

● 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、強い相互作用という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次元であるため、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みなすことができる。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。これまでに構成した、押しつぶされた高次元 **Kaluza-Klein** ブラックホール解の族は **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ものの、ファイバーの大きさは有限の極限值を持つ[2-4, 7, 9, 10, 12, 14-17, 20, 22]。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1つとみなすことができる。そこで、ホーキング放射[13, 25]、正則性[18]、ジャイロ歳差運動[11]、プラズマ媒質中の光の湾曲[24]など、**Kaluza-Klein** ブラックホールに関するさまざまな現象について議論した。

● 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体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体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獲面の出現と消失の過程を議論した[8]。さらに、5次元超重力理論において、超対称性を持つブラックリング解を **Eguchi-Hanson** 空間上に構成した[5]。

● 非線形電磁場と dilaton 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やスカラー場を含めることは、ブラックホールの物理における重要な問題の1つである。そこで、**Einstein-dilaton** 理論において指数関数型非線形電磁場を持つブラックホール解に対する微小な回転の効果も議論した[19]。さらに、同じ角運動量で最大に回転する **Myers-Perry** ブラックホール解に、**dilaton** 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

宇宙線を構成する高エネルギー粒子の加速の原因として、磁気雲による **Fermi** 加速などのさまざまな加速機構が考えられている。そこで、イオン-電子プラズマ中を伝播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を提案した[23]。円筒対称または球対称の **Korteweg-de Vries** 方程式によって記述されるイオン音波は、波が中心に収縮するにつれて波高が大きくなる。この収縮する波として表される電場ポテンシャルによって閉じ込められた荷電粒子は、ポテンシャルとの反射を繰り返すことでエネルギーを得る。時間発展するポテンシャル内での粒子の反射について議論するために単純化されたモデルを用い、加速された粒子の冪的エネルギースペクトルを得た。具体的な応用として、太陽を起源とする高エネルギー粒子がソリトン加速により生成される可能性について議論した。