

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	川室 太希
論文題目	X-ray Studies on Nucleus Structures of Mass Accreting Supermassive Black Holes and Luminosity Function of Tidal Disruption Events		
(論文内容の要旨)			
<p>宇宙には太陽の一億倍質量にもなる超巨大ブラックホール (Supermassive Black Hole; SMBH) が普遍的に存在している。その質量成長史を理解する上で重要な現象として、活動銀河核 (Active Galactic Nucleus; AGN) と SMBH による星潮汐破壊現象 (Tidal Disruption Event; TDE) が挙げられる。AGN は、SMBH 周りに降着円盤が形成され、それらを取り囲むようにトーラス状にガス・ダストが分布していると考えられており、まさに SMBH が成長している現場である。また、TDE も、星が SMBH の潮汐力により破壊され降着するといった SMBH 成長の鍵を握る現象である。そこで本論文では、AGN に関して、その活動性に依ってどのように降着円盤、トーラスの性質が変化するかを、また、TDE については、その発生頻度のピーク光度依存性 (光度関数) の導出と SMBH 成長への寄与の制限を主眼において以下のように研究を行った。</p> <p>第三章と第四章では、それぞれ「すぎく」で観測された低光度 AGN ($\log L_{14-195 \text{ keV}} < 42 \text{ erg s}^{-1}$) と適度に吸収を受けた中高光度 AGN (水素柱密度 $\log N_{\text{H}} = 22-24 \text{ cm}^{-2}$, $\log L_{14-195 \text{ keV}} > 42 \text{ erg s}^{-1}$) に着目し、その広帯域 X 線 (0.5-200 keV) スペクトルの系統的な解析を行った。吸収によるバイアスを最小限に抑えるために <u>Swift</u>/BAT の 70 ヶ月硬 X 線 (> 10 keV) サーベイで検出された AGN を母サンプルとした。二つの AGN 種族の結果をもとに、低光度 AGN の降着円盤やトーラス構造が、中高光度 AGN の活動性依存のモデルとは異なる新しいモードを示すことを明らかにした。まず、トーラス構造の立体角に相当する鉄輝線の硬 X 線連続成分に対する光度比に着目し、中高光度 AGN では光度が低くなるにつれてトーラスの立体角が大きくなる事実を確認した。しかし、低光度 AGN では、その予測に反して小さくなることを突き止めた。次に、光子指数に着目することで降着円盤と X 線放射コロナの関係性を調査した。結果、中高光度 AGN で見られた光子指数とエディントン比の正の相関が低光度 AGN では、負の相関に変化することがわかった。このことから、降着円盤が降着率に伴い状態変化し、コロナの性質にも影響を及ぼしている可能性が推察された。</p> <p>第五章では、まず、全天 X 線監視装置 MAXI による 37 ヶ月の全天データを 30/90 日毎に分割し、TDE を含む突発的に明るい現象を系統的に探査した。結果、10 天体の検出に成功した。そして、既存の MAXI カタログ記載の天体を含め 510 天体の光度曲線を作成した。TDE に典型的な突発的な増光と $-5/3$ 乗に比例して減光する事実を考慮し、4 例の TDE 候補を検出した。TDE の光度関数モデルは、SMBH の質量関数、潮汐破壊される星の質量関数、TDE 発生頻度の SMBH 質量依存性、そして、ジェットを伴う TDE の割合を考慮し、最尤法でパラメータを決定した。結果、TDE の硬 X 線 (4-10 keV) 光度関数を初めて決定し、赤方偏移 $z < 1.5$ において、TDE による SMBH 質量密度進化への寄与が AGN と比較して極めて小さいことを突き止めた。また、相対論的ジェットを伴う TDE の割合は、0.0007-34% だと推定された。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、超巨大ブラックホール (Supermassive Black Hole: SMBH) の成長を理解する上で重要な活動銀河核 (Active Galactic Nucleus: AGN) と SMBH による星潮汐破壊現象 (Tidal Disruption Event: TDE) の X 線を用いた研究結果からなる。特に AGN に関しては、その活動性と主要構造である降着円盤とトーラス構造の関係性の新しいモードについて、また、TDE に関しては、その発生頻度の光度依存性 (光度関数) から SMBH の質量成長への寄与について明らかにしている。

第三章と第四章ではそれぞれ、低光度 AGN ($\log L_{14-195 \text{ keV}} < 42 \text{ erg s}^{-1}$) と適度に吸収を受けた中高光度 AGN (水素柱密度 $\log N_{\text{H}} = 22-24 \text{ cm}^{-2}$, $\log L_{14-195 \text{ keV}} > 42 \text{ erg s}^{-1}$) に着目した研究結果について報告している。両者とも硬 X 線観測衛星 Swift/BAT で検出され「すぎく」で詳細観測された AGN に着目することで、吸収に対するバイアスが極めて小さい、かつ広帯域 X 線 (0.5-200 keV) スペクトルを持つサンプルとして過去最大規模である。川室氏は、系統的にそれら AGN の広帯域 X 線スペクトルを解析し、過去最高精度で複数の連続成分や輝線を分解することに成功した。また、両 AGN で得られた結果を組み合わせることで幅広い活動性 (光度、エディントン比) をカバーし、低光度 AGN の降着円盤やトーラス構造が、中高光度 AGN のこれまでの活動性依存のモデルとは異なる新しいモードを示すことを突き止めた。具体的には、トーラス由来だと考えられる鉄の蛍光 X 線を解析することで、高光度 AGN から光度が低くなるにつれてトーラスの立体角が大きくなる傾向が、低光度では必ずしも成り立たず、再び小さくなるという事実を発見した。また、X 線放射コロナの性質を特徴付ける光子指数とエディントン比の依存性が低光度 AGN では、中高光度 AGN の予測と反することを示した。このことは X 線放射コロナの性質に影響を及ぼす降着円盤の状態が変化している可能性を示唆している。これらの結果は、新しい AGN の活動依存性統一モデルを考える上で極めて重要な結果である。

第五章で、川室氏は、TDE の典型的な時間スケールに合わせてこれまで MAXI を用いて探査されてこなかった数ヶ月 (30/90 日) のスケールで変動する天体の検出に初めて取り組んだ。結果、10 個の突発的に明るい天体を検出することに成功した。そして、既存の MAXI カタログ記載の X 線 500 天体を含めた全 510 天体に対して光度曲線を作成し、TDE が示す光度曲線の特徴を考慮し、4 例の TDE 候補を検出した。TDE の光度関数は、これまでの観測的、また理論的な研究をもとにモデル化し、最尤法から光度関数を導出することに成功した。そして、これまでの調べられてきた AGN の SMBH 成長の寄与と比較して、赤方偏移 $z < 1.5$ では、TDE の寄与は極めて小さいことを突き止めた。これは、これまで考慮されてこなかった TDE の SMBH 成長への寄与を制限し、SMBH 成長の理解をより深めた意義のある結果だと考えられる。

以上の結果は、いずれも世界の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29年1月13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： 年 月 日以降