

なゆた望遠鏡LISS・NICを用いた II型超新星KISS15sの分光同定及び追観測

Kokubo et al. 2019, ApJ, 872, 135

小久保 充 (東北大学 学振PD)
諸隈智貴, 田中雅臣, 富永望, KISSメンバー

2019年度せいめいユーザーズミーティング (第29回光赤外ユーザーズミーティング), 2019年8月7-8日

II型超新星(SN II)

- II型超新星イジェクタと濃い星周物質(CSM)の相互作用して明るく輝く (全II型SNの~10%)
- 衝撃波: 力学エネルギー
→ 強い可視連続光、水素輝線放射
- II型の中にも多様性
— 明/暗、光度曲線の形/期間、水素輝線profile ...
- SN 1988Z-like ← this work
- SN 1998S-like
- ← 大質量星爆発直前の mass-loss history (=星周物質分布) の多様性を反映

木曾超新星探査 Kiso Supernova Survey (KISS) によるKISS15sの発見

- 東京大学1m木曾シュミット望遠鏡/KWFCを用いた広視野・高頻度超新星探査 [2012年 - 2015年] (Morokuma et al. 2014)
- KISS15s ... 2015年9月18日発見 [g-19等, z=0.038, d_L=150 Mpc]
→ 翌日、2mなゆた望遠鏡/LISSで観測・分光同定

なゆた望遠鏡/LISS によるKISS15sの即時分光

- 共同利用プログラム「KISS超新星候補の即時分光」
— 可視撮像/低分散分光装置 LISSの開発・持ち込み・運用
PI装置[東大 土居氏], 小久保+2015 西はりま天文台紀要
- 2mなゆた望遠鏡/LISSでKISS15sをII型と分光同定 (1988Z-like II)

LISS ref. 小久保+2015 西はりま天文台紀要

- (超)低分散グリズムスリット分光
→ 高sensitivity, 広波長coverage (超新星の分類)
- オートガイダー → 長時間積分

CCD素子	距離ネトニクス完全受光型 2k×1k CCD
データ領域	512x1152×4ch
カバーレージ	48x1200×4ch + 312x85×4ch
ゲイン	2.0 e ⁻ /ADU
読み出しノイズ	~5.0-5.5 e ⁻ (マルチチャージング3回)
ビニング	1×1, 2×2, 4×4
撮像モード	
ピクセルスケール	0.244 Å/pixel
視野	~φ 4角 (円形視野)
フィルタ	B, V, R, I, g, r, i, z, H α , H β , [SII], [SIII]
超低分散 (GRISM-L) 分光モード	
分散	12.4 Å/pixel (1×1 binning)
観測波長域	4000-7000 Å (without LP filter)
低分散 (GRISM-H) 分光モード <td></td>	
分散	2.9 Å/pixel (1×1 binning)
観測波長域	4000-8400 Å
低分散分解率	~400 (2秒角スリット使用時)

追観測: 可視光分光スペクトル

- アパッチポイント3.6m望遠鏡/DIS中 + 高分散分光 (2015年 - 2016年)
- 長期間(~1年)の連続光、バルマー輝線, Ca II輝線
- no absorption, no P-Cygni (II型の特徴)

追観測: 測光 (可視-赤外線)

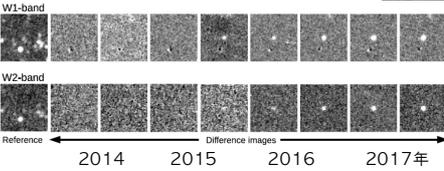
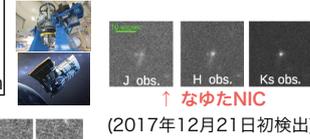
独自データ + パブリックな sky surveys

可視 (g, r, i, zバンド)

木曾/KWFC, Mayall/KOSMOS
SkyMapper, PanSTARRS, DECam

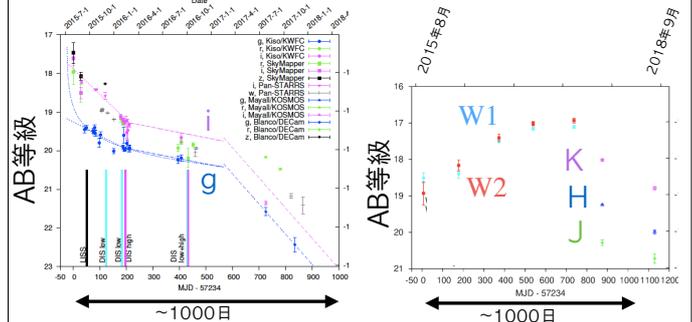
赤外 (J, H, K, W1, W2)

- なゆた望遠鏡/NIC J, H, Kバンド
- WISE/NEOWISE W1バンド: $3.4\mu\text{m}$
W2バンド: $4.6\mu\text{m}$



← WISE/NEOWISE (2015年8月5日初検出)

観測結果: 測光光度曲線 (可視-赤外線)



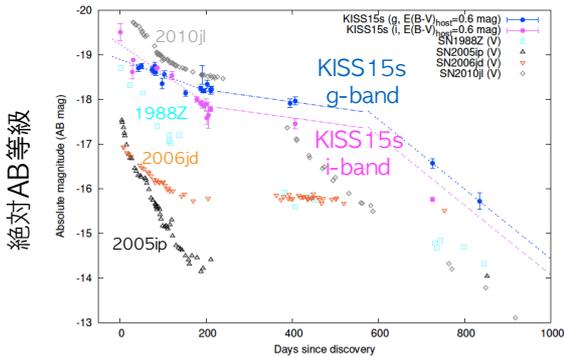
可視光 ($0.4 - 0.9\mu\text{m}$)

- 放射源: 相互作用領域
- 可視は単調減光
- $t > 600$ 日以降に減光が加速

赤外線 ($1.2 - 4.6\mu\text{m}$)

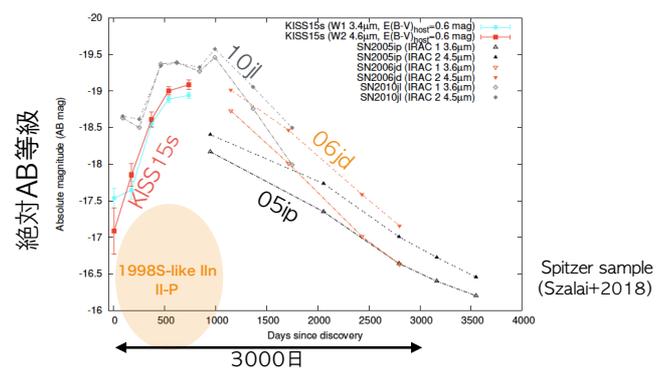
- 放射源: 高温 (1200K) ダスト成分
- 赤外線は ~ 700 日 まで増光
- $t > 900$ 日以降、減光に転換

他の1988Z-like IIIn SNeの可視光光度曲線との比較



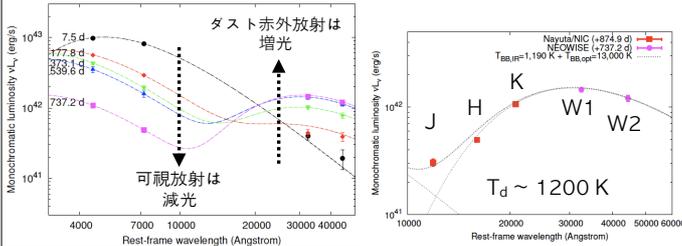
KISS15sは可視で **明るく、長期間持続**
 \longleftrightarrow CSMが濃い or 衝撃波の放射変換効率が高い

他の1988Z-like IIIn SNeの高温ダスト放射 ($3 - 4\mu\text{m}$) との比較



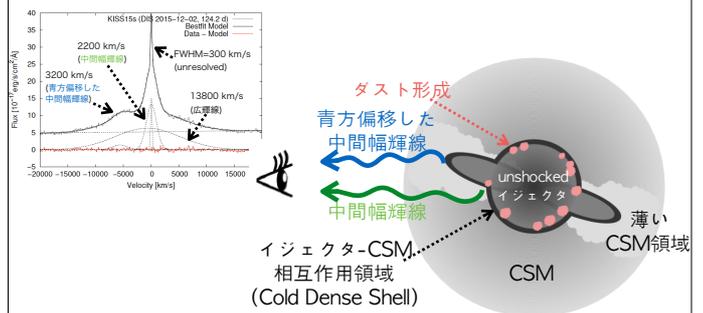
1988Z-like IIIn SNeの赤外線光度曲線に共通の進化? \rightarrow 共通したIR放射メカニズム: **イジェクタ-CSM相互作用領域での新ダスト生成**

可視-赤外線SEDの時間変化 2温度黒体放射フィット



- 可視連続光: $\sim 10000\text{K}$ の黒体
- 赤外連続光: $\sim 1200\text{K}$ の黒体
- ... **ダスト昇華温度に近い**
- ... $\langle Q_{\text{IR}} \rangle \sim 1$, ミクロンサイズの大きいダスト粒子
- \rightarrow **ダスト昇華半径付近で継続したダスト生成 ($> 3 \times 10^{-4} M_{\odot}$)**

可視連続光+輝線+ダスト放射の定性的解釈まとめ: 不均一なイジェクタ-CSM相互作用領域



- \rightarrow Cold Dense Shellにおける強力な放射冷却
- \rightarrow 可視連続光、強いH α 中間幅輝線 + **ダスト形成**

親星のmass-loss rate推定値

$$L_{\text{bol}} = \epsilon \frac{dE_{\text{kin}}}{dt} = \frac{1}{2} \epsilon \frac{\dot{M}}{v_w} v_s^3 \quad \text{から、}$$

$$M \simeq 0.4 M_{\odot} \text{ yr}^{-1} \left(\frac{L_{\text{bol}}}{0.8 \times 10^{43} \text{ erg s}^{-1}} \right) \times \left(\frac{v_w}{40 \text{ km s}^{-1}} \right) \left(\frac{\epsilon}{0.3} \right)^{-1} \left(\frac{v_s}{2,000 \text{ km s}^{-1}} \right)^{-3}$$

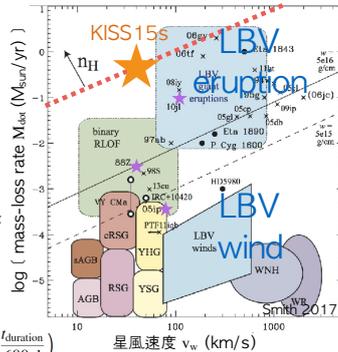
可視光度曲線の急減光時期 ($t \sim 600$ 日) を濃いCSMの境界であるとする...

爆発直前の星風継続時間は

$$t_{\text{wind}} \sim \frac{v_s}{v_w} \times t_{\text{duration}} \approx 82 \text{ yrs} \left(\frac{v_s}{2,000 \text{ km s}^{-1}} \right) \times \left(\frac{v_w}{40 \text{ km s}^{-1}} \right)^{-1} \left(\frac{t_{\text{duration}}}{600 \text{ d}} \right)$$

超新星爆発直前の~100年間 継続したenhanced mass-loss

... 1988Z-like II型に共通らしい (メカニズムは謎)



まとめ

- ・ 木曾超新星候補 → **なゆた望遠鏡LISS**で即時分光同定
→ KISS15s: 1988Z-like SN II型というレアなポピュレーション
- ・ 可視-赤外放射の~3年間の観測
 - ・ 可視は単調減少(~1000日間)、輝線profileは複数コンポーネント
 - ・ 後期に強くなる高温ダスト成分($T_d \sim 1200$ K)
← **新ダスト生成** @ CSM-イジェクタ相互作用領域 ($> 3 \times 10^{-4} M_{\odot}$)
- ・ KISS15sを含む**1988Z-like SNe II型**は、互いに似通った光度曲線/輝線profileの性質を示す
← 1988Z-like II型、II-Pなどとは**質的に異なる親星mass-loss history**

さらなる赤外線の追観測+H α 分光でKISS15sのその後を追跡
(2019年9月~)

(Tomoe超新星 → せいめい分光)