

おおぐま座 SU 型矮新星の可視光測光観測 (博士論文)

矮新星は、軌道周期が 9 時間以下の近接連星系で、白色矮星 (主星) と晩期型の恒星 (伴星) からなる。伴星はロッシュローブを満たしており、伴星から主星へ流れたガスは主星の周りに降着円盤を形成する。この降着円盤にある程度質量が蓄積され臨界密度に到達すると、ガスは一気に主星に落ちこみ、outburst として観測される。このときの降着円盤の典型的な温度は概ね可視光に対応しているため、矮新星の outburst 時を可視光で観測することは、降着円盤を直接的に観測していることに相当する。そのため矮新星の可視光観測は、降着円盤の物理を理解する上で最も基本的かつ重要な研究分野の一つと言っても過言ではない。

おおぐま座 SU 型矮新星 (SU UMa 型矮新星) は矮新星の中でも特に軌道周期が短く、大半は 2 時間以下である。他の矮新星と異なり、2 種類の outburst (normal outburst と superoutburst) を起こす。superoutburst は増光幅、増光期間ともに normal outburst より大きい。superoutburst の最大の特徴は superhump と呼ばれる、0.2 等程度の準周期変動が観測されることである。これは、3:1 共鳴半径に到達した降着円盤が離心楕円形に変形し、歳差運動することに起因する。そのため、SU UMa 型矮新星の superoutburst を可視光で観測することは、楕円降着円盤の力学的進化ならびに角運動量輸送過程を理解する上で重要な研究と位置づけられる。また一方で、SU UMa 型矮新星は全ての近接連星の中で最も短周期の系の一つであり、近接連星の進化を理解する上でも重要な天体である。

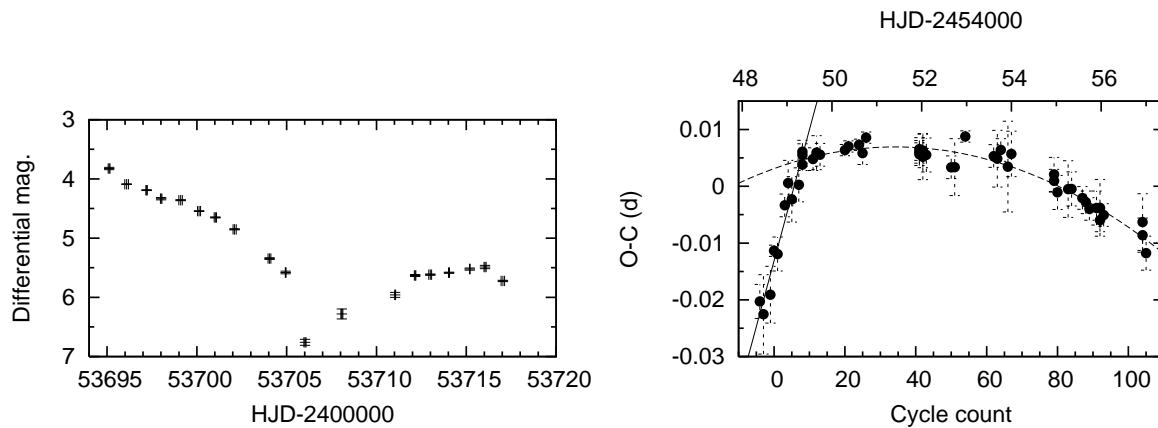
現在知られている SU UMa 型矮新星は 300 天体以上であるが、これらの振る舞いは多様性に富んでおり、既存のモデルでは説明の困難な観測例が見受けられるようになってきた。例えば SU UMa 型矮新星の下位分類である WZ Sge 型矮新星は、superoutburst 終了後に再増光現象を示すが、この現象を引き起こすメカニズムは未だ理解されていない。また superhump の周期は superoutburst の経過を共に減少していくことが知られていたが、近年の観測では superhump 周期を増加させる系が多数発見されてきており、この増加の原因は分かっていない。

そこで我々 VSNET 主導の下、SU UMa 型矮新星の superoutburst 時の可視光測光観測国際キャンペーンを展開し、過去 5 年間で 50 天体前後のデータを取得した。本研究では、先に述べた現象を観測的に理解すべく、特に 10 天体について詳細に議論した。ここではそれらの中から、TSS J022216+412259 (TSS J0222) と EG Aqr について紹介する。

TSS J0222 は 2005 年 11 月に初めて増光が発見され、観測の結果、superhump 周期 0.055544(26) 日を導出し、更に再増光が検出された点から TSS J0222 が WZ Sge 型矮新星であることを明らかにした。また、この周期は今まで知られている WZ Sge 型矮新星の中で最も短く、WZ Sge 型矮新星の軌道周期の下限を観測的に制限する上で重要な結果となった。更に、再増光時の光度曲線の形状から、WZ Sge 型矮新星の再増光を 3 種類に分類し (type-A, B, C)、これらの再増光現象の多様性の原因の一つに、系の軌道周期と静穏時の粘性パラメタ α が大きな役割を果たしている可能性を指摘した。

また EG Aqr に関して、2006 年 11 月に初めて CCD 測光観測に成功し、この天体が SU UMa 型矮新星であることを初めて明らかにした。増光時の superhump 周期変動を調べたところ、superhump 周期が時間と共に減少していくことを確認したが、増光初期段階においてわずか数時間の間に 2% にも及ぶ急激な周期減少を発見した。このような観測例はほとんどないが、今回の観測は superhump 発生初期段階において降着円盤内に急激な物理状態の変化が起こっていることを意味しており、増光初期の降着円盤を理解する上で重要な観測結果となった。

また、本博士論文における最大の特徴の一つとして、約 150 頁にも及ぶ付録があることを追記する必要がある。この付録には、現在知られている全ての SU UMa 型矮新星とその候補天体の極大、極小等級、軌道周期、superhump 周期、superhump 周期変化率などの情報の他、個々の天体の先行研究の概説ならびに将来の研究指針が議論されており、今後矮新星研究を行う大学院生ならびに第一線の研究者も必読の付録となっている。



左図: TSS J0222 の光度曲線。通常の SU UMa 型矮新星では約 2 週間程度の緩やかな減光の後、急速減光を経て superoutburst を終了するが、今回の観測では急速減光の後 (HJD 2453705 付近)、再増光を起こした (HJD 2453711-17 付近)。このことから TSS J0222 が WZ Sge 型矮新星であることを明らかにした。また、再増光時の光度曲線が flat になっているが、このような振舞いを示した WZ Sge 型矮新星は他にほとんど例がない。右図: EG Aqr の superhump 極大時刻の O-C 図。E=10 付近で急激な折れ曲がりがあり、この付近で superhump 周期が 2% も減少した。このような観測は軌道周期の長い SU UMa 型矮新星において初めての例である。

(今田 明 記)