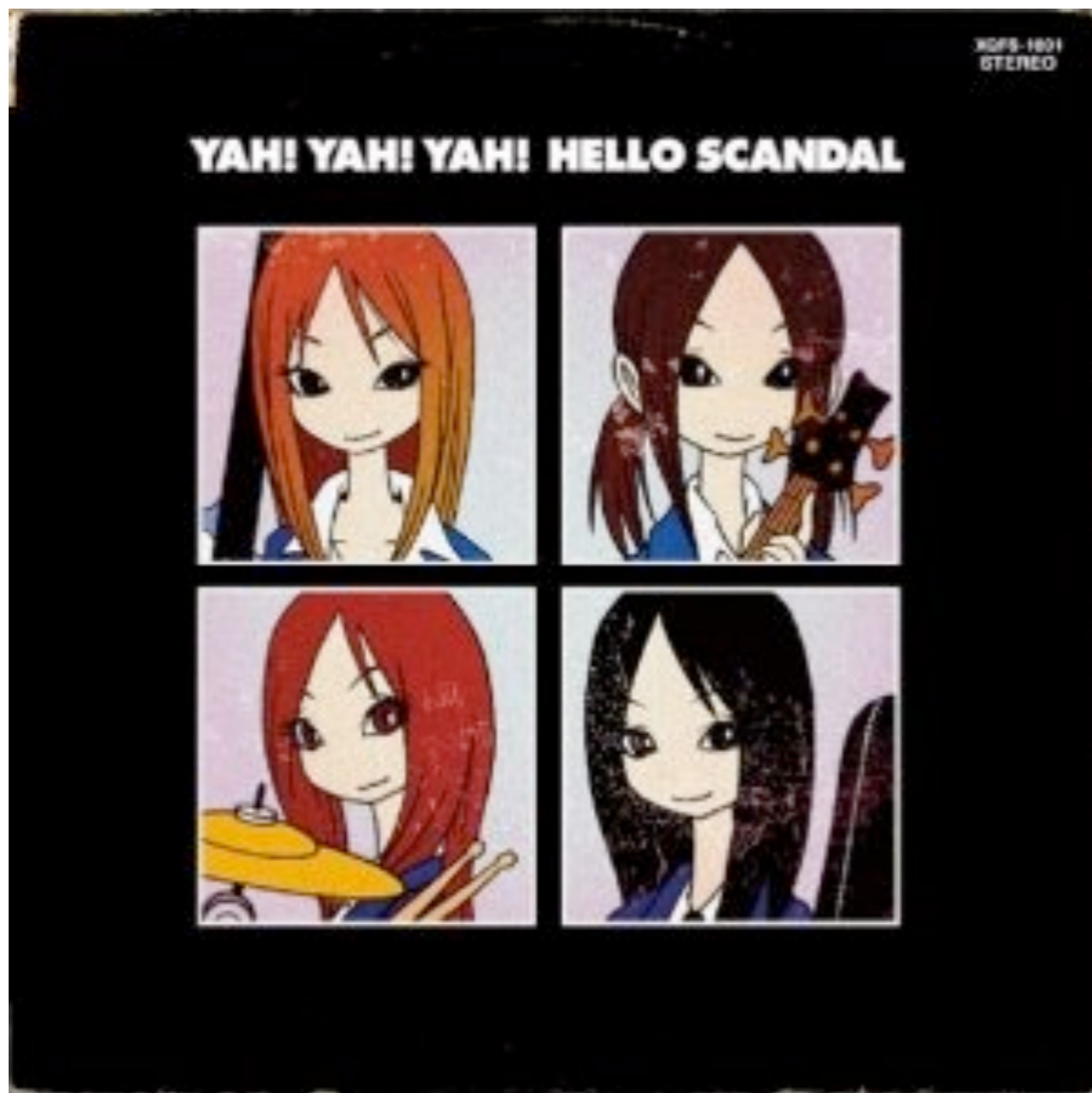


ANIR K-band Survey for Obscured Supernovae

Supernova Capturing survey with ANIR
in Dusty And Luminous IR galaxies
(SCANDAL)



諸隈 智貴 (IoA, 東京大学)

富永 望 (甲南大学)

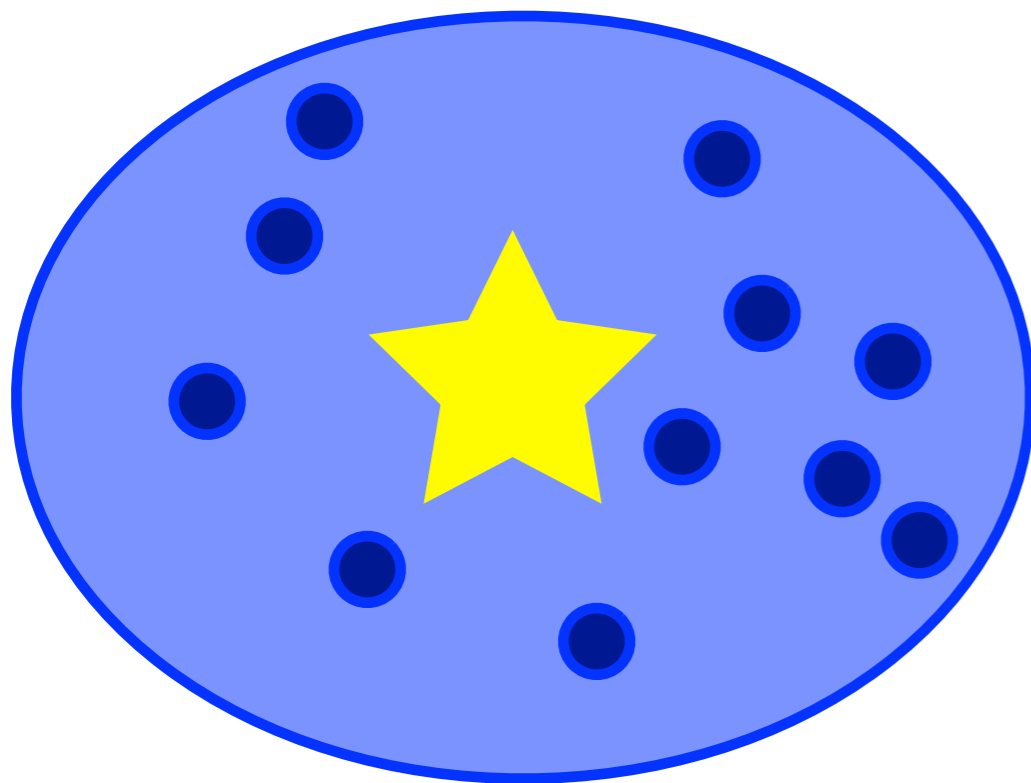
田中 雅臣 (IPMU, 東京大学)

ダストに埋もれた超新星を見つけたい

重力崩壊型超新星

(core-collapse SN: CCSN)

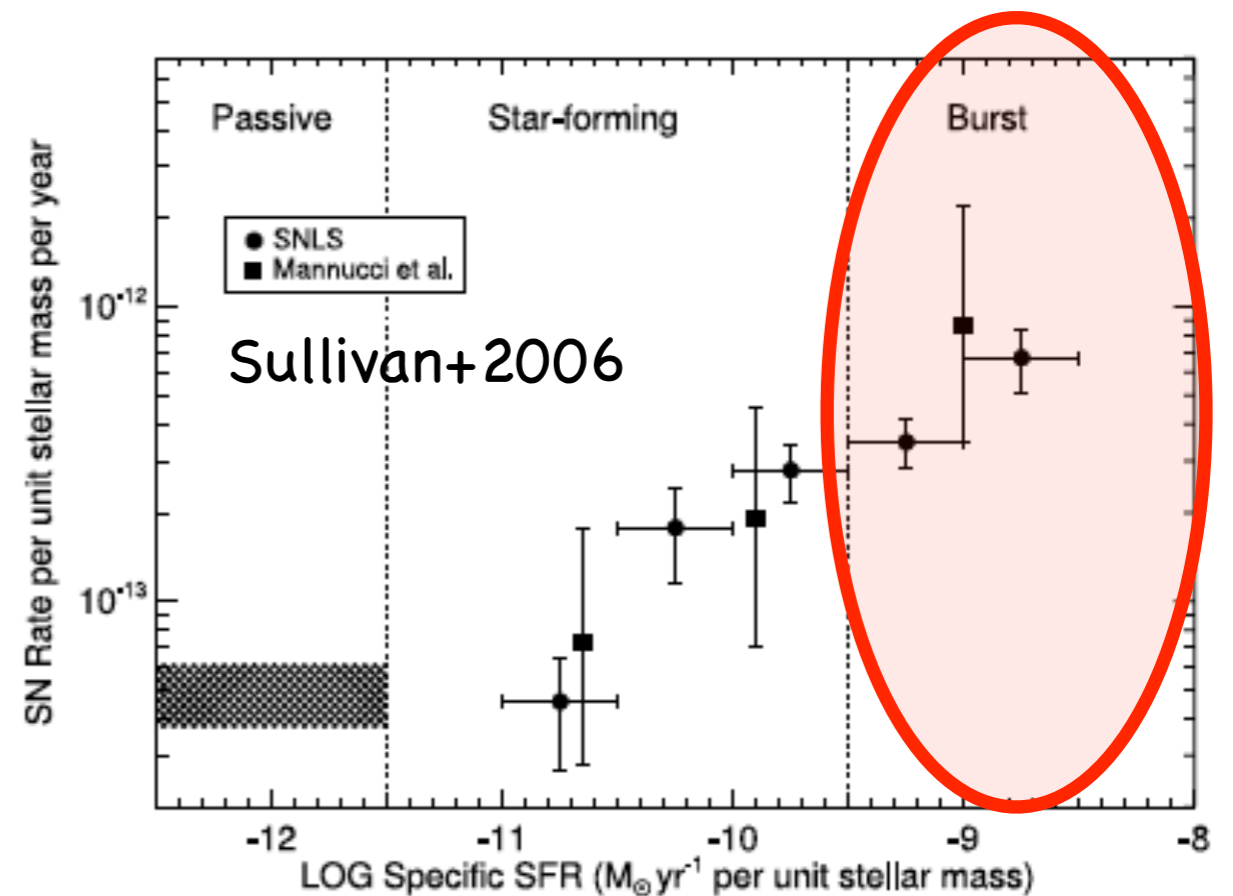
II型、Ib/c型



8太陽質量(寿命40Myr)以上の星の最期

核爆燃型超新星(連星系の白色矮星の爆発)

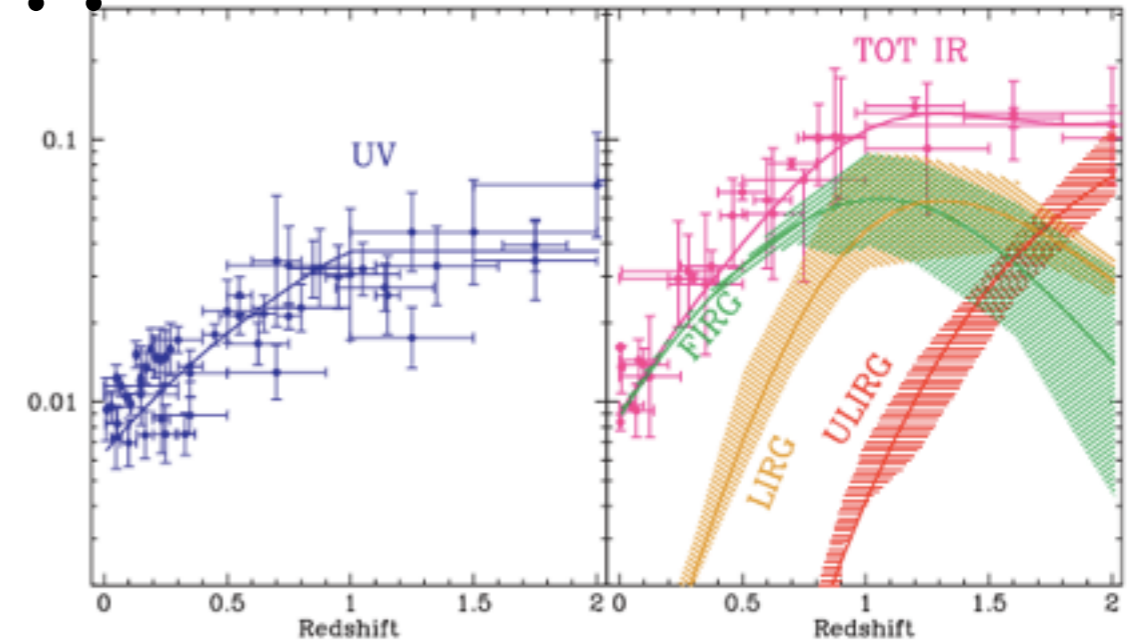
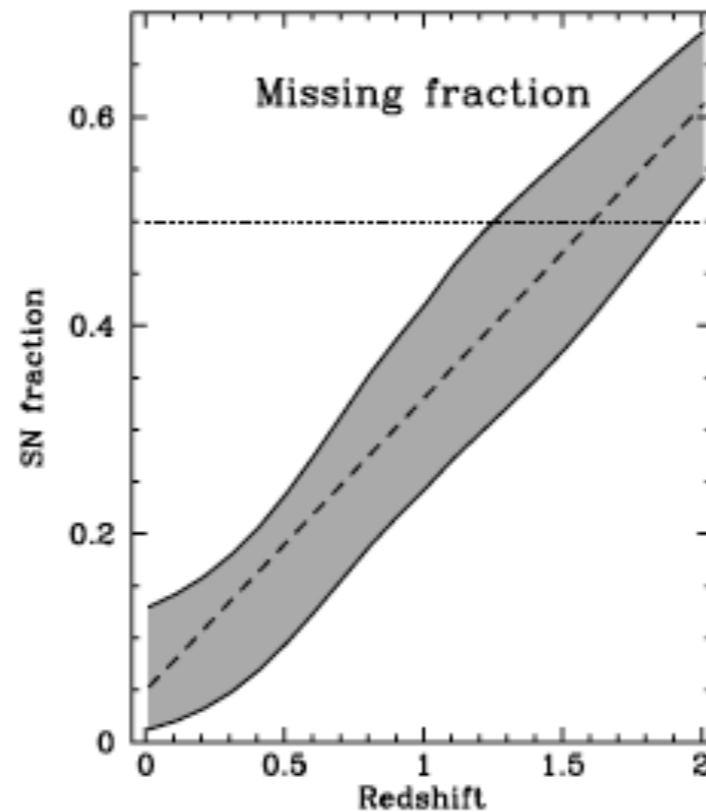
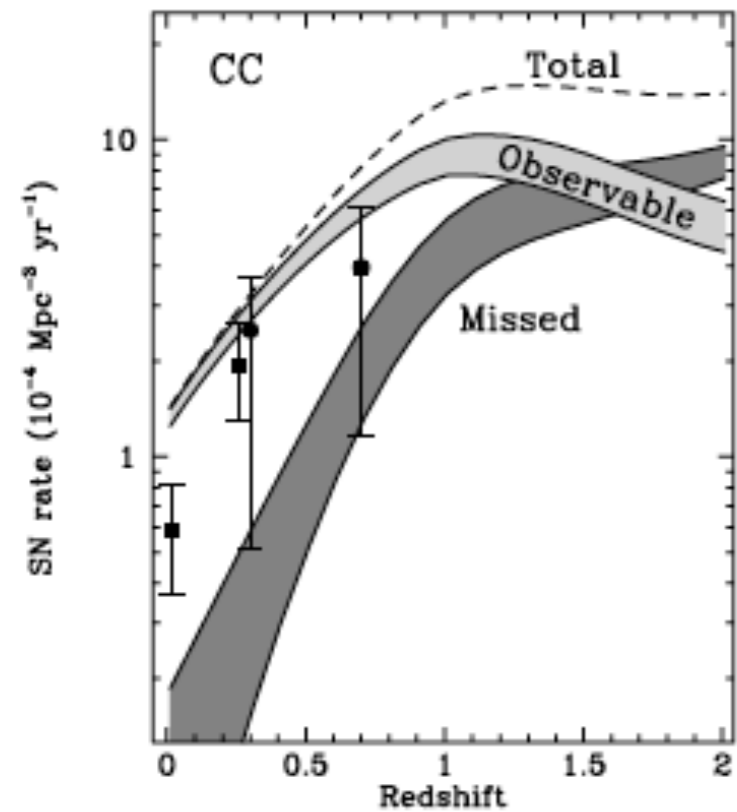
Ia型



SSFR高 \leftrightarrow SNIa rate高

ダストに埋もれたものはたくさんあるに違いない

何%が埋もれているのか???

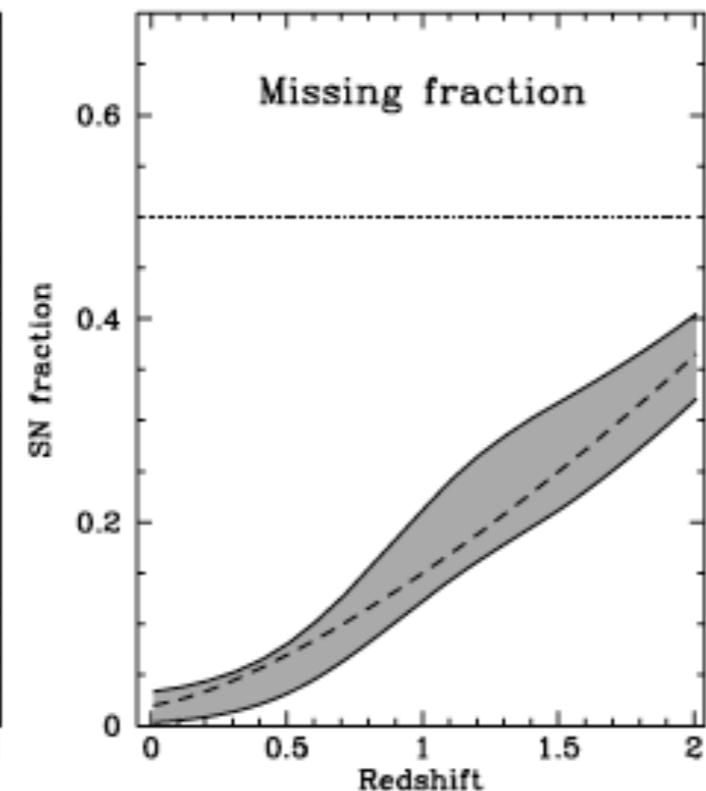
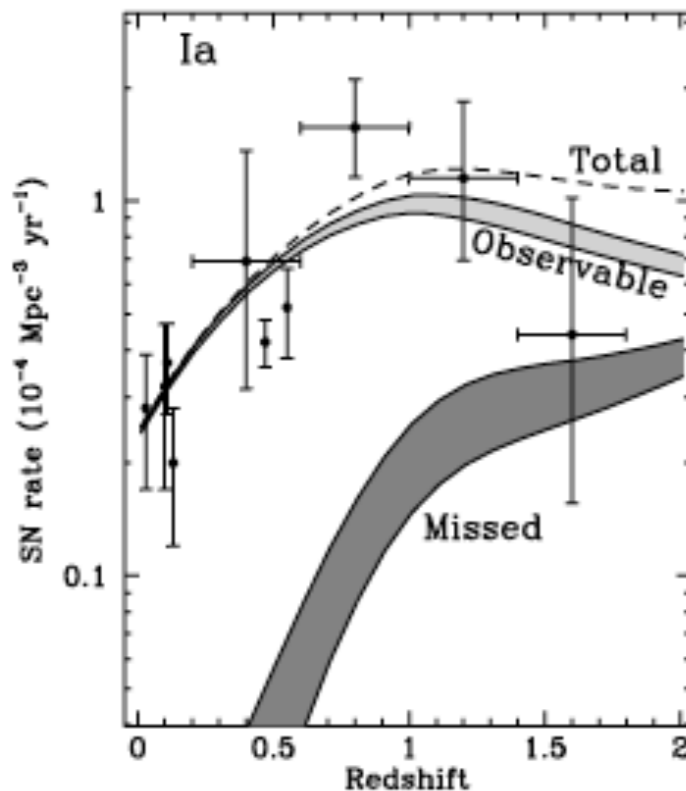


- LIRG/ULIRGは、特にhigh-zでcosmic star formation rateへの寄与大 (↑)

- 近傍ではLIRG/ULIRGの存在数自体が少ないためmissing fraction (←)は小さい。

- high-z CCSN rateはSFRから換算される値の半分?

- obscured SNe = obscured star formationを理解するにはまずは近傍から



何%が埋もれているのか???

「近傍でさえもよくわかっていない。」

- + これまでの超新星サーベイの大部分は可視 --> 近赤外で
- + 広視野カメラを、ある程度専有的に、フレキシブルに望遠鏡を使えないと、超新星探査は難しい。
 - 専用望遠鏡: Palomar Transient Factory (PTF), Catalina Real-Time Transient Survey (CRTS), SkyMapper, SDSS-II, Pan-STARRS, LSST, ...
 - deepサーベイとのデータ共有: HST/WFPC2, ACS, Subaru/Suprime-Cam, Subaru/HSC, Supernova Legacy Survey (CFHT/MegaCam), ...
 - その他: KISS (Kiso KWFC Supernova Survey), ...

NIR survey for Obscured SNe

あまり系統的にサーベイされた結果はpublishされていない。

(思ったように見つかっていないから???)

+ Richmond+1998:

可視. 5SNe. 142個の近傍starburst. normal galaxyと比べてrateのexcessなし.

+ Mannucci+2003:

2.2um. 46個のLIRG. 4個の超新星。L(FIR)からの予想よりfactor3-10少ない。

+ Mattilla+2007:

VLT/NAOS/CONICA AOでKバンド. SN2004ip発見. $A_v \sim 40\text{mag}$.

+ Vaisanen+2010:

近傍LIRG/ULIRG。4つ発見。予想より少ない。

$A_v > 10\text{mag}$ のものも見つかってきたが、rateをきちんと出すまでにはいたっていない

1. large extinction even in K?
2. IMF?
3. SFR?

miniTAO/ANIR(近赤外)で
系統的サーベイをしたい

miniTAO/ANIR observation for SNe in LIRGs

Supernova Capturing survey with ANIR in Dusty And Luminous IR galaxies (SCANDAL)

Target Selection

- + Sanders+2003のULIRG/LIRGカタログ
- + miniTAOサイトの緯度: -22.9864 度からDecが ± 50 度
(+ 今回はRAが18-8h)

Number Estimate

- + SFR[Msun/yr]から#(CCSN)[/yr]へ変換: **0.0109** (Salpeter IMF, $>8M_{\text{sun}}$)
100Msun/yrのSFRの銀河は1年に1個のCCSN
- + L(FIR)からSFRへの換算はKennicutt+1998の式4
- + $R_v=3.1$, $R_k=0.35$ (Cardelli+1989, Table 3): **Vバンドと比べてKバンドは1/10のextinction**
- + CCSNのKバンド等級(Vega)のピークは -19mag とした (Mattila+2001, Table 4)
- + marginは1mag分とった=限界等級より1mag以上ピークが明るくないといけない
- + ANIRの限界等級(AB)はwikiの数字を採用

--> **expected # of CCSNe: 1-2個** (10銀河, miniTAO/ANIR 1ヶ月の観測run)
SNIaは <1 個

リモート観測が本格的に実現後はより大規模に

ANIR WS on August 5, 2011

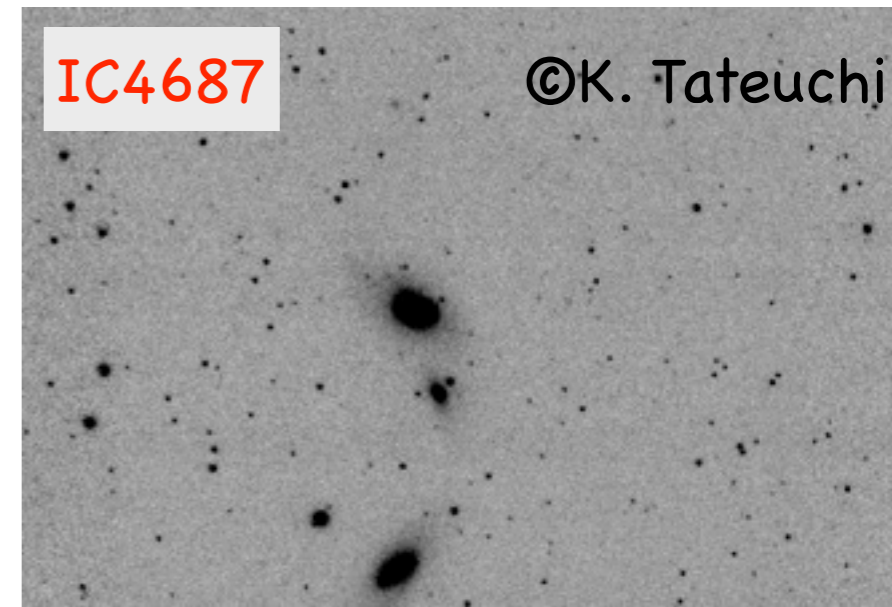
観測strategy

- ひとまず $A_v=10\text{mag}$ まで目指す. 距離 $\sim <100\text{Mpc}$ の LIRG
- 1分 \times 5 dither
- 20天体
- 可視同時観測: K+I
- 超新星候補が発見できたら
 - H+V (extinction見積もり)
 - 十分明るければ可視グリズムで分光 (超新星タイプ同定)
- 希望夜数: 2時間 \times 5回
(観測run中なるべく均等に、なるべく長い期間になるように)
- seeingは多少悪くてもOK ($\sim 1\text{arcsec}$)
- 標準星は必要なし

ANIR Data

○2011A (miniTAO/ANIR)

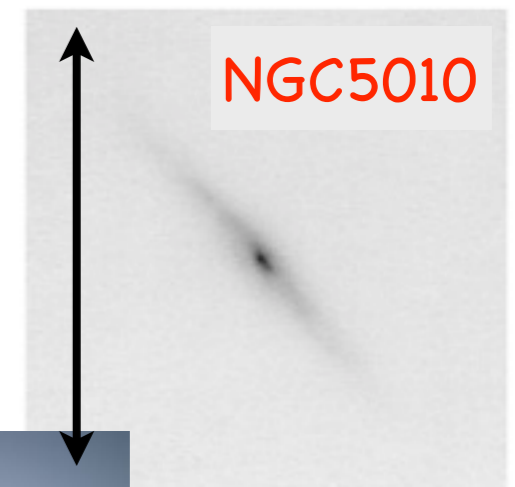
- SN Survey
 - Ks- & I-band
 - 60 sec x 5 dithering positions / epoch
 - 5 epochs: 4/20 (9 LIRGs), 25 (10 LIRGs), 28 (9 LIRGs), 5/9 (0 LIRGs), 5/11 (2 LIRGs), 15 (9 LIRGs)
- LIRG Survey
 - 2 galaxies
 - IC4687@4/24 (540sec@HKs, 1620sec@Pa-off)
 - NGC5257/8@4/26 (540sec@HKs, 3240sec@Pa-off)



○2011/02/17 (IRTF/Spex)

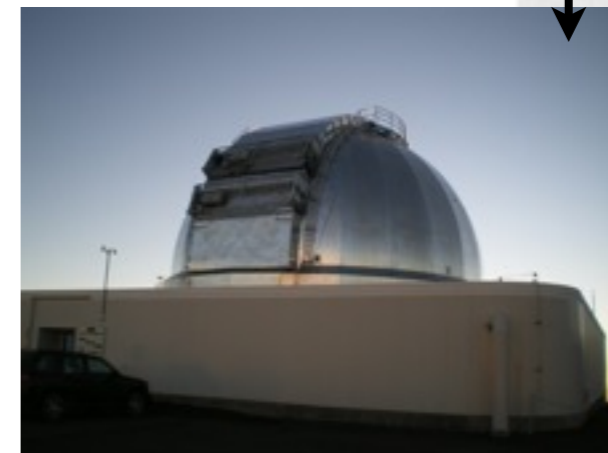
- 4 galaxies
 - NGC5010 (390sec@K), NGC5257 (120sec@K), UGC9913 (210sec@K), NGC6240 (150sec@K)

1 arcmin



○2009/06/12 (miniTAO/ANIR)

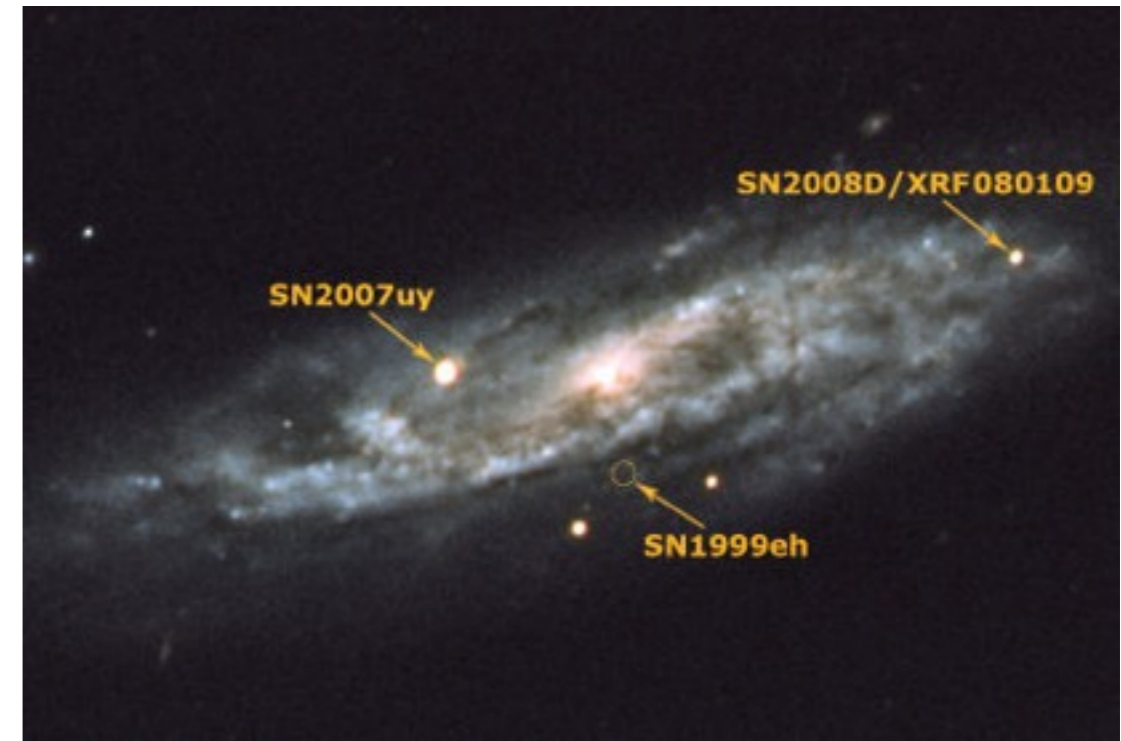
- LIRG Survey
 - 1 galaxy
 - IC4687 (540sec@Ks)



August 5, 2011

ANIR Data Reduction

- SN finding: **no SNe found so far**
 - image subtraction
 - does not work well.
 - different PSF between SN and LIRG Surveys
 - different filter setup: "K+I" vs "K only"
 - cross-shaped PSF in K-band for "K+I" data
 - catalog-based
 - not so good because we need SNe in obscured regions (probably the central parts of galaxies)...
- distortion in optical channel
- optical flat-field (?)

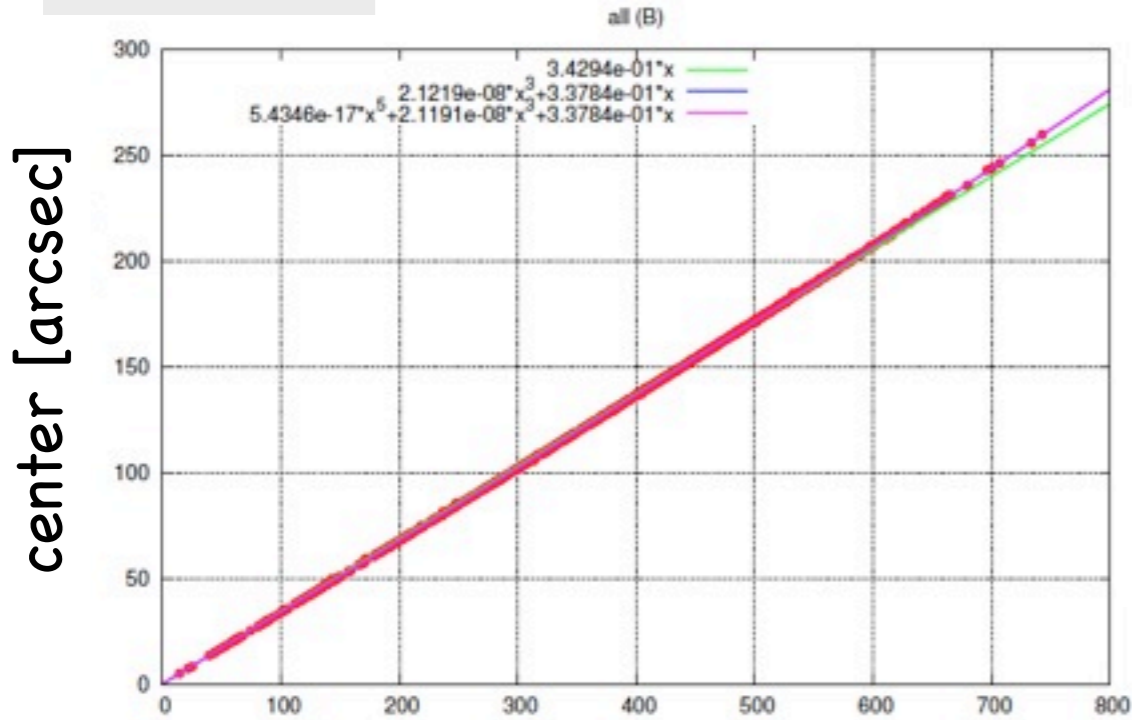


ANIR Distortion (Optical Channel)

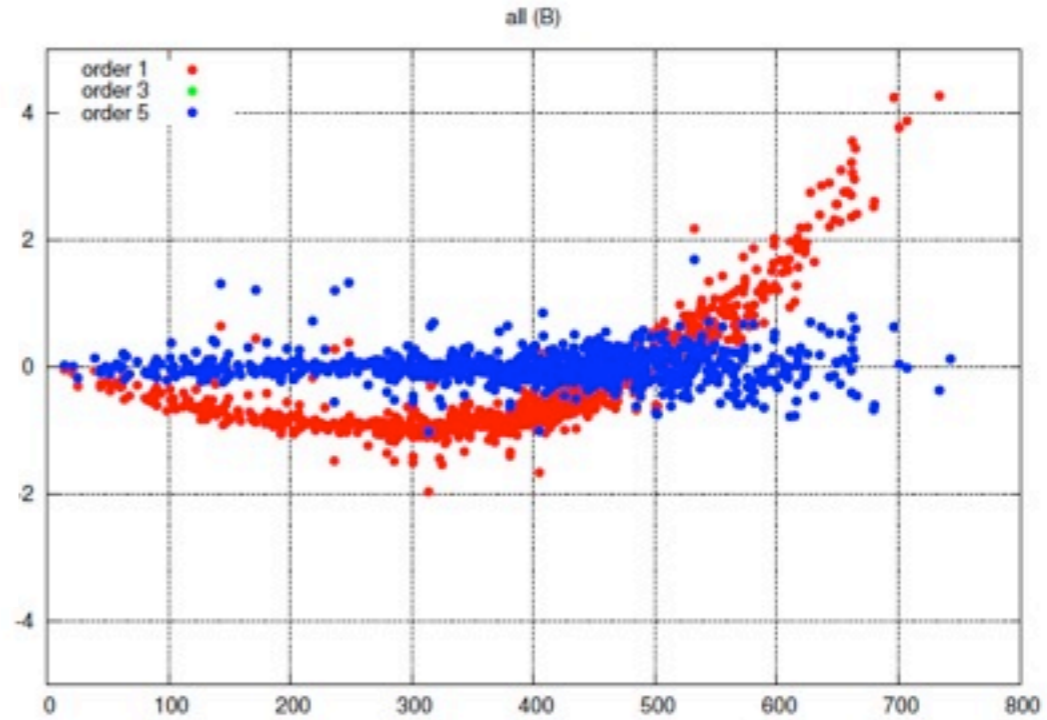
B (5 shots)

3rd-order polynomial

distance from distortion center [arcsec]



residual [arcsec]

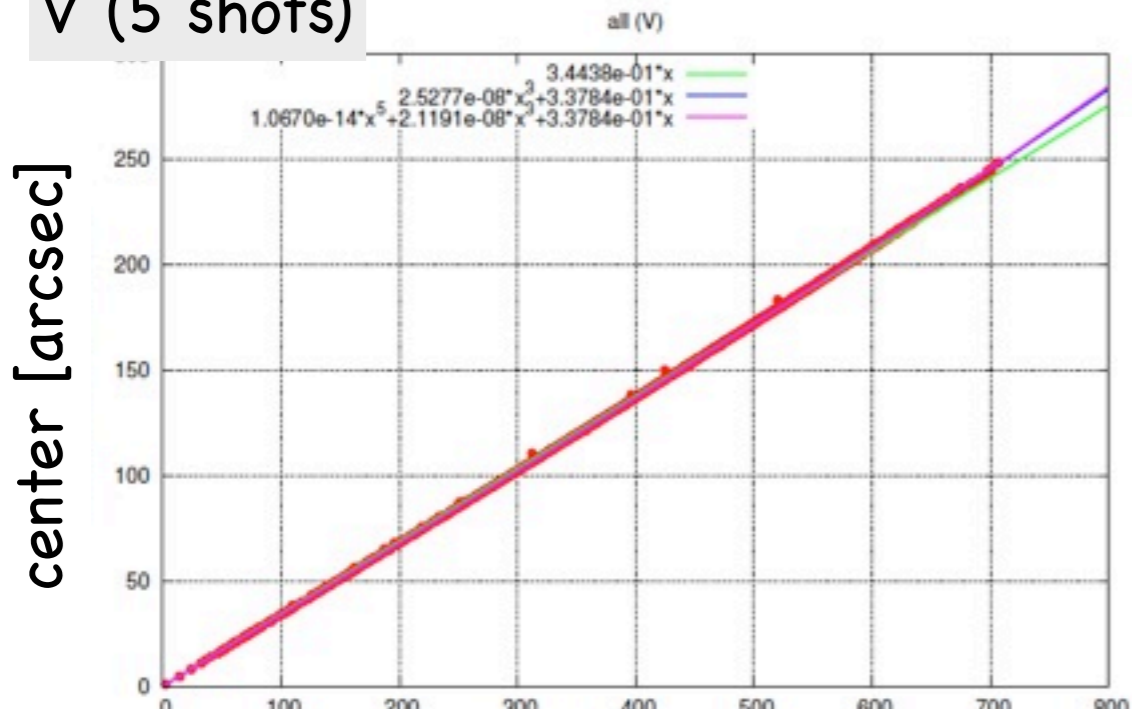


distance from distortion center [pixel]

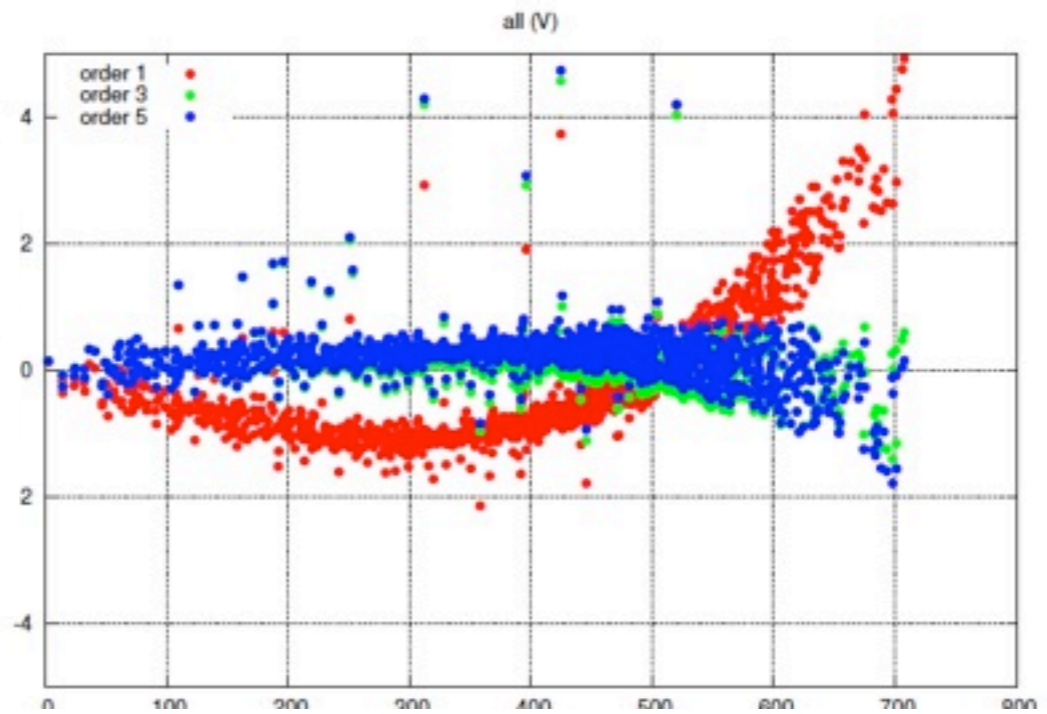
distance from distortion center [pixel]

V (5 shots)

distance from distortion center [arcsec]



residual [arcsec]



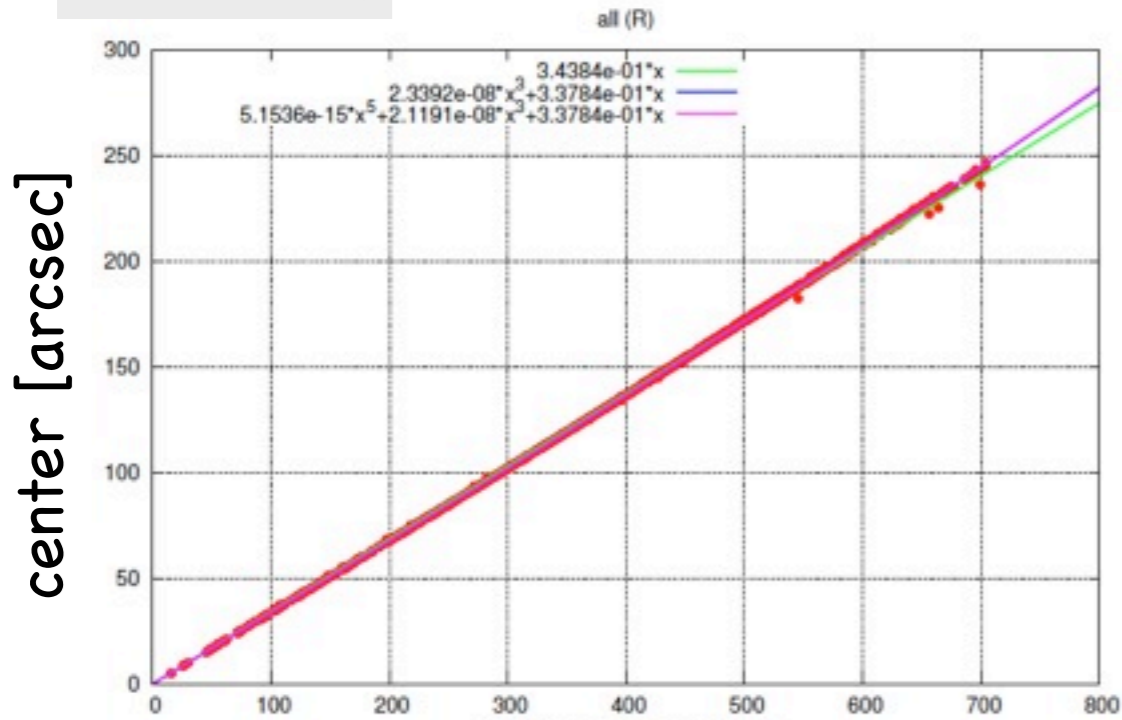
distance from distortion center [pixel]

distance from distortion center [pixel]

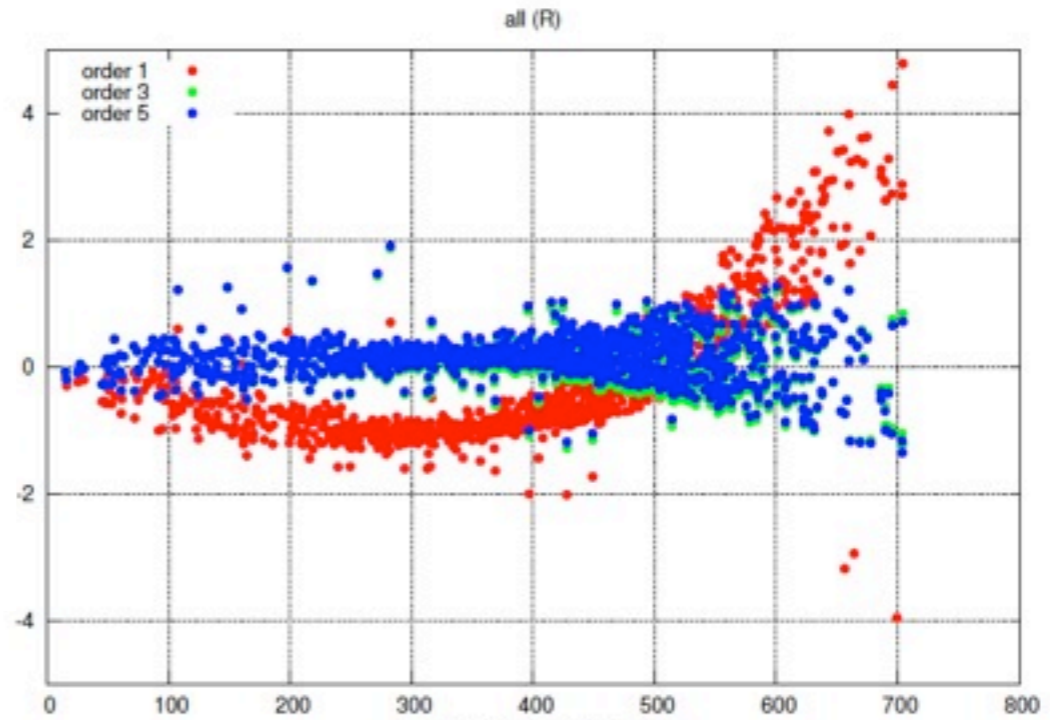
ANIR Distortion (Optical Channel)

R (4 shots)

distance from distortion center [arcsec]



residual [arcsec]

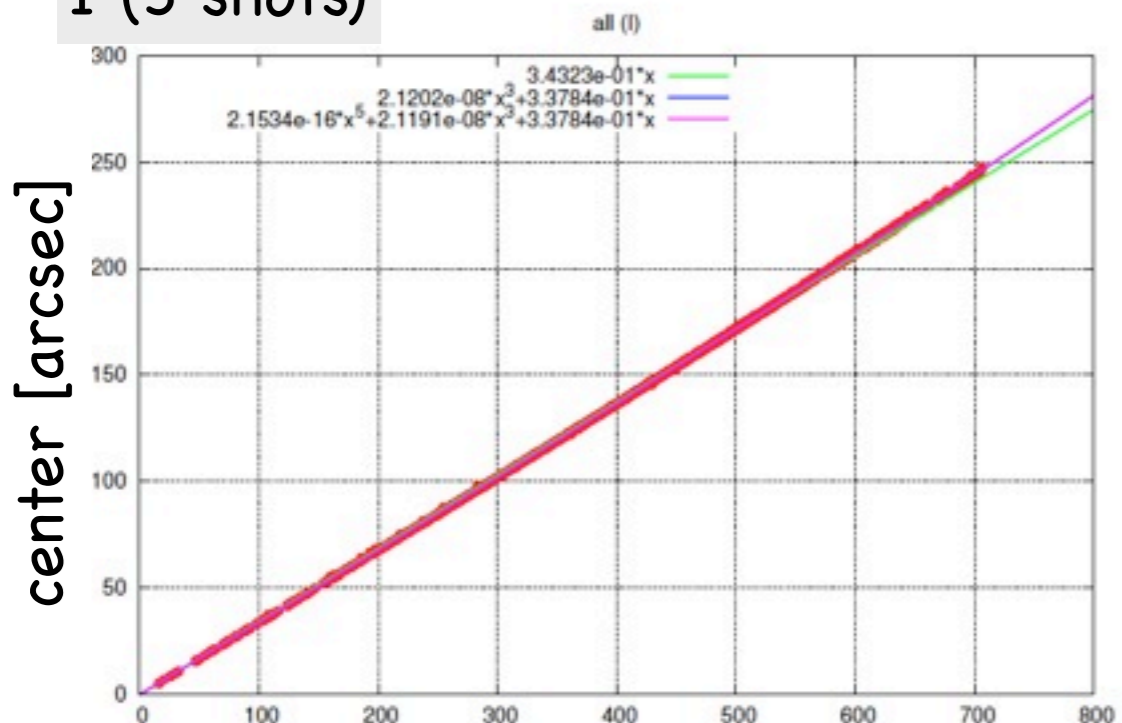


distance from distortion center [pixel]

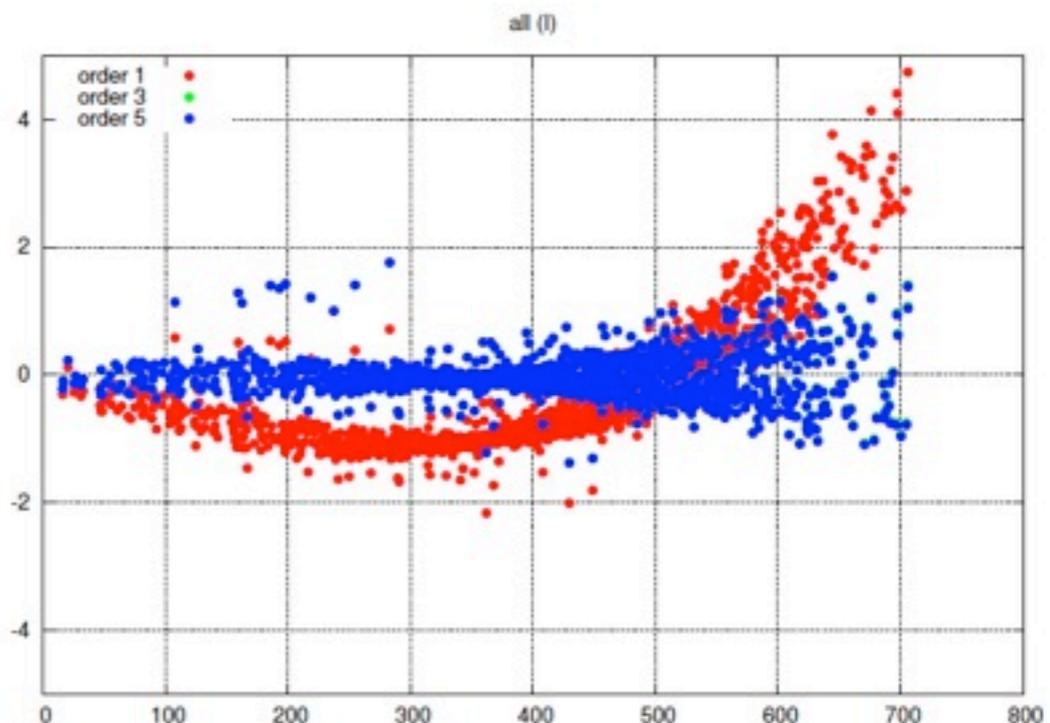
distance from distortion center [pixel]

I (5 shots)

distance from distortion center [arcsec]



residual [arcsec]



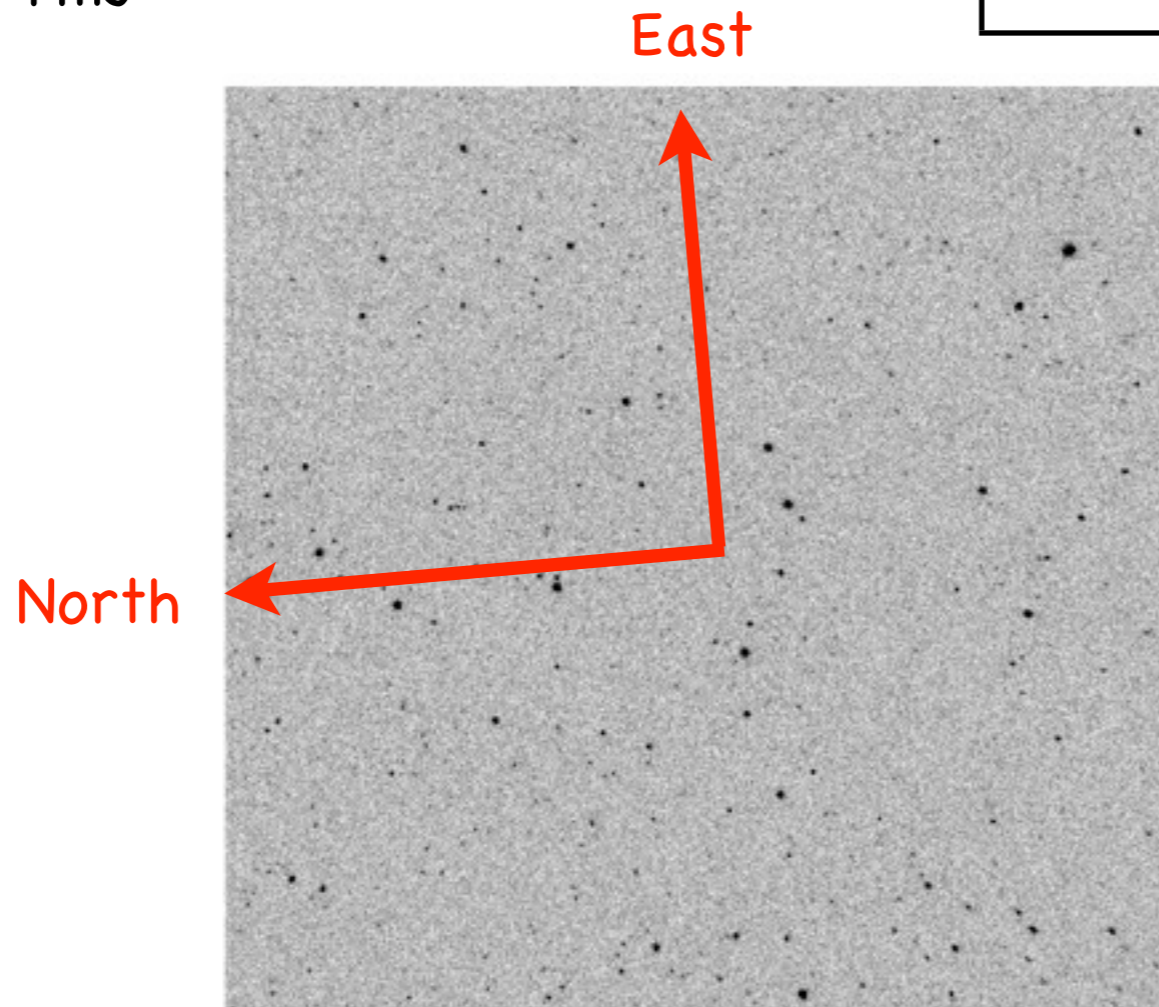
distance from distortion center [pixel]

distance from distortion center [pixel]

ANIR Distortion (Optical Channel)

- 3rd-order polynomial
 - ~3 pixel (~0.6%) at edges
- pixel scale [pixel/scale]
 - 0.3377@BVRI
 - $d_{\text{sky}} = a3 \times d_{\text{det}}^3 + a1 \times d_{\text{det}}$
- rotation: 91.7 [deg]
- 0.2 pixel rms

band	a3	a1
B	2.12E-08	0.3378
V	2.53E-08	0.3378
R	2.34E-08	0.3378
I	2.12E-08	0.3378



Summary

まずは1個超新星を見つけるまで
観測させてください

Summary

- サーベイ名変更: SCANDAL
- miniTAO/ANIRで $A_v \sim 10\text{mag}$ のCCSNをサーベイ。
- 2011/04の観測ラン(後半が曇った)データの簡易解析では見つからず。
- 今のところPignataさんたちの仲間ではありません。
- 超新星発見法(画像引き算、カタログベース)を試行錯誤中
- 可視チャンネルのdistortionは視野端で $\sim 0.6\%$ ($\sim 3\text{pixel}$)