

J148a 高精度運動量空間積分によるブラックホール時空中の輻射輸送シミュレーション

高橋 劣太 (国立高専機構 苫小牧高専), 梅村 雅之 (筑波大)

光子やニュートリノなどの輻射に関する物理過程が重要となる天体現象を解明する際、数値シミュレーションが強力な研究手法となる。この際、輻射に関する物理量を正確に計算するためには、光子などの輻射輸送方程式（ボルツマン方程式）を直接計算することが必要となるが、ブラックホール時空などの湾曲時空における輻射輸送シミュレーションは、計算方法自体が発展途上である。相対論的に正確な数値シミュレーションを行うには、特殊および一般相対論的效果 [厳密に光速での光の情報の伝搬、光子球の効果、時空の引きずりの効果、重力赤方偏移、光子軌道の湾曲など] を正確に解くことが可能なスキームを開発し、それを用いた上で数値シミュレーションを行うことが必要となる。本研究では、光子輻射輸送方程式（光子ボルツマン方程式）を直接数値的に計算することにより、ブラックホール時空中での一般相対論的輻射場の数値シミュレーションを行った。このために位相空間（位置空間と運動量空間）で定義される不変輝度 (invariant intensity) を直接数値計算した。直接数値的に計算した不変輝度を運動量空間で積分（つまり、エネルギー積分と方向積分）することで、輻射テンソルの全成分を計算することが可能となる。ここでは、近似的な closure relation を仮定することなく輻射テンソルを計算することができる。回転ブラックホール時空中での複数のテスト計算の結果、運動量空間での積分方法によっては、光子輻射場のエネルギー保存が数値的に保たれなくなり、相対論的に正確なシミュレーションが実行できなくなる場合があることがわかった。この問題を克服するために運動量空間での積分の新たな手法を開発し、相対論効果を正確に取り入れたシミュレーションを行うことが可能となったので報告する。