

研究成果

ひねられたコンパクトな余剰次元を持つ5次元ブラックホール時空

高次元ブラックホール時空は、統一理論へ向けての物理を発展させる鍵として期待されているだけでなく、様々な理論物理の分野から注目されている。私は、ブラックホールから離れた重力の弱い領域において、有効的に4次元時空と見なせる高次元時空モデルに興味がある為、そのような性質を持つ時空として、コンパクトな余剰次元を持つ高次元時空(Kaluza-Klein 時空)に注目する。従来の研究では、Kaluza-Klein 時空として、4次元時空と余剰次元の単なる直積で構成される解が、主に取り上げられてきた。しかし、Kaluza-Klein 時空の可能な位相構造には、まだ自由度が残されており、それ故、我々の世界が様々な位相構造をとりうる可能性を考慮すべきである。

そこで、私は、5次元 Einstein-Maxwell 理論の厳密解として、歪んだ3次元球(squashed S^3) の地平線を持つ静的な Kaluza-Klein ブラックホール時空を構成した[18]。この squashed Kaluza-Klein ブラックホール解は、その地平線近傍において5次元的なブラックホール時空として振る舞い、ブラックホールから離れた遠方の時空は、ひねられたコンパクトな余剰次元を伴う有効的に4次元な時空になる。そして、私は、このような Kaluza-Klein ブラックホール時空を表す厳密解の構成法が、対称性の高い漸近平坦な既知のブラックホール解に対して広く適用可能であることを示し、回転パラメータを含む squashed Kaluza-Klein ブラックホール時空や多体 BPS ブラックホール時空、ディラトン場を含んだ拡張重力理論における squashed Kaluza-Klein ブラックホール時空を構成した[7,9,12,15,16]。

回転する多体ブラックホールの合体

5次元ブラックホールの地平線の位相構造には、3次元球 S^3 やレンズ空間 S^3/Z_n (n :自然数)がある。それらの位相構造の違いは、時空の漸近的な位相構造の違いと関係している。これらの特徴を議論する為、私は、正の宇宙項を含む5次元 Einstein-Maxwell-Chern-Simons 理論を用いて、回転している多体ブラックホール解を構成した[13]。この解は、非自明な漸近構造を持つ空間上で、位相構造 S^3 の回転ブラックホールが合体して、位相構造 S^3/Z_n の1体の回転ブラックホールに変化する過程を表す。そこで、私は、自分の構成したブラックホール解と、自明な漸近構造を持つ空間上で合体する回転ブラックホールを表す解(Klemm-Sabra 解)を比較した。その結果、合体後のブラックホールの地平線面積は、角運動量に依存していることが分かった。これら2つの場合において、合体後の地平線面積に対する角運動量の依存性の違いは、高次元時空の漸近構造の違いと関係していることが明らかになった。

次に、私は、“Gödel 回転”パラメータを持つ多体 Kaluza-Klein ブラックホール解を構成した[10]。各々のブラックホールは、内側と外側の2つの独立なエルゴ領域を持つことが出来る。私は、それらのエルゴ領域が合体する様子を具体的に示した。そして、私は、5次元 Einstein-Maxwell-Chern-Simons 理論を用いて、非自明な漸近構造を持つ多体 BPS ブラックホール時空や、 $S^2 \times S^1$ の位相構造を持つブラックリング時空を構成した[11,14,17]。