

これまでの研究成果のまとめ

氏名: 孝森 洋介

私はブラックホール物理学と高次元時空での一般相対性理論を中心にこれまで研究を行ってきた。私がこれまで行った2つの研究テーマについてその研究成果を以下にまとめる。

1. 定常ブラックホール磁気圏の摂動解析

様々な観測から、銀河中心には巨大質量ブラックホールがあると広く信じられており、活動銀河核やガンマ線バーストなどの中心エンジンとして期待されている。ブラックホールの回転エネルギーは高エネルギー現象のエネルギー源として期待されており、磁場を介することでその回転エネルギーを引き抜くことができる。この機構は Blandford-Znajek (BZ) 機構として知られている。そのため、これまでブラックホール周りの磁場構造に関して多くの研究がなされてきた。

回転の速いブラックホールはそれだけ多くの回転エネルギーをもつだろう。一方、真空の場合、最大回転しているブラックホールのホライズンから磁場が締め出されること (ブラックホールの Meissner 効果) が知られている。この効果は BZ 機構の効率を悪くする方向へ働くだろう。現実には、ブラックホールの周りにはプラズマが存在する。そこで、私と共同研究者はプラズマの存在が Meissner 効果に及ぼす影響を研究した。

Meissner 効果は縮退するホライズンをもつ時空でみられることが知られている。そこで、電流の効果をみるために、我々は球対称で縮退するブラックホール時空中のフォースフリー電磁場を調べた。この場合、磁場形状は Grad-Shafranov (GS) 方程式で決まる。GS 方程式はライトサーフィスとよばれる特異面を持ち解くことは困難だが、我々はゆっくり回転している磁場を仮定し、さらにブラックホール近傍だけを考えることで GS 方程式を解くことを試みた。その結果、GS 方程式の摂動解を構成することができた。また、我々の摂動解析により、ホライズンが縮退していたとしても電流があれば、モノポール成分に高次マルチポール成分が摂動的に加わることが分かった。この研究成果は論分リストにある Takamori et al. (2011) にまとめた。

2. ブラックリング周りの粒子の安定束縛軌道

近年、高次元時空での重力理論が力の統一理論に触発され多くの研究者の研究対象になっている。特に、高次元ブラックホールの研究が盛んに行われてきた。4次元時空では球状のブラックホール解しかないが、5次元時空では球状だけでなく $S^1 \times S^2$ のトポロジーをもったブラックリングと呼ばれる解が発見されている。このことは5次元時空において、質量と角運動量だけでそれがブラックホールであると特定できないということの意味している。

これらブラックオブジェクトの周りの粒子軌道を調べることはブラックオブジェクトの性質を理解する第一歩となる。高次元では、4次元時空の場合と大きく違い、ブラックホールブラックホールのまわりには安定な円軌道がないことが知られている。私と共同研究者はブラックリングの周りのテスト粒子の軌道を研究した。その結果、ブラックホールとは違い、ブラックリングの周りには安定な束縛軌道が存在することを示した。さらに、束縛軌道の中にカオス性を示すものがあることを Poincaré map を使い明らかにした。このことはブラックリングの粒子軌道にはこれ以上運動の保存量がないことを示唆している。この研究成果は論文リストにある Igata et al. (2010) と Igata et al. (2011) にまとめ発表した。