

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	堀 貴郁
論文題目	Study of Thermally Driven Disk Wind in X-ray Black Hole Binary 4U 1630-47 and 7 Year MAXI/GSC Source Catalog of Low Galactic-Latitude Sky		
(論文内容の要旨)			
<p>この論文は二つのテーマから構成される。ブラックホールX線連星における熱駆動型円盤風の観測 (第二章) と、全天X線観測装置 (MAXI) の7年間の観測データを用いた銀河面X線源カタログの作成 (第三章) である。カタログの作成により、新たな銀河系内X線連星を発見し、今後の追求観測を通して統計的に円盤風を議論するためのサンプルを提供することが目標である。</p> <p>まずブラックホールX線連星 4U 1630-47 から観測された円盤風の長期変動の結果を報告する。我々は 2015 年 2-3月 において、high/soft 状態にある4U 1630-47 を、X線天文衛星「すざく」・NuSTARによって計3回にわたって観測した。また、過去の観測結果を比較するために、2006 年に「すざく」によって観測されたデータを再解析した。これら全ての観測において、高階電離した鉄イオンからのK吸収線が検出され、high/soft 状態において恒常的に円盤風が放出されていることが確認できた。2015年の観測において、鉄吸収線の等価幅は大きく変化していた。我々は熱駆動円盤風の放出メカニズムを物理的に考察することにより、円盤風の密度や電離度は、天体の光度やスペクトルに依存することを発見した。これらの変動を考慮に入れることで、4U 1630-47 における円盤風の長期変動が説明できることを示した。</p> <p>次に MAXI の観測データを用いた低銀緯領域における X 線天体カタログの作成について報告する。MAXI に搭載されている Gas Slit Camera (GSC) は、4-10 keV のエネルギーバンドで全天観測装置において過去最高の感度を誇り、これを用いた無バイアス X 線天体カタログは、2 keV 以下をカバーするROSAT カタログや 10 keV 以上をカバーした Swift カタログと相補的で、独自の科学的価値をもつ。銀河面を含む低銀緯領域の解析には、明るい天体の数密度が大きく天体混入の影響を考慮すること、銀河面リッジ X 線放射 (GRXE) の影響を考慮することが必要であった。我々は点応答関数の校正、GRXE のモデル化によってこれらの問題を克服することに成功した。銀河面カタログの作成にあたって、光子統計を最大限にあげるため、運用当初 (2009 年 8 月) から 2016 年 7 月までの 7 年間の積分データを用いた。さらに 73 日 (1/5 年) ごとに分割した観測データを用いて、一時期だけ明るい変動天体を新たに探査した結果、銀河中心領域 ($l < 30^\circ$, $l > 330^\circ$ & $b < 5^\circ$) を除く低銀緯領域 ($b < 10^\circ$) において 221 天体を 6.5σ 以上の有意度で検出した。最も暗い天体の明るさは 4-10 keV において 5.2×10^{-12} erg/cm²/s (0.43 mCrab)であった。これら全ての天体について同定作業を行い、180 天体 (81%) について対応天体を決定した。未同定天体の多くは、変動が大きく、硬X線の軟X線に対する強度が強いことから、X 線連星かブレーザー天体 (活動銀河核の一種) であると考えられる。</p> <p>第四章において、これらの結果をまとめ結論とする。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、ブラックホールX線連星 4U 1630-47 で観測された円盤風の長期変動解析の結果と、全天 X 線監視装置 MAXIを用いた銀河面 X 線カタログの作成からなる。今後、このX 線カタログの追求観測によって新たなX線連星が同定され、多数の天体を用いて円盤風の統計的研究を進めることができると期待される。

X線連星から観測される円盤風は、降着流の物理と周囲環境への影響を理解するための鍵となる現象である。しかし、その物理的起源については諸説あり、まだ決着がつかない。第二章では、2015年2月にアウトバーストを起こしたブラックホール連星 4U 1630-47 を X 線天文衛星「すざく」と NuSTAR で同時観測し、そこで観測された円盤風起源の吸収線と X 線スペクトルとの関係について調査している。2006年、2012年の観測結果と照らし合わせたところ、硬 X 線が強くなるにつれ円盤風の電離が急激に進むことが判明した。堀氏は熱駆動円盤風の理論に立ち返り、円盤風の放出半径の変化を考慮に入れることで吸収線の変化を説明できることを示した。これは、円盤風の起源が熱駆動型であることを強く示唆する重要な結果である。

第三章では、MAXIによる7年間のデータを用いた無バイアスな銀河面 X線カタログについて報告している。MAXI は全天サーベイとして 4-10 keV バンドで過去最高の感度を誇り、過去の衛星で発見できなかった多くの天体を発見すると期待される。銀河系内X 線源の多くは星の終末を迎えた天体であり、天の川銀河の形成史を理解する上で重要である。銀河面カタログの作成はこれらの研究の根幹をなす、非常に重要な仕事である。しかし、銀河面を含む低銀緯領域は、明るい天体の数密度が大きく天体混入の影響がより厳しくなること、銀河面リッチ X 線放射 (GRXE) を考慮する必要があることから、これまで解析が困難であった。堀氏は、全てのカメラで実際のデータを忠実に再現する点応答関数 (PSF) のモデルを作成するため、孤立した明るい天体の実データを詳しく調べた。そして、検出器で起きている物理を詳細に考察することで、その数式化を行い、データを非常に高い精度で再現するPSFモデルを作成することに成功した。これにより、混み入った領域で複数の天体を分離することが可能になった。また、赤外線での観測結果を参考にして、GRXE を銀河円盤部とバルジ部分に分けてモデル化し、MAXIによる観測シミュレーションを行うことで、精度良いバックグラウンドモデルを構築した。これらの結果を画像解析に組み込むことで、7年間積分のデータから銀河面領域において214 天体を検出した。さらに、1/5 年間積分の観測データも同様に解析し、一時期だけ明るい変動天体を 7 天体検出した。これら全ての天体について対応天体を同定したところ、計 54 の未同定天体が発見された。堀氏はこれらの天体の変動性・スペクトル硬度を調査し、未同定天体の多くは、未知のX 線連星かブレーザー天体であると推定した。今後、これらの未同定天体を追求観測することによって、多くの新しいX線連星が発見されると期待される。本カタログは、今後のX 線連星の研究の基礎を担う非常に重要な成果であると考えられ、研究目標は達成されたと評価できる。

以上の成果は、いずれも世界最先端の研究結果であり、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月12日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 2018年 6月 1日以降