

# 卒業研究概要

成績：

提出年月日 2008年 2月 1日

卒業研究課題 ニュートン重力理論におけるブラックホール形成のシミュレーション

学生番号 A04-164

氏名 山田 祐太

概要 (1000字程度)

指導教員

真貝 寿明

印

一般相対性理論の枠組みでは、物理量が無限大に発散する時空特異点が必然的に現れることがホーキング、ペンローズによって証明されている。これは、一般相対性理論が時空構造を完全に記述できないことを示している。この矛盾を解消するため、ペンローズは、特異点は必ず事象の地平線によって隠されるという宇宙検閲官仮説を提唱した。しかし、この仮説は反例が見つかっており、現在でも一般性は不明である。

本研究は、将来的に宇宙検閲官仮説を数値的に検証することを目的として、その準備となるプログラムを作成した。一つは任意の数の粒子が互いに重力で作用しながら時間発展する様子を追うプログラムで、Newtonの運動方程式を解くものと、2次のPost-Newton近似した計量を用いて測地線方程式を解くものである。もう一つはブラックホール形成の判定を行うプログラムで、Newton力学の脱出速度から判定を行うものと、光の測地線方程式を解き、光の軌跡から判定を行うものである。

本研究では、球対称な重力崩壊、連星の正面衝突、ドーナツ型分布を想定したシミュレーションを行った。図1は球対称に分布した粒子を測地線方程式を解くことで時間発展した結果を示している。また、図2は、 $t=1.22t_{\text{ff}}$  ( $t_{\text{ff}}$  は free fall time) で中心に全質量が集積したと仮定したときの脱出速度を示している。

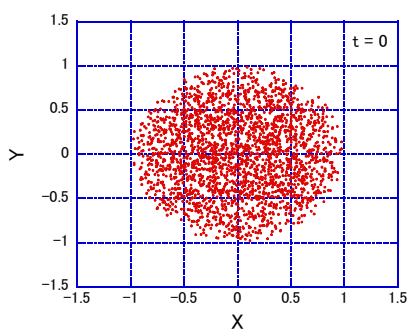


図1：球対称な重力崩壊の計算例 (粒子数 2500)  
(粒子分布を xy 座標に射影したもの)

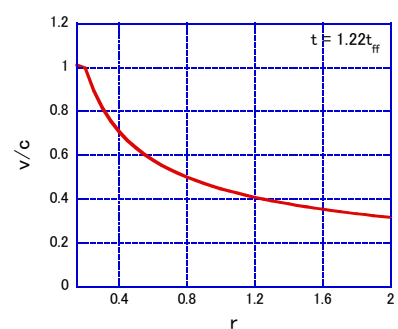


図2： $t=1.22t_{\text{ff}}$ での脱出速度

図2より、 $r=0.2$ 付近で脱出速度が光速をこえていることがわかる。よって、 $r=0.2$ でブラックホールの地平線になっていると考えられる。

研究の結果、光の測地線方程式を解く方法でのブラックホール形成の判定では、時間を逆向きに進める方が、事象の地平線を判別しやすいことがわかった。しかし、Post-Newton近似した計量を用いた時間発展では、計量の単調性よりブラックホール形成の判定が行えないこともわかった。

将来的には一般相対論での数値計算を行う予定である。

