

N21a 超新星爆発を用いたアクシオン様粒子の制限に対する親星モデルと回転モデルの影響

高田 剣, 森 寛治, 中村 航, 固武 慶

重力崩壊型超新星は、大質量星の最期に生じる爆発現象であり、中心部では高温・高密度の極限環境が実現される。このような環境では、標準模型を超える粒子 (e.g., Axion-like particles; ALPs) が生成され、新たな冷却源となり得る。超新星シミュレーションにおいて、ALPs による過剰な冷却はニュートリノ放出の持続時間を著しく短縮し、観測結果と矛盾するため、過剰な冷却を引き起こす ALPs のパラメータ (質量・結合定数) に制限を課すことができる。この「Energy-loss argument」に基づき、Raffelt et al. (1990) では、バウンス直後の初期冷却段階において、ALPs 生成率がニュートリノ光度を超えてはならないという簡便な制限条件が提案された。さらに Lucente et al. (2020) では、この条件を1次元超新星シミュレーションに適用し、ALPs パラメータに対する制限が設けられている。しかし、ALPs 生成率やニュートリノ光度は親星の構造や回転に依存するにもかかわらず、従来の研究ではこれらの初期条件による影響は十分に議論されていない。

そこで本研究では、Raffelt et al. (1990) の条件に基づく制限の親星および回転依存性を調査するため、多様な親星と回転パラメータに対して、軸対称2次元の重力崩壊型超新星シミュレーションを実施した。その結果、回転による遠心力が物質の降着を抑制し、中心温度が低下することで温度に敏感な ALP 生成率が低下し、結合定数に対する制限が緩和されることを明らかにした。また、この緩和効果は降着物質の多い重い親星ほど顕著に現れることが示された。