

ボルツマン輻射輸送計算による回転星の超新星爆発

原田了 (東京大学)

利用カテゴリ XC-Trial

重力崩壊型超新星爆発の中心メカニズムとして現在有力なシナリオは、ニュートリノ加熱メカニズムである。これは大質量星がその進化の最後に中心に形成した鉄コアが重力崩壊を起こし、中心が原子核程度の密度になった段階でバウンス衝撃波を形成し、やがて停滞したバウンス衝撃波が中心の原始中性子星から放射されるニュートリノによって加熱されて復活する、というシナリオである。これを確かめるためにボルツマン方程式を解くことによるニュートリノ輸送を取り入れたシミュレーションを行っているが、十分な解像度で計算できているかが不明である。そこで、解像度を変えた時の数値計算の収束性を調べた。

具体的にはシミュレーションからバウンス後 12 ms 時点での流体分布を取り出し、そのバックグラウンドのもとでニュートリノを時間発展させ定常解を得る。その定常解のもとでのエディントン因子 (ニュートリノ運動方向角度に関する二次モーメント、すなわちエディントンテンソル、の最大固有値) の動径分布を求める。この際、分布関数から直接エディントン因子を計算する方法と M1-closure 法という手法で近似的に計算する方法があるので、その両者を比較し、近似的評価の精度を調べる。さらにこの手順を解像度を変えて繰り返し、近似の精度評価が解像度の影響をどの程度受けているかを調べた。

これを示したのが図 1 である。これを見ると、衝撃波の外側では数値的な収束が得られていないため近似精度の評価をしても信頼性は低いが、衝撃波の内側に関しては収束しており、近似的評価をした時の値のズレが解像度による人工物ではないことを示している。現在はこの結果を含めた論文を執筆中である。

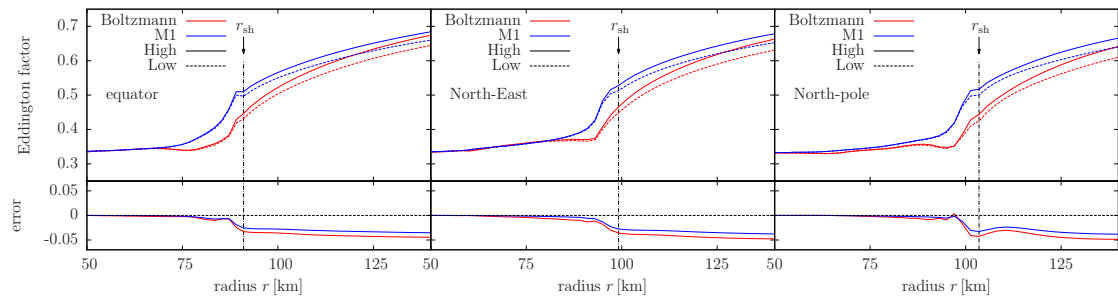


図 1: 解像度依存性。上パネルはエディントン因子の大きさを表し、下パネルは解像度を変えた時の相対誤差を表す。また、左パネルは赤道方向、中央パネルは北東方向、右パネルは北方向に沿った分布を示す。赤線はボルツマン方程式による解、すなわち分布関数から直接計算したエディントン因子で、青線は M1-closure 法による近似的評価を表す。実線は高解像度計算、破線は低解像度計算の結果である。垂直な一点鎖線は、各方向での衝撃波の位置を表す。