

重力崩壊型超新星のボルツマンニュートリノ輸送計算における運動量空間解像度の影響

○赤穂 龍一郎¹ (1.早稲田大学)

重力崩壊型超新星の爆発メカニズムはニュートリノに支配されており、ニュートリノ輻射流体シミュレーションがその理論的研究に不可欠である。光学的に厚い中心領域から、外側の自由伝搬領域までを一貫して記述するためにはニュートリノの運動量空間を直接解くボルツマン輸送計算が必要である。ほとんどの先行研究が近似的ニュートリノ輸送を仮定している一方で、計算機の発展により多次元ボルツマン輸送計算が実行可能となっており、その機運は高まっている。特に、ボルツマン輸送でしか扱えないニュートリノ集団振動の影響が近年大きな注目を集めており、ボルツマン輸送計算の必要性は増している。

しかし、ボルツマン輸送計算の計算コストは依然として高い。計算コストは運動量空間の解像度の約2乗に比例するため、運動量空間の解像度は物理的収束性よりも、シミュレーションコストが現実的な範囲に収まるかどうかを基準に設定されているのが実情である。解像度を無限に上げた極限ではボルツマン輸送は最も正確な手法となるが、実際には解像度が制限される以上、その有限性が不定性として残る。

本研究では、運動量空間解像度が爆発メカニズム・ブラックホール形成に及ぼす影響を系統的に調べた。まず、運動量空間天頂角解像度が粗いと爆発が不当に促進されることが判明した。これはflux factorを過小評価することでゲイン領域にニュートリノが長く滞在するためである。次に、エネルギー解像度を下げると爆発が抑制されることが判明した。これは解像度の不足によりエネルギー方向に数値拡散が起こり、重力赤方偏移が過剰評価されるためである。一方でブラックホール形成モデルに関しては、ニュートリノ光度・ブラックホール形成時間などの振る舞いは大きな運動量空間依存性を示さなかった。