

これまでの研究成果のまとめ

上田 航大

ブラックホール摂動論：

これまでブラックホール摂動論の中でも特に、宇宙物理学やストリング理論の検証など、幅広い文脈で重要となる有質量ボソン場 (有質量スカラー/ベクトル/テンソル場) におけるブラックホール時空中でのダイナミクスを解析的に理解する手法の構築に携わってきた。

ブラックホール摂動論では場の方程式を扱いやすい二階常微分方程式 (マスター方程式) 系に帰着させることが目標の一つとなるが、零質量ボソン場の場合、既に最も複雑な回転ブラックホール時空中であっても全ての場がマスター方程式に帰着されている。一方で有質量ボソン場は、例えば有質量テンソル場については変数分離自体が非自明となるなど、解析的研究が非常に困難という問題があった。そこで比較的単純な extremal かつ Reissner-Nordström ブラックホール時空中に着目した結果、有質量ベクトル場及び有質量テンソル場について、摂動展開法を用いれば全ての自由度を記述するマスター方程式が導出できることが判明した [1, 2]。

Dyonic ブラックホール周りの荷電粒子のダイナミクス解析：

宇宙検閲官仮説の文脈により、extremal ブラックホールに何らかの操作を加える事で super extremal ブラックホールにできるかどうか、裸の特異点が形成されるかどうかを調べる事は興味深い。一方で活動銀河核統一モデルの構造の解明に役立つことが期待される Blandford-Znajek 機構において、Grad-Shafranov 方程式の第ゼロ近似には monopole 磁場が現れる。こういった背景により応募者は、背景時空を電荷の代わりに磁荷を持った dyonic-Reissner-Nordström ブラックホール時空中とした場合に焦点を当て、荷電粒子のダイナミクス解析を行った。時空の対称性により、球座標の角度 θ を一定とした場合、粒子の運動が動径方向のみの一次元問題に帰着する。この性質を用い、さらに時空を extremal ブラックホールの場合に限定し、荷電粒子がブラックホールに落ち込んでいく為のエネルギー、質量、電荷を制限する条件、および over extremal となる条件を明らかにした。現在はステップアップとして、背景時空を回転を加えた dyonic-Kerr-Newman 時空中にした場合でも同じ議論ができるかどうかを検討している。

[1] K. Ueda and A. Ishibashi, Phys. Rev. D **97**, 124050 (2018).

[2] V. Cardoso, T. Igata, A. Ishibashi, and K. Ueda, Phys. Rev. D **100**, 044013 (2019).