

これまでの研究成果のまとめ

氏名: 孝森 洋介

私はこれまで「コンパクト天体の周りの電磁気学」と「高次元ブラックホール時空の性質」を大きなテーマとし研究を行ってきた。その研究成果を以下にまとめる。

コンパクト天体の周りの電磁気学

1. 臨界ブラックホールの Meissner 効果

ブラックホールは活動銀河核からのジェットや、線バーストといった高エネルギー現象のエンジンとして期待されている。それらの高いエネルギー現象を駆動する機構として、Blandford-Znajek(BZ) 機構 (磁場でブラックホールの回転エネルギーを引き抜く機構) が期待されている。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 (ブラックホールの Meissner 効果) ことが知られている。この効果は BZ 機構の効率を悪くする方向へ働くだらう。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、我々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、我々は、電流の効果を見るために、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。フォースフリーを仮定するとライトサーフィスと呼ばれる面が方程式系の特異面として出ることが知られている。我々はライトサーフィスによる困難さを扱うために、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、ブラックホール近傍だけで磁場を構成する摂動的手法を構成した。また、我々の手法を用いて具体的に摂動解を得ることができた。我々が求めた摂動解は磁気モノポール成分を持つ解であったため、ブラックホールの Meissner 効果があるのかどうか明確にすることはできなかったが、ライトサーフィスの特異性を解析的に取り扱う手法が構成できた。この成果は論文リストにある Takamori et al. (2011b) にまとめた。

2. 赤道面に電流シートがない定常パルサー磁気圏の構成

パルサーは正確な周期でパルス波を出す天体として知られており、その正体は強い磁場を持った中性子星だと考えられている。その強い磁場はパルサーの電磁波放射やパルサー風の加速に重要な役割を果たすため、パルサーの磁気圏構造を調べることは重要である。

パルサーの周辺はプラズマがあるため、プラズマの存在を考慮し磁気圏を構成する必要がある。最も単純な定常軸対称フォースフリーを仮定した場合の大域的なパルサー磁気圏が得られていたが、その解を構成するためには赤道面に局在した電流シートが必要であった。我々は、定常軸対称フォースフリーの仮定のもと、赤道面に局在した電流シートができないような解を構成できる数値手法を考え、実際に解を構成した。この成果は論文投稿準備中である。

ブラックリング周りの粒子の運動

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。その結果、高次元ではブラックホール解だけでなくブラックリング解といった多様な解が存在することがわかってきた。

これらの多様な解を分類する一つの方法として、その周りの粒子軌道を調べることは有用である。高次元では、4次元時空の場合と大きく違い、ブラックホールのまわりには安定な円軌道がないことが知られている。我々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. (2011a) にまとめ発表した。また、光子の場合にも同様に安定な束縛軌道が存在することを示した。この成果は論文投稿準備中である。