

軌道傾斜角が極端に大きい矮新星のアウトバースト

木邑 真理子 (京都大学大学院 理学研究科)

Abstract

2016年6月、食変光を伴う矮新星 J162117+441254(以後 J162117) がアウトバーストを起こした。私達は、このアウトバーストの VSNET(国際変光星ネットワーク) を通じた国際共同可視測光観測を行った。その結果、アウトバーストの振幅が ~ 2 mag と小さいこと、アウトバースト状態から静穏時に戻るにつれ、食の第一極小が徐々に浅くなっていくこと、静穏時は Ellipsoidal Variations を示すことが分かった。J162117 以外にも、BD Pav という矮新星が似た性質を示しており、この2天体について食変光のモデル計算を行った。モデル計算の結果、これらの天体の軌道傾斜角が大きく、白色矮星と円盤の高温部の寄与が小さいことが示唆された。

1 Introduction

矮新星は、白色矮星(主星)と低質量の主系列星(伴星)からなる近接連星系であり、軌道周期は数時間から十時間程度である。このような天体ではロッシュローブオーバーフローによって伴星のガスが流れ込み、主星の周囲に降着円盤が形成される。矮新星の大きな特徴として、可視光での突発的な増光であるアウトバーストを示すことが挙げられる。アウトバーストの振幅は ~ 2 – 5 mag, 継続期間は数日から数ヶ月、アウトバーストとアウトバーストの間隔は数日から数年である(Warner 1995)。このような間欠的なアウトバーストは、水素の部分電離に伴う熱不安定性により降着円盤の状態が変化し、円盤にガスが溜まる暗い状態と、ガスが主星に降着する明るい状態を交互に繰り返すために起こると考えられている(Osaki 1996)。

2016年6月1日(UT)、J162117は食変光を伴うアウトバーストを起こした(Maehara 2016)。この天体は静穏時のSDSSの観測からW UMa型の接触連星であると同定されており、アウトバーストはV1309 Scoのような主系列星の合体の表れではないかと期待されていたが、アウトバースト中のスペクトルが取られ、矮新星であることが判明した(Scaringi et al. 2016)。Catalina Real-Time Transient Survey (CRTS)によると、この天体は過去11年間アウトバーストを示しておらず、軌道周期が ~ 0.2 日の矮新星としてはアウトバースト発生頻度がかなり低い(Drake et al. 2016)。

スペクトル観測から、アウトバースト中 HeII(4686)の輝線が強かったことが分かっている(Thorstensen et al. 2016)。J162117と同様の性質を示す矮新星として、BD Pavがある。

2 Observations and Analysis

本研究では、VSNET collaboration teamによって世界15地点で行われた可視測光観測のデータを使用した。また、American Association of Variable Star Observers(AAVSO)の可視観測データ¹も使用した。観測期間は2016 5.28–6.26で、フィルターはB, V, R_C, I_Cバンドのものとクリアフィルターを使用した。

3 Results

3.1 Overall Light Curve

J162117とBD Pavのアウトバースト全体の光度曲線を図1に示す。比較的ゆるやかな増光を示していたこと、アウトバースト中から静穏時に戻るにつれて、食の第一極小が徐々に浅くなっていることが確認できた。

¹< <http://www.aavso.org/data/download/> >.

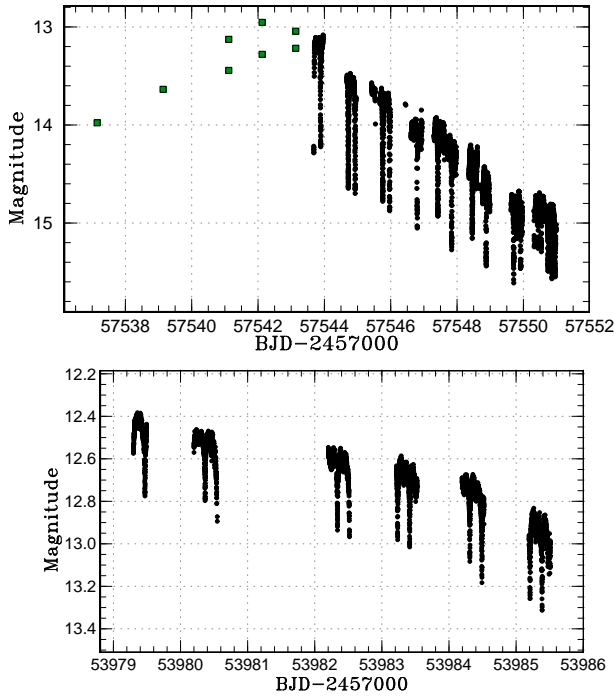


図 1: (上)J162117 の 2016 年のアウトバーストの光度曲線、(下)BD Pav の 2006 年のアウトバーストの光度曲線

3.2 Eclipsing Variations

J162117 のアウトバースト中と静穏時それぞれの食変光の多色のプロファイルを図 2 に示す。アウトバースト中、短波長側のバンドになるにつれ、第一極小が深くなっており、かつ食の幅が狭くなっていくことが分かった。また、アウトバースト中は静穏時より $B - V$ が小さかった。静穏時は二つの極大の高さに差があった。

3.3 Numerical Simulations of Eclipsing Variations

アウトバースト中も静穏時もどちらも白色矮星の食が見えていなかったことから、J162117 や BD Pav のような天体は、(1) 軌道傾斜角が 90 deg に近く、WD が円盤に隠れている、(2) 軌道傾斜角が 60 deg くらいで、WD が伴星に隠されない、の二つの可能性が考えられる。しかし、後者の場合はアウト

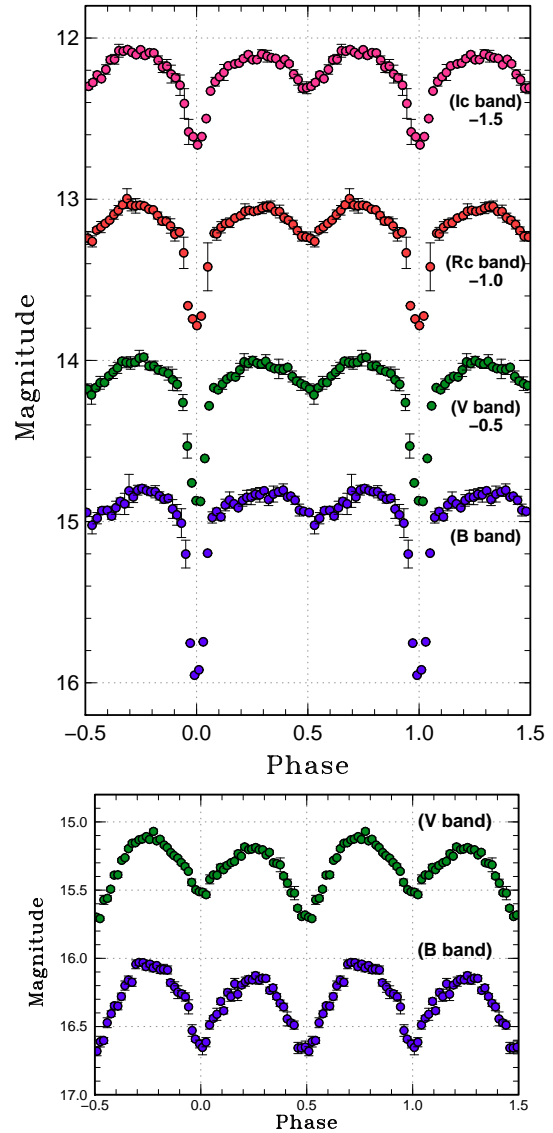


図 2: J162117 の食変光のプロファイル。(上) アウトバースト時、(下) 静穏時

バースト中に食が深くないため、(1) の可能性に絞られる。この仮説を検証するため、東京大学の蜂巢さんが 1997 年に作られた連星進化の計算コードを使用し、モデル計算による J162117 と BD Pav の食変光の再現を行った。BD Pav については詳細な食変光の観測結果がないため、Barwig & Schoembs (1987) の観測結果をある程度再現することを目標にした。主星と伴星の質量は、それぞれスペクトル観測から求められている値を用いて、 $M_1 = 0.9M_{\odot}$, $M_2 =$

$0.4M_{\odot}$ (J162117) (Thorstensen et al. 2016), $M_1 = 1M_{\odot}$, $M_2 = 0.44M_{\odot}$ (BD Pav) を使用した (Friend et al. 1990; Sion et al. 2008)。アウトバースト時の円盤の温度は $\dot{M} = 10^{-9}M_{\odot}\text{yr}^{-1}$ の標準円盤を仮定し (Wood et al. 1986)、静穏時は一律で 4000 [K] とした。伴星の温度は 3800 [K] とした。白色矮星の温度は、J162117 では 20,000 [K]、BD Pav では 21,000 [K] とした。また、J162117 に関しては、観測の食の幅と主星に対する質量比、Horne (1985) の理論的な軌道傾斜角と質量比と食の幅の関係から、軌道傾斜角をある程度絞ることができる。このような条件の下、観測の食の深さと幅と色を出来るだけ再現するように、軌道傾斜角と円盤の大きさを調べて計算を行った。現段階で最も良く観測を再現している計算結果を図 3, 4 に示す。J162117 は軌道傾斜角が 90 deg に近いところで best fit となったが、B-V が観測の値よりも 0.2 ほど大きくなった。一方、BD Pav は、軌道傾斜角が 75 deg に近いところで観測の光度曲線を大体再現できることが分かった。静穏時の極大の高さの差については、外側の円盤の一部の温度を高くし、hot spot の効果を取り入れることで再現できた。

4 Discussion

今回の結果から、(i) アウトバーストの振幅が小さい、(ii) アウトバースト中に第一極小が深くなる、という特徴を持つ矮新星は、軌道傾斜角が大きい可能性が高いことが示唆された。J162117 のように軌道傾斜角が 90 deg に近い場合は、白色矮星と円盤の内側の高温部が円盤の外側に隠される。一方、BD Pav のように軌道傾斜角が 75 deg に近い場合は、白色矮星がギリギリ隠れない。このため、静穏時は円盤が暗いため第一極小が浅くなり、アウトバースト時は円盤が明るいため第一極小が深くなる。静穏時に Ellipsoidal Variations が見える矮新星は、これまで伴星が極端に明るいと考えられていたが (e.g., Barwig & Schoembs 1983)、本研究で、軌道傾斜角が高いことで白色矮星と円盤の明るさの寄与が減ることが主な原因であると分かった。J162117 と BD Pav の共通点として、他に、アウトバースト中に HeII の強い輝線が見られることとアウトバースト頻度が低いこ

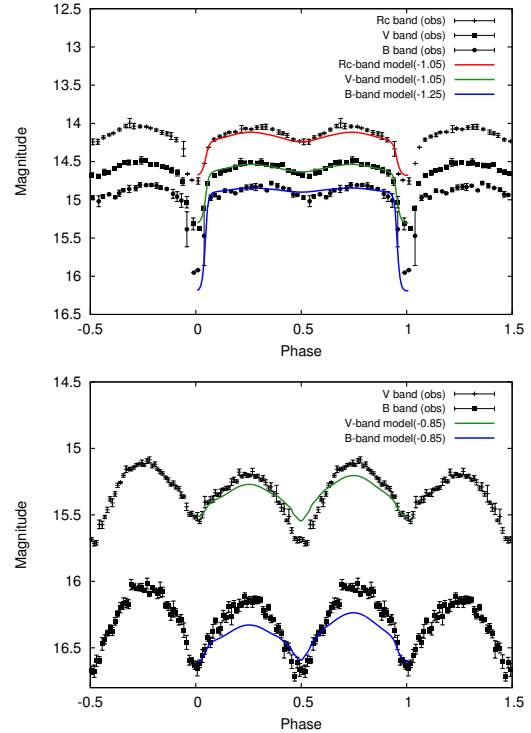


図 3: J162117 の食変光のモデル計算結果。軌道傾斜角は 88 deg。 (上) アウトバースト時、(下) 静穏時

とが挙げられるが、その原因の解明は今後の課題である。また、J162117 のモデル計算において、単純な黒体放射だけでは観測の B-V を再現できないため、別の温度の高い光源を考える必要がある。

Acknowledgement

私の研究を指導して下さった、加藤太一助教授と野上大作准教授、また、計算コードを提供して下さり、モデル計算のアドバイスをくださった、国立天文台の前原裕之さんに感謝いたします。そして、素晴らしい可視観測データを提供して下さったプロ・アマチュア観測家の皆様、本当にありがとうございました。

Reference

Warner B., 1995, *Camb. Astrophys. Ser.*, Vol. 28

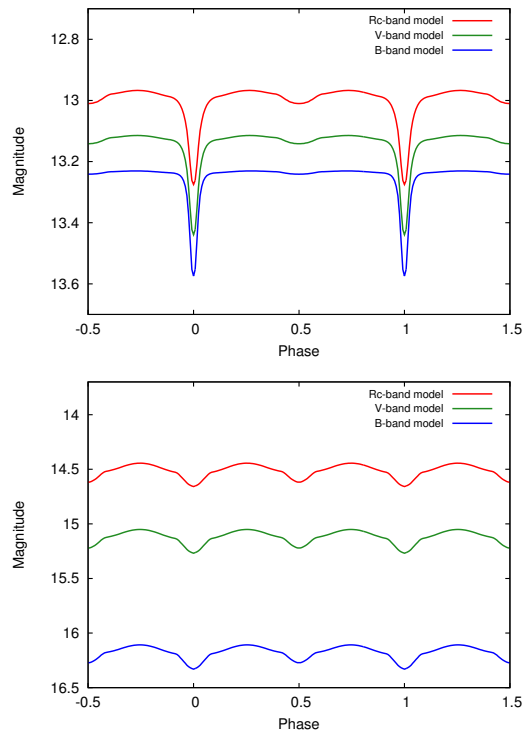


図 4: BD Pav の食変光のモデル計算結果。軌道傾斜角は 73 deg。 (上) アウトバースト時、(下) 静穏時

Osaki Y., 1996, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 108, 39

Maehara H., 2016, *Astron. Telegr.* 9113

Scaringi S. *et al.*, 2016, *Astron. Telegr.* 9122

Drake A. J. *et al.*, 2016, *Astron. Telegr.* 9112

Scaringi *et al.*, 2016, *Astron. Telegr.* 9141

Barwig H., & Schoembs R., 1987, *The Messenger*, 47, 19

Friend M. T. *et al.*, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 246, 637

Sion E. M. *et al.*, *Astrophys. J.*, 681, 543

Wood J. *et al.*, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 219, 629

Horne K., *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 213, 129

Barwig H., & Schoembs R., 1983, *Astron. Astrophys.*, 124, 287