Yang-Mills 理論での BRS 対称性と両立する OPE 非摂動補正*

千葉大自然　村上武晴

従来, 閉じ込めなどの非可換ゲージ理論の非摂動的研究には, BRS 不変性を保っていないものが多かった.

この理由は, 簡単でゲージ不変なオーダーパラメタが無かったことが一因である. 基礎的なゲージ不変量の候補として Wilson loop や, $F_{\mu\nu}F^{\mu\nu}$ があるが, Wilson loop は解析的に値を求めるには複雑すぎ, $F_{\mu\nu}F^{\mu\nu}$ 凝縮は, 質量次元 4 を持っているために, その値を次元 2 の string tension に対応させることが単純にはできない.

このため, Schwinger Dyson 方程式などによって次元 2 の量である propagator を直接扱い, その form factor や effective coupling から閉じ込めを説明するという研究が成されてきたが, このような方法で BRS 不変性を完全に維持することはほぼ不可能だった.

近年, Zakharov らによって, gluon ペア A^2 のある部分が物理的な意味を持つという指摘 [1] がされている. また, 我々は gluon ペア A^2 や ghost ペア $\bar{C}C$ の凝縮を特定の組み合わせ $\mathcal{O}$ で空間平均することにより, ここから BRS 不変な部分を抜き出し, 閉じ込めを始めとする Yang-Mills 理論の非摂動現象を調べられることを主張している. [2][3]

$$\mathcal{O} := \int d^4x \left[\frac{1}{2}\mathcal{A}_\mu \cdot \mathcal{A}_\mu + i\alpha\bar{\mathcal{C}} \cdot \mathcal{C}\right]$$

この BRS 不変な凝縮が propagator に与える補正を OPE によって求めることにより, 従来のゲージ依存した研究の, どの部分が BRS 不変な意味を持っているか調べることができ, 凝縮の値を実際に求める方法と併せて用いれば, 完全に BRS 不変な形での非摂動解析ができる.

また, これらの凝縮によって OPE 補正を受けた propagator は, 凝縮の中に低エネルギー域の情報を含み, もはや単純な loop 展開の係数とは言えないため, 完全に full に扱わなければ Slavnov Taylor 恒等式を満たすことが保証されないが, 特定のくりこみ条件下では, OPE 補正の部分が各演算子の係数ごとに独立に全ての Slavnov Taylor 恒等式を満たすことを示せる.

これらの性質を持った 2 次の演算子に着目し, 我々は 非摂動くりこみ群や effective potential を用いての研究を行っている.

References

[1] F. V. Gubarev and V. I. Zakharov, hep-ph/0010096.

[2] K.-I. Kondo, Phys. Lett. B 514 (2001) 335.

[3] K.-I. Kondo, T. Murakami, T. Shinohara and T. Imai, hep-th/0111256, Phys. Rev. D **65** (2002) 085034

* この研究は近藤慶一氏 (千葉大理)、加藤浩氏 (千葉大理)、篠原徹氏 (千葉大自然)、今井崇人氏 (千葉大自然)、との共同研究に基づいている。