ふ り が な	いしかけ まこと
氏 名	石掛 真人
学 位	博 士（ 理学 ）
学 位 記 番 号	新大院博（理）第231号
学位授与の日付	平成17年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
博 士 論 文 名	Realization of Chiral Symmetry and Polchinski Renormalization Group Equation （カイラル対称性の実現とPolchinski繰り込み群方程式）
論文審査委員	主査 教授 谷本 盛光 副査 教授 田村 詔生 副査 教授 金子 恒雄 副査 教授 五十嵐 尤二 副査 助教授 宗 博人 副査 助教授 中野 博章

博士論文の要旨

① 背景

素粒子物理学を理論的に探求する手段として、場の量子論は強力な道具である。しかし、適用する理論の中には紫外発散を含むものもあり、その発散を制御するために正則化を施さなくてはならない。一方、極微の世界を探求する際に対称性の概念は現象を整理するのに役立ってきたが、正則化がこの対称性を壊す例が知られている。ゲージ対称性やカイラル対称性などである。対称性を尊重しない正則化で対称性をどのように扱えばいいのかを、また、場の理論の非摂動的な性質を調べるために繰込み群の解析方法を提示するのが本論文の動機であり目的である。

② 方法

場の理論を記述する方法は幾つかあるが、ここでは相互作用の結合定数で張られる理論空間の中の点の座標で、一般の理論の相互作用の性質、大きさを表わすことにする。この理論空間内で対称性を表わす部分空間をうまく構成出来るかが問題であるが、正則化を行っても可能であることは、Ginsparg と Wilson によって示され、それを新しい対称性の実現の仕方であることを示したのは、Luscher である。彼らは格子正則化という特殊な正則化を用いたのであるが、より一般的な正則化と対称性についてマスター方程式という概念で繰込み群とも関係をつけたのが、五十嵐・伊藤・宗の一連の仕事である。しかし、理論空間は一般には無限次元なので、そのままでは数値的にも含めて解析可能ではない。元の無限次元の空間から有限次元、つまり有限な数の演算子の空間に切り取り、その中で対称性と繰込み群の解析を議論する。ここでは4次元のカイラル対称性を持つ4体フェルミ相互作用を持つ系を考える。

③ 解析

非摂動繰込み群、ここではPolchinski方程式を用いて繰込み群の解析を行うが、この方程式では一般に4体フェルミ演算子の結合定数の発展を追うには6体の演算子が必要になる。一般の6体の演算子の発展を追うにはさらに8体の演算子が必要になってくる。厳密な取り扱いでは無限次元空間が必要であるがここ

では有限次元の結合定数空間として6体の空間に制限する。この場合の正則化は質量項を持ったブロックスピン変換を伴っているので、カイラル対称性を保っていない。Luscher 的にカイラル対称性を議論できるか、繰込み群の解析に問題（赤外領域での境界条件など）が起こらないかをチェックする。

④ まとめと分野への影響

４次元の４体フェルミ相互作用を持つ理論を有限次元理論空間で繰込み群の解析を行った。この有限次元空間の中でさらに計算を進めるために近似を行ったが、カイラル対称性を実現したまま非摂動的繰込み群の解析が行えることを示した。残った課題としては近似の精度を上げるとともに、有限次元空間の拡大化、ゲージ対称性への応用という面が挙げられる。またこの論文により、Luscher 的なカイラル対称性の議論を繰込み群でも可能であり、従来の繰込み群の解析の結果を含むものであることも確認できた。従って更なる研究は、従来困難であった場の理論の非摂動論的な性質を初めて明らかにするであろうことは言うまでもない。

審査結果の要旨

本論文は、対称性を尊重しない正則化した場の理論において、対称性と非摂動繰込み群、具体的にはカイラル対称性と Polchinski 方程式の有限な解析をどのように行うのかを具体的な模型を使って示したものである。従来の対称性の実現が自明な場合や無限次元理論空間で扱いに比べて、本研究は具体的現実的な近似と取り扱いを述べており、さらに、従来の解析との関係をはじめて付けたことは、学会へのインパクトや寄与も大きいものと思われる。また、本研究は無限次元の量子力学である場の理論の解析の基礎研究となるもので、物理学上の基礎研究と位置付けられるので、博士（理学）が適当であると判断した。

以上によって、本論文は博士論文（理学）として十分値するものと判定した。