<u>今後の研究計画</u>

菊地 健吾

<u>研究テーマ</u>「グラディエントフローによる場の量子論の定式化およびその数値解析」

<u>研究計画</u>「自発的対称性の破れ」と「超対称性」のテーマに対してグラディエントフローを(GF)を用いてアプローチし、さらにその技術を使って、確率過程量子化を用いた数値計算による解析手法の開発を行う。

自発的対称性の破れとグラディエントフロー

自発的ゲージ対称性の破れの相構造を調べることは、正しい秩序変数を定義することにより成される。ゲージ不変な自然な秩序変数はヒッグスの 2 点相関関数であるが、理論に発散が現れ自然には定義できない。GF の方法を使えば、この発散を対称性を保ちながら自然に取り除くことができる。GF は連続変形なため、理論の相構造を変えずに、対象となる理論の相構造を有限フロー時間における相構造と対応づけることができる。すなわちゲージ不変な、ヒッグスの効果のみを含む、発散の無い、秩序変数を定義することが可能である。本研究では、自発的対称性の破れの新しい秩序変数を、ヒッグスのフロー場を用いて定義することで、相構造を調べる新しい解析手法を開発する。

SUSY グラディエントフローの場の理論

SU(N)Yang-Mills 理論において提唱された GF の方法は、紫外有限であるという性質に、ゲージ対称性が重要な役割を果たしている。ゲージ相互作用以外の相互作用を含む GF の構成は一般に自明ではない。一方で SUSY は非常に強力な対称性のため、非ゲージ的な相互作用を含む場合でも有限にすることが可能である。

これまでの研究で、私は GF の方法を Wess-Zumino 模型に適用し、相互作用を含む超対称性フロー理論が紫外有限になることを、非繰り込み定理と適切な初期条件によって、摂動の全次数において示した。この模型では、ゲージ理論とはまったく異なるメカニズムによって紫外有限となっており、ゲージ対称性が無い理論でも GF が働く 1 つの例になっている。これにより、ある種の模型に関してはゲージ対称性が無くても相互作用も含むフロー方程式の紫外有限性の議論が可能となる。この理論を解析することは、GF がもつ特殊な有限性という性質が何に依存しているのか、物理的な意味を解明することに繋がる。さらに超対称性を明白に保った厳密繰り込み群への応用、および数値計算への適用へ繋げる。

確率過程量子化に関する数値計算的アプローチ

非摂動的場の理論の解析手法の開発として、Parisi-Wu の確率過程量子化の研究を行う。確率過程量子化で用いるランジュバン方程式は、形式場、グラディエントフロー方程式と同様の形で書かれており、ランジュバン方程式を構成する際に、グラディエントフローの研究の知見で得られた、対称性を保つグラディエントフロー方程式の構成方法が役にたつ。この研究の中で、数値的アプローチとして、ランジュバン方程式を解く Python プログラムを作成し、物理量の測定を行う。

本研究が達せられ、新たな非摂動的解析手法が確立することは、場の量子論の数学的な定式化、及び具体的な諸問題に対する多角的な検証が進むという意味で物理的に大変意義がある。