

2つのWZ Sge型矮新星

AL Comと1RXS J023238.8-371812の再増光現象

○新井彰、植村誠、笹田真人、松井理紗子、Schmeer, P., Miller, I., 大杉節、山下卓也、川端弘治、磯貝瑞希、永江修、保田知則、上原岳士、田中祐行、宮本久嗣、深沢泰司、水野恒史、片桐秀明、高橋弘充(広島大)、佐藤修二、木野勝(名古屋大)

Introduction 矮新星のアウトバーストと再増光現象

白色矮星と通常の星からなる激変星の中でも、降着円盤の熱潮汐不安定性によってアウトバースト現象を起こすSU UMa型矮新星の中には、スーパーアウトバースト終盤に再増光を伴うものがある。特にアウトバーストの周期が長く、増光幅の大きいWZ Sge型矮新星に多いことが知られている。これまでの研究では、WZ Sge, AL Com, EG Cncで顕著な再増光が詳細に観測されてきた(Fig. 1)。しかし、再増光の機構と多様性についての理解は未だ乏しいままである。再増光の機構の解明は、降着円盤のアウトバーストの多様性を理解する上で重要であり、さらには降着円盤のこう着現象そのものの理解へとつながるため、重要なテーマの一つである。

これまでの再増光の理解と問題点

降着円盤は構成要素であるガスや磁場起源の粘性によって、質量降着率を維持、または変化させることでアウトバーストの起こすと考えられている。WZ Sge型などで見られる再増光も粘性の変化によってアウトバーストが起こるとする理論モデルがある(Osaki 2003)。しかし、現在のところ、メインのアウトバーストが終わった直後に、なぜアウトバーストを起こすのに十分な質量のガスが存在し、どのような物理過程がきっかけで粘性が変化しアウトバーストを引き起こすのかはわかっていない。

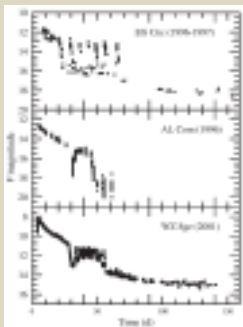


Fig. 1 WZ Sge型矮新星のスーパーアウトバーストと再増光(Kato et al. 2004). 近年もっともよく観測された再増光を伴う3天体の光度曲線を示す。

→短時間型
継続時間～数日

→Plateau型
継続時間～2週間

→Plateau+短時間型
継続時間～2・3週間
+1~2日周期

研究の目的

本研究の目的は、WZ Sge型矮新星に多くみられる再増光現象のメカニズムの解明である。数多くのWZ Sge型矮新星の可視・近赤外での密な同時観測によって、光度変化のみならず色変化(温度変化)を調べる。

Observation log

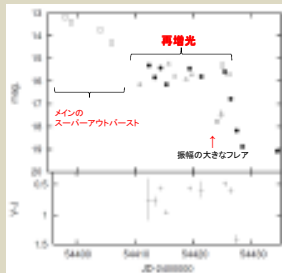
本研究では、2007年にスーパーアウトバーストを起こした2つのWZ Sge型矮新星について、広島大学東広島天文台での観測とVSNETで報告された多地点での観測データを用いた。各天体での観測地、データについての主な情報は次のとおりである。

AL Com	Site	口径	バンド
東広島	1.5-m(かなた望遠鏡)	V, J	
Ison	35-cm	no filter	
lowa	37-cm(Rigel)	no filter	

1RXS J023238.8-371812	Site and observer	バンド
東広島	V, Rc, J, Ks	
VSOU(筑波S.Kiyota, 東京 H.Itoh)	no filter (V等級で補正)	
PI of the Sky team	V, J, Ks	
ASAS	V	

Results

AL Com (Uemura et al. 2007 IBVS 5815)



AL Comは2007年10月から11月にかけてアウトバーストを起す。今回のスーパーアウトバーストでも再増光を見せた(Fig. 2)。

これまでのアウトバースト(1996, 2001)では、Plateau型の再増光(Fig 1参照)のみ。しかし、2007年は再増光中に振幅約1等で1-2日周期の変動をもつ、Plateau+短時間変動型(変動幅はV=16.2-15.2)の再増光を起こした。

再増光中の色
⇒ 明るい時に青くなる
矮新星のアウトバーストで見られる一般的な性質と一致。ただし、再増光中はV-J=0.5~1.0付近であり、典型的なSU UMa型矮新星のスーパーアウトバースト中の色V-J~0よりも赤い。
⇒ 低温領域(降着円盤外縁)が支配的か(Ison)

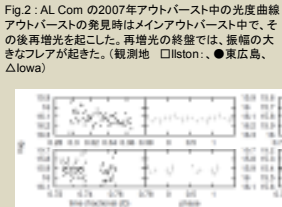


Fig. 3: 再増光中に得られた短時間変動調査の結果。振幅0.1等よりも大きな変動はない。再増光中の1-2日周期の約1等の大きな変動は、振幅0.1mag程度の短時間変動(superhump)の一部を偶然観測したのではないことがわかる。

●AL Comの2007年アウトバースト・再増光のまとめ

- 過去の再増光とは異なる種類の再増光を起こした。
- 再増光中の色: 明るい時に青くなる
- 再増光中はメインのアウトバーストに比べ、V-Jが大きい(赤い)。
- 再増光の最後に振幅の大きな増光を起こした。

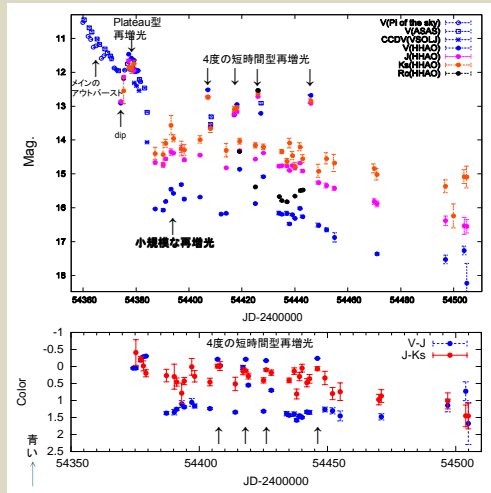


Fig. 4 J023238.8-371812の多色光度曲線(上)とV-J, J-Ks曲線。メインのアウトバーストのあと、dipを見せた直後に最初の再増光を起こした。この再増光中にはスーパーアウトバーストが検出されており、継続時間、増光幅からPlateau型の再増光であると考えられる。その後、短時間型の再増光を4回起こし、アウトバーストは終了した。V-J曲線ではすべての再増光時に青くなっている。
1度目の再増光のあと、振幅が小さく、3~4日間かけて増光した再増光があった。EG Cncの1996年のアウトバースト短時間型再増光の場合にも同様な再増光がみつかった。これはInside-Out型のアウトバーストの可能性が指摘されているが、短時間型再増光を起こしているときには、起こりやすい現象なのかもしれない。

●J0232の再増光まとめ

- 2種類の再増光が連続的に起きた。
- 再増光中の色: 明るいときに青くなる
- 再増光のあとにだらかかな減光とともに静穏時の明るさに戻った。

1RXS J023238.8-371812

Fig. 4に多色測光観測による光度曲線を示す。初期のメインアウトバーストから1度目のPlateau型再増光と、その後繰り返して生じた4度の短時間型再増光が見られる。

1度のスーパーアウトバースト中に、2種類の再増光が観測されたのは初めて。

Fig. 4に東広島天文台での観測されたV-J, J-Ksの挙動を示す。アウトバースト時に見られる色変化と同様、再増光時も青くなる挙動が明らかである。短時間型の再増光でもV-J~0であることから、降着円盤のアウトバーストであると断定できる。

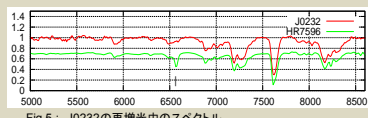


Fig. 5 J0232の再増光中のスペクトル。典型的なアウトバースト中の矮新星のスペクトルと同様、吸収線がなく、降着円盤が光学的に厚く光っていることを示唆する。実線がJ0232、破線がHR7596[A0型星](-0.3等)である。



Fig. 6 再増光中の短時間変動。左図は11月7日の約2時間の光度曲線。右図は11月11日の光度曲線を、VSNETで方向された周期P=0.66dayで折り返して横軸を位相にしたもの。どちらも変動幅約0.2 magの周期的変動がある。

Discussion

1. アウトバーストはいつも同じではない

本研究で明らかとなったAL Comのもう1種類の再増光

このような例は過去にWZ Sge(WZ Sge型矮新星の代表星)で観測されている。WZ Sgeは年、年のスーパーアウトバーストではFig. 1に見られる種類の再増光を見せたが、1946年のスーパーアウトバーストでは、再増光を見せない(Patterson et al. 1981)。今回の観測結果は、同一天体の異なる再増光を捉えた2例目となった。AL ComとWZ Sgeで見られた再増光の変化は、アウトバースト時、アウトバースト後の物理条件が必ずしも毎回同じではないことを裏付ける結果である。再増光の違いを説明するためには、連星パラメータ(質量比など)だけではなく、質量降着の課程がアウトバースト毎に異なる必要がある。

2. 再増光の種類・規模は円盤外縁の残存ガスで決まる

矮新星の再増光は、一時的な粘性(α)の変化が起これば理論的に説明できることが知られている(Introduction参照)。しかし、なぜそのような粘性の変化がおこるのか、また、アウトバーストに必要な質量が降着円盤のどこに残されているのか、という点においては謎のままであった。

最近、矮新星の可視近赤外線観測によって、降着円盤の再外縁付近に、大量のガスが保持されていることを示唆する結果がえられた(Uemura et al. 2007)。この結果はAL Comの再増光中のV-Jがアウトバースト時よりも赤いことも矛盾しない。

AL ComとJ0232の観測結果を元にした再増光の発生機構(右図)

- メインのアウトバースト終了後に最外縁に大量の低温ガスが残る。
 - 残った低温ガスは内側へ降着し、降着円盤の密度が上がる。
 - アウトバーストを引き起こすのに必要な密度に達すると、熱的不安定性が起きて降着円盤内で高温領域が発生する(再増光)。その際に、それまでに溜まったガスは消費される。
 - 再増光の継続時間、増光幅は、残存ガスが内側に移動する質量降着率に比例する。
 - 残存ガスからの供給が続く限り、再増光が繰り返し発生する。
- Plateau型の再増光は、短時間型よりも早い段階で起きる。
⇒ 短時間型よりも大量の残存ガス降着が必要

