

W40a 連星中性子星合体残骸からの r-process 元素崩壊計算による核ガンマ線推定

三輪祐也 (埼玉大学), 寺田幸功 (埼玉大学), 藤本信一郎 (熊本高等専門学校), 勝田哲 (埼玉大学), 馬場彩 (東京大学), 山崎了 (青山学院大学)

連星中性子星合体は r-process による重元素合成の現場とされ、崩壊の過程で出る核ガンマ線を検出できれば、r-process 合成の直接的な証拠になるだけでなく、r-process 合成の環境に関する診断も行えるはずである。しかし、現在の観測では r-process 元素からの核ガンマ線を捉えることはできておらず、探査すべき核ガンマ線の不明瞭さや検出器感度の不足が問題となっている。

本研究では連星中性子星合体の残骸から放出される核ガンマ線の輻射量を計算し、その検出に向けた感度要求値を提示することを目的とした。r-process 元素合成データは Freiburghaus et al. 1999 の断熱膨張モデルを使用し、元素合成に寄与した ejecta は $0.01 M_{\odot}$ と仮定した。合成結果を元素崩壊データベース (JENDL/DDF-2015) にしたがって崩壊させ、中性子星合体後 30,000 年まで、核ガンマ線の時間発展を推定した。爆発直後の先行研究 (仏坂ら 2016) よりも光学的に薄い残骸期を対象とし、爆発直後の放射伝播や輝線のドップラー広がりは無視して、現在や計画中の検出器の輝線感度と比較した。

結果、距離 10 kpc の連星中性子星合体残骸なら、現在稼働中の INTEGRAL/SPI (輝線感度 $\sim 2 \times 10^{-5}$ ph/cm²/s) では、10 歳以下なら ¹²⁵Sb (427keV) などが検出可能で、さらに計画中の e-ASTROGAM や AMEGO (輝線感度 $\sim 5 \times 10^{-6}$ ph/cm²/s) では、10–100 歳の残骸から ¹³⁷Ba 異性体 (661keV) が検出可能であると結論づけた。また、シエル型超新星残骸 G4.8+6.2 を連星中性子星合体残骸とする仮説 (Liu et al. 2019) が正しければ、²⁴³Am (76.4keV) の検出可能性が高いが 1×10^{-8} ph/cm²/s の感度が必要となる。