

審査の結果の要旨

論文提出者 朽名 正道

Ia 型超新星は、銀河の明るさにも匹敵する、最も明るい部類に属する超新星である。と同時に、その明るさの時間変化(光度曲線)が非常に均質でもある。これらの性質のため、Ia 型超新星は明るい標準光源として宇宙論的距離決定に使われ、宇宙膨張の加速を明らかにした。また、銀河の化学進化において、鉄族元素の主要な供給源となるなど、重要な役割を担っている。しかしながら、その母天体の正体は未だ明らかになっていない。連星系中の炭素酸素白色矮星が爆発するという点についての一致はあるが、相手の星(伴星)が通常の主系列星あるいは赤色巨星(Single Degenerate model, SD と略)なのか、それとも白色矮星どうしの合体(Double Degerate model, DD と略)なのか、が現在大きな問題になっている。論文提出者は、SD モデルに基づき、炭素酸素白色矮星の爆発残骸が伴星に衝突することによって生じる光度曲線の変化、および、伴星からはがされた水素が超新星のスペクトル中にどのように見えるかを計算し、Ia 型超新星の母天体が、SD か DD かを区別するための手法を提案した。

本論文は全6章からなる。論文の内容自体は共同研究であるが、論文提出者、朽名正道の主導で研究が進められたものであることを論文審査において確認した。なお、その論文を博士論文として提出することについては、共著者の承諾書が得られている。

本論文第1章は序論であり、特にIa型超新星の特徴などを概観している。第2章は、本論文の背景をなすIa型超新星の母天体の研究についての現状をまとめ、従来の研究の問題点を概観し、本研究の目的と意義について述べている。SDモデルに基づくと、超新星の爆発残骸が伴星に衝突することによって、衝撃波が発生し、爆発残骸を加熱する。この加熱によって、超新星の非常に初期の光度曲線が明るくなる。この衝撃波加熱による光度曲線の変化が Kasen (2010) によってはじめて計算された。多くのIa型超新星がこの加熱の兆候を示していないことから、Ia型超新星の母天体としてはSD型の連星系は少ないのではないかと推論されている。しかし、論文提出者は、Kasen が、爆発残骸中の輻射と物質が熱平衡にあるとして計算していることへの疑念を提出し、輻射と物質の熱平衡をはずした計算を行う必要があることを主張している。

第3章では、超新星の爆発残骸が伴星に衝突し、さらに膨張して行く過程を追いかけるために、著者自らが独自に開発した数値流体力学の計算方法が詳しく述べられている。特に、超新星爆発残骸中の物質と輻射の相互作用については、熱平衡の仮定をはずし、輻射と流体の相互作用について、散乱吸収の過程を近似的に取り入れることで定式化を行っている。また、輻射流束については、流束制限法に基づいて、定式化を行っている。熱平衡の仮定をはずした計算を可能にするために、論文提出者は独自に数値計算コードを開発し、その各所において、様々な工夫をこらしている。それらは、最後の付章にまとめられているが、このような今までにない数値コードの開発それ自体高く評価される。

第4章では、著者自ら開発した輻射流体力学コードを用いて計算した具体例について詳しく述べている。その結果は、Kasen の結果とは大きく異なり、ごく初期における衝撃波加熱による光度曲線の変化はあまり大きくなく、初期加熱の

兆候が、観測された光度曲線に見られないからといって、SD モデルを簡単には棄却できないことが示される。また、輻射流体力学コードによって計算した爆発残骸の熱力学的状態からレイトレーシング法によって超新星のスペクトルを計算し、光度曲線の極大後から水素のバルマー線が吸収線として見えることを明らかにした。また、シリコン吸収線の膨張速度の変化が、超新星と伴星を見る位置関係が違ふと異なることを示し、超新星のライトエコーが測定できれば、この変化が観測可能なことを指摘している。特に、ここで提案された極大後の水素吸収線が検出されれば、DD ではなく SD モデルであることが決定的になる。これらは、今までにない新しい結果、および視点であり、Ia 型超新星の母天体の正体を明らかにする上で、非常に大きな貢献と判断される。

第5章は、4章での結果をまとめている。

第6章は付章で、著者が独自に開発した輻射流体力学コード、およびポストプロセスのレイトレーシング法によるスペクトルの計算方法の詳述である。

論文提出者は、Ia 型超新星の爆発残骸と伴星の衝突の結果生じる衝撃波加熱を熱平衡の仮定をはずして計算するための輻射流体力学コードを独自に開発し、先行研究とは大きく異なる新しい結果を導出した。また、ポストプロセスとして、レイトレーシング法により超新星のスペクトルを計算し、Ia 型超新星の母天体を見分けるための新しい観点を提案した。これらの結果は Ia 型超新星の起源をめぐる研究を大きく進展させる画期的なものである。

以上を要するに、本論文は恒星進化天文学の分野において、新しい知見をもたらすとともに、新しい発展の可能性を開くものである。よって本論文は博士（理学）の学位論文としてふさわしいものであると、審査委員会は認める。