

## 概要

大質量星とコンパクト星からなる連星系である大質量 X 線連星は、質量降着により強い X 線を放射し、周辺環境へ多大な影響を及ぼす。また質量降着は連星系の進化過程へも大きな影響を与える。大質量 X 線連星はその進化の末に二重コンパクト連星を形成すると考えられており、近年観測され始めた重力波天体の前駆体として注目されている。したがって、大質量 X 線連星における質量降着の構造やメカニズムを理解することは、宇宙そのものや星の進化過程を理解する上で重要な部分を担う。しかし、大質量 X 線連星系は強重力場、強輻射場、強磁場といった極限環境であり、そこで起こる質量降着はとても複雑なものとなるため、未だ全容の理解には届いていない。

高光度であるほど、周辺環境への X 線放射による影響は大きいと考えられる。近傍銀河では、大質量 X 線連星の中で最も高い光度をもつ集団として位置付けられる超大光度 X 線源が観測されている。超大質量 X 線源は、恒星質量ブラックホールのエディントン光度よりも大きな光度で特徴づけられ、恒星質量を超える中間質量ブラックホールへの亜臨界降着あるいは恒星質量ブラックホール・中性子星への超臨界降着が候補として挙げられている。一部の超大光度 X 線源からパルス放射が検出されたことでその正体が中性子星であることがわかり、超臨界降着系の存在が明らかとなった。しかしそのような降着の構造やメカニズムも未だ解明されていない。

本研究では、上記のような高降着率の大質量 X 線連星系の降着や軌道パラメータの制限に関する研究を 2 つ行なった。1 つ目は、超大光度 X 線パルサーの超臨界降着の幾何構造に迫ることを目的とした、NGC 5907 ULX1 の自転位相分解スペクトル解析である。XMM-Newton 衛星と NuSTAR 衛星の同時観測により得られた自転位相分解広帯域 X 線スペクトルは、位相不変な円盤黒体放射成分 (温度勾配  $T \propto r^{-0.5}$ ) と、パルス放射成分を担う cutoff power-law でよく再現された。円盤内縁温度は  $\sim 0.3$  keV であり、先行研究と異なる低い軌道傾斜角が示唆された。またパルス放射成分は、フラックスのピーク前のスペクトルがピーク後のスペクトルよりハードであるという位相依存性を示した。これは磁極により近い降着流の高温領域が見え隠れしていることを示唆しており、磁気圏の非軸対称な幾何構造の可能性に迫る重要な結果である。

2 つ目は、XRISM/Resolve による銀河系内唯一のウォルフ・ライエ X 線連星 Cygnus X-3 の精密分光観測データを用いた、Fe XXVI Ly $\alpha$  スペクトルの軌道位相分解解析である。XRISM/Resolve の分光性能により初めて輝線のみならず吸収線も検出し、精密解析によりそれらを分離して軌道位相による変調を正しく捉えることで、初のロバストなコンパクト星の速度測定を実現した。輝線の速度変調から速度振幅は  $402^{+150}_{-139}$  km s $^{-1}$  と得られた。一方で吸収線はコンパクト星の比較的近傍の星風をトレースしている。軌道傾斜角を先行研究からもっともらしいと考えられる  $i = 28^\circ$  と仮定し、質量損失率と軌道周期変化率の関係をを用いると、コンパクト星の質量は  $M_C < 12M_\odot$ 、WR 星の質量は  $M_{WR} = (13 - 27)M_\odot$  と制限される。さらに、銀河系内のウォルフ・ライエ星サンプルを用いて見出された、質量と質量損失率との間に成り立つ経験則的な関係式を適用すると、質量はそれぞれ  $M_C = (1.4 - 17)M_\odot$ 、 $M_{WR} = (9.5 - 15)M_\odot$  となる。

本研究により、銀河系外の ULX パルサー、銀河系内の高光度な大質量 X 線連星 1 つずつについて、コンパクト星近傍の降着構造やプラズマ状態に一部迫ることができた。さらに、連星系の理解に欠かせない軌道パラメータについても制限を与えることができた。今後は、同様の手法を用いた系統的な解析を行い、ULX パルサーのより普遍的な性質を明らかにすること、また精密分光観測と輻射輸送計算を組み合わせたより高度な解析により、連星スケールで降着物質の速度・密度構造を明らかにすることを目指す。