

一般相対論的 MHD の数値計算

小出眞路 (熊本大学)

利用カテゴリ SX9C

最近の理想一般相対論的電磁流体力学 (GRMHD) の数値計算により降着円盤を含むブラックホール磁気圏において反平行磁場が自然と形成され磁気リコネクションが起きる状況が生じることが認識されてきた (Koide, Kudoh, Shibata 2006; McKinney 2006)。ブラックホール磁気圏における磁気リコネクションを調べるためには電気抵抗を取り入れた抵抗性 GRMHD の数値計算が必要となる。しかし、抵抗性 GRMHD 方程式のひとつとして標準的な一般相対論的なオームの法則を用いると因果律が破られ数値的に不安定になることが示唆されている (Koide 2009)。そこでわれわれは因果律を満たす抵抗性 GRMHD を得るために一般相対論的 2 流体方程式より一般化 GRMHD 方程式の導出を行った (Koide 2010)。得られた一般化 GRMHD 方程式はプラズマパラメータが 1 よりも十分大きいという条件の下で因果律を満たすことが保障される。さらに、ブラックホール磁気圏での磁気リコネクションをこの一般化 GRMHD 方程式の 3 + 1 形式により調べた。一般化されたオームの法則は重力、遠心力、そして空間の引きずり効果それぞれによる起電力が働くことを示す。プラズマが電荷分離を起こす場合は、重力による起電力が生じ電気抵抗がない場合でも磁気リコネクションを起きる可能性がある (図 1)。さらに今回、回転しないブラックホール (シュワルツシルト・ブラックホール) のまわりの降着円盤のプラズマの静電的振動について一般化された GRMHD による線形解析を行った。電荷分離はプラズマ振動を引き起こし、平均的に中性化されると考えられてきた。一般化 GRMHD 方程式を用いた解析の結果、最内安定円軌道よりもブラックホールに近い領域において電荷分離は振動せずに不安定性を示すことがわかった。これはブラックホール近傍の降着円盤において電氣的に準中性性を仮定できないことを示しており、これにより電氣的あるいは電磁流体力学的に非常に複雑で激しい現象が起こりえることを示唆している。今後、これらの予想される奇妙な現象について一般化 GRMHD の数値計算を行う。

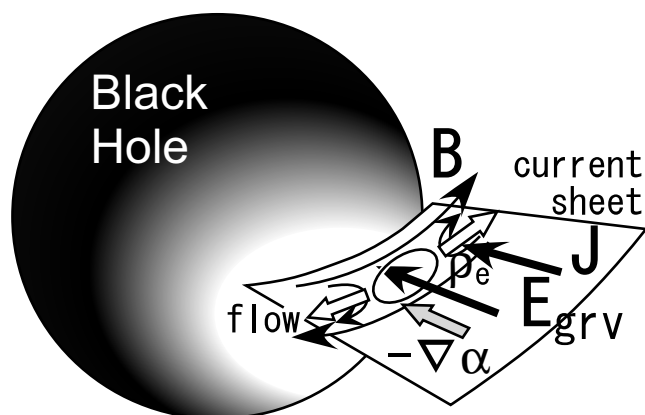


図 1: ブラックホールの近傍において電氣的中性性の破れのある場合に引き起こされる磁気リコネクション。ブラックホール赤道面にある電流シート (電流密度 $\mathbf{J}$) をはさんで反平行磁場が形成されている。局所的な電氣中性性の破れ (電荷密度 ρ_e) の誘起する起電力 E_{grv} により磁気リコネクションが生じる。