ニュートリノ輻射輸送を考慮した
大質量星の重力崩壊の３次元シミュレーション

滝脇知也 (国立天文台天文シミュレーションプロジェクト)

利用カテゴリ　XT4B　汎用 PC

超新星の爆発メカニズムは未だ完全な理解には至っていないものの、近年光明が見え始めている。幾何学的な自由度を球対称ではなく軸対称まで拡張した流体計算と精密なニュートリノ輸送を同時に解くことで、爆発に成功したという報告がでてきたのである (Marek & Janka 2009)。この報告によれば一度止まった衝撃波の不安定性によりエンハンスされるニュートリノ加熱の効率が重要だとされている。しかし、この衝撃波の不安定は軸対称の仮定では自由度を制限してしまっていて完全にその効果を見ることができない。そのため、爆発メカニズムの検証のためにはニュートリノ輸送を解くことができる３次元流体コードを作成する必要がある。

東北大学の岩上はこの流体不安定性の性質を３次元シミュレーションにて明らかにしてきたが、解析はバウンス後の原子中性子星の外の領域に限られており、自己重力、中性子星の境界条件、ニュートリノの輸送に関しては不十分な取り扱いとなっていた。

今回、滝脇は共同研究者の固武、諏訪と共にそれらの問題点を解決した。具体的にはポワソン方程式による自己重力を取り入れ、バーセル大学のリーベンデルファーが考案したニュートリノ輸送スキーム用いることにより、中性子星の中心から鉄コアの外まで同時に計算できるようになった。中心部では人工粘性の取り扱いを岩上のものから変更している。

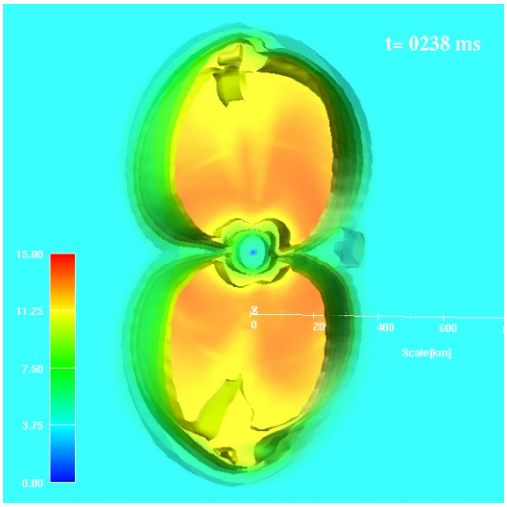

図 1: とニュートリノ加熱による爆発。色はエントロピーの大きさ。

１３太陽質量の親星に、パラメトリックに回転の強さを加えた初期条件から、シミュレーションした結果、少量回転を加えた計算ではニュートリノ加熱によって爆発することがわかった（図１参照)。我々の計算では ν_X による冷却をまだ考慮にいれてないため、現実と比較するのは時期尚早であるが、詳細なニュートリノ輸送を用いた３次元シミュレーションの成功は世界的に見ても先駆的であると言える。

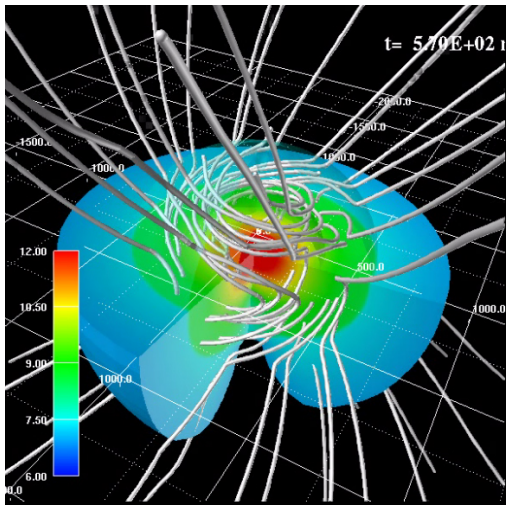

図 2: 重力崩壊時の磁場の巻き込みの様子。色は密度で線な磁力線を表す。

まだテスト計算の段階だが、計算コードには磁場をいれることも可能であり、今後は磁場の効果も調べたい。