

## 超新星におけるニュートリノ振動と元素合成への応用

吉田敬 (東京大学大学院理学系研究科天文学専攻)

利用カテゴリ 汎用 PC

ニュートリノが Majorana 粒子で比較的大きな ( $\mu_{\alpha\beta} \sim 10^{-12} \mu_B$  ( $\mu_B$  は Bohr 磁子)) 遷移磁気モーメントを持つ場合には異なるフレーバーのニュートリノ-反ニュートリノ間における遷移が起こる。これを resonant spin-flavor(RSF) 変換という。RSF 変換が起こるにはニュートリノが遷移磁気モーメントを持つだけでなく非常に大きな磁場が必要である。一方、大質量星内部の磁場の進化の研究やマグネターの存在から、超新星 ejecta 内部は RSF 変換が起こる程度の大きな磁場を発生する可能性がある。また、超新星爆発時には  $10^{58}$  程度の非常に大量のニュートリノが生成される。そのため、超新星ニュートリノでは RSF 変換によるフレーバー変換が起きている可能性があり、超新星ニュートリノのイベントから RSF 変換の効果が取り出せる可能性がある。本研究では超新星ニュートリノにおける RSF 変換を考慮したニュートリノ振動の効果を調べ、超新星ニュートリノイベントの特徴から RSF 変換の効果を取り出す方法を調べる。

我々は  $15 M_{\odot}$  の大質量星が進化した超新星爆発モデルを用いて超新星ニュートリノのニュートリノ振動を調べた。ニュートリノのエネルギースペクトルとしては化学ポテンシャル 0 のフェルミ分布を仮定し、ニュートリノ温度は  $(T_{\nu_e}, T_{\bar{\nu}_e}, T_{\nu_{\mu,\tau}}) = (3.2 \text{ MeV}, 5 \text{ MeV}, 6 \text{ MeV}), (3.5 \text{ MeV}, 4 \text{ MeV}, 7 \text{ MeV})$  の二通りを用いた。ニュートリノの全エネルギーは  $3 \times 10^{53} \text{ erg}$  とし、各フレーバーで等分配されている。振動パラメータとしては質量階層、 $\sin^2 2\theta_{13}$  の値、RSF 変換の有無を用いた。我々はニュートリノ検出装置として 100kton の液体 Ar ニュートリノ検出器を想定し、10kpc 離れた超新星からのニュートリノイベントを計算した。この検出器は  $\nu_e$  と  $\bar{\nu}_e$  の両方の荷電カレント反応と全フレーバーニュートリノの中性カレント反応のイベントを検出可能である。

我々はニュートリノイベントの時間積分を  $\nu_e$  の荷電カレント、 $\bar{\nu}_e$  の荷電カレント、中性カレントの 3 通りに分類し、荷電カレント  $\nu_e$  と中性カレントのイベント比  $r_{\text{CC}(\nu_e)/\text{NC}}$  と荷電カレント  $\bar{\nu}_e$  と中性カレントのイベント比  $r_{\text{CC}(\bar{\nu}_e)/\text{NC}}$  を求め、それぞれの振動パラメータについてこれらの比を比較した。その結果、ニュートリノスペクトルには依存するものの、異なる振動パラメータと RSF 変換の効果の有無の違いでは異なる  $r_{\text{CC}(\nu_e)/\text{NC}}$  と  $r_{\text{CC}(\bar{\nu}_e)/\text{NC}}$  が得られた。そのため、100kton サイズの液体 Ar 検出器を用いて超新星における  $\nu_e$  と  $\bar{\nu}_e$  の両方のイベントを測定することができれば、超新星ニュートリノのイベントから RSF 変換の効果を取り出すことが可能であるととも、振動パラメータやニュートリノ磁気モーメントに制限をつける可能性があると考えられる。本研究は現在論文投稿中である。

ニュートリノ振動を考慮した元素合成については、大質量星の進化と元素合成の計算がまだ途中のため、計算結果が出るには至っていない。この課題については来年度に発展的に行いたい。