

研究成果

宝利 剛

私の研究の興味は超弦理論や超重力理論に関連するような重力理論です。そしてそのほとんどが高次元ブラックホールに集中しています。それらの理論が余剰次元の存在を示唆しており、重力をより幅広い高次元という枠組みで研究する動機を与えてくれることから、また AdS/CFT 対応など重力理論とゲージ理論の対応を用いた新たな研究手法の登場により、高次元ブラックホールが素粒子論と重力理論の懸け橋となるべく近年の主な研究主題となってきました。

高次元 Kerr-NUT-(A)dS 時空における Killing-Yano 対称性の解明

私は高次元 Kerr-NUT-(A)dS 時空の Killing-Yano 対称性について研究を行ってきました。Killing-Yano 対称性は基本的な隠れた対称性の一つとして研究されています。私は高次元 Kerr-NUT-(A)dS 時空の Killing-Yano 対称性について調べました。そしてそれらの時空において、測地線方程式や Klein-Gordon 方程式、Dirac 方程式が変数分離を起こすメカニズムを解明しました。より詳しくは、高次元 Kerr-NUT-(A)dS 時空に非縮退な 2 階の閉じた conformal Killing-Yano テンソル場 (primary CKY) が存在し、それが次元数と等しい数の独立かつ互いに交換する保存量を生成することで測地線方程式を可積分にしていること、また Klein-Gordon 方程式や Dirac 方程式に関しては、primary CKY から対称演算子 (symmetry operator) と呼ばれる微分演算子が生成され変数分離を起こしていることを証明しました。

2 階の閉じた conformal Killing-Yano テンソル場を許す時空の分類

その後、非縮退という条件を弱められることが分かり、一般の (縮退も含む) 2 階の閉じた conformal Killing-Yano (CKY) テンソル場を許す時空をその固有値によって分類することに成功しました。そしてさらに、そのような計量を具体的に与えました。与えられた計量は Kerr-NUT-(A)dS 時空をファイバーに持ち、任意個の Kähler-Einstein 多様体の直積空間を底空間とするファイバー束構造を持つことが分かります。この成果の帰結として、CKY テンソル場が非縮退である場合、許される時空が高次元 Kerr-NUT-(A)dS 時空唯一であることも示されます。つまり 4 次元の場合と同様、高次元 Kerr-NUT-(A)dS 時空が Killing-Yano 対称性によって完全に特徴づけられることを示しました。

Killing-Yano 対称性の拡張に関する研究

球的なトポロジーの事象の地平線を持った真空の高次元ブラックホール時空が Killing-Yano 対称性を用いて完全に特徴づけられたので、今度は物質場の存在する場合にこの対称性がどうなるのか調べました。とくに超重力理論の古典解として得られるブラックホール時空について調べました。Killing-Yano 対称性がそのようなブラックホール時空に存在しない一方で、それらの時空に対する測地線方程式や一部の場の方程式が変数分離を起こします。超重力理論には 3-形式のフラックスが現れるので、Killing-Yano 対称性を超重力理論へ適用させるため、3-形式の捩率を含む Killing-Yano 対称性の拡張を考えました。私はまず、任意の 3-形式を捩率として含む時空の場合、捩率に関するアノマリーが現れ、場の方程式の変数分離性が壊れてしまうことを示しました。そして具体例として、超重力理論における高次元ブラックホールを調べました。その結果、超重力理論の場合、捩率が 3-form フラックスと同一視されているためアノマリーが消え、変数分離性が回復することを示しました。