矮新星SS Cygのアウトバースト期における硬X線放射の起源を探る

〇石田 学[1] 寺田 幸功[2] 市川 太一[2] 清本 拓人[2] 向井 浩二[3] 林 多佳由[4] 武尾 舞[5] 木邑 真理子[6] Schlegel Eric[7] 山口 弘悦[1] (1.宇宙科学研究所/JAXA 2.埼玉大 3.NASA's Goddard Space Flight Center 4.京都大 5.富山大 6.金沢大 7.U. of Texas at San Antonio)

SS Cygは、およそ50日の間隔でアウトバーストを繰り返す矮新星である。アウトバーストとアウトバーストの間の、いわゆる静穏期に観測される硬X線は、白色矮星表面と降着円盤の間に形成される境界層の高温プラズマから放射されている。境界層では、降着物質が Kepler速度から白色矮星の自転速度へ急減速されることによる摩擦熱で急加熱される。実際に静穏期のSS Cygからは、最高温度が 3×10^8~K に迫る光学的に薄いプラズマからの放射が確認されている。

アウトバースト期には、可視光光度の増加から質量降着率が静穏期の50倍以上に増えていると考えられる。このため静穏期に形成された高温プラズマの放射冷却率が飛躍的に増加し、境界層は光学的に厚い状態へと遷移する。このとき境界層の温度が 10^8 Kから 10^5 K程度へと一気に低下するため、境界層は極端紫外光を放射する。しかしアウトバースト期にも、静穏期の数分の1程度の強度の硬X線放射が観測されていて、その起源がわかっていない。Patterson と Raymond (1985)は、境界層の縦方向の密度勾配のために、境界層の最上部に光学的に薄い層が存在し、そこから硬X線が放射されているとした。Ishidaら (2009)は、低電離の鉄から放射される蛍光Kα線の等価幅から、そのようなプラズマが降着円盤全体に広がっている可能性を指摘している。XRISM衛星は、この硬X線放射の起源を探るべく、2024年6月に起きたアウトバーストを捉え、可視光のピークから概ね3.5日に亘って硬X線放射の様子を捉えることに成功した。興味深いのは、この間に可視光の明るさが単調に減少しているのに対して、硬X線は観測の終盤に向けてむしろ増光していることである。これを Pattersonと Raymondの描像で自然に説明することは困難である。X線マイクロカロリメータ Resolveのスペクトルから、我々は、低電離の鉄、ヘリウム様や水素様に電離した高温プラズマ中の鉄からのKα線が、いずれも境界層あたりのKepler速度程度に広がっていることを突き止めた (Ishidaら 2026)。この幅の広い輝線は、アウトバースト期の高温プラズマが、光学的に厚い境界層の差動回転で発生する磁場の再結合によるフレアで形成され、磁力線に束縛されて境界層と共回転していると考えると自然に説明できる。本講演ではXRISMの観測結果の詳細を述べ、この描像の是非を議論する。