

学 位 審 査 報 告 書

(ふ り が な) 氏 名	もりたに ゆうき 森谷 友由希
学位 (専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 年 月 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻
(学位論文題目) High-Dispersion Spectroscopic Monitoring of the Be/X-Ray Binary A0535+262/V725 Tau (Be/X 線連星 A0535+262/V725 Tau の高分散分光モニター観測)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 岩室 史英 准教授 太田 耕司 教授 上田 佳宏 准教授

理 学 研 究 科

京都大学	博士 (理学)	氏名	森谷 友由希
論文題目	High-Dispersion Spectroscopic Monitoring of the Be/X-Ray Binary A0535+262/V725 Tau (Be/X 線連星 A0535+262/V725 Tau の高分散分光モニター観測)		
(論文内容の要旨)			
Be/X線連星はB型輝線星とコンパクト天体(多くは中性子星)からなる連星系である。この内、B型輝線星(Be星)とは、『過去に一度でも Balmer 線が輝線として観測された B 型巨星ないし矮星』として定義されている。Be 星は光球の周りに幾何学的に薄い円盤(Be 星ガス円盤)を持ち、輝線はこの Be 星ガス円盤から放射されている。可視光から近赤外線で見られる輝線変動は Be 星ガス円盤の構造の変化を反映する。 Be/X 線連星は、一般的に離心率が小さく、特に比較的小さい軌道を持つ系は X 線で活発であり、静穏状態と増光状態の 2 つ状態を示す。Be/X 線連星系における X 線の増光現象(アウトバースト)は Be 星ガス円盤から中性子星へ質量が輸送されることに起因する。しかし、アウトバーストに関する詳細な機構は未解明のままである。Be 星ガス円盤は Be/X 線連星系において質量を供給する側である為、質量輸送機構ならびにそれに伴う X 線での活動性に重要な役割を担うことから、可視光の輝線を観測することでこの未解明問題に手がかりを得ることができる。更に、Be 星ガス円盤は消失・再生・密度分布の変化などに伴う日～数十年単位の様々な時間スケールの変動を見せる。 その為、代表的な Be/X 線連星である A0535+262/V725 Tau の可視光高分散分光観測を 2005 年 11 月から 2011 年 10 月にかけて行った。このモニター観測の目的は Be 星ガス円盤における様々な時間スケールの変動を系統的に調査すること、並びにアウトバースト前後における Be 星ガス円盤の様子を詳細に調べることである。観測は 2009 年 3 月までと、2009 年 3 月以降の 2 つの期間に大きく分けられる。 2009 年 3 月までの観測期間中においては Hα 輝線ならびに Hβ 輝線が徐々に強くなっていることが分かった。また、2 つのピークを持つ輝線の非対称性の指標で、長波長側のピークの強さに対する短波長側のピークの強さで表される V/R 比が周期的に変化していることを確認した。Hα 線の V/R 比をフーリエ解析すると、変動の周期は 500$\pm$15 日と同定された。更に、ドップラートモグラフィーという手法をこの期間の Hα 線、Hβ 線に適用し、500 日の周期で回転している非対称な構造を可視化することに成功した。この非対称構造は一本腕振動と呼ばれる密度の摂動波の伝搬に関係していると考えられる。 一方、2009 年 3 月以降の観測期間中、A0535+262 では 2 回の巨大アウトバースト(2009 年 11 月から 12 月にかけてと 2011 年 2 月)と 5 回の通常のアウトバースト(2009 年 4 月と 8 月、2010 年 3 月、6 月から 7 月にかけてと 10 月)が観測された。観測された輝線は様々な変動を見せたが、特に 2009 年の巨大アウトバーストの時期付近で劇的に変化した。この時期の Hα 線並びに Hβ 線はとても強いだけでなく、プロファイルには『肩』のような形状をした成分と大きく赤方偏移した卓越成分が特徴的であった。この明るい『肩』のような形状は 2009 年の巨大アウトバースト後に通常のアウトバーストが起きた近星点通過時にも見られたが、アウトバーストが起きなかった 2011 年 9 月の近星点通過時には見られなかった。このことは、『肩』のような形状は Be 星ガス円盤の外縁部から中性子星に向かうガス流に起因していることを示唆する。一方で、赤方偏移した卓越成分は 2 つないし 3 つのピークを持つことがあった。また、Hα 線の等価幅は 2009 年の 8 月に起きた通常のアウトバーストの後に Be 星ガス円盤が Roche 半径よりも大きくなっていることを示した。更に、Hα 線の翼の幅は 2008 年初頭から狭くなり始			

め、Be 星ガス円盤の内側の密度が薄くなり、Be 星ガス円盤が不安定になっていることを示した。これらの結果は Be 星ガス円盤が中性子星の潮汐力により大きく歪んだことを示唆する。この歪みにより密度が濃くなった部分の位置を推定すると、巨大アウトバーストはこの歪んだ成分から中性子星へ大量のガスが輸送されたことに起因するものである可能性が高いことが分かった。

(論文審査の結果の要旨)

連星系における質量輸送は連星の進化過程を決定する最も重要な要素であるが、そのプロセスは基本的な部分ですら未だに解明されていない。Be/X 線連星は B 型輝線星と中性子星の連星系であり、大質量星同士の連星においてより大きな質量を持つ星が超新星爆発を起こして中性子星になった後の連星系と考えられる。この系がこれから質量輸送を含めてどのように進化していくのかは興味深く、超新星の物理や銀河における金属量の変化の研究などにも影響を与える。本論文は、Be/X 線連星を高分散分光観測で長期モニターするという、これまでにほとんど行われていない手法で Be/X 線連星の質量輸送問題に取り組み、長期の準周期的な可視光スペクトル変動と短期間で発生する大規模な X 線増光現象に対し、詳細な分光データを用いて星周円盤の状態とそこからの質量輸送過程の概要を明らかにした。

この論文の研究対象である Be/X 線連星である A0535+262/V725 Tau の長期の準周期的な可視光スペクトルの変動は、これまでも間欠的な分光観測から 1 ～ 2 年程度と推定されていたが、本研究では 3 年半にわたる高分散分光のモニター観測からその周期を 500 (±15) 日と決定し、この結果にドップラートモグラフィーを適用することで、星周円盤上に非対称な速度成分が存在し、円盤上を伝播しながら回転していることを明らかにした。ドップラートモグラフィーによる星周円盤構造の解明はこの研究が初めてであり、干渉計による観測以外で初めて非対称構造を可視化したことは、干渉計のような特殊な装置ではない中小口径望遠鏡でこれが可能であることを示したもので、特筆に値する。

その後 2 年半の期間は、大規模なアウトバーストが複数回発生した活動的な期間であったが、特に 2009 年に起こった巨大アウトバーストについては、バーストの開始から終了まで非常に高い密度で高分散スペクトルを取得することに世界で初めて成功した。この結果とその後の通常のアウトバーストや次の巨大アウトバーストの時のモニター観測の結果に基づいて、1) 軌道面に対して傾いている Be 星ガス円盤が Be 星からの質量放出の減少したことをきっかけにして歪みを起こす、2) その歪んだ成分がガス円盤内で位置を変えていく、3) この歪み成分と中性子星がある位置関係になったときに Be 星ガス円盤から中性子星への激しい質量輸送現象が起こる、4) その結果巨大アウトバーストが引き起こされる、という新しいシナリオを提唱した。

これらの結果はこれまでにほとんど行われなかった手法による長期の研究結果によりもたらされたものであり、連星系での質量輸送現象や進化の研究において重要な観測結果と解釈を与えるものである。よって、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 24 年 1 月 20 日に論文内容とそれに関連した口頭試問を行った。その結果合格と認めた。