

超新星爆発シミュレーションのための並列数値相対論コードの開発

原田了 (宇宙線研究所)

利用カテゴリ XC-Trial

本研究の目的は超新星爆発シミュレーションのための並列数値相対論コードの開発である。重力崩壊型超新星の爆発メカニズムは未だに解明されていない大きな問題である。標準的には、星のコアが重力崩壊してできた原始中性子星から放射されるニュートリノが、コアバウンス時に形成される衝撃波を加熱することによって爆発すると考えられている。これを確かめるためには星を構成するガスの流体力学方程式とともにニュートリノ輻射輸送ボルツマン方程式、および原始中性子星が作る強重力場のためのアインシュタイン方程式を解く必要がある。アインシュタイン方程式を数值的に解く計算が数値相対論である。

一方で、数値相対論コードと組み合わせるための一般相対論的なボルツマン方程式を数值的に解くコード(相対論的ボルツマンコード)はまだ開発中である。研究中に他の研究上の作業の進捗状況を踏まえて優先順位を再検討した結果、数値相対論コードを並列化する前に相対論的ボルツマンコードの開発のほうが優先順位が高いことが判明したため、当初計画を修正して相対論的ボルツマンコードの開発に重点を置いて研究を進めた。

研究の結果、曲がった時空上でのボルツマン方程式を解くためには、先行研究で示唆されていた単純な離散化では不十分なことを示し、数値計算メッシュ上では時空計量のセル境界値をセル中心値から特定の手法で推定し、かつ座標値の評価も対応した特殊な評価を用いなければならないことを発見した。この新しい離散化法により、曲がった時空でのボルツマン方程式を精度良く解けるようになった。この特殊な離散化法で時空計量を評価する上では、数値相対論コードの並列化の方法にも工夫が必要であり、並列化方法を検討する上で重要な知見を得た。