

今後の研究計画

上田 航大

S 星の観測を用いた Sgr A* 周囲の暗黒物質分布推定

すばる望遠鏡によって取得される予定の S24 星の近日点通過データを用いて、Sgr A* 近傍の重力ポテンシャル（ポストニュートン近似による一般相対論への補正と暗黒物質による寄与を含む）に対する精密解析を行うとともに、その基礎となる暗黒物質モデルの構築を進める。具体的には、まずアキシオン場や Proca 場などの暗黒物質候補に対してモデルを設定し、対応する場の方程式から銀河中心領域における暗黒物質の重力ポテンシャルを導出する。次に、得られた暗黒物質の寄与をポストニュートン近似で記述される S 星の運動方程式に組み込み、最終的に S24 の観測データと比較することで、軌道要素および暗黒物質分布パラメータの推定を行う。

またこれまでの検討により、ポストニュートン近似後の S 星の運動方程式に対する最小二乗法フィッティングでは、Mathematica 標準のコードを直接利用することができず、自作フィッティングコードを構築する必要があることが明らかになった。本年度は自作フィッティングコードを完成させ、最小二乗法によって S24 データに対する推定値を取得する。さらに、最小二乗法に加えて Hamiltonian Monte Carlo (HMC) 法を導入し、各種パラメータの推定を行う。HMC により高次元パラメータ空間における事後分布を効率的にサンプリングし、各種軌道要素や暗黒物質パラメータを精密に評価する。これにより、S24 星の観測データから導かれる重力ポテンシャルおよび暗黒物質分布に対して、より厳しい制限を与えることが期待される。

Dyonic ブラックホール周りの荷電粒子のダイナミクス解析：

昨年度の研究計画で扱う予定であった磁気モノポール dyonic Kerr-Newman ブラックホール周りの荷電粒子ダイナミクス解析についても、S24 解析と並行して継続する。これらのモデルは、強磁場環境におけるエネルギー抽出機構の理解に重要であり、将来的に活動銀河核から放出されるジェットなどの高エネルギー現象と結び付ける可能性を持つ。

既に、回転する magnetic monopole ブラックホール周りで、ZAMO フレーム静止粒子が分裂する場合のペンローズ過程を解析し、M87 銀河中心ブラックホール近傍での電子対生成シナリオを検討している。今後は、より一般的な ZAMO フレームで粒子が静止していない場合の分裂過程の解析や、電子対生成に限らない崩壊過程（例えば β 崩壊）を組み込んだ拡張的なペンローズ過程モデルについても研究を進める。