

論文審査の結果の要旨

氏名 春日 知 明

本論文は 10 章からなる。第 1 章は序論であり、本論文の動機と構成を示している。第 2 章では本論文の研究対象である超新星、特に Ia 型超新星とその残骸について、観測的知見と物理過程を概説している。第 3 章では、本論文で使用したデータを取得した X 線観測装置について概略を述べている。第 4 章および第 5 章では、本論文で詳細に調べた 2 つの超新星残骸のうち的一方である Kepler 超新星残骸について、それぞれ異なる観測装置を用いたデータ解析の詳細と結果を示し、第 6 章でそれらの解釈を述べている。第 7 章では、もう一方の超新星残骸 Tycho について同様のデータ解析を行った結果を示し、第 8 章でその解釈を述べている。第 9 章では両者を合わせた議論を展開し、最後に第 10 章で結論を述べている。また付録 A では、論文提出者がデータ解析の過程で見出した観測装置の問題点について補足している。

Ia 型超新星は白色矮星がチャンドラセカール限界質量に達して爆発したものと考えられ、その明るさが一定となることから遠方銀河距離測定の標準光源として用いられる。しかし、その爆発過程には未解明な点も多く、そのうちの 하나가爆発前の白色矮星連星系の様態である。2 つの爆発シナリオ、すなわち伴星が恒星の場合 (Single Degenerate) と白色矮星の場合 (Double Degenerate) が考えられているが、後者においては爆発時の白色矮星 (主星) の質量が必ずしも一定にはならない。両者の観測的な違いは、伴星からの降着流に起因する星周物質の有無であり、星周物質が存在する Single Degenerate の場合は超新星残骸の爆発噴出物が星周物質に衝突し、減速を受ける。本論文は、若くかつ近傍の Ia 型超新星残骸の噴出物の運動を X 線観測で詳細に調べ、減速の有無から爆発シナリオの判別を試みたものである。

爆発噴出物の運動を測定するために論文提出者が採用した方法は、視線方向に高速で運動する噴出物からの放射のドップラー偏移を利用するというものである。噴出物からの蛍光 X 線輝線のエネルギーはその視線方向の速度に応じて青方あるいは赤方偏移するが、これらの重ね合わせの観測により、輝線幅は観測装置の分光性能よりわずかに広がる。論文提出者は、複数の明るい輝線にこの原理を適用することで噴出物運動測定の精度を高め、さらに超新星残骸を空間分解し球対称な噴出物を仮定することで、以下で述べる超新星残骸の噴出物全体の速度分布を導くことに成功した。独創的な手法の効果を実データ解析で示した論文提出者の解析技能は、高く評価できるものである。

論文提出者は、XMM-Newton 衛星に搭載された X 線観測装置で空間分解可能で、かつ若い Ia 型超新星残骸である Kepler と Tycho を解析対象として選び、それらの X 線観測データに上記の解析手法を適用した。両者の重要な違いは星周物質自体からの X 線放射が Kepler では検出され、Tycho では検出されていないという点であり、従って、それ

ぞれ **Single Degenerate**、**Double Degenerate** の典型例であると考えられていた。しかし、解析結果は両超新星残骸において爆発噴出物外縁部の減速傾向が見られるというものであり、**Tycho** の場合は、天体の内側で $3000\text{-}4000\text{ km/s}$ の一様等方膨張が見られるのに対し、外縁部では 1000 km/s 程度に噴出物が減速していることが判明した。この結果は、**Tycho** の周囲にも放射が直接観測されない星周物質が存在し、**Tycho** も実は **Single Degenerate** であった可能性を初めて示したものである。爆発シナリオの判別における超新星残骸の視線方向運動解析の有効性が立証され、その効果は現在計画されている次世代の高分光性能 X 線観測装置が打ち上げられた際にはさらに増すはずであることから、爆発シナリオに関するより強固な知見が将来もたらされると期待できる。

以上本論文は、**Ia** 型超新星の爆発シナリオの判別を目的としてその残骸の X 線観測データを解析し、爆発噴出物の運動を明らかにする独創的な解析手法を確立すると共に、それを適用した **Tycho** の結果からは爆発シナリオに関して従来解釈と異なる知見を与えたものであり、高エネルギー天体物理学において重要な貢献をもたらしている。

なお、本論文第 4 章から第 6 章は **Jacco Vink**・**勝田哲**・**内田裕之**・**馬場彩**・**佐藤寿紀**・**John P. Hughes** との共同研究、第 7 章から第 8 章は **内田裕之**・**前田啓一**・**Shiu-Hang Lee**・**田中孝明**・**Gilles Ferrand**・**長瀧重博**・**馬場彩**・**小高裕和**との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。