

Title	Suzaku Study on the Ejecta of Galactic Evolved Supernova Remnants
Author(s)	上司, 文善
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/56063
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (上 司 文 善)

論文題名

Suzaku Study on the Ejecta of Galactic Evolved Supernova Remnants
(すざく衛星による銀河系内超新星残骸に残る爆発噴出物の観測的研究)

論文内容の要旨

宇宙に存在するほぼ全ての重元素は2種類の超新星爆発により生成された。白色矮星の暴走的核反応による爆発 (Ia型) と大質量星の重力崩壊に伴う爆発 (Core-collapse型; CC型) である。Ia型超新星は多量のFe族元素と中間元素 (Si-Ca) を供給するのに対し、CC型超新星は軽元素 (C-Mg) を主に供給する。超新星爆発後に形成される超新星残骸は、これら超新星の元素合成と爆発機構を理解する上で最も重要な観測対象である。

本論文では、X線天文衛星「すざく」による複数の銀河系内超新星残骸 (G292.0+1.8, G290.1-0.8, G272.2-3.2, 3C397) の観測結果を報告する。いずれも年齢1-10kyrほどのmiddle-age天体で、含有するほぼ全ての重元素はX線で輝いていると期待できる。すざくによる統計の優れたX線スペクトルを解析した結果、4天体中3天体 (G292.0+1.8, G272.2-3.2, 3C397) は二成分のプラズマから成ることが分かった。重元素組成から、それぞれ「元の星からの爆発噴出物」と「衝撃波で掃き集められた星間物質 (ISM)」由来のプラズマと考えられる。爆発噴出物の組成と質量から、G292.0+1.8はCC型、G272.2-3.2はIa型であることが分かった。ただし、3C397については、軽元素とFe族元素で異なる爆発タイプを支持するため、CC型かIa型か判然としない。一方、G290.1-0.8は爆発噴出物とISM成分を分離することはできなかったが、プラズマ全体の組成からCC型が示唆された。

我々はさらに、これら超新星残骸の結果と他の銀河系内天体の結果を併せた系統的研究から、CC型中の軽元素 (O, Ne, Mg) の組成比はIa型に比べておよそ10倍高いことを示した。CC型とIa型の爆発噴出物の質量はそれぞれ~10太陽質量と~1太陽質量と、こちらも有意に異なる。一方、爆発噴出物中のFeの電離年齢は、Ia型ではSiのおよそ15倍大きいものに対し、CC型ではSiとほぼ変わらないことを発見した。すなわち、この観測結果は、Ia型では元の星のまま爆発噴出物内で層状構造が保たれているのに対し、CC型では対流などの効果により爆発噴出物が良く混合されていることを示している。

また、G290.1-0.8においては「過電離プラズマ」を発見した。通常、超新星残骸では衝撃波によりまず電子が加熱されて、それに伴い電離が進む。したがって、電子温度 (T_e) より電離度 (電離温度: T_z) が低い電離途上プラズマ ($T_e > T_z$) が観測されることが一般的であるが、過電離プラズマ ($T_e < T_z$) はその関係が反転した異常な電離状態にある。G290.1-0.8の空間分布を解析した結果、過電離プラズマは超新星残骸と分子雲の衝突領域にむかってより顕著となる傾向を発見した。また、電子温度は過電離の顕著な領域でより低くなる。したがって、これらの観測結果から、過電離プラズマは分子雲による熱伝導冷却で発生したと考えられる。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (上 司 文 善)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授 常 深 博
	副 査	教 授 芝 井 広
	副 査	京都大学・名誉教授 小 山 勝 二
	副 査	准教授 林 田 清
	副 査	准教授 藤 田 裕

論文審査の結果の要旨

論文要旨：宇宙に存在するほぼ全ての重元素は超新星爆発により生成された。超新星爆発には、白色矮星の暴走的核反応による爆発（Ia型）と大質量星の重力崩壊に伴う爆発（Core-collapse型；CC型）の二種類がある。Ia型超新星は多量のFe族元素と中間元素（Si-Ca）を供給するのに対し、CC型超新星は軽元素（C-Mg）を主に供給する。したがって超新星残骸は、超新星による元素合成とその爆発機構を解明するための重要な観測対象である。

上司君は、X線天文衛星「すざく」による複数の銀河系内超新星残骸（G292.0+1.8, G290.1-0.8, G272.2-3.2, 3C397）の観測結果をまとめている。これらの超新星残骸はいずれも年齢1-10kyrほどのmiddle-age天体で、含有するほぼ全ての重元素はX線で輝いていると期待できる。バックグラウンドの低いことが特徴のすざくによる統計の優れたX線スペクトルを解析した結果、4天体中3天体（G292.0+1.8, G272.2-3.2, 3C397）は異なる温度の二成分のプラズマから成ることが分かった。それぞれの重元素組成から、「元の星からの爆発噴出物」と「衝撃波で掃き集められた星間物質（ISM）」由来のプラズマと結論付けている。さらに爆発噴出物の組成と質量から、G292.0+1.8はCC型、G272.2-3.2はIa型であることが分かった。ただし、3C397については、軽元素とFe族元素で異なる爆発タイプを支持するため、CC型かIa型か判断としない。一方、G290.1-0.8は爆発噴出物とISM成分を分離することはできなかったが、プラズマ全体の組成からCC型が示唆された。

さらに、これら超新星残骸の結果と他の銀河系内天体の結果を併せた系統的研究から、CC型中の軽元素（O, Ne, Mg）の組成比はIa型に比べておよそ10倍高いことを示した。CC型とIa型の爆発噴出物の質量はそれぞれ～10太陽質量と～1太陽質量と、こちらも明確に異なる。一方、爆発噴出物中のFeの電離年齢は、Ia型ではSiのおよそ15倍大きいのに対し、CC型ではSiとほぼ変わらないことを発見した。すなわち、この観測結果は、Ia型では、元の星のまま爆発噴出物内で層状構造が保たれているのに対し、CC型では爆発噴出物が良く混合されていることを示している。近年、CC型超新星の爆発シミュレーションにおいて、流体不安定性などによる対流の効果が爆発を促す方向に働くことが分かってきている。上司くんの解析結果は、CC型におけるこのような対流の効果を定量的・系統的に示した初めての観測結果と言える。

また、G290.1-0.8においては「過電離プラズマ」を発見した。通常、超新星残骸では衝撃波により電子が加熱されて、それに伴い電離が進む。したがって、電子温度（ T_e ）より電離度（電離温度： T_z ）が低い電離途上プラズマ（ $T_e > T_z$ ）が観測されることが一般的であるが、過電離プラズマはその関係が反転した異常な電離状態（ $T_e < T_z$ ）にある。過電離の形成過程はこれまで明らかになっていないが、過電離が検出されたすべての超新星残骸は分子雲などの濃いISM中に存在することが分かっている。そこで、今回観測したG290.1-0.8に加え、W49B, IC443という明るい過電離超新星残骸において過電離プラズマとISMの分布の相関を調べた。その結果、すべての超新星残骸で、過電離は超新星残骸と分子雲の衝突領域にむかってより顕著となる傾向を発見した。さらに、プラズマの電子温度は過電離の顕著な領域でより低くなる。したがって、これらの観測結果から、過電離プラズマは分子雲による熱伝導冷却で発生したと考えられる。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。