

[講演題目] LHDプラズマ分光実験による鉄族元素のL殻輝線測定とX線放射モデルの検証

[著者名] 大城勇憲^{1,2}、山口弘悦^{2,1}、村上泉^{3,4}、川手朋子^{3,4}

[所属略称] ¹東京大、²宇宙研、³核融合研、⁴総研大

[研究室WebページURL (任意)] <https://yamaguchi-astro.isas.jaxa.jp/>

超新星残骸のプラズマ状態や元素組成比の測定は、超新星爆発の親星やその爆発メカニズムに迫る強力な手法である[1, 2]。2023年にJAXAから打ち上げられるX線衛星XRISMは高い分光能力を持ち、鉄族元素(Cr, Mn, Fe, Ni)からのL殻輝線を分離するため、元素組成比の測定精度が飛躍的に上昇すると期待されている。ただし、元素組成比の測定に必要な不可欠である輝線の波長や放射率といった原子データは近似理論に基づいて計算されており、実験によって検証されていないものも多い。加えて、衝突電離プラズマからのX線放射モデルの検証も重要である。そこで我々は、核融合科学研究所のLarge Helical Device(LHD)を用いた不純物注入実験を行った。LHDでは超新星残骸と同等な電子温度(～1 keV)をもつプラズマを生成できるため、NiとMnを注入することで、L殻輝線の測定とその振る舞いを調べた。LHDプラズマのX線スペクトルは(1)不純物の注入直後、(2)注入後の安定した状態、(3)プラズマの消滅直前で異なり、それぞれのX線スペクトルからはLi-likeからNe-likeにわたる電離度をもつイオンからのL殻輝線を検出した(図1左)。また、本研究ではX線天文学で用いられる原子データベースであるAtomDB[3]を用いてスペクトルの理論計算も行った。その結果、プラズマ消滅直前において、Ne-likeイオンからのL殻輝線である $3C(2p^5 3d^1 \ ^1P_1 \rightarrow 2p^6 \ ^1S_0)$ と $3D(2p^5 3d^1 \ ^3D_1 \rightarrow 2p^6 \ ^1S_0)$ の強度比の理論予測が測定値よりも1.5倍程度大きいことが明らかとなった(図1右)。

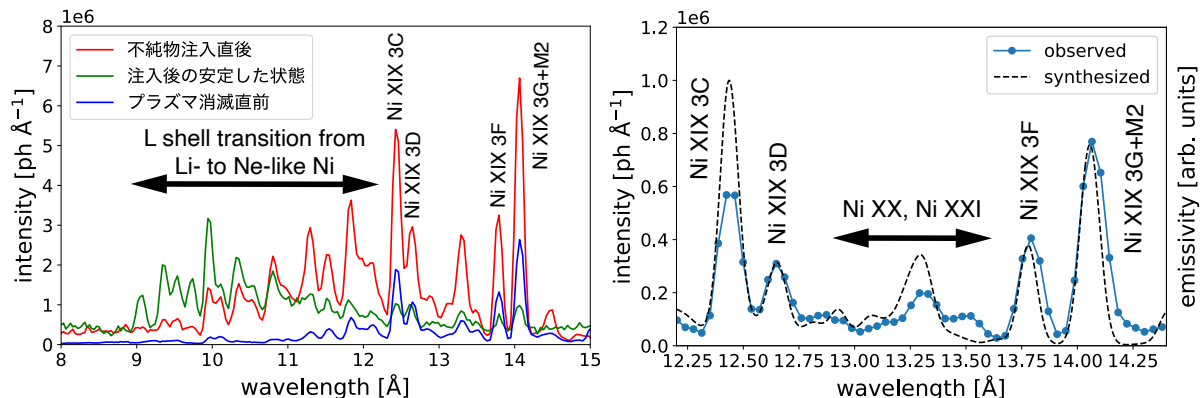


図 1 左 : Ni を注入した実験における LHD プラズマの (赤) 不純物注入直後、(緑) 注入後の安定した状態、(青) プラズマの消滅直前における X 線スペクトル。右 : プラズマ消滅直前の X 線スペクトル (青線) と、AtomDB を用いて計算した理論スペクトル (黒点線)。

[1] Y. Ohshiro et al. The Astrophysical Journal Letters, 913, L34, 2021

[2] T. Sato et al. Nature 592, 537-540, 2021

[3] A. R. Foster et al. The Astrophysical Journal 756 128, 2012