

## これまでの研究成果のまとめ

柳 哲文

重力場を含めた全ての基本的な力を統一する理論の候補として宇宙の時空次元が4次元よりも高いモデルが盛んに研究されている。このような高次元理論は有効な時空次元を4次元にまで削減する機構を必要とする。ブレーン宇宙モデルはその次元削減の注目すべきアイデアの一つである。このモデルでは通常物質場やゲージ場は高次元時空中の境界に束縛され、重力場だけが自由に余剰次元へ伝播できる。

いくつかのブレーン宇宙モデルにおいて、the CERN Large Hadron Collider 等の高エネルギー加速器や高エネルギー宇宙線の衝突によって小さなブラックホールが形成される可能性が示唆されている。ブラックホールのような強い重力場による物理現象を理解しようとする際その形成条件はとても重要な役割をする。

最近になって共同研究者である井田、中尾氏らによって次のような  $D$  次元時空におけるブラックホールの形成条件に対する予想（ハイパーフープ予想）が提唱された。“ホライズンを伴うブラックホールが形成されるのは質量  $M$  のサイズが十分小さくなり、その全ての方向に対する  $(D - 3)$  次元面積  $V_{D-3}$  が

$$V_{D-3} \lesssim G_D M, \quad (1)$$

を満たす場合であり、このときは必ずホライズンを伴うブラックホールが形成される。”、ここで  $G_D$  は  $D$  次元重力理論の重力定数、 $(D - 3)$  次元面積とは空間超曲面中の閉じた  $(D - 3)$  次元部分多様体（ハイパーフープ）の体積である。

そこで我々は5次元時空における不等式(1)の必要性と十分性について検証を行った。4次元一様回転楕円体のある4次元の空間的初期超曲面を考えその初期データを解析し、ハイパーフープ予想と無矛盾な結果を得た。また回転楕円体が無限に細い場合の解析から5次元時空におけるスピンドル重力崩壊によって裸の特異点が形成されることを示唆する重要な結果を得た。ここで裸の特異点とは事象の地平線によって覆われていない特異点を言う。