

論文審査の結果の要旨

氏名 マハセナ・プウトウラ

これまでに発見された多数の X 線星の中には、「X 線バースト」と呼ばれる、X 線が突然急速に強くなり 10 秒くらいで元の強度に戻っていく現象を示すものがあり、現在までに約 50 例が知られている。X 線星の多くは近接連星系を成す中性子星であると考えられており、このような X 線バーストは、連星の相手である低質量星から流出し中性子星の表面に降着した物質がある程度溜まることによって起きるヘリウムの暴走的熱核反応であると思われる。そんな中であって、ラピッドバースターと呼ばれる天体 MXB1730 - 335 は、他の X 線バースト源と同様のバースト（I 型と称する）を示すのに加えて、他には見られない著しく様相の異なるバースト（II 型と称する）をも示し、特異な存在である。この II 型バーストは、何らかの質量降着の不安定性により重力エネルギーの解放が間欠的に起きることが原因と見られているが、理論的にはそのメカニズムが確定しておらず、観測的には直接的証拠が十分ではなく、未だ決定的ではない。なぜ II 型バーストが、この X 線バースト源でしか起きないのか、という問いも未解決である。

本論文は、X 線科学衛星「あすか」によるラピッドバースターの II 型バーストの観測を解析し、II 型バーストの原因に関する上記作業仮説を観測的に証明せんとするものである。論文は全 5 章から成る。研究目的を述べた第 1 章に引き続き、第 2 章では、ラピッドバースターについてこれまでに明らかとなっている観測的特徴をまとめ、また、II 型バーストのモデルとして提案されてきたモデルの中から、ラピッドバースターの磁場が弱いという観測的証拠を挙げて磁場が絡んだ不安定性機構を排し、降着円盤の熱的不安定性による緩和振動を有力なメカニズムとして挙げている。低質量星からの流出ガスが中性子星周辺に円盤を形成し、或る臨界量に達するまで円盤に蓄積されるものの、臨界量に達すると突如中性子星に落下して重力エネルギーが解放されてバーストとして観測されるというのが基本的作業仮説である。第 3 章では、「あすか」の観測機器の説明を行っており、第 4 章が、「あすか」観測データの解析方法とその結果を述べた本論文の中核をなす章である。ここで得られた結果について、第 5 章で、II 型バーストの原因を降着円盤の不安定性による緩和振動であるとする見方と整合性があるか否かを議論している。第 6 章が全体のまとめである。

本論文で扱った観測データは、「あすか」の高い位置分解能と撮像能力のために、従来の観測データでしばしば問題となった近傍の X 線バースト源からの X 線の混入の危険性がない。また、「あすか」は、他の X 線衛星と違い、1 keV 付近の低い X 線エネルギーから 10

keV 近い高い X 線エネルギーまでの広いエネルギー域で高い感度を持つことから、スペクトルを子細に解析し、中性子星の周囲に想定されている降着円盤からの輻射を他成分から分離して検出するのに有利である。

論文提出者は、バースト規模毎に、個々のバーストを継続時間及び次のバーストまでの時間間隔により規格化した上で、バースト発生から減衰を経て静穏に至り次のバーストを再び起こすまでの位相毎に、X 線スペクトルを解析した。その結果、全ての位相において 2 つのスペクトル成分が存在することを初めて明らかにし、これらのスペクトルを黒体輻射と多温度円盤モデルから成る 2 成分モデルでフィットを行い、最適パラメータを決定することに成功した。こうして決定したパラメータから、距離を想定した上で、黒体輻射成分は球対称に起きている中性子星への質量降着による輻射として、黒体輻射領域の半径と質量降着率を求め、また多温度円盤モデルを仮定して、円盤の内側半径、円盤への質量降着率を求めた。その結果は、円盤成分の決定精度が低いバースト極大期を除いて、円盤は中性子星より大きく、且つ、円盤の内側半径はバーストの減衰期に最大となっていることを明らかにし、降着円盤の不安定性による重力エネルギーの解放が II 型バーストであるという作業仮説を支持する結論を得た。また、黒体輻射射影面積が I 型バーストから求められる中性子星の射影面積に比べ約 3 倍以上も大きいことから、中性子星への質量降着は仮定した様な球対称ではないことを示し、或る種の理論モデルが想定している様に降着円盤の一部にまで広がった境界層から黒体輻射成分が輻射されているとする方が寧ろ整合性が取れることを示した。この考えを取り入れて解析した結果、中性子星への質量降着率は、標準降着円盤中の質量降着率より、バースト中は大きく、定常状態期には、逆に小さくなっていることを明らかにした。この結果は、円盤不安定性の理論が予測している、降着円盤が 2 つの状態間を遷移するという考えを支持している。

以上要するに、本論文は、「あすか」によるラピッドバースターの II 型バーストの観測結果を解析し、その結果が、II 型バーストの原因が降着円盤の不安定性による緩和振動であるとする作業仮説と整合性があり、この作業仮説を観測的に支持できることを明確に示した。これは天文学、特に天体物理学に新たな知見をもたらすものである。

尚、本論文は、井上一との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析及び結果の検討を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。よって、本論文提出者に、博士（理学）の学位を授与できると認める。