

これまでの研究成果のまとめ

氏名:松野 研

コンパクトな余剰次元を持つ squashed Kaluza-Klein ブラックホール

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。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、現実の有効的 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。そこで、私は、5 次元 Einstein-Maxwell 理論において、ツイストされたコンパクトな余剰次元を考えると、Kaluza-Klein ブラックホール時空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 (squashed Kaluza-Klein ブラックホール時空) [13]。更に、私は、このような解の構成法が、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ブラックホール解や多体 BPS ブラックホール解への拡張、また、ディラトン場を含んだ重力理論におけるブラックホール解への拡張等を行った [2,4,7,10,11]。

非自明な漸近構造を持つ回転する多体ブラックホール

5 次元ブラックホールの地平線のトポロジーには、 S^3 やレンズ空間 $L(n;1)=S^3/Z_n$ (n :自然数) がある。それらの地平線のトポロジーの違いは、時空の漸近構造と関係している。それらの特徴を議論する為に、私は、Chern-Simons 項と正の宇宙項を含む、5 次元 Einstein-Maxwell 系を用いて、Eguchi-Hanson 空間上の回転している多体ブラックホール解を構成した [8]。この解は、2 体のブラックホールの場合、非自明な漸近構造を持つ空間上で、地平線トポロジー S^3 の 2 体の回転ブラックホールが合体して、地平線トポロジー S^3/Z_2 (レンズ空間) の 1 体の回転ブラックホールに変化する過程を記述している。一方、Klemm-Sabra 解は、2 体のブラックホールの場合、自明な漸近構造を持つ空間上で、地平線トポロジー S^3 の 2 体の回転ブラックホールが合体して、地平線トポロジー S^3 の 1 体の回転ブラックホールに変化する過程を記述している。そこで、私は、自分の構成したブラックホール解と 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と関係していることが明らかになった [8]。

また、私は、同様の非自明な時空へ漸近するような、超対称性を持つ 5 次元ブラックリング解等を構成した [6,9,12]。

更に、私は、歪んだ Kerr-Gödel ブラックホール解を、Gödel パラメータを持つ、回転している多体ブラックホール解に拡張した [5]。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、2 体のブラックホールの場合に、これらのエルゴ領域の合体の様子を、様々な形状と共に、具体的に示した。