

今後の研究計画

研究目的

非線形偏微分方程式であるEinstein方程式は高次元時空においては一般に扱いが困難であるが、高次元極限においては単純化され、特に、ホライズンの変動が比較的緩やかな場合についてはEinstein方程式が有効的な膜の運動方程式に帰着する。ところが、ホライズン形状のより激しい変動下においては前述のような系統的な扱いは確立できていない。重力崩壊やブラックホール衝突など有効理論的記述が不可能な系での高次元極限を研究し、激しい変動下における高次元極限の適用可能性について探る。また、電荷やスカラー場などの物資場が存在する場合、重力理論が修正される場合など、より一般的な場合のブラックホール解についての理論研究を行う。

研究内容：高次元極限を用いた高次元ブラックホールの研究

1、高次元有効理論を用いたブラックホールの研究

高次元有効方程式を解くことでブラックホール解の探索や解析を行なう。

【ブロボ近似の発展研究】

コンパクトなホライズンを持つブラックホールの回転軸近傍をブレーン有効理論上のガウス分布的な解（ブロボ）に読み替えることで、コンパクトなホライズンの非線形ダイナミクスを解像することができる。これまでブロボ近似を用いて様々に変形した定常回転解の解析が行われた。より一般的な回転解について研究を行なう。また、 $1/D$ 補正の影響や大域時空への接続を研究する。

【高次曲率理論におけるブラックホール解の研究】

高次曲率理論への一般化を研究する。高次元時空の存在を予言する超弦理論においては、同時に作用における高次曲率項の存在もまた予言されるため、高次元時空においてこれらの補正を含めるのが自然である。現在いくつかのグループにより、Gauss-Bonnet理論において高次元極限を用いたブラックリング解、回転ブラックホール解などが解析されている。

2、ホライズンに大きな変動が存在する状況下における高次元極限の研究

これまでの研究では比較的緩やかに変動するホライズン近傍時空の高次元極限が主に調べられてきたが、より激しい変動($\mathcal{O}(D)$ 程度)が存在する場合には、有効理論のような一般的な定式化は知られていない。いくつか知られている例としては、空間の変動が大きい場合にはEinstein方程式はリッチフロー方程式に帰着し、トポロジーの異なる解同士の位相転移を与える。また、空間の変動が大きい場合にも同様の熱フロー方程式を与えることが知られている[2]。これらの例を手がかりに、従来とは異なる領域の高次元極限の存在を探る。

3、高次元極限とExtremal極限

ホライズン半径を固定して高次元極限を取ると、ブラックホールの温度は一般に $\mathcal{O}(D)$ で大きくなる一方、extremal極限では温度は0に近づく。この競合のため、この二つの極限の関係はよく理解されてこなかったが、近年KachruとShyaniらによって温度が $D \rightarrow \infty$ 極限で有限値を取るようにextremalパラメータを調整することでnear extremal状態において意味のある高次元極限が取れることがわかった[3]。Extremal極限における高次元極限の研究を行い、extremalブラックホールの振る舞いについての系統的理解を深める。

[1] R. Emparan and R. Suzuki, JHEP 1907, 094 (2019)

[2] M. Rozali and B. Way, JHEP 11, 106 (2018)

[3] S. Kachru and M. Shyani, arXiv:2010.03560 [hep-th].