

インフレーションや宇宙の再加熱に関連する観測量を通して、インフラトンとその他の粒子(標準理論の粒子など)がどのような結合をしているのかを明らかにし、再加熱機構やインフレーション機構、標準理論といった物質場の理論への示唆を与えることを目標とする。また、双計量理論が太陽系実験と整合的であるかも議論したい。

(I) ボソンとフェルミオンの一般的な相互作用 初期宇宙インフレーション後に起こると考えられている宇宙の再加熱で、実際にどのように粒子生成が起きるかを知るためには、インフレーションを引き起こすスカラー場インフラトンと、フェルミオンを含む標準理論の粒子とがどのような相互作用をしているのかを知る必要があるが、現時点では明らかではない。そのような問題にアプローチする方法として、ボソン(スカラー場)とフェルミオン(標準粒子)の相互作用として一般にどのようなものが許されるのかを明らかにするという方向性が考えられる。相互作用として許されるためには、ゴースト不安定性を生じない、ゲージ対称性を壊さないなどの幾つかの要請が課せられるであろう。我々の最初の目標は、ゴースト不安定性(厳密には Ostrogradsky-type のゴースト)を生じないボソン-フェルミオン系の一般の作用を探ることである。また、標準粒子とインフラトンとの相互作用のモデルを構築すれば、標準粒子のループ補正がインフラトンのダイナミクスに与える影響を Non-Gaussianity などの観測量で検証でき、どのような相互作用が観測的に支持されるかを議論できる可能性がある。もちろん宇宙論に適用するには、重力を含める必要があるため、重カ-ボソン-フェルミオン系への拡張も行いたい。重カ-フェルミオン系の構築は、新たな暗黒物質モデルを与え得るという意味でも興味深い。

このような背景の下、まず複数ボソンと複数フェルミオンの系の一般理論の構築を目指す。スカラー場の一般理論は今までによく研究されており、Ostrogradsky ゴースト不安定性を生じる高階微分項が運動方程式に現れないという原理で構成されている。我々は、フェルミオンの古典対応と考えられるグラスマン変数を用いて、まずは場の理論ではなく point-particle として、ボソンとフェルミオンの時間の一階微分までを含む系にゴーストが現れない条件を導いた。今後は、ボソンの場合の高階微分に相当するフェルミオンの二階微分以上を含む系の構成と、場の理論に適用できるよう共変化に取り組みたい。

(II) 双計量理論の太陽系実験との整合性 計量同士の相互作用の結合定数がインフレーション終了時のエネルギースケールより小さいと、インフレーション後に不安定性が生じることが知られている。それを避けるために結合定数を大きく取ると、単純にはそれに伴い重力子の質量も大きくなってしまふ。そのため、低エネルギーで重力則を変更するには、モデルパラメータを選んで重力子の質量を小さく取る必要がある。一方、双計量理論のようにスカラー力が存在する理論では、太陽系実験との整合性から、太陽系内でスカラー力を遮蔽する機構が必要となる。その有力候補が、短スケールに対し物質との結合定数が有効的に小さくなることでスカラー力を遮蔽する Vainshtein 機構である。上で述べたような、計量同士の結合定数と重力子の質量に階層性が生じている状況で、この機構が十分にはたらくのかを調べ、宇宙論的に要請される安定性の要件と太陽系実験による制限が両立しうるかを議論したい。