

○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に重要な課題である。宇宙線に含まれる電子やイオンを加速する機構として、天体物理学的衝撃波による Fermi 加速、太陽コロナや地球磁気圏プラズマシートの加速における磁気リコネクション、地球極域の上層大気でのオーロラ粒子加速における静電ダブルレイヤー、中性子星など高速回転磁気天体での単極電磁誘導、衝撃波による波乗り加速等が提案されている。そこで、イオン-電子プラズマ中における荷電粒子の新しい加速機構として、密度波ソリトンであらわされる時間変化する電場による粒子加速を提案する。平面ソリトンと異なり、この系の円筒対称及び球対称ソリトンは、中心へ進むに従い、波高が時間の冪で増加する。そのため、電場ポテンシャルとの弾性反射後に波高を乗り越えて外へ出る粒子のエネルギースペクトルは冪的になる。そこで、太陽フレア等の具体的な系に注目して、ソリトンにより加速される荷電粒子のエネルギースペクトルを定量的に評価する[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

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、冪乗則 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。例えば、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わす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]。さらに、漸近的 Killing 地平線を持つブラックストリング解[22]に関連して、 n 次の漸近的 Killing 地平線の存在を仮定すると、時空をあらわす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 地平線を持つ時空が一意に定まると期待される[26]。