

審査の結果の要旨

氏名 丹波 翼

本学位論文は全 10 章で構成されている。第 1 章は短い序論に相当する。伴星から質量降着がある強磁場中性子星、X 線パルサーの時間変動を研究する動機について述べている。伴星からのガスは中性子星の周りに降着円盤を形成するが、円盤の内縁では磁気圧によって直接的な降着が阻害されている。円盤のガスは磁力線に沿って極域に流れ込み、「降着円柱」を形成する。中性子星の自転に伴い、この降着円柱からの X 線放射がパルスとして観測される。本研究では、X 線放射の時間変動解析により、円盤と降着円柱の幾何学的構造の解明を目指す旨が述べられている。第 2 章では、X 線パルサーのこれまでの観測と理論をレビューしている。第 3 章では、本論文で扱うデータを取得した X 線観測装置である NuSTAR と NICER の性能などを説明している。第 4 章では 2015 年に取得した NuSTAR による X 線パルサー Cen X-3 の 38.7ks のデータを時間分解して解析し、パルスのスペクトル、鉄輝線、サイクロトロン共鳴吸収線の自転・公転に伴う変動について詳しく論じている。しかし、このデータだけでは不十分なため、論文提出者が自ら観測提案を行い、Cen X-3 の公転周期で 2 周期分に相当する、369ks の観測を 2022 年 1 月に NuSTAR によって行った。第 5 章は、この長大なデータの解析結果に充てられている。様々な視点から解析が行われているが、二桁に渡る光度の変動に related、スペクトルの変動が確認されたことが主要な結果である。第 6 章では NICER によって 2017 年に観測された Cen X-3 のデータ解析結果が論じられている。3keV 以下では、二成分の熱的な放射でスペクトルが説明できた。第 7 章では、4-6 章における Cen X-3 の観測結果に基づいて、その物理解釈を試みている。中性子星への質量降着の時間変動ではなく、星風中の濃いガス雲が X 線を吸収・散乱することで、X 線が時間変動しているというモデルを提案し、そのガス雲のサイズ、密度などを評価した。第 8 章は別の X 線パルサー Her X-1 の NuSTAR による観測の解析に充てられている。このパルサーでは公転周期に伴う変動

はほとんど見られず、自転周期に伴って変化する放射の性質について主に議論している。第 9 章では Cen X-3 と Her X-1 のパルスプロファイルを説明するために、降着円柱からの放射をモンテカルロシミュレーションした結果を紹介している。主要な放射成分として、円柱側面からの制動放射による低エネルギー成分と、降着運動によるバルクコンプトン散乱光子が、中性子星表面で反射した高エネルギー成分が挙げられる。これらの放射により、X 線パルスの光度曲線が部分的に説明できることが、シミュレーションによって示されている。第 10 章は短いまとめに充てられている。

この論文では、伴星からのガスが、降着円盤及び降着円柱を通して強磁場中性子星に流れ込む際の、その幾何学構造を明らかにするために、細かく時間分解された詳細なデータを丹念に解析している。ここで提示されたスペクトルの時間変動に関する豊富なデータや、様々な観測量に対する相関関係そのものが、重要な結果であると認められる。また、その結果を解釈し、星風中のガス雲による吸収・散乱の重要性を指摘し、降着円柱の幾何学的構造に制限を与えたことに大きな意義が認められる。

なお、本論文は、小高裕和・谷本敦・鈴木寛大・高嶋聡・馬場彩との共同研究であるが、論文提出者が主体となってデータの解析及び解釈を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。