

今後の研究計画

これまでに取り組んできた研究を中心に、以下のような計画を考えている。

1. 球対称時空におけるエントロピー

熱力学で熱源を知るためには、熱流がどのように得られるか知る必要がある。そのため、重力場に関するエントロピーが定義できればよいが、重力崩壊過程などのように、重力場は一般に平衡状態ではないため、非平衡熱力学を扱う必要があり一般には難しい。この点について、BH 熱力学の文脈では、BH が時間変化して非平衡状態となっても、球対称の時には重力の局所的なエネルギーが定義できることから、熱力学第一法則を得ることができる。これにより、時間変化する BH エントロピーを自然に定義することができる。この議論は BH に限らない一般的な球対称時空へ応用することができるため、球対称時空における熱力学第一法則を導出し、そこからエントロピーを定義する。そして、ここで定義した量が熱力学第二法則を満たすことを確認し、確かにエントロピーと呼べるか検証する

2. 量子宇宙論に基づく波動関数の頑健性

我々は、宇宙の波動関数がトンネル仮説から予言されるものになることを、一定の仮定の下で厳密に示した。他方で、この結果は、重力の経路積分において一様等方な成分のみを考慮したものであり、どの程度一般的な結果であるかについては、より詳細に調べる必要がある。そのために、我々は現在、非等方な自由度を取り入れた時の解析や、高次元や低次元における解析を現在進めており、トンネル仮説によって宇宙が創発したという結果がどの程度頑健な結果であるかを明らかにする。

3. 連星 BH の重力波と灰体因子

我々は、連星 BH が互いに衝突する際に生じる重力波に関して、数値シミュレーションの結果を統計的に解析することにより、連星 BH の重力波が灰体因子で特徴づけられることを示した。他方で、この結果は衝突してから落ち着くまでの重力波に関するものであり、どの段階から灰体因子で特徴づけることができるかについては、まだ明らかになっていない。この点について、連星 BH の厳密解を考え、その上の重力摂動を解析し、検証していく。

4. 動的なブラックホールシャドウ

BH が連星を組む場合、シャドウの大部分を占める領域とは別に、BH の眉と呼ばれる非連結な領域が存在することが知られている。この部分は連星の衝突に伴い、中心に位置するシャドウを囲むように時間発展し、全体として一つのシャドウのように見えることが知られている。しかしながら、BH の定義を踏まえると、最終的に BH が衝突しても、BH の眉が中に位置するシャドウと合体することは原理的に起こり得ないことが予想される。この予想が正しいかどうかについて、観測者が観測する光を過去に遡ることによって検証していく。