これまでの研究のまとめ

高次元において、ブラックホール解は４次元におけるよりも遥かに豊富な構造を持つ事がわかっているが、その理解は解析の困難さから進んでいないのが現状である。申請者はこれまで高次元時空における重力の性質を理解するため、解析的アプローチを用いて高次元ブラックホール解を研究した。

重力の高次元極限の研究

次元数 D が十分大きいとする近似(高次元極限) を用いて申請者はこれまで高次元ブラックホールの安定性や形状についての理論的研究を行った。

・高次元ブラックホールの線形ダイナミクスの研究

高次元ブラックホールの線形安定性については、摂動方程式が解析的に解けない為に、数値解析による研究が行われてきた。申請者は共同研究者と共に高次元極限を取る事で、様々な形状の高次元ブラックホールの線形安定性を逆次元数（1/D)による展開という解析的手法で調べた。特に、

・ブラックストリングのGregory-Laflamme不安定性
・高次元回転ブラックホール（Myers-Perryブラックホール）の不安定性
・(A)dSブラックホールの準固有振動

について研究し、逆次元数展開による解析的な表式を得た。この展開は、一般に次元が低い場合には破綻してしまうが、高次までの補正を考慮することにより、10次元などある程度現実的な場合においても数値解析と矛盾しない結果が得られている。

・高次元極限におけるブラックホールダイナミクスの研究

非線形なEinstein方程式そのものについても高次元極限によって取り扱いが単純化されることが分かった。特に、高次元極限においてブラックホールホライズンから離れる方向(動径方向）への勾配が支配的となり、逆次元数展開における第0次方程式は動径方向のみについての常微分方程式に帰着する。残りのホライズンに沿った方向については拘束条件を解く事によって決定されるが、これにより、Einstein方程式が座標依存性の一つ少ない有効方程式に帰着するため、対称性の低い時空の解析が容易になる。すなわち、高次元極限においてはブラックホールホライズンは有効的な運動方程式に従う仮想的な膜（メンブレン）として振る舞う。

これまで、申請者は共同研究者とともに有効方程式を解くことで、

・非一様ブラックストリング
・非一様回転ブラックホール
・局在したAdSブラックホール解

などの非一様解について、数値計算を用いない(用いても常微分方程式を解く程度)解析的な表示を得る事ができた。特に、非一様ブラックストリングにおける臨界次元の存在を解析的に示した。

さらに有効方程式の時間発展を解くことで非一様ブラックストリングの高次元極限における動的安定性を示すことができた。