

# 卒業研究概要

提出年月日 2014 年 1 月 31 日

卒業研究課題 周期境界条件下に配置されたブラックホールの変形

学生番号 C10-094

氏名 森本恭将

概要 (1000字程度)

指導教員 真貝寿明

印

## (1) 目的と結果

外部の重力等の影響を受けない場合、ブラックホール(BH)の形状は軸対称であると考えられている。これに対し、空間が短い周期で閉じている場合においては、自身の重力によって変形した状態で静止すると予想される。このような条件下にある BH の変形の様子を、一般相対論の初期値設定問題として解いた。すなわち、時間一定面での計量テンソルを拘束条件式から求め、さらに BH の表面である事象の地平面を判定するコードを作成した。

また、BH 同士が接近すると重力が強くなり、個別の BH の表面積が増加すると予想される。計量テンソルを加味して表面積を計算するコードを作り、1 軸に周期境界条件を設定した軸対称 BH においてこれを確認した。

## (2) 計算方法

拘束条件と座標条件の計算では楕円形偏微分方程式を解くことになり、差分法によって多元連立一次方程式に変換する。これを反復的な手法である SOR 法を用いて解いた。論文では直接的な手法である Gauss の消去法を用いた場合と計算時間の比較を行っている。

重力場中での粒子および光の運動を記述する測地線方程式は 2 階の常微分方程式であり、ヌルベクトルの条件式と連立させて解く。4 次精度の Runge-Kutta 法を用いて計算した。先に解いた拘束条件式は Newton 的な重力ポテンシャルの式と同形であり、その勾配で得られるベクトルが重力である。これに沿った方向に光を飛ばすように測地線方程式の初期値を決定した。

## (3) 結果の例

それぞれの境界条件における BH の形状変化を確認することができた。空間の周期、すなわち BH 同士の距離が長いと球状をしているが、距離が短くなると頂点ができるように歪んだ。ある物理量で境界条件を Robin 条件とした BH を単位サイズの BH とし、その Schwarzschild 半径を  $r_0$ 、表面積を  $S_0$  とする。この BH(図 1)の 3 軸を周期境界条件に設定すると、断面は四角く変形した(図 2)。

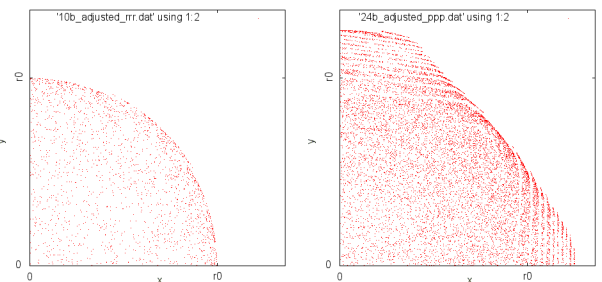


図 1. 単位サイズの BH 図 2. 周期  $L=2.8[r_0]$ での BH  
それぞれは 3 次元空間の  $z$  一定面

さらに、BH 同士の距離が短くなるにつれ、その表面積は単調増加することが確認できた(図 3)。

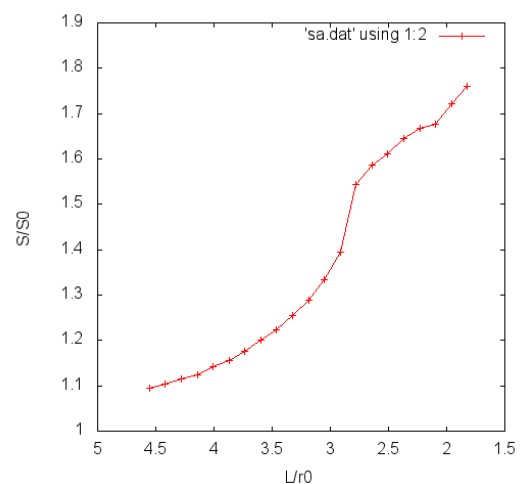


図 3. 空間の周期  $L/r_0$ と BH の表面積  $S/S_0$ の関係

また、研究後の課題として計算時間をさらに短くする方法等について考察した。詳細は本文に記す。