

# 新星の種族に関する基礎的研究

今村 和義  
岡山理科大学

## Abstract

本稿では銀河系における新星の種族 (nova populations) について主に della Valle (2003) をもとに概観する。新星には以下のように二つの種族があると言われている: (1) 減光が速く明るい新星は主に重たい WD を持ち、それらの多くは thin disk 又は spiral arm に分布し種族 I に関連している。(2) 減光が遅く暗い新星は主に軽い WD を持ち、多くは thick disk 又は bulge に分布し種族 II に関連している。

## 1 Introduction

### 1.1 新星とは

新星 (nova) とは光度が一定であった星が突如、短時間で劇的に明るくなり (6~19mag)、極大後は数十日から数百日かけて緩やかに減光していく爆発現象である (see Warner 1995 for a review)。その正体は白色矮星を主星とし赤色星を伴星とする近接連星系で、激変星 (cataclysmic variable star) の一種であることが広く知られている。新星爆発は伴星から主星への質量降着に伴い、降着円盤を通して主星表面にガスが降り積もっていき、主星の強い表面重力を受けて、ある圧力と温度に達すると熱核暴走反応 (thermonuclear runaway) が生じ、劇的に明るさが増大すると考えられている。このような爆発現象が 1 回しか見つかっていないものは古典新星 (classical nova)、2 回以上の爆発が見つかっているものは回帰新星 (recurrent nova) と呼ばれる。

### 1.2 新星の分類

#### 1.2.1 減光速度による分類

新星の光度変化は個々に多様な振る舞いを示し、極大からの減光速度も個々に様々である。この減光の速さを定量的に評価 (分類) する方法として  $t_2, t_3$  という量が使われる。これは極大から 2 等あるいは 3 等減光するのに要する時間を意味し、これを用いて新星の減光スピード (“speed class”) を評価することができる。現在  $t_2$  によ

Table 1 減光時間 ( $t_2, t_3$ ) による分類 (speed class).

Author	speed class	$t_2$ (days)	$t_3$ (days)
Payne-Gaposchkin (1957)	very fast	< 10	
	fast	11 – 25	
	moderately fast	26 – 80	
	slow	81 – 150	
	very slow	151 – 250	
GCVS	fast (NA)		< 100
	slow (NB)		$\geq$ 100
	very slow (NC)		$\sim$ 10 yr

る分類法は、Payne-Gaposchkin (1957) によって 5 段階に細分され、さらに  $t_3$  による分類法は変光星の総合カタログ (GCVS \*<sup>1</sup>) において採用されている方法で 3 段階に細分されており、Table 1 のように分類するのが一般的である。

### 1.2.2 スペクトルによる分類

新星のスペクトルもまた個々に多様な振る舞いを示し、現れる輝線の種類や強度は時間とともに変化する。現在、新星のスペクトル分類は Williams (1992) が提案したものが広く受け入れられている。極大付近における輝線の現れ方から、主にヘリウムや窒素などの高励起輝線が卓越する“He/N nova”と、主に鉄などの低励起輝線が卓越する“Fe II nova”の 2 種類に大きく分類されている。He/N nova の多くは主に減光の速い新星で見られ、スペクトル線の幅は 3000 km/s 以上を示す。一方で Fe II nova の多くは主に減光の遅い新星で見られ、スペクトル線の幅は 1000 km/s 程度を示すことが知られている。

## 2 新星の種族 (Nova Populations)

### 2.1 銀河系における新星の分布

銀河系で発見される新星の多くは銀河中心から銀河面に沿って集中的に分布し、これまで数百個近くの新星が確認されている (Fig. 1)。その中で銀河面から離れた位置 (銀緯:  $|b| > 20^\circ$ ) に出現した新星の数は全体のわずか数 % である。

Duerbeck (1990) と Della Valle et al. (1992, 1994, 1998) によれば銀河系における新星の分布は減光速度によって分布の傾向が異なることが指摘されている。

\*<sup>1</sup> GCVS; General Catalogue of Variable Stars. <http://www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/index.htm>

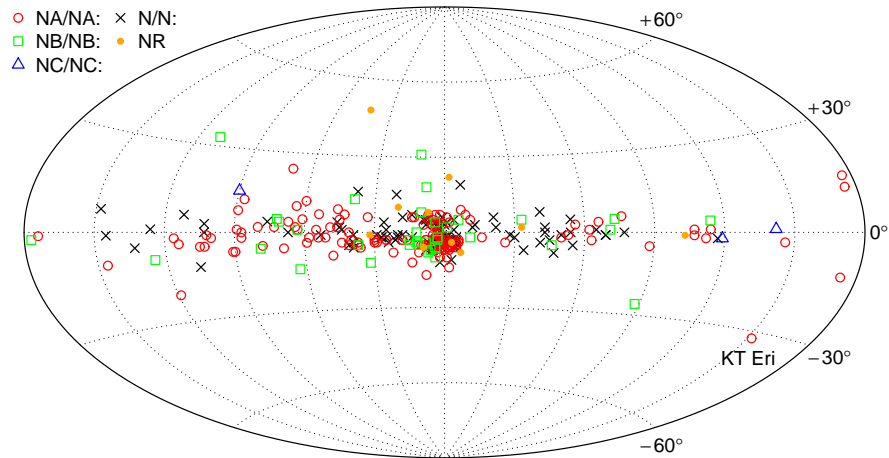


Fig. 1 銀河座標で示した新星の分布図 (Imamura & Tanabe 2012)。NA は減光が速い新星 ( $t_3 < 100$  days)、NB は減光が遅い新星 ( $t_3 > 100$  days)、NC は減光が非常に遅い新星 ( $t_3 \sim 10$  year)。N は新星として確認されているが、詳細なデータが無い。NR は回帰新星。

つまり galactic center ( $-90^\circ < l < 90^\circ$ ) には減光の遅い新星が多く、galactic anti-center ( $90^\circ < l < 270^\circ$ ) には減光の速い新星が多く分布している。さらに銀河面からの高さ (galactic height;  $z$ ) が  $z > 150\text{pc}$  には減光の遅い新星が集中的に分布し、一方で  $z < 150\text{pc}$  には減光の速い新星が集中的に分布していると言われている。また新星のスペクトル分類もこれらの分布傾向に関連しており、Fe II nova は  $z \sim 500\text{pc}$  内外まで広く分布しているのに対し、He/N nova は  $z \sim 100\text{pc}$  以内に集中していることが指摘されている。これら新星の振る舞いと分布の関係は銀河系の bulge や disk に強く依存していると考えられ、主に galactic center に分布し減光が遅く暗い新星を“bulge novae”、主に galactic anti-center に分布し減光が速く明るい新星を“disk novae”と呼び、新星には二つの種族 (nova populations) があると提案されている。これは Baade (1944) によって導入された stellar populations を拡張したものでもある。

## 2.2 新星の種族は何を反映しているのか

新星の減光速度というものは、主星である白色矮星 (white dwarf; WD) の質量に依存していると考えられており (e.g. Kato & Hachisu 1994)、重たい WD を持った新星は減光速度が速く、一方で軽い WD を持った新星は減光速度が遅いと言われている。故に新星の種族 (空間分布と減光速度の相関) は WD 質量の分布傾向を反映しているということが示唆されている。さらに新星が持つ WD の質量と galactic height ( $z$ ) との間には相関関係が見られ、軽い WD を持つ新星ほど  $z$  が大きくなるという傾向が知られている (della Valle 2003)。

Table 2 特異な位置に分布する新星.

star	$l$	$b$	$t_2$ (days)	$M_{V,\max}$	$d$ (kpc)	$z$ (kpc)	Ref.
T Sco (1860)	353	+19	11	-8.1	10	3	1, 2, 3
RW UMi (1956)	110	+33	94	-7.7	5	3	1, 4, 5
KT Eri (2009)	208	-32	6	-9.0	7	4	6

**Ref.** 1=Duerbeck (1987), 2=Harris & Racine (1974), 3=Tam et al. (2011), 4=Downes & Duerbeck (2000), 5=Esenoglu et al. (2000), 6=Imamura & Tanabe (2012)

## 2.3 特異な位置の新星

先にも述べたように、新星の多くは銀河中心及び銀河面に沿って分布しているが、中には少数ながら高銀緯且つ距離が数 kpc に達する特異な位置に分布する新星が存在する (Table 2)。これらの新星は空間的には galactic halo に位置し種族 II に関連していると考えられる。しかし T Sco や KT Eri は減光が速く、新星爆発の振る舞いとしては disk novae に近い。halo に位置する新星が disk novae や bulge novae とどのような違いがあるかは、まだよくわかっていないのが現状である。

## 3 今後の展開

主に 1990 年代に della Valle たちが行った nova populations に関する研究は約 15 年が経過している。15 年も経てば新星の数は、年間発見数が 5 個だとしても、70 個近い新星が新しいサンプルとしてプラスされる。今後は 先に紹介した特異な位置に存在する KT Eri のような新星の nova populations を評価する上でも、最新のデータを加えて分布の傾向を再検討する必要があると思われる。

冒頭でも紹介した della Valle (2003) による銀経と減光速度の分布傾向の違いを評価した研究は、一次元のみ情報しか与えられていない。銀河中心方向と言えども、距離などを考慮しなければ bulge より手前にある disk 上の天体を bulge novae に関連付けてしまう可能性がある。そこで今後のアプローチとしては、新星の距離 ( $d$ ) と銀河面からの高さ ( $z$ ) を慎重に考慮し、銀河内での空間的な分布を評価する (bulge, disk, halo への分類)。その上で、各空間での新星爆発の振る舞いに関して、共通点を再検討する予定である。

## References

- Baade, W., 1944, ApJ, 100, 137  
 Della Valle, M. et al., 1992, A&A, 266, 232

Della Valle, M. et al., 1994, A&A, 287, 403  
Della Valle, M. and Livio, M., 1998, ApJ, 506, 818  
Della Valle, M., 2003, AIP Conf. Proc. 637, 443  
Downes, R. A. and Duerbeck, H. W., 2000, AJ, 120, 2007  
Duerbeck, H. C., 1987, SSRv, 45, 1D  
Duerbeck, H.C., 1990, LNP, 369, 34  
Esenoglu, H. H. et al., 2000, A&A, 364, 191  
Harris, W. E. and Racine, R., 1974, AJ, 79, 472  
Imamura, K. and Tanabe, K., 2012, PASJ, 64, ??  
Kato, M. and Hachisu, I., 1994, ApJ, 437, 802  
Tam, P. H. T. et al. 2011, ApJ, 729, 90  
Payne-Gaposchkin, C., 1957, in *The Galactic Novae* (North-Holland P.C.)  
Warner, B. 1995, in *Cataclysmic Variable Stars* (Cambridge Univ. Press)  
Williams R. E., 1992, A. J., 104, 725