

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Transition Luminosities of Galactic Black Holes Based on Swift/XRT and NICER/XTI Observations
著者(和文)	WANGSili
Author(English)	Sili Wang
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11687号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:河合 誠之,堂谷 忠靖,松原 英雄,須山 輝明,須山 輝明
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11687号, Conferred date:2022/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	WANG SILI	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	河合 誠之	教授	宗宮 健太郎	准教授
	審査員	堂谷 忠靖	教授		
		松原 英雄	教授		
		須山 輝明	准教授		

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

ブラックホールX線連星は、太陽の数倍～10倍程度の質量をもつブラックホールと恒星からなる近接連星系である。ブラックホールは太陽の数十倍の質量をもつ大質量星の中心核が重力崩壊して形成されるため、その質量の分布は大質量星の進化の最終過程や、恒星の質量分布などを理解するために重要であるが、ブラックホールの質量の計測は容易ではない。その計測法の一つとして提唱されているのが、ブラックホールの状態遷移時のX線光度のエディントン比（エディントン限界光度に対する比）がどの天体でもほぼ一定であるという経験則の利用である。ブラックホールX線連星の多くは、普段はほとんどX線を放射しないが、時に数ヶ月間続く突発的なX線増光（outburst）を見せる。Outburstは、べき乗型の非熱的スペクトルをもつLow/Hard状態に始まり、ブラックホール周辺の高温な降着円盤からの熱的放射が卓越するHigh/Soft状態へ遷移して極大に達した後に減光し、ある程度X線が弱くなると再びLow/Hard状態へと遷移して、outburst終息に至る。このHigh/Soft状態からLow/Hard状態へ遷移するときのX線光度が、エディントン限界光度の1～4%の狭い範囲に分布することがMaccaroneらによって報告された。エディントン限界光度とは放射圧が重力と釣り合う光度であり、天体の質量に比例することから、状態遷移時のX線光度を測ればブラックホールの質量を推測できることになる。この関係は後続研究によって確認され、X線光子スペクトルの冪指数を用いて状態遷移を厳密に定義することによって、遷移時エディントン比の分布が狭くなることなどがわかってきた。しかし、これらの研究は2-40 keVのエネルギー範囲のX線データを用いて行われたが、そのデータを提供したRXTE衛星の観測運用は2012年に停止された。現在、ブラックホールX線連星のスペクトル観測の主力となっているSwift衛星のX線望遠鏡や、ISS上のNICER実験は、0.3-10 keVのエネルギー範囲のX線を計測するため、そのエネルギー範囲に適した状態遷移の指標が必要になってきた。本研究では、そのような状態遷移の指標として降着円盤内縁の後退が適していることを見出し、その指標を用いて、状態遷移時光度も狭いエディントン比分布をもつことを確かめ、ブラックホールの質量の推定に使えることを示した。

本論文は“Transition and Peak Luminosities of Galactic Black Holes Based on Swift/XRT and NICER/XTI Observations”と題し、6章の本文と4つの補遺からなる。

第1章“Background and Literature Review”はブラックホールX線連星の観測的性質、特にX線放射の起源とアウトバーストのスペクトル状態に関する先行研究とその解析手法をレビューする。

第2章“Background and Literature Review”は本研究に用いられた観測装置を紹介している。

第3章“Source Selection”は本研究の解析対象とした8個のX線源の選択条件を記述する。

第4章“Data Reduction and Spectral Analysis”は8天体それぞれのX線データを解析し、outburstの進展に伴うX線光度とスペクトルの変化を明らかにした。特に同時にRXTEとSwiftによって観測された3つのoutburstに対しては、RXTEを用いれば先行研究の結果を再現できることを示した上で、Swiftのデータでは同じスペクトルモデルを用いても得られるパラメーターの値や精度が必ずしもRXTEによる解析結果と一致しないことを示した。

第5章“Discussion”では、SwiftとNICERのエネルギー範囲では、High/Soft状態ではほぼ一定であった降着円盤内縁半径が急に増加し始める（円盤内縁が後退する）ことが、明快な状態遷移の指標となることを示し、その前後の2つのスペクトル成分（降着円盤からの熱的放射とコロナ起源と思われる非熱的成分）のエディントン比を8個のoutburstに対して調べ、先行研究で用いられたスペクトルの冪指数の変化を指標とした場合よりも狭い範囲に分布することを示した。また、降着円盤内縁の後退を指標とすることは、降着円盤が蒸発してコロナが生じるという物理的描像に対応することを議論している。

第6章“Conclusion”においては、本研究の方法、結果、および議論を要約するとともに、本研究

では考慮しなかった要素を挙げて今後の解析の改善の方向性に言及している。

補遺においては、用語集、ブラックホールの最内縁安定軌道の解説、および、補足的な解析を記述している。

このように、本研究において著者は、降着円盤内縁の後退開始が、ブラックホール X 線連星の状態遷移の観測的指標として現行観測装置には最適であることを見出し、状態遷移時点での X 線スペクトル解析からブラックホールの質量を推定するための手順を定式化した。この方法は、およそ毎年 1 個の割合で新しく発見されるブラックホール X 線連星の質量を推定する手段として極めて有用であり、天文学およびブラックホールに関連する物理学分野に重要な貢献をなすものである。本研究は著者の研究能力の高さを示すものであり、本論文は博士(理学)の学位請求論文として十分な価値があるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。