

Title	The non-perturbative analyses of lower dimensional non-linear sigma models
Author(s)	伊藤, 悦子
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/537
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名 伊 藤 悦 子

博士の専攻分野の名称 博 士 (理 学)

学 位 記 番 号 第 1 9 1 9 0 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 1 7 年 3 月 2 5 日

学 位 授 与 の 要 件 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当

理学研究科物理学専攻

学 位 論 文 名 The non-perturbative analyses of lower dimensional non-linear sigma models

(低次元非線形シグマ模型の非摂動論的解析)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 東 島 清

(副査)

教 授 細 谷 裕 教 授 小 川 哲 生 助 教 授 窪 田 高 弘

助 教 授 太 田 信 義

論 文 内 容 の 要 旨

Wilson 的繰り込み群の方法は、場の理論の非摂動論的な定式化に適している。高い運動量をもつ場の変数を積分して得られる Wilson 的有効作用は、場とその微分の複雑な汎関数になっている。その低エネルギー領域での振る舞いを調べるためには、運動量のべきで展開し、始めの数項だけを残す近似をする。もっとも低い近似である局所ポテンシャル近似は微分の入っている項をすべて落としているものであり、よく調べられている。この論文では、Wilson 的繰り込み群の次の次数の近似を調べる。つまり、2次の微分相互作用をもつ Wilson 的有効作用を議論する。この作用は非線形シグマ模型の形で書ける。簡単のため、超対称性を課して局所ポテンシャル項が現れないようにする。つまり、2次元、3次元の超対称な非線形シグマ模型に注目する。

非線形シグマ模型は、運動項の係数が場に依存しており、その係数関数は、場が値をとるターゲット空間の計量テンソルとして解釈できる。2次元の非線形シグマ模型は摂動論的に繰り込み可能であり、その結果、 β 関数はターゲット空間のリッチテンソルに比例する。しかし、Wilson 的な繰り込み群を用いて得られた非摂動論的な β 関数は場の異常次元に比例した新しい項が加わる。この論文では、その非摂動論的な β 関数のゼロ点として定義される固定点の理論を構成する。この理論には、異常次元に対応する一つの任意なパラメータが入っている。ターゲット空間が複素1次元のとき、その固定点の理論のターゲット空間は Witten によって提唱された2次元ユークリッド的ブラックホール解になっている。

一方で3次元の非線形シグマ模型は、摂動論的に繰り込み不可能である。この論文では、まず、Wilson 的繰り込み群の方法でいくつかの超対称性をもつ3次元非線形シグマ模型の繰り込み可能性を議論する。Wilson 的なアプローチでは、繰り込み可能であることは紫外固定点が存在することと等価である。そこで、別の非摂動論手法である large- N 展開を使って、Wilson 的繰り込み群の方法で得られた紫外固定点を再確認する。さらに、Wilson 的繰り込み群で得られた β 関数の固定点として定義できる新しい共形場の理論を構成する。この理論は、一つの自由なパラメータをもっており、CPN 模型の紫外固定点と赤外固定点の両方を含んでいる。

論文審査の結果の要旨

Wilson によって提唱された繰り込み群の方法は、場の量子論を摂動展開によらず定式化するための有力な方法である。この方法では最も一般的なラグランジアンを用意して、着目するスケールの物理に興味のない短波長の場を消去していったときに、ラグランジアンがどのように変化してゆくかを記述する微分方程式、すなわち繰り込み群方程式を解くことにより、着目するスケールでどのような自由度が重要になるかを導く。この繰り込み群方程式の固定点は、共形不変な場の理論を与える。摂動論では定義できないような理論でも、Wilson 繰り込み群の方法を用いて定義することができる。

最も一般的なラグランジアンを用いて計算するのは、実際には不可能である。微分の次数の高い項はマクロなスケールで重要でないので、これまでは微分を含まない項だけを用いて解析されてきたが、一般には微分の2次の項まで取り入れる必要がある。伊藤さんは、理論に $N=2$ の超対称性を課して、微分を含まない項を禁止し、ラグランジアンが微分を2次まで含む場合に、Wilson 繰り込み群方程式をはじめて導き、この方程式の固定点を調べて、2次元の共形場の理論を求めた。また、3次元の場合に、Einstein-Kaehler 多様体に値をとる非線形シグマ模型が繰り込み可能であることを示した。さらに、3次元の場合の新しい共形不変な場の理論を見出した。

これらの業績は、今後この分野の発展の契機になるものとして、高く評価することができる。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認められる。