

高輝度赤色新星 M31 LRN 2015 における爆発前天体の観測的研究

広島大学 高エネルギー宇宙可視赤外線天文学研究室 廣地 諄

植村誠, 内海洋輔, 岡部信広(広島大学), 宮崎聡(国立天文台), 安田直樹, 高田昌広(Kavli IPMU), 新倉広子(東大), 千葉柁司(東北大)

序論

高輝度赤色新星とは、普通の新星とは違い、爆発した後に際立った赤色を示し、かつ通常の新星より光度が高いのが特徴である星のことである。しかしながら、観測例も少なく詳しく爆発のメカニズムがわかっていない。今回 2015 年 1 月に M31 LRN (高輝度赤色新星) が爆発した。突発現象のため、爆発後は先行研究がなされているが、爆発前のデータが非常に少ない。幸いなことに、本天体の爆発前の状態がすばる望遠鏡 Hyper-Suprime Camera (HSC)で偶然撮られていた。

本研究の目的は爆発前のアーカイブデータを解析することで、爆発メカニズム解明の手掛かりを得ることである。

使用するデータについて

HSC は 2012 年 8 月からすばる望遠鏡に取り付けられ試験観測が行われてきた。この試験観測中、M31 は HSC の広い視野での結像性能を実証するのに適した天体だったため、2013 年 6 月から 2014 年 9 月にかけて複数回、試験用に観測されてきた。その時撮られた画像に本研究の対象である M31 LRN 2015 もこの視野内に入っていた。通常の望遠鏡・CCD カメラでは視野が狭く、M31 全体を 1 度の観測で撮ることは難しいため、仮に M31 の同時期の画像が撮られたとしても、M31 LRN 2015 がその視野に入っていない可能性が高い。また、爆発前の天体の等級は約 22 等で、この明るさの天体を十分な精度で測定するためには 8-m 級の望遠鏡が必要になる。したがって、すばる HSC の M31 LRN 2015 の爆発前のデータは非常に貴重なものである

解析

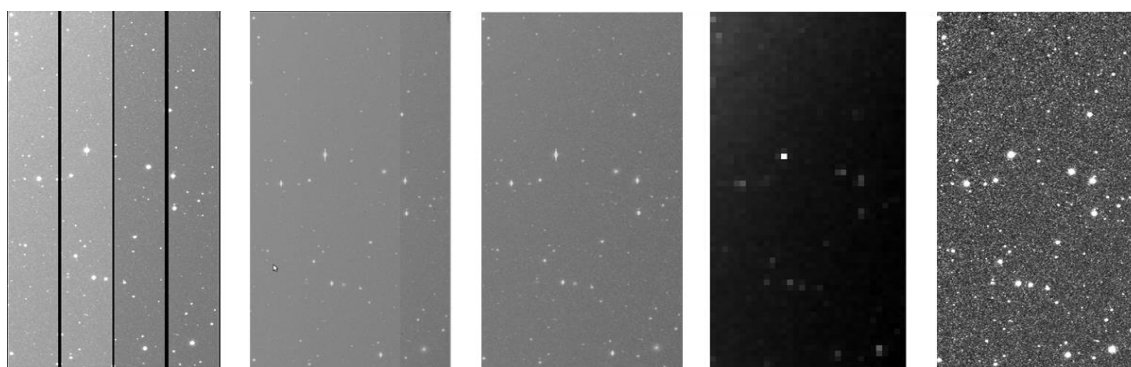


図 1 生データから一次処理画像まで

図 1 は、左から天体の生画像、バイアス引き後天体画像、フラット補正後天体画像、スカイ画像、スカイ引き済み一次処理天体画像を表している。以上の操作をチュートリアル[1]に従って行った。

その後、今回の目的天体 M31 LRN 2015 が写っている一次処理済み天体画像を利用して PSF 測光を行った。また、視野内の他の恒星も測光して HR 図を作成した。

日付	バンド	等級	エラー
2013-06-16	g	22.9	0.1
2013-06-16	g	22.9	0.1
2013-06-16	g	22.8	0.1
2013-06-16	g	22.8	0.1
2014-07-06	g	21.8	0.1
2013-06-17	r	21.4	0.1
2014-11-23[2]	r	19.98	----
2013-06-15	i	21.0	0.1
2014-09-29	i	20.5	0.2

結果

表 1 で今回測定した結果を載せる。私が解析した HSC のデータには、g、r、i の全てのバンドでそれぞれ 385、524、471 日間の間隔をあけて、2 日ずつデータがある。このいずれのバンドにおいても増光が見られ、増光幅は g、r、i バンドでそれぞれ 1.1、1.4、0.6mag である。また表 1 の結果から図 3 にライトカーブを示した。M31 LRN 2015 において、爆発前にこのような増光傾向を検出したのは本研究が初めてである。また、[9] によると、M31 LRN 2015 は 2002—2009 年に g バンドで ~ 22.6 mag と報告されている。図 3 からわかるように、この値

表 1 今回測光したデータは今回測光した 2013 年 6 月の値と誤差の範囲で一致する。したがって、静穏時の等級が g ~ 22.6 mag だとすると、少なくとも 2013 年 6 月まで静穏状態が続いていたことがわかる。

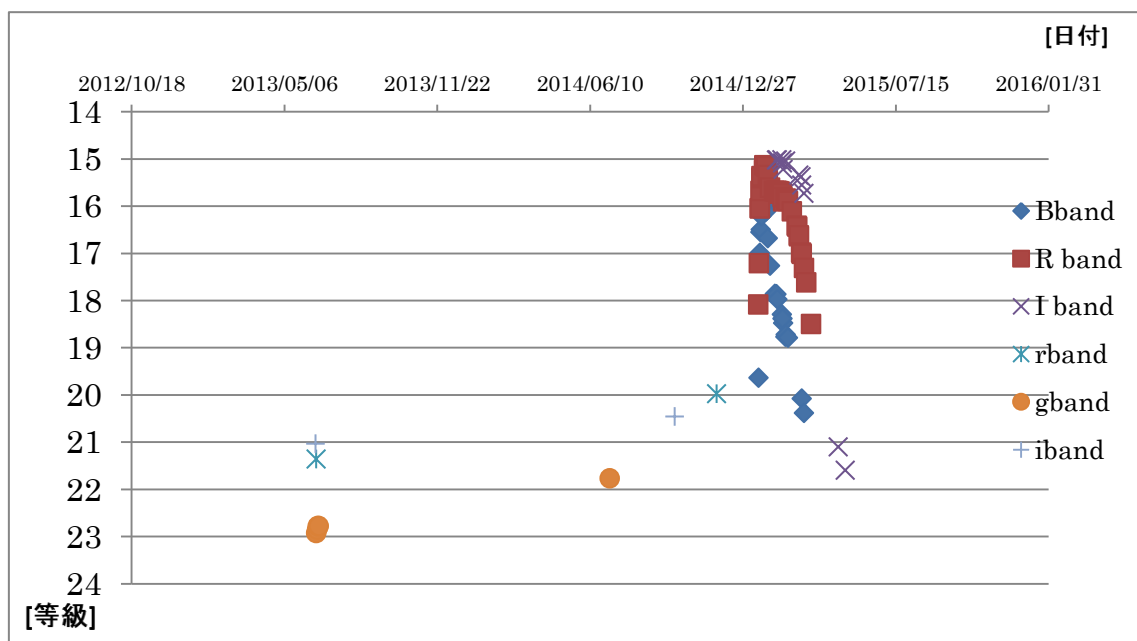


図 3 M31 LRN 2015 の光度曲線[3-8]

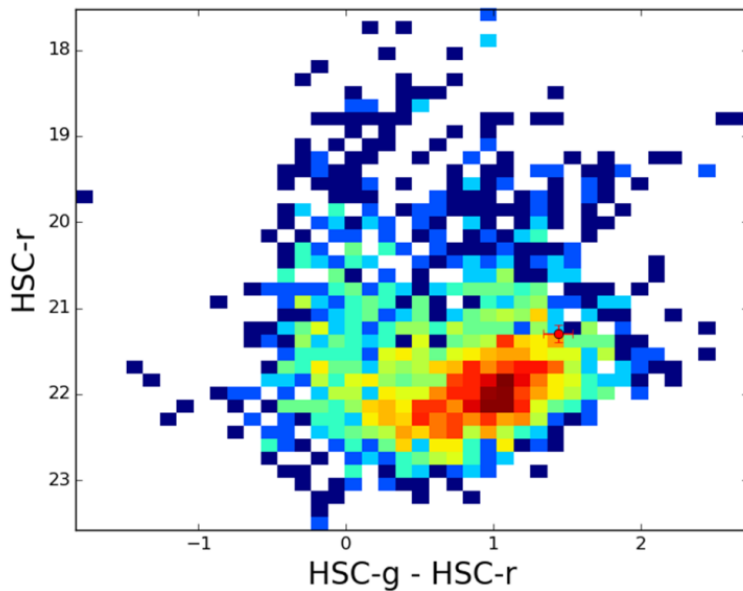


図4 M31 LRN 2015 周辺の星の HR 図

図4 は 2013 年 6 月 16 日に撮られた g バンドと 2013 年 6 月 17 日に撮られた r バンドの画像から作成した HR 図である。図4は縦軸が r バンドの等級、横軸が色指数 $g-r$ である。M31 LRN 2015 が赤点で示されている。カラーマップで示されているのは周辺の測光結果をビンごとの密度で表したものである。

また、赤色で示されている密度の高い部分は赤色巨星分枝であり、M31 LRN 2015 は爆発前、赤色巨星の中でも明るい天体に分類されることがわかった。また本研究で得られた M31 LRN 2015 の爆発前を含む光度曲線(図3)と、先行研究で報告されている V1309 Sco の光度曲線[10]を比較すると、両天体とも、爆発の半年前には既に静穏時よりも1等程度増光していることがわかる。この共通の特徴は、高輝度赤色新星がその爆発直前に同じ挙動を見せる可能性を示唆している。V1309 Sco では爆発直前に1等の減光が観測されているが、M31 LRN 2015 ではデータ点数が少なく、同様の現象は確認できていない。

静穏期からの増光量を他の高輝度赤色新星と比較する。V1309 Sco は約 6 等級、V838 Mon は約 10 等級増光しており、今回の天体、M31 LRN 2015 は約 8 等級増光していることが確認できた。また、極大時の絶対等級は既知の高輝度赤色新星 V1309 Sco、V838 Mon、M85 OT2006-1、M31 RV でそれぞれ、-9.8、-9.5、-12、-10 等であり、M31 LRN 2015 は -10.1 等である。[11] したがって、M31 LRN 2015 は高輝度赤色新星として典型的な絶対等級をもっていることがわかる。一方で、静穏期からの増光量は各天体で比較的ばらつきが大きく、爆発前の天体の光度のばらつきが大きいことを示唆する。M31 LRN 2015 の爆発前の天体は絶対等級 - 3.1、色指数 $g-r$ が 1.4 であった。これは比較的明るい巨星に相当する。これに対して既知の高輝度赤色新星では先行研究から以下が報告されている。ま

ず、V1309Sco は爆発前の天体が G 型星で赤色巨星分枝に入った直後の星を含む連星である。[10] 次に、V838 Mon は超巨星+ B 型主系列星の連星だったと報告されている。[12] これらのことから、高輝度赤色新星には、その爆発前の状態に多様性が見られ、特定の状態の恒星のみが爆発を起こすわけではないことがわかる。

結論

本研究ではすばる望遠鏡HSCによって撮られた画像を測光することで、M31 LRN 2015 の爆発前の挙動を明らかにした。爆発の約半年前に既に 1 等増光していた点は、別の高輝度赤色新星 V1309 Sco と類似している。また、爆発前の本天体は明るい赤色巨星であることがわかった。

参考文献

- [1] https://hscdata.mtk.nao.ac.jp:4443/hsc_bin_dist/tutorial4x-ja.html
- [2] M.Takada in private communication
- [3] Srivastava, et al., 2015, The Astronomer's Telegram, No.7236
- [4] I. A. Steele, et al., 2015, The Astronomer's Telegram, No.7555
- [5] Dong Subo, 2015, et al., The Astronomer's Telegram, No.7173
- [6] Stefan Geier, Peter Pessev, 2015, The Astronomer's Telegram, No.8220
- [7] Peter Pessev, Stefan Geier, et al., 2015, The Astronomer's Telegram, No.8059
- [8] Alexander Kurtenkov, et al., 2015, A&A, 578, 5
- [9] Dong Subo, 2015, et al., The Astronomer's Telegram, No.7173
- [10] Tylenda, et al., 2011, A&A, 528, 10
- [11] S. R. Kulkarni, E. O. Ofek, et al., 2007, Nature 447, 458—460
- [12] Munari, U., et al., 2005, A&A, 434, 1107