

卒業研究概要

提出年月日 2015年1月31日

卒業研究課題 重力レンズ効果でブラックホールを周回する光の軌道

学生番号 Q11-026

氏名 神木 智貴

概要 (1000字程度)

指導教員 真貝 寿明

印

重力レンズ効果とは光が非常に大きな重力を持つ物体に接近する際、重力が時空を歪めていることが原因で軌道が曲がる現象である。これにより、光を発している物体の像が歪んだり実際に存在している場所とは別の位置に像が見えたりする。

本研究では球対称ブラックホール (BH) による重力レンズ効果を考察した。特に文献[1]で報告されているような、光が BH の周りを周回する現象に注目し、これらの光が観測者にどのように届くのか、軌道と明るさを計算した。地球と BH と光源が一直線上で等距離にあるときを考え、衝突係数を変えながら地球にちょうど到達する軌道を探した。光の軌道は Runge-Kutta 法で積分し、周回の回数によって折り返す衝突径数の条件を二分法を使い求めた。また到達した光の軌道から、わずかにずれた軌道も求め、光源からの光量と、見かけの明るさの比を求めた。(表1)

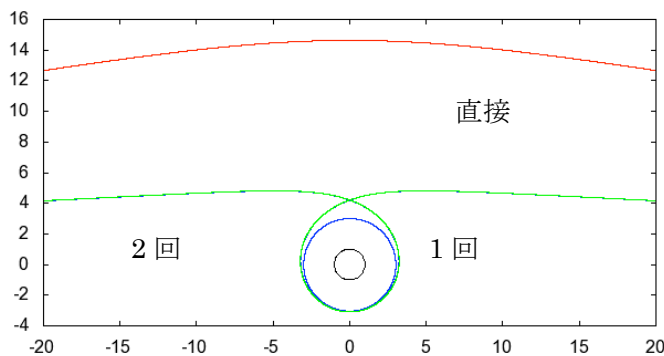


図1 光の軌道
(原点での半径の縁が BH)

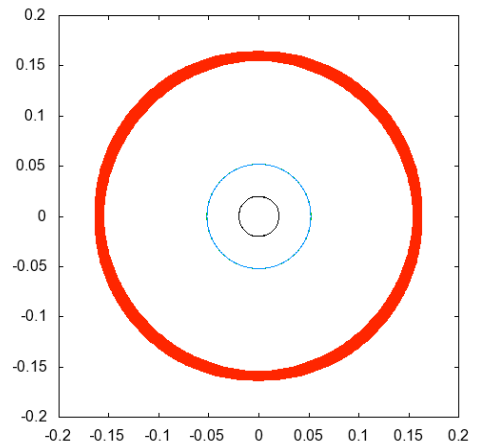


図2 観測者から見た光
(中央の円が BH)

図1は重力レンズ効果の影響を受けた光の軌道の例を示す。BH の半径を2、BH から光源および BH から地球の距離を150としたときの計算で BH 付近を拡大した図である。直接届く光を一番上の実線、1回および2回周回する光を下に二つ記入してある。表1にデータを示す。周回する光はいずれも BH の近くを通過しており、図1では1周と2周はほぼ軌道が重なっている。しかし表1に示すように、最接近距離は2回周回するほうがわずかに近い。また衝突径数が $\sqrt{27}$ のときは何回でも周回したままになることを確認した。

図2は観測者の見る像である。設定が対称であるため、像は円になる。図では明るさの比を線の太さで表現した。論文では、光源から BH の距離を変えた場合の見え方の違いを議論している。

	衝突径数 b	最接近距離 1/u	明るさの比	見かけの半径
直接光	15.749	14.633	255	15.9435
1回周回する光	5.2021	3.0854	6	5.2050
2回周回する光	5.1962	3.0035	1	5.1928

表1 光の種類別シミュレーションの結果

(BH の半径2)

[1] Hans. C. Ohanian , Am. J. Phys. 55(5), May 1987