

ブレーン宇宙モデルの考えに基づいて、高次元時空の研究が、数多く成されている。歪んだ Kaluza-Klein ブラックホールの研究 [1-3,7,9,10] は、その一例である。これらのブラックホールは、現時点までに知られていないような、豊富な特徴を持っていると期待される。そこで、それらの様々な特徴を議論する為の第一歩として、歪んだ Kaluza-Klein ブラックホールの内部構造を議論する。現在までの研究により、曲率特異点の形状で特徴付けられる、2種類の静的な Kaluza-Klein ブラックホール解があることが分かっている。もし、これらの解が、我々の宇宙を記述しているならば、これらのブラックホールの違いを明らかに出来る方法があると期待される。次に、歪んだ Kaluza-Klein ブラックホールを用いた余剰次元の検証を議論する。具体的には、歪んだ Kaluza-Klein ブラックホールを、重力源の周りの時空に適用し、地球や太陽の周辺での物理現象の観測結果と比較することで、余剰次元サイズの見積もりを考える。最後に、様々な摂動に対する、歪んだ Kerr-Gödel ブラックホールの安定性を議論する。この研究により、どのブラックホール解が、高次元時空の議論に、より適しているかを、明らかにすることが出来る。

歪んだ Kaluza-Klein ブラックホールの内部構造 我々は、歪んだ S^3 の地平線を持つ、静的な帯電 Kaluza-Klein ブラックホール解を研究してきた。この解の漸近構造は、遠方において、4次元 Minkowski 時空上の非自明に捻られた S^1 バンドル構造である。この解は、質量と電荷と余剰次元サイズの3種類のパラメーターで特徴付けられる。

最近、我々は、曲率特異点の形状で特徴付けられる、2種類の、静的な歪んだ Kaluza-Klein ブラックホール解を得た。電荷の大きさが、空間的無限遠での S^1 ファイバーの大きさに関係した量より小さい場合、曲率特異点において、全空間は、1点に収束する。一方、電荷の大きさが、空間的無限遠での S^1 ファイバーの大きさに関係した量より大きい場合、曲率特異点において、全空間は、 S^1 ファイバー方向へ無限に引き伸ばされる。

これらの異なる2種類の曲率特異点の構造は、時空全体の構造に影響を与えられられる。そこで、我々は、これらの特異点を持つ歪んだ Kaluza-Klein ブラックホール時空内における、テスト粒子の運動を考え、それらの振る舞いと特異点の構造の間関係を議論する。更に、我々は、これらの議論を、他の歪んだ Kaluza-Klein ブラックホール時空の場合に拡張する。

歪んだ Kaluza-Klein ブラックホールを用いた余剰次元の検証 ブレーン宇宙モデルにおける興味深い問題の1つに、高次元時空内の物理現象に基づいた余剰次元サイズの検証がある。我々は、それらの内の1つである、Gravity Probe B 実験と水星の近日点移動に注目する。

ここで、Gravity Probe B 衛星は、時空の歪みに伴う geodetic 効果と地球の自転による frame dragging 効果を観測する。特に、我々は、geodetic 効果に注目する。なぜなら、geodetic 効果は、frame dragging 効果よりも顕著な効果であり、余剰次元の存在に伴う影響がより強く現れると期待されるからである。

我々は、静的な歪んだ Kaluza-Klein ブラックホール解を地球周辺の時空に適用し、Gravity Probe B 実験による geodetic 効果の観測結果から、余剰次元のサイズを見積もる。たとえ、Gravity Probe B の観測結果が、期待される精度で予測値と一致しても、その観測精度は、余剰次元サイズの上限を与える。更に、我々は、静的な歪んだ Kaluza-Klein ブラックホール解を太陽周辺の時空に適用し、水星の近日点移動の観測結果から余剰次元のサイズを見積もり、それを geodetic 効果から見積もられる余剰次元のサイズと比較する。

歪んだ Kerr-Gödel ブラックホールの安定性 最近、我々は、Chern-Simon 項を含む、5次元 Einstein-Maxwell 系を用いて、歪んだ Kerr-Gödel ブラックホール解を構成した [2]。この解は、回転している Gross-Perry-Sorkin (GPS) モノポール時空内にある、回転ブラックホールを表している。この回転 GPS モノポール時空は、至るところレギュラーで、球殻状のエルゴ領域を持っている。

そこで、回転 GPS モノポール時空の安定性を議論する為の第一歩として、massless スカラー場による摂動を考える。このような摂動に対する時空の安定性の議論では、超放射効果と、余剰次元方向の Kaluza-Klein 運動量による反射壁の出現が重要になる。また、我々は、回転 GPS モノポール時空のスカラー場摂動に対する、準固有振幅を議論する。更に、これらの議論を、2つの独立なエルゴ領域を持つ、歪んだ Kerr-Gödel ブラックホールの場合に拡張する。