

○量子重力効果を伴う高次元ブラックホールからのトンネル効果としてのホーキング放射

現象論的な量子重力効果を議論するために、測定可能な最小の長さを持つ一般化された不確定性原理が注目されている。ブラックホールの量子論的性質に関する議論は重要であり長い間続いているが、議論に必要な強固な理論的基盤がないため、量子重力による体系的な研究はこれまで行われていない。そこで、量子重力のいくつかの異なるモデルが、十分に小さいスケールでの重力の振舞いを理解するための有効な方法となる。相対論的效果と量子論的效果の組み合わせは、従来の距離の概念がプランクスケールで破綻することを示唆している。その理由は、微小な距離の分解能を得るためには、波長の短い、つまりエネルギーの高い試験粒子が必要になるためである。このような小さなスケールでは、高エネルギーの試験粒子による重力効果は、測定を試みた時空の構造を大きく乱すことになる。そこで、量子重力理論の中には、距離の分解能にプランク長程度の有限の限界が存在することを示唆するものがある。弦理論におけるいくつかの研究から、そのような測定可能な最小の長さは、従来のハイゼンベルグの不確定性原理を量子重力的に改良した一般化された不確定性原理によって得られることが示唆されている。その後、思考実験に基づいて様々な種類の一般化された不確定性原理が発見的に導かれ、最小の長さを表す現象論的なモデルとして捉えられている。一般化された不確定性原理は、いくつかの異なる系に適用され、想定される量子重力理論による補正を考える上で重要な役割を担っている。このような一般化された不確定性原理の議論に基づいて、高次元ブラックホール解の量子論的特徴について研究する。手始めに、一般化された不確定性原理に基づいて、高次元ブラックホールからやってくる荷電粒子の量子トンネル放射を議論する。一般相対論におけるホーキング放射の議論によれば、ごく初期の宇宙における原始ミニブラックホールは完全に蒸発したと考えられている。しかし、ホーキング蒸発の最終段階では、量子重力効果が支配的となり、半古典的なアプローチは破綻すると予想される。もし、ブラックホールが完全に蒸発せず、蒸発の最終段階で残骸になるとすれば、その残骸が暗黒物質の構成要素になる可能性がある。一般化された不確定性原理によって修正されたホーキング蒸発過程のもとで、高次元のブラックホールがどのように進化していくかを調べることは興味深い。そこで、ホーキング放射における量子重力効果の一つとして、一般化された不確定性原理の枠組みで、粒子のトンネル効果による高次元ブラックホールの蒸発を議論する[26]。

○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

磁場はほとんどの天体物理学的現象において重要な役割を担っている。ソリトン加速機構[23]の一般化として、放射状磁場中のイオン-電子プラズマ内を伝播する非線形密度波による荷電粒子の加速機構を議論する[27]。さらに宇宙線の観測結果を説明するためには、コルトヴェーグ・ドフリース方程式で記述される弱い非線形性を持つ波動解ではなく、イオン音波の完全な非線形解を調べることが重要である。そこで、プラズマ中のそのようなイオン音波ソリトンや衝撃波の振舞い、コンパクトな天体の周りの2成分プラズマ中の定常流、プラズマ振動および電場を議論する[28,29]。