

Title: Observational Research on Dwarf Novae: Superoutburst, Evolution, and
Development of a Classification Method Using Gaia DR2

題目: 矮新星の観測的研究: スーパーアウトバースト、進化、そして Gaia DR2 を用いた分類手法の開発
申請者: 磯貝 桂介

要 旨

激変星は主星の白色矮星の周りに降着円盤を持つ近接連星系である。降着円盤の活動現象 outburst を示す天体は矮新星と呼ばれ、単純な構造を持つ天体であるため、降着円盤の基礎研究において最適な対象とされている。また、矮新星は激変星進化の最終段階にある天体であるため、連星進化理論の検証においても重要な天体だ。我々は、降着円盤物理と連星進化の解明を目指し、WZ Sge 型矮新星とりょうけん座 AM 型星 (AM CVn 型星)に関する 2 つの研究を行った。

激変星は伴星から質量輸送が行われることで進化していく。最終的に、伴星質量が縮退するほど軽くなり、伴星からの質量輸送率が非常に低い`period bouncer`と呼ばれる天体になる。連星進化理論によれば、激変星の 70%は period bouncer だと予言されるが、実際の観測ではあまり見つかっていない。この理論と観測の乖離 (missing population 問題) は、連星進化理論における最大の課題の 1 つである。period bouncer は質量輸送率が低いため、暗く、outburst 頻度が低い。そのため、検出数には観測バイアスがかかっているはずだが、一方で、理論側も伴星の質量半径関係などの不定性が大きく、観測による補正を必要としている。真の連星進化を理解するには、バイアスのない数密度を調べる必要がある。

激変星は進化が進むにつれて連星質量比や伴星からの質量輸送率が下がるため、outburst の振る舞いも変化することが知られている。軌道周期 2 時間未満の天体は主に SU UMa 型矮新星と WZ Sge 型矮新星に分けられるが、特に period bouncer やその前段階の天体は WZ Sge 型矮新星であることが知られている。つまり、矮新星の大部分は WZ Sge 型矮新星だと考えられるが、実際には WZ Sge 型矮新星の観測数は多くなく、特徴的な増光現象 WZ Sge 型 superoutburst は様々な未解明の挙動を見せる。

我々は、missing population 問題と WZ Sge 型 superoutburst の挙動を解明するため、Gaia Data Release 2 を使い、機械学習による矮新星分類手法を開発した。その結果、静穏時の絶対等級と色から、WZ Sge 型矮新星と SU UMa 型矮新星の分類境界を得ることに成功した。この手法を使えば、新たな突発天体が発見され次第、Gaia のカタログ値を見るだけで、詳細観測をすることなく増光タイプを判定出来る。すなわち、period bouncer を見逃さずに観測し、WZ Sge 型 superoutburst を詳細に観測することが出来るようになる。今回、我々はこの分類手法を用いて、SU UMa 型と誤分類されていた WZ Sge 型を 4 天体発見した。

さらに我々は、通常の激変星 (以下、水素激変星) で得た知見を応用するため、ヘリウム激変星 (AM CVn 型星) の観測的研究を行った。AM CVn 型星は円盤の組成や連星間距離が水素矮新星と異なるため、その増光理論はまだ決着がついていない。また、`Ia`型超新星や重力波検出の有力候補として注目を浴びている天体だが、観測数が少なく、実際の進化経路は明らかになっていない。我々は 2 つの AM CVn 型星の superoutburst を増光初期から詳細に観測することに成功し、AM CVn 型星の outburst も水素激変星と同様の熱潮汐不安定性モデルで説明できることを示した。これは、水素激変星で確立された「superoutburst の測光観測による質量比推定法」が AM CVn 型星にも適用可能であることを意味する。質量比は連星進化の検証を行う上で最重要のパラメータであるため、今後の連星進化の研究を大きく進展させる結果となった。また、水素激変星で開発した矮新星分類手法を AM CVn 型星にも適用した結果、AM CVn 型星の増光タイプも同様の基準で分類可能であることが示唆された。今後、Tomo-e Gozen や LSST などの大規模サーベイの始動によって突発天体の発見数の増加が見込まれる中、選択的な観測によって連星進化・増光機構の解明を効率的に進めることが可能となる。