

# これまでの研究成果のまとめ

鈴木 光世

これまで、素粒子物理学に関する理論的な研究を行ってきた。特に超対称理論とグラディエントフロー法について着目し、 $\mathcal{N} = 1$ 超対称量子色力学（超対称QCD、SQCD）に対する超対称なグラディエントフローの摂動論について調べてきた。

## 研究成果の背景

素粒子物理学において、統計性の異なるボソンとフェルミオンの交換に対応する対称性、超対称性はいまだ重要な性質である。超対称理論を離散化された格子時空上で厳密に解くことによる量子重力分野へのアプローチも期待されるが、超対称性が並進対称性とも密接であることが障害となっている。並進対称性に基づくエネルギー運動量テンソルを格子上に直接定義できないことも課題である。

主に格子ゲージ理論で注目されているグラディエントフローは、フロー方程式を作用の微分（グラディエント）で与え、ぼやかした場（フロー場）を考える手法である。Yang-Mills理論に対しては、正のフロー時間  $t$  に対するフロー場が作る相関関数は、境界 ( $t = 0$ ) の理論をくりこむことで自動的に有限になる。その基本的な機構は、フロー方程式がある種の拡散方程式であり、紫外発散を和らげることに起因する。このような繰り込み性は、グラディエントフローが与える場の局所積を通じて、異なる正則化で得られる物理量の関連付けを可能とする。これによってすでに格子QCDにおいて、エネルギー運動量テンソルの定式化や数値計算が行なわれている。また、グラディエントフローを用いて超対称理論を格子上に定義する方法論も指摘されている。

## 超対称QCDに対する超対称グラディエントフローの研究成果

グラディエントフローの超対称理論に対する自然な応用として、フロー方程式を超対称に構成することが考えられる。応募者は加堂・丸・浮田とともに、超対称フロー方程式とその摂動論の拡張として、物質場と相互作用する4次元 $\mathcal{N} = 1$ 超対称QCDを対象としてきた。特にWess-Zuminoゲージにおける全成分場に対するフロー方程式を逐次近似的に解き、各フロー場が作る2点相関関数について発散構造を摂動の1次レベルで解析した[1]<sup>1</sup>。その結果、ゲージ多重項は境界のSQCDをくりこむだけで紫外有限となることがわかった。物質多重項はさらなる波動関数くりこみを必要とするが、その値は多重項をなす成分場に共通なことも発見された。これらの結果は、超対称でないフロー理論からの素朴な拡張とみなすことができ、グラディエントフローや超対称性についてさらなる研究の可能性を示唆している。[1]の結果に対して摂動の全次数における証明を与えるには、 $D$ 次元フロー理論と等価な $(D + 1)$ 次元作用を構成する必要がある。そのような作用の構成もすでに達成している。

---

<sup>1</sup> [1]は別紙『論文リスト』の論文番号。