

今後の研究計画

氏名: 孝森 洋介

私はこれまでの研究経過をふまえて大きく2つのテーマについて研究を進めたいと考えている。

一般相対論的磁気流体力学 (GRMHD) を用いた定常ブラックホール磁気圏の構成

ブラックホールの周りにはプラズマがあり降着円盤が形成されていると考えられている。そのため、より現実的な状況を研究するためにはプラズマの運動を考慮する必要があるだろう。ここでは、プラズマの運動を考慮したものとして最も単純な磁気流体力学を考える。定常軸対称を仮定した場合、磁場の配位は Grad-Shafranov (GS) 方程式を解くことで済む。このとき、GS 方程式には Alfvén 点と呼ばれる特異点がある。そのため、大域的な磁気圏を構成することは定常問題でも容易でない。そこで、研究計画として次のようなステップを考える。

1. ブラックホール近傍の定常磁気圏の構成とその応用

まずブラックホール近傍だけを考えることにする。定常なブラックホール磁気圏を構成する場合、スローローテーション近似を使うことができる。しかし、スローローテーション近似はブラックホール近傍で適用できる保証はない。そこで、Takamori et al. (2011b) で考えたブラックホール近傍で磁気圏を構成するフォーマリズムと組み合わせることで、回転ブラックホール近傍の磁気圏を構成する。また構成した解を用いて、引き抜かれるエネルギーとブラックホールの回転パラメータの関係を明らかにする。

2. プラズマの運動を考慮した大域的な定常ブラックホール磁気圏の構成

理想磁気流体を仮定した場合、ブラックホール磁気圏は Grad-Shafranov (GS) 方程式と呼ばれる偏微分方程式を解くことで決まる。しかし、よく知られているように GS 方程式を解くことは難しい。その難しさは、GS 方程式が磁気流体の音速点に由来する特異点を持つこと、音速点を境に方程式のタイプが楕円型から双曲型へ変わることがあげられる。そこで、GS 方程式をいくつかの方程式に分解し数値的に解く方法を提案する。GS 方程式には Maxwell 方程式も組み込まれている。Maxwell 方程式まで戻れば、定常問題の場合、電流、電荷分布がある場合の境界値問題になる。それらを解くことは比較的容易だと予想される。ただし、電流、電荷は磁気流体の運動から決まるので複数の方程式を同時に満たすような解を探すイテレーション法を考える必要がある。そのようなイテレーション法を開発し具体的に磁気圏を構成することを目指す。

粒子を探索子とした高次元ブラックホール時空の分類

4次元時空では、ブラックホール解の唯一性の定理が知られているため、質量、回転、電荷を与えればブラックホール解が唯一に決まる。しかし、5次元以上の時空では、質量、回転、電荷を決めても解は唯一に決まらない。そのため、時空構造を知るためにはより詳細にその性質を調べる必要がある。我々は5次元ブラックリング周りのテスト粒子の軌道を調べ5次元ブラックホールと違い、ブラックリングの周りには安定な円軌道があることを示した。この時、円軌道の存在を2次元有効ポテンシャルの極値問題にすることで確かめている。この方法は他の高次元ブラックホール時空でも応用可能である。現在知られている高次元ブラックホール解は、ブラックホールやブラックリングが複数あるマルチ解や、コンパクトな余剰次元をもった Kaluza-Klein 型の解までと様々である。これらの時空に対して、例えば粒子の円軌道の存在の有無などを調べ、時空としてどのように違うのかを明らかにする。