

課題名 (タイトル) :

高次元ブラックホールの安定性解析

利用者氏名 : 真貝 寿明

所属 : 和光研究所 基幹研究所 戒崎計算宇宙物理研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

我々の 4 次元時空が、高次元時空に埋め込まれている、とする考え方に注目が集まり、高次元重力の研究に注目が集まっている。LHC 加速器実験で高次元ブラックホールの検証ができる可能性もあり、本研究では、5 次元時空における非線形な重力場の引き起こすダイナミクスを数値計算を用いて明らかにすることが目的である。

2. 具体的な利用内容、計算方法

(A) 5 次元時空では、4 次元ではあり得なかったトポロジーのブラックホール解が Einstein 方程式の厳密解として存在しているが、その形成条件や安定性は未知である。特に 5 次元時空ではリング形状のブラックホール解が知られている。本研究では、リング形状ブラックホールの形成条件、安定性を調べるために、時空が 2 軸対称性をもつ場合のダイナミクスを追うコードを開発した。

(B) 高次元時空を考える理由の 1 つに、初期宇宙での高次曲率項のふるまいが未知であることがある。本研究では、Gauss-Bonnet 重力理論として知られる、幾何学的に特殊な高次曲率項を含む時空での本格的な数値計算を目的として、ワームホール安定性条件・ブラックホール形成条件を明らかにするために、定式化と共にコード開発を進めている。

3. 結果

(A) リング形状の物質の重力崩壊によって、リング状のブラックホールができる場合と、球状のブラックホールができる場合が確認されている。

Fig.1 に 2 例の結果を示す。

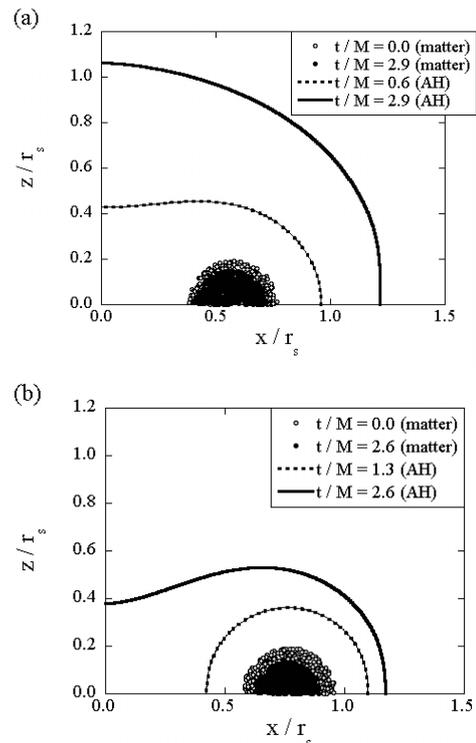


Fig.1 空間 4 次元時間 1 次元の軸対称・赤道面対称時空でのリング状物質の重力崩壊の様子。図は粒子分布とブラックホール地平面（点線・実線）を表す。初期リング半径の大小によって、リング状のブラックホールが形成されない場合(a)と、一瞬形成される場合(b)が確認された。

これらの結果は、ある程度、初期値系列のサーチから予想されたダイナミクスの描像と一致している。両者の相違について、現在、パラメータサーチを実施すると共に、背後の物理的説明を試みている。また、物質が回転をもつ場合のコード開発も行った。回転エネルギーを持つ場合は、重力崩壊が遅れ、ブラックリング形成に少しずつ近づいていることが確認された。現在、安定なブラックリングが存在するのかが未解決である。

(B)現在、時空特異点の扱いが比較的容易と思われるワームホール時空について、定式化を終え、具体的な計算コード開発を進めている。Fig.2 に

暫定的な時間発展結果の例を示す。

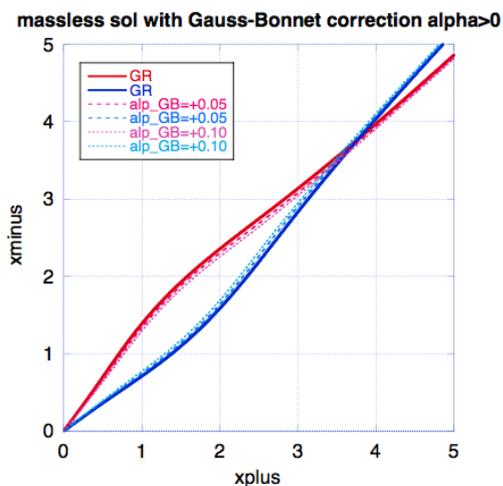


Fig.2 時空が 5 次元での Gauss-Bonnet 重力理論におけるワームホール時間発展の例. 図はワームホールの喉元部分が分岐して、ブラックホール地平面として動き始めた様子を光座標で示す (赤色が外向き地平面, 青色が内向き地平面) .

Gauss-Bonnet 重力理論の強さを示すパラメータ α の依存性を解明するのが今後の課題である.

4. まとめ

年度当初の計画通り, 5 次元時空でのダイナミクスを解く計算が進んでいる. 回転を入れた時空や, ブラックホール地平面のダイナミクスを追う計算の実現に向けて, 計算コードの開発を進めている. また, 計算コードの並列化や高速化は完成しておらず, 次年度に開発が持ち越されている.

5. 今後の計画・展望

次年度には, (高次曲率項を含む) 拡張された重力理論を用いた数値相対論研究を実現させたい.

平成 24 年度 RICC 利用研究成果リスト

【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】

1. Hisa-aki Shinkai, Yuta Yamada
Numerical Investigation of Five-dimensional Gravitational Collapses
Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser. 7 (2012) pp. 148-157

【国際会議などの予稿集、proceeding】

1. Yuta Yamada, Hisa-aki Shinkai,
Numerical Study of Five-dimensional Gravitational Collapses
Proceedings of the RESCUE symposium on General Relativity and Gravitation (JGRG22) at
Tokyo University, Japan, November 12--16, 2012. **(to be published)**

【国際会議、学会などでの口頭発表】

1. Yuta Yamada, Hisa-aki Shinkai,
Numerical Study of Five-dimensional Gravitational Collapses
The 13th Marcel Grossmann Meeting at Stockholm University, Sweden, July 1--7, 2012.
20 min talk in the session A5 Higher Dimensional Black Holes