

Title	A non-perturbative study of supersymmetric lattice gauge theories(Abstract_要旨)
Author(s)	Takimi, Tomohisa
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2007-03-23
URL	http://hdl.handle.net/2433/136759
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

氏 名	たき み とも ひさ 瀧 見 知 久
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 3121 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	A non-perturbative study of supersymmetric lattice gauge theories (超対称格子ゲージ理論における非摂動的研究)
論文調査委員	(主 査) 助教授 大野 木 哲 也 教 授 畑 浩 之 教 授 静 谷 謙 一

論 文 内 容 の 要 旨

近年、物質場を含む超対称格子ゲージ理論におけるファインチューニングの問題を解決する目的で、格子上で超対称性の一部を保つ定式化が、幾つか提唱されてきている [1]。摂動論的次數勘定の議論から超対称性を全て保つ連続理論を再現することが示されているが、非摂動的效果を含めて超対称性を完全に回復するかは明らかではない。

現在における超対称性を格子上で保つことのできる定式化は、皆全て位相的場の理論を理論の一部として含む、拡張された超対称性理論の格子正則化である。また、それらの格子理論の作用の素朴な連続極限はその位相的場の理論の作用になる。特に位相的性質の中でも分配関数 (Witten 指数), BRST コホモロジー (BPS 状態) はゲージ結合定数に独立な量になっており、半古典近似で非摂動的な量を求めることができる。そこで本博士論文は超対称格子ゲージ理論の非摂動的な連続極限での超対称性の回復を調べる手段に「連続理論のもつ位相的性質を格子上で再現すること」を一つの判別条件として提唱した。

更に具体例として, Cohen-Kaplan-Katz-Unsal (CKKU) らによって提唱された 2 次元 $N=(4, 4)$ の超対称性 $SU(N)$ ゲージ理論の格子定式化 [2] を取り上げ分配関数や物理量に対する判別条件が満たされるかを議論した。まずはじめに連続理論での位相的性質として(1)作用がある関数の BRST 変換で表されること(2)分配関数が BRST 不変な $SU(N)$ 対称性の随伴表現のスカラー場対角成分の積分に帰着されること, (3)Witten による Decent 関係式を用い BRST コホモロジーの分類, をレビューした。続いて連続理論にならって格子理論において(1)作用がある関数の BRST 変換で表されることを示し(2)格子上での位相的場の理論の分配関数の解析的な計算を遂行し, スカラー場のみの積分に帰着できることを示した。(3) BRST コホモロジーに対応する物理量は BRST-closed な場の多項式以外は BRST-cohomology を構成できないことを証明した。これは格子上の位相的場の理論の観測量の連続極限は連続理論における観測量と一致していないため $N=(4, 4)$ の CKKU の理論は連続極限で完全に超対称性を回復する連続理論を再現しない可能性が多いにあることが強く示唆された。

この例を通じて判別条件の有用性が明らかにされた。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

超対称ゲージ理論は豊かな数学的構造を持ち数理物理として重要な研究対象であると同時に, 素粒子物理学への現象論的応用の観点からも重要であると期待されている。近年, 非摂動的性質について解析的な手法により相構造や双対性などの興味深い予想が導かれており, 非摂動的な手法によってそれらの予想の検証やより詳しい性質の探求が求められている。もし超対称格子ゲージ理論が構築されれば重要な研究手段を与えると期待されているが単純な格子化による作用は超対称性をあらわに壊すため, パラメータのファインチューニングをしなければ連続極限ではまったく超対称性を持たない理論しかあらわせない。そこで格子上の超対称ゲージ理論の構築自体がひとつの大きな研究テーマになっている。

このような背景のもと, 近年格子上で超対称性の一部だけを厳密に保つことによってファインチューニングなしに連続極

限ですべての超対称性を回復できるという期待からいくつかの提案がなされている。これらの提案はすべて位相的場の理論を理論の一部として含む、拡張された超対称性理論の格子正則化である。摂動論的次元勘定の議論から超対称性を全て保つ連続理論を再現することが示されているが、非摂動的効果を含めて超対称性を完全に回復するかは明らかではない。

そこで本論文は超対称格子ゲージ理論の非摂動的な連続極限での超対称性の回復を調べる手段に「連続理論のもつ位相的性質を格子上で再現すること」を一つの判別条件として提唱した。更に具体例として、Cohen-Kaplan-Katz-Unsal (CKKU) らによって提唱された2次元 $N=(4, 4)$ の超対称性 $SU(N)$ ゲージ理論の格子定式化 [2] を取り上げ判別条件が満たされるかを議論した。その結果、格子理論において(1)作用がある関数の BRST 変換で表されることを示し(2)格子上での位相的場の理論の分配関数の解析的な計算を遂行し、スカラー場のみの積分に帰着できることを示した。(3)BRST コホモロジーに対応する物理量は BRST-closed な場の多項式以外は BRST コホモロジーを構成できないことを証明した。

以上のことから CKKU モデルについて重要な示唆を与えると同時に、提唱している判別条件の有用性を明らかにした。超対称性格子ゲージ理論の非摂動的性質の研究について位相的性質に着目した研究は独創的である。また具体例の研究において作用を BRST 変換の形で表し、それを用いて分配関数を計算した点は新しく、コホモロジーの分類に関しても厳密な No go 定理という重要な結果を導いている、よって本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認めた。審査に際し、論文内容とそれに関連した試問も行い、その結果合格と認めた。