

論文審査の結果の要旨

氏名 宮 脇 良 平

本論文は、近傍銀河にある超大光度 X 線天体 (ULX:Ultra-Luminous Compact X-ray Source) の X 線スペクトルを詳細かつ系統的に観測・解析することで、ULX の X 線スペクトルとその状態変化に共通な特徴を導き出し、これらの天体が太陽の数十～数百倍の質量を持つブラックホール (BH) 天体であることの検証を行っている。

超大光度 X 線天体 (ULX:Ultra-Luminous Compact X-ray Source) は、光度が $10^{39.5}$ - 10^{40} erg/s にも達するコンパクトな X 線天体であり、1980 年代から近傍銀河においてその存在が知られるようになった。ULX の示すスペクトルが銀河系内で観測される BH 連星系の典型的なスペクトルに似ていることや一部天体で類似の状態遷移などが見られたことから、質量が数十～数百太陽質量の BH 連星ではないかと考えられた。一方で、現在の星の通常な進化過程においてそのような大質量の BH の生成が説明できないこともあり、通常質量の BH 連星系が Eddington 限界光度を越えて輝いているという解釈もされている。銀河系にある明るい BH 連星と比べて、ULX は非常に少ない光子統計、限られた観測エネルギー領域、少ない観測回数などのためにこれまでに得られたスペクトル情報は少なく、明確にこれらの解釈を区別する観測事実に乏しかった。論文提出者は、すざく衛星や XMM-Newton 衛星を中心とした X 線観測から、8 つの ULX に対して大量な観測データ (44 観測、1.3 Msec) を系統的にスペクトル解析し、ULX のスペクトルを統一的に研究した。ここでデータ解析した ULX は、近傍 (< 5Mpc) で大光度 (> 5×10^{39} erg/s) の 8 つの典型的な ULX 天体である。

論文提出者は、観測データごとにスペクトルを作成し、これらのスペクトルに対して 3 つの異なるエネルギーバンド内の光子数を求め、その中で 2 つ硬度比 ($HR1=(2-4)\text{keV}/(1-2)\text{keV}$, $HR2=(4-10)\text{keV}/(2-4)\text{keV}$) を計算し、それを 2 次元上に図示した (カラーカラープロット)。これから、論文提出者は、光度に依存した ULX スペクトルの共通性を導き出した。具体的には、最高観測光度で規格化した光度に対して、対応するスペクトル状態 (カラーカラープロット上の位置) はどの ULX でもほぼ一致することを明らかにした。これは、天体のスペクトルモデルに依存しない情報である。そのスペクトル状態は主に 5 つの

領域に分類できた。この内、光度の大きい領域1と領域2 ($L_c - 0.6 L_c$) のスペクトルは、スリム円盤モデルから期待されるスペクトルに良く合い、光度が下がると標準円盤モデルで合うことを示した。光度が下がって ($0.4 L_c - 0.2 L_c$) 領域3及び領域4になると、既に標準円盤モデルではなく PL (Power Law) スペクトルで良く合うようになり、通常の BH 連星における Very High 状態 (VHS) に対応づけられることを示した。さらに光度の低い ($\sim 0.1 L_c$) 領域5では、データ位置は大きく移動して、スペクトルはソフトになり、通常の BH 連星でよく観測される High/Soft 状態に近くなることを確認した。このような ULX 天体のスペクトル状態の特徴と遷移は銀河系 BH 連星と良く類似していて、ULX が同種の天体 (質量降着する BH) であることを示唆した。両者の光度の差も含めると、ULX は通常質量の BH よりも重い BH 天体であるという解釈がより強化されることになった。

本論文は全8章からなる。第1章は序文、第2章は ULX のレビュー、第3章は天体を観測した衛星とその観測装置の説明、第4章は観測した ULX と解析方法、第5章と第6章は8つの ULX のデータ解析とその結果、第7章は解析結果にもとづいた議論、第8章は本論文の結論が示されている。

本論文は、複数の観測衛星からの膨大な観測データを2つの硬度比をもとに体系的に解析することで、天体のモデルに依存しない形で ULX スペクトルの光度に依存した共通な振舞いを発見することに成功した。また、それぞれのスペクトル状態が、通常の BH 連星系と良く類似することも詳細なスペクトル解析から導き出している。この類似性は以前から他の研究者から示唆されていたが、多数の ULX について系統的に示したのは、本論文が始めてであり、ULX が太陽の数十から数百倍の質量を持つ BH 天体であることの1つの観測的証拠となる。この論文は他2名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解析や理論的考察を行っており、論文提出者の寄与は十分であると判断する。

従って、博士 (理学) の学位を授与できると認める。