

● コンパクト化された余剰次元を持つ高次元ブラックホール

高次元時空における物理理論は、重力、電磁気力、弱い相互作用、強い相互作用の4つの基本的な相互作用を統一的に議論するための最も有望なアイデアである。これを動機として、高次元ブラックホール解が盛んに議論されている。我々の観測可能な世界は実質的に4次元なので、余剰次元をコンパクト化した高次元ブラックホール解を現実的な時空モデルの候補と見なすことができる。これを **Kaluza-Klein** ブラックホールと呼ぶ。球対称性を持つ真空の一般相対論的重力場は、4次元 **Schwarzschild** 計量によって一意に記述される。しかし、**Kaluza-Klein** 構造を持つ高次元時空モデルの4次元部分に漸近的な平坦性を課しても、計量は一意に決まらない。押しつぶされた5次元 **Kaluza-Klein** ブラックホール解の族[2-4, 7, 9, 10, 12, 14-17, 20, 22]は、**Hopf** 束を部分空間として持ち、底空間の大きさは無限遠で発散するがファイバーの大きさは有限な極限值を持っている。これは、余剰次元のコンパクト化が無限遠で起こり、実効的に4次元時空が得られることを意味する。つまり、ひねられたコンパクトな余剰次元を持つ一連の **Kaluza-Klein** ブラックホール解を、現実的な高次元ブラックホールモデルの一つとみなすことができる。さらに、ホーキング放射[13, 25]、正則性[18]、ジャイロ歳差運動[11]、光の偏向[24]など、**Kaluza-Klein** ブラックホールに関するいくつかの側面を議論した。

● Eguchi-Hanson 空間上の5次元ブラックホール

Chern-Simons 項と正の宇宙定数を持つ5次元 **Einstein-Maxwell** 系において、**Eguchi-Hanson** 空間上に多体の回転ブラックホール解を構成した[1, 6]。これらの解は、 S^3 の地平線を持つ2つの回転ブラックホールが合体して、**レンズ空間** S^3/Z_2 の地平線を持つ1つの回転ブラックホールになることを表している。また、この解における臨界捕捉面の出現と消失の過程を議論した[8]。さらに、5次元超重力理論の解として、**Eguchi-Hanson** 空間上に超対称性を持つブラックリング解を構成した[5]。

● 非線形電磁場とディラトン場を持つ回転ブラックホール

4次元 **Kerr-Newman** ブラックホール解に、非線形電磁場を含めることは、ブラックホール物理の重要な問題の一つである。そこで、指数関数的な非線形電磁場と結合した **Einstein-dilaton** 重力理論におけるブラックホールの厳密解に対する小さな回転パラメータの効果を議論した[19]。さらに、等しい角運動量を持ち最大回転している **Myers-Perry** ブラックホールから出発し、ディラトン場と非線形 **Born-Infeld** 電磁場を加えることで、電荷を持つ回転ブラックホール解を構成した[21]。

● プラズマ中のイオン音波ソリトンによる粒子加速

イオン-電子プラズマ中を伝搬する円筒状または球状の非線形音波を用いた荷電粒子の新しい加速機構を提案した[23]。**Kortweg-de Vries** 方程式で記述される円筒形または球形の音波は、波が中心に向かって縮むにつれて、その波高が大きくなっていく。収縮する波に伴う電位によって閉じ込められた荷電粒子は、電位との反射を繰り返すことによってエネルギーを得る。加速された粒子の冪的なエネルギースペクトルを得ることができた。応用例として、太陽から来る高エネルギー粒子がこの加速機構で生成されることを議論した。