

○プラズマ中の密度波ソリトンによる荷電粒子加速

非熱的な高エネルギー粒子の生成は、惑星間空間や地球磁気圏などの近宇宙だけでなく、超新星残骸やパルサー磁気圏などの遠方天体においても観測され、宇宙プラズマに普遍的な現象である。例えば、太陽フレアに伴い、最大で約 10MeV の電子や、約 1GeV のイオンといった非熱的な高エネルギー粒子が生成されていることが、観測より明らかになっている。しかし、これらの高エネルギー粒子の生成機構は未解明な部分が多く、その解明は宇宙物理学的に重要な課題である。そこで、電子-イオンプラズマ中の密度波ソリトンによる荷電粒子の加速機構を提案する。円筒対称および球対称ソリトン解で表される静電ポテンシャル壁に閉じ込められた荷電粒子に注目して、時間発展に伴い収縮する壁との弾性反射により加速される荷電粒子のエネルギー分布を考察する[23]。

○スカラー場と拡張された電磁場を持つブラックホール解

ヘテロティック弦理論の低エネルギー極限や量子電磁力学のループ補正を考慮した有効作用において、点電荷近傍の領域における強電磁場に注目すると、それらの領域では、Maxwell 電磁場の 4 次補正を含む一般化された非線形電磁場理論を考慮しなければならない。またコンパクト天体の周りでも同様の補正が必要と考えられており、非線形電磁場は宇宙物理学的な観点からも注目されている。以上を踏まえて、スカラー場、Born-Infeld 電磁場、ベキ乗則 Maxwell 場、指数型・対数型非線形電磁場を持つ 4 次元及び高次元ブラックホール解の構成を考える。高次元 Einstein-Maxwell 理論における回転ブラックホール時空をあらゆる厳密解はまだ得られていない。そこで手始めに、スカラー場、非線形電磁場、及びコンパクトな余剰次元等を持ち低速または最大回転する様々なブラックホール解を摂動的に構成する。スカラー場や非線形電磁場がブラックホールの時空構造、質量、電荷、角運動量、磁気回転比等に与える効果、及びブラックホールの周りを運動する試験粒子に対する安定円軌道の存在等を調べて、観測に基づくこれらのブラックホール時空モデルの検証可能性を議論する[24,25]。

○漸近的 Killing 地平線を持つ時空

動的な 5 次元 Kasner 宇宙モデルを考え、その中に置かれたブラックストリングをあらゆる厳密解を構成した[22]。この時空は厳密な時間的 Killing ベクトル場を持たないが、地平線近傍の時空は近似的に静的になる。これは、地平線近傍において、Killing 方程式を近似的に満足する 2 次の漸近的 Killing 生成子が存在するためである。そこで、このような漸近的 Killing 地平線に関する議論の第一歩として、n 次の漸近的 Killing 地平線の存在を仮定すると、時空をあらゆる計量がどの程度制限されるのかを考える。例えば、Einstein-Maxwell 系であることを課して、漸近的 Killing 生成子を用いて定義される質量等の物理量と漸近構造を指定すると、漸近的 Killing 地平線がある状況下では一意に時空が定まると期待される[26]。