



Title	ASCA Observation of the Puppis A Supernova Remnant
Author(s)	田村, 啓輔
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39058
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	た 田 村 啓 輔
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 1 6 1 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 6 年 1 2 月 2 1 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科 物理学専攻
学 位 論 文 名	ASCA Observation of the Puppis A Supernova Remnant (「あすか」による超新星残骸 Puppis A の観測)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 宮本 重徳 (副査) 教 授 池内 了 教 授 阿久津泰弘 助教授 郷田 直輝 助教授 常深 博

論 文 内 容 の 要 旨

断熱膨張期にある超新星残骸の構造は、一様な物質中では、セドフの方程式によって正確に記述することができる。しかし、現実の自然界ではむしろそのようなケースは少ない。周辺の星間物質の影響を受け、非対称な形状をしている方がむしろ自然である。そのため、非一様な星間物質中の超新星残骸がどのような構造を持っているかを調べる意味は大きい。

Puppis A は年齢約4,000年のシェル型超新星残骸である。Petre等(1982)は、Einstein 衛星に搭載されていたHigh Resolution Imager (HRI) によって、Puppis A の詳細なX線のイメージを取得した。それによるとPuppis A の南西部ではX線で非常に暗く、北東部に向けて急激に明るくなる非対称な構造を持つことがわかった。これは、星間物質の密度揺らぎを反映していると思われる。Puppis A は直径が約1度と十分に大きく、また1keV以下でのX線強度がもっとも強い超新星残骸であるので、その場所によるX線スペクトルの変化を調べ、高温プラズマの場所による状態の違いを調べるにはもっとも適した天体であるといえる。

我々は、日本4番目のX線天文衛星「あすか」のデーターを用いて、Puppis A で、場所によりX線スペクトルがどう変化するかを調べた。「あすか」はX線天文衛星としては初めてX線検出器としてCCDカメラ(SIS)を搭載した。SISは、極めて高いエネルギー分解能($\Delta E/E = 0.02$ at 5.9keV)と位置分解能を同時に持っているため、今回の我々の目的には極めて適した検出器であるといえる。

Puppis A 周辺の星間物質の密度勾配を調べるために、Puppis A の北東のリムから、中心部にかけてを7分割し、それぞれの領域で、X線スペクトルを作った。そのスペクトルを衝突電離非平衡(NEI)にある光学的に薄い高温プラズマからの熱的放射のモデルを用いてフィッティングを行った。その結果から、Emission Measure (EM) の変化の様子が、一様媒質中のセドフモデルで予想されるものよりも中心で小さくなることがわかった。これは、先にPetre等(1982)によって指摘されていたように、星間物質の密度の勾配によって説明できる。星間物質の密度勾配を指数関数型として、その大きさを見積もると、約20pcのスケールハイトを持つことがわかった。また、密度勾配と垂直な方向では、一様媒質中のセドフモデルによってその構造が記述可能であるので、北西のリムから、中心にかけてのEMの変化

を調べた。それにより、爆発中心でのもとの星間物質の密度が、約 0.5cm^{-3} であることがわかった。

密度がことなる5つのリムについて SIS のデーターから X 線スペクトルを作り、NEI モデルでフィッティングを行って、各衝撃波面でのプラズマの状態を精度良く決定することができた。その結果、各衝撃波面での電子温度、イオンの電離度、重元素の組成比などがわかった。

どの衝撃波面でも重元素の組成比が宇宙組成に比べて低い。Puppis A は年齢 4,000 年ほどで、X 線を放射する物質の大半は衝撃波によってかき集められた星間物質と考えることができる。そのため、低い重元素組成比を説明するには、星間ダストによる重元素の吸着のような、高温プラズマ中から重元素だけが選択的に除去されるプロセスを考えねばならない。

電離度は各衝撃波面ですべて衝突電離非平衡であるという結果を得た。またその値は密度と相関があり、密度の高いところほど、電離が進んでいることがわかった。密度と電離度から、各衝撃波面で、熱せられてからの平均の時間は約数百年であることがわかった。また、Puppis A の東のノットでは、熱せられてからの時間が約 100 年ほどであり、ごく最近加熱された分子雲であることが推測される。

電子温度は、どの衝撃波面でも約 0.7keV ほどで、密度との明確な相関は見られなかった。強い衝撃波の理論によって推測されるイオンと電子の平均温度の分布は密度の低いところほど高い温度になるので、我々の観測結果は電子とイオンの平均温度の分布が異なった状態になっていることを示唆する。衝撃波はガスを、その粒子の質量に比例した温度に加熱するため、衝撃波による加熱を受けた初期の段階では、高温プラズマ中の電子とイオンは異なった温度にある。Coulomb 衝突による電子の加熱では、イオンと電子が熱平衡に達するまでに数万年の時間を要するため、Puppis A 中では、未だ電子とイオンが熱平衡に達していないことが予想される。我々は、Coulomb 衝突による電子の加熱を仮定して、超新星残骸中の電子温度の分布を計算し、密度が異なっても、電子温度に大きな差が現れないことがわかった。これにより、我々の観測結果が説明できる。

論文審査の結果の要旨

本論文は、あすか衛星による超新星残骸 Puppis A の観測から、その周辺の密度分布や高温プラズマの物理状態を観測的に決定したものである。田村君は、まず、爆発前の星間物質の非一様性を決めた。超新星爆発では、イオンは密度に応じた温度にまで上がるが、電子はずっと低いままである。その後、電子とイオンとは熱平衡に向かうが、それまでの間、電子の見かけの温度は、イオンの温度にあまり依存せずほとんど一定のまま残ることを観測的に示すと同時に、理論的計算に基づいて証明した。よって、博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。