

de Sitter 空間上の微分結合 QFT における赤外効果¹

総合研究大学院大学 北本浩之

E-mail: kitamoto@post.kek.jp

我々の宇宙は宇宙初期と現在において近似的には指数関数的に膨張していると考えられており、この時空上での量子効果を扱うには de Sitter(dS) 空間上の場の理論の理解が必要である。

dS 空間上の場の理論では、ホライズン外部からの寄与がスケール不変性を破り、massless, minimal coupling の場の相関関数に時間依存性を与える。各物理量への量子補正は相関関数を通して時間依存性を持ち得り、これを dS 空間上の場の理論における赤外効果と呼ぶ。特に [1] で指摘されたように、宇宙定数への赤外効果は宇宙定数問題を考える上で興味深い。

相互作用の摂動に現れる時間依存性は時間経過とともに増大するものであり、十分な時間が経過すると摂動論が破綻することを意味する。相互作用に微分結合を含まない模型については各次数での leading な寄与を足し上げ、非摂動的に赤外効果を扱う処方知られている [2,3]。

一方、一般の相互作用に微分結合を含む模型での赤外効果を非摂動的に扱う処方は未だ知られていない。これは特に重力場を含む模型において必要とされる。重力場は massless, minimal coupling のモードを含み、相互作用に微分結合を持つためである。

我々は相互作用に微分結合を含む模型として非線形シグマ模型、非線形な運動項を持つ模型を採用し、その赤外効果を調べた。非線形シグマ模型を採用した理由は、その対称性から massless, minimal coupling の場で構成され、また target space が S_N 上であればラージ N 極限で厳密に解くことができ、非摂動効果を容易に評価できるためである。

非線形シグマ模型の摂動の 1 次では、結合定数への赤外効果は時間依存性を持つ一方で、宇宙定数への赤外効果は各ダイアグラムについては時間依存性を持つが、その総和は打ち消し合って時間依存性を持たない。この赤外効果の打ち消しは S_N 上のラージ N 極限で非摂動的にも起こっていることが確かめられる [4]。さらに S_N 上に限らず、任意の target space 上でも各次数で leading な赤外効果が打ち消されることが Feynman ダイアグラムを用いた議論によって示せる [5]。

上記の赤外効果の打ち消しは非線形シグマ模型としての特徴であり、一般の相互作用に微分結合を含む模型については成り立たない。事実、非線形な運動項を持つ模型では宇宙定数への leading な赤外効果は打ち消されずに残る。これは作用において線形項と非線形項の計量依存性が異なるためである [5]。

今後の課題としては重力場からの赤外効果が挙げられる。重力場はスカラー場とは異なりゲージ自由度を持つため、ゲージ不変な物理量に赤外効果が寄与し得るかという問題は重要になる。

[1] N. C. Tsamis and R. P. Woodard, Nucl. Phys. B **474**, 235 (1996).

[2] A. A. Starobinsky and J. Yokoyama, Phys. Rev. D **50**, 6357 (1994).

[3] N. C. Tsamis and R. P. Woodard, Nucl. Phys. B **724**, 295 (2005).

[4] H. Kitamoto and Y. Kitazawa, Phys. Rev. D **83**, 104043 (2011).

[5] H. Kitamoto and Y. Kitazawa, to appear.

¹ 北澤良久氏 (KEK) との共同研究に基づく