Ia型超新星の色-明るさ関係の多様性を探るSN2018fnfの測光追観測

東京大学大学院
修士課程2年 有馬 宣明

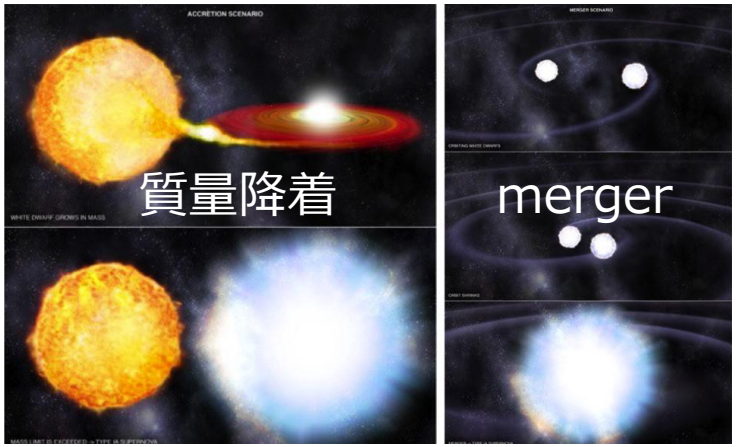
第9回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ 2018/12/25-26 @埼玉大学 大久保キャンパス

Outline

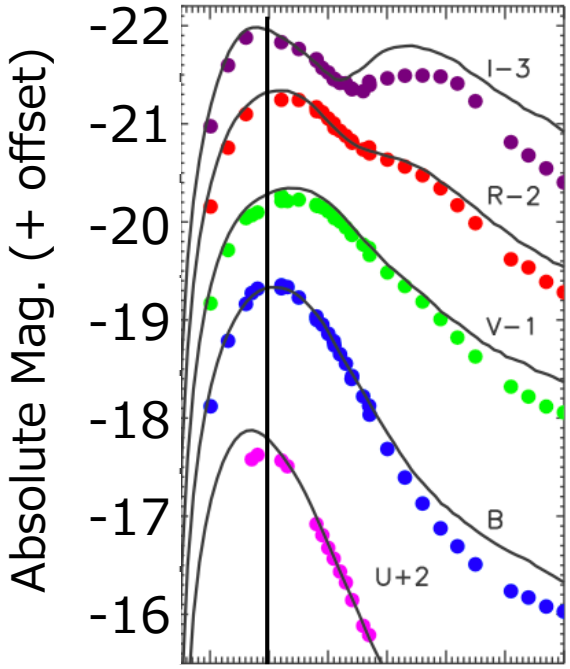
- 本研究の内容
  - Ia型超新星について
  - 色-明るさ関係の多様性
- Ia型超新星 SN 2018fnf
  - 超新星候補の発見
  - 分光観測による超新星同定
  - OISTERによる追加撮像観測
  - 開口測光による解析
- Tomo-e Gozen 超新星サーベイ
- まとめ

Ia型超新星(SN Ia)

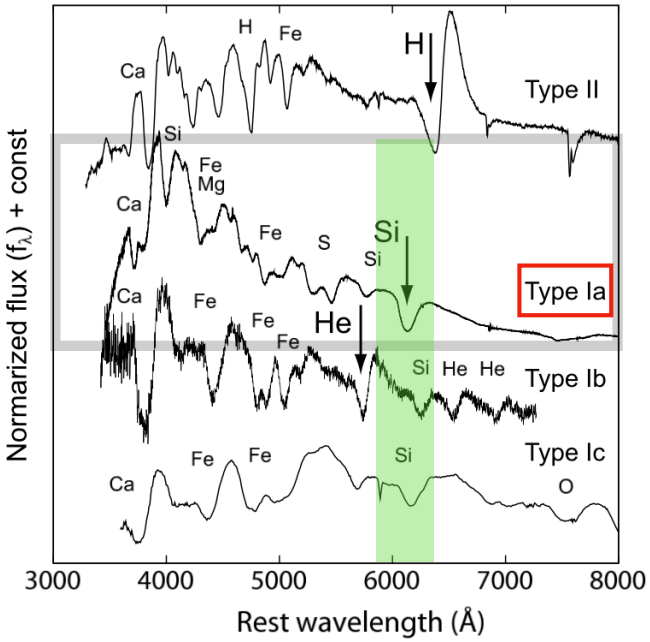
1. Ia型超新星: 連星系にある白色矮星(WD)が起源
   - 伴星からの質量降着 or WD-WD merger (M_{ch} ~ 1.4M_{sun})
2. 最大光度: M_B ~-19.5 mag. ex.) 19mag --> D_L ~ 500Mpc
3. スペクトル: 最大光度付近のケイ素 SiII (rest 6355 Å) 吸収線



(c): NASA / CXC / M. Weiss.



Woosley et al. 2007



Filippenko, A.V., 1997

Ia型超新星(SN Ia)研究の重要性

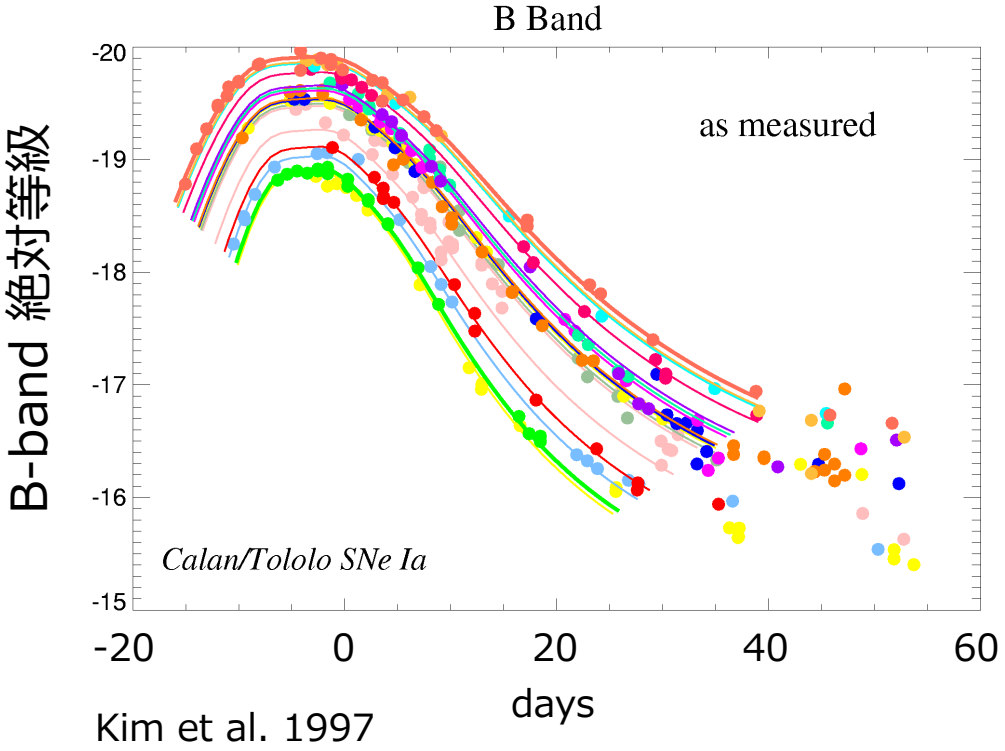
- 物理的側面:
  - 連星系の形成・進化及び、thermonuclear physicsの理解
- 銀河進化:
  - 他の種類の超新星よりも効率よく鉄族元素を生成
    --> 銀河スケールでの化学(金属量)進化に重要な役割
- 宇宙論:
  - 遠方宇宙 (z ~1)での標準光源
  - SN Iaまでの距離の精密測定が可能になると・・
    --> 宇宙の構成要素割合、ダークエネルギーの状態方程式の制限

My motivation

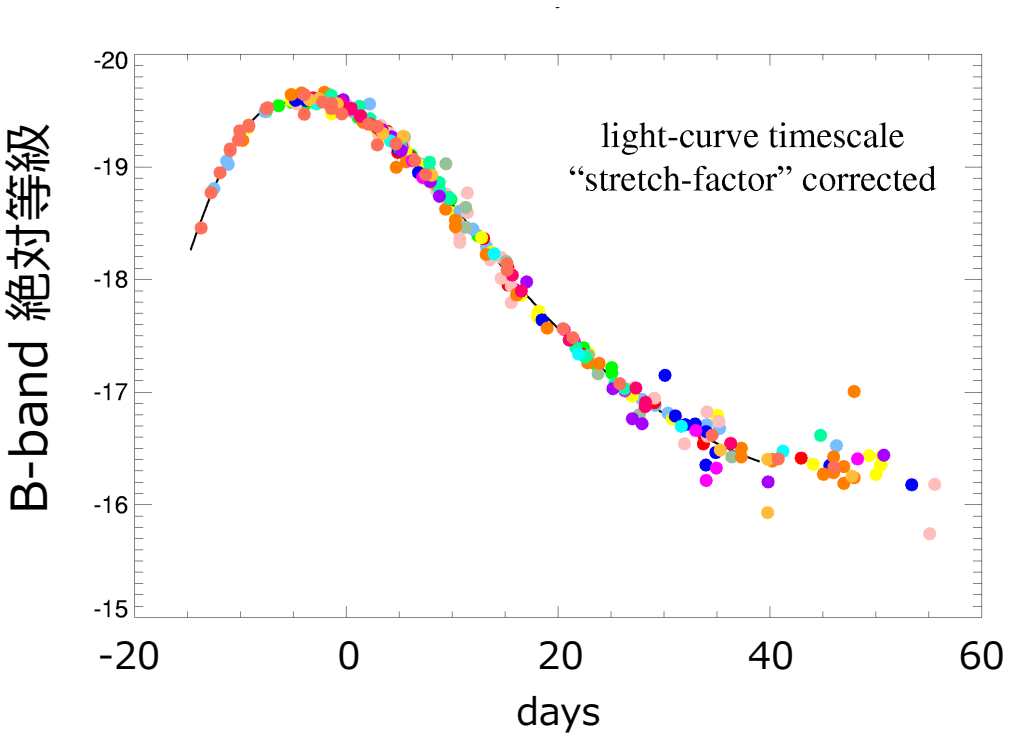
- **Ia型超新星のintrinsicな性質の理解が欠かせない**

SN Iaの色/明るさに見られる多様性

- 光度曲線-最大光度関係 (=Phillips relation; Phillips 1993)
  - 光度曲線に見られる観測的経験則
  - 光度曲線の幅がbroader --> 明るさがbrighter (narrower --> fainter)
    (最大光度: M_B ~-19.5 mag でほぼ一定)

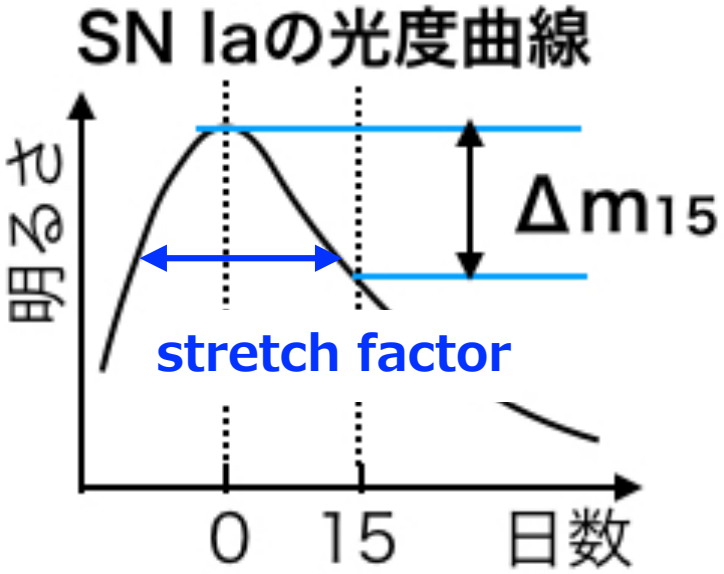


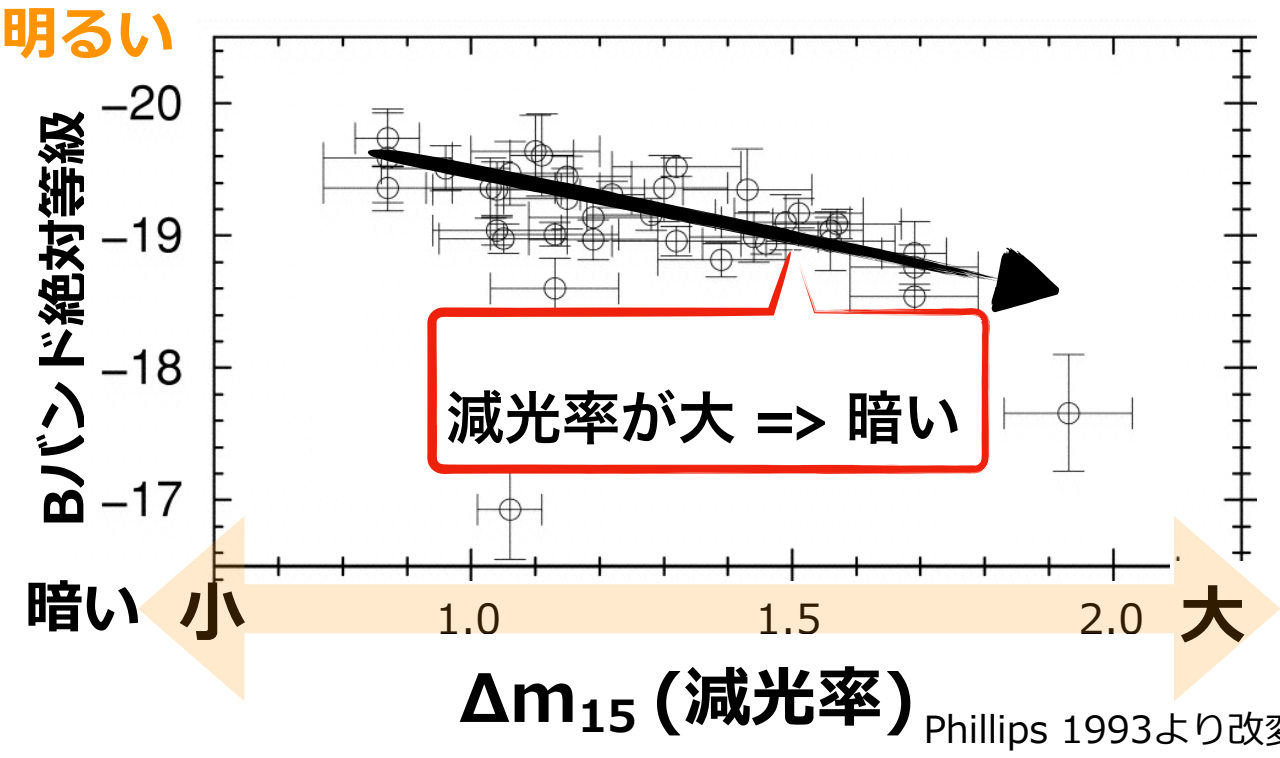
Kim et al. 1997



SN Iaの色/明るさに見られる多様性

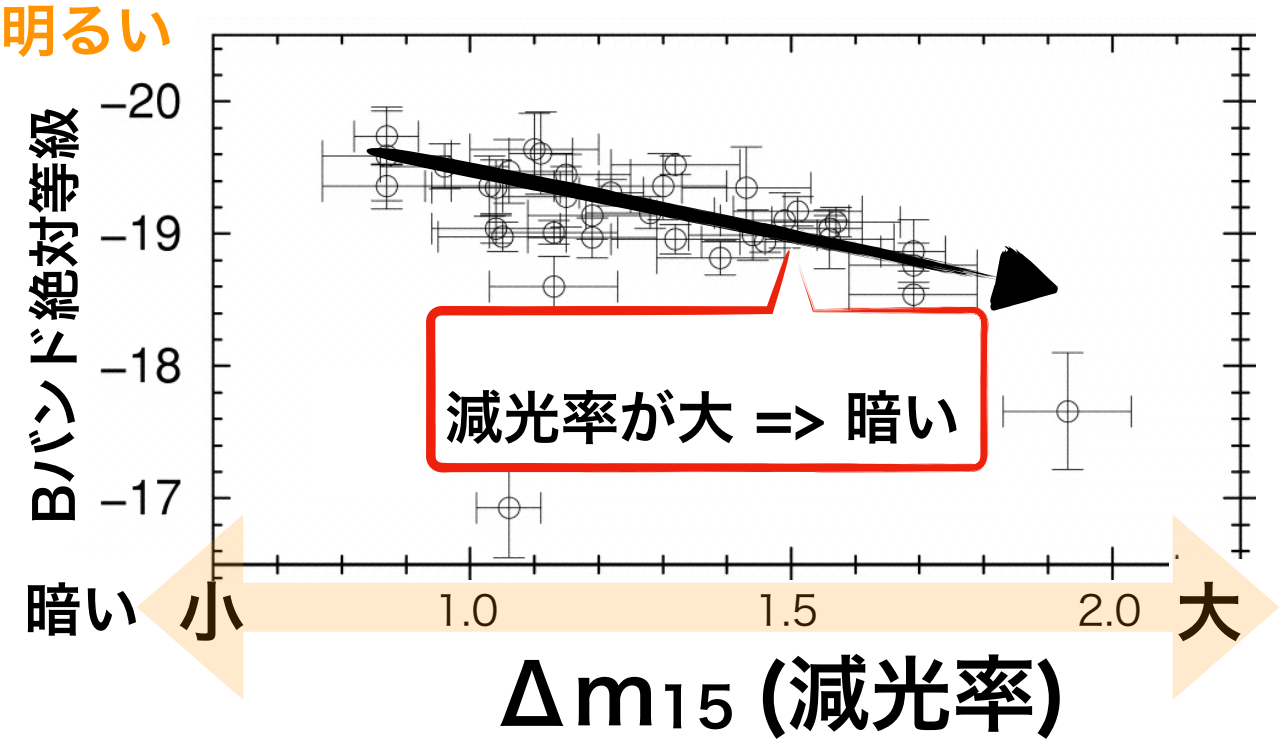
- 光度曲線-最大光度関係 (=Phillips relation; Phillips 1993)
  - 光度曲線に見られる観測的経験則
  - 光度曲線の幅がbroader --> 明るさがbrighter (narrower --> fainter)
    (最大光度: M_B ~-19.5 mag でほぼ一定)





Phillips 1993より改変

SN Iaの色/明るさに見られる多様性

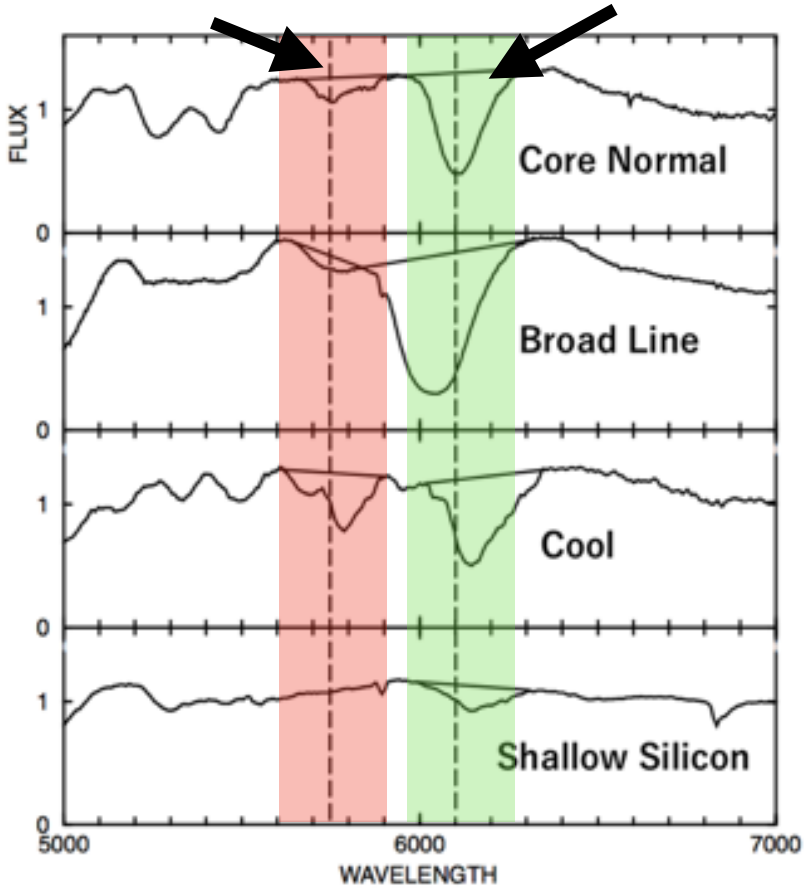


Phillips relationに見られる相関とばらつき

超新星固有の(=intrinsicな)性質の多様性??

Branchによるスペクトル分類

- Branch+2009：2本のケイ素 **SiII(5750, 6100Å)**吸収線の**等価幅**によるIa型超新星の分光学的分類

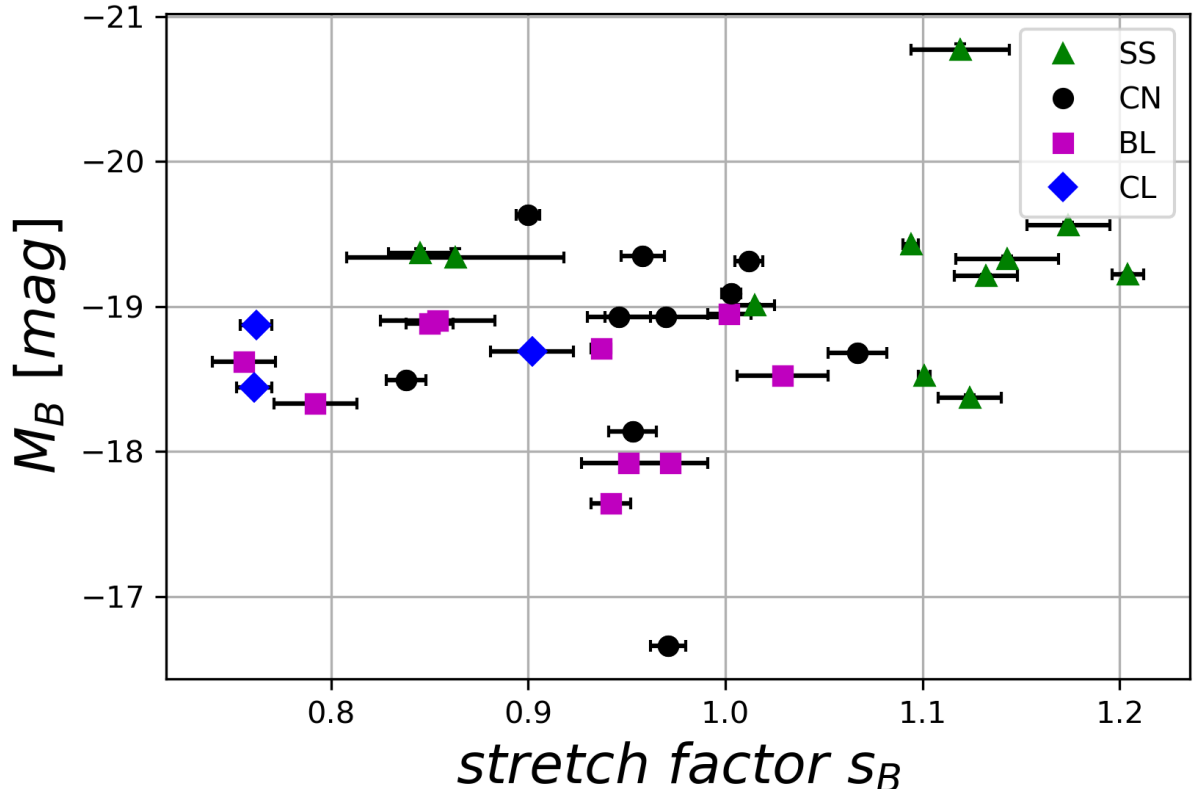


4種類に分類

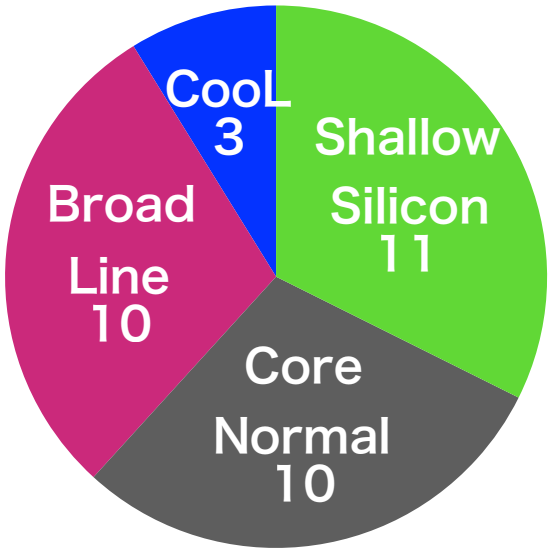
	Branchによる分類	SiII 5750	SiII 6100
1	Core Normal	中	中
2	Broad Line	中	大
3	Cool	大	大
4	Shallow Silicon	小	小

現在の研究経過

- 解析データサンプル: アーカイブから得た計34個のサンプル
  - s(B)-colorや、s(B)で補正したM_B-colorから色-明るさ関係を考察中
  - スペクトルの照合や膨張速度、母銀河カラーをチェック(今後)



データ数の内訳



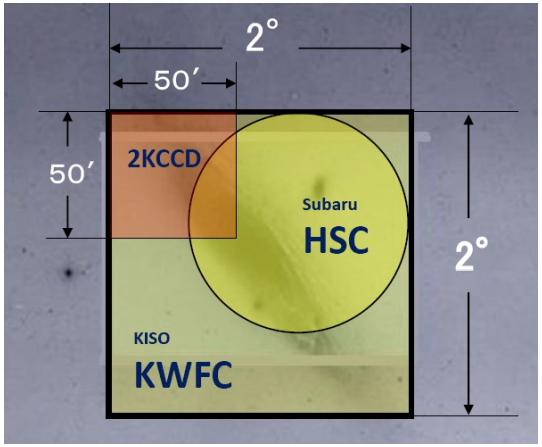
CooLサンプルが不足

Ia型超新星 SN 2018fnf

- 超新星候補の発見
- 分光観測による超新星同定
- OISTERによる追加撮像観測
- 開口測光による解析

SN 2018fnf: 超新星候補の発見

- 東京大学木曽観測所105cm 望遠鏡/KWFC による超新星サーベイ
  - 期間: 2018/08/15-22, 08/28-9/03
  - 視野: ~ 4.6 deg^2
  - フィルター: SDSS g-band
  - 積分時間, 限界等級: 180sec, ~20mag @5σ
  - 観測領域(のべ): ~ 1500deg^2 (317 fields)



- 超新星pipelineで処理された引き算後の画像を目視でチェック
  - 諸隈さん, Jiangさん(D3)のクロスチェック
  - 超新星候補は(多めに見て)5天体ほど
  - 最終日(9/3)に発見した候補 -->次ページ

105cm シュミット望遠鏡

SN 2018fnf: 超新星候補

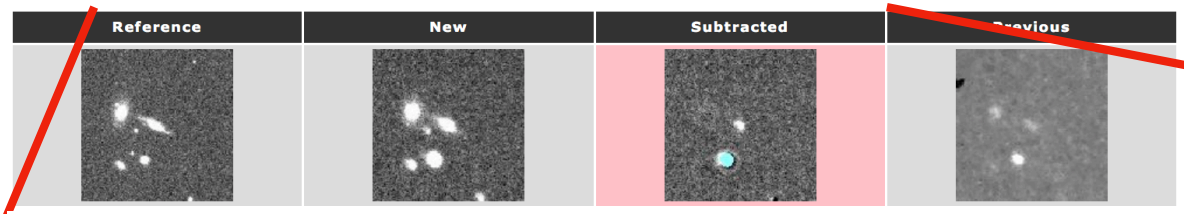
SDSS 画像との引き算パイプライン

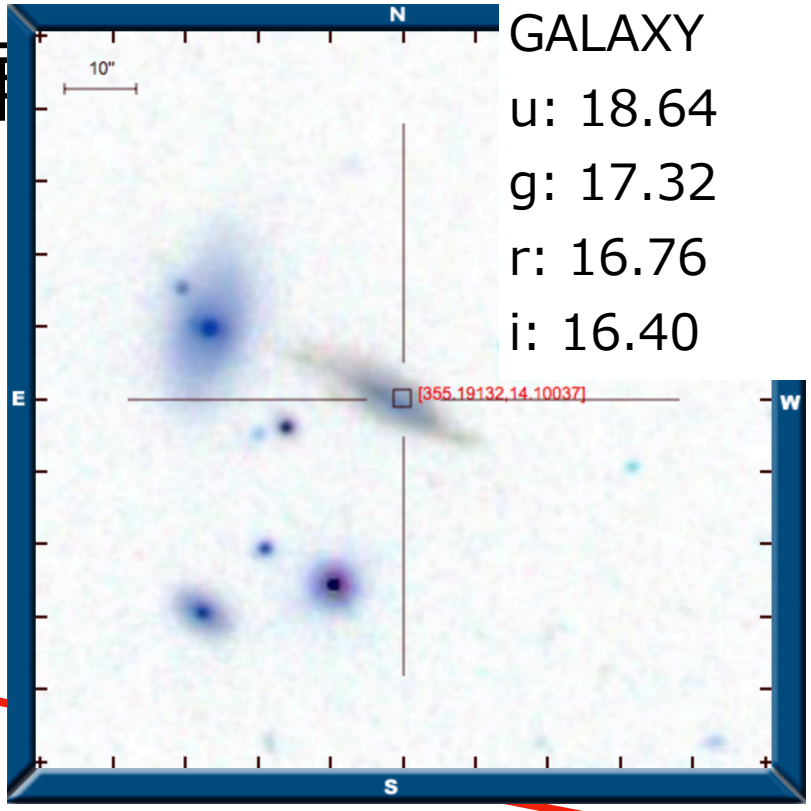
観測日: 2018/9/3, 領域名: KSFJ2345+1448

Position	Position (decimal degree)
23:40:45.92 +14:06:02.1	355.191321 14.1005761

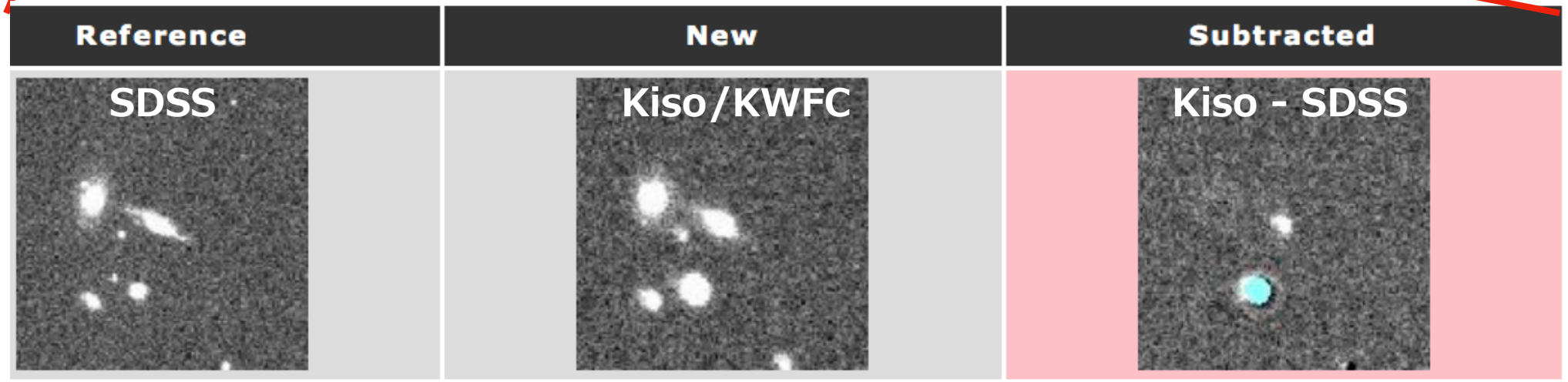
mag (m0=28.5)	S/N	FWHM (pix)	FWHM/av	a/b
18.1198 +- 0.032	33.90	6.75	1.33	1.303

Images



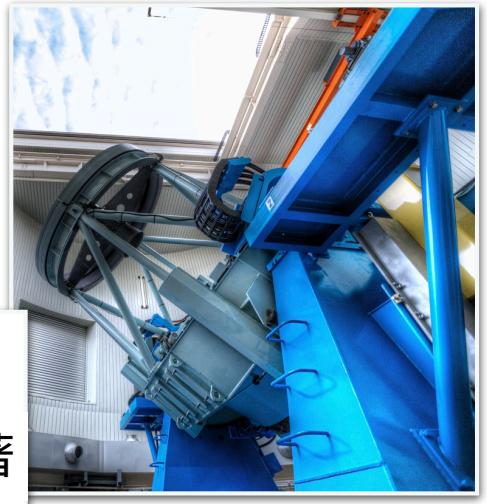


GALAXY
u: 18.64
g: 17.32
r: 16.76
i: 16.40



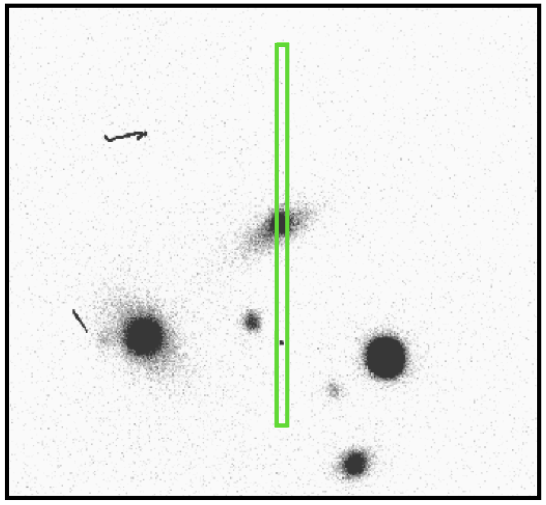
SN 2018fnf: 分光観測による超新星同定

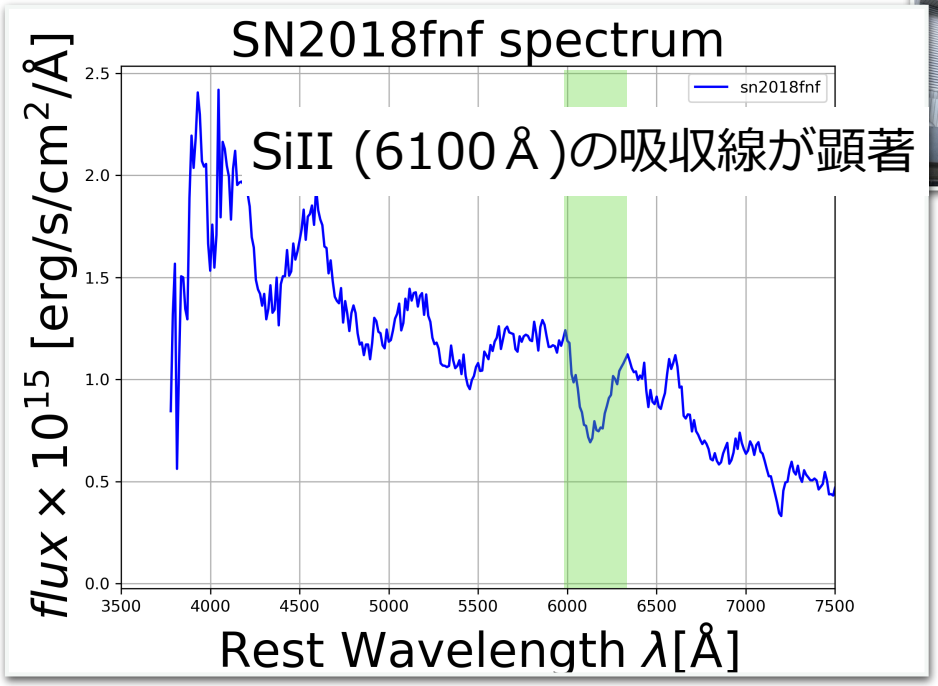
- 西はりま天文台 2mなゆた望遠鏡による共同利用観測
  - 観測期間: 2018/9/4-7(後半夜) --> 9/5のみ観測実施
  - 観測装置: LISS(東大持ち込みの撮像・分光装置)
  - GRISM-L(R~120), 600sec x 1 + 1200sec x 2



なゆた望遠鏡

2" slit 導入時

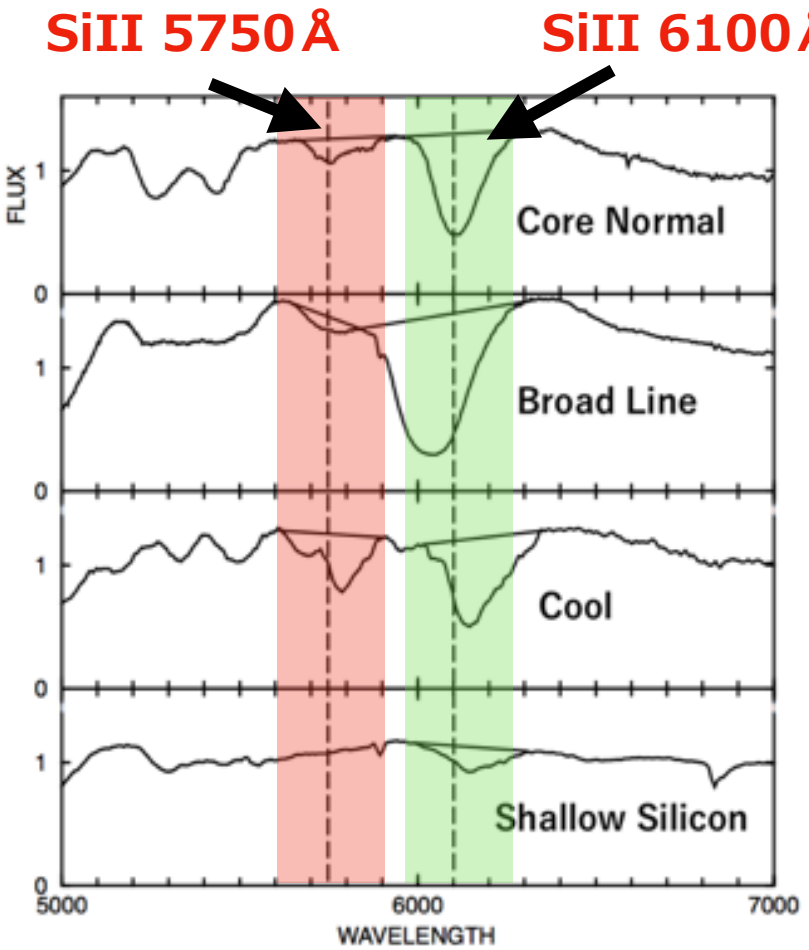


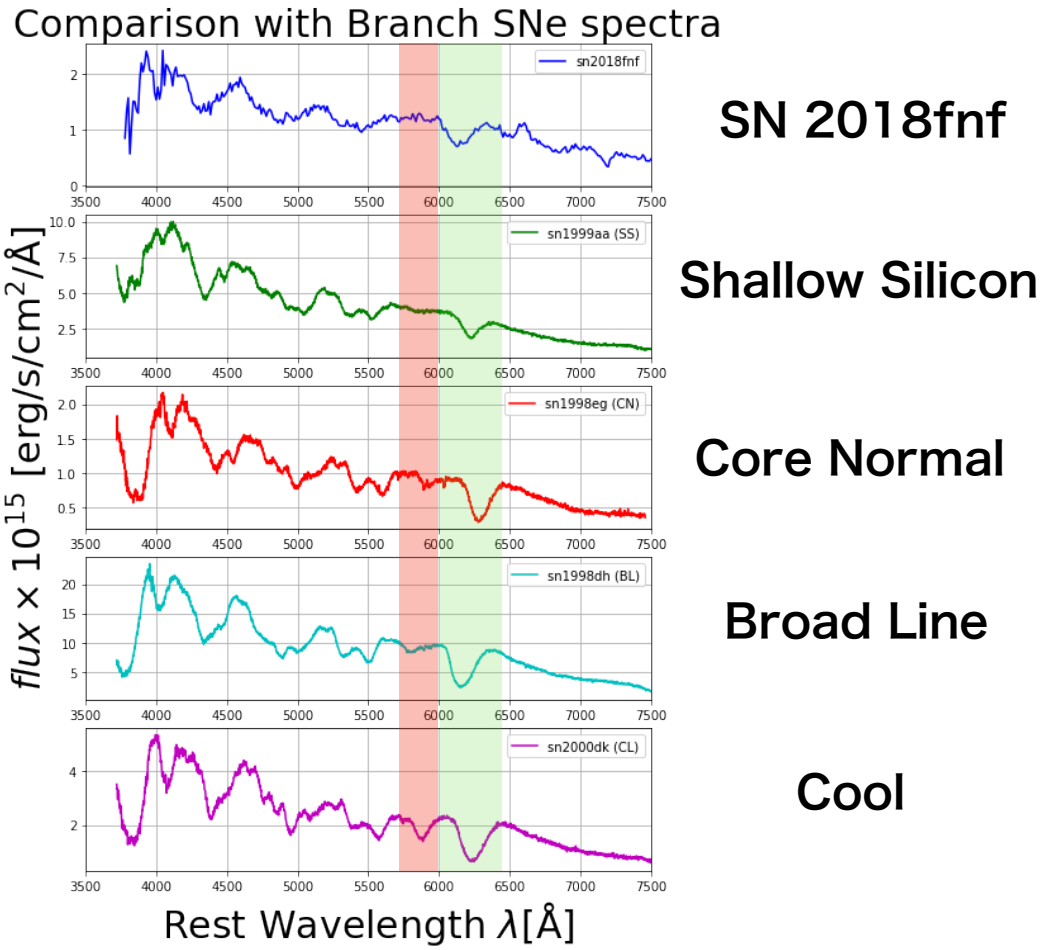


--> RA, Decを調べると、ATelで報告のあったSN2018fnf (type Ia)であった！(独立発見)

SN 2018fnf: 分光観測による超新星同定

- Sn 2018fnf: Shallow Siliconと呼ばれるタイプ(高温で明るい)
  SiII (5750Å)の吸収線がほぼ見られない



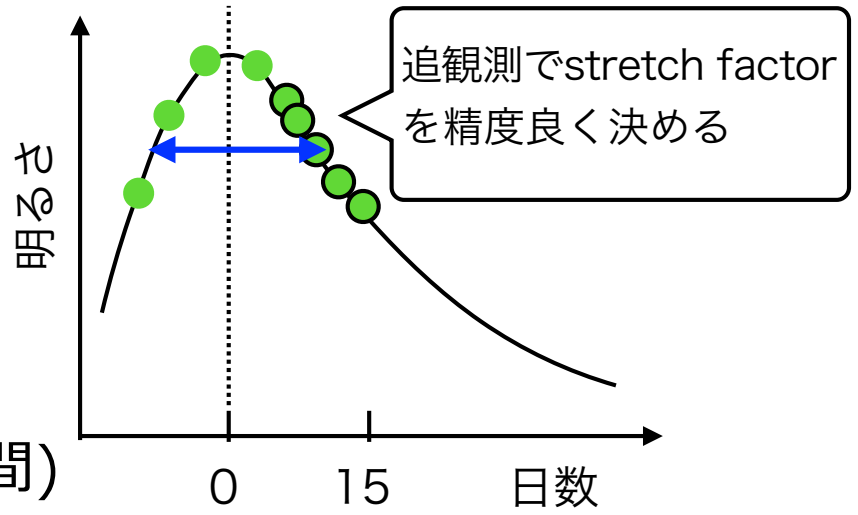


SN 2018fnf: OISTERによる追加撮像観測

「Tomo-e Gozenで発見されたIa型超新星の多バンド撮像/分光追観測」

PI: 有馬 (2018/09/12)

- 追加観測の目的
  - 光度曲線の幅(stretch factor)を決める
    →最大光度後のS/Nの良いデータが
    3点ほど欲しい
  - カラー情報を得る



- 依頼した観測(期間は9/12~21の10日間)
  - MITSuME(明野、石垣)によるg, R, I同時撮像観測
  - 埼玉大学 55cmによるr, i, z同時撮像観測
  - 広島 Kanata 1.5m/HONIR V-band撮像観測
  - 西はりま 2m/LISS g, r-band撮像観測

SN 2018fnf: OISTERによる追加撮像観測

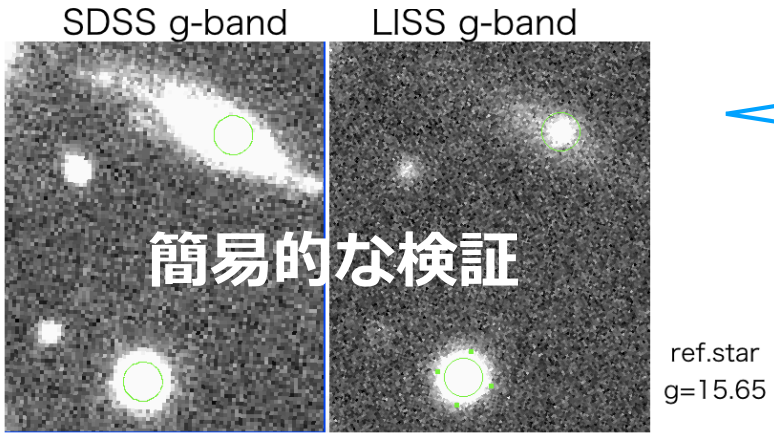
OISTER追加観測

観測装置/日付	8/21	8/30	9/3	9/5	9/10	9/12	9/16	9/17	9/18
ZTF (g-ZTF)	○ 20.72	○ 18.74							
Kiso (g)			○ 18.12						
西はりま(g,r)				○ 分光			○		
明野 (g,R,I)					○	○			
石垣 (g,R,I)						○	○	○	
広島 (V)							○		○

SN 2018fnf: 開口測光による解析

- 測光解析の課題点(未補正な点)
  - 母銀河fluxのコンタミネーション
    - 観測所ごとのシーイングの違い
  - 装置間の感度の違いによる系統誤差

9/5 @西はりま



SN position: 21.063 count　SN position: 7898.41 count
ref. star:　515.124 count　ref. star:　69354.2 count

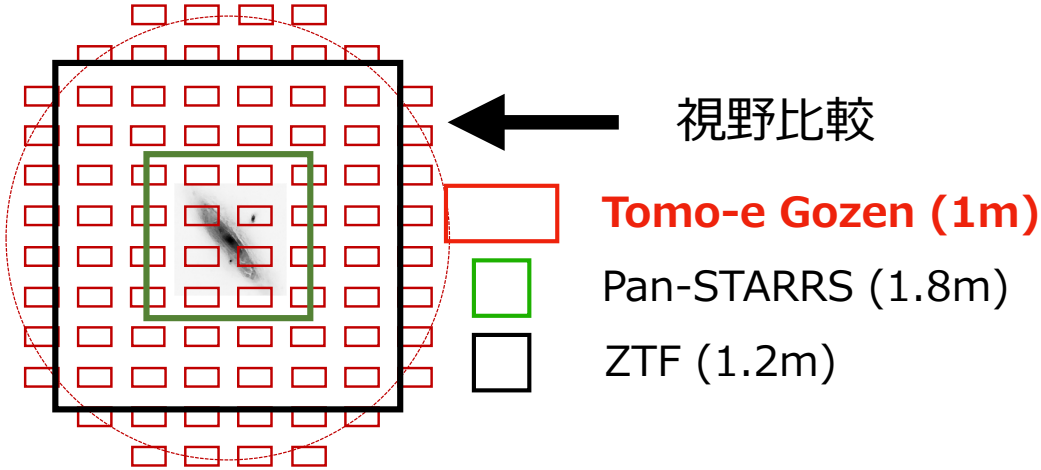
SDSSとLISSのg-bandの撮像データから、等級が既知の星の値を用いて各々の画像のSN位置のfluxを求め、LISSのSN位置からSDSSのSN位置のfluxを差引くことで、母銀河のfluxの寄与を差引いた。

m_{host_sub} = 18.49mag

m_{no_sub} = 17.83mag

Tomo-e Gozen 超新星サーベイ

- **東京大学木曽観測所1m シュミット望遠鏡搭載CMOSカメラ**
  - FoV: 20 deg^2 (full sensors)
  - fps: 2 frames/sec (=0.5sec)
  - m_{lim}: ～19mag (5σ)



- **超新星・NEO サーベイの実施**
  - 11月上旬～1/4センサ(5 deg^2)での観測
  - Pan-STARRS画像との差分パイプライン--> 一部の領域は完了(諸隈さん＋)

- **分光/多色撮像フォローアップ**
  - OISTERの国内望遠鏡によるToO観測を依頼

まとめ

- **本研究の内容**
  - スペクトル分類を用いたSN Iaの色-明るさにおける多様性を探る研究
    <-- 宇宙論のためのSN Iaの精密な距離測定の実現のため
  - 等価幅が精度よく測れられている(利用可能な)一部のサンプルが不足
- **SN 2018fnf**
  - Kiso/KWFCの最終ランで発見し、なゆた2m/LISSで
    独立分光同定に成功したIa型超新星 (恐らくShallow Siliconタイプ)
  - OISTERによる撮像追加観測(g, r, V, R, I-band)
    -->ご協力いただきありがとうございました。
  - 測光解析(現在g-bandのみ)
    --> 母銀河のコンタミ、装置間の感度補正など課題あり
- **Tomo-e Gozen超新星サーベイ**
  - 11月上旬から1/4センサで実施(年末まで). 超新星パイプラインも作成中