これまでの研究成果

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。時空の対称性の低い場合において、解を直接求めることは困難であるため、解析にはなんらかの近似手法を必要とする。申請者は高次元近似を用いた研究を行った。

<u>重力の高次元極限の研究</u>

次元数 D が十分大きいとする近似(高次元極限、高次元近似) 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。

<u>・高次元ブラックホールのダイナミクスの研究</u>

高次元極限においてはブラックホールホライズンのダイナミクスの記述が単純化され、解析的ないしは準解析的な取り扱いが可能になる。以下の研究を行なった。

【高次元ブラックホールの線形安定性】

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、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次元時空のような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。

【高次元有効理論】

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、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。また、非一様ブラックストリングが高次元極限における一様ブラックストリングの不安定性の終状態であることを示した。

<u>・高次元極限におけるブラックホールホライズンの位相転移</u>

高次元時空では解空間上、いくつかの時空位相の異なるブラックホール解同士が合流すると考えられているが、合流点上では時空が特異になることが予想され、解析は困難であった。さらにホライズンの変動が大きいため上記の高次元有効理論が適用できなかったが、従来とは異なるスケール仮定を置くことで、高次元極限における位相転移の様子がリッチフロー方程式を用いて記述されることがわかった。特にコンパクト化時空中のブラックストリングと局所ブラックホール解の転移について既知のリッチフロー解(King-Rosenau解)を用いた解析的な記述を得た。