

# 卒業研究概要

提出年月日 2018年 1月 31日

卒業研究課題

ブラックホールの境界判定と可視化

学生番号

B13-004

氏名

安倍 弘剛

概要 (1000字程度)

指導教員

印

非常にコンパクトな天体があると時空の歪みによって光が脱出できない「領域」になる。これがブラックホールと呼ばれる天体である。そしてブラックホールの連星が接近していく中でブラックホールの境界がどのように変化していくのかは興味深い問題である。本研究では、ブラックホールの境界を判定し、可視化するアプリケーション作成を試みた。

## (1)音の波の伝播モデルの可視化

光円錐の傾きは、音波の伝わる限界と同じ原理で説明できる。そこで音源から同心円状に広がる波に音源の運動や風の影響を含めて音の軌跡をプロットするプログラムを作成した。図1は左向きの風の力を受けた音が時間経過でどのように広がっていくかを表している。縦軸は時間を表している。図1より強い風を与えると右向きに音が広がらないことを示す。

## (2)時空の歪みの可視化

時空を歪みを可視化するために Poisson 方程式を差分法を用いて解き、質量分布によるポテンシャルエネルギーのちがいを求めた。図2は、座標  $(0,0)$  に物体を置いたときのポテンシャルエネルギーを表している。座標  $(0,0)$  に近づくほどエネルギーは大きく物体を引き込みやすいのがわかる。

## (3)ゆがんだ時空の光の軌跡

(2)で求めたポテンシャル関数を用いて、ポスト・ニュートン近似で計量を対応させて、ゆがんだ時空を考えた。そして、測地線方程式を用いて光の軌跡を求めた。図3は図2のポテンシャルの断面と異なる2点から放たれた光の作る光円錐を重ねて描いている。光円錐の縦軸は時間に相当する。内側の点から放たれた光は外側に広がることはなく物体に向かっていくことがわかる。これが見かけの地平線(アパレント・ホライズン)と呼ばれるブラックホールの境界に相当する。また、中心に2つの物体を置きその中心からの距離を変えて光の軌跡を調べた。詳細は論文に記載した。

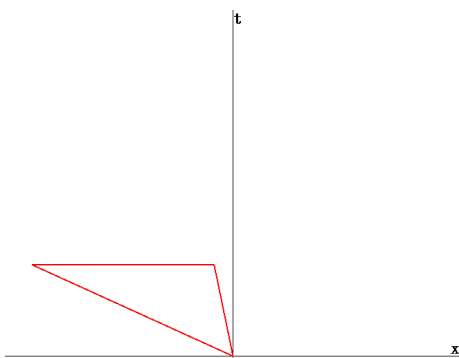


図1  $x$  軸の負方向に強い風があるときの音波の伝わる様子

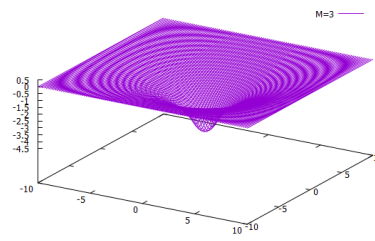


図2 中心にある物体が生み出す空間の歪み (ニュートン力学のポアソン方程式の解を表示)

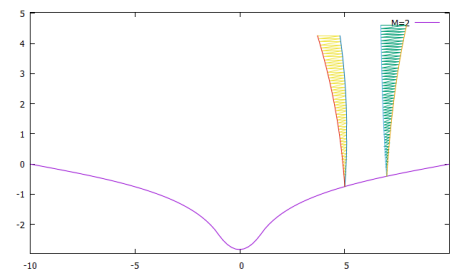


図3 図2のポテンシャル断面と光円錐の断面を重ねた図