

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Multi-wavelength study of long-term activities of galactic Be/X-ray binaries
著者(和文)	庭野聖史
Author(English)	Masafumi Niwano
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12641号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:谷津 陽一,堂谷 忠靖,松原 英雄,宗宮 健太郎,関澤 一之
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12641号, Conferred date:2024/3/26, 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

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	庭野 聖史	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	谷津 陽一	准教授	関澤 一之	准教授
	審査員	堂谷 忠靖	特定教授		
		松原 英雄	特定教授		
宗宮 健太郎		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

恒星のスペクトル分類において、B 型などの青白く見える大質量星のうち、特に輝線放射を伴うものは、“e”を付加して Be 星と呼ばれている。この輝線放射は、星の周囲に広がる星周円盤に起因すると考えられているが、その成り立ちはほとんど理解されていない。銀河系内には、この Be 星を主星として、中性子星やブラックホール等のコンパクト星を伴星に持つ連星系がいくつか存在している。これらは主星の星風や星周円盤から質量降着を受けて時折 X 線で明るく輝くため、Be/X 線連星として知られている。X 線での放射は伴星への質量降着によって起こるため、コンパクト星を中心とした物理に注目が集まりがちである。しかしながら、質量の供給源である主星の質量損失機構も恒星物理学における未解決問題となっており、主星、伴星、いずれか片方の現象を追うだけではその総合的な理解は困難であった。本研究は、この問題を長期間にわたる多波長観測で解き明かそうとする試みである。伴星近傍で起こる X 線・ガンマ線での増光現象を全天 X 線監視装置 MAXI と Swift 衛星でモニタしつつ、可視光で輝く主星を最新鋭のトランジット系外惑星探査衛星 TESS で精密に連続観測し、その周囲の星周円盤の大きさを地上の近赤外線望遠鏡 Gattini-IR で同時に調べ、従来の手法では見つけることの出来なかった、主星から伴星への質量輸送の観測的特徴を見出し、Be/X 線連星の総合的理解を試みた。

本論文は「Multi-wavelength study of long-term activities of galactic Be/X-ray binaries」と題し、全 6 章の本文と 3 つの補遺からなる。

第一章「Introduction」では、Be 星とコンパクト星の連星系である Be/X 線連星、さらに X 線で観測されるアウトバースト現象について現在の理解を説明している。特に、軌道位相と無関係に起こるジャイアントアウトバーストについては、その発生メカニズムが現在も謎に包まれていること、先行研究では、星周円盤と連星軌道面の大きな傾きが質量輸送効率を高めジャイアントアウトバーストを引き起こす可能性があることなどが紹介されている。本研究の動機は、依然として謎に包まれているジャイアントアウトバーストの物理を解明することであり、これに主星の活動性に着目してアプローチする研究方針が述べられている。

第二章「Principles」では、大質量星の周期的光度変動である「脈動」、すなわち星震学の解説がなされている。観測データの時系列解析に用いるフーリエ変換については、基礎的な考え方と本研究で用いる Lomb-Scargle 法が説明されている。

第三章「Methodology」では、本研究に用いた様々な観測データについて、観測装置、対象天体の選定方針、解析の流れが述べられている。観測装置としては、可視光での連続観測に TESS、恒星のサイズ・温度を推定するために ZTF、ATLAS、そして赤外線超過成分の検出に Gattini-IR といった地上望遠鏡、一方、X 線増光の検出には MAXI と Swift 衛星が用いられている。対象天体としては、観測条件の良い銀河系内の 17 個の Be/X 線連星が選定されている。解析手法については、星周円盤に起因する赤外線超過成分の評価方法と、脈動の強度評価のためのフーリエ解析の手順が説明されている。

第四章「Results」では、特に活動的な 5 天体について、X 線光度曲線からジャイアントアウトバーストの時期が特定されている。一方、可視光・近赤外線では 100 日程度の時間尺度での光度変動が観測され、これが星周円盤の成長・崩壊に関連していることを指摘している。可視光光度曲線のパワースペクトルからは、天体固有の周波数でコヒーレントな振動成分が検出された。この可視光振動強度を赤外線超過成分の強度と比較したところ、5 天体中 4 天体で有意な逆相関関係が確認された。

第五章「Discussion」では、結果の解釈と将来の観測戦略が述べられている。フーリエ解析で検出された可視光振動成分は、恒星の自転または脈動に起因すると考えられ、恒星の自転速度の物理

的上限と、高調波の有無によって識別できることが示されている。さらに、可視光振動強度と赤外線超過成分の逆相関関係の原因として4つの仮説を提示し、それぞれについて検討が行われている。最終的に、星周円盤が大きくなっているとき、恒星の脈動振幅は実際に小さくなっている可能性が高いと結論されている。この現象は、ジャイアントアウトバーストへの質量供給に密接に関連することから、この現象をより詳しく検証するための具体的な観測戦略が提案されている。

第六章「Summary」では、本研究の方法、結果、および議論を要約している。特に星周円盤の大きさと星の脈動振幅の逆相関関係は、定説となっていた星の脈動による質量輸送や、その結果としての星周円盤の形成という従来の描像では説明が難しく、新しい観測的事実であると結論されている。補遺においては、略語の説明、解析手法の詳細、天文学特有の物理量の解説、補足的な解析結果を記述している。

以上の様に、申請者は本研究において独自の着眼点から Be/X 線連星の系統的な調査を行い、星の脈動強度と星周円盤サイズの逆相関関係という全く新しい現象を発見した。この発見は星周円盤の様な特定の天体構造にとどまらず、より普遍的な大質量星の質量損失機構という恒星物理学の本質的な問題を解くための重要な手がかりとなる。この成果は、申請者の高い研究能力を示すものであり、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、東工大リサーチリポジトリ(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。