

## N28a 一般相対論的ボルツマン方程式の直接解法コード開発

赤穂龍一郎 (早稲田大学), 原田了 (東京大学), 長倉洋樹 (Princeton University), 住吉光介 (沼津工業高等専門学校), 山田章一 (早稲田大学)

大質量星は重力崩壊型超新星爆発 (以下、CCSN) を起こしてコンパクト天体を形成することが知られているが、そのメカニズムはあまり解明されていない。CCSN において非常に重要な役割を果たすのがニュートリノで、ニュートリノと物質との相互作用が爆発の可否などダイナミクスに大きく影響を及ぼすことが知られている。ニュートリノは熱平衡状態にないため、位相空間分布関数に関するボルツマン方程式を解く必要がある。しかし、ボルツマン方程式は  $6(3+3)$  次元の方程式であるほか、弱い相互作用のタイムスケールが短いことから、数値計算に非常に時間がかかることが知られている。そのため、運動量空間の情報を削減したモーメント法など様々な近似手法を用いた数値計算が多く実行されてきたが、場合によって不正確な結果を与えることも報告されている。近似法の正当性の評価や、CCSN メカニズムの定量的評価のためには、やはりボルツマン方程式を解く必要がある。ニュートリノの正確な取り扱いに加えて、高密度な CCSN では一般相対論的效果を考慮する必要があり、特にブラックホール形成を扱う場合には、一般相対論を近似なしで考慮する必要がある。

本研究では、一般相対論的ボルツマン方程式を直接解く数値計算コードを開発した。テスト計算として、曲がった時空における赤方偏移及び測地線湾曲が解析解あるいは準解析解をよく再現することが確認された。本研究のボルツマンソルバーは、最新の核物質状態方程式、標準的なニュートリノ反応テーブルを含んでいる既存のボルツマン-流体コードを一般相対論に拡張したものであるため、一般相対論的ニュートリノ輻射輸送を現実的な CCSN シミュレーションに適用することが可能である。