

○高次元時空におけるブラックホール [1-22]

空間的余剰次元を伴う高次元時空におけるブラックホールの振舞いに注目した。高次元ブラックホールは統一理論へ向けての物理学を発展させる鍵と期待されているだけでなく、最近ではホログラフィー原理の展開にも中心的な役割をしており、様々な理論物理学の分野から注目されている。高次元時空において、余剰次元が小さくコンパクト化されているという Kaluza-Klein 型の時空は現実の実効的 4 次元時空を説明する有力なモデルである。こうした時空におけるブラックホールはどのようなものであるのか、どのようにして観測的検証ができるのか、は興味ある課題である。しかし、時空の対称性が低くなるため Kaluza-Klein 型ブラックホールの厳密解の構成は容易ではない。これに対して、5 次元 Einstein-Maxwell 理論において、ツイストされた余剰次元を考えると、Kaluza-Klein 型ブラックホールの厳密解が比較的容易に構成できることを発見し、その厳密解を具体的に与えた。また、厳密解が得られたことによって、安定性などの摂動的研究、Hawking 放射、さらにはブラックホールの周りの試験粒子の運動の研究など、ブラックホール時空を用いた余剰次元の検証に向けた研究の端緒ともなっている。

○プラズマ中のイオン音波ソリトンによる粒子加速 [23]

宇宙線のエネルギースペクトルは、非常に大きなエネルギー範囲において冪的に表されている。このことは、太陽大気、超新星残骸、銀河の中央領域など、活動的な天体周辺における高エネルギー粒子の非熱的な加速機構の存在を示唆している。しかし、天体周辺で起こる現象の特性を理解するために重要な荷電粒子の加速機構は、まだ解明されていない。そこで、冷たいイオンと等温電子からなる無衝突プラズマ中を伝搬する円筒状または球状の非線形音波ソリトンを用いた荷電粒子の新しい加速機構、つまりソリトン加速を研究する。冷たいイオンと等温電子から成るプラズマ系に密度の変化が生じると、電子密度の広がりイオン密度の広がりよりも大きくなる。これは高密度領域において正の電荷が過剰になることを意味する。したがって、電場が生成される。スカラーポテンシャル場で記述される電場に伴うイオン密度の不均一性は音波として伝播する。帯電した試験粒子(陽子)が、円筒状または球状のイオン音波で記述される電場ポテンシャル壁内に閉じ込められていると仮定すると、荷電粒子は、波が中心に収縮するにつれてポテンシャル壁と複数回反射することによってエネルギーを得る。加速された粒子は、粒子のエネルギーが電場のポテンシャルエネルギーを超えると、ポテンシャル壁を乗り越えて宇宙線として外に現れる。本研究では、円筒状または球状の Korteweg-de Vries 方程式で記述されたプラズマ中を伝搬する非線形音波ソリトンを用いて、荷電粒子を加速するための新しい機構を提示し、加速された粒子の冪的なエネルギースペクトルが得られることを示した。具体的な応用として、太陽等の天体から来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について議論した。