

これまでの研究成果のまとめ

上田 航大

背景

現代物理学における最大の謎であるダークマターやダークエネルギーにはいくつかの有力な候補が考えられており、中でも超対称性粒子やアクシオンなど CDM の候補や、ダークエネルギーを説明するモデルの一つである修正重力理論は有質量ボソン場から記述される。近年、マルチメッセンジャー天文学の台頭により、ブラックホールを観測対象として有質量ボソン場を検証することが期待されている。一方で AdS/CFT 対応の文脈においても重力理論側から漸近 AdS ブラックホール時空中の多種多様なボソン場が CFT への応用として活発に研究されている。以上の動機から、宇宙物理学やストリング理論などの幅広い文脈でブラックホール時空中の有質量ボソン場を理解する事が重要となる為、応募者は主に当該分野の解析的手法の構築を試みる研究に携わってきた。

研究内容

一般に、ブラックホール時空中の線形摂動場のダイナミクス解析では以下のステップを踏む。(i) 線形摂動場の方程式について変数分離を行い、(ii) 複数の未知変数についてデカップルした常微分方程式（マスター方程式）系へと帰着させる。(iii) その後導出したマスター方程式それぞれについて具体的に大域解の構成を試みる。ただし、(iv) 直接解けない場合、近似的手法の検討を試み、(v) 最後にブラックホール時空中の安定性やブラックホールの準固有振動モードを解析する。

研究成果

応募者による研究成果 [1, 2] では、near extremal 静的ブラックホール時空中の有質量ベクトル場および有質量テンソル場について、新たに開発した摂動展開法により、すべての自由度について decouple したマスター方程式系が得られる事が判明した (上記のステップ (ii) 達成)。また、さらに研究成果 [1, 2] では、静的ブラックホール時空を含むより広いクラスの時空を含む一般的な $m + n$ 次元 warped product-type の計量の下で有質量ベクトル場および有質量テンソル場の変数分離が行われており、変数分離後に現れる有質量ベクトル場のベクトル型成分、有質量テンソルのテンソル型成分についても decouple したマスター方程式が得られる事が判明した (上記のステップ (ii) 達成)。

さらに成果 [1, 2] のステップ (ii) までで得られた結果を用いて、さらにステップ (v) までの解析を行った (現段階では論文執筆中)。ただし、マスター方程式は一般に解析的に解くことが困難であるため、最も解析しやすく、かつ AdS/CFT 対応への応用として重要である $2 + n$ 次元 pure AdS 時空、特に n 次元 Einstein 空間の断面曲率 $K = -1$ の massless topological black hole 時空に着目し、スピン 0, 1, 2 の有質量場について、安定解析および準固有振動モード解析を行った。

[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).