

Restoration of Lorentz Symmetry for $z=2$, $d=3+1$ Lifshitz-Type Scalar Model

大阪大学 理学研究科 素粒子論研究室 菊地 健吾

E-mail: kikuchi@het.phys.sci.osaka-u.ac.jp

リフシツ型理論は紫外領域での収束性が良いという利点を持つ一方で、ローレンツ対称性を破るという問題点がある。本研究では、厳密繰り込み群の1つである Wegner-Houghton 方程式を用いて、 $z=2$, $d=3+1$ 実スカラー場リフシツ型理論モデルを解析した。その結果このモデルが、赤外領域でローレンツ対称性を回復することを示した。これは4次元時空での ϕ^4 スカラー場の理論のトリビアリティ問題の解決に繋がる結果である。

リフシツ型理論 [1, 2] とは、リフシツ固定点と呼ばれる紫外固定点上で、作用の運動項の空間 2 回微分を空間 $2z$ 回微分に置き換えた、時間と空間に異方性がある理論である。ここで z は時間と空間の異方性の度合いを表すパラメータである。プロパゲータの分母に空間の高次項を入れているので、その結果、摂動論の紫外領域における収束性が良くなるという利点がある。一方で、その領域でローレンツ対称性が破れているという問題点もある。この理論が素粒子論に応用できる物理的な理論であるには、低エネルギーでローレンツ対称性が回復する必要がある。

厳密繰り込み群の方法 [3] を用いれば、紫外領域で定義されたリフシツ型理論が、赤外領域の理論とどのように関係しているのか、理論空間の振る舞いを通して非摂動的に調べることができる。すなわちこの解析により、実際にこの理論が低エネルギーでローレンツ対称性を回復するのかどうか、直接的に調べることができる。

本研究では、厳密繰り込み群方程式の1つである Wegner-Houghton 方程式 [4] を、時空間が非対称なリフシツ型理論にも用いることができるように拡張した。特にカットオフの形状について、通常は時空間が対称な球状のカットオフを用いるのに対し、本研究では、時間方向は独立に全エネルギーを積分して、空間方向は円状に積分するような、円筒状のカットオフを用いている。

この拡張された厳密繰り込み群方程式を用いて、具体的に $z=2$, $d=3+1$ 実スカラー場リフシツ型モデルを数値解析した。その結果、この4次元時空のリフシツ型モデルが、赤外領域でローレンツ対称性が回復し、かつ UV コンプリートな理論であることを示した [5]。これは4次元時空での ϕ^4 スカラー場の理論のトリビアリティ問題の解決に繋がる結果である。

References

- [1] E. M. Lifshitz, “On the theory of second-order phase transitions I, II,” *Zh. Eksp. Theo. Fiz.* **11** (1941) 255 and 269.
- [2] P. Horava, “Quantum Gravity at a Lifshitz Point,” *Phys. Rev.* **D79** (2009) 084008, arXiv:0901.3775 [hep-th].

- [3] K. G. Wilson and J. B. Kogut, “The Renormalization group and the epsilon expansion,”
Phys. Rept. **12** (1974) 75–200.
- [4] F. J. Wegner and A. Houghton, “Renormalization group equation for critical phenomena,”
Phys. Rev. **A8** (1973) 401–412.
- [5] K. Kikuchi, “Restoration of Lorentz Symmetry for Lifshitz Type Scalar Theory,”
Prog.Theor.Phys. **127** (2012) 409–431, [arXiv:1111.6075](https://arxiv.org/abs/1111.6075) [hep-th].