

これまでの研究成果のまとめ

上田 航大

Dyonic ブラックホール周りの荷電粒子のダイナミクス解析：

M87 を始めとするさまざまな活動銀河核に存在する相対論的ジェットのエネルギー源は未だ解明されていないが、いくつかの候補が提案されている。その中でも有力なものとして、電磁場を介してブラックホールの回転エネルギーを抽出する Blandford-Znajek 機構が挙げられるが、その他にもペンローズ過程がエネルギー抽出メカニズムとして注目されている。単に Kerr ブラックホール周りで中性粒子の分裂を考えた場合、ペンローズ過程が起こるための条件として、分裂時のテスト粒子の相対速度に大きな制限を課す Bardeen and Wald 速度制限が適用されるが、一方で電磁場を考慮したペンローズ過程では、そのような速度制限が適用されないため、現実的なエネルギー抽出モデルとしての可能性が期待されている。

本研究では、dyonic Kerr-Newman ブラックホール周りのテスト荷電粒子のダイナミクスを解析している先行研究 [1] を基に、回転する magnetic monopole ブラックホール周りのテスト荷電粒子の場合でペンローズ過程の可能性についての検討を行った。この設定では、電磁場の影響により、従来の Kerr ブラックホールで課される速度制限が存在しないため、効率的なエネルギー抽出が可能となることが期待される。また系を簡単にするため、ZAMO フレームで静止している粒子が分裂する場合を仮定し、さらに現実的な分裂モデルとして、 10^3G 程度の磁場を仮定した M87 の銀河中心のブラックホール周囲で、2つのフォトンが衝突して電子対生成を引き起こす分裂シナリオを考察した。テスト粒子の有効ポテンシャルの観点から、分裂した粒子がブラックホールに落ちていく条件や無限遠に逃れられるかどうかの条件を明らかにした。その結果、分裂した粒子が無限遠に逃れた場合、超高エネルギー宇宙線 (UHECR) と同程度 (10^{20}eV) のオーダーのエネルギーが抽出できるという興味深い結果が得られた。

[1] C. Dyson, D. Pereñiguez, Phys. Rev. D **108**, 084064 (2023).