

別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主論文の要旨

論文題目

Two critical behaviors in Einstein-scalar field theory with double-well potential

(重力と相互作用する二重井戸型ポテンシャルを持つスカラー場の2種類の臨界現象の研究)

氏名 池田 大志

論文内容の要旨

自然はしばしば複雑な振る舞いを伴う非線形方程式によって記述される。そのため、それらの系を理解するためにそれらの系が持つ普遍的な振る舞いに注目し解析することは重要である。臨界現象は非線形方程式にしばしば現れる普遍的な振る舞いの一つであり、非線形方程式の位相空間の異なる二つの相の間に現れる。重力を伴う臨界現象の典型的な例が重力崩壊の臨界現象である。系のブラックホールが形成されるパラメータ領域と形成されないパラメータ領域を持つ1パラメータで特徴づけられる初期値の族に対して、ブラックホール形成の閾値付近の時間発展が初期値の族の選び方に依存しない普遍的な振る舞いを示す。特に形成されるブラックホール質量はスケール則に従い、そのスケール則の冪は初期値の族の選び方に依存しない普遍的な値となる。これらの普遍的な振る舞いを重力崩壊の臨界現象と呼ぶ。このような臨界現象は重力系だけでなく、準安定な状態が占めるような重力が関与しない系においても現れる。臨界現象の普遍的な振る舞いは、系の位相空間の構造を反映していることが知られている。

この研究の目的は、臨界現象を通して、二重井戸型ポテンシャルを持ち重力と相互作用するスカラー場の系の非自明な位相空間の構造を明らかにすることである。二重井戸型ポテンシャルを持つスカラー場は初期宇宙に存在した可能性があり、様々な観点から宇宙における役割が調べられている。また、非線形重力相互作用に加えてスカラー場の非線形な自己相互作用を持つため非常に豊富な準安定相が存在し、臨界現象の研究対象としても興味深い。

申請者はまず、2つの真空領域を隔てる球対称ドメインウォールの重力崩壊を解析し、重力崩壊の臨界現象におけるスカラー場の非線形ポテンシャルの影響を調べた。その結果、扱ったパラメータ範囲においては、無質量スカラー場の場合と同様の臨界現象が現れることを明らかにした。形成されるブラックホールのスケール則の冪も同様の値をとる。

申請者はさらにこの系におけるオスシロンと呼ばれる準安定な解の臨界現象を解析した。二重井戸型ポテンシャルを持つスカラー場は重力が無視できる状況におい

でも長時間にわたって振動を繰り返しながら局在するオスシロン解が存在する。オスシロンは宇宙初期におけるインフレーション後の再加熱時に生成された可能性があり、その観測可能性を議論する上で基本的な性質を理解することは重要である。オスシロン解のふるまいは複数の相に分類でき、それらの境界において寿命が対数的な発散を示すことが知られている。また、その振る舞いを特徴付ける時間スケールは初期値の詳細に依らない普遍的な値をとる。申請者は重力が比較的弱い場合にオスシロン解を数値的に構成し、その性質及び臨界現象に対する重力の影響を調べた。その結果、重力の効果によって閾値付近の寿命の振る舞いに新たな周期的な変調が現れ、これまで知られていないタイプの臨界現象になることを示した。