

今後の研究計画

数値計算によるソリトン星の安定性

重力場とボソン場の結合系において、ボソン星と呼ばれるソリトン解が知られている。ボソン星は現在まで観測されてはいないが、ダークマターや巨大ブラックホールの種の候補となり得る興味深い異種星である。応募者はこれまで研究を行ってきた、ノントポロジカルソリトンが現れるような、スカラー場とゲージ場のモデルに重力場を考慮することによって得られるボソン星、すなわちソリトン星に着目していく。

ソリトン星の安定性についてはいくつかの観点から議論される。第一にはエネルギー安定性の議論を行うことである。ソリトン星はボース粒子の集まりとして解釈することが出来るので、ボース粒子が束縛状態となるソリトン星のエネルギーと、それと同数の自由なボース粒子のエネルギーを比較することで、ソリトン星が自由なボース粒子へと分裂しないための条件を与えることが出来る。しかし、安定性の議論はこれだけでは不十分であるため、他の観点の安定性も議論していく。

次の観点は、線型安定性の議論である。これは、ソリトン星を構成している古典場の線型摂動についての線型方程式を解くことで議論を行うことが出来る。この摂動のエネルギー固有値の正負によって安定性が特徴づけられる。ボソン星の理論において特に重要となる、最大質量付近の安定性を解析していく。

さらに、非線形な摂動に対する安定性を調べるために数値シミュレーションによって時間発展を調べる。アインシュタイン方程式の時間発展を行うためには、4次元時空を時間部分と空間部分に分け、空間の計量を時間発展させていく、という方法がとられる。この方法により、ソリトン星がブラックホールへと崩壊していく過程を調べる。

ハイブリッドソリトン

これまで、応募者が考えてきた解はノントポロジカルソリトンと呼ばれるタイプの古典解であったが、本研究の理論では対称性の自発的破れが起こり、その結果として”宇宙紐”と呼ばれるトポロジカルソリトンもまた構成出来る。このことより、宇宙紐とノントポロジカルソリトンの性質を同時に有するような、ハイブリッドソリトン解を新たに構成することが出来る。このハイブリッドソリトンは、通常考えられているノントポロジカルソリトンやトポロジカルソリトンのモデルでは構成することが出来ない、本研究特有の解である。本研究では、このハイブリッドソリトンの性質や安定性について議論を行い、相対論や宇宙論への適用を考えていく。