

学位申請論文公開講演会

日時： 2017年1月31日（火） 8:30～

申請者： 桂川大志（QG研）

場所： 物理会議室（C207）

題目： Study on Dark Matter Candidate in $F(R)$ Gravity Theory

（ $F(R)$ 重力理論における暗黒物質候補の研究）

主論文の要旨

我々の宇宙には、電磁気力、弱い力、強い力、そして重力の4つの力があることが知られている。これらのうち先の3つの力は、場の量子論に基づく素粒子標準模型によって、重力は、一般相対性理論によって記述される。素粒子標準模型と一般相対性理論は、数多くの実験・観測によって確立した模型・理論である一方、暗黒エネルギーと暗黒物質という2つの未解決問題が知られている。

暗黒エネルギーとは、現在の宇宙の加速膨張を引き起こす未知のエネルギーである。この暗黒エネルギーを説明するため、修正重力理論と呼ばれる重力理論の研究が行われてきた。修正重力理論とは、一般相対性理論を修正・拡張した重力理論であり、この修正に伴って、新たな力学的自由度が現れる。この新たな自由度を用いることで、宇宙の加速膨張を説明することができ、暗黒エネルギーを説明することができる。申請者は、重力理論の修正によって生じる新たな場の自由度が、暗黒エネルギーだけでなく暗黒物質も説明する可能性について研究を行った。

申請者は、修正重力理論の1つである $F(R)$ 重力理論と呼ばれる重力理論に着目した。 $F(R)$ 重力理論においては、新たにスカラー場の自由度が現れ、このスカラー場の質量が小さい場合には、宇宙の加速膨張を説明できることが知られている。 $F(R)$ 重力理論が持つ特徴として、カメレオン機構と呼ばれる性質があげられる。宇宙の加速膨張を説明するために導入されるスカラー場の自由度は、一般に、重力相互作用の変更をもたらすが、太陽系内の観測結果からは、そのような重力の変更が強く制限されている。この観測的制限を回避するのが、カメレオン機構である。銀河間のようにほとんど何もない領域では、スカラー場は軽いままだが、重力の強いところや、物質が存在するところでは、スカラー場は重くなり伝搬しなくなる。その結果、太陽系内での制限を満たしながら、宇宙の加速膨張を説明することが可能となる。

$F(R)$ 重力理論で現れるスカラー場の自由度を量子化することで、新たなスカラー粒子が現れる。このスカラー粒子の相互作用は、重力に由来するため極めて弱く、また、カメレオン機構により重くなることで、暗黒物質の候補となりうる。真に暗黒物質の候補となるかを明らかにするため、申請者はまず、スカラー粒子と標準模型粒子との相互作用を明らかにした。また、スカラー粒子から標準模型粒子への崩壊を、場の量子論に基づき計算することで、スカラー粒子の寿命を導いた。そして、このスカラー粒子が暗黒物質となるために十分な寿命を持つための条件から、 $F(R)$ 重力理論の模型の1つであるスタロビンスキー模型に対し、パラメータへの制限を導いた。

暗黒物質の候補となるかを明らかにするためには、スカラー粒子の寿命による制限だけでは不十分である。そこで、より精密な制限を与えるために、申請者は、初期宇宙の熱史におけるスカラー粒子の生成機構についても考慮し、現在の宇宙における残存密度を評価するための手法を考察した。