mergerの2-3週間前からモニター
  - orbital motionのタイムスケールで変動
  - mergerの時期はdusty AGN? NIRがベター?
  - もっと広視野が必要? 他のBy-product?
  - 20 sources/35 weeks/deg<sup>2</sup>
- (Haiman+2009)

# quasar母銀河 at $z \sim 3-4$

flux-flux diagram

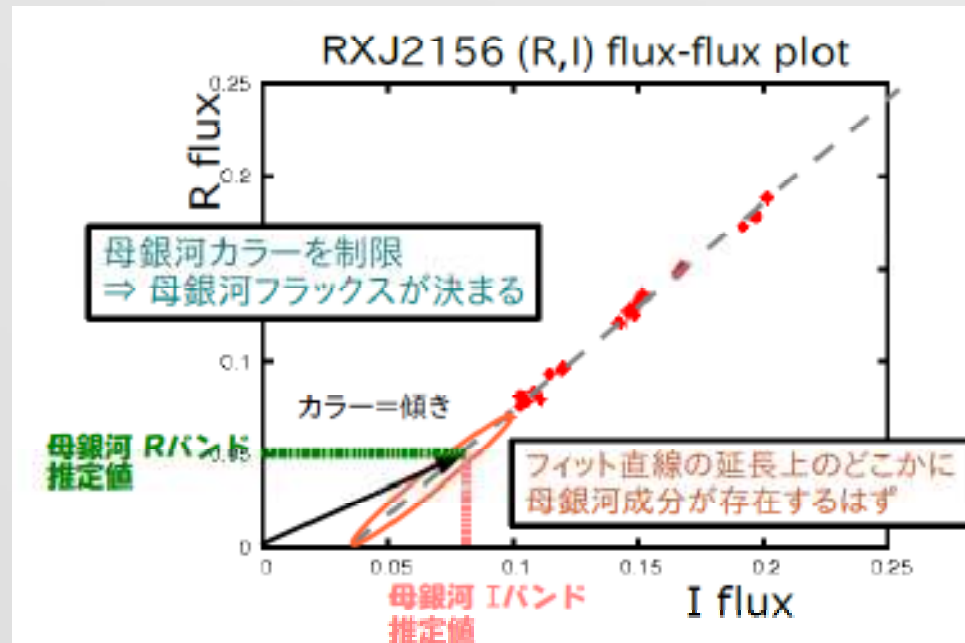
AGN成分は直線に乗る

→ AGNのカラーは変動により不変 (MAGNUMデータ、坂田修論)

Rest-frame UVの母銀河成分をゼロ  
と思えば、rest-frame UV/U/B,Vの3  
バンド測光モニターで母銀河成分の  
推定が可能。

※可視(0.6um, 2-4mで十分)も必要。

→rest-frame B/Vなら $z=4/3$ まで  
MBH-Mbulge関係から、SMBH進化  
に制限をつけるにはやや精度が足り  
ない? (systematicsさえなければ統  
計を稼げばOK?)



# まとめ

## 超新星

- SN Ia cosmology/rateはsystematic errorを抑える時代に。
- $\sim 8000\text{\AA}$ —Jバンド(w/ AO)での測光/分光
- dust-free SN cosmology/rate
- $z > 2$ でもCC SNから星形成史を探れる。
- 悪天候のcompensationを含めて、融通のきくallocation/ToOを

## AGN

- Dustyな低光度AGN? AGNの初期phase?
- SMBH binary
- モニタリングによるAGN母銀河成分の推定→BH-bulge関係