

研究計画

Kaluza-Klein ブラックホール時空を用いた高次元時空モデルの検証

5次元 squashed Kaluza-Klein ブラックホール時空は、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4次元時空になる。即ち、squashed Kaluza-Klein ブラックホール時空は、現実的な高次元時空モデルになっている。

squashed Kaluza-Klein ブラックホール時空内を運動する試験粒子は、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、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。squashed Kaluza-Klein ブラックホール時空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、この高次元時空モデルに対して強い制限を加えることができると考えられる。

有効的4次元時空に漸近する5次元 Kaluza-Klein ブラックホール時空の一般化

私は、一連の5次元 squashed Kaluza-Klein ブラックホール時空 [1, 2, 4, 8, 9, 10, 12] を拡張する。例えば、一般の奇数次元時空における質量と電荷が等しいブラックホールを表す厳密解を構成した [14]。また、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、真空な5次元時空内において回転する多体 Kaluza-Klein ブラックホールを表す解を調べて [15]、この解を5次元 Einstein-Maxwell 理論の解に拡張した [16]。さらに、5次元 Kaluza-Klein 宇宙モデルを考え、その中に置かれた荷電ブラックホールを表す厳密解を構成した [17]。

以上の議論を踏まえて、まず、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 Kaluza-Klein ブラックホール時空を拡張する。例えば、5次元 Einstein-Maxwell 理論を用いて、4次元 Kerr-Taub-bolt 空間上の静的な5次元多体 Kaluza-Klein ブラックホール時空を表す厳密解を構成する [19]。この時空は遠方で有効的4次元時空に漸近する。4次元 Kerr-Taub-bolt 空間が正則になるための同一視に関する条件を用いて5次元多体ブラックホール時空に適切な同一視が入ると、各ブラックホールの位相構造は3次元球 S^3 ではなくレンズ空間になり、地平線上及び地平線の外側の時空が正則になると考えられる。そこで、正の宇宙項を用いることにより、Kerr-Taub-bolt 空間上における多体ブラックホールの合体を表す厳密解を構成して、地平線の位相構造が変化する過程を議論する。

さらに、5次元 Kaluza-Klein 宇宙モデルを考え、その中に置かれた多体ブラックストリング時空を表す厳密解を構成する [20]。地平線の解析性、解の Gregory-Laflamme 不安定性、時空内を運動する試験粒子の軌道、及び正の宇宙項を含む5次元 Kaluza-Klein ブラックホール時空 [4] や5次元 Kaluza-Klein 宇宙内の荷電ブラックホール [17] との違いを議論する。