

N33b ボルツマンソルバーを用いた原始中性子星の冷却計算

山田 章一

重力崩壊型超新星爆発のメカニズムとしては、ニュートリノによる加熱が有望であるというのが最近の一致した見方である。一方、これまでに行われてきた簡単なパラメトリックリサーチ等の結果によれば、この爆発メカニズムは原始中性子星から拡散して出て来るニュートリノの光度やエネルギーに非常に敏感であることが分かってきた。実際、ニュートリノによる物質の加熱率は光度と二乗平均エネルギーの積に比例するが、これらをほんの10%程度増やせれば爆発する可能性があることが示されている。

これまで、ニュートリノの光度やエネルギーを増やす物理過程として対流や高密度物質の多体効果等が調べられて来たが、一方でそれらが本当に爆発を起こせるのかどうかという疑問には十分に答えられずにきた。その理由は、ニュートリノの輸送計算を十分な精度で行うことが難しいからである。従来ニュートリノ輸送計算には流束制限付き拡散近似法が広く用いられて来た。しかし、この方法ではニュートリノのスペクトルや光度を決めるうえで重要な、光学的に厚い領域から薄い領域への転移領域が正確に扱えなかった。実際、著者らを含めた定常解の比較研究によれば、従来の近似法はニュートリノによる加熱率を過小評価していた可能性が高いことが示されている。したがって、上述の物理過程の影響を調べる前に、精度のより高い数値計算法を確立することが重要である。

著者らはこれまで、差分法により一般相対論的ボルツマン方程式を球対称の仮定のもとに解くコードを開発してきた。これまでに背景の物質分布を凍結した定常流の計算を行いモンテカルロ法や従来の近似法との比較を行ってきた。しかし、物質の運動はニュートリノのエネルギー空間での移流を引き起こすため、これまでの計算には入っていなかった効果がスペクトルに影響を与えるようになる。こうした効果が現在のコードで正しく扱えるかを見るため、衝撃波が飛び去った後の原始中性子星冷却段階の計算を行い、従来の計算法で得られた結果と比較を行う。