

今後の研究計画

鈴木 光世

これまで応募者は素粒子物理学、特に超対称理論とグラディエントフローに関する理論的な研究を行なってきた。この研究は、グラディエントフローのくりこみ性・拡散構造・対称性を通して、物理量のくりこみや数値計算、弦理論やAdS/CFT対応（ゲージ/重力対応）など様々なテーマに密接に関わる。別紙記載のこれまでの研究をさらに進めるのみならず、以下に記すような多方面への研究にも取り組んでいきたい。

超対称QCDにおけるフロー理論の追究

これまでの研究として、 $\mathcal{N} = 1$ 超対称QCDに対する超対称なグラディエントフローの摂動論と発散構造について調べてきた[1]。しかしながら、あくまでも2点相関関数の紫外有限性を摂動の1次レベルで確認したに過ぎない。Yang-Mills理論の場合、グラディエントフローの紫外有限性は任意の局所積について摂動の全次数で証明されている。[1]の結果に対しても同様の証明を与える。また、Wess-Zuminoゲージが明白な超対称性を尊重していないにもかかわらず、[1]で得られた結果は超対称性の回復を示唆している。更なる研究として、超場形式のままの摂動論や超対称なゲージ固定の採用、正則化スキームの違いも興味深い。

超対称QCDにおける数値計算への応用

グラディエントフローで特に注目されているのは、紫外有限性と小フロー時間での展開（SFtX法）とによって、新しくゲージ不変な物理量を定式化できることである。これによって、異なる正則化で得られる物理量についての議論が可能となっている。[1]で議論したSQCDフローを用いた物理量の定式化や数値計算への応用を目指す。

超対称フローの他の応用および拡張

グラディエントフローの数値計算以外への応用の一つとして、AdS/CFT対応の研究が知られている。AdS/CFT対応では、 D 次元共形場理論とAdS背景の $(D + 1)$ 次元超重力理論との深淵な関係性が示唆されている。その対応関係を別視点から理解する試みとして、フロー方程式を用いて D 次元ゲージ理論から $(D + 1)$ 次元の幾何学を定義する方法が提案されている。

また、明白にゲージ不変な厳密繰り込み群の構成も興味深い。厳密繰り込み群は摂動論を越えて場の量子論を議論する枠組みを与える一方で、運動量カットオフの導入が明白にゲージ対称性を尊重するのを困難にしていた。ゲージ共変なグラディエントフローを用いることで明白にゲージ対称性を尊重できる厳密繰り込み群が提案されている。

これらの研究を超対称理論に用いることでグラディエントフローや超対称性の理解が深まり、関連する多彩な応用研究が進むだろう。そのために、超対称フロー理論を $\mathcal{N} = 2, 4$ 超対称理論に拡張することへも取り組んでいく。