

これまでの研究まとめ

近年、超弦理論によって高次元時空の存在が予言され、盛んに研究が行われている。特にブレーンワールドモデルでは大きな余剰次元の存在が許容されており、そのようなモデルにおいては高次元重力の理解が欠かせない。また超弦理論から同様に示唆されているAdS/CFT対応を理解する上でも重力の振る舞いの理解が必要である。LHCなどの高エネルギー粒子加速器においては、余剰次元が存在する場合にはマイクロブラックホールの生成可能性が示唆されており、典型的な重力現象である高次元ブラックホールの性質理解は余剰次元の性質を探る上で重要である。また高次元ブラックホールは4次元時空におけるよりも遥かに豊かな構造を持つ事が分かってきており、数学的にも魅力的な研究対象である。

5次元以上の時空においては4次元におけるブラックホールの唯一性が存在せず、これまで5次元時空においてはトーラス状の構造をもつブラックリングやブラックサターン、ブラックダイリングなど多様なホライズン形状を持つブラックホール解が発見されてきた。6次元以上においては球状ブラックホール以外の厳密解や系統的な解法は未発見であり、理解が進んでいない。一般に対称性の低い場合においてEinstein方程式を解くのは非常に困難なため、このような「ブラックオブジェクト」の解析には摂動近似や数値解法などの近似手法によって非球状解の存在を探ることが必要になってくる。

高次元における有力な摂動近似の一つがMatched Asymptotic Expansion (MAE)であり、ホライズンの形状が2つ（以上）の乖離した長さスケールを持つ場合に適用可能である。この手法により、Kaluza-Klein時空における(小さい)Cagedブラックホール解や高次元における(薄い)ブラックリング解などが構成されてきた。同様の極限における近似としてブラックオブジェクトを膜状の物体として有効的に扱うBlackfold近似がある。Blackfold近似では詳細な時空構造を知る事はできないが、近傍の時空構造は質量や角運動量などの遠方における観測量に有効的に繰り込まれ、物理量同士の有効的な釣り合い関係式(Blackfold方程式)を導く事ができる。真空においてはBlackfold方程式はMAEにおける近傍の時空が正則であるための条件と同値であることが示されており、第一原理的証明されている。

MAEはこれまで真空における重力理論において適用されてきたが、超弦理論においては自然に導入されるp-形式場やdilaton場などの古典場が存在する場合についての拡張はBlackfold方程式を用いた有効的な解析があるのみであり、MAEによる第一原理的な摂動解の構成は行われていない。そこで私はこれまでMaxwell場がある場合においてMAEを適用し、Kaluza-Klein時空における荷電Cagedブラックホール解を摂動的に構成することに成功した。