

○磁場中のプラズマにおけるソリトン加速、定常流およびプラズマ振動

イオン音波ソリトンによる粒子加速の現在までの研究では、フレアの付け根領域に注目しているため磁場を無視している。しかし、大部分の宇宙物理学的現象では磁場が重要な役割を果たす。そこでラジアル磁場を伴うイオン-電子プラズマ中を伝播する非線形密度波を用いて荷電粒子を加速する機構を提案する[25]。この系での波面が磁場に垂直であるような密度波ソリトンは、拡張された Korteweg-de Vries 方程式に従い、波が中心へ向かうにしたがって、その波高は時間の冪で大きくなる。このとき電子とイオンの密度分布のずれにより生じる電場のポテンシャル壁と磁場が大きい領域で起こる磁気ミラーによって閉じ込められた粒子は、運動するポテンシャル壁との衝突によって加速される。この加速機構による粒子のエネルギースペクトルは冪的であることがわかる。具体的な応用として、天体近傍で発生する高エネルギー粒子がソリトン加速機構によって生成される可能性を議論する。また現実的な場合、波の最後の大きさはデバイ長よりもはるかに大きく、弱い非線形波に対する Korteweg-de Vries 方程式は、強い非線形性を持つ終状態の波に対して使うことができない。現在までの研究では、粒子加速の基本的な性質を理解するために、強い非線形の段階にまでこの方程式の解を用いた。電場ポテンシャルを表すソリトン波による加速機構に必要な特性の1つは、波が収縮するにつれて波高が時間の冪で成長することである。そこで観測されている宇宙線を説明するために、Korteweg-de Vries 方程式によって記述される弱い非線形波の解ではなく、強い非線形性を持つイオン音波や衝撃波等を調べる[26]。さらに天体周辺での2成分プラズマによる定常流、プラズマ振動および電場の振舞いを議論する[27]。

○Squashed Kaluza-Klein 解を用いた高次元モデルの検証

ブラックホール連星の合体により発生した重力波の直接検出およびM 87銀河中心の超大質量ブラックホール候補の撮像の成功は、ブラックホール研究が新しい段階に入ったことを意味する。これらの宇宙物理学的観測に関連して、高次元ブラックホール解の微視的特徴についての詳細な研究に取り組む。実際、ブラックホール・シャドウの観測に基づいた余剰次元と量子重力の補正を伴うブレーンワールドブラックホールの検証が研究されている。現在までに、漸近的 Kaluza-Klein 時空における量子重力の影響は議論されていない。そこで、5次元 squashed Kaluza-Klein ブラックホールからの Hawking 放射に対する一般化された不確定性原理の効果を議論する[28]。