

# 論文審査の結果の要旨

氏名 姜 継安

本論文は、Ia 型超新星の起源天体や爆発機構について新たな知見を得るために、可視光の早期段階観測とその解釈を系統的に行ったものである。

本論文は6章および付録1章からなる。第1章は序章であり、本論文の背景や研究動機などがまとめられている。Ia 型超新星は、標準光源として宇宙論的な研究にも用いられている有名な天体であり、連星の中の白色矮星が核燃焼の暴走を引き起こすことで爆発するとされている。だが、どのような連星が Ia 型超新星となるのかは、いくつかの理論的仮説が提唱されているが、まだよくわかっていない。本論文は、論文提出者らが新たに実行した東京大学木曾観測所のシュミット望遠鏡や、すばる望遠鏡を用いた観測に、過去の超新星データも加えて、Ia 型超新星の早期段階における光度進化や最大光度付近のスペクトル進化を吟味することで、起源天体や爆発機構に迫ることを目的としている。

第2章は、論文提出者らがまず行った、木曾シュミット望遠鏡による早期超新星サーベイの結果が報告されている。論文提出者はまず、KISO Supernova Survey (KISS) というサーベイに共同研究者として参画し、さらにその発展である Survey with KWFC for Young Supernovae (SKYS) サーベイを PI として計画・実行した。2015年の七ヶ月にわたる観測で、13個の超新星候補が見つかり、そのうち4つは確かに早期段階の超新星であることが確認された。さらに他の望遠鏡による分光観測データなどを用いて、このうち3つは Ia 型超新星であることが確認された。これら3つは、Ia 型超新星の中でもさらに異なる下位分類に属するもので、こうした早期観測から、Ia 型超新星の多様性と起源について新たな知見が得られることが示された。

第3章では、さらなる発展として、論文提出者が提案・実行した、すばる望遠鏡を用いた Multi-band Subaru Survey for Early-phase SNe Ia (MUSSES) サーベイについて報告されている。これはすばるで発見された早期段階超新星を、国際的な望遠鏡ネットワークで詳細に観測を行うプロジェクトである。最初の観測により、12個の早期段階超新星候補が発見された。特に、そのうちの1つである MUSSES1604D は、典型的な極大光度を持つ Ia 型超新星であったが、色の赤い特異な早期増光現象が見られた。また、同時にスペクトルにもチタンの吸収線が見られるという特異な特徴が見られた。論文提出者らは、数値シミュレーションなどとの比較から、この現象が、白色矮星表面のヘリウム層における爆轟がまず発生し、それにより白色矮星中心の核燃焼が誘起されたとすると自然に説明できることを示した。これは、Ia 型超新星の早期段階での光度超過について、新たな多様性を明らかにし、また、表面ヘリウム層の爆轟という爆発タイプの存在も明らかにしたという意味で重要な成果である。

第4章では、論文提出者らによる観測データに加えて、公表されている過去の研究による早期段階観測データも追加して、早期段階で光度超過を示す Ia 型超新星 11 個からなる、これまでで最も大きなサンプルを構築し、統計的な研究を展開している。このサンプルに

より、早期光度超過を示す Ia 型超新星は一部の低位分類に集中してみられることが判明した。特に、明るい Ia 型超新星では、ほぼ全てで早期光度超過が見られる。論文提出者らはこれについて、白色矮星の表面近くでより効率的に核燃焼が進み、多量に生成されたニッケル 56 の崩壊熱によって光度超過が起こるという新しい説を提示した。この結果は、Ia 型超新星の爆発機構にさらなる多様性があることを示している。

第 5 章では、木曾シュミット望遠鏡に新たに搭載される Tomo-e Gozen カメラを用いた、さらに新しい超新星サーベイによる将来の展望が述べられている。

第 6 章は論文のまとめである。

本論文で議論されている Ia 型超新星の起源や多様性の問題は、天文学で残された未解決問題の中でも重要なものである。それを早期段階での光度超過という観点から系統的に観測を行い、実際にこれまで知られていなかった機構で爆発する Ia 型超新星の存在を証明した。さらに統計的研究により、多様な Ia 型超新星とその物理的起源について、包括的な視点で新たな仮説を提出した。こうした成果の学術的価値は高い。

なお、本研究は 24 名の研究者との共同研究であるが、SKYS および MUSSES サーベイは論文提出者が PI となって計画・実行されたものである。国際的な望遠鏡ネットワークのとりまとめや、観測データ解析の大部分も論文提出者が行ったものである。理論モデルや数値シミュレーションは共同研究者によるところが大きいですが、論文提出者が主導して観測と理論の比較や議論を行ったものであり、全体として、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。