

# 研究計画

## ひねられたコンパクトな余剰次元を持つ高次元 Kaluza-Klein ブラックホール解

私は、一連の 5 次元 squashed Kaluza-Klein ブラックホール解 [1, 2, 4, 8, 9, 10, 12] を拡張する。例えば、ブラックホールの質量と電荷を等しいとした極限の場合に、一般の奇数次元時空における厳密解を構成した [14]。この解は、外向き光線束の膨張が 0 となる光的超曲面を持ち、ブラックホール時空のように振る舞う。この解は地平線を跨ぐ  $C^0$  拡張を持つが、7 次元以上の場合、曲率が地平線上で発散する。しかし、自由落下する観測者はその地平線を通過できるので、この特異点は比較的穏やかであることが分かった。

次に、私は、コンパクトな余剰次元の大きさが全時空領域で一定の場合、5 次元の真空な時空内で回転する多体 Kaluza-Klein ブラックホールを表す解を調べた [15]。さらに、この解を 5 次元 Einstein-Maxwell 理論の解に拡張した [16]。各々のブラックホールの地平線はなめらかで、レンズ空間の位相構造を持つ。地平線の正則性より、各々のブラックホールの質量、角運動量、電荷、磁束は、余剰次元の大きさで量子化される。5 次元 Einstein-Maxwell 理論において、回転する帯電ブラックホールを表す厳密解を得る為には、コンパクトな余剰次元を持つ Kaluza-Klein 時空が重要な役割を果たすことが分かった。

以上の議論を踏まえて、Taub-NUT 空間、Eguchi-Hanson 空間、及び Taub-bolt 空間を基底空間とする 5 次元多体ブラックホール解の拡張として、4 次元の重力インスタントン解である Kerr-Taub-bolt 空間を基底空間とする 5 次元多体 Kaluza-Klein ブラックホール解を構成する [17]。また、正の宇宙項を用いることにより、これらのブラックホールが合体する過程を表す厳密解を導き、地平線の位相構造が変化する過程を議論する。さらに、動的な 5 次元 Kaluza-Klein 宇宙モデルを考え、その中に置かれた最大荷電ブラックホールを表す厳密解を構成して、正の宇宙項を含む動的な 5 次元 Kaluza-Klein ブラックホール解との違いを議論する [18]。そして、様々な高次元 Kaluza-Klein ブラックホール時空における地平線の解析性を議論する [19]。

## squashed Kaluza-Klein ブラックホール解を用いた高次元時空モデルの検証

5 次元 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、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。即ち、squashed Kaluza-Klein ブラックホール解は、現実的な高次元時空モデルになっている。

5 次元 squashed Kaluza-Klein ブラックホール時空内における試験粒子は、4 次元ブラックホール時空の場合と同様、安定円軌道を運動することができる。そこで、私は、現実の天体の周辺で起こる観測可能な現象の内、geodetic 効果 [11]、一般相対論の古典的検証 (光の湾曲、光の重力赤方偏移、天体の近日点移動)、試験粒子の最内安定円軌道、及びブラックホール・シャドウ (ブラックホール形状の直接観測) に注目する。5 次元 squashed Kaluza-Klein ブラックホール解を天体の外側の時空として仮定することにより、余剰次元の補正を含むこれらの現象を議論する。将来、たとえ、観測結果が期待される精度で予測値と一致しても、その観測精度は余剰次元の大きさに上限を与え、そして、この時空モデルに対して強い制限を加えることができる。