

W60a 超新星爆発におけるニュートリノ集団振動の普遍性と観測への影響

森長大貴（早稲田大学），長倉洋樹（Princeton University），加藤ちなみ（東北大学），山田章一（早稲田大学）

大質量星が進化の果てに引き起こす重力崩壊型超新星爆発は、未だにその発生機構が良く解明されていない高エネルギーの天体現象であるが、この現象を理解する上で重要な要素の一つがニュートリノである。重力崩壊後に中心に形成される原始中性子星からは大量のニュートリノが放出され、これが停滞衝撃波を加熱することによって爆発が引き起こされると考えられている。また、放出されたニュートリノを観測することによって、超新星やニュートリノの質量起源の解明にも手がかりを与えると期待されている。

ところがニュートリノはニュートリノ振動と呼ばれる現象によってそのフレーバーを変化させながら伝播するため、これを適切に扱わなければならない。特に超新星爆発においては大量のニュートリノが自己相互作用をすることによって引き起こされるニュートリノ集団振動が重要である。これは複雑な非線形方程式によって記述され、完全に解くことは困難を極めるが、電子レプトン数角度分布が0との交差を持つ場合にのみフレーバー転換が発生するということが線形解析によって予測されている。

本研究では、衝撃波外部におけるコヒーレント散乱が反電子ニュートリノを強く散乱することで、電子レプトン数角度分布に0との交差が生じてフレーバー転換が引き起こされることを示した。これは簡単なニュートリノ球モデルで示されるばかりか、いくつもの超新星シミュレーションでも確認できる普遍的な現象である。また線形解析によって、フレーバー転換は動径方向外向きに発生することを示した。従って、この衝撃波外部におけるニュートリノ集団振動は観測スペクトルに影響を及ぼしうることが明らかになった。