

今後の研究計画

(1) インフラトン-フェルミオン相互作用の宇宙背景放射による検証... これまでの研究成果[2]で発表した内容は、“宇宙背景放射や初期宇宙由来の重力波により物質理論を探求する”という目標を達成するための基礎となる部分であるが、簡単のため、物質理論として有力な標準模型の対称性を考慮していなかった。我々は、これまでに開発した相互作用の構成手法を用いて、対称性を取り入れたボソン-フェルミオン相互作用の拡張を行い、以下の様な観測との比較による検証を計画している。

宇宙初期に生成されたインフラトンの密度ゆらぎが、現在、ほぼ一様な宇宙背景放射のわずかなゆらぎとして観測されている。そのゆらぎは観測的にはガウス分布と無矛盾である一方、インフラトンと物質との相互作用が強い理論では非ガウスのなゆらぎが生じる可能性が指摘されている。我々は、提案するボソンとフェルミオンの拡張された相互作用をインフラトンと物質の相互作用モデルとして用いて宇宙背景放射のゆらぎの3点相関を計算し、非ガウスゆらぎに対する観測的制限との比較を行う。それにより、宇宙背景放射観測と整合的なインフラトン-標準模型粒子相互作用を明らかにする。

(2) 拡張された相互作用が粒子生成過程に与える影響の評価と初期宇宙由来の重力波による検証... ボソンとフェルミオンとの相互作用として、ボソンである重力と標準模型粒子のフェルミオンとの相互作用の拡張も考えられる。通常は重力とフェルミオンの間は最小結合のみを考えており、一般にフェルミオンがどのように重力と結合できるのかは知られていない。インフラトンが物質粒子に崩壊する際、最小結合のみであると“重力相互作用を経由した粒子生成(重力的粒子生成)”はインフラトンからの直接的な粒子生成に比べ小さい。しかし、重力とフェルミオンの新たな相互作用があるとそれが重力的粒子生成に寄与し、粒子生成過程を変える可能性がある。粒子生成過程が変わると、インフラトンが崩壊して生成された物質粒子のエネルギー密度が支配的となる際、空間の時間発展が変更を受ける。宇宙初期に生成された重力波のスペクトルには、空間の時間発展により特定のスケールで折れ曲がるなどの特徴が現れる。

我々は、重力-フェルミオン相互作用を拡張し、その新たな相互作用及び(1)で構成したインフラトン-フェルミオン相互作用を取り入れた粒子生成過程を計算する。その結果を旧来のモデルと比較して、微分相互作用を取り入れたことによる、インフラトンから物質場へのエネルギー移行効率や粒子生成期の継続時間、粒子生成期における宇宙の温度の違いを明らかにする。更に、空間の時間発展によって変形を受けた現在の重力波のスペクトルを求め、現在計画が進行中の観測機器 LISA や DECIGO による初期宇宙由来の重力波の将来的な観測との比較による検証を目指す。

(3) 曲率が最大値を持つ $f(R)$ 重力理論による膨張宇宙シナリオの提案... 宇宙は基本的には常に膨張してきたと考えられており、そのことから宇宙が1点から始まったことが示唆される。しかし、時間を過去へ遡っていったとき、1点に潰れた時点で重力場の強さを表す曲率は無限大となり、既知の理論が記述する物理法則は破綻してしまう。宇宙が始まった後ある時点以降を記述できるが、それ以前は理解できないという理論の欠点を回避するために、しばしば“曲率が最大値を持ち、それ以上大きくならない重力理論”が考えられてきた。

これまで曲率が最大値を持ついくつかのモデルについて解析が行われてきたが、モデルを具体的に仮定せずに曲率が最大値を持つ理論の普遍的な性質を明らかにし、一般相対論に代わる重力理論となりうるかを理解したい。我々は、未発表だが、曲率が最大値を持つ理論において真空解を考え、インフラトンがなくても宇宙初期に加速膨張が実現し最終的に現在の加速膨張に至る解が普遍的に存在することを明らかにした。今後、物質を含めた膨張宇宙解の構成と解の安定性解析を行い、宇宙初期と現在の加速膨張期との間に存在する放射優勢期や物質優勢期を含む“曲率が最大値を持つ理論の宇宙膨張史”を解明する。