

論文審査の結果の要旨

氏名 渡辺 伸

本学位論文は、大質量 X 線連星 (HMXB) を対象にして、大質量晩期型星からの星風と中性子星からの X 線の相互作用を Chandra 衛星の高いスペクトル分解能を生かして観測的に調べたものである。本論文は全体で 9 つの章から構成されている。

第 1 章での総論的導入の後、第 2 章で HMXB に関する研究の背景と X 線分光学の有用性をレビューしている。第 3 章は観測に用いた Chandra 衛星の概要と、高いスペクトル分解能を実現している X 線分光器 (HETGS) の基本性能をまとめている。

第 4 章と第 5 章は、それぞれ代表的な HMXB である Vela X-1 と GX301-2 についての観測結果である。Vela X-1 については、中性子星が 3 つの異なる軌道位相にある場合についての X 線スペクトルを測定した。その結果、低電離状態からヘリウム様電離状態、水素様電離状態までの種々の電離状態にある様々な元素 (S, Si, Mg など) のスペクトルをよく分解して捉えた。また、異なる軌道位相で比べたとき、スペクトル線のドップラーシフトがヘリウム様、水素様に電離した Ne, Mg, Si について明瞭に観測された。一方、GX301-2 についても 3 つの軌道位相にある場合の X 線スペクトルを測定した。Vela X-1 の場合と異なり高電離状態の元素からのスペクトルは見られず、低電離状態にある Fe, S, Si, Mg, Ca からの蛍光 X 線が観測された。また、Fe 輝線の低エネルギー側にコンプトン散乱に伴う 160 eV 程度の幅をもつ構造 (コンプトンショルダー) が明瞭に見られた。この結果は、コンプトンショルダーを天体現象において捉えた初めての例である。

第 6 章では、得られた観測結果を定量的に吟味するために開発したスペクトル線シミュレーションのコードについて述べている。HMXB の構造を考慮し、各元素のイオン化状態の空間分布を計算するとともに、モンテカルロ法によって観測されるスペクトルを求めるようになっている。第 7 章、第 8 章では、このコードを用いて、それぞれ Vela X-1、GX301-2 についての議論を行っている。Vela X-1 については、星風の構造のモデルとして輻射圧による加速に基づく CAK (Castor Abbott & Klein) モデルを仮定してシミュレーションを行った。その結果、3 つの軌道位相にある場合のそれぞれについて、連続波強度、スペクトル線強度ともによく再現することができた。これから、質量放出率が求められ、また、中性子星を部分的に覆う雲 (水素原子の柱密度にして $1.7 \times 10^{23} \text{ cm}^{-2}$) が存在することが確認された。一方、スペクトル線のドップラーシフトに関して、シミュレーション結果は観測値よりも系統的に大きかった。その原因として水素様、ヘリウム様に電離したイオンが存在する中性子星近傍では、星風の速度構造が CAK モデルからずれている可能性を議論している。GX301-2 については、コンプトンショルダーの解析から、中性子星全体を覆う密度の高い低温の雲 (電子温度にして 3 eV 以下) の存在が明らかになった。この描像は、GX301-2 で観測される X 線スペクトルの特徴とも矛盾しない。第 9 章はこれらの結果のまとめを述べている。

以上のように、本研究では 2 つの代表的な HMXB について、X 線領域の高分解能分光観測によってそれぞれの構造を解明したものである。得られた結果はもちろんのこと、X 線分光観測の新しい可能性を示した点でも非常に高い学術的意義がある。本研究は、論文提出者が共同研究者の助言の下で自ら着想し実行したものであり、論文提出者の寄与は十分と判断できる。

従って、博士 (理学) の学位を授与できると認める。