

## 学位論文の審査結果の要旨

宇宙の進化の過程はビッグバン理論に基づいてよく説明されている。ここで、ビッグバンとは宇宙初期の極めて高温・高密度の状態のことである。ビッグバンが存在したという仮定の下でアインシュタイン方程式に基づく時空の発展、素粒子物理学および原子核物理学に基づく物質の進化を記述するのがビッグバン理論である。「宇宙膨張（ハッブルの法則）」、「宇宙マイクロ波背景放射（3K電磁波）」、「軽元素の存在比」の観測結果から、ビッグバンの存在は疑いようがなく、ビッグバン理論は宇宙の標準理論として確立している。ただし、この理論には「平坦性問題」や「地平線問題」などいくつかの謎が存在する。

ビッグバン理論の謎を解決する有力候補はインフレーションモデルである。ここで、インフレーションとは宇宙初期に起こったと考えられる宇宙の急激な加速膨張のことである。インフレーションは「インフラトン」とよばれるスカラー粒子が（インフラトンポテンシャルとよばれる）ポテンシャルの最小値に向かってゆっくりころがる間に起こる。インフラトンがポテンシャルの最小値に近づくときインフレーションが終了し、最小値の近辺で振動し、やがてそのエネルギーが解放されてビッグバンの状態に移行する。このようにして、インフレーションはビッグバン理論の起源になる。さらにインフレーションモデルでは宇宙初期に存在する量子揺らぎが加速膨張により一気に引き延ばされ、宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎや宇宙の大規模構造の種になる。このようにして、インフレーションはビッグバン理論にボーナスを与えている。

現時点でインフラトンの正体が不明でインフラトンポテンシャルの形に任意性がある（スカラー粒子のポテンシャルを制御する原理が乏しい）ため、非常に多くのモデルが提案されている。近年の宇宙観測の精度が向上したため、モデルの選別が可能になったが、依然多くのモデルが生き残っている。このようなモデルの多くは観測結果をうまく再現するが、次のような問題点を抱えている。

- ・インフラトンの正体・起源が不明である。
- ・インフラトンポテンシャルが量子補正の下で不安定である。
- ・観測値を説明するためにポテンシャルに含まれるパラメータの間で微調整が必要である。

阿部君は学位論文において上記の問題を解決するインフレーションモデルの構築を目指した。具体的には、ゲージ場と複数のフェルミオンを含む5次元重力理論に基づいて、上記の問題点の解決に挑み、次のような興味深い特徴を有するモデルを構築した。

- ① ゲージ場の余剰次元成分がインフラトンの役割を果たす。
- ② インフラトンポテンシャルは量子補正により得られ、その安定性は高次元のゲージ対称性や一般座標変換不変性により保証される。また、インフラトンが有限な値を持つようなエネルギー最小の地点が存在する。
- ③ 観測値を再現するような不自然ではないパラメータ領域が存在する。

これらの成果は2編の審査付発表論文（下記公表主要論文名参照）としてすでに出版されている。さらに、国内外での学会発表等も多数行っている。学位論文にはインフレーション

ヨシモデルや高次元時空の理論に関するわかりやすい解説や審査付発表論文には紙面の関係上掲載できなかった解析に関する詳細な記述も含まれている。これら様々な要素を総合して、学位論文に値し「合格」と判断した。

#### 公表主要論文名

- **Yugo Abe**, Takeo Inami, Yoshiharu Kawamura, Yoji Koyama, “Radion stabilization in the presence of a Wilson line phase”, Progress of Theoretical Experimental Physics, **2014**, 073B04 (10 pages) DOI:10.1093/ptep/ptu097.
- **Yugo Abe**, Takeo Inami, Yoshiharu Kawamura, Yoji Koyama, “Inflation from radion gauge-Higgs potential at Planck scale”, Progress of Theoretical Experimental Physics, **2015**, 093B03 (10 pages) DOI:10.1093/ptep/ptv110.