

物質場と重力以外のゲージ場が高次元時空中の部分空間である膜に拘束されているという、ブレーン宇宙モデルに基づくと、時空が、サブミリメートル程度の空間的余剰次元を持つことが可能となる。もし、我々の宇宙が、そのようなブレーン宇宙ならば、重力のスケールと他のゲージ場のスケールが TeV スケールで統一されるので、大型粒子加速器を用いて、高次元のミニ・ブラックホールが生成できると期待される。

我々は、そのような高次元ブラックホールの性質を明らかにする第一歩として、5次元ブラックホールを考えた。5次元時空では、時空の4次元部分に対して漸近平坦性が要請される。一方、余剰次元を伴う時空全体の構造には、多様性が許される。そこで、我々は、様々な漸近構造を持つ5次元ブラックホール解を研究した。

歪んだ Kaluza-Klein ブラックホール 我々は、5次元 Einstein-Maxwell 系を用いて、歪んだ S^3 の地平線を2つ持ち、静的な、帯電 Kaluza-Klein ブラックホール解を構成した。このブラックホールは、その近傍において5次元的に振る舞い、その遠方は、コンパクトな余剰次元を伴う有効的に4次元な時空となっていた。そして、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ていた。地平線が1つになる場合、我々は、この Kaluza-Klein ブラックホール解を、Gibbons-Hawking 空間上の多体ブラックホール解に拡張できた。各々のブラックホールの地平線のトポロジーには、 S^3 だけでなく、それぞれ異なるレンズ空間 $L(n; 1) = S^3/\mathbb{Z}_n$ が許されることが分かった。また、我々は、5次元 Einstein-Maxwell-de Sitter 系を用いて、Gibbons-Hawking 空間上の多体ブラックホール解を構成した。この解は、単体の場合において、もはや静的ではなく、動的なブラックホールとなっていた。更に、我々は、Chern-Simons 項を含む、5次元 Einstein-Maxwell 系を用いて、それらのブラックホール解を、角運動量を持つブラックホール解に拡張した。

5次元ブラックホールの合体 5次元ブラックホール解は、4次元ブラックホール解に比べて、より多くの物理的な特徴を持つ。例えば、5次元ブラックホールの地平線のトポロジーには、 S^3 やレンズ空間 $L(n; 1) = S^3/\mathbb{Z}_n$ がある。それらの地平線のトポロジーの違いは、時空の漸近構造の違いと関係している。それらの違いを議論するために、我々は、Chern-Simons 項を含む、5次元 Einstein-Maxwell-de Sitter 系を用いて、新しい回転ブラックホール解を構成した。この解は、Eguchi-Hanson 空間上で、地平線トポロジー S^3 の2体の回転ブラックホールが合体して、地平線トポロジー S^3/\mathbb{Z}_2 (レンズ空間) の1体の回転ブラックホールに変化する過程を記述していた。そして、合体後のブラックホールの地平線面積は、角運動量に依存していることが分かった。我々は、このブラックホール解と、地平線トポロジーの変化を伴わない回転ブラックホールの合体を記述している Klemm-Sabra 解を比較した。その結果、これら2つの場合において、合体後の地平線面積に対する角運動量の依存性の違いは、高次元時空の漸近構造と関係していることが明らかになった。