

論文審査の結果の要旨

氏名 杉保昌彦

本論文では、近傍の銀河に見られる X 線光度が 10^{39} erg/s から 10^{40} erg/s にも達する大光度コンパクト X 線源 (ULX) と呼ばれる X 線源がどのような天体であるかを、Chandra 衛星・XMM-Newton 衛星のデータを用いて研究している。構成は、第 1 章導入部、第 2 章レビュー、第 3 章装置、第 4 章観測、第 5 章スペクトル解析、第 6 章統計的解析、第 7 章議論、第 8 章結論、となっている。

ULX は、1980 年代にはじめて発見され、その X 線光度は、最大で 10^{40} erg/s にも達し、銀河系内の良く知られた 10 太陽質量程度のブラックホール連星の Eddington 限界光度を 10 倍も超える。ULX はしばしば時間変動を示すことから、コンパクト天体と考えられ、その光度を説明するためには、100 太陽質量もの BH が必要となる。しかし、他波長での同定がなされていないこと、X 線での十分な分光観測が可能でなかったことから、その正体は発見以来の謎となっていた。

1993 年に打ち上げられたわが国 4 番目の宇宙 X 線観測衛星「あすか」により初めて、ULX に対する広帯域・高分解能・高感度の X 線分光観測が可能になり、10 個程度の ULX が調べられた。その結果、そのスペクトルには、光学的に厚い標準降着円盤からの多温度黒体放射モデル (MCD) でよく記述されるものと、光子指数 1.4~1.8 程度のべき型 (PL; Power-law) で表されるものがあることがわかった。これらはそれぞれ、いままでに良く知られている、BH 連星のソフト状態およびハード状態のスペクトルと定性的には一致した。さらに、全部で 4 つの ULX は、2 つのスペクトル状態間を遷移していることがわかり ULX が BH 連星であることが有力となった。しかし、一方で、円盤内縁温度 T_{in} が、1~2 keV と高すぎることで、また、ULX が時間変動を示す際に円盤の内縁半径 R_{in} が一定ではなく、ほぼ T_{in}^{-1} に比例して変動すること、等、従来の BH 連星とは異なる面があることも明らかとなった。

これらの背景の下、論文提出者は、Chandra および XMMNewton 衛星のアーカイブデー

タのうち、5 ksec 以上の観測時間をもつ距離 2~30 Mpc の NGC/IC 銀河を、合わせて 100 個ほど選び、銀河内のある距離以内に存在する、中心核以外の、光度 2×10^{38} erg/s 以上の天体を洗い出した。その総数はおよそ 800 個に及ぶ。さらにその中から、超新星残骸と同定されているものを除き、また、スペクトルの形が判定できる程度の光子統計を持つ天体として、全部で 50 天体ほどのスペクトル用サンプルが得られた。

論文提出者は、それらのスペクトルの特徴を注意深く調べ、これらの天体のスペクトルはほとんど、MCD モデルもしくは、PL モデルのどちらかで記述され、その数は同程度となることを見出した。そして、MCD 型のもので、とくに 5×10^{38} erg/s 以上では有意な光度の頻度分布の違いは見られなかった。MCD 型のものでは、光度と T_{in} にやや弱い相関が見られ、「あすか」で得られていたように、 10^{39} erg/s 以上のものでは、温度が 1 から 2 keV と大きい傾向が見られた。論文提出者は、さらに種々の性質を調べ、考察を巡らせた結果、近傍銀河の大光度コンパクト X 線源は、次のような 3 種類に分けられることがわかった。

1. 相対的に光度の低い MCD 型(典型的に 10^{39} erg/s, $T_{in} = 0.5 \sim 1.5$ keV)。 R_{in} がほぼ一定で、標準降着円盤が成り立つ。
2. 特に光度の高い MCD 型(典型的に $>10^{39}$ erg/s, $T_{in} = 1 \sim 2$ keV)。 そのスペクトルの特徴と時間変化の様子は slim disk と呼ばれる降着円盤の状態と矛盾がない。
3. PL 型 (上の 1 と 2 の境界の状態と考えて矛盾がない)。ただしスペクトルは、単純な PL では表されない場合がある。コンプトン散乱を強く受けた状態と考えられる。

論文提出者は、上述の ULX の特徴を、銀河系内で最大光度を示す BH 連星に対する最新の結果に対応させることから、ULX は降着率の高い BH 連星であること、そして、BH の典型的な質量は、20 から 50 太陽質量と考えられることを結論づけた。この BH 質量は、これまで知られた BH 連星のそれを明らかに超えたものである。

このように、本論文では、多数の ULX 天体の性質を調べることにより、ULX 天体の特徴的な性質を明らかにした。その結果、銀河における新しい範疇のブラックホール天体の存在が観測的に明確にされたことは、十分学位論文に値する。なお、本研究は牧島一夫との共同研究であるが、その主要部分は論文提出者が主体となって解析・考察を進めたものであり、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。