

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	甲 第	号
------	---	-----	---

氏 名 佐治 重孝

論 文 題 目 Suzaku Study of Non-Thermal Iron Line Emission
at 6.4 keV from Supernova Remnants

(X 線天文衛星「すざく」を用いた超新星残骸における非熱的 6.4 keV 鉄輝線の探
査)

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	博士(理学)	金田 英宏
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	博士(理学)	渡邊 智彦
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	井上 剛志
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	立原 研悟
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	深川 美里

論文審査の結果の要旨

別紙 1-2

多くの超新星残骸 (Supernova Remnant; SNR) は、温度数千万度の高温プラズマで満たされ、X線を放射する。合成された重元素の特性 X線が観測できるので、宇宙化学進化を解明する上で SNR は重要な観測対象である。一部の SNR では、プラズマは熱的非平衡状態にあり、熱平衡への過渡的状态を観測できる貴重な対象である。また、熱的エネルギーの一部が衝撃波により宇宙線の非熱的エネルギーへと転化されており、宇宙線の起源としても、SNR は重要な観測対象である。

近年、熱的プラズマとは空間分布が異なる 6.4 keV の鉄輝線が SNR から検出された (Sato et al. 2016)。これは、中性あるいは低電離度の鉄の特性 X線である。観測数、個々の光子統計ともに充分ではないが、現状では 400 eV 以上の等価幅が示唆され、10 MeV 程度の宇宙線陽子による鉄の内殻電離が起源として提唱されている。もしこれが本当なら、6.4 keV 輝線は、従来観測が極めて困難であった低エネルギー宇宙線の新たな観測手段と言える。6.4 keV 輝線の起源を明らかにするには、より多くの X線観測が必要である。

本研究では、X線天文衛星「すざく」により、銀河面西側全領域の SNR に対して 6.4 keV 輝線を系統的に探査した。高温プラズマ起源の鉄輝線の混入を防ぐため、電子温度 1 keV 以上のプラズマを持たない SNR を選び出し、その結果、11 個の SNR を研究対象とした。5-8 keV のスペクトルを解析した結果、3 つの SNR (G304.6+0.1、G323.7-1.0、G346.6-0.2) から空間的に広がった 6.4 keV 輝線を 3σ 以上の有意度で検出した。等価幅は最低でも 460 eV で、特に G323.7-1.0 では 1.2 keV 以上であった。鉄の電離度は Mg 状あるいは Si 状より中性に近かった。輝線放射領域の大きさは、おおよそ 10 pc 以上であった。

6.4 keV 輝線の起源が熱的プラズマであると仮定すると、鉄の電離度からプラズマ年齢は 100 年未満になる。一方、G304.6+0.1、G323.7-1.0、G346.6-0.2 はいずれも 1 万年より古いと考えられ、若いプラズマの存在は考えにくい。従って 6.4 keV 輝線の起源は、1) 光電離、2) 非熱的電子による内殻電離、3) 陽子による内殻電離、のいずれかである。光電離説は、SNR 周辺に X線照射源がないため棄却できる。電子起源の場合、観測された等価幅を説明できない。一方で、10 MeV 程度の低エネルギー陽子による電離ならば、観測結果を矛盾なく説明できる。以上から、低エネルギー陽子が SNR における 6.4 keV 輝線の起源であるとの結論を得た。

以上の知見は、SNR の 6.4 keV 放射が 10 MeV 程度の宇宙線の新たな観測手段であることを明らかにした研究の成果として、高く評価される。また、参考論文は、低質量 X線連星系の食の喪失を報告したものであり、新しい現象の発見として価値あるものである。以上の理由により、申請者は博士 (理学) の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。